

УДК 004.77

РОКОВОЙ А.П.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ VOIP КОДЕКОВ В ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ

Предложен способ анализа эффективности VoIP кодеков в глобальной сети. По результатам эксперимента даны рекомендации по выбору подходящего кодека в зависимости от значений полосы пропускания, задержки пакетов, дисперсии задержки пакетов и потери пакетов.

A method for analyzing the efficiency of VoIP codecs in the global network is offered. Recommendations for choice suitable codec depending on values of bandwidth, packet delay, jitter and packet loss are given by results of experiment.

1. Введение

Передача речевой информации в IP сетях или IP-телефония (VoIP) [1] предъявляет к сетевой инфраструктуре гораздо более жесткие требования, чем любое другое приложение. Степень доступности сети, потеря пакетов и временные задержки оказывают существенное влияние на качество передачи речи в IP сетях. К сожалению, в большинстве случаев конечные узлы не содержат механизмов для эффективной борьбы с этими проблемами. Поскольку и потери пакетов, и временные характеристики их доставки являются сетевыми характеристиками, и конечные узлы могут их только наблюдать. Это особенно актуально для глобальной сети, где нет возможности вносить изменения в настройки промежуточных устройств – маршрутизаторов, которые обеспечивают продвижение пакетов от источника к приемнику.

На качество передачи речи в IP сетях оказывают влияние следующие параметры:

- 1) полоса пропускания канала передачи данных;
- 2) потери пакетов;
- 3) задержка;
- 4) дисперсия задержки (джиттер);
- 5) VoIP кодек и его параметры.

VoIP кодеки обеспечивают различную степень сжатия аудиоинформации, являются более или менее устойчивыми к потерям пакетов, а также к временным характеристикам доставки пакетов. Поэтому правильный выбор VoIP кодеков, а также их параметров позволит повысить качество передачи речи в IP сетях.

При этом возникает задача: определить зависимость качества передачи речи в IP сетях для различных кодеков от потери пакетов и временных характеристик их доставки.

2. Обзор voip кодеков

Под кодеками, как правило, понимают различные математические модели, используемые для цифрового кодирования и сжатия аналоговой аудиоинформации. Цель различных алгоритмов кодирования – обеспечить баланс между эффективностью и качеством. Изначально термин кодек был образован от слов кодер/декодер – это устройство, которое выполняет преобразования между аналоговым и цифровым сигналом. Теперь этот термин больше относится к понятиям компрессия/декомпрессия.

G.711 – основной кодек PSTN. Используется два метода компрессии: μ law в Северной Америке и alaw во всем остальном мире. Любой из них обеспечивает передачу 8-битового слова 8000 раз в секунду. Это требует передачи 64000 бит/с. На самом деле G.711 является базовым кодеком, от которого были произведены все остальные. G.711 требует минимальные вычислительные ресурсы для своей реализации.

G.723.1 – это кодек с малой требуемой полосой пропускания канала (6.3Kbps или 5.3Kbps) и в основном используется со стандартом H.323. Использование этого кодека в продуктах требует лицензии.

G.726 – одним из исходных кодеков со сжатием. Эта технология известна как адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (Adaptive Differential Pulse-Code Modulation, ADPCM), она обеспечивает разную скорость передачи данных. Чаще всего используются скорости 16, 24 и 32 Кбит/с. G.726 предлагает качество практически такое же, как у G.711, но использует только половину полосы пропускания. Это возможно пото-

му, что он отправляет не результат измерения, а только достаточную информацию для описания разницы между текущим и предыдущим за мерами.

G.729A – учитывая, насколько малую полосу пропускания использует кодек G.729A, он обеспечивает впечатляющее качество звука. Делает он это за счет технологии Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction (CS-ACELP). G729A является запатентованным продуктом, поэтому его нельзя использовать без лицензии; однако он чрезвычайно популярен и, соответственно, поддерживается многими телефонами и системами. Чтобы достичь такой значительной степени сжатия, этот кодек требует такой же значительной мощности ЦП.

GSM – самый популярный кодек Asterisk. Он не обременен лицензионными соглашениями, как G.729A, и предлагает превосходную производительность, если учитывать требования, которые он предъявляет к ЦП. Качество получаемого звука, в общем, считается ниже, чем обеспечивает G.729A.

iLBC (Internet Low Bitrate Codec) обеспечивает привлекательное сочетание низкого коэффициента использования полосы пропускания и приемлемого качества. Он особенно хорошо подходит для обеспечения целесообразного качества в сетевых соединениях с потерями.

Speex – это кодек с переменной скоростью передачи цифровых данных (variable bitrate, VBR). Это означает, что он может динамически менять скорость передачи данных в ответ на изменение условий сети. Speex – абсолютно бесплатный кодек, лицензированный по версии Xiph.org лицензии BSD. Данный кодек может использоваться для каналов со скоростью передачи данных от 2,15 до 22,4 Кбит/с благодаря его способности менять свою скорость передачи данных.

3. Постановка задачи

Для оценки качества передачи речи в IP сетях используют усредненную субъективную оценку MOS (Mean Opinion Score) [2]. Алгоритм MOS основан на пятибалльной шкале – от единицы (самое плохое качество связи) до пяти (самое хорошее качество). В соответствии с этим алгоритмом группа людей оценивает качество звучания тестовых сообщений,

передаваемых по сети. Среднее значение этих оценок и определяет качество передачи речи. Недостатком такого подхода является его субъективность.

Существуют алгоритмы, которые автоматизируют процесс получения оценок MOS, обеспечивая их объективность: PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), PSQM+, PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) [3] и PAMS (Perceptual Analysis Measurement System). Но они также имеют недостатки: сложны в реализации, требуют аппаратной поддержки либо не учитывают особенностей передачи данных в IP сетях.

В электроакустике искажения, которые вносятся аппаратурой во всех звеньях звуковых трактов, разделяют на две категории: линейные и нелинейные. В большинстве случаев линейные искажения не связаны с потерей качества звуковых сигналов. Нелинейные искажения характеризуются появлением в спектре сигнала новых составляющих, которые изменяют временную структуру первоначального сигнала в зависимости от его уровня. Они воспринимаются как резкость, грубость звучания и характеризуются появлением шумов, хрипов и тресков в сигнале. В настоящей статье предлагается использовать коэффициент нелинейных искажений для оценки качества передачи речи в IP сетях.

Для этого необходимо определить зависимость коэффициента нелинейных искажений звукового сигнала при передаче его от узла источника к узлу приемнику для заданных VoIP кодеков, при изменении параметров: ширина полосы пропускания, потери пакетов, задержки пакетов и дисперсии задержки пакетов. Значения изменяемых параметров должны соответствовать средним значениям для глобальной сети.

Если на вход устройства обработки звука подать синусоидальный сигнал, считая, что он состоит только из одной первой гармоники, то на выходе этого устройства, в общем случае, получится сигнал, состоящий из суммы синусоидальных сигналов с частотами: f , $2f$, $3f$... Nf , где f – частота исходного синусоидального сигнала. Эти синусоидальные сигналы называются гармониками сигнала. Соотношение исходного сигнала (первой гармоники) и гармоник с более высокими номерами, выраженное через формулу (1), и называется коэффициентом нелинейных искажений K [4].

$$K = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \quad (1)$$

где:

U_n – амплитуда n -ой гармоники сигнала.

Учитывая, что сигнал представлен в цифровом виде, то для определения амплитуд гармоник необходимо выполнить дискретное преобразование Фурье [5] по формуле:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}kn} \quad (2)$$

где:

X_k – комплексное значение k -ой гармоники сигнала;

N – количество значений сигнала;

x_n – значение сигнала.

По полученным комплексным значениям X_k вычислить амплитуды гармоник U_n по формуле:

$$U_n = \frac{|X_k|}{N} \quad (3)$$

где:

$|X_k|$ – модуль комплексного значения k -ой гармоники.

4. Описание эксперимента

На узле источнике генерируется цифровой синусоидальный сигнал и воспроизводится с помощью стандартных утилит операционной системы. С выхода усилителя мощности звуковой карты сигнал подается на микрофонный вход этой же звуковой карты и средствами IP-телефонии передается с одного узла на другой. На приемном узле сигнал с выхода усилителя мощности звуковой карты подается на микрофонный вход и записывается в файл с помощью стандартных утилит операционной системы.

Для сигнала, полученного на выходе, выполняется дискретное преобразование Фурье по формуле (2). По полученным значениям амплитуд гармоник вычисляется коэффициент нелинейных искажений K по формуле (1).

Эксперименты проводятся для разных кодеков, при этом изменяются параметры: полоса пропускания, время задержки, дисперсия времени задержки и количество теряемых пакетов.

На рисунке 1 показана схема сети для проведения эксперимента.

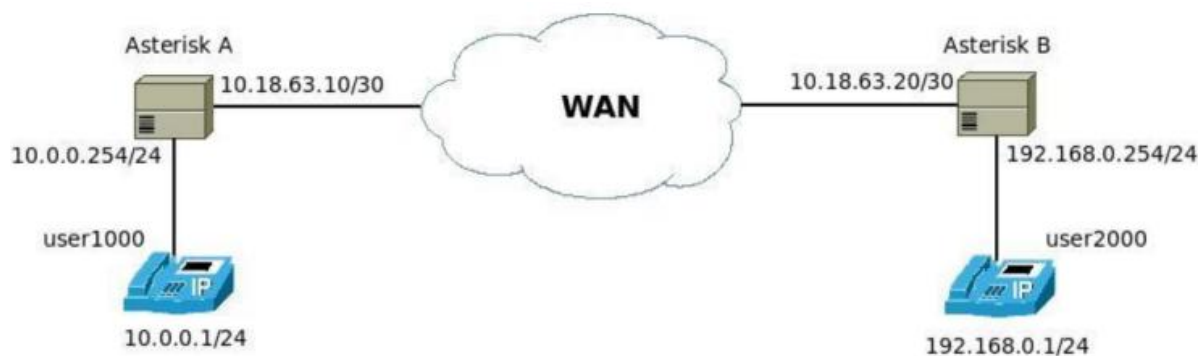


Рис.1. Схема сети эксперимента

В состав сети для проведения экспериментов входят компоненты:

1) WAN эмулятор – реализован средствами IPFW и Dummynet[6] в операционной системе FreeBSD 7.2 i386. Сервер содержит 2 сетевых интерфейса для соединения двух сегментов сети.

2) два PBX сервера – реализованы на базе операционной системы Linux Centos 5.4 i386 и ПО Asterisk [1]. Сервера содержат по два сетевых интерфейса.

3) два IP-телефона реализованы программным обеспечением X-Lite для операционной системы Windows XP.

Аппаратная часть всех компонент:

- 1) процессор Intel Pentium 4 с частотой 2 ГГц;
- 2) ОЗУ 2 Гб;
- 3) Сетевой адаптер Intel PRO/100.

5. Полученные результаты

Качество передачи голосовых данных в IP сетях измерялось коэффициентом нелинейных искажений (гармоник). То есть все графики представляются в виде зависимости коэффициента гармоник от значений полосы пропускания, задержки пакетов, дисперсии задержки пакетов и потери пакетов.

Зависимость коэффициента гармоник от сунке 2. пропускной способности представлена на ри-

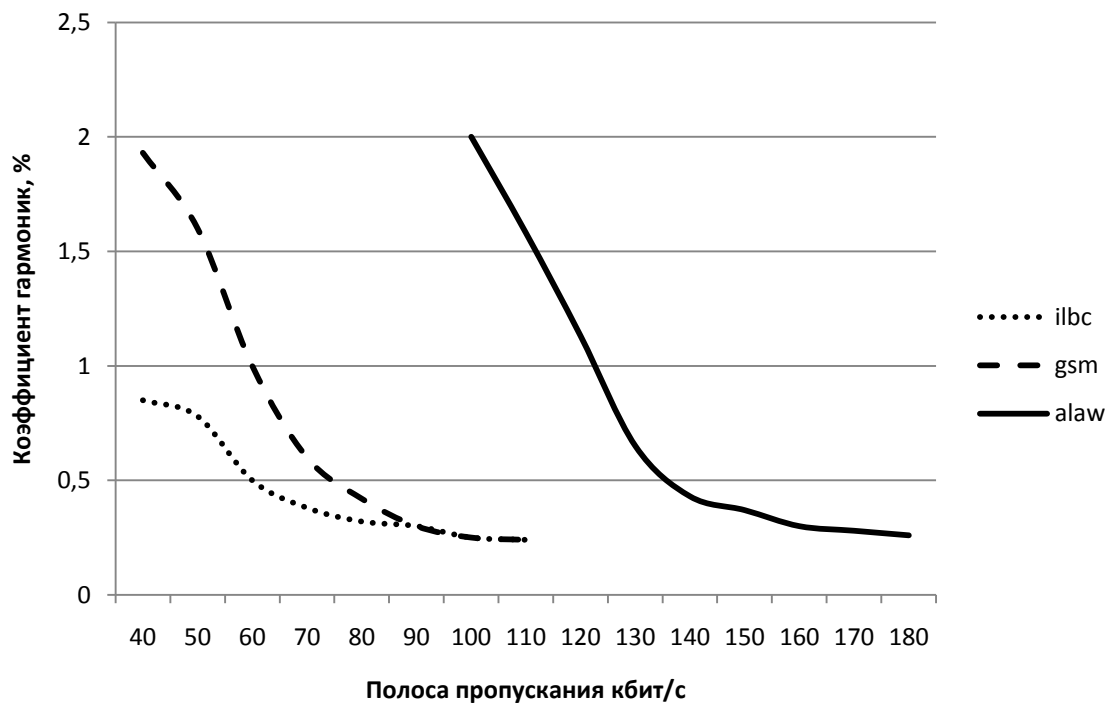


Рис.2. График.

Зависимость коэффициента гармоник от задержки представлена на рисунке 3.

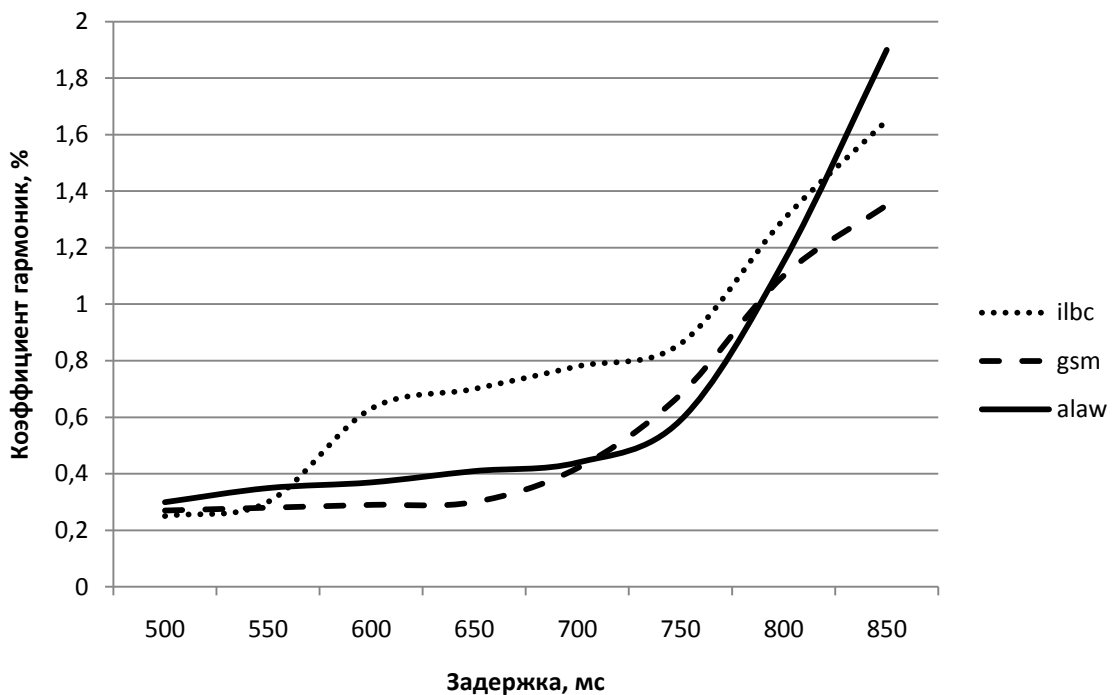


Рис.3. График.

Зависимость коэффициента гармоник от джиттера представлена на рисунке 4.

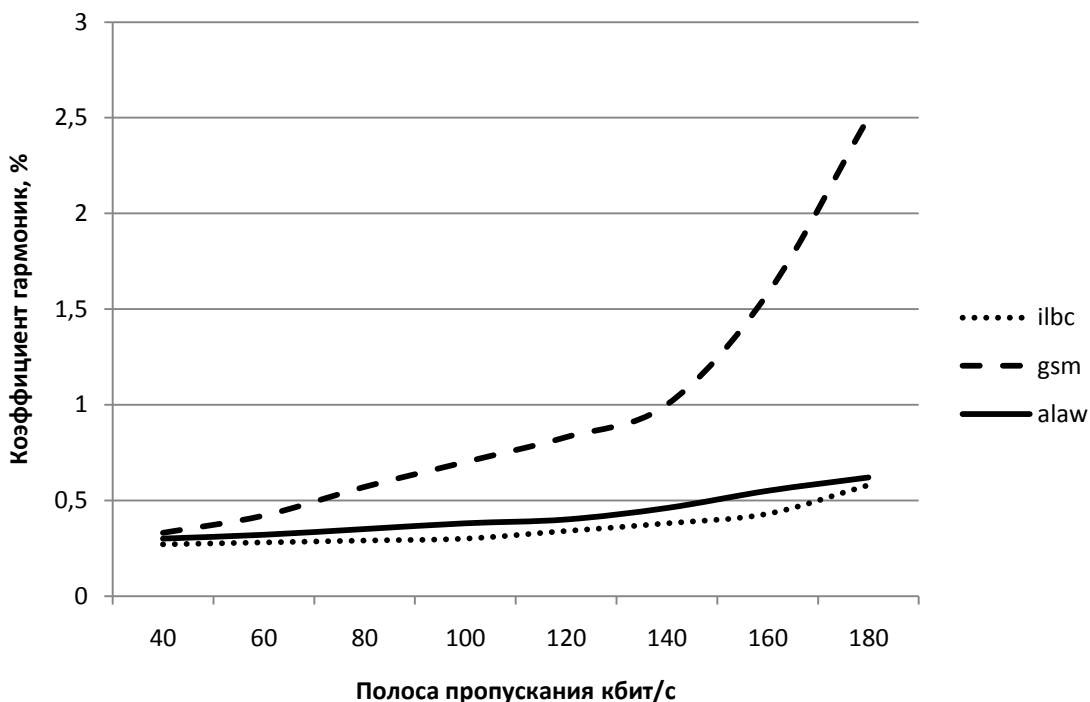


Рис.4. График.

Зависимость коэффициента гармоник от потерь пакетов представлена на рисунке 5.

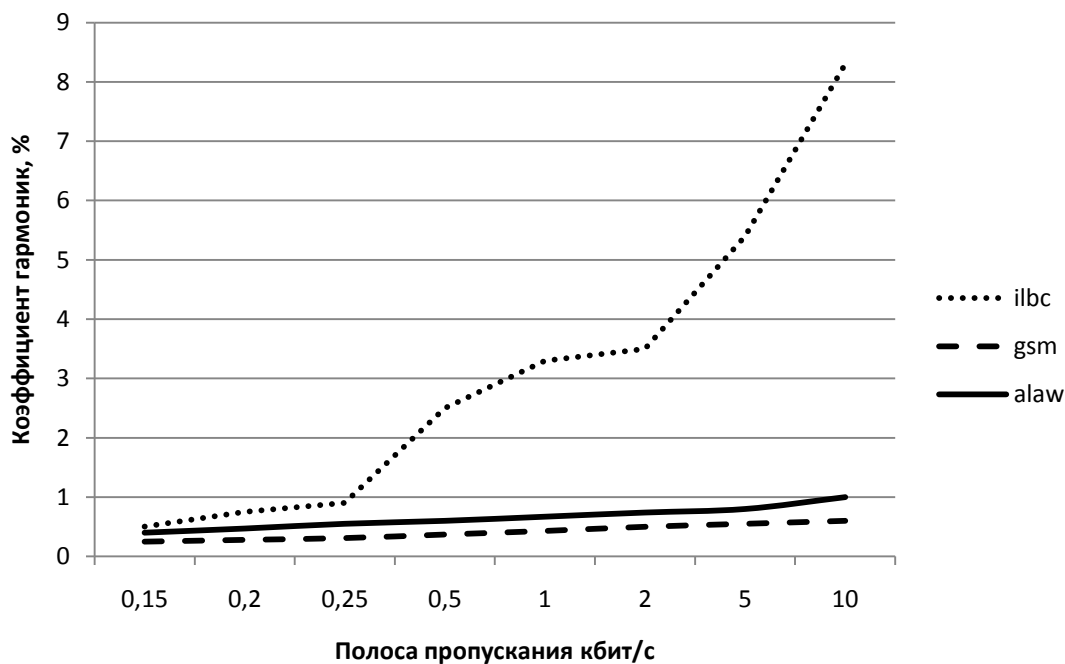


Рис.5. График.

9. Заключение

1. Пропускная способность большим образом влияет на коэффициент гармоник. При эмулировании пропускной способности меньшей чем скорость кодирования речи разных кодеков наблюдался достаточно большой коэффициент искажений. Причина этому – отброс пакетов на узле маршрутизации. При небольших потерях пакетов кодеки пытаются

сгладить искажения. Но при достаточном увеличении процента потерь коэффициент гармоник стремительно растет вверх. При влиянии джиттера и задержек кодеки ведут себя стабильно, но при сильно больших значениях коэффициент линейным образом резко увеличивается.

2. Кодек alaw требует самой большой пропускной способности – более чем 150кбит/с.

Кодеки gsm и ilbc неплохо работают при 70-80кбит/с. Это говорит о том, что эти кодеки достаточно хорошо сжимают речь.

3. Кодек ilbc совсем не стойкий при больших потерях. При 0,25% потерь пакетов коэффициент стремительно возрастает. Намного лучше себя ведут кодеки alaw и gsm. Тут прослеживается линейная зависимость, а также то, что gsm наиболее лучше использовать при каких-либо потерях в сети.

4. При влиянии джиттера все три кодека стабильно работают при значении 50мс. Это и показывает о существовании джиттер-буфера. А при увеличении джиттера при использова-

нии кодека gsm наблюдаются большие искажения. Это объясняется большими потерями пакетов непосредственно на клиенте (приемнике).

5. Влияние задержек в сети имеют приблизительно одинаковые результаты для кодеков alaw и gsm. И при увеличении задержек более чем на 550мс дают плохие результаты. Стандарт ITU-T G.114 рекомендует, что задержка при передаче голоса не должна превышать 150 мс, поэтому в этом случае измерение коэффициента гармоник носит чисто экспериментальный характер.

Список литературы

1. Джим Ван Меггелен, Лейф Мадсен, Джаред Смит – Asterisk: будущее телефонии, 2-е издание, – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2009. – 656с.
2. «Methods for subjective determination of transmission quality», ITU-T Recommendation P.800 August 1996.
3. «Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs» ITU-T Recommendation P.862 February 2001.
4. А. П. Гогучев, «Теоретические основы радиотехники», Высшая школа, 2002. – 306с.
5. Сергиенко А. Б. «Цифровая обработка сигналов». – 2-е. – СПб: Питер, 2006. – 751с.
6. Luigi Rizzo, «Dummynet», RFC2398, August 1998.