



## TDMoIP. Эволюционный подход к передаче речи по IP-сетям

*Яков Штейн, Эйтан Шварц*

Сегодня в мире появляется все больше и больше высокоскоростных IP-сетей. Их пропускная способность увеличивается стремительно, что во многом обусловлено популярностью Интернет и существенной экономией, связанной с использованием новой технологии. Объем общемирового трафика данных уже превысил объем традиционного телефонного трафика, и для многих приложений IP-сети стали более дешевым транспортом, чем традиционные сети с временным уплотнением (TDM). Все это послужило причиной того огромного внимания, которое сегодня уделяется IP-телефонии.

Эта технология практически в любом своем проявлении требует революционных изменений в сетях — большинство существующего телефонного оборудования должно быть заменено IP-системами. Отчасти поэтому темпы внедрения новой технологии оказались значительно медленнее, а успехи — гораздо скромнее, чем предрекали многие эксперты. Традиционные телефонные системы чрезвычайно сложны, и быстрая реализация на новой платформе сотен телефонных функций и тысяч их нюансов оказалась просто невозможной.

Но существует и другой, эволюционный способ использования IP-сетей под телефонию. Он предусматривает замену TDM-транспорта IP-сетью, но при этом гарантирует бесшовное взаимодействие с телефонным оборудованием, таким, как городские и учрежденческие АТС, и сохранение всех тех функций и качества телефонной связи, к которым за многие годы привыкли пользователи. Этот способ основан на технологии TDMoIP.

### Чего не хватает IP-телефонии

На первый взгляд кажется, что передача речи по IP-сетям — вещь, в общем-то, нехитрая. Оцифрованная речь выглядит практически как компьютерные данные, а значит, и как данные может пересылаться по пакетной сети. Более того, передовые технологии телефонных сетей, такие, как маршрутизация вызовов по пути с наименьшей стоимостью, имеют своих двойников в мире IP. Однако, прежде чем IP-телефония действительно будет готова к тому, чтобы стать полноценной заменой технологии TDM, необходимо решить две фундаментальные проблемы, связанные с качеством обслуживания и сигнализацией.

Требования к качеству обслуживания, предъявляемые при передаче речи и данных, совершенно различны. Если большинство компьютерных приложений допускают довольно-таки приличную задержку трафика, то для речевых приложений малая задержка и синхронизация сигнала — требования принципиальные (хотя потеря нескольких миллисекунд сигнала обычно и не заметна). Эти требования не укладываются в базовые принципы IP, поэтому для выполнения их необходимы дополнительные механизмы, такие, как

туннелирование и буферы сглаживания. Для качественной телефонной связи нужны и другие компоненты, например эхоподавители, которые не предусмотрены в классических сетях передачи данных, но должны обязательно присутствовать в системах IP-телефонии.

Основные усилия ученых и инженеров, работающих в области IP-телефонии, направлены как раз на решение проблемы качества обслуживания, вопросам же сигнализации уделяется куда меньше внимания. А они не менее важны. Под сигнализацией мы понимаем все процедуры, связанные собственно с телефонными вызовами и необходимые для их установления, администрирования и завершения. Простейшие процедуры сигнализации выполняются, например, в тот момент, когда вы поднимаете трубку и слышите ответ станции, более сложные связаны с доведением вызова до вызываемого абонента и тарификацией, еще более сложные — с идентификацией звонящего, переадресацией вызова, конференц-связью и другими сервисными функциями. Таких функций может быть тысячи, причем каждая из них насчитывает десятки национальных и местных вариантов.

Так вот, при организации взаимодействия между IP-сетью и стандартными телефонными системами и возникают серьезные проблемы с сигнализацией. Большинство абонентов, конечно, даже не подозревают о том, насколько сложны механизмы сигнализации, но они быстро заметят проблемы с ней, стоит лишить их хотя бы одной той функции, к которой они привыкли.

## Концепция TDMoIP

Для начала вспомним основы самой технологии TDM. Как известно, базовый “кирпичик” сетей TDM — поток E1 формируется путем временного мультиплексирования 32 каналов 64 Кбит/с. При этом так называемый цикл (frame) E1 состоит из 32 тайм-слотов (байтов), два из которых обычно используются для служебных целей: один — для синхронизации, другой — для сигнализации.

Простейшая реализация технологии TDMoIP предполагает инкапсуляцию каждого цикла E1 в IP-пакет путем добавления соответствующего заголовка. При этом биты/байты синхронизации не включаются в пакет, поэтому полезная нагрузка составляет 31 байт. Кто-то может посчитать, что для надежного, ориентированного на установление соединений сервиса следует использовать транспортный протокол TCP. Однако реализуемая TCP гарантированная доставка пакетов абсолютно не нужна при передаче речи, поскольку речевой пакет, высланный повторно, поступит слишком поздно и будет сброшен в любом случае. Более подходящим является транспортный протокол реального времени RTP. Впрочем, избыточность (доля служебной информации) здесь, как и при использовании TCP, отнюдь не маленькая: заголовок RTP (по меньшей мере, 12 байт) плюс заголовок UDP (8 байт) плюс заголовок IP (20 байт) — итого 40 байт. При 31-байтовой нагрузке это, согласитесь, многовато. Но, к счастью, есть по крайней мере два способа решения этой проблемы.

Первый — использовать алгоритмы сжатия заголовков. Этот способ уже задокументирован в RFC и позволяет уменьшить заголовки TCP и RTP в среднем до 3 байт, при этом избыточность уменьшается до 8—9%.

Второй — объединить несколько циклов E1 в сверхцикл, и уже его упаковывать в IP-пакет. Если объединяемых циклов будет восемь, полезная нагрузка увеличится до 248 байт, а избыточность уменьшится до 14%, что вполне приемлемо. Причем объединение циклов не приведет к сколько-нибудь существенному увеличению вариации задержки, поскольку каждый цикл длится всего 125 мкс. Использование сверхцикла из восьми циклов принесет дополнительную задержку всего в 1 мс, что на порядок меньше 15-мс задержки кодека 8 Кбит/с, используемого в системах IP-телефонии.

Следует заметить, что простая инкапсуляция циклов E1 в IP-пакеты — это далеко не единственный способ реализации технологии TDMoIP. Можно сначала кодировать TDM-трафик с использованием какого-либо другого протокола, а затем уже упаковывать в IP. Зачем, спросите вы, добавлять еще один “слой” между TDM и IP? Причин здесь может быть несколько. В частности, промежуточное кодирование может использоваться для согласования размеров циклов TDM и IP-пакетов, коррекции ошибок, обеспечения совместимости с другими системами, сжатия речи и реализации дополнительных механизмов качества обслуживания.

Но, каковыми бы ни были детали реализации систем TDMoIP, важно четко понимать, что они обеспечивают прозрачную пересылку циклов TDM, не пытаясь при этом изменить ни тайм-слоты, ни каналы сигнализации, ни передаваемую информацию. Поэтому их можно использовать для транспортировки трафика любых сервисов E1, даже если часть каналов занята под данные или, скажем, поток E1 не имеет вообще никакой структуры (т. е. представляет собой неструктурированный поток битов). Технология TDMoIP применима и для сервиса Fractional E1, в этом случае для снижения объема трафика в IP-пакет включаются специальные информационные байты.

## **TDMoIP и сигнализация**

Как же TDMoIP обходит те проблемы с телефонной сигнализацией, которые возникают при интеграции IP-сетей с телефонными системами? Чтобы ответить на этот вопрос, отдельно рассмотрим использование каждого из трех типов сигнализации: внутрисполосную (in-band), по выделенным сигнальным каналам (CAS) и общеканальную (CCS).

При использовании внутрисполосной сигнализации служебная информация передается по разговорному каналу в том же частотном диапазоне, что и сама речь. Служебные сообщения представляют собой просто тональные сигналы (например, коды DTMF или MFCR2) и поэтому прозрачно пересылаются системами TDMoIP вместе с речью. Вместе с тем в системах IP-телефонии алгоритмы сжатия далеко не всегда корректно передают сообщения внутрисполосной сигнализации, поэтому там приходится использовать специальные протоколы ретрансляции тонов (tone relay).

Сообщения сигнализации CAS пересылаются в том же цикле E1, что и сама речь (для них специально выделен 16-й тайм-слот), но не в речевом диапазоне частот. Системы TDMoIP передают их тоже абсолютно прозрачно, поскольку не лезут внутрь цикла E1. Устройствам же IP-телефонии приходится выуживать биты CAS, обрабатывать их, пересылать через IP-сети с помощью специального протокола и, наконец, приводить к исходному виду на приемном конце. Что и говорить, им не позавидуешь!

Наиболее известный представитель систем общеканальной сигнализации — это система OKC № 7, использующая 56- или 64-Кбит/с каналы передачи информации. В качестве последних часто служат каналы (тайм-слоты) внутри потоков E1. В этом случае сообщения сигнализации тоже без проблем следуют через устройства TDMoIP. Если же сигнальная информация поступает в формате IP от шлюза сигнализации OKC № 7, то эти устройства пересылают ее без какой-либо обработки как дополнительный трафик.

### **TDMoIP и синхронизация**

Поддержание должного уровня синхронизации — одна из важнейших функций традиционных телефонных сетей и сетей SDH. В них имеется, по крайней мере, один очень точный, первичный источник синхронизации (им может быть источник stratum 1, точность хода часов 10–11). С ним синхронизируются вторичные источники (stratum 2), с теми — третичные (stratum 3). Иерархический подход к синхронизации служит залогом корректной работы сети в целом.

Пакеты, путешествующие по IP-сетям, испытывают определенную задержку, причем ее величина может сильно варьироваться (вариация задержки называется джиттер). Для эмуляции в IP-сети работы сети TDM необходимо уменьшить джиттер до определенного уровня (обеспечивающего качественную телефонную связь). Данная задача решается с помощью сглаживающего буфера на приемнике, но для его четкой работы надо иметь точный источник синхросигнала, а информация о времени по IP-сети в большинстве случаев не распространяется.

Существует два основных уровня интеграции систем TDMoIP с телефонными сетями. Примером первого служит ситуация, когда альтернативный поставщик услуг — с целью снижения себестоимости услуг — использует системы TDMoIP для организации канала связи между двумя АТС. В этом случае устройства TDMoIP смогут получать синхросигнал непосредственно от этих АТС.

Если же технология TDMoIP внедряется на большей части телефонной инфраструктуры, тогда, конечно, потребуются специальный способ синхронизации. В принципе, в IP-сетях для этого может использоваться протокол NTP (Network Time Protocol). Однако, если IP-сеть не является полностью закрытой, то согласовать часы NTP и TDM будет невозможно. Решением проблемы может стать установка точных источников времени (например, атомных часов или приемников GPS) на каждое устройство TDMoIP; тогда IP-сеть вообще будет избавлена от необходимости рассылать

синхросигнал. Если же это решение окажется невозможным или слишком дорогим, тогда можно использовать механизмы, обеспечивающие регенерацию синхросигнала узлом-получателем.

## **TDMoIP и другие технологии**

TDMoIP и IP-телефония. Будучи прозрачной для систем сигнализации и различных протоколов, в том числе и фирменных, технология TDMoIP значительно проще IP-телефонии, которой приходится много заниматься преобразованием служебных сообщений из одного формата в другой. IP-телефония обещает дать нам много новых приложений, но вместе с тем далеко не всегда поддерживает существующие сервисы учрежденческих АТС и систем компьютерной телефонии (СТТ). TDMoIP делает это автоматически. Да, поддерживаемые шлюзами IP-телефонии алгоритмы сжатия речи и подавления пауз позволяют экономить полосу пропускания, но, к сожалению, за это приходится расплачиваться увеличением задержки и снижением качества связи.

Простота TDMoIP означает низкие расходы на внедрение и обслуживание соответствующего оборудования. Это является еще одним серьезным аргументом в ее пользу, особенно для тех корпоративных заказчиков, кто не собирается заменять все свое традиционное TDM-оборудование и переобучать персонал.

Поставщик услуг должен рассматривать TDMoIP и IP-телефонию не как конкурирующие, а как дополняющие друг друга технологии. Прозрачная “прокладка” TDM-каналов через IP-сеть значительно расширяет его возможности. Развернув в точке своего присутствия (POP), скажем, мощные шлюзы IP-телефонии и программные коммутаторы, поставщик услуг сможет через IP-сеть “дотянуться” каналами TDM до абонентов, установив у них простенькие терминальные устройства TDMoIP. Таким образом можно предоставлять различные услуги: обычные телефонные, Centrex, IP-телефонии, Frame Relay, I SDN. TDMoIP и ATM. Обладая многими достоинствами ATM, в частности низкой задержкой и поддержкой структурированных и неструктурированных потоков E1, технология TDMoIP вместе с тем проще, дешевле и эффективнее. Наиболее важно здесь то, что системы TDMoIP работают через сети IP и Ethernet. Более высокая эффективность TDMoIP обусловлена возможностью изменения размера полезной нагрузки (определяющего избыточность) в зависимости от типа приложения. В ячейках же ATM полезная нагрузка всегда 48 байт, а, значит, избыточность выше. TDMoIP и Gigabit Ethernet. Технологию Gigabit Ethernet все чаще начинают использовать в городских (MAN) и территориально распределенных (WAN) сетях. Однако первоначально она была создана для сетей передачи данных и поэтому не имеет специальных механизмов обработки речи. TDMoIP дополняет ее этими механизмами, делая привлекательной альтернативой IP-телефонии, SONET/SDH и ATM. История учит нас, что простые и дешевые в реализации технологии, такие, как Ethernet и Frame Relay, получают большее распространение, чем более сложные и дорогостоящие, например FDDI, Token Ring и ATM, даже при том, что последние могут быть технически совершеннее.

Определенное недоверие связистов к Gigabit Ethernet, связанное с простотой этой технологии, постепенно исчезает в процессе ее развития. Так, кольцевые сети SONET/SDH считаются очень надежными, поскольку способны быстро восстанавливать свою работу в случае аварии или повреждения волокна. Что же, современные коммутаторы Gigabit Ethernet тоже могут быстро (как показывают тесты, за время от нескольких сот миллисекунд до секунды с небольшим. — Прим. ред.) переводить трафик с аварийных на работающие линии связи.

Еще один пример связан с обеспечением качества обслуживания. Это область, где долгие годы безусловным лидером среди пакетных технологий являлась ATM. Однако сегодня в коммутаторах Gigabit Ethernet и терабитовых маршрутизаторах уже реализованы мощные механизмы приоритизации пакетов и резервирования полосы пропускания для определенных приложений. Поэтому, используя, например, механизмы 802.1p/Q или ToS, они могут легко идентифицировать пакеты TDMoIP и обеспечить им приоритетное обслуживание.

### **TDMoIP и операторы**

Достоинства технологии TDMoIP, реализованной, скажем, в устройствах IPmux фирмы RAD Data Communications, смогут на практике оценить самые разные компании, занимающиеся предоставлением телекоммуникационных и информационных услуг. Это и традиционные телефонные компании, и альтернативные поставщики услуг связи, и коммунальные предприятия. “Прокладка” каналов E1 через оптические или беспроводные сети с помощью TDMoIP (рис. 1) позволит им оперативно расширять обслуживаемую территорию и разворачивать не только уже привычные нам, но и новые услуги. К последним относятся высокоскоростной доступ в Интернет, Web-хостинг, виртуальные ЛВС, унифицированная обработка сообщений (например, с использованием шлюзов IP-телефонии или программных коммутаторов).

Взять, скажем, альтернативных поставщиков услуг связи. Сейчас им приходится арендовать выделенные линии связи у традиционных операторов. Внедрив же технологию TDMoIP, они смогут организовывать такие линии по пакетной сети, скажем радио-Ethernet или проводной Gigabit Ethernet. При этом все речевые службы и службы передачи данных, которые “привыкли обитать” в каналах E1, автоматически “переселятся” в сеть IP. Причем это будет не только традиционная телефония, но и все другие службы: Centrex, ISDN, IP-телефония, ATM, Frame Relay, PPP, SNA, X.25.

Еще один пример — операторы сотовой связи. Сегодня для связи между базовыми станциями, контроллерами базовых станций и коммутационными центрами они, как правило, используют беспроводные СВЧ или выделенные проводные каналы E1. Однако против использования СВЧ активно выступают природоохранные организации, а аренда выделенных каналов стоит очень дорого. Поэтому сотовые операторы ищут другие способы связи. До недавнего времени в качестве наиболее подходящего рассматривалось использование технологии ATM. Однако с развитием средств обеспечения качества обслуживания в сетях Gigabit Ethernet и появлением оборудования TDMoIP на



этой сцене появляется технология IP, а она может оказаться значительно эффективнее (рис. 2). Более того, производители систем сотовой связи третьего поколения (UMTS) очень заинтересованы в использовании TDMoIP в IP-сетях, которые станут магистралями сотовых сетей будущего.

Об авторах:

[Штейн Яков, Шварц Эйтан,](#)

сотрудники компании **RAD Data Communications**

Телефон в Израиле: 972-3-6458181

[www.rad.ru](http://www.rad.ru)