

**В.И. САЕНКО**, канд. техн. наук, проф. каф. ИУС, ХНУРЭ,  
**А.С. ГОЛУБЕВ**, аспирант каф. ИУС, ХНУРЭ

## **МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ**

Розглядаються питання оцінювання якості сервісів у корпоративній мережі. Показаний зв'язок методів оцінювання якості з показниками стану сервісів, запропоноване узагальнення методу оцінювання для випадків однорідних і неоднорідних сервісів. Правильність отриманих рішень підтверджується на прикладах.

Рассматриваются вопросы оценивания качества сервисов в корпоративной сети. Показана связь методов оценивания качества с показателями состояния сервисов, предложено обобщение метода оценивания для случаев однородных и неоднородных сервисов. Правильность полученных решений подтверждается на примерах.

It is considered evaluation qualities of services questions in a corporate network. It is shown the relation of qualities evaluating methods with state parameters of services, the generalization of the evaluation method for cases of homogeneous and heterogeneous services. Correctness of the received solutions is proved by examples

### **Описание проблемы и анализ известных результатов исследований.**

Корпоративные сети сегодня становятся неотъемлемой частью информационной структуры крупных предприятий. Сложность корпоративных компьютерных сетей делает актуальными вопросы повышения эффективности использования имеющихся информационных ресурсов и повышения качества обслуживания QoS (Quality of Service) пользователей. Каждый сервис потребляет ресурсы и требует определенных затрат на его поддержку, поэтому актуальными являются также вопросы сравнительного анализа сервисов и прежде всего, оценивания их качества.

Сложность решения задачи оценивания качества сервиса связана с тем, что показатель качества - это безразмерная единица, определяемая на основе некоторых множественных интегральных переменных. Оценки, полученные для разных сервисов, могут быть совершенно не совместимы, хотя и успешно характеризовать каждый сервис в отдельности. Возникает задача - как формировать такие оценки, чтобы можно было сравнивать разные сервисы между собой или одинаковые сервисы, но используемые в разных условиях.

Эта задача актуальна для разных типов сетей и часто рассматривается на конференциях и в статьях, например, [1], [2], [3], [4].

Большая часть работ посвящена получению частных решений для конкретных сервисов, например, [2], [4]. В частности, в [2] рассмотрен способ определения и сравнения качества JMS (Java Messaging Service - сервис сообщений Java) сервисов, а в [4] рассматриваются вопросы управления сервисом баз данных. Такие решения не позволяют получить обобщенный

формальный аппарат вычисления оценок для случаев множества разных сервисов. Множественность сервисов – это типовая ситуация для большинства компьютерных сетей.

Некоторые работы посвящены оцениванию состояния отдельного сервиса для обеспечения наилучших локальных условий, например, [3] и не позволяют учесть влияния условий при которых реализуются данный сервис.

Наиболее интересным с точки зрения рассматриваемых условий оценивания сервисов представляется решение, предложенное в [1]. В то же время остаются нерешенным вопросы формализации метода оценивания сервисов для оперативного контроля при условии специфики их реализации и некоторые очевидные факты были не учтены. В частности, связь получаемых оценок с условиями в которых используется этот сервис.

*Цель статьи* сводится к поиску путей оценивания сервисов компьютерных сетей, позволяющих учитывать различные условия при одновременной их реализации.

*Структура статьи.* В следующем пункте кратко описана сеть, как объект исследования. Затем описаны составные части показателя качества, а также способы выбора этих показателей и сервисов для сравнения. В пункте “Метод сравнения двух и более показателей качества” дано детальное описание метода сравнения сервисов как однородных, так и неоднородных. Далее приводится пример сравнения сервисов по описанному методу, в завершении формализованы основные научные и практические результаты.

**Постановка задачи и описание объекта исследования.** Дана сеть Net. Основным функциональной единицей работы в сети являются сервисы, которые она поддерживает  $S = \{s_i\}, i = 1..m$ . В сети активны некоторое количество пользователей  $U = \{u_k\}, k = 1..l$ . Пользователи запрашивают сеть на предмет предоставления сервиса определенного типа. При удовлетворении запроса пользователя в обслуживании сеть создает экземпляр сервиса для работы  $s_i$ . Показателем удобства работы пользователей в сети является качество этих экземпляров сервисов.

Под показателем качества  $Q(s_i)$  будем понимать множество показателей состояния – численных значений, количественно характеризующих состояние сервиса. Каждый сервис характеризуется некоторым показателем качества:  $Q(s_i) = \{q_{i,j}\}$ , где  $q_{i,j}$  – показатель состояния,  $j = 1..n$ ,  $n$  – количество показателей состояния. Таким показателями могут быть пропускная способность, время отклика, цена, надежность и т.д. Множество показателей состояния формируют показатель качества, по которому вычисляется качество некоторого сервиса:  $Q(s_i) \rightarrow QoS(s_i)$ .

Непосредственное вычисление показателя качества некоторого сервиса затруднено из-за разнородности показателей состояния. При сравнении

нескольких сервисов возможно провести нормализацию входящих в QoS параметров и вычислить показатель качества сравниваемых сервисов.

При сравнении сервисов по качеству возникает ряд задач:

- выбора сервисов для сравнения;
- определения набора показателей состояния для сравнения сервисов по качеству;
- нормализации параметров состояния;
- определения численного значения качества сервиса и выбор лучшего показателя качества некоторого сервиса.

Следовательно, рассматриваемая *постановка задачи* сводится к развитию методов оценивания качества сервисов сети и их сравнения при использовании различных показателей состояния этих сервисов.

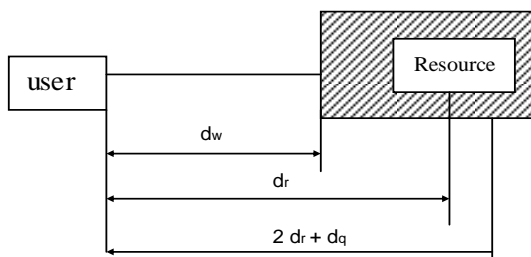
**Показатели состояния сервисов компьютерных сетей, выбор показателей и сервисов.** Сервис, как функциональная характеристика компьютерной сети, может быть представлен множеством показателей. Качество сервиса <Quality> является сложным показателем, который обычно представляется как комплексный интегральный показатель, отражающий различные параметры функционирования сервисов сети. В зависимости от цели проводимого сравнительного или оценочного анализа <Goal> выбираются определенные показатели <Quality> и на основании их формируется критерий.

Предполагается весь набор показателей <Quality> разбить на несколько качественно различных групп: технические, информационные, показатели надежности, функциональные, эргономические, ценовые, юридические. Таким образом, имеем: Quality = < PT, PI, PR, PF, PE, PC, PJ >

Конкретные значения, соответствующие рассмотренным группам показателей определяют состояние сервиса, а сами показатели являются показателями состояния.

К техническим показателям <PT> относятся <задержка>, <потери>, <отказы>, <ошибки>, <пропускная способность>. При этом каждый из показателей оценивается по определенной методике и является множественным. Например, для системы “клиент-сервер (веб)” для сравнения имеющихся в сети сервисов удаленного хранения/передачи файлов задержка рассматривается как задержка доставки сообщений до станции, содержащей ресурс  $d_w$ ; задержка доступа к ресурсу  $d_r$ ; задержка реализации запроса и возврат результата  $2 d_r + d_q$  (см. рисунок).

К информационным <PI> относятся <информационная скорость>, <типы обмениваемых структур (сообщение, файл, поток)>, <поддерживаемые форматы данных>, <размер лимита трафика>.



Задержки при доступе к ресурсу сети.

К функциональным <PF> относятся <поддержка транзакций>, <поддержка безопасной среды передачи данных>, <шифрование трафика>.

К эргономическим <PE> относятся <субъективная оценка удобства>, <статистики оценок удобства>.

К ценовым <PC> относятся <стоимость подключения>, <абонентская плата>, <плата за время>, <плата за трафик>, <плата за превышения лимита трафика>.

К юридическим <PJ> относятся <формы договорных отношений>, <форма оплаты>, <штрафы>.

К показателям надежности <PR> относятся <стабильность характеристик сервисов>, <число отказов>, <общее время работы>, <время простоя за год>.

Среди всех имеющихся сервисов для компьютерных сетей предлагается рассматривать сервисы <Services>, представленные в таблице.

Сервисы корпоративной сети

Сервис	Тип сервиса
$s_1$	FTP
$s_2$	Web
$s_3$	File-service
$s_4$	TV stream
$s_5$	ICQ
$s_6$	Videoconference
$s_7$	Multimedia

Результаты сравнения сервисов зависят от места проведения оценочного измерения Location. Предлагается рассматривать такие варианты: <разные сети>, <разные участки одной сети>, <разные категории пользователей>.

Сравнение сервисов осуществляется в соответствии с некоторой целевой функцией <Goal>. К таким функциям будем относить:

3. Выявление сети, которая обеспечивает наилучшую поддержку сервисов (сравнение нескольких сетей);
4. Определение участков сети, которые ухудшают использование сервисов (сравнение нескольких участков);
5. Нахождение сервиса некоторого типа, лучшего по качеству для конкретного пользователя;
6. Выявление лучшей конфигурации одного и того же сервиса;
7. Определение влияния протоколов и средств передачи на качество предоставляемых сервисов.

Таким образом, оценивание (выбор) сервисов для проведения их сравнения сводится к определению точной цели этого оценивания (Goal), выбору места (топологических либо географических рамок) тестирования (Location), выбору типов сервисов (Services), выбору сравнительного показателя (Quality), т.е.

$$\text{Service\_Estimation} = \langle \text{Goal, Location, Services, Quality} \rangle \quad (1)$$

**Метод сравнения двух и более показателей качества сервиса.** Имеем сеть Net. В сети активны пользователи  $U = \{u_i\}$ . В сети также существуют сервисы  $S = \{s_i\}$  (например SMTP, FTP).

При сравнении сервисов необходимо учитывать принципы однородности:

- по самому сервису, т.е. сервисы одного типа;
- по расположению - различные участки сети для сервиса и потребителей сервиса;
- по среде использования: локальная сеть, корпоративная сеть, Интернет;
- по методам оценивания;
- по приоритетам пользователя (например, при некотором сравнении важна пропускная способность сервиса).

Каждый сервис имеет  $Q(s_i) = \{q_{i,j}\}$  – заявленные показатели качества – качество, которое будет предоставлено пользователю при запросе сервиса,  $j=1..n$ ,  $n$  – количество показателей состояния.

Имеем два случая сравнения сервисов, сравнение однородных и неоднородных сервисов.

**Сравнение однородных сервисов.** Под однородностью сервисов будем понимать их одинаковый тип и функциональную общность. Например, сервисы FTP, или Web сервисы, обеспечивающие поиск по Internet.

В соответствии с (1) осуществляем выбор показателей и сервисов. Произведем вычисление качества сервисов по их показателям. Имеем матрицу:

$$Q = \begin{pmatrix} q_{1,1} & q_{1,2} & \dots & q_{1,n} \\ q_{2,1} & q_{2,2} & \dots & q_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m,1} & q_{m,2} & \dots & q_{m,n} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Предполагается, что все численные значения показателей состояния положительны.

Для унификации размерностей показателей состояния нормализуем матрицу.

Для этого введем вектор:  $G = \{g_j\}, j=1..n, g_j = \begin{cases} 1 \\ -1 \end{cases}$ , где  $g_j = 1$  – если численное повышение критерия  $q_{i,j}$  повышает качество,  $g_j = -1$  – если численное повышение показателя  $q_{i,j}$  понижает качество.

Для различных ролей имеет место различные значения  $g_j$ . Например, для пользователя  $u_i$  увеличение стоимости – уменьшает показатель качества сервиса, а для владельца повышение цены – улучшает сервис.

Длина вектора  $G$  – количество критериев в  $Q(s_i)$ .

Нормализованная матрица (3) получается при преобразовании (4):

$$Q' = \begin{pmatrix} q'_{1,1} & q'_{1,2} & \dots & q'_{1,n} \\ q'_{2,1} & q'_{2,2} & \dots & q'_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q'_{m,1} & q'_{m,2} & \dots & q'_{m,n} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$q'_{i,j} = \begin{cases} \frac{q_{i,j}}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_{i,j}}, & \text{if } (g_j) = 1 \\ \frac{q_{i,j}}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_{i,j}}, & \text{if } (g_j) = -1 \end{cases}, \quad (4)$$

где  $q'_{i,j}$  - отклонение показателя состояния сервиса от среднего значения для  $j$ -того показателя по всем сервисам.

Вводим вектор весов  $W = \{w_j\}, j=1..n$ ,  $w_j$  – вес  $j$ -того показателя состояния, определяет относительную важность показателя в соответствии с (1). Если  $w_j = 0$  – значит  $j$ -тым критерием можно пренебречь.

Определение вектора весов осуществляется путем экспертного оценивания. Выбор каждого весового показателя  $w_j$  основывается на чувствительности показателя качества и QoS к изменению данного показателя  $q_{i,j}$ . Например, для сервиса IP телефонии наиболее критичным является параметр задержки пакетов. Поэтому для IP телефонии весовой показатель для задержек должен быть значительно больше остальных технических показателей. Для различных типов сервисов технические весовые коэффициенты будут различными. Коэффициенты для других групп пользователей, руководствуясь целью сравнения.

Векторы весов отличаются для каждой роли и для каждого пользователя. Например, некоторому пользователю  $u_i$  критически важна стоимость и не важна скорость работы, для администратора  $Adm_{net}$  важна минимизация потребляемых ресурсов для стабильной работы сети, для владельцев  $Own_{net}$ ,  $Own_s$  наиболее важна цена сервисов. Таким образом вектор  $W$  формализует приоритеты пользователя, производящего сравнение.

Тогда качеством сервиса для сервиса  $s_i$  будет:

$$QoS(s_i) = \sum_{j=1}^n q'_{i,j} * w_j \quad (5)$$

Получаем множество численных значений  $QoS(s_i)$ , каждый из которых соответствует показателю качества для сервиса  $s_i$ .

Чем больше численное значение  $QoS(s_i)$  – тем лучше качество сервиса, т.е.:  $QoS_e(S) = QoS(Q(s_1), Q(s_2), \dots, Q(s_n)) = \max(QoS(s_i))$ , где  $QoS_e(S)$  – лучший сервис из множества сравниваемых сервисов по качеству.

**Сравнение неоднородных сервисов.** Задача сравнения неоднородных сервисов возникает при оценивании совокупного вклада сервиса в решение каких-либо общих задач, например, оценивании стоимостных затрат на поддержку какого-либо сервиса, оценивании целесообразности поддержки и сопровождения какого-либо сервиса, оценивании эффективности использования какого-либо сервиса для решения конечной задачи, сравнение сервисов с точки зрения полезности для конечных пользователей и с точки зрения эффективной нагрузки на сеть.

В этом случае предлагается прежде всего выбрать объект для которого проводится оценка. Например, для сети, для домена, для пользователя или группы пользователей. Далее выбираются показатели важные для этих объектов. По этим показателям сравниваются сервисы.

Например, решается задача оценивания целесообразности поддержки нескольких сервисов. Тогда выбираем стоимостные показатели, как наиболее

важные для объекта (сети) и проводим сравнительный анализ в соответствии с первым методом.

Для характеристик неоднородных сервисов можно ввести несколько дополнительных оценок: *предпочтительность*, *результативность*, *эффективность* (*Preferability*, *consequence*, *efficiency*). Предпочтительность  $\eta(s_j, u_i)$  – оценка, характеризующая степень предпочтения определенного сервиса  $s_j$  перед другими для пользователя  $u_i$ . Результативность – оценка, характеризующая конечный эффект от использования сервиса, Эффективность  $\epsilon(s_j, u_i)$  – оценка отражает степень производительности сервиса. Предпочтительность, результативность и эффективность могут быть вынесены в качестве показателей состояния.

**Пример использования метода сравнения сервисов.** Пользователю и необходимо отыскать лучший сервис IP телефонии для работы с ним. При этом он сравнивает несколько сервисов типа <IP телефония> для нахождения лучшего по качеству.

Выберем показатели состояния сервиса согласно цели сравнения. Руководствуясь экспертным оцениванием, а также тем фактом, что цена подобных сервисов является приблизительно одинаковой, примем  $Q\{s_i\} = \{td, d\}$ , где  $th$  – скорость передачи данных,  $d$  – задержка (временной интервал от отправления данных до их получения).

Имеются два заявленных организациями показателя качества для сервисов IP телефонии для уровня Silver:

$$Q(s_1) = \{180\text{kbps}, 110\text{ms}\}; Q(s_2) = \{130\text{kbps}, 130\text{ms}\}.$$

Необходимо выбрать лучший сервис по качеству. Согласно входным данным имеем матрицу:

$$Q = \begin{Bmatrix} 180 & 110 \\ 130 & 130 \end{Bmatrix}$$

Вводим вектор влияния показателей состояния на качество предоставляемого сервиса  $G = \{1, -1\}$ .

Определим вектор весов. При этом необходимо учитывать значительное влияние задержек на качество сервиса IP телефонии, по сравнению с другими выбранными показателями состояния. Вектор весов определим путем экспертного оценивания как  $W = \{1, 5\}$ .

Используем преобразование (4) для получения нормализованной матрицы:

$$Q' = \begin{Bmatrix} 1,161 & 1,09 \\ 0,839 & 0,923 \end{Bmatrix}$$



В итоге получаем численные значения показателей качества по (5):

$$QoS(s_i) = \{QoS(s_1), QoS(s_2)\} = \{2,251; 1,1762\}$$

Лучшим является первый сервис, так как  $QoS(s_1) > QoS(s_2)$ . Таким образом, пользователь определил лучший сервис и начал работу с ним.

**Выводы.** В работе выделен ряд нерешенных задач, связанных с проблемой сравнения сервисов по качеству. Выполнено дальнейшее развитие метода оценивания сервисов и их сравнения, формализован показатель качества как множество показателей состояния.

*Научная новизна* состоит в том что: получил дальнейшее развитие метод сравнения сервисов сети по их качеству. Предложен путь выбора сервисов и их параметров для сравнения. Предложен перечень сравниваемых сервисов сети. Осуществлено разделение параметров на функциональные группы. Описано сравнение однородных и неоднородных сервисов.

*Практическая значимость* состоит в том, что полученный метод сравнения можно использовать для нахождения участков сети, ухудшающих качество сервиса, поиску оптимального сервиса для данного пользователя в методах управления сетью для оптимизации распределения ресурсов. Это в свою очередь способствует снижению затрат на поддержку, конфигурирование и переконфигурирование сети.

*Сравнение с лучшими аналогами.* Данную работу можно рассматривать как дальнейшее развитие идей, высказанных в [1], позволяющих вычислить качество некоторого сервиса. Область метода расширена способом определения параметров и сервисов для сравнения. При этом появляется возможность сравнивать любые сервисы путем введения дополнительных параметров. Результаты могут быть использованы вместе с методами [3] для контроля предоставляемого качества.

*Направления дальнейших исследований.* Планируется использовать результаты, полученные в данной работе в исследованиях проблем непрерывного мониторинга, а также управления сетью при помощи политик менеджмента.

**Список литературы:** 1. Yutu Liu, Anne H.H. Ngu, Liangzhao Zeng QoS Computation and Policing in Dynamic Web Server Selection // WWW.– 2004.– Май.– С.66-73. 2. Shiping Chen, Paul Greenfield QoS Evaluation of JMS: An Empirical Approach // Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04).– 2004.– Т.9.– С. 276-282. 3. Chen Lee, Lehoezky J., Rajkumar R., Siewiorek D. On quality of service optimization with discrete QoS options // Real Time Technology and Applications Symposium.– Vancouver.– 1999.– С.276-286. 4. Mehdi Amirijoo, Jergen Hansson, Sang Hyuk Son Specification and Management of QoS // Real-Time Databases Supporting Imprecise Computations. IEEE Trans.– 2006.– С.304-319.

*Поступила в редколлегию 15.05.05*