

Ушаков Дмитрий Игоревич

канд. техн. наук, старший преподаватель
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

г. Белгород, Белгородская область

Худасова Ольга Геннадьевна

магистр техн. наук, старший преподаватель

Институт инженерных технологий
и естественных наук

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

г. Белгород, Белгородская область

Исхакова Ксения Дмитриевна

бакалавр техн. наук, магистрант

Институт инженерных технологий
и естественных наук

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

г. Белгород, Белгородская область

Зайцева Екатерина Александровна

бакалавр техн. наук, магистрант

Институт инженерных технологий
и естественных наук

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

г. Белгород, Белгородская область

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА VOIP-СВЯЗИ. ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА СВЯЗИ ОТ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ

***Аннотация:** в статье рассмотрено и экспериментально показано влияние пропускной способности сети с коммутацией пакетов (IP-сети) на качество установленного телефонного соединения по технологии VoIP. Полученные результаты эксперимента показали ухудшение, а в некоторых случаях невозможность качественной передачи пакетов VoIP. Сделаны выводы о целесообразности применения конкретного голосового кодека в условиях ограниченности полосы пропускания.*

***Ключевые слова:** VoIP, IP-телефония, SIP, бизнес телекоммуникации, пропускная способность, качество соединения по технологии VoIP.*

Для оценки качества голоса и видео обычно используются качественные оценки типа хорошее или плохое, но кроме качественного описания достаточно удобно использовать количественные методы, чтобы выражать оценку в числовом виде. Такая оценка существует и называется Mean Opinion Score (MOS) усреднённая оценка разборчивости речи. MOS даёт численное представление о качестве передаваемой медиа-информации после сжатия с помощью кодеков и передачи по каналам связи.

Выражается он числовым значением от 1 до 5, 1 – низкое качество и 5 – самое лучшее. MOS довольно субъективная оценка, так как он основан на восприятии качества голоса людьми. Однако, есть приложения, которые умеют измерять MOS и такие данные более объективны.

Второй способ оценки качества звука это R-Factor он имеет более расширенную шкалу от 0 до 120, что позволяет делать более точную оценку. R-Factor рассчитывается с учётом ощущений пользователя и объективных факторов, которые влияют на общее качество VoIP-системы, сетевой R-Factor и пользовательский R-Factor рассчитываются отдельно. 1) Преимущества таких АТС перед облачной прежде всего в том, что нет необходимости платить абонентскую плату ежемесячно SIP-провайдеру за предоставление виртуальной АТС. Абонентская плата за пользование собственно SIP каналом, естественно, остаётся.

Современный инструментарий оценки качества VoIP включает в себя искусственные программные модели для расчета MOS. Расчет фактора R осуществляется согласно E-model стандарта ITU G 107 [5].

Для реализации возможности передачи голоса по IP – сети на сегодняшний день существует несколько различных протоколов сигнализации (SIP, SCCP, H.323, MGCP) и кодеков для кодирования речевой информации (G.711 A-law, G.711 μ -law, G.726, G.729, iLBC, SpeeX, GSM). Выбор конкретного протокола и кодека осуществляется исходя из предъявляемых требований к VoIP сети, технических возможностей IP – сети, на базе которой строится телефонная сеть, а также выделенного бюджета.

От протокола сигнализации зависит скорость и возможность установления соединения, переадресации вызова, создание конференций и т. д., а от параметров сети качество передачи голосовой информации. На качество передачи речевых данных также имеет непосредственное влияние выбранный кодек. Это связано с тем, что каждый кодек имеет свою требуемую полосу пропускания и соответственно, чем меньше эта полоса пропускания, тем хуже качество передаваемых голосовых сообщений.

В качестве параметров IP-сети, влияющих на качество передачи голосовых сообщений, выделяются такие как [2]: задержка пакетов, джиттер, потеря пакетов. Джиттер зависит от выбранного кодека, а задержки и потери возникают, как правило, вследствие недостаточности полосы пропускания.

Существует ряд работ [2; 3], в которых исследуется влияние параметров IP-сети на качество передачи голоса по IP-сети. Однако данные исследования имели общий характер и не конкретизировались под конкретный голосовой

Для осуществления исследований, связанных с установлением, проведением и окончанием SIP звонка использовалось специальное программное обеспечение для перехвата VoIP трафика и анализа протоколов сигнализации – Hammer Call Analyzer v1.11 компании Empirix [5]. Схема экспериментальной установки состоит из сервера IP-телефонии Asterisk, двух компьютеров, на которых установлены программные продукты 3CX Phone (программный телефон) и

Hammer Call Analyzer. Программные телефоны подключались к серверу Asterisk для возможности осуществления звонков. При проведении звонка между компьютерами программа перехвата VoIP трафика анализировала все входящие и исходящие запросы с сервера, а также запросы между компьютерами.

Ниже приведен план эксперимента для исследования влияния полосы пропускания на качество передаваемого голоса для наиболее часто используемых кодеков, таких как: G.711, SpeeX, GSM, iLBC.

Отличием является установленное дополнительное оборудование на компьютере В – это Net Limiter 2 Pro, для ограничения полосы пропускания конкретного приложения (программы) и Media Player для проигрывания заранее записанной речи.

Эксперимент осуществляется следующим образом:

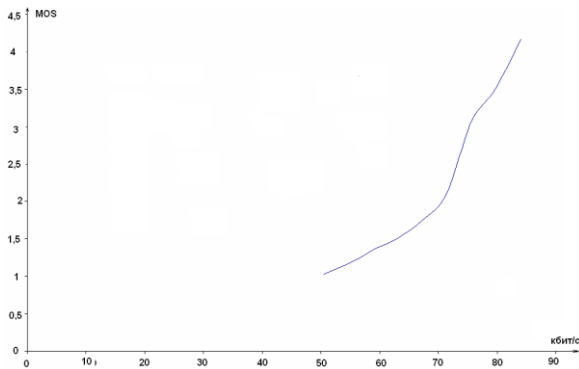
1. На сервере устанавливается требуемый кодек для анализа.
2. На компьютере В включается программа Net Limiter 2 Pro для просмотра и ограничения сетевого трафика для конкретного приложения.
3. Устанавливается телефонная связь между компьютерами.
4. На компьютере А включается Hammer Call Analyzer.
5. С компьютера В на компьютер А начинает передаваться голосовой трафик длительностью 1 минута.
6. По истечении 1 минуты получаем показатели качества передачи голоса от программы Hammer Call Analyzer.

Повторяются п.2 – 6, однако полоса пропускания уменьшается на 5% от той, что была в п.2.

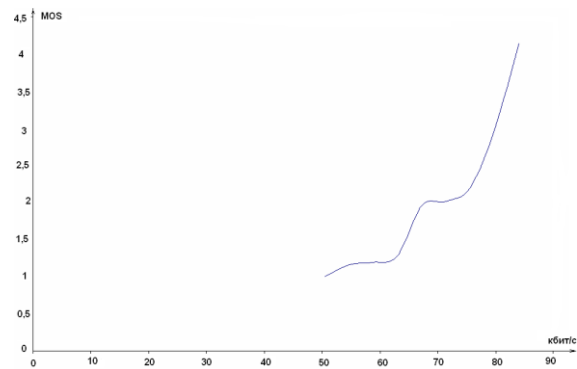
Первый эксперимент был поставлен для кодека G.711, который имеет два алгоритма кодирования: A-law и μ -law В таблице 2 приведены результаты проведения эксперимента, а на рис. 1 показана зависимость MOS фактора от полосы пропускания.

Результаты эксперимента для кодека G.711

| Первоначальная полоса пропускания (кбит/с) | Процент уменьшения (%) | Полученная полоса пропускания (кбит/с) | MOS – фактор | | R – фактор | |
|--|------------------------|--|--------------|------------|------------|------------|
| | | | A-law | μ -law | A-law | μ -law |
| 84 | 0 | 84 | 4,17 | 4,17 | 92 | 92 |
| | 5 | 79,8 | 3,52 | 3,01 | 72 | 61 |
| | 15 | 75,6 | 3,06 | 2,21 | 62 | 45 |
| | 20 | 71,4 | 2,11 | 2,03 | 43 | 43 |
| | 25 | 67,2 | 1,75 | 1,97 | 35 | 40 |
| | 30 | 63 | 1,5 | 1,29 | 32 | 23 |
| | 35 | 58,8 | 1,35 | 1,2 | 25 | 21 |
| | 40 | 54,6 | 1,17 | 1,17 | 19 | 19 |
| | 45 | 50,4 | 1,027 | 1,01 | 11 | 10 |



а)



б)

Рис. 1. График зависимости A-law кодека G.711 (а) и μ -law кодека G.711(б)

Как видно из полученных результатов, если полосу пропускания необходимую для кодека не ограничивать, то качество передаваемого голоса согласно значениям, MOS фактора находится в пределах «Удовлетворен». Однако малейшее уменьшение полосы пропускания приводит к ухудшению качества голоса. Из таблицы 1 видно, что если полоса пропускания будет ограничена на 20%, то качество связи остается приемлемым, а более 20 – невозможным. Это связано с тем, что кодек G.711 требует довольно большую полосу для кодирования голоса – 84 кбит/с и поэтому небольшие ограничения не повлияют на качество передачи.

Из таблицы 1 видно, что алгоритм μ -law более критичен к задержкам, т.к. значение MOS фактора стремительней уменьшается с уменьшением полосы

пропускания. Это связано с тем, что A-law обеспечивает больший динамический диапазон по сравнению с μ -law. В результате получаем менее искаженный звук из-за меньших ошибок квантования аналогового сигнала.

На рисунке 2 приведено искажение переданного голосового сигнала для 0% 15% и 40% уменьшения полосы пропускания соответственно.

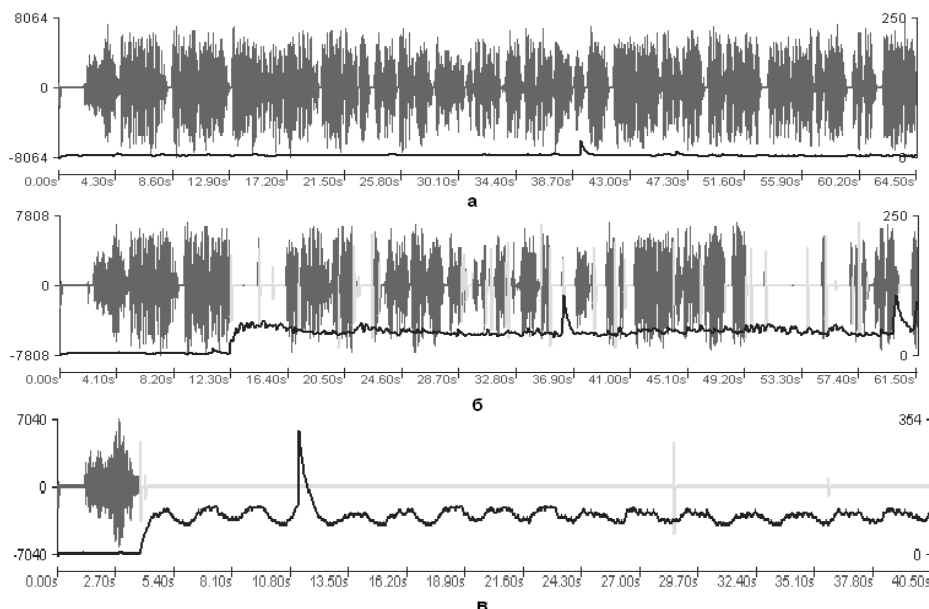


Рисунок 2. Искажение речевого сигнала при ограничении полосы пропускания. а) неискаженный сигнал; б) искаженный сигнал; в) задержка

Как видно из рисунка 3 (в) речевой сигнал отсутствует вообще, т.к. сильно была ограничена полоса пропускания, что в свою очередь вызвало увеличение значений задержки и количества потерянных пакетов.

Голосовые кодеки iLBC, SpeeX и GSM имеют приблизительно одинаковую необходимую полосу пропускания, которая составляет 24 кбит/с. Для этих кодеков был произведены эксперименты аналогичные кодеку G.711. Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице 2.

Результаты эксперимента для кодеков iLBC, SpeeX, GSM

| Первоначальная полоса пропускания (кбит/с) | | | Процент уменьшения (%) | | | Полученная полоса пропускания (кбит/с) | | | MOS – фактор | | | R – фактор | | |
|--|-------|-----|------------------------|-------|-----|--|-------|------|--------------|-------|------|------------|-------|------|
| iLBC | SpeeX | GSM | iLBC | SpeeX | GSM | iLBC | SpeeX | GSM | iLBC | SpeeX | GSM | iLBC | SpeeX | GSM |
| 24 | 24 | 24 | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 | 4,2 | 4,1 | 3,7 | 86,2 | 81,2 | 73,2 |
| | | | 5 | 5 | 5 | 22,8 | 22,8 | 22,8 | 3,5 | 3,1 | 2,8 | 64 | 59 | 47 |
| | | | 10 | 10 | 10 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 2,1 | 1,9 | 1,62 | 38 | 37 | 32 |

Из полученных результатов видно, что кодеки iLBC, SpeeX и GSM имеют меньшее значения MOS фактора и более критичны к ограничению полосы пропускания, чем кодек G.711. Этот факт объясняется тем, что данные кодеки для более сильного сжатия голоса используют более сложные алгоритмы кодирования. Эти кодеки создавались для передачи голоса по IP-сетям в условиях малой пропускной способности канала связи, а также в случаях большого количества пользователей IP телефонной сети.

Выводы

Проведенное исследование влияния полосы пропускания на качество передачи голоса по VoIP сети, построенной на основе протокола сигнализации SIP с использованием различных кодеков, показало, что для рассматриваемых голосовых кодеков уменьшение полосы пропускания является критичным, так как из-за этого ухудшается качество передачи речи и в некоторых случаях передача становится полностью невозможной. Так для кодека G.711 качество.

Список литературы

1. Сайт компании Dlink [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.dlink.ru (дата обращения: 10.05.2017).
2. Росляков А.В. IP – телефония / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шиббае; под. ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 252 с.
3. Гольдштейн В.С. IP-Телефония / В.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий; под. ред. В.С. Гольдштейна. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.

4. Carrier-Class VoIP and IMS Hammer Call Analyzer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.empirix.com/products-services/v-hca.asp>

5. Recommendation G.107 – AAP51 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/aap/sg12aap/history/g107/index.html>

6. Глоба Л.С. Анализ влияния полосы пропускания на качество установленного телефонного соединения по технологии VoIP / Л.С. Глоба, Д.В. Пономаренко, М.Ю. Терновой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/28099132-Analiz-vliyaniya-polosy-propuskaniya-na-kachestvo-ustanovlennogo-telefonnogo-soedineniya-po-tehnologii-voip.html> (дата обращения: 12.02.2018).