

Черта над величиной означает операцию усреднения по времени.

На основании расчетных значений эталонной импульсной характеристики (табл. 2) линейной системы $h(t)$ и результатов измерения с помощью корреляционного метода $h^*(t)$ согласно (3) получено $F = 5,2192 \cdot 10^{-5}$.

Значения номиналов элементов той или иной цепи (системы) по множеству причин (изменение температуры, влажности и т. п.) не являются постоянными. Если номиналы элементов исследуемой системы будут случайным образом флуктуировать в пределах 5 %, то это соответствующим образом скажется на оценке импульсной характеристики линейной системы. При этом согласно (3) величина F для максимального ухода импульсной характеристики от эталонной составила 0,0071.

Для построения диагностической системы на основе корреляционного метода в качестве диагностически значимых признаков можно использовать вектор полученных оценок импульсной

характеристики либо, применив преобразование Фурье, осуществить переход в частотную область, в которой в качестве вектора признаков можно рассматривать спектральные составляющие полученной оценки частотной характеристики исследуемой системы.

Вывод. Корреляционный метод измерения импульсной характеристики дает возможность получать результаты измерений высокой точности без отключения линейной системы от работающего комплекса, не оказывая влияния на работу системы. Это подтверждает возможность построения диагностической системы на основе данного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винокуров В. И., Каплин С. И., Петелин И. Г. Электро-радиоизмерения: Учеб. пособие для радиотехнич. спец. вузов / Под ред. В. И. Винокурова. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. С. 289—292, 244—247.
2. Корн Г. Электронные аналоговые и аналого-цифровые вычислительные машины. М.: Мир. 1967. С. 239—245.
3. Рубичев Н. А. Оценка и измерение искажений радиосигналов. М.: Советское радио, 1978. С. 15—25.

УДК 004.75

Распределенная обработка аудиоинформации в корпоративных сетях на базе IP-телефонии

Р. М. АЛГУЛИЕВ, д-р техн. наук, Б. С. АГАЕВ, Т. Х. ФАТАЛИЕВ, Т. С. АЛИЕВ

Институт информационных технологий НАНА, г. Баку

Дан анализ принципов работы IP-телефонии в корпоративной сети, рассмотрены их преимущества, варианты построения. Как пример приведены проект и структурная схема системы IP-телефонии, используемой в корпоративной сети на основе технологии Softswitch в Национальной академии наук Азербайджана.

Телефонные сети и сети передачи данных сосуществовали в течение десятилетий, они развивались независимо друг от друга. IP-телефония объединяет их в единую коммуникационную сеть, которая предлагает мощное и экономичное средство связи. IP-телефония — это технология, которая использует сети пакетной коммутации для передачи голосовых сообщений вместо традиционных телефонных сетей [1, 2].

Сегодня в IP-телефонии рыночные акценты постепенно смещаются в сторону корпоративного сегмента: при относительном сохранении объемов межоператорского бизнеса снижается доля карточной телефонии и растет объем корпоративного IP-трафика. Конечный пользователь

IP-телефонии получает следующие дополнительные преимущества:

более низкие цены на междугородные и международные услуги телефонной связи;

одновременная поддержка голоса и данных удовлетворяет требованиям конвергенции;

мобильность пользователя, которую обеспечивает сеть IP-телефонии: звонки и факсы автоматически перенаправляются в любую точку мира, пользователи имеют доступ к одному и тому же набору услуг независимо от того, где и как они подключаются к сети;

доступ к новым услугам (голосовая почта, конференц-связь, передача факса и др.) через открытый интерфейс архитектуры на базе IP, что

обеспечивает совместимость широкого спектра разработчиков приложений;

возможность настройки набора услуг;

простота оплаты услуг IP-телефонии (обычно с помощью предоплаченных телефонных карточек);

простота контроля пользователем состояния его расчетного счета (через сеть Интернет).

Просуммируем те выгоды, которые предприятия могут извлечь из реализации стратегии, частью которой является внедрение IP-телефонии.

Во-первых, создание единой конвергентной сетевой инфраструктуры предприятия позволяет уменьшить расходы по сравнению с расходами на создание набора инфраструктур, существующих сейчас, и дает возможность реализации любых видов IP-коммуникаций — от мультимедиа-систем конференц-связи до систем корпоративного управления и оповещения, основанных на широковебательных технологиях, технологиях Presence и Instant Messaging, причем часть из них очень трудно или невозможно реализовать в рамках традиционных подходов.

Во-вторых, чрезвычайная мобильность (непривязанность к телефонным каналам) и простота внесения изменений в логическую схему корпоративной IP-телефонной сети дают возможность повысить эффективность работы предприятия за счет увеличения "подвижности" его оргструктуры (развития мобильных подразделений — временных рабочих групп с четкой координацией и постоянным контролем за счет интегрированности с системами корпоративного управления, например ERP, CRM и т. п.).

Главный же выигрыш — возможность реальной интеграции корпоративных информационных и управленческих систем с системами голосовой (мультимедийной) связи — от создания систем с унификацией сообщений и групповых расписаний с возможностями голосовых напоминаний до превращения всего предприятия в распределенный центр управления обращениями клиентов (contact center — часть CRM-системы), в котором каждый телефонный звонок, электронная почта, факс или личный контакт фиксируются, обрабатываются и заносятся в корпоративную базу данных единым образом, а каждый сотрудник выступает в роли агента-оператора в одной из групп. Такой подход существенным образом меняет представление о способах организации корпоративной деятельности вообще.

Наконец, самая прямая и известная выгода — экономия на телефонных счетах за междугородные и международные звонки в компаниях, располагающих территориально распределенной корпоративной сетью.

Корпоративная IP-телефония

В настоящее время корпоративная IP-телефония в мире реально существует и развивается. Причем существует и развивается она, по крайней мере, в трех вариантах, и многие предприятия и организации используют хотя бы один из них [3].

Первый вариант основан на использовании "провайдерской" IP-телефонии либо в форме корпоративного контракта с "карточным" оператором IP-телефонии (в этом случае, чтобы позвонить в другой город, абонент набирает телефонный номер оператора, идентификационный номер и PIN-код карты и потом нужный ему телефонный номер), либо путем перенастройки учрежденческой телефонной станции (РВХ) таким образом, чтобы междугородные и международные звонки "прозрачным" образом или через специальную "цифру выхода на межгород" отправлялись оператору IP-телефонии сразу в виде IP-пакетов через канал передачи данных.

Второй вариант — использование предприятиями, имеющими территориально распределенную структуру, корпоративной сети передачи данных для обмена голосовым трафиком между точками присутствия компании. Как правило, это делается путем подключения шлюзов IP-телефонии к учрежденческим телефонным станциям в точках присутствия и заданием на них правил маршрутизации. Такая система позволяет очень заметно экономить на оплате телефонных счетов. При этом, конечно, звонки в города и страны, в которых нет точек присутствия компании, отправляются, как правило, оператору IP-телефонии.

Третий вариант, наиболее полно реализующий возможности IP-телефонии, — построение интегрированной корпоративной IP-сети с функциями передачи голоса и данных (а также, возможно, видео, технологической информации и т. д.). Этот вариант наиболее удобен, экономичен и перспективен. Удобен потому, что в компании появляется цифровая телефонная сеть с единым планом нумерации, единым центром управления, со множеством дополнительных услуг, начиная от привычных всем пользователям учрежденческих телефонных станций удержания и перевода звонков на другие номера и заканчивая присущими только IP-телефонным системам возможностями.

В настоящее время проектируются универсальные IP-сети общего пользования, которые в будущем заменят традиционные телефонные сети и существенно дополнят их услугами передачи данных, видео и мультимедиа. В результате сегодня IP-технологии успешно применяются

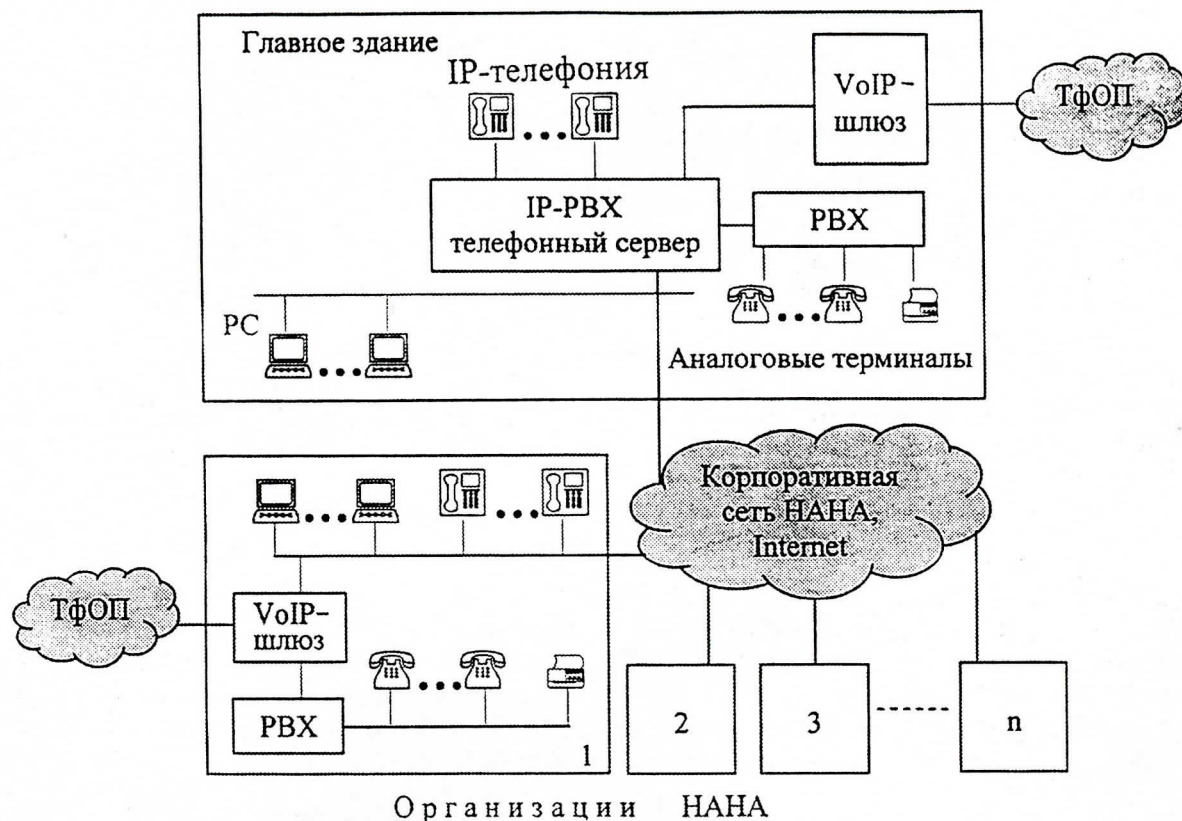


Рис. 1. Структурная схема корпоративной сети VoIP НАНА:
1 — n — институты НАНА

для создания выделенных мультисервисных корпоративных сетей связи. Так, в Национальной академии наук Азербайджана (НАНА) ведутся активные работы по созданию и внедрению IP-телефонии в корпоративной сети на основе технологии Softswitch (рис. 1).

Softswitch — это совокупность технологий и комплекса оборудования, позволяющая организовать цифровую телефонию на базе методов пакетной коммутации и телефонных переговоров как один из вариантов построения систем СТИ (компьютерно-телефонная интеграция, или компьютерная телефония). СТИ и ее частные приложения — IP-телефония и Internet-телефония — позволяют построить цифровую телефонию поверх систем с протоколами IP (Ethernet, Internet, Intranet и пр.) взамен технологий традиционных телефонных сетей общего пользования, таких как СПД, интерфейсы и протоколы [аналоговый ТфОП, Е1 (ИКМ-30), Е1 (ISDN, BRI, PRI)].

Один из наиболее распространенных вариантов построения системы IP-телефонии представляет собой распределенную систему, обеспечивающую сервисы корпоративной IP-телефонии не только для главного здания (офиса), но и для удаленных подразделений/организаций на тер-

ритории Академгородка, подключенных к корпоративной IP-сети с гарантией необходимых механизмов качества сервиса (QoS).

В схеме коммутационный (телефонный) сервер IP-PBX, расположенный в главном здании НАНА, управляет установлением телефонных соединений и функционированием телефонных аппаратов, расположенных в удаленных точках в пределах корпоративной IP-сети. В составе этого сервера имеется сервер баз данных, выполняющий роль хранилища видео-, аудиоданных.

Общий принцип действия телефонных серверов IP-телефонии таков: с одной стороны, сервер связан с телефонными линиями и может соединиться с любым телефоном мира, с другой — сервер связан с Интернетом и может связаться с любым компьютером в мире. Сервер принимает стандартный телефонный сигнал, оцифровывает его (если сигнал исходно нецифровой), значительно сжимает, разбивает на пакеты и отправляет через IP-сеть по назначению с использованием протокола TCP/IP. Для пакетов, входящих из сети на телефонный сервер и уходящих в телефонную линию, операция происходит в обратном порядке. Обе составляющие операции (вход сигнала в телефонную сеть и его выход из

телефонной сети) происходят практически одновременно, что позволяет обеспечить полнодуплексный разговор. На основе этих базовых операций можно построить много различных конфигураций. Допустим, звонок "телефон—компьютер" или "компьютер—телефон" может обеспечивать один телефонный сервер. Для организации связи телефон (факс)—телефон (факс) нужно два сервера.

Приведем основные характеристики модели построения корпоративной сети IP-телефонии, объединяющей высокоскоростные локальные сети распределенных (удаленных) подразделений:

- для организации системы IP-телефонии используется коммутационный сервер IP-PBX (для обеспечения масштабируемости и отказоустойчивости решения в пределах корпоративной сети);
- на одном сервере поддерживается до 1000 аналоговых и до 1000 IP-телефонов (Softphone);
- для подключения к телефонной сети общего пользования (ТфОП), подключения аналоговых телефонов и факсовых аппаратов и стыковки с существующими УАТС используются голосовые шлюзы;
- ресурсы голосовых сервисных модулей используются для организации аудиоконференций;
- кодек G.711 (несжатый голос) используется для всех голосовых звонков, так как в локальной сети обычно нет необходимости экономить ресурсы полосы пропускания;
- для обеспечения качественной работы различных приложений в сети рекомендуется использование соответствующих интерфейсных плат в составе IP-PBX, поддерживающих необходимые средства обеспечения качества сервиса (QoS).

Прежде всего надо отметить, что на настоящем этапе развития технологий IP-телефония в основном используется для организации телефонных переговоров междугородных и международных абонентов [4, 5]. Это, прежде всего, организации с распределенной структурой, которые имеют подразделения, филиалы в разных городах и странах. Значительный объем переговоров с использованием протяженных междугородных и международных линий связи сопряжен с большими финансовыми затратами. Такие организации могут избежать значительных расходов на телефонные переговоры между филиалами, используя услуги IP-телефонии операторов связи или интернет-провайдеров, получив доступ в Интернет.

Обычно удаленные абоненты сетей IP-телефонии соединяются с помощью обычных телефонных аппаратов через коммутируемую сеть общего пользования непосредственно или по сети сотовой связи через базовые станции. Соединение по последнему варианту происходит, если

абоненты сотовой связи находятся в пунктах, в которых нет точек присутствия IP-сети. Соединение проходит по местной, а иногда и междугородной сети ТфОП до ближайших АТС или АМТС, в которых функционируют интернет-провайдеры. В указанном варианте подключения удаленных абонентов межстанционный участок тракта передачи может быть рассмотрен как IP-канал для организации IP-телефонии.

Анализ качества передачи речи

Проблема оценки и анализа качества передачи речи в корпоративных сетях IP-телефонии приобретает все возрастающее значение. В классической телефонии с коммутацией каналов звуковые сигналы, в которых содержится закодированный голос, поступают на телефонную станцию непрерывно и равномерно. IP-телефония основана на принципе коммутации пакетов, т. е. аналоговые речевые сигналы абонентов преобразуются в дискретный вид, кодируются, компрессируются и передаются в сеть согласно алгоритму работы сетей TCP/IP.

Для оценки качества передачи пакетной речи требуются критерии и методы оценки, отличные от тех, которые используют для нормирования аналоговых и цифровых каналов. На сегодняшний день один из универсальных критериев для сравнения качества передаваемой речи с использованием разных технологий — это субъективный метод оценки по рекомендациям и методикам МСЭ-Т. Оценка проводится в единицах рейтинга R (Quality Rating) по стобалльной шкале или единицами MOS (Mean Opinion Score) по пятибалльной шкале. МСЭ-Т рекомендует пользоваться единицами R , которые и были использованы в последних материалах ETSI [6]. В качестве базы для оценки принята рекомендация МСЭ-Т G.109 (09/99) для сети ТфОП (таблица).

Оценка качества речи по рекомендации МСЭ-Т

Диапазон R	Категория качества речи	Удовлетворенность пользователей
$90 \leq R < 100$	Наилучшая (best)	Удовлетворены в высшей степени
$80 \leq R < 90$	Высокая (high)	Удовлетворены
$70 \leq R < 80$	Средняя (medium)	Некоторые не удовлетворены
$60 \leq R < 70$	Низкая (low)	Многие не удовлетворены
$50 \leq R < 60$	Плохая (poor)	Почти все не удовлетворены

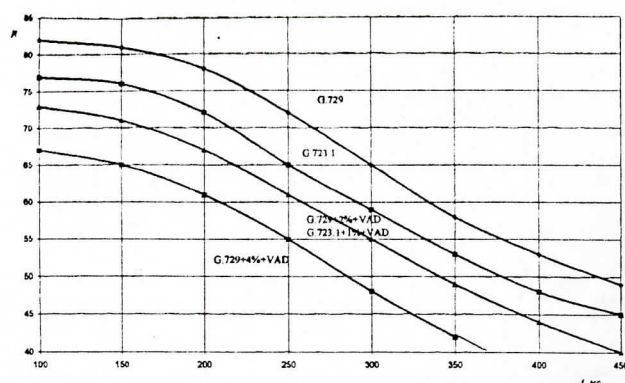


Рис. 2. Зависимость качества речи от суммарного действия задержки и потери пакетов

Соединения с качеством $R < 50$ не рекомендуются МСЭ-Т. Единицы MOS связаны с R сложной нелинейной зависимостью (рек. G.107). Вышему качеству $R = 100$ соответствует $MOS = 4,5$. Для соединений хорошего качества желательно ограничиться первыми тремя категориями, т. е. обеспечить $R > 70$ или $MOS > 3,5$ [7].

Как известно, качество передачи речи в сетях IP-телефонии зависит от задержки, потери пакетов, джиттера пакетов и применяемого типа кодека [8]. Зависимость качества речи от одновременного действия задержки и потери пакетов на кодеках по G.729 и G.723.1 (6,3 кбит/с) иллюстрирует рис. 2, из которого следует, что включение устройства детектирования (обнаружения) речи (Voice Activity Detection — VAD) незначительно понижает ее качество. Для сравнения приведены две верхние кривые для этих же кодеков без потерь.

Кривые для кодека по G.729 с 2 %-ной потерей пакетов и для кодека по G.723.1 (6,3 кбит/с) с 1 %-ной потерей пакетов практически совпадают. Как видно из рис. 2, при потерях 1–2 % пакетов и задержках более 150 мс качество речи в IP-канале с низкоскоростными кодеками падает ниже порога $R = 70$.

Характер зависимостей на рис. 2 примерно один и тот же, что свидетельствует об аддитивном воздействии на речь (в единицах R) искажений от задержки и потери пакетов.

Заключение

С технической точки зрения конечная цель IP-телефонии состоит в создании единой IP-магистрали для передачи всего корпоративного трафика — голоса, видео и данных. Такая перспектива прежде всего обеспечит экономию за-

трат и, возможно, упростит структуру корпоративной сети благодаря централизованному программному управлению сетью.

Если у предприятия есть стратегия, направленная на интеграцию всех видов коммуникаций в рамках единой IP-сети, увеличение эффективности работы сотрудников и их взаимодействия через внедрение новых корпоративных конвергентных приложений, улучшение их мобильности, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат на строительство, поддержку и координацию деятельности нескольких разных инфраструктур, то в этом случае внедрение IP-телефонии будет лишь логичным и последовательным шагом в реализации этой стратегии.

Наиболее прямой путь к достижению успеха в развитии систем IP-телефонии состоит в постепенном внедрении H-323-совместимых IP-устройств, начиная со шлюзов и продолжая IP-телефонами, факсовыми аппаратами, системами видеоконференций и другими конечными устройствами.

Развитие корпоративной IP-телефонии будет происходить постепенно и поэтапно. Те предприятия, которые сейчас не используют IP-телефонию для сокращения расходов на связь, в какой-то момент обязательно встанут перед выбором: продолжать параллельно развивать и поддерживать две сети — телефонную и передачи данных — или интегрировать голосовую связь в единую корпоративную IP-сеть. В долгосрочной перспективе выбор предreshen в пользу создания единой IP-сети для передачи всего корпоративного трафика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова Т. И. Компьютерные технологии в телефонии. М.: Эко-Трендз, 2003. 300 с.
2. Галицкий К. В. Компьютерные системы в телефонии. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 400 с.
3. Маслеников И. Корпоративная IP-телефония // Директор ИС. 2003. № 4.
4. Гольдштейн Б. С., Пинчук А. В., Суховицкий А. Л. IP-телефония. М.: Радио и связь, 2001. 336 с.
5. Попов В. Практикум по интернет-технологиям: Уч. Курс. СПб.: Питер, 2002. 480 с.
6. Материалы сервера www.etsi.org/ti/phon.
7. Коган А. В. IP-телефония: оценка качества речи // Технологии и средства связи. 2001. № 1. С. 78–82.
8. Агаев Б. С., Алиев Т. С. Анализ и оценка качества передачи речевых сигналов по каналам IP-телефонии в аудиоинформационных корпоративных сетях // Матер. 3-й Междунар. конф. ЮРГТУ. Новочеркасск, 2005. С. 105–111.