

Б.А. Гладких

ИНФОРМАТИКА

ОТ АБАКА

ДО ИНТЕРНЕТА

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКИ

Б. А. Гладких

**Информатика от абака до интернета.
Введение в специальность**



Томск – 2005

УДК 681.3

Г 522

Гладких Б. А. Информатика от абака до интернета. Введение в специальность: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 484 с.

ISBN 5-89503-259-1

Книга написана на основе лекций по вводному курсу информатики для студентов факультета информатики Томского государственного университета. В отличие от учебных пособий, рассчитанных на начинающих, здесь не описывается устройство ЭВМ и основные понятия программирования, а также приемы работы на персональном компьютере. Предполагается, что читатель, избравший профессию программиста, знаком с ними из курса средней школы. Вместе с тем будущему профессионалу крайне важно знать историю своей науки, логику развития основных ее идей. В книге излагаются история развития вычислительной техники как материального базиса информатики, история развития программного обеспечения и компьютерных сетей.

Предназначена для студентов компьютерных специальностей и старшекласников, увлекающихся информатикой.

К книге прилагается компакт-диск с альбомом иллюстраций, которые могут быть использованы для лекционных демонстраций.

УДК 681.3

Рецензент: зав. кафедрой экономической информатики МГУ профессор **М.И. Лугачев**

Издание оплачено из средств благотворительного некоммерческого фонда «Фонд содействия образованию и науке Томского государственного университета».

ISBN 5-89503-259-1

© Б.А. Гладких, 2005

© ООО «Издательство НТЛ», макет,
дизайн, обложка, 2005

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	11
Что такое информатика.....	11
Компьютер – закономерный продукт и инструмент информационной революции.....	18
Связь – второй рычаг информационной революции.....	20
Выводы.....	22
Комментарии и ссылки на источники.....	22
ГЛАВА 1. ДОЭЛЕКТРОННАЯ ИСТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	25
§ 1.1. Общий исторический фон.....	25
§ 1.2. Простейшие цифровые вычислительные устройства – абак и счеты.....	28
§ 1.3. Логарифмическая линейка и ее потомки – аналоговые вычислительные машины.....	29
§ 1.4. Суммирующая машина Паскаля.....	34
§ 1.5. Арифмометр – от машины Лейбница до электронного калькулятора.....	36
§ 1.6. Принцип программного управления. Вычислительные машины Бэббиджа.....	39
Программное управление.....	39
Чарльз Бэббидж.....	40
Разностная машина.....	41
Аналитическая машина.....	42
Ада Лавлейс и возникновение программирования.....	44
§ 1.7. Табуляторы: от Холлерита до машиносчетных станций.....	45
Табулятор Холлерита.....	45
Возникновение промышленности обработки данных.....	47
§ 1.8. Сложные электромеханические и релейные машины – предвестники ЭВМ.....	50
Проекты Цузе.....	50
Проект Mark-I.....	52
Грейс Хоппер.....	54
Релейные машины Джорджа Стибица.....	55

§ 1.9. Выводы.....	56
§ 1.10. Комментарии и ссылки на источники.....	58
§ 1.11. Контрольные вопросы.....	63
ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ	65
§ 2.1. Работы Атанасова	65
§ 2.2. Первая электронная вычислительная машина ENIAC	67
§ 2.3. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ.....	70
§ 2.4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии и рынка ЭВМ	75
Позиция фирмы IBM	76
Поколения ЭВМ.....	77
Масштабируемость и совместимость	78
§ 2.5. Машина IBM-360 и третье поколение ЭВМ.....	79
§ 2.6. Расслоение рынка ЭВМ. Супер- и мини-ЭВМ.....	84
СуперЭВМ.....	84
Мини-ЭВМ	86
§ 2.7. Вычислительная техника в СССР.....	88
Зарождение (1948–1952 годы)	89
Расцвет (1950–60-е годы)	90
Подражание (70-е – 80-е годы)	98
Крах и надежды (1990-е годы).....	104
§ 2.8. Микропроцессорная революция	109
§ 2.9. Появление и развитие персональных ЭВМ	116
Первый коммерческий микрокомпьютер Altair-8800.....	116
Первое поколение персональных компьютеров	117
Феномен Apple	118
В игру вступает IBM.....	121
Второе поколение персональных компьютеров. Клоны IBM-совместимых ЭВМ.....	123
§ 2.10. Проблемы человеко-машинного интерфейса и его влияние на архитектуру персональных компьютеров	125
Работы Дугласа Энгельбарта	126
Проекты фирмы Xerox.....	128
Apple берет реванш.....	131
Macintosh против IBM PC	134
§ 2.11. Направления развития вычислительной техники	136
Развитие элементной базы	138

Совершенство архитектуры.....	140
§ 2.12. Современный рынок ЭВМ и его секторы.....	143
Суперкомпьютеры.....	144
Компьютеры общего назначения.....	145
Специальные компьютеры.....	153
§ 2.13. Выводы.....	156
§ 2.14. Комментарии и ссылки на источники.....	163
§ 2.15. Контрольные вопросы.....	171
ГЛАВА 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРОВ	173
§ 3.1. Классификация и эволюция программного обеспечения.....	173
50-е годы: библиотеки стандартных программ и ассемблеры.....	176
70-е годы: диалоговые ОС и СУБД.....	178
80-е годы: настольные ППП, CASE-технологии	179
90-е годы: компьютерные сети и мультимедиа	181
Замечание о промышленных стандартах.....	182
§ 3.2. Языки и системы программирования	182
Предыстория	182
Бессмертный Fortran.....	186
Basic – язык для начинающих	187
Cobol – язык для бухгалтеров и языки СУБД.....	191
Algol и его влияние на языки программирования	194
Pascal и его потомки.....	198
Суперязык PL/1.....	200
Simula и Smalltalk – революция в программировании	202
С – язык для профессионалов.....	204
Java – дитя Интернета	206
Долгожитель Lisp – инструмент функционального программирования.....	209
Prolog – несбывшаяся мечта ЭВМ V поколения.....	211
Logo – язык для самых маленьких	214
Уроки истории	215
§ 3.3. Операционные системы	216
50-е годы: человек-оператор.....	216
60-е годы: от автооператора до пакетных ОС с мульти-программированием.....	218

	70-е годы: диалоговые ОС с разделением времени ..	221
	80–90-е годы: настольные ОС	227
	Сетевые ОС	237
	Замечание об ОС реального времени	242
§ 3.4.	Системы управления базами данных	243
	Предпосылки появления БД и СУБД	243
	Функции СУБД	244
	Основные типы и история развития СУБД	245
	Замечание о настольных СУБД	248
§ 3.5.	Пакеты прикладных программ для персональных компьютеров	249
	Программы как товар массового спроса	249
	Обработка текстов	250
	Электронные таблицы	257
	Настольные СУБД	260
	Интегрированные системы	262
§ 3.6.	Выводы	264
§ 3.7.	Комментарии и ссылки на источники	272
§ 3.8.	Контрольные вопросы	278
ГЛАВА 4.	КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ	281
§ 4.1.	История развития электросвязи	281
	Телеграф	282
	Телефон	286
	Радиосвязь	288
	Телевидение	289
	Интегральные системы связи	291
§ 4.2.	Основные понятия теории передачи сообщений	292
	Информация, сообщение, сигнал	293
	Электрические сигналы	295
	Каналы электросвязи	297
	Передача аналогового сигнала по цифровому каналу	299
	Передача цифрового сигнала по аналоговому каналу	301
§ 4.3.	Системы и сети электросвязи	303
	Структура системы электросвязи	303
	Линии передачи	306
	Усиление и регенерация сигналов	313

Сети электросвязи	316
Проблема последней мили.....	322
§ 4.4. Предыстория современных компьютерных сетей:	
телеобработка и сети с коммутацией каналов.....	328
Поколения компьютерных сетей.....	328
Первые эксперименты по телеобработке	329
Телеобработка в 60-е и 70-е годы	330
Проект ГСВЦ в СССР	332
Принципиальные особенности сетей с коммутацией каналов.....	335
§ 4.5. Сети пакетной коммутации – от ARPAnet до интернета	337
Исторические предпосылки.....	337
Принцип коммутации сообщений и пакетов	338
Сеть ARPAnet (70-е годы).....	342
Развитие сетей пакетной коммутации.	
Рекомендация X.25	346
Возникновение Internet (80-е годы)	348
Коммерциализация Internet (90-е годы).....	350
Информационные супермагистралы.	
Internet нового поколения	352
Интернет в России	355
§ 4.6. Локальные вычислительные сети.....	359
Сеть Aloha	359
Технология Ethernet.....	362
Рынок сетевого оборудования и технологий	364
Корпоративные локальные сети.....	365
§ 4.7. Сетевые информационные технологии	367
Иерархия коммуникационных служб и протоколов	368
Протоколы канального слоя	370
Протоколы транспортного слоя	373
Прикладной слой	376
§ 4.8. Сетевые услуги	377
Удаленный доступ к ЭВМ	378
Передача файлов.....	380
Электронная почта.....	382
Группы новостей, форумы.....	384
Чат и мгновенные сообщения.....	387
Передача мультимедиа.....	389

Gopher	399
§ 4.9. Web-революция	402
Ванневар Буш. Проект Memex.....	403
Тед Нельсон и дворец Xanadu.....	404
Реализации документальных гипертекстовых систем.....	406
Тим Бернерс-Ли. Рождение Web	409
Марк Андрессен. Mosaic и Netscape	414
Война браузеров.....	420
Поиск в интернете.....	422
Социальные и экономические последствия интернет-революции.....	430
§ 4.10. Выводы.....	441
§ 4.11. Комментарии и ссылки на источники	452
§ 4.12. Контрольные вопросы	460
Литература	463
Указатели	466

Предисловие

Эта книга по своему содержанию существенно отличается от учебников для начинающих и практических пособий «для чайников», в изобилии заполнивших книжные магазины. Она возникла на основе лекций для студентов первого курса факультета информатики Томского государственного университета, избравших программирование и администрирование компьютерных систем своей профессией. Эта категория слушателей достаточно осведомлена об устройстве компьютера и основах программирования, имеет навыки работы с типовыми пакетами программ. Юные адепты информатики с увлечением читают специальную литературу, говорят на малопонятном компьютерном жаргоне, с жаром спорят о достоинствах и недостатках новейших микропроцессоров и программ. Однако в целом их знания поверхностны и отрывочны, так как вырваны из общего контекста истории и идей информатики.

Целью вводного курса информатики, и этой книги в частности, является развитие профессионального кругозора будущих программистов, ориентация их в бурном водовороте новых идей и технологий. Отсюда следует выбранный нами исторический подход к изложению материала. Глядя на ежедневно появляющиеся новинки, легко растеряться. Несведущему человеку может показаться, что все это бесконечное разнообразие хаотично и совершенно непредсказуемо. На самом деле это далеко не так. Самое удивительное в информатике – не быстрая изменчивость, а, наоборот, удивительная устойчивость фундаментальных концепций. Электронным вычислительным машинам немногим более пятидесяти лет, за это время они неузнаваемо изменились внешне, в миллионы раз увеличилась их производительность, однако основные принципы архитектуры и программного обеспечения остались практически неизменными. Судите сами: наиболее употребительные языки программирования и алгоритмы компиляции были разработаны в начале 60-х годов, тогда же были сформулированы принципы работы операционных систем. Системы управления базами данных появились в начале 70-х годов и с тех пор почти не изменились. Даже самая модная нынче концепция объектно-ориентированного программирования была предложена, ока-

зывается, в середине 60-х годов. Приведенные примеры говорят о том, что принципиально новые идеи появляются в информатике, как, впрочем, и в других науках, относительно редко. В самом новом и разрекламированном пакете программ, если хорошо приглядеться, можно увидеть хорошо забытое старое.

В первых двух главах излагается история вычислительной техники как материального базиса информатики – от простейших механических устройств до современных компьютеров. В третьей главе описывается эволюция программного обеспечения. Четвертая глава посвящена истории, современному состоянию и тенденциям развития компьютерных сетей. В конце каждой главы имеются подробные выводы и контрольные вопросы, а также методические замечания и ссылки на традиционные и безбумажные литературные источники. В конце книги имеется несколько указателей: фамилий, названий организаций, фирменных наименований.

Автор отдает себе отчет в том, что попытка изложить в популярном виде историю и эволюцию идей науки, которая еще не устоялась и продолжает бурно развиваться, не может быть безупречной. Облегчая работу оппонентам, отметим два очевидных недостатка книги. Во-первых, за ее пределами оказалось описание многих интереснейших информационных технологий, таких, как компьютерная графика, компьютерные игры, электронная коммерция и т.д. Этим материалом пришлось пожертвовать из-за ограниченного объема издания. Во-вторых, в отдельных вопросах не удалось достичь требуемой полноты и объективности изложения. Особенно это касается истории отечественной информатики, которая в доступных автору источниках освещена куда менее подробно, чем зарубежная. Надеемся, следующие поколения российских специалистов, воспитанные на уважении к традициям, будут более бережно относиться к своему прошлому, ибо история – это мать истины, учительница жизни.

Введение

Что такое информатика

Любой лекционный курс обычно начинается с определения предмета изучаемой науки со ссылками на толковые словари и энциклопедии. Последуем этой традиции и откроем Большой энциклопедический словарь 1982 года издания:

*Информатика – отрасль науки, изучающая структуру и общие свойства **научной информации**, а также вопросы, связанные с ее сбором, хранением, переработкой, преобразованием, распространением.*

Что-то не то, правда? Согласно этому определению, информатика – очень узкая специальная дисциплина из области библиотековедения и библиографии, имеющая косвенное отношение к компьютерам.

Возьмем другую книгу: «Информатика. Энциклопедический словарь для начинающих» под редакцией профессора Д. А. Поспелова, выпущенную в свет в 1994 году. На первой странице читаем определение:

Информатика – это наука, изучающая все аспекты получения, хранения, передачи и использования информации.

Далее нарисовано генеалогическое дерево этой дисциплины, из которого следует, что кибернетика, вычислительная техника, а также многие другие науки являются ее отдельными ветвями. Как видим, подход здесь принципиально другой, информатика определяется как некая супернаука с неопределенно широким предметом ведения. Формально рассуждая, история и география также попадают под определение информатики, так как рассматривают вопросы получения и использования специфической информации. К тому же в этом определении ничего не говорится о компьютерах, что не может не вызвать вопросов у студентов, поступивших учиться на факультет информатики или выбравших другую компьютерную специальность.



Генеалогическое дерево кибернетики и смежных наук в Энциклопедическом словаре

Оба процитированные издания являются очень авторитетными, случайной ошибки или описки быть не может. В чем же дело?

Как известно, процессы становления, самоопределения и дифференциации наук бывают очень непростыми и зачастую драматическими, подобными процессам образования государств. Здесь и войны за территорию, и дипломатические демарши с лингвистическим и историческим обоснованием своих притязаний.

Поскольку исторический подход является самым надежным и беспристрастным, мы коротко рассмотрим историю развития информатики и соседних с ней наук, а также историю возникновения их названий.

Прародительницей всех этих наук была кибернетика. Ее основоположник – великий ученый-энциклопедист XX века Норберт Винер (Wiener, Norbert; 1894–1964) в 1948 году опубликовал книгу «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине», где определил новую дисциплину как науку об общих принципах управления в технике, природе и обществе (по-гречески «кибернос» – рулевой).

К сожалению, в Советском Союзе кибернетике на первых порах не повезло, она вместе с генетикой, психологией и некоторыми другими попала в разряд вредных «буржуазных» лженаук, осуждавшихся официальной марксистской идеологией. Поэтому вплоть до конца 50-х годов у нас были в ходу идеологически нейтральные термины, такие, как «теория управления», «автоматика и вычислительная техника» или «счетно-решающие машины». Такие же названия



Норберт Винер (1894–1964)

носят образованные в те годы институты, журналы, вузовские специальности, например Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) Академии наук СССР, специальность «Автоматика и телемеханика», лаборатория счетно-решающих устройств Томского государственного университета и т.п.

Реабилитация кибернетики в СССР связана с подвижнической деятельностью Алексея Андреевича Ляпунова (1911–1973), признанного международным сообществом основателем советской кибернетики. В стенах Московского государственного университета он вырастил первое поколение отечественных программистов, в течение многих лет вел научный семинар, вокруг которого сплотились ведущие ученые и специалисты, организовал первые печатные издания и научные конференции по кибернетике. В



А.А. Ляпунов
(1911–1973)

1960 году А.А. Ляпунов с рядом учеников переехал в только что построенный новосибирский Академгородок, где среди прочего основал знаменитую физико-математическую школу для талантливых учеников старших классов.

К началу 1960-х годов благодаря усилиям Ляпунова и его единомышленников – академиков Акселя Ивановича Берга (1893–1979), Андрея Николаевича Колмогорова (1903–1987), Виктора Михайловича Глушкова (1923–1982) и ряда других, кибернетика в нашей стране окончательно вышла из опалы и начала бурно развиваться. При президиуме Академии наук СССР был организован возглавляемый Бергом Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика»; в Киеве, Тбилиси, Баку, Минске, Ташкенте, Таллинне были созданы одноименные академические институты. При этом под кибернетикой в это время понималась не только изначальная «винеровская» теория управления, но и другие быстро развивающиеся научные направления, так или иначе связанные с управлением, информацией, компьютерами. Само слово «кибернетика» в 1960-х годах стало модным, во множестве научно-исследовательских институтов открылись соответствующие отделы и лаборатории, появились кибернетические научные журналы и научные специальности.

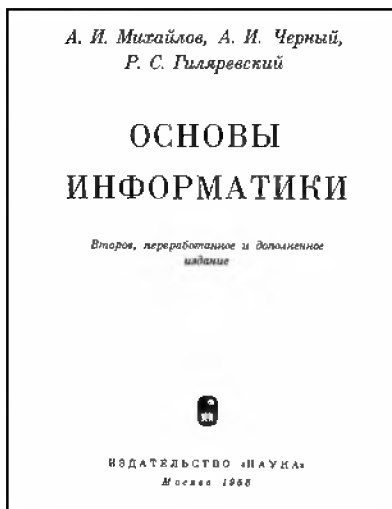
С развитием электронной вычислительной техники из всеобъемлющей кибернетики стал выделяться самостоятельный комплекс наук, на-



А.А. Ляпунов и Н. Винер
(1980 г.)

зываемый в англоязычных странах «computer science» и объединяющий самые разные стороны программирования и использования ЭВМ, а также методов их конструирования и разработки программного обеспечения. В русском языке долгое время не было эквивалента этому термину, поэтому факультеты и специальности, открытые в вузах в начале 1970-х годов, до сих пор носят названия, связанные с кибернетикой, прикладной математикой или вычислительной техникой.

Слово «информатика» появилось в русском языке в 1968 году на обложке второго издания книги директора Всесоюзного института научной и технической информации (ВИНИТИ) А.И. Михайлова и его соавторов. Этот институт занимается реферированием научных публикаций по широкому спектру направлений и выпуском незаменимого для ученых Реферативного журнала. Первое издание книги, посвященной очень важным, но относительно узким вопросам документалистики и библиографических информационно-поисковых систем, называлось «Основы научно-технической информации», а для второго авторы изобрели новое слово. Таково было «первое пришествие» информатики в русский научный жаргон, и под своим первоначальным значением она попала в Большой энциклопедический словарь.



Второе пришествие термина связано с именем ученика А.А. Ляпунова, выдающегося сибирского ученого Андрея Петровича Ершова (1931–1988). Ершов был одним из первых в стране профессиональных программистов, руководителем работ по алгоритмическим языкам и оптимизирующим компиляторам. Будучи очень культурным и разносторонне образованным человеком, он очень много сделал



А.П. Ершов (1931–1988)

для развития компьютерного образования, его авторитет в этой области был непререкаем. Ершов тонко почувствовал, что в то время, когда программирование и пограничные науки начали самоопределяться, выделяясь из кибернетики, им понадобилось собственное емкое и выразительное название. В 1976 году А.П. Ершов в качестве научного редактора готовил к изданию перевод с немецкого языка учебника, излагающего основы программирования. В оригинале книга называлась «Informatik», и авторы объясняли это слово как немецкий перевод для «computer science». Редактор предложил не мучиться с подбором русских аналогов для названия, а использовать языковую кальку, при этом он написал в предисловии, что сознательно идет на терминологический конфликт, так как считает, что этот термин был незаслуженно перехвачен Михайловым с соавторами¹.

Новое слово начало понемногу приживаться в научном обиходе, а после того, как Ершов добился включения в школьную программу курса информатики и сам написал по нему первый учебник, стало общепотребительным.

На этом эволюция термина не окончилась. Когда в 1980-х годах информатика стала входить в моду и

Ф. Л. Бауэр, Г. Гюз

ИНФОРМАТИКА

вводный курс

Перевод с немецкого
В. К. САВЕЛЬФЕЛЬДА

Под редакцией
А. П. ЕРШОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МИР“
МОСКВА 1976

¹ В качестве отступного А.П. Ершов предложил конкурентам термин «информология».

становиться престижной, к ней стали относить другие науки, ранее охватываемые «большой» кибернетикой. В конце концов термин «информатика» получил столь широкое распространение, что постепенно вытеснил из обращения родительский термин «кибернетика», который сохранился лишь в названиях учреждений, созданных в пору кибернетического бума. Характеризуя информатику 1980-х годов, Ершов пишет: «...этот термин снова, уже в третий раз, вводится в русский язык в новом и куда более широком значении – как название фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации». Именно в таком значении информатика попала в «Энциклопедический словарь для начинающих».

Таким образом, к настоящему времени имеются три толкования термина «информатика».

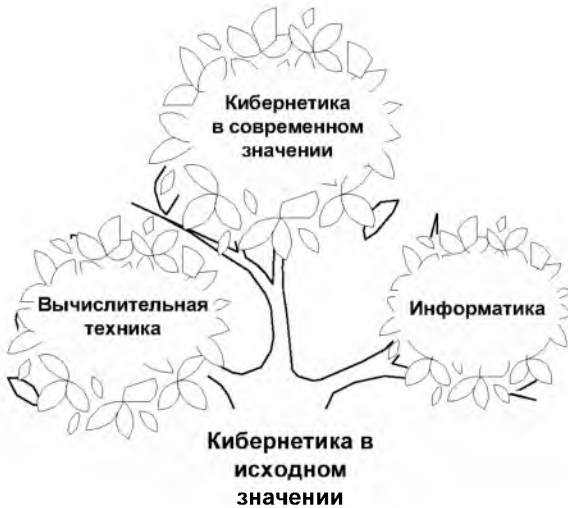
Первое – сверхширокое, при котором в сферу ее ведения попадает весь комплекс наук, так или иначе связанных с получением и обработкой информации, независимо от использования компьютеров. В этом значении термин часто используется в изданиях философской и методологической направленности, а также в непрофессиональной среде (журналистами, политиками).

Второе – информатика как полный набор компьютерных наук, точный эквивалент *computer science*. В данном значении термин объединяет самые разные стороны программирования и использования компьютеров, методов их конструирования и разработки программного обеспечения. Такое толкование чаще всего используется в обычном профессиональном языке и при обратном переводе на английский. Например, «факультет информатики» правильнее всего перевести как «*computer science faculty*» или «*computer science department*» в зависимости от того, на какую аудиторию рассчитан перевод (в британском английском более распространено слово «*faculty*», а в американском – «*department*»).

Третье – информатика в узком смысле, когда за рамки *computer science* выносятся детали технические устройства компьютеров (*hardware*), а в составе науки остаются проблемы их применения. В таком значении термин обычно используется в узкопрофессиональной среде программистов, а также в учебных программах. Именно так его следует понимать в общепринятом в образовательной среде словосочетании «информатика и вычислительная техника», иначе получается логическая некорректность.

Как известно, всякая классификация условна и имеет некоторую цель. В свете всего изложенного мы, имея в виду подготовку специалистов в области компьютерных наук, будем пользоваться последним, узким толкованием и определим информатику как *научную дисциплину, предметом которой являются компьютерные технологии*. Вместо термина «компьютерные» часто используются аналогичные по смыслу определения «новые информационные» или просто «информационные», поэтому в специальной литературе можно встретить термины «ИТ-служба», «ИТ-специалист», «факультет ИТ» и т.п.

После такого развернутого терминологического вступления попытаемся нарисовать генеалогическое дерево наук с точки зрения компьютерного специалиста. В отличие от вычислительной техники, с которой она тесно связана и на которой основывается, информатика занимается не техническим конструированием, а применением компьютеров в различных областях человеческой деятельности. Поскольку основной проблемой, возникающей при решении практических задач на компьютере, является написание программ, то основное содержание информатики составляют теоретические и прикладные аспекты программирования. Однако программированием информатика не исчерпывается, так как, кроме программ, в компьютерных технологиях присутствуют и другие составляющие: лингвистические, психологические, правовые и т.д.



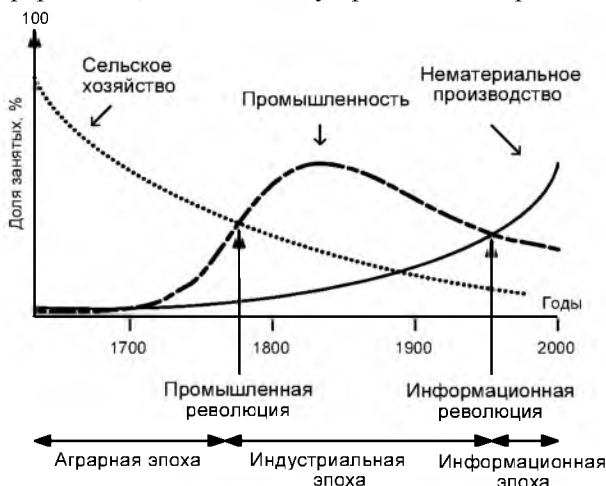
Генеалогическое дерево кибернетики и смежных наук

Для иллюстрации границ раздела между кибернетикой, вычислительной техникой и информатикой можно воспользоваться таким образным сравнением. Если уподобить кибернетика, разрабатывающего алгоритмы, композитору, сочиняющего музыку, а конструктора ЭВМ – скрипичному мастеру, то специалиста по информатике можно будет сравнить со скрипачом, реализующим замысел композитора и обогащающим его своим мастерством и талантом. Поэтому информатика – не просто отрасль знаний, а неделимый сплав ремесла, науки и искусства.

Компьютер – закономерный продукт и инструмент информационной революции

Всем ходом истории доказано, что великие изобретения и открытия делаются именно тогда, когда в них возникает общественная необходимость. Компьютеры – не исключение. Их появление в середине XX века закономерно связано с крупнейшими сдвигами в жизни человечества, получившими название информационной революции.

Для того чтобы показать, что это не преувеличение и мы действительно вступаем в новую информационную эпоху, рассмотрим график, который показывает изменение со временем относительной доли занятых в трех основных секторах общественного производства: сельском хозяйстве, промышленности и нематериальной сфере управления и обработки информации (имеются в виду промышленно развитые страны).



В эпоху Средневековья основная часть населения была занята в аграрном секторе, промышленные мануфактуры были неразвиты, а сфера духовной жизни была представлена дворянством, немногочисленным чиновничеством и служителями церкви.

Новое время, отсчет которого традиционно ведется с английской буржуазной революции середины XVII века, характеризуется бурным ростом промышленного производства. Капиталистические преобразования и великие изобретения конца XVIII – начала XIX века превратили Европу в царство заводов и фабрик, насыщенное железнодорожными линиями, оснащенное телеграфной и быстрой почтовой связью. Число занятых в промышленности стремительно возросло, сравнявшись в передовых странах с числом аграриев. Точка пересечения соответствующих двух кривых вполне объективно может быть отождествлена с промышленной революцией, в результате которой человечество перешло от аграрной эпохи к индустриальной. Конечно, промышленная революция произошла не мгновенно и не одновременно в разных странах, однако в целом привязка ее к концу XVIII века не вызывает сомнений.

Результатом повсеместной индустриализации было резкое повышение производительности труда в сфере материального производства. Если в аграрную эпоху сельские жители с трудом могли прокормить себя, то к концу XX века в передовых странах 5–10% населения удовлетворяет потребность общества в продуктах питания. То же самое относится к промышленности, где при постоянном увеличении объемов производства количество работающих уменьшается.

С другой стороны, научно-технический прогресс приводит к постоянному увеличению количества информации, циркулирующей в обществе, соответственно увеличивается доля работников, занятых ее сбором, хранением, передачей, переработкой, распространением. Сфера нематериального производства (управление, наука, культура, искусство, образование и т.п.) в большинстве стран развивалась значительно более высокими темпами, к концу XX века доля «белых воротничков» среди всех занятых в общественном производстве стала преобладающей. Этот факт свидетельствует о наступлении «второй промышленной» или, точнее, информационной революции и переходе человечества от индустриальной к постиндустриальной, информационной эпохе.

Однако простым увеличением числа работающих справиться с возрастающим потоком информации невозможно. Дело в том, что количество информации растет со временем не линейно, а экспоненциально. Например, накопленные человечеством знания в области науки и тех-

ники удваиваются каждые несколько лет, причем даже скорость этого обновления постоянно возрастает. Еще в XVIII веке один ученый-энциклопедист мог прочитать все научные труды предшественников и удержать в своей памяти все знания, считавшиеся на тот момент научными, сейчас же за 2–3 года создается такой же объем новых знаний, который накапливался за всю предшествующую историю. Это явление названо информационным взрывом.

Если бы производительность труда в информационной сфере оставалась неизменной, то все занятое население со временем вынуждено было бы переместиться в нематериальное производство, и некому было бы его кормить и одевать. Человечеству объективно понадобился инструмент, способный резко усилить мыслительные возможности человека, подобно тому, как в эпоху первой промышленной революции были изобретены машины, умножившие его физические возможности. Этим инструментом стала вычислительная машина – компьютер.

Связь – второй рычаг информационной революции

Компьютер – необходимый, но не единственный рычаг информационной революции. Он может хранить и обрабатывать информацию, но не способен передавать ее на расстояние.

Возвращаясь к первой промышленной революции, можно утверждать, что она была бы невозможна, если бы появление машин не сопровождалось развитием механического транспорта. Что толку от шахты или завода, если их продукцию невозможно вывезти? Более того, в индустриальную эпоху именно развитие транспорта определяло силу и мощь отдельного государства. В XVIII веке, когда преобладающим видом транспорта был морской, самым могущественным государством в мире была Великобритания – владычица морей. В середине XIX века основным транспортом стал железнодорожный, и пальма первенства перешла к государствам континентальной Европы – Франции и Германии, построившим самую развитую железнодорожную сеть. В автомобильном XX веке мировое лидерство захватила Америка, создавшая гигантскую автомобильную промышленность и опутавшая весь континент густой паутиной автомобильных дорог.

Связь – тот же транспорт, но для информации. В наступившую информационную эпоху ее значение невозможно переоценить. Не случайно обобщенный показатель развития сети электросвязи – телефонная

плотность, то есть количество телефонов на 100 жителей – входит в число шести основных критериев Международного валютного фонда, определяющих экономический уровень развития страны. В промышленно развитых странах он достигает значения 40 и более, в России приближается к 20, однако в последние годы электросвязь в нашей стране развивается очень быстрыми темпами, так что перспективы попасть в информационно развитые страны у России остается.

Компьютер и связь – два ключевых понятия, два равноценных рычага информационной революции. Долгое время они развивались независимо друг от друга, но в 80-х и 90-х годах начался процесс их интенсивного сближения. С одной стороны, электросвязь дала компьютерам возможность объединяться в локальные и глобальные компьютерные сети. С другой стороны, все современные средства связи, будь то телефонная станция или студийный телевизионный комплекс, по сути представляют собой сложные программно-управляемые микропроцессорные системы.

Технические и социальные последствия интеграции коммуникационных и компьютерных технологий столь значительны, что специалисты сравнивают этот процесс со слиянием двух половинок ядерного заряда в атомной бомбе. В результате в последние несколько лет мы наблюдаем информационной взрыв невиданной силы. Сотовые телефоны, интернет², пластиковые деньги, электронная торговля, дистанционное образование – первые проявления этого необыкновенного явления.

Символом неразрывного единства связи (телекоммуникаций) и информатики в современном мире является рождение нового термина «*телематика (telematics)*», который все чаще мелькает на страницах специальных изданий. Преломляясь в различных областях применения, это слово породило, в свою очередь, такие словосочетания, как «медицинская телематика», «автомобильная телематика» и т.п.

² Поскольку это слово для русского языка новое, возникает дискуссия о его правописании – с заглавной или строчной буквы. Следуя многим авторитетным интернет-изданиям (см. «Комментарии и ссылки на источники»), мы считаем написание с маленькой буквы более соответствующим современной языковой тенденции и впредь будем его придерживаться.

Выводы

1. Прародителем информатики является кибернетика, основанная американским математиком Норбертом Винером, опубликовавшим в 1948 году одноименную книгу. Основоположником советской школы кибернетики и информатики признан профессор МГУ Алексей Андреевич Ляпунов.
2. Слово «информатика» для обозначения комплекса компьютерных наук было введено в словарь русского языка в 1976 году академиком Андреем Петровичем Ершовым.
3. Несмотря на широкую распространенность термина «информатика», у специалистов до сих пор нет единого мнения о его толковании. Существуют три подхода:
 - сверхширокий, включающий в информатику все, что связано с любыми процессами получения, преобразования и передачи информации;
 - широкий, включающий в информатику все, что связано с компьютерами, в том числе вопросы конструирования вычислительной техники;
 - узкий, определяющий информатику только как науку о применении компьютеров, то есть как науку о компьютерных технологиях.

Для профессионального употребления автор рекомендует руководствоваться узким подходом, выделяя в самостоятельные науки кибернетику, вычислительную технику и информатику.

4. Возникновение информатики во второй половине XX столетия не является случайностью. Компьютер и электросвязь – два закономерных продукта и инструмента информационной революции, знаменующей переход от индустриальной к постиндустриальной (информационной) эпохе в истории человечества.

Комментарии и ссылки на источники

Дискуссии о терминологии, в том числе об определении названий тех или иных дисциплин, являются излюбленными в ученой среде. Когда речь идет о такой молодой науке, как информатика, они неизбежны. Как говорится, два ученых – три мнения. Мне попадались целые лекции определений информатики, насчитывающие не менее двадцати

формулировок. Я попытался аргументировать свою точку зрения, основанную на самых простых исторических и практических соображениях. Возможно, кому-то она покажется неубедительной, в качестве оправдания я сошлюсь на такой эпизод.

Много лет тому назад для молодых преподавателей Томского государственного университета, к числу которых тогда принадлежал и я, был организован курс по педагогике высшей школы. Лекции читал профессор Санкт-Петербургского (тогда Ленинградского) университета В.И. Лир. Кстати сказать, они были настоящим шедевром преподавательского мастерства, наглядным пособием на тему «как читать лекции». Так вот, на одном из занятий был задан вопрос: «Какую точку зрения на предмет должен излагать лектор, если по данному вопросу их несколько и нет общепринятой?» Владимир Иванович, не задумываясь, ответил: «Свою». Слушатель не унимался: «Ну, а если у него нет собственной точки зрения?» – «Тогда ему нечего делать на преподавательской кафедре!»

Рассуждения о периодической смене технологических эпох и волнах технологических революций встречаются у многих ученых. Повидимому, к настоящему времени они с наибольшей полнотой опубликованы в очень интересной и легкой для чтения книге известного американского философа и социолога Элвина Тоффлера [35], переведенной на русский язык в 1999 году. В отечественной науке пионерская работа в этой области принадлежит Г.Р. Громову, книга которого [13] в свое время наделала много шума. Насыщенная множеством цифр, фактов, эта фундаментальная работа, написанная на гребне микропроцессорной революции на Западе и заре перестройки в России, открыла глаза отечественному читателю на состояние мирового компьютерного рынка и его ужасающее отставание в нашей стране.

Приведенный нами график вовлеченности трудящихся в различные сферы деятельности носит качественный характер. Для различных стран (развитых, развивающихся) цифры могут сильно различаться.

Интеграция вычислительной техники и средств связи в последнее время становится такой тесной, что многие журналы их уже не разделяют. Об этом свидетельствуют хотя бы названия изданий типа «Компьютеры и связь».

По поводу написания слова «интернет» в настоящее время нет однозначного мнения. Хотя современный орфографический словарь полагает

его именем собственным и предлагает написание с заглавной буквы, многие специалисты в области русского языка считают, что в соответствии с языковой тенденцией правильнее считать его именем нарицательным, писать со строчной буквы и склонять как существительное мужского рода: *интернет, интернета, интернету* и т.д. В прошлом аналогичных примеров было много. Когда-то слова *метрополитен, аспирин, термос, эскалатор, унитаз, плексиглас, диктофон, ксерокс, керосин, рапидограф, кульман, вазелин* и многие другие тоже были фирменными марками и писались с заглавной буквы, а сейчас это никому и в голову не придет. В результате дискуссии, развернувшейся в интернете в 2001 году (см. <http://www.redactor.ru/express/i.shtml>), ряд популярных сетевых изданий пришли к выводу, что такое написание отражает языковую тенденцию. В качестве корпоративного стандарта написание со строчной буквы уже приняли Yandex, Algorithm Group, Art.Lebedev Group, «Контент-лаборатория», журнал «Internet» и др. Такого же мнения придерживается одна из самых старых и авторитетных российских общественных организаций – «законодатель мод» в сфере российского интернета РОЦИТ (Региональная общественная организация «Центр интернет-технологий»), сайт которой находится по адресу <http://www.rocit.ru>.

Глава 1. Доэлектронная история вычислительной техники

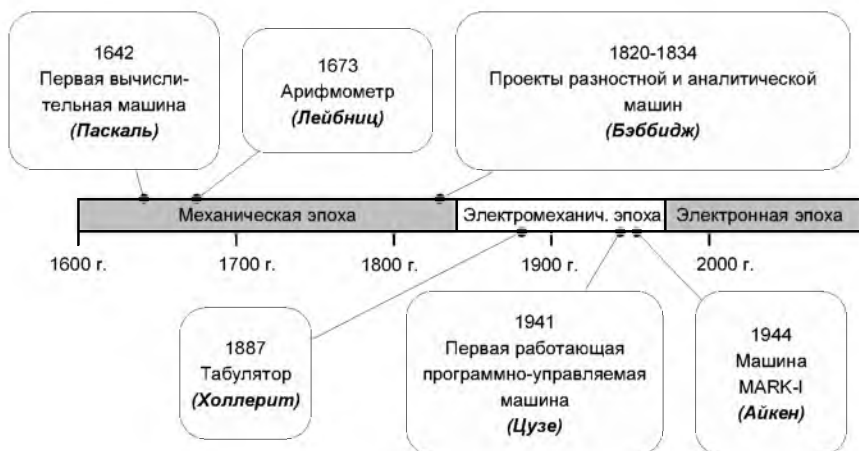
Современная история вычислительных машин (теперь принято говорить – компьютеров) насчитывает чуть больше пятидесяти лет, однако у этой истории есть предыстория длиной в несколько веков. Никакие великие изобретения не рождаются на пустом месте, у них всегда есть предшественники и прародители. Знание истории науки и техники необходимо не только для общей культуры. Известно, что прогресс идет по спирали и все новое – хорошо забытое старое. В будущих поколениях компьютеров непременно реализуются (разумеется, на новой научно-технической базе) идеи, не нашедшие достойного воплощения десятки лет назад.

Наш обзор доэлектронной истории вычислительной техники будет очень кратким и лишенным очень многих интересных и живописных деталей. Интересующихся этим вопросом более глубоко мы отсылаем к прекрасным руководствам (см. «Комментарии и ссылки на источники в конце главы»), а здесь осветим лишь принципиальные, узловые события истории, цепь которых даст возможность понять, что создание современного компьютера – не чудо сверхъестественных сил, а закономерный результат технического творчества поколений ученых и конструкторов.

§ 1.1. Общий исторический фон

Могла ли быть электронная вычислительная машина (ЭВМ) построена в XVIII или XIX веке? Конечно, нет, потому что тогда не было соответствующей элементной базы: радиолампы и транзисторы изобретены значительно позже. Всякое устройство, в том числе вычислительное, существует не само по себе, а в определенном окружении, технологическом контексте, на фоне общего уровня техники своего времени.

На рисунке изображены основные события истории вычислительной техники, о которых мы будем говорить позже, привязанные к основным технологическим эпохам.



Основные события доэлектронной истории вычислительной техники

В истории вычислительной техники можно выделить четыре эпохи.

Домеханическая эпоха – с древнейших времен до середины XVII века. Элементную базу вычислительных устройств тех лет составляли подручные предметы – камешки, палочки и т.п. Величайшие достижения домеханической эпохи – счеты и логарифмическая линейка.

Механическая эпоха. XVII и XVIII века – время расцвета точных механических устройств. Часы, механические игрушки, приборы тех лет до сих пор поражают воображение. Именно в это золотое для механики время были созданы первые конструкции вычислительных машин – суммирующая машина Паскаля и арифмометр Лейбница. Вершина механической эпохи – аналитическая машина Бэббиджа, по смелости инженерных решений на столетие опередившая свое время. Однако, несмотря на все свое совершенство, машина Бэббиджа проектировалась как чисто механическая, приводимая в движение небольшим паровым двигателем.

Электромеханическая эпоха. В 1800 году итальянский ученый Алессандро Вольта (Volta, Alessandro; 1745–1827) изобрел химический

источник тока – прообраз современных батареек, наступивший XIX век стал веком электричества. Были построены электрические генераторы и двигатели, пришедшие на смену паровым машинам; параллельно стала развиваться слаботочная электротехника, начало которой положил американский физик Джозеф Генри (Henry, Joseph; 1797–1878), предложивший в 1831 году конструкцию электромагнитного реле. Сначала электромеханические элементы были очень ненадежными и неподходящими для построения сложных приборов, но уже в конце XIX века появилась техническая возможность превратить чисто механические вычислительные устройства в электромеханические, в которых передача сигналов осуществлялась не рейками и шестеренками, а импульсами тока. Начало электромеханической эпохи отмечено изобретением табулятора Холлерита, а конец – релейными вычислительными машинами типа MARK.

Электронная эпоха. Царство электромеханики в вычислительной технике было недолгим – меньше столетия. В начале XX века были изобретены первые электронные приборы – радиолампы. Вакуумный диод предложен в Великобритании в 1904 году Джоном Флемингом (Fleming, John Ambrose; 1849–1945), триод – в США в 1906 году Ли де Форестом (DeForest, Lee; 1873–196). Электронные лампы стали применяться во всех радиотехнических устройствах, однако их использование в вычислительной технике стало возможным лишь после изобретения триггера – радиосхемы с двумя устойчивыми состояниями, которая пришла на смену электромагнитному реле. Триггер был создан в 1918 году русским радиотехником Михаилом Александровичем Бонч-Бруевичем (1888–1940), на его основе в 20-х и 30-х годах были построены основные составляющие вычислительной техники – регистры, счетчики, логические схемы. Таким образом, к 40-м годам была создана элементная база электронной вычислительной техники, и вскоре была построена первая работающая ЭВМ ENIAC.

Радиолампы тысячекратно ускорили работу вычислительных устройств, но очень скоро стали ощущаться их принципиальные недостатки: низкая надежность, громоздкость и большое потребление энергии. Ламповые компьютеры 50-х годов насчитывали десятки тысяч логических элементов, и это был естественный предел их сложности, так как более громоздкие конструкции просто невозможно заставить работать. Но вот на смену радиолампам в конце 50-х годов пришли транзисторы, которые со временем становились все меньше и меньше. Наступила

пора микроэлектроники, когда были практически сняты ограничения на сложность электронных устройств: современные микросхемы насчитывают миллионы дискретных элементов. Технологический прорыв 70-х годов оказался столь существенным, что его назвали микропроцессорной революцией (краткую хронику микропроцессорной революции мы рассмотрим в главе 2). Эта революция продолжается и по сей день, число транзисторов в одной микросхеме продолжает удваиваться каждые полтора-два года (так называемый закон Мура), как долго так будет – пока неизвестно.

Вместе с тем микропроцессорная революция не означает смену технологической эпохи. Микросхемы, как бы не росла их сложность, состоят из тех же самых активных базовых элементов – электронных транзисторов. А транзистор – он и есть транзистор, даже если размеры его измеряются долями микрона. Новая, постэлектронная эпоха наступит тогда, когда на смену транзисторам придут принципиально новые активные элементы. Прогнозы на этот счет самые разнообразные. Большинство ученых склоняется к тому, что элементная база будущих компьютеров будет оптической, более радикальные говорят о биологических элементах, но пока все это – лишь футуристические рассуждения. Жизнь показывает, что долгосрочное прогнозирование научно-технического прогресса – вещь ненадежная.

Таков в общих чертах технико-исторический фон, на котором происходило и происходит создание вычислительной техники. Теперь обратимся к конкретным фактам.

§ 1.2. Простейшие цифровые вычислительные устройства – абак и счеты

Самыми важными арифметическими операциями с точки зрения образованного человека Древнего мира – купца или сборщика налогов – были сложение и вычитание. Трудно представить себе, как с ними могли бы справиться, скажем, римляне, пользуясь только принятой у них непозиционной системой счисления. Попробуйте, например, решить такую простенькую задачку с римскими цифрами:

$$\text{MCMXCVI} + \text{CCLXIV} = ?$$

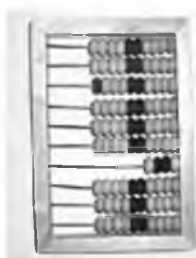
К счастью, уже древние римляне располагали простейшим приспособлением для ускорения счета, основанным на позиционной системе счисления, который назывался *абак*. Абак представляет собой дощечку,

разделенную вертикальными перегородками на несколько отделений, соответствующих отдельным разрядам числа в позиционной системе счисления. В отделениях помещались камешки (по латыни «камешек» – «calculus», отсюда происхождение слов «калькуляция», «калькулятор»). Число их в отделении равно значению разряда и может меняться (в десятичной системе счисления) от 0 до 9. Сложение чисел производится путем поразрядного добавления



Древнеримский абак

камешков, при переполнении отделения оно очищается и делается перенос единицы в следующий разряд. Вот и все – просто и быстро. Единственное неудобство – камешки легко рассыпаются и могут потеряться при переносе.



Русские счеты

Арабские купцы разнесли абак по всему миру. Практичные китайцы нанизали камешки на спицы, вставили их в деревянную раму и повернули все на 90 градусов. В таком виде абак в XVI веке попал в Россию и стал называться русскими счетами³. Прошло более 400 лет, а счеты на Руси и ныне кое-где в ходу.

§ 1.3. Логарифмическая линейка и ее потомки – аналоговые вычислительные машины

Если спросить молодого человека, живущего в конце XX века, что он думает о науке и технике XVII века, он, скорее всего, высокомерно выскажется о «первобытном и примитивном» уровне развития. И будет абсолютно не прав, так как XVII век – одна из высочайших вершин человеческого гения. Шекспир и Бах, Ньютон и Паскаль, Лейбниц и Декарт – все это XVII век. В этом веке были сделаны великие географические открытия, заложены основы современной физики и математики, сооружены грандиозные здания вроде собора св. Павла в Лондоне, изобретены телескоп, микроскоп, термометр, барометр, придуманы логарифмы и построены первые механические вычислительные машины.

³ В английском языке счеты до сих пор называются *abacus*.



Джон Непер
(1550–1617)

В этом параграфе мы поговорим о логарифмической линейке, которая появилась в первой трети XVII века, вскоре после того, как в 1614 году шотландский барон Джон Непер (Napier, John; 1550–1617) опубликовал свою первую книгу «Magnifici logarithmorum cannonis discriptio – Описание удивительных таблиц логарифмов». Я надеюсь, читатель еще представляет себе логарифмическую линейку, которая более трех веков верой и правдой служила бесчисленным поколениям ученых и инженеров, студентов и школьников. Даже когда появились электронные калькуляторы, многие инженеры предпочитали пользоваться испытанным и надежным помощником – линейкой. Рассказывают, что автор проекта останкинской телебашни инженер Н.В. Никитин (выпускник Томского политехнического института) все расчеты сделал на логарифмической линейке. Когда об этом узнали руководящие товарищи (дело было в 1960-е годы), они всполо-



Логарифмическая
линейка

зились, работу остановили и заставили перепроверить вычисления на компьютерах. Но все оказалось в порядке, – и башня, как видим, стоит до сих пор, несмотря на произошедший в ней в 2000 году большой пожар.



Принцип действия логарифмической линейки основан на основном правиле логарифмов:

$$\log(a \cdot b) = \log(a) + \log(b),$$

что позволяет заменить операцию умножения сложением, а операцию деления – вычитанием. Само же сложение (вычитание) производится путем простого перемещения двух реек с нанесенными на них одинаковыми логарифмическими шкалами.

Нас, однако, будут интересовать сейчас не конкретные приемы работы с логарифмической линейкой, а более общий вопрос о взаимоотношении дискретного и непрерывного в вычислительной технике.

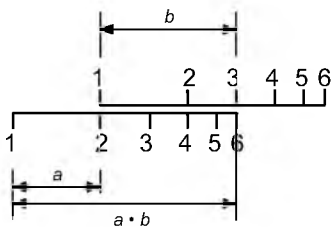
На абак или счетах число представляется в цифровой, т.е. в символической, знаковой форме, и это представление совершенно точное. Если 375 так 375, не больше и не меньше. Каждый разряд числа изображается целым числом камешков, нельзя положить 3 с половиной или 5 и 6 десятых камня. Даже если число не целое, то точно представляется

соответствующая ему десятичная дробь с фиксированным числом знаков после запятой. Поэтому абак является простейшим примером цифровой или, более точно, дискретной вычислительной машины (так как представляться могут не только числа, но и другие дискретные объекты – тексты, оцифрованные образы и др).

В противоположность абак, на логарифмической линейке представляется не цифровая запись числа, а некоторый его физический аналог. Первому сомножителю соответствует перемещение движка относительно неподвижной шкалы, второму – перемещение визира бегунка относительно шкалы движка, результату – перемещение бегунка относительно неподвижной шкалы. Аналогии являются непрерывными физическими величинами, поэтому представление всегда не точное, а приближенное, так как невозможно точно выставить движок на цифру, скажем, 2, будет или меньше или больше, да и сами шкалы имеют некоторую погрешность. Таким образом, логарифмическая линейка является простейшим примером аналоговой вычислительной машины (АВМ).

Цифровые (дискретные) и аналоговые вычисления – это две постоянно сосуществующие и конкурирующие ветви математики. Математика Древнего мира была в подавляющей степени связана с аналоговыми (геометрическими) построениями. Строго говоря, циркуль и линейка – это тоже древнейшая аналоговая вычислительная машина.

С изобретением символических алгоритмов арифметики роль аналоговых вычислений стала ослабевать, так как цифровые методы способны обеспечить более высокую точность вычислений. Обычная логарифмическая линейка дает результат с точностью до 1–0.1% (2–3 знаков после запятой), причем ошибка быстро накапливается с увеличени-



Принцип действия логарифмической линейки
 $a = 2, b = 3, a \cdot b = 6$

ем сложности вычислений. Для астрономии или географии такая точность совершенно недостаточна, поэтому, начиная с XVII века, конструкторская мысль была направлена в основном на создание и развитие цифровых вычислительных машин, и что из этого получилось – мы увидим дальше.

Однако не всегда и не везде нужна астрономическая точность, поэтому, параллельно с цифровой, развивалась и аналоговая вычислительная техника. В XIX и XX веках для аналоговых вычислений



Дифференциальный анализатор
Ванневара Буша (1930 г.)

использовались самые различные физические процессы: механические, гидравлические. Например, в 1930 году профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Ванневар Буш (Bush, Vannevar; 1890–1974) построил «дифференциальный анализатор» – большую механическую аналоговую машину, способную решать сложные дифференциальные уравнения. Он представлял собой сложнейшую систему реек, шестеренок, валиков занимавшую целый

зал. Обязанности оператора на этой машине выполнял молодой аспирант Клод Шеннон – будущий автор теории информации. С тех пор МТИ превратился в крупнейший центр исследований в области вычислительной техники и информатики⁴, а Буш, ставший в годы Второй мировой войны советником президента США по науке, сыграл важную роль в развитии современных информационных систем (подробнее об этом мы будем говорить в главе 4).

После изобретения радиоламп и транзисторов в середине XX века появились электронные АВМ, которые завоевали к 1960-х годам большую популярность, сравнимую с популярностью цифровых вычисли-

⁴ Город Бостон, штат Массачусетс, благодаря своему пригороду Кембриджу издавна считается интеллектуальной столицей Восточного побережья США. Здесь в XVII веке был основан старейший и престижнейший Гарвардский университет, носящий имя его основателя Джона Гарварда. Расположенный в том же Кембридже Массачусетский технологический институт был основан значительно позже – в 1861 году.

тельных машин (ЦВМ), их изучение было обязательным на всех технических факультетах. Это объяснялось многими факторами:

- аналоговые машины в то время были намного проще, меньше по размерам и дешевле цифровых;
- на аналоговых машинах очень легко выполнялись трудоемкие операции дифференцирования и интегрирования функций, решения дифференциальных уравнений высоких порядков;
- результат вычислений получался немедленно после ввода исходных данных, причем этот результат выводился в виде физической величины и мог быть непосредственно использован для отображения на экране осциллографа (графических дисплеев не было еще и в помине).

В силу указанных причин аналоговые вычислительные машины широко использовались в системах управления самолетами, ракетами, производственными процессами.

Однако после изобретения микропроцессоров (1970-е годы), когда ЦВМ резко уменьшились в габаритах и подешевели, аналоговые ЭВМ сильно сдали в конкурентной борьбе с ними. Стало проще перевести аналоговый сигнал в цифровую форму, выполнить требуемые вычисления, а на выходе обратно преобразовать результат в физическую величину. По такому пути пошли звукозапись и телевидение – об этом мы также поговорим позже.

Значит ли это, что аналоговые вычисления вытеснены навсегда? Я глубоко убежден, что нет, и в этом одно из проявлений цикличности технического прогресса. Дело в том, что некоторые объекты, например графические или звуковые образы, являются исключительно трудными для символической обработки. Например, самые мощные цифровые процессоры, вооруженные наисовременнейшими алгоритмами, с большим трудом и недостаточным пока качеством справляются с задачами чтения слитного рукописного текста или распознаванием потока речи, а чело-



Большая электронная аналоговая вычислительная машина (1950-е годы)

век решает эти задачи относительно легко. Почему? Установлено, что в человеческом мозгу одно полушарие (левое), подобно цифровой вычислительной машине, оперирует со знаками и абстрактными понятиями. Правое же полушарие отвечает за образное, неструктурированное, аналоговое мышление. Только совместная работа обоих полушарий делает мозг таким, как он есть – пока недоступным для конкуренции со стороны чисто цифровых компьютеров.

Попытки «впрячь в одну телегу коня и трепетную лань» приводят к идее построения гибридных, то есть цифро-аналоговых вычислительных машин, которые представляются весьма перспективными для XXI века.

Мы остановились на аналоговых вычислительных машинах для того, чтобы к этой теме больше не возвращаться. Все дальнейшее изложение будет посвящено проблемам цифровых машин – их прошлому, настоящему и будущему.

Вернемся же в славный XVII век и познакомимся с историей создания первой механической цифровой вычислительной машины.

§ 1.4. Суммирующая машина Паскаля

Честь создания первой механической счетной машины принадлежит великому французскому ученому и изобретателю Блезу Паскалю (Pascal, Blaise; 1623–1662), известному своими достижениями в физике и математике (закон Паскаля для жидкостей и газов, треугольник Паскаля для вычисления биномиальных коэффициентов и др.)⁵.



Блез Паскаль
(1623–1662)

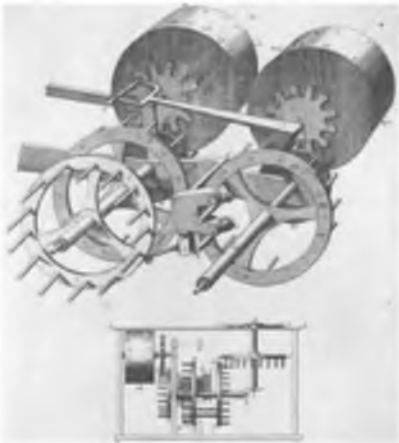
Отец Паскаля, который во времена кардинала Ришелье (Richelieu; 1585–1642) служил сборщиком налогов, очень много времени и сил тратил на утомительные арифметические выкладки, и юный Блез задался целью облегчить арифметические вычисления для отца. В 1642 году, в возрасте 19 лет, он публично продемонстрировал механическую вычислительную машину – «Паскалину».

⁵ В современных исследованиях по истории вычислительной техники приоритет Паскаля подвергается сомнению (см. «Комментарии...» в конце книги).

Главный недостаток абака или счетов – необходимость ручного переноса единицы в старший разряд при переполнении предыдущего. Механизировать этот процесс на камешках (костяшках) не удавалось, нужно было изобрести новый элемент с десятью устойчивыми состояниями, отображающими цифры разряда. После долгих раздумий Паскаль изобрел ... колесо, но не простое, а зубчатое, с 10 зубцами. Поворот колеса на один зубец (1/10 часть окружности) соответствует увеличению значения разряда на единицу, а при полном обороте колеса специальный, довольно



Паскалина (1642 г.)



Механизм передачи десятков
в машине Паскаля

сложный, механизм передачи десятков (см. рис.) поворачивает следующее колесо ровно на один зубец.

Говоря современным языком, Паскаль изобрел многоразрядный десятичный механический счетчик оборотов, который до сих пор используется в спидометрах автомобилей, электросчетчиках и т.д. Более того, счетчик Паскаля с некоторыми усовершенствованиями стал центральным устройством – сумматором – всех последующих механических и электромеханических вычислительных машин вплоть до середины XX века, и даже в первых конструкциях электронных машин средствами электроники моделировалась

работа циклического десятичного счетчика, пока фон Нейман не предложил перейти на двоичную систему счисления (об этом мы будем говорить в следующей главе).

Паскаль более 10 лет занимался усовершенствованием своей машины, было сделано 50 ее экземпляров из латуни, слоновой кости, других материалов (до наших дней сохранилось восемь, в том числе один хранится в музее корпорации IBM). Машина получила известность, а Паскаля за ее изобретение сравнивали с Архимедом. Множество людей

приходило в Люксембургский дворец, где она была выставлена для всеобщего обозрения. Однако широкого распространения Паскалина не получила по нескольким причинам. Во-первых, она была достаточно сложной и дорогой, а во-вторых, и это самое главное, машина предназначалась исключительно для сложения и вычитания 6–10-разрядных чисел, а самые трудоемкие операции умножения и деления она не механизировала. Этого удобства сборщикам налогов пришлось ждать еще 30 лет.

§ 1.5. Арифмометр – от машины Лейбница до электронного калькулятора

Операция умножения многозначных чисел сводится к повторному сложению; именно так поступаем мы, выполняя умножение «столбиком» на бумаге (см. пример).

1526		1526
<u>312</u>		<u>312</u>
1526		1526
1526		<u>1526</u>
1526		3052
1526	сдвиг->	3052
1526		<u>1526</u>
<u>1526</u>		18312
476112	сдвиг->	18312
		1526
		1526
		<u>1526</u>
		476112

а)
б)

Алгоритм умножения целых чисел при вычислениях
на бумаге и машине Паскаля (а) и на арифмометре (б)

При реализации этого алгоритма на машине Паскаля приходится несколько раз (в нашем примере шесть) вводить одно и то же множимое, временами сдвигая его на один разряд влево, что очень утомительно.

Оригинальное решение проблемы предложил в 1673 году знаменитый немецкий математик, философ, дипломат Готфрид Лейбниц

(Leibnitz, Gottfried; 1646–1716). Он ввел в вычислительную машину два принципиальных усовершенствования.

Во-первых, для повторного ввода одного и того же числа он использовал ступенчатые валики (по одному на каждый разряд) и поворотную рукоятку. Поворачивая рукоятку на один оборот, можно, в зависимости от положения промежуточной шестеренки на валике, добиться ее поворота на заданную долю окружности.

Во-вторых, он поместил механизм ввода чисел на подвижную каретку, которая на очередном шаге умножения перемещается влево

относительно сумматора на один разряд (в последующих конструкциях арифмометров

оказалось удобнее неподвижным сделать механизм ввода, а на каретку поместить сумматор, поэтому сдвиг сумматора происходит вправо).

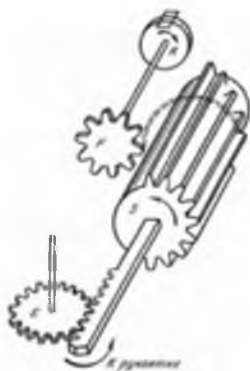
Таким образом, введя один раз множимое, можно многократно вводить его со сдвигом в счетчик, производя операцию умножения. Операция деления выполняется аналогично, путем повторного вычитания делителя из делимого, для чего рукоятку прибора следует крутить в другую сторону.

Арифметическая машина Лейбница совершенствовалась в деталях, но не в принципе, на протяжении следующего

XVIII, а затем и XIX века, она получила название арифмометра и стала производиться многими фирмами. Наиболее популярной была модель французского инженера Карла Томаса, который в 1821 году организовал серийное производство арифмометров в Париже, поэтому арифмометры этой конструкции назывались томас-машинами.



Готфрид Лейбниц
(1646–1716)



Ступенчатый валик
Лейбница



Арифмометр Лейбница (1673 г.)

Только через 200 лет, в 1873 году петербургский изобретатель В.Т. Однер, швед по происхождению, предложил более простое и компактное, чем валик Лейбница, устройство для ввода чисел в арифмометр – так называемое колесо Однера с переменным числом зубцов. На базе своего изобретения Однер организовал широкомасштабное производство арифмометров. В 1917 году Однер эмигрировал в Швецию, но производство арифмометров в России постоянно увеличивалось. На московском заводе имени Ф. Дзержинского арифмометры Однера выпускались под маркой «Феликс», в 1969 году их было произведено 300 000 шт.



Арифмометр "Феликс-М",
выпуск 1960-х годов

С помощью арифмометра были составлены фундаментальные математические таблицы, выполнены сложнейшие астрономические расчеты, так что «железный Феликс» – это почтенный и заслуженный вычислительный прибор, и в коллекции музея истории вычислительной техники он стоит на самом почетном месте.

Усовершенствование арифмометра продолжалось вплоть до 70-х годов XX века. К ручке приделали электромоторчик, неудобный рычажковый ввод заменили на клавишный – в результате появилось целое семейство электро-механических калькуляторов.

Я застал эти машины в лаборатории счетно-решающих устройств Томского университета в середине 1960-х годов. Особенное впечатление произвела немецкая Zometron тем, что она совершенно самостоятельно, с ужасающим треском и лязганьем производила деление многозначных чисел. Любимым занятием было заставить ее делить на нуль и посмотреть, что из этого получится. Машина не замечала подвоха и продолжала греметь шестеренками до тех пор, пока нажатием специальной клавиши не оставливали это пустое занятие.

В середине 1960-х годов появились первые электронные калькуляторы. По своим функциональным возможностям они полностью копи-



Электромеханический
калькулятор
середины 1960-х годов

ровали электромеханические вычислители, имели приблизительно те же размеры, зато работали бесшумно. За прошедшие 30 лет калькуляторы сильно «похудели» (сейчас их встраивают даже в часы и авторучки), подешевели, стали удобнее в пользовании и проч. и проч. Однако в идейном отношении современные электронные калькуляторы недалеко ушли от арифмометра Лейбница: они предназначены для выполнения одной изолированной операции. Если нужно выполнить цепочку вычислений, то приходится каждый раз записывать результат на бумажку и вновь вручную вводить исходные данные для следующей операции. И никакая электроника сама по себе ничего нового не дает, так как в калькуляторах (механических или электронных) не реализован фундаментальный принцип, который собственно и превратил калькулятор в компьютер – принцип программного управления.



Электронный калькулятор
(1970-е годы)

§ 1.6. Принцип программного управления. Вычислительные машины Бэббиджа

Программное управление

С точки зрения вычислительной техники XVIII век был беден крупными событиями, но вот наступил век XIX. Великая французская революция, европейские войны, звездный час наполеоновской империи...

На фоне этих политических событий было сделано одно эпохальное техническое изобретение: в 1801 году французский механик Жаккар (Jacquard, Joseph-Marie; 1752–1834) построил ткацкий станок, который автоматически, без участия человека, ткал узорное полотно (оно так теперь и называется – жаккардовое). Станок управлялся программным механизмом на перфокартах.

Перфокарта представляла собой прямоугольный кусок тонкого картона с пробитыми на нем рядами отверстий, каждый ряд соответствовал одной нити основы ткани. Желаемый рисунок предварительно кодировался на перфокартах, в процессе работы цепочка перфокарт протягивалась через станок и ощупывалась программным механизмом. Есть



Ткацкий станок Ж. Жаккара
(1801 г.)

отверстие – шуп опускался, и челнок в этом месте нырял под основу, нет – челнок проходил над основой. Таким образом можно запрограммировать сколь угодно сложный рисунок, и станок отработывал его без ошибок и с недостижимой для человека скоростью. Более того, для того чтобы сменить рисунок, не нужно переналаживать станок – достаточно просто сменить программу на перфокартах. В усовершенствованных станках можно было программировать даже циклы для повторяющихся частей рисунков.

Станок Жаккара произвел революцию в технике, ибо он ознаменовал собой воплощение нового технологического принципа – принципа программного управления. Вслед за ткацким станком вскоре появились и другие программно-управляемые автоматы, например механическое пианино – пианола.

Чарльз Бэббидж

Идея применить принцип программного управления к вычислительному устройству и «ткать алгебраические узоры, как ткацкий станок Жаккара – цветы и листья»⁶ была высказана выдающимся английским ученым и изобретателем Чарльзом Бэббиджем (Babbage, Charles; 1791–1871).

Судьба Бэббиджа замечательна и драматична. Сын богатых родителей, выпускник Кембриджского университета, он отличался чрезвычайно широкими научными интересами и до глубокой старости сохранял высокую работоспособность. Опубликовал множество



Чарльз Бэббидж
(1791–1871)

⁶ Это сравнение принадлежит Аде Лавлейс.

работ по математике, физике, астрономии, геологии, экономике, лингвистике. Кроме научных занятий увлекался прикладным техническим творчеством (сделал ряд изобретений для железнодорожного транспорта, разработал систему управления маяками, придумал логический автомат для игры в крестики-нолики и др.). Главному делу своей жизни – конструированию вычислительных машин – Бэббидж посвятил более 50 лет. После него осталось 37 кв. м чертежей, несколько моделей отдельных частей разностной и аналитической машин. Его технические идеи на столетие опередили свое время.

Разностная машина

К идее программного управления Бэббидж пришел сразу, а после 14 лет работы над проектом так называемой разностной машины. Мысль о создании такой машины пришла Бэббиджу в 1820 году, когда он ознакомился с работами французских ученых по составлению десятичных математических таблиц. Работы велись двумя вычислительными мастерами (для взаимной перепроверки), в каждой около ста человек изо дня в день вели однообразные выкладки по фиксированному алгоритму конечных разностей, использующему только сложение и вычитание. Эту рутинную работу Бэббидж решил поручить механи-

ческому вычислителю. В течение двух лет был разработан первый проект и сделана небольшая действующая модель. Продемонстрировав модель Королевскому обществу (аналог нашей Академии наук), Бэббидж добился правительственного финансирования и начал работу над постройкой машины в полном масштабе.

К сожалению, при реализации проекта Бэббидж столкнулся с большими технологическими трудностями. Уровень машиностроения того времени не позволил осуществить столь амбициозный замысел, к тому же Бэббидж постоянно переделывал чертежи, внося бесконечные улучшения и усовершенствования. Работа затягивалась, финансирование иссякло, и наконец в 1842 году решением парламента незаконченная машина и все чертежи были переданы на хранение в музей.

К сожалению, при реализации проекта Бэббидж столкнулся с большими технологическими трудностями. Уровень машиностроения того времени не позволил осуществить столь амбициозный замысел, к тому же Бэббидж постоянно переделывал чертежи, внося бесконечные улучшения и усовершенствования. Работа затягивалась, финансирование иссякло, и наконец в 1842 году решением парламента незаконченная машина и все чертежи были переданы на хранение в музей.



Детали разностной машины
в Музее компьютерной истории
в Силиконовой долине, США

Аналитическая машина

Еще работая над проектом разностной машины, Бэббидж понял, что ее возможности можно неизмеримо увеличить, если схему вычислений сделать не жесткой, а управляемой с помощью перфокарт.

Первый набросок новой машины (она была названа аналитической) появился в 1834 году, затем в течение многих лет, практически до самой смерти, Бэббидж занимался ее усовершенствованием. Было разработано более 300 подробных чертежей машины и ее отдельных узлов, в том числе 25 вариантов общих планов. Чертежи машины были литографированы и разосланы ученым разных стран, с лекциями о ее устройстве Бэббидж выступал в Италии и на международных выставках.

По замыслу автора, машина должна была состоять из четырех основных блоков.

Первый блок Бэббидж назвал «mill», то есть «мельница», предназначен для выполнения четырех арифметических действий. По современной терминологии это – процессор. Вычисления должны были вестись в десятичной системе счисления, точность представления чисел составляла 50 десятичных знаков, при этом сложение двух 50-разрядных чисел должно было происходить за 1 с, умножение и деление – за 1 мин.

Второй блок называется «store», что означает «склад», или, по-нашему, оперативная память. Временное хранение чисел должно было осуществляться на вертикальных осях с 50 (по числу разрядов) колесами на каждой. Всего предполагалось иметь на складе 1000 осей (ячеек памяти). Нельзя не удивиться размаху планов Бэббиджа: даже в первых электронных компьютерах середины XX века не было такого адресного пространства.

Третий блок представлял собой устройство управления. Он состоял из двух жаккардовских перфокарточных механизмов: один для программы, второй – для исходных данных. При этом необходимо сказать, что система команд аналитической машины включала не только арифметические действия, но и условную передачу управления.

Последний, четвертый блок предназначался для внешнего обмена. Планировалось иметь широкий спектр устройств ввода-вывода. В качестве основного устройства вывода использовался карточный перфоратор, кроме него предполагалось выводить результаты вычислений на бумагу, а также выдавливать их на металлических пластинках, чтобы в дальнейшем можно было печатать таблицы без ошибок, вносимых ти-

пографскими наборщиками. Предполагалось еще сконструировать и подключить к машине механический графопостроитель.

Даже по современным меркам проект аналитической машины выглядит весьма внушительно. Бэббидж предложил множество оригинальных технических решений (например, схему сквозного переноса), которые оставались актуальными почти сто лет. В сравнении с первой электронной вычислительной машиной ENIAC, построенной в 1945 году, проект Бэббиджа имел ряд принципиальных преимуществ. Например, в ENIAC программа вводилась не с перфокарт, а коммутировалась переключателями и соединительными штекерами.

К сожалению, аналитическая машина, как и разностная, так и осталась на бумаге. Основная причина та же – отсутствие технологии точной механической обработки деталей; для приведения в движение длинной цепи шестеренок требовалась слишком большая сила. Существенную роль сыграл и субъективный фактор. По мнению историка науки Г.Н. Поварова, «...неуспех проекта был обусловлен скорее деловыми и личными причинами, нежели собственно техническими. Как часто бывает, судьба изобретения тесно сплелась с судьбой изобретателя. Бэббидж был ученый-романтик, стремившийся все время вперед, к неведомому и небывалому. Его гениальная интуиция легко схватывала принцип решения, но он не всегда учитывал практические трудности исполнения, не достигнув одного, спешил к другому».

По чертежам и описаниям Бэббиджа впоследствии было построено несколько образцов аналитической машины. Первая уменьшенная реализация предпринята шведами отцом и сыном Шютцами (Scheutz, Georg; 1785–1873; Edvard; 1821–1881) в 1854 году, еще при жизни Бэббиджа. Машина весила около 1 т и содержала 4320 деталей, на Всемирной выставке в Париже ей была присуждена золотая медаль. В 1876 году в США Джордж Грант построил разностную машину, содержащую 15 тыс. деталей, имевшую 2.4 м в длину, 1.5 м в высоту и вес 900 кг. Машина проработала 20 лет, а затем была передана в музей.



Фрагмент аналитической машины (реконструкция)

Сын Чарльза Бэббиджа Генри в 1906 году реконструировал по чертежам отца часть аналитической машины – арифметическое устройство и устройство печати результатов с точностью 29 знаков. Эта модель в настоящее время хранится в Научном музее Лондона. В 1969 году фирма ИВМ изготовила для музея полномасштабный макет аналитической машины, но этот макет изображал только внешний вид устройства и был неработоспособным.

Проектирование разностных машин продолжалось вплоть до 40-х годов XX века, когда надобность в них отпала, так как табулирование функций стало производиться не с помощью специализированных механизмов, а по машинным программам на универсальных компьютерах.

Ада Лавлейс и возникновение программирования

Несмотря на то, что аналитическая машина не была воплощена в металле, для нее были составлены программы. Судьбе было угодно распорядиться так, что первым в истории программистом стала женщина, и не кто-нибудь, а единственная дочь великого английского поэта Августа Ада Байрон, по мужу графиня Лавлейс (Lovelace, Ada Augusta; 1815–1852).

Ада получила прекрасное воспитание, была талантливым музыкантом, знала несколько иностранных языков, увлекалась математикой. В 19 лет она познакомилась и подружилась с Чарльзом Бэббиджем, считала себя его ученицей и помощницей. Поскольку Бэббидж был сильно занят чертежами, Ада, обладавшая прекрасным слогом и ясностью мышления, считала своим долгом популяризировать идеи учителя. Когда в 1842 году вышла статья итальянского инженера, между прочим будущего премьер-министра, Л.Ф. Менабреа (Menabrea, L.F.) с техническим описанием аналитической машины, составленным по записям лекций Бэббиджа в Италии, Ада вызвалась перевести ее на английский язык и снабдить комментариями. В этих «комментариях переводчика» она проанализировала основные понятия программирования, такие, как простой цикл, цикл в цикле, рабочая переменная, условная передача управления и т.д. В заключение приводился пример достаточно сложной программы для ана-



Ада Лавлейс
(1815–1852)

литической машины, вычисляющей числа Бернулли. Хотя объем комментариев более чем в два раза превысил объем самой статьи, Ада скромно подписалась инициалами «AAL». Эта была ее единственная научная работа, но этой работой она навсегда вписала свое имя в историю науки.

Программа Ады Лавлейс содержит 25 шагов, она составлена очень изящно, минимизируя память и перфокарты. Для того чтобы проверить, насколько правильно написана эта программа (отладить ее на машине автор не имела возможности), в 1978 году в СССР был поставлен эксперимент. Программу перевели на язык Фортран, для чего потребовалось 85 операторов, и протестировали на компьютере. Оказалось, что в программе Ады Лавлейс содержится одна алгоритмическая ошибка и одна опечатка. После их исправления программа заработала правильно.

«Несколько страниц, написанных в ночь перед дуэлью Эваристом Галуа, – пишет Г.Н. Поваров, – открыли миру гениального математика. Единственная песнь – «Марсельеза», сочиненная капитаном Руже де Лилем, сделала его имя бессмертным. Составленные 28-летней графиней Августой Адой Лавлейс примечания к статье итальянского инженера Л.Ф. Менабреа дают основания считать ее первой программисткой, чье имя навсегда останется в истории вычислительной математики и вычислительной техники».

§ 1.7. Табуляторы: от Холлерита до машиносчетных станций

Табулятор Холлерита

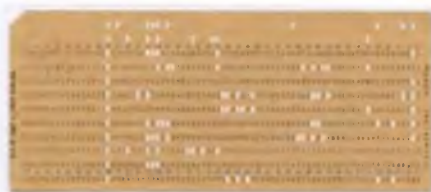
Электромеханическая эпоха в истории вычислительной техники начинается с создания в 1887 году табулятора американским инженером Германом Холлеритом (Hollerith, Hermann; 1860–1929). Холлерит в 1879–1882 годах работал в Бюро цензов (статистическом ведомстве) США, которое каждые десять лет проводило переписи населения, и ему было хорошо известно, сколь трудоемкой является ручная обработка их результатов. Например, итоги переписи 1880 года, когда население страны составляло около 50 млн человек, были получены только через 7,5 лет.



Герман Холлерит
(1860–1929)

В своей «машине для переписи населения» Холлерит предложил использовать перфокарты, подобные жаккардовым. Каждая перфокарта имела 6 рядов круглых отверстий по 32 колонки в каждой, впоследствии отверстия стали квадратными, число рядов увеличилось до 12, а число колонок до 80.

На каждый объект переписи заводилась отдельная перфокарта, в которой с помощью специального пробойника – перфоратора – в соответствующих позициях делались отверстия, отвечающие определенным значениям признаков (пол, возраст и т.д.). Холлерит впоследствии вспоминал, что на эту мысль его навел железнодорожный кондуктор, который компостером пробивал дырки в билетах пассажиров, причем у каждого пассажира был свой билет.



Перфокарта Холлерита
(современный 80-колонный вариант)

и срабатывал соответствующий электрический счетчик импульсов. Число счетчиков в табуляторе менялось от 32 до 120, поэтому за один пропуск колоды карт получалась статистика по большому числу признаков.

Табуляторы Холлерита произвели настоящую революцию в статистике. Результаты следующей переписи 1890 года, проведенной с их помощью, были получены всего через два года, после этого началось победное шествие перфокарт и табуляторов по планете. Уже в 1890 году они используются для переписи населения в Австро-Венгрии, в 1891 году – в Канаде, в 1897 году – в России. Холлерит постоянно совершенствовал свое

Для автоматического подсчета статистики Холлерит предложил особое устройство, названное им табулятором. Перфокарты в табуляторе ошупывались стержнями на пружинках, при наличии отверстия стержень проходил через него и опускался в чашечку со ртутью, замыкалась электрическая цепь



Табулятор Холлерита (1887 г.)

изобретение: механизировал подачу перфокарт в табуляторе, усовершенствовал перфоратор, придумал автоматическую сортировку и т.д. Для производства табуляторов и сопутствующего перфокарточного оборудования в 1896 году Холлерит организовал фирму *Tabulating Mashines Company*, которая после ряда реорганизаций получила в 1924 году название *International Business Mashines*, сокращенно *IBM*. Постоянно развиваясь, *IBM* стала самой могущественной корпорацией в компьютерном мире, прозванной за любимый фирменный цвет «голубым гигантом – *Big Blue*»). На протяжении почти всего XX века фирма *IBM* определяла лицо вычислительной техники, мы в своем историческом обзоре еще не раз с ней столкнемся.

Возникновение промышленности обработки данных

перфокартах. В 1908 году Холлерит ввел в конструкцию электромеханический сумматор, использующий ступенчатый валик Лейбница, в 1911 году табулятор дополняется печатающим устройством, затем создаются модели, способные вычитать и умножать. Табуляторы становятся очень сложными техническими устройствами, насчитывающими до 100 000 деталей, а общая длина соединительных проводов в них достигала 5 км.



Табулятор фирмы *IBM* (1920-е гг.)

Строго говоря, табулятор образца 1887 года не был вычислительной машиной, так как он ничего не вычислял, а просто считал пробивки на



Пробивка отверстий в перфокарте в Бюро цензов США

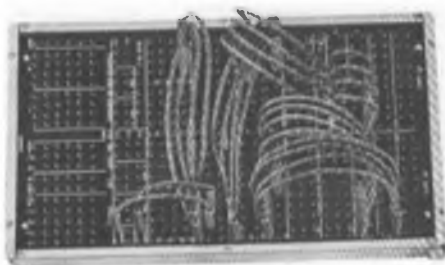
В усовершенствованном виде табуляторы могли использоваться не только для статистических приложений, но и для выполнения простых вычислений в экономике. В 20-х годах XX века сформировалась целая отрасль промышленности, занимавшаяся производством и применением счетно-перфорационной (иначе называемой

счетно-аналитической) техники. Общее число счетно-аналитических комплексов, куда кроме табуляторов входили перфораторы, контрольные, сортировки и т.п., к 1930-м годам достигло 6–8 тыс. шт. Перфокарты расходовались сотнями миллионов, на их изготовление уходили целые леса.

Эпоха счетно-перфорационных машин продолжалась до 1960-х годов, даже ЭВМ не сразу вытеснили табуляторы. Дело в том, что в применении вычислительных машин достаточно четко выделились два направления. Первое – научно-технические расчеты, для которых характерны небольшие объемы вводимых-выводимых данных и сложные алгоритмы вычисления. Аналитическая машина Бэббиджа была изначально ориентирована именно на это направление, поэтому перфокарты



Линейка счетно-аналитических машин
в Музее компьютерной истории



Коммутационная доска табулятора с набранной программой

в ней использовались в основном для хранения программы, которая могла быть при этом сколь угодно длинной и сложной.

Другое направление – экономические расчеты. Алгоритмы вычислений в них, как правило, предельно просты, зато исходных данных очень много, причем эти данные однородны по структуре. Для таких расчетов табулятор оказался идеальным устройством. Программа вычислений в нем заранее набиралась штекерами на коммутационной доске, а перфокарты, которые табулятор «пожирал» со скоростью до 10000 шт. в час, содержали однородные исходные данные, например, зарплату одного сотрудника за один рабочий день.

На базе счетно-перфорационных машин в 1930-е годы были организованы «фабрики вычислений» – машиносчетные станции, которые обслуживали сразу множество учреждений, банков, начисляя зарплату, пенсии, коммунальные платежи, механизировав работу централизованных бухгалтерий.

Крупная машиносчетная станция выглядела как промышленное предприятие. В перфорационном цехе десятки девушек с невероятной скоростью стучали по клавишам, перфокарты тысячами укладывали на тележки и везли в табуляторный цех. Там стоял лязг и грохот, гудели моторы сортировок, стучали рычаги табуляторов, из печатающих уст-



Перфорационный цех машиносчетной станции

ройств медленно выползали широкие бумажные ленты с ровными рядами цифр. Ленты потом разрезали на маленькие лоскутки и раздавали работникам обслуживаемых учреждений как расчетные листки к зарплате. Спросите своих бабушек и дедушек, они эти листки хорошо помнят.

Табуляторы оказали очень большое влияние на последующее развитие вычислительной техники. Первые поколения электронных компьютеров унаследовали конструкцию их устройств ввода-вывода, перфокарта Холлерита долгое время, до появления дисплеев, оставалась основным носителем информации и символом информатики в целом. До сих пор ширина строки на алфавитно-цифровом дисплее равна 80 символам, как раз по размеру перфокарты. Формат многих языков программирования, например Фортрана или Кобола, так и остался ориентированным на перфокарты, а колода перфокарт – это непосредственный предок современной реляционной базы данных.

В электромеханическую эпоху сформировался мировой рынок вычислительной техники, на котором кроме «голубого гиганта» IBM заняли свое место Remington Rand (США), Bull (Франция) и др., в СССР был построен первый завод счетно-аналитических машин (САМ) в Москве. Сформировавшаяся промышленная структура стала тем фундаментом, на котором через несколько десятилетий возникнет индустрия электронных компьютеров.

§ 1.8. Сложные электромеханические и релейные машины – предвестники ЭВМ

Как отмечалось выше, табуляторная техника в предвоенные годы как-то прикрыла нишу экономических расчетов, однако для сложных научно-технических вычислений они были малопригодны, явно уступая по вычислительным возможностям проекту аналитической машины



Конрад Цузе
(1910–1995)

Бэббиджа. Известно несколько попыток в полной мере реализовать принцип программного управления на электромеханической элементной базе, все они относятся к концу 30-х – началу 40-х годов XX века. К ним относятся проекты Цузе, Эйкена и Стибица.

Проекты Цузе Исторически первые и наиболее передовые технические решения были предложены талантливым немецким инженером Конрадом Цузе (Zuse, Kohnrad; 1910–1995) в 1938–1945 годах. Цузе начал работу над проектами вычислительных машин в 1934 году в возрасте

24 лет, еще ничего не зная о трудах Бэббиджа, с которыми он познакомился в 1937 году. В 1938 году он создает модель Z-1 на механических элементах, которая оказалась ненадежной, затем промежуточную модель Z-2 и, наконец, в 1941 году Z-3, которая стала первой в истории построенной и работающей программно-управляемой универсальной вычислительной машиной.

Машина Z-3 была собрана на обычных телефонных реле (2600 шт.), оперативная память составляла 64 двадцатидвухразрядных слова. Управление осуществлялось от 8-дорожечной перфоленты, в качестве которой применялась обычная киноплёнка. Система команд одноадресная, использовалась двоичная (еще до фон Неймана!) система счисления, однако операции условной передачи управления в машине не было. Скорость работы: сложение 0.3 с, умножение 4–5 с. Ввод исходных данных с клавиатуры, вывод – на световое табло из лампочек.



Die Rechenmaschine Z3 im Deutschen Museum in München.



Вычислительная машина Z-3 (1941 г.)

Условия работы Конрада Цузе никак не соответствовали гениальности его замыслов. Работая в гитлеровской Германии в годы Второй мировой войны, он был отрезан от всех источников информации и трудился в одиночестве, превратив в мастерскую одну из комнат родительского дома. Когда союзники начали бомбить Берлин, большинство конструкций, в том числе Z-3, сгорело. Осталась лишь незаконченная модель Z-4. Погрузив ее на тележку, Цузе вместе с потоком беженцев отправился на юг Германии, в Баварские Альпы, где стал дожидаться окончания войны. В это время американцы начали охоту за немецкими учеными – участниками ракетного и атомного проектов, однако Цузе счастливо избежал пленения, спрятав свою машину в сарае сельского дома.

В первые послевоенные годы Цузе, не имея средств и возможностей работать над проектированием вычислительных машин, был вынужден заниматься чисто теоретическими проблемами. Именно в это время он придумал первый в истории высокоуровневый язык программирования Planalcul – «планирующее вычисление», о котором мы будем говорить в дальнейшем. Только в 1949 году ему удалось организовать собственную фирму Zuse, в которой он наладил выпуск сначала релейных, а впоследствии и электронных вычислительных машин. Однако время было упущено, немецкую инициативу перехватила Америка.

В отличие от машин Цузе, американский проект Mark-I разрабатывался в тепличных условиях, с истинно американским размахом, он был широко разрекламирован в печати. По этой причине долгое время истории науки отдавали приоритет именно этой разработке, хотя она была создана на три года позже Z-3.

Проект Mark-I

Идея машины возникла в 1937 году у сотрудника Гарвардского университета Говарда Эйкена (Aiken, Howard; 1900–1973) в ходе работы над докторской диссертацией. Он предложил, опираясь на идеи Бэббиджа, построить на современной технической базе из стандартных деталей табуляторов, выпускаемых фирмой IBM, универсальную программно-управляемую машину для сложных научных вычислений.



Говард Эйкен
(1900–1973)

В 1939 году Эйкен обратился за поддержкой к президенту IBM Томасу Уотсону старшему (Watson, Thomas; 1874–1956), которому в то время было уже 65 лет, но отличавшемуся отменной интуицией и деловой хваткой. Уотсон решил, что, реализовав этот проект, фирма IBM сможет оказать существенную помощь своей стране в начавшейся мировой войне. Поэтому, посоветовавшись с командованием Военно-морского флота, он проект одобрил и выделил на расходы 500 000 долларов. Работа закипела, и через пять лет, в 1944 году, машина была готова.

Заклученная, по настоянию Уотсона, в элегантный корпус из стекла и нержавеющей стали, машина



Томас Уотсон
старший
(1874–1956)

имела в длину 17 м, в высоту 2.5 м, весила 5 т, содержала около 750 тыс. деталей, соединенных проводами общей протяженностью около 800 км. «Мечта Бэббиджа претворилась в жизнь. Если бы он жил на 75 лет позже, то я бы остался без работы», – так оценил Эйкен создание Mark-I.



Компьютер Mark-I (1944 г.)

Как и аналитическая машина Бэббиджа, Mark-I работала в десятичной системе счисления на механических сумматорах, однако параметры ее были гораздо скромнее: точность 23 разряда плюс знак, емкость памяти 132 слова. Зато арифметическое устройство было значительно сложнее, наряду с четырьмя действиями арифметики выполнялись операции вычисления синуса, логарифма, антилогарифма. Сложение выполнялось за 0.3 с, умножение и деление за 5.7 и 15.3 с соответственно. Для ввода констант имелся набор из 420 переключателей, а управление осуществлялось с помощью бумажной перфоленты.



Mark-I управлялось программой, которая хранилась на бумажной перфоленте

Законченная машина была перенесена в Гарвардский университет, где она под наблюдением Эйкана стала решать задачи расчета артиллерийских таблиц для Военно-морского флота. Однако вскоре между Эй-

кеном и Уотсоном произошла крупная ссора, так как Эйкен проявил черную неблагодарность и во время публичной презентации машины почти не упомянул о роли IBM в этом проекте. В отместку Уотсон решил утереть нос Эйкену и приказал своим сотрудникам сделать новый компьютер, который бы по всем статьям превзошел Mark-I. Что из этого вышло, мы узнаем позже.

Грейс Хоппер

Машина Mark-I имела полноценное программное управление, следовательно, для нее нужно было разрабатывать программы. Программным обеспечением этого колосса в военное время занималась команда из трех офицеров Военно-морского флота США: двое мужчин (Роберт Кемпбелл и Ричард Блок) во главе с младшим лейтенантом Грейс Хоппер (Hopper, Grace Murray; 1906–1992).



Грейс Хоппер
(1906–1992) –
младший лейтенант

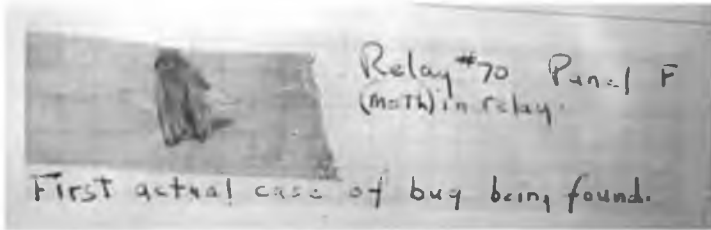
Случилось так, что через сто лет после Ады Лавлейс вторым в истории программистом стала опять женщина. Получив математическое образование и степень доктора математики, Грейс Хоппер в годы войны поступила на военную службу в ВМФ США и была направлена в Гарвардский университет для обслуживания самого первого компьютера. Грейс Хоппер внесла очень большой вклад в становление программирования. Она разрабатывала программное обеспечение для первой серийной ЭВМ UNIVAC, принимала активное участие в разработке первых языков и систем автоматизации программирования. В чине контр-адмирала курировала разработку программ для Военно-морского флота.

Между прочим, с легкой руки Хоппер в практику программирования вошло слово «debugging» (отладка). Дело было так: 9 сентября 1945 года таинственная неисправность заставила замолчать громышающий компьютер Mark. После тщательно проведенного исследования программисты установили, что контакты одно-

Грейс Хоппер внесла очень большой вклад в становление программирования. Она разрабатывала программное обеспечение для первой серийной ЭВМ



Грейс Хоппер –
адмирал



Запись 9.09.45 в рабочем журнале компьютера Mark:
«Реле #70 панель F. Мотылек в реле. Первый достоверный
случай обнаружения насекомого»

го из реле были заблокированы останками мотылька, неведь как проникшего через лабиринт электрических цепей компьютера. С предельной осторожностью мотылька извлекли пинцетом, а это событие вместе с насекомым зафиксировали в журнале, который по распоряжению ВМС США педантично заполнялся на протяжении всей работы компьютера. Позднее Хоппер вспоминала: «Когда к нам зашел офицер, чтобы узнать, чем мы занимаемся, мы ответили, что очисткой компьютера от насекомых (debugging)». Термин этот прижился и стал использоваться для обозначения поиска ошибок в компьютере, особенно в их программном обеспечении. Слово «bug» в английском языке имеет несколько значений, в том числе «насекомое» и «техническая неисправность».

Релейные машины Джорджа Стибца

в знаменитой своими научными достижениями Bell Laboratories, где ими руководил математик Джордж Стибц (Stibitz, George Robert; 1904–1995). Простейший двоичный сумматор Стибц построил еще в 1937 году, а в 1939 году была создана конструкция из 400 телефонных реле, предназначенная для выполнения операций над комплексными числами. Этот вычислитель, названный Bell-I, вошел в историю информатики благодаря

Параллельно с гарвардским проектом Mark-I работы по созданию сложных релейных вычислительных устройств велись в Нью-Йорке,



Джордж Стибц (1904–1995)

эксперименту по телеобработке, проведенному в 1940 году, о чем мы более подробно расскажем в главе 4.

Впоследствии Стибиц построил ряд релейных вычислительных устройств, постоянно усложняя их конструкцию и повышая универсальность. В специализированной машине Bell-II (1943 г.) решались задачи интерполяции и гармонического анализа, причем здесь впервые были применены схемы для автоматического обнаружения ошибок. В 1946–1947 годах была построена самая мощная машина этого семейства Bell-V. Она содержала 9 000 реле и весила 10 тонн. Операции выполнялись с 7-разрядными десятичными числами с плавающей запятой, сложение, умножение и деление выполнялись соответственно за 0,3, 1,0 и 2,2 с. Хотя по скорости вычислений эта электромеханическая машина не могла сравниться с уже работающей в то время электронной ENIAC, однако в ней присутствовали технические решения, опередившие свое время и оказавшие заметное влияние на архитектуру будущих ЭВМ. К ним относятся арифметика с плавающей запятой и мультипроцессорная, пользуясь современной терминологией, организация.

Попытки конструировать релейные вычислительные машины продолжались вплоть до 50-х годов. После успешного дебюта Mark-I Говард Эйкен в 1947 году построил более мощную чисто релейную (13 тыс. реле) модель Mark-II, в СССР уже в 1957 году была сконструирована надежная релейная вычислительная машина РВМ-I. Однако эти достижения бледнели на фоне первых работающих электронных компьютеров. Электромеханическая эра безвозвратно ушла, наступил век электроники.

§ 1.9. Выводы

1. В доэлектронной истории вычислительной техники можно выделить три эпохи:

- домеханическую (до XVII в.);
- механическую (XVII в. – первая половина XIX в.);
- электромеханическую (вторая половина XIX в. – первая половина XX в.).

2. Простейшими вычислительными устройствами домеханической эпохи были абак и счеты. По принципу действия они являются цифровыми (дискретными), так как оперируют с цифровой записью числа.

3. Наряду с цифровыми вычислительными устройствами существуют аналоговые, оперирующие с физическими величинами, представляющими значение числа. Простейшим аналоговым вычислителем является логарифмическая линейка, изобретенная в первой половине XVII века. В дальнейшем аналоговые вычислительные машины развивались вместе с цифровыми, они прошли все эпохи вплоть до электронной, однако в 70-х годах XX века были вытеснены дешевыми цифровыми компьютерами.

4. Первая цифровая механическая вычислительная машина – Паскалина – была изобретена французским ученым и изобретателем Блезом Паскалем в 1642 году. Она могла выполнять операции сложения и вычитания.

5. Машина Паскаля была усовершенствована великим немецким ученым Готфридом Лейбницем в 1673 году. Он ввел в конструкцию ступенчатый «валик Лейбница» и подвижную каретку. В результате получился прообраз арифмометра, выполняющего четыре арифметических действия. Арифмометры постоянно совершенствовались на протяжении XVIII и XIX веков, они выпускались промышленностью в массовых количествах и дожили до второй половины XX века. Впоследствии их заменили электромеханические, а затем электронные калькуляторы.

6. Принцип механического программного управления был впервые реализован французским механиком Жаккаром, который в 1801 году построил ткацкий станок, управляемый перфокартами. Перфокарта Жаккара была впоследствии использована Бэббиджем и Холлеритом для управления вычислительными машинами.

7. Программно-управляемая механическая вычислительная машина была изобретена английским ученым Чарльзом Бэббиджем в его проекте аналитической машины, первый набросок которой появился в 1834 году. Идеи Бэббиджа на столетие опередили свое время, структура аналитической машины соответствует всем современным представлениям об архитектуре компьютера. Из-за технологических и организационных трудностей аналитическая машина не была построена.

8. Первой в истории программисткой была ученица Бэббиджа Ада Лавлейс (урожденная леди Байрон). Для непостроенной еще машины она разработала программу, применив в ней все основные принципы программирования (условная передача управления, циклы, рабочие переменные и т.д.).

9. Электромеханическая эпоха в истории вычислительной техники началась с изобретения в 1887 году американским инженером Германом Холлеритом перфокарточного табулятора, предназначенного для переписи населения. Холлерит основал компанию по производству табуляторов, впоследствии превратившуюся в корпорацию IBM. На основе табуляторов в 20–30-е годы XX века возник мировой рынок вычислительной техники и сформировалась отрасль промышленности обработки данных.

10. В конце 1930-х – начале 40-х годов был построен ряд сложных электромеханических вычислительных машин, предвосхитивших появление ЭВМ. К ним относятся проекты Конрада Цузе (Германия), Говарда Эйкена (США, Гарвардский университет) и Джорджа Стибица (США, Bell Laboratories).

11. Первая в истории работающая программно-управляемая универсальная вычислительная машина Z-3 была построена немецким инженером Конрадом Цузе в 1941 году. Она была собрана на телефонных реле и управлялась перфолентой. Условия военной Германии не позволили Цузе довести свои проекты до промышленного внедрения.

12. Крупнейшая электромеханическая вычислительная машина Mark-I была построена в 1944 году в США по проекту Говарда Эйкена. Она имела полноценное программное управление и использовалась для расчета артиллерийских таблиц. Программное обеспечение для этой машины разрабатывала группа офицеров под руководством женщины-адмирала Грейс Хоппер.

13. Параллельно с гарвардским Mark-I в крупнейшем в США исследовательском институте в области радиотехники Bell Laboratories в 1940–1947 годах под руководством Джорджа Стибица было построено несколько релейных вычислительных машин серии Bell. Конструкции этих машин содержали передовые технические решения, оказавшие заметное влияние на архитектуру будущих ЭВМ (аппаратный контроль ошибок, арифметика с плавающей запятой, сложные команды типа операций с комплексными числами, мультипроцессорные вычисления, телеобработка).

§ 1.10. Комментарии и ссылки на источники

Несмотря на то, что само устройство вычислительных машин вынесено за пределы дисциплины «Информатика», мы считаем, что специа-

листу по информационным технологиям совершенно необходимо знать, откуда эти машины взялись, в каком направлении развиваются и каким образом архитектура машин взаимодействует с архитектурой программного обеспечения.

Популярным введением в раннюю историю вычислительной техники может служить известная многим поколениям читателей книга Гутера и Полунова [17]. Доэлектронная история вычислительной техники очень подробно изложена в книге Апокина и Майстрова [2].

В то время, когда эта книга готовилась к печати, в серии «Энциклопедия для детей», выпускаемой издательством «Аванта+», вышел том «Информатика» [49]. По широте охвата материала эта книга не имеет равных в популярной литературе на русском языке. В частности, излагается история компьютера, иллюстрируемая множеством примеров и любопытных биографических фактов.

Обширную дополнительную информацию по истории вычислительной техники, в том числе уникальные исторические фотографии, можно получить, посетив сайты виртуальных компьютерных музеев, из которых особого упоминания заслуживает проект главного редактора популярного компьютерного еженедельника PC Week / RE Эдуарда Пройдакова (<http://www.computer-museum.ru>). Богатая коллекция исторических материалов содержится на украинском сайте http://www.icfcst.kiev.ua/museum/museum_r.html, а также ряде других, в том числе школьных и корпоративных, музейных сайтах:

<http://schools.keldysh.ru/sch444/MUSEUM/>

<http://www.bashedu.ru/konkurs/tarhov/russian/museum.htm>

<http://mo5.com/> (на французском языке)

<http://www.computer-museum.org/>

<http://www.apple.ru/>

<http://www.intel.ru/intel/intelis/museum/>

<http://www.microsoft.com/museum>

<http://www.ieee.org/>

<http://www.computer.org/>

<http://archive.comlab.ox.ac.uk/other/museums/computing/pioneers.html>

<http://www.mailcom.com/besm6/>

Прекрасная коллекция ссылок на зарубежные компьютерные музеи, виртуальные библиотеки компьютерной литературы, биографические материалы и другие источники исторической информации имеется на

британском сайте The Virtual Museum of Computing (VMOС) по адресу <http://vmoc.museophile.sbu.ac.uk>.

Здесь уместно сделать замечание о приводимых в настоящем тексте ссылках на интернет-ресурсы. Не стоит удивляться, если читатель, попробовав самостоятельно выйти на рекомендованную страничку, получит отрицательный результат. Дело в том, что ситуация в интернете меняется достаточно быстро, ресурсы постоянно дополняются, исчезают, перемещаются или переименовываются.

§ 1.1

Сообщения о новых элементах вычислительной техники, использующих квантовые эффекты на уровне отдельных атомов, появляются в печати довольно часто. Так, например, в конце 2002 года австралийские ученые заявили о создании первого элемента, который может быть использован для обработки информации на квантовом уровне, а австрийская исследовательская группа объявила об осуществлении вычислений с помощью чисто квантовой обработки информации (<http://www.cnews.ru/topnews/2002/12/02/content3.shtml>).

§ 1.2

История и общая теория систем счисления увлекательны сами по себе, а специалисту в области информатики эти вопросы к тому же и крайне полезны. Кроме всем известных десятичной, двоичной (и производных от нее восьмеричной и шестнадцатеричной) существует множество нетрадиционных систем счисления, некоторые из которых успешно применяются в компьютерной арифметике. Например, в конце 1950-х годов в Советском Союзе была сконструирована и серийно производилась ЭВМ «Сетунь», работавшая в симметричной троичной системе счисления, оперирующая с цифрами «-1», «0», «1». Преимуществом такой системы является экономичность, так как можно теоретически показать, что идеальной с точки зрения длины машинного слова, представляющего число с заданной точностью, была бы система счисления с основанием $e = 2.7183\dots$ Другим примером является система счисления в остаточных классах (СОК), предложенная советским математиком Израилем Яковлевичем Акушским (1911–1992). Идеи Акушского были реализованы в оригинальных отечественных суперкомпьютерах, о чем мы будем говорить в главе 2. Популярное изложение теории систем счисления содержится в книге Андреевой и Фалиной [1].

§ 1.3

Биография Джона Непера и история его изобретений увлекательно описана в книге Гутера и Полунова [16]. Между прочим, кроме логарифмов этот шотландский барон изобрел еще одно приспособление для облегчения счета – «палочки Непера».

Еще 10–20 лет тому назад умение пользоваться логарифмической линейкой считалось обязательным для выпускника средней школы, а в технических вузах основная масса расчетов совершалась именно на логарифмической линейке.

После знаменитого массачусетского механического дифференциального анализатора Ванневар Буш построил еще более грандиозную аналоговую вычислительную машину, использующую электрические и электронные компоненты. Построенный в 1942 году на деньги Рокфеллеровского фонда, этот дифференциальный анализатор весил около 100 тонн, содержал 2000 электронных ламп, 150 электромоторов и 300 км проводов. В годы Второй мировой войны он использовался для военных расчетов.

В 1960-е годы простые и дешевые электронные аналоговые вычислительные машины широко использовались в учебном процессе в вузах. На лабораторных занятиях с помощью АВМ быстро и наглядно моделировалось поведение самых разнообразных динамических систем, результат можно было увидеть сразу же на экране осциллографа. Это было настолько удобно, что после вытеснения аналоговых машин цифровыми идея непрерывного моделирования не умерла; были разработаны пакеты программ, моделирующие аналоговые вычисления на цифровых компьютерах. Примером может служить универсальный пакет моделирования Matlab [14].

§ 1.4

Хотя на протяжении трехсот лет приоритет построения первого механического вычислителя казался неоспоримым, далеко не все современные авторы отдают его Паскалю. Дело в том, что в 1957 году в одном из немецких архивов было обнаружено письмо профессора лингвистики и математики Тюбингенского университета Вильгельма Шиккарда (Schickard, Wilhelm; 1592–1636) знаменитому астроному Иоганну Кеплеру (Kepler, Johannes; 1571–1630), датированное 1624 годом. В этом письме Шиккард сообщал, что он построил в единственном экземпляре вычислительную машину, способную производить четыре действия над 6-разрядными числами, однако во время пожара эта машина сгорела. К

письму был приложен рисунок, на основании которого в 1958 году в этом же университете была осуществлена реконструкция машины. К сожалению, в отличие от Паскалины, созданной на 19 лет позже, машина Шиккарда не была известна научному сообществу и никак не повлияла на дальнейшее развитие вычислительной техники, однако это не умаляет заслуг Шиккарда перед наукой. С устройством вычислителя Шиккарда можно ознакомиться в книге Апокина и Майстрова [2].

§ 1.5

Готфрид Лейбниц – одна из самых выдающихся фигур в истории науки. Широта его научных интересов поражает. Соперничая со своим знаменитым современником Ньютоном, он заложил основы дифференциального и интегрального исчисления, ввел современную математическую систему обозначений, создал новую философскую теорию строения мира и даже по просьбе императора Петра I разработал проекты развития образования и государственного управления в России.

Вклад Лейбница в информатику не исчерпывается изобретением арифмометра, с точки зрения теории он сделал еще более важные открытия, предвосхитив принципы современной комбинаторики и предложив использовать для счета *двоичную систему счисления*. В 1679 году он описал правила сложения и умножения в двоичной системе и даже предложил идею простейшей механической вычислительной машины, в которой каждый двоичный разряд должен быть представлен желобом, в который через открытое (1) или закрытое (0) отверстие падают маленькие шарики или кубики. К сожалению, эти идеи Лейбница остались невостребованными в течение 250 лет, и только в середине XX века были реализованы в первых релейных и электронных счетных устройствах (проекты Конрада Цузе, Джона Атанасова и Джорджа Стиббца). Характеризуя достижения этого выдающегося ученого, Норберт Винер написал: «Если бы мне пришлось выбирать в анналах истории наук святого-покровителя кибернетики, то я выбрал бы Лейбница».

§ 1.6

Компьютерное сообщество с большим почтением относится к творческому наследию Бэббиджа. Его именем называются институты, создаются виртуальные мемориальные музеи. Интересные материалы (исторические тексты, чертежи, фотографии) можно найти, например, на сайте <http://www.fourmilab.ch/babbage/contents.html>. Там же находятся детальная инструкция по программированию и программа-

эмулятор на языке Java, с помощью которой можно перенестись в эпоху Чарльза Бэббиджа и Ады Лавлейс и поработать на воображаемой аналитической машине, которая в действительности так и не была построена.

Будучи гениальным ученым, Бэббидж отличался сложным и неуживчивым характером. Среди современников он прославился, в частности, непримиримой борьбой с уличными шарманщиками, которые мешали ему работать, по этому поводу он даже добивался принятия соответствующего закона.

§ 1.8

Хотя в первые послевоенные годы американская печать выпячивала достижения Говарда Эйкена и проекта Mark, в наше время приоритет Цузе в создании первой работающей программно-управляемой вычислительной машины не подвергается сомнению. С другой стороны, не совсем ясна связь Цузе с германскими вооруженными силами в ходе Второй мировой войны. На сайте <http://ei.cs.vt.edu/~history/Zuse.html> есть биография Цузе и автобиографические заметки. Не отрицается его работа на фирму Henschel Aircraft и постоянное общение с Люфтваффе, но указывается, что работа над вычислителями шла по личной инициативе. Цузе пишет, что он предложил проект машины военным, но те, узнав, что он потребует для реализации 2 года, сказали, что Германия победит скорее и в поддержке отказали.

Хотя оригинал Z-3 был разрушен, но спустя 20 лет, учитывая его историческую ценность, была сделана реконструкция, которая сейчас хранится в музее Мюнхена.

О происхождении термина «bug» можно подробно прочесть на сайте http://jamesshuggins.com/h/tek1/first_computer_bug.htm

§ 1.11. Контрольные вопросы

1. Какие вычислительные устройства домеханической эпохи вам известны?
2. Каким событием отмечено начало механической эпохи в истории вычислительной техники?
3. Когда появились первые электрические машины?
4. Каким событием отмечено начало электромеханической эпохи в истории вычислительной техники?
5. Когда была изобретена логарифмическая линейка?

6. Каковы достоинства аналоговых вычислительных машин по сравнению с цифровыми?
7. Каковы недостатки аналоговых вычислительных машин по сравнению с цифровыми?
8. В каком веке были изобретены первые механические вычислительные устройства?
9. Кто изобрел первую механическую вычислительную машину?
10. Какие арифметические действия выполняла вычислительная машина Паскаля?
11. Кто изобрел механический десятичный счетчик?
12. Что изобрел Готфрид Лейбниц?
13. Что изобрел Чарльз Бэббидж?
14. В какой вычислительной машине был впервые применен принцип программного управления?
15. На каких конструктивных элементах была построена аналитическая машина Бэббиджа?
16. Какие идеи, воплощенные в проекте аналитической машины Бэббиджа, опередили свое время на много десятилетий?
17. Кто был первым в истории программистом?
18. Что изобрел Герман Холлерит?
19. Какие операции выполнял табулятор Холлерита образца 1887 года?
20. Как вводится программа вычислений в табулятор?
21. Кто считается основателем фирмы IBM?
22. Кем была построена первая в истории работающая программно-управляемая вычислительная машина?
23. На каких конструктивных элементах была построена машина Z-3?
24. На каких конструктивных элементах была построена вычислительная машина Mark-I?
25. Где была построена машина Mark-I?
26. Кто такая Грейс Хоппер?
27. Когда появился термин «debugging»?
28. В какой фирме работал Джордж Стибиц?
29. На каких конструктивных элементах были построены машины Bell-I – Bell-V?
30. Какие архитектурные особенности, оказавшие влияние на организацию будущих ЭВМ, присутствовали в вычислительных машинах Стибица?

Глава 2. Электронные вычислительные машины

§ 2.1. Работы Атанасова

Каждому школьнику известно, что первая электронная вычислительная машина называлась ENIAC, более информированные могут сказать, что изобрели и построили ее Эккерт и Моучли в США в 1945 году, однако специалистам следует знать, что с приоритетом здесь не так просто. Споры по поводу авторства продолжались почти 30 лет, пока после 7-летнего разбирательства федеральный окружной суд в городе Миннеаполисе в 1973 году не вынес следующего решения: «Эккерт и Моучли не изобрели первыми автоматическую электронную цифровую вычислительную машину, а извлекли сущность концепции из изобретения д-ра Джона Винсента Атанасова».

Атанасов (Atanasoff, John; 1903–1995), американец болгарского происхождения, работал доцентом кафедры физики в университете города Эймс в сельскохозяйственном штате Айова. С 1930 года вместе с аспирантами он занимался прикладными физическими задачами, требовавшими численного решения сложных дифференциальных уравнений, которые, в свою очередь, требовали решения систем алгебраических уравнений высокого порядка. Для ускорения вычислений Атанасов сначала пытался использовать дифференциальный анализатор Ванневары Буша, но точность при этом получалась недостаточной. Табулятор Холлерита его тоже не устроил из-за низкой скорости электромеханического вычислительного устройства. Тогда Атанасов решил



Джон Атанасов
(1903–1995)

создать принципиально новую скоростную вычислительную машину, работающую на электронных лампах.

Ведущие фирмы, выпускавшие перфокарточное оборудование и не верившие в электронные лампы, проектом не заинтересовались, финансировать работу согласилась лишь экспериментальная агрохимическая станция штата Айова. В 1939 году Атанасов вместе с аспирантом Клиффордом Берри (Berry, Clifford Edward; 1918–1963) приступил к постройке машины, предназначенной для решения системы алгебраических уравнений с 30 неизвестными (проект ABC – Atanasoff-Berry Calculator).

Машина должна была содержать около 300 электронных ламп и работать в двоичной (опять-таки раньше фон Неймана) системе счисления с точностью 50 разрядов. Весьма оригинальной была конструкция опер-



ABC – Atanasoff-Berry Calculator
(1939 г.)

ративного запоминающего устройства. Оно представляло собой барабан, вращающийся со скоростью один оборот в секунду. На поверхности барабана рядами располагались 1632 бумажных конденсатора, которые при помощи скользящих щеток подключались к шине данных. Таким образом, скорость вычислений определялась временем вращения барабана и составляла одну операцию в секунду.

К весне 1942 года проект был в близком к завершению состоянии,

однако обстановка военного времени не дала возможность его успешно закончить, специализированная электронная вычислительная машина не заработала и через некоторое время была разобрана. Она так и не попала бы в историю, если бы не случайная встреча Атанасова на конференции в Филадельфии в декабре 1940 года с доктором Джоном Моучли (John Mouchly) из Пенсильванского университета, который также занимался вопросами механизации вычислений. Моучли так заинтересовался работами Атанасова, что в июне 1941 года специально приехал в Эймс и гостил у Атанасова пять дней, подробно знакомясь с принципом работы и конструкцией машины. Хозяин ничего не скрывал, подробно обсуждая с Моучли все аспекты проблемы. В письме от 30 сентября 1941 года Моучли спрашивал Атанасова: «Не будете ли Вы воз-

ражать, если я займусь разработкой вычислительного устройства, содержащего некоторые особенности Вашей машины?»

Хотя впоследствии Моучли отрицал решающее влияние работ Атанасова на проект ENIAC, историки науки, вслед за авторитетным судом, все-таки отдали приоритет изобретения ЭВМ Джону Атанасову. Впрочем, что никак не умаляет заслуг Моучли и Эккерта. Эти выдающиеся ученые не только предложили проект, но и реально построили первую универсальную программно-управляемую электронную вычислительную машину, которая широко использовалась в практических целях и положила начало эпохе современных электронных компьютеров.

§ 2.2. Первая электронная вычислительная машина ENIAC

Многие современные технические достижения – атомная физика, космонавтика, радиотехника и т.д. – были стимулированы Второй мировой войной. Так случилось и с вычислительной техникой. Отрицательно повлияв на работы Цузе в Германии и Атанасова в США, военная обстановка, как бы в порядке компенсации, оказалась благосклонной к проекту ENIAC.

С самого начала войны американская Лаборатория баллистических исследований, расположенная в штате Мэриленд, занималась трудоемкими расчетами баллистических таблиц, необходимых артиллеристам во время боя. Как оказалось, ранее составленные таблицы плохо работали на африканском театре военных действий, где из-за мягкой почвы орудия давали большую отдачу и снаряды не долетали до цели. Каждая таблица состояла из 2000 траекторий, а на каждую траекторию нужно было выполнить по крайней мере 750 умножений.

Перегруженные работой, военные обратились за помощью в расположенный неподалеку Пенсильванский университет, где был создан вспомогательный вычислительный центр.

К работе был привлечен ряд преподавателей Электротехнической школы им. Мура (Moore School of Electrical Engineering) этого университета, в том числе уже знакомый нам Джон Моучли (Mouchly, John William; 1907–1980), выпускник университета Джона Гопкинса, получивший там степень доктора по физике. С 30-х годов, работая в Институте Карнеги над проблемами статистической обработки геофи-

зических данных, он пришел к мысли о необходимости автоматизации вычислений. В 1941 году перешел на преподавательскую работу в Пенсильванский университет, где к тому времени был построен крупнейший в мире дифференциальный анализатор.

Сначала расчеты решено было проводить на дифференциальном анализаторе, но уже в августе 1942 года (скорее всего, под впечатлением от «калькулятора Атанасова») Моучли предложил создать для этого быстродействующую электронную машину. Свои соображения он изложил в докладной записке, которая затерялась в инстанциях и осталась без ответа. И не быть бы ENIAC, если бы на сцене не появился еще один персонаж – лейтенант Герман Голдстейн (Goldstine, Herman Heine; р. 1913), бывший доцент математики Мичиганского университета, а в годы войны – военный представитель в Муровской электротехнической школе. Случайно узнав о записке, он попросил Моучли восстановить ее. Новый вариант записки Моучли написал совместно со своим учеником Джоном Преспером Эккертом (Eckert, John Presper; 1919–1995), выпускником Муровской электротехнической школы, оставленным после ее окончания на преподавательскую работу. Эккерт увлекался радиотехникой с детства, в возрасте восьми лет сам построил радиоприемник, а в дальнейшем зарекомендовал себя как блестящий специалист по применению электронных ламп.

Голдстейн начал хлопотать, чтобы проект одобрили, и в апреле 1943 года Министерство обороны заключило с училищем договор на 400 000 долларов на постройку «электронной машины для расчета баллистических таблиц». Руководителем работы и научным консультантом



Руководители проекта ENIAC. Первый слева – Джон Эккерт, четвертый – капитан Герман Голдстейн, пятый – Джон Моучли

был назначен Моучли, главным конструктором – Эккерт, которому как раз исполнилось 24 года, а техническим куратором от Министерства обороны – капитан Голдстайн. Коллектив создателей ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator – электронный интегратор и вычислитель) включал 10 инженеров, 200 техников и большое число рабочих. Работы шли на удивление гладко, и в октябре 1945 года, через два месяца после окончания Второй мировой войны, машина была готова.

Это было огромное сооружение, состоящее из расположенных П-образно 40 панелей, 26 м в длину и 6 м в высоту, вес машины составлял 30 т. Всего в машине было более 100 000 электронных компонентов, в том числе 17 468 электронных ламп и 1500 реле. Электронное чудовище потребляло 150 кВт электроэнергии, его радиолампы выделяли столь-



Фрагмент панели
с электронными лампами
в Музее компьютерной
истории



Первая работающая ЭВМ ENIAC (1945 г.)

ко тепла, что, несмотря на многочисленные вентиляторы, температура воздуха в машинном зале поднимались до 50 градусов.

Машина работала в десятичной системе счисления (Моучли так и не решился заимствовать у Атанасова более экономичную двоичную систему, считая, что десятичная понятнее человеку), точность вычислений составляла 10 десятичных разрядов, оперативная память состояла из 20 триггерных регистров. Исходные данные вводились при помощи перфокарт, а программа набиралась вручную с помощью многочисленных переключателей и штепсельных разъемов, как в табуляторе. Это было вынужденное решение, так как электромеханическое управление с



Коммутационная панель для ввода программы и констант

перфокарт или перфолент сильно замедлило бы работу электронного арифметического устройства, а хранить программу в оперативной памяти еще не додумались, да при таком ее объеме это было бы просто невозможно.

Как видим, по многим параметрам реальная ENIAC все еще уступала проекту Аналитической машине Бэббиджа, зато она работала! И работала очень быстро – 5000 сложений и 3500 умножений в одну секунду. Она рассчитывала траекторию снаряда быстрее, чем снаряд долетал до цели.

Поскольку к моменту сдачи машины война закончилась и артиллерийские таблицы уже не требовались, официальные испытания проводили на задаче из новой предметной области: нужно было рассчитать, возможно ли в принципе создание водородной бомбы. Переработав миллион перфокарт, ENIAC успешно решила эту задачу, с ходу открыв важнейшее направление будущего использования ЭВМ – компьютерное моделирование. Весной 1946 года машина была рассекречена и показана журналистам. Один из них, потрясенный скоростью вычислений, писал, что машина работает «быстрее мысли». С этого времени начался отсчет времени эпохи электронных компьютеров.

§ 2.3. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ

Уже в процессе создания ENIAC выявился ее главный недостаток – невозможность быстрого изменения программы вычислений. Для того чтобы ввести программу, работающую несколько секунд, персонал должен был в течение двух суток заниматься перекоммутированием штекеров. Тем не менее Моучли и Эккерт не пошли по пути Бэббиджа и не стали вносить принципиальные изменения в конструкцию. Вместо этого они, параллельно с завершением работы над ENIAC, начали новый проект, названный EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer – электронный дискретный изменяемый компьютер). Заявленная в названии изменяемость обеспечивалась тем, что программы в новой машине предполагалось не зашивать в конструкцию, а хранить в оперативной памяти, размер которой должен быть для этого достаточно большим. Проблема состояла в том, чтобы найти физический принцип для создания такой памяти, так как хранить каждый бит информации на отдельном триггере из двух радиоламп – чересчур дорогое удовольствие¹.

Эккерт предложил оригинальное решение, заимствованное из радиолокационной техники: ультразвуковые линии задержки. Они представляли собой трубки, наполненные ртутью. На одном конце помещался излучатель, преобразующий электрические сигналы в акустические, а на другом – микрофон, осуществляющий обратное преобразование. Пока акустические сигналы бегут вдоль трубки, они сохраняют информацию, подобно тому, как ущелье хранит эхо. Таким образом удается на одной трубке запомнить до тысячи бит.

Кроме хранения программ в памяти, машина EDVAC должна была иметь еще одну важную особенность: все числа должны были в ней храниться в двоичной системе счисления. Это позволяло значительно упростить и удешевить электронные схемы.

В конце 1944 года, когда прояснялись основные контуры будущей машины, в группе разработчиков появился еще один участник. По настоянию Голдстейна в качестве консультанта проекта был приглашен

¹ Создание быстродействующей памяти большого объема – ключевая проблема вычислительной техники. Достижения в этой области определяли на протяжении нескольких поколений ЭВМ и определяют во многом до сих пор достигаемый уровень производительности компьютеров.

знаменитый математик Джон фон Нейман, и этот факт имел далеко идущие последствия.



Джон фон Нейман
(1903–1957)

Джон (Янош) фон Нейман (Neumann, John von; 1903–1957) – легендарная фигура в истории науки, один из самых знаменитых ученых XX века. Венгр по происхождению, он закончил Будапештский университет, во время гитлеризма в 1930 году эмигрировал в США, где вместе с другими выдающимися европейскими учеными принял участие в знаменитом Манхеттенском проекте по созданию первой атомной бомбы. Оказавшись среди разработчиков EDVAC, фон Нейман сразу понял, какие широкие возможности открываются перед компьютерами. Обладая четким математическим мышлением и прекрасным стилем речи, фон Нейман уже через полгода, в июне 1945 года вместе с Г. Голдстайном и А. Берксом (Burks, Arthur Walter; p. 1915) написал отчет на 101 странице «Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства». В этой, ставшей классической, работе четко и ясно, без технических подробностей, на логическом уровне излагались основные принципы построения универсальной вычислительной машины. Эти принципы сводились к следующему:

- машина должна состоять из следующих основных блоков: арифметического устройства, оперативной памяти, устройства управления, устройства ввода, устройства вывода, устройства внешней памяти;
- команды программы должны храниться в оперативной памяти, откуда они последовательно выбираются и исполняются арифметическим устройством, система команд должна иметь операции условной и безусловной передачи управления. Команды должны рассматриваться как обычные данные, т.е. программа должна иметь возможность модифицировать себя в процессе вычислений;
- команды и данные должны храниться и обрабатываться в двоичной системе счисления.

Таким образом, в отчете описывалась архитектура компьютера, которая с позиций сегодняшнего дня кажется очевидной, однако на современников эта работа произвела очень глубокое впечатление, так как это была первая публикация по логическому устройству вычислитель-

ной машины. Поскольку самым известным автором отчета был фон Нейман, то общественное мнение приписало все идеи ему, оставив в тени остальных соавторов. Классическая архитектура компьютера с тех пор стала называться фоннеймановской.

Когда отчет был опубликован, Моучли и Эккерт очень обиделись. Они считали (и не без основания), что все идеи были коллективными, поэтому фон Нейман имел на них не больше прав, чем другие. Более того, они надеялись получить патент на конструкцию вычислительной машины, а широкая публикация принципов ее построения этому мешала.

Споры относительно патентования стали настолько острыми, что в марте 1946 года Моучли и Эккерт окончательно рассорились с Голдстайном и ушли из Пенсильванского университета, организовав собственное предприятие. Группа разработчиков распалась, поэтому работы над проектом EDVAC затормозились и машина была создана лишь в 1950 году, через год после того, как в Великобритании заработала первая ЭВМ с хранимой программой.



Немецкая шифровальная машина Enigma. Ее шифр был неуязвимым до тех пор, пока не был взломан Тьюрингом с помощью компьютера Colossus

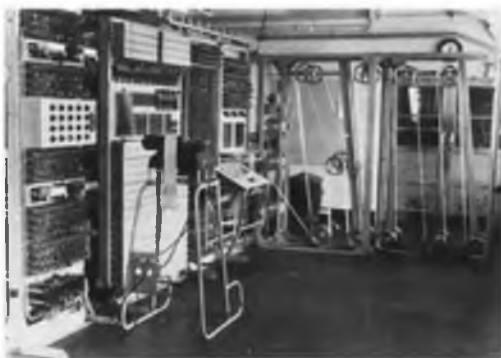


М. Уилкс у машины EDSAC (1949 г.)

Английская машина называлась EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator – электронный автоматический калькулятор с памятью на линиях задержки), она была построена в Кембриджском университете, на родине Чарльза Бэббиджа, Морисом Уилксом (Wilkes, Maurice; p. 1913). В 1946 году Уилкс посетил Пенсильванский универ-

ситет, где прослушал курс лекций Моучли и Эккерта об электронных компьютерах. Вернувшись на родину, он развил бурную деятельность и сумел воспроизвести конструкцию злополучного EDVAC на год раньше американцев. Таким образом, Европа включилась в гонку за передовыми компьютерными технологиями.

Между прочим, в Великобритании во время войны был накоплен значительный опыт создания сложных электронных устройств. Наиболее



Компьютер Colossus (1943 г.)

успешным был сверхсекретный проект создания логической специализированной машины Colossus – «Колосс», предназначенной для расшифровки немецких военных шифров. Машина насчитывала 2000 электронных ламп и работала с фантастической скоростью, обрабатывая около 25000 символов в секунду. К сожалению, компьютерная общественность в течение многих лет ничего не знала об этом выдающемся проекте, поскольку все сведения о нем были засекречены, и только в 1975 году, через 30 лет после окончания войны, британское правительство опубликовало отрывочные сведения о машине, однако большая часть материалов до сих пор остается государственной тайной. В числе авторов «Колосса» был выдающийся британский математик Алан Тьюринг (Turing, Alan Mathison; 1912–1954), создатель теории алгоритмов и гипотетической «машины Тьюринга». Один из участников проекта так оценивал результат работы: «Я не могу сказать, что мы выиграли войну благодаря Тьюрингу, но беру на себя смелость сказать, что без него мы могли бы ее и проиграть».

Мировая война закончилась, компьютеры начали осваивать мирные профессии. Начался период коммерческого производства и использования электронных вычислительных машин.



Алан Тьюринг
(1912–1954)

§ 2.4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии и рынка ЭВМ

Как мы знаем, в первое послевоенное время пути создателей ЭВМ разошлись. Никто из них не получил исключительного права на использование сделанных изобретений, поэтому каждый пошел своей дорогой и попытался добиться коммерческого успеха на ниве производства электронных компьютеров.

Моучли и Эккерт, покинув Пенсильванский университет, основали в Филадельфии собственную фирму Eckert & Mauchly Computer Corporation, имея целью разработать коммерческий компьютер. В 1951 году ими была создана модель UNIVAC (UNIVersal Automatic Computer), которая стала первым в США серийным компьютером, предназначенным для свободной продажи. Машина имела ОЗУ объемом в 1000 слов на ртутных линиях задержки, выполняла 2000 сложений и 500 умножений в секунду. Кроме того, в компьютере были внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте и быстродействующее построчное печатающее устройство. Производство и продажу UNIVAC взяла на себя фирма Remington Rand, которая вскоре поглотила фирму Эккерта и Моучли. Всего было продано 48 экземпляров компьютера по цене более 1 млн долларов за каждый.



UNIVAC (1951 г.)

Фон Нейман и Голдстайн перешли на работу в Институт перспективных исследований в Принстоне и там разработали несколько моделей ЭВМ: IAC, JOHNNIAC (в честь Джона фон Неймана) и др.

Почувствовав спрос, к производству ЭВМ в начале 50-х годов постепенно подключились многие фирмы, производившие до того табуляторы и другую точную механику (арифмометры, пишущие машинки, кассовые аппараты). В США это были Sperry Rand, Burroughs, в Великобритании – Leo, во Франции – Bull, в Германии – Siemens, Zuse и др. Каждая фирма шла своим путем, машины выпускались небольшими партиями, были совершенно несовместимы друг с другом по аппарату-



JOHNNIAC

ре и системе команд. Формировавшийся рынок компьютеров тех лет отличался большим разнообразием и ожесточенной конкуренцией производителей.

Позиция фирмы IBM

Фирма IBM, нажившая огромное состояние на перфокарточном и конторском оборудовании, славилась консерватизмом и не торопилась бросаться в конкурентную борьбу. Она даже отвергла предложение Эккерта и Моучли купить их фирму до того, как это сделала Remington Rand. Однако через неко-

торое время IBM поняла, что электронная техника – это всерьез и надолго, к тому же ей необходимо было ответить на оскорбление, нанесенное Говардом Эйкеном. В результате фирма сделала решительный поворот и занялась электронными компьютерами с присущими ей основательностью и размахом. В 1952 году была выпущена базовая модель IBM-701, за ней последовала 702-я и т.д. Постепенно компьютеры IBM заняли лидирующее положение, а фирма превратилась в крупнейшего



Президент IBM Томас Уотсон
старший у пульта IBM-701

монополиста, контролировавшего в 1950–60-х годах до 70% мирового рынка ЭВМ. Этому немало способствовала агрессивная маркетинговая

политики IBM. Суть ее в том, что в течение ряда лет компьютеры не продавались, а только сдавались в аренду с непременным условием обслуживания работниками фирмы. С одной стороны, это было выгодно потребителям, так как компьютеры в 50-е годы стоили безумно дорого, от 500 тыс. до миллиона долларов и выше, с другой – пользователь прочно привязывался к продукции конкретного производителя. Кроме того, фирма IBM пошла на беспрецедентные льготы при поставке компьютеров университетам, в большинстве случаев они устанавливались там совершенно бесплатно. Очень большие средства «голубой гигант» вкладывал в научные исследования, стараясь поддерживать технологический отрыв от конкурентов. Именно в лабораториях фирмы IBM в 50-е и 60-е годы были изобретены многие технические новинки, разработаны первые компиляторы, системы управления базами данных и др.

Поколения ЭВМ Электронные вычислительные машины принято делить на поколения. В основу деления обычно кладется природа основных логических элементов (лампы, транзисторы, микросхемы, микропроцессоры), однако компьютеры одного поко-



ЭВМ первого поколения строились из громоздких и ненадежных ячеек на базе электронных ламп



Транзисторные ячейки ЭВМ второго поколения отличались меньшими размерами и большей надежностью

ления имеют и другие общие черты. В таблице приведены основные усредненные характеристики первых двух поколений (речь идет о западном рынке, развитие вычислительной техники в СССР шло с большим запаздыванием, о чем мы поговорим позже).

Рекордсменом среди машин первого и второго поколений была модель IBM-7030 «Stretch», т.е. «напряженная, усиленная», имевшая быстрое действие 500 тыс. операций/с, объем памяти до 262 тыс. 64-разрядных слов. Стоимость гигантской по тем временам машины составляла 10 млн долларов. Разработанная в конце 50-х годов по заданию Мини-

стерства обороны США, она применялась для выполнения расчетов по ядерной программе, а также для обслуживания особо секретных шифровальных систем.



IBM 7030 «Stretch»

Как уже отмечалось, компьютеры первых поколений отличались исключительным разнообразием, однако общей чертой всех существовавших архитектур было отсутствие масштабируемости и совместимости.

Годы	Первое поколение	Второе поколение
	1951–1960	1960–1965
Основной логический элемент	Электронная лампа	Транзистор
Быстродействие (оп./с)	1000 – 10 000	10 000 – 1 000 000
Технология и емкость оперативной памяти (слов)	Линии задержки, электронно-лучевые трубки, 1000 – 10 000	Ферритовые матрицы, 10 000 – 1 000 000
Устройства ввода-вывода	Перфокарты, перфоленты, алфавитно-цифровые печатающие устройства	
Мировой парк	> 5000 шт. (1960 г.)	>30 000 шт. (1965 г.)

Масштабируемость и совместимость

Масштабируемость (scalability) означает принципиальную возможность изменять конфигурацию компьютера в процессе эксплуатации, адаптируя его к конкретным условиям применения. Ничего такого в конструкциях первых ЭВМ не было, подключение каждого дополнительного устройства требовало изменения системы команд, поэтому, если пользователь исчерпывал возможности имеющегося у него компьютера, ему приходилось приобретать новый.

Совместимость (compatibility) проявляется на аппаратном и программном уровнях. Аппаратная совместимость дает возможность комплексовать аппаратуру разных производителей, что предполагает унификацию разъемов, электрических параметров и логики сигналов (говоря современным языком – интерфейса) различных устройств. Про-

граммная совместимость обеспечивает работоспособность программы, написанной для одного компьютера, на другом без какой-либо перекompиляции и редактирования.

Несовместимость компьютеров на ранних стадиях развития вычислительной техники во многом была умышленной, так как при отсутствии лидера каждая фирма старалась отмежеваться от конкурентов. Однако к середине 60-х годов, когда лидерство IBM стало бесспорным, несовместимость стала бить по самим производителям, потому что к этому времени стал накапливаться богатый фонд программного обеспечения. Если раньше банку или конторе ничего не стоило нанять программиста и переписать небольшое число используемых программ под уникальную систему команд нового компьютера, то теперь переделка всего громоздкого программного обеспечения могла оказаться слишком дорогим делом, дешевле было купить новый, но совместимый со старыми программами компьютер.

Несмотря на все свои недостатки, компьютеры первых двух поколений стали теми рабочими лошадками, на которых были рассчитаны орбиты первых космических ракет, решены ранее недоступные задачи физики, химии, техники. Порожденные научно-техническим прогрессом, они стали его мощнейшим катализатором. На этих машинах выучилось первое поколение программистов, были разработаны первые компиляторы, операционные системы, СУБД – все то, что составляет фундамент современной информатики.

§ 2.5. Машина IBM-360 и третье поколение ЭВМ

7 апреля 1964 года компания IBM объявила об успешном завершении выполнявшегося несколько лет в глубоком секрете проекта и выпуске в продажу принципиально новой серии компьютеров IBM System/360, на разработку которой фирма потратила около 5 млрд долларов, поставив на карту все свое благосостояние. Еще никогда эта осторожнейшая компания так не рисковала, однако история рассудила, что риск был оправданным, так как система 360 в одночасье отправила в разряд морально устаревших все современные ей компьютеры, открыв дорогу новому, третьему поколению ЭВМ.

Как расширяется число 360? На этот счет есть два мнения. Одни утверждают, что это – система 3-го поколения 60-х годов (эта версия подтверждается тем, что в 70-х годах появилась серия 370), дру-

гие склонны думать, что здесь содержится намек на универсальность машины (360 градусов во все стороны).



IBM-360 (1964 г.)

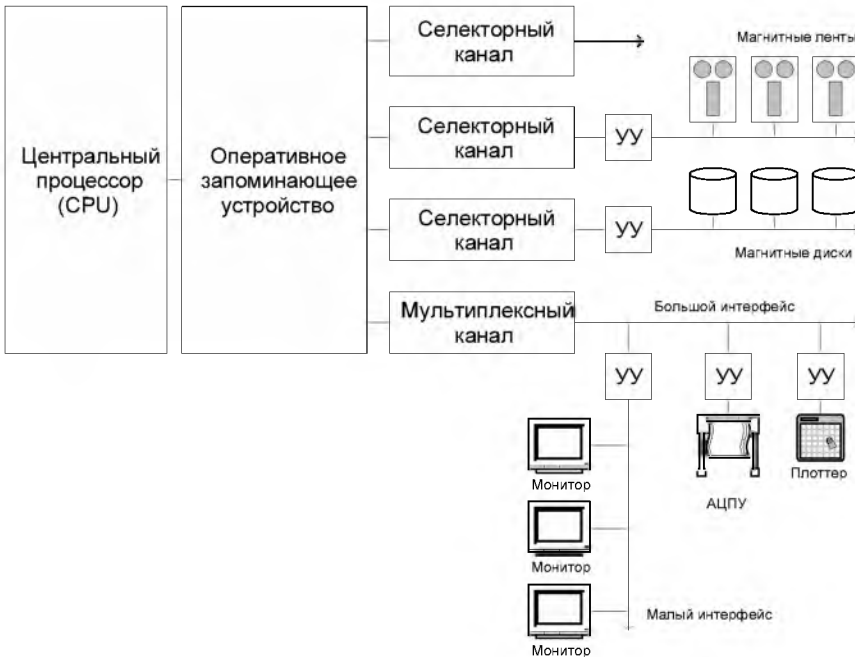
В системе 360 новым было все. Никогда до этого новая модель не включала в себя столько новаций. Нельзя сказать, что все они были изобретением IBM, но, собранные воедино, они породили новое качество.

- **Во-первых**, была применена новая элементная база – интегральные микросхемы, что позволило на порядок увеличить сложность устройств при гарантированной надежности.
- **Во-вторых**, в системе был реализован принцип микропрограммного управления. Этот принцип позволил иметь в машинном языке широкий набор сложных команд (CISC – Complex Instructions Set Computing – вычисления с набором сложных команд). Каждая машинная команда, в свою очередь, представляется последовательностью простейших микрокоманд, непосредственно выполняемых аппаратурой процессора. Эти последовательности (микропрограммы) хранятся в специальной сверхбыстрой памяти, при исполнении машинной команды происходит ее «раскрутка» микропрограммой. Такой подход позволяет различным по мощности и организации процессорам иметь один и тот же машинный язык.
- **В-третьих**, в качестве основных внешних запоминающих устройств были использованы не тихоходные магнитные ленты,

позволяющие читать и писать информацию только последовательно, а магнитные диски с быстрым произвольным доступом. Емкость одного дисководов размером с небольшой письменный стол составляла 7.25 Мбайт.

- **В-четвертых**, для ввода-вывода информации в системе были применены экзотические еще в те времена алфавитно-цифровые дисплеи.

Уже перечисленные особенности гарантировали бы успех проекту, однако главное было не в них. Поистине революционной была сама архитектура системы. IBM S/360 – это не какая-то конкретная машина с фиксированным набором устройств, а семейство ЭВМ, полностью унифицированное по системе команд и интерфейсам. Из отдельных устройств, как из кубиков конструктора, можно собрать вычислительную систему любой мощности. На выбор предлагалось шесть моделей центральных процессоров – от простых дешевых до самых мощных и дорогих, а также множество периферийных устройств, при этом гарантировалась полная программная и аппаратная совместимость.



Как известно, за удобства нужно платить. Масштабируемость и совместимость системы 360 покупалась значительным усложнением ее конструкции. Для того чтобы сделать систему команд полностью независимой от конфигурации, в системе произведено разделение функций процессоров. Вычислениями занимается *центральный процессор (CPU – Central Processor Unit)*, а вводом-выводом – специализированные процессоры, называемые *каналами (channels)*, причем к одному каналу может быть подключено до 256 различных внешних устройств. Каналы работают относительно независимо от CPU, для синхронизации всей работы в системе реализован сложный механизм прерываний.

Появление IBM S/360 вызвало переворот в мировой индустрии ЭВМ. Архитектура и система команд этой системы стали фактическим промышленным стандартом в области вычислительной техники (есть такой термин – *стандарт de facto*, никем официально не узаконенный, но добровольно соблюдаемый производителями из-за собственной выгоды). В результате те фирмы, которые сохранили оригинальность своих разработок, быстро обанкротились, другие бросились вдогонку за IBM, создавая собственные компьютеры таким образом, чтобы они были программно совместимы с системой 360. Третьи быстро поняли, что в модульной компьютерной системе, компоненты которой соответствуют общим стандартам, не обязательно все модули должны изготавливаться одной фирмой; в результате возник громадный рынок периферийного оборудования.

Все специалисты едины во мнении, что третье поколение ЭВМ возникло в момент появления системы IBM S/360 и было представлено в основном совместимой с ней вычислительной техникой. Что же касается следующего, четвертого поколения, то такой четкой и определенной линии раздела между соседними поколениями установить не удастся. Влияние системы 360 на развитие вычислительной техники было столь велико, что на протяжении следующих 15–20 лет архитектура и даже система команд массовых компьютеров оставались почти неизменными, несмотря на постоянный прогресс в технологии. Например, выпущенная в середине 70-х годов система S/370 сохранила преемственность по отношению к своей предшественнице, хотя была выполнена на значительно более совершенных интегральных микросхемах.

В таблице приведены сведения о следующих двух поколениях ЭВМ. В качестве основного разделительного признака положена степень интеграции компонентов в интегральных микросхемах. Первые интегральные схемы (ИС) имели несколько десятков транзисторов в

одном корпусе, пришедшие им на смену схемы средней степени интеграции (СИС) – до тысячи, а появившиеся в середине 70-х годов большие интегральные схемы (БИС) насчитывали уже десятки тысяч электронных компонентов в одном корпусе.

Годы	Третье поколение	Четвертое поколение
	1965–1975	1975–1980
Основной логический элемент	ИС, СИС	БИС
Быстродействие (оп./с)	10^5 – 10^7	10^6 – 10^8
Технология и емкость оперативной памяти (байт)	Ферритовые матрицы, 10^5 – 10^7	Полупроводниковые БИС, 10^7 – 10^8
Устройства ввода-вывода	Алфавитно-цифровые дисплеи, печатающие устройства	
Мировой парк	> 300 000 шт. (1975 г.)	>1 000 000 шт. (1980 г.)

Обратите внимание на то, что емкость памяти указана не в словах, а в *байтах*. Этот новый термин, как и многие другие, например *процессор*, *интерфейс*, *операционная система*, появился в русском языке вместе с машинами серии 360 и прочно укоренился в информатике. Тогда же вошла в обиход и шестнадцатеричная система счисления, а до нее программисты предпочитали пользоваться восьмеричной.

После триумфа систем 360 и 370 корпорация IBM еще более укрепила свое могущество, захватив до 80% мирового рынка. IBM-совместимые машины работали в банках, магазинах, научных организациях. Они перекрыли почти весь диапазон производительности ЭВМ общего назначения. Цена машин менялась в зависимости от конфигурации, но не опускалась менее 200 тысяч долларов. Создать более дешевую машину в рамках серии совместимых ЭВМ было невозможно, так как сама архитектура требовала даже для самых низших моделей реализацию всего набора команд и всех функций ввода-вывода.

Казалось, никакие события не могут нарушить благополучие «голубого гиганта». Как могучий Голиаф², он возвышался над конкурентами,

² Давид и Голиаф – персонажи ветхозаветного мифа (1-я книга Царств), повествующего о битве филистимлян с израильтянами. Филистимлянский великан Голиаф, облаченный в медные доспехи, сорок дней вызывал на единоборство противни-

не зная страха и не ведая сомнений. Но скоро явится хитроумный Давид и монополия IBM подвергнется первому серьезному испытанию.

§ 2.6. Расслоение рынка ЭВМ. Супер- и мини-ЭВМ

Для независимых компаний, не пошедших в фарватере IBM, на рынке ЭВМ оставались только две незаполненные ниши: очень большие и, наоборот, очень малые компьютеры; туда и устремились конкуренты. В результате к концу 60-х годов рынок расслоился на три неравных сектора:

- **суперЭВМ (supercomputers)**, специально спроектированные для особо сложных научных расчетов;
- **ЭВМ общего назначения (mainframes)**, предназначенные для экономических и инженерных расчетов. Этот сектор рынка был наиболее емким и заполнен в основном IBM-совместимыми моделями;
- **мини-ЭВМ (minicomputers)**, предельно простые и дешевые компьютеры стоимостью меньше 100 000 долларов.

Поскольку об ЭВМ общего назначения было подробно рассказано ранее, в этом параграфе мы остановимся на истории создания супер- и мини-компьютеров.

СуперЭВМ Создание вычислительных машин наивысшей возможной на данный исторический момент производительности всегда было престижным делом для компьютерных фирм. Но, помимо престижа, для производства суперЭВМ имелись и веские экономические причины: в научных и военных кругах постоянно появляются задачи, предъявляющие экстремальные требования к параметрам компьютеров. Это – сложнейшие расчеты в ядерной физике, метеорологии, космической технике и т.д. Хотя рыночная ниша для суперкомпьютеров и невелика, зато постоянна и хорошо оплачивается.

Лидером по производству суперкомпьютеров в середине 60-х годов стала фирма Control Data Corporation (CDC). Отказавшись от конкуренции с IBM в нише мэйнфремов, CDC под руководством талантливого инженера Сеймура Крея (Cray, Seimour; 1925–1996) разработала серию

ков, но не находилось никого, кто мог бы с ним побороться. И только юноша-пастух Давид, одетый в легкие одежды, смог победить богатыря, пустив ему из пращи камень в лоб. Впоследствии Давид стал царем Иудеи.

CDC-5000, затем CDC-6000. Машина CDC-6600 этой серии (1963 г.) производительностью 3 млн оп./с (т.е. 3 MFLOPS – *Million FLoat OPeration per Second*) долгое время считалась самой быстрой в мире, пока не уступила пальму первенства новым разработкам этой же фирмы: CDC-8000 производительностью более 10 MFLOPS, Cyber (модели 70, 72 и др.) и STAR-100 (1970 г.) производительностью 100 MFLOPS. Для обеспечения удаленного доступа клиентов к своим суперкомпьютерам фирма создала вычислительную сеть Cybernet с коммутацией каналов (классификацию вычислительных сетей мы будем рассматривать в главе 4).



CDC-6600 (1963 г.)

Основным конкурентом CDC на рынке суперкомпьютеров в те годы была фирма Burroughs (читается «Бэрроуз»), которая выпустила серию оригинальных по архитектуре моделей В-5000, а также совместно с Иллинойским университетом построила в 1973 году 64-процессорную ЭВМ ILLIAC-IV, которая по тем временам была самой мощной в мире, выполняя до 200 MFLOPS. И хотя работающий компьютер составлял лишь одну четвертую часть нереализованного целиком грандиозного проекта, он весил 75 т и занимал площадь 950 кв. м.



Cray-2 (1985 г.)

В 1972 году Сеймур Крей покинул Control Data Corporation и организовал свою собственную фирму Cray Research в городке Colorado Springs, поставив цель создать самые быстродействующие ЭВМ в мире. В 1976 году была выпущена первая коммерчески успешная модель Cray-1 (166 MFLOPS), в 1985 году – четырехпроцессорная Cray-2 с быстродействием около 1 млрд операций с плавающей точкой в секунду (1 GFLOPS). В начале 90-х годов в модели Cray-3 был пре-

вышел порог производительности 10 GFLOPS. Машины Cray в 1970–90-х годах установили фактический стандарт на суперкомпьютеры, подобно тому, как Система 360 установила стандарт на мэйнфреймы.

Хотя принципиальное значение суперЭВМ для развития информатики очень велико, с экономической точки зрения их присутствие на рынке ничтожно. Производство суперкомпьютеров всегда было штучным, число работающих машин этого класса никогда не превышало нескольких сот (в 1985 году в мире их насчитывалось 165), цена каждого превышала 10 млн долларов.

Мини-ЭВМ Совсем иная судьба ожидала мини-компьютеры. Созданные первоначально для задач управления технологическими процессами, они постепенно проникли и в нишу, традиционно занятую мэйнфреймами, принеся существенные убытки их производителям.

Первые мини-компьютеры были выпущены фирмой Digital Equipment (DEC). Образованная в 1957 году выпускником Массачусетского технологического института Кеннетом Олсенем (Olsen, Kenneth Harry; р. 1926), фирма специализировалась на производстве



PDP-8 (1965 г.)

контроллеров (управляющих устройств) для станков с числовым программным управлением, конвейерных линий, ядерных реакторов. Обычно для каждого технологического процесса разрабатывалась своя конструкция с жестко фиксированной логикой работы, однако в 1963 году фирма выпустила универсальный контроллер PDP-5 (Programmed Data Processor), в котором настройка на объект управления производилась не аппаратно, а чисто программным путем. Нельзя сказать, что PDP-5 ожидал шумный успех (за два года было продано 100 шт.), но на ее основе в 1965 году была создана новая модель PDP-8, которой суждено было произвести настоящую миникомпьютерную революцию.

По нынешним меркам, машина PDP-8 предельно проста, даже примитивна. Процессор выполнял всего 7 простейших команд (для сравне-

ния, в системе 360 было 144 значительно более сложных команды), длина машинного слова 12 разрядов, объем памяти 4096 слов. Зато цена машины по сравнению с монстрами IBM была невероятно низкой – 18000 долларов.

Сначала машины поставлялись в OEM-исполнении³, но затем фирма решила рискнуть и попытаться продать PDP-8 как законченный компьютер. Ее вставили в корпус размером с холодильник, подключили вводо-выводные устройства (пишущую машинку, клавиатуру), снабдили несложным программным обеспечением и выпустили на продажу. Успех превзошел все ожидания: за последующие 5 лет было продано 100 тыс. экземпляров. Такого объема продаж не знал никто, включая IBM. Покупателей можно было понять – впервые не только банки и промышленные гиганты, но и небольшие организации, учебные заведения могли позволить купить пусть простенькую, зато собственную вычислительную машину.

С машиной PDP-8 связан забавный эпизод. Роберт Меткалф, будущий изобретатель технологии локальных вычислительных сетей Ethernet, был талантливым учеником и, учась в старшем классе школы, посещал курсы для одаренных детей в Колумбийском университете. Придя однажды на занятия, он обнаружил, что мини-ЭВМ, на которой он учился программировать, бесследно исчезла. Ужасаясь, что ему придется всю жизнь расплачиваться за пропажу, Меткалф нашел все-таки в себе силы позвонить в DEC и сообщил о случившейся беде. На следующий день в университете появились люди из фирмы, они бесплатно привезли новую машину и развернули рекламную кампанию, заявив, что фирма создала первый в мире компьютер, достаточно маленький для того, чтобы его можно было УКРАСТЬ!

Фирма DEC развивала успех. Ее следующая разработка, 16-разрядная серия машин PDP-11 (1970 г.), стала общепризнанным промышленным стандартом в секторе мини-компьютеров, заняв там практически такое же положение, как модель IBM S/360 в секторе ЭВМ общего назначения. В результате в 1982 году DEC переместилась с 6-го на 2-е, после IBM, место по объему продаж, ее выручка составила 4 млрд дол-

³ OEM (Original Equipment Manufacturer – производитель оригинального оборудования) – поставка продукции (оборудования, программ) не для конечного пользователя, а в качестве комплектующих элементов для встраивания в конечную продукцию. OEM-оборудование поставляется обычно без корпуса и источников питания, OEM-программное обеспечение – без пользовательской документации.

ларов. Правда, IBM в том же году заработала 30 млрд долларов, но упущенные 4 млрд были уже существенной потерей. Для «голубого гиганта» это было первым грозным предупреждением, на которое он, впрочем, никак не отреагировал. Последующее развитие событий показало, что в сфере высоких технологий недооценивать конкурентов, даже если они на первый взгляд кажутся несерьезными, очень опасно.

Границы раздела между суперкомпьютерами, мэйнфреймами и мини-компьютерами всегда были очень условными и с развитием технологии постоянно сдвигались в сторону более высоких показателей. На-



VAX-11/780

пример, фирма DEC в развитие серии PDP-11 в 1977 году выпустила 32-разрядную систему машин VAX-11. Сохранив малые габариты и относительно невысокую цену, эти машины по основным параметрам оставляли позади многие модели системы 360. Например, модель VAX-11/780 имела производительность до 1 млн оп./с и адресуемую виртуальную память до 4 Гбайт (само название VAX является сокращением от Virtual Address eXtention), в то время как в системе 360 она ограничивалась величиной 16 Мбайт. Назвать эти модели мини-компьютерами было как-то неудобно, поэтому им дали странное определение «супермини-ЭВМ».

К середине 80-х годов граница между миникомпьютерами и мэйнфреймами стерлась и стала неактуальной, а низший сектор рынка заняли персональные ЭВМ. Что же касается суперкомпьютеров, то это понятие сегодня означает машины, явно опережающие по основным параметрам средний уровень развития вычислительной техники. Мы вернемся к суперкомпьютерам в § 2.11, когда будем рассматривать современные направления развития вычислительной техники.

К середине 80-х годов граница между миникомпьютерами и мэйнфреймами стерлась и стала неактуальной, а низший сектор рынка заняли персональные ЭВМ. Что же касается суперкомпьютеров, то это понятие сегодня означает машины, явно опережающие по основным параметрам средний уровень развития вычислительной техники. Мы вернемся к суперкомпьютерам в § 2.11, когда будем рассматривать современные направления развития вычислительной техники.

§ 2.7. Вычислительная техника в СССР

Молодому человеку, вступающему в жизнь в конце 90-х годов и привыкшему видеть вокруг себя только иностранную радиотехнику,

трудно представить себе, что в России (точнее говоря, в Советском Союзе) когда-то была самостоятельная электронная промышленность и собственные оригинальные компьютеры. Тем не менее это так. Более того, на начальном этапе развития наша страна почти не отставала от Запада, а по уровню идей иногда опережала иностранные разработки.

Драматическая история отечественной вычислительной техники может быть условно поделена на четыре этапа: зарождение (1948–1952 годы), расцвет (1950–60-е годы), подражание (1970–80-е годы) и, наконец, крах (начало 1990-х годов).

Зарождение (1948–1952 годы)

История отечественных вычислительных машин начинается в 1948 году и неразрывно связана с именами трех отцов-основателей: Сергея Алексеевича Лебедева (1902–1974), Исаака Семеновича Брука (1902–1974) и Башира Искандаровича Рамеева (1918–1994). Все трое по образованию были энергетиками, они пришли к идее создания ЭВМ, исходя из потребностей трудоемких энергетических расчетов и имея опыт работы на аналоговых вычислительных машинах. В Советском Союзе было известно об американских проектах цифровых машин, но эти сведения были очень поверхностными, поэтому первые советские компьютеры создавались совершенно независимо от зарубежных.

В 1948 году в Институте электротехники Академии наук Украинской ССР под непосред-



Сергей Алексеевич
Лебедев
(1902–1974)



МЭСМ (1951 г.)

ственным руководством директора института С.А. Лебедева началась постройка экспериментальной Малой Электронной Счетной Машины (МЭСМ). Работы велись в секретной лаборатории в местечке Феофания под Киевом коллективом из 12 научных сотрудников и 15 техников. Через два года, в 1951 году, эта первая отечественная

ЭВМ заработала. Она содержала 6000 электронных ламп и занимала целое крыло двухэтажного здания. Оперативная память насчитывала 94 16-разрядных слова, быстродействие составляло около 50 оп./с. В машине Лебедев независимо от фон Неймана реализовал основные принципы классической архитектуры: хранение программ в оперативной памяти, двоичную систему счисления. Несмотря на то, что МЭСМ по существу была лишь макетом действующей машины, она использовалась для решения реальных задач, требовавших большого объема вычислений.

В том же 1948 году И.С. Брук, руководивший лабораторией в Энергетическом институте АН СССР, и его молодой коллега Б.И. Рамеев представили проект вычислительной машины с программным управлением. Хотя проект не был реализован, он оказал огромное влияние на все последующие разработки их авторов. В 1950 году



Исаак Семенович
Брук
(1902–1974)



М-1 (1952 г.)

Брук все-таки приступил к практической реализации проекта создания ЭВМ. Поскольку небольшой коллектив лаборатории работал в отрыве от других организаций и получал финансирование только от Академии наук, то масштабы работы были вынужденно небольшими. За два года усилиями девяти человек была построена ЭВМ М-1, насчитывающая всего 750 ламп (сравните с 6000 у МЭСМ). М-1 оказалась первой в Москве работающей ЭВМ и сразу вызвала большой интерес в научных кругах. Работающая со скоростью 15–20 оп./с, она выполняла серьезные расчеты для атомного ведомства академика Курчатова и для космического КБ академика Королева.

Расцвет (1950–60-е годы)

Дальнейшее развитие вычислительной техники в Советском Союзе тесно связано с военными приложениями и окружено атмосферой секретности. Инициатором правительственных решений был академик Михаил Алексеевич Лаврентьев, будущий организатор новосибирского Ака-

демгородка. В 1950 году он обратился к Сталину с письмом, в котором обращал внимание на большую важность вычислительных машин для обороны страны. Реакция вождя была немедленной: постановлением правительства предписывалось начать параллельную разработку ЭВМ в Академии наук СССР и Министерстве машиностроения и приборостроения. Такая практика была типичной для важнейших военных заказов, она создавала конкуренцию между разработчиками. В результате в 1953 году почти одновременно на свет появились две полномасштабные отечественные ЭВМ.

Большая Электронная Счетная Машина (БЭСМ) была построена в академическом Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР, который по рекомендации М.А. Лаврентьева возглавил переехавший в Москву из Киева С.А. Лебедев. Машина имела оперативную память в 2048 слов и быстродействие 8000 оп./с, что по тем временам было рекордным для Европы.

«Стрела» – первая отечественная серийная ЭВМ средней производительности с быстродействием около 2000 оп./с – была создана в московском СКБ-245 под руководством Юрия Яковлевича Базилевского (1912–1983) и Б.И. Рамеева. Всего было построено 7 экземпляров этой машины.

К середине 50-х годов в нескольких городах различных республик Советского Союза были организованы проектные институты, развернувшие широким фронтом работы по созданию различных моделей ЭВМ. Для работ тех лет характерны чрезвычайное разнообразие разработок, ничем не скованный технический поиск, здоровая творческая конкуренция научных школ.

Наиболее авторитетной была **московская** школа под руководством С.А. Лебедева, специализирующаяся на создании ЭВМ высокой производительности. В руководимом им институте в 1958 году была создана ламповая ЭВМ М-20 с рекордным для машин того времени быстродействием 20000 оп./с, объем памяти составлял 4096 45-разрядных слов. М-20 знаменита рядом интересных новшеств, авторами которых был главный идеолог машины Лебедев и его заместитель, видный математик



БЭСМ (1952 г.)

тик и один из первых советских программистов Михаил Романович Шура-Бура (р. 1918). Шура-Бура вместе с Лебедевым разрабатывал систему команд и руководил созданием математического обеспечения М-20. Это была первая советская ЭВМ с собственным системным программным обеспечением – пакетом стандартных подпрограмм ИС-2.



М-20 (1958 г.)

Машина считалась секретной, так как она обслуживала советские космические программы, но затем ее рассекретили и стали устанавливать в вузах и научных организациях. М-20 и ее полупроводниковые аналоги (М-220, БЭСМ-4, М-222) долгое время оставались основной машиной для научных расчетов в СССР.

Наивысшим достижением коллектива С.А. Лебедева явилась разработка в 1966 году полупроводниковой ЭВМ БЭСМ-6 с производительностью 1 млн оп./с. Рекордное быстродействие этой машины было достигнуто не за счет скоростных элементов, а благодаря совершенной архитектуре процессора. Технические решения, найденные при проектировании машины, были настолько оригинальными, что эта модель побилла все рекорды живучести. Поколения ЭВМ сменяли друг друга, а легендарная БЭСМ-6 продолжала выпускаться и надежно работать на протяжении более чем 25 лет! Всего московским заводом счетно-аналитических машин (САМ) было выпущено 350 экземпляров машины.

Еще одна **московская** школа, специализирующаяся на малых и управляющих вычислительных машинах, возглавлялась И.С. Бруком. Ему удалось создать увлеченный молодежный коллектив, создавший ряд моделей ЭВМ. После успешного старта М-1, в 1952 году появилась М-2, затем М-3, которая стала прототипом ЭВМ, выпускаемых в Мин-



БЭСМ-6 (1968 г.)

ске, Ереване и даже Китае. В 1958 году на базе лаборатории был создан Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ), руководимый самим Бруком, а его ученики Михаил Александрович Карцев (1923–1983) и Николай Яковлевич Матюхин (1927–1984) возглавили секретные НИИ вычислительных комплексов и НИИ автоматических приборов, в которых реализовывались крупномасштабные проекты информационных систем для противоздушной и противоракетной обороны. Последняя из карцевских машин серии «М» – М-13 была запущена в производство в 1984 году, она представляла собой многопроцессорную систему с быстродействием до 48 млн операций в секунду, отличалась исключительной надежностью и воплотила в себе самые современные решения в области ЭВМ высокой производительности.

Пензенская школа сформировалась на базе созданного там в 1955 году филиала СКБ-245, позже переименованного в НИИ математических машин (НИИММ). Получив Государственную премию за машину «Стрела», туда с группой учеников поехал Б.И. Рамеев. Возглавляемый им коллектив создавал универсальные ЭВМ под фирменной маркой «Урал». Модель «Урал-1» была запущена в производство уже в 1957 году. Это была первая малая серийная ЭВМ, она имела 800 электронных ламп и размещалась в одной стойке. Оперативная память размером 1024 слова была выполнена на магнитном барабане, поэтому быстро-



Башир Искандарович
Рамеев
(1918–1994)

действие машины определялось скоростью вращения барабана и составляло всего 100 оп./с. Несмотря на свои более чем скромные характеристики, «Урал-1» сыграла большую роль в становлении отечественной информатики, так как была первой ЭВМ, увиденной сибирскими



Урал-1 (1957 г.)

учеными. Единственная в то время в азиатской части СССР электронная вычислительная машина была запущена в эксплуатацию в Томском государственном университете в 1958 году, с тех пор начала формироваться сибирская школа информатики.

Последующие модели этой серии – «Урал-11, -14, -16» (1964–1969 годы) изготовлялись на полупроводниках, имели весьма приличную производительность (50, 45 и 100 тыс. оп./с соответственно) и впервые в России реализовывали идею масштабируемого ряда ЭВМ.



Виктор Михайлович
Глушков
(1923–1982)

Замечательна личная судьба Б.И. Рамеева. Этот талантливый инженер не имел формального высшего образования, он был исключен из института как «сын врага народа» и не имел права преподавать в вузе. Только в начале 60-х годов ему без защиты диссертации была присуждена ученая степень доктора наук.

Киевскую школу возглавил легендарный советский ученый – академик Виктор Михайлович Глушков (1923–1982). В 1962 году на базе лаборатории вычислительной техники и математики Украинской Академии наук, в которой под руководством С.А. Лебедева создавалась первая советская ЭВМ, он организовал первый в стране Институт кибернетики, ставший вскоре ведущим

научным центром в области кибернетики, информатики, вычислительной техники.

Вклад В.М. Глушкова в информатику огромен. Человек энциклопедических познаний, блестящий математик (его докторская диссертация была посвящена топологической алгебре) и организатор науки, он не только разрабатывал абстрактные теоретические вопросы конструирования ЭВМ, но и непосредственно руководил их техническим проектированием и изготовлением, изобретал алгоритмы и методики применения компьютеров в самых различных областях.

В.М. Глушковым и его коллегами было создано несколько оригинальных моделей компьютеров: машина общего назначения «Киев», управляющая ЭВМ «Днепр», малая полупроводниковая «Проминь», в



Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев и члены Политбюро осматривают ЭВМ «Проминь»

которой программа длиной до 100 команд набиралась штекерами на коммутационном поле. Самой выдающейся разработкой киевской школы стала машина для инженерных расчетов «МИР» (1965 г.), которая, одной из первых в мировой практике компьютеростроения, имела аппаратный интерпретатор высокоуровневого языка программирования. Точность вычислений в ней также заранее не определялась, а лимитировалась только свободной оперативной памятью. Как-то раз я



МИР (1965 г.)

попросил машину вычислить $100!$ и потом долго ждал, пока на экране дисплея не появятся несколько сот цифр. Еще большими интеллектуальными возможностями обладала ЭВМ «МИР-2» (1969 г.), которая могла оперировать не только с числами, но и с математическими выражениями в символьном виде. Для общения с пользователем в этой машине подключался дисплей со «световым пером».

В **Белоруссии** были построены институт и завод, где под руководством Георгия Павловича Лопато (р. 1924), а затем Виктора Владимировича Пржиялковского (р. 1930) разрабатывались и выпускались ЭВМ серии «Минск»: ламповая «Минск-1» (1960 г.), затем первая массовая



Минск-22 (1964 г.)

отечественная полупроводниковая «Минск-2» и, наконец, «Минск-32» (1968 г.), которую назвали машиной второго с половиной поколения, так как она хотя и была собрана на дискретных элементах, но имела модульную структуру и операционную систему.

В **Ереванском** институте математических машин были

созданы два семейства машин: общего назначения «Раздан» и инженерных расчетов «Наири», в которую также был встроен аппаратный интерпретатор.

В целом в это золотое для отечественной вычислительной техники время было создано несколько десятков типов ЭВМ. К середине 1960-х годов разработкой машин, их элементов, внешних накопителей, устройств ввода-вывода полностью или частично занимались двадцать шесть НИИ и КБ, выпуск средств вычислительной техники осуществляли более тридцати заводов. Наряду с традиционными, были разработаны и серийно выпускались промышленностью несколько совершенно оригинальных конструкций, не имевших аналогов в мировом компьютеростроении. Например, в Вычислительном центре МГУ под руководством Николая Петровича Брусенцова (р. 1925) в 1958 году была сконструирована ЭВМ «Сетунь», работающая в троичной системе счисления и имеющая нетрадиционную систему команд. Машина была целиком собрана на феррит-диодных ячейках без использования электронных ламп, отличалась дешевизной и высокой надежностью. В течение нескольких лет машина выпускалась серийно.

Другим примером может служить семейство ЭВМ, разработанное под руководством Израиля Яковлевича Акушского (1911–1992). Для ускорения ряда арифметических операций он предложил использовать не позиционную (традиционную двоичную, или троичную, как у Брунсенцова), а оригинальную систему вычислений в остаточных классах (СОК). Работы над ЭВМ в СОК начались в 1957 году в СКБ-245, затем продолжались в других организациях. В то время, когда скорость традиционных ЭВМ измерялась десятками тысяч оп./с, быстродействие ЭВМ в СОК на определенном классе задач достигало миллиона оп./с. Машины Акушского успешно использовались в интересах ПВО страны.

Оценивая в целом положительно развитие вычислительной техники в СССР в 1950–60-е годы, следует тем не менее признать, что, несмотря на многие оригинальные разработки, по общему уровню мы существенно отстали от передовых зарубежных стран, причем отставание постоянно увеличивалось, составив к началу 70-х годов целое поколение ЭВМ. Тому было несколько причин, как объективных, так и субъективных.

Во-первых, в конце 1940-х – начале 1950-х годов Советский Союз, еще не полностью восстановив разрушенное войной народное хозяйство, втянулся в «холодную» войну, бросив все силы на гонку вооружений. Хотя техника в определенной степени стимулируется военным производством, но это справедливо лишь отчасти, так как ресурсы страны ограничены. Добившись паритета в жизненно важных базовых отраслях – энергетике и тяжелой промышленности, а также в крайне дорогостоящих атомных и космических программах, наша страна стала постепенно отставать в точном машиностроении, приборостроении, электронике.

Во-вторых, холодная война привела к самоизоляции и встречной международной изоляции СССР в мировом сообществе. Между социалистическим и капиталистическим миром опустился идеологический «железный занавес». Зарубежные публикации тщательно проверялись советской цензурой и доходили до ученых с большим трудом и опозданием, поездки за рубеж были практически невозможными. Со своей стороны, правительства западных стран всячески препятствовали контактам своих фирм с коммунистическим лагерем и даже организовали комитет по контролю над экспортом (КОКОМ), который вплоть до начала 1990-х годов создавал непреодолимые барьеры по продаже в СССР и другие социалистические страны высоких технологий, включая современную вычислительную технику.

Наконец, **в-третьих**, научно-техническому прогрессу, в том числе развитию вычислительной техники, мешали пороки советской командно-административной системы управления. Отсутствие материальных стимулов, реальной конкуренции, неповоротливость бюрократической машины усугублялись обстановкой тотальной секретности, царившей в стране в 50–60-е годы. Смешно сказать, но в 1964 году, когда на американский рынок уже вышли машины третьего поколения, инструкция по программированию на отечественной ламповой М-20 считалась секретной и хранилась в Первом (секретном) отделе НИИ, где я тогда проходил производственную практику. Как говорили опытные люди, таким образом мы засекачивали собственную отсталость от Запада.

Подражание (70–80-е годы)

В конце 60-х годов новое советское руководство во главе с молодым еще генсеком Леонидом Ильичем Брежневым (1906–1982) и энергичным председателем Совета министров Алексеем Николаевичем Косыгиным (1904–1980), обеспокоенное отставанием СССР в историческом соревновании с капитализмом, пришло к выводу, что надо менять стиль управления народным хозяйством. На смену чисто административным, полувоенным методам решили внедрить экономические, основанные на хозрасчете и научном планировании. Лозунгом дня стало оптимальное управление на всех уровнях – от Госплана до предприятия. Как следствие, резко возрос интерес к вычислительной технике и экономико-математическим методам.

Авторитетная комиссия, проанализировавшая зарубежный опыт, пришла к неутешительным выводам – по качеству и количеству вычислительной техники СССР отстал от цивилизованного мира на 8–10 лет, к тому же у нас была совершенно не сформирована среда внедрения ЭВМ – не хватало инженеров-электронщиков, программистов, не было специальной литературы. И тогда правительство вознамерилось сделать «большой скачок»⁴ в деле компьютеризации страны. Чтобы выиграть

⁴ Термин «большой скачок» появился в конце 1950-х годов в Китае, когда коммунистическое руководство во главе с Мао Цзэдуном решило, насильно мобилизовав сельское население в трудовые коммуны, в короткий срок ликвидировать отсталость от передовых капиталистических стран. Каждая коммуна должна была не только обеспечивать себя и окрестные города продуктами питания, но и производить индустриальные продукты, главным образом сталь, которая выплавлялась в кустарных маленьких печах на задних дворах членов коммуны. Политика «большого скачка» кончилась грандиозным провалом. В 1959–1961 годах страну охватил величайший голод, жертвами которого стали от 20 до 30 миллионов человек.

время, решено было не развивать дальше отечественные разработки, а скопировать архитектуру передовых по тем временам зарубежных линий ЭВМ. Была мобилизована техническая разведка, сконцентрированы силы оборонных отраслей промышленности, организовано международное разделение труда в рамках Совета экономической взаимопомощи (СЭВ).



Члены Политбюро ЦК КПСС на выставке
ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ (1979 г.)

В соответствии со сложившимся в мире расслоением рынка ЭВМ на основные секторы (мэйнфреймы, мини-ЭВМ и супер-ЭВМ) ударными темпами была произведена разработка и налажено массовое производство нескольких семейств вычислительных машин.

Мэйнфреймы. Первое, наиболее важное для нужд народного хозяйства, науки и образования семейство ЭВМ общего назначения называлось *ЕС ЭВМ – Единой системой ЭВМ*, оно должно было воспроизвести архитектуру мэйнфреймов IBM S/360; при этом решающую роль в выборе прототипа сыграло то обстоятельство, что к этому времени для Системы 360 в мире был накоплен большой объем программного обеспечения. Первоначально предполагалось, что головной организацией по ЕС ЭВМ будет академический ИТМ и ВТ, только что с триумфом завершивший разработку БЭСМ-6, однако С.А. Лебедев резко отрицательно отнесся к идее копирования зарубежной техники. Тогда в системе оборонного Министерства радиопромышленности был построен собственный, новенький «с иголочки», институт под названием НИЦЭВТ – Научно-исследовательский центр электронной вычисли-

тельной техники, возглавивший невиданную ранее по масштабам программу разработки и производства социалистических мэйнфреймов; директор института автоматически являлся Главным конструктором ЕС ЭВМ. В пору становления эти обязанности исполнял Сергей Аркадьевич Крутовских (1928–1981), в 1970–1975 годы директором был Александр Максимович Ларионов (1928–1995), а с 1977 по 1990 год – Виктор Владимирович Пржиялковский (р. 1930). К производству ЕС ЭВМ было привлечено около 100 организаций, более 200 тысяч ученых, инженеров и техников, около 300 тысяч рабочих из СССР и социалистических стран. В первую половину 1970-х годов была завершена разработка и налажен массовый выпуск восходящего ряда базовых моделей первого поколения ЕС ЭВМ, которое называлось «Ряд-1»: ЕС-1010 (Венгрия), ЕС-1020 (Болгария), ЕС-1030 (СССР) ЕС-1040 (ГДР), ЕС-1050 (СССР).



Хотя архитектура системы ЕС ЭВМ копировала IBM-360, ее элементная и конструктивная база были оригинальными

Во вторую половину 1970-х и первую половину 1980-х годов появились модернизированные модели «Ряда-1» (ЕС-1022, ЕС-1033 и др.), а также были разработаны и освоены в производстве модели «Ряда-2» (ЕС-1015, ЕС-1025 и т.д.), учитывающие архитектурные особенности появившейся к тому времени Системы 370. Наивысшей точки своего развития ЕС ЭВМ достигла в моделях «Ряда-3», разработанных во второй половине 1980-х годов (ЕС-1016, ..., 1066). Эти машины, если не говорить о надежности и соотношении цена/производительность, в целом соответствовали уровню IBM S/370 и обеспечивали полную программную совместимость с этой системой.

Мини-ЭВМ. Второе семейство, воспроизводившее архитектуру и систему команд популярных компьютеров фирмы DEC, должно было покрыть потребность страны в мини-компьютерах, оно обозначалось *СМ ЭВМ – Система малых ЭВМ*. Функции головной организации в программе СМ ЭВМ выполнял созданный И. С. Бруком ИНЭУМ – Институт электронных управляющих машин, возглавляемый с 1967 года Борисом Николаевичем Наумовым (1927–1988). В рамках этого семейства были разработаны и выпускались массовыми тиражами программно-совместимые с PDP-11 16-разрядные СМ-3 (1978 г.), СМ-4 (1979 г.), СМ-1420 (1983 г.), СМ-1425 (1989 г.). Впоследствии был освоен выпуск 32-разрядных СМ-1700, совместимых с VAX-11.



Мини-ЭВМ СМ-4 (1979 г.)

СуперЭВМ. Семейство суперЭВМ, значительно меньшее по объемам производства по сравнению с ЭВМ общего назначения и ориентированное на специфические области применения, оказалось менее зависимым от мирового стандарта программного обеспечения, поэтому здесь разработчики получили большую свободу. И хотя в знаменитом ИТМ и ВТ, по праву возглавившем программу создания отечественных суперкомпьютеров, имелся уникальный опыт разработки полностью оригинальной БЭСМ-6 с быстродействием 1 MFLOPS, но и это достижение на фоне мирового опыта выглядело не слишком внушительным: к середине 1970-х годов производительность зарубежных суперЭВМ, производимых фирмами Cray и Burroughs, уже приближалась к 200 MFLOPS. Таким образом, и в линии суперкомпьютеров также ви-

делась целесообразность заимствования передовых архитектурных решений, хотя оставалась возможность любых отступлений. По этому поводу в институте произошел раскол.

Группа разработчиков, возглавляемая Всеволодом Сергеевичем Бурцевым (р. 1927), сменившим в 1973 году на посту директора легендарного С.А. Лебедева, и Борисом Арташесовичем Бабаяном (р. 1933), взяла за основу архитектуру Burroughs и, отталкиваясь от нее, начала разработку серии высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных комплексов (МВК) «Эльбрус». В 1979 году были закончены работы по созданию МВК «Эльбрус-1» общей производительностью 15 MFLOPS, в 1985 году успешно завершены государственные испытания десятипроцессорного МВК «Эльбрус-2» производительностью 125 MFLOPS. Хотя «Эльбрусы» создавались в основном для нужд советской системы ПРО, эти машины считались универсальными и могли применяться не только для оборонных целей, но и в крупных вычислительных центрах, работающих на науку и промышленность.

Вторая группа специалистов во главе с Владимиром Андреевичем Мельниковым (1928–1993) считала более перспективной архитектуру Cray. Когда руководство института их не поддержало, эта группа ушла из ИТМ и ВТ и продолжила работу над «красным Кремем» в КБ «Дельта» Министерства электронного машиностроения. В 1985 году опытный образец машины, получившей название «Электроника СС БИС» и имевшей много усовершенствований по сравнению с прототипом, успешно прошел испытания. В однопроцессорном варианте она обеспечивала производительность до 250 MFLOPS, что для середины 80-х вполне отвечало суперкомпьютерному уровню. Однако готовая машина появилась только в 1989 году, когда ее элементная база уже устарела, а быстродействие сильно отставало от мировых стандартов для высокопроизводительных систем. Всего к 1991 году было изготовлено четыре экземпляра «Электроники СС БИС».

Нельзя сказать, что принятые «в верхах» радикальные решения по реорганизации советского компьютеростроения поддерживались всеми специалистами. Многие считали, что копирование среднего уровня (секреты перспективных разработок тщательно охранялись западными фирмами и были недоступны) и разрушение сложившихся конструкторских школ навсегда отбросит нас в арьергард технического прогресса. Их оппоненты, наоборот, уверяли, что патриотизм в технике неуместен, высоким технологиям можно научиться, лишь следуя передовым образцам. Нужно быстро догнать Запад, а потом, опираясь на неисчер-

паемый российский интеллект и преимущества социалистической системы хозяйства, перегнать его.

Кто был прав, однозначно нельзя сказать даже сегодня, спустя 30 лет. К положительным результатам выбранного пути следует отнести следующие:

- технологическое отставание по компьютерам действительно удалось сократить примерно до 5 лет. В стране быстрыми темпами развилась промышленность средств вычислительной техники, были построены новые заводы, существенно расширены действующие. Спрос на машины общего назначения в основном был удовлетворен. Ежегодно выпускалось 800–1200 ЕС ЭВМ в самой различной комплектации. Около 20% от выпуска поставлялось Министерству обороны, шел устойчивый экспорт в страны социалистического содружества и государства «третьего мира» – Индию, Вьетнам, Китай, Кубу, страны Ближнего Востока. Всего за 1970–90-е годы было выпущено около 15000 мэйнфреймов третьего поколения (для сравнения: ЭВМ первого и второго поколений было произведено в стране всего около 6000);
- вместе с IBM- и DEC-совместимыми компьютерами пользователи получили доступ к громадному массиву соответствующего программного обеспечения. Нужно сказать, что в СССР в то время никто и слова не говорил об интеллектуальной собственности на программное обеспечение. Пакеты программ любыми правдами и неправдами добывали за границей, переводили документацию на русский язык, придумывали новые названия и пускали в оборот. Если отвлечься от морально-правовых оценок этого государственного пиратства, которым занимались целые институты, то следует признать, что благодаря ему уровень программирования в СССР совершил резкий подъем. Программисты смогли использовать современные компиляторы, операционные системы, системы управления базами данных и многое другое;
- параллельно с началом работ над совместимыми компьютерами хлынул поток переводной технической литературы. Это позволило в короткий срок организовать массовую подготовку специалистов. Как показал опыт предыдущих отечественных разработок, написание и издание учебников и другой специальной литературы – едва ли не самый медленный процесс в жизнен-

ном цикле вычислительной техники. Например, доступные массовому читателю книги по машине БЭСМ-6 и ее программному обеспечению появились уже тогда, когда машина начала морально стареть.

Негативные последствия принятых решений также существенны:

- проект создания ЕС ЭВМ затянулся и потребовал слишком больших затрат. Большого и быстрого скачка не получилось, так как отечественная элементная база была намного хуже западной. Микроэлектроника – это вершина огромного технологического айсберга, захватывающего многие отрасли машиностроения. Для получения качественного конечного продукта необходима высочайшая культура производства, которую не могла обеспечить советская электронная промышленность. В результате комплектующие изделия не выдерживали сложности архитектуры ИВМ, машины получались ненадежными и очень дорогими;
- психология подражания действительно сковывала инициативу отечественных специалистов и разрушила многие сложившиеся научные школы;
- при использовании пиратских программных продуктов постоянно возникали проблемы с русским языком. Как показывает практика, корректно решить задачу локализации сложных систем может только сам производитель, однако для этого необходимы информационная открытость и легальный рынок программного обеспечения.

По меткому выражению В.М. Глушкова, в каждом большом деле есть пять обязательных стадий: шумиха, неразбериха, поиски виновных, наказание невиновных и награждение непричастных. Повальная компьютеризация всей страны в 1970–80-е годы прошла их все. Она не дала чудодейственного экономического эффекта, на который рассчитывали власти, но сформировала ту среду, в которой впоследствии без излишнего ажиотажа стала развиваться информатика. В частности, во многих вузах были открыты специальности компьютерного профиля, профессия программиста стала массовой, а опыт общения с зарубежным программным обеспечением сделал для них практически незаметным последующий крах отечественного компьютеростроения.

Крах и надежды (1990-е годы)

В конце 1970-х – начале 1980-х годов в мире произошла микропроцессорная революция (о ней мы будем говорить в следующем параграфе), и

на западный рынок хлынули персональные компьютеры. Следуя стратегии подражания, наша электронная промышленность попыталась их воспроизвести. Однако технологическое отставание по электронным составляющим и по точной механике было столь значительным, что отечественные (ЕС-1840, 1841) и другие социалистические модели персональных ЭВМ, например Mazovia (Польша), «Прайвец» (Болгария), не шли ни в какое сравнение с западными. К радости производителей, границы пока были закрыты, предприятия, выпускавшие эти компьютеры, не испытывали реальной конкуренции, рынок сбыта им был обеспечен принудительно.



Отечественный персональный компьютер ЕС-1840 (1986 г.)

Политические и экономические потрясения начала 90-х годов в корне изменили ситуацию. Кончилась холодная война, распался СССР, за ним весь социалистический лагерь вместе с СЭВ. Открылись границы, Россия стала входить в мировой рынок с его жесточайшей конкуренцией. В этих условиях отечественные ЭВМ гражданского назначения оказались совершенно неконкурентоспособными и были мгновенно сметены с рынка. В течение нескольких лет страну наполнили ширпотребовские импортные компьютеры всех возможных разновидностей. Отечественная электронная промышленность фактически перестала существовать, государственное финансирование научно-исследовательских и конструкторских работ практически прекратилось, отдельные энтузиасты и фирмы наладили сборку по «отверточной» технологии персональных компьютеров из импортных комплектующих, многие талантливые конструкторы уехали за границу или сменили род деятельности.

Вместе с тем на фоне общего упадка появились островки стабильности и даже прогресса, вселяющие надежду на будущее возрождение отечественного компьютеростроения.

Прежде всего это относится к военной технике, которая по определению не может быть целиком зависимой от импорта. Производство и разработка ЭВМ специального назначения продолжается, в частности, не утерян богатейший опыт, приобретенный разработчиками бортовых вычислительных устройств для авиации и космонавтики.

Аналогичная ситуация складывается в области создания отечественных суперкомпьютеров. Это критически важно не только для обороны, но и для фундаментальной науки, многие направления которой немислимы без трудоемких вычислений. Хотя в 1980–90-е годы в Россию правдами-неправдами попало несколько зарубежных ЭВМ относительно высокой мощности, наши заокеанские партнеры, несмотря на уверения в дружбе и сотрудничестве, не отменили эмбарго на поставку в Россию компьютерной техники с производительностью выше 10 GFLOPS. В связи с этим работы по проблеме высокопроизводительных вычислений продолжились в нескольких направлениях.

Первое направление зародилось на базе ИТМ и ВТ – колыбели отечественного компьютеростроения. После того как резко снизилось государственное финансирование, большая группа разработчиков во главе с Б.А. Бабаяном стала активно искать зарубежных инвесторов с целью реализации передовых отечественных идей на современной западной технологии. В их активе была закончившаяся в 1991 году разработка 16-процессорного «Эльбруса-3», содержащего самые передовые архитектурные решения и по своей производительности (10 GFLOPS) опережавшего современный ему Cray Y-MP. Однако реализованный в стенах ИТМ и ВТ экземпляр был собран на элементах устаревшей 2-микронной технологии. Громоздкий шкаф с 15 млн транзисторов и около 3 тыс. схем средней и малой интеграции вполне мог быть «упакован» в 2–3 чипа. В 1992 году работами российских ученых заинтересовалась фирма Sun Microsystems. Был создан «Московский центр SPARC-технологий» (МЦСТ), который, объединившись с некоторыми другими фирмами в группу компаний «Эльбрус», осуществляет ряд успешных проектов для отечественных и зарубежных заказчиков. Среди них процессор «Эльбрус-2000» (E2k), в котором в доработанном и усовершенствованном виде воплощены на кристалле основные принципы «Эльбруса-3».

Другое направление основано на идее интеграции большого числа не самых мощных, но относительно дешевых стандартных процессоров. В 2001 году в Московском Межведомственном суперкомпьютерном центре состоялся запуск 768-процессорного суперкомпьютера MBC-1000M, построенного на серийных микропроцессорах DEC Alpha-21264A 667 МГц. Пиковая производительность этого вычислителя составляет 1000 GFLOPS = 1 TFLOPS и допускает дальнейшее наращивание.



Вычислительный кластер MBC-1000M

Наиболее значимое достижение в данном направлении связано с созданием семейства суперкомпьютеров под общим названием «Скиф» в рамках сотрудничества российской и белорусской академий наук. От российской стороны ответственным исполнителем является Институт программных систем в г. Переяславле-Залесском, а от Республики Беларусь – объединение «Кибернетика». Целью работ является создание кластеров с пиковой производительностью в сотни GFLOPS. К практической реализации программы приступили осенью 2000 года, а презентация двух работающих вычислительных систем состоялась уже в мае 2001 года. По основным параметрам «Скиф» не уступает зарубежным аналогам в своем классе компьютеров, а по соотношению цена/производительность намного их превосходит. Осенью 2004 года старшая в ряду «Скифов» система К-1000, включающая 288 двухпроцессорных вычислительных узлов на базе 64-разрядных процессоров AMD Opteron с частотой 2200 МГц, показа-



Суперкомпьютер «Скиф К-500»
(2003 г.) на базе 128
процессоров Intel Xeon
показал производительность
700 GFLOPS

ла производительность 2500 GFLOPS и вошла в рейтинг-лист Top-500, заняв в нем 98-е место.

Еще одна область исследований, в которой российские ученые могут вполне успешно конкурировать с зарубежными, связана с созданием процессоров нетрадиционной архитектуры, в частности специализированных вычислительных устройств для обработки изображений, цифрового телевидения, охранных систем и т.п. В качестве примера можно привести удачную презентацию московской фирмы НТЦ «Модуль» на нескольких международных выставках в 2000–2002 годах. Разработанные ею оригинальные спецпроцессоры предназначены для встраивания в системы наблюдения за дорожным движением в реальном масштабе



Бортовая система мониторинга дорожной обстановки
на базе видеопроцессоров НТЦ "Модуль"

времени, кодирования-декодирования видеопотоков, построения сложных нейрокомпьютерных систем. Похожие разработки ведутся в нескольких других творческих коллективах, их научно-технический уровень не уступает мировому, однако только время сможет ответить на вопрос, способна ли в целом наша страна снова выйти на передовой край научно-технического прогресса.

§ 2.8. Микропроцессорная революция

Рассматривая до конца драматическую историю советского компьютеростроения, мы вынужденно нарушили историческую последовательность изложения, забежав в 1980–90-е годы. Теперь снова вернемся на рынок западной вычислительной техники, который мы оставили в середине 1970-х годов. В это время ситуация на компьютерном рынке казалась стабильной и легко прогнозируемой. Корпорация IBM по-прежнему доминировала, успешно продавая ЭВМ четвертого поколения 370-й серии. Цены на машины удерживались высокие, гарантируя высокие прибыли; например, IBM 370/148 стоила в 1977 году 750 тыс. долларов. Легкие неприятности, вызванные появлением мини-компьютеров PDP-8 и PDP-11, забылись.

Кроме производителей IBM-совместимых машин, процветали многочисленные лизинговые компании. Пример – фирма IteI («Айтел», не путать с Intel), доход которой с 1974 по 1978 год вырос в 4 раза и составил 690 млн долларов. Когда, развивая деятельность, фирма в 1978 году запросила кредит на 500 млн долларов, банковские эксперты, оценивавшие рыночную конъюнктуру, не заметили ни облачка.

Гром раздался среди ясного неба. В 1980 году вышеупомянутая IteI обанкротилась с убытками 1,2 млрд долларов, за ней на дно пошли другие лизинговые и производящие мэйнфреймы фирмы, а «непотопляемая» IBM понесла огромные убытки.

Что же произошло? Это грянула микропроцессорная революция.

Не предсказанная никем, технологическая революция тем не менее произошла далеко не случайно, она долго вызревала в тиши лабораторий и экспериментальных цехах молодых и пока никому не известных фирм.

Вот основные вехи хроники первых лет микропроцессорной революции:

1948 год. Вильям Шокли (Schockley, William; 1910–1989), Джон Бардин (Bardeen, John; 1908–1991) и Вальтер Браттейн (Brattain, Walter; 1902–1987) из Bell Laboratories изобрели транзистор (Нобелевская премия по физике 1956 г.).



Вильям Шокли (1910–1989),
Джон Бардин (1908–1991) и
Вальтер Браттейн (1902–1987)

1955–1960-е годы. Возникновение полупроводниковой промышленности. Первый шаг был сделан самим изобретателем транзистора Вильямом Шокли. В 1955 году он вернулся в свой родной городок Пало Альто (Palo Alto) недалеко от Сан-Франциско и основал там фирму Shockley Labs Inc., пригласив к себе в помощники восемь молодых талантливых сотрудников из восточных штатов – Роберта Нойса (Noyce, Robert; 1927–1990), Гордона Мура (Moore, Gordon; р. 1929), Шелдона Робертса (Roberts, Sheldon) и др. Однако через два года, в 1957 году, «восьмерка предателей», не поладив с Шокли, ушла от него и организовала фирму Fairchild Semiconductor. Впоследствии члены



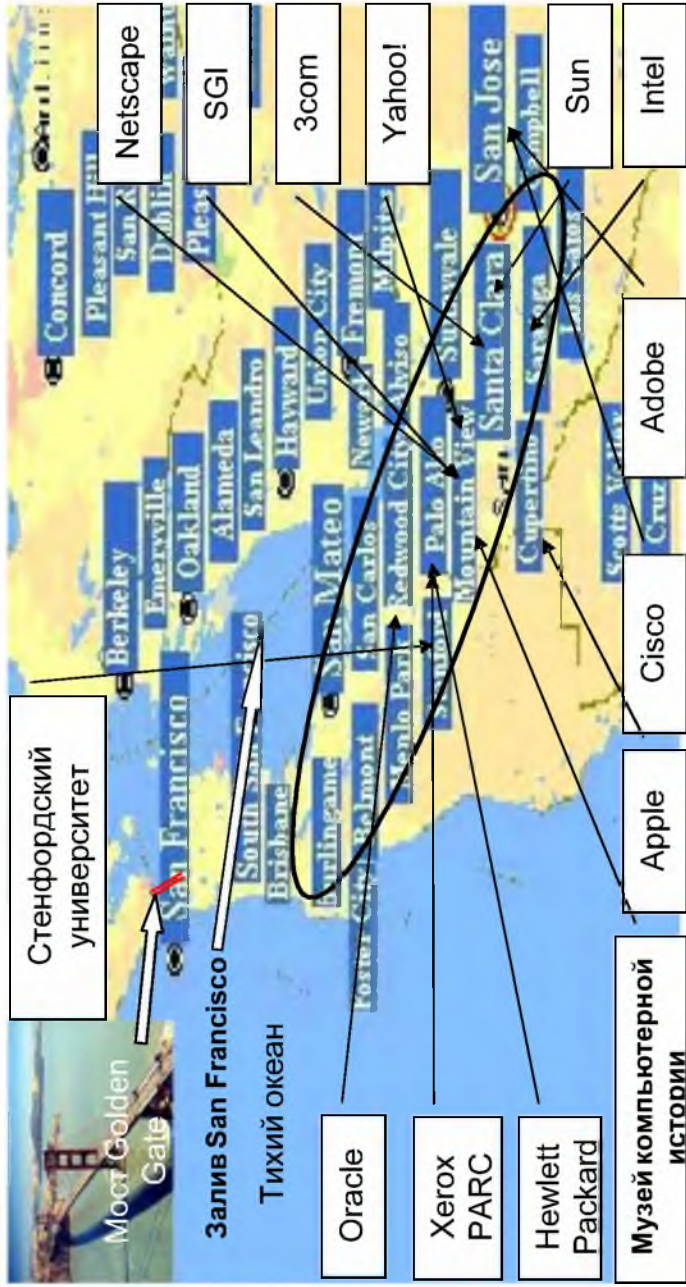
Первый транзистор

восьмерки продолжали разбегаться, основывая собственные полупроводниковые компании вдоль 50-мильного участка шоссе номер 101, проходящего по долине от Сан Хосе до Сан Франциско. За несколько лет здесь образовалась уникальная концентрация высокотехнологичных производств и исследовательских центров, получившая название «Кремниевой (Силиконовой) долины».

1958 год. Джек Килби (Kilby, Jack; р. 1923) из Texas Instruments создал первую экспериментальную интегральную микросхему, содержащую 5 германиевых транзисторов (Нобелевская премия по физике за 2000 год). В следующем году Роберт Нойс усовершенствовал ее, разработав тонкопленочную технологию на основе кремния. Вместе с Гордоном Муром они ушли из Fairchild Semiconductor и основали в Силиконовой долине фирму Intel (от INtegrated ELectronics).

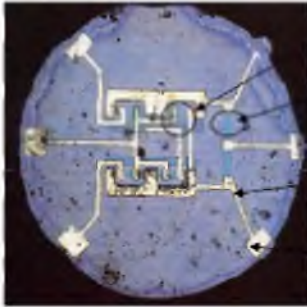


Экспериментальная микросхема Килби содержала 5 германиевых транзисторов, отдельные ее части соединялись золотыми проводниками и скреплялись воском



Силиконовая долина с расположенным в ее центре Стенфордским университетом – самый большой в мире конгломерат высокотехнологичных производств. Здесь же находится крупнейший Музей компьютерной истории, в котором автором сделаны многие приведенные в настоящей книге фотографии

1962–1970-е годы. Фирмы Texas Instruments, Intel и некоторые другие развернули производство микросхем, вскоре названных *чипами* (*chip* – тонкий ломтик, стружка). Степень интеграции их все время повышалась. Так, в 1964 году на одном кристалле размещалось в среднем 10 транзисторов и других элементов, а в 1970 году – уже более 100 при той же стоимости. Наивысшим



- Транзистор
- Резистор
- Алюминиевый проводник
- Контактная площадка

Увеличенная фотография первой планарной микросхемы Нойса

достижением этого времени была выпущенная Intel микросхема памяти на 1024 бита.

1971 год. Выпущен первый микропроцессор. История его изобретения такова. В 1969 году японская компания Nippon Calculating Mashines заказала Intel набор микросхем для печатающего калькулятора, который должен был продаваться под торговой маркой Busicom. По предварительным прикидкам, предстояло разработать 12 специализированных микро-



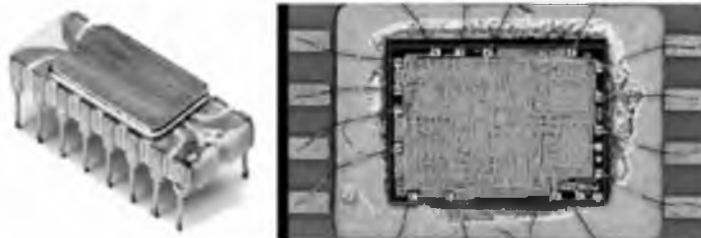
Калькулятор Busicom в музее компании Intel

схем, что было большим испытанием для небольшой еще фирмы. Однако инженер Эдвард Хофф (Hoff, Marian Edward; р. 1937) нашел остроумное решение, сократив число чипов до четырех и включив в набор центральный процессор с программным управлением, который выполнял арифметические и логические операции и заменял сразу несколько микросхем. Руководство фирмы поддержало проект, и через 18 месяцев первый микропроцессор Intel-4004 был готов. Он содержал на одном чипе 2250 транзисторов, выполняя в се-



Основатели компании Intel Гордон Мур (слева) и Роберт Нойс

кунду до 60 000 операций с 4-битовыми числами при тактовой частоте 108 кГц. Начальная цена производства одного микропроцессора, эквивалентного небольшой ЭВМ, составляла всего 200 долларов.



Первый микропроцессор Intel 4004 (1971 г.)

Руководители Intel быстро поняли, какая жар-птица находится у них в руках, однако все права на микросхему принадлежали заказчику. Тогда Нойс сел на самолет и, прилетев в Токио, выкупил авторские права за 60000 долларов. Оба участника были довольны сделкой, но отдаленные ее результаты были совершенно различными: через некоторое время японская фирма обанкротилась, а Intel, развернув производство микропроцессоров, стала одной из могущественнейших корпораций с годовым оборотом более 25 млрд долларов.

1972–1974 годы. Intel разрабатывает конструкции более мощных 8-битовых процессоров. В 1972 году был создан первый 8-разрядный чип Intel-8008 с быстродействием 300000 оп./с, работающий с 16 Кбайт памяти, а в 1974 году на рынок выпущен ставший знаменитым i8080. Именно этот микропроцессор вдохновил фирму MITS из Альбукерке создать первый персональный компьютер «Альтаир». Восьмибитовый микропроцессор i8080 с его 75 командами, 64 Кбайт доступной памяти и тактовой частотой около 500 кГц стал фактическим стандартом для первого поколения персональных ЭВМ.

1978–1979 годы. Выпущены первые 16-разрядные микропроцессоры. Сначала, в 1978 году, была разработана полностью 16-разрядная модель i8086, однако фирма Intel опасалась, что при продаже этой микросхемы возникнут проблемы, так как имеющиеся на рынке контроллеры внешних устройств были 8-битовыми. Поэтому в следующем 1979 году фирма сделала временный «шаг назад», выпустив микропроцессор i8088, который оперировал с 16-разрядными числами, но для совместимости с 8-битовыми внешними устройствами имел 8-разрядную магистраль. Как мы узнаем в следующем параграфе, именно этот

микропроцессор выбрала фирма IBM, когда в 1981 году она решила вырваться на рынок персональных компьютеров. Система команд 86-й серии стала промышленным стандартом для второго поколения 16-разрядных IBM PC-совместимых персональных компьютеров.

Одновременно с улучшением качественных характеристик микропроцессоров революционными темпами росли количественные показатели выпуска (см. таблицу).

Годы	Объем производства, тыс. штук
1976	20
1977	50
1982	5000
1983	10000

В погоню за Intel бросились другие электронные фирмы: Texas Instruments, Motorola, Hewlett-Packard и др., однако драгоценное время на старте было упущено; конкуренты, иногда опережая лидера в отдельных секторах рынка микропроцессоров, так и не смогли его догнать по общему объему продаж, в настоящее время Intel, как в свое время IBM, контролирует до 80% мирового рынка этой продукции.

Подавляющее большинство продаваемых микропроцессоров в первые годы составляли OEM – поставки для встраивания в калькуляторы, автомобили, сложную бытовую технику, различные промышленные устройства. 4–8-битовые чипы были несерьезными конкурентами для мэйнфреймов третьего и четвертого поколений с их 32–64-битовыми процессорами, оперативной памятью в



Штаб-квартира компании Intel
в Силиконовой долине

десятки мегабайт, мощнейшими внешними устройствами. Те, кому нужно было серьезно работать, по-прежнему покупали или арендовали системы 360/370 или, по крайней мере, мини-компьютеры, но большинство населения имело представление о компьютерах лишь понаслышке. Даже программисты, как правило, не видели тех замечательных машин, для которых они писали программы. Эти чудеса электронной техники очень боялись пыли, перепада температур, они размещались в просторных залах с кондиционированным воздухом, куда разрешалось входить только обслуживающему персоналу в специальной одежде и обуви.

Однако нашлись энтузиасты, которые не потеряли надежду иметь свою ЭВМ. Это были радиолюбители, готовые собственными руками собрать компьютер из деталей. Но даже самая простая машина, как мы знаем, насчитывает тысячи логических элементов. Пока базовые элементы строились на лампах и отдельных транзисторах, обычному любителю было невозможно собрать полноценный компьютер, и лишь когда появились недорогие микропроцессоры, мечты доморощенных компьютеростроителей начали сбываться.

Как мы увидим в дальнейшем, собранные на кухнях и в гаражах, первые микрокомпьютеры вызвали такую волну интереса и массового спроса, что через несколько лет «несерьезные» игрушки стали составлять реальную рыночную конкуренцию производителям солидных ЭВМ. Микрокомпьютеры, как термиты, за короткое время подточили коммерческую основу гигантской индустрии мэйнфреймов, и в начале 80-х годов она рухнула. Это вовсе не значит, что производство мэйнфреймов вовсе прекратилось. Как мы увидим в дальнейшем, машины этого класса, модернизировав элементную базу, благополучно дожили до начала XXI века, однако их монополия на рынке ушла навсегда.



В музее компании Intel

§ 2.9. Появление и развитие персональных ЭВМ

Первый коммерческий микрокомпьютер Altair-8800

Радиолюбительские эксперименты с компьютерами начались сразу же после появления первых 8-разрядных микропроцессоров, однако нас интересуют лишь те разработки, которые производились серийно и имели коммерческий успех. Как ни странно, первое такое изделие было создано не в признанных центрах высоких технологий в Калифорнии или на Восточном побережье, а никому не известной компанией MITS – Micro Instrumentation and Telemetry Systems из заштатного города Альбукерке (Albuquerque), штат Нью-Мексико, недалеко от знаменитого ядерного центра Лос-Аламос.

Фирма производила электронные калькуляторы и наборы деталей для радиолюбителей и поддерживала тесные отношения с редакцией радиолюбительского журнала «Popular Electronics» (аналог нашего «Радио»). В конце 1974 года, столкнувшись с большими финансовыми проблемами, владелец фирмы Эд Робертс (Roberts, Edward; р. 1941) решил поправить дела, предложив на

продажу простейший микрокомпьютер, который можно было собрать самому из предлагаемого набора деталей.

Компьютер с броским «звездным» именем Altair-8800 размещался в небольшом голубом металлическом ящике. Он базировался на новом интеловском 8-битовом



Altair-8800 (1975 г.)

микропроцессоре i8080, оперативная память имела объем всего 256 байт, устройства ввода-вывода отсутствовали, их заменяли ряды переключателей и лампочек на передней панели. Конструктивные недостатки компьютера с лихвой компенсировала цена – в собранном виде Altair стоил всего 650, а в виде набора деталей,



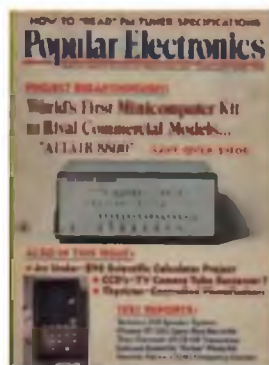
который можно было заказать по почте, и того меньше – 397 долларов. Неслыханная дешевизна объяснялась тем, что Робертс договорился с фирмой Intel об оптовой цене на микропроцессор в 75 долларов, в то время как в розницу он стоил 360.

Реклама компьютера была опубликована в январском (1975) номере журнала «Popular Electronics», и вскоре в Альбукерке по почте хлынул поток заказов. Altair стал любимой игрушкой для тысяч американских энтузиастов, они быстро приладили к нему клавиатуру и телевизор и с увлечением занимались программированием на языке Basic. Интерпретатор с этого языка оперативно, уже к маю 1975 года, написали два недоучившихся студента Билл Гейтс (Gates, William; р. 1955) и Пол Аллен (Allen, Paul; р. 1954), вскоре после этого основавшие в том же городе Альбукерке знаменитую впоследствии программистскую фирму Microsoft. Популярность «Альтаира» была настолько велика, что всюду в США стали организовываться клубы программистов, а в 1976 году в Альбукерке была проведена всемирная конференция по программированию на первом персональном компьютере.

Фирма MITS за 1975–1976 годы выпустила 10000 компьютерных наборов, а в 1977 году Робертс продал саму фирму за 6.5 млн долларов. Первый шаг на пути массового внедрения персональных компьютеров был сделан.

Первое поколение персональных компьютеров

Нежданный успех фирмы MITS вскружил голову другим любителям быстрого обогащения. По всей стране как грибы вырастали компьютерные фирмы. Большинство фирм-однодневок с несерьезными названиями вроде Itty Bitty Machines вскоре лопнули, но некоторые развернулись всерьез. В это романтическое время молодые предприниматели в одночасье становились миллионерами и так же быстро разорялись, на глазах рождалась новая отрасль промышленности ЭВМ супермалого класса, которые предназначались не для оснащения вычислительных центров, а для индивидуального ис-



Обложка январского (1975 г.) номера журнала «Popular Electronics»

пользования и поэтому стали называться персональными ЭВМ (ПЭВМ) или персональными компьютерами (ПК).

Хотя разделение персональных ЭВМ на поколения не очень принято в литературе, однако оно может быть сделано весьма естественным образом на основании технических характеристик, прежде всего, разрядности микропроцессора и базовому программному обеспечению. Компьютеры первого поколения (1975–1980 годы) были 8-разрядными, использовали, как правило, микропроцессоры i8080 или Zilog-80 (модификация i8080, выпускаемая конкурирующей фирмой), имели ОЗУ емкостью 32–256 кбайт и внешнюю память на магнитной ленте или 5-дюймовом гибком диске емкостью до 360 кбайт. Российским пользователям этот тип ЭВМ знаком по компьютерам Spectrum и «Корвет». Стандартной операционной системой была CP/M (Control Program for Microcomputer), разработанная Гэри Килдолом (Kildall, Gary; р. 1942), владельцем фирмы Digital Research.

Феномен Apple

К 1977 году на рынке персональных компьютеров выявились два лидера: канадская Commodore и американская Tandy Radio Shack (TRS), объем их производства исчислялся десятками тысяч штук. Однако скоро в спор двух лидеров вмешалась третья компания – Apple Computer. Образованная в 1976 году, она некоторое время пребывала в числе «несерьезных» (и название у нее шуточное – «яблоко»), однако за несколько лет добилась таких феноменальных успехов и так активно завоевала рынок, что многие до сих пор убеждены, что история персональных компьютеров берет свое начало именно с этой фирмы.



ПК первого поколения
Commodore PET (1977 г.)



TRS-80

Основали компанию два очень молодых человека, «два Стива» – Стив Джобс (Jobs, Steven Paul; р. 1955) и Стив Возняк (Wozniak, Steven Gary; р. 1950), таким образом, в начале 1976 года Джобсу было всего 20 лет, а Возняку – 24. Начальный капитал корпорации составил 1300 долларов, а штаб-квартира размещалась в гараже родительского дома Джобса.

Отцы-основатели удачно дополняли друг друга: Возняк, несмотря на неоконченное высшее образование, прекрасно разбирался в технике и работал в фирме Hewlett Packard, а Джобс был программистом в фирме Atari, производящей компьютерные игры, в душе художником и, к тому же, рожденным бизнесменом.



Основатели компании Apple Computer Стив Джобс (р. 1955) и Стив Возняк (р. 1950)



В этом гараже были собраны первые компьютеры Apple.
Снимок 2004 г.

Первой моделью, выпущенной новорожденной фирмой летом 1976 года, была Apple-I. Особенностью ее было то, что вместо популярного микропроцессора i8080, продававшегося по цене 130 долларов, использовался чип MC6502 фирмы MOS Technology, который стоил всего 25 долларов. Это позволило снизить стоимость компьютера (он продавался без корпуса в виде набора плат) до 666 долларов 66 центов,

однако особого успеха Apple-I не имел, всего в ближайших магазинах и друзьям было продано около 200 экземпляров⁵.

Первая неудача не обескуражила начинающих предпринимателей. Возняк разработал новую конструкцию, а Джобс привлек в дело новых инвесторов и специалистов по маркетингу. В апреле 1977 года на Компьютерной ярмарке Западного побережья в Сан-Франциско они пред-



Apple-I (1976 г.)

ставили новый компьютер, названный Apple-II. Собранный, как и предыдущая модель, на 8-битовом чипе MC6502, она имела 4 кбайт ОЗУ, 16 кбайт постоянной памяти, клавиатуру, 8-слотовую материнскую плату, текстовый и графический интерфейс с графическим дисплеем и встроенный Basic. Машина весом 5 кг была элегантно оформлена и стоила 1300 долларов.



Apple-II (1977 г.)

Apple-II был первым персональным компьютером с цветной графикой, изначально спроектированным как для деловых применений, так и для развлечений. Это и предопределило его коммерческий успех: за 1977 год объем продаж фирмы Apple Computer составил 700 000 дол-

ларов, а в следующем – уже 7 млн долларов. И хотя доход фирмы Commodore за 1978 год превысил 50, а TRS – 105 млн, но конкуренция со стороны молодого и зеленого еще «яблочка» была уже явной. В по-

⁵ В 1999 году антикварный экземпляр Apple-I продавался на аукционе за 40 000 долларов.

следующие годы Apple показала невиданные, поистине фантастические темпы роста: в 1979 году ее доход составил 47 млн, в 1980 году – 96 млн, а в 1983 году – около 1 млрд долларов (точнее, 983 млн). Никогда доселе ни одна компания не добивалась такого быстрого и феноменального успеха, на компьютерном небосклоне внезапно вспыхнула сверхновая звезда, затмившая всех конкурентов. Заслуги Apple в произ-



Штаб-квартира компании Apple Computer в Силиконовой долине

водстве массовых персональных компьютеров были столь велики, что в общественном мнении (а иногда и в технической литературе) приоритет создания первого персонального компьютера часто приписывается ей, а не крошечной MITS из Альбукерке.

В игру вступает IBM

«Голубой гигант», как это с ним случалось и в прошлом, проспал начало нового этапа компьютерной революции. Долгое время персональные компьютеры считали в IBM несерьезными игрушками, которые в принципе не могут тягаться с мэйнфреймами IBM-370 четвертого поколения. Однако когда объемы продаж этих игрушек стали измеряться сотнями миллионов долларов, в фирме забеспокоились. В 1981 году IBM, наконец, поняла, что персональные компьютеры – это серьезно и, памятуя об убытках, понесенных от недооценки мини-ЭВМ в 60-х годах, на сей раз решила попробовать свои силы в новом секторе бизнеса. Собрав в одном из своих подразделений в городке Бока Ратон (Boca Raton), штат Флорида, команду из 12 инженеров под руководством Филипа (Дона) Эст-



Главный конструктор
IBM PC
Филип (Дон) Эстридж
(1937–1985)

риджа (Estridge, Philip D. (Don); 1937–1985), руководство поставило перед ними задачу – в кратчайший срок разработать собственную конструкцию персонального компьютера, по всем статьям превосходящего все, что было до сих пор на этом рынке.

Учитывая сжатые сроки, фирма пошла на беспрецедентный шаг, разрешив использовать в своем изделии готовый микропроцессор посторонней компании. После некоторых раздумий выбор был сделан в пользу новейшего на тот момент 16-битового микропроцессора Intel-8088 с тактовой частотой 4.77 МГц.

Другая принципиальная особенность создаваемого компьютера – его открытая архитектура. В отличие от Apple Computer, которая запатентовала все основные технические решения и никого не подпускала к производству своих компьютеров, фирма IBM, опираясь на удачный опыт Системы 360, с самого начала открыла интерфейс общей шины и тем самым как бы пригласила независимых производителей к созданию совместимых устройств.

12 августа 1981 года новый компьютер был представлен общественности под названием IBM PC (Personal Computer). Он имел 64 кбайт ОЗУ, 40 кбайт постоянной памяти, один 5-дюймовый флоппи-диск и предлагался по цене 3000 долларов вместе с операционной системой MS-DOS 1.0 фирмы Microsoft. История подтвердила правильность стратегического расчета корпорации IBM. Уже за первые 8 месяцев было продано более 50 000 экземпляров IBM PC, затем объемы производства стали постоянно расти.



IBM PC (1981 г.)

Второе поколение персональных компьютеров. Клоны IBM-совместимых ЭВМ

Честно говоря, фирма IBM сама не ожидала такого успеха: «игрушечный» IBM PC вдруг оказался полезным в самых различных областях деятельности (образовании, науке, бизнесе), что гарантировало ему широкий и устойчивый сбыт. Так было положено начало второму поколению персональных ЭВМ, отличительной чертой которых были 16-разрядный микропроцессор, расширенная оперативная память и жесткий магнитный диск – «винчестер»⁶. Стандартом операционной системы для них стала командная MS-DOS фирмы Microsoft.

Осознав открывающуюся перспективу, компания IBM стала развивать успех, сохраняя при этом верность однажды сделанному выбору – микропроцессорам фирмы Intel. Выпущенный в 1983 году новый компьютер назывался IBM PC XT (eXtended Technology), он имел микропроцессор i8086, по внутренним параметрам аналогичный i8088, но имеющий 16-разрядную системную шину, ОЗУ 256 кбайт, винчестер на 10 Мбайт. Цена компьютера составляла 5000 долларов. Хотя ничего выдающегося в новом компьютере не было, три магические буквы – IBM – сделали свое дело, число проданных экземпляров IBM PC XT превысило 2 миллиона экземпляров. К 1983 году, ровно через два года после выпуска PC, фирма IBM захватила 85% мирового рынка 16-разрядных персональных компьютеров. В октябре этого года журнал «Business Week» опубликовал статью с характерным заголовком: «Гонка на рынке персональных компьютеров закончилась. IBM победила».

Однако вердикт уважаемого издания оказался преждевременным, монополия IBM на рынке ПЭВМ существовала недолго. Поскольку архитектура «ПиСишек» была открытой, то сразу же после их появления началось производство клонов⁷ IBM PC, то есть персональных компьютеров, производимых любыми фирмами на базе микропроцессоров Intel, аппаратно и программно совместимых (compatible) с оригинальными компьютерами IBM. Первой компанией, которая не побоялась в откры-

⁶ Название *винчестер* появилось совершенно случайно, в результате чисто внешней ассоциации. Когда в 1973 году IBM выпустила в продажу вдвоенный дисковод с емкостью по 30 Мбайт на каждом устройстве, то эта конфигурация напомнила одному из инженеров калибр знаменитой двустволки «Винчестер 30/30».

⁷ «Клон» – термин, заимствованный из биологии. Там он означает популяцию животных или растений, полученную путем вегетативного размножения, и поэтому генетически идентичных родителю.

тую конкурировать с IBM в ее секторе рынка, была Compaq Computer, образованная в 1982 году и уже в ноябре этого года представившая персональный компьютер Compaq Portable, положивший начало семейству переносных компьютеров. Хотя по нынешним меркам это изделие массой 28 фунтов (около 14 кг) трудно назвать портативным, его рыночный



Первый портативный компьютер Compaq (1982 г.). С этого компьютера началось производство клонов IBM PC

успех был ошеломляющим. В первый год своего существования Compaq Computer продала 53 тыс. компьютеров. В 1984 году Compaq занялась и настольными ПК, а три года спустя объем продаж достиг миллиона штук. К 1994 году компания обогнала IBM и стала крупнейшим производителем ПК в мире.

На рынке клонов IBM PC воцарилась ожесточенная конкуренция. Независимые производители со всего света, число которых исчислялось сотнями, чутко отслеживали все нововведения «голубого гиганта», выпуская аналогичные машины по

фантастически низким ценам за счет использования дешевых комплектующих, производимых в Юго-Восточной Азии.

Теснимая со всех сторон, IBM попыталась удержать рынок, выпустив усовершенствованные модели PC. В 1984 году была объявлена машина PC AT (Advanced Technology) на процессоре i80286, однако такого успеха, как XT, она не имела – за три года удалось продать всего 650000 экземпляров. Неудачей закончилась и затея с моделью PCjr, в результате доля «родных» PC на рынке неуклонно снижалась – до 63% в 1984 году и до 40% в 1986 году.

Выдержав паузу, корпорация IBM в 1987 году сделала отчаянную попытку одним мощным рывком оторваться от конкурентов. Подобно ящерице, бросающей преследователям свой хвост, она оставила «клонмейкерам» устаревшие модели, а сама объявила о выпуске совершенно нового семейства персональных компьютеров PS/2 (Personal System). Когда шок от внезапного хода IBM прошел, специалисты внимательно изучили технические характеристики машин нового семейства. Оказалось, что в них установлены стандартные микропроцессоры i8086 и i80286 (в самой старшей модели – i80386), а новизна сводится к некоторым технологическим улучшениям:

- применена новая системная шина MCA (Micro Channel Architecture), приводящая к аппаратной несовместимости с прежними моделями, на что, по-видимому, и рассчитывали конструкторы;
- использованы гибкие диски нового формата 3,25 дюйма;
- применен новый стандарт графического монитора;
- усовершенствована сама технология изготовления компьютера (новый способ пайки печатных плат, удобный корпус, надежная клавиатура, хороший дизайн и т.п.).

Компьютеры PS/2 действительно оказались надежными, удобными и долговечными устройствами (хотя и достаточно дорогими – стоимость средней по характеристикам модели 50 составляла около \$5000), однако совершить революцию и стать «киллерами клонов» они не смогли. Громадный рынок клонов IBM PC XT и AT оказался слишком консервативным, тысячи производителей во всем мире, несмотря на активную рекламную кампанию, не захотели круто менять всю технологию в угоду IBM. «Голубой гигант» явно переоценил силы, противопоставив себя всему компьютерному сообществу. После нескольких лет неравной борьбы, в 1994 году производство PS/2 было свернуто, фирма IBM, смилив гордыню и растеряв монопольное лидерство в производстве персональных компьютеров, была вынуждена вернуться в лоно общепринятых промышленных стандартов.



PS/2 (1987 г.)

§ 2.10. Проблемы человеко-машинного интерфейса и его влияние на архитектуру персональных компьютеров

Третье поколение персональных компьютеров, которое существует до сих пор, ассоциируется прежде всего с 32-разрядными микропроцессорами, появившимися в 1981–1985 годах. Однако граница раздела ме-

жду вторым и третьим поколением микро-ЭВМ не только количественная, она значительно более принципиальная и связана с проблемой человеко-машинного интерфейса, то есть способа взаимодействия человека и компьютера.

В эпоху «больших» ЭВМ и первых двух поколений микрокомпьютеров, то есть до середины 80-х годов правила игры в этом взаимодействии задавал компьютер, а человек был вынужден приравниваться к его возможностям. Основным средством ввода информации в ЭВМ была клавиатура, а вывода – алфавитно-цифровой дисплей. Общение человека с компьютером (точнее говоря, с операционной системой уровня MS-DOS) осуществлялось на чудовищно далеком от естественного командном языке, освоить который могли только профессионалы. Пока ЭВМ было относительно немного, такое положение казалось приемлемым, но как только компьютеры стали товаром массового спроса (в 1992 году во всем мире их было продано 1,4 млн, а в 1993 году – уже 10 млн, каждая девятая американская семья имела в доме компьютер) и попали на стол школьникам и домохозяйкам, то проблема простого и интуитивно понятного способа общения человека с компьютером вышла на первый план. Без ее решения компьютер никогда бы не стал действительно персональным. Как сказано в известной поговорке: «Если гора не идет к Магомету, то Магомет идет к горе». Путь компьютера к человеку оказался долгим и непростым, на этом пути сделаны только первые шаги, но и они весьма поучительны и заслуживают специального рассмотрения.



Дуглас Энгельбарт
(р. 1925)

Работы Дугласа Энгельбарта

Первым человеком, который серьезно занялся проблемой создания дружественного интерфейса «человек – ЭВМ», был Дуглас Энгельбарт (Engelbart, Douglas C; р. 1925) из Стенфордского исследовательского института (Stanford Research Institute – SRI). В конце 1950-х годов при поддержке Министерства обороны США он основал в местечке Менло-Парк (Menlo Park) недалеко от Стенфордского университета, в известной нам Кремниевой долине, самостоятельное подразделение института под названием Augmentation Research Center – ARC. Девизом и целью работы этого Центра было увеличение интеллектуальных

возможностей компьютера (*augmentation* – приращение, увеличение). Вклад Энгельбарта в информатику велик и до конца еще не оценен. В то время, когда ЭВМ первых поколений занимали огромные залы и общались с операторами на языке перфокарт, Энгельбарт разрабатывал фантастические идеи по интеллектуальной обработке текстов. В 1964 году он изобрел манипулятор «мышь», без которой немислим современный компьютер, и предложил принципы интерактивного взаимодействия человека с компьютером. Осенью 1968 года на конференции в Сан-Франциско он устроил демонстрацию своих достижений, вошедшую в историю информатики. По словам очевидцев, эта демонстрация походила скорее на концерт, который давала целая команда специалистов. Энгельбарт



Первая компьютерная мышь
(1964 г.)



90-минутный доклад Энгельбарта на конференции в Сан-Франциско осенью 1968 г. вошел в историю информатики. На нем состоялся мировой дебют мыши, интерактивной работы с текстом и телеобработки на расстоянии 65 км по СВЧ-радиолинии

восседал за необычным пультом управления на сцене большого зала заседаний. С помощью СВЧ-антенны поддерживалась связь между пультом управления и компьютером, расположенным на расстоянии 65 км в лаборатории ARC в Менло-Парке. За спиной Энгельбарта был установлен огромный экран, на который проектировалось телевизионное изображение всего, что происходило за пультом.

Зрители расценили представление как «сцены из будущего». С помощью необычного приборчика с двумя кнопками, передвигаемого на колесиках по столу, Энгельбарт управлял компьютером, открывал различные файлы, одним щелчком кнопки изменял целые фрагменты текстов.

Несмотря на то, что демонстрация Энгельбарта произвела очень большое впечатление на современников, практическое осуществление его идей затянулось на долгие годы. Потребовалось еще несколько циклов развития в различных инженерных коллективах, прежде чем *графический пользовательский интерфейс* (*Graphic User Interface – GUI*) стал обычной принадлежностью любого персонального компьютера.

Проекты фирмы Хегах

Когда в начале 70-х годов военные прекратили финансировать ARC, многие сотрудники Энгельбарта перешли на работу в находящийся рядом с Менло-Парк местечке Пало-Альто исследовательский центр фирмы Xerox (Palo Alto Research Center – PARC, разница всего в одну букву!). Разбогатев на продаже копировальной техники, эта фирма вложила очень большие деньги в научные исследования, причем приоритетными считались не сиюминутные усовершенствования, а принципиально новые высокие технологии. Центр PARC в 1970–1980-е годы собрал многих выдающихся ученых и безусловно лидировал во многих областях вычислительной техники и информатики. Кроме компьютера Alto, здесь были изобретены локальная компьютерная сеть Ethernet и лазерный принтер, создан лучший по тем временам издательский пакет программ Ventura Publisher и т.д.



Исследовательский центр XEROX PARC в Силиконовой долине.
Фото 2004 г.

В 1971 году в отделе вычислительной техники PARC стартовал проект Alto, руководителем и вдохновителем которого был Алан Кей (Kay, Alan; р. 1940), только что защитивший докторскую диссертацию в Стенфордском университете. Разносторонне образованный (его мать была художницей, отец – ученым-физиологом), Кей выполнил теоретическую работу по проблеме взаимодействия человека с компьютером будущего. По его замыслу, идеальный компьютер по форме и размерам должен напоминать книгу (было придумано даже название Dynabook – динамическая книга), иметь плоский цветной графический монитор высокого разрешения, с помощью средств связи подключаться к любым библиотекам мира и быть к тому же дешевым (не дороже 500 долларов). Кроме того, гипотетический компьютер должен поддерживать такой простой и интуитивно понятный язык общения, чтобы с ним мог работать даже ребенок: «Если человеку для работы с машиной придется листать руководство по эксплуатации, то эта система обречена».



Алан Кей (р. 1940)

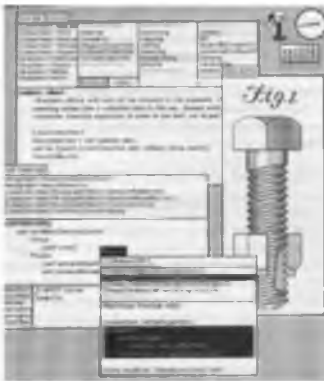
Даже по сегодняшним меркам проект Dynabook выглядит фантастично, что же можно говорить о технической базе 70-х годов? Тем не менее фирма Xerox предоставила Кею возможность попытаться хотя бы частично реализовать свою идею в прекрасных условиях PARC. Проект Alto как раз и представлял собой попытку создать «промежуточный» Dynabook.



Alto (1973 г.)

В 1973 году компьютер Alto был построен. Хотя его габариты и цена были далеки от заявленных в проекте Dynabook, он представлял собой выдающееся достижение вычислительной техники тех лет. Принципы, положенные в его основу, оказались настолько прогрессивными, что опередили свое время на целое десятилетие и, как мы увидим в дальнейшем, стали базовыми для следующего поколения персональных компьютеров.

Компьютер имел графический дисплей, обычную и фортепианную клавиатуру, синтезатор звуков (Кей был прекрасным музыкантом и не мог оставить свое творение «глухонемым») и управлялся «мышью», заимствованной у Энгельбарта. Однако главным в новом компьютере было его совершенно оригинальное программное обеспечение. Кей напроочь отказался от стандартных операционных систем и языков программирования (Basic, Fortran и др.) и разработал принципиально новый язык Smalltalk. Об особенностях и роли этого языка для дальнейшего развития программирования мы будем говорить в следующей главе, посвященной программному обеспечению компьютеров, здесь же отметим то, что для взаимодействия с пользователем в системе Smalltalk впервые появилась идея рабочего стола с окнами, в которых



Графический оконный интерфейс компьютера Alto отличался простотой и интуитивной понятностью. В его тестировании принимали участие группы детей

отображались тексты и рисунки. Окна с помощью мыши могли перемещаться по столу, открываться и закрываться. Таким образом, в проекте Alto впервые была предложена концепция оконного графического пользовательского интерфейса – GUI; этот компьютер, созданный за два года до Altair-8800 и за 8 лет до IBM PC, может считаться первым истинно персональным компьютером.

Алан Кей занимался усовершенствованием компьютера Alto и системы Smalltalk вплоть до 1980 года, однако фирма Xerox так и не сумела наладить их массовое производство и извлечь коммерческую выгоду из своего выдающегося достижения. Этому мешали объективные трудности, так как 8- и 16-разрядная микропроцессорная база 70-х годов не

позволяла создать дешевый компьютер такого класса. Разработанный на основе экспериментального Alto серийный компьютер Star-8010 предназначался для компьютеризации офисов и был очень удобным для применения, так как на его экране моделировалась обстановка конторы с документами, картотечными ящиками, мусорной корзиной и т.п., однако его цена не опускалась ниже 16000 долларов, и продажи были невелики. Постепенно весь проект дружественного компьютера пришел в упадок и, возможно, стал бы только историческим курьезом, если бы не его второе рождение в фирме Apple.

Apple берет реванш

Фирма Apple Computer, отставшая от IBM на рынке 16-разрядных микро-ЭВМ, но не желавшая терять собственной индивидуальности, задумала взять реванш и обойти конкурентов на старте нового, третьего поколения. Для этого у нее был прекрасный задел. Еще в декабре 1979 года, прослышав о финансовых проблемах центра PARC, она договорилась о том, чтобы группе ведущих инженеров Apple во главе со Стивом Джобсом продемонстрировали все секреты компьютеров Alto и Star в обмен на продажу фирме Xerox 100000 своих акций за один миллион долларов.

Увиденное произвело на Джобса глубочайшее впечатление. Он ясно осознал, какое сокровище остается невостребованным, и сделал все, чтобы дружественные компьютеры нового поколения впервые появились под его фирменной маркой. С этой целью он переманил в фирму Apple пятнадцать из двадцати пяти ведущих инженеров PARC и дал им задание создать на основе проекта Star собственную ЭВМ под названием Lisa. В течение 1982 года на конструирование самой «Лизы» было израсходовано 50 млн, а на разработку ее программного обеспечения – 100 млн долларов. Задумав создать компьютер с графическим интерфейсом, разработчики выбрали новый 32-разрядный⁸ микропроцессор



Star-8010

⁸ В литературе приводятся противоречивые данные о разрядности чипа 68000. Это вызвано тем, что он имел внутреннюю 32-битовую структуру, но 16-битовую системную шину.

М68000 фирмы Motorola. По тем временам это был рекордный по производительности чип, кроме того его 24-битовая шина данных позволяла напрямую адресовать 16 Мбайт оперативной памяти и тем самым



Lisa (1983 г.)

избавиться от типичных для IBM PC проблем, связанных с использованием расширенной памяти. Оперативная память «Лизы» составляла 1 Мбайт, кроме этого имелись 2 Мбайта постоянной памяти и винчестер емкостью 5 Мбайт, начальная стоимость машины составляла \$10000.

В январе 1983 года компьютер Lisa был пущен в продажу, однако, вопреки расчетам

фирмы продать 50000 экземпляров, за год было реализовано всего 15000. Причина та же, что и у Xerox Star – высокая цена.

Неудача не обескуражила руководство компании, ведь в свое время Apple тоже не удался с первой попытки, к тому же нынешнее финансовое положение фирмы позволяло ей экспериментировать – в 1983 году доходы компании вплотную приблизились к миллиарду долларов.

Снова в конструкторских бюро закипела работа. Стремясь удешевить компьютер, разработчики пошли на ряд упрощений: снизили емкость ОЗУ базовой модели до 128 кбайт, отказались от цветного монитора, однако принципиальные достоинства «Лизы» они постарались все же сохранить. Ровно через год, в январе 1984 года был готов новый вариант массового персонального компьютера третьего поколения. Следуя традиции, ему дали не слишком серьезное имя Macintosh⁹, а



Apple Macintosh (1984 г.)

⁹ Macintosh – любимый сорт яблок одного из ведущих разработчиков. Неосторожно назвав свой компьютер этим именем, фирма Apple тут же вошла в конфликт с ком-

в обиходе – просто Mac. Даже по внешнему виду он отличался от других ЭВМ интегрированным корпусом, но главная его особенность – при невысокой цене в \$2500 – прекрасный дружественный графический интерфейс, обеспечиваемый оригинальной операционной системой Mac-OS. Никаких командных строк, «Нортонов» и прочих «прелестей» MS-DOS, все манипуляции с файлами и программами производились щелчком мыши по картинке на экране.

На сей раз фирма Apple Computer попала в точку. Коммерческий успех нового изделия был полным: за первый же 1984 год было продано 250000 компьютеров, по итогам года компания уверенно вышла на второе место по объему продаж ПК, уступая только «голубому гиганту».

Небывалый коммерческий успех фирмы Apple Computer во многом объясняется тем, что на пост ее президента в 1983 году был приглашен Джон Скалли (Sculley, John), до того возглавлявший легендарную Pepsi Cola. За 10 лет, пока Скалли стоял во главе Apple Computer, ее доходы возросли с 600 млн до 8 млрд долларов. Рассказывают, Джон Скалли немало удивился наглости Стива Джобса, когда тот предложил ему, президенту гигантской корпорации, работу в малоизвестной компании, производящей какие-то компьютерные игрушки. Получив естественный отказ, Джобс произнес знаменитую фразу, задевшую Скалли за живое: «Если Вы останетесь в Pepsi, то все, что Вам удастся сделать за пять лет – это продать еще больше сладкой водички для детей. Если Вы придете в Apple, Вы сможете изменить мир». И тогда Скалли, неожиданно для себя поддавшись безотчетному порыву, согласился. Его громадный организационный опыт и коммерческое чутье действительно изменили мир персональных компьютеров. Чего стоит, например, реклама компьютера Macintosh, показанная всего один раз 24 января 1984 года по телевизору в перерыве суперкубка по американскому футболу. За 59-секундный клип, основанный на ассоциациях со



Стив Джобс и Джон Скалли
с новым Макинтошем

панией-производителем популярных прорезиненных плащей – «макинтошей». В результате право на фирменное наименование пришлось выкупать.

знаменитым романом Джорджа Оруэлла «1984 год» и намекавший на диктатуру IBM, фирма заплатила около 2 млн долларов, однако впоследствии этот сюжет был признан лучшим за историю телевизионной рекламы и вошел во все учебники по рекламному делу.

Macintosh против IBM PC

«Маки», благодаря простоте использования, высокому качеству изображения, встроенному звуку, возможности подключения к локальной вычислительной сети, сделались очень популярными в американских школах и университетах, где для них разработан большой объем учебного программного обеспечения, в быту, а также в организациях, занимающихся издательской деятельностью. Фирма Apple Computer, захватив лидерство на старте ПК третьего поколения, заработала репутацию производителя высококачественных, надежных и удобных компьютеров. Все последующие модели Macintosh продолжали ориентироваться на микропроцессоры фирмы Motorola и «росли» вместе с ними. В течение нескольких лет фирма не открывала архитектуру ЭВМ, сделав невозможным клонирование, однако, когда на смену M68000 пришли полноценные 32-разрядные M68020, было выпущено новое семейство Mac-II (1987 г.) с открытой архитектурой. Это позволило независимым производителям начать выпуск дополнительных устройств, расширяющих возможности базовой конфигурации.

Видя активное наступление Apple на рынок персональных компьютеров, IBM и ее бесчисленные подражатели были вынуждены вступить с ней в жестокую конкуренцию. Последующие годы отмечены «великим противостоянием» мира Motorola-ориентированных «Макинтошей» с миром IBM-совместимых компьютеров на платформе Intel. Следует признать, что во второй половине 80-х – начале 90-х годов в идейном отношении IBM PC оказывались, как правило, в позиции догоняющей стороны. Большинство новых технологий современной вычислительной техники (графический интерфейс, локальные сети, объектно-ориентированные среды, мультимедиа, высококачественные компьютерные шрифты), зародившихся еще в недрах Xerox PARC, было впервые реализовано в компьютерах Apple. С другой стороны, в активе клонов PC – громадные объемы производства, наличие внутренней конкуренции среди производителей и, как следствие, более доступные цены. В результате массовому потребителю эти технологии становились доступными чаще всего с опозданием и в PC-адаптации.

Революционные проекты Apple принципиально изменили подход производителей к конструированию персональных компьютеров третьего поколения. Теперь правила игры стал задавать интерфейс пользователя, его требования определяли структуру и функции программного обеспечения, а разработчик аппаратуры был вынужден искать решения, удовлетворяющие поставленным условиям.

Показательна в этом отношении дальнейшая история развития оконного интерфейса. На вызов первого «Макинтоша» фирма IBM вместе с Microsoft попытались отреагировать полумерами, выпустив в 1985 году оболочку Windows, внешне похожую на MAC OS, но работающую под стандартной MS-DOS (подробнее об эволюции операционных систем мы будем говорить в следующей главе). Однако эта комбинация оказалась крайне неэффективной на 16-разрядном микропроцессоре i80286, а так как отказаться от оконного интерфейса было уже невозможно под угрозой потери рынка, то, начиная с 1987 года, мир PC стал переходить на 32-битовый чип i80386. Система Windows убила 286-й процессор. Далее взаимная связь и зависимость аппаратуры Intel и операционной системы Windows стала такой тесной, что для обозначения соответствующей аппаратно-программной платформы стал применяться термин «Wintel». Это было выгодно производителям как аппаратного, так и программного обеспечения, так как новые версии Windows стимулировали спрос на новейшие разработки Intel, и наоборот. Через несколько лет Windows-95 убила 386-й процессор, этот круг положительной обратной связи продолжается.

В последующие годы идеолог Apple Стив Джобс продолжал удивлять компьютерный мир нестандартными поступками. В 1985 году, почувствовав некоторый застой в своей фирме и повздорив с Джоном Скалли, он неожиданно покинул ее, создав новую компанию NeXT Inc. Начав «с чистого листа», Джобс поставил цель создать идеальный компьютер следующего поколения (next – следующий), техническая архитектура и программное обеспечение которого были бы полностью подчинены задачам человеко-машинного интерфейса. В октябре 1988 года было объявлено о выпуске первого компьютера NeXT на базе микропроцессора M68030 с 8 Мбайт ОЗУ. Внешне этот компьютер представлял собой черный куб со стороной в 1 фут (около 30 см), к которому подключался 17-дюймовый монохромный монитор. Специалистов удивила не столько необычная форма компьютера, сколько совершенно новая объектно-ориентированная операционная система NeXTSTEP, вобравшая в себя все новейшие достижения в этой области. К сожалению

нию, несмотря на революционность идеи, большого коммерческого успеха среди рядовых потребителей эта затея не имела, так как они не желали тратить на новое нестандартное программное обеспечение. В 1996 году Джобс вместе с NeXT Inc. вернулся в родную Apple, а пере-



NeXT (1988 г.)

довые идеи NeXTSTEP были использованы при создании новых версий MacOS. Эксперименты с необычным дизайном также не прошли даром: в 1998 году Apple выпустила компьютер iMac в изящном корпусе из прозрачной голубой пластмассы, через которую хорошо видны его внутренности. На пресыщенном западном рынке iMac, обладающий к тому же прекрасными техническими характеристиками, сразу стал пользоваться популярностью. Так что битва Mac с Wintel далеко не закончилась, а в выигрыше в конечном счете оказывается рядовой потребитель, запросам которого стараются угодить разработчики обеих линий компьютеров.

§ 2.11. Направления развития вычислительной техники

За полувековую историю вычислительная техника совершила гигантский скачок в своем развитии, никакая другая отрасль промышленности не развивалась столь бурными темпами. По образному выражению одного из журналистов, «если бы самолеты прогрессировали с такой же скоростью, как ЭВМ, то мы могли бы сейчас облететь земной

шар за несколько минут, истратив полстакана горючего, а стоил бы такой самолет всего несколько долларов».

В таблице в качестве примера приведены данные об эволюции основных линий процессоров, выпущенной фирмой Intel. Как видим, за совсем короткое время основные параметры микропроцессоров увеличились более чем в тысячу раз!

Примерно такие же темпы роста характеристик других основных узлов компьютера (оперативной памяти, дисковых запоминающих устройств). Сравним – в первых IBM PC (1981 г.) емкость ОЗУ составляла 64 кбайт, у современного персонального компьютера она равна 256–512 Мбайт и выше (увеличение в 4000–8000 раз), первые поколения винчестеровских дисков имели емкость 5–10 Мбайт, а современные – 100–150 Гбайт (увеличение в 15000–20000 раз). Таким образом, даже без принципиальной смены физических принципов функционирования ЭВМ, а только за счет конструктивных и технологических усовершенствований происходит постоянное улучшение эксплуатационных характеристик компьютеров.

Год выпуска	Процессор	Разрядность	Тактовая частота, МГц	Число транзисторов	Проектная норма, мкм
1978	i8086	16	5	29 тыс.	3
1982	i80286	16	6–12	134 тыс.	1,5
1985–1992	i80386	32	16–33	275 тыс.	1,5–1,0
1989–1994	i80486	32	25–100	1,2 млн	1,0–0,6
1993–1997	P5 (Pentium)	32	60–233	3,1 млн	0,8–0,35
1995–1997	P6 (Pentium Pro)	32	150–200	5,5 млн	0,6–0,35
1997–1998	Pentium II	32	233–450	7,5 млн	0,25–0,18
1998–2002	Celeron	32	266–2200	18,9 млн	0,25–0,13
1999–2002	Pentium III	32	450–1200	28 млн	0,18–0,13
2000–2002	Pentium 4	32	1400–3000		0,18–0,13
2001	Itanium	64	733–800	25 млн	0,18
2002	Itanium 2	64	900–1000	220 млн	0,18

Как долго будет продолжаться это поступательное развитие, сказать трудно, так как долгосрочные прогнозы в мире высоких технологий – занятие ненадежное и опасное. Вспомним хотя бы саму микропроцес-

сорную революцию, разорившую производителей mainframes и не предсказанную профессиональными аналитиками знаменитой страховой компании Lloyd's. Однако среднесрочный прогноз на 3–5 лет можно сделать довольно точно, так как ведущие производители компьютерного оборудования уже анонсировали свои ближайшие планы, а полный цикл конструирования и освоения производства изделия особой сложности является очень длительным и соизмеримым со временем морального старения самого изделия.

Если остановиться на самом сложном элементе компьютера, определяющем в конечном счете технический уровень всего изделия, – центральном процессоре, – то можно заметить, что прогресс здесь идет двумя параллельными путями: развитие элементной базы и совершенствование архитектуры.

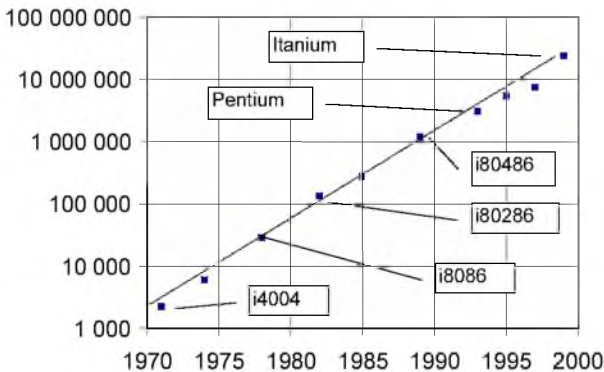
Развитие элементной базы

Технология изготовления микропроцессоров развивается в направлении дальнейшей миниатюризации электронных схем и, как следствие, повышения степени их интеграции. Уровень миниатюризации принято оценивать шагом конструкционной сетки микросхемы, определяющим ширину печатных проводников и размеры других элементов на кристалле. Передовые фирмы уже давно освоили 0,1-микронную технологию (это значит, что размеры дискретных элементов меньше микрона, для сравнения – толщина человеческого волоса в среднем равна 50 микронам, а длина волны видимого света составляет 0,4–0,7 микрона). Элементы такой микросхемы невозможно увидеть в оптический микроскоп, только в электронный, а формирование изображения в фотолитографическом процессе приходится вести с помощью жесткого ультрафиолетового или рентгеновского излучения. Для измерения сверхмалых расстояний используется единица длины, в 1000 раз меньшая микрона и называемая нанометром (нм). Поэтому технологии, оперирующие с элементами таких размеров, называются *нанотехнологиями*.

Уменьшение размеров позволяет «упаковать» на одном чипе большее число элементов и усложнить микросхему. Еще в 1968 году, на заре микроэлектроники, один из основателей фирмы Intel Гордон Мур сформулировал эмпирический закон Мура, по которому число элементов на одном кристалле должно удваиваться каждые полтора года. Удивительно, но факт – прошло более 30 лет, неизменно преобразились технологии, однако закон продолжает действовать и сейчас.

В полном соответствии с законом Мура современные микропроцессоры представляют собой невероятно сложные устройства. Например, кристалл P5 фирмы Intel, выпущенный в 1993 году и получивший торговую марку Pentium, содержит около 3 млн транзисторов, P6 – Pentium Pro (1996 г.) – 5,5 млн, а процессор P7 (во время разработки он назывался Merced, а в продажу пошел под именем Itanium), выпуск которого начался в 2001 году, имеет около 25 млн транзисторов (сравним с первым микропроцессором i4004 1971 года, насчитывавшем чуть больше 2 тыс. транзисторов).

Уменьшение размеров деталей и длин соединяющих их проводников позволяет улучшить еще одну характеристику микропроцессора, пропорционально влияющую на его производительность, – тактовую частоту. Если у чипа i4004 она равнялась 108 кГц, то современные схемы допускают увеличение тактовой частоты до 1000–3000 МГц, т.е. 3 ГГц, и это не предел.



Закон Мура

При такой сложности разработка и постановка на производство каждой новой модели превращается в задачу гигантской сложности и трудоемкости стоимостью в миллиарды долларов. Даже крупнейшие фирмы не могут себе это позволить, поэтому среди производителей микропроцессоров наблюдается движение в сторону кооперации. Подобно тому, как это произошло на заре компьютерной эры, относительное разнообразие предлагаемых сегодня независимыми поставщиками микропроцессоров должно смениться несколькими унифицированными моделями, выпускаемыми консорциумами супергигантов.

Например, альянс фирм Intel и Hewlett-Packard совместно подготовил к производству уже упоминавшийся кристалл Itanium, призванный заменить популярный ряд Pentium. Второй пример – содружество недавних конкурентов IBM и Motorola, с 1992 года развивающих совместно с Apple линию мощных RISC-процессоров PowerPC (Power Performance Chip – высокопроизводительный чип).

Совершенствование архитектуры

К сожалению, бесконечно уменьшать размеры элементарных переключательных схем невозможно, так как они ограничены снизу размерами кристаллических решеток. Точно также нельзя беспредельно повышать тактовую частоту, так как скорость распространения электрического тока конечна.

По-видимому, в ближайшее время элементные возможности микросхем подойдут к теоретическому пределу, дальнейшее повышение производительности компьютеров будет достигаться только за счет совершенствования архитектуры, которое развивается в четырех основных направлениях.

1. Увеличение разрядности. Тенденция к повышению разрядности отчетливо прослеживается в истории микропроцессоров, мы об этом уже говорили. Современные кристаллы в основном 32-разрядные, однако продвинутые микросхемы, например PowerPC, а также перспективные массовые модели, например Itanium, являются 64-разрядными. По-видимому, в будущем можно ожидать и появления 128-битовых чипов.

2. Движение в сторону RISC. Аббревиатура RISC расшифровывается как Reduced Instruction Set Computing – вычисления с сокращенным набором команд. Для того чтобы понять смысл этого явления, нужно вернуться к ранней истории ЭВМ. В те времена алгоритмические языки и компиляторы еще не были известны и все программирование велось вручную в командах процессора. Поэтому разработчики компьютеров старались сделать систему команд удобной для ручного программирования, насытив ее сложными и емкими командами. Например, одной машинной командой можно было вычислить функцию \log или \sin либо преобразовать число в другую систему счисления. Репертуар машинных команд получался достаточно сложным, например, в IBM-360 были реализованы 144 команды центрального процессора. Такая организация системы команд получила название CISC – Complex Instruction Set Computing, т.е. вычисления со сложным набором команд.

Первые микропроцессоры унаследовали от мэйнфреймов идеологию CISC. Стандартный набор команд чипа i8086 и всех последующих поколений процессоров Intel содержит около ста инструкций самого различного назначения и формата. Так как формат команды переменный, то она может быть корректно выбрана из памяти только после расшифровки кода операции, в результате каждая инструкция требует для своего выполнения несколько тактов процессора. Программа, реализующая некоторый алгоритм, может быть относительно короткой, однако время выполнения этой программы в компьютере оказывается значительным.

Процессоры с RISC-архитектурой работают по-другому. В этих процессорах набор команд сильно ограничен, все инструкции максимально упрощены, они имеют одинаковый формат и, в идеале, могут выполняться за один машинный такт. Программа, выполняющая тот же алгоритм примитивными командами, получается длиннее, однако за счет высокого быстродействия процессора наблюдается значительный выигрыш в производительности. Разумеется, программировать вручную для такой машины было бы неудобно, однако этого никто и не делает, так как техника компиляции достигла больших высот. Быстродействующие оптимизирующие компиляторы позволяют создать такой код, который использует все особенности набора команд и позволяет добиться наивысшей вычислительной мощности.

Сторонники RISC-архитектуры на деле доказали силу своих аргументов – наиболее производительные серверы и рабочие станции сегодня используют RISC-процессоры, однако и поклонники CISC-технологии не сдаются, на их стороне гигантский объем накопленного программного обеспечения в кодах i86. В последних моделях микропроцессоров Intel специально для мультимедийных приложений введены еще более сложные «векторные» команды дополнительного набора MMX (MultiMedia eXtention – мультимедийное расширение), выполняющие в сверхдлинных – до 128 разрядов – регистрах параллельно несколько операций сложения или умножения.

Для того чтобы объединить преимущества обоих подходов, разработчики пошли на компромисс: на внешнем уровне микропроцессор исполняет стандартный CISC-набор команд, а на внутреннем – некоторый упрощенный RISC. Встроенный микропрограммный эмулятор преобразует каждую внешнюю команду в цепочку внутренних и исполняет ее со всей возможной производительностью RISC-вычислителя.

3. Усложнение архитектуры процессора. Еще один резерв повышения производительности кроется в распараллеливании вычислений внутри одного кристалла, при этом разработчики микросхем пытаются реализовать в конструкции принципы, типичные для организации промышленного производства.

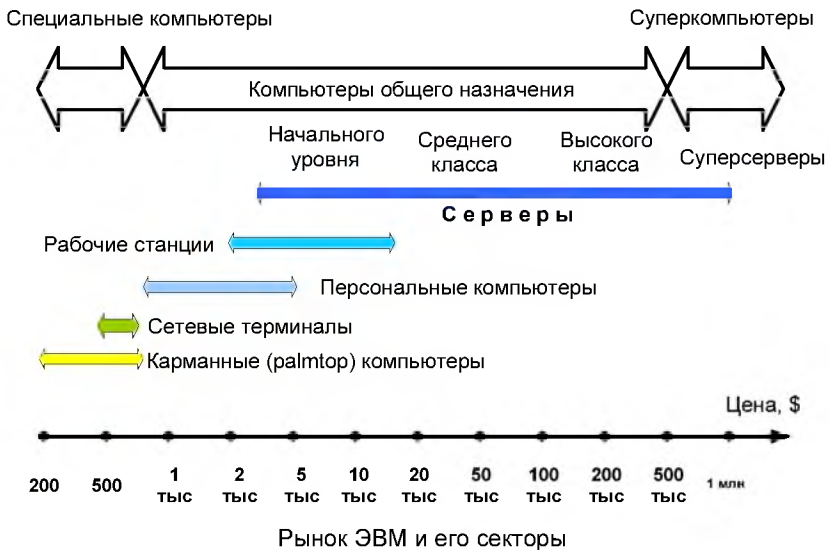
Как известно, выполнение каждой команды ЭВМ складывается из нескольких фаз: выборка команды, расшифровка ее, чтение операндов, непосредственное исполнение операции, запись результата. В старых моделях процессора эти фазы выполнялись для каждой операции строго последовательно подобно тому, как в кустарных мастерских шла когда-то сборка автомобилей – сначала собирали одну машину, потом вторую, при этом часть рабочих постоянно простаивала. Современный микропроцессор устроен значительно сложнее, он похож на предприятие, в котором множество рабочих собирают на конвейере поток автомобилей. Конвейерный процессор совмещает по времени выполнение нескольких команд: для одной происходит чтение операции, для второй – декодирование и выборка регистров, для третьей – исполнение команды вычислительным блоком и т.д., в результате при той же тактовой частоте существенно повышается общая производительность. Более того, в самых совершенных конструкциях в чип микропроцессора встраивается несколько самостоятельных (до 6–8) вычислительных блоков с фиксированной и плавающей арифметикой, сверхбыстрая внутренняя память (кэш) и удивительное по совершенству логики управляющее устройство, предсказывающее возможное развитие вычислительного процесса на несколько шагов вперед, и с учетом этого организующее параллельную работу нескольких конвейеров. Неизбежная плата за такую организацию – значительное повышение сложности и стоимости схемы, однако прогресс микроэлектроники, о котором мы говорили выше, позволил реализовать такую архитектуру во всех современных моделях микропроцессоров. Новые модели имеют существенно большую производительность при той же тактовой частоте, чем старые. Это – чистый выигрыш за счет архитектуры кристалла.

4. Многопроцессорные конфигурации. Когда возможности одного кристалла исчерпаны, производительность компьютера в целом может быть увеличена за счет многопроцессорной организации. Анализ реальных приложений показывает, что длинные цепочки машинных команд, которые должны выполняться строго последовательно, встречаются относительно редко. Как правило, вычислительный процесс можно раз-

бить на несколько параллельных ветвей, каждую из которых можно поручить самостоятельному микропроцессору. В принципе число процессоров в компьютере ничем не ограничено, известны конструкции с сотнями и даже тысячами процессоров, однако суммарная производительность многопроцессорной системы растет далеко не линейно с числом процессоров, так как в каждой программе есть некоторый предел распараллеливания, к тому же в многопроцессорных системах резко возрастают накладные расходы на диспетчеризацию вычислительного процесса. Практика показала, что на стандартных коммерческих задачах производительность системы растет примерно как \sqrt{N} , то есть четырехпроцессорная конфигурация всего в два раза производительнее однопроцессорной, однако на специальных задачах, допускающих многократное распараллеливание (например, анализ вариантов хода в шахматной партии), многопроцессорные компьютеры могут показывать рекорды производительности.

§ 2.12. Современный рынок ЭВМ и его секторы

Бурное развитие персональных микрокомпьютеров в последние два десятилетия не означает, что производимые и применяемые в настоящее время ЭВМ относятся только к этому классу. Наоборот, современный рынок компьютеров чрезвычайно велик и разнообразен. Как и в далекие 60-е годы, в нем можно выделить три сектора верхнего уровня: суперкомпьютеры; компьютеры общего назначения и специальные компьютеры. Так как эксплуатационные характеристики ЭВМ (быстродействие процессоров, объем внутренней и внешней памяти) постоянно и очень быстро растут, предлагать абсолютные технические критерии для отнесения некоторого компьютера к тому или иному классу бессмысленно. То, что вчера считалось суперкомпьютером, сегодня располагается на столе рядового инженера, поэтому ориентироваться следует не на абсолютные показатели, а на относительное место данной модели на современном рынке. Единственный абсолютный показатель, который обобщенно учитывает потребительские свойства компьютера, — его цена.



Суперкомпьютеры

Суперкомпьютеры резко выделяются из своих собратьев по внутренней структуре, эксплуатационным показателям и по цене. Это – high end рынка, штучный товар стоимостью в миллионы долларов. К истинным суперкомпьютерам традиционно причисляют те, которые занимают первые места в мировых рейтинг-листах при испытаниях на производительность по специальным тестам. Соответствующие списки, например «Топ 500», регулярно публикуются независимыми экспертными организациями. Суперкомпьютеры представляют собой грандиозные вычислительные системы с массовым параллелизмом, насчитывающие сотни и тысячи микропроцессоров. Такие изделия производятся всего несколькими фирмами под заказ для решения конкретных задач выдающейся сложности: моделирование ядерных реакций, метеорологические расчеты и т.п.

На протяжении 80-х и первой половины 90-х годов фирма Cray, несмотря на ожесточенную конкуренцию со стороны молодых фирм, продолжала лидировать, но в конце концов она столкнулась с большими финансовыми проблемами и была куплена Silicon Graphics Incorporated (SGI).

Гонка фирм за престижное право создать самый мощный компьютер продолжается до сих пор, ведутся разработки многопроцессорных суперкомпьютерных систем с производительностью свыше триллиона операций в секунду (*терафлопс* – *TFLOPS*). Традиционным способом проверки предельных возможностей компьютеров является игра в шахматы с человеком. Раньше в таких соревнованиях компьютер неизменно проигрывал, если его противником был сильный шахматист, однако весной 1997 года произошло событие, значение которого трудно переоценить: в матче из шести партий с чемпионом мира по шахматам Гарри Каспаровым суперкомпьютер Deep Blue, специально построенный



Весной 1997 г. компьютер Deep Blue фирмы IBM (высота 2 м, масса 1,4 т) со счетом 3,5:2,5 выиграл матч у чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова

для этого фирмой IBM, сумел одержать победу. Журналисты по этому поводу написали: «Компьютер поставил мат человечеству».

Компьютеры общего назначения

Компьютеры общего назначения занимает самую большую и разнообразную часть компьютерного рынка. Эти массовые изделия выпускаются многочисленными производителями в самых различных модификациях, цены в зависимости от конфигурации колеблются от менее чем одной тысячи до сотен тысяч долларов. В данном секторе рынка можно выделить три подсектора: серверы, рабочие станции и персональные компьютеры.

Серверы. Строго говоря, отнесение компьютера к классу серверов характеризует не его технические параметры, а функциональное назна-

чение. Сервером может быть и суперкомпьютер, и скромный PC. Сервер не предназначен для работы конечного пользователя, он находится в центре вычислительной сети и обслуживает целую группу пользовательских (клиентских) компьютеров. Для того чтобы как-то классифицировать серверы по мощности, вводится еще одна характеристика – масштаб. Если не считать суперкомпьютеров, выступающих в роли суперсерверов, то серверы можно подразделить на три класса, соответствующих определенному масштабу использования: серверы высокого класса масштаба предприятия (enterprise), среднего класса масштаба подразделения (department) и серверы начального уровня масштаба рабочей группы (workgroup). Основные требования к серверу – высокие производительность и отказоустойчивость. С этой целью он имеет 2–8 центральных процессора, оперативную память с защитой от ошибок, массив дисков большой емкости. Все внешние устройства и источники питания должны быть продублированы, а специальный корпус обеспечивает контроль за температурой и вентиляцией. Требования к графической системе – самые минимальные, иногда серверы поставляются вообще без графических дисплеев.

Диапазон цен серверов очень широк. Простейший сервер начального уровня можно приобрести за 2000–3000 долларов, сервер высокого класса масштаба предприятия будет стоить 100–500 тысяч долларов.

Рабочие станции. Под рабочей станцией обычно понимают специализированный компьютер, предназначенный для профессиональной работы с мультимедийной информацией. В силу этого рабочей станции необходимы производительный процессор, расширенная оперативная память, скоростная магистраль данных и мощная графическая система.

Стоимость рабочей станции целиком зависит от конфигурации, мощная рабочая станция с RISC-архитектурой, расширенной памятью и широкоформатным дисплеем вполне может потянуть на 20 000 долларов.

Персональные компьютеры (ПК). То, что мы видим на рабочих столах в офисах, банках, магазинах, лабораториях, учебных аудиториях, у себя дома, – это представители обширнейшего класса персональных компьютеров. Персональные компьютеры могут быть подключены к вычислительным сетям и выступать в качестве абонентов клиент-серверных систем, а могут работать и автономно. Конфигурация персонального компьютера целиком определяется кругом решаемых задач и финансовыми возможностями его владельца. Принято считать, что профессиональные ПК должны быть более мощными по сравнению с

домашними, но часто бывает наоборот, иные ПК по своим возможностям приближаются к рабочим станциям. По конструкции персональные компьютеры делятся на *настольные (desktop)* и *переносные – блокнотные (notebook)*. Несколько лет назад для обозначения переносного компьютера употреблялось еще понятие «наколенного» компьютера (laptop), но сейчас это слово вышло из употребления.

Как подсчитали статистики, в апреле 2002 года произошло эпохальное событие – продан миллиардный с начала производства персональный компьютер. По прогнозам компании Gartner Dataquest, двухмиллиардная машина появится в 2008 году.

Границы раздела между серверами, рабочими станциями и персональными компьютерами весьма размыты, более того, сами эти классы могут существенно перекрываться с точки зрения стоимости. Например, продвинутая рабочая станция, как правило, существенно дороже сервера начального уровня. Еще одна особенность современных компьютеров, затрудняющая их четкую классификацию, – масштабируемость. Одна и та же аппаратная платформа в зависимости от конкретной конфигурации может служить основой для построения самых разнообразных компьютеров – от серверов до ПК. С учетом этого мы попытаемся сделать краткий обзор наиболее популярных платформ современных компьютеров общего назначения.

Платформа S/390 компании IBM.

Слухи о неизбежной смерти мэйнфреймов в конце XX века на поверку оказались весьма преувеличенными. Более того, после повального увлечения изолированными персональными компьютерами наступила пора «ренессанса» централизованных вычислительных систем, обслуживаемых мощными и надежными серверами. Это сыграло на руку прежде всего «голубому гиганту». Фирма IBM, растерявшая преимущество в секторе персональных компьютеров, здесь не упустила своего шанса. Имея колоссальный опыт производства больших ЭВМ, фирма в 90-е годы выпустила очередное издание бессмертной системы под названием S/390. Сохранив про-



Сервер IBM S/390
(современное название
zSeries)

граммную приемственность по отношению к S/360 и S/370, машина значительно «похудела», упаковавшись в одну стойку, поэтому фирма, чтобы не отпугивать покупателей старомодными понятиями, избегает термина «мэйнфрейм», заменяя его выражением «сервер масштаба предприятия». С этой же целью в начале XXI века IBM сменила название серии S/390 на «zSeries».

Платформа AS/400 компании IBM. Другой исключительно удачный с технической и коммерческой точек зрения проект IBM относится к системе AS/400, впервые объявленной в 1988 году. Эта система явилась итогом длительной и внешне незаметной эволюции фирменной линии мини-ЭВМ, проводившейся на протяжении 70-х годов исследовательским подразделением в Рочестере, штат Миннесота. В отличие от традиционных мини-ЭВМ других производителей, обладающих крайне упрощенным устройством, система AS/400 имеет, наоборот, изощренную, революционную по сути объектно-ориентированную архитектуру, не зависящую от конкретной системы команд процессора. Это позволило реализовать на аппаратном уровне множество функций, которые в традиционных компьютерах поддерживаются чисто программно: одноуровневую память, работу с базой данных, механизмы защиты информации и т.д. В результате удалось создать исключительно производительный, надежный и защищенный сервер масштаба подразделения и предприятия. Первые поколения AS/400 выпускались с оригинальным многокристалльным процессором, однако в 1994 году аппаратная часть была коренным образом модернизирована, ее перевели на новейший 64-битный унифицированный RISC-микропроцессор PowerPC, разработанный альянсом IBM – Apple – Motorola. При этом почти все программное обеспечение (невероятно, но факт!) осталось неизменным. Таким образом была доказана устойчивость архитектуры системы и возможность развития еще в течение многих лет. Высокие эксплуатационные качества AS/400 были по достоинству оценены рынком, в настоящее время число проданных экземпляров машины превышает миллион. Следуя своей тактике время от времени обновлять названия продуктов, IBM также переименовала серию компьютеров AS/400 в «iSeries».

Платформа Alpha компании Digital Equipment. Фирма DEC – давний и упорный конкурент IBM. Вырвавшись в 70-х годах на второе место по объему продаж за счет удачных конструкций мини-ЭВМ – 16-разрядной PDP-11 и 32-разрядной VAX, фирма продолжала разви-

вать направление, позиционируясь в секторе серверов высокого и среднего класса. Двигаясь в сторону микроминиатюризации, компания разработала в 1992 году собственную конструкцию 64-разрядного RISC-микропроцессора Alpha, которая, по оценкам специалистов, имела много достоинств и позволяла достичь высокой тактовой частоты. Именно на процессоре DEC Alpha был впервые превышен порог 1 ГГц. Однако передовые технические решения не спасли фирму от финансовых проблем. Старейшая по компьютерным меркам компания DEC в конце концов оказалась убыточной и в 1998 году была куплена молодой и бурно развивающейся Compaq Computer за 9,6 млрд долларов. При этом руководство Compaq отнюдь не собиралось развивать далее линию Alpha, оно ставило целью убедить своих заказчиков постепенно перейти на процессоры Intel Itanium.

Несмотря на коммерческую неудачу, платформа Alpha оказала заметное влияние на компьютерную индустрию. На ней были реализованы многие крупные проекты, например первая крупномасштабная поисковая система в интернете Alta Vista, о которой мы расскажем в главе 4, или разработанный для Национальной лаборатории в Лос-Аламосе Alpha-суперкомпьютер ASCI Q с тысячами процессоров для имитации ядерных взрывов производительностью 30 TFLOPS. Именно эту платформу выбрали конструкторы уже упоминавшегося в § 2.7 отечественного 768-процессорного суперкомпьютера МВС-1000М. После сворачивания проекта Alpha многие конструкторы, участвовавшие в разработке, перешли в фирмы Intel и Advanced Micro Devices, а ряд концепций, предложенных инженерами Digital, таких, как многопоточность, используется в последних версиях Pentium 4 и процессоре AMD Opteron.

Платформа SPARC компании Sun Microsystems. Среди компаний, отважившихся на создание собственной архитектуры микропроцессоров, отметим еще фирму Sun Microsystems, основанную в 1982 году в стенах Стенфордского университета (SUN – Stanford University Network). С самого начала компания сориентировалась на сектор высококлассных рабочих станций и разработала для этих целей оригинальный RISC-микропроцессор SPARC. В данном секторе рынка платформа Sun SPARC занимает очень прочные позиции, соревнуясь в лидерстве разве лишь с рабочими станциями фирмы Silicon Graphics Incorporated (SGI), о которой мы говорили в разделе суперкомпьютеров. Другое направление – промышленные серверы. Платформа имеет широкие пределы масштабирования – от мощных серверов провайдеров



Платформа Sun SPARC компании Sun Microsystems характеризуется большой масштабируемостью – от серверов масштаба предприятия до персональных рабочих станций

интернета до скромных серверов начального уровня для рабочих групп. По оценкам фирмы, более 60% поставщиков интернет-услуг пользуются серверами на платформе Sun SPARC.

Платформа Intel и современные клоны IBM PC. Наиболее распространенной и популярной микропроцессорной платформой в начале XXI века продолжает оставаться 32-разрядная архитектура Intel (IA-32), реализованная в многочисленных разновидностях микропроцессоров, выпускаемых как самой фирмой Intel (Pentium, Pentium Pro, Celeron, Pentium II, Pentium III, Pentium IV, Xeon и др.), так и ее конкурентами. Традиционным другом-соперником фирмы Intel является компания Advanced Micro Devices (AMD), специализирующаяся на выпуске клонов микропроцессоров Intel. Полностью совместимые по системе команд с Intel, микропроцессоры AMD имеют другое внутреннее устройство и часто достигают лучшего соотношения цена/производительность.

На платформе Intel или AMD возможно построение вычислительных систем самого различного класса вплоть до суперкомпьютеров, как, например, занявший первое место в рейтинге Top-500 1999 года уникальный компьютер самой фирмы Intel, состоящий из нескольких тысяч Pentium Pro. Расширенные 4–8-процессорные конфигурации используются для построения серверов среднего и высокого класса, двухпроцессорные установки применяются в серверах начального уровня и рабочих станциях (в отличие от RISC их часто называют ПК-серверами

и ПК-рабочими станциями), а стандартные однопроцессорные системы ценой от 500–700 до 2000–3000 долларов заполняют подавляющую часть современного рынка персональных компьютеров, которые по традиции называют IBM PC, хотя большинство их в настоящее время производится отнюдь не самой IBM, а независимыми производителями.

Как мы уже говорили выше, первой фирмой, открыто бросившей вызов IBM, была Compaq Computer, созданная в 1992 году тремя высокопоставленными сотрудниками компании Texas Instruments. Ее судьба подобна сверхновой звезде, быстро и ярко вспыхнувшей на компьютерном небосклоне и так же быстро угасшей. Гигант персональных компьютеров начал с малого. Отцы-основатели Compaq – Род Кэньон (Rod Canion), Джим Харрис (Jim Harris) и Билл Мурто (Bill Murto) – набросали эскиз своего первого продукта на ресторанной салфетке, а затем каждый внес по 1000 долл., чтобы открыть дело. Уже за первый год существования фирма заработала 111 млн долларов, а за второй – 329 млн, что не имело прецедентов в истории США. Compaq прославилась тем, что первой выбросила на рынок переносной компьютер, а в 1986 году она, опередив IBM, выпустила ПК на базе процессора Intel 80386. К 1994 году Compaq Computer стала крупнейшим производителем переносных и настольных ПК в мире, однако ее непомерные амбиции простирались дальше: она решила захватить рынок рабочих станций и серверов. Именно с этой целью она купила в 1988 году ослабевшую Digital Equipment. Однако это приобретение оказалось для нее слишком обременительным, в результате в 2001 году сама Compaq оказалась на грани банкротства и в 2002 году была приобретена компанией Hewlett Packard за 18,6 млрд долларов. В итоге старейшая и уважаемая в Силиконовой долине фирма Hewlett Packard, вложившая большие капиталы в разработку совместной с Intel перспективной архитектуры IA-64, стала крупнейшим производителем компьютеров на платформе Intel.

Всего в 2004 году в мире было произведено около 180 млн персональных компьютеров, из них около 150 млн на базе IA-32, причем почти половина этого числа выпущена пятью крупнейшими производителями клонов PC: Dell – 18%, Hewlett Packard – 17%, IBM – 6%, Acer – 4%, Fujitsu – 4%. По прогнозам аналитиков в последующие несколько лет этот рынок будет еще более монополизироваться, из этого бизнеса уйдут компании, для которых производство ПК не является основным видом деятельности. В частности, на исходе 2004 года весь мир облетела сенсационная новость: фирма IBM уходит с рынка персональных компьютеров и продает соответствующее подразделение китайской

компании *Lenovo Group*. Таким образом, само понятие «IBM PC» становится достоянием истории.

Ближайшее будущее сектора компьютеров на платформе Intel зависит от того, насколько успешной окажется архитектура IA-64, идущая на смену IA-32, и как она сможет выдержать конкуренцию со стороны наиболее опасного конкурента – архитектуры PowerPC, развиваемой консорциумом *Motorola-IBM* при поддержке *Apple*.

Платформа Macintosh компании Apple Computer. Со времен великого противостояния *Apple – IBM* весь компьютерный мир раскололся на два лагеря – сторонников и противников платформы *Macintosh*. Доля *Маков* в мировом компьютерном парке относительно невелика – по разным оценкам 3–8%, однако в некоторых сферах деятельности пользователи предпочитают эту платформу всем другим. К ним прежде всего относятся образование и рекламно-издательская деятельность. Здесь в полной мере проявляются преимущества платформы – простота использования, надежность, обеспеченность мультимедиа-технологиями. Покупателю *Мака* не нужно думать о графических, звуковых и сетевых платах – все эти устройства изначально встроены в компьютер.

С 1994 года компьютеры *Macintosh* выпускаются на базе RISC-микропроцессоров *PowerPC*. Таким образом, бывшие непримиримые соперники – фирмы *IBM* и *Apple Computer*, загнанные в угол общими врагами – клонмейкерами *IBM PC*, – объединили свои усилия в борьбе за рынок персональных компьютеров. При этом разработчики *Apple* стараются привлечь клиентов не только качеством и удобством, но и необычным дизайном. Например, в 1998 году в продаже появился *iMac*,



Компьютеры *Apple iMac* (2001 г.) отличаются оригинальным дизайном

полностью интегрированный в пластмассовый корпус самых различных цветов. Самый модный – прозрачный голубой, сквозь который просвев-

чивают все внутренности компьютера. Сразу после появления этой модели сбыт Макинтошей существенно возрос.

Естественно, за достоинства нужно платить. Так как клонирование Маков не распространено, то любая комплектующая деталь для него стоит в несколько раз дороже, чем для компьютера из клона IBM PC. Этим, а также недоступностью пиратских программ для Макинтошей объясняется тот факт, что в России компьютеры фирмы Apple являются экзотической редкостью.

Стараясь отвоевать долю на рынке дешевых компьютеров, компания Apple Computer в январе 2005 года сделала решительный шаг, новый «бюджетный» персональный компьютер Mac Mini. Цена нового «яблока» составит, в зависимости от комплекта поставки, от 499 до 599 долларов, при этом он содержит полный набор необходимых устройств. До этого самая дешевая модель линейки Маков стоила 799 долларов.



Mac Mini (2005 г.)

Специальные компьютеры

Компьютеры общего назначения, о которых мы говорили выше, составляют лишь малую долю современного мирового компьютерного парка. Подавляющее число микропроцессоров (а их выпуск измеряется сотнями миллионов штук в год) встраивается в сложное бытовое и промышленное оборудование – часы, фотоаппараты, телефоны, холодильники, видеомэгафтофоны, микроволновые печи и т.д. Без встроенных компьютеров невозможно представить современные станки и измерительные приборы, не говоря уже об автомобилях, самолетах и ракетах. В каждом лимузине фирмы General Motors можно обнаружить несколько кристаллов Pentium, а в некоторых гоночных машинах каждое колесо управляется собственным микропроцессором.

Существует несколько типов микрокомпьютеров, которые занимают промежуточное положение между персональными компьютерами общего назначения и узкоспециализированными встроенными вычислительными устройствами. Мы упомянем два: сетевые терминалы и карманные компьютеры.

Сетевые терминалы. В середине 90-х годов, когда произошло бурное развитие локальных вычислительных сетей и возникли клиент-серверные технологии обработки данных (мы будем говорить о них в

главе 4), стали переосмысливаться подходы к оборудованию персональных рабочих мест. Вначале считалось, что чем мощнее компьютер у пользователя, тем лучше (концепция «толстого» клиента), но по мере того, как серверы стали брать на себя все больший объем работ, покупка и содержание такого клиента стали нерентабельными. Детальный экономический расчет показал, что в общей стоимости технологии с «толстыми» клиентами значительная доля затрат приходится на администрирование клиентского программного обеспечения. Если же все рабочие программы хранить на сервере и загружать по мере надобности по сети, то отпадет необходимость создавать и поддерживать многочисленные библиотеки программ у пользователей. Так возникла концепция «тонкого» клиента, при которой персональный компьютер пользователя вырождается в сетевой компьютер (NC – Network Computer) или, другими словами, сетевой терминал. Идею сетевых компьютеров с энтузиазмом подхватили фирмы Oracle, IBM и Sun, которые увидели в ней очередную инструмент для борьбы с конкурирующей идеологией Wintel. За счет отсутствия жестких дисков, уменьшения объема памяти и мощности процессора (все хранится и в основном исполняется на сервере) цену NC удалось снизить до \$500, однако большого коммерческого успеха эта идея не имела. Будущее сетевых терминалов пока остается под вопросом, а конкуренты презрительно расшифровывают NC как «Not Computer – Не компьютер».

Карманные компьютеры. Стремление сделать компьютер переносным возникло сразу же после появления микропроцессоров. Первый портативный персональный компьютер за свои размеры получил название «наколенного – laptop». В дальнейшем размеры портативных компьютеров еще уменьшились, и они стали сравнимы в размерах с большой тетрадью – «notebook». Следующий шаг – попытаться и положить его в карман, создав *карманный персональный компьютер – КПК*.

В борьбу за перспективный сектор рынка включились несколько фирм. Apple Computer, преуспевшая на рынке персональных компьютеров, выпустила в 1993 году модель Newton, имевшую по тем временам вполне приличные характеристики: 640 кбайт оперативной и 3 Мбайт постоянной памяти, 32-битовый процессор с тактовой частотой 20 МГц, жидкокри-



Apple Newton (1993 г.)

сталлический экран с разрешением 240×336 точек. Весьма оригинально была решена проблема ввода данных. При таком размере компьютера на нем затруднительно разместить клавиатуру, поэтому была реализована технология «электронного карандаша», в которой вводимый текст пишется от руки специальным стерженьком на экране, а потом происходит распознавание символов. Между прочим, программу оптического распознавания американцы заказали российским программистам, известным своими достижениями в этой области. Вокруг проекта Newton фирма развернула широкую рекламную кампанию и даже одно время заявляла, что эти миниатюрные устройства, названные *Personal Digital Assistant (PDA)* – «персональный цифровой помощник» – важнейшее стратегическое направление в компьютеростроении. Однако, несмотря на все усилия, Newton не повторил судьбу легендарных Macintosh – всего было продано 80000 экземпляров, после чего проект тихо скончался.

Неудача Apple не обескуражила остальных производителей миниатюрных компьютеров – фирмы Psion, Hewlett-Packard и др., которые под общим названием «*palmtop – наладонный*» выпустили на рынок несколько моделей карманных компьютеров. Они вполне успешно продаются и удачно дополняют обычные настольные (desktop) персональные компьютеры. Более того, чтобы пользователь мог работать в привычной среде, фирма Microsoft разработала облегченную версию операционной системы Windows с названием Windows CE (Compact Edition), специально предназначенную для карманных компьютеров.

Поиски удачных конструкций миниатюрных компьютеров продолжают. Например, несколько фирм объявили о проекте создания гибрида карманного компьютера с сотовым телефоном. Это устройство, названное *коммуникатором (communicator)*, специально предназначено для работы в интернете, в частности для электронной коммерции.

Карманные компьютеры постепенно начинают приживаться на потребительском рынке, однако их функциональные возможности ограничены малыми размерами экрана. Поэтому в ноябре 2002 года корпорация Microsoft и ее партнеры Compaq Computer (уже в качестве под-



Коммуникатор – гибрид PDA с сотовым телефоном

разделения Hewlett Packard), Toshiba и Acer объявили о начале продаж нового типа *планшетных ПК (Tablet PC)*, занимающих промежуточное положение между карманными и обычными персональными компьютерами. Компьютер размером с лист писчей бумаги толщиной 4–5 см и весом около 1 кг снабжен сенсорным экраном высокого разрешения, удобным для чтения книг. Наиболее интересной его особенностью является технология *электронной бумаги и электронных чернил*, дающая возможность вводить и распознавать рукописный текст. Очевидно, Microsoft рискнула повторить на новой технологической основе эксперимент Apple с компьютером Newton. Другой особенностью Tablet PC является беспроводное подключение к компьютерной сети. В качестве



Презентация Tablet PC

операционной системы будет использоваться ОС нового поколения Whistler. Гейтс назвал Tablet PC первым ПК с естественным интерфейсом. За ним следует другое подобное устройство под названием Wallboard – с гигантским сенсорным ЖК-экраном. В основу концепции этого ПК ляжет принцип «прямой манипуляции» – когда пользователи указывают на значки и буксируют текст просто пальцем.

Таким образом, подводя итог эволюции персонального компьютера с точки зрения пользователя, можно утверждать, что он постепенно приближается к идеалу, предсказанному Аланом Кеем в проекте Dynabook в начале 70-х годов.

§ 2.13. Выводы

1. Эксперименты по созданию быстродействующих вычислительных машин, построенных на электронных лампах, начались в конце 30-х годов, перед началом Второй мировой войны. Исторически первым считается проект Джона Атанасова (США), разработавшего специали-

зированный вычислитель для решения систем алгебраических уравнений. Начавшаяся война не дала возможности завершить постройку машины. В Великобритании в первые годы войны под руководством выдающегося математика Алана Тьюринга была создана крупная специализированная электронная вычислительная машина для взлома немецких военных шифров под названием Колосс (Colossus). Детали этого проекта до сих пор содержатся в секрете.

2. Первая универсальная ЭВМ ENIAC была построена в 1945 году в Пенсильванском университете под руководством Джона Моучли и Джона Эккерта по заказу Министерства обороны США. Она работала в десятичной системе счисления, а программа вычислений набиралась на коммутационных панелях, как в табуляторах. 1945 год считается годом рождения электронных компьютеров.

3. Опыт разработки ENIAC привел его создателей к мысли усовершенствовать конструкцию машины. Соображения по перспективной архитектуре были опубликованы в 1945 году в отчете, наиболее известным соавтором которого был выдающийся математик Джон фон Нейман. Принципиальными особенностями этой, ставшей классической (фоннеймановской), архитектуры были двоичная система счисления и хранение программ в оперативной памяти.

4. Первая ЭВМ, реализующая принцип хранимой программы, была создана в Англии в 1949 году под руководством Мориса Уилкса, она называлась EDSAC.

5. Первый серийный компьютер для коммерческого использования UNIVAC был разработан Моучли и Эккертом в 1951 году и выпускался фирмой Remington Rand. Почувствовав спрос, к производству ЭВМ в начале 50-х годов стали подключаться многие американские и европейские компании, выпускавшие точную механику и канцелярское оборудование. Фирма IBM вышла на этот рынок позже других, однако к концу 50-х годов благодаря крупным военным заказам и специальной политике продаж она превратилась в крупнейшего производителя ЭВМ, контролировавшего до 70% мирового рынка.

6. Электронные вычислительные машины принято делить на поколения, различающиеся прежде всего природой основных логических элементов. Первое поколение (1950–60-е годы) основывалось на электронных лампах, второе поколение (1960–1965 годы) использовало по-

лупроводниковые транзисторы. Машины первых двух поколений отличались физической и программной несовместимостью, невозможностью масштабирования.

7. Третье поколение ЭВМ появилось в 1964 году, когда фирма IBM выпустила систему машин IBM S/360, имеющей ряд революционных особенностей:

- использование в качестве элементной базы интегральных микросхем (ИС);
- микропрограммное управление для реализации сложного набора команд (CISC);
- наличие жестких дисков и дисплеев;
- модульность и масштабируемость архитектуры.

Успех системы 360 обеспечил ей доминирующее положение на рынке ЭВМ общего назначения. Независимые производители ЭВМ были вынуждены в 60-х и 70-х годах следовать ее архитектуре как фактическому промышленному стандарту, образовав клон совместимых с системой 360 моделей.

8. В середине 60-х годов произошло расслоение рынка ЭВМ на три сектора:

- компьютеры общего назначения (mainframes) для коммерческих и научных расчетов, обеспечиваемые моделями семейства IBM S/360 и совместимыми с ними ЭВМ других производителей. Цена машин такого класса измерялась в то время сотнями тысяч долларов;
- суперкомпьютеры, необходимые для особо трудоемких научных расчетов, стоящие миллионы долларов. В этом секторе рынка доминировали Control Data Corporation (CDC) и выделившаяся из нее фирма Cray, а также компания Burroughs;
- мини-компьютеры, представляющие чрезвычайно простые конфигурации с ценой не более 20 000 долларов для применения в управляющих устройствах и в небольших организациях. Здесь инициативу перехватила фирма DEC, выпустившая популярные модели PDP-8 и PDP-11.

9. Отечественная история ЭВМ может быть условно поделена на четыре этапа:

- зарождение (1948–1952 годы);
- расцвет (1950–60-е годы);

- подражание (1970–80-е годы);
- крах и надежда на возрождение (1990-е годы).

10. Отцами-основателями отечественной вычислительной техники являются трое ученых, пришедших к идее создания компьютеров, исходя из задач энергетики:

- Сергей Алексеевич Лебедев в 1948–1951 годах в Институте электротехники АН УССР в Киеве построил работающую модель электронной счетной машины МЭСМ. В 1952 году в Москве под его руководством была построена «большая» машина БЭСМ, считающаяся первой отечественной ЭВМ. В дальнейшем в возглавляемом им Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР были созданы популярные отечественные ЭВМ М-20 и БЭСМ-6.
- Исаак Семенович Брук, работая в стесненных условиях в Энергетическом институте АН СССР, в 1951 году построил малую ЭВМ М-1, которая положила начало семейству управляющих вычислительных машин для гражданских и военных применений. На базе его лаборатории был создан отраслевой Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ), а ученики Брука М.А. Карцев и Н.Я. Матюхин создали и возглавили секретные институты, в которых впоследствии реализовывались крупнейшие отечественные проекты информационных систем для противоздушной и противоракетной обороны страны.
- Башир Искандарович Рамеев еще в 1948 году получил вместе с И.С. Бруком авторское свидетельство на программно-управляемую вычислительную машину, но этот проект не был реализован. После принятия правительственного решения о создании отечественных ЭВМ, он, работая в промышленном СКБ-245, был в числе основных разработчиков первой серийной ЭВМ «Стрела». Впоследствии коллектив Рамеева переехал в Пензу и основал там НИИ математических машин, в котором были созданы разнообразные модели ЭВМ под фирменной маркой «Урал».

11. В эпоху расцвета отечественной вычислительной техники (1950–60-е годы) в различных городах Советского Союза были созданы научные школы, НИИ, построены заводы по производству вычислительных машин. Кроме упоминавшихся коллективов Лебедева, Брука и

Рамеева, были созданы институты и заводы в Минске, Киеве, Ереване и др. Наибольшей оригинальностью отличались разработки Института кибернетики Украинской академии наук, возглавляемого выдающимся ученым академиком Виктором Михайловичем Глушковым.

12. Несмотря на отдельные успехи, общий уровень электроники и вычислительной техники в СССР по объективным причинам (необходимость восстанавливать разрушенное войной народное хозяйство, гонка стратегических вооружений в «холодной войне») к началу 70-х годов существенно отстал от западного. Этому способствовали неповоротливость административно-командной системы управления и информационная изоляция страны. В этих условиях руководство страны, провозгласившее курс на быструю и всеобщую компьютеризацию, приняло решение о прекращении оригинальных разработок мэйнфреймов и мини-компьютеров и разворачивании производства клонов популярных американских ЭВМ (IBM S/360, PDP-11). Хотя такими мерами отставание от мирового уровня удалось сократить, «большого скачка» не получилось, промышленность была не в состоянии преодолеть технологический барьер, отечественные аналоги получались ненадежными и дорогими. Пока наши производители клонировали существующие архитектурные решения, западные фирмы уходили вперед. Так продолжалось до начала 90-х годов, когда перестройка и открытые границы окончательно разрушили неконкурентоспособную отечественную электронную промышленность.

13. Микропроцессорная революция, коренным образом преобразовавшая мир вычислительной техники, началась с выпуска в 1971 году фирмой Intel первого 4-битового микропроцессора Intel-4004, пригодного для встраивания в калькулятор. В течение 70-х годов микроэлектроника бурно развивалась, технические характеристики микропроцессоров увеличились настолько, что стало возможным на их основе создать полноценный микрокомпьютер. Признанным центром полупроводниковой и компьютерной промышленности в США стала Кремниевая (Силиконовая) долина, расположенная в штате Калифорния недалеко от Сан-Франциско.

14. Исторически первым персональным компьютером, выпущенным в продажу в 1975 году, стал компьютер Altair-8800 фирмы MITS из Альбукерке, штат Нью-Мексико. Он продавался в виде набора радиодеталей, не имел ни дисплея, ни клавиатуры, зато стоил менее 500 долла-

ров. Для этого компьютера Билл Гейтс и Пол Аллен в том же 1975 году написали интерпретатор с языка Бейсик, организованная ими фирма Microsoft располагалась вначале в Альбуркерке.

15. Коммерческий успех Altair вызвал к жизни первое поколение 8-битовых микрокомпьютеров (1975–1980 годы), которые производились многими компаниями, организовавшимися в эти годы. Среди них вскоре выделилась фирма Apple Computer, основанная в 1976 году Стивом Джобсом и Стивом Возняком. Персональный компьютер Apple-II, изначально спроектированный как для деловых приложений, так и для развлечений, пользовался большой популярностью; он стал представлять серьезную угрозу для производителей «настоящих» ЭВМ.

16. Фирма IBM вышла на рынок персональных компьютеров в 1981 году с компьютером IBM PC на 16-разрядном микропроцессоре Intel 8088. Особенностью его конструкции, как в свое время в системе 360, была открытая архитектура. Этим было положено начало второму поколению персональных компьютеров, представленному в основном многочисленными клонами PC-совместимых моделей. Коммерческий успех этого компьютера и последующих его модификаций был огромным, к 1983 году фирма захватила около 85% мирового рынка ПК, однако в дальнейшем IBM растеряла подавляющее преимущество, так как на сцену вышло третье поколение персональных компьютеров.

17. Третье поколение ПК характеризуется не только переходом к 32-разрядной архитектуре микропроцессоров, но, прежде всего, повышенным вниманием к человеко-машинному интерфейсу. Первый серьезный шаг в этом направлении сделала фирма Apple Computer, зажатая в угол конкуренцией со стороны IBM. В 1984 году она выпустила персональный компьютер Macintosh, имеющий принципиально новый графический интерфейс. Принципы этого интерфейса были заимствованы у фирмы Xerox, в исследовательском центре которой (Xerox PARC) в течение многих лет развивались идеи взаимодействия человека с компьютером, была изобретена «мышь», придуманы концепция рабочего стола и раскрывающихся окон.

18. Фирма IBM собиралась ответить на вызов Apple и активность собственных клонмейкеров принципиально новым семейством компьютеров PS/2 с операционной системой OS/2, которую она разрабатывала совместно с Microsoft. Однако этот суперпроект затянулся и в целом оказался коммерчески неудачным. Вся вторая половина 80-х и первая

половина 90-х годов отмечена ожесточенной борьбой между двумя конкурирующими фирмами, дело дошло даже до судебного иска. Хотя в идейном отношении персональные компьютеры IBM часто оказывались в позиции догоняющей стороны, масштабы их производства и прогресс операционной системы Windows позволили в целом этой платформе удержать лидерство в мировом масштабе, оставив «Макинтошам» нишу образования и издательской деятельности.

19. В настоящее время вычислительная техника продолжает бурно совершенствоваться во всех направлениях. Интенсивно развивается технологическая база микроэлектроники. Скорость этого развития может быть оценена эмпирическим законом Мура, сформулированным еще в 1968 году. Согласно этому закону, плотность элементов на кристаллах удваивается каждые 1,5 года, так что число транзисторов в современных микросхемах измеряется десятками миллионов. Соответственно увеличивается тактовая частота, усложняется архитектура микропроцессоров. Как следствие, уменьшается число фирм, способных разрабатывать и производить эти сверхсложные конструкции. Образуются альянсы компаний, развивающие общую аппаратную платформу. Так, компании Intel и Hewlett Packard объединили свои усилия в разработке перспективного 64-разрядного CISC-микропроцессора Itanium (в процессе разработки назывался Merced), а IBM, Motorola и Apple Computer развивают RISC-микропроцессор PowerPC.

20. Современный рынок компьютеров далеко не исчерпывается персональными компьютерами, он чрезвычайно велик и разнообразен. В нем выделяются три сектора верхнего уровня: суперкомпьютеры, компьютеры общего назначения и специальные компьютеры.

- Суперкомпьютеры определяют передний край технического прогресса в области информатики. Они представляют собой гигантские конфигурации, насчитывающие тысячи микропроцессоров ценою во многие миллионы долларов. Пиковая производительность таких систем достигает нескольких триллионов операций в секунду.
- Компьютеры общего назначения подразделяются на серверы различного масштаба, рабочие станции и персональные компьютеры. На рынке серверов высокого класса в начале XXI века продолжают лидировать «большие» компьютеры IBM – мэйнфреймы IBM S/390 и серверы AS/400, а также RISC – серверы фирмы Sun Microsystems. Секторы рабочих станций и персо-

нальных компьютеров (их в 2004 году было выпущено более 180 миллионов, а за все время производства более миллиарда) заполнены разнообразными вариациями компьютеров на базе платформы Intel самых различных производителей, новыми моделями Macintosh, рабочими станциями Sun, а также немногочисленными представителями других платформ.

- Специальные компьютеры выпускаются электронной промышленностью в огромных, не поддающихся учету количествах. Большинство их встроено в научные и бытовые приборы и оборудование и работает по жестко фиксированным управляющим программам, однако некоторая часть предназначена для универсального использования. К ним можно отнести карманные компьютеры (персональные цифровые помощники – PDA) и сетевые терминалы, которые в последнее время интегрируются с сотовыми телефонами и служат для организации мобильного доступа во всемирную компьютерную сеть.

§ 2.14. Комментарии и ссылки на источники

Несмотря на обилие компьютерной литературы, появившейся на полках магазинов в последние годы, имеется совсем немного книг, в которых популярно, но вместе с тем достаточно профессионально и последовательно излагается история изобретения и развития электронных вычислительных машин на фоне революционных достижений в области радиотехники и электроники второй половины XX века.

Открывает этот список прекрасно изданная серия из трех научно-популярных книг, выпущенных издательством «Мир» в 1989–1990 годах. В первой книге, озаглавленной «Знакомьтесь: компьютер» [19], увлекательно рассказывается о создателях вычислительных машин, о развитии элементной базы, о взаимодействии человека с ЭВМ. К сожалению, там ничего не говорится об отечественной вычислительной технике, которая в 50–60-е годы переживала пору бурного развития.

Следующая книга, столь же полно и популярно излагающая не только историю, но и современное состояние компьютерных технологий, вышла только через 13 лет, в 2003 году. Речь идет об упоминавшемся уже томе «Информатика» [49] в серии «Библиотека для детей» издательства «Аванта+».

Дополнительные сведения относительно конкретных типов ЭВМ, истории производящих их компаний можно получить из интернета, посетив указанные в комментариях к первой главе сайты компьютерных музеев. Кроме них в интернете есть несколько сайтов, показывающих основные события компьютерной эры последовательно по годам (по-английски это называется time-line).

Биографические сведения почерпнуты нами из многих источников. В частности, краткая информация о знаменитых зарубежных ученых и изобретателях имеется на сайте <http://www.biography.com>.

§ 2.3

Хотя в истории информатики имя фон Неймана связано прежде всего с архитектурой современных компьютеров, его действительный вклад в эту проблему, как мы знаем, общественным мнением сильно преувеличен. Фон Нейман был прежде всего математиком, он написал выдающиеся труды по чистой математике, однако основная историческая заслуга фон Неймана состоит в том, что он применил математические методы в других науках. Например, вместе с экономистом Оскаром Моргенштерном в 1944 году издал классическую книгу «Теория игр и экономическое поведение», в которой излагались основы новой математической теории игр.

§ 2.4 – 2.6

Обзор рынка первых поколений зарубежных ЭВМ опубликован в книге [3], вышедшей в 1962 году. Спустя 10 лет, в 1974 году был опубликован аналогичный обзор [5]. Естественно, в наши дни эти книги являются библиографической редкостью.

Достаточно детальный обзор поколений электронных компьютеров, включая отечественные ЭВМ, содержится в небольшой по объему, но очень содержательной книге А.П. Частикова [46].

К 90-летию фирмы IBM, который отмечался в 2001 году, вышло множество аналитических статей, например [37].

Архитектура IBM S/360 с точки зрения программиста подробно описана в фундаментальном учебнике Джермейн [17], который был переведен на русский язык в 1973 году, когда отечественная промышленность стала выпускать первые машины ЕС ЭВМ, копирующие архитектуру IBM/360. В те годы книга Джермейн была настольной для программистов на ЕС ЭВМ.

С мини-ЭВМ отечественные программисты познакомились в начале 1970-х годов. Их архитектура и системы команд достаточно подробно описаны в книге Соучека [34].

§ 2.7

История советской вычислительной техники освещена в литературе куда менее подробно, чем американской. основополагающая монография на эту тему принадлежит перу известного украинского ученого – современника первых событий отечественного компьютеростроения Б.Н. Малиновского [25]. К сожалению, эта книга быстро стала библиографической редкостью и ее трудно достать даже в крупных библиотеках. Из доступных источников отметим серию статей Наталии Дубовой в еженедельнике «Computerworld», которые можно прочитать и в интернете по адресу <http://www.osp.ru/museum/story/>.

Компенсируя недостаток печатных источников, виртуальный компьютерный музей под руководством Эдуарда Пройдакова собрал на своем сайте <http://www.computer-museum.ru> богатую и постоянно расширяемую коллекцию разнообразных материалов по истории отечественной вычислительной техники, технические данные практически всех выпускавшихся в СССР ЭВМ. Среди прочего там расположена «галерея славы», в которой имеются подробные биографические справки о выдающихся отечественных ученых и конструкторах вычислительной техники.

Переход отечественной вычислительной техники к этапу подражания в конце 1960-х годов связан со многими драматическими конфликтами, отголоски звучавших тогда споров слышатся до сих пор. Следует сказать, что многие авторитетные ученые (М.А. Лаврентьев, С.А. Лебедев, В.М. Глушков и др.) резко высказывались против клонирования уже начинавшей устаревать к началу 1970-х годов Системы 360. Они полагали такой подход губительным для отечественных школ компьютеростроения и предлагали развивать оригинальные разработки, в частности БЭСМ-6 или серию машин «Урал-11, 14, 16». Представители промышленности имели свои возражения. Они считали хотя и приемлемым переход на мировые архитектурные стандарты ЭВМ третьего поколения, то уж никак не в фарватере фирмы IBM, которая, испытывая давление американского правительства, не шла на контакты с советскими предприятиями. В то же время конкурирующая с IBM английская фирма ICL была готова предоставить техническую помощь, значи-

тельно облегчавшую процесс разработки нового поколения отечественных ЭВМ. Когда эти предложения руководством были отклонены, Б.И. Рамеев, занимавший в это время пост заместителя генерального конструктора ЕС ЭВМ, подал в отставку [31, с. 273].

Как теперь очевидно, «большого скачка» в советском компьютеростроении не получилось. Возникает естественный вопрос: почему советская наука и промышленность, идя, казалось бы, по более легкому пути клонирования, не смогла догнать и перегнать американскую? В качестве ответа приведем пространную цитату из статьи А. Колесова, помещенную в интернете по адресу <http://www.visual.2000.ru/kolesov/nopublic/70715ctr.htm>:

Возвращаясь к вопросу клонирования американских прототипов, нужно определенно сказать, что это было связано с решением огромного комплекса научно-технических задач и созданием соответствующего потенциала. Но самое главное – путь копирования заокеанских решений оказался гораздо сложнее, чем это предполагалось ранее. Для совместимости архитектур требовалась совместимость на уровне элементной базы, а ее-то у нас и не было.

Вернее, дело было так. В те времена отечественная электронная промышленность также встала на путь клонирования американских компонентов. Но это было очень непросто. Можно было достать и скопировать топологию микросхем, узнать все параметры электронных схем. Однако это не давало ответа на главный вопрос: как их сделать.

По сведениям одного из экспертов российского МЭП (Министерства электронной промышленности. – Б. Г.), работавшего в свое время генеральным директором крупного НПО, преимущество американцев всегда заключалось в огромных инвестициях в электронное машиностроение. В США были и остаются совершенно секретными не столько технологические линии производства электронных компонентов, сколько оборудование по созданию этих самых линий.

Результатом такой ситуации стало то, что созданные в начале 70-х годов советские микросхемы были похожи на американско-японские в функциональном плане, но не дотягивали до них по техническим параметрам. Поэтому платы, собранные по американским топологиям, но с нашими компонентами, оказывались неработоспособными. Приходилось разрабатывать собственные схемные решения...

В итоге достижение архитектурной совместимости выливалось в создание собственных технических решений. Но и полная архитектурная совместимость оказалась нереальной – пришлось заниматься

адаптацией к отечественным условиям программного обеспечения, в частности такого монстра, как OS/360. А это по трудности уже оказалось сопоставимо с ее созданием заново.

Тем не менее многие специалисты считают, что настоящего расцвета советская промышленность средств вычислительной техники достигла только в процессе выполнения государственной программы создания ЕС ЭВМ. И хотя архитектура этих машин повторяла американскую, однако в те годы это было общепринято для ЭВМ третьего поколения, а оригинальные технические решения позволяют считать их самостоятельными отечественными разработками. Между прочим, патентная чистота ряда моделей ЕС ЭВМ подтверждена несколькими зарубежными патентами (см. ретроспективный обзор генерального конструктора ЕС ЭВМ В.В.Пржиялковского на сайте http://www.computer-museum.ru/histussr/es_hist.htm).

Общеизвестно, что история не приемлет альтернатив. Однако спорно ли предположение, что если бы мы шли своим путем, то, отталкиваясь от оригинальных архитектурных решений, сумели бы в конце концов, не догоняя, перегнать американцев? Иными словами, что важнее – архитектура ЭВМ или ее элементная база? Продолжим цитировать А. Колесова:

Фундаментом развития вычислительной техники является прогресс в создании ее элементной базы. А архитектура лишь решает задачу максимальной реализации имеющегося технологического потенциала.

Оглядываясь сегодня на прошлое нашей вычислительной техники, создается впечатление, что создание в свое время БЭСМ-6 сыграло довольно злую шутку с ее разработчиками: у них появилось представление о том, что наше отставание в элементной базе можно компенсировать более удачными архитектурными решениями. Дешево, но сердито. Однако с этими иллюзиями пришлось довольно быстро расстаться.

Здесь следует подчеркнуть один важный момент. Переход к новым технологиям в первый момент обычно обеспечивает экономический эффект, но не дает сразу заметного преимущества в производительности. Например, первые транзисторы работали медленнее, чем электронные лампы, существовавшие в тот момент, а интегральные схемы – чем дискретные элементы... В конце 60-х советские электронные элементы на дискретных транзисторах (БЭСМ-6) работали быстрее, чем американские на интегральных схемах (IBM 360). Но

возможности первых были уже на излете, а вторых – только на старте. Американцы уже сделали шаг к новой технологической базе. Нам тоже надо было его сделать. И мы это сделали, но с очень большим трудом – оказалось, что мы отстаем уже на три шага...

§ 2.8 – 2.9

Хронику микропроцессорной революции и историю персональных компьютеров лучше всего восстанавливать по интернету. Одна из наиболее полных и постоянно обновляемых хронологий под названием Chronology of Events in the History of Microcomputers составлена Кеном Полсоном (Polsson, Ken) и находится по адресу <http://www.islandnet.com/~kpolsson/comphist.htm>, из нее взяты многие факты, приведенные в этой книге. Очень интересный фактический материал содержится в публикациях Personal Computers: History and Development – http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/pc_hd.html; History Of The Microcomputer Revolution – <http://exo.com/%7Ewts/mits0028.HTM>; Computer History by Eugene Reyes – http://reyesnet.tripod.com/computer_history.htm.

Историю отдельных фирм и их компьютеров можно также прочитать на указанных выше сайтах компьютерных музеев, а также на сайтах самих фирм (www.ibm.com, www.apple.com, www.intel.com и т.д.). На русском языке история компании Intel опубликована в книге Джексона [16а].

§ 2.10

Научная биография Дугласа Энгельбарта доступна по адресу <http://sloan.stanford.edu/MouseSite/dce-bio.htm>. В истории информатики его имя связано не только с изобретением компьютерной мыши, но и с более общими проблемами хранения и обработки электронных документов, а также организации групповой работы в компьютерной сети. Продемонстрированная им на конференции 1968 года система NLS стала прообразом будущих гипертекстовых информационных систем и Всемирной паутины интернета World Wide Web. Более подробно с этими вопросами мы познакомимся в главе 4.

На сайте Xerox PARC <http://www.parc.xerox.com/hist-1st.html> приведено описание важнейших достижений этого уникального исследовательского центра в 1970–90-х годах: компьютер

Alto, архитектура клиент/сервер, Ethernet, ряд стандартов интернета, компьютерные шрифты, методы трехмерной визуализации, тонкоплёночные видеопанели, лазерная печать и сканирование, языки описания документов, лазерные диоды, многолучевые лазеры, голубые лазеры, объектно-ориентированное программирование, экспертные системы, методология проектирования сверхбольших интегральных микросхем, технология лингвистического сжатия данных и т.д.

Любимое изречение Алана Кея: «Лучший способ предсказать будущее – изобрести его». Биографию этого незаурядного человека можно прочитать на сайте http://ei.cs.vt.edu/~history/GASCH.KAY.HTML#**. Как пишет сам Кей, решающее влияние на его судьбу оказала встреча в 1968 году в лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института с Сеймуром Пейпертом, автором языка Logo, предназначенного специально для обучения маленьких детей программированию. Именно тогда у него появилась идея создания компьютера с графическим интерфейсом, понятным даже детям. Другая замечательная идея, приведшая его в конечном счете к объектному языку программирования Smalltalk, исходила из биологической модели вычислительного процесса. Согласно этой модели, компьютер представляет собой виртуальную среду, населенную индивидуальными объектами, которые могут обмениваться друг с другом сообщениями (о языках Logo и Smalltalk мы будем говорить в главе 3). В 1983 году Кей ушел из Xerox и следующие пять лет проработал в Apple Computer, совмещая исследования с преподаванием программирования детям. Его новая идея – создание нового «агенто-ориентированного» компьютерного языка, который моделирует внутримашинный интеллект и позволяет компьютеру самому определить, что нужно делать для решения задачи.

Вслед за Джобсом в 1980 году PARC-центр посетил глава Microsoft Билл Гейтс, он также воочию убедился в необыкновенных возможностях, которые открываются перед персональными компьютерами нового, третьего поколения.

Когда сотрудники Apple детально познакомились с выпущенным в 1981 году компьютером IBM PC, они были разочарованы техническим уровнем разработки и вместе с тем удивлены тем, насколько хорошо этот компьютер продается. Секрет оказался прост: фирма IBM тратила колоссальные средства на рекламу своего детища, она буквально навязывала покупателям свою идеологию. Поэтому в Apple поняли, что создать хороший компьютер третьего поколения – это полдела, его нужно

еще суметь продать. Именно этим объясняется приглашение на пост президента Джона Скалли, который, развивая молодую компанию Pepsi, сумел выстоять в жесточайшей конкурентной борьбе с супермонополией Coca Cola.

История создания и показа классического клипа с рекламой Apple Macintosh подробно описана на сайте www.uiowa.edu/~commstud/adclass/1984_mac_ad.html, отсюда же можно скачать и сам ролик. Сюжет его основан на ассоциациях со знаменитым романом-антиутопией Джорджа Оруэлла (Orwell, George)¹⁰ «1984 год», разоблачавшем тоталитаризм сталинского режима в СССР. На примере фантастической страны в отдаленном 1984 году (роман был написан за 36 лет до описываемых событий – в «зеркальном» 1948 году), где вся власть принадлежит Большому Брату, с большой художественной силой показано, сколь унылой и безысходной является жизнь в обществе с единой официальной и лживой идеологией. Этот сюжет оказался чрезвычайно удачной находкой. Как раз настал 1984 год, намек на IBM в образе Большого Брата был более чем прозрачным.

§ 2.11

Подробное техническое описание микропроцессоров Intel приведено на сайте компании <http://www.intel.com/ru/pressroom/kits/quickreffam.htm>.

Вокруг закона Мура в последние годы ведется оживленная дискуссия по поводу того, сколь долго он еще будет действовать. Как известно, составляющие основу микросхем транзисторы представляют собой микроскопические выключатели, состоящие из истока, стока и затвора, который управляет потоком электронов в канале, соединяющем исток и сток. Когда длина затвора уменьшается до величины порядка 0,005 микрона, т.е. 5 нм (нанометров), поведение электронов из-за квантово-механического туннельного эффекта становится непредсказуемым, они начинают сами проскакивать канал, даже если затвор закрыт, в результате работа транзистора становится ненадежной. Такой размер затвора соответствует примерно 16-нм технологии производства микросхем. Ожидается, что подобная проектная норма будет освоена ориентировочно к 2018 году. Таким образом, если в микроэлектронике не

¹⁰ Джордж Оруэлл – литературный псевдоним английского писателя Эрика Блэра (Blair, Eric Arthur; 1903–1950).

произойдет фундаментальных открытий, закон Мура продержится еще около полутора десятилетий.

§ 2.15. Контрольные вопросы

1. Кому принадлежит юридический приоритет изобретения электронной вычислительной машины?
2. Когда и где была создана первая работающая ЭВМ?
3. Как называлась первая ЭВМ?
4. Где хранилась программ в ЭВМ ENIAC?
5. Какой объем имела оперативная память ENIAC?
6. Каков вклад фон Неймана в архитектуру ЭВМ?
7. Когда и где была создана первая ЭВМ с хранимой программой? Как она называлась?
8. Когда и кем была выпущена первая американская серийная ЭВМ для коммерческого использования? Как она называлась?
9. На какой элементной базе было построено первое поколение ЭВМ?
10. На какой элементной базе было построено второе поколение ЭВМ?
11. Когда появилось третье поколение ЭВМ?
12. Какая машина положила начало третьему поколению ЭВМ?
13. Каковы характерные черты архитектуры ЭВМ третьего поколения?
14. Какая машина положила начало возникновению рынка мини-ЭВМ?
15. Какова была стоимостная граница раздела между мэйнфреймами и мини-ЭВМ в 1960-е годы?
16. Когда и где была создана первая советская ЭВМ? Как она называлась?
17. Каков вклад С.А. Лебедева в развитие отечественной вычислительной техники?
18. Каков вклад И.С. Брука в развитие отечественной вычислительной техники?
19. Каков вклад Б.И. Рамеева в развитие отечественной вычислительной техники?
20. Каков вклад В.М. Глушкова в развитие отечественной вычислительной техники?

21. Какая из отечественных серийных ЭВМ первого-второго поколений обладала наибольшей производительностью?
22. Когда и кем был создан первый микропроцессор?
23. Когда и кем был выпущен первый коммерческий микрокомпьютер? Как он назывался?
24. Каковы характерные черты персональных компьютеров первого поколения?
25. В чем причина коммерческого успеха компьютера Apple-II?
26. Какой компьютер знаменует начало второго поколения персональных компьютеров? Кем и когда он был выпущен?
27. Каковы характерные черты персональных компьютеров второго поколения?
28. В чем основная причина коммерческого успеха IBM PC?
29. Каковы характерные черты персональных компьютеров третьего поколения?
30. Когда и кем был изобретен манипулятор «мышь»?
31. Каков вклад PARC-центра фирмы Хегох в информатику?
32. Когда и кем был выпущен первый массовый персональный компьютер третьего поколения? Как он назывался?
33. Каковы основные направления совершенствования вычислительной техники?
34. Что утверждает закон Мура?
35. Каковы характеристики и основные секторы современного рынка вычислительной техники?

Глава 3. Программное обеспечение компьютеров

§ 3.1. Классификация и эволюция программного обеспечения

Еще в 1930-е годы «великий вождь всех народов» товарищ Сталин произнес крылатую фразу, которая долгое время не сходила с лозунгов и транспарантов: «Техника без людей мертва. Техника во главе с людьми, овладевшими техникой, может и должна давать чудеса». Адаптируя это изречение к проблемам информатики, можно сказать, что вычислительная техника (*hardware*) без программ, олицетворяющих действия людей по управлению ею, мертва и бездушна как всякое железо. И только программное обеспечение (*software*) вдыхает жизнь в эти кристаллы, разъемы и провода, заставляет компьютеры делать все те чудеса, которым мы не перестаем удивляться. Желая подчеркнуть приоритет программного обеспечения перед аппаратным, академик Глушков как-то сказал, что в настоящее время они соотносятся друг с другом по стоимости и вложенному интеллекту «как товар с упаковкой».

За пятьдесят лет развития многие поколения программистов создали гигантский объем программного обеспечения (ПО). Хотя он создавался стихийно, под влиянием проходящих обстоятельств, в процессе его формирования существуют определенные закономерности. Чтобы их выяснить, нам понадобится некоторая классификация программного обеспечения (см. схему).

Прежде всего, все программное обеспечение можно разделить на *общее* и *специальное*. Общее ПО рассчитано на самый широкий круг пользователей и используется почти на каждом компьютере. Специальное ПО разрабатывается для решения конкретной задачи, оно, как правило, уникально. В качестве примера укажем на разнообразные бухгал-

терские и банковские системы, которые часто разрабатываются под заказ, хотя есть и исключения.



Классификация программного обеспечения

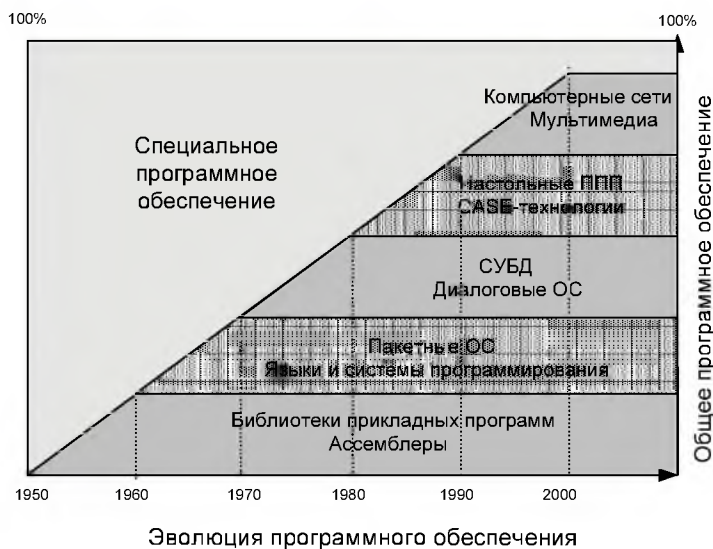
Общее ПО, в свою очередь, подразделяется на *системное*, служащее для разработки программ и поддержки вычислительного процесса на компьютере (операционные системы, системы программирования, различные вспомогательные программы) и *прикладное*, иначе называемое пакетами прикладных программ (ППП). Типичными ППП являются текстовые процессоры, системы управления базами данных (СУБД), электронные таблицы, некоторые другие широко распространенные программы.

Граница раздела между упомянутыми классами весьма условна и в процессе эволюции постоянно передвигается в пользу общего ПО. На заре компьютерной эры (первая коммерческая ЭВМ UNIVAC появилась, как мы знаем, в 1951 году), когда машины были программно несовместимы и каждая задача была уникальна, 100% программного обеспечения было специальным. Этот факт наглядно представлен на схеме, где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат показана относительная доля каждого класса ПО. В дальнейшем, по мере освоения ти-

повых классов задач и унификации вычислительных систем, все большее число программ стало переходить в разряд общего (системного или прикладного) ПО. К концу XX века 90–95% всего ПО можно считать общим, а следовательно, и общедоступным.

Общее программное обеспечение – это ценнейший интеллектуальный ресурс, накопленный человечеством за последние полвека. В его разработку вложены миллионы человеко-лет труда нескольких поколений программистов, потрачены многие миллиарды долларов. Образование массива общего ПО из специального подобно отложению осадочных пород на дне океана, когда в каждую историческую эпоху из плавающей, клубящейся мути отстаивается и выкристаллизовывается новый геологический пласт. Много тысячелетий спустя геологи, пробуривая скважины, обнаруживают эти пласты и по ним восстанавливают геологическую историю Земли.

Представим себя на месте геологов и произведем «разведочное бурение» общего ПО. В нашем случае вся «геологическая» история длилась всего 50 лет. Мы условно разделим ее на 5 эпох по 10 лет каждая. Каждая эпоха оставила свой слой в общем ПО, который наглядно показан на рисунке и который мы кратко прокомментируем.



**50-е годы:
библиотеки
стандартных
программ
и ассемблеры**

Первые вычислительные машины вообще не имели никакого общего программного обеспечения. Программы для решения конкретных задач писались с нуля, в машинных двоичных кодах (для сокращения записи использовалась восьмеричная или шестнадцатеричная система, но это не меняло сути) в абсолютных адресах, они загружались в чистую оперативную память. Процесс был мучительным и трудоемким. Приходилось помнить двоичные коды всех операций, а любую подпрограмму выписывать из справочника в условных адресах, затем вручную привязывать к главной программе, распределять память и т.д. На каждом этапе возникали ошибки, поэтому отладить программу даже в тысячу команд было уже очень трудно (я испытал все это на собственной шкуре, программируя на «Урал-1»).

Первоочередной задачей программистов на данном этапе было создание библиотек, которые обеспечивали бы вызов стандартных программ из внешней памяти и автоматически подключали их к главной программе. Идея использования подпрограмм была реализована Грейс Хоппер еще до появления ЭВМ, на электромеханической Mark-I, а в дальнейшем она стала общепринятой. Из-за программной несовместимости у каждой ЭВМ были свои уникальные библиотеки. Например, для отечественной машины М-20 Михаил Романович Шура-Бура с коллегами разработали прекрасную по тем временам интерпретирующую систему ИС-2 с богатейшей коллекцией стандартных программ, охватывающей все области вычислительной математики. Создание библиотек резко повысило производительность труда программистов, так как появилась возможность опереться на труд предшественников и не программировать каждую новую задачу с нуля.

Вторая проблема была связана с мнемоническим кодированием и автоматическим распределением памяти. Впервые она была решена в Кембридже в Великобритании на ЭВМ EDSAC (1949 г.). Вместо того, чтобы записывать коды операций двоичными цифрами, программист писал текст программы на символическом языке, пользуясь мнемоническими обозначениями операций и условными адресами, а специальная программа (руководитель проекта Морис Уилкс назвал ее собирающей системой – по-английски *assembly system*) автоматически преобразовывала мнемонические коды в понятные машине двоичные и распределяла память для выполнения программы. Идея оказалась столь продук-

тивной, что все последующие поколения программистов на всех ЭВМ отказались от абсолютного кодирования. Языки программирования низкого уровня, в которых коды операций заменены мнемоническими обозначениями, стали называться языками ассемблера или автокодами (мнемокодами), а преобразующие программы – ассемблерами.

В 50-е годы ЭВМ были еще экзотической редкостью, они использовались в основном в элитных академических учреждениях и военных системах. Программисты также исчислялись единицами, и работать им приходилось в очень стесненных условиях. Приходилось постоянно изворачиваться, экономить каждую ячейку памяти и каждый машинный такт, потому что возможности тех компьютеров были более чем скромными. У машины Урал-1, например, ОЗУ имело всего 1024 слова при быстродействии 100 оп./с. Зато каждая отлаженная, тем более стандартная программа была своего рода шедевром.

В 60-е годы объем производства ЭВМ резко возрос, появились разнообразнейшие машины второго поколения, они вышли из узких стен научных и военных учреждений, начали использоваться в бизнесе. Резко расширился круг решаемых задач, соответственно возросло и число людей, занятых программированием. Языки низкоуровневого кодирования, реализованные в ассемблерах, ненамного облегчили их тяжелый труд. Голубой мечтой казалась возможность полной автоматизации программирования, когда программист пишет математические формулы на привычном символическом языке, а компьютер самостоятельно преобразовывает их в тексты машинных программ.

Систематическая работа над созданием высокоуровневых языков программирования и соответствующих компиляторов началась в конце 50-х годов и бурно развивалась все последующее десятилетие. В 1957 году был создан Fortran, в 1960 году – Cobol, Algol и Lisp, в 1964 году – Basic, Simula, PL/1, в 1970 году – Pascal и Smalltalk. Изобретение новых языков превратилось в модное занятие, к концу 60-х годов их число перевалило уже за тысячу. Практически все основные концепции – процедурное, логическое, объектно-ориентированное программирование были предложены в это бурное десятилетие. В последующие годы прогресс в автоматизации программирования шел не в сторону создания новых языков, а, наоборот, по пути естественного отбора. Языки программирования рождались и умирали, но только некоторые из них – наиболее стойкие и жизнеспособные – дожили до конца XX века и стали стандартными в международном сообществе програм-

мистов. Судьбу этих избранных языков мы обстоятельно обсудим в следующем параграфе.

Другое достижение 60-х годов – создание пакетных операционных систем (ОС). ЭВМ в это время были очень дорогими и громоздкими, они размещались в специально построенных вычислительных центрах, куда программисты приносили свои задачи в виде колод перфокарт. Операторы сбивались с ног, пропуская эти колоды через машину, теряли много драгоценного времени на анализ каждой нештатной ситуации в программе. Пакетные ОС существенно облегчили их работу, а заодно и повысили эффективность использования ЭВМ.

Разработка надежных и эффективных операционных систем и систем автоматизации программирования оказалась чрезвычайно трудоемким делом. Никогда прежде в гражданской сфере не реализовывались такие крупные программные проекты. Разработка общесистемного ПО в 60-е годы была поставлена на промышленную основу, лидером здесь оказалась IBM, имевшая опыт масштабных военных разработок, сумевшая сконцентрировать громадный потенциал научных исследований и вложившая в это дело сотни миллионов долларов. Создав OS/360 и систему программирования PL/1, компания стала флагманом новой зарождающейся отрасли нематериального производства – индустрии программного обеспечения.

70-е годы: диалоговые ОС и СУБД

70-е годы – время безраздельного господства унифицированных машин из клона IBM 360/370. Компьютеры по-прежнему были безумно дороги, но их мощность и надежность резко возросли. Начали создаваться крупные информационные системы для промышленных и торговых предприятий, банков, социальных учреждений. Пользователи перестали бегать с колодами перфокарт – на их рабочих местах появились дисплеи, подключенные к центральной ЭВМ, расположенной в вычислительном центре фирмы.

Для организации вычислительного процесса в этих условиях понадобились операционные системы нового типа, позволяющие организовать диалог большого числа пользователей в режиме разделения времени. Родина таких систем – Массачусетский технологический институт (МТИ), где, начиная с середины 60-х годов, проводились экспериментальные работы, но крупные промышленные диалоговые ОС разрабатывались фирмами – производителями аппаратуры.

Создание крупных информационных систем поставило перед разработчиками общего ПО проблему хранения больших массивов данных и организации их обработки множеством независимых программ. Так возникла концепция систем управления базами данных (СУБД). Разработка эффективных СУБД оказалась задачей не менее трудоемкой, чем проектирование ОС. Первая промышленная СУБД IMS для IBM 360/370 была создана корпорацией IBM в 1969–1970 годах в рамках проекта полета человека на Луну «Аполлон» и потребовала очень больших капиталовложений.

Использование СУБД произвело настоящую революцию в индустрии обработки данных. Многие заказные кустарные программы, осуществляющие стандартные операции над данными, оказались ненужными, они были вытеснены надежными промышленными продуктами. Это – характерный пример того, как специальное ПО становится общим.

Мы посвятим истории и современному состоянию рынка СУБД отдельный параграф, сейчас же остановимся на одном важном свойстве крупномасштабного общего ПО – его инерционности. Вопреки бытующему мнению о том, что все в компьютерном мире меняется очень быстро, это далеко не так. Фирмы, вложившие в базовое ПО миллиарды долларов, не могут ежегодно менять номенклатуру продукции. К этому добавляется то обстоятельство, что на фундаменте общего ПО покоится колоссальная пирамида специального программного обеспечения, переделать которое под новые стандарты немислимо. В середине 60-х годов была в ходу шутка: «Америка не настолько богатая страна, чтобы позволить себе разработку новой операционной системы взамен OS/360». Инвестиции должны окупаться, и это обстоятельство объясняет удивительно долгую жизнь общего ПО – по 10–15 лет и более. Более того, для защиты инвестиций ведущие фирмы стараются делать свои основные программные продукты относительно независимыми от аппаратных платформ. Это позволяет программам, постоянно обновляясь и модифицируясь, пережить не одно поколение компьютеров.

80-е годы: настольные ППП, CASE-технологии

В конце 70-х – начале 80-х годов произошла, как мы знаем, микропроцессорная революция, и на рынок хлынули миллионы персональных компьютеров. Из дорогостоящего производственного оборудования компьютер превратился в бытовой прибор, доступный всем и каждому. Компьютерный джинн был выпущен из бутылки и принялся осваивать все новые и новые области применения.

Наступил золотой век программного бизнеса, мгновенно возникли тысячи фирм и фирмочек, выбросивших на рынок необъятное море пакетов прикладных программ для деловых применений и развлечений. Они в корне отличались от «тяжелого» софта 70-х годов – были простыми, дешевыми, играли на экранах всеми цветами радуги, упаковывались в яркие коробки и продавались в магазинах как книги или грампластинки.

На невероятно расширившемся рынке программного обеспечения возникла ожесточенная конкуренция. Как это бывает с товарами ширпотреба, коммерческий успех того или иного продукта часто обуславливается не техническими параметрами, а широкой рекламой, продуманной маркетинговой политикой. Показательна в этом отношении судьба фирмы Microsoft. Ее активная, даже агрессивная маркетинговая стратегия привела к тому, что продукция Microsoft стала фактическим стандартом на рынке офисного ПО, а операционная система Windows сумела победить более прогрессивную по своим идеям систему OS/2 фирмы IBM.

Повальное увлечение домашними компьютерами и потребительским софтом как-то отодвинуло в тень работы по совершенствованию серьезного общего программного обеспечения. По-видимому, самым большим успехом в этом направлении в 80-е годы можно считать разработку *CASE-технологий* (*Computer Aided Software Engineering*), то есть технологий автоматизированного проектирования программного обеспечения. Их необходимость возникла при создании информационных систем для крупных организаций, объединяющих сотни пользователей и оперирующих с тысячами объектов и экранных форм. Даже применение средств СУБД и языков высокого уровня, таких, как Cobol, Pascal или C, не избавляет программиста от рутинной работы по проектированию связанных информационных таблиц и организации диалога. Автоматизированные технологии позволяют отказаться от большинства механической работы. На специальных языках сверхвысокого уровня – символьных или графических – (они часто называются языками четвертого поколения 4GL – 4th Generation Language) описывается содержательная постановка задачи, а система сама, пользуясь встроенными в нее стандартными правилами проектирования, генерирует код на обычном языке программирования. Программисту остается подправить текст, если он его почему-то не устраивает, пропустить через компилятор и получить готовую программу.

**90-е годы:
компьютерные сети
и мультимедиа**

Компьютерные сети начали развиваться исподволь с начала 70-х годов, но именно в 90-е годы скорость их распространения превысила некоторый критический порог. Произошло то, что специалисты предсказывали давно: вычислительная техника и техника связи, слившись воедино как две половинки атомного заряда, привели к подлинному информационному взрыву. Миллионы компьютеров, разбросанных по всему свету, оказались связанными всемирной паутиной интернета. Гигантские объемы научной, культурной и всякой другой информации сделались доступными любому рядовому пользователю, оказались, по меткому выражению Билла Гейтса «на кончиках пальцев».

Появление «сети сетей» – интернета – вызвало рождение целой отрасли нематериального производства – сетевого бизнеса. Тысячи фирм делают деньги «из воздуха», занимаясь предоставлением доступа в интернет (Internet providing) и предоставляя различные услуги по организации электронной почты, публикации и поиску информации в сети, размещению рекламы, электронной торговле и т.д. Годовой оборот таких гигантов сетевой индустрии, как America On Line (AOL), Yahoo, Amazon измеряется миллиардами долларов, и это только начало.

Развитие сетевых технологий потребовало разработки соответствующего слоя общего программного обеспечения. Историю и современное состояние компьютерных сетей, а также их программного обеспечения мы будем рассматривать в главе 4, а сейчас несколько слов скажем еще об одном важном достижении, которое в 90-х годах перешло из разряда экспериментальных в общедоступные. Речь идет о мультимедиа-технологиях. Буквальный перевод слова *multimedia* – «многие среды». Имеются в виду типы объектов, с которыми имеет дело компьютер. В прежние времена вариантов было немного: стандартный компьютер вводил, обрабатывал и выводил только строки символов или неподвижные картинки, на большее не хватало ни мощности процессора, ни объема памяти, ни возможностей устройств ввода-вывода. Однако в последние годы эти характеристики достигли такого состояния, что появилась возможность существенно расширить класс обрабатываемых объектов.

Прежде всего компьютер перестал быть глухонемым, примитивные пищалки уступили место современным звуковым картам, которые представляют собой, по-существу, специализированные компьютеры с собственными микропроцессорами, предназначенными для обработки

звуковых сигналов. Разработка таких устройств потребовала глубоких теоретических исследований в области акустики и физиологии слухового восприятия, в результате были разработаны способы представления звуковой информации и стандарты на аудиофайлы, которые позволили практически без потери качества хранить, обрабатывать и воспроизводить музыкальные записи большой длительности.

Еще большие успехи были достигнуты в части обработки движущихся изображений. Проблема здесь в том, что простое воспроизведение каждого кадра «по точкам» порождает такой объем данных, с которым даже современные процессоры не могут справиться в режиме реального времени. Лишь в середине 90-х годов совместными усилиями математиков, программистов и инженеров-разработчиков видеокарт были созданы методы сжатия и представления изображений, позволившие уменьшить объем вычислений в тысячи раз и сделать видео доступным среднему персональному компьютеру. Тотчас же на прилавки магазинов хлынул поток видеоигр, других развлекательных и обучающих программ, которые в полной мере использовали новые возможности компьютера.

Новый импульс развитию мультимедиа дал интернет. В мировой паутине образовалось множество узлов с архивами музыкальных произведений, видеороликов. Появились технологии потокового аудио, когда радиостанции переводят свои передачи в цифровую форму и посылают через сеть всем желающим. Любители экзотики могут воспользоваться услугами «живого видео»: в самых живописных местах планеты установлены видеокамеры, которые непрерывно передают в Сеть пейзаж с видом на гору Фудзияма, панораму Елисейских полей в Париже или внутренний вид аквариума с плавающими рыбками. В результате многие люди стали покупать домашние компьютеры совсем не для вычислений, а для доступа к различным мультимедийным информационным ресурсам. Объективно происходит процесс слияния электронных средств массовой информации – радио и телевидения – с мировой компьютерной сетью в единую информационную супермагистраль. Думается, это произойдет совсем скоро – в первые десятилетия нового XXI века.

**Замечание
о промышленных
стандартах**

Проблема стандартизации на компьютерном рынке является принципиальной, сейчас самое время сказать о ней несколько слов. Только в далеком прошлом программы были абсолютно

автономны и загружались в чистую память. Любая современная программа функционирует в среде других программ, обменивается с ними данными и передачами управления. Поэтому для каждой технологии существует множество условий, соглашений, рекомендаций, обеспечивающих такое взаимодействие.

Некоторые наиболее важные соглашения оформлены юридически как международные и национальные стандарты. К ним относятся, например, стандарты ISO – International Standard Organization, ITU – International Telecommunication Union, ANSI – American National Standard Institute (США), государственные стандарты России и СНГ (ГОСТ) и др. Такими стандартами закреплены международные кодировки символов, описания наиболее употребительных языков программирования, форматы и процедуры обмена данными в сетях и т.д.

Другие рекомендации не носят обязательного характера, но действуют как промышленные стандарты *de facto*, то есть признаются производителями добровольно под страхом потерять свое место на рынке, если их продукция не будет вписываться в общепринятые нормы. Естественно, каждая фирма хочет, чтобы ее технические решения стали общепризнанными, тем самым она выигрывает время и отрывается от конкурентов. Однако навязать свои мнения рынку не так-то просто, это удастся только монополистам, да и то не всегда (вспомним, как фирма ИВМ пошла против течения, предложив нестандартные решения в компьютерах PS/2, и что из этого вышло). Поэтому на современном компьютерном рынке идет непрекращающаяся война промышленных стандартов: возникают коалиции одних фирм против других, недавние противники превращаются в союзников и наоборот; акулы рынка за баснословные деньги скупают мелкие фирмы, предложившие перспективные решения.

§ 3.2. Языки и системы программирования

В этом параграфе мы более подробно познакомимся с историей создания и основными концепциями наиболее известных высокоуровневых языков программирования.

Предыстория Первая попытка осмыслить эту проблему была предпринята гениальным Конрадом Цузе, когда он, работая в одиночку в разрушенной послевоенной Германии, придумал

язык Plancalcul. Не рассчитывая увидеть свой язык реализованным, Цузе писал: «Plancalcul родился исключительно как результат теоретической работы, без всякой связи с



Фрагмент рукописи Цузе с шахматной программой на языке Plancalcul

тем, появятся или нет в обозримом будущем машины, подходящие к программам на Plancalcul». Тем не менее Цузе написал множество фрагментов программ на языке, причем не только вычислительных, но и чисто логических, включая программу игры в шахматы. К сожалению, это достижение немецкого ученого, как и другие его работы, остались незамеченными и невостребованными. Только в 1972 году работа Цузе с описанием языка была издана целиком. Эта публикация заставила специалистов задуматься над тем, какое влияние мог бы оказать Plancalcul на развитие языков программирования, будь он широко известен раньше.

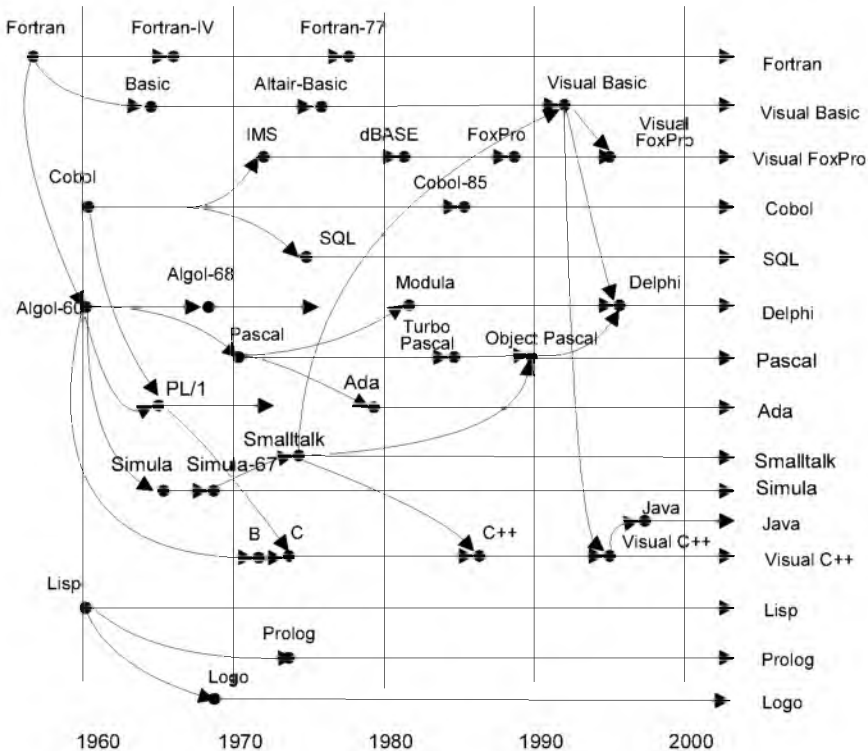
Исключительно важную роль в становлении теории программирования на ранней ее стадии сыграл патриарх отечественной кибернетики А.А. Ляпунов. Он предложил формальную запись программы в виде операторной схемы и прочитал в 1952/53 учебном году в стенах МГУ первый в СССР курс программирования. На основе операторной схемы М.Р. Шура-Бура и ученик Ляпунова А.П. Ершов в 1954–1956 годах создали первые компиляторы (они назывались тогда программирующими программами) для ЭВМ БЭСМ и «Стрела».



М.Р. Шура-Бура (слева) и А.П. Ершов

Как уже отмечалось, пик интереса к языкам и системам автоматизации программирования приходится на 1960-е годы, за это и последующие десятилетия их было придумано несколько сот или даже тысяч. Подобно живым языкам человеческого общения, искусственные языки программирования находятся друг с другом в родственной связи, они рождаются от некоторых предков, развиваются и умирают.

На рисунке изображена схема эволюции избранных языков программирования в виде генеалогического дерева, развернутого во времени. По оси абсцисс отложены годы, каждая горизонтальная линия соответствует истории возникновения и развития некоторого языка, а стрелками показаны идейные связи. В следующих коротких историях эта схема раскрывается более детально. Кстати, о написании названий языков. В литературе встречаются самые различные варианты – и ма-



Генеалогическое дерево языков программирования высокого уровня

ленькими буквами, и большими, и латиницей, и кириллицей. После оживленной дискуссии признано правильным написание их как имен собственных – строчными буквами с заглавной.



Автор языка Fortran
Джон Бэкус (р. 1924)

Бессмертный Fortran

Прародителем всех языков программирования является Fortran – FORmula TRANslator.

Судя по самому названию, он первоначально предназначался для программирования чисто вычислительных задач. Язык был разработан в фирме IBM по руководством Джона Бэкуса (Backus, John; р. 1924). Идея появилась в 1954 году, а первая реализация компилятора для IBM 704 выполнена в 1957 году. Компилятор поставлялся бесплатно вместе с ЭВМ, это обусловило его высокую популярность в научных кругах, занятых математическими расчетами. Впоследствии язык постоянно совершенствовался и дополнялся. В течение двух последующих лет появились версии Fortran-II и III, в 1962 году – популярная версия Fortran-IV, в 1977 году – не менее известная Fortran-77 и т.д.

Вот фрагмент простейшей программы на Фортране, дающий представление о его синтаксисе:

```

C          MAIN PROGRAM
101  FORMAT(208)
102  FORMAT(//'N=',15, 5X, 'R=', 15
        1//6X, 'M', 5X, PROB)
103  FORMAT(18, F14.10)
201  READ(1,101) N, IR
      WRITE(3,102) N, IR
      IF(N) 202, 202, 203
202  STOP
203  IF(IR) 202, 202, 204
204  M=O
      P=COMBF(N,M)*COMBF(IR-1,N-M-1)
      1/COMBF(N+IR-1,IR)...

```

Бросятся в глаза фиксированный формат записи программы, отсутствие описаний переменных, цифровые метки операторов, зато с

самого начала в язык заложены средства форматного ввода-вывода, затем появились комплексные числа и т.п. Эти качества помогли впоследствии Фортрану выстоять в схватке с Алголом. Компиляторы с Фортрана имеются на всех аппаратно-программных платформах, это – любимый язык физиков и инженеров. За долгие годы на языке накоплены богатейшие библиотеки научных подпрограмм, которые просто невозможно быстро переписать на более современные языки. Поэтому, несмотря на критику по поводу своей старомодности, Fortran благополучно входит в XXI век, и слухи о его близкой кончине, похоже, весьма преувеличены.

Basic – язык для начинающих

Название этого всем известного языка истолковывается двояко. С одной стороны, оно является сокращением целой фразы «Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code» – символический многоцелевой код для начинающих, с другой – намекает на некоторую простоту и начальность. Basic – прямой потомок Фортрана и тоже долгожитель в семье языков программирования.

Первый вариант языка был создан в 1964 году в Дармутском колледже (Dartmouth College), г. Ганновер (Hanover), штат Нью-Хэмпшир,



Дармутский колледж – родина Бэйсика

США. Это небольшое гуманитарное учебное заведение прославилось на весь мир как родина Бэйсика благодаря двум молодым талантливым преподавателям математики: Джону Кемени (Kemeny, John; 1926–1993), венгерскому эмигранту, который в свое время стажировался у фон Неймана в Лос-Аламосе во время работы над атомной бомбой, и Тома-



Thomas E. Kurtz
& John G. Kemeny

Авторы языка Basic.
Стоит Джон Кемени
(1926–1993),
сидит Томас Курц
(р. 1928)

су Курцу (Kurtz, Thomas; p. 1928), работавшему после войны ассистентом у Эйнштейна.

Кемени и Курц предложили ввести в программу всех специальностей курс программирования, но так как своего вычислительного центра в колледже не было, то им приходилось вести практические занятия в очень неудобном режиме. Учащиеся писали свои программы на Фортране на бумажках, преподаватели отвозили их на вычислительный центр (ближайший ВЦ располагался в 215 км в Бостоне в Массачусеттском технологическом институте), там ждали день-два, пока программы отперфорируют на карты и прогонят через машину IBM-704, а затем везли распечатки результатов назад.

Поездив туда-сюда, Кемени и Курц с огромной энергией стали добиваться организации собственного ВЦ. Им удалось уговорить

Национальный научный фонд предоставить субсидию, а фирму General Electric – большую скидку на ЭВМ GE-225. Получив компьютеры, они приступили к реализации давно задуманной двухходовой идеи:

1) разработать простой язык – подмножество Фортрана, доступное начинающим программистам;

2) создать систему программирования на этом языке, которая позволила бы работать на машине одновременно нескольким пользователям в режиме диалога. Эту идею Кемени и Курц принесли из МТИ, где в это время проводились первые эксперименты по системам разделения времени.

Программа на Бэйсике сохранила общий фортрановский вид с его цифровыми метками и записью каждого оператора на новой строке, однако Фортран пришлось основательно подправить для того, чтобы программы могли выполняться пошагово в режиме интерпретации. В частности, был введен революционный оператор бесформатного ввода INPUT. Вот как выглядит на Бэйсике та же программа ввода, сортировки и печати пяти чисел:

```
10 dim A(5)
20 for i=1 to 5
```

```
30 input A(i)
40 next i
50 if i=5 then goto 140
60 if A(i)<=A(i+1) then goto 90
70 i=i+1
80 goto 130
90 z=A(i)
100 A(i)=A(i+1)
110 A(i+1)=z
120 i=1
130 goto 50
140 for i=1 to 5
150 print A(i)
160 next i
```

Работа над интерпретатором и управляющей программой разделения времени началась с участием студентов летом 1963 года, а 1 мая 1964 года система заработала. В качестве терминалов к ней были подключены три телетайпа, к осени их число возросло до 20.

Простой и удобный Бэйсик во второй половине 60-х годов был реализован на нескольких моделях мэйнфреймов и мини-ЭВМ. Благодаря этому языку многие тысячи молодых людей были приобщены к программированию. Среди них оказались и два школьника из города Сиэтл на северо-западе США, будущие миллиардеры и отцы-основатели фирмы Microsoft: Билл Гейтс (Gates, William (Bill); р. 1955) и Пол Аллен (Allen, Paul; р. 1954). Увлечшись компьютерами, друзья пожертвовали ради них карьерой (Гейтс был отчислен с юридического факультета Гарвардского университета, куда поступил учиться по настоянию отца-юриста, а Аллен был исключен из Университета штата Вашингтон) и решили посвятить себя профессиональному программи-

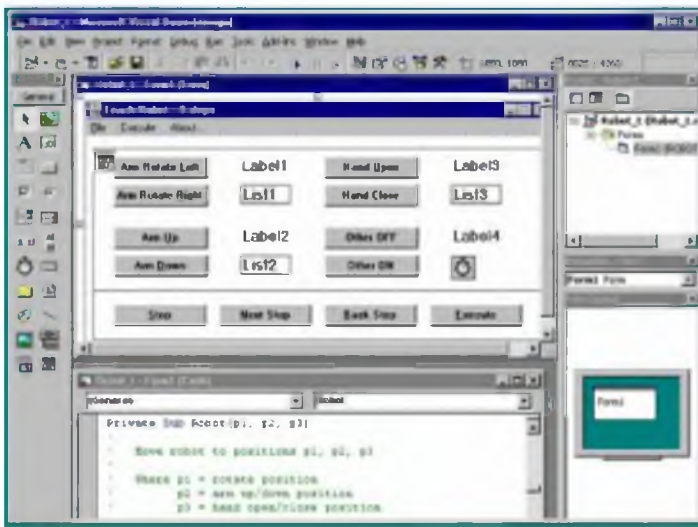


Будущие создатели Microsoft Пол Аллен (р. 1954) и Билл Гейтс (р. 1955) познакомились с Бэйсиком, работая в компьютерном классе школы в Сиэтле (снимок 1968 г.)

рованию. Прочитав в начале 1975 года статью о компьютере «Altair», они тут же позвонили Эдварду Робертсу в город Альбукерке и предложили свои услуги по написанию транслятора с Бэйсика. Поскольку своего компьютера у них не было, то отлаживать программу им пришлось в режиме эмуляции команд «Altair» на мэйнфрейме. К маю транслятор был готов и, к удивлению авторов, сразу же заработал на «родной» машине.

Знания юриспруденции все-таки пригодились Гейтсу. Составленный им контракт на использование Бэйсика в компьютерах Altair вошел впоследствии во все учебники по компьютерному праву. Он предусматривал отчисление 500 долларов за каждый экземпляр проданной программы. Так родилась фирма Microsoft. Первое время ее штаб-квартира располагалась в Альбукерке, рядом с фирмой MITS, а уж потом переехала в родной для Гейтса и Аллена город Сиглт.

Предельная простота Бэйсика позволила встраивать его в постоянную память самых дешевых микрокомпьютеров, благодаря этому в середине 80-х годов на нем работали миллионы пользователей по всему миру. Оставаясь неизменно популярным, Бэйсик рос и развивался вме-



На протяжении нескольких десятилетий Visual Basic оставался фирменным языком компании Microsoft. В начале 1990-х годов он стал объектным и приобрел средства визуального проектирования

сте с персональными компьютерами. В 1984 году, к 20-летию рождения, Курц и Кемени в содружестве с Американским институтом стандартов (ANSI) разработали новую стандартную версию языка (True Basic), а потом за его развитие со всей основательностью взялась разбогатевшая Microsoft, для которой он стал фирменным языком и символом успеха.

Современный Бэйсик мало чем напоминает своего прародителя. Его иногда сравнивают с удавом, который проглатывает и переваривает все новые идеи в программировании. От Алгола и Паскаля он перенял современный гибкий синтаксис, от Smalltalk – объекты. Более того, приняв визуальную CASE-оболочку, Бэйсик сам стал источником идей для визуальных систем программирования. Вслед за Visual Basic появились Delphi, Visual FoxPro, Visual C++ и др.

Долгое время технологические системы программирования на Бэйсике развивались только как интерпретаторы, и это ограничивало его применение для серьезных разработок, однако в последнее время появились оптимизирующие компиляторы, предоставляющие полноценную среду программирования, практически не уступающую Delphi или Visual C.

Cobol – язык для бухгалтеров и языки СУБД

Через два года после появления Фортрана, когда слегка утихли восторги по поводу трансляции формул, выяснилось, что этот язык, идеально подходящий для физиков, мало пригоден для экономических, коммерческих, бухгалтерских расчетов. Там нет длинных формул, зато есть сложные структуры данных, которые язык не воспринимает. Попытки как-то модифицировать Фортран были не очень удачными, к тому же он был собственностью IBM, а другие фирмы опасались засилья «голубого гиганта».

В 1959 году группа производителей и потребителей ЭВМ по инициативе неугомонной Грейс Хоппер стала искать независимого спонсора, который бы мог профинансировать создание нового стандартного языка, специально рассчитанного на задачи обработки экономических данных. Она нашла поддержку в Министерстве обороны США, где к тому времени уже эксплуатировалось 1046 ЭВМ, требующих обширного программного обеспечения. Была образована рабочая группа CODASYL – Conference on Data Systems Languages, которая после долгих споров и проволочек предложила проект языка Cobol – COmmon Business Oriented Language – Общий язык, ориентированный на бизнес.



Разработчики языка Cobol у шуточного обелиска, присланного в их адрес в качестве намека на безнадежно медленную работу, способную похоронить саму идею.

Справа внизу – Грейс Хоппер

В отличие от вычислительных задач, в которых главное – алгоритм, а простейшие неструктурированные данные просто вводятся и выводятся, в экономических задачах данные имеют приоритет. Они могут иметь очень сложную структуру и хранятся в виде файлов на внешних устройствах сами по себе, независимо от программ обработки. Поэтому в Коболе появился способ описания иерархических структур данных, который затем переключал во все последующие универсальные языки программирования. Кроме того, программа на ис-

ходном языке может быть настроена на любое оборудование и на любую структуру внешних данных, для чего в тексте имеются специальные разделы. Сам алгоритм обработки, располагающийся в разделе процедур (procedure division), бывает, как правило, очень простым. Авторы Кобола посчитали, что программы на нем будут писать рядовые бухгалтеры, для которых сокращения и формулы могут показаться слишком сложными, поэтому сделали язык максимально приближенным к обычному английскому, даже знаки операций заменили на слова: вместо «+» пишут оператор ADD, а вместо знака присваивания «=» оператор GIVING (получая). В результате язык стал хотя и понятным англоязычному пользователю, но слишком многословным.

Вот как выглядит фрагмент программы на Коболе:

```

1010 IDENTIFICATION DIVISION.
1020 PROGRAM-ID "EXAMPLE".
1030 ENVIROMENT DIVISION.
1040 INPUT-OUTPUT SECTION.
1050 FILE-CONTROL.
1060 SELECT CD ASSIGN TO "SYS010" UNIT-RECORD
2540R.
1070 SELECT TT ASSIGN TO "SYS009" UTILITY 2400.

```

```
1080 DATA DIVISION.
1090 FILE SECTION.
1100 FDCDDATA RECORD IS C
1110 LABEL RECORDS ARE OMITTED.
1120 01C.
1130 02 C1 PICTURE 9(4) .
1140 02 C2 PICTURE 9.
1150 02 C3 PICTURE X(70) .
...
1290 PROCEDURE DIVISION.
1300 P1.OPEN INPUT CD, OUTPUT TT.
1310 P2.READ CD, AT END GO TO P3.
1320 MOVE C1 TO D1.
1330 MOVE C2 TO D2.
1340 MOVE C3 TO D3.
1350 ADD C1, C2, GIVING D4.
1360 WRITE T FROM D.
1370 GO TO P2.
1380 P3.CLOSE SD, TT.
1390 STOP RUN.
```

На этом примере хорошо видны отмеченные выше особенности языка: привязка к оборудованию в строках 1030–1070, описание двухуровневой структуры внешних записей в строках 1100–1150, многословный раздел процедур.

Кобол получил очень широкое распространение в США. Наряду с Фортраном он стал одним из «великих» языков, просуществовавшим уже 40 лет и не думающим сдавать позиции. По некоторым оценкам, на нем до сих пор пишется не менее 50% коммерческих программ.

В Советский Союз Кобол попал в начале 70-х годов, в эпоху ЕС ЭВМ и всеобщей увлеченности АСУ, однако большой популярности он не приобрел, повествовательные англоязычные тексты раздражали отечественных программистов. Русифицированный Кобол, разработанный для ЭВМ Минск-32, также не пользовался успехом, так как тексты из-за меньшей лаконичности русского языка получались совсем уж громоздкими. Программисты предпочитали работать на более компактном и универсальном PL/1, о котором мы будем говорить ниже.

Концепция СУБД, появившаяся к началу 70-х годов, не могла не повлиять на языки, предназначенные для экономических задач. Например, группа CODASYL продолжившая свою работу, в 1968 году опубликовала

ликовала расширение Кобола для работы с базами данных. Фирмы-производители СУБД также предлагали различные языки манипулирования данными. Эти языки плохо стыковались друг с другом, потому что сами системы основывались на разных моделях данных. Однако, когда в конце 70-х годов стал преобладать реляционный подход (что это такое, мы скажем позже, когда речь дойдет до истории СУБД), появилась возможность создать унифицированный язык реляционных баз данных. Таким языком стал SQL (Structured Query Language – структурированный язык запросов), разработанный в 1974 году в исследовательском центре IBM в Сан-Хосе. В настоящее время SQL является общепризнанным стандартом языка баз данных, он реализован во всех промышленных СУБД различных производителей.

Algol и его влияние на языки программирования

Язык Algol (ALGOritmic Language) родился одновременно с Коболом, и причина его появления та же – недовольство ученых Фортраном и диктатом IBM. Но, в отличие от Фортрана и Кобола, родина Алгола – Европа. В 1958 году в Цюрихе (Швейцария) открылась Международная конференция с 8-ю участниками (в том числе присутствовал и автор Фортрана Джон Бэкус), на которой был предложен проект нового универсального международного языка программирования. Первая версия называлась Algol-58, в течение двух последующих лет язык дорабатывался, в 1960 году на конференции в Париже была принята окончательная версия под названием Algol-60.



Участники парижской конференции голосуют за Алгол-60

Появление Алгола произвело революцию в языках программирования. В отличие от Фортрана и Кобола, создававшихся практиками, он

разрабатывался учеными и основывался на надежном теоретическом фундаменте.

Основные особенности языка сводятся к следующему:

- Впервые язык был строго формализован. Для описания синтаксиса Джоном Бэкусом совместно с датским астрономом Питером Науром была предложена форма задания синтаксических правил (БНФ – Бэкуса-Наура Форма), ставшая впоследствии общепризнанным стандартом для всех языков программирования.
- Был наведен порядок с типами данных и блочной структурой программ, появились обязательные описания данных и процедур в начале блоков, разделители операторов в виде точки с запятой. В целом текст программы приобрел современный вид.
- В язык введена возможность рекурсии, что придало ему теоретическую изящность.

В качестве примера приведем простейшую программу, вычисляющую среднее арифметическое массива чисел (жирным шрифтом в Алголе принято выделять зарезервированные служебные слова):

```
begin  
integer i, n;  
real s;  
real array x[1:n];  
s:=0;  
for i:=1 step 1 to n do  
  s:=s+x[i];  
s:=s/n  
end
```

Похоже на современные языки программирования, правда?

Америка отнеслась к новому языку прохладно, там царствовала ИВМ со своим Фортраном. Зато в Европе, в том числе СССР, Алгол был встречен с восторгом, появилось множество компиляторов, обобщений и расширений языка. В Советском Союзе сразу же после первых публикаций по Алголу-60 начались работы по созданию компиляторов для наиболее распространенной и самой мощной в то время ЭВМ М-20. Поскольку эти работы имели очень большое значение для становления отечественных школ системного программирования, о них следует рассказать подробнее.

К началу 60-х годов в стране имелось три коллектива программистов, способных решить непростую задачу написания компилятора с языка высокого уровня. Первый располагался на родине машины М-20 – в ИТМ и ВТ Академии наук и возглавлялся Святославом Сергеевичем Лавровым (р. 1923). Учитывая ограниченные возможности памяти ЭВМ (всего 4096 слов), авторы компилятора решили упростить задачу, отказавшись от рекурсии и некоторых других трудных для реализации свойств Алгола. Зато их транслятор ТА-1, выпущенный уже в 1962 году, получился достаточно эффективным и быстродействующим, он достаточно широко использовался во многих организациях в европейской части Союза.

Второй коллектив дислоцировался в Институте прикладной математики АН СССР, туда был распределен почти весь первый выпуск учеников А.А. Ляпунова, окончивших в 1954 году мехмат МГУ по специальности «Программирование». Под руководством М. Р. Шура-Буры и Эдуарда Зиновьевича Любимского они решились на реализацию полной версии Алгола. Весной 1963 года компилятор ТА-2 был готов, он справлялся с самыми сложными примерами рекурсивных алгоритмов, но платой за это были худшее быстродействие компилятора и невысокая эффективность кода.

Третий коллектив сформировался в новосибирском Академгородке, куда в 1960 году вслед за А.А. Ляпуновым переехал 28-летний А.П. Ершов, организовавший отдел программирования в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР. Молодежная команда Ершова (И.В. Поттосин, М.М. Бежанова, Г.И. Кожухин и др.) отважилась на разработку первого в мире оптимизирующего компилятора с предложенного ими языка Альфа, представляющего собой Алгол без рекурсий, но зато расширенный комплексными числами и матричными операциями. Успех этого масштабного проекта во многом был определен четкой организацией труда коллектива программистов. По-видимому, это был один из первых в СССР примеров научного управления разработкой промышленного программного обеспечения. В результате законченный к 1965 году Альфа-транслятор получился весьма удобным и эффективным, он широко использовался при написании разнообразных программ на М-20, особенно в сибирских вузах и НИИ.

В целом в первой половине 60-х годов Алгол-60 зарекомендовал себя с положительной стороны, однако скоро начали проявляться и недостатки языка.

Во-первых, Алгол задумывался прежде всего как международный язык для публикаций алгоритмов, поэтому авторы исключили из эталонного языка все, что связано с конкретной реализацией, в частности процедуры ввода-вывода. Как выяснилось далее, это было серьезным стратегическим просчетом: в чисто практическом плане Алгол уступал Фортрану, имевшему развитый механизм форматов внешнего обмена.

Во-вторых, набор типов переменных в Алголе был очень ограничен: целые, вещественные и булевские скаляры, одномерные и многомерные массивы. Определение новых типов было невозможно, язык в этом смысле оказался замкнутым. Поскольку на практике требовались другие разнообразные типы – комплексные величины, структуры, – то разрабатывались бесчисленные расширения Алгола, ориентированные на тот или иной класс задач.

В 1962 году за совершенствование Алгола взялась Международная федерация по обработке информации IFIP – International Federation for Information Processing. Она организовала комитет по языку следующего поколения (условное название AlgolX), собрав в нем специалистов с мировыми именами – К. Хоара из британского Оксфорда; Никлауса Вирта из швейцарского Цюриха, ван Вейнгаардена (van Wijngaarden) из Нидерландов и др. Результатом многолетней работы стал Algol-68 (пересмотренная версия была опубликована в 1974 году, но язык сохранил традиционное название Algol-68).

С точки зрения теории Алгол-68 был шедевром точности и стройности. В нем были формализованы не только синтаксис, но и семантика, то есть правила толкования конструкций языка. Допускалось произвольное конструирование новых типов, имелся богатейший механизм форматного вывода и т.д., словом, в языке было все, до чего могла додуматься на тот момент фантазия ученых. Однако ценой этих новшеств была чрезмерная сложность. Перед окончанием работы среди самих авторов языка возник раскол. Некоторые считали, что язык получился слишком громоздким и его нельзя выпускать в свет, но незначительное большинство настояло на публикации. В итоге описание Алгола-68, написанное в предельно формализованном стиле, рядовой программист не мог даже прочитать. Еще большие проблемы возникли с разработкой компиляторов. Некоторое время вообще было непонятно, возможна ли в принципе полная реализация языка. И хотя компиляторы в конце концов были созданы (например, в СССР в середине 1970-х годов коллективом разработчиков из Ленинградского университета под руководством Бориса Константиновича Мартыненко (р. 1938) и Андрея Нико-

лаевича Терехова (р. 1949) был реализован компилятор для ЕС ЭВМ, который успешно использовался в ряде военных организаций и в учебном процессе), время было упущено, практическая значимость Алгола-68 оказалась значительно ниже его потенциальных возможностей.

Несмотря на сравнительно небольшой вклад Алгола в практическое программирование в мировом масштабе, его влияние на развитие языков программирования было огромным. Алгол породил целую плеяду «алголоподобных» языков, некоторые из которых, например Simula и Pascal, пережили своего родителя.

Pascal и его потомки



Автор языка Pascal
Никлаус Вирт
(р. 1934)

Член комитета по Алголу-68 Никлаус Вирт (Wirth, Niklaus; р. 1934) был против принятия переуслож-

ненного стандарта. Когда с ним не посчитались, он в знак протеста в 1971 году разработал новый алголоподобный язык, простой и ясный, предназначенный прежде всего для обучения студентов в Федеральном техническом университете в Швейцарии. В честь изобретателя первой вычислительной машины Вирт назвал язык Паскалем.

Внешний вид программы на базовом Паскале почти неотличим от алгольного:

```
var
  i, n: integer;
  s: float;
  x: array[1..n] of real;
begin
  s:=0;
  for i:=1 to n do
    s:=s+x[i];
  s:=s/n
end.
```

Второе рождение Паскаль пережил в 1984 году благодаря французу Филиппу Кану (Kahn, Philippe; р. 1938), перенесшему его в безбрежный мир персональных компьютеров. Кан родился в Париже, учился в Цюрихе, где глубоко изучил теорию языков программирования, познакомился с языком Паскаль и применил свои знания на практике, разработав для него исключительно скоростной оптимизирующий компилятор Turbo-Pascal. Решив заработать на поприще программирования, Кан сел

на пароход и поехал искать счастья в Америку. Там в местечке Скоттс Вэлли недалеко от Сан-Хосе в Калифорнии он организовал фирму Borland International и, имея всего 20000 долларов, развернул рекламу по продаже компилятора по почте. При этом цена была просто смехотворной – \$49.95, в десять раз ниже, чем у конкурентов. За один месяц было продано 3000 копий, а за 2 года – 300000. Банковские служащие даже заподозрили Кана в почтовом мошенничестве, но были вынуждены извиниться. Так за одну ночь расцвела фирма Borland, прославившаяся высококачественными разработками технологического программного обеспечения на Паскале.



Новую жизнь языку Pascal дал Филипп Кан (р. 1938) – создатель компилятора Turbo Pascal для IBM PC и основатель компании Borland (1984 г.)

Паскаль оказался идеальным языком для обучения программированию и быстро завоевал миллионы поклонников по обе стороны океана, став реальным конкурентом Бэйсику. Что касается использования Паскаля для программирования реальных приложений, то базовая версия языка этого не позволяла – в ней не хватало развитых средств ввода-вывода и модульного программирования. Сам Вирт был против усложнения учебного языка, для практического программирования крупных систем он предложил расширение Паскаля, названное им Modula-2. Однако фирма Borland продолжала совершенствовать Паскаль, с каждой новой версией он становился все мощнее, впитывая, подобно Бэйсику, новые идеи в программировании. В начале 90-х годов в нем появились объекты, пришедшие из языков Simula и Smalltalk, а в середине десятилетия фирма Borland, объединив в одном продукте все достижения своего времени, в том числе концепцию модульного программирования из

Modula-2, вышла на рынок IBM PC с новой визуальной средой программирования Delphi. Этот пакет приобрел очень большую популярность среди прикладных программистов, в том числе в России.



Еще одним потомком Паскаля стал язык Ada (назван в честь Ады Лавлейс). История его появления такова. В 1975 году Министерство обороны США, самый крупный потребитель компьютерных программ, обеспокоенное отсутствием единого порядка и языковой несовместимостью, приняло решение разработать стандартный язык для программирования сложных и ответственных военных приложений. Был объявлен широкий международный конкурс, в котором приняли участие 15 групп разработчиков. В результате нескольких туров в мае 1979 года выявился победитель – французская фирма S.I.L., руководитель проекта Жан Ихбиа (Ichbiah, Jean).

Кроме средств параллельного программирования процессов реального времени, в нем заложены принципы модульного структурирования и раздельной компиляции. Проектирование компилятора для Ады оказалось очень трудоемким делом, к тому же Пентагон поставил очень жесткие условия тестирования – сквозь компилятор должно быть пропущено не менее 2000 различных задач. В 1986 году язык Ада стал обязательным для всех военных разработок США. Аналогичный стандарт принят в НАТО.

В то время, когда в Европе лучшие теоретики работали над Алголом-68, призванном заменить Фортран и Кобол, в Америке разворачивались события вокруг суперязыка PL/1. В 1963 году IBM стала готовить к выпуску систему IBM S/360. Желая сохранить превосходство, фирма приступила к грандиозному проекту создания языка для будущего десятилетия, который бы включал в себя достоинства всех известных языков – Алгола, Кобола, Фортрана и даже Ассемблера. Был создан комитет под руководством

Суперязык PL/1

Руководитель проекта Ada Жан Ихбиа. Снимок сделан на II конференции по истории языков программирования, 1993 г.



Руководитель проекта Ada Жан Ихбиа. Снимок сделан на II конференции по истории языков программирования, 1993 г.

Джорджа Рэдина (Radin, George), в который, кроме специалистов IBM, входили ведущие программисты из фирм Lockheed, Standard Oil и др. Комитет регулярно собирался на совещания в отелях Лос-Анджелеса и Нью-Йорка.

К марту 1964 года была готова спецификация нового суперязыка, названного «скромно» PL/1 (Programming Language One). В отличие от Алгола-68, который глубоко и долго прорабатывался теоретически, PL/1 создавался в спешке и был логически очень рыхлым, представляя собой механическую смесь идей из многих языков. Критики сравнивали его с елкой со множеством украшений или с перочинным ножом в сто лезвий. Вместе с тем в языке было немало чисто практических находок на инженерном уровне, например указатели, макроопределения, механизм обработки исключительных ситуаций и др., что позволяло писать эффективные программы на низком уровне. Позже, при создании компилятора, который делался в лаборатории IBM в Великобритании, язык был существенно упрощен и отредактирован.

Для того чтобы получить представление о синтаксисе PL/1, приведем пример простейшей программы, решающей квадратное уравнение $Ax^2 + Bx + C = 0$. Значения A, B, C считываются с перфокарт (в эпоху PL/1 это было типичное устройство ввода), а комплексные корни $X1 + i Y1$ и $X2 + i Y2$ выдаются на печать.

```
EXAMPLE: PROCEDURE OPTIONS (MAIN);
ON ENDFILE (SYSIN) GO TO ENDING;
P1:GET LIST (A, B, C);
D = B*B - 4*A*C;
E = -B / (A+A);
IF D<0 THEN DO;
  X1, X2 = E;
  Y1 = SQRT(-D) / (A+A);
END;
ELSE DO;
  R = SQRT(D) / (A+A);
  X1 = E+R;
  X2 = E - R;
  Y1 = 0;
END;
Y2 = -Y1;
PUT LIST (X1, Y1, X2, Y2);
```

```
GO TO P1;  
ENDING:;  
END EXAMPLE;
```

В синтаксисе заметно влияние Фортрана и Алгола, что же касается объявления структур, то они явно заимствованы из Кобола:

```
DECLARE 1 DATE,  
2 MONTH CHAR(2),  
2 DAY CHAR(2),  
2 YEAR CHAR(2);
```

Несмотря на теоретическое несовершенство, язык PL/I сыграл исключительно важную роль в практике программирования для машин класса IBM 360/370. В СССР в эпоху АСУ (70–80-е годы) он был основным языком программирования экономических и научно-технических задач на ЕС ЭВМ, а также стандартным языком для обучения программистов. К тому же имеющиеся в PL/I механизмы низкоуровневого программирования (указатели, средства связи с вычислительной средой) позволяли писать весьма эффективные программы. Однако после появления персональных компьютеров популярность языка резко упала. Первые поколения микрокомпьютеров были слишком слабыми для реализации компилятора с PL/I, а когда компьютеры стали достаточно мощными, было уже поздно – нишу PL/I заняли Паскаль и Си.

Simula и Smalltalk – революция в программировании

Одним из специализированных расширений Алгола-60 был язык Simula, разработанный в 1964 году в Норвегии под руководством Дала (Dahl, Ole-Johan; 1931–2002) и Нигарда (Nygaard, Kristen; 1926–2002). Этот язык предназначался для записи алгоритмов моделирования динамических процессов (SIMULATION-моделирование) и приобрел очень большую популярность среди специалистов, вплоть до наших дней он является живым языком имитационного моделирования. Однако историческое значение Simula выходит далеко за рамки специализированного применения, так как в нем впервые появилось революционное для программирования понятие объекта. В языке Simula объекты были еще специализированными, а в новой версии языка Simula-67 понятие объекта было обобщено и ему придан универсальный характер.

Идея объекта далеко не сразу завоевала компьютерный мир. Первым масштабным проектом, воплотившим принцип объектно-

ориентированного программирования, был проект Alto, реализованный в 1973 году под руководством Алана Кея в Xerox PARC, о котором мы говорили во второй главе. Программную часть проекта Alto составили язык и система программирования Smalltalk – «разговорчик», развивающие принципы Simula-67 и коренным образом отличающиеся от всего, что было ранее.

Известные языки (Фортран, Алгол, Кобол, PL/I и др.) основывались на концепции «данные – процедуры», то есть были процедурно-ориентированными. Smalltalk был первым языком, основанным на концепции «объекты – сообщения», то есть объектно-ориентированным. С точки зрения языка компьютер представляет собой среду, населенную объектами, которые посылают друг другу сообщения. Каждый объект – это как бы микроскопический компьютер со своей памятью (переменные объекта) и своей системой команд (методы объекта).

Для общения с пользователем в системе были впервые применены особые графические объекты – окна, а для управления ими использовался придуманный Дугласом Энгельбартом в 1964 году манипулятор «мышь». Язык шлифовался в течение нескольких лет, в 1980 году появилась версия Smalltalk/V, которая и на сегодняшний день является недостижимым абсолютным идеалом объектного программирования.

Для знакомства с внешним видом Smalltalk приведем пример программы, которая вводит, сортирует по возрастанию и выводит массив из 5 чисел:

```
|a|
a := Array new: 5.
1 to: 5 do: [:i | a at: i put:
  (Prompter prompt: 'Введите элемент массива')
asNumber].
a := a asSortedCollection.
a do: [:i | Transcript putAll: i printString].
```



За разработку языка Simula Кристен Нигард (1926–2002), на снимке слева, и Оле-Йохан Дал (1931–2002) были удостоены высшей награды компьютерного сообщества – медали Тьюринга

Проект Smalltalk был прорывом в будущее, опередившим свое время на 10–20 лет. Хотя фирма не сумела извлечь из него коммерческую выгоду, могучие идеи проекта имели далекие последствия. После посещения руководством Apple в 1979 году центра PARC в мир ПК были брошены принципы графического оконного интерфейса, а идеи объектности стали завоевывать все современные языки программирования. В 1980 году появился «Си с объектами», позднее переименованный в C++; начиная с версии 5.5 объекты вошли в Паскаль; объектным стал Visual Basic; в 1995 году со скоростью эпидемии распространился 100% объектный Java и т.д.

Вместе с тем возможности оригинального Smalltalk до конца не исчерпаны. Удивительная стройность, логичность, изящность этой системы программирования, как нам представляется, еще долго будут служить источником идей для других систем. На Smalltalk обратила внимание фирма IBM, она включила его в список базовых языков программирования.

С – язык для профессионалов

Язык C (по-русски Си) был создан Деннисом Ричи (Ritchie, Dennis M.; р. 1941) в 1973 году в Bell Labs в ходе разработки операционной системы UNIX, о которой мы будем говорить в следующем параграфе. Обычно для того, чтобы добиться максимальной эффективности, ядро ОС писали на языке ассемблера. За это приходилось платить узкой специализированностью: при переходе на новый тип процессора программы переписывались полностью. Авторы UNIX задумали ее как переносимую систему и решили написать ядро в основном на языке высокого уровня. Си прекрасно справился с этой задачей, на нем написано около 90% кода UNIX. Секрет в том, что, будучи в целом языком высокого уровня, Си через указатели и средства связи с ОС позволяет очень гибко управлять процессом компиляции и исполнения программ. Эти качества, а также компактность сделали Си любимым языком программирования для системных программистов.

Поскольку UNIX была некоммерческой системой, язык Си вместе с ней разошелся по всем университетам мира. Исходная версия языка



Автор языка Си
Деннис Ричи
(р. 1941)

Поскольку UNIX была некоммерческой системой, язык Си вместе с ней разошелся по всем университетам мира. Исходная версия языка

была реализована на мини-ЭВМ PDP-11, однако впоследствии компиляторы появились практически для всех аппаратных платформ.

Язык Си отличает очень лаконичный синтаксис. Вот как выглядит, например, известная нам программа сортировки пяти чисел:

```
float A[5];
for(int i=0;i<5;i++)scanf("%f",&A[i]);
i=0;
while(i<4){
if(A[i]<=A[i+1])i++;
else{
z=A[i];
A[i]=A[i+1];
A[i+1]=z;
i=0;
}
};
for(i=0;i<5;i++)printf("%f\n",A[i]);
```

«Чистый» Си до сих пор очень широко используется системными программистами для создания приложений, сравнимых по эффективности с программами, реализованными на языке Ассемблера, однако истинную славу этому изящному и компактному языку принесли его объектно-ориентированные потомки C++, Java и C#.

В начале 80-х годов другой сотрудник Bell Labs Бьярн Страуструп (Stroustrup, Bjarne; р. 1950) на основе синтаксиса Си разработал универсальный объектно-ориентированный язык программирования C++. Он



Бьярн Страуструп (р. 1950) ввел в язык С объекты и превратил его в C++

является надмножеством (расширением) языка Си, поэтому программы, написанные на Си, могут обрабатываться компиляторами C++. Новый язык приобрел широкую популярность из-за своей мощи, компактности и универсальности. В нем реализованы все самые смелые идеи объектного программирования, например множественное наследие. Как всякий объектный язык, C++ является неограниченно расширяемым. В нем можно описывать новые классы объектов и операции над ними, тем самым создается потенциальная возможность в рамках единого синтаксиса и единой технологической среды иметь множество специализированных языков программирования (вот она, реализованная мечта разработчиков Алгола-68!). Язык широко используется на практике, для него несколькими фирмами, в том числе Borland, предлагаются прекрасные технологические среды, созданы библиотеки стандартных классов для самых различных областей применения. К концу XX века C++ стал стандартным языком профессионального программирования.

В самом начале нового XXI века появился еще один преемник C под названием C# (читается «си шарп»; музыкальный знак диэза намекает на повышение возможностей базового языка). Он был предложен фирмой Microsoft как оружие в конкурентной борьбе против победного шествия языка Java, о котором мы будем говорить далее. По словам разработчиков, C# вообрал в себя все лучшее из таких популярных языков, как Си++, Visual Basic, Java и Object Pascal. Он обеспечивает быструю разработку, в то же время позволяет писать эффективный код. Более того, фирма заявила, что C# – первый язык, в котором реализована принципиально новая концепция компонентного программирования, в которой программной единицей становится не объект, а компонент, представляющий собой готовое приложение, распространяемое по компьютерной сети. Вопрос о том, действительно ли компонентное программирование представляет собой смену парадигмы, или это – некоторая эволюция ставшего уже традиционным объектного программирования, на сегодняшний день является дискуссионным. Ответ на него даст время.

Java – дитя интернета

Начиная с конца 1995 года весь компьютерный мир был захлестнут лавиной рекламных сообщений, серьезных публикаций и просто слухов вокруг модной новинки – языка программирования Java («Джава»-кофе), предложенного компанией Sun Microsystems. Согласно уверениям разработчиков, через несколько лет Java должна была вытеснить все суще-

ствующие языки программирования на всех типах компьютеров – от встроенных в бытовые приборы микропроцессоров до суперсистем.

Прошло несколько лет, пыль улеглась, теперь можно спокойно обсудить феномен Java, его достоинства и недостатки.

Язык Java возник в ходе реализации проекта Oak («Дуб»), целью которого было создание системы программирования бытовых микропроцессорных устройств. После того как эта идея потерпела неудачу, руководитель разработки Джеймс Гослинг (Gosling, James) предложил использовать имеющийся задел, переориентировав его на интернет. Когда на смену статичным Web-страницам пришли разнообразные приложения – от прыгающих фигурок до серьезных и ответственных клиентских программ электронной торговли, встал вопрос о выборе языка для сетевого программирования. Требования изначально были очень высокими: язык должен быть аппаратно независимым, так как в сеть включены самые разнообразные компьютеры; безопасным, чтобы загружаемые по сети программы не могли выступить в качестве троянского коня для хакеров; компактным и эффективным, не предъявляющим чрезмерных требований к аппаратуре; универсальным и т.п.

Язык Java в значительной степени удовлетворяет всем эти требованиям. В качестве прототипа разработчики использовали C++, сохранили его синтаксис и объектность, но очистили от излишних сложностей и опасных с точки зрения безопасности возможностей, таких, как множественное наследие и указатели.

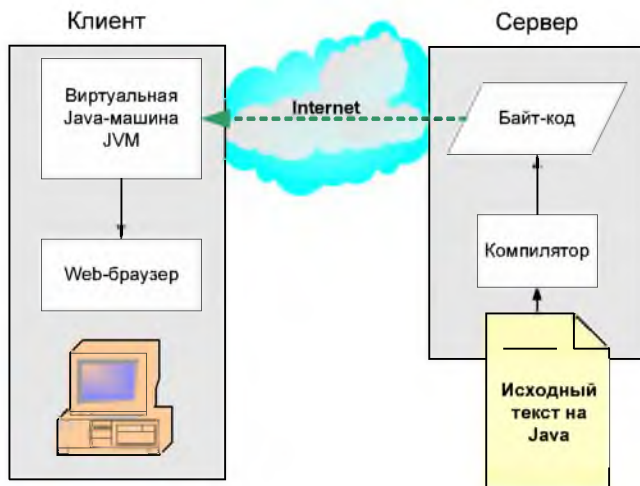


Под руководством Джеймса Гослинга на базе проекта Oak был разработан язык Java

Достаточно одного взгляда, чтобы увидеть сходство программ на C++ и Java, однако текст Java немислим без описаний классов, он более чист с точки зрения объектности. Вот как выглядит на Java программа вычисления среднего арифметического массива чисел:


```
class test
{
    int i, n;
    float s;
    float x[n];
    public static void main( String args[] )
    {
        n = 10;
        s = 0;
        for( i=1; i<=n; i++)
        {
            s = s + x[i-1];
            s = s / n;
        }
    }
}
```

Сетевые программы на Java, называемые апплетами, то есть «приложеньцами», выполняются в два этапа. Сначала исходный текст компилятором переводится на промежуточный аппаратно-независимый язык. В таком виде полуфабрикат программы (байт-код) хранится на интернет-сервере, откуда по запросу клиента пересылается ему по сети.



Java-технология

У клиента байт-код выполняется специальным интерпретатором, называемым *виртуальной Java-машиной*, он встроен во все современные браузеры. Предполагается, что в перспективе Java-машины будут иметься во всех устройствах, подключаемых ко всемирной сети, – сетевых терминалах, сотовых телефонах, разнообразных бытовых приборах. Тогда эти устройства смогут взаимодействовать друг с другом и обеспечивать высокий уровень сервиса.

В настоящее время технология Java еще не совсем устоялась, идут споры о едином стандарте, при этом противоречия доходят до уровня судебного разбирательства. В течение нескольких лет тянулся судебный спор между корпорацией Microsoft, попытавшейся «улучшить» язык применительно к своему браузеру Internet Explorer, и фирмой Sun, отстаивающей свои права на «чистый» Java. Microsoft этот спор проиграла, однако с поражением не смирилась и в качестве ответного хода выступила в 2000 году с инициативой .NET (читается «дот нет»). Конечная цель этой инициативы такая же, как у технологии Java – обеспечить единую среду для компонентного сетевого программирования, когда готовые модули (компоненты), реализованные в различных местах, могут загружаться по сети и исполняться на различных аппаратных платформах. При этом .NET идет дальше: предполагается возможность использования не единственного языка Java, а многих, в частности разработанного и активно продвигаемого Microsoft перспективного языка C#, а вместо медленной интерпретации компонента виртуальной Java-машиной предлагается его быстрая и оптимизированная к условиям конкретного компьютера компиляция в момент загрузки (Just-In-Time).

По-видимому, в ближайшие годы нам предстоит стать свидетелями «битвы гигантов» на поле технологий сетевого программирования. Кто бы в ней не победил, в конечном счете в выигрыше окажутся программисты, получающие инструмент удобной, быстрой и надежной разработки своих приложений.

Долгожитель Lisp – инструмент функционального программирования

технологическом институте на теоретическом фундаменте так называемого лямбда-исчисления, предложенного еще в 1930 году известным американским логиком Алонзо Черчем (Church, Alonzo).

Lisp (LISt Processing – обработка списков) – еще один долгожитель, наряду с Фортраном и Коболом, в семье языков программирования. Язык создан в 1960 году Джоном Маккарти (McCarthy, John; p. 1927) в Массачусеттском



Джон Маккарти (р. 1927)
и А.П. Ершов

Как следует из названия, обрабатываемым объектом в языке является список, а программа на Лиспе – последовательность вызовов функций; нет ничего, кроме вызовов функций. Поэтому программирование на таком языке называется *функциональным*. Вызов функции – это список вида

(<имя-функции> <аргумент-1>
<аргумент-2>...<аргумент-n>)

В Лиспе очень широко используется рекурсия, в целом это – вероятно элегантный с математической точки зрения язык, его совершенствовать почти невозможно, однако программа на нем имеет необычный внешний вид из-за большого количества скобок. Вот, например, как выглядит простейшая программа вычисления среднего арифметического чисел 8, 5, 13, 11, 10:

```
(setq L `(8 5 13 11 10))
(defun sum (L)
  (cond ((null L) '0)
        (t (add (car L) (sum (cdr L))))))
)
)
(div (sum L) '5)
```

В первой строке создается список L из пяти элементов, штрихи обозначают константы, в данном случае выражение в скобках есть сам список и его не нужно интерпретировать как вызов функции.

Затем задается рекурсивное определение новой функции суммирования элементов списка (sum L) через примитивные функции:

cond – условная функция, проверяющая с помощью функции null пустоту списка;

add – суммирование аргументов;

car – извлечение первого элемента из списка;

cdr – извлечение остатка списка (без первого элемента).

Последняя строка вызывает примитивную функцию деления, причем в качестве делимого выступает результат вызова функции суммирования (sum L).

Сразу после появления Лисп стал очень популярным прежде всего как язык для решения логических задач. Он очень легко реализуется на аппаратном уровне, в настоящее время специализированные Лисп-процессоры широко используются в системах искусственного интеллекта для военных применений, например, в системах самонаведения крылатых ракет. Более того, Лисп, несмотря на некоторую громоздкость, широко применяется в США как вычислительный язык, уступая по распространенности только Фортрану. В частности, в знаменитой системе автоматизированного проектирования AutoCAD используется диалект Лиспа под названием AutoLisp.



Лисп-машина в музее Массачусетского технологического института. Фото автора, 2004 г.

Prolog – несбывшаяся мечта ЭВМ V поколения

В качестве эпиграфа к этому разделу приведем выдержку из предисловия Патрика Уинстона к учебнику по Прологу: «В Средние века знание латинского и греческого языков являлось существенной частью образования любого ученого. Ученый, владеющий только одним языком, неизбежно чувствовал свою неполноценность... Таким же неполноценным ощущает себя исследователь в области искусственного интеллекта, если он не обладает основательным знакомством как с Лиспом, так и с Прологом – этими двумя основополагающими языками искусственного интеллекта, без знания которых невозможен более широкий взгляд на предмет исследования».



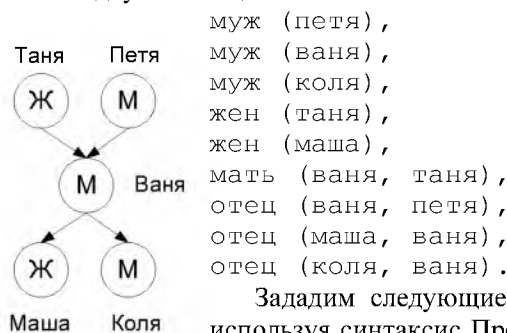
Роберт Ковальский (слева) и Ален Кольмари

Язык Prolog (PROgramming for LOGic – программирование для логики) был создан в Европе в начале 70-х годов. Теория была разработана в Эдинбурге (Великобритания) Робертом Ковальским и Маартеном ван Эмденом, первая реализация осуществлена Аленом Кольмари (Colmerauer, Alain) из Марселя (Франция).

В отличие от всех предыдущих языков, включая Лисп, Пролог не является алгоритмическим языком, то есть он не описывает КАК нужно получить результат. Он является *декларативным* языком, то есть показывает ЧТО дано и ЧТО нужно получить.

Программа на Прологе состоит из *фактов* некоторой предметной области и *правил*. Интерпретирующая система сама делает логический вывод, то есть применяет правила к фактам, для этого используется аппарат математической логики (логика предикатов первого порядка).

В качестве примера рассмотрим простейшую предметную область родственных отношений между пятью членами семьи – тремя мужчинами и двумя женщинами. Эта схема описывается девятью фактами:



Зададим следующие очевидные правила родства, используя синтаксис Пролога. Знак «:-» символизирует «есть по определению», запятая означает одновременное выполнение нескольких высказываний, а два исключаящих друг друга знака < и > заменяют знак неравенства.

```

родитель (X, Y) :- отец (X, Y)
родитель (X, Y) :- мать (X, Y)
дед (X, Y) :- родитель (X, Z), отец (Z, Y)
брат (X, Y) :- муж (Y), родитель (X, Z),
родитель (Y, Z), X<>Y

```

Вводя текст фактов и правил в Пролог-систему, можно задавать ей вопросы. Диалог пользователя с системой выглядит следующим образом (справа от вопроса на Прологе приведена его расшифровка на естественном языке):

```

GOAL> дед (коля, X) Кто дед Коли?
X = Петя

```

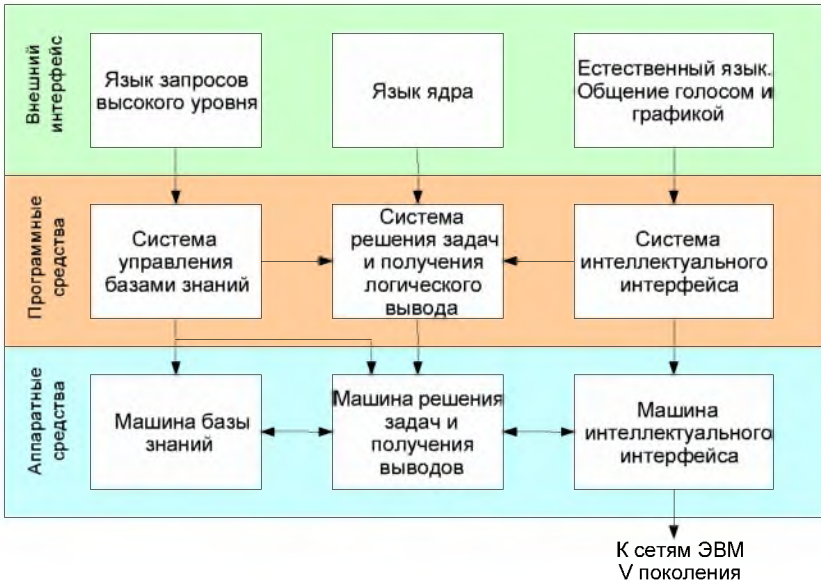
```

GOAL> брат (маша, X) Кто брат Маши?
X = Коля

```

Пролог – очень мощный и красивый язык, с ним в 80-е годы были связаны очень большие надежды. Речь идет о весьма амбициозном проекте ЭВМ пятого поколения, заявленном Японией в 1981 году и разрекламированном в печати под названием «Японский вызов». Предполагалось, что в 1980–90-х годах будут созданы компьютеры, имеющие принципиальные отличия от всех предыдущих:

- новая технология производства микросхем, знаменующая переход от кремния к арсениду галлия и дающая возможность на порядок повысить быстродействие основных логических элементов;
- новая архитектура (не фоннеймановская);
- новые способы ввода-вывода информации – распознавание и синтез речи и образов;
- отказ от традиционных алгоритмических языков программирования (Фортрана, Алгола и т.п.) в пользу декларативных;
- ориентация на задачи искусственного интеллекта с автоматическим поиском решения на основе логического вывода.



Структура ЭВМ V поколения

В основу программного обеспечения будущих ЭВМ предполагалось положить язык Пролог, а всю архитектуру ориентировать на реализацию алгоритмов логического вывода.

К сожалению, этому проекту не суждено было сбыться. Основная причина – не удалось добиться эффективной аппаратной интерпретации Пролога. Отпущенное время истекло, а нетрадиционная элементная база и архитектура компьютера до сих пор не вышли из стадии экспериментов. Задача создания нового, революционного поколения компьютеров явно откладывается на XXI век.

Logo – язык для самых маленьких

В заключение этого параграфа мы рассмотрим еще один алгоритмический язык, предназначенный не для «настоящего» программирования, а для обучения детей. Язык Logo был изобретен выдающимся математиком и педагогом Сеймуром Пейпертом (Papert, Seymour; р. 1928). Пейперт родился и вырос в Южной Африке, учился в Кембридже, а в 1958–1963 годах работал в Женеве у знаменитого психолога Жана Пиаже (Piaget, Jean), где занимался детьми и природой их мышления.

Перейдя на работу в Массачусетский технологический институт, он поставил задачу создать такую среду общения человека с компьютером,



Сеймур Пейперт (р. 1928) получает степень почетного доктора Софийского университета (фото 1999 г.)

которая была бы доступна даже ребенку. Как известно, дети очень любят рисовать. Отталкиваясь от этого тезиса и взяв за основу язык Lisp, Пейперт в 1967 году создал гениальную в своей простоте систему программирования Logo, в которой операторы языка управляют движениями виртуальной (т.е. воображаемой) черепашки, ползающей по экрану компьютера и оставляющей за собой видимый след. Ребенок, начиная с возраста 5–6 лет, рисуя черепашкой с помощью команд «вперед на столько-то шагов», «вправо на столько-то градусов» и им подобных забавные картинки, сам не

осознавая того, постигает фундаментальные понятия цикла, подпрограммы, рекурсии и т.д.

Вот пример простейшей рекурсивной программы на русифицированном Logo, рисующей спираль из отдельных дуг окружности:



```
это дуга :шаг :число_шагов
повтори :число_шагов
[вперед :шаг направо 10]
конец
```

```
это спираль :шаг
если :шаг < 1 [стоп]
дуга :шаг 18
спираль :шаг / 2
конец
```

У Сеймура Пейперта нашлось очень много последователей на всех континентах Земли. Эксперименты, проведенные с тысячами детей, показали удивительные результаты. Работа с компьютером в среде Logo стимулирует творческие способности, развивает абстрактное мышление. Сама среда Logo постоянно совершенствуется. Современная реализация системы для Wintel и Macintosh под названием MicroWorlds – ЛогоМиры имеет еще более широкие возможности программирования: можно управлять сразу несколькими черепашками, цветом, звуком, создавать мультипликации и т.д. Она представляет собой универсальную учебно-развивающую среду, то есть открыта для занятий любым школьным предметом.

Уроки истории

Итак, какие общие выводы можно сделать из рассказанных историй о развитии конкретных языков программирования?

Первое. Программирование в целом значительно более консервативно, чем аппаратная часть компьютера. Фундаментальные идеи рождаются очень редко – раз в 10–15 лет. За прошедшие полвека было предложено пять основных концепций программирования:

1) процедурное программирование, реализованное в языках Фортран, Кобол, Алгол, Паскаль и т.п.;

2) объектно-ориентированное программирование (ООП), в кристально чистом виде реализованное в языке Smalltalk и в смеси с процедурным программированием присутствующее во всех современных языках – Object Pascal, Visual Basic, C++, Java;

3) визуально-событийное программирование, являющееся развитием ООП в части работы с особыми классами визуальных объектов (пиктограммами, кнопками, диалоговыми окнами), реагирующими на различные внешние события – щелчок или перетаскивание мышью и т.п.

Оно реализовано в визуальных технологических средах Delphi, Visual Basic, Visual C++, Visual Java, Visual FoxPro и др.;

4) функциональное программирование, представленное языком Lisp;

5) логическое программирование, положенное в основу языка Prolog.

Поэтому будущему профессиональному программисту чрезвычайно важно изучать классику.

Второе. Новые идеи в программировании часто рождаются не в результате инженерного прозрения, а на основе фундаментальных математических теорий; такова судьба Лиспа, Пролога, Лого. Поэтому системный программист обязан быть хорошим математиком.

Третье. Самый хороший и элегантный язык ничего не стоит без реализации, которая должна быть эффективной. Вспомним, например, как Филипп Кан удачной реализацией дал вторую жизнь Паскалю. Построение же эффективного транслятора (компилятора или интерпретатора) невозможно без глубокого знания теории формальных языков и методов трансляции.

§ 3.3. Операционные системы

Операционная система (ОС) – важнейшая часть системного программного обеспечения. ОС – это совокупность программ, организующих и обслуживающих вычислительный процесс на ЭВМ. Без ОС немислима работа компьютера. Собственно говоря, современный пользователь не видит саму машину, он общается только с ОС. Однако так было не всегда. Операционные системы прошли длительный и сложный путь эволюции, анализ этого пути исключительно полезен для понимания современного состояния и тенденций развития ОС.

50-е годы: человек-оператор

Вернемся к истокам вычислительной техники. 50-е годы – время ЭВМ первого поколения. Машины тогда были громоздкими сооружениями, занимавшими целые здания вычислительных центров (ВЦ). В полумраке главного машинного зала тысячами огоньков светились электронные лампы, гудели мощные вентиляторы, подававшие потоки охлажденного воздуха на многометровые стойки с ячейками ЭВМ. В

середине зала возвышался центральный пульт управления. Он внешне походил на пульт управления электростанцией или прокатным станом, насчитывал сотни клавиш, кнопок, переключателей и индикаторных лампочек.

Разобраться во всем этом хозяйстве мог только специально подготовленный человек. В первые годы, когда машины только учились считать, ими управляли сами программисты. Каждому пользователю отводилось определенное время, стоимость одного часа машинного времени в России примерно равнялась месячной зарплате инженера. Программист садился за пульт и оставался с машиной один на один. Никаких операционных систем и файлов на диске – «все свое ношу с собой». Первое его действие за пультом – нажатие кнопки «Стирание ОЗУ», затем в пустую машину вводилась колода перфокарт и управление передавалось в ячейку с адресом 0001. Когда программа заканчивала работу, машина останавливалась и загоралась лампочка «Останов», а если возникала особая ситуация – деление на ноль или переполнение, – то вспыхивала лампочка аварийного останова «Авост». Вот и все управление вычислительным процессом.

В таких условиях отладка программ была очень медленным и малопродуктивным делом. Пока программист думал, почему произошел останов, машина простаивала, драгоценное время тратилось впустую. В самом начале 50-х годов это было еще терпимо, но скоро политика открытых дверей себя изжила. Машин было еще мало, а программистов стало очень много, буквально каждая минута машинного времени была на счету. Думать за пультом ЭВМ стало недопустимой роскошью. Двери машинных залов наглухо закрыли, туда допускались только люди с экзотической и престижной профессией «оператор ЭВМ».

Программист заранее продумывал и планировал все действия по отладке программы, писал подробную инструкцию оператору и вместе с колодой перфокарт сдавал ее диспетчеру вычислительного центра. Диспетчер в соответствии с приоритетами формировал «живую очередь» заданий, укладывал колоды друг за другом в специальные длинные и узкие ящики и относил их в машинный зал оператору.



Программисты за пультом управления ЭВМ

Работа оператора была невероятно напряженной. Подходя к ящику с заданиями, он брал очередную колоду, вставлял ее в считывающее устройство, затем в соответствии с инструкцией набирал на пульте команды, записывал показания лампочек, сматывал в рулон выдачу с печатающего устройства и вместе с отработанной колодой складывал все в ящик для пропущенных задач, который возвращался назад в диспетчерскую ВЦ.

Несмотря на все старания оператора, избежать потерь машинного времени все равно не удавалось. Пока он бегал от ввода к выводу, машина простаивала. К тому же оператор часто допускал ошибки, поэтому естественной и необходимой стала постановка задачи об автоматизации труда операторов.

60-е годы: от автооператора до пакетных ОС с мульти- программированием

Первые операционные системы для автоматизации работы оператора ЭВМ назывались *автооператорами*, *мониторными системами* или *супервизорами*. Они появились вместе с машинами второго поколения в начале 60-х годов. Для их реализации в

конструкцию ЭВМ пришлось внести изменения: при окончании программы или исключительной ситуации происходил не физический останов, а *прерывание (interrupt)* – принудительная передача управления мониторной программе, которая постоянно хранилась в защищенной области памяти (еще одно новшество в конструкции ЭВМ) и не стиралась перед вводом новой программы.

Вместо того чтобы бегать с каждым новым заданием к читающему устройству, операторы стали складывать колоды перфокарт, соответствующие отдельным заданиям, в *пакеты* заданий. Каждое задание снабжалось управляющими картами, задающими правила поведения автооператора на специальном языке управления заданиями (Job Control Language – JCL).

Основные понятия пакетной ОС – *задание* и *задача*.

Задание (job) – та самая колода перфокарт, которая передана программистом на ВЦ. Задание содержит: 1) карты управления заданием на языке JCL, 2) программу на любом языке программирования, 3) исходные данные к программе.

Задача (task) – вычислительный процесс, требующий определенных ресурсов (процессора, памяти). Одно задание состоит, как правило,

из нескольких задач, например компиляция модулей программы, редактирование межпрограммных связей, исполнение программы, печать результатов.



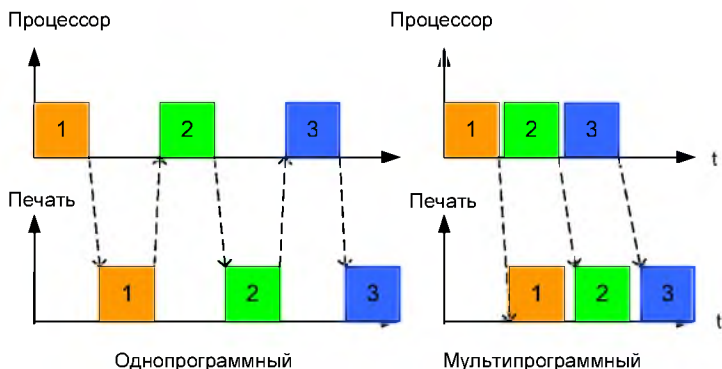
Пакеты целиком загружались в читающее устройство, операционная система поодиночке считывала задания из пакета и сама организовывала последовательное исполнение задач каждого задания.

Появление первых однопрограммных пакетных операционных систем резко увеличило коэффициент полезного действия ЭВМ. Были устранены внешние простои из-за оператора, однако обнаружились другие – внутренние.



Загрузка пакета заданий в читающее устройство

На рисунке слева изображена загрузка двух блоков компьютера – процессора и устройства печати – при последовательном решении трех задач в обычном однопрограммном режиме. Каждая новая задача ждет окончания предыдущей, поэтому ресурсы ЭВМ используются неэффективно.



Для того чтобы уменьшить внутренние простои, был предложен режим *мультипрограммирования (multiprogramming)*, реализованный в пакетных операционных системах 60-х годов.

В мультипрограммной ОС в память машины сразу загружается пакет заданий. Система сама разбирается с ними и самостоятельно организует вычислительный процесс. Основные функции пакетной ОС сводятся к следующему:

1) управление заданиями: формирование очередей, образование задач. Этим занимается компонент ОС, называемый *главным планировщиком*;

2) управление задачами – выделение им ресурсов, защита задач друг от друга, обработка прерываний. Это – прерогатива *супервизора ОС*;

3) управление файлами. При решении сложных задач невозможно все необходимые для их работы внешние данные (библиотеки стандартных программ, промежуточные результаты) каждый раз носить с собой. Поэтому в ОС образовался отдельный компонент, ответственный за коллективное хранение данных на внешних устройствах – *система управления файлами*.

Легко усмотреть аналогию между операционной системой ЭВМ и системой управления промышленным производством: главный плани-

ровщик соответствует плановому отделу, супервизор – диспетчерскому отделу, а система управления файлами подобна складскому хозяйству. Как мы уже отмечали, эта аналогия очень глубока и продуктивна, так как позволяет использовать в алгоритмах ОС математические модели и методы, разработанные для организации производства.

На протяжении 60-х годов шло непрерывное совершенствование мультипрограммных ОС, развивалась их теория, накапливался бесценный практический опыт. Высшим достижением в этой области можно считать OS/360 MVT (Multiprogramming with Variable number of Tasks – мультипрограммирование с переменным числом задач), созданную IBM для знаменитой серии машин третьего поколения. Разработка системы и сопровождающего базового программного обеспечения потребовала многих тысяч человеко-лет труда квалифицированных системных программистов, она отлаживалась и шлифовалась не один год; создав ее, IBM стала лидером по производству больших программных систем.

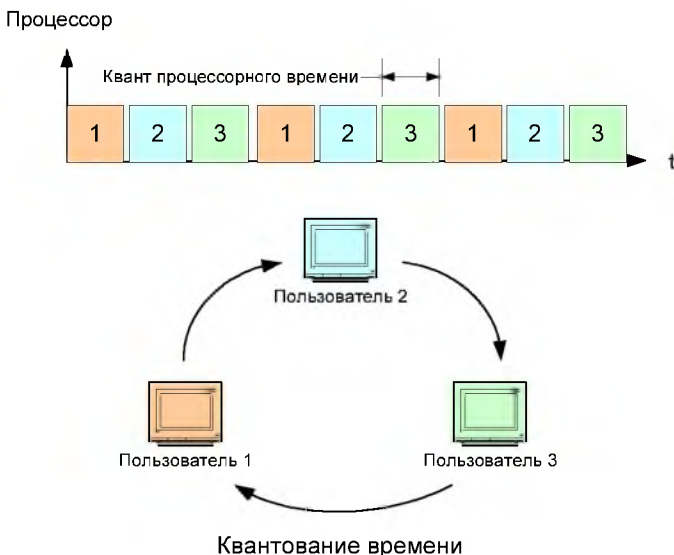
70-е годы: диалоговые ОС с разделением времени

Пакетные ОС 60-х годов заботились лишь об одном – экономии ресурсов компьютера. О программистах никто не думал, оплата их труда не шла ни в какое сравнение со стоимостью машинного времени. Из-за закрытости ВЦ программу в лучшем случае удавалось пропускать через машину 1–2 раза в сутки, программисты с тоской вспоминали о 50-х годах, когда двери машинных залов были для них открыты.

Возникла проблема – нельзя ли так организовать вычислительный процесс, чтобы, с одной стороны, каждый пользователь имел бы неограниченный доступ к машинным ресурсам, а с другой – эти ресурсы использовались бы с высоким КПД (в 70-е годы ЭВМ были все еще очень дорогими).

Выход был найден в принципе *разделения времени* (русское сокращение РВ, английское TS – *time sharing*), предложенным профессором Джоном Маккарти, уже известном нам в качестве автора языка Lisp. В соответствии с этим принципом на ЭВМ одновременно запускалось несколько задач, каждая из них последовательно получала квант времени. К каждой задаче привязывалось устройство общения с пользователем (вначале телетайп, потом появились дисплей) и выделялась своя область памяти. В результате у каждого пользователя складывалось впечатление, что он один работает с компьютером. То есть на аппаратуре одной ЭВМ средствами операционной системы организуется

несколько воображаемых – *виртуальных* – машин. Естественно, реальная ЭВМ должна быть достаточно мощной, для того чтобы вместить все виртуальные машины.



Просто было только на бумаге. На практике возникло множество проблем, потребовался длительный период времени, прежде чем системы с разделением времени стали реальностью. В своем развитии они прошли несколько стадий.

Экспериментальная стадия. Родина систем РВ – Массачусетский технологический институт (МТИ). Идея Джона Маккарти, высказанная им еще в 1959 году, была впервые реализована в 1961 году, когда под руководством адъюнкт-профессора Фернандо Корбато (Corbato, Fernando; р. 1926) была создана экспериментальная ОС РВ для ЭВМ IBM-7090 под названием CTSS (Compatible Time Sharing System). В результате опытов с ней родился замысел крупномасштабного проекта создания вычислительной системы коллективного пользования MAC (Multiplexed Access Computer), который реализовывался совместно с Bell Laboratories и General Electric при финансовой поддержке Агентства перспективных исследований (Advanced Research Projects Agency – ARPA) Министерства обороны США. Следует сказать, что это агентство сыграло выдающуюся роль в развитии информационных технологий,

в частности в создании компьютерных сетей, о чем мы будем более подробно говорить в четвертой главе.



г. Кембридж, штат Массачусетс, в котором расположен Массачусетский технологический институт, отделен рекой Чарльз от Бостона

Проект MAC, программным ядром которого была операционная система Multics, осуществлялся в течение многих лет, вплоть до начала 70-х годов; он оказал огромное влияние на всю последующую историю операционных систем как экспериментальный полигон для отработки новых идей. К работе над проектом широко привлекались студенты и аспиранты, все результаты, в отличие от промышленных разработок, широко обсуждались и публиковались. На системе Multics выросло целое поколение системных программистов, в том числе будущий создатель Unix Кеннет Томпсон, автор языка PL/1 Джордж Рэдин и др., она вдохновила Кемени и Курца на создание многопользовательского Бэйсика.

Промышленная стадия. Еще при создании системы CTSS стало совершенно ясно, что для успешной реализации ОС РВ требуется теснейшее взаимодействие программистов-разработчиков ядра ОС и инженеров, производящих модификацию аппаратуры компьютера для работы в режиме разделения времени. Для проекта Multics, например, фирма General Electric поставила специальную технику. Поэтому разра-

ботка промышленных ОС РВ в начале 70-х годов переместилась в фирмы-производители ЭВМ.

Первой ЭВМ семейства IBM S/360, работающей в режиме разделения времени, стала модель 67, выпущенная в 1971 году. Для нее и последующих моделей серии 370 была разработана операционная система OS/VM – Virtual Mashines.

Фирма DEC, вырвавшаяся во второй половине 60-х годов на второе место благодаря изобретению мини-ЭВМ, ответила выпуском ОС RSX-11 для 16-битовой PDP-11 и системы MVS для 32-битовой VAX. Поскольку архитектура мини-ЭВМ намного проще и логичнее, чем у мэйнфреймов, их системы получились дешевле, надежнее и эффективнее, что способствовало постепенному вытеснению мэйнфреймов с рынка.

Когда первые сливки с рынка диалоговых ОС были сняты, выяснилось, что дальнейшее совершенствование их характеристик дается с большим трудом по двум причинам.

Во-первых, разработка эффективных вычислительных систем требует глубоких теоретических исследований. Политика механического наращивания сил и средств здесь не проходит. Концептуально новая идея, основанная на точном математическом расчете, может дать больше, чем труд целой компании программистов.

Во-вторых, реализация таких систем – мучительный и долгий процесс. Из-за высокой сложности алгоритмов, необходимости программирования на уровне машинных команд и трудностей взаимодействия с аппаратурой в реальном времени неизбежны многочисленные ошибки. Отладка систем требует длительного времени и больших средств. Надежная операционная система как марочное вино – должна вызревать в течение многих лет.

Долгая история Unix. Указанные выше обстоятельства объективно привели к тому, что разнообразие промышленных операционных систем, наблюдавшееся в 60-е годы, в течение 70-х резко сократилось. Однако и это разнообразие с точки зрения программистов было излишним. Дело в том, что исполняемые программные модули, как правило, работоспособны только в среде конкретной ОС. С развитием прикладного программного обеспечения стало весьма обременительным разрабатывать варианты программ для различных операционных систем. Идеальной для прикладного программиста была бы единая для различных аппаратных платформ унифицированная операционная система. Долгий

путь к этому идеалу оказался связанным с созданной в Bell Laboratories операционной системой Unix.

Разработка системы не стояла в планах фирмы, это была личная инициатива молодого системного программиста Кеннета Томпсона (Thompson, Kenneth L.; р. 1943). Самая первая однопользовательская версия системы была разработана им в 1969 году для мини-ЭВМ PDP-7, в 1971 году Томпсон реализовал систему на Ассемблере для PDP-11, при этом многие принципиальные черты Unix (принципы мультипрограммирования, организация файлов) были заимствованы им из Multics (сначала система называлась Unics в пику Multics, но затем буквы «cs» превратились в «x»). В 1973 году вместе с Деннисом Ричи, создавшим специально для этого машинно-независимый язык Си, они переписали программы Unix на этом языке, что сразу сделало ее потенциально мобильной. Для переноса системы на другой тип компьютера нужно было переделывать только незначительную часть ядра ОС.

Согласно американским антитрестовским законам, владевшая Bell Laboratories корпорация American Telephone and Telegraph (AT&T) не имела права продавать систему, поэтому Unix безвозмездно разошлась по многочисленным университетам. Благодаря бесплатности, масштабируемости, переносимости и абсолютной открытости (система поставлялась вместе с исходными текстами программ на Си), Unix стала пользоваться огромной популярностью в научном и образовательном мире. Варианты ОС были реализованы практически для всех аппаратных платформ – от 8-разрядных микропроцессоров до супер-ЭВМ Cray. Система непрерывно совершенствовалась на протяжении всех 70-х и 80-х годов, становясь от версии к версии все более мощной и зрелой. Мощный толчок распространению Unix в эти годы дало развитие интернета, для которого общедоступная бесплатная система была находкой.

Однако доступность исходного кода Unix имела и обратную сторону: модификации системы, проводимые в различных организациях, скоро привели к тому, что отдельные версии стали плохо согласовываться друг с другом. Речь шла уже не об одной, а о целом классе Unix-подобных ОС. Кроме бесплатных, различными производителями ЭВМ



Создатель первой версии ОС Unix
Кеннет Томпсон
(р. 1943)

были выпущены коммерческие версии Unix под фирменными названиями. Так, IBM назвала свою систему AIX, Microsoft — Xenix, Sun Microsystems – Solaris и т.д.



Кеннет Томпсон (сидит) и Деннис Ричи перенесли Unix на ЭВМ PDP-11 с двумя телетайпами в качестве терминалов (1971–1973 гг.)

Отечественные ОС с разделением времени. В Советском Союзе интенсивная разработка промышленных операционных систем началась сразу после появления в 1966 году первого «миллионника» – машины БЭСМ-6 с производительностью более миллиона оп./с. Для ЭВМ такой производительности потери процессорного времени из-за работы оператора с внешними устройствами слишком расточительны.

В ведущих программистских коллективах было создано сразу несколько систем с разделением времени для БЭСМ-6. Первая родилась в 1968 году в стенах ИТМ и ВТ, создавшего саму машину. Она носила название «Диспетчер-68» и была разработана под руководством Льва Николаевича Королева (р. 1926). Обновленная в 1970 году версия системы называлась «Новый диспетчер» – НД-70.

Свой вариант ОС разработали в «космическом» Институте прикладной математики (ИПМ) под руководством Э.З. Любимского, фамилия которого уже нами упоминалась в связи с написанием транслятора с Алгола. По утверждениям авторов, ОС ИПМ оказалась схожей с современной Unix.

На основе Диспетчера-68 и НД-70 в нескольких организациях были созданы свои варианты ОС для БЭСМ-6. Так, в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна), где ЭВМ обрабатывала информацию, снимаемую со множества физических приборов, была разработана ОС «Дубна», а в одном секретном институте Челябинска под руководством Владимира Федоровича Тюрина (р. 1937) была создана самая популярная ОС для БЭСМ-6 под названием «Диспак», которая прошла через все модификации машины и работала вплоть до 90-х годов.

80–90-е годы: настольные ОС

Микропроцессорная революция, произошедшая на пороге 80-х годов, существенно изменила подход к операционным системам. Многие проблемы, волновавшие разработчиков ОС для мэйнфреймов, отпали сами собой. Для персонального компьютера не нужна сложная многопользовательская система с разделением времени, само понятие ОС применительно к первым микрокомпьютерам может применяться с большими натяжками.

CP/M. Для первого поколения 8-битовых персональных ЭВМ фактическим стандартом стала простейшая ОС CP/M – Control Program for Microcomputers, написанная в 1976 году Гэри Килдолом (Kildall, Gary; 1942–1994), основавшим в 1984 году вместе со своей женой компанию Digital Research.



Создатель ОС
CP/M Гэри Килдол
(1942–1994)

MS DOS. Когда в 1980 году IBM стала готовить к выпуску IBM PC, у нее еще не было собственных программистов, имеющих опыт разработки программ для микрокомпьютеров. Рассматривались две возможности: либо заказать у авторитетной Digital Research 16-битную версию CP/M, либо придумать что-нибудь совершенно новое. По чисто случайным обстоятельствам переговоры с Килдолом не состоялись (он улетел на собственном самолете на отдых, а его жена отвергла категорическое требование IBM сохранять соглашение в строжайшей тайне), тогда «голубой гигант» обратился к начинающей фирме Microsoft, известной своими интерпретатора-



ми Бэйсика для различных персональных компьютеров. Быстро сориентировавшись в обстановке, молодые предприниматели купили за 50 000 долларов у Тима Паттерсона (Tim Patterson) из фирмы Seattle Computer Products операционную систему Q-DOS (Quick and Dirty – быстрая и грязная), адаптировали ее и выпустили в 1981 году под фирменным названием MS DOS – Microsoft Disk Operating System. Этот заказ имел для Билла Гейтса и Пола Аллена эпохальные последствия – он положил начало многолетнему сотрудничеству с IBM и взлету Microsoft.

MS DOS ожидала удивительная судьба, вместе с компьютерами IBM PC она живет уже более 20 лет. На ней выросло не одно поколение программистов; даже сейчас, в начале нового века, знание этой классической системы считается необходимым для системного программиста.



MS DOS базировалась на Q-DOS, купленной у Тима Паттерсона из фирмы Seattle Computer Products

Система проста и надежна, требует минимум ресурсов, работает на самых слабых процессорах. Вместе с тем она имеет ряд принципиальных недостатков: нет встроенных средств управления расширенной памятью и внешними устройствами, отсутствует графический интерфейс с пользователем. Каждый программист вынужден решать эти задачи по-своему, что сильно усложняет процесс проектирования, установки и сопровождения прикладных программ.

Общение пользователя с системой MS DOS происходит на «птичьем» языке, требующем знания точного синтаксиса нескольких десятков команд. Для того чтобы создать или скопировать файл средствами самой системы, нужно написать в командной строке несколько строк не-

удобоваримого текста. Для облегчения этой работы независимыми производителями были созданы командно-файловые оболочки, позволяющие производить простейшие операции с файлами с помощью клавиш управления курсором. Самая известная из них – Norton Commander, разработанная легендарным программистом эпохи DOS Питером Нортоном (Norton, Peter). На любом снимке тех лет с экрана IBM PC хорошо видны две голубые панели этой исключительно простой и удобной программы. Даже после появления Windows профессиональные программисты предпочитали работать с файлами не стандартными



Классический двухоконный интерфейс системы Norton Commander или ее преемников (например, Far) знаком каждому программисту

средствами, а старой и доброй оболочкой Norton или ее преемником – системой Far. Созданная Нортоном фирма Symantec очень популярна в компьютерном мире благодаря многочисленным вспомогательным программам – утилитам, выполняющим, по меткому выражению некоторых экспертов, функции «огнетушителя, бронезилета и спасательного круга для персональных компьютеров». Недаром личный автомобиль Питера Нортон имеет уникальный номерной знак «Mr IBM PC».

Mac-OS и NeXTSTEP. В предыдущей главе мы уже рассматривали историю появления графического пользовательского интерфейса. Напомним, что первой массовой операционной системой, в которой он был реализован, была Mac-OS, разработанная в 1984 году фирмой Apple для своих «Макинтошей» и основанная на идейном багаже, накопленном за многие годы центром Xerox PARC. Во многом благодаря этой

операционной системе «Маки» в 80-е годы отвоевали значительную долю рынка персональных компьютеров.



Mac-OS версии 1.0 (1984 г.). За 20 лет внешний вид системы почти не изменился

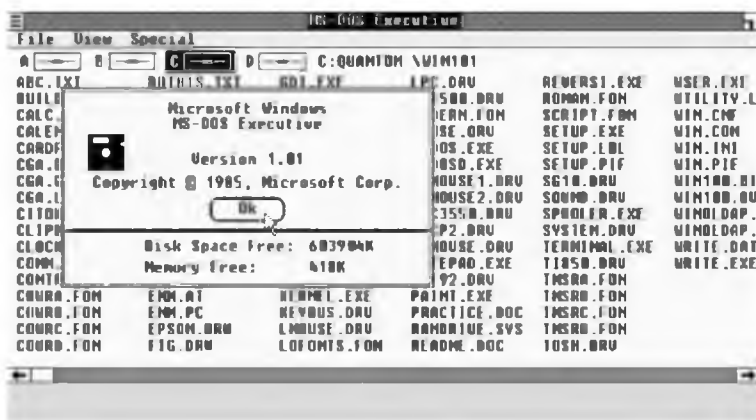
Новый решительный шаг в развитии настольных ОС был сделан лидером Apple Стивом Джобсом после его неожиданного ухода из компании в 1985 году и организации фирмы NeXT Inc. Операционная система NeXTSTEP, выпущенная в 1987 году для компьютера NeXT, была построена совершенно по-новому, с использованием самых передовых идей объектно-ориентированного программирования. Однако этот ре-



ОС NeXTSTEP (1987 г.)

волюционный проект не имел коммерческого успеха, в 1996 году фирма NeXT Inc. была куплена Apple Computer за 425 млн долларов, а Стив Джобс вернулся в родные пенаты, где реализует идеи NeXTSTEP в новых версиях Mac-OS. Самым последним достижением является выпуск в 2001 году операционной системы Mac-OS X. Она построена на основании Unix-подобного ядра, поверх которого запускается графический интерфейс. Это позволяет совместить надёжность, мультизадачность и безопасность Unix с дружелюбностью к пользователям, которой славится Macintosh.

Ранние версии Windows. На фоне графической Mac-OS MS DOS сразу стала выглядеть старомодно. Первый шаг Microsoft – попытка просто купить систему у Apple, но когда последняя отказалась от сделки, Биллу Гейтсу пришлось заняться созданием собственной графической операционной системы для клона IBM PC. Не решаясь разрабатывать совершенно новую ОС, Microsoft на первых порах ограничилась полумерами. В 1985 году вышла графическая оболочка Windows 1.0,



MS Windows версии 1.0 (1985 г.)

которая запускалась под MS DOS как обычная резидентная программа и брала на себя функции управления окнами и организации диалога с пользователем. Однако эта оболочка была очень неповоротливой, на 286-х процессорах она работала с большим замедлением. Версия 2.0 тоже не пользовалась успехом, программисты не желали переписывать приложения DOS под оконный интерфейс. Однако Microsoft продолжала настойчиво дорабатывать и рекламировать систему, с третьей по-

пытки лед недоверия пользователей тронулся, фирма постепенно стала завоевывать авторитет на рынке графических операционных систем, однако это произошло уже в 90-х годах¹.

OS/2 против Windows. Первая половина 90-х годов отмечена ожесточенным противостоянием между двумя недавними партнерами – IBM и Microsoft на рынке операционных систем.

Выйдя в 1987 году на рынок персональных компьютеров с новой серией PS/2, IBM решила удивить мир не только аппаратурой, но и очередным программным суперпроектом. Вместе с машинами готовилась к выпуску принципиально новая 32-разрядная операционная система OS/2 – Operating System/2, которая должна была заменить DOS и превзойти все известные системы, реализовав графический интерфейс, многозадачность, возможность работы в сети. Для того чтобы объединить большой опыт IBM в области разработки ОС для мэйнфреймов с удачными настольными продуктами Microsoft, в рамках стратегического партнерства двух фирм была создана объединенная команда разработчиков, которая приступила к реализации этого замысла. Первые версии OS/2 были выпущены в 1987–1990 годах, но они не имели полноценного графического интерфейса и не оказали существенного влияния на рынок. Потом работы замедлились, потому что Microsoft, у которой стали налаживаться дела с Windows, не проявляла особого рвения в разработке OS/2. Отношения между партнерами стали накаляться, дело кончилось полным разрывом. Стороны договорились о том, что текущая версия системы принадлежит им в равной мере, дальнейшую работу над ее совершенствованием они будут вести самостоятельно и независимо друг от друга.

Прекратив отношения с IBM, Microsoft постаралась выжать все из своей Windows. Версия 3.0, появившаяся в 1990 году, стала пользоваться популярностью, начался массовый перевод приложений под эту операционную систему, тем более что к этому времени подоспели 386-е процессоры, вполне удовлетворяющие аппетиты этой прожорливой ОС. Вместе с Windows росли популярность и богатство самой Microsoft, из второразрядной фирмы она превратилась в могуществен-

¹ Фирма Apple была крайне недовольна тем, что Microsoft использовала детали интерфейса Mac-OS в системе Windows и даже подала на нее в суд. Этот процесс Apple проиграла, и произошло это потому, что ранее суд оказался на ее стороне в споре с Хероx, предъявившей аналогичные претензии. Если бы суд решил по-другому, история ОС могла бы пойти иным путем.

ную и влиятельную корпорацию в компьютерном мире, бросившую вызов самой IBM. Феноменальный успех версии 3.1 (в апреле 1992 года за первые 50 дней было продано свыше миллиона копий) настроил компанию на весьма агрессивное рыночное поведение. Миллионы долларов тратились на рекламу, писались заказные статьи в пользу Windows, что в конце концов приводило к успеху – все новые команды разработчиков проектировали свои приложения с расчетом на эту операционную систему.

На этом фоне действия IBM выглядели вялыми. Графический компонент OS/2 появился только в 1992 году в версии 2.0, система явно отставала от Windows. Хотя развитие OS/2 продолжалось – в 1994 и 1996 годах вышли новые версии 3 (Warp) и 4 (Merlin), и технические свойства системы постоянно улучшались, завоевать рынок настольных систем OS/2 не сумела. Все хвалили ее за надежность, экономность к ресурсам, но ... покупали Windows, потому что рынок пакетов прикладных программ был уже сориентирован на эту систему.



IBM OS / 2 версии 3 (Warp) (1994 г.)

В 1995 году Microsoft, выдержав драматическую паузу и сопроводив этот акт небывалой рекламной шумихой, выпустила на рынок 32-разрядную Windows-95 (кодовое имя Chicago), предназначенную для замены Windows 3.1. По своим техническим возможностям она не представляла собой ничего выдающегося, по крайней мере, по сравнению с OS/2, но зато с точки зрения дизайна это был шедевр. Цвета окон, форма и размеры значков, структура меню – все было сделано с боль-

шим вкусом и умением. Система явно была рассчитана на массового потребителя, имела множество мелких удобств – от автоматической конфигурации внешних устройств (plug-and-play) до набора игр. Рабочий стол Windows-95 стал классическим для второй половины 90-х годов.



MS Windows-95 (1995 г.)

Windows-95 (в 1998 году вышел ее обновленный вариант Windows-98) окончательно вытеснила OS/2 с рынка массовых настольных ОС для платформы Intel, однако остался еще один сектор применения, где позиции OS/2 пока еще оставались сильными. Речь идет о корпоративных профессиональных пользователях, для которых исключительно важна производительность, стабильность и безопасность ОС – те качества, по которым продукция Microsoft подвергалась резкой критике со стороны компьютерной общественности. Однако Microsoft не собиралась уступать конкурентам высокодоходный корпоративный рынок и бросила в битву с ними свой стратегический резерв – операционную систему Windows NT.

Windows NT. Получив в результате развода с IBM еще несовершенную, но безусловно перспективную OS/2, Microsoft доработала ее в соответствии со своими взглядами и выпустила в 1993 году в продажу под наименованием Windows NT 3.1. У покупателя оно сразу вызвало ассоциации с популярной в то время Windows 3.1, а две дополнительные буквы, казалось, намекали на то, что новая система — ее некоторая разновидность. На самом деле это совсем не так. «За спиной» у

Windows в фирме началась разработка принципиально нового поколения операционных систем (сокращение NT означает New Technology). В отличие от «ширпотребовской» Windows, Windows NT изначально создавалась в расчете на использование в корпоративных вычислительных сетях. Она значительно более производительна, стабильна и безопасна, однако платой за это являются высокие требования к оперативной памяти и большая стоимость. Система поставлялась в двух вариантах: Windows NT Workstation для рабочих станций и Windows NT Server для серверов.



MS Windows NT версии 3.1 (1993 г.)

Предполагалось, что к середине 90-х годов Windows NT Workstation заменит простую Windows, однако время шло, а обе системы жили и развивались параллельно. Более того, вместо вытеснения начался долгий процесс сближения систем. Так, в Windows-95 реализованы многие идеи NT, обеспечившие совместимость большинства приложений. С другой стороны, версия NT 4.0, появившаяся в 1997 году, имеет внешний вид Windows-95.

После трех лет упорных трудов, в 2000 году вышла новая ОС, само название которой символизирует процесс слияния: вместо Windows NT 5.0 она называлась Windows-2000. Вариант Windows-2000 Workstation должен со временем полностью заменить настольные Windows-95 и Windows-98, которые, по утверждению изготовителя, больше развиваться не будут, а серверный вариант Windows-2000 Server, о котором мы будем говорить позже, предназначен для захвата

лидерства на новом и исключительно перспективном рынке сетевых операционных систем. Однако на поверку слухи о кончине «простой» Windows оказались сильно преувеличенными: в том же 2000 году была выпущена обновленная версия Windows-98 под названием Windows ME (Millenium Edition). Процесс полного слияния двух линий был отложен до выхода «принципиально» нового семейства операционных систем Microsoft.

Windows XP. 25 октября 2001 года долгожданная система, олицетворяющая симбиоз потребительской и корпоративной операционных систем, была официально выпущена в продажу под названием Windows XP (расшифровывается как eXPerience – опыт). На ее презентации Билл Гейтс заявил, что «Windows XP – лучшая из всех операционных систем, когда-либо созданных корпорацией Microsoft». Значительное увеличение быстродействия и новые возможности, включенные в Windows XP, явились результатом более чем 15-летнего опыта исследований и разработок. Предполагается, что именно эта система будет поддерживать 64-битовые программы на новом процессоре Itanium.

Новый рывок в области операционных систем Microsoft намерена совершить, выпустив в свет новинку под кодовым названием Longhorn. Подчеркивая важность обновления операционной системы, генеральный директор Microsoft Стив Баллмер еще в 2003 году заявил, что Longhorn стала центральным направлением стратегии компании и что она «возможно, даже важнее, чем первое поколение Windows». Сначала



На рабочем столе Windows XP открыто окно, в котором показан момент презентации этой ОС

предполагалось, что эта система появится в 2005 году под фирменным названием Windows Vista, однако сроки окончания работ постоянно передвигались. Вокруг разработки ходят много слухов и предположений; желая подогреть интерес к будущей системе, компания постоянно устраивает утечки информации и предварительные демонстрации отдельных ее частей. Что получится на самом деле – покажет время.

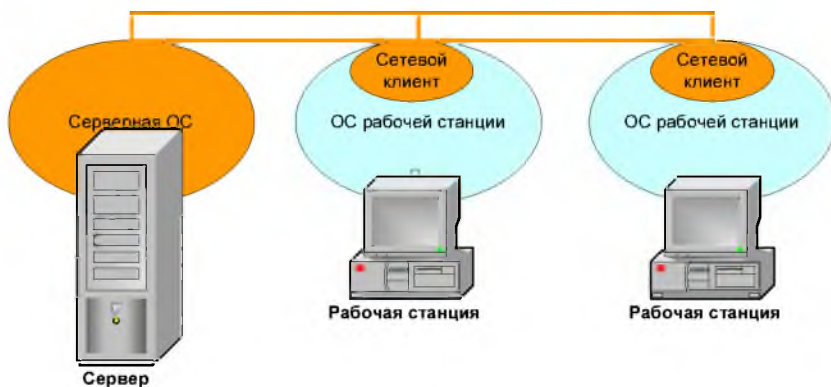
Windows CE. Претензии Microsoft на гегемонию на рынке настольных и переносных систем этим не исчерпываются. На противоположном конце рынка ОС, ориентированном на крошечные карманные (palm-top) компьютеры, фирма выступила с операционной системой Windows CE – Compact Edition.

Сетевые ОС Как мы уже отмечали, 90-е годы характеризуются быстрым развитием сетевых технологий. На смену изолированным ЭВМ пришли локальные вычислительные сети (Local Area Networks – LAN) разного масштаба: рабочей группы, подразделения, целого предприятия. Современные локальные сети чаще всего строятся по схеме, когда одна или несколько ЭВМ, называемых *серверами*, выделяются для выполнения некоторых общих функций (хранение файлов, обслуживание принтера или факса, предоставление возможности выполнения приложений, организация доступа удаленных абонентов по телефонным каналам), а остальные компьютеры, играющие роль клиентов, пользуются услугами серверов. В зависимости от того, какой тип ресурса обслуживается сервером, он называется файл-сервером (File Server), сервером печати (Print Server), сервером приложений (Application Server), сервером удаленного доступа (Remote Access Server – RAS) и т.д.

Основу любой вычислительной сети составляет сетевая операционная система. Каждый компьютер в сети в значительной степени автономен, поэтому под *сетевой операционной системой в широком смысле* понимается совокупность операционных систем отдельных компьютеров, взаимодействующих с целью обмена сообщениями и разделения ресурсов по единым правилам – протоколам. *В узком смысле* сетевая ОС – это операционная система отдельного компьютера, обеспечивающая ему возможность работать в сети.

На выделенных серверах устанавливаются операционные системы, специально оптимизированные для выполнения тех или иных сетевых функций, а у клиентов – специальные модули, встраиваемые в операционную систему рабочей станции и обеспечивающие связь с серверами.

Мировой рынок серверных ОС очень динамичен, его объем в 1998 году составил 65 млрд долларов, в 2003 году эта цифра возросла до 88 млрд долларов. Господствующее положение на нем занимают четыре системы: NetWare, Unix, Windows NT и Linux.



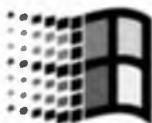
Структура сетевой ОС



NetWare фирмы Novell – старейшая сетевая ОС, ее первая версия появилась еще в 1983 году. Из-за отсутствия конкурентов система получила очень широкое распространение: на пике популярности она охватывала до 75% мирового рынка сетевых ОС. Система в основном обеспечивает файловый сервис, при этом за счет узкой специализации обеспечиваются высочайшая производительность и надежность. Для крупных корпоративных сетей, имеющих несколько файловых серверов, система поддерживает службу каталогов NetWare Directory Services (NDS), хранящую в распределенной базе данных информацию о всех сетевых ресурсах и пользователях. Доступ к сети NetWare возможен с рабочих станций DOS, Windows, OS/2, UNIX и Macintosh, для чего имеются соответствующие модули. Однако в середине 1990-х годов система стала терять позиции, сети NetWare повсеместно замещаются сетями Unix и Windows.



Unix. Благодаря своим достоинствам – многозадачности, производительности, надежности, масштабируемости, переносимости, система Unix оказалась идеально приспособленной для выполнения функций серверной сетевой ОС. Она отлично работает и на скромных платформах начального уровня, и на многопроцессорных суперкомпьютерах. На платформе Unix возможно создание серверов любого типа – файловых, удаленного доступа, приложений. Мощный толчок распространению Unix как сетевой системы дал интернет, поскольку все сетевые протоколы были изначально реализованы и опробованы в академической среде именно на этой платформе. Сетевые функции глубоко интегрированы в систему и поддерживаются ею самым естественным образом. К середине 1990-х годов различные коммерческие и некоммерческие разновидности Unix (Solaris, AIX, Xenix, FreeBSD и др.), вытесняя NetWare и OS/2, завоевали около 25% рынка сетевых ОС, а по почтовым и Web-серверам преимущество этой системы всегда было преобладающим. Аналитики предполагали, что к 2003 году доля Unix среди серверных ОС составит около 40%, но этим прогнозам не суждено было сбыться из-за экспансии Microsoft.



Сетевые ОС фирмы Microsoft. Выходя в 1993 году на рынок с технологией NT, Microsoft имела далеко идущие цели – не только захватить сектор настольных систем на платформе Intel, но и отвоевать у NetWare и Unix значительную долю рынка сетевых систем. Поэтому серверный вариант системы Windows NT изначально разрабатывался как полномасштабная многопользовательская многозадачная ОС с обеспечением многопроцессорных конфигураций, мощной системой администрирования, поддержкой всех общепринятых сетевых протоколов. Более того, развивая NT, Microsoft впервые «изменила» процессорам Intel и реализовала ОС также на платформах PowerPC, DEC Alpha, MIPS.

На первых порах Windows NT не могла выдержать конкуренцию со стороны более старых и заслуженных систем, однако Microsoft, ставшая к концу XX века самой богатой компанией мира, вкладывала огромные средства в совершенствование операционной системы. Система развивалась во всех направлениях – как сервер файлов, печати, приложений, баз данных, почты, Web, RAS и т.д. По оценкам экспертов, на это уxo-

дило не менее 1 млрд долларов ежегодно. Постепенно позиции Windows NT Server стали укрепляться, к концу века она занимала уже около 40 % рынка серверных систем. Новое поколение операционных систем Windows XP, разработанное на основе Windows NT и выпущенное в продажу осенью 2001 года, призвано еще более усилить позиции Microsoft на рынке сетевых ОС. Система обладает большими возможностями по масштабированию: от домашних мини-сетей до крупных корпоративных конфигураций. Особое внимание при разработке системы обращалось на надежность и стабильность работы системы, возможность самовосстанавливаться после сбоев.

Казалось, ничто в мире не может противостоять натиску Microsoft с ее интеллектуальным потенциалом и астрономическими капиталами, но история информатики в очередной раз показала свою непредсказуемость. В конце 1990-х годов софтверный гигант столкнулся с реальной конкуренцией на рынке сетевых операционных систем, причем новая угроза пришла не от достойных уважения компаний вроде IBM, Hewlett Packard или Sun, а со стороны неформального сообщества программистов, убежденных в несправедливости существующего порядка приватизации программного обеспечения и проповедующих идеи свободного распространения исходных текстов программ (free-software).



Linux. Идея свободного программного обеспечения в наиболее яркой форме реализовалась в феноменальном проекте операционной системы Linux, принадлежащей семейству Unix-подобных систем. Как мы знаем, изначально открытая операционная система Unix, созданная в начале 1970-х годов, к 1990-м годам превратилась в зрелую, эффективную и надежную ОС, переносимую практически на все существующие аппаратные платформы. Единственным крупным ее недостатком была несовместимость многочисленных коммерческих и некоммерческих версий. Надежды компьютерного мира на унифицированную свободно распространяемую ОС начали было совсем таять, однако в 1991 году произошло неожиданное событие, круто повернувшее ход истории Unix. Двадцатилетний финский студент из Университета Хельсинки Линус Торвалдс (Torvalds, Linus; р. 1971) бросил вызов всем гигантам-производителям коммерческих версий Unix. В русле движения за свободное программное обеспечение (подробнее об истории и философии этого движения см. «Комментарии и ссылки на источники» в конце главы) он разработал новое ядро

системы под названием Linux, увековечив в этом слове свое имя, и призвал всех желающих принять участие в доводке свободно распространяемой системы до конкурентоспособного состояния. На его призыв откликнулись множество добровольцев, эта огромная армия программистов, работающая через интернет, быстро вывела Linux на передовые позиции. В списке участников разработки ядра Linux 440 имен – но это только часть общего списка. Они пишут 50 тыс. строк нового или модифицированного кода в месяц. И это только ядро – библиотеками, утилитами и приложениями занимаются другие команды. После того как ведущие производители прикладного программного обеспечения – IBM, Oracle, SAP и др. – признали новичка и объявили о выпуске соответствующих версий своих программ, доля Linux на рынке корпоративных серверных ОС стала быстро расти, достигнув к 2000 году 27%. А по Web-серверам эта доля, по некоторым оценкам, приближается к 50%.

Современные версии Linux позволяют обеспечить стабильное функционирование широкого круга компьютерных систем – от переносных и настольных компьютеров до серверов масштаба крупного предприятия и некоторых видов суперкомпьютеров. Во многих случаях они стали реальной альтернативой как системам семейства Microsoft Windows, так и коммерческим ОС Unix.

Хотя Linux можно получить бесплатно, на этой операционной системе можно делать большие деньги. Ряд компаний производит свободные версии (дистрибутивы) Linux для использования на различных видах компьютеров и предлагает коммерческую поддержку их пользователям. Наиболее известные из таких компаний – американская Red Hat (Красная Шапочка) и немецкая SuSE. А лидеры компьютеростроения IBM и HP, устанавливая Linux в производимые серверы, заработали в 2002 году на «бесплатной» ОС 3,5 млрд долларов доходов.

По оценке экспертов, скорость распространения Linux будет сохраняться не один год, к 2006–2008 годам она вполне может стать самой популярной серверной ОС. В печати то и дело появляются сообщения о проектах перехода на Linux целых корпораций, городов и даже стран, озабоченных зависимостью от корпорации Microsoft. Похоже, в бли-



Линус Торвальдс
(р. 1971)

жайшие годы мы станем свидетелями очередной войны операционных систем, подобной той, которая разыгралась между OS/2 и Windows в начале 1990-х годов, только в значительно более крупных масштабах. При этом война может перекинуться с серверных платформ на рабочие станции, свидетельством этому является появление в 2002 году дистрибутива Linux под названием Lindows 3.0, само название которого говорит о притязаниях на рынок потребительских ОС.

Замечание об ОС реального времени

В нашем обзоре мы коснулись двух основных классов операционных систем – пакетных и с разделением времени. Однако существует еще один важный класс – *системы реального времени*. По своему устройству и назначению они похожи на системы с разделением времени, так как занимаются одновременным обслуживанием нескольких приложений, однако имеют одну принципиально важную особенность – гарантированное время отклика на запросы приложений. В обычной многозадачной ОС пользователь, сидящий за экраном дисплея и нажавший на нужную клавишу, может подождать долю секунды, пока предыдущее приложение не отработает свой квант времени. Если же компьютер управляет быстропротекающим технологическим процессом, где доля секунды может оказаться решающей, такое промедление недопустимо.

Системы реального времени начали создаваться еще в 60-е годы, когда большие и мини-ЭВМ стали встраиваться в автоматизированные системы противоздушной и противоракетной обороны, а также в системы управления технологическими процессами.

После появления микропроцессоров роль таких систем стала неуклонно повышаться, так как микропроцессорные системы проникли буквально во все сферы человеческой деятельности – от бытовой электроники до космических кораблей. Требования к времени отклика в некоторых программно-аппаратных комплексах, например устройствах пакетной коммутации в компьютерных сетях, о которых мы будем говорить в следующей главе, чрезвычайно велики, допустимая задержка может измеряться микросекундами. Кроме того, промышленные ОС реального времени должны иметь очень высокую надежность, способность самовосстанавливаться после сбоев и т.д. Современные ОС этого класса, как правило, представляют собой некоторые версии Unix, доработанные в соответствии со спецификой реального времени; для повы-

шения надежности ядро системы вместе с критическими приложениями часто размещается в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ).

Программирование задач для систем реального времени имеет ряд особенностей, для этого используются специфические языки и системы программирования, например Ада.

§ 3.4. Системы управления базами данных

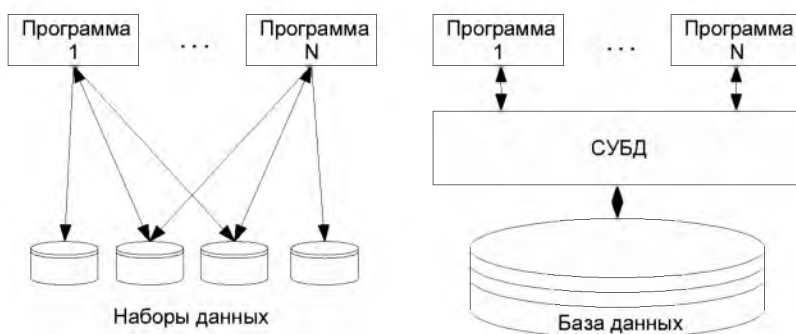
Предпосылки появления БД и СУБД

Понятия *база данных – БД (database – DB)* и *СУБД (Database Management System – DBMS)* появились в компьютерном мире в середине 1960-х годов, когда ЭВМ начали активно использоваться в управлении и программисты стали переходить от решения отдельных задач к комплексной автоматизации управления, увязывая все задачи в единое целое общей целью.

Раньше приходилось вводить и выводить одни и те же данные по многу раз. Например, при управлении предприятием персональные сведения используются в задачах кадрового учета, начисления зарплаты, оперативного планирования и т.д. Естественно ввести эти данные один раз, создав базу данных, и предоставив всем прикладным программам право черпать необходимые сведения из этой базы.

Преимущества нового подхода:

- однократный ввод данных, что приводит к резкому сокращению затрат труда;
- независимость программ от данных, что дает возможность независимо менять те и другие. Допустим, в базе персональных данных появилось поле «гражданство» и исчезла графа «национальность». Раньше пришлось бы переписывать все прикладные программы под новую структуру данных, при наличии СУБД этого делать не нужно, изменятся только программы, непосредственно работающие с этими полями;
- сокращение затрат на программирование. Поскольку многие операции с данными являются стандартными (ввод, контроль, поиск, защита и т.д.), то вместо того, чтобы программировать их каждый раз, всю работу с данными выносят в одну большую и сложную программу – СУБД.



Взаимодействие программ с данными при независимой работе и при использовании СУБД

Функции СУБД Хорошая СУБД должна обеспечить выполнение ряда базовых функций.

Описание логической структуры базы данных. Для описания данных в любой СУБД имеется специальный язык описания данных – *ЯОД (Data Description Language – DDL)*. При этом описание данных возможно с двух точек зрения:

- с точки зрения администратора базы данных, владеющего всей информацией о всех данных, хранящихся в системе. Это описание называется *схемой БД*;
- с точки зрения некоторой конкретной задачи, решаемой над СУБД и нуждающейся только в части данных. Такое описание называется *подсхемой БД*.

Манипулирование данными, то есть выполнение всех операций с данными – ввод, проверка правильности, выборка, составление отчетов. Для описания операций с данными в СУБД имеется язык манипулирования данными – *ЯМД (Data Manipulating Language – DML)*. Этот язык может быть реализован в двух вариантах:

- в виде расширения базового языка программирования (Кобола, Паскаля, Си) набором библиотечных функций;
- в виде самостоятельного ЯМД, который в этом случае называется языком запросов.

Обеспечение *целостности* БД (*database integrity*). Целостность (непротиворечивость) данных – это способность данных правильно отражать объект. Нарушения целостности могут быть из-за ошибок человека (например, где-то сменили название объекта, а где-то забыли) или из-за машинных сбоев. Обеспечение целостности данных дается дорогой ценой. В частности, для защиты от машинных сбоев в хороших СУБД ведутся журналы учета всех обращений, по которым можно восстановить данные при авариях.

Обеспечение многопользовательского доступа (*multiuser access*). Иногда с одной БД одновременно работают сотни и тысячи пользователей, например, в системах резервирования билетов, крупных банках. СУБД должна навести порядок в многочисленных обращениях, обеспечить в этих тяжелых условиях сохранение целостности БД.

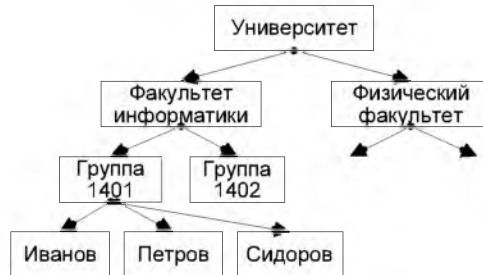
Защита данных от несанкционированного доступа. Могут защищаться отдельные поля, записи, блоки данных, для чего используются разнообразные ключи, пароли, шифры и т.п.

Основные типы и история развития СУБД

Из сказанного ясно, что СУБД представляет собой чрезвычайно сложную программную систему, сравнимую по сложности с ОС или даже превышающую ее. Разработка новой крупной СУБД – событие, а новой концепции – эпохальное событие, при этом СУБД относятся к долгоживущим продуктам, время их жизни около 15 лет.

Несмотря на кажущееся разнообразие, основных типов (архитектурных концепций) всего три: иерархическая, сетевая и реляционная.

Иерархические СУБД появились раньше других, они основаны на простейшей структуре данных в виде дерева, в котором каждый дочерний элемент данных имеет только одного родителя. Первая крупная иерархическая СУБД под названием IMS – Information Management System – была создана фирмой IBM для системы IBM 360 в 1968 году в рамках проекта полета человека на Луну «Аполлон», за долгие годы эксплуатации она с лихвой окупила вложенные в ее разработку громадные деньги.



Иерархическая модель данных

Сетевые СУБД, в отличие от иерархических, сначала были сконструированы на бумаге. Рабочая группа по языкам обработки данных



Сетевая модель данных

CODASYL (та самая, которая в 1960 году предложила Кобол) с 1965 года работала над теоретическим проектом СУБД, основанном на более гибкой сетевой модели данных, в которой дочерний элемент может иметь более одного родителя. Предложения CODASYL были опубликованы в 1971 году, затем появились промышленные реализации,

например Integrated Database Management System – IDMS фирмы Cullinet Software, Inc. или Adabas фирмы Software AG.

Реляционные СУБД опираются на еще более прочный теоретический фундамент. В их основе лежит простое и интуитивно понятное представление сложной схемы данных в виде совокупности плоских таблиц, каждая из которых отображает отношение (relation) между объектами.

ГРУППЫ	СТУДЕНТЫ	КЛУБЫ
Группа Факультет Староста	Фамилия Группа	Клуб Член клуба
1401 Информатики Сидоров	Иванов 1401	Туристов Сидоров
1402 Информатики Михайлов	Петров 1401	Туристов Пяткин
501 Физический Самойлов	Сидоров 1401	Водников Ломакин
...	Трофимов 1402	...
	...	

Реляционная модель данных

Реляционная модель данных была предложена в 1970 году сотрудником IBM Эдгаром Коддом (Codd, Edgar F.; p. 1923), в настоящее время она считается классической. Для описания реляционного подхода используется простой и в то же время мощный математический аппарат, опирающийся на теорию множеств и математическую логику. В частности, строго доказано, что любую операцию над данными можно разложить на последовательность простейших манипуляций над табли-



Автор реляционной модели данных Эдгар Кодд (р. 1923)

цами (выборка строк, выборка столбцов, слияние таблиц, агрегирование строк). Для описания этих манипуляций Дональд Чемберлен (Chamberlin, Donald) и Рэй Бойс (Boyce, Ray) в 1974 году предложили язык запросов SEQUEL, который впоследствии был доработан и переименован в SQL – Structured Query Language.

Несмотря на теоретическую проработанность, реляционные системы далеко не сразу получили широкое распространение, долгое время считалось невозможным добиться эффективной реализации таких систем. Первое масштабное воплощение реляционной модели удалось все той же IBM в экспериментальной СУБД System R, разрабатываемой в 1975–1979 годах. Это был гигантский успех, реляционные СУБД стали реальностью. После успешного завершения работ по созданию прототипа системы и получения экспериментальных результатов ее использования фирмой IBM был запущен полномасштабный проект промышленной реляционной СУБД. В 1983 году система, получившая название DB2, поступила в продажу, с тех пор в течение многих лет она успешно функционирует на всех фирменных аппаратных платформах: S/390, AS/400, PowerPC, есть реализация и для платформы Wintel.

Проект System R, опубликованный Чемберленом с соавторами в ноябре 1976 года в журнале «IBM Journal of Research and Development», вдохновил сразу несколько групп разработчиков. Одна из них, возглавляемая Ларри Эллисоном (Ellison, Lawrence; р. 1944), решила создать собственную фирму для создания реляционной СУБД, характерными чертами которой были бы переносимость на разные платформы и совместимость с языком SQL. Фирму назвали Relation Software Incorporated, а систему – Oracle. Версия 2 (первая в продажу не поставлялась) была создана в 1979 году для ЭВМ PDP-11, впоследствии система постоянно совершенствовалась и адаптировалась для различных



Автор языка SQL Дон Чемберлен

Проект System R, опубликованный Чемберленом с соавторами в ноябре 1976 года в журнале «IBM Journal of Research and Development», вдохновил сразу несколько групп разработчиков. Одна из них, возглавляемая Ларри Эллисоном (Ellison, Lawrence; р. 1944), решила создать собственную фирму для создания реляционной СУБД, характерными чертами которой были бы переносимость на разные платформы и совместимость с языком SQL. Фирму назвали Relation Software Incorporated, а систему – Oracle. Версия 2 (первая в продажу не поставлялась) была создана в 1979 году для ЭВМ PDP-11, впоследствии система постоянно совершенствовалась и адаптировалась для различных

платформ, в 90-е годы она заняла лидирующее положение на рынке реляционных СУБД. Фирма, переименованная в Oracle, к концу века превратилась в одну из крупнейших софтверных компаний мира, а ее президент Ларри Эллисон в 2002 году занял 4-е место в списке богатейших людей планеты (состояние 21,9 млрд долларов).



Штаб-квартира компании Oracle
в Силиконовой долине

Постепенное накопление опыта организации реляционных баз данных и управления ими привели к тому, что уже в середине 80-х годов реляционные системы практически вытеснили с мирового рынка ранние иерархические и сетевые СУБД. Вслед за IBM и Oracle на рынок вышли фирмы Informix (в 2001 году куплена IBM), SyBase, Ingres, разработавшие одноименные системы и зарабатывающие на них громадные деньги. Не упустила своего шанса и Microsoft, предложившая реляционную СУБД под названием MS SQL Server. Промышленные СУБД способны обрабатывать реляционные таблицы с миллионами строк, они являются весьма дорогостоящими продуктами, масштаб цен измеряется десятками и сотнями тысяч долларов. Объем рынка промышленных СУБД составил в 2002 году около 10 млрд долларов, причем более 80% его занимают три системы – Oracle, IBM DB2, MS SQL Server.

**Замечание о
настольных СУБД**

Полномасштабные СУБД требуют для своей работы большие компьютерные мощности, поэтому они, как правило, устанавливаются на серверах и обслуживают сразу целые предприятия или их подразделения. Когда появились персональные компьютеры, возник соблазн реализовать на них СУБД, но ресурсов явно не хватало. Тогда на рынке появились мини-СУБД типа dBASE, о которой мы будем говорить да-

лее. По своей сути они являлись поделками, способными по упрощенным процедурам манипулировать таблицами с сотней-другой строк. Однако со временем персональные компьютеры стали мощнее, на рынке стали пользоваться спросом дешевые настольные системы типа Microsoft Access или Borland Paradox, позволяющие создавать личные базы данных небольшого размера. Система MS Access, в частности, входит в профессиональную версию популярного офисного набора программ MS Office.

§ 3.5. Пакеты прикладных программ для персональных компьютеров

Программы как товар массового спроса

Итак, в конце 70-х годов произошла микропроцессорная революция. Вместо баснословно дорогих и громоздких вычислительных систем стали продаваться по доступным ценам компактные персональные компьютеры практически с теми же возможностями. В результате на них стали решать не только научные задачи, но и заниматься такими несерьезными делами, как печатание документов или рисование картинок.

На рынок хлынули пакеты прикладных программ (ППП). Раньше типовых программ были десятки – ОС, СУБД, компиляторы, сейчас – тысячи, но разница эта не только количественная, она носит принципиальный характер. Дело в том, что ППП в 80-е годы превратились в массовый продукт потребительского спроса. Они рассчитаны не на профессионалов, а на рядовых клерков, школьников, домохозяек. Поэтому в них важны не только и не столько качество самих алгоритмов, сколько простота, удобный интерфейс, красивое название, яркая упаковка, привлекательная реклама. Короче говоря, программы превратились в товар, коммерческий успех на этом рынке обеспечен не столько талантливыми программистам, сколько умелым предпринимателям.

Иногда качества программиста и бизнесмена удачно сочетаются в одном человеке; классические примеры – основатель Microsoft Билл Гейтс, ставший в конце века самым богатым человеком на планете с личным состоянием более 50 млрд долларов, или глава Oracle Ларри Эллисон, о котором мы только что говорили. Однако чаще всего успеха добивались фирмы, образованные парами программист – коммерсант. В

романтическое время конца 70-х – начала 80-х годов в одночасье рождались и расцветали программистские компании, сделавшие себе имя и состояние на одном удачном пакете, наиболее яркие примеры мы рассмотрим чуть позже.

Классификация ППП для персональных компьютеров весьма затруднительна, слишком разнообразен выбор предлагаемых товаров. В каталогах обычно выделяют 10–20 классов прикладных программ общего назначения. В нашем кратком обзоре мы рассмотрим историю создания и логику развития наиболее популярных пакетов: программы обработки текстов, электронные таблицы, настольные СУБД, интегрированные системы.

Обработка текстов

Попытки применить ЭВМ для обработки текстов были задолго до появления персональных компьютеров. Мы уже говорили о сенсационной демонстрации Дугласа Энгельбарта в 1968 году, когда он показывал возможности изобретенной им мыши на примере редактирования текста. В начале 70-х годов, когда большое распространение получили мини-ЭВМ, целые компании, например Wang, специализировались на производстве компьютеров и программ, специально предназначенных для ведения делопроизводства в крупных офисах. Однако это были узкопрофессиональные системы, не предназначенные для широкой публики, массовое распространение системы обработки текстов получили только после появления персональных компьютеров.

«Электрический карандаш» Шрейера. Идея превратить ПК в электронную пишущую машинку реализовалась сразу же после выпуска первых «Альтаиров». В 1975 году кинорежиссер из Нью-Йорка Майкл Шрейер (Shrayer, Michael) уехал в Калифорнию, купил «Альтаир», подключил к нему телевизор и клавиатуру и написал простой текстовый редактор под названием «Электрический карандаш». Впоследствии аналогичную программу он написал и для других компьютеров, всего им было сделано 78 вариантов редактора. Шрейер пытался продавать свой пакет, но вскоре ему это надоело, так как в душе он был программистом, а не бизнесменом.

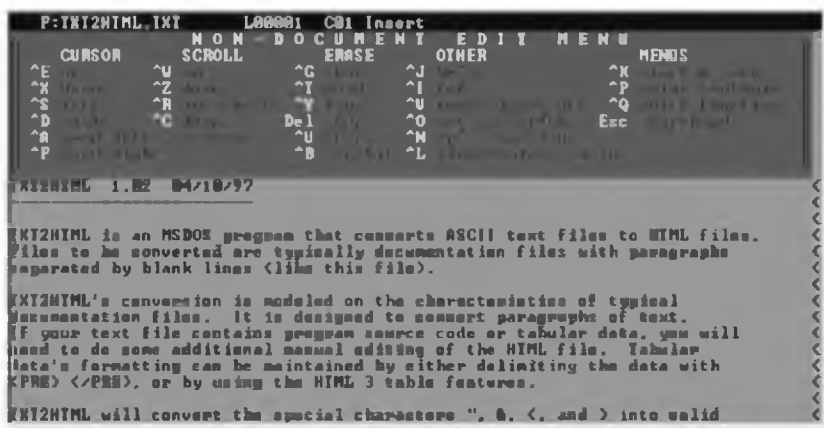
WordStar. В 1978 году за разработку текстового редактора взялся Сеймур Рубенштейн (Rubenstein, Seymour), руководивший отделом продаж в фирме IMSAI, которая производила компьютеры, очень похожие на Altair. Он подошел к делу по-новому. Прежде чем создавать

пакет, он собрал агентов по продаже программного обеспечения и выяснил, что хочет от программного продукта будущий пользователь. Го-



Руководитель разработки WordStar
Сеймур Рубенштейн (слева) и программист Роб Барнеби

воря современным языком, Рубенштейн провел глубокое маркетинговое исследование. После этого он пригласил талантливого программиста Барнеби (Barnaby, Rob) и сформулировал ему четкое техническое задание. За четыре месяца упорной работы тот написал 137000 строк кода на ассемблере, в результате появился WordStar – классический текстовый процессор, ставший фактическим стандартом для всех последующих разработок в этой области. Уйдя из IMSAI, Рубенштейн организовал собственную фирму MicroPro, которая впоследствии перенесла

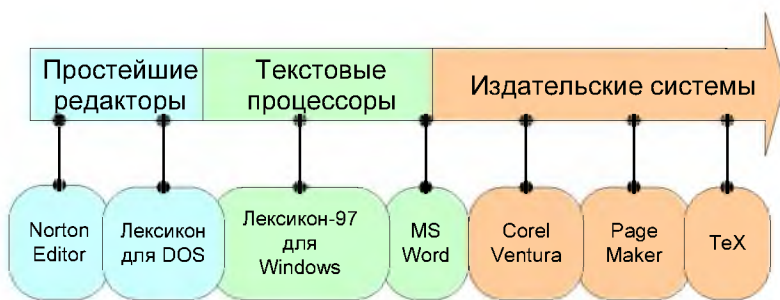


Текстовый редактор WordStar (1978 г.)

WordStar на другие аппаратные платформы и положила начало бурному развитию рынка текстовых редакторов.

Рынок текстовых редакторов. Персональный компьютер произвел революцию в конторском деле, к началу 90-х годов он вытеснил из офиса пишущую машинку. Поэтому не удивительно, что текстовый редактор быстро превратился в самую ходовую программу, а рынок наполнился системами аналогичного класса.

На рисунке представлены некоторые наиболее известные у нас пакеты, представляющие три основных сектора рынка.



Рынок текстовых процессоров

Простейшие редакторы обладают ограниченными возможностями форматирования текста. В эпоху DOS огромной популярностью пользовался отечественный пакет Лексикон, созданный Евгением Веселовым, работавшим в то время в Вычислительном центре Акаде-

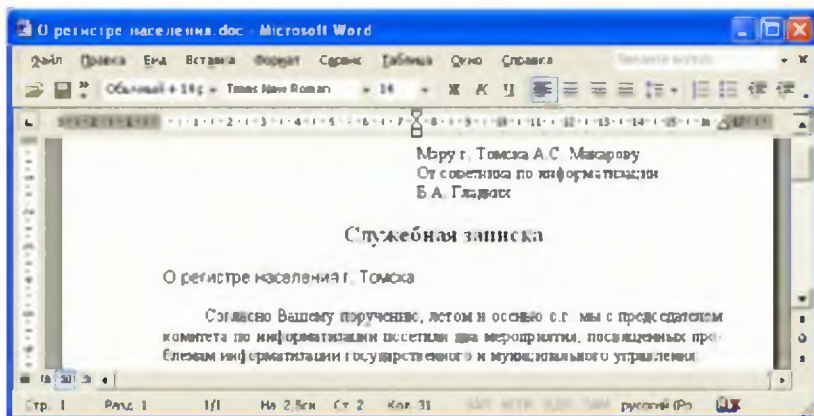


Популярнейшим русским текстовым редактором в эпоху DOS был Лексикон, разработанный Евгением Веселовым (1985 г.)

мии наук СССР, и ставший неременной принадлежностью любого русского офиса. В наше время такие редакторы используются для составления простых документов и для первичного ввода текста. Примером могут послужить прилагаемые к Windows редакторы NotePad и WordPad.

Основную долю рынка занимают текстовые процессоры – системы, предназначенные для ведения стандартного делопроизводства. Развитие графического пользовательского интерфейса дало им богатые функциональные возможности по форматированию текста в режиме *WYSIWYG* – *What You See Is What You Get* – Что видите, то и получаете.

Сектор офисных программ исключительно выгодный, в битву за него бросились многие, но лидерство на данном стратегическом направлении опять удалось захватить Microsoft. Ее продукт MS Word (версия 1.0 была выпущена в 1983 году), работающий на платформах Intel и Macintosh, представляет собой многофункциональный пакет, обладающий широчайшими возможностями по редактированию, форматированию, печати текстов, вставке в них формул и рисунков. Фирма Microsoft постоянно развивает пакет, адаптирует его практически ко всем распространенным в мире языкам, благодаря этому Word к концу столетия стал фактическим стандартом текстовых процессоров.



Текстовый процессор MS Word

Вместе с тем многофункциональность Word сильно его утяжеляет, да и стоит он, если покупать легально, недешево. К тому же особенно-

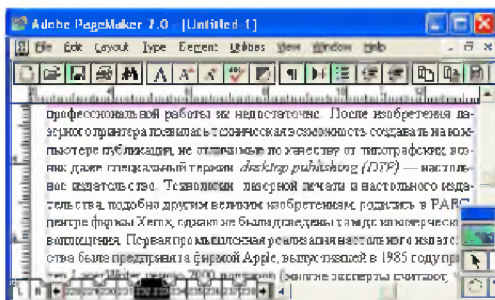
сти русского языка в этом пакете учтены недостаточно. Поэтому российская компьютерная общественность всегда призывала отечественных программистов создать национальный редактор, который смог бы заменить Word в русском офисе. В настоящее время на эту роль претендует Лексикон для Windows компании Арсеналь – достаточно надежный и универсальный текстовый процессор с интерфейсом в стиле Word. Фирма выкупила популярную торговую марку Лексикон и надеется потеснить Microsoft на отечественном рынке.

Настольные издательские системы. Высший сектор рынка составляют издательские системы, предназначенные для подготовки печатных изданий. Хотя продвинутые текстовые процессоры, например Word, обладают многими функциями по форматированию текстов, для профессиональной работы их недостаточно. После изобретения лазерного принтера появилась техническая возможность создавать на компьютере публикации, не отличимые по качеству от типографских, возник даже специальный термин *desktop publishing (DTP)* – настольное издательство.



Экспериментальный лазерный принтер Хероx PARC. Экспонат Музея компьютерной истории

Технологии лазерной печати и настольного издательства, подобно другим великим изобретениям, родились в PARC-центре



фирмы Xerox, однако не были доведены там до коммерческого воплощения. Экспериментальный образец, представлявший собой комбинацию фирменного копирующего устройства с лазером, был изготовлен в 1978 году, он печатал одну страницу в секунду и стоил 300000 долларов.

Первая промышленная реализация настольного издательства была предпринята фирмой Apple, выпустившей в 1985 году принтер LaserWriter ценою 7000 долларов (многие эксперты считают, что именно лазерный принтер спас Macintosh от забвения в эти нелегкие для Apple годы экспансии IBM PC).

Для программного обеспечения издательского комплекса Пол Бренер (Brainerd, Paul) разработал пакет PageMaker, учитывающий все тонкости пятисотлетнего искусства полиграфии. Основанная Бренером фирма Aldus (название дано в честь средневекового венецианского издателя по имени Aldus Manutius, 1452–1516) в 1994 году присоединилась к компании Adobe Systems Inc., образованной бывшими сотрудниками



Слева направо: глава Apple Стив Джобс с основателями компании Adobe Чарльзом Гешке и Джоном Варноком



Штаб-квартира компании Adobe Systems в Сан-Хосе

PARC Джоном Варноком (Warnock, John) и Чарльзом Гешке (Geschke, Charles). В результате образовалась крупнейшая софтверная компания с

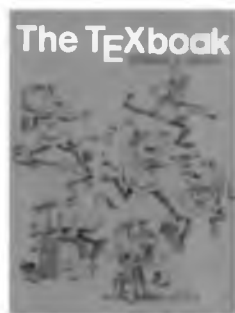
оборотом 912 млн долларов (данные за 1997 год), вошедшая в группу лидеров отрасли вместе с Microsoft, Lotus, Nowell, Oracle. Кроме PageMaker, Adobe выпустила знаменитые пакеты Photoshop, Illustrator, Acrobat и др., поддерживающие различные технологии цифровой полиграфии.



Дональд Кнут
(р. 1938)

Среди других издательских систем отметим разработки фирм Corel и QuarkXPress.

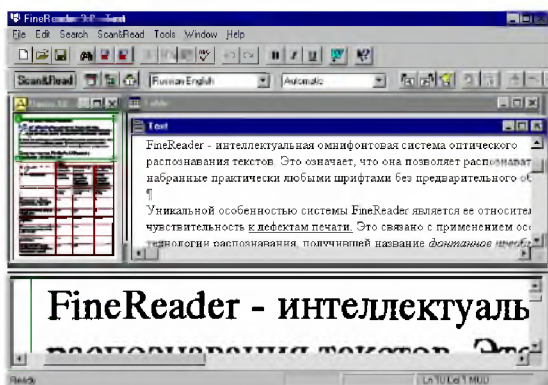
О системе TeX. Эта издательская система стоит особняком и имеет необычную судьбу. Ее разработчик – профессор Стенфордского университета Дональд Кнут (Knuth, Donald; р. 1938), автор классического многотомного издания «Искусство программирования». Как пишет сам Кнут, в процессе печатания книг ему в какой-то момент надоело препираться с наборщиками, делавшими массу ошибок в математических формулах. Он замыслил создать компьютерную систему, которая сама бы синтезировала математические тексты любой сложности на уровне высокопрофессионального типографа. Отвлекаясь в 1977 году от основной работы, Кнут погрузился в тонкости полиграфического искусства. Отдав новому делу 10 лет жизни, он подарил мировой научной общественности систему TeX (произносится «тех»). TeX состоит из свободно распространяемого стабильного ядра и множества расширений, создаваемых во всем мире энтузиастами этой технологии. Кроме математических, существуют расширения для печати химических формул, нот, словарей и т.д. В настоящее время многие научные издательства приняли систему в качестве стандарта для подготовки публикаций и принимают статьи от авторов в формате TeX по электронной почте.



Обложка книги с описанием системы TeX, 1984 г.
(в русском переводе 1993 г. книга называется «Все про TeX»)

Другие системы обработки текстов. Кроме текстовых редакторов, при работе с текстами используется ряд вспомогательных программ. К ним относятся системы оптического распознавания символов OCR – Optical Character Recognition, позволяющие избежать утомительного

перепечатывания при вводе машинописного или типографского текста в компьютер, системы машинного перевода с одного языка на другой, системы распознавания речи, дающие возможность надиктовывать тексты, и т.д. Следует заметить, что системы этого класса, в отличие от обычных текстовых редакторов, являются наукоемкими, основанными на глубоких теоретических исследованиях. Именно поэтому в данном



Система оптического распознавания текста FineReader

секторе рынка начинает ощущаться присутствие отечественных производителей программного обеспечения. Характерный пример – московская фирма АBBYY, вышедшая на мировой рынок с пакетом графического распознавания FineReader.

Электронные таблицы Одно из самых выдающихся достижений в области программного обеспечения персональных компьютеров – *электронные таблицы (spreadsheet)*, которые

сделали компьютер рабочим инструментом бухгалтеров, экономистов, всех тех, кому приходится иметь дело с простыми численными расчетами.

VisiCalc. Автором идеи электронной таблицы был сотрудник DEC Дэниэл Бриклин (Bricklin, Daniel). Будучи неплохим программистом, Дэн плохо разбирался в экономике, в связи с чем в 1978 году



Создатели электронной таблицы VisiCalc Дэниэл Бриклин (сидит) и Роберт Фрэнкстон

поехал повышать квалификацию в Гарвардскую школу бизнеса. Практические занятия слушатели выполняли на разлинованных листах бумаги, производя утомительные расчеты в таблицах. Когда это занятие ему надоело, Дэн решил создать программу, выполняющую табличные расчеты автоматически. Вместе с другом – программистом Робертом Фрэнкстоном (Frankston, Robert) весной 1979 года они написали программу для Apple II, названную VisiCalc – Visible Calculator. Осенью того же года друзья организовали фирму Software Arts, Inc. и пустили

HOME BUDGET, 1979			
MONTH	NOV	DEC	TOTAL
SALARY	2500.00	2500.00	30000.00
OTHER			
INCOME	2500.00	2500.00	30000.00
FOOD	400.00	400.00	4800.00
RENT	350.00	350.00	4200.00
HEAT	110.00	120.00	1290.00
REC	100.00	100.00	1200.00
TAXES	1000.00	1000.00	12000.00
ENTERTAIN	100.00	100.00	1200.00
MISC	100.00	100.00	1200.00
CAR	300.00	300.00	3600.00
EXPENSES	2460.00	2470.00	29775.00
REMAINDER	40.00	30.00	1225.00
SAVINGS	30.00	30.00	3600.00

VisiCalc (1979 г.)

первую электронную таблицу в продажу. Успех программы превзошел все ожидания, за первый год было продано более 100 000 экземпляров по 200 долларов каждый. Более того, благодаря появлению табличного процессора резко возросли продажи компьютеров Apple. По словам пользователей, это была первая программа, ради которой стоило покупать компьютер.

Рынок электронных таблиц. Lotus 1-2-3 и Excel. Идея электронных таблиц была гениальна в своей простоте, она произвела настоящий переворот в сознании рядовых пользователей, которые получили возможность, не изучая Фортрана и Бэйсика, выполнять достаточно сложные вычисления. Вслед за VisiCalc на рынок были выброшены десятки аналогичных пакетов – SuperCalc фирмы Computer Associates, Quattro фирмы Borland и т.п. По функциональным возможностям все они были примерно одинаковы, отличаясь лишь деталями интерфейса и ценой. На

этом фоне выделялась система Lotus 1-2-3 компании Lotus Development, образованной в 1982 году Митчелом Кэпором (Kapor, Mitchel). Кэпор – весьма незаурядная личность. Окончив Йельский университет, он долго выбирал путь между математикой, музыкой, трансцендентальной медитацией и программированием. Система Lotus 1-2-3 для IBM PC была сделана так, что в обход DOS работала с видеопам'ятью, это давало ей большие преимущества по быстродействию перед конкурентами. Кроме того, Lotus 1-2-3 имела встроенный текстовый редактор и средства деловой графики (этим объясняется ее необычное название – три в одном), а также интерактивную help-поддержку и прочие удобства.



Митчел Кэпор – создатель пакета Lotus 1-2-3 и компании Lotus Development

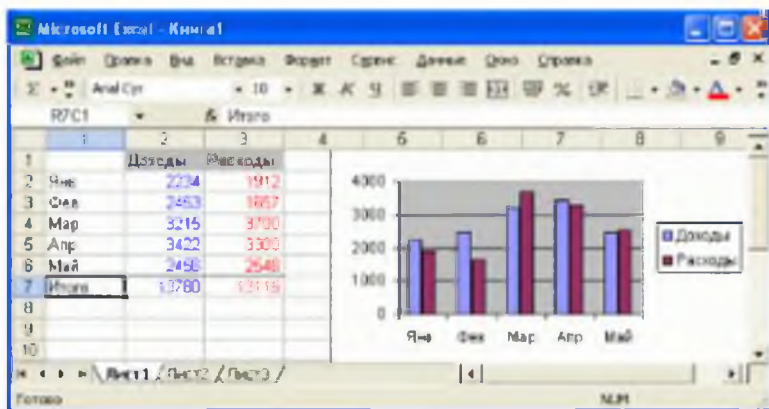
На рекламу системы Кэпор истратил миллион долларов, однако эти расходы окупились очень скоро. За год было продано 107000 экземпляров по 495 долларов каждый, а в следующий год доходы фирмы составили 156 млн долларов. Lotus 1-2-3 быстро стала лидером рынка, а ее формат – популярным обменным форматом для электронных таблиц.



Lotus 1-2-3 (1982 г.)

В 1984 году в соревнование с другими производителями вступила Microsoft с табличным процессором MultiPlan для IBM PC. Впоследствии он был существенно доработан в сторону графического интерфейса и получил название Excel. В 1987 году вышла версия Excel для Macintosh, а в 1990 году – для Windows. Поскольку Lotus Development не сумела вовремя создать конкурентоспособную версию своего про-

дукта для Windows, Excel в течение нескольких последующих лет отвоевал рынок у Lotus 1-2-3. Благодаря широкому набору стандартных функций и встроенному языку программирования VBA – Visual Basic for Applications, Excel может использоваться не только для простейших,



MS Excel

но и для сложных статистических и оптимизационных расчетов. В настоящее время он является лидером, а на российском рынке – монополистом среди электронных таблиц. Фирме Lotus Development пришлось искать другую рыночную нишу. Как мы увидим в дальнейшем, это ей вполне удалось.

Настольные СУБД

В 1981 году инженер американского космического ведомства NASA Уэйн Рэтлифф (Ratliff, Wayne) в свободное от работы время стал делать простенькую СУБД для ведения футбольной статистики. В ее основу была положена реляционная модель, но реализация была самой примитивной, мощности персонального компьютера хватало лишь на обработку сотней другой записей. Ни о каком промышленном использовании такой поделки не могло быть и речи, но для бытовых нужд этого хватало. Рэтлифф начал продавать программу под названием «Вулкан», но без особого успеха.

Реклама «Вулкана» попала на глаза Джорджу Тэйту – предпринимателю без специального образования, занимающемуся программным бизнесом. Его фирма Ashton-Tate заключила с Рэтлиффом договор на исключительное право продавать программу. Так как к этому време-

ни марка «Вулкан» была занята другой фирмой, то нужно было придумать иное название. Торговый агент предложил назвать программу dBase II, это выглядело солидно и содержало намек на якобы существовавшую первую версию.

Настольная СУБД dBase очень быстро завоевала рынок, установив промышленный стандарт на системы подобного класса. Ее язык манипулирования данными породил множество подражаний, а формат dbf стал классическим для представления реляционных таблиц. Фирма Ashton-Tate выбилась в лидеры компьютерного бизнеса, она продолжала совершенствовать систему, выпуская все новые версии dBase III, III+, IV и сопровождая свои действия шумной рекламой.



Автор dBase II Уэйн Рэтлифф (слева) и глава компании Ashton-Tate Джордж Тэйт

Однако навечно удержаться на вершине рынка настольных СУБД Ashton-Tate не смогла. В конце 80-х годов образовался клон конкурирующих dBase-подобных систем (FoxBase, FoxPro, Clipper и др), совместимых по языку и форматам данных, но обладающих лучшими



Настольная СУБД dBase

операционными характеристиками. Постепенно слава dBase сошла на нет, а фирма Ashton-Tate была куплена компанией Borland, решившей освоить новую для себя нишу. Забегая вперед, скажем, что эта покупка оказалась неудачной и славы Borland не принесла.

Современный рынок настольных СУБД довольно богат и разнообразен. Кроме остающейся популярной FoxPro на нем представлены сис-

темы Borland Paradox, Clarion и др. Более того, современные персональные компьютеры достигли такой мощности, что на них можно запускать облегченные версии промышленных СУБД типа Oracle, DB2, Informix и др.

Естественно, не обошлось в этом секторе и без Microsoft. Она приобрела права на FoxPro, а также в составе профессиональной версии MS Office предлагает достаточно мощную настольную СУБД MS Access. Несмотря на то, что система позиционирована как настольная и продается по соответствующей цене, в ней присутствуют многие черты «настоящих» СУБД, в частности язык запросов SQL.

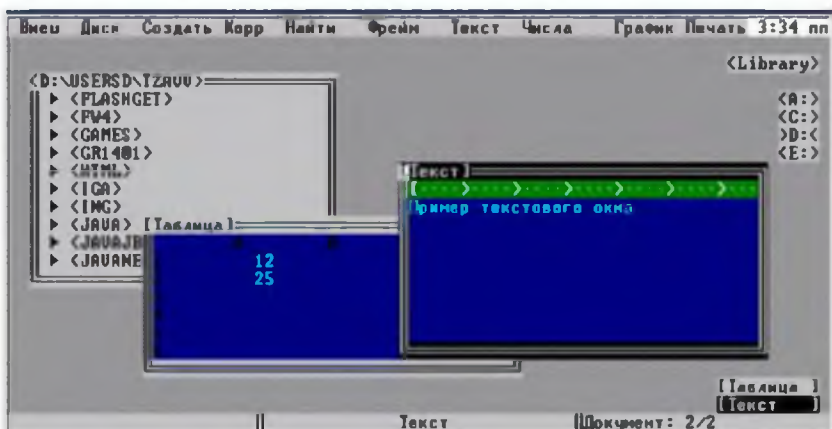
Интегрированные системы

Во времена DOS, то есть фактически до начала 90-х годов, пользователь персонального компьютера сталкивался с типичной проблемой связи между различными приложениями. Поясним ее на примере. Предположим, готовился отчет о расходовании заработной платы сотрудников отдела. Первое, что следовало сделать, – загрузить СУБД и выбрать данные о нужных сотрудниках. Эти данные распечатывались, а программа выгружалась, так как операционная система DOS была однозадачной. После этого запускалась электронная таблица и в нее вручную вносились данные с распечатки (буфера обмена в DOS не было). Выполнив расчеты на таблице, ее нужно было опять распечатать, чтобы потом, после того как будет загружен текстовый процессор, ввести в нужное место заключительного документа. Такая канитель с передачей данных от приложения к приложению естественным образом привела к идее создания интегрированной системы, которую бы пользователь загружал, приходя утром на работу, и которая бы обслуживала его потребности весь день.

Jazz и Symphony. Элементы интеграции были заложены еще в Lotus 1-2-3, где можно было, не выходя из приложения, воспользоваться простым текстовым редактором и, кроме того, проанализировать данные на графике. Эту идею Lotus Development постаралась развить в последующих разработках. В 1984 году для Macintosh была выпущена система Jazz, а для PC – Symphony. Сами названия этих пакетов намекали на ансамбль возможностей: в рамках одной системы можно было использовать текстовые документы, электронные таблицы, базы данных и деловую графику. Хотя повторить феноменальный успех Lotus 1-2-3 новым пакетам не удалось, они заложили основу будущих наборов офисных программ.

Framework и другие. Вслед за продуктами Lotus Development на рынке начали появляться интегрированные системы других производителей. При этом изобретались различные «коктейли»: кроме стандартного набора (текст, таблицы, СУБД, деловая графика), в систему включались самые разнообразные функции.

Например, известная нам фирма Ashton-Tate вышла на рынок в том же 1984 году с очень интересным и долгое время бывшим популярным, в частности в России, пакетом Framework. Еще до появления Windows, под управлением DOS, Framework моделировал графическую оконную среду. Документы располагались на рабочем столе, увеличивались и уменьшались в размерах, сворачивались в значки, прятались в лотках и шкафах. Но самым главным достоинством пакета был мощный функциональный, похожий на Lisp, язык функционального программирования Fred, позволявший разрабатывать в среде Framework разнообразные прикладные системы.



Интегрированный пакет Framework компании Ashton-Tate (1984 г.)

Среди прочих интегрированных систем отличался оригинальностью пакет Guri, разработанный в 1986 году фирмой Micro DataBase Systems Inc. В него была встроена система логического вывода, с помощью которой можно легко создавать различные экспертные системы.

Интеграция в среде Windows. С появлением Windows интерес к интегрированным системам ослаб, поскольку сама операционная система обладает многими интегрирующими свойствами. В среде

Windows, если позволяют ресурсы компьютера, можно запустить сразу сколько угодно приложений, при этом передача данных между приложениями возможна самыми различными способами: через буфер обмена, путем динамической связи или встраивания одного приложения в другое (технология OLE – Object Linking and Embedding, иначе называемая технологией ActiveX). Например, в пакете Microsoft Office, не выходя из редактора Word, можно встроить в документ «живую» электронную таблицу Excel, картинку Visio или документ базы данных Access.

Пока решались задачи взаимодействия программ в масштабах одного компьютера, идея интеграции поднялась на более высокий уровень. В больших информационных системах постоянно возникает потребность в обмене информацией не только в пределах ЭВМ, но и между различными компьютерами, участвующими в решении некоторой прикладной задачи. Такой режим взаимодействия пользователей называется *групповой работой*, он стал возможным после того, как ЭВМ стали объединяться в компьютерные сети. Историю появления и развития компьютерных сетей, а также эволюцию средств обеспечения групповой работы мы подробно рассмотрим в следующей главе.

§ 3.6. Выводы

1. Программное обеспечение (ПО) компьютеров делится на общее (базовое), предназначенное для решения типовых задач и изготавливаемое массовыми тиражами, и специальное, создаваемое под заказ для уникальных приложений. В свою очередь, общее ПО подразделяется на системное, служащее для технологических целей и для обеспечения вычислительного процесса, и прикладное, поддерживающее типовые задачи обработки данных (обработка текстов, электронные таблицы, СУБД и т.п.).

2. Накопленный за 50 лет существования компьютеров массив общего программного обеспечения представляет собой гигантскую интеллектуальную ценность. Он постепенно выкристаллизовывался из специального в результате эволюции и конкурентного отбора. Каждое десятилетие внесло свой наиболее существенный вклад в формирование общего ПО.

- 50-е годы: библиотеки стандартных программ, низкоуровневые языки и системы автоматизации программирования (ассемблеры и автокоды);
- 60-е годы: высокоуровневые языки и системы автоматизации программирования, пакетные операционные системы;
- 70-е годы: диалоговые операционные системы, системы управления базами данных (СУБД);
- 80-е годы: пакеты прикладных программ для персональных компьютеров, системы автоматизации проектирования (CASE);
- 90-е годы: программное обеспечение компьютерных сетей, мультимедиа.

3. Библиотеки стандартных программ и первые системы символического кодирования ассемблеры возникли еще в доэлектронную эпоху (гарвардский Mark-I), первая собирающая программа – ассемблер – была разработана в 1949 году в Англии Морисом Уилксом в процессе работы над ЭВМ EDSAC.

4. История высокоуровневых языков программирования начинается с гипотетического, то есть не реализованного на ЭВМ, языка Plancalcul, разработанного Конрадом Цузе в конце 1940-х годов. Важную роль в автоматизации программирования сыграла предложенная А.А. Ляпуновым и реализованная в 1954–1956 годах М.Р. Шура-Бура и А.П. Ершовым идея автоматизации программирования на основе операторной схемы.

5. Языки и системы программирования наиболее бурно развивались в 60-е годы, когда были разработаны основные принципы их построения и родились многие сотни языков различного назначения. В результате естественного отбора до конца века дожили немногие «великие языки», в которых воплощены пять основных концепций современного программирования:

- процедурное программирование, составляющее основу классических алгоритмических языков Фортран, Бэйсик, Кобол, Алгол, Си и др.;
- объектно-ориентированное программирование (ООП), в кристально чистом виде реализованное в языке Smalltalk и в той или иной степени присутствующее во всех современных языках;
- визуально-событийное программирование, являющееся развитием ООП в части работы с особыми классами визуальных объ-

ектов, реализованное в визуальных средах Visual Basic, Delphi, Visual FoxPro, Visual C, Java и др.;

- функциональное программирование, реализованное в языке обработки списков Лисп;
- логическое программирование, воплощенное в декларативном языке Пролог.

6. Первым широко распространенным алгоритмическим языком стал язык Фортран (Fortran – FORmula TRANslator), разработанный Джоном Бэкусом в корпорации IBM и реализованный в 1957 году для ЭВМ IBM-704. Впоследствии этот язык был перенесен практически на все типы компьютеров, он постоянно совершенствовался и развивался. На Фортране накоплен колоссальный массив стандартных программ, он неизменно остается одним из «великих» языков для программирования научных задач во всем мире.

7. Язык Бэйсик (Basic – Beginner’s All Purpose Symbolic Instruction Code) является младшим братом Фортрана. Он был разработан в 1964 году в Дармутском колледже (г. Хановер, штат Нью-Хемпшир, США) Джоном Кемени и Томасом Курцем. Язык предназначался для учебных целей, поэтому одновременно с интерпретатором была создана система разделения времени для работы с нескольких терминалов. Бурное развитие Бэйсик получил после того, как Билл Гейтс и Пол Аллен разработали в 1975 году интерпретатор Бэйсика для первого персонального компьютера Altair и образовали фирму Microsoft.

8. Язык Кобол (Cobol – COmmon Business Orientated Language), созданный в 1960 году комитетом КОДАСИЛ по инициативе Грейс Хоппер, предназначен для программирования экономических задач. В Коболе впервые появились описания структур данных. В США этот язык до сих пор пользуется большой популярностью, в СССР и России широкого распространения не получил из-за русскоязычного многословия.

9. Язык Алгол (Algol – ALGORitmic Language) был предложен в 1960 году авторитетным международным комитетом. Это был первый язык с формальным описанием синтаксиса в форме Бэкуса-Наура. Алгол оказал мощнейшее влияние на всю последующую историю языков программирования. На основе Алгола-60 создано множество обобщений и расширений. Язык получил распространение в Европе, в частности в СССР, где для него было создано несколько компиляторов. В США особенной популярностью не пользовался. В последующие деся-

тилетия Алгол проиграл в конкурентной борьбе с Фортраном, так как уступал ему по возможностям ввода-вывода и по богатству накопленных прикладных программ.

10. Развивая Алгол-60, международная федерация по обработке информации организовала разработку нового высокоуровневого языка Алгол-68. Он отличался предельной теоретической проработанностью и богатством возможностей, однако из-за сложности понимания и проблем реализации широкого практического применения не имел.

11. Член комитета по Алголу-68 Никлаус Вирт, не согласный с проектом переусложненного языка, разработал в 1971 году простой алгоподобный язык Паскаль (Pascal). Паскаль получил очень широкое распространение, когда в 1984 году Филипп Кан разработал для него скоростной компилятор для IBM PC и организовал фирму Borland International. На основе базового Паскаля, первоначально предназначенного только для обучения программированию, впоследствии были созданы языки и системы промышленного программирования Ada, Modula, Delphi.

12. Язык PL/1 – Programming Language One был создан фирмой IBM и в 1964–1967 годах как универсальный суперязык для новой серии машин S/360, призванный заменить все известные до него языки программирования. Теоретически этот язык очень несовершенный и противоречивый, однако на практике использовался очень широко. Стал основным языком программирования задач обработки данных в СССР в 70-е и 80-е годы, в эпоху массовой разработки автоматизированных систем управления (АСУ).

13. Объектно-ориентированное программирование берет начало от языка Simula – SIMULAtion, созданного в 1964 году в Норвегии Оле-Джоном Далом и Кристенем Нигардом и предназначенного для моделирования систем с дискретными событиями. Там впервые появились понятия объекта, класса, метода. Развивая эти идеи, Алан Кей в 1973 году в исследовательском центре PARC фирмы Xerox создал язык Smalltalk, являющийся до сегодняшнего дня эталоном объектности. Впоследствии объектная ориентированность перешла во все современные языки – Pascal, C, Basic.

14. Язык Си был создан Деннисом Ричи и Кеннетом Томпсоном в 1973 году в Bell Laboratories в связи с разработкой ими операционной

системы Unix. Вместе с этой бесплатной системой он разошелся по университетам и стал излюбленным языком системных программистов. Язык отличается компактностью и возможностью писать программы на низком уровне, используя все ресурсы процессора. Объектное расширение языка Си, названное Си++, было произведено Бьярном Страуструпом в начале 80-х годов.

15. Язык Java был создан в 1995 году компанией Sun Microsystems на основе Си++ специально для программирования в интернете. Отличается особой технологией исполнения программ интерпретаторами (виртуальными Java-машинами), встроенными во все современные браузеры.

16. Язык Лисп (Lisp – LISt Processing) был разработан Джоном Маккарти в 1960 году. Он реализует парадигму функционального программирования и служит для обработки списков. Отличается простотой и изяществом. Лисп до сих пор широко используется для программирования задач искусственного интеллекта и даже, несмотря на некоторую громоздкость, для вычислительных задач.

17. Язык Пролог (Prolog – PROgramming for LOGic), созданный в Европе в начале 70-х годов, в отличие от всех предыдущих, не предназначен для написания алгоритмов. Он является декларативным языком логического программирования, с помощью которого можно описать факты и правила логического вывода в некоторой предметной области. Язык активно используется для решения задач искусственного интеллекта и построения экспертных систем. В 80-е годы с этим языком связывались большие надежды в связи с японским проектом ЭВМ пятого поколения, однако этим надеждам не суждено было сбыться.

18. История операционных систем начинается в 60-е годы, когда для облегчения труда операторов и экономии машинного времени были созданы первые программы-автооператоры и мониторные системы. Впоследствии они развились в операционные системы следующих основных типов:

- пакетные (однозадачные и с мультипрограммированием);
- диалоговые (с разделением времени – ОС РВ);
- системы реального времени.

19. Пакетные операционные системы, поддерживающие режим мультипрограммирования, были разработаны в начале 60-х годов. Наи-

более совершенной системой такого типа была OS/360 MVT для IBM S/360.

20. Следующий этап в развитии ОС для больших ЭВМ – диалоговые операционные системы с разделением времени (ОС РВ). Экспериментальные ОС такого типа, сформировавшие идеологию систем, были созданы в Массачусетском технологическом институте. Сама идея была высказана Джоном Маккарти в 1961 году, основополагающий проект Multics под руководством Фернандо Корбатто реализовывался во второй половине 60-х годов. Промышленные ОС РВ появились в 70-х годах, их разработка и доводка выполнялась, как правило, фирмами-производителями соответствующих ЭВМ, например OS/VM для IBM S/360 или RSX-11 для PDP-11. Для отечественной ЭВМ БЭСМ-6 также было разработано ОС «Диспак» и «Дубна».

21. Среди ОС РВ особое место занимает система Unix, первый вариант которой был разработан Кеннетом Томпсоном и Деннисом Ричи в Bell Laboratories в 1969 году. Написанная на машинно-независимом языке Си, она является портируемой, то есть допускает перенос на различные аппаратные платформы. Это свойство, а также доступность и бесплатность исходного кода, сделали Unix чрезвычайно популярной в 80-х и 90-х годах. Однако доступность исходного кода привела к тому, что единая система перестала существовать, образовалось множество хоть и близких по существу, но различающихся в деталях Unix-подобных систем, как коммерческих, например Solaris от Sun, AIX от IBM, Xenix от Microsoft, так и бесплатных. Среди таких систем особой популярностью пользуется система Linux, ядро которой было создано в начале 1990-х годов финским студентом Линусом Торвальдсом.

22. Появление персональных ЭВМ в 80-х годах породило новый класс настольных операционных систем, которые на первых порах относились к классу простейших пакетных однозадачных ОС. Для первого поколения 8-битовых ПК характерной была ОС CP/M, разработанная в 1976 году Гэри Килдолом. Второе поколение, ознаменовавшееся выпуском 16-битовой IBM PC, оснащалось в основном операционной системой MS-DOS, выпущенной фирмой Microsoft в 1981 году. Эта система стала классической ОС для 80-х годов, однако ей присущи принципиальные недостатки, вытекающие из ограниченности аппаратных ресурсов:

- однозадачный режим работы;

- отсутствие встроенных средств управления расширенной памятью и внешними устройства, прикладная программа должна была решать эти задачи сама;
- отсутствие унифицированного графического интерфейса, каждое приложение имеет свою логику взаимодействия с пользователем.

23. Третье поколение 32-битовых персональных компьютеров, появившееся к концу 80-х годов, обладало достаточными аппаратными возможностями для организации графического человеко-машинного интерфейса. Идеи этого интерфейса, разработанные еще в 70-х годах в Xerox PARC, были впервые широко использованы фирмой Apple в операционной системе Mac OS для ЭВМ Macintosh, выпущенной в 1984 году. Фирма Microsoft, отставшая в этом отношении от Apple, выпустила в 1985 году графическую надстройку над DOS под названием Windows. Первые две версии коммерческого успеха не имели, и только Windows 3.0, появившаяся в 1990 году, стала завоевывать рынок. К концу века Microsoft с настольными ОС Windows-95/98/Me, поддерживающими многозадачный режим работы, стала фактическим монополистом на рынке ОС для платформы Intel, победив в конкурентной войне фирму IBM с ее OS/2.

24. Кроме настольных ОС, в 90-е годы разрабатывались серверные операционные системы, являющиеся прямыми потомками ОС с разделением времени 70-х и 80-х годов. На рынке доминировали NetWare фирмы Novell, Windows NT фирмы Microsoft и различные версии Unix, среди которых наиболее активно развивалась система Linux.

25. Особый класс операционных систем – системы реального времени. Они применяются в системах управления технологическими процессами, в которых критическим является время реакции системы на запросы внешних устройств.

26. СУБД, появившиеся в середине 60-х годов, имеют ряд преимуществ по сравнению с прежней схемой независимой работы программ с данными:

- однократный ввод данных;
- независимость программ от данных;
- сокращение затрат на программирование.

27. Основные функции СУБД:

- описание логической структуры данных;
- манипулирование данными;
- обеспечение целостности данных;
- обеспечение многопользовательского доступа;
- защита данных.

28. Существуют три основных типа СУБД, различающиеся логической организацией данных: иерархические, сетевые и реляционные. Первыми были иерархические СУБД (первая промышленная СУБД IMS была разработана фирмой IBM в 1968 году), затем в результате теоретических исследований, предпринятых рабочей группой КОДАСИЛ, появилась сетевая модель данных. Наиболее совершенными и распространенными в настоящее время являются реляционные СУБД, основанные на табличной (реляционной) модели данных, предложенной в 1970 году сотрудником IBM Эдгаром Коддом. Стандартным языком запросов в такой СУБД является язык SQL, разработанный в 1974 году Чемберленом и Бойсом.

29. Современные промышленные СУБД являются очень дорогими и долгоживущими программными продуктами, соизмеримыми по сложности с операционными системами. В начале века на рынке лидирует «большая тройка»: Oracle, DB2, MS SQL Server.

30. Микрокомпьютерная революция и появление персональных ЭВМ в корне изменили ситуацию на рынке программного обеспечения. Из профессионального инструмента оно превратилось в товар массового спроса, доступный миллионам неквалифицированных пользователей. В 80-е годы на рынок было выброшено множество пакетов прикладных программ (ППП) для персональных компьютеров, расцвел софтверный бизнес, авторы удачных разработок в одночасье делали миллионные состояния. К наиболее популярным ППП относятся текстовые редакторы, электронные таблицы и настольные СУБД.

31. Рынок текстовых редакторов делится на три основных сектора: простейшие текстовые редакторы, текстовые процессоры широкого применения типа MS Word и настольные издательские системы, берущие начало от пакета Page Maker, разработанного в 1985 году для Apple Macintosh. Особое место среди издательских пакетов занимает система

TeX, созданная классиком информатики Дональдом Кнутом и принятая в качестве стандарта многими научными журналами.

32. Электронные таблицы были изобретены сотрудником Digital Equipment Corp. Дэниэлом Бриклином и впервые реализованы им совместно с Робертом Фрэнкстоном в 1979 году для персонального компьютера Apple-II. Лидером рынка электронных таблиц в среде MS DOS был пакет Lotus 1-2-3, разработанный основателем фирмы Lotus Development Митчелом Кэпором в 1982 году. После появления Windows наиболее распространенной стала система Excel фирмы Microsoft.

33. Первой настольной СУБД стала простейшая система, разработанная в 1981 году Уэйном Рэттлифом и выпускаемая фирмой Ashton-Tate под названием dBase-II. Формат данных «dbf» и язык запросов этой системы стали классическими, породившими множество аналогичных разработок. К концу века, когда мощности персональных ЭВМ резко возросли, в качестве настольных стали использоваться облегченные версии реляционных промышленных СУБД, например DB2 или Oracle.

34. Поскольку передача данных между различными программами в однозадачной операционной системе невозможна, в эпоху MS DOS, то есть в 80-е годы, достаточно популярными были интегрированные системы (Lotus 1-2-3, Symphony, Framework и др.), дающие возможность в рамках одного приложения работать с текстом, таблицами, графиками. С переходом на Windows, изначально обладающей интегрирующими свойствами, интерес к таким пакетам упал, однако после создания компьютерных сетей идея интеграции возродилась на новом уровне в виде клиент-серверных систем и пакетов поддержки групповой работы.

§ 3.7. Комментарии и ссылки на источники

Цель этой главы – дать будущему программисту общее представление об истории и логике развития программного обеспечения, подвести к мысли о том, что для профессионального понимания прикладных вопросов современного программирования требуются глубокие знания в области фундаментальных наук – чистой и прикладной математики, теоретических основ информатики.

§ 3.1

Классификация этапов эволюции программного обеспечения не бесспорна, как и все классификации, она основывается скорее на личных наблюдениях автора, бывшего живым свидетелем всех этих этапов. Аналогичный взгляд на периодизацию компьютерной истории высказывает Дэвид Васкевич в очень содержательной книге [5, с. 18–27], которую полезно прочитать всем, кто хочет посмотреть на проблему использования ЭВМ более широко, не только с точки зрения кодировщика программ.

§ 3.2

Составить генеалогическое дерево даже самых известных языков программирования оказалось для меня очень непростым делом. Во-первых, происхождение одного языка от другого никак документально не установлено и может быть оценено только субъективно, во-вторых, год рождения того или иного языка трудно определить однозначно. Сведения об этом часто бывают противоречивы, так как за исходную точку можно взять либо дату публикации спецификации, либо дату первой реализации; что представляется мне более обоснованным. Я буду благодарен каждому, кто сможет проследить генеалогию конкретных языков программирования более детально и внесет исправления и уточнения в представленную схему.

Популярная история многих описанных в данном параграфе языков программирования приведена во второй книге [50] упоминавшегося ранее трехтомника, выпущенного издательством «Мир». Очень содержательная подборка полезных сведений о различных языках программирования (история разработки, фрагменты программ, ссылки на учебную литературу и интернет-ресурсы) приведена на сайте Вологодского университета по адресу <http://www.uni-vologda.ac.ru/students/seu%26coa/language/>. При этом рассматриваются не только широко известные языки, такие, как Си, Паскаль или Java, но и менее известные Модула-2, Оберон.

Анализ японского проекта ЭВМ пятого поколения и ответа на него со стороны европейских производителей ЭВМ приводится в книге Дж. Симонса [38].

По языку Лого можно рекомендовать ссылку на русскоязычный сайт <http://school.edu.ru/int/logo/logo.html>. Из англ-

язычных ресурсов сошлемся также на The LOGO Programming Language.

§ 3.3

Современные операционные системы представляют собой исключительно сложные программные комплексы, аккумулирующие труд многих поколений ученых и программистов. В нашем популярном обзоре мы коснулись только внешней стороны и истории создания операционных систем, не вникая в алгоритмы их функционирования. Теорию операционных систем студенты осваивают на старших курсах после изучения ряда фундаментальных математических дисциплин: теории вероятностей, математической статистики, теории массового обслуживания и др.

Несмотря на обилие литературы по конкретным операционным системам, имеется очень мало публикаций сравнительного и исторического характера. На этом фоне очень полезным является большой обзорный материал, опубликованный в украинском интернете по адресу http://icfcst.kiev.ua/panorama/History/os_history.shtml. Единственным неудобством его является то, что он написан на английском языке. Из русскоязычных ресурсов можно рекомендовать серию обзорных материалов на <http://www.citforum.ru/>.

Проект Linux является очень важной, но тем не менее частной составляющей более общего проекта GNU, зародившегося в начале 1980-х годов в Массачусетском технологическом институте по инициативе Ричарда Столлмена (Stallman, Richard; р. 1953). Это было время, когда производство компьютерных программ, в частности коммерческих версий ОС Unix, начало превращаться в крупный бизнес, движимый уже не столько техническими соображениями, сколько законами конкуренции. Фирмы-владельцы авторских прав стали выдвигать очень жесткие условия лицензирования, ставящие пользователей в полную зависимость от производителей. Многие программисты, привыкшие к свободному распространению ОС, увидели в этом ущемление своих естественных прав и ратовали за свободное программное обеспечение. Выражая эти стремления, Ричард Столлмен опубликовал в 1983–1985 годах Предварительный анонс, а затем Манифест, в которых объявил, что он начинает проект под названием GNU (аббревиатура расшифровывается рекурсивно «Gnu is Not Unix»), целью которого является разработка полного комплекта программного обеспечения (ядра ОС,

компиляторов, компоновщиков, графического интерфейса и т.д.), основанного на идеях Unix, но полностью открытого для распространения, и призвал компьютерное сообщество безвозмездно присоединиться к этому проекту. Для координации усилий множества энтузиастов, поддержавших манифест, впоследствии был создан Фонд свободного программного обеспечения (Free Software Foundation), который ставит своей задачей координацию усилий независимых разработчиков, а также занимается разработкой свободных программ. В штате Фонда имеются программисты, реализующие требуемые свободной ОС программы, которые по различным причинам не нашли себе добровольцев-разработчиков.

Основным вопросом философии GNU является свобода распространения программного обеспечения, совершенно не исключающая возможность извлечения прибыли из торговли программами. Поскольку в английском языке слово «free» неоднозначно и имеет значения как «свободный», так и «бесплатный», была разработана Универсальная общественная лицензия GNU (GNU General Public License – GNU GPL), уточняющая правила распространения таких программ. Согласно этой лицензии, получив в пользование или купив *свободную (free)* программу, можно:

- сколько угодно ее копировать и распространять – бесплатно или за любые деньги;
- изменять или совершенствовать ее исходный код (программа, распространяемая по GNU GPL, всегда поставляется вместе с исходным кодом – самой строго охраняемой и никогда не раскрываемой частью коммерческих программ).

Единственно, чего не может пользователь при дальнейшем распространении программы – скрыть исходный код, объявив себя его автором и владельцем, и остановить таким образом ее свободное совершенствование и развитие. Специально для этого проект GNU ввел в обиход понятие «*copyleft*» (в отличие от «*copyright*», когда создатель программы сохраняет на нее авторские личные и имущественные права, даже если распространяет ее бесплатно). Очевидно, что проблемы пиратства в случае со свободными программами просто не существует.

К началу 1990-х проект GNU находился уже в высокой степени зрелости, были разработаны основные элементы полноценной ОС, не хватало лишь ядра, написание которого оказалось значительно более сложным делом, чем предполагалось ранее. Создав новое ядро, Линус

Торвальдс заполнил брешь в проекте GNU и запустил цепную реакцию, вызвавшую его развитие со скоростью взрыва. Теперь желающие смогли объединить ядро Linux с системой GNU, получив полноценную свободную «систему GNU, основанную на Linux» (GNU/Linux). Когда пользователь приобретает «дистрибутив Linux», то на самом деле он получает полный комплект GNU/Linux, в котором собственно ядро Linux составляет лишь несколько процентов. Именно этим объясняется феноменально быстрое распространение этой операционной системы и ее прекрасные перспективы.

О деталях и текущем состоянии проекта GNU можно узнать, посетив англоязычный сайт <http://www.gnu.org> или его русскоязычный вариант <http://www.gnu.ru>.

§ 3.4

Изучению различных моделей данных и систем управления базами данных отводится большое место в программе подготовки профессиональных программистов. Обычно дисциплина «Базы данных» читается после того, как будущие специалисты освоят основы дискретной математики и теоретической информатики. Для самостоятельного знакомства с этой областью знаний можно рекомендовать фундаментальный учебник [18], написанный одним из классиков К.Дж. Дейтом, который вместе с основоположником реляционной теории Эдгаром Коддом на протяжении многих лет работал в исследовательских центрах IBM.

§ 3.5

Пакеты прикладных программ – это самая заметная и интересная для рядового пользователя часть гигантского массива программного обеспечения. Несмотря на то, что прикладных программ создано великое множество, широкое распространение в массах получили лишь немногие. К ним прежде всего относится комплект офисных приложений Microsoft Office, установленный почти на каждом персональном компьютере. В стандартный «джентельменский набор» MS Office входят текстовый процессор MS Word, электронная таблица MS Excel, пакет для создания электронных презентаций Power Point и ряд служебных программ. Расширенный комплект включает дополнительно настольную СУБД MS Access и, начиная с 2000 года, упоминавшуюся нами прекрасную систему деловой графики MS Visio. Распространенность и популярность MS Office столь велики, что кое-кто отождествляет образование в области информатики с умением пользоваться программами

этого пакета, а полки книжных магазинов на 50% заполнены пособиями по Word, Excel и иже с ними.

Хотя средствами MS Word можно подготовить к печати не только письмо, но и научную книгу, до уровня издательской системы этот пакет явно не дотягивает. Среди графических систем на рынке лидируют изделия фирмы Adobe: Photoshop, Illustrator, PageMaker, Acrobat и др, с ними конкурирует мощная система машинной графики Corel Draw. Книг по этим пакетам на прилавках также достаточно.

Издательская система TeX относится к классу элитарных, она рассчитана на ученых, пишущих труды с большим количеством математических формул. Система не продается в коробках, ее приходится скачивать со специализированных сайтов и затем настраивать по месту. Она значительно сложнее в установке и эксплуатации, чем MS Word, но зато дает результат высочайшего качества, достойный профессионалов. Мировое сообщество пользователей TeX (TeX User Group – TUG) представляет собой своеобразный клуб избранных, поддерживающий всеобъемлющий сетевой архив (Comprehensive TeX Archive Network – CTAN), который находится в интернете по адресу <http://ctan.tug.org>. Основополагающая книга по системе написана Дональдом Кнудом [24], однако на практике чаще используется не базовый (plain) TeX, а его расширение LaTeX, созданное Лесли Лампортом (Lamport, Leslie) и описанное в ряде руководств [25, 29].

Система TeX является типичным представителем достаточно популярного класса некоммерческих программ, которые создаются в рамках движения Open Source, то есть движения за программы с открытым исходным текстом. Другим примером служат программы, распространяемые под эгидой уже упоминавшегося Фонда свободного программного обеспечения в рамках разработанной этим фондом публичной лицензии GPL, непременным условием которой является предоставление исходного кода. Существуют и другие проекты, ставящие цели публичного распространения программ, но отличающиеся в деталях лицензий и поэтому формально не подпадающие под определение свободных (free). Таким образом, понятие Open Source является более широким, более подробно о нем можно прочесть на сайте <http://www.opensource.org>.

Поскольку сектор офисных ППП является самым значительным на рынке программного обеспечения, монопольное положение Microsoft в этом секторе наиболее чувствительно как для конкурентов, так и для сотен миллионов пользователей, целиком и полностью зависящих от технической и коммерческой политики софтверного гиганта. Особенно

актуальна эта проблема для больших и бедных, но быстро развивающихся в компьютерном отношении стран (Россия, Китай и т.п.), где традиционным было массовое использование пиратских копий, а переход к цивилизованным формам покупки программ, учитывая масштабы их использования, потребует таких затрат, которые могут оказаться непосильными для экономики. В связи с этим внимание мировой компьютерной общественности приковано к различным реализациям некоммерческого прикладного программного обеспечения. Наиболее значительным достижением в этой области является выпуск в 2002 г. пакета OpenOffice 1.0, основанного на ядре принадлежащего Sun Microsystems офисного пакета Star Office, который фирма любезно предоставила для развития в рамках Open Source. Разработчики включили в него шесть основных компонентов: текстовый процессор Writer, электронную таблицу Calc, программу для создания презентаций Impress, редактор векторной графики Draw и математических выражений Math, а также OpenOffice Basic для программирования приложений. Все компоненты совместимы по форматам файлов с соответствующими компонентами Microsoft Office. Продукт является многоплатформенным, он работает под Windows, Solaris, Linux, в будущем появится дистрибутив для компьютеров Apple. Таким образом, появился реальный конкурент продукции Microsoft, что радикальным образом меняет обстановку в секторе прикладного ПО.

§ 3.8. Контрольные вопросы

1. К какому времени относится создание библиотек стандартных программ?
2. К какому времени относится интенсивная разработка языков программирования?
3. Когда был создан первый высокоуровневый язык программирования? Как он назывался?
4. Кто был автором языка Fortran?
5. Какие языки программирования можно считать потомками Fortran?
6. Кто и когда разработал язык Cobol? Каковы его особенности?
7. Каковы фундаментальные особенности языка Algol-60?

8. Какие языки программирования можно считать потомками Algol-60?
9. Когда и где появился язык Basic?
10. С чего начала свою деятельность фирма Microsoft?
11. В каком языке впервые появились идеи объектно-ориентированного программирования?
12. Каково влияние проекта Smalltalk на развитие программирования?
13. В каком языке впервые реализована идея функционального программирования?
14. В каком языке впервые реализована идея логического программирования?
15. Что описывает программа на языке Prolog?
16. В разработке каких языков принимал участие Джон Бэкус?
17. Какой язык разработали Томас Курц и Джон Кемени?
18. В разработке каких языков принимал участие Никлаус Вирт?
19. Какой язык разработал Алан Кей?
20. Какой язык разработал Джон Маккартни?
21. Кто разработал язык Си?
22. К какому времени относится разработка пакетных операционных систем?
23. Какова основная цель создания пакетных ОС?
24. Какие изменения были внесены в конструкцию ЭВМ для обеспечения работы пакетной операционной системы?
25. Каковы основные функции пакетной ОС?
26. К какому времени относится разработка диалоговых операционных систем с разделением времени?
27. Где были разработаны первые ОС с разделением времени?
28. Где и когда была разработана ОС Unix?
29. Какие особенности ОС Unix обеспечили ей популярность?
30. Какая ОС была фактическим стандартом для первого поколения 8-разрядных персональных компьютеров?
31. В каком году появилась первая версия MS DOS? Кем она была разработана?
32. В каком году появилась первая версия Windows?
33. К какому времени относится интенсивная разработка СУБД?
34. Что такое схема базы данных?

35. Что такое подсхема базы данных?
36. Что такое целостность базы данных?
37. К какому типу относились первые промышленные СУБД?
38. К какому времени относится интенсивная разработка настольных пакетов прикладных программ?
39. Для какой ЭВМ Майкл Шреер в 1975 году запрограммировал первый текстовый редактор под названием «Электронный карандаш»?
40. Какой пакет программ создали Сеймур Рубинштейн и Роб Барнэби?
41. Какой текстовый процессор является самым популярным в настоящее время?
42. Где была создана первая настольная издательская система?
43. Кто автор системы TeX?
44. В чем причина популярности издательской системы TeX?
45. Какой пакет программ создали Дэниэл Бриклин и Роберт Фрэнкстон?
46. Какой пакет программ создал Митчел Кэпор?
47. Почему с развитием Windows упала популярность интегрированных систем, подобных Lotus 1-2-3, Symphony, Framework и др.?

Глава 4. Компьютерные сети

Как отмечалось во введении, переживаемая нами информационная революция происходит не только из-за быстрого развития компьютеров, но и во многом благодаря их плодотворному сотрудничеству со средствами электросвязи. На эту тему еще в начале 1970-х годов очень образно высказался профессор Роберт Фэно (Fano, Robert Mano; р. 1917), работавший вместе с Фернандо Корбатом и МПТ над проектом Multics и увековечивший свое имя в названии кода Шеннона-Фэно:

«Брак между вычислительной машиной и средствами связи состоялся. Свадьба сыграна, медовый месяц позади, и супруги начинают все больше и больше ощущать, как они стали зависеть друг от друга».

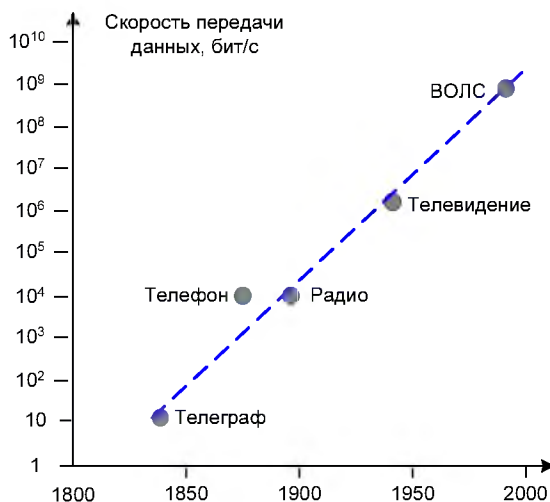
В наступившем XXI веке эти взаимозависимость и взаимодополняемость стали проявляться еще больше. Современный компьютер трудно себе представить существующим вне компьютерной сети, а современные системы связи буквально напичканы разнообразными компьютерами – от микропроцессоров до супер-ЭВМ.

Для того чтобы понять принципы построения и направления эволюции современных компьютерных сетей, необходимо знать, хотя бы вкратце, историю электросвязи и основные понятия ее теории. Однако молодые люди, освоившие работу на компьютере и даже знающие его внутреннее устройство, на эти вопросы обычно внимание не обращают. В данной главе мы постараемся заполнить этот пробел.

§ 4.1. История развития электросвязи

История электросвязи не менее замечательна, чем история компьютеров. Зародившись в первой половине XIX века, электросвязь развивалась исключительно бурными темпами. Если построить график, показывающий, как росла скорость передачи данных по каналам связи за

прошедшие полтора столетия, то легко уловить закономерность, аналогичную закону Мура: каждые пять лет происходит ее удвоение.



Первым устройством электрической связи был телеграф, попытки создать который начались через треть века после того, как в 1800 году итальянский ученый Алессандро Вольта (Volta, Alessandro; 1745–1827) изобрел химический источник тока – прообраз современных батареек.

Телеграф В отечественной литературе изобретателем телеграфа принято считать петербургского дипломата и инженера



П.Л. Шиллинг
(1786–1837)

Павла Львовича Шиллинга (1786–1837), продемонстрировавшего в октябре 1832 года первый сеанс электрической связи по проводам на расстоянии около 100 метров. Конструкция аппарата не обеспечивала запись сообщения и для практического применения была неудобной, однако усовершенствовать ее барон Шиллинг не успел.

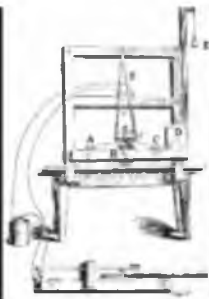
Англичане считают основоположником телеграфии знаменитого физика, члена Королевского общества Чарльза Уитстона (Wheatstone, Charles; 1802–1875), известного каждому школьнику по изобретенному им «мосту Уитстона». Телеграф

Уитстона, похожий на аппарат Шиллинга, был запатентован в 1837 году и одно время применялся на британских железных дорогах.

Были и другие конструкции телеграфных аппаратов, но широкого распространения они не получили. Первым телеграфным аппаратом, завоевавшим весь мир и обессмертившим имя его создателя, был самопишущий прибор, изобретенный в 1837 году не физиком, а талантливым нью-йоркским художником Самюэлем Морзе (Morse, Samuel; 1791–1872). Годом позже он разработал знаменитую азбуку из точек и тире, а спустя двадцать лет телеграф стал привычным и незаменимым средством общения в Америке и Европе.



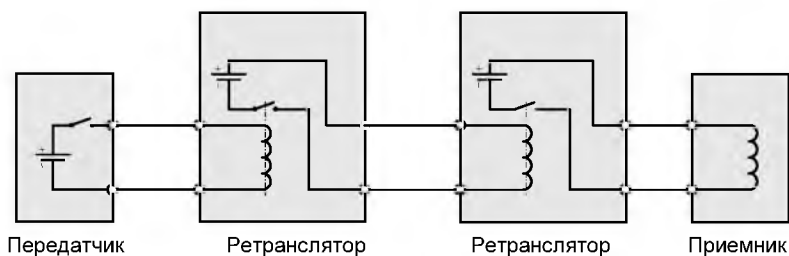
Аппарат Шиллинга (1832 г.)



Самюэль Морзе (1791–1872) был художником (слева – его автопортрет), поэтому конструкция первого телеграфного аппарата напоминала мольберт (1837 г.)

Воздушные и кабельные линии связи тех лет позволяли передавать телеграфные сигналы на нескольких десятках, максимум до сотни километров, далее сигнал сильно ослабевал и терялся в шумах. Для того чтобы обеспечить устойчивую связь на больших дальностях, нужно было придумать систему восстановления ослабленного сигнала. Эту задачу удалось блестяще решить с помощью электромагнитного реле, изобретенного, как мы уже знаем, в 1831 году американским физиком Джозефом Генри (Henry, Joseph; 1797–1878), в честь которого названа единица индуктивности. Слово *реле* (фр. *relais*, англ. *relay*) в переводе означает «почтовая станция, место смены лошадей». В старину на таких

станциях путешественники заменяли уставших почтовых лошадей свежими и пускались в путь дальше. Аналогично работает телеграфный ретранслятор (см. рисунок). Ослабевший от долгого путешествия по проводам электрический ток поступает на обмотку электромагнита чувствительного телеграфного реле. Электромагнит замыкает контакты, и в выходную линию передается в тысячи раз более сильный ток от свежей батареи, установленной здесь же. Таким образом, соединяя последовательно несколько участков ретрансляции, удается организовать телеграфную связь на трансконтинентальных расстояниях. Например, в 1870 году была сооружена линия индо-европейского телеграфа Лондон – Берлин – Варшава – Одесса – Тбилиси – Тегеран – Карачи – Калькутта протяженностью 18000 км, а в 1871 г. заработала линия Москва – Владивосток (12000 км).



Принцип ретрансляции

Освоив сушу, телеграф дерзнул покорить Атлантический океан, однако это оказалось исключительно сложным делом. Проблема была в том, что даже в самом узком месте ширина океана превышает 3500 км при глубине до 4500 м. Необходимо было сконструировать и построить такой кабель, который не только бы выдержал огромное давление воды, подводные течения и трение о прибрежные скалы, но и обеспечил малое затухание сигнала на огромном расстоянии. Многие считали эту затею невозможной, однако упорство инженеров и предпринимателей не знало границ. В 1858 году после многих лет подготовительных работ и нескольких неудачных экспедиций был проложен первый трансатлантический телеграфный кабель длиной 3800 км между Ирландией и островом Ньюфаундленд, который соединился с ранее построенными линиями до Нью-Йорка и Лондона. 16 августа 1858 года по нему была передана приветственная телеграмма английской королевы Виктории американскому президенту Джеймсу Бьюкенену (1791–1868). Весь ци-

виллизованный мир ликовал, знаменитый писатель Томас Манн назвал это событие «звездным часом человечества», установление электрической связи между Европой и Америкой он считал поворотным моментом истории. Радость, однако, была недолгой: кабель работал всего две недели и по нему успели передать только 400 телеграмм. Сигнал был настолько слабым на фоне шумов, что для передачи нескольких слов требовались часы. Попытка увеличить отношение сигнал/шум поднятием напряжения с 600 до 1000 В привела к выгоранию изоляции и краху всего проекта.



Прокладку первого телеграфного кабеля через океан современники называли «звездным часом человечества»

К счастью для потомков, неудача не сломила волю первопроходцев. В течение восьми лет были выполнены большие теоретические исследования, которыми руководил знаменитый физик Уильям Томсон (Thomson, William; 1824–1907), получивший за исключительные научные заслуги титул лорда Кельвина, накоплен большой опыт по прокладке подводных кабелей через Средиземное море. Следующий транс-

атлантический кабель, проложенный в 1866 году, оказался вполне работоспособным, он прослужил почти 100 лет.



Телетайп

К концу XIX века телеграфный аппарат научился печатать буквы и стал незаменимым средством срочной связи между людьми по всему миру, число ежедневно передаваемых телеграмм достигло миллиона. В 1902 году был проложен первый кабель через Тихий океан – от Канады до Австралии, а всего к 1930 году по океанам было проложено 650 000 км телеграфных кабелей. Телеграмму можно было отправить вокруг света, и на это ушло бы всего 20 минут. Простые и надежные буквопечатающие телеграфные аппараты – телетайпы, очень похожие на электрические пишущие машинки, до сих пор используются для документальной связи между организациями. Более того, вплоть

до изобретения алфавитно-цифровых дисплеев телетайпы применялись в качестве диалоговых терминальных устройств ЭВМ.

Хотя к концу XX века из-за развития телефонии и других современных систем, например электронной почты, значение телеграфной связи для человечества несколько снизилось, сами принципы телеграфии оказались очень продуктивными. В частности, принцип ретрансляции телеграфных сигналов позволил построить цифровые высокоскоростные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), но об этом мы будем говорить позже.

Телефон Изобретатель телефона Александр Белл (Bell, Alexander Graham; 1847–1922) родился в Шотландии, по основной специальности он был филологом. Получив приглашение преподавать в школе для глухонемых в городе Бостоне, Белл переехал в Америку и стал глубоко изучать акустику и физиологию слуха. Результатом этих исследований стал телефонный аппарат, запатентованный в 1876 году.



Александр Белл

Первая телефонная линия была построена в 1877 году в Бостоне, она соединяла магазин электротоваров Чарли Вильямса с его квартирой и имела в длину три мили, но уже к началу XX века общая длина телефонных линий превысила несколько миллионов километров.

Созданная в 1881 году Беллом фирма American Bell Telephone заложила основы гигантской корпорации American Telephone and Telegraph (AT&T). В научном центре AT&T, называемом Bell Laboratories, сделаны крупнейшие открытия XX века в области радиотехники, связи и информатики: изобретены электронная лампа, транзистор, создана ОС Unix и т.д.

В отличие от телеграфа, который изначально создавался как устройство междугородной связи, телефон долгое время был типично внутригородским средством общения. На междугородные просторы телефония выходила с большим трудом, этому были объективные причины. Из-за того, что переменный ток звуковой частоты, вырабатываемый микрофоном телефонного аппарата, очень слаб, радиус действия первых телефонов не превышал 10 км. После изобретения угольного микрофона дальность телефонной связи по толстым медным проводам, подвешенным на столбах, достигла 500–600 км, и это был предел. Дальнейшее увеличение дальности телефонной связи без промежуточного усиления сигналов было невозможно, а усиливать сигнал, сохраняя его форму, неизмеримо сложнее, чем просто ретранслировать телеграфный сигнал посредством электромагнитных реле. Изобретение электронных ламп в начале XX века и развитие радиотехники сделало телефонию междугородной и международной, однако прошло еще много лет, пока ламповые усилители научились встраивать в подводные кабели так, чтобы они выдерживали гигантское давление океанских глубин. Только в 1956 году, ровно через 90 лет после сооружения межконтинентального телеграфа,



Патент Белла (1876 г.)



Первый телефон Белла

был проложен первый трансатлантический телефонный кабель. С тех пор по морям и океанам проложено множество магистральных кабелей связи, телефония распространилась по всему миру.

Возникает закономерный вопрос: каким же образом велись телефонные переговоры между Европой и Америкой до середины XX века? Эту возможность предоставила радиосвязь.

Радиосвязь Изобретение радио связано с именем русского инженера Александра Степановича Попова (1859–1905).

7 мая 1895 года он продемонстрировал на заседании Русского физико-химического общества в Петербурге изобретенный им прибор для приема электромагнитных волн. В ознаменование этого события ежегодно 7 мая отмечается День радио.



А.С. Попов
(1859–1905)

Спустя год после опытов Попова аналогичное устройство в Лондоне представил Гульельмо Маркони (Marconi, Guglielmo; 1874–1937). В отличие от Попова, Маркони поставил дело на широкую коммерческую основу, создав в 1897 году компанию по производству радиоаппаратуры, существующую по сей день. В 1898 году Маркони впервые передал радиосигнал через Ла-Манш, а 12 декабря 1901 года – через Атлантику. С помощью проволочной антенны, прикреплен-



Первый приемник –
«грозоотметчик» Попова
(1895 г.)



Гульельмо Маркони
(1874–1937)

ной к воздушному змею, запущенному на острове Ньюфаундленд, была принята радиограмма, посланная с южной оконечности Англии. Эта радиограмма состояла всего из трех точек, что по азбуке Морзе означало букву S. В 1909 году за достижения в области радиотехники Маркони вместе с изобретателем электронно-лучевой трубки Брауном (Braun, Karl; 1850–1918) была присуждена Нобелевская премия по

физике. Поскольку посмертно премия не присуждается, Попова не было среди лауреатов. Кстати, именно по этой причине никогда не получают Нобелевскую премию изобретатели первых ЭВМ.

После создания электронных ламп радиотехника стала развиваться быстрыми темпами. Первое практическое применение радио – беспроводный телеграф (между прочим, во французском языке слово «радио» до сих пор переводится сокращением T.S.F., то есть *Télégraphie Sans Fils* – «телеграфия без проводов»).

Человеческая речь впервые была передана через океан в 1915 году, радиосигнал был отправлен из Арлингтона, штат Вирджиния, а принят на Эйфелевой башне в Париже. В феврале 1927 года вступила в действие первая коммерческая радиотелефонная линия Лондон – Нью-Йорк, работающая на частоте 50 кГц (длина волны 6 км).

В течение всего XX века радиосвязь осваивала все более высокие частоты, каждый раз сталкиваясь с проблемами распространения радиоволн в новом диапазоне. Длинные и средние волны распространяются вдоль поверхности Земли, они ведут себя более или менее предсказуемо, однако в этих диапазонах очень тесно, с большим трудом там могут разместиться всего несколько сот радиостанций. Коротковолновый диапазон значительно вместительнее, но радиосвязь на КВ неустойчива, она сильно зависит от состояния ионосферы и подвержена сильным помехам. В диапазоне ультракоротких волн (к УКВ относятся радиоволны короче 10 м) почти нет помех, там может разместиться очень большое число радиостанций, зато эти волны не огибают Землю и могут распространяться только в пределах прямой видимости. Только развитие радиорелейных и спутниковых систем, о которых мы поговорим далее, смогло решить задачи дальней связи на УКВ.

В конце XX века телефония и радиосвязь, вдохновленные достижениями микроэлектроники, породили принципиально новую технологию мобильной телефонии. Это направление развивается исключительно бурно, в некоторых странах число сотовых телефонов уже превысило число жителей.

Телевидение

Первые эксперименты по передаче изображений были предприняты еще в начале века. В 1907 году петербургский профессор Борис Львович Розинг (1869–1933) получил патент на «способ электрической передачи изображения на расстояние», предложив использовать трубку Брауна в приемнике телевизионного изображения. В 1932 году русский инженер Владимир Кузьмич

Зворыкин (1888–1982), эмигрировавший после революции в США и обосновавшийся в компании Radio Corporation of America (RCA), продемонстрировал работающую систему электронного телевидения. Вскоре компания наладила серийное производство телевизоров, однако регулярные передачи телевидения в США стали идти только с 1939 года. Чуть раньше, в 1936 году, регулярное телевидение началось в Германии и Англии. Репортажи с Олимпийских игр 1936 года в Берлине можно было видеть в Лейпциге и Дрездене, но количество телевизоров на всю Европу не превышало нескольких сот, да и стоили они очень дорого, один телевизор равнялся по цене двум небольшим автомобилям.

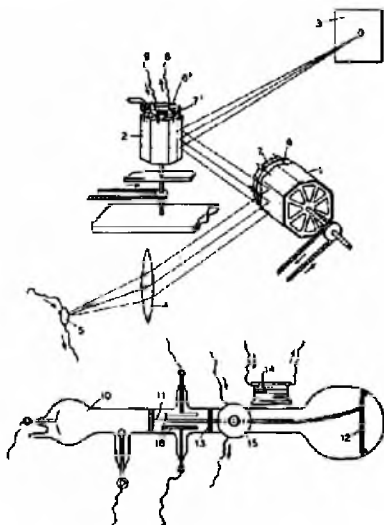


Схема передачи телевизионного изображения (патент Розинга 1907 г.). В передатчике применяется механическая развертка изображения с помощью зеркальных барабанов, в приемнике – электронно-лучевая трубка

ментальной проблемой передачи телевизионного сигнала на большие расстояния. В начале XXI века жители многих городов имеют возможность принимать несколько десятков телевизионных программ. Впечатляющая демонстрация возможностей глобального телевидения состоялась в ночь с 31 декабря 1999 года на 1 января 2000 года, когда миллиарды телезрителей могли в прямом эфире наблюдать репортажи со всех меридианов Земли – от Нью-Йорка и Парижа до экзотических островов в Океании.

Начиная с 1960-х годов телевидение стало цветным, а спутники связи помогли справиться с фунда-



Телевизор с механической разверткой (СССР, 1932 г.)

от Нью-Йорка и Парижа до экзотических островов в Океании.

В течение последних лет в ряде стран разрабатывались новые системы телевидения с высоким качеством изображения и звукового сопровождения. В результате этих работ в США совместно с крупнейшими европейскими фирмами Philips и Thompson была разработана цифровая система телевидения HDTV на 1000 строк с прогрессивной разверткой, обеспечивающая революционное улучшение качества изображения и резкое увеличение функциональных возможностей телевизоров путем их вхождения в мировую компьютерную сеть. В конце 1996 года эта система была принята как новый телевизионный стандарт США, и американская промышленность приступила к крупносерийному выпуску телевизоров для внедрения этой системы. По-видимому, новый стандарт скоро станет общемировым, а существующее телевизионное вещание на 525 и 625 строк через 10–12 лет будет прекращено и заменено широко развитым вещанием по новой системе.

Интегральные системы связи

В течение многих лет, вплоть до 1990-х годов, основным видом деятельности телекоммуникационных компаний было обеспечение телефонной связи, а также радио- и телевизионного вещания, поэтому вся инфраструктура первичной сети была рассчитана на передачу непрерывных электрических сигналов. Новые виды связи, такие, как передача данных в компьютерных сетях, приравнивались к существующей системе, при этом цифровые сигналы от компьютеров сначала преобразовывались в звуковые, а потом передавались по телефонным каналам к получателю. Однако в последние годы на основе достижений микроэлектроники стала происходить бурная цифровизация первичной сети связи. При этом процесс передачи переворачивается с ног на голову: получив в узлах первичной сети разнообразные звуковые, телевизионные и другие непрерывные сигналы от разнообразных источников, аппаратура связи преобразует их в единую цифровую форму, сливает в общий цифровой поток, а затем передает поток по магистральным цифровым каналам до пункта назначения, где он опять разбирается на составляющие и преобразуется в исходную форму. Системы связи, обеспечивающие перенос различных видов сообщений по единой цифровой технологии, называются *интегральными*, они гарантируют высокое качество связи и минимум помех независимо от дальности.

Идея передачи аналоговых сигналов в кодированной цифровой форме в общем не очень нова, однако ее широкое внедрение сдерживалось экономическими причинами: на медных кабельных линиях анало-

говые системы получались дешевле. Новую жизнь в цифровые технологии вдохнули мощные радиорелейные, спутниковые и оптические линии связи, о которых мы будем говорить чуть позже. К концу XX века все континенты оказались закольцованными в глобальную интегрированную супермагистраль. До сих пор основная часть пропускной способности интегрированной сети используется для обеспечения традиционных услуг связи: по одному оптическому волокну или лучу радиорелейной линии могут одновременно передаваться десятки телевизионных программ и десятки тысяч телефонных разговоров, однако, начиная с середины 1990-х годов, в потоки телефонных сообщений стали вливаться сначала тоненькие, а потом все более и более заметные ручейки данных от компьютерных сетей, прежде всего интернета. Если темпы развития компьютерных сетей сохранятся, то не исключено, что через несколько лет потоки компьютерных данных будут доминирующими.

§ 4.2. Основные понятия теории передачи сообщений

Прежде чем рассматривать историю и современное состояние компьютерных сетей, познакомимся кратко с общими понятиями теории передачи сообщений, основы которой были заложены выдающимся американским ученым Клодом Шенноном (Shannon, Claud Elwood; 1916–2001). Вместе с Норбертом Винером он заслуженно считается одним из отцов-основателей кибернетики и информатики. В 1936 году Шеннон закончил Мичиганский университет со степенями бакалавра электротехники и математики и поступил в Массачусетский технологический институт, где по инициативе Ванневары Буша создал теорию релейных схем на основе математической логики. С 1941 по 1972 год он работал в математическом отделе Bell Telephone



Клод Шеннон (1916–2001)

Laboratories. В 1948 году опубликовал классическую работу «Математическая теория связи», в которой заложил основы теории информации и теории кодирования, доказал ряд фундаментальных положений, в ча-

стности вывел знаменитую *формулу Шеннона* для предельной пропускной способности канала связи, с которой мы познакомимся несколько позже.

Информация, сообщение, сигнал

Рассуждая на бытовом уровне о системах связи, мы говорим о передаче информации, сообщений, данных или сигналов, не всегда задумываясь о точном смысле употребляемых слов и не видя между ними большой разницы. На самом деле между этими понятиями есть существенные различия, в которых мы сейчас разберемся.

Понятие «*информация*» (*information*) относится к числу первичных, неопределимых строго понятий, в общем случае оно означает некоторые сведения, представляющие интерес для получателя. Кстати сказать, в шенноновской теории информации оно никак не раскрывается, введенная Шенноном мера количества информации не связана с понятием информации, она основана не на содержании, а на «неожиданности» сведений для получателя.

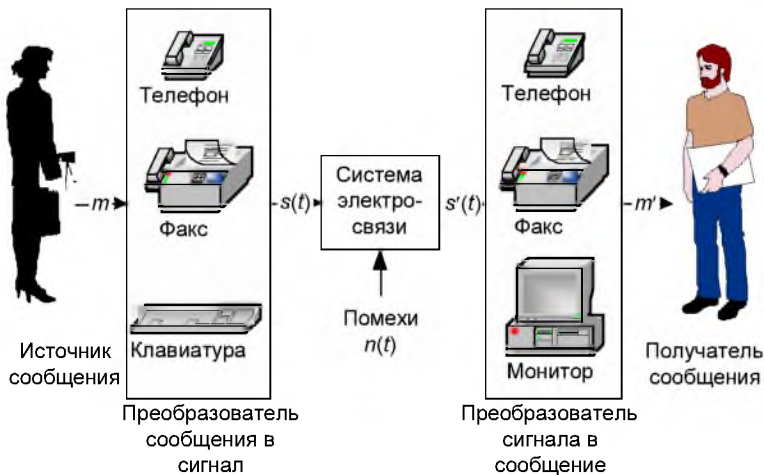
Для того чтобы информацию можно было передавать, хранить и обрабатывать, она должна быть закреплена в некоторой объективной форме (в виде печатного текста, картинки, звукового образа, компьютерного файла и т.п.). Объективная форма представления информации, абстрагированная от смысла, называется *сообщением* (*message*). Одно и то же сообщение для разных людей может нести совершенно различную информацию. Например, прозвучавшее 17 июля 1936 года по испанскому радио звуковое сообщение «Над Испанией безоблачное небо» для большинства слушателей означало обычную сводку погоды, а для франкистских заговорщиков это было сигналом к началу мятежа. Другой пример – сообщение на китайском языке, для многих читателей этой книги оно вообще не несет информации. В связи со сказанным, в профессиональной речи избегают говорить о передаче информации, а если и употребляют этот термин, то имеют в виду передачу сообщений.

В технике связи рассматриваются вопросы передачи любых сообщений (телефонных, телеграфных, факсимильных, телевизионных), однако мы, имея в виду компьютерные сети, будем интересоваться прежде всего *передачей данных* (*data transmission*). Данными называют сообщения, формируемые или принимаемые компьютерами или аналогичными им автоматическими устройствами (банкоматами, маршрутизаторами компьютерных сетей и т.п.), называемыми в общем случае *оконечным оборудованием данных* (ООД) – *Data Terminal Equipment*

(DTE). Поскольку практически все современные автоматические устройства хранят и обрабатывают данные в двоично-кодированном виде, сообщение данных обычно представляет собой поток двоичных символов – битов.

Для того чтобы сообщение передать в пространстве, необходим некоторый носитель – физический процесс, свойства которого изменяются во времени t в зависимости от варианта сообщения. Такой физический процесс называется *сигналом сообщения* или просто *сигналом* (*signal*). В системах электросвязи в качестве сигнала выступает электрический ток (при передаче сигналов по проводам) или электромагнитная волна (в беспроводных системах).

Наиболее общая модель системы передачи сообщений, предложенная Шенноном, приведена на рисунке. Источник (человек или оконечное оборудование данных) формирует сообщение m , которое преобразуется в электрический сигнал $s(t)$. При передаче речи такое преобразование делает микрофон телефонного аппарата, при отправке факсимильного сообщения – фотоэлемент факс-аппарата, компьютерные данные преобразуются в сигналы *аппаратурой передачи данных* (АПД) – *Data Communication Equipment* (DCE), в качестве которой могут выступать, например, модем или сетевая карта.



Модель Шеннона передачи сообщений

Перенос сигнала из одной точки пространства в другую осуществляет *канал электросвязи (channel)*, который может быть реализован самыми различными способами – на основе проводных или беспроводных систем связи. На приемном конце происходит обратное преобразования сигнала в сообщение, доставляемое получателю. При передаче речи это делает наушник телефонного аппарата, при передаче видеосигнала – телевизионный приемник и т. п.

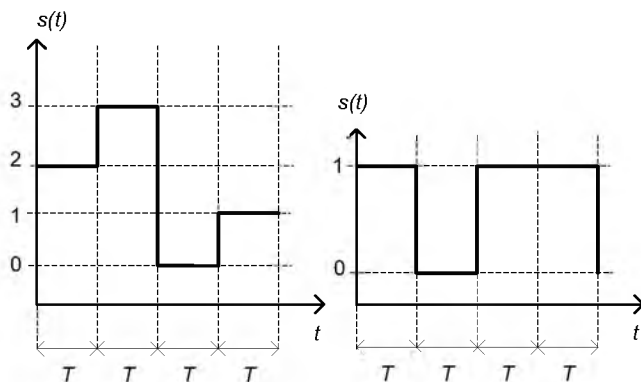
Передача сообщений от источника к приемнику неизбежно сопровождается *помехами (noise) $n(t)$* , из-за чего на выходе системы получится искаженный сигнал $s'(t)$, в результате полученное сообщение m' будет отличаться от посланного. Степень соответствия принятого сообщения переданному называется *верностью (fidelity)* передачи. Оценка верности для каждого вида сообщений производится по собственным критериям. Например, для передачи речи прежде всего важна разборчивость, а искажение тембра не так существенно. При трансляции музыки требования к точности воспроизведения звука значительно более высокие (отсюда пошел термин Hi-Fi, то есть High Fidelity – высокая верность). Оценка качества телевизионного изображения производится с помощью известных телевизионных таблиц, а для передачи данных верность принято оценивать *коэффициентом ошибок*, то есть отношением числа искаженных к общему числу переданных битов.

Электрические сигналы

Любой канал электросвязи предназначен для передачи сигналов определенного вида, с этой точки зрения электрические сигналы делятся на два типа – *цифровые (digital)* и *аналоговые (analog)*.

Цифровые сигналы являются самыми простыми, они берут свое начало от первых систем телеграфирования. Цифровой сигнал имеет конечное множество *состояний* (значащих позиций), которые меняются только в определенные моменты времени, кратные единичному интервалу времени T . В простейшем случае значащих позиций две, такой сигнал называется *двухпозиционным*, он самым естественным способом отображает поток битов в двоично-кодированном сообщении. Любой *многопозиционный* сигнал легко преобразовать в двухпозиционный. Для этого нужно пронумеровать позиции и каждую из них закодировать двоичным числом с соответствующим числом разрядов. Например, нулевая позиция в четырехпозиционном сигнале может иметь код 00, первая – код 01 и т.д. На рисунке показано преобразование двух первых

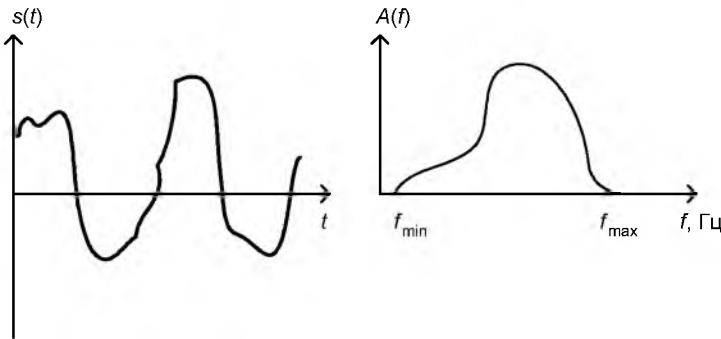
элементов четырехпозиционного сигнала в четыре элемента двухпозиционного.



Цифровой сигнал

Величина $B = 1/T$, показывающая, сколько единичных элементов цифрового сигнала передается в одну секунду, называется *скоростью манипуляции*. Она измеряется в *бодах*, в честь выдающегося французского инженера, изобретателя системы одновременной работы нескольких телеграфных аппаратов по одной паре проводов Жана Бодо (Baudot, Jean-Marie; 1845–1903). Зная скорость манипуляции, легко вычислить *скорость передачи данных* C цифровым сигналом, измеряемую в битах в секунду (бит/с). Для двухпозиционного сигнала она совпадает со скоростью манипуляции, а для M -позиционного вычисляется по формуле $C = B \log_2 M$.

Аналоговый сигнал в отличие от цифрового представляется непрерывной функцией времени $s(t)$, такие сигналы фигурируют в телефонии, радиовещании, телевидении. Из школьного курса физики известно, что любой непрерывный сигнал можно представить в виде суммы некоторого числа простейших синусоидальных колебаний (гармоник) с различными частотами f и соответствующими амплитудами $A(f)$. Функция $A(f)$ называется *спектральной функцией* или просто *спектром* данного сигнала, она показывает, с какой силой «звучит» данная гармоника в сигнале.



Аналоговый сигнал и его спектр

Спектр реальных сигналов не простирается от нуля до бесконечности, он сосредоточен в некоторой полосе частот от f_{\min} до f_{\max} . Например, звуки речи занимают частоты от 50–100 Гц до 8–10 кГц, но экспериментально установлено, что для вполне разборчивого воспроизведения разговора вполне достаточно передать полосу частот от 300 до 3400 Гц.

Спектр сигналов, применяемых при передаче музыки, значительно шире. Так как человеческое ухо воспринимает звуки от 20 до 20000 Гц, то система трансляции музыкальных программ высшего качества должна обеспечивать передачу этих частот.

Рекордным по ширине спектра является телевизионный сигнал, он занимает полосу частот от нуля до 6 МГц, он почти в 2000 раз шире спектра стандартного телефонного сигнала.

Каналы электросвязи

Назначение канала электросвязи – перенести поступивший от преобразователя первичный электрический сигнал на некоторое расстояние от источника до получателя. Технически канал электросвязи может быть реализован самыми различными способами, мы этому вопросу посвятим следующий параграф, однако абоненту нет необходимости вникать в технические тонкости, для него канал – некоторое логическое понятие, абстрактный туннель для сигналов, имеющий стандартные потребительские характеристики.

Для конечного потребителя, который покупает услуги у компаний-операторов связи, канал электросвязи начинается и заканчивается точками сопряжения – *портами* (*port*), физически реализованными в виде

электрических разъемов, к которым можно подключить обычное устройство связи (телефон, видеотелефон, факс) либо аппаратуру передачи данных. Поскольку производителей оконечного оборудования и операторов связи великое множество, необходимы четкие правила их сопряжения и единые требования к каналам электросвязи. За этим зорко следит образованный еще в 1865 году в Париже Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ) – *Comité Consultatif International de Télégraphie et Téléphonie* (СЦИТТ), вошедший в 1932 году в Международный союз электросвязи – *International Telecommunications Union* (ITU). Многочисленные рекомендации МККТТ-ITU, имеющие обязательную силу, регламентируют все технические параметры каналов электросвязи, включая размеры и конструкцию разъемов, уровни сигналов и помех, процедуры установления соединений и т. д. Именно благодаря этим стандартам телефонный аппарат, сделанный в Японии, можно подключить к розетке в России и поговорить по нему с абонентом в Америке.

Каналы электросвязи подразделяются на *аналоговые* и *цифровые*. Как следует из названия, аналоговые каналы служат для передачи аналоговых сигналов, а цифровые – цифровых.

Аналоговые каналы характеризуются прежде всего *полосой пропускания*, то есть спектром частот аналогового сигнала, который может передавать данный канал. Основным видом такого канала является стандартный *канал тональной частоты (ТЧ)*, предназначенный для передачи одного телефонного разговора. Согласно рекомендациям МККТТ, стандартный канал ТЧ должен пропускать частоты от 300 до 3400 Гц, то есть ширина полосы этого канала равна 3100 Гц. Именно такую полосу гарантирует вам оператор телефонной связи вне зависимости от того, с кем вы говорите – соседом по дому или жителем на другом конце Земли.

Вторая важная характеристика аналогового канала – *уровень помех*, который измеряется отношением мощности сигнала S к мощности шума N на выходе канала. Для хороших каналов ТЧ отношение S/N должно быть не менее миллиона, однако в реальных условиях на отечественных телефонных линиях это соотношение, как правило, хуже.

По стандартному каналу ТЧ невозможно передать качественный звук, а тем более телевизионный сигнал, который требует полосу почти в 2000 раз шире. Для этих целей необходимы широкополосные каналы, пропускающие частоты до нескольких МГц, однако содержание таких

каналов для дальней связи стоит больших денег и под силу лишь компаниям-операторам связи.

Цифровые каналы характеризуются скоростью передачи данных, измеряемой числом битов в секунду. Исторически первым и самым медленным был стандартный телеграфный канал, рассчитанный на передачу всего 75 бит/с, по таким каналам до сих пор кое-где ведется летайпная связь между организациями.

Современные требования к цифровым каналам совершенно другие. Международными рекомендациями установлена иерархия скоростных цифровых каналов. В качестве *базового* (обозначается обычно буквой В) определен канал со скоростью передачи 64 кбит/с, достаточный, как мы скоро увидим, для передачи оцифрованной речи и в этом смысле эквивалентный аналоговому каналу ТЧ. Тридцать два базовых канала образуют *первичный* канал со скоростью передачи 2048 кбит/с (он обозначается Е1), четыре канала Е1 образуют *вторичный* канал Е2 со скоростью 8 Мбит/с и т.д. вплоть до нескольких Гбит/с.

Важной характеристикой цифрового канала является допустимая частота (коэффициент) ошибок. При передаче телеграмм в былые времена допускался коэффициент ошибок 10^{-2} – 10^{-3} , в настоящее время при пересылке больших массивов компьютерных данных допустимо значение не более 10^{-8} – 10^{-9} .

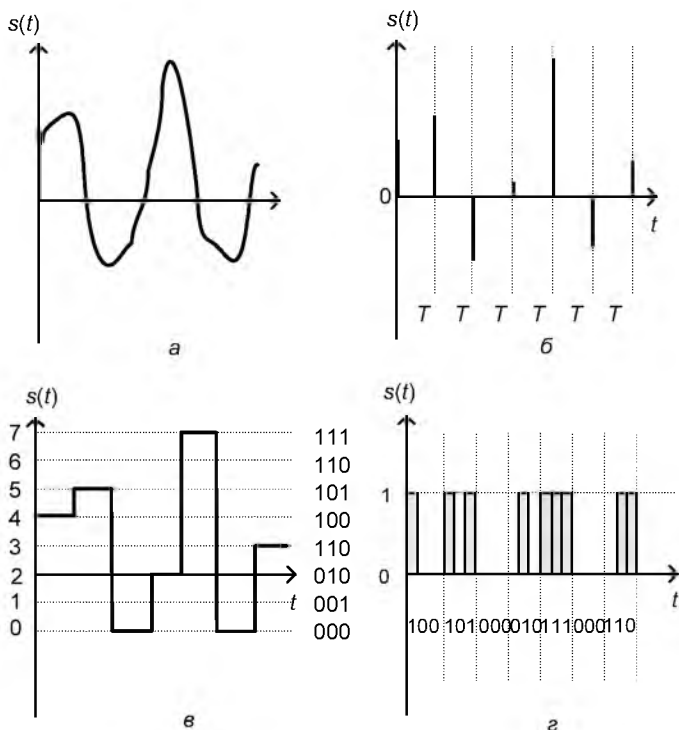
Вплоть до 1990-х годов скоростные цифровые каналы считались роскошью, они были доступны только компаниям, профессионально занимающимся телекоммуникационным бизнесом. Сегодня цифровой канал может арендовать не только небогатая фирма, но даже обычный пользователь интернета, подключившийся из дома к оператору связи с помощью проводной или беспроводной линии связи (варианты подключения компьютера к глобальной компьютерной сети мы специально будем рассматривать в § 4.3).

Передача аналогового сигнала по цифровому каналу

Как мы уже говорили, в интегрированных системах связи, которые в последние годы становятся все более популярными, передача всех видов сообщений производится по единым цифровым каналам электросвязи. В связи с этим возникает задача преобразования аналогового сигнала в цифровой. Хотя абсолютно точно аналоговый сигнал, имеющий бесконечное число состояний, представить в конечном цифровом виде невозможно, это преобразова-

Как мы уже говорили, в интегрированных системах связи, которые в последние годы становятся все более популярными, передача всех видов сообщений производится

ние осуществимо с приемлемой для практических нужд точностью. Преобразование аналогового сигнала в двухпозиционный цифровой ведется в три этапа. Сначала происходит *дискретизация*, то есть измерение величины аналогового сигнала в моменты времени, отстоящие друг от друга на единичные интервалы T , затем проводится *квантование* – округление измеренного значения до ближайшей позиции M -позиционного сигнала (на рисунке $M = 7$) и, наконец, *кодирование* – преобразование многопозиционного цифрового сигнала в двухпозиционный.



Преобразование аналогового сигнала в цифровой:
 а) исходный сигнал; б) дискретизация; в) квантование;
 г) двоичное кодирование

Качество преобразования существенно зависит от выбора T и M . Очевидно, чем быстрее меняется аналоговый сигнал, тем чаще нужно

делать отсчеты значений. В теории связи установлено, что если спектр сигнала ограничен сверху величиной f_{\max} , то отсчеты следует делать с частотой не менее $2f_{\max}$. Этот результат называется *теоремой отсчетов* или *теоремой Котельникова*, доказанной выдающимся отечественным радиофизиком академиком Владимиром Александровичем Котельниковым (1908–2005).

На основании теоремы отсчетов установлены стандартные параметры преобразования различных видов аналоговых сигналов в цифровые. Так, для передачи речи, имеющей $f_{\max} = 3400$ Гц, применяется частота отсчетов 8 кГц, при этом измерение значения сигнала рекомендуется производить с точностью до 256 позиций (8 битов). Таким образом, для нормальной передачи телефонного разговора достаточна скорость передачи данных 64 кбит/с. Именно такая скорость установлена для базового цифрового канала.

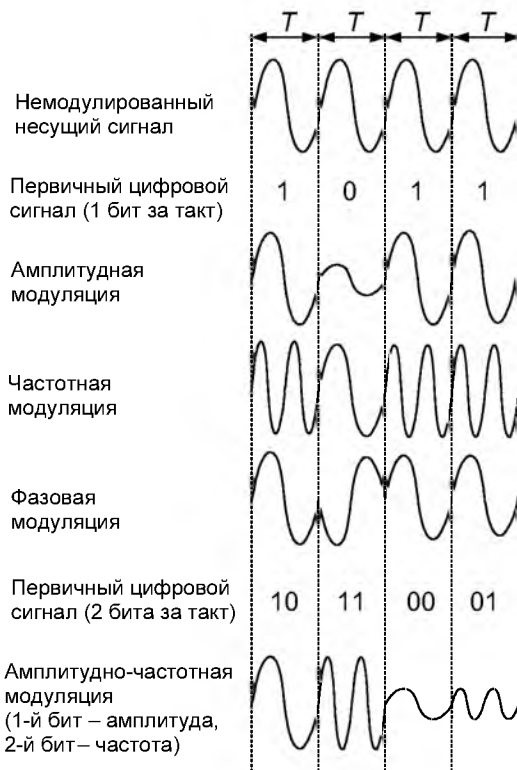
Для качественного воспроизведения музыки с $f_{\max} = 20$ кГц частота дискретизации устанавливается равной 44,1 кГц (стандарт компакт-дисков), а измерение величины сигнала производится с повышенной точностью до 16 битов ($M = 2^{16} = 65536$).

Передача цифрового сигнала по аналоговому каналу

Достаточно часто возникает противоположная задача – передать цифровой сигнал по аналоговому каналу. Типичная ситуация – подключение домашнего компьютера к узлу интернета по обычному телефонному каналу. Первичный цифровой сигнал в виде импульсов постоянного тока по такому каналу не пройдет, так как канал ТЧ не пропускает постоянный ток. В качестве переносчика данных в этом случае должен использоваться непрерывный сигнал, параметры которого дискретно меняются во времени в зависимости от передаваемой позиции цифрового сигнала. Процесс преобразования первичного цифрового сигнала в аналоговый называется *модуляцией*, а обратный процесс – *демодуляцией*. Конструктивно МОдулятор и ДЕМОдулятор обычно совмещаются в одном устройстве, называемом *модемом* (*modem*).

Простейшим видом непрерывного периодического сигнала является синусоидальный переменный ток $s(t) = \sin(2\pi ft + \varphi)$, у которого есть три параметра – амплитуда A , частота f и фаза φ . Соответственно возможны три простых вида модуляции – *амплитудная, частотная и фазовая* (см. рисунок). При простой модуляции скорость передачи данных

численно равна скорости манипуляции. Для того чтобы увеличить скорость передачи данных, есть две принципиальных возможности: увели-



Модуляция синусоидального тока

чивать скорость манипуляции либо воспользоваться сложными видами модуляции. Например, при комбинированной амплитудно-частотной модуляции за один такт будет передаваться уже два бита. Если число различимых уровней сигнала поднять с двух до четырех, то за такт можно передать уже три бита и т.д., однако до бесконечности так продолжаться не может, так как в линии связи всегда присутствуют помехи, поэтому близкие по амплитуде уровни будут неразличимы на фоне шумов.

Возникает естественный вопрос – где предел пропускной способности аналогового канала при передаче по нему данных?

Шеннон доказал, что скорость передачи данных по аналоговому каналу ограничена теоретическим пределом, вычисляемым по знаменитой формуле, носящей его имя:

$$C = F \log_2(1 + S / N),$$

где C – скорость передачи данных, бит/с; F – ширина полосы пропускания канала, Гц; S / N – отношение мощности сигнала к мощности шума.

Теперь сразу становится ясным, почему по модему, подключенному к телефонной сети общего пользования, нельзя качать информацию с бесконечно большой скоростью. Поскольку ширина полосы канала ТЧ равна 3100 Гц, а отношение сигнал/шум составляет в лучшем случае $10^6 \approx 2^{20}$, то предельная пропускная способность такого канала не более 60 кбит/с. Как видим, обеспечиваемая современными модемами скорость очень близка к теоретическому пределу.

§ 4.3. Системы и сети электросвязи

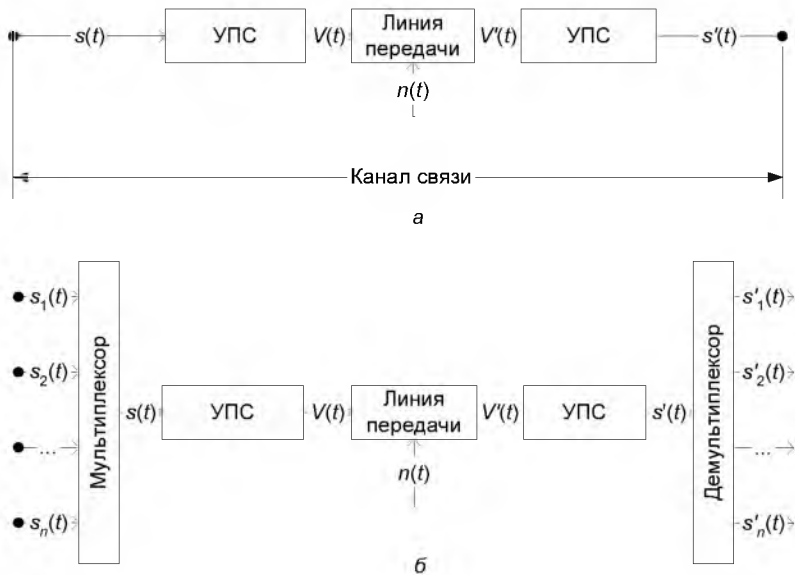
Мы уже отмечали, что рядовому пользователю все равно, каким образом устроен канал, доставляющий его сигнал до получателя. Однако профессиональному специалисту по компьютерным технологиям это должно быть совсем не безразлично. Знание принципов позволяет ему ориентироваться на современном рынке услуг связи и выбирать решения, наилучшие с технической и экономической точек зрения.

Структура системы электросвязи

Система электросвязи представляет собой комплекс технических средств и сооружений (кабельных магистралей, каналообразующей аппаратуры, усилителей, радиорелейных станций, спутников связи и т.п), предназначенных для организации одного или нескольких каналов электросвязи между двумя пунктами. Соответственно этому системы подразделяются на *одноканальные* и *многоканальные*.

Система электросвязи состоит из *каналообразующей аппаратуры* и *линии передачи (link)*. В простой одноканальной системе каналообразующая аппаратура представлена двумя симметричными *устройствами преобразования сигнала (УПС)*, введенными в систему потому, что пер-

вичный (цифровой или аналоговый) электрический сигнал $s(t)$, поступивший на вход канала электросвязи, может быть непригоден для прохождения по данной линии передачи и его следует преобразовать во *вторичный* сигнал $V(t)$. Например, если используется беспроводная радиолиния, то электрический ток следует преобразовать в высокочастотную электромагнитную волну, а если оптический кабель, – то в световые импульсы. На приемном конце УПС выполняет обратную операцию преобразования вторичного сигнала в первичный, поступающий на выход канала. В тех случаях, когда первичный сигнал непосредственно доходит до получателя, УПС отсутствуют, тогда понятия канала связи и линии передачи совпадают.



Система электросвязи: а) одноканальная; б) многоканальная

Одноканальные системы применяются там, где выделение отдельной линии передачи для каждого канала не представляет большой проблемы. Например, для соединения телефонных узлов в пределах одного населенного пункта проще и дешевле проложить многожильный теле-

фонный кабель, насчитывающий несколько сот пар проводов, чем устанавливать дополнительную каналобразующую аппаратуру.

Совершенно другая ситуация складывается в системах дальней (междугородной и международной) связи. Стоимость линейных сооружений в этом случае чрезвычайно велика и выделять каждому каналу, например, стандартному телефонному каналу отдельную физическую линию разорительно. В этих случаях используются многоканальные системы связи.

Для организации многих каналов по одной линии необходима дополнительная аппаратура, которая называется *аппаратурой уплотнения* или *мультиплексирования*. *Мультиплексор* (*multiplexer*), стоящий на входе многоканальной системы, сливает потоки сигналов $s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t)$ из разных каналов в один сигнал $s(t)$, передаваемый по общей линии передачи. На выходе системы производится обратная операция демультиплексирования, то есть разборки общего сигнала на составляющие, которые направляются на выход соответствующих каналов.

В зависимости от того, с какими сигналами имеет дело система связи, она может быть *аналоговой*, *цифровой* или *интегральной*. В аналоговой системе все каналы аналоговые: аналоговые первичные сливаются в аналоговый вторичный сигнал, который должен быть с сохранением формы передан по линии передачи. Пропускную способность многоканальной аналоговой системы обычно измеряют количеством стандартных каналов ТЧ (телефонных разговоров). В цифровой системе все каналы и сигналы цифровые, ее пропускную способность оценивают суммарной скоростью передачи данных. В интегральной системе часть каналов аналоговая, однако каналобразующая аппаратура сама преобразует первичные аналоговые сигналы в цифровые, которые сливаются с потоками данных из цифровых каналов и образуют единый вторичный цифровой сигнал, а на выходном конце после демультиплексирования происходит обратное преобразование цифровых сигналов в аналоговые.

Мы, естественно, не имеем возможности углубляться в принципы организации многоканальной связи, этим занимаются специально подготовленные инженеры-связисты. Скажем лишь, что в этой области за последние сто лет достигнут большой прогресс. Если в конце XIX века по одной паре проводов удалось передавать до восьми телеграфных сигналов, и это считалось большим достижением, то в конце XX века

по радиорелейным, спутниковым и оптическим линиям ведутся одновременно десятки тысяч телефонных разговоров.

Линии передачи

Главной и самой дорогой частью системы связи является линия передачи, по которой собственно и распространяется сигнал. Линия передачи состоит из одного или нескольких отрезков передающей среды и промежуточного оборудования.

По виду передающей среды линии передачи делятся на *проводные* (воздушные и кабельные) и *беспроводные* (радиорелейные и спутниковые), между которыми на протяжении всех лет их существования происходит непрерывное соревнование.

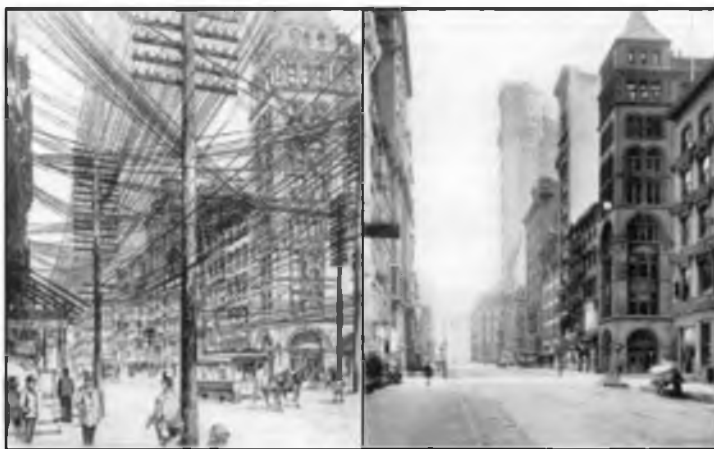
Воздушные линии. Исторически первыми линиями электросвязи были воздушные линии, они представляли собой голые медные или железные провода, натянутые между столбами. Первая линия междугородной телеграфной связи длиной около 60 км была устроена в 1844 году между Балтимором и Вашингтоном, в качестве изоляторов в ней были использованы горлышки стеклянных бутылок. После изобретения телефона количество воздушных линий резко увеличилось, города Америки и Европы оказались опутанными паутиной проводов, цепочки столбов протянулись вдоль автомобильных и железных дорог.

Несмотря на относительную простоту устройства, воздушные линии оказались неудобными в эксплуатации, так как они сильно подвержены атмосферным воздействиям и электрическим помехам, да и городской пейзаж столбы и провода не украшают. К тому же воздушные линии невозможно протянуть через водные пространства – широкие реки, моря, океаны. По этим причинам, начиная со второй половины XIX века, воздушные линии передачи стали повсеместно заменяться кабельными.

Кабельные медные линии. Кабель связи обычно состоит из нескольких пар изолированных медных проводников, скрученных вокруг продольной оси с определенным, точно рассчитанным шагом. Каждый из проводов является своеобразным экраном для другого, поэтому в целом *витая пара (twisted pair)* обладает хорошими помехозащитными свойствами. Для защиты от внешних воздействий кабель заключается в защитную оболочку, которая может состоять из нескольких слоев резины, свинца и стальной ленты.

Созданная в середине XIX века, кабельная промышленность непрерывно наращивала объемы производства, в землю закапывались колос-

сальные богатства в виде сотен тысяч тонн меди и свинца. Телеграфные магистрали прокладывались по всем континентам; выдающимся достижением инженерной мысли было изготовление и прокладка первых океанских кабелей, о чем мы говорили выше. Вместе с тем попытка применения кабелей для организации междугородных телефонных каналов натолкнулась на неожиданное препятствие. В то время как пре-



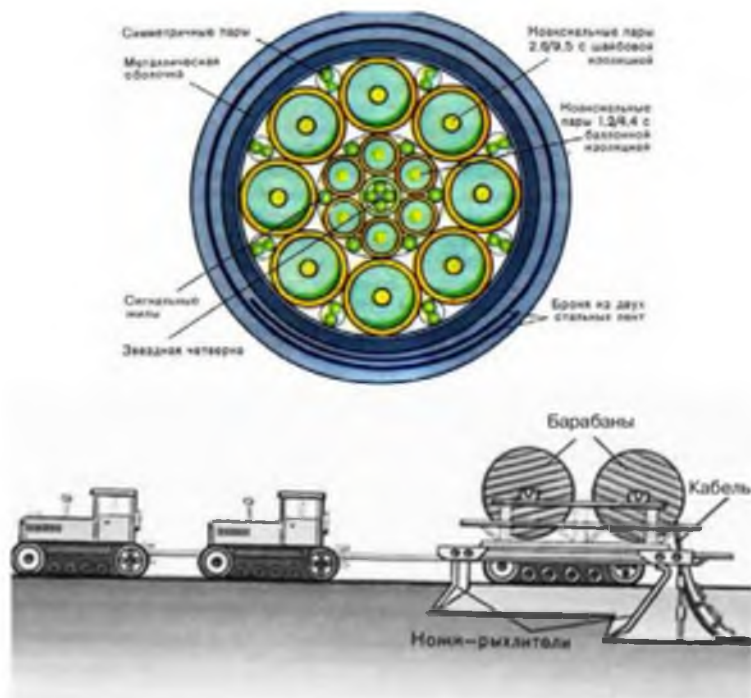
Улица Нью-Йорка в 1890 г. и 30 лет спустя, когда телефонные линии были спрятаны в подземные кабели

дельная дальность разговора по воздушной линии составляла 500–600 км (самой длинной междугородной телефонной линией в Европе была построенная в 1898 году линия Москва – Петербург), то по кабелю она была в 10 раз меньше. Дело в том, что из-за внутренней емкости кабеля затухание переменного тока звуковой частоты в нем намного больше затухания постоянного тока, на котором ведется телеграфирование. Таким образом, без промежуточного усиления сигнала трансконтинентальная телефонная связь в принципе невозможна.

Возможность усиления звуковых сигналов появилась только после изобретения в начале XX века электронных ламп. Первая подземная кабельная магистраль с промежуточным усилением длиной 730 км была построена в США в 1913–1914 годах, с тех пор междугородная телефония распространилась по континентам.

Междугородный магистральный кабель представляет собой очень сложную и дорогую конструкцию, состоящую из многих токоведущих

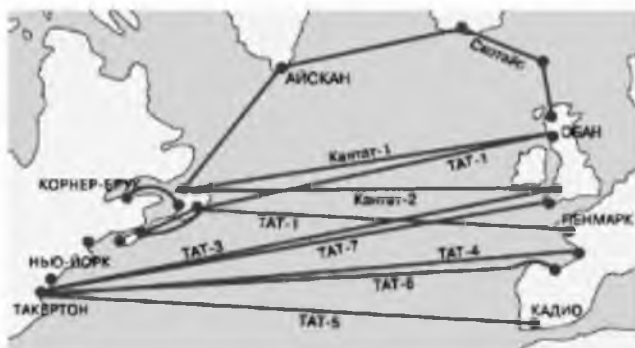
жил, слоев изоляции, надежной броневой оболочки. Кабель укладывается под землей в траншеи, для защиты от проникновения влаги в нем постоянно поддерживается избыточное давление воздуха. Каждые несколько километров кабель «всплывает» на поверхность, где в специальных будках размещено необслуживаемое усилительное и другое вспомогательное оборудование. Эти будки и предупреждающие надписи «Осторожно, кабель связи» иногда попадаются по обочинам дорог.



Современный подземный магистральный кабель имеет сложную конструкцию, для его прокладки применяется специальная техника. Рисунок из книги Д. Шарле

Еще более сложными и дорогими являются морские телефонные кабели. Прошло много лет, пока ламповые усилители научились встраивать в подводные кабели так, чтобы они выдерживали гигантское давление океанских глубин. Только в 1956 году, ровно через 90 лет после сооружения межконтинентального телеграфа, был проложен первый трансатлантический телефонный кабель TAT-1 (Trans-Atlantic

Telephone). Строго говоря, это был не один, а два параллельных кабеля на расстоянии 40 км один от другого, передающие сигналы в разные стороны, каждый имел по 51 ламповому усилителю. Устойчивая телефонная связь через океан стала реальностью. Таким образом, проиграв радиосвязи в начале века в трансконтинентальном состязании, кабели вновь захватили лидерство. Свой главный недостаток — колоссальную



Трансатлантические кабели

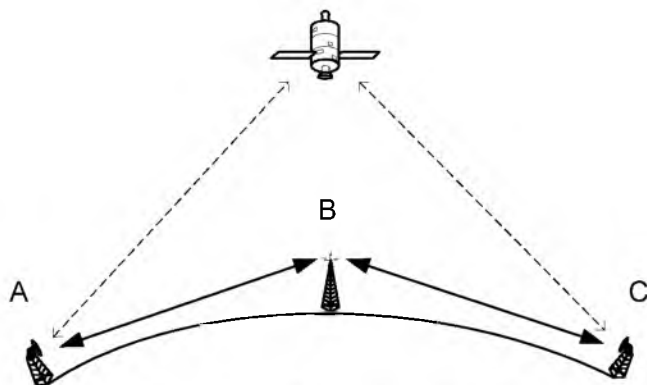
стоимость линейных сооружений — они попытались смягчить, реализуя принцип многоканальной связи. При этом под землей и под водой прокладываются не обычные телефонные кабели, пропускающие только колебания низких (звуковых) частот, а специальные высокочастотные, способные передавать радиосигналы в полосе до миллионов герц. Высокочастотный кабель обычно изготавливается в коаксиальном исполнении, подобным кабелем к телевизору подключается антенна. Кабели связывают друг с другом крупные узлы междугородной связи и по ним организуется одновременно множество аналоговых или цифровых каналов. Например, по кабелю TAT-1 передавалось 48 телефонных каналов, в дальнейшем параметры кабелей постоянно улучшались. Кабель TAT-7, проложенный в 1983 году, был способен пропускать уже 4000 телефонных каналов, и это не предел.

Радиорелейные линии. С другой стороны, радиосвязь тоже не стояла на месте. Общей ее тенденцией на протяжении всего XX века было освоение все более и более высоких частот. Начав с длинных волн (ДВ), радиовещание и радиотелефония постепенно перешли на средние

(СВ), затем на короткие (КВ) и, наконец, на ультракороткие (УКВ), к которым относятся волны длиной менее 10 м (частота более 30 МГц).

У ультракоротких волн есть ряд принципиальных достоинств. Во-первых, в данном диапазоне волн практически нет атмосферных помех, в чем легко убедиться, сравнив качество радиопередачи в диапазонах СВ и УКВ на любом радиоприемнике. Во-вторых, УКВ-диапазон неизмеримо просторнее длинноволновых. В один УКВ-радиоканал можно уплотнить множество телефонных каналов и передать их практически без помех через эфир получателю.

Значит ли это, что УКВ-радиосвязь радикально решает проблему дальней телефонии и не нужно тратить баснословные деньги на кабельные сооружения? К сожалению, в этом мире ничто не дается даром. Наряду со всеми достоинствами УКВ-радиоволны имеют один принципиальный недостаток – они не огибают земную поверхность, как ДВ и СВ, а распространяются только в пределах прямой видимости. Следовательно, для передачи УКВ-сигнала между городами необходимо построить цепочку приемо-передающих станций, называемую *радиорелейной линией* – РРЛ.



Радиорелейные и спутниковые линии

Экспериментальные РРЛ начали строиться еще в 1940-х годах, в 1950-е годы башни радиорелейных станций с направленными в разные стороны зеркалами-антеннами украсили пейзажи многих стран, они обеспечивали организацию 60–120 телефонных каналов в одном стволе в дециметровом диапазоне 1–2 ГГц. Современные радиорелейные линии, работающие в сантиметровом диапазоне, обладают очень большой

пропускной способностью и выступают как альтернатива кабельным при сооружении магистральных каналов связи. Например, самая длинная в мире РРЛ Москва – Хабаровск имеет протяженность около 8000 км, она насчитывает 162 ралиорелейных станции, оснащена оборудованием шведской фирмы Ericsson (той самой, которая еще в конце прошлого века стала производить телефонные аппараты) и имеет пропускную способность 155 Мбит/с в каждом из 8 стволов, что достаточно для организации почти 20000 телефонных каналов.

С помощью радиорелейных линий были решены многие насущные проблемы междугородной связи, на суше РРЛ потеснили магистральные высокочастотные кабели, однако для организации трансокеанской связи они оказались непригодны – в море не поставишь ретранслятора. Лидерство на этом фронте долго оставалось у подводных кабелей, которые к 1980-м годам были сильно усовершенствованы.

Спутниковые радиолнии. Принципиально новым направлением, позволившим радиосвязи вырваться вперед в соревновании с кабельными магистралями, стали спутниковые линии передачи, которые появились вскоре после исторического запуска 4 октября 1957 года первого искусственного спутника Земли. Первые коммерческие связные спутники были выведены на орбиту в 1965 году. В СССР – «Молния-1», в США – Early Bird («Ранняя пташка»). Уже аппаратура «Ранней пташки» была рассчитана на передачу 240 телефонных каналов, что в 5 раз превышало пропускную способность трансатлантического кабеля TAT-1, а запущенные в 1971–1980 годах спутники «Интелсат» пропускали по 6 000–12 000 разговоров плюс два канала телевидения.

Радиорелейные и спутниковые линии передачи обладают большой пропускной способностью, достигающей нескольких миллиардов битов в секунду. Кроме телевизионных сигналов по ним передаются тысячи телефонных разговоров, данные компьютерных сетей и т.д. Однако потребности информационного общества растут так быстро, что и в УКВ-диапазоне становится тоже тесно.

Согласно известной нам формуле Шеннона, для увеличения пропускной способности канала связи есть две принципиальных возможности: либо увеличивать отношение сигнал/шум S/N , либо расширять полосу используемых частот F . Так как увеличение мощности сигнала допустимо только до определенных пределов, остается единственный выход – осваивать еще более высокие частоты, относящиеся уже к световому диапазону.

Оптические линии. Недаром говорят, что прогресс развивается по спирали. Передача сообщений световыми сигналами практиковалась еще в глубокой древности, а в новое время, до изобретения электрического телеграфа, существовал телеграф оптический. Между городами строили цепочку башен, находящихся на расстоянии прямой видимости друг от друга, на каждой башне устанавливались огромные передвижные крылья, взаимное расположение которых соответствовало символам алфавита. Первую линию такого телеграфа построили в 1794 году во Франции между Парижем и Лиллем, а самая длинная линия оптического телеграфа длиной более 1200 км действовала в середине XIX века между Петербургом и Варшавой. Сигнал по линии проходил из конца в конец за 15 минут.



Линии оптического телеграфа во Франции (рис. из книги Д. Шарле) и телеграфная азбука

В конце XX века идея передачи данных с помощью света реализовалась на новом уровне в виде *волоконно-оптических (fiber optic)* линий передачи. Первые опыты по пересылке телефонных сигналов по оптическому волокну были проведены в 1966 году, с тех пор оптические

технология превратились из экспериментальных в промышленные. Принципиальные достоинства оптических линий – высокая пропускная способность (до миллиардов битов в секунду – Гбит/с), защищенность от помех и подслушивания – обеспечили им широчайшую область применения, от городских телефонных сетей до трансконтинентальных магистралей. В 1988 году были проложены первые океанские оптические линии: атлантическая линия ТАТ-8, соединившая США, Великобританию и Францию и обеспечившая одновременную передачу 40 тысяч телефонных каналов, и тихоокеанская линия ТРС-3. Сразу появилась



Современный оптический кабель состоит из тончайших (0.05–0.1 мм) стеклянных или пластмассовых волокон – световодов

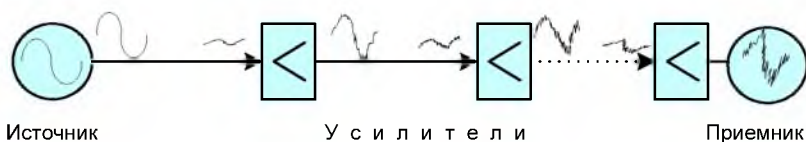
идея создать на их основе глобальное цифровое кольцо связи через три океана (Тихий, Индийский и Атлантический) и три материка (Азию, Европу и Северную Америку). К концу XX века в результате реализации нескольких грандиозных международных проектов все континенты оказались закольцованы в единую планетарную информационную супермагистраль.

Усиление и регенерация сигналов

Какова бы ни была передающая среда, посланный по ней электрический или световой сигнал неизбежно испытывает *ослабление (attenuation)* или, как говорили раньше, *затухание*. Чем длиннее отрезок среды, тем ослабление больше. Для каждой передающей среды и каждого типа каналообразующей аппаратуры существует критическое расстояние, за которым ее нормальная работа становится невозможной. Если же сигнал необходимо передать на более отдаленное расстояние, то линию передачи приходится разбивать на отдельные участки, со-

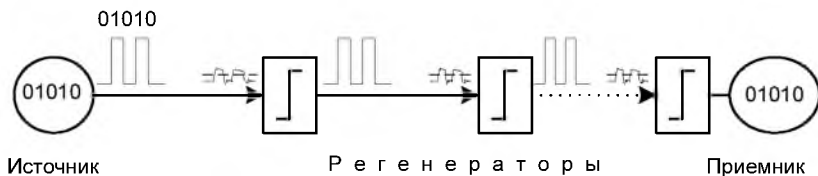
стоящие из отрезков передающей среды и промежуточных пунктов, в которых осуществляется восстановление ослабленного сигнала и передача его в следующий отрезок.

Устройство промежуточных пунктов на линии передачи различается в зависимости от того, какого вида сигналы по ней передаются. Если система связи аналоговая, то на каждом участке должно происходить усиление сигнала с сохранением его формы. При этом, поскольку усиливается не только полезный сигнал, но и шумы, «прилипшие» к нему на предыдущих отрезках передающей среды, то по мере продвижения сигнала от источника к получателю происходит накопление шумов. Так как число усилительных пунктов на дальних линиях исчисляется десятками, то к концу путешествия исходный сигнал может сильно исказиться. Именно по этой причине на протяжении многих лет, пока системы связи были сплошь аналоговыми, междугородные телефонные переговоры с далекими родственниками были истинным мучением, старшее поколение это хорошо помнит.



Накопление шумов в аналоговой линии передачи

Цифровые линии передачи устроены иначе. Поскольку форма импульсного сигнала, поступившего на усилительный пункт, несущест-



Цифровая линия передачи

венна, а важен лишь сам факт его присутствия, там устанавливается не усилитель, а *регенератор (repeater)*, обнаруживающий сигнал на фоне шумов и восстанавливающий его исходную форму. Поэтому накопления шумов не наблюдается, а для борьбы с возможными ошибками обнаружения сигнала в цифровых системах связи применяются специаль-

ные методы *помехоустойчивого кодирования*, общая теория которых была разработана известным нам Клодом Шенноном. В результате цифровая линия практически без искажений передает исходный сигнал вне зависимости от дальности.

Указанное принципиальное свойство цифровых систем сделало их чрезвычайно привлекательными для использования, и, как только успехи микроэлектроники позволили создавать надежные и компактные устройства, началась бурная цифровизация систем связи, о которой мы уже говорили. Появление волоконно-оптических кабелей стимулировало этот процесс, так как световой сигнал по своей природе двоичный: световой импульс либо есть, либо его нет.

Длина усилительного или регенерационного участка может варьироваться в широких пределах. Если говорить о кабельных линиях, то эта длина зависит, во-первых, от конструкции кабеля (дорогой кабель с толстыми медными жилами дает меньшее ослабление и, следовательно, допускает большую длину, чем дешевый кабель с тонкими жилами), а, во-вторых, от вида сигнала, передаваемого по кабелю. Теория распространения сигнала по длинной линии была создана еще научным руководителем проекта трансокеанского телеграфа сэром Уильямом Томсоном, который в 1855 году вывел так называемые «телеграфные уравнения». Анализируя их, Томпсон установил «правило квадратов»: при увеличении длины кабеля в 2 раза допустимая скорость манипуляции падает в 4 раза.

В общем случае критическая длина участка, на котором возможна связь без усиления или регенерации сигнала, сокращается с расширением спектра аналогового сигнала или с повышением скорости манипуляции цифрового сигнала, а также с увеличением числа каналов в многоканальной системе. Например, если обычный телефонный кабель используется для одного разговора, то эта длина составляет 50–60 км, а если по нему нужно передать три десятка разговоров или соответствующий им цифровой поток порядка 2 Мбит/с, – то она находится в пределах 3–7 км в зависимости от толщины медных жил и состояния изоляции, а также от степени совершенства каналообразующей аппаратуры. При организации магистральных междугородных систем связи с сотнями и тысячами каналов ТЧ приходится использовать не обычный телефонный, а специальный высокочастотный коаксиальный кабель, при этом длина усилительных участков составляет от 1,5 до 6 км.

Для цифровых сигналов со скоростью манипуляции порядка 100 МБод и более, используемых в современных интегральных систе-

мах связи, критическая длина распространения на медных линиях измеряется уже сотнями метров. Такая дальность вполне достаточна для развертывания локальных вычислительных сетей, однако об организации скоростных междугородных систем передачи данных по медным кабелям не может быть и речи. Такие системы создаются либо на радиорелейных линиях, либо на оптических кабелях, лучшие образцы которых выдерживают расстояние между пунктами регенерации до 50–70 км.

Современные цифровые технологии еще раз демонстрируют цикличность научно-технического прогресса. Исторически первыми линиями передачи были именно цифровые телеграфные линии, в которых регенерация сигнала осуществлялась с помощью электромагнитных реле, затем их заменили аналоговые телефонные и телевизионные линии, и вот цифровые системы, реализованные на новом уровне технологии, опять завоевали мир электросвязи.

Сети электросвязи

В начале настоящего параграфа мы определяли систему электросвязи как комплекс технических средств для образования каналов связи между **двумя** пунктами. Для того чтобы охватить связью территорию, имеющую множество пунктов, образуются *сети электросвязи*. Сети электросвязи – это сооружения громадной стоимости, значительная часть национального богатства, они создаются и развиваются на протяжении многих десятилетий. В результате длительной эволюции на территории отдельных стран и в международном масштабе сложилась определенная структура разнообразных сетей электросвязи, которые предоставляют абонентам различные виды услуг и взаимодействуют друг с другом.

Первичная сеть. На местном уровне, то есть в пределах населенного пункта, различные услуги связи предоставляются, как правило, независимыми поставщиками услуг по отдельным линиям. Так, телефонные разговоры обеспечиваются проложенными под землей городскими телефонными сетями, проводное радиовещание ведется по воздушным проводным линиям, идущим по крышам зданий, а телевизионные программы приходят в наш дом через эфир.

Однако на междугородном уровне строить отдельные линии для различных видов связи крайне невыгодно. Для организации дальней связи экономически целесообразно создавать мощные многоканальные системы, по которым могут одновременно передаваться сигналы разных видов от различных источников. Эти системы со всей сопутствующей

щей инфраструктурой (кабельные магистрали, усилительные и регенерационные пункты, радиорелейные станции, станции космической связи и т.д.), а также сетевые узлы, стоящие на пересечении линий передачи, образуют так называемую *первичную сеть*, которая представляет собой основу, скелет сети связи.

Для таких больших стран, как Россия первичная сеть подразделяется на отдельные зоны, обычно соответствующие административному делению, причем сетевые узлы располагаются, как правило, в административных центрах. Магистральная первичная сеть связывает зоны между собой, а местные сети связывают населенные пункты внутри одной зоны.

На протяжении всего XX века шло формирование первичной сети связи в национальных и интернациональном масштабах, ее основу составляют закопанные в землю и идущие по дну океанов сотни тысяч километров магистральных кабельных линий, к которым во второй половине века добавились радиорелейные линии и спутники связи. Коммуникационная сфера деятельности в силу ее затратности и критичности для национальной безопасности сильно монополизирована и жестко контролируется государственными органами.

В Советском Союзе национальная первичная сеть принадлежала государству и управлялась Министерством связи. После распада СССР произошло расчленение министерства, на территории России появилось множество операторов связи разного уровня. Основным оператором дальней связи, владельцем большей части магистральной первичной сети является АО «Ростелеком», а местные сети связи принадлежат региональным компаниям «Томсктелеком», «Новосибирсктелеком» и т.п. Монополию этого телекоммуникационного сообщества в последние годы пытается подорвать компания Транстелеком – дитя российских железных дорог, реализовавшая оригинальный и масштабный проект альтернативной цифровой магистральной сети связи. Используя опоры контактной сети в качестве готовых и бесплатных держателей, компания в короткое время протянула по воздуху вдоль железных дорог 45 тысяч километров оптического кабеля, соединившего 974 населенных пункта в 71 из 89 регионов России (по состоянию на начало 2002 года).

Успех железнодорожников окрылил энергетиков. В конце 2001 года крупнейший российский монополист РАО ЕЭС объявил о начале реализации еще одного остроумного телекоммуникационного проекта под названием ТРОС (ТрансРоссийская Оптическая Сеть). Аббревиатура выбрана с глубоким смыслом. Как известно, энергетикам принадлежат

сотни тысяч километров высоковольтных линий электропередачи, охватывающих всю территорию страны. Суть проекта в том, чтобы заменить обычный грозозащитный трос, который проходит по верхушкам опор, на специальный, в котором кроме стальных жил имеются еще и оптические волокна. Стоимость этого амбициозного и гигантского по масштабам замысла превышает 1 млрд долларов, но если он осуществится, то российский рынок телекоммуникаций приобретет еще одного мощного оператора дальней связи.



Магистральные каналы Транстелеком

В США наблюдаются аналогичные процессы демополизации. Созданная во времена Александра Белла супермонополия AT&T завоевала такое доминирующее положение на рынке услуг связи, что в 1984 году в соответствии с американским антимонопольным законодательством ее принудительно расчленили на несколько самостоятельных телекоммуникационных компаний. Самой AT&T оставили сектор услуг дальней магистральной связи, где она вступила в конкуренцию с двумя другими крупнейшими компаниями – Sprint и MCI Communications, а для обслуживания зонных сетей были образованы семь дочерних компаний «Baby Bells»: Bell Atlantic, Bell South и др.

В Великобритании крупнейшими телекоммуникационными компаниями, владеющими магистральной сетью, являются British Telecom и Cable&Wireless, в Германии – Deutsche Telecom, во Франции – France

Telecom. Для обеспечения магистральной связи на планетарном уровне создаются консорциумы, подобные Global One, в создании которого приняли участие фирмы Deutsche Telekom, France Telecom и Sprint или MCI WorldCom, образованный MCI и British Telecom.

Россия подключилась к первичной мировой цифровой сети консорциума MCI WorldCom в 1993–1998 годах в трех точках: на западе через ВОЛС Копенгаген (Дания) – Кингисепп длиной 1210 км; на юге через морскую оптическую линию Палермо (Италия) – Стамбул (Турция) – Одесса (Украина) – Новороссийск длиной 3540 км; на востоке через оптический кабель Находка – Наоцу (Япония) – Пусан (Корея) длиной 1762 км. В это же время внутри страны начали реализовываться проекты цифровой модернизации первичной сети связи, соединяющей основные административные центры. Важным звеном этой сети является транссибирская информационная магистраль, которая представляет собой участки оптоволоконного кабеля, дублированные мощной радиорелейной линией Москва – Хабаровск.

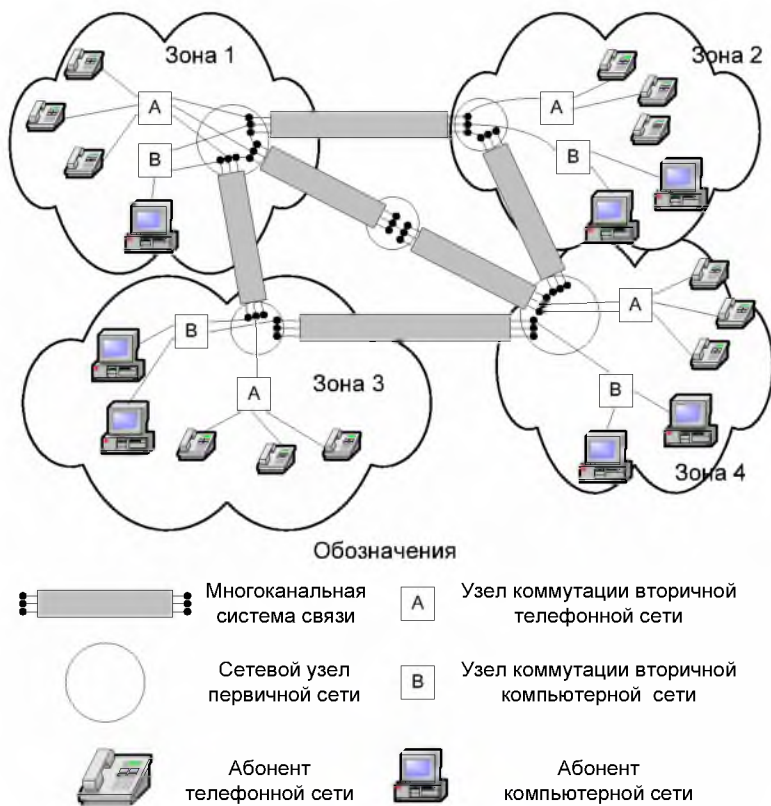
Вторичные сети. На базе первичных сетей в масштабах страны, региона или города создаются разнообразные *вторичные* сети, соответствующие тем или иным услугам связи.

Знакомая всем и самая распространенная на сегодняшний день вторичная сеть – телефонная сеть общего пользования (ТфОП), которая в последние годы дополняется сетями мобильной телефонной связи. Число стационарных телефонных аппаратов на планете к 2000 году превысило миллиард, а количество сотовых телефонов в некоторых странах уже превышает численность населения.

Кроме телефонной сети общего пользования существует великое множество вторичных сетей, предоставляющих абонентам самые разнообразные услуги (телеграфия, видеотелефония, радиовещание, телевидение, передача данных и т.д.). Некоторые являются публичными, такими, как сеть радиовещания или телевидения, другие носят сугубо ведомственный характер, например сеть связи для системы резервирования билетов на авиалиниях, сеть для обслуживания банкоматов или сеть для управления железными дорогами. Начиная с 1980-х годов в связи с развитием компьютерных сетей стали создаваться многочисленные публичные и ведомственные сети передачи данных, о чем мы будем говорить особо.

Любая вторичная сеть состоит из: 1) *абонентов (subscriber)*, пользующихся услугой данной вторичной сети; 2) *узлов (node)*; 3) *абонент-*

ских линий (*subscriber line*), связывающих абонентов с узлами; для сетей передачи данных этот участок часто называют «последней милей»; 4) *соединительных каналов* (их часто называют *соединительными линиями* – *trunk line*, но это не совсем правильно, так как канал может быть организован как угодно), арендованных у владельцев первичной сети и постоянно соединяющих между собой узлы сети.

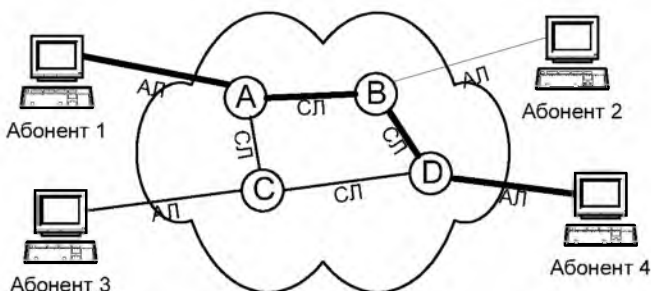


Первичная и вторичные сети связи

По способу установления соединения вторичные сети подразделяются на *некоммутируемые* и *коммутируемые*. В некоммутируемой сети сквозные каналы связи между абонентами образуются на длительное время путем распайки проводов на кроссах в узлах сети. Таким спосо-

бом, например, банкоматы, стоящие в разных концах города, подключаются к процессинговому центру банка или телефоны подчиненных соединяются с пультом связи, стоящим на столе у высокого начальника. Достоинством некоммутируемого (выделенного) канала является его постоянная готовность к работе, однако он стоит довольно дорого, потому что все соединительные каналы, образующие сквозной канал, зарезервированы только для двух данных абонентов и не могут быть использованы другими.

Коммутация каналов. Для удешевления вторичных сетей связи повсеместно используется принцип *коммутации каналов (channel switching)*, который мы проиллюстрируем на примере простейшей телефонной сети с четырьмя узлами коммутации (телефонными станциями) А, В, С, D и четырьмя абонентами. Когда абонент 1 поднимает трубку и набирает номер абонента 4, на телефонных узлах А, В и D происходит процесс установления сквозного канала, при этом на протяжении данного разговора будут заняты соединительные каналы А→В и В→D, но как только разговор окончится, эти каналы станут доступными для других соединений. В городе среднего размера, где число абонентов измеряется десятками тысяч, количество узловых телефонных станций обычно не превышает 10–20, а число соединительных каналов между узлами исчисляется всего лишь сотнями, они представляют собой очень дефицитный и активно используемый ресурс. Иногда все соединительные каналы бывают заняты и тогда, набрав номер, абонент, слышит сообщение с телефонной станции: «Направление перегружено...».



АЛ - абонентская линия. СЛ - соединительная линия

Принцип коммутации каналов

Кроме публичной и множества специальных коммутируемых телефонных сетей (всем известна, например, кремлевская «вертушка» в Москве или междугородная сеть ВЧ, по которой еще Сталин общался с руководителями республик и областей) имеются коммутируемые сети для предоставления других услуг связи. В последние годы многие городские телефонные станции стали предлагать частным абонентам и небольшим организациям относительно недорогую услугу, называемую *ISDN (Integrated Services Digital Network* – Цифровая сеть с интегрированными службами). ISDN представляет собой коммутируемую сеть, в которой подключение абонентов производится по обычным кабельным телефонным линиям. Соединение с нужным абонентом производится набором номера, но при этом обмен сообщениями происходит в цифровом формате, то есть без шумов и искажений. Скорость передачи данных стандартного ISDN-канала составляет 128 Кбит/с (два базовых канала), что позволяет комфортно работать в сети интернет, ведя одновременно разговор по телефону, организовать видеотелефонную связь и даже соединить цифровым каналом две разнесенные локальные сети.

Проблема последней мили

Подводя итог разделу, посвященному системам и сетям электросвязи, еще раз рассмотрим проблему «последней мили» с точки зрения администратора вычислительной системы предприятия или владельца домашнего компьютера. Для большинства абонентов, желающих иметь скоростной, надежный и к тому же дешевый канал передачи данных до ближайшего оператора сети, именно эта проблема является самой животрепещущей и трудноразрешимой, приходится искать разумный компромисс между качеством и стоимостью.

На сегодняшний день принципиально возможны несколько вариантов решения проблемы последней мили:

1. Коммутируемое аналоговое соединение по телефонной сети общего пользования. Достоинства – самая низкая стоимость, неограниченная дальность (по модему можно связаться с оператором сети, расположенным где угодно). Недостатки – низкая скорость передачи данных (в пределе 56 кбит/с, а реально еще меньше), негарантированная надежность, невозможность пользоваться каналом длительное время (особенно при повременной оплате). Несмотря на указанные недостатки, этот способ подключения является основным для подавляющего большинства владельцев домашних компьютеров.

2. Коммутируемое цифровое ISDN-соединение. Достоинства – неплохая для дома или малого офиса скорость (128 кбит/с), невысокая стоимость (примерно в два раза выше, чем для обычного телефона), высокая надежность, неограниченная дальность, малое время установления соединения, возможность пользования телефонным аппаратом на фоне передачи данных. Недостатки – относительная нераспространенность этого вида услуг связи, необходимость установки дополнительного оборудования как у абонента, так и у оператора сети. Сервис ISDN в настоящее время предоставляется далеко не всеми телефонными компаниями, особенно в небольших городах и сельской местности.

3. Некоммутируемое цифровое DSL-соединение. Технология DSL (Digital Subscriber Line – Цифровая абонентская линия) предполагает наличие выделенной медной линии, напрямую соединяющей абонента с оператором компьютерной сети. Такая линия арендуется у телефонной компании и стоит относительно недорого (в 2–4 раза дороже обычного телефона), основные затраты идут на покупку оконечного оборудования DSL (кабельного модема) и аренду соответствующего порта у оператора сети. Технология DSL имеет несколько разновидностей (ADSL, SDSL и др., в совокупности их обозначают xDSL), каждая из которых рассчитана на определенную длину и свойства абонентской линии. Достоинствами DSL являются высокая скорость передачи данных (в зависимости от качества и длины медной линии от 0,5 до 10 Мбит/с) и постоянство соединения, а главный недостаток, если не считать стоимости, – ограниченная длина линии (предельная дальность при разных вариантах технологии колеблется от 1,5 до 6 км). В настоящее время этот вариант устройства «последней мили» является основным для многих организаций.

В чистом виде технология некоммутируемого соединения предполагает, что арендованная у телекоммуникационной компании медная линия не имеет выхода в телефонную сеть общего пользования, а используется только для связи с оператором компьютерной сети. Для частного абонента это неудобно, так как в дом нужно тянуть две телефонных линии. В связи с этим многие телефонные компании стали предлагать вариант технологии под названием ADSL, при котором по одной паре проводов возможна одновременная передача как голоса, так и данных. Для этого у абонента и на ближайшем телефонном узле устанавливаются специальные мультиплексоры, называемые *сплиттерами*

(*splitter*), которые организуют двухканальную систему связи. Звуковой аналоговый сигнал передается по этой системе в телефонную сеть, а цифровой поток данных отправляется провайдеру компьютерной сети; телефон и компьютер не мешают друг другу. Стоимость услуг ADSL постоянно снижается, она всего в 2–3 раза превышает абонентскую плату за квартирный телефон, в ближайшие годы этот сервис станет повсеместным.

Разновидностью технологии DSL можно считать подключение компьютера к цифровой сети через систему кабельного телевидения. В этом случае также происходит мультиплексирование двух каналов электросвязи (аналогового телевизионного и цифрового компьютерного) с совместным использованием медного высокочастотного коаксиального кабеля. Стоимость и скорость передачи данных по данной технологии сравнимы с ADSL, соответствующие операторы связи постоянно конкурируют друг с другом.

4. Оптический кабель. С точки зрения скорости и надежности этот способ подключения является наилучшим. Оптический кабель выпускается в двух разновидностях – *одномодовый* (толщина жилы порядка 0,06 мм) и *многомодовый* (жила в несколько раз толще). Одномодовый кабель дороже, требует более дорогого согласующего оборудования, но он обеспечивает дальность соединения до 60–80 км и скорость до 1 Гбит/с. По этой причине одномодовый кабель используется в основном на магистральных участках сетей. Для организации «последней мили» обычно применяется многомодовый кабель, обеспечивающий скорость передачи данных до 100 Мбит/с на дальности до 2 км. Оптические сети передачи данных очень быстро развиваются, во многих больших городах оптические кабели заходят не только в офисы крупных организаций, но и в частные дома. Пока услуги оптического подключения стоят недешево, но за этой технологией будущее. Жители многоквартирных домов для уменьшения затрат часто реализуют комбинированную технологию: уличный ввод делается оптическим кабелем, а внутренняя разводка осуществляется медными витыми парами. Естественно, это требует дополнительного коммутационного оборудования, но стоимость его в пересчете на одну квартиру оказывается вполне приемлемой. При этом скорость передачи данных достигает 10–100 Мбит/с.

5. Оптический луч. В некоторых случаях, когда подводка оптического кабеля невозможна, а абонент и оператор сети находятся в пределах прямой видимости, используется технология лазерного луча в атмосфере. Скорость передачи данных при этой технологии обычно составляет от 2 до 10 Мбит/с, а дальность в зависимости от мощности излучателя варьируется от нескольких сот метров до десятка километров. Недостатком этой технологии является некоторая зависимость от погодных условий. Хотя инфракрасные лучи проходят сквозь туман и пелену небольшого дождя, сильный ливень или снегопад могут прервать связь.

6. Наземная радиолиния. В ряде городов сетевые компании предоставляют абонентам услугу радиодоступа в диапазоне сантиметровых радиоволн. Базовая станция оператора сети помещается на высоком здании в центре обслуживаемого района, а у абонентов устанавливаются маломощные радиостанции с зеркалами-антеннами, направленными на базовую станцию. Скорость передачи данных по такой радиолинии, в зависимости от загруженности эфира, обычно составляет от нескольких сот кбит/с до 10 Мбит/с. Этот способ устройства «последней мили» очень удобен для сельской местности, где отсутствует развитая телефонная связь. Кроме того, подкупает мобильность радиодоступа, абонентское оборудование можно смонтировать за несколько часов, это может оказаться решающим фактором при организации выставок, выездных презентаций и т.п. Главный недостаток, опять-таки без учета экономических обстоятельств, заключается в требовании прямой видимости, так как в данном диапазоне радиоволны распространяются строго по прямой и почти не огибают препятствия.

7. Wi-Fi. Современной альтернативой классической наземной радиолинии с зеркалами-антеннами является технология Wi-Fi, которая в последние годы распространяется со скоростью лесного пожара. Аббревиатура Wi-Fi расшифровывается как Wireless Fidelity, так, по образцу Hi-Fi, называют стандарт IEEE 802.11 передачи цифровых данных по радиоканалам. Под числом 802.11 скрывается целое семейство стандартов, но технически реализованы только два – 802.11a и 802.11b. Последний в обиходе чаще всего и именуется Wi-Fi. Стандарт 802.11b был разработан в конце 90-х годов и окончательно одобрен в начале 1999-го, он использует «бытовую» частоту 2,4 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных 11 Мбит/с. Стандарт 802.11a ориентирован на более высокую несущую частоту 5 ГГц, но зато обеспечивает скорость передачи данных до 55 Мбит/с.

Первыми потребителями новой технологии стали компании Силиконовой долины и других технологических центров США. Сначала Wi-Fi воспринималась только как технология офисных локальных сетей «для того, чтобы не сверлить дырки в стенах», но затем спрос на новые устройства возрос невиданными темпами, так как стандарт был оптимален по соотношению цена – качество – удобство. Прежние беспроводные технологии требовали от пользователей установки громоздких устройств, стоявших несколько сотен долларов каждое, и сложно настраиваемых базовых станций ценою в несколько тысяч долларов. А устройства Wi-Fi невелики и дешевы: базовая станция размером с книгу стоит меньше сотни долларов, карточка-антенна для ноутбука – десяток. В последние годы в самых различных публичных местах – аэропортах, университетских зданиях, кафе и т.п. – стали устанавливаться базовые станции Wi-Fi, подключенные по обычной кабельной технологии к интернету. Вокруг таких *точек доступа (hotspot)*, на расстоянии в сотни метров можно пользоваться ноутбуками или КПК, не заботясь о физическом подключении к компьютерной



Точка доступа Wi-Fi и КПК с вставленной картой-антенной

сетью. Более того, на основе Wi-Fi можно за сотню-другую долларов быстро и просто организовать беспроводную локальную сеть дома или в малом офисе без дырок в стенах и кабельных магистралей.

Билл Гейтс считает Wi-Fi одним из самых значительных новшеств за последнее пятилетие и предсказывает ей бурное развитие. Поэтому поддержка данной технологии включена в операционную систему Windows XP: непрофессиональному пользователю буквально в несколько кликов мышкой можно самому организовать и настроить беспроводную сеть стандарта Wi-Fi.

8. Радиодоступ через мобильный телефон. Современная сотовая телефония в основном использует цифровой стандарт GSM, поэтому вполне естественным представляется подключение абонента через это недорогое устройство. Для этой цели мобильные телефоны имеют специальный разъем, а коммуникаторы, о которых мы говорили в конце

второй главы, изначально имеют выход в систему сотовой связи. Хотя для работы с такими устройствами существует специальная программная технология Wireless Application Protocol – WAP, скорость передачи данных не превышает 14,4 кбит/с, к тому же стоимость использования такого канала при современных тарифах на сотовую связь получается непомерно большой.

Пытаясь расширить рынок услуг, операторы сотовой связи стали осваивать новую технологию GPRS – General Packet Radio Service. Это – своеобразная надстройка над обычной GSM-сетью, которая позволяет передавать данные на существенно более высоких, чем в обычной GSM сети, скоростях. Для передачи данных, помимо высокоэффективных алгоритмов кодирования, используется своеобразная технология. Абоненту автоматически выделяются неиспользуемые в данный момент времени тайм-слоты, при этом разговор и передача данных могут происходить одновременно. Теоретический максимум в GPRS составляет 171,2 кбит/с при всех занятых слотах, реальная же скорость существенно зависит от загрузки сети в данный момент. Подключив ноутбук к мобильному телефону, обслуживаемому GPRS, абонент имеет возможность, сидя в автомобиле или на лужайке, пользоваться всеми услугами компьютерной сети с удобствами, не худшими, чем при работе по модему из дома.

9. Спутниковая асимметричная радиолиния (DirecPC). Все описанные выше технологии «последней мили» были симметричными: пропускная способность канала передачи данных в обоих направлениях одинакова. Однако иногда интенсивность потоков данных от оператора к абоненту (нисходящего) и от абонента к оператору сети (восходящего) резко различаются. Подобная ситуация возникает, например, при работе в интернете: абонент посылает короткий запрос в сотню символов, а назад получает мегабайтный набор данных с текстом и картинками. Специально для таких абонентов изобретена остроумная технология DirecPC.

Нисходящий канал организован в виде спутникового вещания непосредственно на компьютер пользователя. Поскольку мощность передатчика относительно велика, то для приема сигнала абоненту достаточно установить небольшую параболическую антенну (диаметром около 60 см) и приемное устройство ценой в несколько сот долларов, при этом обеспечивается скорость приема данных до 400 кбит/с. Вос-

ходящий же канал организуется любым доступным абоненту наземным способом, например, через простейшее коммутируемое аналоговое соединение, скорость 19,2 кбит/с оказывается вполне достаточной для комфортной работы. Данная технология прокладки «последней мили» (правда, расстояние до спутника составляет не одну тысячу миль) оказалась экономически целесообразной даже в Западной Европе с ее развитой системой наземных коммуникаций. Для нашей же страны с ее безграничными просторами и слабой телефонной сетью она представляется исключительно перспективной, особенно в сельской местности. В качестве примера приведем осуществленный в 2004 году «президентский» проект подключения всех сельских школ ряда регионов к интернету.

§ 4.4. Предыстория современных компьютерных сетей: телеобработка и сети с коммутацией каналов

Поколения компьютерных сетей

Компьютерные сети, как и сами компьютеры, имеют достаточно долгую и непростую историю. Хронологию их развития можно подразделить на три этапа.

Первый этап (50-е и 60-е годы) – подключение удаленных терминалов к компьютерам (теледоступ). В первое десятилетие компьютерной эры (50-е годы), когда ЭВМ были большой редкостью и стояли далеко не во всех городах, большой удачей считалась сама возможность пообщаться с ними хотя бы по медленному и ненадежному телетайпу. Развитие техники связи и изобретение модемов в 60-е годы дали возможность организовать разветвленные сети теледоступа.

Второй этап (70-е годы) – подключение компьютеров друг к другу. С начала 70-х годов в мире начали создаваться многочисленные *территориальные (Wide Area Networks – WAN)* и *локальные (Local Area Networks – LAN)* компьютерные сети в современном понимании, предоставляющие высокоуровневые сетевые услуги (удаленные вычисления, передача файлов, электронная почта и др.). На первых порах для передачи сообщений между компьютерами использовался принцип физической коммутации каналов, но впоследствии он был повсеместно вытеснен более надежным и экономным принципом коммутации паке-

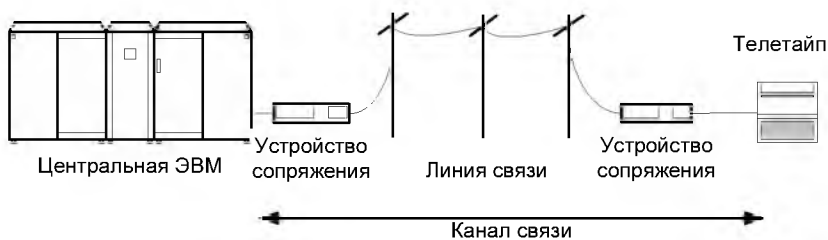
тов. Сети второго поколения, как и ЭВМ второго поколения, отличались разнообразием и несовместимостью. Два абонента, даже находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга, могли общаться, если только они принадлежали одной сети.

Третий этап (80-е и 90-е годы) – подключение изолированных сетей друг к другу и образование всемирной «сети сетей» Internet.

Первые эксперименты по телеобработке

Эксперименты по телеобработке были предприняты еще до изобретения электронных вычислительных машин. Исторически первым считается опыт, показанный Джорджем Стибицем в 1940 году на заседании Американского математического общества, который проходил в Дармутском колледже (мы знаем его как родину Бэйсика) в городе Ханovere. Телеграфный аппарат, расположенный там, был подключен к релейному вычислителю Bell-I, находящемуся за сотни километров в Нью-Йорке. Два комплексных числа были отправлены по телеграфу в машину, перемножены, а результат вернулся обратно в ХанOVER.

Сразу после появления первых ЭВМ стали реализовываться различные технические идеи по телеобработке. Поскольку самым доступным диалоговым устройством ввода-вывода в то время был буквопечатающий телеграфный аппарат – телетайп, то большинство систем телеоб-



Система телеобработки по телеграфному каналу связи

работки в 50-е годы основывалось на телеграфных каналах связи. Принципиальным недостатком такой схемы является крайне низкий коэффициент использования компьютера. Дело в том, что скорость работы электромеханического телетайпа очень мала – до 10 символов в

секунду, а операционных систем с разделением времени еще не существовало. Таким образом, при работе по телеграфной линии процессор почти все время простаивал. Только после того как к одному компьютеру стало возможным подключать несколько одновременно работающих терминалов, телеобработка стала экономически целесообразной. Удачным примером такой системы может служить коллективный Бэйсик-интерпретатор того же Дармутского колледжа (1964 г.), о котором мы уже рассказывали.

Телеобработка в 60-е и 70-е годы

ЭВМ третьего-четвертого поколений, получившие широкое распространение в конце 60 – 70-х годах, были уже достаточно мощными, но еще слишком дорогими и громоздкими, чтобы их могли приобрести обычные, не слишком богатые предприятия и организации. Надежды пользователей в то время были связаны с идеей коллективного использования компьютеров, тем более что техническая возможность поддержания многопользовательского режима уже появилась: на смену телеатапам пришли электронные дисплейные терминалы, были созданы диалоговые операционные системы с разделением времени. Для подключения удаленных терминалов к ЭВМ стали широко использоваться телефонные каналы. Скорости в несколько кбит/с, которую обеспечивал стандартный телефонный канал ТЧ и модем, было вполне достаточно для комфортной работы за терминалом. Типичная схема системы телеобработки, использующей телефонные каналы, приведена на рисунке. Центральная ЭВМ, работающая в режиме разделения времени, оснащена специальным устройством – *мультиплексором передачи данных*, позволяющим подключить несколько (в системе IBM 360 – до 256) удаленных абонентов. Абоненты подключаются к системе по каналам связи, которые могут быть либо выделенными, либо обычными телефонными каналами ТЧ, устанавливаемыми на время сеанса связи через коммутирующее оборудование городских телефонных станций.

Абонентами в системе телеобработки могут выступать не только дисплейные терминалы, но и другие устройства – кассовые аппараты, банковские терминалы, датчики физических величин и исполнительные устройства в системах телеуправления и контроля и т.д. В частности, в роли абонента может выступить другая ЭВМ, в этом случае мы имеем уже не просто систему телеобработки, а простейшую компьютерную сеть.



Система телеобработки с коммутацией телефонных каналов

Характерным для приведенной схемы является установление и поддержание на все время сеанса связи физического канала между абонентами. Поэтому она называется схемой *с коммутацией каналов*.

По схеме с коммутацией каналов в 70-е годы на Западе были созданы многочисленные вычислительные сети, причем некоторые из них разрослись до больших масштабов. Отметим, что это были именно **вычислительные** сети, так как основным их предназначением было использование процессорных ресурсов коллективно используемых ЭВМ. Этим они отличаются от компьютерных сетей 90-х годов, в которых основным ресурсом является информация.

Классическим примером является сеть Cybernet, созданная в 1969 году фирмой Control Data Corporation – CDC. Как мы уже отмечали, эта компания, отказавшись от конкуренции с IBM на рынке мэйнфреймов, сконцентрировала усилия на разработке суперкомпьютеров и предоставлении теледоступа к ним многочисленным абонентам. Вычислительные узлы сети были оснащены мощными компьютерами CDC-6600, что позволило обрабатывать запросы от тысяч терминалов, разбросанных по всему миру. По сообщениям прессы, 350 из 500 крупнейших компаний США в 70-е годы пользовались услугами этой сети,

предпочитая не связываться с организацией собственной вычислительной системы.



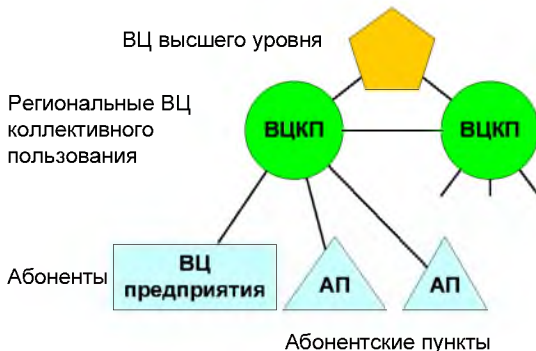
Вычислительная сеть Cybernet

Проект ГСВЦ в СССР

Когда в конце 60-х – начале 70-х годов в СССР началась массовая компьютеризация на основе Единой системы ЭВМ, о которой мы говорили во второй главе, все эксперты были единодушны в том, что будущее принадлежит централизованной модели вычислительного процесса. Наилучшим решением проблемы скорейшей компьютеризации всей страны казалось строительство государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ), соединенных между собой и с абонентами единой государственной сетью передачи данных (ЕГСПД).

Техническая концепция ГСВЦ была разработана под руководством академика В.М. Глушкова. Согласно ей, сеть должна была иметь иерархическую структуру. На верхнем уровне предполагалось создать несколько крупнейших ВЦ, обслуживающих высшие органы государственного управления – Совет министров СССР, Госплан, Минфин, Центральное статистическое управление (ЦСУ). Их следовало разместить в специально построенных гигантских зданиях с искусственным климатом и изоляцией от всех внешних помех. На следующем уровне иерархии должны располагаться региональные ВЦ коллективного пользования (ВЦКП), охватывающие сетью терминалов территорию отдельной области или края. Эти ВЦ были призваны обслуживать территориальные органы управления, а также взаимодействовать с вычислитель-

ными центрами предприятий и учреждений, тем самым создавая техническую и информационную базу нижнего уровня единой общегосударственной автоматизированной системы (ОГАС).



Структура ГСВЦ

Учитывая гигантский масштаб задачи, было решено реализовывать систему поэтапно, уточняя постановку задачи в ходе реализации отдельных проектов. В частности, для отработки идеи территориальных центров предполагалось построить четыре экспериментальных ВЦКП в Минске, Таллине, Туле и Томске. Город Томск попал в этот список не случайно. Здесь с 1972 года объединенными усилиями вузовских ученых под руководством Феликса Ивановича Перегудова (1931–1990) – оригинального ученого и талантливого организатора, будущего министра высшего образования – разрабатывался проект автоматизированной системы управления (АСУ) Томской области. Тогдашнее руководство области во главе с первым секретарем обкома КПСС Е.К. Лигачевым (во времена М.С. Горбачева он стал секретарем ЦК КПСС и вторым человеком в государстве) активно поддерживало проект и добилось включения Томска в престижный экспериментальный список.



Ф.И. Перегудов
(1931–1990).
Рисунок В. Карасева

Для ВЦКП в центре города на площади Революции (ныне Ново-Соборной) выстроили красивое девятиэтажное здание, точнее говоря, его первую очередь, так как святая святых – кондиционированные машин-

ные залы предполагалось разместить в рядом стоящей пристройке таких же размеров. Подключение абонентов – обкома КПСС, облисполкома, органов местного управления, ряда предприятий и организаций, в том числе вузов – предполагалось провести по некоммутируемым телефонным каналам. Для этого в центре города была проложена специальная кабельная канализация, в нее уложены многие километры кабеля, смонтированы кроссировочные шкафы и т.д. На самом ВЦ установили несколько ЭВМ Единой системы, а у пользователей – абонентские пункты, которые представляли собой алфавитно-цифровые дисплеи с клавиатурой и модемами размером с тумбочку. Казалось, проект ВЦКП с телеобработкой благополучно воплощается в жизнь.



ВЦКП в Томске

Однако в действительности все оказалось значительно сложнее, чем на бумаге.

Крупномасштабные сети с коммутацией каналов, успешно работавшие на Западе, в Советском Союзе реализовать не удалось. Помешала исконно русская причина – плохие дороги. В данном случае дороги для информации, то есть каналы связи. Качество телефонных линий в нашей стране традиционно было таким низким, что организовать устойчивую работу удаленных абонентов было невозможно даже на минимальной скорости модемов 1200–2400 бит/с. Для простейших протоколов передачи данных, которые можно было реализовать на примитивных абонентских пунктах, не имеющих собственных процессоров, доля ошибок была недопустимо высокой. В результате связь постоянно прерывалась, программы операционной системы, отвечающие за обслуживание абонентов, зависали.

В конце концов от телеобработки пришлось отказаться, а коллективное использование ЭВМ свелось к тому, что пользователи из разных организаций заказывали на ВЦКП машинное время, приходили туда со своими носителями данных (перфокартами, магнитными лентами) и уходили с рулонами бумажных выдач. Так продолжалось до середины 80-х годов, пока персональные компьютеры не вытеснили мейнфреймы. Громоздкие и капризные ЕС ЭВМ были сданы в утиль, кондиционированные машинные залы уже не потребовались. Проект ВЦКП тихо скончался, так и не успев полномасштабно воплотиться в жизнь. Однако сама идея коллективного использования вычислительных и информационных ресурсов не умерла, к концу XX века она возродилась на новой технической базе компьютерных сетей с коммутацией пакетов.

Принципиальные особенности сетей с коммутацией каналов

У систем телеобработки с коммутацией каналов есть одно важное достоинство – отсутствие задержек при передаче данных. Поскольку коммутационная аппаратура на узлах ничего не делает с сообщениями, а только подключает одну из выходных линий к входной, электрический сигнал пролетает весь путь между абонентами почти со скоростью света. Однако это положительное качество достигается ценою двух принципиальных недостатков.

Во-первых, необходимость поддерживать сквозной физический канал на все время сеанса неизбежно приводит к невысокой надежности системы, когда канал образуется цепочкой из многих сотен отдельных участков линий передачи и соединений на узлах коммутации.

Во-вторых, занятие отдельного физического канала для организации связи между терминалом и ЭВМ не оправдано экономически, особенно при дальних междугородних соединениях, так как канал используется на малую долю своих возможностей. Все время, пока пользователь думает перед нажатием очередной клавиши, канал простаивает.

Указанные органические недостатки принципа коммутации каналов привели к тому, что в 80-е годы он был повсеместно вытеснен принципом коммутации сообщений, о котором мы будем говорить подробно далее. Однако существуют области применения, где коммутация каналов применяется до сих пор. Вот несколько примеров.

Массовые абонентские сети. Подключение домашних компьютеров к провайдеру услуг сети интернет в пределах одного населенного



Терминал Minitel

пункта в подавляющем большинстве случаев производится через телефонную сеть общего пользования.

Другой показательный пример – созданная во Франции в начале 80-х годов сеть Minitel. Почти в каждом французском доме рядом с телефонным аппаратом стоит небольшой терминал в виде портативного черно-белого алфавитно-цифрового дисплея с клавиатурой. Позвонив в один из центров сети, абонент переключает телефонную линию на терминал и, общаясь с компьютером центра, может получить справку о номере телефона, расписании транспорта или программе передач, заказать билет, сделать покупку. То, что в последнее время рекламиру-

ется как новейшее достижение интернет-коммерции, доступно французам благодаря Minitel уже более двадцати лет.

Специальные ведомственные сети. Некоторые организации, создавшие в прошлом собственные сети с коммутацией каналов для технологических нужд, продолжают их эксплуатировать. В таком режиме, в частности, работают многие банки со своими клиентами и филиалами.

Любительские сети. Простота организации межкомпьютерных соединений через телефонную сеть общего пользования дала возможность, после того как появились персональные компьютеры, организовать любительские сети. Крупнейшей из них является сеть FidoNet, основанная в 1984 году программистом из Лос-Анджелеса Томом Дженнингсом (Jennings, Tom). Вместе с Джоном Мэдиллом (Madill, John) из Балтимора они написали программу, которая могла автоматически обмениваться электронными письмами через всю страну по телефонной линии. Идея оказалась продуктивной, их сеть начала быстро расти. В конце 1984 года в ней было 50 узлов, в начале 1997 года – 200, в начале 1995 года – уже 37000. Число конечных пользователей сети не поддается учету, по грубым оценкам оно превышает миллион. В самом названии сети содержится намек



Эмблема Fido

на неофициальность проекта: слово Fido используется как кличка беспородной собаки, дворняжки.

§ 4.5. Сети пакетной коммутации – от ARPAnet до интернета

Исторические предпосылки

Если электронные вычислительные машины – детище Второй мировой войны, то современные компьютерные сети – побочный результат «холодной войны», которая началась почти сразу после победы над гитлеровской Германией.

Бывшие союзники США и СССР, разделенные железным занавесом идеологических противоречий, спешно наращивали военно-технический потенциал, готовясь к неизбежной, как тогда казалось, третьей мировой войне.

Сначала в гонке вооружений лидировали США, они первыми создали ядерное оружие и развернули вокруг СССР сеть военных баз, откуда американские бомбардировщики могли за считанные часы доставить атомные бомбы до любого советского города. Сама же территория США, отделенная океанами от остального мира, казалась недосягаемой для вторжения. Поэтому, когда вечером в пятницу 4 октября 1957 года американцы узнали о запуске первого советского спутника, они были потрясены. Ракета, доставившая в космос мирный спутник, могла с таким же успехом сбросить на Нью-Йорк или Вашингтон все испепеляющую водородную бомбу. Благополучие нации в одночасье оказалось под угрозой.

В США все пришло в движение. Понимая, что в гонке вооружений выигрывает та сторона, у которой лучше поставлены образование и наука, правительство коренным образом перестроило свою политику в этой области. Уже в феврале 1958 года были созданы два мощных ведомства, сыгравших ключевую роль в истории «холодной войны». Первое занималось непосредственно космосом и называлось Национальным управлением по авиации и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration – NASA), перед вторым была поставлена более общая задача обеспечить стратегическое превосходство США в сфере высоких технологий. Оно работало при Министерстве обороны (Department of Defence – DoD) и называлось Управлением перспективных исследований (Advanced Research Projects

Agency – ARPA). Управление подключило к военным программам крупнейшие университеты и исследовательские центры, тратя на них громадные деньги. Шестидесятые годы – это время, когда в США, подкармливаемые военным бюджетом, расцветали кибернетика, информатика, прикладная математика и другие точные науки, а профессора внушали студентам: «Ради вашего собственного благополучия, ради благополучия нации, делайте домашние задания!..»

В самый разгар «холодной войны», в дни кубинского кризиса октября 1962 года, в ARPA была организована дирекция компьютерных программ и ее первым руководителем был назначен Джозеф Ликлайдер (Licklider, Joseph Carl Robnett; 1915–1990) из Массачусеттского технологического института (MIT), незадолго до этого написавший серию заметок о «Галактической сети», связывающей множество компьютеров в глобальных масштабах и дающей свободный доступ пользователям к программам и данным (примерно то, что мы видим сегодня в интернете). Хотя его деятельность на высоком посту была недолгой, идея Сети уже захватила умы руководства ARPA. Преемники Ликлайдера Иван Сазерленд (Ivan Sutherland), которого считают родоначальником компьютерной графика, и Боб Тей-



Джозеф Ликлайдер
(1915–1990)

лор (Bob Taylor) стали прорабатывать вопросы реализации этого фантастического проекта. Эксперименты, проведенные в 1964–1966 годах по заказу ARPA в MIT под руководством Лоуренса Робертса (Roberts, Lawrence) продемонстрировали принципиальную возможность связи нескольких ЭВМ, но в то же время показали, что для крупномасштабной и надежной вычислительной сети принцип коммутации каналов неприемлем. Нужна была принципиально новая схема передачи данных, и эта схема нашлась. Она называется *коммутацией сообщений* (*message switching*).

Принцип коммутации сообщений и пакетов

Основополагающие теоретические исследования в этом направлении

Принцип коммутации сообщений был разработан почти одновременно и совершенно независимо друг от друга в трех местах.



Лоуренс Робертс

принадлежат Леонарду Клейнроку (Kleinrock, Leonard; р. 1934), который, будучи аспирантом MIT, предложил базовые принципы пакетной технологии, опубликовал в 1961 году пионерскую статью, а в 1964 году – первую монографию по коммутации пакетов. В 1963 году, получив ученую степень, Клейнрок стал работать в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе (University of California Los Angeles – UCLA), где организовал исследовательский сетевой центр.

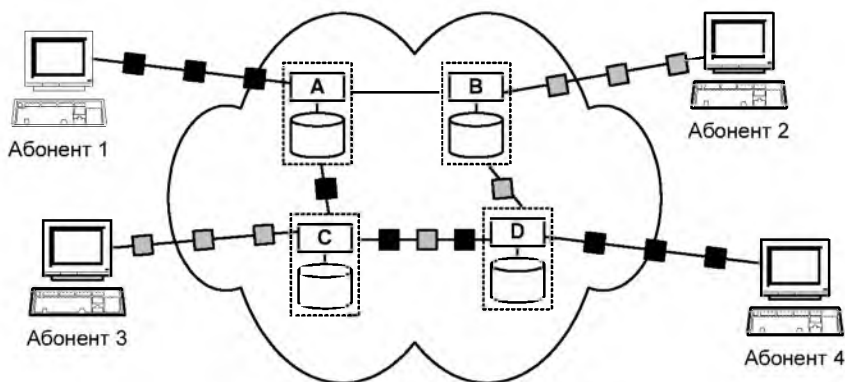


Авторы метода пакетной коммутации. Слева направо:
Леонард Клейнрок (США, MIT), Пол Бэрэн (США, RAND Corp.),
Дональд Дэвис (Англия, NPL)

Параллельно похожие принципы развивались в знаменитой некоммерческой фирме RAND Corporation (расшифровывается как Research ANd Development – Исследования и разработки). Эта небольшая по численности исследовательская организация, расположенная в живописном местечке Санта-Моника на тихоокеанском побережье Калифорнии, прославилась выдающимися достижениями в области анализа сложных систем, прикладной математики, исследования операций. В частности, по заказу Министерства обороны там создавался проект системы связи для управления вооруженными силами и страной в случае ядерной войны. В 1964 году под руководством Пола Бэрэна (Baran, Paul) вышел отчет, в котором предлагалась самоорганизующаяся компьютерная сеть, сохраняющая работоспособность даже при уничтожении некоторых узлов коммутации и линий связи.

Третья группа исследователей трудилась за океаном, в Великобритании, где в Национальной физической лаборатории (National Physical Laboratory – NPL) под руководством Дональда Дэвиса (Davies, Donald) была создана экспериментальная компьютерная сеть с коммутацией сообщений.

В системе с коммутацией сообщений узлы сети, в отличие от коммутации каналов, не занимаются простым переключением линий. Каждый узел представляет собой настоящий компьютер с процессором и памятью. В первых сетях эти коммуникационные компьютеры обозначались как IMP – Interface Message Processor, а позже стали называться *маршрутизаторами (router)*. Когда от абонента приходит сообщение,



Принцип коммутации сообщений

маршрутизатор запоминает его в своей памяти, определяет, какому из соседних узлов нужно отправить сообщение дальше, и, как только нужный канал освободится, передает его следующему маршрутизатору. Если от соседнего узла приходит подтверждение о благополучном прибытии сообщения, то оно стирается из памяти, а если произошла ошибка, то передача сообщения повторяется до тех пор, пока не придет положительная квитанция. Так, передаваясь по эстафете от маршрутизатора к маршрутизатору, сообщение за несколько прыжков (*hops*) дойдет до адресата.

Как видим, принцип коммутации сообщений имеет следующие отличительные особенности:

- соединительный канал занимается конкретным сообщением только на время передачи и сразу же освобождается. Тем самым обеспечивается высокий коэффициент использования дефицитных соединительных каналов;
- передача сообщения между соседними узлами происходит по процедуре с переспросом. Более того, если соседний узел или соединительный канал вообще окажутся неработоспособными,

маршрутизатор отправит сообщение по обходному пути. Тем самым, даже при ненадежных каналах связи и разрушении отдельных узлов, обеспечивается высокий уровень надежности всей сети.

Таим образом, схема коммутации сообщений оказывается избавленной от главных пороков схемы с коммутацией каналов, однако это достигается не даром, а ценой других проблем.

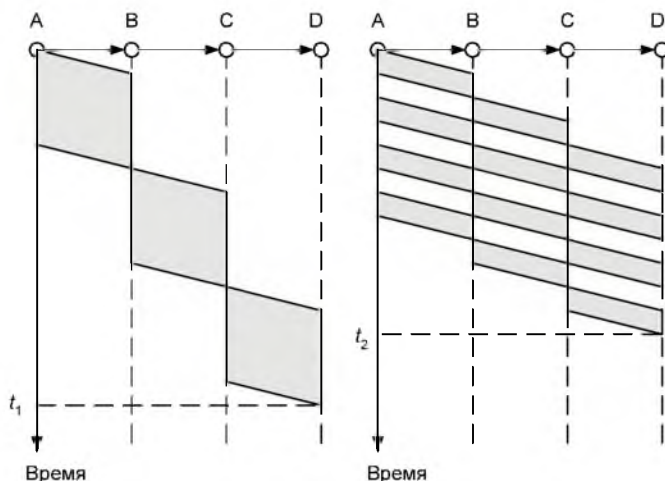
Во-первых, маршрутизаторы – это не простые соединители, подобные телефонным реле на АТС, а полнофункциональные компьютеры. Поэтому на практике коммутация сообщений не могла реализоваться раньше, чем появились относительно дешевые мини-ЭВМ, то есть в середине 60-х годов (как мы знаем, первая массовая мини-машина PDP-8 была выпущена в 1965 году).

Во-вторых, повторные прием и передача приводят к задержкам, которые могут достигать значительных величин, если путь сообщения проходит через длинную цепочку узлов. Этот недостаток является принципиальным, от него невозможно избавиться совсем, можно только постараться уменьшить задержку, повышая быстродействие каналов связи и самих маршрутизаторов.

В чистом виде коммутация сообщений затруднительна еще по одной причине. Если необходимо передавать длинные сообщения, порядка нескольких мегабайт, то на каждом узле приходится хранить и повторно передавать такие массивы данных. Это долго и дорого, работа сети *блокируется* длинными сообщениями. Для борьбы с этой проблемой была предложена идея *пакетной коммутации*. *Пакет (packet)* – это сообщение ограниченной длины, обычно до 1500 байт. Длинные сообщения у источника разбиваются на пакеты, которые независимо друг от друга проходят через сеть, и у получателя опять собираются в целостные сообщения. Сети, организованные по такому принципу, называются сетями пакетной коммутации (*packet switching*).

Между прочим, разбиение сообщения на пакеты позволяет уменьшить время задержки за счет так называемого водопроводного эффекта. На рисунке схематически изображена передача сообщений от абонента А до абонента D через цепочку узлов В и С. Если сообщение передается целиком (левая диаграмма), то трансляция его на следующем узле может начаться только после окончания приема последнего байта (ведь нужно проверить корректность приема и послать квитанцию отправителю). В результате первый символ сообщения достигнет получателя в момент времени t_1 . Если же сообщение передается отдельными пакетами (в на-

шем примере их четыре), то первый пакет при тех же скоростях передачи и обработки данных дойдет до конечного пункта через время t_2 .



Водопроводный эффект в сети пакетной коммутации

Таким образом, теоретически метод пакетной коммутации сулил большие преимущества по сравнению с коммутацией каналов. Оставалось проверить его на практике, однако для этого были нужны значительные капиталовложения в каналы связи и маршрутизаторы.

Сеть ARPAnet (70-е годы)

Всю вторую половину 60-х годов концепция пакетной коммутации обсуждалась в ARPA, наконец было принято решение о практической реализации сети. Руководителем проекта был назначен перешедший из MIT Лоуренс Робертс, который в октябре 1967 года организовал историческую встречу всех трех школ пакетной коммутации (MIT, RAND, NPL) и подготовил конкретные предложения. В августе 1968 года был объявлен конкурс на создание сети из четырех коммуникационных компьютеров с возможностью расширения до девятнадцати. Передача данных между узлами предполагалась на скорости 50 кбит/с по некоммутируемым широкополосным аналоговым каналам.

Ведущие фирмы, такие, как AT&T или IBM, не проявили интереса к проекту, считая его реализацию невозможной. Конкурс выиграла маленькая фирма Bolt Beranek and Newman (BBN), из Кембриджа, штат

Массачусетс, основанная специалистами Массачусетского технологического института. Группа разработчиков под руководством Фрэнка Харта (Heart, Frank) за миллион долларов взялась в течение года превратить теорию в жизнь.



Компания BBN

Коммуникационные процессоры были заказаны у фирмы Honeywell, уже в марте 1969 года она поставила прототип маршрутизатора на базе мини-ЭВМ Honeywell-516 с оперативной памятью 12 Кбайт. В апреле было разработано программное обеспечение маршрутизатора и описан стандарт на интерфейс между абонентскими ЭВМ, называемыми *хостами* (*host – хозяин*) и маршрутизаторами. Автор этого стандарта Стив Крокер (Crocker, Steve), чтобы избежать обвинений в самодовольстве, назвал его скромно Request for Comment (RFC 1) – запрос для комментариев и предложений. Так родилась будущая система стандартов интернета, насчитывающая сейчас более тысячи документов.

Первый узел сети был установлен в сентябре в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, где он был подключен к большой ЭВМ SDS Sigma-7. Эта честь была предоставлена университету потому, что в UCLA работал коллектив Клейнрока, взявший на себя функции сетевых измерений.

Второй узел был смонтирован в октябре, он располагался в Стенфордском исследовательском институте (SRI) с его ЭВМ SDS-940, там в это время над проблемами человеко-машинного общения работал знаменитый Дуглас Энгельбарт. На базе института был создан Сетевой

информационный центр (Network Information Center – NIC), обязанный собирать, хранить и распространять всю документацию, связанную с сетью, прежде всего сетевые стандарты RFC.



Леонард Клейнрок у первого коммуникационного процессора (IMP) фирмы Honeywell (1969 г.)

Когда 29 октября второй узел включили, специалисты UCLA сделали попытку подключиться к компьютеру в Стенфорде. Вот как Клейнрок впоследствии вспоминал это событие в интервью агентству «Рейтер»:

«Наш парень сидел за консолью компьютера с телефонной трубкой, разговаривая с ребятами из SRI. Когда все было установлено, он собрался напечатать слово «LOG», с тем, чтобы компьютер в Стенфорде автоматически добавил «IN», получая «LOGIN». Наш парень набрал букву «L» и спросил по телефону своего коллегу в Стенфорде:

– Вы видите L?

– Да, мы видим L.

Он набрал «O» и снова спросил:

– Вы видите O?

– Да, мы видим O.

Тогда он набрал «G», и тут вся система рухнула».

Так началась сетевая революция. Через 30 лет день рождения первой компьютерной сети – 29 октября – отмечался как профессиональный праздник – International Internet Day.

Третий и четвертый узлы были организованы в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре (University of California Santa Barbara – UCSB) и Университете штата Юта в Солт-Лейк-Сити, где Иван Сазерленд развивал идеи машинной графики. В декабре 1969 года первая очередь сети, названной ARPAnet, была запущена в эксплуатацию.



Первая очередь ARPAnet (1969 г.)

Сеть ARPAnet была не только экспериментальным полигоном для отработки технологии пакетной коммутации, но имела и практическую цель – объединить мощные компьютерные ресурсы университетов, работающих на контракты Министерства обороны США. Для этого разрабатывались специальные программы, в частности Telnet, позволяющая работать в режиме удаленного терминала с компьютером, находящимся на расстоянии тысяч километров.

Принципы, положенные в основу ARPAnet, оказались исключительно удачными, сеть начала быстро развиваться. В 1971 году она насчитывала уже 15 узлов, в 1972 году – 37. В октябре 1972 года Роберт Кан (Kahn, Robert; р. 1938), профессор математики из MIT, перешедший на работу в BBN, устроил успешную публичную демонстрацию сети на Первой международной конференции по телекоммуникациям в Вашингтоне, вызвавшую огромный резонанс научной общественности. К концу 70-х годов ARPAnet охватывала всю территорию США, включая Гавайские острова, были установлены первые межконтинентальные соединения с Великобританией и Норвегией. Каждый день по сети цир-

компьютерам с целью проведения научных вычислений, было нереально, коммерческий успех публичных сетей виделся в предоставлении других массовых услуг, прежде всего в передаче сообщений электронной почты. Родившаяся в недрах ARPAnet электронная почта, о которой мы будем говорить далее, открыла новый и очень перспективный рынок, оправдывающий капиталовложения в крупномасштабные публичные сети пакетной коммутации. Компания BBN, построившая некоммерческую ARPAnet, образовала крупную коммерческую сеть Telenet, конкуренты создали отличающиеся по технологии сети Tymnet, CompuServ, Datarac, Transpac, и др. За пределами США также строятся сети передачи данных. Во Франции в 1972 году началась разработка сети с коммутацией пакетов Cyclades, в Великобритании создана сеть VTnet и т.д.

К сожалению все эти сети были несовместимы друг с другом, поскольку основывались на несовместимых технологических решениях и протоколах. *Протокол (protocol)* – это соглашение (стандарт), определяющее форматы данных и процедуры взаимодействия между объектами в сети. Данный термин специалисты заимствовали из дипломатической практики, где правила поведения участников встреч и переговоров жестко регламентированы, иначе могут возникнуть недоразумения. Различие протоколов приводило к тому, что компьютеры, подключенные к различным сетям, физически соединенными друг с другом, не могли обмениваться сообщениями. Это обстоятельство объективно тормозило широкое распространение сетей и мешало развитию сетевого бизнеса.

Выход из создавшегося положения возможен двумя способами: либо унифицировать внутреннюю технологию построения сетей, с тем чтобы они были изначально совместимыми, либо искать пути объединения различных сетей на внешнем уровне.

В 1976 году группа ведущих производителей сетевого оборудования и телефонных компаний, заинтересованных в унификации сетей пакетной коммутации, объединившись под эгидой МККТТ, разработала систему протоколов передачи данных под названием Рекомендация X.25, в основу которой была положена технология DECnet. Многие фирмы стали производить оборудование, осуществляющее коммутацию пакетов по этому протоколу, в результате в 80-е годы сети X.25 получили очень широкое распространение во всех странах, так как они обеспечивали гарантированную и защищенную передачу пакетов на ненадежных и медленных каналах связи того времени. Протоколы X.25

стали общепринятым стандартом для частных и коммерческих сетей, на них до сих пор работают многочисленные международные банковские системы, системы резервирования билетов на авиалиниях и т.д.

Возникновение Internet (80-е годы)



Роберт Кан
(р. 1938)

По другому пути пошли создатели некоммерческих сетей. С целью создания возможностей для объединения разнородных сетей Роберт Кан, перешедший в 1972 году на службу в ARPA, предложил концепцию открытой сетевой архитектуры, основанную на универсальных протоколах передачи данных. Для реализации проекта, названного «Internating», Кан пригласил Винтона Серфа (Cerf, Vinton; р. 1943) – аспиранта Стенфордского университета, изучавшего, как сеть реагирует на различные стрессовые ситуации.



Винтон Серф
(р. 1943)

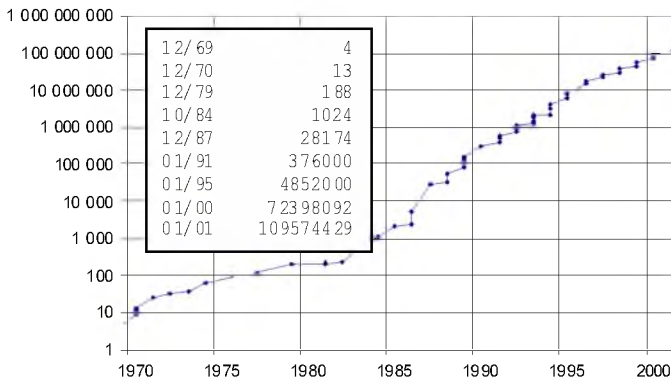
Сотрудничество двух специалистов дало прекрасные результаты. В 1974 году была опубликована первая версия семейства (стека) протоколов TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol – Протокол управления передачей/Межсетевой протокол), а затем начался долгий процесс его реализации, доработки и отладки, который продолжался до начала 80-х годов. В 1980 году TCP/IP был принят в качестве военного стандарта, а 1 января 1983 года на него перешла вся сеть ARPAnet. Вскоре к ней подключились CSnet, Usenet, далее процесс распространения TCP/IP принял лавинообразный характер. На базе ARPAnet стала развиваться «сеть сетей» – Internet.

Что же такое Internet? Точное определение этого термина было дано только в 1995 году, когда Федеральный сетевой совет единодушно одобрил соответствующую резолюцию. Мы детально рассмотрим эту резолюцию далее, в § 4.7, здесь же просто заметим, что Internet – это не конкретная вычислительная сеть, а сообщество сетей самой различной физической природы, принадлежащих самым различным собственникам, добровольно объединившихся на базе логических стандартов передачи данных. Определяющим условием вхождения некоторой сети в Internet является принятие на внешнем уровне адресов, форматов и

процедур, регламентированных базовыми протоколами TCP/IP, при этом внутренняя структура сети может быть какой угодно, в нее никто не вмешивается. Межсетевой обмен совершается через пограничные шлюзы-маршрутизаторы (*gateways*).

Хотя Internet никем оперативно не управляется, порядок в ней, учитывая число и разнообразие участников, должен быть очень строгий. Уже в 1979 году были созданы первые координирующие органы – Исследовательская группа (*Internet Research Group*) и Совет по конфигурационному управлению интернетом (*Internet Configuration Control Board, ICCB*). В дальнейшем они многократно реструктурировались и меняли названия, при этом их роль и авторитет в сообществе Internet постоянно усиливались.

80-е годы – время бурного роста Internet. Если к началу этого десятилетия количество подключенных пользовательских компьютеров (хостов) было около 200, то в конце оно составляло более 100 000. Число компьютеров росло экспоненциально, удваиваясь каждый год (см. график). Вначале основу инфраструктуры Сети (вот так, с заглавной буквы, часто называют «сеть сетей») составляла ARPAnet, так как подключаться к ней никто не запрещал, а программное обеспечение прото-



Экспоненциальный рост числа хостов

колов распространялось бесплатно. Однако когда число участников увеличилось до сотен, забеспокоилось Министерство обороны США. Для того чтобы отгородиться от чужих пользователей, оно в 1983 году

образовало самостоятельную военную сеть MilNet. Демократичная ARPAnet оказалась беспризорной, а будущее Internet – под угрозой.

Спас сеть Internet и вдохнул в нее новую жизнь национальный научный фонд США (National Science Foundation – NSF). Он взял под опеку ARPAnet, а в 1986 году приступил к созданию сети NSFnet, основу которой составляла высокоскоростная магистраль передачи данных NSFnet Backbone. За последующие восемь лет фонд вложил в инфраструктуру NSFnet 200 млн долларов, магистраль выросла с шести узлов, соединенных каналами на 56 кбит/с, до 21 узла с множественными связями на 45 Мбит/с. Число сетей в интернете в 1995 году превысило 50 тысяч, из которых примерно 29 тысяч располагалось на территории Соединенных Штатов, а остальные – во всех частях света и даже в космическом пространстве.

В 1990 году сеть ARPAnet, прожив двадцать лет, официально прекратила существование, став счастливой жертвой собственной популярности. Рожденная ею глобальная суперсеть Internet начала победное шествие по планете.

Коммерциализация Internet (90-е годы)

Подлинного расцвета компьютерные сети достигли в 90-е годы. Этому способствовало несколько факторов.

Во-первых, достижения в технологии локальных вычислительных сетей, о которых мы будем говорить в следующем параграфе, позволили создавать исключительно дешевые и надежные вычислительные сети для предприятий любого масштаба. Практически каждый офисный компьютер теперь работает в локальной сети.

Во-вторых, развитие магистральных (оптоволоконных и спутниковых) высокоскоростных каналов передачи данных резко удешевило междугородные и международные соединения и сделало их доступными рядовому пользователю.

В-третьих, и это самое главное, принципиально изменилось отношение к компьютеру в массовом сознании. Если раньше он использовался прежде всего для выполнения **вычислений** (и назывался в литературе чаще всего электронной вычислительной машиной – ЭВМ), то теперь компьютер в основном является **информационным** устройством, с помощью которого человек обменивается почтой, узнает новости, читает книги, слушает музыку и даже смотрит кинофильмы.

Именно информационная потребность общества явилась тем катализатором, который привел к взрывному развитию Internet в последнее

десятилетие XX века. Сначала эти потребности были относительно скромными и ограничивались в основном электронной почтой, однако после изобретения в 1991 году технологии Всемирной паутины World-Wide Web (мы будем подробно говорить о ней далее) процесс вовлечения широких масс в Internet стал приобретать характер эпидемии. Экспоненциальный рост числа компьютеров в сети продолжался на протяжении всех 90-х годов, к 2001 году их там стало более 100 млн. Из технического феномена сеть Internet превратилась в экономический и социальный.

В этих условиях никакое правительство не могло бы нести бремя расходов на эксплуатацию гигантской публичной Сети, ее необходимо было приватизировать и сделать самокупаемой. В США пришли к идее самофинансирования Internet в конце 1980-х годов, постепенно сеть коммерциализировалась, а к 1995 году бюджетное финансирование NSFnet Backbone было полностью прекращено. На смену государственным организациям пришли частные компании, открывшие новую и очень доходную рыночную нишу – организацию коммерческих компьютерных сетей и предоставление услуг Internet конечным пользователям (*Internet providing*). Довольно быстро сформировалась иерархия провайдеров. На верхнем уровне располагаются крупнейшие сетевые компании, которые, арендуя магистральные каналы первичной сети у операторов дальней связи, организуют вторичные компьютерные сети в масштабах страны или даже нескольких стран. Крупнейшим в мире провайдером Internet является компания America On-Line (AOL), образованная в 1985 году. В 1999 году ее доход составил 2,6 млрд долларов, а число абонентов превысило 20 млн.

Более мелкие провайдеры действуют в пределах отдельных городов или географических регионов. Они «оптом» покупают услуги Internet у провайдеров первого уровня и продают их «в розницу» конечным пользователям, используя для этого, как правило, местную телефонную сеть общего пользования.

Стремясь увеличить свои доходы, провайдеры постоянно расширяют перечень предоставляемых услуг, переходя от простого технического подключения к Сети к комплексному информационному обслуживанию (электронная почта, служба мгновенных сообщений, хранение данных абонентов, аренда приложений, электронная коммерция, интернет-вещание и т.п.). В этом отношении характерна судьба AOL. Начав с организации модемных пулов, компания стала расширяться, приобретая фирмы, прославившиеся разработкой новых сетевых техноло-

гий. В 1998–1999 годах она купила Netscape Communications, создавшую знаменитый браузер и одноименный информационный портал, и израильскую фирму Mirabilis, разработавшую технологию ICQ для мгновенного обмена короткими сообщениями.

Информационные супермагистралы. Internet нового поколения

Web-революция середины 90-х годов коренным образом изменила облик Internet с точки зрения пользователя. Путешествия по Web (Web-surfing) стали привычными для людей, никогда прежде не имевших дела с компьютером. Появились новые виды услуг: Intrnet-телефония, Intrnet-радиовещание и Intrnet-телевидение. В этих условиях объем сетевого трафика резко возрос, пропускная способность магистральных каналов была быстро исчерпана и в сети стало тесно. Аналогичная ситуация произошла полвека назад на дорогах, когда автомобиль стал массовым видом личного транспорта.

Для решения проблемы было необходимо строительство информационных супермагистралей (information superhighway), пропускная способность которых во много раз превышала бы показатели существующих каналов Internet и которые связывали бы самые разнообразные информационные ресурсы в масштабах планеты. Этот броский термин придумал американский сенатор Альберт (Эл) Гор младший (Gore, Albert (Al) Arnold Jr.; р. 1948), отец которого, также сенатор, в свое время отстаивал идею строительства автомобильных супермагистралей. Будучи законодателем, а затем и вице-президентом в правительстве президента Клинтона (1992–2000 гг.), Эл Гор сделал исключительно много для развития сети Internet, внедрению компьютерных технологий



Альберт Гор (р. 1948)

в образование. По его инициативе в США были приняты законы, регулирующие сетевую деятельность, развернулись крупномасштабные работы по модернизации сети Internet, превращению ее в настоящую информационную супермагистраль для общества XXI века.

Осенью 1996 года стартовали два многомиллионных проекта: правительственный Next Generation Internet – NGI и проект Internet2, спонсируемый вузами и компаниями информационных технологий.

Сеть NGI создается для федеральных структур – ARPA, Министерства обороны, Министерства энергетики, отвечающего за атомную программу, национального научного фонда NSF, космического ведомства NASA, национального института стандартов, крупнейших научных лабораторий и суперкомпьютерных центров. Она предполагает тысячекратное увеличение скорости передачи данных по сравнению с Internet и предназначена для обеспечения научных исследований и медицинской диагностики.

Сеть Internet2 должна объединить гигабитными магистралями 135 университетских кампусов. Предполагается построить нечто вроде виртуального университета для студентов и преподавателей, с тем чтобы они могли читать книги из библиотек, находящихся на удалении тысяч километров, брать уроки в других вузах, совместно проводить научные исследования.

В феврале 1999 года первая магистраль Internet2 под названием Abilene была введена в эксплуатацию. Она связала оптическим кабелем длиной 21 тыс. км два побережья Соединенных Штатов – от Нью-Йорка до Сизтла. Скорость передачи данных составляет 2,4 Гбит/с, постепенно она будет повышена до 9,6 Гбит/с. Ответственность за повседневное сопровождение Abilene возложено на Университет штата Индиана. Abilene станет одной из двух главных магистралей Internet2. Другая будет базироваться на vBNS – very high speed Backbone Network Service, которая представляет собой модернизированную магистраль NSFnet, принадлежащую Национальному научному фонду США и компании MCI WorldCom.

Помимо увеличения скорости передачи данных, проект Internet2 имеет еще одну цель – внедрить новую (шестую) версию протокола IP, называемую IPv6. Она принципиально отличается от всех предыдущих, в частности, тем, что кардинально решает проблему нехватки IP адресов. Когда в 70-е годы Роберт Кан и Винтон Серф разрабатывали первую версию протокола IP, они предусмотрели 32-битный адрес абонента, предполагая, что в обозримом будущем будет не более 256 сетей, а

число хостов никак не превысит сотни миллионов. Действительность, как мы знаем, опровергла этот прогноз, в настоящее время возможности 32-битной адресации практически исчерпаны. Протокол IPv6 отводит на адрес 128 разрядов, этого достаточно для того, чтобы адресовать компьютеры, даже если их будет по полторы тысячи на каждый квадратный метр земной поверхности.



Магистральные каналы Abilene

В 2003–2004 годах в США начались работы по развитию Internet2 и превращению ее в еще более совершенную магистральную сеть, которую в предварительном порядке называют Internet3 или National Lambda Rail (NLR). По замыслу создателей, она должна быть на порядок более скоростной, чем Internet2. Это будет достигнуто в основном за счет физических эффектов: одновременного распространения по световоду нескольких световых волн в различных частях спектра и использованием «темных», то есть имеющихся в кабеле, но временно неиспользуемых волокон.

Появление американских проектов скоростных сетей всколыхнуло не только Европу. Большие и малые страны всех частей света начали считать обладание информационной супермагистралью – или хотя бы наличие планов ее построения – признаком национальной зрелости. В

результате в таких странах, как Канада, Австралия и Япония появились проекты собственных супермагистралей.

Интернет в России

История российского интернета в целом повторяет американскую. Своими корнями он уходит в вузы и научно-исследовательские институты – туда, где проросли залевшие с Запада семена операционной системы Unix, из них выросли первые коммерческие и некоммерческие академические сети, а уже потом началось бурное развитие Сети с привлечением капитала крупных телекоммуникационных компаний.

Родоначальником российского интернета по праву можно считать Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ), где еще в 1982–1983 годах с участием специалистов ряда других НИИ были начаты работы по созданию отечественной операционной системы типа Unix, получившей название ДЕМОС – Диалоговая Единая Мобильная Операционная Система. Распространением этой системы занялся одноименный кооператив, образованный сотрудниками института.



Институт атомной энергии им. Курчатова – колыбель
русского интернета

В 1990 году была основана первая русская междугородная компьютерная сеть с коммутацией пакетов Relcom (от RELiable COMmunications – надежная связь). Строго говоря, это был еще не интернет, сеть предназначалась исключительно для передачи электронной

почты по протоколу UUCP (Unix-Unix CoPy) и объединяла разработчиков и пользователей Unix-систем ИАЭ и нескольких других НИИ в Серпухове, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Дубне. В августе состоялся первый сеанс связи по международному телефону с университетом в Хельсинки (Финляндия), а 19 сентября зарегистрирован географический домен верхнего уровня SU (Soviet Union), что можно считать рождением интернета на территории России и ближнего зарубежья. Вначале сеть была бесплатной, однако с 1992 года она стала коммерциализоваться, для чего было создано акционерное общество «Релком». В последующие годы сеть Relcom перешла на стандартные интернет-протоколы TCP/IP, подключилась к европейской сети EUNet и стала называться EUNet/Relcom. Со временем фирмы «Релком» и отделившаяся от нее ДЕМОС превратились в крупнейших коммерческих российских интернет-провайдеров.



Размещение узлов Relcom

Некоммерческие академические сети для обслуживания учреждений науки и образования начали создаваться в 1994–1996 годах. В 1994 году стартовал проект российской университетской сети RUNet (Russian UNiversity Network) на основе спутниковых линий передачи. Главные узлы спутниковой связи расположены в Москве (МГУ) и С.-Петербурге, а периферийные станции расположены более чем в

40 городах европейской и азиатской частей России. Доступ в интернет осуществляется по нескольким международным каналам через Норвегию, Францию, Германию, Финляндию, Канаду с суммарной пропускной способностью более 10 Мбит/с.

Российским аналогом американской научной сети NSFNet стала федеральная сеть для нужд науки и высшей школы RBNNet (Russian Backbone Network), созданная в 1996–1998 годах. RBNNet базируется на цифровых магистральных каналах Е1 (2,048 Мбит/с), арендованных у различных компаний дальней связи, прежде всего у Ростелекома, и соб-



Сеть RBNNet

ственных волоконно-оптических сегментах в Москве и С.-Петербурге. Оператором сети является Российский НИИ развития общественных сетей (РосНИИРОС), центр управления находится в Москве, финансирование расходов осуществляется отдельной строкой из федерального бюджета. RBNNet выполняет функции опорной сети (backbone), клиентами которой являются региональные сети науки и образования. Сеть имеет двухуровневую структуру. Базовые узлы первого уровня организованы в восьми региональных центрах: С.-Петербурге, Москве, Ростове-на-Дону, Самаре, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Хабаровске, к ним подключены узлы второго уровня, расположенные более чем в 35 городах – от Новгорода Великого до Владивостока. Для доступа в мировой интернет используются возможности нескольких российских и

иностранных операторов, при этом основной шлюз взаимодействует с компанией Teleglobe International Corp. Для обеспечения взаимодействия с этой сетью создана точка присутствия RBNet в Нью-Йорке (60 Hudson street).

Мощный импульс развитию некоммерческого интернета в России придала благотворительная программа «Университетские центры интернет», которая финансировалась известным американским миллионером и меценатом Джорджем Соросом (Soros, George; р. 1930). Еврей венгерского происхождения, Сорос на собственном опыте познакомился с особенностями тоталитарных режимов, как фашистского, так и коммунистического толка. Сорос считал, что распространение интернета в бывших социалистических странах поможет им преодолеть сложившуюся информационную изоляцию. В рамках этой программы в 1996–1998 годах в 33 периферийных классических университетах на территории России (в том числе Томском государственном) были созданы интернет-центры с узлами телекоммуникаций, мощными серверными ресурсами и компьютерными классами свободного доступа. Подключение центров к интернету осуществлялось через сеть RBNet, поэтому услуги для пользователей были бесплатными. По замыслу Сороса, создание инфраструктуры – только первая часть долговременной программы развития российского интернета. В дальнейшем на базе городских сетей и университетских центров начнут создаваться интернет-ориентированные информационные системы, представляющие собой сеть Web-серверов, посвященных событиям культурной и общественной жизни.

Параллельно с академическим возникали и быстрыми темпами развивались сети коммерческих поставщиков услуг интернета. Они образовывались как акционерные общества с чисто российским или смешанным капиталом на базе крупнейших предприятий транспорта и связи. Вначале они ориентировались в основном на подключение организаций, таких, как банки, государственные учреждения и средства массовой информации. Затем они стали все шире обслуживать частных пользователей там, где существовал платежеспособный спрос, в первую очередь в Москве и Санкт-Петербурге. В этих городах были организованы пункты обмена трафиком коммерческих сетей между собой и с академическими сетями. Электронная почта перестала ходить из одного района города в другой через Америку.

В настоящее время коммерческие компании, предоставляющие доступ в интернет, составляют мощный и быстроразвивающийся сектор

российской экономики с высоким уровнем конкуренции. Например, в 2002 году российский рынок доступа к магистральным сетям интернета был поделен между пятью крупными операторами, на долю которых приходится 84% данных услуг. Самый крупный из них – холдинг межрегиональных телекоммуникационных компаний (МРК) под крылом «Связьинвеста», доля которого составляет 54%. На долю «Голден Телеком» и «РТКомм.РУ» приходится по 9% рынка, Транстелеком – 6%. Всего в 2002 году оборот всех операторов доступа к магистральным сетям интернета в России оценивался в размере 280 млн долларов.

Число компьютеров в российской части интернета (в сетевой литературе за ней закрепилось название «Рунет») стремительно растет. Если к началу 1997 года оно составляло 200–300 тысяч, то к 1999 году – 1,2 млн, к 2000 году – 5,4 млн, а в 2003 году оценивалось в 10,2 млн.

§ 4.6. Локальные вычислительные сети

В отличие от рассмотренных выше *территориальных* сетей (их называют еще *глобальными*), простирающихся на десятки – сотни – тысячи километров, *локальные сети* – ЛВС (*Local Area Network* – LAN) охватывают территорию одного здания или группы близко расположенных зданий, например университетского кампуса. Однако не расстояние является определяющей характеристикой локальных сетей, а способ доставки сообщений. Локальные сети также основаны на передаче пакетов, однако в них отсутствуют маршрутизаторы, а вместо принципа коммутации используется принцип селекции пакетов.

История распорядилась так, что локальные сети появились несколько позже глобальных. Первые эксперименты были проведены в начале 70-х годов, а широкое распространение локальных сетей началось уже в 80-е.

Сеть Aloha Идея создания сети с селекцией пакетов родилась на Гавайских островах и была навеяна самой географией региона. Когда в Гавайском университете, расположенном на центральном острове Оаху, была установлена большая ЭВМ, способная работать в режиме разделения времени, возникла проблема подключения к ней множества терминалов, разбросанных по всему архипелагу. Сделать это с помощью обычных проводных линий было невозможно, так как глубокие проливы между островами затрудняли прокладку телефонных

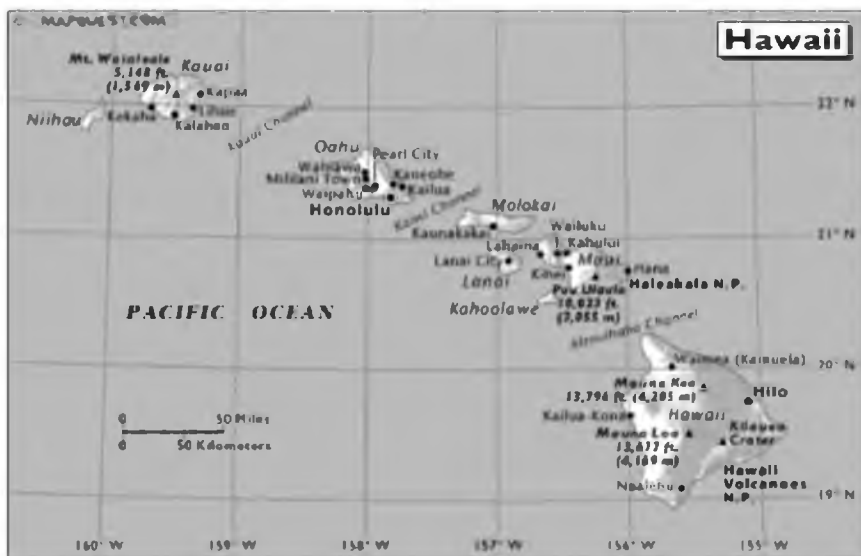
кабелей, поэтому основным средством общения могла быть только радиосвязь.

Чрезвычайно остроумное и удачное решение проблемы предложил профессор Норман Абрамсон (Abramson, Norman; р. 1932), который до приезда на Гавайи работал в Стенфорде и Массачусеттском технологическом институте. Его идея состояла в том, чтобы построить *широковещательную (broadcasting)* радиосеть, в которой каждый абонент оснащен приемопередатчиком, причем все они работают на одной и той же частоте.



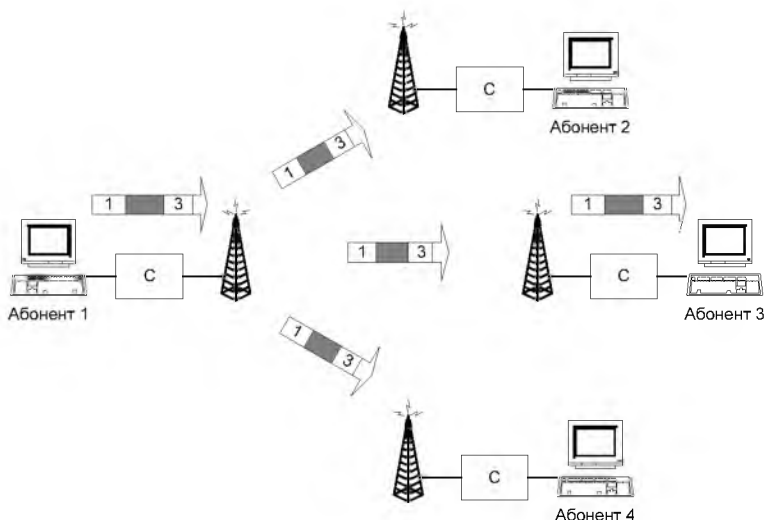
Норман Абрамсон
(р. 1932)

Принцип работы широковещательной сети проиллюстрирован на рисунке. Предположим, абонент 1 желает передать пакет абоненту 3. На передающей стороне этот пакет снабжается адресами отправителя и получателя; устройство доступа к среде постоянно прослушивает эфир и, как только там наступит пауза, отправляет сообщение. Поскольку эфир общий, то пакет будет зарегистрирован



Широковещательная сеть Aloha была создана в 1970 г. в University of Hawaii под руководством Нормана Абрамсона

всеми приемниками, однако все абоненты, кроме третьего, его не получают, так как специальное устройство – селектор, стоящее за приемником и обозначенное на рисунке буквой С, сравнивает адрес получателя в пакете с собственным и не пропускает чужие пакеты. Таким образом, из потока пакетов, циркулирующих в эфире, каждый абонент выбирает только те, которые адресованы именно ему.



Принцип селекции пакетов

На практике реализовать принцип селекции было не так просто. Поскольку к передающей среде одновременно подключаются все абоненты, ее пропускная способность должна быть достаточно высокой. Кроме того, необходимо было решить проблему столкновения (коллизии) пакетов, одновременно посланных несколькими передатчиками. Тем не менее все технические трудности были успешно преодолены, и в 1970 году первая широкоэвещательная сеть, названная Aloha (это слово на местном языке соответствует английскому hello, то есть «привет!») успешно заработала. Сначала скорость передачи данных в сети составляла всего 9600 бит/с, в дальнейшем она постоянно возрастала. Сеть Aloha функционирует до сих пор, а Норман Абрамсон является вице-президентом компании AlohaNet.

Технология Ethernet

После окончания Массачусетского технологического института он поступил на работу в знаменитый Xerox PARC. В начале 70-х годов там разрабатывался проект Alto и был создан первый, еще очень дорогой,



Роберт Меткалф
(р. 1946)

Дальнейший прогресс компьютерных сетей, использующих принцип селекции пакетов, связан с именем Роберта (Боба) Меткалфа (Metcalfe, Robert; р. 1946). лазерный принтер, способный печатать с разрешающей способностью 500 точек на дюйм. Была поставлена задача обеспечить возможность печати документов на одном лазерном принтере с любого компьютера центра. Меткалф блестяще решил проблему, предложив создать локальную компьютерную сеть, подобную Aloha, но уменьшенную до размеров одного здания. При этом в качестве общей передающей среды предлагалось использовать обычный коаксиальный кабель. В 1973 году сеть была построена, она называлась Alto Aloha Network и работала на скорости 2,94 Мбит/с.

Через несколько лет экспериментов, в 1976 году, новая технология локальных сетей была опубликована и получила название Ethernet (от слова ether – эфир), однако официальным днем ее рождения считается 22 мая 1973 года, когда Меткалф положил на стол руководству 13-страничный проект с описанием идеи Alto Aloha Network.

Как мы уже не раз отмечали, фирма Xerox, в которой родились многие гениальные идеи (вспомним хотя бы мышь, графический интерфейс компьютера Alto, язык программирования Smalltalk, растровый дисплей, лазерный принтер, язык описания страниц PostScript), не сумела довести эти идеи до коммерческой реализации.

Поэтому в 1979 году Меткалф ушел из Xerox и организовал собственную фирму 3Com (сокращение от слов computer, communication, compatibility) с целью продвижения на рынок технологии Ethernet. Ему удалось уговорить трех лидеров компьютерного рынка – DEC, Intel и Xerox принять Ethernet в

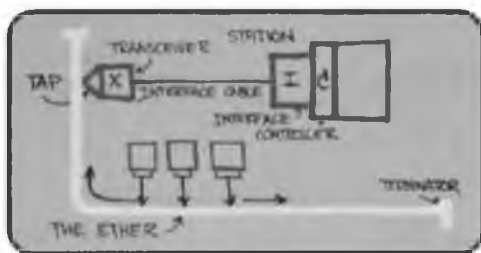
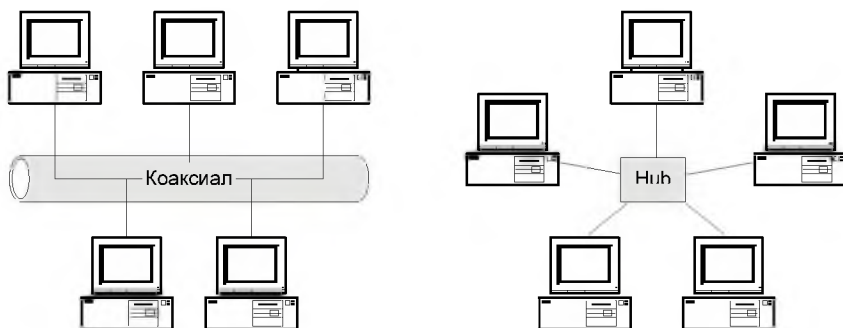


Рисунок из статьи Р. Меткалфа, 1976 г.

качестве общего промышленного стандарта, в 1980 году этот стандарт стал международным.

За прошедшие 20 лет технология Ethernet пережила подлинный взрыв популярности, превзойдя самые смелые прогнозы. Около 100 миллионов компьютеров имеют выход в мир через *сетевые карты*, работающие по ее протоколам. Массовое производство устройств привело к резкому снижению их стоимости: если в середине 80-х годов сетевая карта стоила около 1500 долларов, то сейчас – менее десяти. Одновременно постоянно увеличивается скорость передачи данных. Начав с 2,94 Мбит/с, технология быстро освоила 10, затем 100 Мбит/с (Fast Ethernet). Недавно принят стандарт Gigabit Ethernet, не за горами и более высокие скорости.

Физически передающая среда в сети Ethernet может быть организована различными способами. Ранний вариант, предложенный самим Меткалфом, использует магистральный коаксиальный кабель, к которому в нужных местах подключаются абоненты. Этот вариант самый простой и дешевый, так как не требует дополнительного активного оборудования, однако с эксплуатационной точки зрения не самый удобный: плохой контакт в точке подключения одного компьютера выводит из строя всю сеть. Поэтому в последнее время применяется топология в виде звезды. В центре звезды устанавливается активное оборудование, организующее общую среду, к нему витыми медными парами подключаются абоненты. В простейшем случае это оборудование представляет собой *концентратор (hub)*, попросту транслирующий сигналы



Физические реализации Ethernet

с каждого входного порта на все остальные, однако с развитием технологии активное оборудование становилось все более «умным». В со-

временных сетях оно представлено весьма совершенными *коммутаторами (switch)*, которые с целью уменьшения вероятности коллизий анализируют конфигурацию сети и передают пакеты только на тот порт, к которому подключен получатель. Таким образом, с развитием технологии Ethernet граница между сетями с коммутацией и селекцией пакетов постепенно стирается.

С другой стороны, для сетей, в которых компьютеры не имеют постоянного местонахождения, например, в выставочных залах, разработанная беспроводная технология RadioLAN, когда каждая сетевая карта оснащена миниатюрным приемопередатчиком. Здесь мы видим чистый пример спирального развития идеи – радиосеть Aloha на современной технологической базе.

Ради объективности следует сказать, что на сегодняшний день Ethernet – не единственная технология локальных сетей, однако ее соперники (Token Ring, ArcNet, Fiber Distribution Data Interface – FDDI) по уровню распространенности, соотношению цена/качество и демократичности значительно ей уступают.

Рынок сетевого оборудования и технологий

Когда в 1990 году Боб Меткалф оставил 3Com, посвятив себя преподавательской работе и журналистике, годовой оборот компании исчислялся миллиардами долларов. В новый высокодоходный сектор рынка устремилось множество конкурентов. В 80-е годы образовалось несколько крупных компаний, узко специализированных на производство оборудования для LAN и WAN: Cabletron, Bay Networks и Cisco Systems. Эта «большая четверка» быстро затмила классических поставщиков компьютеров и средств связи, таких, как IBM и Lucent Technologies¹. Особенно впечатляющих успехов добилась Cisco Systems, основанная в 1987 году несколькими сотрудниками Стенфордского университета. За короткое время она не только стала признанным лидером рынка сетевых технологий (доход в 2000 году составил 18,9 млрд долларов, число сотрудников превысило 12000 человек, у 3Com соответственно 4,3 млрд и 7000 человек), но по рыночной капитализации вошла в число крупнейших компаний мира. В марте 2000 года она вообще была признана самой дорогой компанией на планете с суммарной стоимостью акций 555,4 млрд долларов, тогда как у Microsoft, занявшей второе место, этот показатель составил 541,4 млрд

¹ Lucent Technologies – одна из компаний, образовавшихся в результате принудительного деления монополиста AT&T на составные части.

долларов. Хотя показатель рыночной капитализации не очень устойчивый, он быстро меняется в соответствии с биржевой конъюнктурой, и в первой десятке лидеров места постоянно меняются, удивительный коммерческий успех компании Cisco Systems несомненен. Такой рекордной скорости роста до сих пор добивалась только Compaq. Этот факт говорит о том, что сетевой сектор – один из самых масштабных и динамичных на рынке высоких технологий.

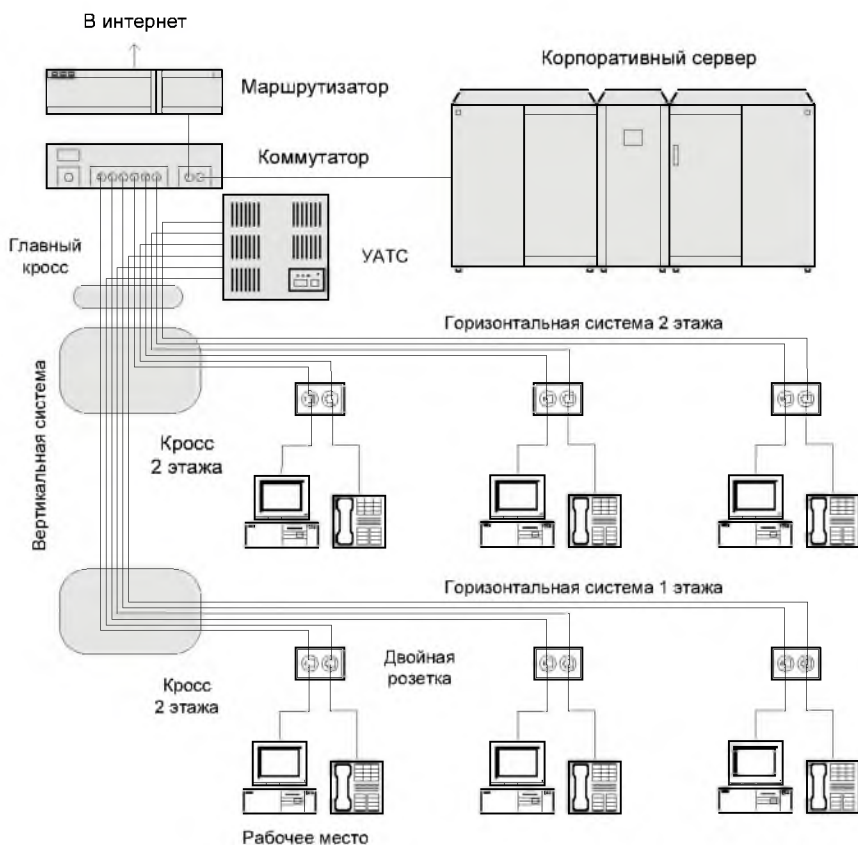


Штаб-квартира Cisco Systems в Силиконовой долине

Корпоративные локальные сети

К концу XX века локальные вычислительные сети получили такое широкое распространение во всех организациях, что стали восприниматься неизменным элементом офисной инфраструктуры, как электричество или телефон. Современный подход к устройству корпоративных локальных сетей основывается на концепции *структурированных кабельных систем (СКС)*. При строительстве или реконструкции зданий, предназначенных для офисов, прокладывается единая унифицированная кабельная система, предназначенная для локальной компьютерной сети, телефонии, пожарной и охранной сигнализации, а также для электропитания компьютеров и бытовых приборов. В каждом помещении наряду с обычными электрическими устраиваются информационные розетки. Как правило, на рабочем месте устанавливается двойная информационная розетка – для компьютера и телефона. Пучки кабелей от

рабочих мест одного этажа выходят на этажные кроссы и образуют *горизонтальные* подсистемы. Горизонтальные подсистемы объединяются *вертикальной* кабельной подсистемой и выводятся на главный кросс, где кабели разводятся по назначению. Компьютерные линии подключаются к активному оборудованию – концентраторам или коммутаторам Ethernet, телефонные – к учрежденческой автоматической телефонной станции (УАТС) и т.д. В больших зданиях, насчитывающих несколько сот рабочих мест, активное оборудование устанавливается в каждой горизонтальной подсистеме, а вертикальная подсистема делается на основе оптических кабелей.



Структурированная кабельная система

Структурированная кабельная система обладает высокой надежностью и мобильностью: при перемещениях сотрудников из одного помещения в другое не нужно прокладывать новых линий, достаточно изменить коммутацию на кроссе.

Логическим развитием идеи структурированных кабельных систем являются так называемые *интеллектуальные здания*, проекты которых появились в последнее время. В таких зданиях кроме единой коммуникационной системы создаются компьютерные центры управления всей бытовой инфраструктурой – лифтами, охранной, противопожарной, отопительной, вентиляционной и другими системами. Интеллектуальное здание может быть оборудовано спутниковой антенной, дающей скоростной выход в интернет, иметь внутреннюю радиосеть для беспроводного подключения мобильных телефонов всех сотрудников, ряд других больших и малых удобств.

§ 4.7. Сетевые информационные технологии

Говоря об истории развития компьютерных сетей, мы делали акцент на технической стороне передачи данных, не касаясь проблем использования сетей для решения реальных задач. Настало время поговорить о том, для чего нужны компьютерные сети, ведь они создаются не сами для себя, а для оказания некоторых услуг пользователям.

В настоящее время в мире насчитывается много сотен тысяч сетей. Подавляющее число их принадлежит к категории локальных (LAN), объединяющих компьютеры одного здания или группы зданий. Некоторые сети являются изолированными, но большинство их в той или иной степени связаны друг с другом, являясь абонентами магистральных территориальных (Wide (или World) Area Network – WAN) сетей, охватывающих города, страны и континенты. В сетях взаимодействуют миллионы компьютеров, использующих различные аппаратные платформы и операционные системы. Для того чтобы вся эта структура слаженно работала и абоненты различных локальных сетей, расположенных на разных континентах, могли общаться друг с другом, существует определенная система правил и работающих по этим правилам телекоммуникационных служб, организованная по иерархическому принципу.

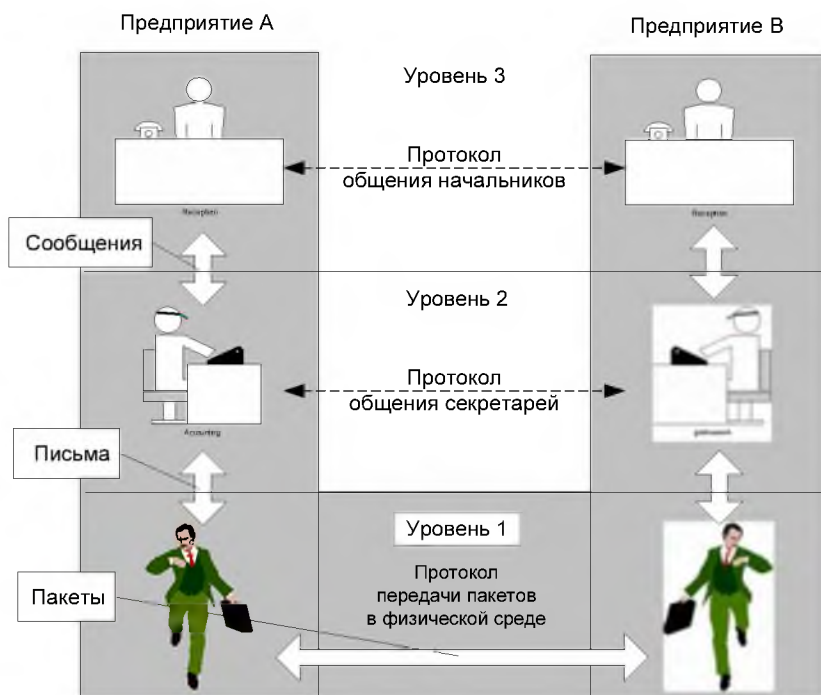
Иерархия коммуникационных служб и протоколов

Идея многоуровневой схемы взаимодействия объектов в сложной распределенной системе взята из самой жизни. Рассмотрим повнимательнее, как происходит общение между двумя организациями в традиционной бумажной системе документооборота. Предположим, имеются два предприятия А и В (см. рисунок). В каждом из них существует иерархия коммуникационных служб, которую можно достаточно четко подразделить на три уровня.

На высшем уровне обоих предприятий находятся руководители, которые поддерживают между собой некоторый содержательный диалог. Для каждого вида деятельности существуют строгие и однозначные правила общения, без которых деловая жизнь невозможна. Если, например, предприятие А заказывает продукцию, то оно должно прислать заявку по определенной форме, предприятие В эту заявку подтверждает, затем высылает счет на оплату и т.д. Свод правил общения для удаленных объектов, находящихся на одном уровне иерархии, в сетевом словаре называется *протоколом*. Протоколов на уровне руководителей может быть несколько, для каждого вида деятельности свой. Один – для обеспечения поставок продукции, второй – для предъявления претензий по качеству, третий – для дружеского неформального общения и т. д. Подготовив очередное сообщение в соответствии с выбранным протоколом, руководитель не задумывается о его дальнейшей судьбе. Он сам не оформляет письма, не пишет почтовый адрес (которого может и не знать), не пакует письма в конверты и не проверяет доставку их по назначению, будучи уверен, что все это сделают нижестоящие службы. С точки зрения руководителей, между ними существует *виртуальный*, то есть воображаемый канал общения, подчиняющийся правилам соответствующего протокола.

На следующем уровне расположена канцелярия предприятия, она предоставляет вышестоящему уровню услуги по передаче сообщений. На этом уровне сообщения превращаются в надлежащим образом оформленные письма, которые заверяются печатями, подписываются и снабжаются логическими адресами типа «Президенту фирмы «Луч» г-ну И.И. Иванову». Канцелярия следит за тем, чтобы строго выполнялись единые для всех предприятий правила оформления и прохождения писем, зафиксированные в протоколах передачи сообщений, иначе могут возникнуть недоразумения. В обязанности канцелярии входит также обеспечение надежности переписки, для чего все письма нумеруются и регистрируются в журналах входящей и исходящей корреспонденции.

При организации переписки постоянно отправляются уведомления о получении писем, в случае неполучения письма адресатом высылаются копии и т.д. Вместе с тем канцелярию не волнует, где расположена эта самая фирма «Луч» и каким образом письмо будет доставлено адресату, об этом позаботится нижестоящая служба.



Трехуровневая система обмена сообщениями в традиционной системе документооборота

На нижнем уровне иерархии размещается служба доставки (экспедиция). Она предоставляет канцелярии услуги по физической доставке писем по указанному логическому адресу, не интересуясь их содержанием и оформлением. Доставка может осуществляться разными способами (курьером, обычной почтовой службой, спецпочтой для доставки секретной корреспонденции, частной экспресс-почтой). Каждая из систем доставки имеет свои требования к упаковке отправок и свой способ физической адресации абонентов. В экспедиции каждое письмо вкладывается в стандартный для данной системы пакет, на котором

пишется физический адрес получателя опять-таки в принятом для данной системы формате (например, для городской почты достаточно написать «5-я ул., д.2»). При соблюдении этих протокольных соглашений система является прозрачной средой, обеспечивающей доставку потока пакетов.

Приведенная многоуровневая схема взаимодействия удаленных предприятий обладает многими достоинствами. Основное – независимость служб друг от друга, каждый уровень может реализовываться, развиваться и совершенствоваться, не затрагивая соседних. Руководители могут договариваться о новых принципах взаимодействия, не оглядываясь на канцелярские ограничения, а служба доставки может выбрать наиболее приемлемый способ транспортировки пакетов, не изменяя принципы делопроизводства.

Современные компьютерные сети организованы по такому же иерархическому принципу. Классической и наиболее подробной считается семиуровневая модель *взаимодействия открытых систем* (*Open*

7. Прикладной уровень	Прикладной слой
6. Представительный уровень	
5. Сеансовый уровень	Транспортный слой
4. Транспортный уровень	
3. Пакетный уровень	
2. Канальный уровень	Канальный слой
1. Физический уровень	

Семиуровневая модель OSI и ее упрощенное представление в виде трех слоев протоколов

System Interconnection – OSI), предложенная в начале 1980-х годов международной организацией по стандартизации (ISO), однако в этой модели можно достаточно четко выделить три обобщенных слоя, соответствующих рассмотренной нами схеме бумажного документооборота. Следуя устоявшейся традиции, мы рассмотрим их снизу вверх.

Протоколы канального слоя

Нижние уровни коммуникационных протоколов (в терминологии OSI – первый и второй) образуют канальный слой, определяющий базовую пакетную технологию передачи данных между абонентами в пределах одной сети. Подобно тому, как в традиционной системе связи исполь-

зуются различные способы доставки писем в бумажных пакетах различного формата и размера, в компьютерных сетях в зависимости от конкретных условий могут применяться различные базовые технологии доставки пакетов данных.

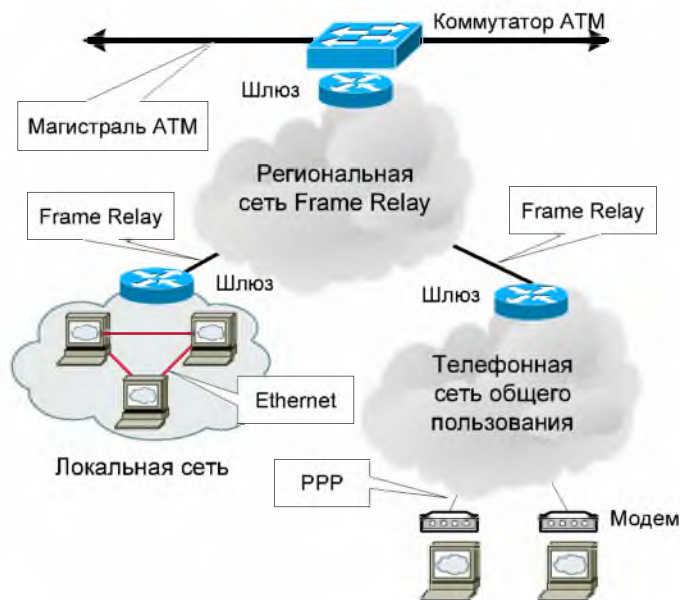
Точка-точка. Прямому (курьерскому) способу соответствуют протоколы передачи пакетов данных типа точка-точка (например, Point-to-Point Protocol – PPP), поддерживающие соединение по прямым (выделенным или коммутируемым) каналам связи. Именно таким способом домашние компьютеры подключаются к провайдерам компьютерных сетей.

Ethernet. Для локальных сетей передачи данных, основанных на принципе селекции пакетов, имеется ряд базовых технологий, наиболее популярной из которых, как мы уже отмечали, является технология Ethernet и ее новейшие варианты – Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Эти технологии отличаются простотой и дешевизной, однако им присущи некоторые принципиальные недостатки. Поскольку среда распространения является общей и потоки пакетов в ней сталкиваются случайным образом, невозможно гарантировать скорость передачи данных между двумя абонентами, что крайне неудобно при работе в режиме реального времени, например при аудио- и видеоконференциях.

X.25 и Frame relay. Для территориальных сетей передачи данных, основанных на принципе коммутации пакетов, в 70–80-х годах было разработано несколько базовых технологий. Наиболее старой и заслуженной является уже упоминавшаяся нами технология X.25. Более того, до появления коммерческого интернета в 90-е годы данная базовая технология была практически единственной коммерческой технологией передачи данных в территориальных сетях. По этим причинам сети X.25 до сих пор весьма популярны там, где требуется высокая надежность связи, а требования к скорости передачи данных невелики: при подключения банкоматов к процессинговым центрам банков, для связи удаленных терминалов с системами резервирования билетов на самолеты и поезда, для организации международных межбанковских расчетов, в сети передачи данных о результатах выборов и т.п. В связи с развитием высокоскоростных надежных каналов связи базовая технология X.25 в начале 90-х годов была модернизирована и получила название технологии *трансляции кадров* – *Frame relay*. По оценке экспертов, технология Frame relay начинает занимать в региональных сетях такую же нишу, какую в локальных завоевала Ethernet.

АТМ. Другая базовая технология сетей пакетной коммутации называется *асинхронным режимом передачи* – *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*. Технология АТМ была разработана еще в середине 80-х годов, однако коммерческая эксплуатация таких сетей началась только с 1996 года. Особенностью набора протоколов АТМ является исключительно малый размер отдельных пакетов, передаваемых по сети, всего 53 байта, они даже называются не пакетами, а *ячейками (cells)*. Благодаря этому технология АТМ весьма перспективна для сетей передачи данных в режиме реального времени. Платой за высокое качество обслуживания является большая стоимость оборудования, поэтому технология АТМ используется обычно на скоростных магистральных сетях.

Следует отметить, что перечисленные базовые технологии дополняют одна другую. Например, на магистральной (междугородной) сети может использоваться АТМ, в региональной (городской) – Frame relay, а в локальных – Ethernet (см. рисунок).



Взаимодействие базовых технологий в сложной сети

В компьютере, подключенном к сети передачи данных, выполненной по некоторой базовой технологии, должен быть установлен соот-

ветствующий сетевой адаптер (карта Ethernet, смарт-карта X.25, оконечное устройство ISDN и т.п.), а также программа-драйвер, поддерживающая выбранный протокол передачи пакетов.

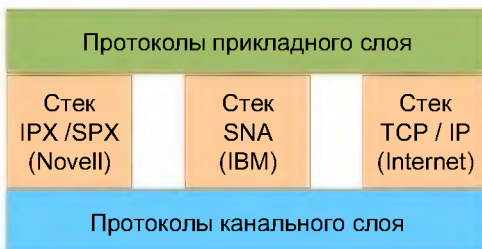
Для того чтобы пакеты были доставлены по назначению, каждому сетевому адаптеру в рамках данной сети присваивается уникальный физический адрес, однако в разных сетях принципы адресации могут коренным образом отличаться друг от друга. В этом кроется одна из главных проблем общения компьютеров, подключенных к различным сетям передачи данных. В рамках протоколов нижних уровней эту задачу решить невозможно, подобно тому, как при междугородней переписке бессмысленно послать письмо по адресу «5-я ул., д.2». Межсетевой обмен должен обеспечиваться шлюзами, работающими по протоколам более высокого уровня.

Протоколы транспортного слоя

Средние уровни коммуникационных протоколов (в модели OSI – с третьего по пятый) отвечают за надежную доставку целостных сообщений, в том числе за пределы одной локальной сети. Одному протоколу со всеми этими задачами не справиться, поэтому существуют семейства (*стеки*) взаимосвязанных протоколов транспортного слоя.

Во времена начального развития сетей, в 70–80-е годы, каждый крупный производитель разрабатывал свой вариант. Фирма Novell предложила стек IPX / SPX (Internetwork Packet eXchange / Sequenced Packet eXchange), фирма IBM разработала семейство протоколов SNA (System Network Architecture) и т.д, однако впоследствии все фирменные протоколы транспортного слоя стали активно вытесняться разработанным в недрах сети ARPAnet семейством протоколов интернета.

Что такое интернет в точном смысле этого слова? На этот вопрос отвечает резолюция, принятая в 1995 году американским Федеральным сетевым советом:



Различные стеки протоколов транспортного слоя

«Интернет – это глобальная информационная система, которая:

- логически взаимосвязана пространством глобальных уникальных адресов, основанных на Интернет-протоколе (IP) или на последующих расширениях или преемниках IP;*
- способна поддерживать коммуникации с использованием семейства TCP/IP или его последующих расширений/преемников и/или других IP-совместимых протоколов;*
- обеспечивает, использует или делает доступными на общественной или частной основе высокоуровневые услуги, настроенные над описанной здесь коммуникационной и иной связанной с ней инфраструктурой».*

Анализируя это официальное определение, прежде всего заметим, что регламентации интернета начинаются на транспортном слое протоколов и не затрагивают нижележащего канального слоя. То есть интернет может работать поверх Ethernet, Frame relay, ATM или любых других базовых технологий доставки пакетов.

Первый пункт определения касается базовой роли протокола IP (Internet Protocol – Межсетевой протокол) в установлении единой адресации абонентов в интернете. В соответствии с правилами протокола каждый компьютер имеет уникальный сетевой номер (IP-адрес), занимающий 4 байта. В десятичной нотации его принято писать четырьмя десятичными числами в диапазоне от 0 до 255, разделенными точками. Например, рабочий компьютер автора этих строк имеет адрес 212.192.96.101. На международном уровне IP-адреса раздаются специально уполномоченной организацией Internet Network Information Center (InterNIC) и пока (до внедрения шестой версии протокола) являются большим дефицитом.

Цифровая схема одресации необходима самим компьютерам, но для людей она неудобна. Поэтому в 1983 году, сразу после перехода ARPAnet на протокол IP, была предложена система обозначения компьютеров содержательными именами. Согласно этой системе адресации, все имена в глобальной сети подразделяются на группы (*домены*), вложенные друг в друга. Сетевое доменное имя состоит из нескольких (восходящих по американским почтовым обычаям) названий, разделенных точками. Например, сетевое имя gladkikh.inf.tsu.ru соответствует упомянутому выше компьютеру, входящему в домен третьего уровня факультета информатики inf.tsu.ru, входящему в домен второго уровня

Томского государственного университета tsu.ru, входящему, в свою очередь, в домен первого уровня ru, присвоенному России.

Наименования доменов первого уровня закреплены международными соглашениями. Они делятся на два класса – функциональные и географические. Функциональные домены обозначаются тремя буквами, их в первоначальном варианте стандарта было всего шесть: edu (образовательные организации), com (коммерческие организации), net (провайдеры сетевых услуг), mil (военные), gov (правительственные учреждения), org (прочие некоммерческие организации). Географические домены первого уровня двухбуквенные, например su (Советский Союз), ru (Россия), us (США), uk (United Kingdom) и др. За каждым доменом верхнего уровня закреплена ответственная организация, которая следит за регистрацией имен и назначением ответственных организаций для доменов второго уровня, в России этим занимается уже упоминавшийся РосНИИРОС. Администраторы доменов второго уровня регистрируют имена доменов третьего уровня и т.д., таким образом складывается иерархическая система доменных сетевых имен. Предприимчивые дельцы сразу превратили регистрацию имен в бизнес, выдумывая и регистрируя на всякий случай удобные или забавные имена (например, deneg.net) и продавая их всем желающим.

Сопоставление доменных имен IP-адресам (*разрешение адресов – address resolution*) происходит автоматически, этим занимается специальная сетевая служба – Domain Name Service (DNS), работающая по соответствующим вспомогательным протоколам. Согласно правилам DNS, в каждом домене должен быть сервер, хранящий таблицы соответствия имен и IP-адресов. Серверы самостоятельно обмениваются актуализирующими сообщениями и помогают друг другу совершать процедуру разрешения адресов.

Второй пункт определения раскрывает содержание транспортного слоя в интернете, в обязательном порядке использующего семейство протоколов TCP / IP. В этом семействе IP вместе с некоторыми другими вспомогательными протоколами отвечает за проводку одного пакета, причем доставка пакета не гарантируется, а на долю TCP (Transfer Control Protocol – Протокол управления передачей) ложатся обязанности надежной доставки целостного сообщения. Для этого сообщение у отправителя разбивается на отдельные пакеты, которые доставляются по протоколу IP, а у получателя производится обратная сборка и исправляются ситуации, когда отдельные пакеты теряются или приходят не в том порядке, в котором были посланы. Таким образом, стек прото-

колов TCP / IP предоставляет вышестоящему слою комплексную услугу по установлению надежного виртуального соединения между любыми двумя процессами, функционирующими в различных местах глобальной компьютерной сети.

Согласно третьему пункту определения, под интернетом следует понимать не только глобальную сеть транспортировки сообщений, но и надстроенную над ней систему предоставления высокоуровневых услуг, о которых мы будем говорить далее (электронная почта, Всемирная паутина – WWW и т.д.) и которые относятся уже к более высокому, прикладному слою.

Прикладной слой

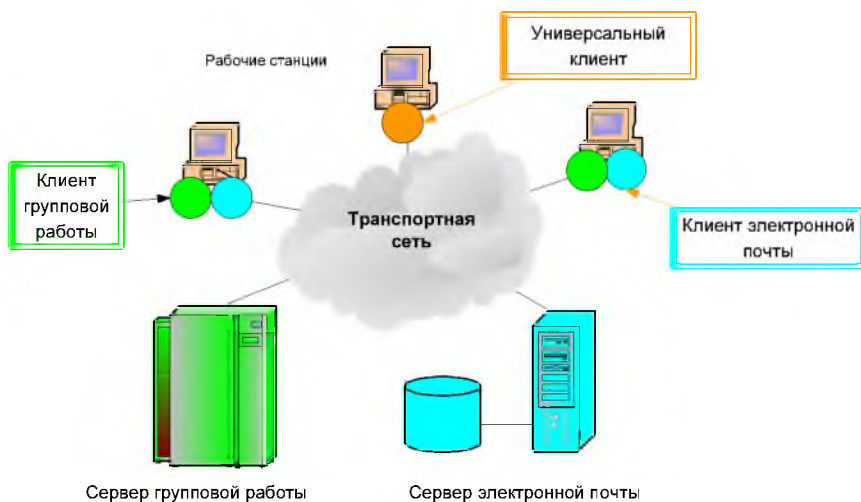
Протоколы верхних уровней (в модели OSI – шестой и седьмой), надстроенные над транспортным слоем, образуют прикладной слой. Они предоставляют пользователям высокоуровневые услуги локальной или глобальной компьютерной сети.

Каждый сетевой сервис может быть организован либо по *одноранговой*, либо по *клиент-серверной* технологии. В одноранговой сети все компьютеры с точки зрения данного сервиса равноправны, на каждом из них устанавливается одинаковое программное обеспечение, поддерживающее сервис. С одной стороны, это удобно для пользователей, так как их компьютеры автономны, общение с корреспондентом осуществляется напрямую и не зависит от работоспособности сервера. С другой стороны, возможности одноранговой сети весьма ограничены, а объем устанавливаемого программного обеспечения для сложных видов сервиса может быть очень большим.

Программное обеспечение, реализующее клиент-серверную технологию, разбивается на две части – серверную и клиентскую. Серверная часть является общей для всех пользователей, она размещается на выделенном компьютере и выполняют основную часть работы по обеспечению данной услуги. Клиентская часть устанавливается на рабочих местах пользователей, она предназначена только для организации общения с соответствующим сервером и поэтому проще, чем аналогичная программа в одноранговой сети. По этой причине большинство современных сетевых услуг реализовано по клиент-серверной технологии. К ним относятся электронная почта, системы работы с корпоративными базами данных, системы групповой работы и т.д.

Новейшие достижения в клиент-серверной технологии связаны с понятием *универсального клиента*. Его необходимость возникает тогда,

когда один пользователь оказывается подключенным к нескольким серверным приложениям, к тому же реализованным на различных аппаратно-программных платформах. Для каждого из них необходимо устанавливать свой уникальный клиент, обслуживать его, знать особенности его интерфейса и т.д. Ситуация несколько напоминает ту, которая



Клиент-серверная технология прикладного ПО

была во времена DOS, когда пользователь общался с каждой прикладной программой по-своему и не было стандартных графических пользовательских интерфейсов (GUI). Как мы помним, тогда проблема разрешилась внедрением унифицированных оконных интерфейсов – Windows и Macintosh. Теперь она возникла на новом витке развития программирования, ее решение видится в повсеместном использовании интернет- и интранет-технологий и универсальных браузеров. Но об этом мы будем специально говорить чуть позже.

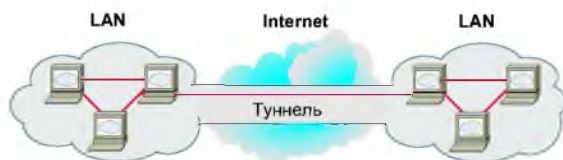
§ 4.8. Сетевые услуги

В этом параграфе мы отвлечемся от технических деталей передачи сообщений и поговорим о практической пользе компьютерной сети для конечного потребителя. Вообще говоря, для локальной и глобальной

сети набор услуг различается, но, благодаря повсеместному использованию протоколов интернета, грань между ними постепенно стирается. С одной стороны, в локальных сетях начинают широко применяться принципы интернета, появился даже специальный термин *интранет* (*intranet*), он означает технологию создания корпоративных информационных сетей на протоколах «большого» интернета, но без выхода во внешний мир. С другой стороны, несколько локальных сетей одной фирмы, расположенных в разных городах или странах, могут через интернет (это называется прокладкой *туннеля*) соединиться таким образом, что глобальная сеть будет совершенно прозрачной для любых видов общения, а пользователям будет казаться, что они работают в одной локальной сети. Такая технология объединения получила название *экстранет* (*extranet*).



Технология *интранет* (*intranet*)

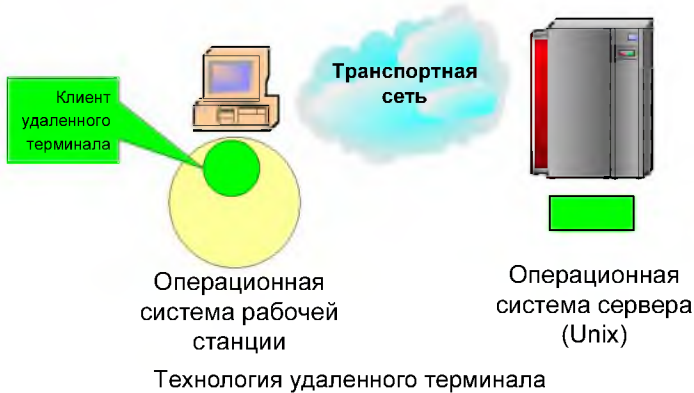


Технология *экстранет* (*extranet*)

Удаленный доступ к ЭВМ

На первых порах компьютерные сети назывались вычислительными и предоставляли своим пользователям единственную высокоуровневую услугу – доступ к находящейся в другом месте ЭВМ в режиме удаленного терминала. Собственно говоря, для этого они и создавались в начале 1970-х годов, когда о персональных компьютерах еще и речи не было. Вспомним, что первым сообщением, переданным в ARPAnet в момент ее рождения 29 октября 1969 года, была команда «LOGIN» на подклю-

чение пользователя из Лос-Анджелеса к ЭВМ SDS 940, расположенной в Стенфорде. В 1972 году был разработан протокол виртуального терминала Telnet, который после перехода ARPAnet на стек транспортных протоколов TCP / IP был адаптирован к нему и стал стандартным протоколом прикладного слоя интернета. С помощью клиента Telnet, установленного на домашнем компьютере, можно (зная имя пользователя и пароль входа) подключиться к любому серверу, предоставляющему ус-



лугу удаленного доступа, и работать на нем в совершенно прозрачном режиме, как будто между клиентом и сервером нет никакой сети. Таким образом, не выходя из дома, можно выполнять любые вычисления и даже работать администратором информационной системы, добросовестно выполняя все связанные с этим обязанности.

С появлением персональных компьютеров значение удаленного доступа для выполнения вычислительных задач уменьшилось, но одна область применения этой услуги всегда останется актуальной. Речь идет о сверхсложных вычислениях на суперкомпьютерах, определяющих передовой край технического прогресса. Эти машины чрезвычайно дорогие, уникальные по своей сути. Физически они размещаются в крупнейших национальных суперкомпьютерных центрах, а доступ к вычислительным мощностям происходит через сеть. Для фундаментальных исследований такая возможность является исключительно важной, поэтому сеть NSFNet, созданная Национальным научным фондом США в 1986–1992 годах и определившая светлое будущее интернета, предназначалась прежде всего для связи шести суперкомпьютерных центров NSF с университетами. Аналогичная программа начинает осуществляться и в России, где на базе ведущих научных и образова-

тельных учреждений Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Томска и ряда других городов (в частности, в Томском государственном университете) создаются центры высокопроизводительных вычислений. Это еще один пример круговорота идей в природе: проект ВЦ коллективного пользования, не реализованный в 1980-х годах, начал осуществляться в XXI веке на новой технической основе.



Окно клиента Telnet для ОС Windows

Передача файлов

Следующей высокоуровневой сетевой услугой стала передача файлов, в локальных сетях она долгое время являлась основным видом сервиса. Как мы знаем, самая первая локальная сеть, созданная в Xerox PARC в 1973 году, предназначалась именно для передачи файлов на общий лазерный принтер. На файловом сервисе выросла и приобрела мировую известность популярнейшая сетевая ОС 80-х годов NetWare, о чем мы говорили в параграфе, посвященном операционным системам. Прикладной уровень сети NetWare организован по клиент-серверной технологии: коллективно используемые файлы хранятся на выделенном сервере, а клиенты, установленные на пользовательских компьютерах, дают возможность работать с этими файлами так, как будто бы те располагаются на обычном локальном диске. Удобство и популярность технологии NetWare вынуж-

дили фирму Microsoft ввести аналогичную услугу в операционную систему Windows, однако в ней доступ к удаленным ресурсам (файлам и принтерам) ведется по одноранговой схеме: каждый компьютер может выступать в роли как сервера, так и клиента.



Технология FTP

В интернете передача файлов ведется по протоколу FTP (File Transfer Protocol – Протокол передачи файлов), разработанному для сети ARPAnet в 1972 году и впоследствии встроенному в семейство TCP / IP. В настоящее время в мировой Сети имеется множество FTP-серверов, хранящих гигабайты полезной и интересной информации – от бесплатно распространяемых программ до электронных книг, музыки и



Окно клиента FTP

видео. Установив на своем компьютере клиент FTP (его в просторечии называют «качалкой файлов»), можно легко собрать коллекцию любимых книг и музыкальных произведений, заплатив при этом только за время работы в интернете.

Электронная почта



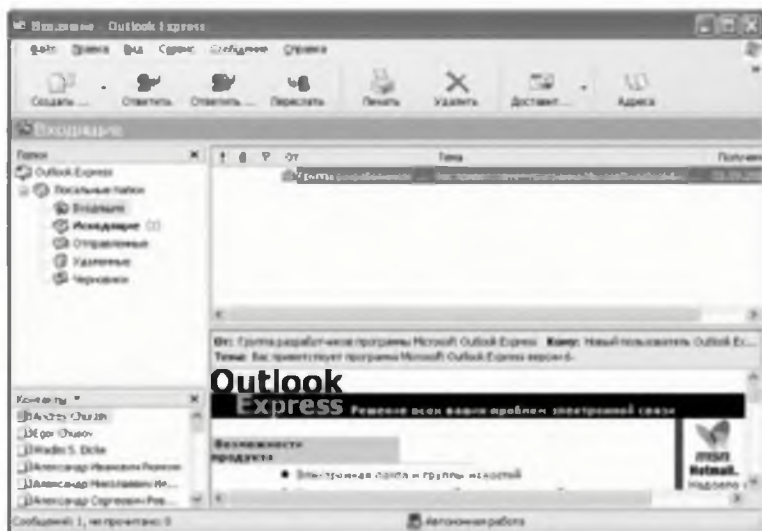
Рэй Томлинсон

Освоив к 1972 году междугородную пересылку файлов, создатели первой компьютерной сети ARPAnet сделали следующий логический шаг, создав электронную почту (E-mail). Это случилось в марте того же 1972 года. Отцом электронной почты считается Рэй Томлинсон (Tomlinson, Ray) из компании BBN, той самой, которая выиграла подряд на строительство первых узлов сети. Он написал первые программы для отправки и чтения почты – SNGMSG и READMAIL и предложил формат электронного адреса. В заголовке электронного письма требовалось как-то разделить поля «кому» и «куда». Рэй понимал, что нужно найти такой символ, который наверняка не мог встретиться ни в имени, ни в адресе. Посмотрев на клавиатуру своего терминала, он увидел там знак @ (в английском языке называется «коммерческое а»), который с тех пор используется в качестве разделителя. Например, электронный адрес автора этой книги в интернете gladkikh@inf.tsu.ru.

К июлю 1972 года Ларри Робертс из ARPA написал программу RD для управления почтовыми сообщениями, которая поддерживала все стандартные функции: чтение, сохранение, создание ответа, пересылку писем. С тех пор более чем на двадцать лет электронная почта стала самым популярным сетевым приложением. Благодаря ей сначала тысячи, а потом и миллионы людей приобщились к Сети, на визитной карточке любого делового человека есть адрес E-mail. Электронная почта совершенно неожиданно стала социальным явлением и возродила эпистолярный жанр, которому после изобретения телефона грозила скорая смерть. Можно ли было предположить, что современный человек будет каждый день писать и получать десятки писем, а общее ежедневное число посланий перевалит через миллиард? Сегодня в электронный конверт можно вложить не просто текст, но и фотографию, звук и даже видео, а для того, чтобы завести бесплатный почтовый ящик, необходимо только иметь выход в интернет. Эту услугу наперебой предлагают

тысячи почтовых серверов. Как следствие, резко сократился поток международных телеграмм. Например, в 1990 году по каналам Deutsche Telekom их было отправлено 1,5 миллиона, в 2000 году – только 70 тысяч, а с 2001 года такие телеграммы вообще перестали принимать. Телеграф – отец телефона и дедушка интернета – стал нерентабельным, электронная почта сделала его достоянием истории.

Функционирование электронной почты в интернете поддерживается несколькими протоколами прикладного уровня, настроенными над TCP/IP. В настоящее время наиболее популярным протоколом для отправки почты является SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – Простой протокол передачи почты), а для приема – POP3 (Post Office Protocol, v. 3 – Протокол почтового отделения, версия 3). Для работы с почтой разработано множество клиентских приложений для различных операционных систем, например Outlook Express для Windows или многоплатформенный клиент Lotus Notes.



Почтовый клиент Outlook Express

На основе стандартной электронной почты в интернете реализовано еще несколько высокоуровневых сервисов, например списки рассылки (mailing lists) и почтовые конференции. Списки рассылки предназначены для распространения информации среди регулярных подписчиков. Послав письмо с просьбой о подписке на один из специализированных

серверов, где установлена соответствующая программа-робот, вы будете регулярно получать по электронной почте новости в выбранной области интересов, прогнозы погоды, свежие анекдоты, курсы валют и всякую другую полезную информацию до тех пор, пока это не надоест, и вы не пошлете письмо с отказом от подписки.

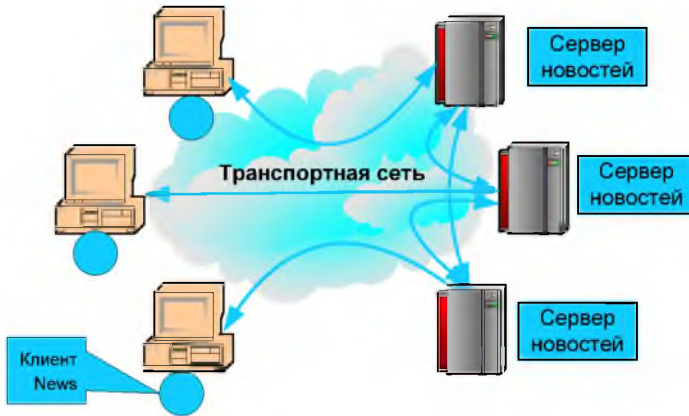
Почтовые конференции в отличие от списков рассылки являются двусторонними. То есть вы не только получаете письма с сервера рассылки, но можете послать туда свои, при этом они будут немедленно разосланы всем участникам списка. Такая форма общения исключительно удобна для групп людей, связанных общими интересами, например для ученых разных стран, работающих в одной узкой области науки.

Группы новостей, форумы

Еще более удобную форму взаимодействия людей, общающихся на заданную тему, предоставляют группы новостей (newsgroups). В отличие от списков рассылки и почтовых конференций, при этой технологии сообщения не забивают почтовые ящики подписчиков, а хранятся на специализированных серверах, которые постоянно и автоматически обмениваются друг с другом последними новостями. Подключившись к ближайшему серверу новостей и выбрав интересующую его группу, абонент может предварительно прочитать заголовки, а уже потом скачать интересующие его письма.

Идея групп новостей родилась в 1979 году на восточном побережье США, когда между Университетом штата Северная Каролина (University of North Carolina – UNC) и Университетом Дьюка (Duke University) был организован регулярный обмен последними известиями. Первые программные реализации связаны с именами Белловина, Дэниэла и Траскотта (Bellovin, Steve; Daniel, Steve; Truscott, Tom), они были основаны на известном нам коммуникационном Unix-протоколе UUCP. В дальнейшем к двум основателям подключилось множество других узлов, в результате образовалась сеть Usenet (Unix User Network), которая в последующие годы стала быстро расти и превратилась в одну из крупнейших информационных сетей (см. таблицу).

Когда специализированные компьютерные сети одна за другой стали подключаться к интернету, Usenet не избежала этой участи. Для обмена новостями в 1986 году в стек TCP/IP был добавлен прикладной протокол NNTP (Net News Transfer Protocol), заменивший классический



Сеть новостей Usenet

UUCP; доступ к серверам новостей превратился в одну из обычных услуг интернета.

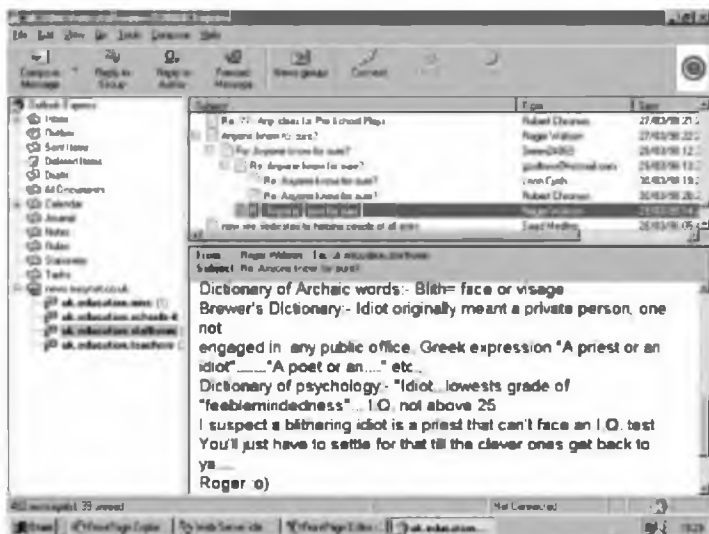
В настоящее время в мире существует более 70 тысяч групп новостей, как глобальных, так и местных, рассчитанных на жителей одного региона. Для чтения новостей разработано множество клиентских приложений, некоторые совмещены с электронной почтой (например, Outlook и Lotus Notes).

Год	Число узлов	Число групп	Число новостей за день (в среднем)
1979	3	3	2
1982	400	3	35
1985	1 300	3	375
1986	2 200	241	946
1990	33 000	1 300	4 500
1995	330 000	10 696	131 614

Группы новостей сыграли очень большую роль в Сети, и не только техническую. Миллионы пользователей общаются через новостную сеть, задают вопросы единомышленникам и получают ответы по самым специальным вопросам, охватываемым тематическими группами.

Аналогично группам новостей работают весьма популярные в FidoNet электронные доски объявлений (Bulletin Board Systems – BBS).

В Россию группы новостей пришли вместе с электронной почтой в 1990 году, и уже во время августовского путча 1991 года, когда радио и телевидение транслировали только «Лебединое озеро», весь мир следил за событиями в России по интернету, каналы которого путчисты не догадались перекрыть.



Чтение новостей в почтовом клиенте Outlook Express

Группы новостей достигли пика популярности в 1991–1993 годах, впоследствии в результате триумфального развития Всемирной паутины их значение уменьшилось. Аналоги многих групп новостей теперь можно найти на Web-страницах, там они называются *форумами* – *forums*. Как известно, форумом в Древнем Риме называлась главная площадь, место обмена мнениями. В Сети форум выполняет аналогичные функции. Зайдя на некоторый форум, пользователь интернета может не только прочитать сообщение, но и прикрепить к нему свой комментарий в виде ответа. Другой посетитель может добавить ответ на ответ и т.д., в результате иногда образуются интереснейшие цепочки или целые грозди обсуждений. Для выражения эмоций участники обсуждений широко пользуются различными значками вроде :) или 8-). Историки интернета точно установили, что впервые такой значок-*смайлик* (от smile – улыбка, однако по-английски он называется

emoticon) появился в Сети 12 апреля 1979 года в сообщении Мак-Кензи (MacKenzie, Kevin), poslanном в группу новостей.

Чат и мгновенные сообщения

Электронная почта, группы новостей и форумы, несмотря на все удобства, имеют один общий и принципиальный недостаток – они не обеспечивают живого общения. Электронное письмо дойдет до адресата в лучшем случае за несколько минут, это совсем не то, что разговор в реальном времени.

Неологизм *чат* (*chat*) в переводе означает «дружеский разговор, беседа, болтовня». Эта услуга интернета предназначена в основном для молодых людей, которые от скуки или любопытства желают пообщаться со сверстниками на всем белом свете. Для ее реализации в 1988 году финн Ойкаринен (Oikarinen, Jarkko) предложил специальный прикладной протокол IRC (Internet Relay Chat – Передача чата в интернете). Запустив на своем компьютере клиент IRC, пользователь подключается к одному из чат-серверов, где ему предлагается на выбор множество каналов, каждый из которых посвящен некоторой излюбленной теме, как в группах новостей. Всего в мире имеется около 30 независимых IRC-сетей, насчитывающих в общей сложности более 40 тысяч каналов. Выбрав сеть и канал, пользователь оказывается как бы в комнате (*chat-room*), где все могут одновременно говорить и слышать друг друга, только этот разговор не звуковой, а письменный. Каждое набранное на клавиатуре слово немедленно передается в канал, поэтому возникает полная иллюзия непосредственного общения с обитателями данной комнаты. При этом любые два участника общей беседы могут переключиться на приватный канал и продолжить разговор *tête-à-tête*, то есть наедине.

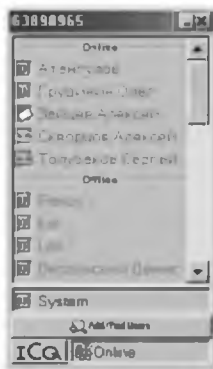
Поскольку набирать длинные тексты на клавиатуре обременительно, участники чата широко пользуются смайликами, жаргонными словами и специфическими сокращениями на английском и русском языках, так что понять смысл беседы постороннему человеку бывает не просто.

Благодаря своей демократичности чат очень популярен среди молодежи. В чате знакомятся, назначают свидания. Я лично знаю одного томского студента, который через IRC познакомился с девушкой из Израиля, а потом они вместе уехали в Америку.

Несомненное достоинство чата – работа в реальном времени, однако для того, чтобы поговорить через IRC с конкретным абонентом,

се, кто из ваших корреспондентов, разбросанных по всему миру, доступен для немедленного общения. А если нужный абонент находится в состоянии Offline, то ему можно оставить на сервере записку. Как только он включит свой компьютер, записка будет немедленно доставлена.

Технология мгновенных сообщений быстро завоевала интернет, число установленных клиентов ICQ уже к началу 1999 года достигло 30 миллионов, а к середине 2001 года оно превысило 100 миллионов. Фирма Mirabilis в 1998 году была куплена могущественной America On-Line (AOL); несколько других компаний, в том числе Microsoft и IBM, вышли на рынок с подобными технологиями. Как выяснилось, эта служба оказалась чрезвычайно полезной не только для всемирного интернета, но и для замкнутых интранет-систем, где требуется наладить оперативное взаимодействие между сотрудниками, причем не только в гражданской, но и в военной сфере. Например, Канада, Великобритания, Австралия и Германия установили на своих кораблях серверы и клиенты системы Sametime от фирмы IBM, принцип действия которой аналогичен ICQ. По сообщениям прессы, в ходе антитеррористической операции в Афганистане в 2002 году система мгновенных сообщений стала тактическим оружием в военно-морских силах США и их союзников. Снабженцы напрямую общались со снабженцами, врачи – с врачами, а командиры обсуждали свои проблемы прямо в ходе боевых действий.



Клиент ICQ

Передача мультимедиа

Коммуникационные услуги, о которых мы говорили выше, так или иначе имели дело с передачей текста либо файла в режиме off-line. Для электронного письма или «мгновенного» сообщения время, потраченное на передачу сообщения, не критично, задержка в несколько секунд ничего не значит. Совершенно другая ситуация складывается, если речь идет о мультимедийных сетевых услугах, когда передача звука и изображений происходит в режиме реального времени; в этом случае сообщения должны передаваться в том же темпе, в котором они создаются у отправителя.

При работе с мультимедиа-приложением критически важным является понятие *битрейта* (bitrate = bit + rate-скорость), который показывает, какой объем двоичных данных передается за секунду при работе

данного приложения. Для того чтобы сеть поддерживала мультимедийную услугу, ее полезная пропускная способность (которая намного ниже технической скорости каналов связи из-за многочисленных накладных расходов протоколов всех уровней) должна быть не менее битрейта приложения. Поскольку пропускная способность сети является пока еще дорогим и дефицитным ресурсом, общей проблемой мультимедиа-сервисов является уменьшение битрейта за счет *сжатия (компрессии) данных*.

На рисунке изображена типичная схема передачи мультимедийных сообщений на примере компьютерной телефонии. Звуковой сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь АЦП, который переводит его в первичный поток битов (для речевого сигнала, как мы знаем,

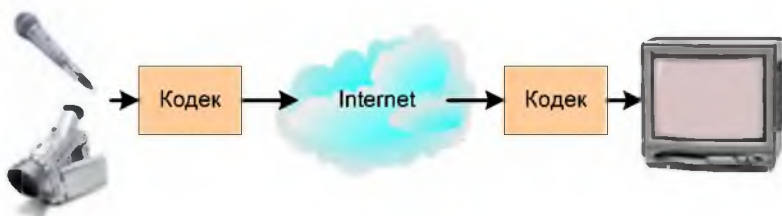


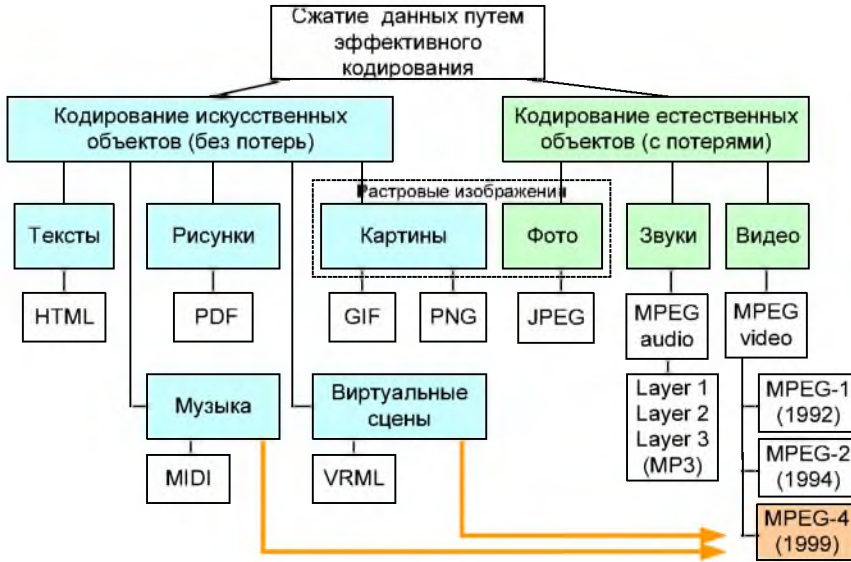
Схема передачи звуковых сообщений

стандартная скорость первичного потока составляет 64 кбит/с). Компрессия (и обратная декомпрессия) потока производится функциональным блоком, называемым *кодеком* – *codec* (от кодер / декодер – *coder / decoder*). Кодеком может быть реализован программно или выполнен в виде специализированного устройства, возможно совмещенного с АЦП и ЦАП. Сжатый до приемлемого битрейта поток далее разбивается на пакеты, которые обычным порядком передаются по сети передачи данных получателю, где происходит его декомпрессия и выходное цифроаналоговое преобразование.

Разработка быстрых и эффективных алгоритмов сжатия (компрессии) данных является одним из важных направлений информатики, требующих глубоких теоретических исследований.

Сжатие бывает *без потерь* и *с потерями (lossy compression)*. Сжатие без потерь основано на формальных методах экономного кодирования, основополагающая идея которых была предложена еще Клодом Шенноном. Ее суть очень проста: в исходном потоке нужно найти часто повторяющиеся последовательности символов и преобразовать их в ко-

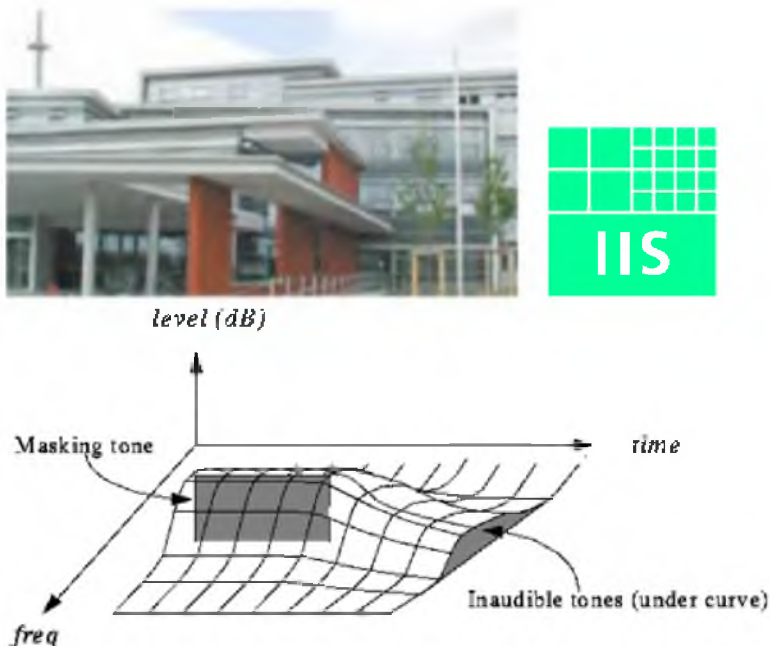
роткие кодовые комбинации. Классические алгоритмы такого кодирования (например, коды Шеннона-Фэно и Хаффмана) и их математическое обоснование изучаются в курсах теоретической информатики.



Классификация методов сжатия

Сжатие с потерями требует глубокого проникновения в те области знаний, которые исследуют восприятие человеком соответствующих сообщений, то есть в психофизиологию слуха и зрения. Задача состоит в том, чтобы ценой незначительных потерь субъективно воспринимаемого качества звука или изображения добиться существенного снижения объема передаваемых данных. Например, фундаментальные теоретические исследования в области психоакустики позволили установить, что громкие звуки на некоторой частоте делают ухо на некоторое время невосприимчивым к близко лежащим частотам, поэтому последние можно без существенного ущерба для восприятия исключить из звукового сигнала. На этом принципе разработано много алгоритмов аудио-сжатия, в частности немецкие специалисты из Фраунгоферовского института (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits) предложили эффективный алгоритм Audio MPEG Layer 3, известный под сокращением MP3. Он обеспечивает 10–12-кратное сжатие аудиоданных при хорошем качестве звучания музыкальных программ. Формат MP3 произвел

переворот в мире музыки, в этом формате продаются записи на компакт-дисках, транслируются радиoproграммы, кодируется звуковое сопровождение к видеосюжетам.



Метод MPEG Audio изобретен в Фраунгоферовском институте (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits – IIS). Основан на психоакустическом принципе сжатия, использующем свойство маскирования

Еще более сложные и изощренные алгоритмы сжатия изобретаются для передачи изображений. Работы в этом направлении начались достаточно давно. В 1988 году две самые влиятельные международные организации по стандартизации: International Standard Organization (ISO) и International Telecommunication Union (ITU), в составе которой работает неоднократно упоминавшийся МККТТ, образовали объединенную рабочую группу экспертов в области фотографии JPEG – Joint Photographic Experts Group, которая разработала одноименный алгоритм сжатия с потерями неподвижных реалистичных изображений, обеспечивающий компрессию в 5–15 раз. В настоящее время этот формат является одним из наиболее популярных в интернете, в нем закодированы многочисленные фотоархивы.



Сжатие по методу JPEG происходит за счет отбрасывания мелких элементов изображения при дискретном косинусном преобразовании (Discrete Cosinus Transformation – DCT) каждого элементарного фрагмента размером 8 x 8 пикселей

Специально для разработки методов сжатия движущихся изображений была создана рабочая группа MPEG – Motion Picture Expert Group, результатом работы которой стали несколько форматов сжатых видеопотоков. Эта группа использовала принципы JPEG в части представления одного неподвижного кадра и дополнила их множеством новых идей, касающихся сжатия последовательности кадров. Скажем, зачем каждый раз передавать изображение на заднем плане, если оно от кадра к кадру остается неизменным, а действие происходит только на переднем плане?

Формат MPEG-1 был разработан в 1992 году, он предназначался для передачи изображений относительно невысокого качества, такого, как у домашнего видеомаягнитофона. Формат MPEG-2 предназначен для обработки видеоизображения, соизмеримого по качеству с профессио-

нальным телевизионным. В настоящее время эту технологию использует цифровое телевидение; сигнал, сжатый в соответствии со стандартом MPEG-2, транслируется через спутники.

Форматы MPEG

Формат	Год разработки	Назначение
MPEG-1	1992	Запись на компакт-диск с качеством VHS и битрейтом до 1,2 Мбит/с
MPEG-2	1994	Цифровое телевидение профессионального качества и битрейтом 3–15 Мбит/с
MPEG-4	1999– ...	Универсальный стандарт кодирования подвижного изображения и звука

Наиболее совершенным и универсальным является формат MPEG-4, первая версия которого принята в 1999 году. Формат вообрал в себя все лучшее, что было создано за последние 10 лет в области мультимедиа. Он не только позволяет в сотни раз сжимать реальные видеопотоки, но, по замыслу разработчиков, должен предоставлять разнообразные инструменты и алгоритмы для работы с виртуальными объектами, сгенерированными средствами компьютерной графики. Подобные объекты позволяют значительно сократить объем передаваемых данных, так как для их анимации бывает достаточно передать всего несколько параметров – все остальное будет сделано в декодере.

Например, среди синтетических объектов виртуальной реальности выделены в отдельный класс анимированные человеческие лица и фигуры. В MPEG-4 определены наборы управляющих параметров для задания особенностей лица, его анимации и интерполяции. Лицо может быть сгенерировано в декодере на базе имеющейся в нем обобщенной модели, а затем индивидуализировано на основе конкретных измерений, полученных, например, с помощью трехмерного сканера. Более того, на построенную трехмерную модель можно «натянуть» фотографию конкретного человека, а затем заставить его произносить нужный текст. Средства синтеза речи на базе текстов, предусмотренные в MPEG-4, не только генерируют необходимые фонемы, но могут также создавать поток данных для соответствующей анимации модели лица говорящего. Таким образом можно построить виртуального диктора или изображение удаленного абонента при разговоре в chat.

В части генерирования музыки стандарт MPEG-4 также предлагает много нового по сравнению с сегодняшним MIDI: с помощью специальных языков можно описать виртуальный оркестр, размещать инструменты в пространстве, передвигать их во время исполнения произведения и т.д.

В целом стандарт MPEG-4 является революционным, его детали продолжают уточняться, а реализация в программных и аппаратных кодеках различных производителей осуществлена лишь частично. Опережая современный уровень техники, он определяет пути развития мультимедиа на ближайшие годы.

К современным сетевым мультимедиа-услугам относятся:

- компьютерная телефония;
- потоковое радиовещание;
- видеоконференции;
- потоковое видео.

Компьютерная телефония (IP-телефония). Как мы знаем, для передачи речи в принципе требуется пропускная способность 64 кбит/с, однако, используя технологии сжатия, можно уменьшить битрейт до 8–16 кбит/с. Эти цифры делают экономически целесообразным передавать телефонные сообщения не по обычным междугородным и международным телефонным каналам, а в потоке пакетов по IP-протоколу.

Таким образом, если оборудовать свой компьютер микрофоном и наушниками, можно пообщаться с аналогичным абонентом в другой стране по цене, которую нужно заплатить за пользование каналом интернета без учета дальности абонента. Однако при этом весьма критичным является время задержки пакетов, которое в обычных условиях может оказаться недопустимо большим (более 0,1 с).

В таком простейшем варианте интернет-телефония как вид бизнеса бесперспективна: вряд ли найдется много желающих звонить, сидя у компьютера с микрофоном и наушниками; проще воспользоваться междугородным телефоном. Коммерческая услуга предоставляется по другой схеме. Вызывающий абонент с обычного телефона звонит в центр IP-телефонии своего города, где находится оборудование, преобразующее звуковой сигнал в поток пакетов, а также шлюз в магистральную сеть, гарантирующую приемлемое время задержки пакетов (например, АТМ). Аналогичный центр устраивается на другом конце магистрали, в городе назначения, где поток пакетов обратно преобразу-

ется в звуковой сигнал, отправляемый по телефонной сети общего пользования вызываемому абоненту. С учетом всех затрат тарифы на междугородные и международные звонки у провайдеров IP-телефонии оказываются на 40–50% ниже, чем у традиционных операторов связи.



Технология междугородной интернет-телефонии VoIP (Voice over IP)

Интернет-радиовещание. Близким родственником IP-телефонии является интернет-радиовещание. Принцип действия его тот же самый: звуковой сигнал у источника преобразуется в непрерывный поток битов, который сжимается до приемлемого битрейта и передается сетевыми транспортными средствами получателю, где он с помощью кодека и звуковой карты снова превращается в звук. Для радиовещательных компаний открывается уникальная возможность: не увеличивая мощности своих передатчиков, распространить сигнал по всему свету, а для пользователей, имеющих выход в интернет, появляется возможность выбрать любую из сотен и тысяч интернет-радиостанций, а не только ту, которую можно поймать с помощью обычного радиоприемника.

Однако практическая реализация этой идеи наталкивается на ряд трудностей. Дело в том, что скорость передачи данных, которая требуется для качественного воспроизведения музыкальных программ, значительно больше, чем для телефонии. Как мы уже отмечали, высокая верность воспроизведения, сравнимая с качеством компакт-диска, достижима при битрейте не менее 128 кбит/с, а для большинства абонентов, подключенных к Сети через обычный модем, такая скорость не-

возможна. В связи с этим для сетевого вещания разработаны специальные протоколы прикладного уровня, которые позволяют автоматически подстраивать битрейт под фактическую пропускную способность канала связи. То есть, установив на компьютере клиентскую программу сетевого вещания и подключившись к серверу сетевой радиостанции, абонент в любом случае ее услышит, однако качество трансляции будет на его совести.



Клиент интернет-радиовещания в Windows Media Player

Видеоконференции и потоковое видео. Организация видеоконференций между двумя абонентами в интернете в принципе не отличается от компьютерной телефонии, только дополнительно к микрофону нужно установить видеокамеру, а для кодирования и декодирования видеопотока необходимо использовать соответствующие программные или аппаратные видеокодеки.

Практическая организация видеоконференций опирается опять-таки в пропускную способность канала передачи данных. Для передачи движущегося изображения, сравнимого по качеству с телевизионным, требуется битрейт порядка 1000 кбит/с. В локальной сети такую скорость обеспечить можно, а для междугородного интернета в современных отечественных условиях это нереально. Под видеоконференцией обычно понимают передачу картинки очень небольших размеров, в четверть

или девятую часть экрана, со скоростью съемки 5–10 кадров в секунду. При этом, используя современные методы сжатия данных, можно уложиться в 64–128 кбит/с.



Президент США Джордж Буш проводит видеоконференцию из резиденции в Кэмп-Дэвиде со своими советниками в Белом доме после событий 11 сентября 2001 г.

Развитием технологии видеоконференций является потоковое видеовещание. Для обеспечения этого сервиса разработан ряд высокоуровневых протоколов, в частности протокол передачи в реальном времени RTP – Real-time Transport Protocol, который заменяет обычный TSP и в отличие от него поддерживает многоадресное распространение информации. Протоколы потокового видео позволяют адаптивно настраивать битрейт и дают возможность передавать изображение с самым различным качеством – от «полуживых» картинок, меняющихся раз в несколько секунд, до полноценных телевизионных программ, которые транслируются в Сеть видеосерверами ведущих телевизионных компаний. Более того, возможность установки видеосервера в любой точке интернета породила особый вид сетевых ресурсов – любительское видеовещание. Для него не нужны дорогие телевизионные передатчики и лицензии на работу в эфире. Интернет-трансляция картинки невысокого качества возможна самыми простыми средствами, достаточно установить дома видеокамеру и компьютер с программным кодеком. Множество людей, движимых тщеславием, организовали по этой схеме непрерывное вещание из своих домов, дворов и аквариумов, интернет переполнен подобными предложениями.

Прием видеопотоков из интернета доступен пока очень немногим, по крайней мере в России, по причине малой пропускной способности «последней мили», однако прогресс в технике связи идет так быстро, что через несколько лет он станет столь же привычным, как и вещание через эфир.

Gopher Все рассмотренные высокоуровневые сетевые услуги относились к категории коммуникационных, обеспечивающих передачу текстовых или мультимедийных сообщений от абонента к абоненту. Именно коммуникационные услуги сделали компьютерные сети на ранних этапах их развития привлекательными для миллионов пользователей. Однако в дальнейшем все возрастающую роль стала играть более высокая форма информационного обслуживания – *накопление и совместное использование информационных ресурсов*. Элементы этого сервиса содержались уже в группах новостей и FTP-архивах, однако его истинное развитие началось в начале 90-х годов, когда в интернете почти одновременно появились две новых технологии – *Gopher* и *World Wide Web*, основанные на совершенно различных принципах. В этом разделе мы кратко рассмотрим историю и идеологию Gopher, а развитию Web, учитывая ее вселенский характер, целиком посвятим следующий параграф.

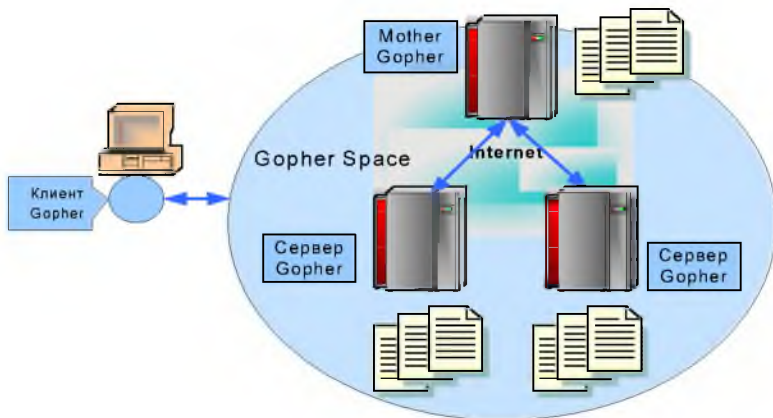
Слово *gopher* обозначает распространенного в Северной Америке зверька гофера, родственного сусликам; этот небольшой симпатичный грызун является геральдическим животным американского штата Миннесота. Кроме того, оно по звучанию совпадает с жаргонным словом *gofor* (сокращение от *go for*), переводимым как «мальчик на побегушках», «порученец». Система Gopher была разработана в Университете штата Миннесота в 1989–1991 годах Полом Линдером (Linder, Paul) и Марком Мак-Кахилом (McCahill, Mark). Созданная сначала для нужд университетского кампуса, эта первая система навигации в интернете стала быстро распространяться по другим университетам, к середине 90-х годов в мире было более 2000 Gopher-серверов, в совокупности образующих информационное Gopher-пространство (Gopher Space).



Gopher

Главной идеей системы было представление всей информации в виде иерархического дерева. Разработчики Gopher считали, что такая форма очень понятна пользователям, так как они каждый день имеют дело с иерархическими каталогами библиотек и иерархической струк-

турой файловой системы. По сути, Gopher представляет собой распределенную по Gopher Space файловую систему, корневой каталог которой (Mother Gopher) до сих пор находится в Университете Миннесоты.



Технология Gopher

Система создавалась в то время, когда о графических клиентах интернета не было и речи, а основным средством общения с пользователем были алфавитно-цифровые дисплеи. Загрузив клиент Gopher, пользователь видел на экране главное меню в виде текста, содержащего список рубрик верхнего уровня:

```
Internet Gopher Information Client v1.03
Root gopher server: gopher.micro.umn.edu
```

```
-> 1. . Information About Gopher/
   2. . Computer Information/
   3. Discussion Groups/
   4. Fun & Games/
   5. Internet file server (ftp) sites/
   6. Libraries/
   7. . News/
   8. . Other Gopher and Information Servers/
   9. . Phone Books/
  10. Search lots of places at the U of M <?>
  11. . University of Minnesota Campus Information/
```

Press ? for Help, q to Quit, u to go up a menu

Выбрав стрелкой или цифрой соответствующий пункт, можно попасть на второй уровень рубрикации и так далее до тех пор, пока не будет найден нужный файл, который можно скопировать себе на компьютер. В этих файлах может содержаться не только текстовая, но и визуальная и любая другая информация, однако просмотр ее средствами самого Gopher не предусмотрен.

Когда Gopher-пространство стало достаточно большим, поиск нужного документа по иерархии меню превратился в непростую задачу. Приходилось долго бродить по дереву каталогов, составленному людьми, представление которых о конкретной предметной области не совпадает со взглядами пользователя. По этой причине в конце 1992 года для Gopher Space в Университете штата Невада была разработана информационно-поисковая система под остроумным названием Veronica (Very Easy Rodent-Oriented Net-wide Index of Computerized Archives – Очень легкий всесетевой индекс компьютеризированных архивов, ориентированный на грызунов). Эта система позволяла находить нужные документы по ключевым словам и немало способствовала росту популярности сервиса Gopher.

```

Veronica (search menu items in most of GopherSpace)
-> 1. How to Compose Veronica Queries - June 23, 1994
2. Frequently-Asked Questions (FAQ) about Veronica - July 29, 1994
3. About Veronica Documents, Software, Index Control Protocol/
4. Experimental Veronica Query Interface, Chooses Server for You!
5. Search GopherSpace by Title word(s) (via NYSENet) <?>
6. Search GopherSpace by Title word(s) (via PSINet) <?>
7. Search GopherSpace by Title word(s) (via University of Pisa) <?>
8. Search GopherSpace by Title word(s) (via U of Manitoba) <?>
9. Search GopherSpace by Title word(s) (via SIMNET) <?>
10. Search GopherSpace by Title word(s) (via University of Koeln) <?>
11. Search GopherSpace by Title word(s) (via UNINETT/U of Bergen) <?>
12. Find ONLY DIRECTORIES by Title word(s) (via NYSENet)<?>
13. Find ONLY DIRECTORIES by Title word(s) (via PSINet)<?>
14. Find ONLY DIRECTORIES by Title word(s) (via University of Pisa)<?>
15. Find ONLY DIRECTORIES by Title word(s) (via U of Manitoba)<?>

```

Поисковая система Veronica

Мы так подробно остановились на системе Gopher не только потому, что это была первая крупномасштабная информационная интернет-система, подготовившая почву для последующей Web-революции, но и для того, чтобы продемонстрировать принципиальную недостаточность подхода к построению глобальной информационной системы, основанного на иерархической системе каталогов.

Во-первых, эти каталоги должны кем-то вручную поддерживаться, при нескольких тысячах серверов это еще возможно, а если их несколько миллионов?

Во-вторых, тематическое разбиение каталогов должно совпадать с информационными потребностями пользователя. Учитывая анархичность интернета и огромное количество всевозможных интересов у пользователей, очевидно, что в Сети может не оказаться каталога, отражающего нужную предметную область.

В-третьих, каждый документ в Gopher-пространстве является самостоятельным объектом, полностью изолированным от остальных документов. Для того чтобы перейти от одного документа к другому, даже очень близкому по содержанию, нужно заново пройти всю иерархию каталогов. Для рядового пользователя такая работа оказывается крайне обременительной, он хотел бы иметь, по образному выражению Билла Гейтса, «информацию на кончиках пальцев».

Эту возможность ему дала технология World Wide Web, возникшая почти одновременно с Gopher, но основанная на принципиально другом принципе – принципе гипертекста. Некоторое время две технологии развивались параллельно друг другу, Gopher даже опережал Web. Однако после создания в 1993 году графического интернет-браузера развитие сервиса WWW приобрело взрывной характер и затмило все остальное. Во второй половине 90-х годов практически все разработанные ранее высокоуровневые сервисы, включая Gopher, были подключены к WWW, и работа с ними может вестись через Web-интерфейс. Каждый может убедиться в этом сам, набрав в окошке своего Web-браузера современный URL-адрес Alma Mater этой системы: `gopher://gopher.tc.umn.edu`.

§ 4.9. Web-революция

Распространение Web-технологий в интернете во второй половине 90-х годов было столь стремительным, что этот феномен не без оснований называют Web-революцией. Дело дошло до того, что многие пользователи, пользуясь чрезвычайно простыми и удобными Web-сервисами, и не подозревают о том, что в Сети было и есть что-то еще.

Для сторонних наблюдателей Web-революция произошла внезапно, однако на самом деле она готовилась в течение десятилетий. Основные ее движущие силы – гипертекст, клиент-серверные технологии и сете-

вые коммуникации – до некоторого момента времени развивались независимо друг от друга. Объединившись вместе, они породили концепцию глобальной информационной системы, не только определивший лицо сегодняшнего интернета, но, кроме того, давшей жизнь ряду других современных информационных технологий. Поскольку историю сетевых коммуникаций мы уже рассмотрели, обратимся к истокам гипертекста.

Ванневар Буш. Проект Мемех

Впервые слово «*web*» в словаре информатики появилось, по-видимому, в трудах выдающегося американского ученого и администратора Ванневара Буша (Boosh, Vannevar; 1890–1974), прозванного современниками «царем науки». Эта фамилия уже не раз встречалась нам в истории вычислительной техники. В 30-е годы, будучи деканом в Массачусетском технологическом институте, он сконструировал крупнейшую электромеханическую аналоговую машину – дифференциальный анализатор, под его руководством начинал свои исследования легендарный Клод Шеннон. В годы войны Буш исполнял обязанности советника президента Рузвельта по науке и в этом качестве курировал знаменитый Манхэттенский проект по созданию атомной бомбы.

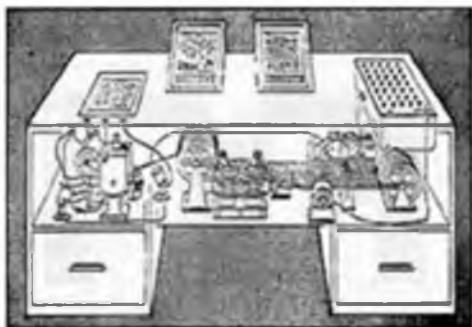
В 1945 году Буш опубликовал в далеком от техники журнале «The Atlantic Monthly» статью «As we may think – Как мы можем думать». Рассуждая о формах представления информации, он отмечал, что линейная, последовательная схема изложения материала, принятая в книгах, противоречит ассоциативному механизму мышления человека:

«Захватив один объект, мозг немедленно переходит к другому, что предполагает наличие механизма мысленных ассоциаций, некоторой паутины (web) ячеек мозга, связанных сложными путями... Разумеется, нельзя стремиться повторить природу, но надо у нее учиться. И первая мысль состоит в том, что нужно попытаться создать механизм ассоциативного доступа к данным взамен индексного. Никто не сомневается, что такой механизм будет уступать человеческому мозгу по скорости и гибкости доступа к данным, но можно надеяться, что он позволит в более удобной форме выбирать данные из памяти».



Ванневар Буш
(1890–1974)

Для реализации своей идеи Буш предлагал построить фото-электромеханическую (электронных компьютеров в то время еще не было) машину Memex для хранения и чтения больших массивов документов, переснятых на микрофильмы. Успехи микрофотографии того времени были таковы, что объема хранилища хватило бы на сто лет при условии, что пользователь вводил бы ежедневно по 5000 страниц. Ма-



Таким Буш видел Memex

шина должна была иметь вид письменного стола с клавиатурой и экраном, на который предполагалось проецировать изображение документов, но самой оригинальной ее частью был механизм, позволяющий быстро переходить от одного документа к другому по перекрестным (в сегодняшней терминологии – гипертекстовым) ссылкам.

Хотя проект Memex так и не был осуществлен, он вдохновил последователей – Теда Нельсона, Дугласа Энгельбарта, Рея Оззи, Била Аткинсона и др. на создание гипертекстовых информационных систем, при этом все они признавали приоритет Ванневара Буша. В 1995 году в Массачусеттском технологическом институте была проведена конференция, посвященная Бушу и приуроченная к пятидесятилетию изобретения гипертекста.

Тед Нельсон и дворец *Xanadu*

р. 1937) в 1965 году. Этот одаренный и весьма неординарный человек увлекался литературой, театром, музыкой и философией, выступал на профессиональной сцене, работал корреспондентом *The New York Times* и даже издавал собственный журнал. Закончив компьютерные курсы, он увлекся идеей создания всемирного хранилища знаний, которое могло бы сохранить в своей бездонной памяти любую написанную или произнесен-

Сами термины *гипертекст (hypertext)* и *гипермедиа (hypermedia)* были впервые предложены Тедом Нельсоном (Nelson, Theodor Holm;



Тед Нельсон (р. 1937)

ную мысль, связанную бесчисленными перекрестными ссылками с ранее занесенными понятиями или высказываниями. Тогда потенциальный читатель мог бы проследить любую идею ретроспективно, чтобы выяснить ее корни. Для своего явно несбыточного по технологическим меркам XX века проекта Нельсон избрал экзотическое имя *Xanadu*.

Xanadu (Ксанаду) – реальное местечко в Монголии, где сохранились развалины дворца правителя Кубла Хана (1215–1294). В свое время эти старинные камни вдохновили знаменитого английского поэта Самуэля Коллериджа (Coleridge, Samuel; 1772–1834) на написание романтической поэмы «*Kubla Khan*». Во сне Коллеридж увидел дивный дворец удовольствий *Xanadu*, после пробуждения он пытался описать в стихах свое видение, но его прервали прежде, чем он успел закончить. И никогда позже он не смог полностью восстановить ни образ, ни слова, его описывающие... Таким образом, название *Xanadu* ассоциируется с несбыточной мечтой о чудесном дворце литературной памяти и творческой свободы, где ничто не забывается.



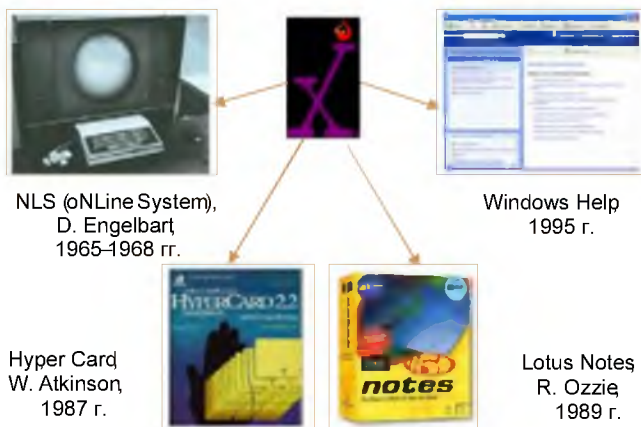
Образы романтической поэмы «Кубла Хан». Самуэль Коллеридж (1772–1834)

Несмотря на невозможность полномасштабного воплощения проекта, отдельные его части были доведены до практической реализации, а сам Нельсон продолжает свои исследования в родной его философско-менталитету Японии. С его легкой руки слово «гипертекст» вошло в 70-х и 80-х годах в моду, а главная идея *Xanadu* – универсальное хранилище знаний и свобода доступа к ним – начала реализовываться в целом ряде работающих документальных информационных систем. В отличие от СУБД, такие системы хранят не жестко структурированные данные в виде таблиц, а произвольные текстовые или мультимедийные документы, доступ к которым осуществляется по системе ссылок. Ино-

гда к программам этого класса применяется термин *система управления знаниями (knowledge management system)*.

Реализации документальных гипертекстовых систем

Система NLS. Первую работающую гипертекстовую систему в 1965–1968 годах создал Дуглас Энгельбарт. Мы уже говорили о нем как об изобретателе мыши, окон и интерактивного текстового редактора. Однако это были лишь части крупномасштабного проекта под названием NLS (oNLine System), реализуемого под его руководством сначала в Стенфордском центре по усилению возможностей человека (Augmentation Research Center – ARC), а потом в Xerox PARC. Система NLS предназначалась для организации коллективной работы группы людей, связанных общими интересами. Основным хранимым объектом в системе являлся «конспект» – некоторый текстовый документ, созданный участником группы. Конспекты связывались в цепочки обсуждений и ссылались друг на друга гипертекстовыми ссылками. Таким образом, проект NLS, реализованный еще не на сети, а на одной большой ЭВМ, предвосхитил будущие группы новостей, электронные доски объявлений и форумы.



Система NLS, как и другие революционные проекты PARC, сама по себе не имела коммерческого успеха, однако ее наследники – HyperCard, Windows Help, Lotus Notes и др., не говоря уже о Web, – стали распространенными бизнес-приложениями.

HyperCard и Windows Help. Одной из первых документальных гипертекстовых систем, реализованных для персональных компьютеров, была система HyperCard, разработанная в 1987 году сотрудником фирмы Apple Вильямом Аткинсоном (Atkinson, William) для Макинтошей. Система обладает развитыми визуальными средствами, она позволяет создавать и редактировать «стопки карточек» с различными текстами и изображениями. Карточки связываются друг с другом гипертекстовыми ссылками и могут просматриваться в произвольном порядке.

Близкую по духу гипертекстовую документальную базу применила фирма Microsoft в качестве стандартной справочной системы ОС Windows. Войдя в любую тему из основного оглавления, можно продолжить путешествие по гиперссылкам, уточняя и конкретизируя полученную информацию.

Lotus Notes. Две предыдущие системы относились к разряду персональных, рассчитанных на одного пользователя. В отличие от них Lotus Notes предназначена для корпоративного использования, поэтому по своей сути она ближе классической NLS. История этой очень интересной и популярной во всем мире системы началась в 70-х годах, когда в Иллинойском университете (г. Чикаго) была разработана система PLATO Group Notes для мэйнфреймов. Система позволяла пользователям создавать заметки (notes), аналогичные конспектам в NLS, и помещать их в общие базы данных, а также писать ответы и комментарии к заметкам. Система пользовалась такой популярностью, что после окончания эры больших ЭВМ стали разрабатываться PLATO-подобные системы для мини- и персональных компьютеров.

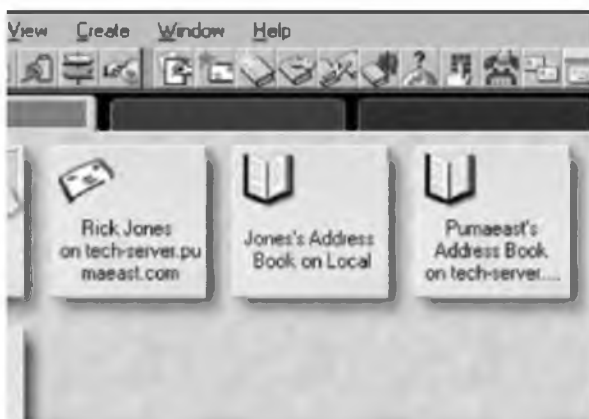
Один из руководителей разработки PLATO Рэй Оззи (Ozzie, Ray) решил реализовать такую систему для IBM PC, однако долго не мог найти инвестора для финансирования разработки. Понимание и поддержка пришли со стороны руководителя Lotus Development Митчела Кэпора. Эта фирма получила мировую известность благодаря классической системе электронных таблиц Lotus 1-2-3, о которой мы говорили в § 3.5. Столкнувшись с ожесточенной конкуренцией со стороны аналогичных пакетов у конкурентов, фирма начала терять рынок и стала задумываться о новом стратегическом продукте. Познакомив-



Рэй Оззи – автор проекта Lotus Notes

шись с проектом Рэя Оззи, Кэпор вдохновился его идеями и решил сделать на него ставку. В 1984 году на деньги Lotus была создана фирма Iris Associates Inc., которая приступила к реализации перспективной системы, однако прошло целых пять лет, прежде чем вышла первая коммерческая версия Lotus Notes.

В основе пакета лежит концепция документо-ориентированной базы данных, радикально отличающаяся от реляционной. Загрузив систему, пользователь видит рабочий стол (см. рис.), на котором лежат папки с базами данных – полными аналогами подшивок документов. Документы могут содержать любую информацию – тексты, числа, рисунки, мультимедиа. Их можно по заданным пользователям правилам создавать, преобразовывать, пересылать друг другу по электронной почте, складывать в базы, снабжать гипертекстовыми ссылками и т.д., для манипуляции с документами в системе имеется несколько встроенных языков программирования. Многие из функций Lotus Notes были революционными для тех лет, например, клиент-серверная технология работы, шифрование информации и электронная подпись, автоматическая



Рабочий стол Lotus Notes

синхронизация территориально разнесенных баз данных, полнотекстовый поиск в документальных базах, программирование деловых процедур и др. Долгий цикл разработки системы пошел ей на пользу, так как на рынке сразу появился зрелый продукт, не только выполняющий функции документальной информационной системы, но и организующий совместную работу пользователей в некоторой организации. За

такими комплексными продуктами закрепилось название *системы групповой работы (groupware)*, Lotus Notes стал первым и недостижимым для конкурентов представителем продуктов данного класса.

Несмотря на высокую цену (начальные версии предлагались в комплекте «сервер + 200 клиентов» и стоили около 65 000 долларов), система стала пользоваться большим спросом на корпоративном рынке, в первый год было продано 35 000 клиентских лицензий.

Последующие версии системы были направлены на развитие ее функциональности, масштабируемости и платформенной независимости. Серверы и клиенты Lotus Notes получили возможность работать на всех типах компьютеров и операционных систем – от мэйнфреймов S/390 до Макинтошей и IBM PC. В 1995 году корпорация IBM, сделав серьезную ставку на рынок groupware, который к тому времени насчитывал уже около 2 миллионов пользователей, купила фирму Lotus Development за 3,5 млрд долларов. В течение нескольких последующих лет в систему были вложены громадные деньги, она была очень сильно усовершенствована, в частности в сторону интеграции с интернетом, и частично поменяла название. Сервер Lotus теперь называется Domino, а имя Notes осталось только за клиентом. В настоящее время в мире насчитывается более 50 миллионов установленных клиентов, на платформе Lotus Notes / Domino были созданы корпоративные информационные системы как малого, так и сверхбольшого масштаба, таких, как информационные системы для Олимпийских игр 1998–2002 годов в Нагано, Сиднее и Солт-Лейк-Сити, или система управления собственным бизнесом IBM, разбросанная по всей планете и охватывающая тысячи пользователей.

Видя успех Lotus, корпорация Microsoft вышла на рынок groupware с системой MS Exchange. Третьим конкурентом на этом рынке является фирма Novell. Поскольку ее сетевая ОС NetWare стала сдавать позиции, фирма дополняет ее функциями групповой работы и надеется таким образом вернуть утраченную долю рынка. Новая версия ОС называется GroupWise и рассчитывает на успех в конкуренции с IBM и Microsoft. Трудно сказать, как будут развиваться дела дальше, но пока Lotus удерживает лидерство.

Тим Бернерс-Ли. Рождение Web

К концу 80-х годов гипертекстовые документальные технологии, реализованные на одном компьютере (HyperCard) или в клиент-серверном варианте (Lotus Notes) были уже опробованы на практике и быстро

завоевывали популярность. С другой стороны, росла аудитория интернета, число подключенных компьютеров измерялось уже сотнями тысяч. Однако пользователи Сети, за исключением тех немногих, кто пользовался услугами Telnet, работали в режиме off-line: основным видом сервиса в это время была электронная почта, небольшую долю трафика занимал обмен новостями и файлами.

Историческая миссия объединить коммуникационные технологии интернета в режиме реального времени с замечательными возможностями документальных гипертекстовых систем и тем самым превратить его в глобальную базу знаний, доступную всему человечеству, выпала на долю молодого англичанина Тима Бернерс-Ли (Berners-Lee, Timothy; р. 1955).



Бернерс-Ли
(р. 1955)

Бернерс-Ли родился в Лондоне, оба его родителя были математиками, занимавшимися проектированием вычислительных машин. Тим с детства играл в компьютеры, однако основной специальностью выбрал физику. Окончив в 1976 году с отличием Королевский колледж в Оксфорде, он некоторое время работал в компьютерных фирмах, а в 1980 году заключил контракт на 6 месяцев на работу в должности консультанта по программному обеспечению в лаборатории элементарных частиц Европейского центра ядерных исследований (CERN) в Женеве (Швейцария). В это время он написал для собственных нужд небольшую про-

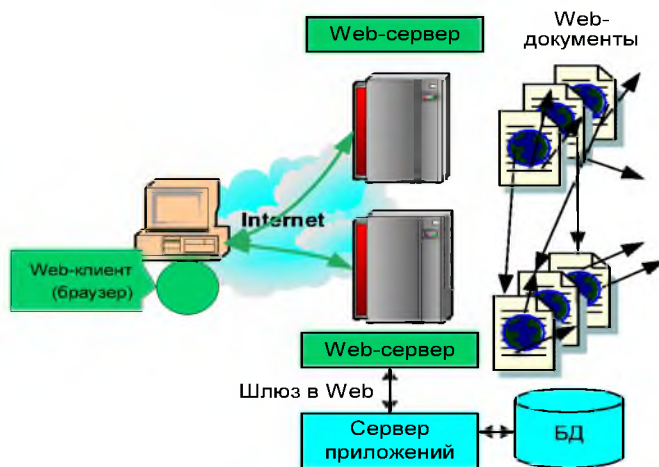


CERN - SWITZERLAND

Европейский центр ядерных исследований CERN

грамму «Enquire-Within-Upon-Everything», сокращенно «Enquire» – «Справочник», которая представляла собой простую гипертекстовую базу документов.

Когда контракт закончился, Тим вернулся в Англию и несколько лет занимался различными проектами, в том числе связанными с интернетом, однако в 1984 году вернулся в CERN и получил задание заняться чрезвычайно актуальной для CERN проблемой хранения и поиска материалов по научным исследованиям в режиме реального времени, причем доступ к документам должны были иметь сотрудничающие с этой международной организацией ученые из разных стран. Вот тут-то и пригодилась программа «Enquire». На новом этапе развития она уже должна была не только поддерживать произвольные гипертекстовые ссылки, облегчая поиск в документальной базе, но и стать многопользовательской, платформно-независимой системой, работающей через интернет. В марте 1989 года Бернерс-Ли представил руководству проект под названием «World-Wide Web: An Information Infrastructure for High-Energy Physics» – «Всемирная паутина: Информационная инфраструктура для физики высоких энергий».



Технология World Wide Web

Основными составляющими проекта являлись:

1) язык разметки гипертекстовых страниц – *HyperText Markup Language (HTML)*, на котором описывается содержание хранимых до-

кументов. Язык позволяет описывать структуру документа, выделять заголовки, абзацы, размещать таблицы, иллюстрации и т.п. Важным элементом языка являются гиперссылки, которые можно расставлять в произвольных местах документа и которые ссылаются на другие документы, хранящиеся не только в данном компьютере, но и в любом другом месте интернета. Таким образом образуется всемирная паутина глобальных ссылок, что и определило название проекта;

2) *протокол передачи гипертекста – HyperText Transfer Protocol (HTTP)*, являющийся высокоуровневым прикладным интернет-протоколом, надстроенным над стеком TCP / IP;

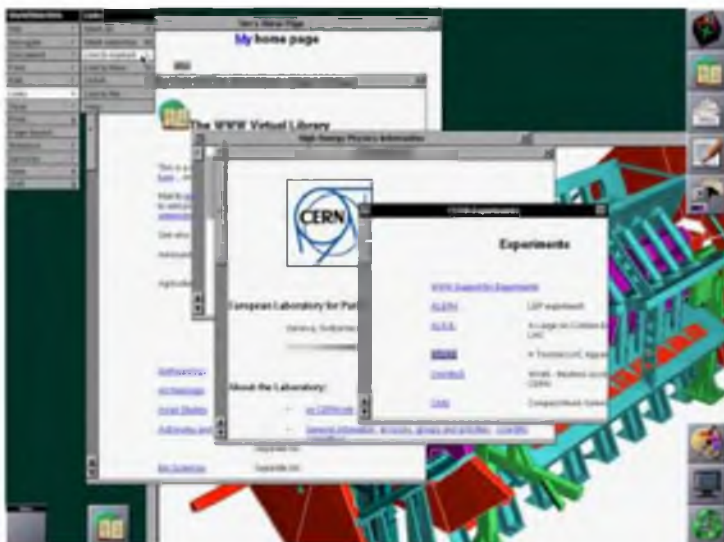
3) *универсальный идентификатор документа – Universal Document Identifier (UDI)*, который представляет собой уникальное имя (адрес), по которому данный документ можно найти в глобальной Сети. Некоторое время спустя, когда понятие «документ» было заменено на более общее «ресурс», этот термин был переименован и получил название *универсальный локатор ресурсов – Universal Resource Locator (URL)*.

Формат URL, предложенный Бернерс-Ли, сегодня известен любому пользователю интернета. Например, страничка, посвященная самому Бернерс-Ли в Массачусетском технологическом институте, имеет адрес <http://web.mit.edu/invent/www/inventorsA-H/berners-lee.html>. Он включает указание на протокол, по которому доступен данный ресурс (<http://>), доменное имя хоста, в данном случае это Web-сервер МТИ (web.mit.edu), путь к искомой HTML-странице в файловой системе сервера ([/invent/www/inventorsA-H/](http://web.mit.edu/invent/www/inventorsA-H/)) и, наконец, имя файла, содержащего страницу ([berners-lee.html](http://web.mit.edu/invent/www/inventorsA-H/berners-lee.html)). На первый взгляд этот формат кажется сложным, но к нему очень легко привыкнуть, миллионы посетителей Web пользуются им без труда. Сам Бернерс-Ли по этому поводу как-то пошутил: «Если бы я знал тогда, сколько людей будут указывать URL, то не стал бы использовать в синтаксисе два слэша»;

4) *общий интерфейс шлюза – Common Gateway Interface (CGI)*, представляющий собой систему соглашений, позволяющих запускать прикладные программы на Web-сервере и передавать им данные с HTML-страниц.

Сервис WWW организован по клиент-серверной технологии. Базы HTML-документов хранятся на *Web-серверах (Web-server)*, а у пользователей устанавливается клиентская программа, называемая *Web-браузером (browser)*, которая в соответствии с протоколом HTTP посылает запросы на соответствующий сервер, получает странички и отображает их на экране.

Первый сервер и браузер (он же редактор HTML-страниц) были реализованы самим Бернерс-Ли в течение нескольких месяцев на компьютере NeXT в операционной среде NeXTSTEP. До появления Windows это была самая передовая с точки зрения удобства разработки приложений объектно-ориентированная платформа, тем не менее совместить текст и графику в одном окне не удалось, браузер был чисто текстовым.



Первый браузер Бернерса-Ли (1990 г.)

В декабре 1990 года первая информационная система на основе WWW заработала в локальной сети CERN, а к лету 1991 года она была открыта в интернет. Хотя первоначально система замышлялась как узкоотраслевая, рассчитанная на обслуживание специалистов в области ядерной физики, ее потенциальные возможности оказались неизмеримо шире. После нескольких демонстраций на различных конференциях идея Всемирной паутины привлекла ученых в самых различных областях. В течение 1991 года текстовые Web-браузеры были реализованы на различных аппаратных платформах – VAX, Sun, RS/6000 и др., к концу 1992 года в мире насчитывалось уже около 50 действующих HTTP-серверов. Всемирная паутина появилась на свет.

«Как это случилось много раз в истории науки, наиболее значимые результаты сверхбольших научных усилий были далеки от ос-

новых направлений этих усилий ... Web был побочным продуктом научных исследований CERN. После Второй мировой войны ядерные центры развитых стран во всем мире стали местами высочайшей концентрации талантов... Когда концентрация человеческих талантов на квадратный фут в лабораториях CERN достигла критической массы, это вызвало интеллектуальный взрыв. Родился Web, ставший поворотным пунктом истории человечества» (Григорий Громов).

Дальнейшее развитие Web-технологий происходило в основном по другую сторону океана, о чем мы будем говорить ниже, поэтому неудивительно, что их основоположник Бернерс-Ли перебрался в 1994 году в США. Здесь проявилась еще одна черта характера этого выдающегося человека. Отклонив множество заманчивых предложений, которые могли бы сделать его миллиардером, Бернерс-Ли выступил решительным противником коммерциализации Web. Карьере бизнесмена он предпочел работу на кафедре в компьютерной Мекке – Массачусетском технологическом институте. Там же Бернерс-Ли организовал и возглавил общественную организацию WWW-консорциум (WWW Consortium, сокращенно W3C), целью которого является стандартизация и популяризация этого сервиса.

Отмечая личные качества изобретателя Web, один из руководителей Sun Эрик Шмидт высказался так:

«Бернерс-Ли – самый незаметный герой Интернета. В любой другой области за достижения подобного масштаба он, безусловно, был бы удостоен Нобелевской премии».

Справедливости ради надо сказать, что заслуги Бернерс-Ли перед человечеством не остались неоцененными. Он является лауреатом множества престижных академических наград и премий, а в 1998 году был удостоен рыцарского титула Британской империи.

Марк Андриссен. Mosaic и Netscape

Несмотря на большие потенциальные возможности, в первые два года Всемирная паутина развивалась довольно медленно, в начале 1993 года объем HTTP-трафика в сети NSFnet составлял всего 0,1%. Значительно большей популярностью пользовался Gopher, и даже развивался он быстрее: в 1993 году объем этого сервиса вырос на 997%, в то время как WWW-только на 341%. В значительной степени это было связано с тем, что все созданные в это время Web-браузеры были чисто

текстовыми, рассчитанными на воспроизведение научных и технических документов, к тому же сложными в освоении и не слишком удобными для пользования. Для профессиональных ученых это было небольшим препятствием, однако рядовому пользователю однообразие текстовых страниц и множество непонятных функций быстро надоедает.

Превратить Сеть в универсальную информационную систему, интересную и доступную для всех слоев населения от школьника до английской королевы, помогли графические интернет-браузеры, начало которым положили работы, выполненные в Национальном центре суперкомпьютерных приложений (National Center for Supercomputing Applications – NCSA) Иллинойского университета группой студентов и сотрудников под руководством Марка Андриссена (Andreessen, Marc; р. 1971).

В ноябре 1992 года 21-летний Андриссен учился на последнем курсе университета и подрабатывал в NCSA. Этот центр был одним из основных узлов NSFnet и имел доступ ко всем сетевым ресурсам интернета – E-mail, FTP, Telnet, NNTP, Gopher, WWW. Познав на своем опыте, сколь неудобно пользоваться разрозненными клиентами, Андриссен вместе со своим другом Эриком Бина (Bina, Eric) задумал создать универсальную клиентскую программу, которая бы объединила все виды сервиса и при этом имела бы простой и дружеский графический интерфейс; переходы по гиперссылкам Web должны были происходить по одному щелчку мыши. За шесть недель была создана первая пробная версия браузера для Unix, названного Mosaic, она насчитывала 9000 строк исходного кода. К осени 1993 года коллегами Андриссена были осуществлены реализации Mosaic для двух других популярных платформ – Macintosh и Windows. Поскольку NCSA была некоммерческой организацией, браузеры загружались через интернет бесплатно.

Успех Mosaic был мгновенным и ошеломительным. Этот браузер взял интернет штурмом, в течение года были распространены миллионы копий. Именно благодаря ему Всемирная паутина получила мощнейший импульс развития, а Web-сервис стал в ней доминирующим и практически вытеснил Gopher. Уже к концу 1993 года трафик Web в сети NSFnet вырос в 10 раз, а число HTTP-серверов превысило 600.

В декабре 1993 года Андриссен закончил университет и перебрался в Кремниевую долину, где устроился на работу в небольшую софтвер-



Марк Андриссен
(р. 1971)

ную компанию, занимавшуюся по заказу ARPA криптографией. О продолжении работ над браузером речь не шла: для организации собственного предприятия нужны были деньги и опыт предпринимательской деятельности, которых у вчерашнего выпускника университета, конечно же, не было.



Браузер Мозаик

Решающую роль в дальнейшей судьбе Андресена сыграла встреча с Джимом Кларком (Clark, James; р. 1944), основателем и главой преуспевающей компании Silicon Graphics Incorporated (SGI), известной своими мощными графическими рабочими станциями, на которых была создана компьютерная анимация для знаменитых фильмов «Парк Юрского периода», «Терминатор», «Титаник» и др. Обладавший взрывным темпераментом, этот удачливый предприниматель только что поссорился с компаньонами, ушел из компании и продал свои акции, собираясь начать совершенно новое дело. Кларк никогда ранее не слышал ни об Андресене, ни о Mosaic, но чутье опытного бизнесмена подсказывало ему, что настало время вкладывать деньги в сетевые технологии. Узнав от знакомых о юном разработчике графического браузера, Кларк послал ему письмо по электронной почте и назначил свидание. Спустя несколько дней они встретились в кафе «Верона», которому обязаны своим рождением многие компании. «Здесь каждый день шли разгово-

ры, которые могли завершиться созданием новых фирм или их исчезновением, рождением новых технологий или новых иллюзий», – писал впоследствии Кларк. Переговоры прошли успешно, и к апрелю 1994 года на деньги Кларка (6 млн долларов) была создана компания «Mosaic Communications Corp», которую из-за протеста со стороны NCSA, претендующей на фирменную марку «Mosaic», пришлось вскоре переименовать в Netscape Communications Corp., сокращенно Netscape.



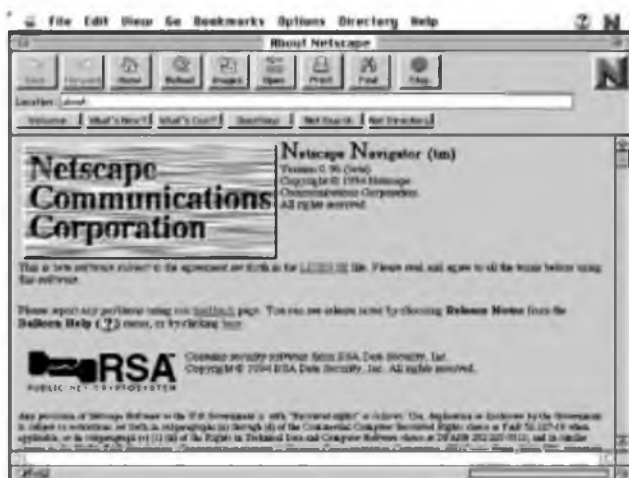
Джим Кларк (р. 1944) и компания Netscape

Талантливый организатор, Джим Кларк сделал все, чтобы работа пошла с места в карьер. Он уговорил перейти в новую фирму большинство коллег Андриссена из NCSA, предложил подключиться к разработке «всем, кто хоть что-нибудь написал для Web-сервера» и, наконец, пригласил на должность главного управляющего опытного Джеймса Барксдейла (Barksdale; James) из AT&T.

Перед разработчиками была поставлена амбициозная задача: на основе Mosaic создать новый коммерческий многоплатформный браузер, который вытеснит с рынка своего родителя. Работа над проектом шла почти круглосуточно, уже в октябре была готова первая версия браузера Mosaic Communicator, переименованного впоследствии в Netscape Navigator.

Достаточно беглого взгляда на окно этого браузера, чтобы убедиться в его близком родстве с Mosaic (иначе и быть не могло, потому что их разрабатывали одни и те же люди), однако было много и новинок. В частности, была предусмотрена система шифрования и электронной подписи сообщений (пригодился опыт, полученный Андриссеном во время работы в криптографической софтверной фирме), основанная на

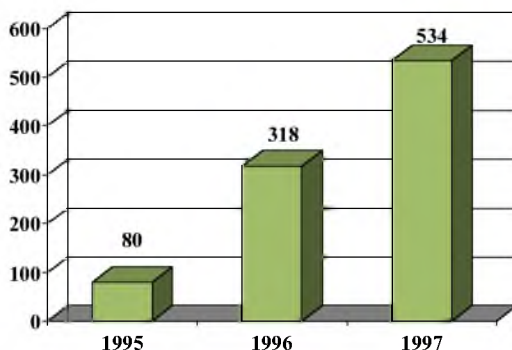
методе RSA, названном так по первым буквам фамилий его изобретателей Ривеста, Шамира и Адлемана (Rivest–Shamir–Adleman). В целом Netscape Navigator сформировал общепринятый стандарт на внешний вид и функциональность всех последующих поколений интернет-браузеров.



Первая версия Netscape Navigator (1994 г.)

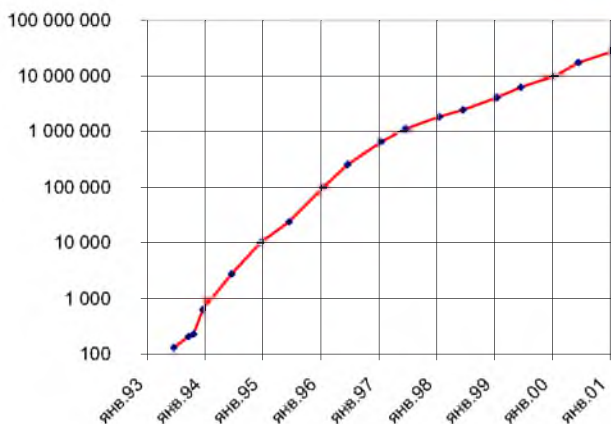
Успех предприятия Андриссена и Кларка превзошел все ожидания. Уже к лету 1995 года браузеры Netscape были установлены на миллионах компьютеров, компания стала развиваться с рекордной скоростью, объем продаж в 1995 году составил 80 млн, в 1996 году – 318 млн, а в 1997 году – 534 млн долларов. Число работников в 1997 году превысило 1800 человек, компания обзавелась шикарным офисом в местечке Маунтин-Вью в центре Силиконовой долины, а Марк Андриссен в возрасте 25 лет стал мультимиллионером.

Благодаря графическим браузерам, неизмеримо упрощающим работу пользователя, Всемирная паутина, а вместе с ней и весь интернет стали разрастаться с экспоненциальной скоростью (см. график). В физических системах такой процесс называется взрывом, а в социальных – технологической революцией. Своими сайтами (этот термин, образованный от англ. site – «место, участок», означает в WWW целостный информационный ресурс, состоящий из связанных HTML-страниц; сайт является логическим понятием, на одном физическом HTTP-сервере



Рост доходов компании Netscape

может размещаться несколько независимых сайтов) обзавелись не только вузы, коммерческие организации, но и правительственные учреждения всех стран. Даже Римская католическая церковь не могла остаться в стороне от технического прогресса. Мало того, что Святейший Престол создал собственный сайт, он всерьез решил назначить Святого



Экспоненциальный рост WWW

покровителя Сети. По сообщениям печати, в 1999 году Папский Совет по социальным связям рассматривал трех кандидатов – Святую Теклу, Святого Педро Реганальдо и Святого Исидора Севильского. Все они

были канонизированы Ватиканом за совершение различных чудес. Вслед за католической устремились в интернет и другие конфессии, не исключая одну из наиболее консервативных – Русскую православную церковь. В довершение всего выяснилось, что кроме познавательной и развлекательной, интернет способен выполнять и коммерческие функции, начал развиваться электронный бизнес. В мировой Паутине запахло большими деньгами.

Война браузеров

Как ни странно, Билл Гейтс, обладающий сверхъестественным чутьем на новые информационные технологии, могущие принести прибыль, проморгал начало Web-революции. Гигантская Microsoft, получившая в 1995 году 5,9 млрд долларов дохода, была слишком занята своей ОС Windows-95 и не обращала внимания на интернет и Web. Лишь к началу 1996 года Гейтс окончательно осознал тот факт, что Web – это технология, способная изменить бизнес, в то время как Windows-95 – всего лишь новая операционная система. Но время было упущено, рынок сетевого программного обеспечения уже сформировался, около 20 млн человек использовали Netscape Navigator и другие продукты, предназначенные для работы с Web.

И тогда Гейтс сделал решительный шаг. Он громогласно объявил интернет ареной стратегических интересов своей фирмы и бросился в бой с конкурентами, поставив задачу передела рынка в пользу Microsoft. На карикатурах начала 1996 года Гейтс изображался в генеральском мундире, ботфортах и крагах, мановением руки посылающим армаду танков с развевающимися флагами в виде фирменных разноцветных «окон» в сторону окопавшейся Netscape.



Карикатуры на тему войны браузеров

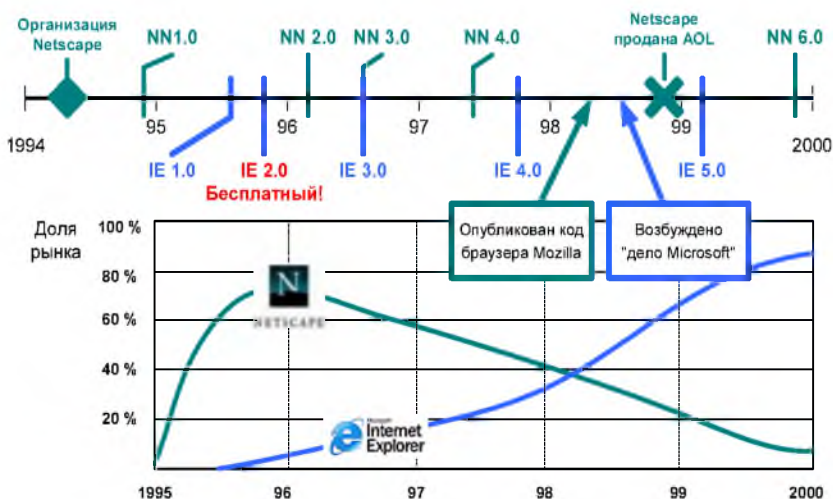
Следующие несколько лет многочисленные пользователи Сети наблюдали драматическую «войну браузеров». Начальная расстановка сил не предвещала Microsoft ничего хорошего: выпущенный в августе 1995 года Internet Explorer (IE) 1.0 представлял собой наспех переделанный Mosaic и не шел ни в какое сравнение с достаточно зрелыми продуктами Netscape. К началу 1996 года он занимал всего 2% рынка, в то время как Netscape Navigator (NN) – 71% (оставшаяся часть приходилась на Mosaic и другие, теперь уже забытые браузеры).

Первый удар сделала Microsoft, и это был удар ниже пояса: не сумев пока догнать Netscape по качеству, она свой следующий браузер IE 2.0 сделала бесплатным, включив его в состав ОС Windows-95. Поднялся страшный шум, Гейтса обвиняли в нечестной конкуренции и попытке монополизировать рынок браузеров. Правительства нескольких штатов, лоббируемые конкурентами, подали жалобу в суд, в результате завязалось громкое «дело Microsoft», которое, затихая и вновь разгораясь, тянулось много лет и кончилось, в общем-то, ничем.

Тем временем на доработку стратегического продукта Microsoft бросила большие интеллектуальные силы и гигантские денежные средства (в бюджете 1996 года на исследования и разработки было выделено 2 млрд долларов). В результате в августе 1996 года почти одновременно с Netscape Navigator 3.0 вышла версия Internet Explorer 3.0. Оба браузера имели массу новых возможностей, в частности поддержку языка Java и новых изобразительных средств HTML. При этом выяснилось, что разработчики IE и NN реализовали эти новые возможности по-разному, в итоге браузеры оказались частично несовместимыми. Разумеется, это делалось специально, как говорят французы, *à la guerre comme à la guerre* – на войне как на войне, однако в проигрыше оказались ни в чем не повинные пользователи. Web-странички, оптимизированные для одного браузера, некорректно отображались в другом. Дело дошло до того, что разработчикам приходилось создавать по два варианта одного и того же сайта, каждый для своего браузера. Парадоксальную ситуацию хорошо передает анекдот того времени. В магазин заходит покупатель и просит: «Дайте, пожалуйста, коврик для мыши, совместимый с Internet Explorer!»

Так или иначе, к концу 1996 года сектор IE увеличился до 15%, но до победы было еще далеко. В последующие годы Microsoft методично продолжала наступление, от версии к версии совершенствуя браузер. Разрыв между конкурентами постепенно сокращался, к середине 1999 года позиции сторон выровнялись, а в октябре, когда на долю

Internet Explorer приходилось уже 64%, стало ясно, что Microsoft побеждает. Далее события развивались в полном соответствии с законами капитализма: в 1999 году компания Netscape была продана гиганту America On-Line за 4,2 млрд долларов акциями и, по некоторым сообщениям, вообще покидает рынок браузеров, тем более что этот рынок сам по себе перестал быть доходным, так как, вслед за Microsoft, ее конкуренты вынуждены были сделать браузеры бесплатными.



Хроника войны браузеров

Однако Netscape Navigator остался жив, он входит в комплект коммуникационных программ Communicator и занимает естественное место в нише не-Windows приложений, свободной от засилия Microsoft. Более того, фирма Netscape опубликовала в интернете исходный код этого продукта и отдала его в руки мировой программистской общественности (проект Mozilla, браузер Firefox). Кто знает, может быть его ждет счастливая судьба Linux?

Поиск в интернете

Взрывное развитие интернета в последние годы XX века кроме очевидных достоинств имело и обратную сторону. Информационных ресурсов в Сети стало так много, что нахождение нужного документа среди десятков и сотен миллионов ненужных превратилось в серьезную проблему. Гипертекст и любые браузеры сами по себе не решают эту задачу, потому что вый-

ти на искомый ресурс только по гиперссылкам маловероятно. Бумажные справочники типа «Желтые страницы интернета» помогают лишь отчасти из-за того, что, во-первых, Сеть слишком велика для любой книги разумных размеров, а, во-вторых, ситуация в ней меняется настолько быстро, что справочник успеваеt устареть, прежде чем выйдет из печати. В связи с этим жизненно важной для дальнейшей судьбы всемирной информационной системы стала задача поиска разнообразных объектов (файлов, Web-страниц, пользователей и др.).



Для поиска в интернете разработаны специальные технологии. Компании, которые предоставляют этот вид сервиса, собирают и регулярно обновляют данные о сетевых ресурсах определенного вида, систематизируют и накапливают их в серверных базах, доступных для чтения всем пользователям через клиентские программы (специализированные или универсальные вроде Netscape Navigator или Internet Explorer).

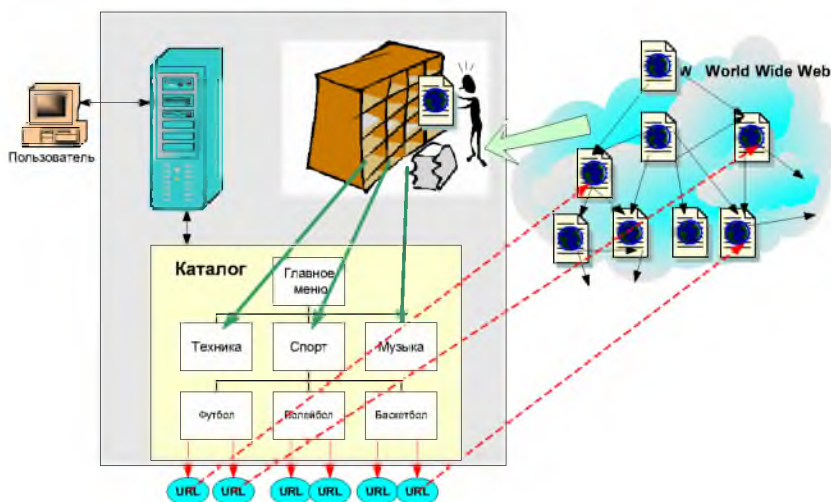
Средства поискового сервиса делятся на два типа: *каталоги (directories)* и *поисковые системы (search engines)*.

Интернет-каталоги. Пробразом всех каталогов является рассмотренная нами система Gopher, систематизирующая документы Gopher-пространства. Первым широко известным каталогом для World Wide Web стала система Yahoo! (с восклицательным знаком), созданная в 1994 году докторантами Стенфордского университета Джерри Янгом (Yang, Jerry) и Дэвидом Фило (Filo, David). Слово Yahoo является сокращением целой фразы «Yet Another Hierarchical Officious Oracle – Еще один иерархический дружественный путеводитель». Эта система выросла из коллекции интернет-ссылок, которую разработчики составили для своих диссертаций. Когда список



Основатели Yahoo! Джерри Янг
и Дэвид Фило

стал слишком большим и необозримым, они разбили его на несколько рубрик. Когда рубрики выросли в объеме, их разделили на подрубрики и т.д., так родилась будущая всемирно известная система. Система была установлена на личных компьютерах авторов, слух о ней распростра-



В интернет-каталогах эксперты просматривают Сеть и вручную разносят ссылки на Web-ресурсы по рубрикам

нился среди знакомых и друзей, к ней постепенно стало обращаться все больше и больше интернет-посетителей. Когда к осени 1994 года был зарегистрирован первый миллион посещений, друзья поняли, что в их руках находится потенциальный бизнес. Весной 1995 года с помощью инвесторов были собраны 2 млн долларов и образована компания Yahoo! Inc. со штаб-квартирой в местечке Сан Вэлли в Кремниевой долине. Уже к 1997 году фирма имела доход 67 млн долларов и вошла в список 200 крупнейших сетевых компаний. В настоящее время ее услугами ежегодно пользуются 237 миллионов человек, адрес www.yahoo.com является одним из самых популярных в интернете. Компания не только ведет гигантский каталог по HTML-страницам, но обеспечивает множество других интернет-услуг: полнотекстовый поиск, электронную коммерцию, интернет-вещание и др.



Штаб-квартира компании Yahoo!



Поисковые системы. В отличие от интернет-каталогов, поисковые системы систематизируют данные в автоматическом режиме. День и ночь программы-роботы, называемые *пауками* (*spider*), ползают по Всемирной паутине, заглядывая во все ее уголки и составляя списки просмотренных Web-страниц. Текст каждой страницы анализируется с

целью выявления значащих слов (то есть всех встречающихся в документе слов, за исключением артиклей, предлогов и наиболее употребительных слов, ничего не говорящих о содержании текста), встречающихся на данной странице. На основе этого анализа автоматически составляется *полнотекстовый индекс (full-text index)*, в котором для каждого слова перечислены адреса страниц, где это слово встречается. Когда пользователь передает поисковой системе запрос, представляющий



В поисковой системе программы-роботы составляют полнотекстовый индекс просмотренных Web-страниц

собой список *ключевых слов (keywords)*, эти слова сопоставляются с индексом и определяются Web-страницы, *релевантные (relevant)*, то есть соответствующие запросу. Реальные алгоритмы установления степени релевантности очень сложны, они учитывают не только факт наличия ключевого слова в документе, но и его место (наиболее важные слова обычно располагаются в заголовке или в начале документа), частоту встречаемости и др. Эти алгоритмы основаны на самых последних достижениях в области лингвистики, математической логики и теории искусственного интеллекта, обычно они запатентованы или составляют производственный секрет (know-how) данной поисковой системы.

В свете сказанного ясно, что промышленная полнотекстовая поисковая система, обслуживающая всемирный интернет, представляет собой мощнейший программно-аппаратный комплекс, создать который под силу лишь крупной компании. Первой такой системой была AltaVista – «взгляд сверху», созданная в 1995 году фирмой Digital Equipment с целью демонстрации возможностей своих компьютеров. Система работала на самых мощных компьютерах, произведенных ком-

паний, – это 16 серверов Alphaserver 8400, объединенных в кластер. Каждый из серверов имеет 8 Гбайт оперативной памяти, содержит 12 RISC-процессоров Digital Alfa, в качестве жестких дисков используются высокоскоростные и надежные дисковые системы общим объемом, измеряемым терабайтами (1 Тбайт = 1000 Гбайт). Полнотекстовый ин-



Принцип построения полнотекстового индекса

декс системы содержит информацию о 550 миллионах Web-страниц на 20 национальных языках, включая русский, японский, китайский и корейский. Более того, обеспечивается автоматический перевод результатов поиска на многие языки (к сожалению, русского среди них пока нет). Производительность системы такова, что, обрабатывая одновременно множество запросов со всего света, она обеспечивает время ответа порядка 0,4–0,5 с.

Новейшие научные достижения в области мультимедиа позволили поисковым системам индексировать не только тексты, но и встроенные в Web-страницы изображения, звуковые и видеофайлы. Например, соответствующий индекс AltaVista учитывает более 90 миллионов мультимедиа-объектов.

Вслед за AltaVista в интернете появились конкурирующие поисковые системы: Lycos, WebCrawler (от *crawle* – ползать), InfoSeek, Google и ряд других; поисковую услугу ввела и фирма Yahoo.



Наибольших успехов на поприще поисковых систем добилась компания Google, образованная в 1998 году двумя друзьями – аспирантами Стенфордского университета Ларри Пейджем (Page, Larry; р. 1973) и выходцем из России Сергеем Брином (Brin, Sergey; р. 1973). Само на-



Основатели Google Ларри Пейдж и Сергей Брин

звание «google» образовано от слова «googol», которое в 1938 году придумал американский математик Эдвард Каснер (Kasner, Edward) для обозначения «самого большого числа, которое можно себе представить», выражаемого единицей со 100 нулями. Компания старается оправдать это название, ее поисковый индекс по состоянию на начало мая 2005 года содержал ссылки более чем на

8 миллиардов Web-страниц. Но самыми главными достоинствами поисковой машины Google являются высокое качество и скорость полнотекстового поиска. Еще будучи студентами, Сергей Брин и Ларри Пэйдж придумали технологию link popularity, которая при вычислении релевантности кроме всего прочего учитывает количество и качество ссылок на страницы с других страниц (Page Rank).

Самым удивительным в поисковой машине Google является то, что она совсем не рассчитана на суперкомпьютеры. Вместо этого там используются кластеры, содержащие десятки, если не сотни, тысяч про-

стенных и дешевых компьютеров на платформе Intel. Механизм поиска построен таким образом, что запросы равномерно распределяются между тысячами процессоров, в результате скорость поиска по гигантскому индексу измеряется долями секунды.



Домашняя страница Google отличается простотой и лаконичностью

Такие свойства системы принесли ей необыкновенную популярность во всем мире. По некоторым оценкам, до 70% всего поискового сервиса в мировом интернете обеспечивается поисковыми машинами Google. В 2004 году акции компании вышли на фондовую биржу, к исходу первого дня торгов на планете появились два новых миллиардера.

Российские поисковые системы если не по объему, то по качеству поиска не уступают западным. И хотя наличие флексий (изменяемых частей слова) в русском языке существенно усложняет задачу построения полнотекстовых индексов, накопленный отечественной наукой опыт построения библиографических информационно-поисковых систем позволил создать мощные и удобные в использовании поисковые системы, самыми известными из которых являются Яндекс, Rambler и Aport. Кстати, в русскоязычных поисковых системах также используется Page Rank, например, в Яндекс он называется индексом цитирования.



В штаб-квартире Google в Силиконовой долине

Социальные и экономические последствия интернет-революции

Предельная легкость, интуитивная понятность и универсальность Web-интерфейса, наличие в Сети развитых средств поиска сделали интернет к началу XXI века универсальной информационно-коммуникационной средой и мощным средством ускорения информационной революции, о которой мы говорили в самом начале этой книги. И хотя сетевые технологии продолжают бурно развиваться, предлагая пользователям все новые и новые высокоуровневые услуги и соответствующие им протоколы, уже сейчас ясно, что компьютерные сети изменили мир не в меньшей степени, чем сами компьютеры. Билл Гейтс, хоть и с опозданием, но все же оценивший роль информационных сетей в современном мире, высказался очень образно и точно: «Интернет завтра будет тем, чем сегодня является автомобиль».

Последствия этого феномена, его влияние на социальную сферу – науку, культуру, образование, здравоохранение, – а также на всю мировую экономику еще предстоит осмыслить и оценить. По этому поводу написана не одна книга и будет написано еще очень много, недаром в ряде вузов, в частности в Томском государственном университете, создаются кафедры гуманитарных проблем информатики. В данном разделе мы лишь упомянем некоторые, уже очевидные результаты продолжающейся интернет-революции.

Средства массовой информации. Глобальная телекоммуникационная система в корне меняет деятельность средств массовой информации. На смену бумажным газетам и журналам приходят электронные; обычное радиовещание и телевидение, пока уступающее сетевому из-за низкой пропускной способности каналов связи, будет неизбежно вытесняться «видео по требованию», а домашние телевизоры будут снабжены интернет-приставками. В этой перспективе вполне логичными являются действия крупнейших медиа-компаний, направленные на глубокую интеграцию традиционных и перспективных средств массовой информации. Например, в 2001 году весь мир был свидетелем рекордной по масштабам (более 120 млрд долларов) сделки между крупнейшим интернет-провайдером America On-Line и газетно-телевизионной империей Time Warner, которой принадлежит, среди прочих, знаменитый круглосуточный новостной канал CNN. В результате их слияния образовался медиа-гигант с годовым доходом более 40 млрд долларов, знаменующий новый уровень информационных технологий в XXI веке.

Образование и культура.

Интенсивное накопление в Сети познавательных и информационных ресурсов (учебных, научных и художественных книг, справочников, электронных копий произведений изобразительного искусства, музыкальных записей и т.д.) может принципиальным образом изменить систему профессионального и эстетического образования. Для нашей безбрежной страны это важно вдвойне, так как с помощью интернета сокровища мировой науки и культуры становятся доступными не только обитателям больших городов с их музеями и библиотеками, но и жителям самых отдаленных селений, которые можно подключить к информационным магистралям по спутниковым радиоприемам типа DirecPC. Тем самым складываются благоприятные условия для предоставления населению новых видов



Штаб-квартира Time Warner

Для нашей безбрежной страны это важно вдвойне, так как с помощью интернета сокровища мировой науки и культуры становятся доступными не только обитателям больших городов с их музеями и библиотеками, но и жителям самых отдаленных селений, которые можно подключить к информационным магистралям по спутниковым радиоприемам типа DirecPC. Тем самым складываются благоприятные условия для предоставления населению новых видов

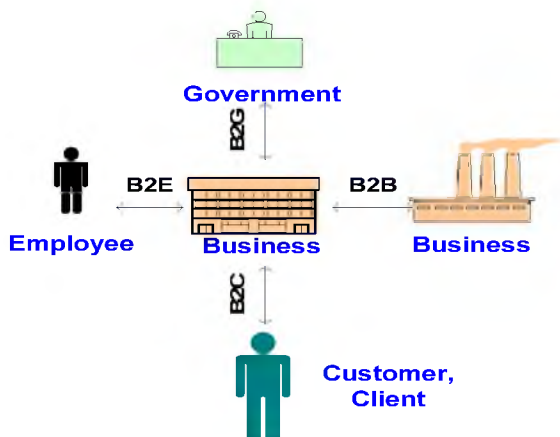
образовательных услуг. В частности, в последние годы очень активно развивается система дистанционного обучения, дающая возможность получить профессиональное образование в лучших вузах страны независимо от места жительства.



Здравоохранение. Список социальных последствий интернет-революции можно продолжать еще долго, мы упомянем еще лишь одну, но важную тему – телемедицину. Речь идет о возможности получения по интернету консультаций в режиме on-line у ведущих специалистов, находящихся на расстоянии тысяч километров от постели больного, то есть о создании некоторого виртуального госпиталя. Работники здравоохранения считают это направление исключительно перспективным, именно поэтому американский проект интернета нового поколения NGI, о котором мы уже упоминали, в значительной степени ориентирован на задачи телемедицины.

Не менее значительным является влияние интернет-революции на **экономику**. На рисунке в схематической форме представлены основные связи некоторого хозяйствующего субъекта (Business) с собственными работниками (Employee), покупателями и клиентами (Customer, Client), другими субъектами бизнеса, а также правительственными учреждениями (Government). Для обозначения этих связей в современном компьютерном жаргоне используются специфические сокращения вроде B2B, которое получилось, когда во фразе Business to Business предлог «to» изменили на аналогичное по звучанию числительное «two», а

потом на цифру 2. С появлением общедоступной, надежной и защищенной мировой телекоммуникационной системы эти сложившиеся десятилетиями традиционные связи приобретают новые формы, появляются невиданные доселе возможности.



Сетевые связи бизнеса

B2E (бизнес – работник). Всегда считалось непреложной истиной, что работник не только физического, но и творческого труда должен находиться на своем предприятии «от звонка до звонка», только там он мог общаться с коллегами, получать задания и отчитываться о проделанной работе. Компьютерные сети снимают это ограничение. Мы уже говорили о технологиях групповой работы (groupware), которые позволяют создавать виртуальные творческие коллективы, физически распределенные по всему земному шару. Члены рабочей группы, могут совместно работать над проектами, в режиме конференций организовывать обсуждения заданий и результатов. Такой режим работы оказывается исключительно удобным как для работников, которые получают возможность участвовать в бизнесе, не выходя из дома, так и для предприятий, избавляющихся от многих проблем, связанных с содержанием производственной инфраструктуры. Для работы через интернет не существует государственных границ и бюрократических барьеров, поэтому данный вид деятельности в последнее время получил очень широкое распространение среди квалифицированных программистов, которые, не покидая своей страны, работают на иностранные софтверные компа-

нии и получают соответствующее материальное вознаграждение. Объем мирового рынка оффшорного программирования в 2001 году оценивался в 78 млрд долларов, из них на долю России приходилось 154 млн или 0,2 %.

В2В (бизнес – бизнес). Деловые отношения между предприятиями традиционно реализовывались через почтовый документооборот. Кроме всего прочего, это было связано с ответственностью за совершаемые сделки, так как только бумажные документы, удостоверенные подписями и печатями, имели юридическую силу. Совершенно ясно, что электронная почта позволяет резко сократить бумажный поток и ускорить оперативность производственных отношений, но здесь возникает один принципиальный вопрос: как передать по компьютерной сети удостоверяющие реквизиты так, чтобы их нельзя было подделать? Для решения этой трудной задачи были предложены остроумные методы, основанные на современных достижениях криптографии. В разделе, посвященном браузеру Netscape, мы уже упоминали имена трех математиков из Массачусетского технологического института Рональда Ривеста, Эди Шамира и Леонарда Адлемана, создавших в 1977 году первый алгоритм электронной подписи RSA, подделать которую значительно труднее, чем рукописную. В настоящее время во многих странах элек-



Слева направо: Рональд Ривест, Эди Шамир, Леонард Адлеман

тронная подпись законодательно приравнивается к собственноручной, ею скрепляются даже международные договоры. В этом отношении Россия не отстала от остального мира: Федеральный закон «Об электронной цифровой подписи», принятый в конце 2001 года, открывает широкие перспективы перед электронным документооборотом в бизнесе.

B2G (бизнес – правительство). Правительство здесь понимается в широком смысле как совокупность всех уровней и ветвей государственной власти и муниципального самоуправления. Активное внедрение информационно-коммуникационных технологий в это звено позволяет решить несколько важных задач.

С одной стороны, упрощается и ускоряется система отчетности предприятия перед многочисленными контролирующими организациями. В передовых странах такая практика давно уже стала нормой, да и в нашей стране некоторые учреждения (налоговая инспекция, пенсионный фонд и др.) кроме заверенных бумажных отчетов требуют представления их копий на дискетах, когда же повсеместно будет внедрена электронная подпись, большинство официальных документов можно будет переслать по интернету.

С другой стороны, сама власть становится более прозрачной для бизнеса, уменьшается возможность различных злоупотреблений. В частности, на электронную основу переводятся торги на поставку продукции для государственных нужд, что делает конкурсы равно открытыми для всех предприятий.

В последнее время для обозначения системы компьютеризированных информационных связей между властью, бизнесом и населением все чаще употребляется термин «электронное правительство». Это понятие фигурирует и в принятой в 2001 году федеральной целевой программе «Электронная Россия», рассчитанной на перспективу до 2010 года с общим объемом финансовых ресурсов, превышающим 70 млрд рублей. Согласно официальному документу,

«Основной целью программы являются повышение эффективности функционирования экономики, государственного управления и местного самоуправления за счет внедрения и массового распространения информационно-коммуникационных технологий, создание технологических предпосылок для развития гражданского общества за счет обеспечения прав на свободный доступ к информации, расширение подготовки специалистов по информационным технологиям и квалифицированных пользователей».

В рамках этой программы предполагается разработать и принять ряд законов прямого действия, суть которых невозможно исказить ведомственными инструкциями, облегчающими электронное взаимодействие хозяйствующих субъектов с органами государственной власти и местного самоуправления. Законы должны защитить бизнес от произ-

вола некомпетентных или коррумпированных чиновников и помочь образованию гражданского общества. Кроме того, предстоит развить информационно-коммуникационную инфраструктуру для обеспечения такого взаимодействия, включающую федеральные и муниципальные сети передачи данных, информационные базы общего назначения, стандарты и системы электронного документооборота и т.д.

В2С (бизнес – покупатель / клиент). Как известно, в условиях развитой рыночной экономики произвести товар или быть готовым оказать некоторую услугу – это еще полдела, не менее важно донести товар до покупателя, а услугу до клиента. На это направлена деятельность гигантской современной индустрии маркетинга и торговли, которая ищет все новые и новые способы представить товар на рынке и облегчить сам процесс покупки.

Развитие интернета, и особенно Всемирной паутины, втянувшей в свои сети сотни миллионов потенциальных покупателей, предоставило принципиально новые возможности для развития торговли. Все, до чего додумались изобретательные продавцы, перечислить невозможно, здесь мы перечислим лишь основные направления использования интернет-технологий в звене производитель – покупатель.

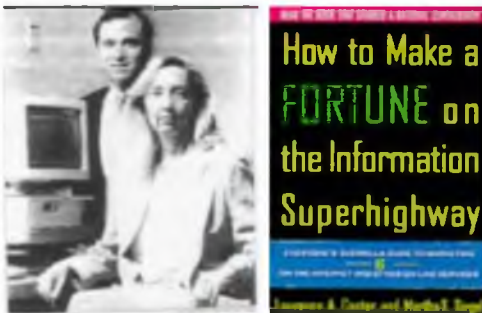
Прежде всего о рекламе, которая, как все знают, является двигателем торговли и которая заполонила все традиционные средства массовой информации. Неудивительно, что как только появились интернет-услуги, появилась и паразитирующая на этих услугах реклама. Первыми ее жертвами стали группы новостей Usenet и электронная почта, где она проявила себя в форме *спама* (*spam*), что на компьютерном жаргоне означает непрошенный поток рекламных сообщений, информационный мусор. Это слово имеет необычное происхождение. В стандартном англо-русском словаре оно переводится как «консервированный мясной фарш», переносное



значение в компьютерном жаргоне появилось благодаря американскому телесериалу «Monty Python's Flying Circus», в одной из серий которого все диалоги заглужались до абсурда навязчивой рекламой мясных консервов.

Попытка варварского использования Usenet в корыстных интересах впервые зарегистрирована 12 апреля 1994 года. В этот день супружеская чета адвокатов из штата Аризона – Марта Зигель (Siegel, Martha) и

Лоуренс Кантер (Canter, Laurence) – разослала в 6000 конференций Usenet сообщение о том, что их контора оказывает платные услуги по составлению заявок на участие в ежегодной лотерее Госдепартамента США, победители которой получают вид на жительство Green Card. Разразился скандал, возмущенные читатели новостей потребовали отключения адвокатского компьютера от сети, однако те сопротивлялись, доказывая, что их действия не противоречат закону. Пока шла перепалка, супруги успели опубликовать книгу, в которой рассказывается, как сделать состояние на Usenet.



Лоуренс Кантер, Марта Зигель и их книга

Первый крупный скандал по поводу почтового спама разразился в США в сентябре 1996 года. Клиенты крупнейшего интернет-провайдера America On-Line (AOL) пожаловались на то, что их почтовые ящики засыпаются рекламной почтой, исходящей от другой американской компании – Cyber Promotions. Эта фирма, состоящая из шести человек, рассылала ежедневно до 1,3 миллиона электронных писем. Фирма обслуживала около 5000 рекламодателей, основными заказчиками были представители мелкого бизнеса, стоимость рекламной кампании составляла от 60 до 1500 долларов. AOL подала в суд, но дело проиграла, так как сетевой спам, в отличие от распространяемого по факсу, американскими законами не запрещен. Таким образом, получателям электронной почты приходится бороться с этим злом собственными силами, устанавливая в клиентских программах специальные фильтры, однако попытки поставить спам вне закона не прекращаются.



Сэнфорд Уоллес (он же Spamford, он же Spam King) – деолог спама, основатель компании Cyber Promotions Inc.

31 мая 2002 года Европейский парламент принял Постановление о защите данных электронных коммуникаций. В соответствии с принципом «opt-in» маркетинговым компаниям запрещена рассылка массовых электронных писем, факсов и мгновенных сообщений без согласия адресата. К сожалению, постановление не сможет защитить пользователей от рекламных рассылок, осуществляемых с территории государств, не входящих в состав ЕС, а также от действий спаммеров, нелегально рассылающих миллионы электронных писем и не подчиняющихся никакому законодательству.

Появление Web-интерфейса открыло перед сетевой рекламой новые возможности. На HTML-страницах рекламируемые товары можно не только упомянуть в тексте, но и показать во всей красе. Содержание рекламы расширилось, ее объектами стали не только товары, но и сами Web-страницы. Стандартной формой рекламы в WWW являются баннеры (banner – «знамя, флаг») – небольшие картинки стандартных размеров, очень часто анимированные, пропорциями напоминающие флажки. Щелчок по такой картинке вызывает переход на рекламируемую Web-страницу. Создание остроумных привлекательных баннеров и размещение их на чужих сайтах превратилось в специфический вид бизнеса. Организованы целые сети, предоставляющие услуги по размещению баннеров как за плату, так и на условиях взаимобмена.

Выставив товары в интернете, находчивые деятели сетевого бизнеса поставили следующую логически вытекающую задачу – тут же их и продать. Интернет-торговля (internet trade) зародилась в США в середине 1990-х годов и лавинообразно распространилась по всему миру, однако она создавалась не на пустом месте. Издавна в США, да и в других развитых странах процветала торговля по почте, когда покупатель выбирал товар по каталогу, а магазин, получив денежный перевод, немедленно отправлял покупку адресату. Система была отлажена до совершенства, срок исполнения заказа, не считая времени нахождения товара в пути, составлял 1–2 дня. На страницах этой книги мы уже не раз сталкивались с посылочной формой торговли: из провинциального Альбукерке Эдвард Робертс рассылал первые персональные компьютеры Altair, по почте торговал компиляторами с языка Паскаль Филипп Кан. В принципе, таким образом можно торговать любыми товарами, однако наиболее удобными для посылочной торговли считаются книги, компакт-диски, видеокассеты и программное обеспечение.

Именно с этих товаров начал интернет-торговлю ее родоначальник Джеффри Безос (Bezos, Jeffrey Preston; р. 1964). Легенда бизнеса, удо-

стоенный журналом «Time» звания «человек 1999 года», Безос родился в Альбукерке, окончил с отличием Принстонский университет по кафедрам электронно-измерительные приборов и информатики, через два года поступил на работу в один из банков на Уолл-Стрит, где разработал компьютерную систему для обслуживания актива банка величиной в 250 млрд долларов. Еще через два года стал самым молодым вице-президентом за всю историю компании и имел прекрасные возможности для дальнейшего роста. Но он мечтал о собственном деле и настойчиво искал точку приложения своих сил. Однажды в начале 1994 года в его руки попали статистические данные, которые круто изменили всю его жизнь. Безос узнал, что годовой оборот интернета вырос на 2300%, и понял, что это уникальный шанс для человека, который хочет совместить традиционные технологии коммерции с компьютерными.

Уволившись с работы, Безос перебрался на западное побережье в Сиэтл и рядом со знаменитым книжным супермаркетом Ingram основал виртуальный книжный магазин Amazon. Сайт Amazon.com открылся 30 июня 1995 года, в первую неделю доходы фирмы составляли около



Джеффри Безос
(р. 1964)



5 тысяч долларов, во вторую – 10 тысяч, а к истечению второго года работы – 150 млн долларов в год, при этом операционные издержки измерялись всего 13 тысячами долларов в квартал. Сверхвысокая рен-

табельность объяснялась очень просто: виртуальному магазину не нужны торговые залы и склады, поступившие по интернету заказы тут же переадресовывались реальным поставщикам продукции.

В начале XXI века годовой доход Amazon приблизился к 3 млрд долларов, в каталоге компании значится свыше 2,5 миллионов названий книг и других товаров, более 10 миллионов человек ежегодно посещают ее сайт. С помощью интернета был поставлен мировой рекорд скорости обогащения. Генри Форду понадобилось 23 года, чтобы заработать свой первый миллиард на автомобильном бизнесе. Гений розничной торговли Сэм Уолтон (Walton, Sam) – основатель крупнейшей в мире сети магазинов Wal-Mart – сделал это за двадцать лет. Даже Билл Гейтс свой первый миллиард получил за двенадцать лет. Джеффри Безос стал миллиардером за три года.



Генри Форд (Ford, Henry; 1863-1947)
- за **23** года



Сэм Уолтон (Walton, Sam; 1918-1992)
- за **20** лет



Билл Гейтс (Gates, Bill; р. 1955) -
за **12** лет



Джеффри Безос
(Bezos, Jeffrey;
р. 1964)
- за **3** года !

Свой первый миллиард долларов заработали...

В России торговля через интернет делает пока первые шаги, да и то в крупных городах, где заказанный товар может быть доставлен курьером в тот же день. Что касается всей огромной страны, то здесь не обойтись без почтовой службы, которая пока работает со скоростью, способной дискредитировать любую посылочную торговлю. Тем не менее по ряду товаров (книги, компакт-диски, видеофильмы), где богатство ассортимента перевешивает неудобства, связанные с ожиданием, эта форма торговли успешно развивается.

В целом аналитики предвидят резкое увеличение электронного бизнеса в ближайшие годы. И хотя оценки сильно различаются, эксперты

уверенно заявляют, что в начале XXI столетия сетевая коммерция взрывоподобно возрастет. Объем розничной интернет-торговли в 2004 году оценивается величиной 400 млрд долларов, однако опыт последних лет показывает, что развитие Сети предвидеть невозможно, действительность опережает самые смелые прогнозы.

§ 4.10. Выводы

1. История электросвязи насчитывает чуть больше полутора веков, за это время скорость передачи данных росла с экспоненциальной скоростью, удваиваясь каждые пять лет.

2. Первыми устройствами электрической связи были телеграфные аппараты различных конструкций, изобретенные Павлом Шиллингом (1832 г.), Чарльзом Уитстоном (1837 г.), Самюэлем Морзе (1837 г.). Наиболее совершенным из них являлся самопишущий аппарат Морзе, получивший мировое распространение. Благодаря релейным ретрансляторам дальность трансконтинентальной телеграфной связи превысила 10 000 км. Первый трансатлантический телеграфный кабель длиной 3500 км был проложен в 1858–1866 годах.

3. Телефонный аппарат был изобретен в 1876 году Александром Беллом, но до создания ламповых усилителей в первой трети XX века дальность междугородной телефонной связи ограничивалась расстоянием в 500–700 км. Первый трансатлантический телефонный кабель с промежуточными усилителями был проложен лишь в середине XX века, в 1956 году.

4. Изобретателем радио является Александр Попов (1895 г.), однако основные практические достижения на начальном этапе развития радиосвязи принадлежат Нобелевскому лауреату Гульельмо Маркони. В 1901 году он впервые передал радиосигнал через океан.

5. Первая работающая система телевидения была создана Владимиром Зворыкиным в США в 1932 году. Регулярные телепередачи начались в Германии и Англии с 1936 года.

6. Основные понятия современной теории связи были сформулированы Клодом Шенноном в 1948 году. Согласно модели Шеннона, система связи в общем виде состоит из источника сообщений, преобразователя сообщений в сигнал, канала связи, преобразователя сигнала в

сообщение и получателя сообщений. Сообщения могут иметь различную форму (текст, речь, музыка, изображение и др.). Сообщения, получаемые или принимаемые автоматическими устройствами, называются данными; данные обычно представлены в двоично-кодированном виде.

7. Носителями сообщений в системах электросвязи являются электрические сигналы, которые подразделяются на цифровые и аналоговые. Цифровые сигналы характеризуются числом возможных состояний и скоростью манипуляции. Аналоговые сигналы характеризуются частотным спектром. Спектр реальных сигналов имеет конечную ширину.

8. Сигналы передаются по каналам электросвязи, которые бывают также аналоговыми и цифровыми. С точки зрения потребителя аналоговый канал характеризуется шириной полосы пропускания и уровнем шумов. Стандартный телефонный канал пропускает полосу частот от 300 до 3400 Гц. Цифровые каналы характеризуются скоростью передачи данных, измеряемой в бит/с, и частотой ошибок.

9. Для того чтобы передать аналоговый сигнал по цифровому каналу, он должен быть оцифрован, то есть представлен в импульсно-кодированном виде (PCM). Оцифровка включает дискретизацию, квантование уровней и двоичное кодирование. Согласно теореме Котельникова, минимальная частота дискретизации равна удвоенной ширине спектра сигнала.

10. Для передачи цифрового сигнала по аналоговому каналу он преобразуется в аналоговую форму с помощью процедуры модуляции. Скорость передачи двоичных данных по аналоговому каналу при любом виде модуляции ограничена теоретическим пределом, вычисляемым по формуле Шеннона: $C = F \log_2(1 + S/N)$.

11. Каналы электросвязи между двумя пунктами организуются посредством системы электросвязи, которая состоит из каналообразующей аппаратуры и линии передачи. По одной линии передачи с помощью аппаратуры мультиплексирования (уплотнения) может быть образовано несколько каналов.

12. Линии передачи состоят из отрезков передающей среды и промежуточного оборудования. По типу передающей среды линии передачи подразделяются на проводные (воздушные и кабельные) и беспроводные (наземные и спутниковые). Наиболее распространенным типом

проводных линий для ближней связи являются кабельные линии из витых пар медных проводников, для междугородных магистральных линий чаще всего используются коаксиальные высокочастотные кабели. В последнее время традиционные медные кабели активно вытесняются волоконно-оптическими.

13. Для компенсации ослабления сигнала в дальних линиях передачи устанавливается промежуточное оборудование. В зависимости от вида передаваемых сигналов (аналоговые или цифровые) происходит усиление либо регенерация сигналов. Длина усилительного или регенерационного участка зависит от типа кабеля и сокращается с расширением спектра передаваемых частот аналогового сигнала или с повышением скорости манипуляции цифрового сигнала, а также с увеличением числа каналов в многоканальной системе.

14. Для охвата связью территории, включающей множество пунктов, создаются сети связи, которые делятся на первичные и вторичные. Первичная сеть представляет собой основу единой сети связи страны в целом (магистральная первичная сеть), отдельной географической зоны (внутризоновая сеть) или населенного пункта (местная сеть). Первичные сети обычно монополизированы и контролируются государством, однако в последнее время наблюдаются процессы их демополизации.

15. На базе первичной сети строятся разнообразные вторичные сети, предоставляющие абонентам различные виды услуг – телефонию, радиовещание, телевидение, передачу данных и т.д. Вторичная сеть состоит из узлов коммутации, связанных соединительными линиями, и абонентов, подключенных к узлам абонентскими линиями. По способу соединения абонентов между собой вторичные сети делятся на некоммутируемые и коммутируемые, в последних соединение между абонентами удерживается только на время сеанса связи.

16. Важнейшей проблемой развития вторичных, в том числе компьютерных сетей является «проблема последней мили», то есть способа подключения абонента к ближайшему узлу коммутации. Для компьютерных сетей в настоящее время существует несколько вариантов:

- коммутируемое аналоговое соединение по телефонной сети общего пользования, скорость передачи данных до 56 кбит/с;
- коммутируемое цифровое ISDN-соединение (до 128 кбит/с);
- некоммутируемое цифровое DSL-соединение (0,5–10 Мбит/с в зависимости от длины и качества медной линии);

- оптический кабель (10–1000 Мбит/с в зависимости от типа кабеля);
- оптический луч в атмосфере (2–10 Мбит/с);
- наземная радиолиния (0,2–10 Мбит/с);
- радиодоступ через сотовый телефон (до 170 кбит/с);
- спутниковая асимметричная радиолиния типа DirecPC (нисходящий канал до 400 кбит/с, восходящий канал организуется любым из указанных выше способов).

16. Компьютерные сети в своем развитии пережили три поколения:

- первое поколение (1950-е и 60-е годы) – подключение удаленных терминалов к компьютерам (телеобработка, теледоступ);
- второе поколение (1970-е годы) – подключение компьютеров друг к другу, создание изолированных компьютерных сетей;
- третье поколение (1980-е и 90-е годы) – подключение сетей друг к другу, образование всемирной «сети сетей» Internet.

17. Эксперименты по телеобработке начались еще до создания электронных компьютеров, в качестве терминалов использовались буквопечатающие телеграфные аппараты. После изобретения модемов и видеотерминалов в 1960–70-е годы в передовых странах были созданы разветвленные системы теледоступа, а также сети ЭВМ с коммутацией каналов на основе телефонных линий общего пользования.

18. В Советском Союзе в 1970-е годы по инициативе академика В.М. Глушкова была провозглашена программа создания Общегосударственной автоматизированной системы (ОГАС) на базе Государственной сети вычислительных центров коллективного пользования (ГСВЦ) и Единой государственной сети передачи данных (ЕГСЖД). В рамках этой программы были построены экспериментальные ВЦ коллективного пользования в Таллине, Туле, Минске и Томске. В целом проект ГСВЦ стимулировал развитие вычислительной техники и информатики в стране и привел ко многим позитивным переменам, но полностью его реализовать не удалось из-за ненадежности отечественной вычислительной техники и низкого качества линий передачи. Опыт показал, что создание крупномасштабных компьютерных сетей, основанных на принципе коммутации каналов, в условиях ненадежной связи в принципе невозможно.

19. Принцип коммутации сообщений и пакетов в сетях передачи данных предложили в 1961–1964 годах независимо друг от друга три

автора: Леонард Клейнрок (MIT и UCLA), Пол Бэрэн (Rand Corporation), а Дональд Дэвис (Национальная физическая лаборатория, Великобритания). По сравнению с коммутацией каналов коммутация сообщений имеет преимущества в надежности и экономичности, однако требует для своей реализации наличия в узлах коммутации полноценных компьютеров. Кроме того, неизбежно возникают задержки из-за переприема сообщений, которые могут быть уменьшены, если сообщения передаются не целиком, а короткими пакетами.

20. Первая практическая реализация идеи пакетной коммутации была осуществлена в компьютерной сети Министерства обороны США ARPAnet, запущенной в эксплуатацию в конце 1969 года. Эксперименты показали ее исключительную устойчивость и эффективность, в результате чего стала бурно разрастаться, охватив множество университетов, правительственных и иных некоммерческих организаций. В 1970-годы в США и Европе стали создаваться другие некоммерческие, а также коммерческие компьютерные сети пакетной коммутации, изолированные друг от друга и несовместимые по форматам и процедурам передачи данных.

21. Проблема совместимости компьютерных сетей могла быть решена двумя способами: необходимо было либо унифицировать внутреннюю технологию построения сетей, с тем чтобы они были изначально совместимыми, либо искать пути объединения различных сетей на внешнем, межсетевом уровне.

22. По пути полной унификации пошла группа ведущих производителей сетевого оборудования и телефонных компаний, объединившаяся под эгидой МККТТ. Ими была разработана стандартная система протоколов передачи данных под названием «Рекомендация X.25». Многочисленные коммерческие и частные сети, построенные по стандартам X.25, обеспечивали гарантированную и защищенную передачу пакетов на ненадежных и медленных каналах связи.

23. Путь меж сетевого взаимодействия (internetworking) избрало сообщество академических и других некоммерческих сетей, сплотившееся вокруг ARPAnet. С этой целью Роберт Кан и Винтон Серф в 1974–1983 годах разработали семейство межсетевых протоколов TCP/IP, позволяющих объединять разнородные сети, не вмешиваясь в их внутренние механизмы работы. С 1983 года на него перешла ARPAnet, затем к ней подключились другие сети, образуя глобальную сеть сетей

Internet

(в русскоязычном варианте это слово рекомендуется употреблять как имя нарицательное и писать со строчной буквы).

24. В последующие годы интернет развивался лавинообразно, превратившись из технического феномена в социальный. Число подключенных компьютеров ежегодно удваивалось и к 2001 году составило 109 миллионов. Это неизбежно привело к коммерциализации интернета в 1990-е годы. На смену Министерству обороны США и Национальному научному фонду (NSF), поддерживавших инфраструктуру интернета в первые годы его существования, пришли частные компании, открывшие новую рыночную нишу сетевых услуг.

Бурное развитие интернета быстро привело к исчерпанию пропускной способности его магистралей. Радикальным образом (увеличение скорости передачи данных в тысячу раз) эту проблему решает строительство информационных супермагистралей в рамках американских проектов Next Generation Internet – NGI и Internet2, стартовавших в 1996 году. Аналогичные проекты реализуются в других странах.

25. Родоначальником российского интернета является Институт атомной энергии им. Курчатова (ИАЭ), на базе которого в 1990 году была основана первая коммерческая сеть Relcom. Некоммерческие академические сети начали создаваться в 1994–1996 годах. Российским аналогом американской научной сети NSFnet стала федеральная сеть RBNet, оператором которой является Российский НИИ развития общественных сетей (РосНИИРОС). Университетское сообщество связано спутниковой сетью RUNnet во главе с Московским университетом.

26. Локальные вычислительные сети (LAN), основанные на принципе селекции пакетов в ширококвещательной среде, появились несколько позже территориальных сетей пакетной коммутации (WAN), однако в дальнейшем они получили широчайшее распространение и явились теми кирпичиками, из которых впоследствии с помощью WAN был построен интернет.

Впервые принцип селекции был опробован в ширококвещательной радиосети Aloha, созданной в 1970 году на Гавайских островах. В 1973 году Роберт Меткалф из Xerox PARC предложил в качестве общего эфира использовать проводную магистраль, в 1976–1980 годах он разработал технологию Ethernet, которая в последующие годы стала самым популярным промышленным стандартом для организации LAN.

27. Сети передачи данных образуют телекоммуникационную основу, на которой строятся современные компьютерные сети, построенные по многоуровневой схеме. Каждому уровню сетевого взаимодействия соответствуют правила (протоколы), определяющие стандартизованные форматы и процедуры взаимодействия объектов. Классической и наиболее подробной считается семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection – OSI), предложенная в начале 1980-х годов Международной организацией по стандартизации (ISO), однако в этой модели можно выделить три обобщенных слоя.

28. Нижние уровни коммуникационных протоколов (в модели OSI – первый и второй) образуют канальный слой, определяющий базовую технологию доставки пакетов данных между абонентами в пределах одной сети. В настоящее время для локальных сетей наиболее популярной является технология Ethernet, для магистральных глобальных сетей – Frame relay (развитие X.25) и АТМ.

29. Средний – транспортный – слой коммуникационных протоколов (в модели OSI – с третьего по пятый уровни) отвечает за надежную доставку целостных сообщений, в том числе за пределы одной локальной сети. Существуют семейства (стеки) взаимосвязанных протоколов транспортного слоя, самым известным из которых является стек протоколов интернета TCP / IP. В нем протокол IP задает глобальную адресацию абонентов и определяет процедуру доставки одного пакета, а протокол TCP обеспечивает надежную передачу целостных сообщений. Поскольку цифровой формат IP-адреса неудобен конечному пользователю, в интернете организована система доменной адресации абонентов (DNS).

30. Протоколы верхних уровней (в модели OSI – шестой и седьмой), надстроенные над транспортным слоем, образуют прикладной слой. Он предоставляет пользователям высокоуровневые услуги локальной или глобальной компьютерной сети. Каждый сетевой сервис может быть организован либо по одноранговой, либо по клиент-серверной технологии. Одноранговая технология обычно применяется для поддержки простых услуг (доступ к общим файлам и устройствам) в локальных сетях, клиент-серверные технологии типичны для сервисов интернета, а также для корпоративных интранет- и экстранет-сетей.

31. Современные высокоуровневые услуги интернета сформировались в результате тридцатилетней эволюции:

- исторически первым сетевым сервисом была эмуляция удаленного терминала по протоколу Telnet (1969 г.);
- следующей высокоуровневой услугой стала передача файлов, в локальных сетях она до сих пор является одним из основных видов сервиса. В интернете передача файлов производится по протоколу FTP, разработанному в 1972 году;
- основным видом сервиса на первом этапе развития глобальных сетей была электронная почта (E-mail), ведущая свою историю с 1972 года. Функционирование электронной почты обеспечивается несколькими протоколами, наиболее популярными из которых является протокол отправки почты SMTP и протокол получения почты POP3. На основе стандартной электронной почты в интернете реализовано еще несколько высокоуровневых сервисов, например, списки рассылки и почтовые конференции;
- в 1979 году была предложена технология групп новостей, специализированная сеть Usenet обмена новостями для пользователей системы Unix в дальнейшем превратилась в одну из крупнейших глобальных информационных систем. В 1986 году с помощью протокола NNTP группы новостей стали доступны в интернете;
- для обмена текстовыми сообщениями в режиме реального времени разработано несколько технологий. С 1988 года пользователи интернета могут вести беседу (chat) на основе протокола IRC. В 1997 году израильская фирма Mirabilis предложила прикладной протокол и технологию ICQ, давшую возможность фирме America on-Line организовать глобальную службу мгновенных сообщений (интернет-пейджинг);
- с начала 1990-х годов в интернете начали развиваться мультимедиа-услуги. К ним относятся компьютерная телефония, видеоконференции, потоковое радио- и видеовещание. Эти виды сервиса стали возможны благодаря изобретению эффективных алгоритмов компрессии мультимедийной информации, основанных на фундаментальных математических и психофизиологических исследованиях. Для сжатия статических изображений разработан метод JPEG (1988 г.), для кодирования видеопотока и звукового сопровождения предложены стандарты MPEG, первый из которых создан в 1992 году, а наиболее совершен-

ный MPEG-4 к 2000 году еще находился в состоянии частичной реализации.

32. Особым видом сетевого сервиса является накопление и совместное использование информационных ресурсов. Элементы этого сервиса содержались уже в группах новостей и FTP-архивах, однако его истинное развитие началось после того, как в 1989–1991 годах почти одновременно были предложены две новых интернет-технологии, основанные на различных принципах:

- технология Gopher, разработанная в Университете штата Миннесота, представляет собой распределенную по интернету файловую систему, имеющую иерархическую структуру в виде дерева каталогов. Клиентская программа Gopher позволяет осуществлять навигацию по рубрикам каталогов и копировать на компьютер выбранный файл. Для облегчения поиска в Gopher-пространстве была разработана информационно-поисковая система Veronica. В первой половине 90-х годов технология Gopher пользовалась очень большой популярностью, однако впоследствии она была вытеснена более совершенной технологией WWW;
- технология World Wide Web (синонимы – WWW, Web, Всемирная паутина), созданная в Европейском центре ядерных исследований (CERN) в Женеве, базируется на идее гипертекста, связывающего паутиной перекрестных ссылок документы, размещенные в различных местах интернета. Рассчитанная первоначально только на обслуживание специалистов в области ядерной физики, информационная система WWW в дальнейшем получила широчайшее распространение, радикальным образом изменив облик современного интернета.

33. История гипертекста начинается с классической статьи Ванневара Буша (1945 г.), содержащей описание идеи электромеханической машины «Метех» для хранения больших массивов документов, перенятых на микрофильмы, при этом переход между документами должен был совершаться по взаимным ссылкам.

Сами термины «гипертекст» и «гипермедиа» были впервые предложены Тедом Нельсоном в 1965 году в связи с гипотетическим проектом *Xanadu* – всемирным хранилищем знаний, сохраняющим любую написанную или произнесенную мысль, связанную перекрестными ссылками с ранее занесенными понятиями или высказываниями. Несмотря на

очевидную фантастичность этого проекта в современных условиях, сама идея гипертекста нашла воплощение в ряде документальных информационных систем, разработанных в последующие годы: проект NLS для мэйнфреймов Дугласа Энгельбарта (1968 г.), HyperCard для Apple Macintosh (1987 г.), Lotus Notes (1989 г.), Windows Help (1995 г.).

34. Духовным отцом World Wide Web является англичанин Тим Бернерс-Ли, предложивший в 1989 году ключевые принципы этой технологии:

- язык разметки гипертекстовых страниц HTML,
- протокол передачи гипертекста HTTP,
- универсальный локатор ресурсов URL,
- общий интерфейс шлюза CGI.

Бернерс-Ли сам написал первый HTTP-сервер и Web-браузер, а в 1994 году организовал и возглавил международный WWW-консорциум (W3C), целью которого является стандартизация этого сервиса.

35. Несмотря на большие потенциальные возможности, Web-технологии на начальном этапе распространялись довольно медленно, так как все созданные к этому времени браузеры имели текстовый интерфейс и были не очень удобны для широкого круга пользователей. Ситуация коренным образом изменилась после создания в 1993 году Марком Андресеном из Национального центра суперкомпьютерных приложений Иллинойского университета графического браузера Mosaic.

Благодаря чрезвычайно простому и понятному рядовому пользователю интерфейсу, WWW-сервис, а вместе с ним и весь интернет получили мощнейший импульс развития. В последующие годы число сайтов ежегодно удваивалось, достигнув к 2001 году 29 миллионов. С помощью связующих средств через Web-интерфейс стали доступны практически все другие популярные виды сетевого сервиса: электронная почта, группы новостей, Gopher, сетевое вещание и др.

36. Феномен взрывного расширения Всемирной паутины во второй половине 1990-х годов получил название Web-революции. Эта революция разворачивалась на фоне коммерциализации интернета и привела к формированию специализированного рынка сетевого программного обеспечения, в первую очередь графических Web-браузеров.

В течение первых лет монополистом на рынке была фирма Netscape Communications Corp, организованная Марком Андресеном и Джимом

Кларком. Выпущенный в 1994 году браузер Netscape Navigator, созданный на основе Mosaic, установил фактический стандарт на все последующие аналогичные продукты и за короткое время приобрел огромную популярность. В 1996 году в ожесточенную схватку за передел рынка вступила фирма Microsoft с браузером Internet Explorer, началась продолжавшаяся почти пять лет «война браузеров». В итоге ценой огромных усилий и гигантских финансовых вложений Internet Explorer практически вытеснил Netscape Navigator с платформы Windows в менее населенную нишу других платформ.

37. В связи с резким расширением Всемирной паутины чрезвычайно актуальной стала задача нахождения необходимых пользователю ресурсов. Для поиска в Web разработаны специальные технологии, образовались компании, которые сделали это предметом своего бизнеса.

Средства поискового сервиса делятся на два типа: каталоги с ручным индексированием Web-страниц, аналогичные библиотечным рубрикам, и поисковые системы (search engines), осуществляющие автоматическое составление полнотекстовых индексов. Пробразом всех интернет-каталогов стала информационная система Yahoo! (1994 г.), давшая жизнь одноименной фирме. Поисковые системы берут начало от AltaVista, созданной в 1995 году фирмой Digital Equipment. Технологии поиска, основанные на современных достижениях лингвистики, теории искусственного интеллекта, прикладной математики и информатики, продолжают интенсивно развиваться.

38. Предельная легкость, интуитивная понятность и универсальность Web-интерфейса, наличие в Сети развитых средств поиска сделали интернет к началу XXI века универсальной информационно-коммуникационной средой и мощным рычагом ускорения продолжающейся информационной революции. Мировая информационная сеть стала самым непосредственным образом влиять на социальную (средства массовой информации, образование, здравоохранение и т.п.) и экономическую сферу.

Влияние сетевых технологий на экономику прослеживается в изменении отношений хозяйствующего субъекта с собственными работниками (B2E), другими субъектами бизнеса (B2B), клиентами и покупателями (B2C), органами власти и управления (B2G):

- в звене B2E внедряются технологии групповой работы, дающие возможность предоставлять работу через интернет и образовывать виртуальные творческие коллективы. Процветают

творческая работа на дому и рынок оффшорного программирования;

- в звене В2В происходит замена традиционного бумажного документооборота безбумажным, возникающие при этом юридические проблемы решаются использованием электронной цифровой подписи, узаконенной во многих странах, в том числе России;
- в звене В2G с помощью сетевых технологий упрощается и ускоряется система отчетности предприятия перед контролирующими организациями. Сама власть становится более прозрачной для бизнеса, постепенно формируется понятие «электронного правительства»;
- в звене В2С происходит бурное развитие не только интернет-рекламы, породившей негативное явление почтового спама, но и торговли через интернет. Первый виртуальный книжный магазин Amazon.com был открыт Джеффри Безосом в 1995 году, за несколько лет он продемонстрировал чрезвычайно большие возможности интернет-торговли и послужил прототипом для множества аналогичных предприятий по всему миру.

§ 4.11. Комментарии и ссылки на источники

Материал этой главы по сравнению с предыдущими излагается более подробно и даже с некоторыми элементами теории. Это объясняется двумя обстоятельствами.

Во-первых, как показывает опыт общения с первокурсниками, в вопросах телекоммуникации они ориентируются значительно слабее, чем в технических вопросах устройства компьютеров. Практически каждый первокурсник, поступивший учиться на компьютерную специальность, довольно грамотно рассуждает о процессорах, их достоинствах и недостатках, поэтому излагать начальные сведения по вычислительной технике мы посчитали излишним. С другой стороны, в школьной программе совершенно не затрагиваются основы передачи сообщений, без которых совершенно непонятно, каким образом компьютеры связываются в сеть.

Во-вторых, начиная с самых первых дней обучения, студенты сталкиваются с компьютерными сетями практически – в компьютерных классах, в общежитиях, при поиске информации или общении в интер-

нете. При этом пользователь сталкивается с множеством сетевых терминов: «пакет», «протокол», «интерфейс» и т.п. Поскольку обстоятельное знакомство с теорией компьютерных сетей произойдет только на старших курсах, на начальной стадии очень полезно иметь общее представление.

§ 4.1

Ранняя история телеграфии, телефонии, история развития кабельных линий связи популярно и занимательно изложена в прекрасной книге Шарле [47]. Книга имеет подзаголовок «Прошлое, настоящее и будущее кабелей связи». В частности, в ней описывается драматическая история прокладки первых трансатлантических телеграфных кабелей. Для XIX века эти события значили примерно то же, что запуск космического спутника в веке XX. В канадском интернете есть специальный сайт <http://collections.ic.gc.ca/canso/earlycab/tech.htm>, посвященный трансатлантическим кабелям.

Биографию Морзе в ряду других великих американских изобретателей можно прочитать в книге известного писателя Митчела Уилсона [43]. Глава, посвященная Морзе, называется «Бог вразумит!» Она доступна в интернете по адресу <http://www.n-t.org/tp/it/morse.htm>.

Истории электросвязи, в основном отечественной, посвящен соответствующий раздел виртуального компьютерного музея <http://www.computer-museum.ru/connect/0.htm>.

§ 4.2 – 4.3

В государственных стандартах высшего профессионального образования по программистским специальностям не предусмотрено систематического изучения основ теории и техники передачи сообщений. Это можно рассматривать как большое упущение, имея в виду объективное сближение компьютеров и средств связи. В настоящем параграфе даются самые первичные понятия теории связи, которые более детально раскрываются в других курсах. В частности, теория распространения электрических сигналов по длинным линиям (классические «телеграфные уравнения») и спектральное разложение сигналов изучаются в курсе «Физические основы ЭВМ», понятие количества информации по Шеннону и основы теории кодирования – в курсе «Структуры и алгоритмы

обработки данных». Поскольку будущему специалисту начальных сведений недостаточно, мы рекомендуем познакомиться с этой важной и очень интересной проблематикой самостоятельно. Для первоначально-го вхождения в предмет можно рекомендовать хотя и немного устаревшие в практической части, но доступные через библиотеки учебники для технических вузов, изданные в 80-е годы [40, 48].

В литературе по электросвязи, особенно переводной, наблюдается разнородность в терминологии. По этой причине всем, имеющим дело с данной областью знаний, необходимо пользоваться унифицированной терминологией, регламентированной отечественными государственными стандартами [11–13].

§ 4.4

Американский и японский опыт создания вычислительных сетей с коммутацией каналов и вычислительных центров коллективного пользования описан в сборниках переводов [34]. С концепцией Государственной сети ВЦ коллективного пользования и Общегосударственной автоматизированной системы (ОГАС) лучше познакомиться по книгам автора этой концепции академика В.М. Глушкова [10, 37]. Практический проект создания отечественных ВЦКП анализируется в монографии под ред. В.Н. Мясникова и Ф.И. Перегудова [7]. Томский подход к построению территориальной АСУ изложен в монографии под редакцией Ф.И. Перегудова [39], написанной необычным по составу коллективом авторов. В него, кроме кибернетиков (к которым относится и автор этих строк), вошли философ, экономист, юрист. К сожалению, проекты АСУ различных уровней, активно поддерживаемые партийными и советскими органами власти в 70-е и 80-е годы, во многом носили характер политической кампании и были в определенной степени дискредитированы развернувшейся вокруг них пропагандистской шумихой. Поэтому при смене политического строя в начале 90-х годов, когда все, относящееся к советскому периоду жизни страны, безоговорочно отрицалось, терминология прошлых лет, по своей сути правильная и ни в чем не виноватая, стала как бы неприличной и вышла из употребления. На смену ей пришли политически нейтральные термины «компьютеризация», «информатизация». Вместо АСУ стали говорить АИС (автоматизированные информационные системы) или КИС (корпоративные информационные системы), однако суть от этого не изменилась. Хотя технические концепции многих проектов АСУ устарели, идеи, касаю-

щиеся принципов автоматизации (информатизации, компьютеризации) человеко-машинных систем не потеряли актуальности. Жизнь многократно подтверждает тезис о том, что новое – это хорошо забытое старое, поэтому для поиска новых идей полезно время от времени перечитывать труды классиков.

§ 4.5

История интернета с исчерпывающей полнотой представлена в самом интернете. В Сети имеется ряд хронологий, самая исчерпывающая, несомненно, принадлежит Роберту Закону (Robert H'obbes' Zakon). Ее можно найти по адресу <http://www.isoc.org/zakon/Internet/History/HIT.html>. В хронологии также представлены количественные показатели, характеризующие сегодняшнее состояние интернета. Из других доступных сетевых источников упомянем также *The History of the Net*. – <http://www.ocean.ic.net/ftp/doc/nethist.html>; *Internet Chronology by Lawrence G. Roberts*. – <http://www.ziplink.net/~lroberts/InternetChronology.html>; *Краткий курс истории интернета*. – <http://cspi.org.ru/rus/story.htm>; *A Brief History of Computer Networking and the Internet*. – <http://www.postech.ac.kr/cse/hpc/research/webcache/book/overview/history.htm>. Воспоминания Винтона Серфа под названием *How the Internet Came to Be* опубликованы по адресу <http://www.virtualschool.edu/mon/Internet/CerfHowInternetCame2B.html>.

Рассказывая о родоначальниках идеи пакетной коммутации, мы вскользь упомянули фирму RAND Corporation. Эта компания является типичным представителем «фабрик мысли» [21], которые сыграли чрезвычайно важную роль в развитии американской науки и техники. Фирма была образована сразу после войны, в 1946 году, совместным решением Министерства обороны и корпорации Douglas и первоначально занималась прикладными военными исследованиями в интересах Военно-воздушных сил. Однако уровень привлеченных специалистов был столь высок, что научные отчеты RAND стали источником идей для развития новых перспективных направлений во многих областях наук – от математики и компьютерных технологий до геополитики и футурологии. Студент, изучающий информатику, не раз столкнется с

упоминанием этой фирмы в курсах системного анализа, методов оптимизации, исследования операций, математической экономики.

Новейшие американские проекты интернета нового поколения описаны в статье П. Крил «Internet2 стартует» (Computerworld Россия, 1999. – № 9). См. также <http://www.vbns.net/index.html>; <http://scv.bu.edu/vBNS/Seminar-10feb97/I2Apps/I2Internet2.html>.

Наиболее полно история российского интернета опубликована в «Летописи русского Интернета: 1990–1999», составленной Е. Горным по заказу московского представительства АЙРЕКС («Совет по международным исследованиям и научным обменам») для книги [36]. Электронная версия летописи доступна по Сети по адресу http://www.zhurnal.ru/staff/gorny/texts/ru_let/.

Кроме того, см. статью П. Храмцова [45]. Электронную публикацию с таким же названием по адресу http://www.internetbook.ru/chapt1_2.htm; историю Релкома по адресу http://wp.nm.ru/inet/tema1_4.htm. Хронология российского интернета доступна по адресу <http://www.kgtu.runnet.ru/E-Library/runet.htm>. Хронология сети RUNnet расположена по адресу <http://www.runnet.ru/history.htm>, а сети RBnet – по адресу <http://www.ripn.net:8080/rbnet/description.html>.

§ 4.6

История и принципы работа сети Aloha с исчерпывающей полнотой описаны в статье ее основоположников [52] (http://www.ulib.org/webRoot/Books/Saving_Bell_Books/SBN%20Computer%20Strucutres/csp0432.htm). Историю и развитие технологии Ethernet с точки зрения фирмы 3Com можно прочитать на русском сайте этой фирмы по адресу <http://www.3com.ru/netage/march00/history.html>. На русском языке в интернете доступна статья В. Дорохина «Локальные вычислительные сети: создание и развитие». – <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/lan.htm>.

§ 4.7

Архитектура и принципы построения современных компьютерных сетей подробно изучаются в курсе «Компьютерные сети» на старших курсах. Здесь мы попытались дать первичные понятия о протоколах и сетевых службах, необходимые для понимания последующего материала. Исчерпывающее по полноте и прекрасное по методике изложение принципов построения компьютерных сетей можно прочитать в учебнике В.Г. Олифер и Н.А. Олифер [33].

Среди многочисленных интернет-ресурсов, посвященных сетевым технологиям, особо отметим сайт на русском языке <http://book.itep.ru/preword.htm>, созданный преподавателем МФТИ Ю.А. Семеновым по материалам его книг «Сети интернет. Архитектура и протоколы», «Протоколы и ресурсы интернет», «Протоколы интернет: Энциклопедия». Сайт содержит более 1000 Web-страниц и отличается энциклопедичностью изложения.

§ 4.8

Практическое умение работать в интернете в настоящее время является совершенно необходимым для любого специалиста, не обязательно профессионально связанного с информатикой. По данным наших опросов, более половины первокурсников имеют дома компьютеры с модемами либо пользуются другой возможностью работать в Сети. Однако часто посещение интернета ограничивается простым перескакиванием со ссылки на ссылку во Всемирной паутине. Данный параграф имеет целью сделать вводный обзор основных сервисов интернета, которые затем будут закрепляться спецкурсами и практическими занятиями. Для более обстоятельного знакомства с технологиями и ресурсами интернета, включая электронную почту, FTP-архивы, форумы и группы новостей, чаты, сетевое вещание, IP-телефонию и т.д., можно рекомендовать книгу В.П. Леонтьева [27]. Как пишет сам автор, эта книга написана не программистом, а продвинутым пользователем. В книге даются практические советы по установке клиентов для доступа к различным сервисам, приведены адреса справочных систем интернета.

Коллекцию смайликов можно найти по адресу <http://www.vvsu.ru/lgis/Russian/IPC/smiles.htm>.

Словарь англоязычных сокращений для IRC и других аналогичных систем общения см. по адресу <http://fido7.newmail.ru/dict.htm>.

Изложение принципов сжатия мультимедийной информации см. на упомянутом выше сайте Ю.А. Семенова <http://book.itep.ru/preword.htm>.

§ 4.9

История зарождения Web интересна не только сама по себе, она поучительна еще и потому, что фундаментальные идеи, высказанные классиками, реализованы не только в WWW, но и в других информационных системах, а некоторые еще ждут реализации. Не исключено, что проекты Memex и Xanadu в чем-то могут повторить судьбу аналитической машины Бэббиджа: опережая свое время на много десятилетий, они смогут воплотиться в жизнь на технологической базе середины XXI века. Как показывает опыт, классические работы не теряют своей актуальности по сей день. По этому поводу американский историк технологий Майкл Шерри заметил: «Чтобы понять мир Билла Гейтса и Билла Клинтона, попытайтесь сначала понять Ванневар Буша».

Перечень событий, связанных с Web, имеется в уже упоминавшейся хронологии Роберта Закона <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>, либо в хронологии Андерберга «History of the Internet and Web» по адресу <http://www.geocities.com/~anderberg/ant/history/>. В качестве эпиграфа к последней приведены знаменитые слова Исаака Ньютона «If I have seen farther than others, it is because I stood on the shoulders of giants – Я видел дальше других потому, что стоял на плечах гигантов».

Биографические статьи Леонида Черняка «Ванневар Буш – царь науки» и «Ванневар Буш – изобретатель гипертекста» помещены на сайте компьютерного музея по адресам <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/intern3.htm> и <http://www.computer-museum.ru/galglory/4.htm> соответственно. Классическая статья самого Буша (на английском языке) находится по адресу <http://www.theatlantic.com/unbound/flashbks/computer/bushf.htm>.

Домашняя страничка Теда Нельсона находится по адресу <http://www.sfc.keio.ac.jp/~ted/>. Проекту Xanadu посвящен специальный сайт <http://www.xanadu.com/>.

Основным разработчиком семейства продуктов Lotus Notes продолжает оставаться фирма Iris, являющаяся в настоящее время дочерней компанией корпорации IBM и имеющая собственный сайт <http://www.iris.com/web/home.nsf/Pages/AboutIris>, там работают более 400 сотрудников. Компания Lotus Development (<http://www.lotus.com>), также вошедшая в структуру IBM, занимается распространением продукции и обучением пользователей. Следует отметить, что IBM, в отличие от Microsoft, уделяет недостаточное внимание популяризации своих программных продуктов, поэтому литературы по системе Lotus Notes неизмеримо меньше, чем по Microsoft Office. Наиболее полной книгой на русском языке является энциклопедия пользователя [28].

Не следует думать, что Lotus Notes может использоваться только в клиент-серверном корпоративном варианте. Автор этих строк успешно использует данную систему на домашнем компьютере для ведения баз данных по собственным документам, а также по материалам, найденным в интернете. Каждый, кому приходится иметь дело с множеством текстов на компьютере, знает, как трудно бывает найти нужный документ, если неизвестно имя файла и его местонахождение среди папок файловой системы. Механизм полнотекстового индексирования Lotus Notes позволяет мгновенно отыскать подходящие тексты по ключевым словам.

Биография Тима Бернерс-Ли на русском языке имеется по адресу <http://www.peoples.ru/undertake/internet/berners-lee/>. Подробное изложение истории Web, его современного состояния и перспектив развития можно найти на сайте WWW-консорциума <http://www.w3.org>.

История создания браузеров Mosaic и Netscape и последовавшая за ней «война браузеров» хорошо описаны в статье, посвященной Netscape Communication, по адресу <http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/netscape.html>.

Драматическая биография Джима Кларка с художественной силой описана в книге [30].

Свое отношение к всемирной Сети, круто изменившееся к 1995 году, Билл Гейтс изложил в книге «Дорога в будущее» [9], вышедшей в

этом же году и вскоре ставшей бестселлером. Электронную версию книги можно скачать из интернета по адресу <http://www.exe-book.ukrbiz.net/billg.htm>. Логическим продолжением этой публикации является новая книга Гейтса «Бизнес со скоростью мысли» [8], вышедшая в переводе на русский язык в 2001 году и специально посвященная проблемам влияния интернета на бизнес.

§ 4.12. Контрольные вопросы

1. Как растет скорость передачи данных в системах электро-связи?
2. Кем и когда был изобретен телеграфный аппарат?
3. Кем и когда был изобретен телефонный аппарат?
4. Какова была дальность телеграфной и телефонной связи в конце XIX века?
5. Когда была установлена трансатлантическая кабельная теле-графная и телефонная связь ?
6. Каков вклад Попова и Маркони в развитие радиотехники? Кто из них был удостоен Нобелевской премии?
7. Кто и когда создал первую работающую систему электронного телевидения? Когда и где начались регулярные телевизион-ные передачи?
8. Чем информация отличается от сообщения?
9. Есть ли связь между понятиями «информация» и «количество информации»?
10. Что такое сигнал? Какие бывают сигналы?
11. Как выглядит цифровой сигнал и какими характеристиками он описывается?
12. Как выглядит аналоговый сигнал? Что такое спектр аналого-вого сигнала?
13. Какими потребительскими характеристиками описываются цифровые и аналоговые каналы электросвязи? Что такое стандартный канал ТЧ?
14. Как передать аналоговый сигнал по цифровому каналу? Что утверждает теорема Котельникова?
15. Как передать цифровой сигнал по аналоговому каналу? Что утверждает формула Шеннона?

16. Как устроена одноканальная и многоканальная система электросвязи?
17. Какие бывают линии передачи?
18. Как происходит компенсация ослабления аналоговых и цифровых сигналов в линиях передачи? От чего зависит длина усилительных и регенерационных участков?
19. Что такое первичные и вторичные сети связи?
20. Что такое «проблема последней мили» и какими способами она решается?
21. Каковы поколения компьютерных сетей?
22. Чем принцип коммутации каналов отличается от принципа коммутации сообщений? Каковы их достоинства и недостатки?
23. В чем преимущества коммутации пакетов перед коммутацией сообщений?
24. Когда и где была осуществлена первая практическая реализация сети пакетной коммутации?
25. Что такое сетевые протоколы?
26. Когда и кем были разработаны интернет-протоколы TCP / IP?
27. Чем локальные компьютерные сети отличаются от глобальных? Каков принцип передачи пакетов в локальных сетях?
28. В какой сети впервые был реализован принцип селекции пакетов?
29. Кто является автором технологии Ethernet?
30. В чем преимущество иерархической организации коммуникационных служб и протоколов?
31. Каковы функции нижнего (канального) слоя сетевых протоколов?
32. Каковы функции среднего (транспортного) слоя сетевых протоколов?
33. Что такое интернет в точном смысле этого слова?
34. Каковы функции верхнего (прикладного) слоя сетевых протоколов?
35. Чем клиент-серверная технология отличается от одноранговой?
36. Каковы основные высокоуровневые услуги, предоставляемые интернетом?
37. Кто и когда изобрел электронную почту?
38. Что такое IRC и ICQ?

39. Какова основная проблема мультимедийных сервисов в интернете?
40. Что такое битрейт?
41. Каковы основные мультимедийные услуги имеются в интернете?
42. В чем суть технологии gopher?
43. Кто является родоначальником гипертекста?
44. Кем и в связи с реализацией какого проекта был введен в оборот термин «гипертекст»?
45. Приведите примеры реализации документальных гипертекстовых систем.
46. Кем, где и когда была предложена технология World Wide Web?
47. Каковы основные составляющие технологии WWW?
48. Роль Марка Андресена в развитии технологии WWW.
49. Что скрывается за выражением «война браузеров»? Кто победил в этой войне?
50. Почему развитие WWW называют Web-революцией? С какой скоростью развивался интернет в последние годы XX века?
51. Чем интернет-каталоги отличаются от поисковых систем?
52. Расшифруйте сокращения B2B, B2E, B2C, B2G.
53. Какие возможности предоставляет интернет в сфере отношений предприятий с работниками?
54. Какие возможности предоставляет интернет в сфере отношений между предприятиями?
55. Какие возможности предоставляет интернет в сфере отношений предприятий с органами власти?
56. Какие возможности предоставляет интернет в сфере отношений предприятий с покупателями и клиентами?
57. Что такое «спам»? Каково происхождение этого слова?
58. Кто является родоначальником интернет-торговли?

Литература

1. *Андреева Е., Фалина И.* Информатика: Системы счисления и компьютерная арифметика. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 1999. – 256 с.
2. *Апокин И. А., Майстров Л. Е.* История вычислительной техники: От простейших счетных приспособлений до сложных релейных систем. – М.: Наука, 1990. – 264 с.
3. *Бауэр Ф. Л., Гооз Г.* Информатика. Вводный курс: Пер. с англ. / Под ред. А. П. Ершова. – М.: Мир, 1976. – 485 с.
4. *Вавилова А. С., Жевелева И. С.* Электронные вычислительные машины за рубежом. – М.: Машгиз, 1962. – 236 с.
5. *Васкевич Д.* Стратегии клиент-сервер: Руководство по выживанию для специалистов по реорганизации бизнеса. – Киев: Диалектика, 1996. – 384 с.
6. *Вычислительная техника за рубежом.* – М.: Изд-во ИПМ и ВТ, 1974.
7. *Вычислительные центры коллективного пользования / В. Н. Мясников, А. Л. Щерс, И. Б. Виннер и др. / Под ред. В. Н. Мясникова и Ф. И. Перегудова.* – М.: Финансы и статистика, 1982. – 264 с.
8. *Гейтс Б.* Бизнес со скоростью мысли: Пер. с англ. – М.: ЭКСМО-ПРЕСС, 2001. – 477 с.
9. *Гейтс Б.* Дорога в будущее: Пер. с англ. – М.: Русская редакция, 1996. – 312 с.
10. *Глушков В. М.* Основы безбумажной информатики. 2-е изд. – М.: Наука, 1987. – 552 с.
11. *ГОСТ 15971-90.* Системы обработки данных. Термины и определения.
12. *ГОСТ 17657-79.* Передача данных. Термины и определения.
13. *ГОСТ 24402-88.* Телеобработка данных и вычислительные сети. Термины и определения.
14. *Громов Г. Р.* Национальные информационные ресурсы: Проблемы промышленной эксплуатации. – М.: Наука, 1985. – 210 с.
15. *Гультияев А. К.* Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.: Корона-принт, 1999. – 288 с.
16. *Гутер Р. С., Полунов Ю. Л.* Джон Непер. – М.: Наука, 1980. – 224 с.
17. *Гутер Р. С., Полунов Ю. Л.* От абака до компьютера. – М.: Знание, 1981. – 208 с.
18. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных: Пер. с англ. 6-е изд. – Киев: Диалектика, 1998. – 784 с.
19. *Джесксон Т.* Intel: Взгляд изнутри. Как Энди Гроув создал мирового лидера по производству микросхем. – М.: Изд-во «ЛЮРИ», 1998. – 346 с.
20. *Джермейн К.* Программирование на IBM/360: Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 870 с.

21. Диксон П. Фабрики мысли: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1976. – 452 с.
22. Знакомьтесь: компьютер: Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. В.М. Курочкина. – М.: Мир, 1989. – 240 с.
23. Ичбиа Д., Кнеллер С. Билл Гейтс и сотворение Microsoft: Серия «След в истории». – Ростов н/Д: Феникс, 1997. – 352 с.
24. Кнут Д. Все про TeX. – Протвино: АО RDTeX, 1993. – 575 с.
25. Котельников И. А., Чеботаев П. З. Издательская система LATEX 2ε: Учебное пособие. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 2001. – 496 с.
26. Крил П. Internet2 стартует // Computerworld Россия, 1999. – № 9.
27. Леонтьев В. П. Новейшая энциклопедия Интернет. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002. – 607 с.
28. Линд Д., Керн С. Lotus Notes и Domino 5. Энциклопедия пользователя: Пер. с англ. – Киев: Изд-во «ДиаСофт», 2000. – 656 с.
29. Львовский С. М. Набор и верстка в пакете LaTeX. 2-е изд. – М.: Космосинформ, 1995. – 373 с.
30. Льюис М. Новейшая новинка. История Силиконовой долины: Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 384 с.
31. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. – Киев: Фирма «КИТ» ВТОВ «А.С.К.», 1995. – 384 с.
32. Михайлов А. И., Черный А. И., Гиляревский Р. С. Основы информатики. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1968. – 756 с.
33. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Изд-во «Питер», 1999. – 672 с.
34. Организация управления в фирме «Контрол дейта». – М.: Прогресс, 1974. – 359 с.
35. Очерки истории информатики в России / Ред.-сост. Д. А. Поспелов и Я. И. Фет. – Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГТМ СО РАН, 1998. – 662 с.
36. Российский Интернет: на пороге больших перемен. – Поматур, 2000. – 240 с.
37. Сети ЭВМ / В. М. Глушков, Л. А. Калинин, В. Г. Лазарев и др. / Под ред. В. М. Глушкова. – М.: Связь, 1977. – 280 с.
38. Симонс Дж. ЭВМ пятого поколения: компьютеры 90-х годов: Пер. с англ.; Предисл. В. А. Мясникова. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 173 с.
39. Системное проектирование АСУ хозяйством области / Ф. И. Перегудов, Б. А. Гладких, А. А. Савенко и др. / Под ред. Ф. И. Перегудова. – М.: Статистика, 1977. – 159 с.
40. Системы электросвязи: Учебник для вузов / В. П. Шувалов, Г. П. Катунин, Б. И. Крук и др. / Под ред. В. П. Шувалова. – М.: Радио и связь, 1987. – 512 с.
41. Соучек Б. Мини-ЭВМ в системах обработки информации. – М.: Мир, 1976. – 520 с.
42. Гоффлер Э. Третья волна. – М.: Изд-во АСТ, 1999. – 784 с.

43. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. – М.: Знание, 1975. – 152 с.
44. Филинов Е. До полного века осталось еще 10 лет // PC Week/RE №40, 2001, с. 31. – <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/ibm90.htm>.
45. Храпцов П. Internet в России // Открытые системы. – 1996. – № 1.
46. Частиков А. П. История компьютера. – М.: Информатика и образование, 1996. – 128 с.
47. Шарле Д. Л. По всему земному шару. Прошлое, настоящее и будущее кабелей связи. – М.: Радио и связь, 1985. – 320 с.
48. Электросвязь. Введение в специальность: Учеб. пособие для вузов / В. Г. Дурнев, А. Ф. Зеневич, Б. И. Крук и др. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
49. Энциклопедия для детей. Т. 22. Информатика. – М.: Аванта+, 2003. – 624 с.
50. Язык компьютера: Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. В. М. Курочкина. – М.: Мир, 1989. – 240 с.
51. Японские сети вычислительных центров: Сб. статей. – М.: Мир, 1977. – 398 с.
52. Binder R., Abramson N., Kuo F., et al. ALOHA Packet Broadcasting: A Retrospect // Comm. ACM. – 1976. – V. 19. – No. 7. – P. 395–404.

Указатель персоналий

А

Абрамсон, Норман, 360, 361
Адлеман, Леонард, 418, 435
Акушский И.Я., 60, 97
Аллен, Пол, 117, 189, 228
Андриссен, Марк, 415, 418
Атанасов, Джон, 65
Аткинсон, Вильям, 410

Б

Бабаян Б.А., 102, 106
Базилевский Ю.Я., 91
Бардин, Джон, 109
Барксдейл, Джеймс, 417
Барнэби, Роб, 251
Бежанова М.М., 196
Безос, Джеффри, 440
Белл, Александер, 286
Белловин, Стив, 388
Берг А. И., 13
Беркс, А., 72
Бернерс-Ли, Тим, 410, 414
Берри, Клиффорд, 66
Бина, Эрик, 415
Блок, Ричард, 54
Бодо, Жан, 296
Бойс, Рэй, 247
Бонч-Бруевич М.А., 27
Браттейн, Вальтер, 109
Браун, Карл, 288
Брин, Сергей, 428
Брежнев Л.И., 98

Бренер, Пол, 255
Бриклин, Дэниэл, 257
Брук И.С., 89, 90, 93, 101
Брусенцов Н.П., 96
Бурцев В.С., 101
Буш, Ванневар, 32, 403, 404, 458
Бьккенен, Джеймс, 284
Бэббидж, Чарльз, 39–44, 48, 50, 53
Бэббидж, Генри, 44
Бэкус, Джон, 186, 194
Бэрэн, Пол, 339

В

Ван Вейнгаарден, 197
Ван Эмден, Мартин, 211
Варнок, Джон, 255
Веселов, Евгений, 252
Виктория, королева, 284
Вильямс, Чарли, 287
Винер, Норберт, 12, 22
Вирт, Никлаус, 197, 198
Возняк, Стив, 119
Вольта, Алессандро, 26, 282

Г

Галуа, Эварист, 45
Гейтс, Билл, 189, 192, 225, 228, 236,
249, 396, 402, 420, 430, 440
Генри, Джозеф, 27, 283
Гешке, Чарльз, 255
Глушков В.М., 13, 94, 95, 104, 332
Голдстейн, Герман, 68, 75
Гор, Альберт, 352

Горбачев М.С., 333
Гослинг, Джеймс, 207
Грант, Дж., 43
Громов Г.Р., 23, 414

Д

Дал, Оле-Джон, 202
де Форест, Ли, 27
Дженнингс, Том, 336
Джобс, Стив, 119, 135, 230, 255
Дэвис, Дональд, 339
Дэниэл, Стив, 388

Е

Ершов А.П., 15, 16, 22, 184, 196

Ж, З

Жаккар, Жозеф-Мари, 39, 40
Зворыкин В.К., 290
Зигель, Марта, 438

И

Ихбиа, Жан, 200

К

Кан, Роберт, 345, 348, 353
Кан, Филипп, 198, 216
Кантер, Лоуренс, 438
Карцев М.А., 93
Каснер, Эдвард, 428
Каспаров, Гарри, 145
Кей, Алан, 129, 203
Кемени, Джон, 187
Кемпбелл, Роберт, 54
Килби, Джек, 110
Килдол, Гэри, 118, 227
Кларк, Джим, 416, 417

Клейнрок, Леонард, 339, 343, 344
Клинтон, Билл, 352, 458
Кнут, Дональд, 256
Ковальский, Роберт, 211
Кодд, Эдгар, 246
Кожухин Г.И., 196
Колеридж, Самуэль, 408
Колмогоров А.Н., 13
Кольмари, Ален, 211
Корбато, Фернандо, 222
Королев Л.Н., 226
Косыгин А.Н., 98
Котельников В.А., 301
Крей, Сеймур, 84, 85
Крокер, Стив, 343
Крутовских С.А., 100
Кубла Хан, 405
Куриц, Томас, 188
Кэньон, Род, 151
Кэпор, Митчел, 259, 408, 411

Л

Лаврентьев М.А., 90, 165
Лавлейс (Байрон), Ада, 44
Лавров С.С., 196
Лампорт, Лесли, 277
Ларионов А.М., 100
Лебедев С.А., 89, 91, 99, 102
Лейбниц, Готфрид, 37, 47, 62
Лигачев Е.К., 333
Ликлайдер, Джозеф, 338
Линдер, Пол, 403
Лир В.И., 23
Лопато Г.П., 96
Любимский Э.З., 196, 226
Ляпунов А.А., 13, 15, 184, 193, 196

М

Маккарти, Джон, 209, 221, 222
Мак-Кахил, Марк, 403
Мак-Кензи, Кэвин, 389
Малиновский Б.Н., 165
Манн, Томас, 285
Мао Дзедун, 98
Маркони, Гульельмо, 288
Марто, Билл, 151
Мартыненко Б.К., 197
Матюхин Н.Я., 93
Мельников В.А., 102
Менабреа, Л.Ф., 44
Меткалф, Роберт, 87, 362-364
Михайлов А.И., 14, 15
Моргенштерн, Оскар, 164
Морзе, Самюэль, 283
Моучли, Джон, 67, 75
Мур, Гордон, 110, 138
Мэдилл, Джон, 336

Н

Наумов Б.Н., 101
Наур, Питер, 195
Нейман, Джон фон, 71–73, 75, 90,
164
Нельсон, Теодор, 404, 408
Непер, Джон, 30
Нигард, Кристен, 202
Никитин Н.В., 30
Нойс, Роберт, 110, 112
Нортон, Питер, 229

О

Однер В.Т., 38
Оззи, Рэй, 411

Ойкаринен, Яркко, 390
Олсен, Кеннет, 86
Оруэлл, Джордж, 170

П

Паскаль, Блез, 34, 35
Паттерсон, Тим, 228
Пейдж, Ларри, 428
Пейперт, Сеймур, 214
Перегудов Ф.И., 333, 454
Пиаже, Жан, 214
Поваров Г.Н., 43, 45
Попов А.С., 288
Поспелов Д.А., 11
Поттосин И.В., 196
Пржиялковский В.В., 96, 100, 167
Пройдаков, Эдуард, 165

Р

Рамеев Б.И., 89, 90, 93, 94, 166
Ривест, Рональд, 418, 435
Ричи, Деннис, 204, 225
Ришелье, кардинал, 34
Робертс, Лоуренс, 338, 342
Робертс, Шелдон, 110
Робертс, Эдвард, 117, 190,
Розинг Б.Л., 289
Рубинштейн, Сеймур, 250
Руже де Лиль, 45
Рузвельт, Франклин, 403
Рэдин, Джордж, 201, 223
Рэтлифф, Уэйн, 260

С

Сазерленд, Иван, 338, 345
Святая Текла, 419

Святой Исидор Севильский, 419

Святой Педро Реганальдо, 419

Серф, Винтон, 348, 353

Скалли, Джон, 133, 170

Сорос, Джордж, 358

Сталин И.В., 91

Стибиц, Джордж, 55, 329

Столлмен, Ричард, 274

Страуструп, Бьярн, 205

Т

Терехов А.Н., 198

Томлинсон, Рэй, 385

Томпсон, Кеннет, 225

Томас, Карл, 37

Томсон, Уильям, 285, 315

Торвальдс, Линус, 240

Тоффлер, Элвин, 23

Траскотт, Том, 388

Тьюринг, Алан, 74

Тэйт, Джордж, 260

Тюрин В.Ф., 227

У

Уилкс, Моррис, 73

Уитстон, Чарльз, 282

Уолтон, Сэм, 440

Уотсон, Томас, 52

Ф

Фило, Дэвид, 423

Флеминг, Джон, 27

Форд, Генри, 440

Фэно, Роберт, 281

Фрэнкстон, Роберт, 258

Х

Харрис, Джим, 151

Холлерит, Герман, 45- 47

Харт, Фрэнк, 343

Хоар, К, 197

Хоппер, Грейс, 54, 191

Хофф, Эдвард, 112

Ц

Цузе, Конрад, 50, 183

Чемберлен, Дональд, 247

Черч, Алонзо, 209

Ш

Шамир, Эди, 418, 435

Шеннон, Клод, 292, 395, 406

Шиккард, Вильгельм, 61

Шиллинг П.Л., 282

Шмидт, Эрик, 414

Шокли, Вильям, 109

Шрейер, Майкл, 250

Шура-Бура М.Р., 92, 176, 184, 196

Шютц П., Шютц Э., 43

Э

Эйкен, Говард, 52, 76

Эйнштейн, Альберт, 188

Эккерт, Джон, 68

Эллисон, Ларри, 247

Энгельбарт, Дуглас, 126-128, 203,
343, 406

Я

Янг, Джерри, 423

Указатель организаций

3Com, 362

A

ABBYY, 257

Acer, 151, 156

Adobe Systems Inc., 255

Advanced Micro Designs (AMD), 150

Advanced Research Projects Agency
(ARPA), 337, 338, 342, 348

Aldus, 255

AlohaNet, 361

Amazon, 441

American National Standard Institute
(ANSI), 191

American Telephone and Telegraph
(AT&T), 225, 287, 318, 342, 346,
417

America-On-Line (AOL), 351, 389,
393, 422, 431, 438

Apple Computer, 118, 154, 229, 410

Ashton-Tate, 260, 261, 263

Augmentation Research Center (ARC),
126, 409

B

Bay Networks, 364

Bell Telephone, 287

Bell Atlantic, 318

Bell Laboratories, 109, 204, 205,
225, 287, 292

Bell South, 318

Bolt Beranek and Newman (BBN), 342,
345, 347, 382

Borland International, 199, 258, 261

British Telecom, 318

Bull, 75

Burroughs, 75, 85

C

C.I.L., 200

Cabletron, 364

Cable&Wireless, 318

CERN, 410

Cisco Systems, 364, 365

CNN, телевизионный канал, 431

Commodore, 118, 120

Compaq Computer, 149, 151, 365

Computer Associates, 258

Computer History Museum, 111

Conference on Data Systems

Languages (CODASYL), 191, 246

Control Data Corporation (CDC), 84–
85, 331

Corel, 256

Cray Research, 85, 101, 144

Cullinet Software, Inc., 246

Cyber Promotions, 438

D

Dell, 151

Deutsche Telecom, 318, 387

Digital Equipment (DEC), 86, 148, 257,
362, 426

Digital Research, 118, 227

Douglas, 455

-
- E
- Eckert & Mauchly Computer Corporation, 75
- Ericsson, 311
- F
- Fairchild Semiconductor, 110
- France Telecom, 318
- Fraunhofer Institute for Integrated Circuits, 396
- Fujitsu, 151
- G
- General Electric, 188, 223
- Global One, 319
- H
- Hewlett-Packard, 114, 119, 140, 151, 155
- Honeywell, 343
- I
- ICL, 165
- International Business Mashines (IBM), 47, 50, 52, 76, 79, 109, 121, 140, 147, 151, 154, 186, 194, 200, 204, 227, 245, 246, 342, 376
- Informix, 248
- Intel, 110, 112, 140, 362
- International Federation for Information Processing (IFIP), 197
- International Standard Organization (ISO), 396
- International Telecommunication Union (ITU), 298, 396
- Internet Configuration Control Board (ICCB), 349
- Internet Network Information Center (InterNIC), 374
- Iris Associates Inc, 408
- Itel, 109
- Itty Bitty Machines, 117
- J
- Joint Photographic Experts Group (JPRG), 396
- L
- Leo, 75
- Lenovo Group, 152
- Lockheed, 201
- Lotus Development, 241, 256, 259, 262, 409, 411
- Lucent Technologies, 364
- M
- MCI Communications, 318
- MCI WorldCom, 319, 353
- Micro DataBase Systems Inc., 263
- Microsoft, 117, 190, 191, 206, 209, 227, 231, 248, 253, 259, 262, 364, 389, 409, 420
- Mirabilis, 352, 389, 391
- MITS, 116, 190
- MOS Technology, 119
- Mosaic Communications Corp, 417
- Motion Picture Expert Group (MPEG), 396
- Motorola, 114, 140
- N
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), 260, 337

- National Center for Supercomputing Applications (NCSA), 415
National Physical Laboratory (NPL), 339
National Science Foundation (NSF), 350, 353
NEC, 151
Netscape Communications Corp., 352, 417, 422
Network Information Center (NIC), 344
NeXT Inc, 135, 230
Nippon Calculating Mashines, 112
Novell, 238, 256, 373
- O, P
- Oracle, 154, 241
Palo Alto Research Center (PARC), 110, 128
Pepsi, 133, 170
Philips, 291
Psion, 155
- R
- Radio Corporation of America (RCA), 290
RAND Corporation, 339, 342, 455
Relation Software Incorporated, 247
Remington Rand, 75
- S
- Seattle Computer Products, 228
Shockley Labs Inc., 110
Siemens, 75
Silicon Graphics Incorporated (SGI), 144, 149, 416
Software AG, 246
Software Arts, Inc., 258
Sperry Rand, 75
Sprint, 318
Standard Oil, 201
Sun Microsystems, 149, 154, 206, 226
SyBase, 248
Symantec, 229
- T
- Tandy Radio Shack (TRS), 118
Teleglobe International Corp, 358
Texas Instruments, 110, 112, 114, 151
Thompson, 291
Time Warner, 433
Toshiba, 156
- W
- Wang, 250
WWW Consortium (W3C), 414
- X, Y, Z
- Xerox, 128, 362
Xerox PARC, 203, 229, 254, 362, 409
Yahoo!, 423
Zuse, 75

А, Б	З
Американский институт стандартов (ANSI), 191	Завод счетно-аналитических машин (САМ), 50
Американское математическое общество, 329	Завод им. Дзержинского, 38
Арсеналь, 254	И
Бюро цензов, 45	Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ), 355
В	Институт перспективных исследований (Принстон, США), 75
Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ), 14	Институт прикладной математики (ИПМ АН СССР), 196, 226
Вычислительные центры коллективного пользования (ВЦКП), 332, 333, 454	Институт программных систем (Переяславль-Залесский), 107
Вычислительный центр АН СССР, 252	Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ иВТ АН СССР), 196, 226
Вычислительный центр МГУ, 96	Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ), 93, 101
Вычислительный центр Сибирского отделения АН СССР, 196	Институт электротехники АН Украинской ССР, 89
Г	К
Гарвардская школа бизнеса, 258	КБ «Дельта», 102
Госплан СССР, 332	Королевское общество (Великобритания), 41
Д	М
Дармутский колледж, 187, 329	Массачусеттский технологический институт (МТИ), 32, 188, 209, 211, 214, 222, 342, 360, 403, 414, 434
ДЕМОС, 356	Межведомственный суперкомпьютерный центр, 106
Е	Международная организация по стандартизации (ISO), 370
Европейский парламент, 438	
Европейский центр ядерных исследований (CERN), 410	

Министерство обороны США, 200,
349

Министерство связи СССР, 317
МККТТ, 298, 347

Н

НАТО, 200

Научно-исследовательский центр
электронной вычислительной
техники (НИЦЭВТ), 99

Научный совет по комплексной
проблеме «Кибернетика», 13

НИИ автоматических приборов, 93

НИИ вычислительных комплексов,
93

НИИ математических машин
(НИИММ), 93

НПО «Кибернетика» (Белоруссия),
107

НТЦ «Модуль», 108

О, П

Объединенный институт ядерных
исследований, 227

Р

РАО ЕС, 317

Релком, 355, 356

РосНИИРОС, 357, 375

Ростелеком, 317, 357

РОЦИТ, 24

Русская православная церковь, 420

С

Святейший Престол, 419

СКБ-245, 91, 93, 97

Совет Министров СССР, 332

Стенфордский исследовательский
институт (SRI), 126, 343, 344

Т

Транстелеком, 317

У

Университеты

Будапештский университет, 72

Гавайский университет, 359

Гарвардский университет, 53, 189

Иллинойский университет, 406,
415

Йельский университет, 259

Калифорнийский университет
в Лос-Анджелесе (UCLA), 339,
343, 344

Калифорнийский университет
в Санта Барбаре (UCSB), 345

Кембриджский университет, 40,
73

Колумбийский университет, 87

Московский государственный
университет, 13, 96, 184, 196,
356

Оксфордский университет, 410

Пенсильванский университет, 67,
68, 75

Принстонский университет, 439

Санкт-Петербургский
(Ленинградский)
государственный университет,
23, 197

Стенфордский университет, 111,
149, 256, 348, 360, 423, 428

Томский государственный университет, 94, 358, 374	Университет штата Юта, 345
Томский политехнический университет (ранее институт), 30	Федеральный технический университет (Швейцария), 198
Тюбингенский университет, 61	Ф
Университет Джона Гопкинса, 67	Федеральный сетевой совет (США), 348, 373
Университет Дьюка, 384	Ц
Университет Хельсинки, 240, 356	Центральное статистическое управление (ЦСУ) СССР, 332
Университет штата Айова, 65	Э
Университет штата Вашингтон, 189	Электротехническая школа им. Мура, 67
Университет штата Индиана, 353	Энергетический институт АН СССР, 90
Университет штата Миннесота, 399, 400	
Университет штата Мичиган, 68	
Университет штата Невада, 401	
Университет штата Северная Каролина, 384	

Указатель технических средств

A	AS/400, 148, 247
ABC (Atanasoff-Berry Calculator), 66	ASCI Q, 149
Alphaserver 8400, 427	В
Altair-8800, 116, 117, 130, 159, 190	Burroughs, 102
Alto, 128, 203	В-5000, 85
AMD, микропроцессоры, 107, 149, 150	Busicom, калькулятор, 112
Apple, 119, 258	С
Apple-I, 119	CDC-6600, 331
Apple-II, 120, 258	Colossus, 74
Macintosh, 132–135, 152, 153, 255	Cray, 225
Newton, 154	Cray-1, Cray-2, Cray-3, 85

- Cray Y-MP, 106
Cyber-70, -72, 85
- D
- DEC Alpha, микропроцессор, 149, 239
Deep Blue, 145
Dynabook, 129, 156
- E, G, H
- EDSAC, 73
EDVAC, 71
Enigma, шифровальная машина, 73
GE-225, 188
Honeywell, 343
- I, J
- Intel, микропроцессоры
i4004, 112, 137, 139
i8008, 113, 137
i8080, 113
i8086, 113, 123, 137
i8088, 113, 123
Pentium (Pro, -II, -III, -IV, Celeron, Xeon), 137, 150
Itanium, 137, 139
Merced, 139
- IAC, 75
- IBM
Табуляторы, 47, 52
IBM-701, 76
IBM-704, 188
IBM-7030 «Stretch», 77
IBM-7090, 222
Deep Blue, 145
IBM PC, 122
- IBM PC AT, 124
IBM PS/2, 124
IBM S/360, 79–83, 87, 99, 140, 164, 167, 200, 221
IBM S/370, 82, 83, 109, 148
IBM S/390, 147
IBM AS/400, 148
IBM RS/6000, 413
- ILLIAC-IV, 85
iMac, 136, 152
JOHNIAC, 75
- L, M
- Lisa, 131
Notorola, микропроцессоры
M68000, 132
M68020, 134
M68030, 135
Macintosh, 132–135, 152, 153, 255
Mac-II, 134
iMac, 136, 152
Mac Mini, 153
Mark-I, 52, 53, 55, 176
Mark-II, 56, 134
Mazovia, 105
MC6502, микропроцессор, 119
Memex, 404
MIPS, 239
- N
- Newton, 154
NeXT, 135, 230, 413
- P
- PDP
PDP-5, 86

- PDP-7, 225
PDP-8, 86, 87, 109
PDP-11, 88, 101, 109, 148, 205, 224, 247
Pentium, микропроцессор, 137
Pentium Pro, 137
PowerPC, микропроцессор, 140, 148, 239
PS/2, 124
- R, S
- RS/6000, 413
SDS Sigma-7, 343
SDS-940, 343, 383
Spectrum, 118
Star-8010, 131
Sun, 149, 150, 413
Sun SPARC, микропроцессор, 149
- U, V, Z
- UNIVAC, 75
VAX, 88, 224, 413
Zuse
Z-1, Z-2, 51
Z-3, 51, 52, 57, 63
Z-4, 51
Zilog-80, микропроцессор, 118
Zoemtron, электромеханический калькулятор, 38
- A
- Абак, 28, 29, 31, 35
Арифмометр
Лейбница, 36–37
Томаса, 37
- Однера, 38
«Феликс», 38
- Б
- БЭСМ, 91, 184
БЭСМ-4, 92
БЭСМ-6, 92, 165, 226, 227
- Д
- Днепр, 95
- Е
- ЕС ЭВМ, 99, 100, 102, 103, 166, 193, 198, 335
ЕС-1840, ЕС-1841, 105
- К
- Киев, 95
Колосс, 74
Корвет, 118
- М
- М-1, М-2, М-3, 90, 92
М-13, 93
М-20, 91, 176, 195, 196
М-222, 92
МВС-1000М, 106
Минск
Минск-1, Минск-2, 96
Минск-32, 96, 193
МИР, 95
МЭСМ, 89
- Н
- Напри, 96

И	СМ ЭВМ (СМ-1, СМ-2, СМ-3, СМ-4, СМ-1700), 101
Паскалина, 35	Урал
Прайвец, 105	Урал-1, 93, 94, 176
Проминь, 95	Урал-11, -14, -16, 94
Р, С, У	Эльбрус (Эльбрус-2, Эльбрус-3, Эльбрус-2000), 102, 106
Раздан, 96	Электроника СС БИС, 102
Ряд-1, Ряд-2, Ряд-3, 100	
Скиф, 107	
Стрела, 91, 184	

Указатель программного обеспечения

NET, система программирования,
209

А

Ada, язык, 200
 Adabas, СУБД, 246
 Adobe
 Adobe Acrobat, браузер текстов,
 256
 Adobe Illustrator, графический
 редактор, 256
 Adobe PageMaker, издательская
 система, 256
 Adobe Photoshop, графический
 редактор, 256
 AIX, операционная система, 226
 Algol, язык, 194
 Algol-58, 194
 Algol-60, 194, 196
 Algol-68, 197, 206
 AltaVista, поисковая система, 426
 Aport, поисковая система, 429

AutoCAD, система
 автоматизированного
 проектирования, 211

В

Basic, язык, 185, 187–191
 Open Office Basic, 278
 True Basic, 191
 Visual Basic, 185, 191, 204, 206,
 215
 Visual Basic for Applications
 (VBA), 260

С

C, язык, 185, 204–206
 C++, 204, 205
 Visual C++, 191
 C#, 206
 Clarion, СУБД, 262
 Clipper, СУБД, 261
 Cobol, язык, 185, 191–194
 CP/M, операционная система, 227

- CTSS, операционная система, 222
- D
- DB2, СУБД, 247, 262
- dBase, СУБД, 261
- DDL, язык описания данных, 244
- Delphi, система программирования, 191, 200
- DML, язык манипулирования данными, 244
- E
- Enquire, поисковая система, 411
- F
- Far, файловая оболочка, 229
- FineReader, программа распознавания текста, 257
- Firefox, браузер, 422
- Fortran. язык, 186
- FoxBase, СУБД, 261
- FoxPro, СУБД, 261, 262
- Visual FoxPro, 191
- Framework, интегрированная система, 263
- Fred. язык, 263
- G
- Google, поисковая система, 427
- Gopher, информационная система, 399, 415
- GroupWise, система групповой работы, 409
- Guru, интегрированная система, 263
- H
- HyperCard, информационная система, 406
- I
- ICQ, система обмена сообщениями, 388, 389
- IDMS, СУБД, 246
- IMS, СУБД, 245
- Informix, СУБД, 248, 262
- InfoSeek, поисковая система, 427
- Ingres, СУБД, 248
- Internet Explorer, браузер, 421
- J
- Java, язык, 206
- Jazz, интегрированная система, 262
- JCL, язык управления заданиями, 218
- L
- Linux, операционная система, 238, 240–242, 274, 276
- Windows, операционная система, 242
- Lisp, язык, 209
- AutoLisp, 211
- Logo, язык, 214
- Лого Миры, 215
- Lotus 1-2-3, электронная таблица, 258, 260, 262
- Lotus Notes / Domino, система групповой работы, 383, 385, 407, 409
- Lycos, поисковая система, 427
- M
- MAC, проект, 222

Mac-OS, операционная система, 229

Modula-2, язык, 199, 200

Mosaic, браузер, 415

 Mosaic Communicator, 417

Mozilla, браузер, 422

MS DOS, операционная система, 229

MS Exchange, система групповой
работы, 409

MS Office

 MS Access, СУБД, 249, 262

 MS Excel, электронная таблица,
258

 MS Word, текстовый процессор,
253

MS SQL Server, СУБД, 248

Multics, операционная система, 223,
225

MultiPlan, электронная таблица, 259

MVS, операционная система, 224

N

Netscape Navigator, браузер, 417, 420

NetWare, операционная система, 238

NeXTSTEP, операционная система,
230, 413

NLS, информационная система, 406

Norton Commander, 229

NotePad, текстовый редактор, 253

O

Open Office, пакет программ, 278

Oracle, СУБД, 247, 262

OS 360, операционная система, 221

OS/VM, операционная система, 224

OS/2, операционная система, 232–
234

Outlook, почтовый клиент, 385

P

Paradox, СУБД, 249, 262

Pascal, язык, 198

 Turbo-Pascal, 198

PL/1, язык, 200

Plancalcul, язык, 184

PLATO Group Notes, система
групповой работы, 407

PostScript, язык, 362

Prolog, язык, 211

Q

Q-DOS, операционная система, 228

QuattroPro, электронная таблица, 258

R

Rambler, поисковая система, 429

RSA, система электронной подписи,
434

RSX-11, операционная система, 224

S

Sametime, система обмена
сообщениями, 389

SEQUEL, язык, 247

Simula язык, 185, 202

 Simula-67, 202

Smalltalk, язык, 130, 185, 202–204,
215

 Smalltalk/V, 203

Solaris, операционная система, 226

SQL. язык, 194, 247

Star Office, пакет программ, 278

SuperCalc, электронная таблица, 258

SyBase, СУБД, 248
Symphony, интегрированная система,
262
System R, СУБД, 247

Т

TeX, издательская система, 256

U

Unix, операционная система, 224,
239, 240, 346

V

Veronica, поисковая система, 401
VisiCalc, электронная таблица, 258

W

WebCrawler, поисковая система, 427
Windows, операционная система, 263
 Windows 1.0, 231
 Windows 2.0, 231
 Windows 3.0, 232
 Windows 3.1, 233
 Windows-95, 233
 Windows-98, 234
 Windows-2000, 235
 Windows CE, 237
 Windows ME, 236
 Windows NT, 234, 239
 Windows XP, 236, 240
 Windows Vista, 237

WordPad, текстовый редактор, 253
WordStar, текстовый процессор, 251
World-Wide Web, 411

X

Xenix, операционная система, 226
Автооператор, 218

A

Альфа, язык и транслятор, 196

B

Вулкан (Volcano), СУБД, 260
Диспак, операционная система, 227
Диспетчер-68, операционная
 система, 226
Дубна, операционная система, 227

Л

Лексикон, текстовый процессор, 252,
254
ЛогоМиры, система
 программирования, 215

Н–Я

НД-70, операционная система, 226
ОС ИПМ, операционная система, 226
ТА-1, ТА-2, трансляторы, 196
Яндекс. поисковая система, 429

Для заметок

Для заметок