

УДК 621.395

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ VOIP-СЕТИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ NS2

А.В. Осин, А.А. Миротинцев

Разработана имитационная модель системы VoIP и источников речевых данных в среде NS2; Путем моделирования найдены величины полосы пропускания канала с приемлемыми значениями задержки, джиттера и процента потерь пакетов.

Simulation model in NS2 environment for the VoIP network and the voice traffic sources is developed. By modeling bottleneck bandwidth under desirable delay, jitter, and drop values is determined.

На сегодняшний день технология передачи речи VoIP широко применяется в различных сферах жизнедеятельности человека. Например, многие организации имеют филиалы в различных странах мира и вынуждены расходовать большие средства на междугородние и международные переговоры. Использование IP-телефонии в подобной ситуации позволит существенно снизить затраты.

В связи с разработкой новых стандартов и протоколов IP-телефонный разговор вплотную приблизился по качеству к разговору по «классическим» телефонным сетям. Так как IP-телефония позволяет существенно экономить требуемую полосу пропускания каналов, что приводит к снижению тарифов на междугородние и международные телефонные разговоры, то и интерес представителей рынка телекоммуникационных услуг (операторов связи, провайдеров Интернет, производителей оборудования и пользователей) к данному виду связи неуклонно растет. Внедрение новой технологии передачи речи сопряжено с некоторыми сложностями: имеются проблемы с обеспечением сквозного качества телефонной связи; затруднена совместная работа оборудования различных производителей; требуется новое аппаратное и программное обеспечение и др.

При проведении исследования, положенного в основу данной статьи, были поставлены следующие задачи:

- 1) реализовать алгоритм сегментации речевой информации на основе вейвлет-преобразований;
- 2) сформулировать модель системы VoIP для имитационного моделирования в среде NS2;
- 3) провести моделирование с различными параметрами канала передачи данных (узкого места), буфера очереди, закона распределения ON- и OFF-периодов голосовой активности речи;

4) получить показатели качества работы системы VoIP, использующей VAD-алгоритм сегментации на основе вейвлет-преобразований.

VoIP-сети представляют собой совокупность оконечного оборудования, каналов связи и узлов коммутации и строятся по тому же принципу, что и сети Интернет. Однако в отличие от сетей Интернет к VoIP-сетям предъявляются особые требования по обеспечению качества передачи речи: при построении крупных транспортных сетей в первую очередь организуется магистраль, которая обеспечивает транзит трафика между отдельными участками сети, а оконечное оборудование (шлюзы) включается в ближайший узел коммутации. Для связи между устройствами внутри VoIP-сети и с устройствами других сетей используются выделенные каналы или сеть Интернет.

В качестве примера приводится реализация VoIP-сети, построенной на базе оборудования фирмы Cisco (рис. 1).

В удаленных точках VoIP-сети размещаются шлюзы – маршрутизаторы VoIP. Шлюз работает с существующей телефонной структурой, переводя телефонные номера в IP-адреса для маршрутизации вызовов при их передаче по сети данных. Такой подход позволяет пересылать межофисные телефонные вызовы и факс-сообщения по сети данных и снижает расходы на междугородную связь. Конструктивно шлюзы могут быть объединены с коммутаторами сети. Информация со шлюзов-коммутаторов поступает к центральному коммутатору системы – маршрутизатору Cisco AS5300 и направляется по месту своего назначения, где опять же трансформируется шлюзом (если это необходимо) к виду, который требуется на получающей стороне. В проводимом исследовании предполагается реализовать модель схожей системы.

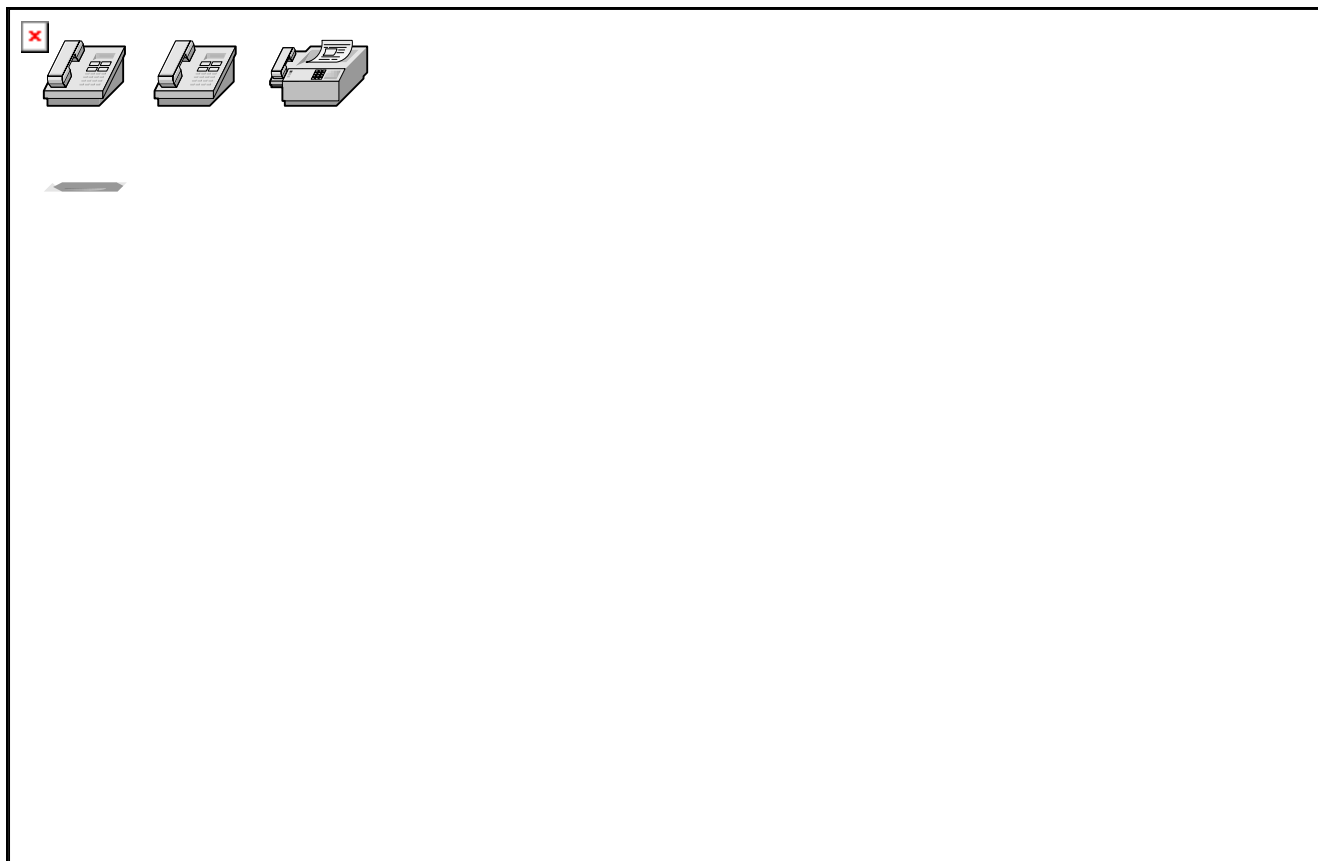


Рис. 1. Пример сети, работающей по технологии VoIP

**Показатели качества для VoIP-сетей.** Традиционные телефонные сети коммутруют электрические сигналы с гарантированной полосой пропускания, достаточной для передачи сигналов голосового спектра. При фиксированной пропускной способности передаваемого сигнала цена единицы времени связи зависит от удаленности и расположения точек вызова и места ответа.

Сети с коммутацией пакетов не обеспечивают гарантированной пропускной способности, поскольку не обеспечивают гарантированного пути между точками связи.

Для приложений, где не важен порядок и интервал прихода пакетов, например e-mail, время задержек между отдельными пакетами не имеет решающего значения. IP-телефония является одной из областей передачи данных, где важна динамика передачи сигнала, которая обеспечивается современными методами кодирования и передачи информации, а также увеличением пропускной способности каналов, что приводит к возможности успешной конкуренции IP-телефонии с традиционными телефонными сетями.

Основными составляющими качества IP-телефонии являются *задержка, джиттер и процент потерянных пакетов*.

Задержка создает неудобства при ведении диалога, приводит к перекрытию разговоров и возникновению эха. Эхо возникает в случае, когда отраженный речевой сигнал вместе с сигналом от удаленного конца возвращается опять в ухо говорящего. Эхо становится трудной проблемой, когда задержка в петле передачи больше, чем 50 мс. Так как эхо является проблемой качества, то системы с пакетной коммутацией речи должны иметь возможность управлять эхом и использовать эффективные методы эхоподавления.

Когда речь или данные разбиваются на пакеты для передачи через IP-сеть, пакеты часто прибывают в пункт назначения в различное время и в разной последовательности. Это создает разброс времени доставки пакетов (джиттер). Джиттер приводит к специфическим нарушениям речи, слышимым как трески и щелчки. Различают три формы джиттера:

1) джиттер, зависимый от данных – происходит в случае ограниченной полосы пропускания или при нарушениях в сетевых компонентах;

2) искажения рабочего цикла – обусловлен задержкой распространения между передачей снизу вверх и сверху вниз;

3) случайный джиттер – результат теплового шума.

Потерянные пакеты в IP-телефонии нарушают речь и создают искажения тембра. В существующих IP-сетях все голосовые кадры обрабатываются как данные. При пиковых нагрузках и перегрузках голосовые кадры будут отбрасываться, как и кадры данных. Последние не связаны со временем, и отброшенные пакеты могут быть успешно переданы путем повторения. Потеря голосовых пакетов, в свою очередь, не может быть восполнена таким способом, и в результате произойдет неполная передача информации. Предполагается, что потеря до 5% пакетов незаметна, а свыше 10 – 15% недопустима. Причем данные величины существенно зависят от компрессии/декомпрессии. Анализ процессов потерь пакетов [1, 2, 3] показывает, что наиболее вероятны потери одного, двух или трех пакетов, и эти потери можно пытаться компенсировать. Потери больших групп пакетов приводят к необратимым локальным искажениям речи, но они редки.

С повышением трафика возрастают задержки и потери в телефонном канале. В условиях ограниченных пропускных способностей это проявляется не только при интегральном увеличении загрузки каналов (час пик), но и при увеличении потока локального источника информации.

Необходимо использовать как можно более низкие скорости передачи речевой информации при естественном требовании обеспечения качества связи.

#### Имитационное моделирование VoIP-сети.

Предположим, что необходимо смитировать VoIP-сеть некоторой компании, штаб-квартира которой соединена с офисами филиалов IP-телефонией. Предлагается использовать 100 телефонных линий для связи штаб-квартиры компании с ее офисами в филиалах. Чтобы обеспечить 100 одновременных телефонных разговоров с кодеком G.711, необходим канал шириной 8560 Кбит/с ( $85,6 \text{ Кбит/с} \cdot 100 = 8560 \text{ Кбит/с}$ ). Структурная схема модели в NS2 представлена на рис. 2.

Модель предназначена для имитирования VoIP-сети, в которой происходит передача речевых данных (телефонных разговоров) в реальном

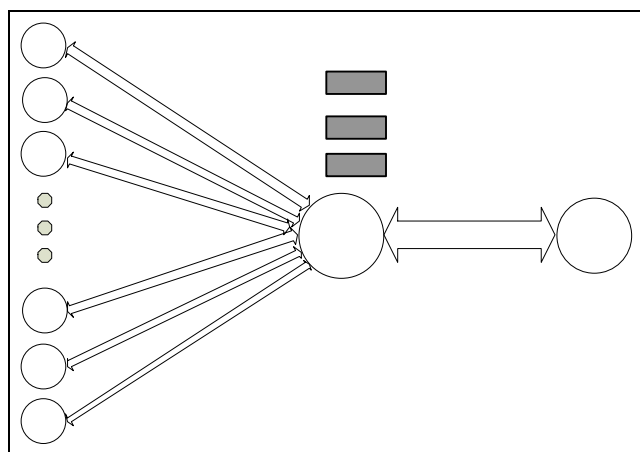


Рис. 2. Схема моделирования в NS2

времени. Узлы представляют собой источники сегментированного речевого потока. Данные для параметризации источников (длительности периодов речи и пауз) получены с помощью алгоритма сегментации на основе вейвлет-преобразований [4]. В данной модели число источников равно 100. Узел 0 является передатчиком этих разговоров адресату – узлу 1.

К узлу 0 от источников – узлов 2...N ведут вторичные каналы передачи с полосой пропускания, равной 1Мб, и с задержкой передачи данных 10мс.

Параметры узлов 2...N:

- 1) размер генерируемых пакетов 214 бит (кодек G.711);
- 2) интервал для трафика 0,1с;
- 3) скорость потока 85600 бит/с (85,6 Кбит/с);
- 4) величины периодов речи и периодов пауз задаются согласно результатам сегментации.

Для определения качества функционирования системы в различных условиях в процессе моделирования оценивались следующие параметры главного канала (канал, соединяющий узлы 0 и 1):

- 1) полоса пропускания (меняется в пределах от 1 до 3 Мб);
- 2) размер буфера узла 0 (1000 пакетов);
- 3) величина задержки передачи данных в канале (10 мс);

Моделирование позволило получить данные для каждого источника по количеству переданной информации (в байтах и в пакетах), количеству полученной адресатом информации (в пакетах), количеству потерянных пакетов, проценту потерь пакетов, задержке при передаче, джиттеру и среднеквадратичном отклонении (СКО) джиттера (рис. 3). Согласно информации, представленной на рисунке, процент потерь и средняя задержка пакетов с ростом пропускной способности главного канала

резко снижаются и в конечном счете принимают постоянные значения. СКО джиттера, напротив, с ростом пропускной способности главного канала обладает некоторым глобальным максимумом. Допустимыми (граничными) значениями показателей качества являются: задержка – 0,4 с; потери

– 5%; СКО джиттера – 0,01 с. Полоса пропускания шириной 2,2 Мб характеризуется следующими величинами: потери – 4,44%, СКО джиттера – 0,01с, задержка передачи – 0,425с и обладает подходящей пропускной способностью канала для заданных граничных условий качества.

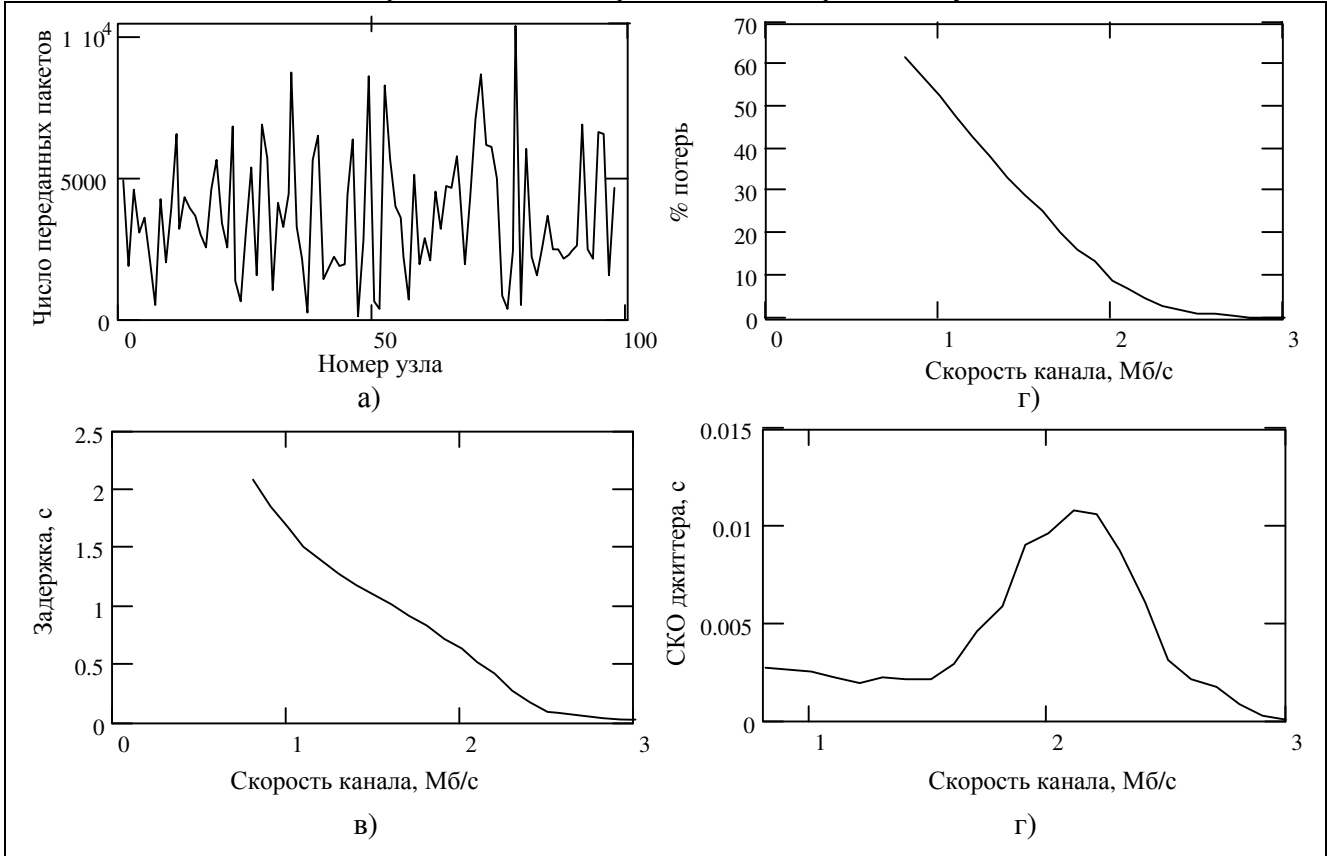


Рис. 3. Показатели качества работы VoIP-сети: а – число переданных пакетов для узлов, участвовавших в моделировании; б – зависимость процента потерянных пакетов от пропускной способности главного канала; в – зависимость средней задержки на пакет от пропускной способности главного канала; г – зависимость СКО джиттера от пропускной способности главного канала

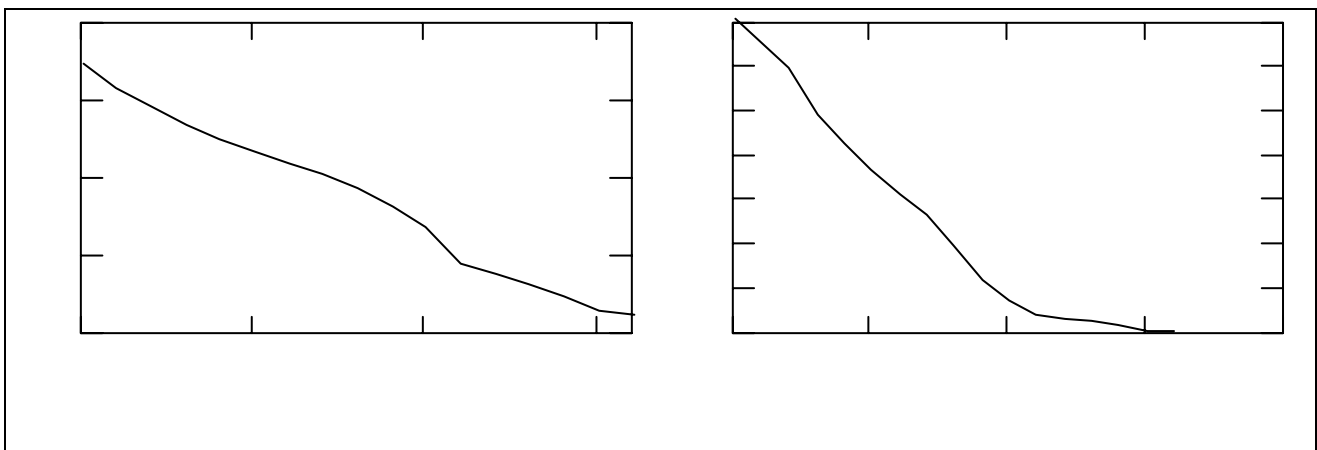


Рис. 4. Проценты потерянных пакетов и средние задержки на пакет для узла 20

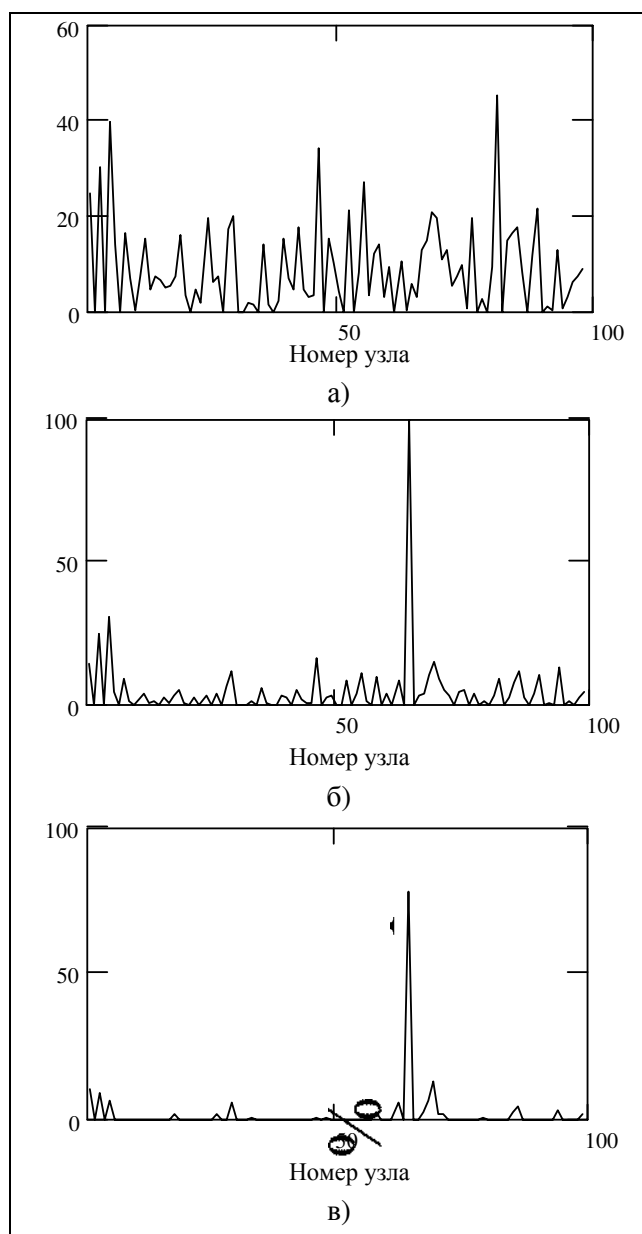


Рис. 5. Проценты потерянных пакетов для всех узлов, участвовавших в моделировании при скоростях главного канала: а – 2 Мб/с; б – 2,2 Мб/с; в – 2,4 Мб/с

Для более детального исследования показателей качества на рис. 4 приводятся процент потерянных пакетов и средняя задержка на пакет для отдельных источников (узел 20). Очевидно, что эти зависимости схожи с теми, которые получены для усредненных случаев на рис. 3.

На рис. 5 приводятся графики процента потерянных пакетов для всех узлов, участвовавших в моделировании для различных скоростей главного канала. Очевидно, что с ростом пропускной способности изменчивость представленной характеристики снижается.

В статье разработана имитационная модель системы VoIP и источников речевых данных, параметры которых получены на основании сегментации речи (базы телефонных IP-разговоров) с использованием вейвлет-преобразования [4]. Алгоритм сегментации работает в реальном времени.

После обработки данных моделирования была проведена оценка эффективности работы этой сети. Путем моделирования найдены величины полосы пропускания канала с приемлемыми значениями задержки, джиттера и процента потерь пакетов. Дальнейший подбор параметров канала возможен за счет изменения объема буфера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шелухин О.И., Тенякшев А.В., Осин А.В. Моделирование информационных систем. Учеб. пособие / Под ред. О.И. Шелухина. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2005.
2. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В. IP-телефония: Издание второе. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003.
3. Мак-Квери С., Мак-Грю К., Фой С. Передача голосовых данных по сетям, Cisco Frame Relay, ATM и IP. – М.: «Вильямс», 2002.
4. Ермоленко Т.В., Шевчук В.В. Алгоритмы сегментации с применением быстрого вейвлет-преобразования // Тр. междунар. конф. «Диалог 2003». – Протвино, 11-16 июля, 2003.

Поступила 01.11.2005 г.