

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОЛОСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В IP-СЕТЯХ

Abstract: The stages of IP-networks development and voice transmission technologies are considered in the article, a possibility of integration of existent public-call networks and IP-networks is shown, a possibility of external VoIP gateways to increase the scope of audience of notification is analyzed and criteria of operative voice data distribution are formulated.

Key words: distribution of the vocal information, IP-networks, VoIP, the operative notification, NGN, telecommunication systems.

Анотація: У статті розглянуті етапи розвитку IP-мереж і технології передачі в них голосу, показано можливість інтеграції існуючих телефонних мереж і IP-мереж, проаналізовано можливість використання сторонніх шлюзів VoIP та сформульовані критерії оперативного розповсюдження голосової інформації.

Ключові слова: розповсюдження голосової інформації, IP-мережі, VoIP, оперативне оповіщення, NGN, телекомунікаційні системи.

Аннотация: В статье рассмотрены этапы развития IP-сетей и технологии передачи в них голоса, показана возможность интеграции существующих телефонных сетей и IP-сетей, проанализирована возможность использования сторонних шлюзов и сформулированы критерии оперативного распространения голосовой информации.

Ключевые слова: распространение голосовой информации, IP-сети, VoIP, оперативное оповещение, NGN, телекоммуникационные системы.

1. Введение

Задача оперативного оповещения является критически важной во многих сферах человеческой жизнедеятельности. Именно от оперативности оповещения часто зависит безопасность людей, особенно в местах с повышенной угрозой возникновения стихийных бедствий, ядерных аварий, пожаров, взрывов и химических выбросов. Информация о природных катаклизмах и возможных терактах, распространение социально важной информации, эпидемиологические предупреждения, ситуационное управление распределенными службами и организациями, оповещение руководящего и личного состава воинских формирований – все это далеко не полный перечень жизненно важных ситуаций, требующих своевременного оповещения.

Развитие современных информационных технологий дало сильнейший толчок к использованию новых средств коммуникации для оперативной доставки голосовой информации. Так, например, широкое распространение сотовой связи позволило минимизировать время, требуемое для оповещения каждого конкретного человека. В то же время использование IP (Internet Protocol)-телефонии открывает новые возможности для эффективного решения рассматриваемой задачи. Благодаря своей глобальности, IP-сеть при определенных условиях может обеспечить доведение важной информации целому множеству абонентов, среди которых могут быть не только владельцы стационарных и сотовых телефонов, но и пользователи, подключенные к Internet. В связи с этим IP-сеть обладает огромными преимуществами при осуществлении масштабных оперативных оповещений.

Целью статьи является анализ существующих методов и средств IP-телефонии с точки зрения применения их для решения задачи оперативного распространения голосовой информации.

2. Преимущества IP-телефонии

IP-телефония, или технология VoIP (Voice Over Internet Protocol), объединяет в себе преимущества привычной голосовой связи со всеми возможностями цифровой передачи данных. Ее появление датируется 1995 годом, когда компания VocalТес выпустила первую программу для IP-телефонии, названную Internet Phone, которая позволяла осуществлять звонки с домашнего компьютера. Она предполагала передачу данных по каналам Internet, которые изначально были обособлены от публичной телефонной сети. Понимая мощный потенциал IP-телефонии, крупнейшие производители сетевого оборудования, такие как Cisco и Nortel, в течение следующих нескольких лет начали выпуск коммутаторов с поддержкой VoIP.

В отличие от традиционных телефонных решений, которые опираются на выделенные каналы связи, объединяющие коммутационные узлы, решения IP-телефонии базируются на инфраструктуре IP-сетей, которая сама по себе является децентрализованной. В то же время использование коммутаторов при передаче информации ограничивает альтернативные пути ее передачи и в случае выхода из строя каналобразующих магистралей может повлечь за собой полный отказ в предоставлении телефонной услуги большому числу абонентов. В связи с этим наблюдается тенденция к постепенной замене инфраструктуры коммутируемых сетей единой IP-сетью и программными коммутаторами (softswitch) для управления голосовым трафиком.

Однако существуют не только архитектурные, но и коммерческие причины опережающего развития IP-телефонии. При организации трафика обычных международных звонков используются шлюзы компаний электросвязи, которые имеют двухсторонние отношения по обмену доходами в рамках системы международных соглашений. В то же время в архитектуре IP-сетей становится возможным создавать региональный и даже международный голосовой трафик в обход узлов, управляемых одной компанией. Это позволяет выбирать самый простой маршрут, минуя "узкие места". Открытость архитектуры, отсутствие единого управляющего центра, легкий доступ и наличие эффективной маршрутизации между двумя клиентами IP-сети позволяют строить гибкие решения по передаче больших объемов голосовой информации большому количеству конечных пользователей.

Крупнейшие операторы, видя перспективность и преимущества IP-телефонии, постепенно начинают реализовывать свои планы по переводу своих телекоммуникационных сетей на IP-основу. Необходимость предоставления новых мультимедийных услуг и сервисов без увеличения пропускной способности каналов дает возможность существенно удешевить голосовую связь и заставляет телекоммуникационные компании изменять свои бизнес-модели, чтобы адекватно отвечать потребностям рынка. Мощное развитие Internet-компаний Skype, Yahoo, Google, Youtube уже позволило значительно снизить стоимость мультимедийных IP-услуг для конечного пользователя [1].

Таким образом, неоспоримые преимущества IP-сетей позволяют им в скором времени стать базовой транспортной инфраструктурой, позволяющей удовлетворять требования конечных пользователей как к набору предоставляемых телекоммуникационных услуг, так и к их стоимости, гибкости, расширяемости и надежности [2].

3. Базовые технологии IP-телефонии

Для организации телефонной связи по IP-сетям используется специальное оборудование – шлюзы IP-телефонии, которые, с одной стороны, подключаются к телефонным линиям, а, с другой стороны, к IP-сети. Шлюзы при поступлении сигнала с телефона оцифровывают его, если он изначально не цифровой, сжимают полученный цифровой поток, используя различные алгоритмы компрессии, разбивают его на пакеты и отправляют через IP-сеть на другой шлюз. На приемной стороне происходит обратная операция декодирования сигнала из последовательности пакетов. Процесс входа сигнала в телефонную сеть и его выход из нее, имея минимальные задержки, дает возможность обеспечить полудуплексный разговор.

Преобразование двунаправленной аналоговой речи в цифровую форму внутри кодирующего и декодирующего устройства (кодека) и упаковка ее в пакеты, которые передаются, используя особые протоколы передачи данных, являются основными операциями IP-телефонии.

Рассмотрим базовые технологии IP-телефонии, опираясь на формальные описания сетей следующего поколения NGN (Next Generation Network), которые фактически объединяют лучшие тенденции в области передачи данных, в том числе и голосовой информации.

3.1. Архитектура NGN

Сеть NGN – это мультисервисная телекоммуникационная система, реализующая принцип конвергенции (объединения, сходимости) услуг связи. Данная сеть отличается от традиционных представлений телекоммуникационной сети разделением циркулирующей в ней информации на две категории: сигнальную информацию и данные, несущие смысловую нагрузку (рис. 1). Сигнальная информация необходима для коммутации абонентов и предоставления различных типов услуг [3].

Основными технологиями, на которых разворачиваются сети NGN, являются TCP/IP и MPLS (Multiprotocol Label Switching – мультипротокольная коммутация по меткам), а на высшем уровне – сигнальный протокол SIP, заменяющий уже устаревший H.323, рекомендованный ранее сектором стандартизации электросвязи международного союза электросвязи (МСЭ-Т/ITU-T) [4].

Развитие парадигмы коммутации пакетов в телефонии (ISDN, x.25, ATM) и в сетях передачи данных привело к утверждению протокола TCP/IP фактическим стандартом глобальной телекоммуникационной инфраструктуры – IP (Internet Protocol) телефонии. Протокол MPLS обычно называют протоколом 2.5 уровня модели взаимодействия открытых систем (OSI), так как он работает между вторым (канальным) и третьим (сетевым) уровнями. Он используется для обеспечения универсальной службы передачи данных как для сетей с коммутацией каналов, так и пакетов. Фактически, используя MPLS, можно передавать трафик IP-пакетов, ATM (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный режим передачи) и кадры Ethernet. В протоколе MPLS маршрутизация пакетов производится на основе меток, без анализа заголовков пакетов (адреса назначения).

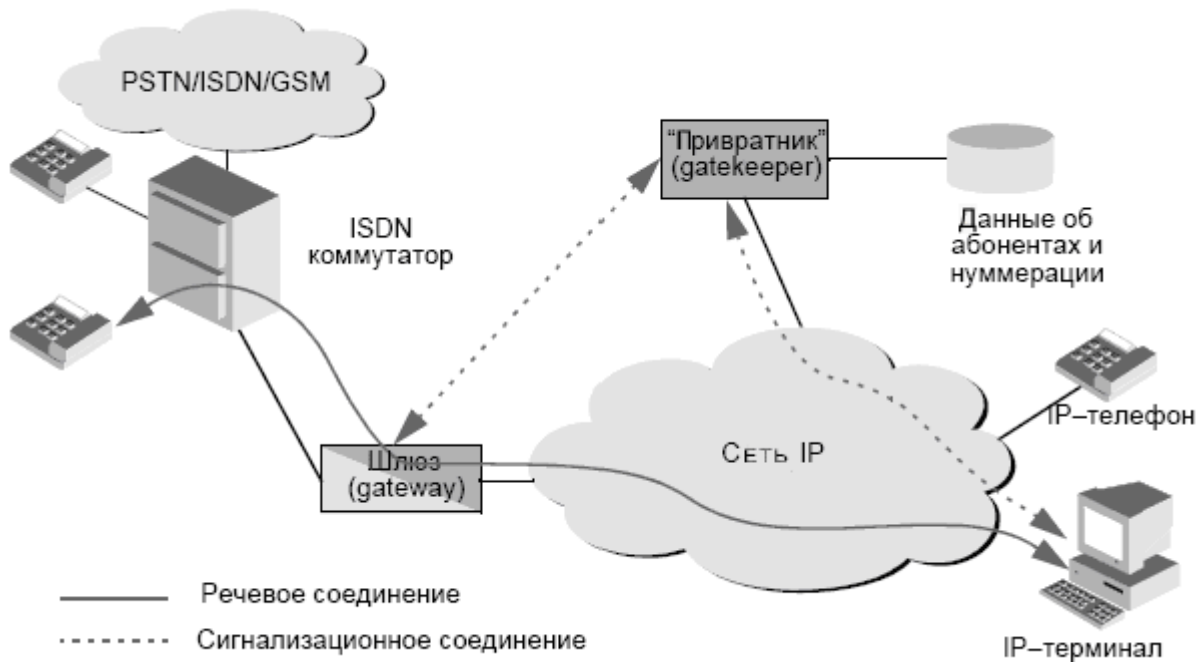


Рис. 1. Схема функционирования телекоммуникационной IP-сети

Основным устройством для голосовых услуг в сетях NGN является SoftSwitch — программный коммутатор, который управляет VoIP сессиями, реализуя связь сетей NGN с существующими традиционными сетями TDM (Time Division Multiplexing – временное мультиплексирование) посредством сигнального (SG) и медиа-шлюзов (MG), которые могут быть выполнены в одном устройстве [5]. Оборудование SoftSwitch позволяет осуществлять постепенную эволюцию от TDM к IP, сохраняя привычную для оператора архитектуру сетей, в том числе развернутых на базе технологий H.323, SIP, ATM.

Дальнейшая эволюция сетей NGN привела к появлению IMS-архитектуры (IP Multimedia Subsystem – мультимедийная подсистема IP), которая фактически составляет конкуренцию SoftSwitch в области управления пользовательскими сессиями и услугами. Однако IMS, в отличие от SoftSwitch, не предназначена для работы в конвергентной среде, а ориентирована на All-IP инфраструктуру – будущее, к которому можно приблизиться, только лишь пройдя период конвергенции сетей и услуг. Подход IMS подразумевает организацию единой сети, основанной на протоколе SIP, при этом эффективно совмещаются возможности как фиксированной, так и мобильной связи.

3.2. Протоколы SIP, H.323 и RTP

Протокол установления сессии SIP (Session Initiation Protocol) в модели OSI является протоколом прикладного уровня и используется для управления мультимедийными коммуникационными сессиями, обеспечивая соединения при передаче голосовых и видеозвонков через IP-сеть. Этот протокол определяет способы договоренности между клиентскими приложениями о начале соединения, используя уникальное имя удаленного клиента.

На транспортном уровне обмен может происходить на основе других протоколов, например, RTP (Real-Time Protocol – протоколе реального времени), который обеспечивает в течение сеанса

управление открытыми каналами (допускается их добавление и удаление), а также подключение и отключение дополнительных клиентов, что, в свою очередь, позволяет организовывать конференц-связь. Так как протокол RTP располагается на прикладном уровне, в качестве транспорта он использует протокол UDP (User Data Protocol – пользовательский протокол данных). Среди особенностей протокола RTP можно отметить и то, что он не имеет собственных механизмов, гарантирующих своевременную доставку пакетов или другие параметры качества услуг, а также не обеспечивает функции по исправлению ошибок или управлению потоком. Поэтому он обычно использует для этого службы протокола UDP. Главной же особенностью работы протокола RTP является вычисление средней задержки некоторого набора принятых пакетов, основываясь на временных метках пакетов. Для улучшения качества связи протокол RTP может объединяться с протоколом управления передачей в реальном времени RTCP (Real-time Transport Control Protocol – транспортный протокол реального времени), который обеспечивает сведениями о числе переданных и потерянных пакетов, задержке и других параметрах качества передачи данных. Это дает возможность отправителю модифицировать параметры передачи с целью ее улучшения. Несмотря на то, что пакеты UDP нумеруются по порядковым номерам и принимающая сторона может определить факт потери пакета, RTP не предпринимает мер для его восстановления.

Протокол H.323 разрабатывался на основе бинарного протокола сигнализации ISDN (Integrated Services Digital Network – цифровая сеть с комплексными услугами), что привнесло в IP-телефонию проблемы традиционной телефонии. При разработке SIP были взяты протоколы, уже используемые в IP-сетях и идейно основанные на подходе “запрос-ответ”. Фактически H.323 – это телефонный протокол для IP-сетей, что и обеспечило ему де-факто лидирующие позиции.

Обмен звонками с использованием протокола SIP можно описать следующей последовательностью: первый пользователь инициирует соединение, указывая номер адресата; SIP-клиент генерирует сигнал INVITE (приглашение); у адресата появляется сигнал входящего звонка 180 (Ringing), он берет трубку, а SIP-клиент выдает сообщение 200 (OK); инициатор звонка посылает сигнал ACK (подтверждение); далее следует передача голосового сигнала по протоколу RTP, а по окончании разговора SIP- клиент посылает сигнал BYE.

Так как адресация у SIP логическая, то в качестве SIP-адреса можно использовать, например, адрес электронной почты. Поэтому формат адресов, используемых протоколом SIP, напоминает формат E-Mail-адреса: имя@идентификатор_хоста. В начале адреса ставится приставка "sip:" (например: sip:user@host.com). В качестве идентификатора хоста могут служить его IP-адрес, домен или имя хоста (IP-адрес определяется с использованием DNS, так что в итоге все равно получается обращение по адресу sip: имя@IP-адрес). Адрес допускает различные параметры: можно указать городской телефонный номер, мобильный телефон или параметры модемного соединения. Кроме того, в протоколе SIP имеются функции обмена короткими сообщениями (messaging) и определения состояния абонента (presence). Благодаря им, можно настроить SIP-окружение абонента так, чтобы при входящем звонке определенного абонента сам звонок переадресовывался, в зависимости от необходимости, на мобильный телефон, персональный компьютер, ноутбук или КПК, позволяя абоненту быть всегда на связи, что особенно важно при решении задачи по оперативному оповещению.

Таким образом, среди основных достоинств протокола SIP необходимо отметить его изначальную мультимедийную направленность, клиент-серверный характер, независимость от транспортного уровня, возможность реагировать на события и самое важное – мобильность, которая заключается в возможности получения сервиса вне зависимости от местоположения абонента [6].

3.3. Skype, Google Talk

Популярные и широко распространенные решения Skype и GTalk являются коммерческими реализациями IP-телефонии, позволяя совершать звонки на стационарные и мобильные телефоны. Так, например, сервис GTalk-to-VoIP [7] предоставляет услуги IP-телефонии с помощью Google Talk и, по сути, реализует функцию шлюза между любыми SIP-провайдерами и GTalk. Skype, в свою очередь, предлагает API для интеграции любой прикладной программы со Skype-клиентом, а некоторые сторонние разработчики предлагают уже готовые программные решения для реализации шлюза между Skype, SIP, IAX2 и H.323, например, PSGw и MeSSiX от RSDevs.com.

3.4. ATM

Технология канального уровня ATM ориентирована на постоянное соединение и поэтому перед передачей сообщения формирует виртуальный канал, действующий до момента окончания сеанса. Благодаря такому подходу, удается приблизиться по характеристикам качества передачи к традиционным электросетям, так как формируемый канал обеспечивает выделенную полосу пропускания с заранее определенными характеристиками. При этом весь трафик разбивается на 48-байтовые ячейки с добавлением 5-байтовых заголовков. В отличие от технологии TDM, ATM позволяет динамически изменять характеристики полосы пропускания для определенного потока данных с целью более эффективного использования канала связи.

Технология ATM может стать предпочтительной для транспортировки IP-трафика по глобальным сетям, обеспечивая качество обслуживания (QoS – Quality of Service) при передаче голосовой информации.

3.5. IAX

Протокол IAX (Inter Asterisk Exchange), поддерживаемый Asterisk–PBX (телефонной системой для частного пользования), использует один UDP-поток для передачи данных и сигнальной информации. В этом заключается его основное отличие от SIP, в котором голосовые данные передаются в RTP-потоке. Также следует отметить, что данные в IAX передаются в бинарном виде. Протокол IAX2, кроме того, поддерживает транкинг (trunking – группообразование), когда данные из нескольких звонков объединяются в единый набор пакетов, то есть одна IP-датаграмма может доставлять информацию о более чем одном звонке.

Протокол IAX использует внутренние сессии, которые могут задействовать различные кодеки при передаче голосовой информации, и может быть эффективно использован для уменьшения трафика в используемом канале. К числу наиболее популярных кодеков относятся G.711, G.722, GSM0610, G.723, G.723.1, G.728, и G.729. Однако каждый из них имеет свою

специфику по требуемой ширине полосы пропускания (например, 64 Кбит/с для G.711), что не всегда приемлемо для использования в IP-сетях. Наиболее приемлемыми для передачи голосовой информации являются кодеки с низкой шириной полосы частот: G.729 (8 Кбит/с) и G.723.1 (5.3/6.3 Кбит/с).

Однако следует отметить, что, в отличие от SIP, где после установки соединения поток данных может идти от пользователя к пользователю, минуя сервер SIP, в IAX и соединении, и передача голосовой информации всегда происходят через IAX-сервер. Это увеличивает требование к пропускной способности каналов для IAX-серверов во время множества одновременных звонков.

4. Интеграция сетей IP-TDM

Для более эффективного решения поставленной задачи по оперативному распространению голосовой информации необходимо реализовать охват как можно большего количества потенциальных абонентов оповещения, что требует использования интеграционного канала или шлюза между телефонными сетями общего пользования и IP-сетями [8]. И здесь могут быть задействованы программные и аппаратные решения, рассматриваемые ниже.

4.1. Asterisk IP-PBX

Данное приложение с открытым кодом работает под управлением операционных систем Linux и FreeBSD. Оно обладает возможностями классической АТС и поддерживает три основных протокола VoIP: SIP, H.323, IAX. Обладая гибким и универсальным интерфейсом для интеграции с внешними системами обработки данных (AGI-adjusted gross income) за счет использования различных алгоритмов распределения звонков в очереди по агентам, Asterisk является мощнейшей платформой для организации телекоммуникационного сервиса, что играет важную роль при организации систем оповещения любого масштаба [9].

При интеграции с телефонными сетями общего пользования Asterisk может работать как с аналоговыми (FXO/FXS модули), так и с цифровыми (ISDB BRI и PRI, потоки T1/E1) линиями. Аппаратное сопряжение обеспечивается компьютерными платами таких производителей, как Digium, Sangoma, OpenVox, Rhino, AudioCodes.

Asterisk использует кодек G.729, который позволяет размещать больше одновременных вызовов в канале с ограниченной пропускной способностью для передачи голоса в IP-сети более экономичным способом. В то время, как типичный вызов потребляет 64Kbps полосы пропускания для голоса, G.729 сокращает потребление трафика до 8Kbps с учетом добавления обычного IP-заголовка. Возможность использования Asterisk с G.729 позволяет экономить трафик при прохождении голоса по дорогим маршрутам. В настоящее время Asterisk поддерживает G.729 версии А.

Общая схема интеграции Asterisk с VoIP, включая использование аппаратных компонентов, может иметь вид, показанный на рис. 2.

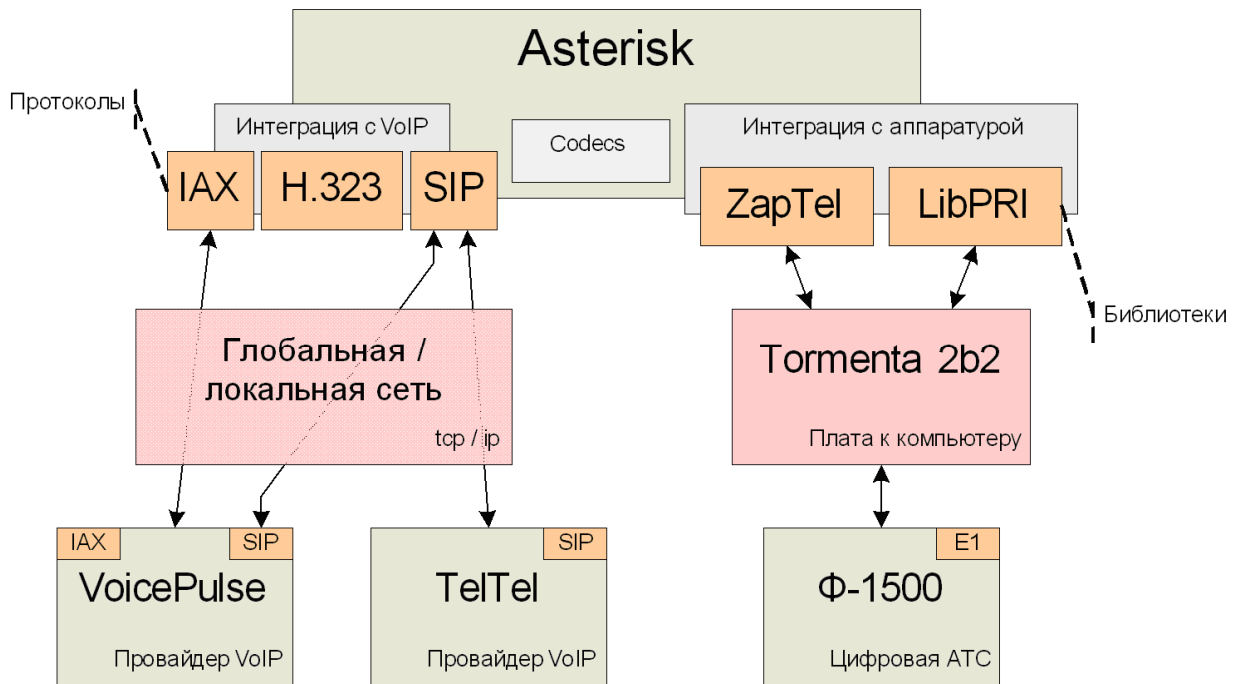


Рис. 2. Общая схема интеграции Asterisk с VoIP и аппаратурой

4.2. Платы IP-телефонии для интеграции VoIP с TDM

На аппаратном уровне существуют различные PC-карты (как аналоговые, так и цифровые), обеспечивающие интеграцию телефонных сетей и IP-сетей. Среди производителей стоит отметить компании Digium и Sangoma, имеющие в своем арсенале широкий ассортимент плат для решения потребностей IP-телефонии [10].

Например, Digium TE220B (PCI Express карта от Digium) обеспечивает терминацию вплоть до 60 каналов голоса или данных через два интерфейса E1 или T1/J1 интерфейсы в PCIe x1 формате. Она также позволяет микширование E1 и T1. TE220 может быть установлена в любой доступный слот PCIe 1.0 – x1, x4, x8 и x16 без необходимости выбора напряжения или величины пропускной способности. TE220 может также комбинироваться с модулем эхоподавления VPMOCT064 Octasic DSP-based от Digium, который реализует алгоритм G.168, являющийся эталонным тестом для подавления эхо, и выполняет подавление эхо через все 60 каналов для E1 или 48 каналов для T1/J1. Следует отметить, что изначально TE220 проектировался для полной совместимости с Asterisk Business Edition, AsteriskNOW и open source Asterisk.

Так как Asterisk программно преобразует кодек G.729a в любой другой кодек, это обходится недешево в переводе на MIPS (миллионы операций в секунду) и требует большого количества процессорного времени. Для повышения эффективности работы данного приложения можно использовать Digium Wildcard TC400B – набор, состоящий из полуразмерной низкопрофильной PCI-2.2-совместимой платы TC400P и специального модуля для обработки голоса TC400M. Плата Digium Wildcard TC400B была разработана специально для преобразования кодеков с высокой компрессией голоса посредством использования дополнительных вычислительных ресурсов взамен программных преобразований. Плата Digium Wildcard TC400B преобразует кодек G.729a (8.0 кбит/с) или G.723.1 (5.3 кбит/с) в G.711 a/μ-law и наоборот, G.711 a/μ-law – в G.729a (8.0кбит/с)

или G.723.1 (5.3кбит/с). Кроме того, Digium Wildcard TC400В способна осуществлять 120 одновременных двунаправленных преобразований в G.729а или 92 преобразования в G.723.1 и не требует никакой дополнительной оплаты и регистрации лицензий при использовании этих кодеков, что возникает при покупке программного Digium G.729а кодека.

4.3. Использование существующих шлюзов VoIP-TDM

В случае необходимости более широкого охвата абонентов для оповещения при недостаточной мощности собственных шлюзов существует возможность использования коммерческих шлюзов VoIP-TDM при осуществлении специальной конфигурации Asterisk-PBX.

Для организации звонка через шлюз необходимо описать его контекст в конфигурационном файле *extensions.conf*, например, следующим образом:

```
[globals]
IAXTRUNK1=IAX2/username:password@voicepulse
[voicepulse]
exten=>_81NXXNXXXXXX,1,ChanlsAvail(${IAXTRUNK1})
exten=>_81NXXNXXXXXX,2,Dial(${IAXTRUNK1}/${EXTEN:1}@VPWS)
exten=>_81NXXNXXXXXX,3,Hangup
exten=>_81NXXNXXXXXX,203,Congestion
```

Далее необходимо описать конфигурацию самого шлюза в файле *iax.conf*.

```
bindaddr=192.168.0.1
externip=asterisk-pbx.my.org
language=en
register=>in-username:password@gwiaxt01.voicepulse.com
[voicepulse]
context=VPWS
username=username
externip=asterisk-pbx.my.org
secret=password
auth=md5
type=friend
disallow=all
allow=gsm
allow=ulaw
allow=alaw
allow=ilbc
host=gwiaxt01.voicepulse.com
nat=yes
qualify=yes
```

Для создания плана звонка можно использовать программу визуального проектирования Visual Dialplan for Asterisk [11]. Сам файл звонка имеет расширение *.call* и запускается после перемещения в директорию *outgoing* Asterisk. Структура данного файла может быть следующей:

Channel: IAX2/username:password@gw5.voicepulse.com/1<нашномер>

Callerid: нашномер

MaxRetries: 5

RetryTime: 60

WaitTime: 30

Context: gate-call

Extension: dial 81NXXNXXXXXX

Priority: 1

Таким образом, имея учетную запись на шлюзе IP-TDM провайдера, можно динамически формировать файл звонка, проставляя телефон интересующего нас абонента, и использовать весь арсенал команд Asterisk для реализации самого плана звонка.

Другим способом, позволяющим организовать взаимодействие с Asterisk, является использование внешних интерфейсов, наиболее популярными из которых являются Asterisk Gateway Interface (AGI) [12] и Asterisk Manager API [13]. Asterisk Gateway Interface – это интерфейс для добавления функциональности к Asterisk с использованием множества различных языков программирования: Perl, PHP, C, Pascal, Bourne Shell. Asterisk Manager позволяет клиентским программам подсоединяться к экземпляру Asterisk, выполнять команды и читать PBX-события с использованием протокола TCP/IP. Такие интерфейсы удачно объединяются друг с другом и часто объединены в одну библиотеку, например, Asterisk-Java [14].

5. Выводы

1. Проведенный анализ показывает, что в настоящее время существуют все предпосылки для решения поставленной задачи оперативного распространения голосовой информации на основе программных и аппаратных ресурсов IP-телефонии. Однако требуется дополнительная разработка специальных методов гарантированной доставки голосовой информации и эффективных процедур рассылки через механизмы взаимодействия с разнородными телефонными сетями.
2. На основании особенностей архитектур IP-сетей и сетей следующего поколения, в частности, можно предложить следующие критерии, которым должна соответствовать система, реализующая оперативное распространение голосовой информации:
 - масштабируемость источников распространения (Voice Delivery Mechanisms);
 - консолидация доступа к сетям IP-TDM;
 - обеспечение качества передачи голоса (QoS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.iks-media.ru/articles/425742.html>.
2. <http://www.globaltelecomsbusiness.com>.
3. <http://www.svpro.ru/dngag.htm>.
4. Гольдштейн А.Б. Устройства управления мультисервисными сетями: Softswitch // Вестник связи. – 2002. – № 4. – 225 с.

5. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. – СПб.: БХВ, 2006. – 368 с.
6. Гольдштейн Б.С. и др. Протокол SIP / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В. Саморезов. – СПб.: ВHV-Санкт-Петербург, 2005. – 455 с.
7. <http://www.gtalk2voip.com/>.
8. http://www.skomplekt.com/articles/voip_cnc.htm.
9. Meggelen J. et al. Asterisk™: The Future of Telephony, Second Edition / J. Meggelen, J. Smith, L. Madsen. – O'Reilly Media, Inc., 2007. – 408 p.
10. <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+hardware>.
11. <http://www.voip-info.org/wiki/view/Visual+Dialplan+for+Asterisk>.
12. <http://www.voip-info.org/wiki-Asterisk+AGI>.
13. <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+manager+API>.
14. <http://asterisk-java.org/>.

Стаття надійшла до редакції 14.10.2008