

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Введение

В соответствии с мировыми тенденциями развития телекоммуникационных систем главным заданием отрасли связи Украины является создание мультисервисной сети связи, которая соответствует постоянно увеличивающимся требованиям пользователей к качеству обслуживания. При построении данной сети необходимо будет решить ряд задач, среди которых: выбор транспортной технологии, технологии доступа и протоколов управления, способные передавать информацию любого типа (речь, видео, данные и т. п.).

В первой части статьи рассмотрен общий принцип построения мультисервисной сети, как некоторая конвергентная сеть, которая позже может развиваться в мультисервисную сеть.

Вторая часть посвящена рассмотрению проблем, возникающих при управлении мультисервисной сетью, среди которых в качестве наиболее важных выделяются: распределение сетевых ресурсов между запросами и оценка характеристик информационного трафика пользователей.

Принципы построения мультисервисной сети

На первый взгляд, общие принципы построения мультисервисной сети выглядят очень просто - объединить существующие сети разных операторов (традиционные ТфОП, сети мобильной связи и IP-сети) в единую сеть, и проблема будет решена. Но это «просто» только на первый взгляд. Сегодня еще нет технологий, которые бы полностью удовлетворяли запросам перспективной мультисервисной сети. Однако технологические решения, способные стать ее основой, существуют уже сейчас, т. е. можно построить прообраз мультисервисной сети, который со временем сможет легко эволюционировать к мультисервисной сети будущего.

На чем же базируется конвергентная сеть? Концепция NGN подразумевает конвергенцию на трех фундаментальных уровнях: конвергенцию приложений, конвергенцию сервисов и конвергенцию на сетевом уровне. В настоящее время существует согласие операторов и производителей о том, что сетевая конвергенция будет основана на использовании IP-инфраструктуры. Поэтому процесс перехода к сетям NGN для операторов, использующих эту технологию – это не революционный, а скорее эволюционный процесс.

Перечислим требования, которым должна удовлетворять конвергентная сеть. Если ограничиться основными требованиями, то их будет всего три:

- во-первых, обеспечение передачи данных,
- во-вторых, обеспечение передачи трафика реального времени,
- в-третьих, обеспечение гарантированного качества обслуживания QoS.

И, конечно же, нельзя забывать о системах управления современными сетями.

Рассмотрение принципа построения начнем с выбора технологии для транспортного сегмента, которая удовлетворяла бы всем трем требованиям и «вписывалась» в сегодняшнюю сетевую инфраструктуру с возможностью дальнейшего совершенствования. Логичнее всего выбрать для этой цели наиболее развитую сегодня технологию, т. е. TCP/IP. Протокол IP прекрасно удовлетворяет первому требованию и благодаря технологии VoIP (передачи речи по IP сетям) отвечает второму. Но протокол IP абсолютно не приспособлен для того, чтобы обеспечивать гарантированное качество обслуживания. В этом случае технология ATM может оказаться лучше, ведь она удовлетворяет всем вышеназванным требованиям. Но стоимость оборудования ATM, значительно превышает стоимость оборудования IP и степень развития сетей IP сильно выигрывает по сравнению с ATM-сетями. Таким образом сделать выбор между протоколами IP и ATM весьма непросто, но если рассматривать сегодняшние

тенденции построения сетей, то несомненным лидером в транспортных технологиях является MPLS, которая вполне удовлетворяет нашим требованиям и лишена недостатков ATM.

Стоимость оборудования MPLS, по сравнению с ATM, невысокая, а метод коммутации реализуется весьма удачно. На входе в сеть MPLS IP-адресу ставится в соответствие короткий идентификатор, которым и оперируют маршрутизаторы MPLS, так что им не нужно тратить время на разбор заголовков пакетов и позволяет существенно сократить общее время передачи. Реализуется передача данных любого вида, MPLS может работать и «поверх» ATM, обеспечивается гарантированное качество обслуживания.

В обычных IP-сетях любой маршрутизатор, находящийся на пути следования пакета анализирует заголовок каждого пакета, чтобы определить, к какому потоку этот пакет относится, и выбрать направление для его пересылки к следующему маршрутизатору. При использовании технологии MPLS соответствие между пакетом и потоком устанавливается один раз на входе в сеть MPLS. Точнее соответствие устанавливается между пакетом и так называемым «классом эквивалентности пересылки» FEC. К одному FEC относятся пакеты всех потоков, пути следования которых через сеть MPLS совпадают в том смысле, что с точки зрения выбора очередного маршрутизатора пакеты этих потоков неразличимы. Пакеты снабжаются метками – идентификаторами небольшой и фиксированной длины, которые определяют принадлежность каждого пакета тому или иному FEC.

На уровне доступа также должна обеспечиваться «мультисервисность». Для обеспечения возможности доступа широкого класса терминалов в узле доступа должны быть реализованы технологии для любого терминального устройства: оптоволокно, например технология PON, радиодоступ – DECT, Bluetooth, Radio Ethernet и HIPERLAN2– и, конечно же, доступ по медной паре, в частности, по технологии ISDN или xDSL. Безусловно, ни одна из перечисленных технологий не может в полной мере удовлетворить потребности мультисервисного доступа. Необходим некий абонентский концентратор, объединяющий все эти технологии.

После того как решена проблема доступа и передачи данных разного вида необходимо обеспечить качество обслуживания. Прежде чем передаваемая информация поступит в сеть MPLS, она будет находиться в общей IP-сети, не поддерживающей гарантированное QoS. На более подходящим решением здесь можно считать протокол резервирования ресурсов RSVP.

RSVP – это протокол сигнализации, который обеспечивает резервирование ресурсов для предоставления в IP-сетях услуг эмуляции выделенных каналов. Протокол позволяет запрашивать, например, гарантированную пропускную способность такого канала, предсказуемую задержку, максимальный уровень потерь. Но резервирование выполняется лишь в том случае, если имеются требуемые ресурсы.

Применение описанных выше принципов позволяет построить сеть, обеспечивающую передачу трафика любого вида с гарантированным QoS. Для обеспечения работы описываемой сети необходимо выбрать элемент сети, который производил бы управление трафиком в сети и установкой соединения. Для решения этой проблемы было создано специальное устройство управления – коммутатор Softswitch. Работая в нашей конвергентной сети и поддерживая все протоколы управления шлюзами и терминалами пакетной сети, коммутатор Softswitch поддерживает и сигнализацию ТфОП. Он управляет устройствами сети IP-телефонии, работающей по протоколам H.323 и/или SIP, взаимодействует с телефонными станциями по протоколам DSS1 или OKC-7, а соединение между ними организует с помощью протоколов управления шлюзами MGCP/MEGACO.

Методы управления сетью

Соблюдение изложенных выше принципов позволяет построить мультисервисную сеть и распределить функции между ее элементами на основе имеющихся на современном этапе технологических решений. Однако «за кадром» остался вопрос выбора методов управления потоками и резервирования сетевых ресурсов. Предлагаемые и используемые протоколы управления позволяют обеспечить предоставление услуг или отказ в предоставлении. При этом решение принимается в интересах соединения и не учитываются общесистемные инт

рессы. Последнее приводит к такому явлению как захват сети и ли ее фрагмента одним потоком, что снижает коэффициент использования сети в целом.

Другой проблемой при реализации методов управления является тот факт, что информационный поток не является пуассоновским, как это считалось ранее. И больше существующих алгоритмов управления и методов проектирования дают значительно оптимистическую оценку требуемого объема сетевых ресурсов, особенно в режиме больших нагрузок, что приводит к значительным (более чем ожидалось) увеличениям потерь и времени задержек. Последние исследования в области анализа и моделирования информационных потоков показали, что наиболее адекватной моделью потока является фрактальная модель, которая позволяет учитывать такие явления как наличие тяжелых хвостов и высокая пачечность поступающей нагрузки.

Неформально самоподобный (фрактальный) процесс можно определить как случайный процесс, статистические характеристики которого проявляют свойства масштабирования. Самоподобный процесс существенно не меняет вида при рассмотрении в различных масштабах по шкале времени.

Пусть $\{X_k; k = 0; 1; 2; \dots\}$ – стационарный случайный процесс.

Учитывая стационарность и предположение о существовании и конечности двух первых моментов, введем обозначения:

$m = E[X_t]$ – среднее значение, или математическое ожидание;

$\sigma^2 = E[(X_t - m)^2]$ – дисперсия;

$R(k) = E[(X_{t+k} - m)(X_t - m)]$ – корреляционная функция,

$r(k) = R(k)/R(0) = R(k)/\sigma^2$ – коэффициент корреляции.

Под усреднением по шкале времени будем понимать переход к процессу $\{X_{(m)}\}$, такому, что

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{i=km-m+1}^{km} X_i.$$

При моделировании сетевого трафика значения X_k интерпретируются как число пакетов (или суммарный объем данных в байтах), поступивших в канал или сеть в течение k -го интервала времени. Исходный процесс при этом уже является усредненным. В некоторых случаях, когда есть необходимость избежать такого начального усреднения, рассматривается точечный процесс, или поток событий, т.е. последовательность моментов поступления единичных пакетов в сеть.

Случайный процесс $X(t)$ является самоподобным с параметром Херста H , если $X(t)$ и $a^{-H}Z(at)$ имеют идентичные конечномерные распределения вероятностей для всех $a > 0$. Отметим, что на практике обычно встречаются не строго самоподобные, а асимптотически самоподобные процессы.

Параметр Херста $H \in (0, 5; 1)$ определяет степень самоподобия процесса. Чем ближе этот параметр к единице, тем более ярко проявляется фрактальные свойства. Напротив, равенство $H=0,5$ свидетельствует об отсутствии самоподобия.

Самоподобные процессы, в том числе описывающие явления в сетях передачи данных, обладают рядом свойств, существенно отличающих их от потоков, рассматриваемых в классической теории телетрафика.

1. Долговременная зависимость.

Самоподобные процессы обладают гиперболически затухающим коэффициентом корреляции вида

$$r(k) = \frac{1}{2} \left((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H} \right),$$

или, для асимптотически самоподобных процессов, корреляционной функцией

$$R(k) \approx k^{2H-2} L(t) \text{ при } k \rightarrow \infty,$$

где $L(t)$ – медленно меняющаяся функция на бесконечности (т.е. $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L(tx)}{L(t)} = 1$ для всех $x > 0$).

Следовательно, корреляционная функция является несуммируемой – ряд, образованный последовательными значениями корреляционной функции, расходится. Это свойство характеризует практически все самоподобные процессы и отличает их от процессов без долговременной зависимости, у которых корреляционная функция убывает по показательному закону и суммируема.

Долговременная зависимость является причиной ярко выраженных пульсаций процесса, однако позволяет говорить о некоторой предсказуемости в небольших пределах времени. С точки зрения теории очередей, важным следствием коррелированности потока является неприемлемость оценок параметров очереди, основанных на предположении об одинаковом независимом распределении интервалов во входящем потоке.

2. Медленно убывающая дисперсия.

При усреднении процесса дисперсия выборочного среднего затухает медленнее, чем в классической теории, обратная размеру выборки, по закону:

$$\sigma^2(X^{(m)}) \propto m^{2H-2}, \text{ при } m \rightarrow \infty$$

в то время как для традиционных стационарных случайных процессов

$$\sigma^2(X^{(m)}) = \frac{1}{m} \sigma^2(X),$$

т.е. уменьшается обратно пропорционально объему выборки.

Свойство медленно убывающей дисперсии говорит о возможности существенных, не сглаживаемых усреднением, «выбросов» в случайном процессе, и связывает самоподобие с таким понятием, как распределения с весовыми хвостами. Важное следствие свойства медленно затухающей дисперсии состоит в том, что в случае классических статистических тестов (например, вычисление доверительных интервалов) общепринятая мера среднеквадратического отклонения σ является ошибочной.

С данным свойством связано и «нехарактерное» поведение индекса дисперсии, или индекса разброса, для отсчетов процесса (IDC), так же называемого фактором Фано. IDC определяется как отношение дисперсии числа событий на заданном временном интервале T к математическому ожиданию этой величины:

$$F(T) = \frac{\text{Var}[N(T)]}{E[N(T)]}.$$

Здесь $N(T)$ – число событий исследуемого потока, наступивших в интервале (окне). Для самоподобных процессов логарифм индекса разброса $F(T)$ линейно возрастает:

$$\ln[F(T)-1] = (2H-1)\ln T + y.$$

3. Распределения с весовыми хвостами

Случайная величина Z имеет распределение с весовым хвостом (PBX), если вероятность $P[Z > x] \sim cx^{-\alpha}$ при $x \rightarrow \infty$, т.е. хвост распределения затухает по степенному закону. Примером распределения с весовым хвостом является распределение Парето. При $0 < \alpha < 2$ величина обладает бесконечной дисперсией, а при $0 < \alpha < 1$ среднее значение также бесконечно.

Наиболее существенной особенностью случайной величины, обладающей распределением с весовым хвостом, является чрезвычайная изменчивость. С вероятностью, которая является пренебрежимо малой, в выборке могут присутствовать некоторое число «очень больших» значений. Такие распределения существенно снижают точность статистических

оценок; скажем, конечный объем выборки приводит к заниженной оценке среднего и дисперсии.

Наличие РВХ во внешних по отношению к рассматриваемым процессам явлениях является одной из причин возникновения самоподобия в соответствующих стохастических моделях.

Часто при рассмотрении самоподобных процессов говорят о комплексе взаимосвязанных понятий: самоподобии, масштабировании, долговременной зависимости, РВХ и степенных законах статистических характеристик. Этот комплекс свойств отличает процессы, называемые самоподобными, от классических случайных процессов, например, пуассоновского.

Таким образом, применение накопленных наукой методов управления сетью приводит к низкому коэффициенту использования сети и при увеличении нагрузки не способны эффективно управлять потоками из-за недооценки величин задержек и потерь сообщений.

Заключение

В статье рассмотрены принципы построения мультисервисных сетей связи. В результате этого определено, что наиболее перспективным решением при построении мультисервисных сетей является использование на транспортном сегменте технологии MPLS, так как данная технология позволяет обеспечить передачу информации с заданным качеством обслуживания и по сравнению с технологией ATM имеет меньшую стоимость. Для обеспечения доступа к транспортному сегменту необходимо использовать узлы доступа оборудованные набором средств с широким классом поддерживаемых технологий доступа. Связь узлов доступа с транспортным сегментом производится через общедоступную IP-сеть с использованием протокола резервирования ресурсов. Функции управления соединениями предполагается возложить на коммутатор SoftSwitch.

Наравне с тем, что архитектура перспективной мультисервисной сети создана и позволяет обеспечить плавный переход от существующих разнородных по сервисам сетей к конвергентной, существует ряд проблем по разработке эффективных алгоритмов и методов управления сетью. Основными проблемами требующими решения можно считать:

- разработка методов и алгоритмов управления обеспечивающих передачу информации с заданным качеством и позволяющих эффективно использовать сетевые ресурсы с общесистемной точки зрения;

- подавляющее большинство методов решения задач управления телекоммуникационной системой построено на предположении о пуассоновском характере поступающих в сеть и передаваемых внутри сети информационных потоков пользователей, что не в полной мере соответствует действительности.

Список литературы: 1. А.Б. Гольдштейн Проблемы перехода к мультисервисным сетям // Вестник связи. 2002. №12. 2. И.В. Марченко. Мультисервисные сети: мифы и реальность. // Вестник связи. 2002. №9. 3. А.Б. Гольдштейн, С.Б. Шурыгина Построение современной сети доступа на базе мультисервисного абонентского концентратора // Вестник связи. 2002. №12. 4. Треногин Н.Г., Соколов Д.Е. Модели трафика корпоративных сетей на основе альфа-устойчивых фрактальных процессов // Вестник университетского комплекса: Сб. науч. трудов. Под общей ред. проф. Н.В.Василенко. Вып. 2(16). Красноярск: ВСФ РГУИТП, НИИ СУВПТ, 2004. С.3-11

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 10.12.2005