

«Революции походят на шахматную игру, где пешки могут погубить, спасти короля или занять его место».

Пьер Буаст

Эволюция транспортных технологий



Александр АТЦИК,
руководитель инженерно-аналитического отдела, НТЦ «Аргус»



Александр ГОЛЬДШТЕЙН,
к. т. н., доцент кафедры СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

All-over-Something

Как и многое другое, транспортные технологии переживали свои взлеты и падения. Вернее, взлеты и падения интереса к ним со стороны операторов и разработчиков. В большой степени это зависело от

«загрузки трубы», о чем прекрасно писал Антон Зарубин в своей статье «Чем заполнить трубу?» («Connect! Мир связи», 2008, № 1). Если пропускной способности хватало, то связь оператор – вендор настраивалась на услуги, которые можно было бы продать абоненту. Но как только

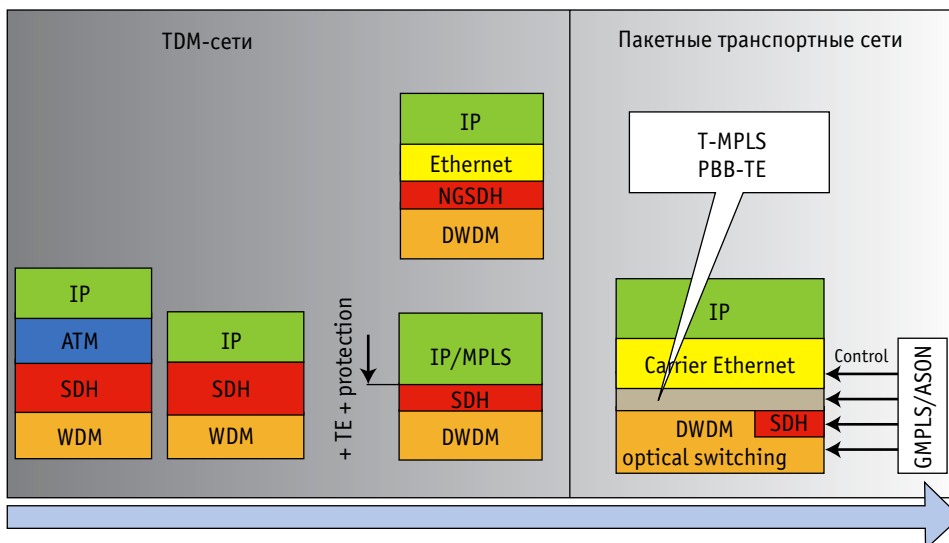
стоимость доставки ощутимо возрастала или транспорт переставал справляться с нагрузкой в условиях заданного качества – вспоминали о Core Network и транспортных технологиях. При этом сохранялось желание использовать унифицированную транспортную технологию для передачи разных сервисов, что более чем логично.

Транспорт в проекции NGN

Одной из характерных особенностей магистральных сетей можно назвать длительный процесс их модернизации. Операторы с гораздо большей долей скептицизма рассматривают предложения усовершенствовать существующую транспортную инфраструктуру чем, например, обновление эксплуатируемой сети доступа или оборудования управления услугами. Изменения в транспортных сетях долгое время имели в основном количественный характер, связанный с увеличением числа оборудования и наращиванием их пропускной способности. Подобный экстенсивный период при технологической стагнации не мог продолжаться сколь угодно долго, и в какой-то момент пришло понимание необходимости качественных преобразований в опорных сетях для соответствия потребностям NGN коммуникаций. В данной статье мы постараемся проанализировать причины и направления развития технологий транспортных сетей.

Для начала посмотрим, каким образом до недавнего времени достиглось постепенное увеличение

Рис. 1.
Эволюция многоуровневой транспортной архитектуры



пропускной способности в оптической транспортной инфраструктуре. При существовавшей повсеместно SDH-аппаратуре повышение пропускной способности первоначально обеспечивалось с помощью WDM, затем DWDM – системами мультиплексирования, позволяющими расширять полосу пропускания без увеличения количества оптических волокон.


Функционал по управлению трафиком реализовывался технологией SDH, обеспечивающей надлежащее распределение полосы пропускания, гарантирующей надежность, а также предоставляющей механизмы защиты и восстановления. Одновременно часто использовалась технология ATM для решения задач Traffic Engineering, а за услуги и приложения уже давно отвечал уровень IP. В итоге мы получаем так называемые наложенные сети, которые позволяют быстро получить необходимый функционал, но за счет значительного усложнения сети и увеличения разнородных издержек.

Представленная в левой части рис. 1 четырехуровневая структура имеет существенные недостатки помимо управляемости: проблемы на одном из технологических уровней могут ограничить масштабируемость всей сети. Для наложенных сетей также характерно неэффективное дублирование функций, например, защитных механизмов в SDH и технологиях оптического мультиплексирования. На фоне увеличения количества приложений и услуг на основе IP ATM становится источником непроизводительных издержек, вследствие чего ее применение нецелесообразно при работе на высоких скоростях. При увеличении пропускной способности до скоростей выше STM-1 ATM значительно уступает по эффективности сетям Packet over SDH/SONET. С другой стороны, благодаря популяризации и совершенствованию технологий и услуг VoIP передача голоса стала возможна на уровне IP и наряду с появившимися возможностями Traffic Engineering в IP/MPLS исключила необходимость повсеместного развертывания ATM. Таким образом, ATM «мигрировала» из магистральных сетей в сети доступа и нашла там свое «место под солнцем» в качестве канальной технологии доступа к сети xDSL.

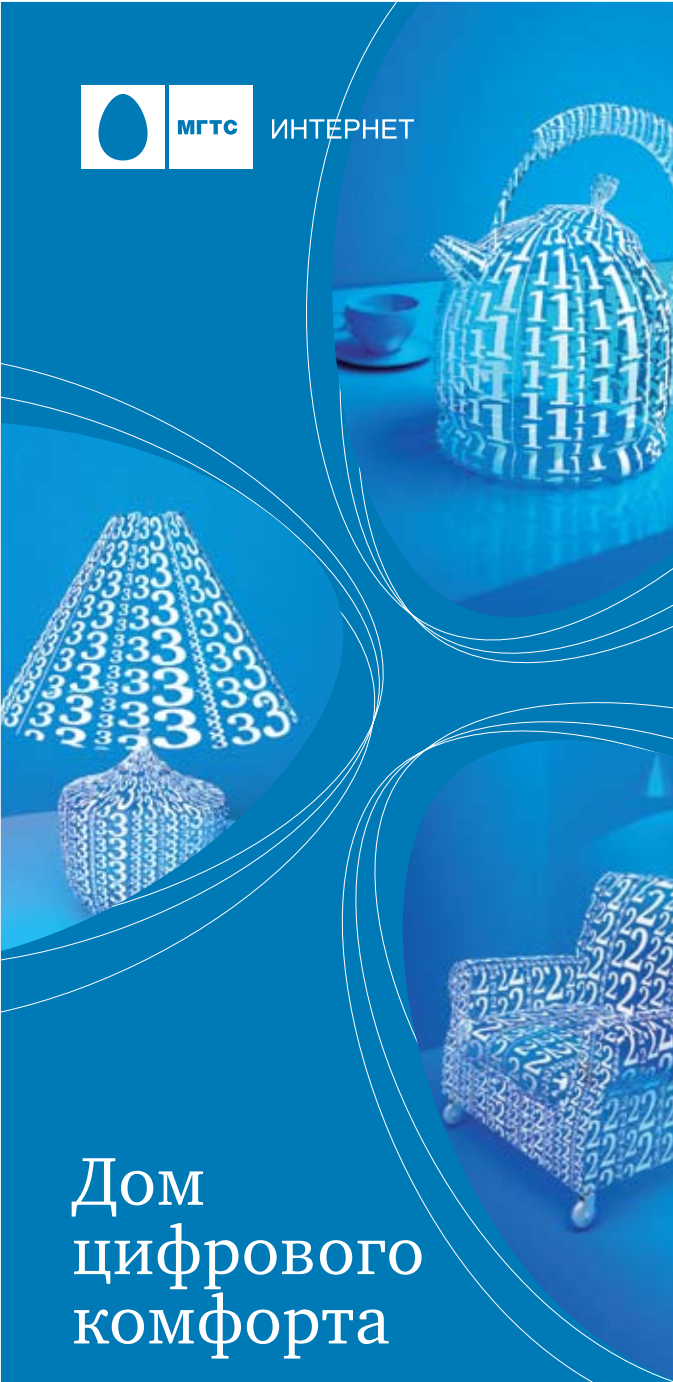
Следующая тенденция, повлиявшая на развитие магистральных транспортных сетей, связана с возрастающей ролью Ethernet, возникновением понятия Carrier Ethernet Transport (Ethernet операторского класса). Если 98% всех соединений начинаются и заканчиваются на портах Ethernet, то нужно использовать Ethernet непосредственно в опорных сетях. На данный момент существуют решения, которые позволяют технологии Ethernet, изначально разработанной исключительно для локальных сетей, достичь уровня операторского класса. Эти решения обеспечат возможность заменить оборудование SDH, чему способствует существование стандартов Ethernet, предусматривающих скорости 40 и 100 Гбит/с.

Но отказ от SDH в большей степени продиктован тенденцией к полной замене TDM-трафика пакетным «All over IP»-трафиком, что рано или поздно устранил необходимость в SDH-оборудовании.

Другие аргументы в пользу отказа от SDH – новые достижения в области защиты и восстановления связи в оптических сетях, а также последние стандарты OTN (Optical Transport Network). Существующие сегодня оборудование OADM (Optical add-drop multiplexer) и оптические кросс-коннекторы ОХС позволяют достигать скоростей более 25 терабит в секунду на одно волокно и использовать исключительно оптическую коммутацию вместо традиционной схемы коммутации «оптическая – электрическая – оптическая». Постепенно приходит понимание, что в обозримом будущем транспорт



ИНТЕРНЕТ



Дом цифрового комфорта

Тарифы на доступ в Интернет

Наименование тарифа	Цена, руб/мес	Скорость, кбит/с	Трафик
Экономный	111	512 / 128	Не ограничен
Стандартный	222	1024 / 512	Не ограничен
Оптимальный	333	2048 / 768	Не ограничен
Комфортный	444	3072 / 768	Не ограничен

(495) 636-0-636, mgts.ru

реклама

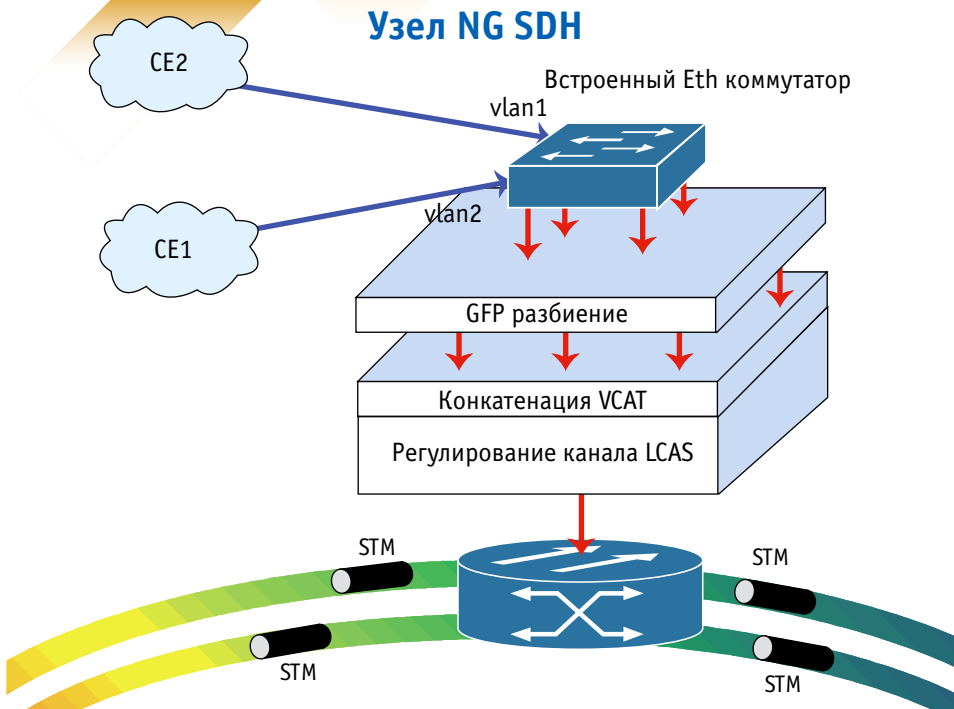


Рис. 2.
Структура
мульти-
сервисного узла
NG SDH

станет исключительно пакетным с фотонной коммутацией.

В сложившейся ситуации операторы могут рассматривать несколько сценариев развития транспортной сети. Первый из них – консервативный, являющийся переходным, позволяет добиться большей эффективности передачи пакетного трафика, новых возможностей в предоставлении услуг, без глобальной перестройки существующей сетевой инфраструктуры. Второй рассчитан на значительные инвестиции, но позволяет, сохранив все свойства традиционных транспортных сетей, перейти к пакетной транспортной сети, реализовать Ethernet операторского класса и за счет унифицированного уровня управления (control plane) использовать единое централизованное управление соединениями «из конца в конец».

Консервативный подход подразумевает модернизацию существующих SDH-сетей и подходит операторам, уже владеющим крупными транспортными сетями и не имеющим возможности инвестировать в опорную сеть значительные средства, но в то же время стремящимся к повышению эффективности сети, интеграции с IP и Ethernet, готовности предоставлять новые услуги, например, такие Ethernet-сервисы,

как EPL (Ethernet Private Line), EVPL (Ethernet Virtual Private Line), EVPLAN (Ethernet Virtual Private LAN). Консервативный вариант реализуется технологией NG SDH (Next Generation SDH), обеспечивающей плавный переход к полностью пакетным сетям.

Второй сценарий рассчитан на более долгосрочную перспективу и предусматривает переход к полностью пакетному оптическому транспорту PTN (Packet transport network) с масштабной заменой оборудования. Реализовать его помогают две новые технологии – T-MPLS и PBB-TE, которые, в частности, также позволяют добиться Ethernet-операторского уровня. Сеть на основе T-MPLS имеет все преимущества IP/MPLS, но проще в эксплуатации и настройке, дешевле, чем классическая MPLS, и ориентирована на решение задач транспортных сетей. PBB-TE – это серия стандартов IEEE, дополняющих базовые стандарты Ethernet новыми механизмами для функционирования в магистральных сетях. В обоих случаях единое управление оптической транспортной инфраструктурой организуется посредством другой MPLS-ориентированной технологии – GMPLS.

Рассмотрим перечисленные варианты более подробно, чтобы, в соответствии с эпиграфом статьи,

определить соотношение новых технологий транспортных сетей и царствовавшего в течение долгого времени SDH.

NG SDH: еще рано прощаться...

NG SDH представляет собой новый виток в развитии SDH и призвана дать вторую жизнь TDM-сетям. Эта «пешка» скорее спасает «короля». По сути, классическая SDH представляет собой транспортную сеть с коммутацией каналов и, удовлетворяя все требования цифровой телефонии, не способна эффективно передавать по своим каналам пакетный трафик, доля которого постоянно увеличивается.

Возможности технологии NG SDH базируются на трех «китах» – GFP, VCAT, LCAS (рис. 2).

Общая процедура разбиения на кадры (General Framing Procedure, GFP) является техническим решением увеличения КПД систем SDH при передаче многопротокольного трафика. В первую очередь это относится к передаче Ethernet-кадров. Новая каналообразующая техника заменяет старые методы инкапсуляции HDLC и LAPS, снижая сложность реализации оборудования и повышая плотность нагрузки системы передачи пакетным трафиком. GFP «заставляет» SDH работать с максимальной производительностью, адаптируя асинхронный трафик, обеспечивая минимальные задержки и уменьшая неэффективное занятие полосы пропускания.

Мультипротокольность – очень важный аргумент в пользу GFP, которая позволяет передавать поверх SDH кроме Ethernet трафик других протоколов, например, приложения SAN: fibre channel, FICON (Fibre Connection), ESCON (Enterprise Systems Connection).

GFP может работать в двух режимах адаптации клиентского трафика:

- GFP-F (GFP-Framed) преобразует один клиентский кадр в один GFP-кадр. Такой метод подходит для предоставления услуг best effort, например, на базе Fast Ethernet. Он максимально эффективно использует полосу пропускания, в сочетании с LCAS/VCAT позволяет гибко

выделять полосу пропускания с шагом 1–2 Мбит/с. С другой стороны, метод характеризуется относительно большими задержками;

- GFP-T (GFP-Transparent) обеспечивает минимальные задержки, инкапсулируя кодовые символы клиентского сигнала в GFP-фрейм при постоянной длине кадра. Для этого передаются небольшие блоки кодовых комбинаций без ожидания на приемнике всего кадра. Метод предназначен для передачи чувствительного к задержкам трафика, кодированного по схеме 8B/10B (Fiber Channel, ESCON, FiCON, Digital Video Broadcast DVB, Gigabit Ethernet).

Одним из требований к оборудованию NG SDH было обеспечение эффективного выделения полосы пропускания. Клиентская информация передается по SDH в контейнерах со стандартными емкостями (VC-12, VC-4, VC-3). Традиционные

методы конкатенации (логического объединения) имели существенные ограничения на связывание контейнеров и были крайне избыточны. Например, для выделения скорости в 1 Гбит/с приходилось связывать 16 контейнеров VC-4, имеющих суммарную скорость 2400 Мбит/с (полезное использование ресурса 41,6%) .

Благодаря технике виртуальной конкатенации (Virtual Concatenation – VCAT) стало возможным «сцепление» произвольного количества любых контейнеров. Следствием этого является лучшее использование полосы пропускания с гибким выделением ресурса под разные типы трафика (например, тот же 1 Гбит/с передается как семь контейнеров VC-4, что соответствует 85%-ой загрузке канала).

Существенным преимуществом является тот факт, что только граничные узлы обязаны быть VCAT-

совместимыми, а SDH-оборудование внутри опорной сети не нуждается в модернизации.

В NG SDH выделение полосы пропускания может осуществляться динамически с помощью схемы регулировки емкости канала (Link Capacity Adjustment Scheme – LCAS). Это означает, что если раньше при изменении полосы пропускания для клиента системе передачи приходилось разрушать и заново создавать канал, то теперь возможно плавное изменение скорости, без прерывания предоставления услуги.

Самые популярные услуги в NG SDH – EoS (Ethernet over SDH). Наличие встроенных Ethernet-коммутаторов в оборудовании NG SDH (см. рис. 2) дает, например, возможность предоставлять популярную услугу EVPLAN, позволяющую клиентам строить сети с многоточечными связями через прозрачную инфраструктуру оператора.



Мувиком

« Мы уверены в оборудовании
RAD Data Communications.
Поэтому мы предоставляем
второй год гарантии бесплатно »

Евгений Ледовский
начальник отдела по работе
с корпоративными клиентами

**МУВИКОМ – КОМПАНИЯ
СО СВОИМ ЛИЦОМ**

RAD
data communications

“МУВИКОМ” – официальный дистрибьютор компании RAD Data Communications
119361 г. Москва, ул. Большая Очаковская, д. 47А. Тел.: (495) 665-64-79

www.muvicom.ru

Поскольку технологии PTN имеют больше сходств, чем различий, мы рассмотрим только одну из них – транспортную MPLS.

T-MPLS: проще, надежнее, дешевле

Сегодня MPLS – проверенный временем, масштабируемый, протокол-независимый механизм передачи данных, на базе которого реализуются популярные услуги, например, L3/L2 VPN. Причиной появления T-MPLS было стремление адаптировать MPLS для работы на уровне существующих операторских магистральных сетей.

T-MPLS – ориентированная на долговременные соединения пакетная транспортная технология, основанная на MPLS. T-MPLS предоставляет управляемые соединения «точка – точка» различным клиентским сетям (например, на основе Ethernet).

Чтобы соответствовать стандартам традиционных транспортных сетей, необходимо поддерживать соответствующую надежность, средства восстановления и обеспечения качества обслуживания. В T-MPLS это решено благодаря:

- введению новых для MPLS средств эксплуатации, управления и поддержки OAM (Operations,

Administration and Maintenance). Через специальные OAM-приложения выполняется сетевой мониторинг, включающий контроль возможности соединения узлов, выявление и локализацию неполадок, диагностику сетевых проблем, опеределение соответствия параметров подключения уровню SLA;

- обеспечению живучести сети через функции защитного переключения: линейного (1+1, 1:1, 1:N) и кольцевого.

Одним из главных факторов, удерживающих операторов от модернизации опорных сетей до IP/MPLS, – это их сложность в настройке и управлении и, как следствие, дорогое оборудование. Ведь такая сеть требует определенной предварительной настройки, а затем сама «принимает решения» по устанавливаемым маршрутам и т. п. Поэтому в T-MPLS были отброшены «ненужные» функции с точки зрения магистральных сетей в силу их ориентированности на предварительное установление долгосрочных статических соединений и централизованного ручного управления. Функционал, связанный с IP, был почти полностью исключен, а именно: протоколы маршрутизации (OSPF, IS-IS) и протоколы распределения меток (LDP, RSVP-TE, BGP). В результате динамическая

маршрутизация и сигнальный обмен между узлами были заменены эксплуатационным управлением из одного центра, как в SDH-сетях.

В результате получилась простая хорошо знакомая операторам архитектура, но ориентированная на передачу пакетного трафика.

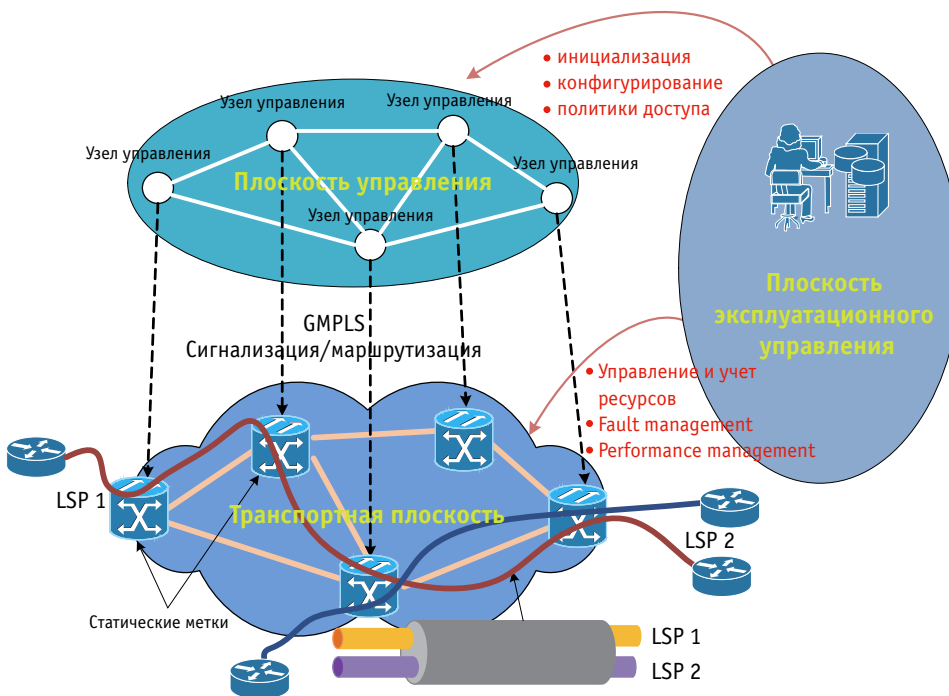
В транспортной MPLS фактически отсутствует собственная плоскость управления (control plane). Подобно тому, как это сделано в SDH- и OTN-сетях, функции управления возлагаются на плоскость эксплуатационного управления (management plane). То есть control plane может использоваться лишь как инструмент, а вся логика управления находится в области эксплуатационных процессов, за которые в современных сетях отвечает система OSS. Складывается интересная ситуация, когда эксплуатационные процессы и процессы управления оборудованием сливаются, а возможности по управлению сетью определяются функциональностью приложений OSS.

На данный момент стандартизация управления T-MPLS еще не закончена, но большинство аналитиков склоняются к использованию систем управления сетями GMPLS/ASON в качестве модели управления установлением сетевыми соединениями и ресурсами на всех технологических уровнях сети.

T-MPLS – новый способ построения опорных сетей, в которой услуги передачи данных выступают в роли клиента по отношению к пакетному транспорту, причем T-MPLS инвариантна к технологии клиента. При реализации Ethernet операторского класса будет происходить инкапсуляция Ethernet-трафика в пакеты T-MPLS, если же предоставляются традиционные услуги цифровой телефонии, создаются псевдолинии PWE3, куда и помещается TDM-трафик. Все известные услуги и технологии второго уровня (Ethernet-сервисы, TDM, ATM, frame-relay, VPN) будут передаваться через общую транспортную пакетную инфраструктуру и управляться едиными программными средствами.

Для отечественных связистов также будет приятно узнать, что одна из первых в мире сетей T-MPLS была построена в России в ОАО «ВымпелКом».

Рис. 3.
Структура T-MPLS сети с уровнем управления GMPLS



GMPLS: вездесущая метка

Универсальная MPLS (Generalized MPLS) – это не очередная технология транспортных сетей, а концепция, предполагающая полное отделение плоскости управления сетью от плоскости передачи данных, что позволяет добиться ряда эффективных свойств: единая плоскость управления, отлично зарекомендовавшая себя в сетях MPLS, и коммутация по меткам на любом технологическом уровне.

GMPLS расширяет классический MPLS дополнительными механизмами и протоколами, чтобы распространить парадигму коммутации по меткам на все существующие транспортные технологии. Понятие «метка» теперь распространяется на временное, частотное, пространственное мультиплексирование и мультиплексирование по длине волны, что позволяет создавать иерархию трактов LSP. В сети GMPLS тракт LSP между узлами одной коммутационной технологии иногда проходит внутри ряда других LSP, образующих последовательные туннели для трактов, иерархически находящихся ниже их самих.

Четырехбайтовая метка-вставка появилась в MPLS потому, что в IP-пакетах не было естественных признаков, по которым можно выполнять коммутацию, таких, например, как номер временного интервала в TDM или конкретная физическая линия, в системах с аналоговой коммутацией. В GMPLS

был реализован обратный процесс, где все «признаки», существующие в разных технологиях, воспринимаются как «метки», которыми можно управлять так же, как в MPLS.

Эволюция от MPLS к GMPLS потребовала расширения существующих протоколов маршрутизации и сигнализации MPLS. Чтобы обеспечить обобщенную коммутацию по метке, единую сигнализацию и интегрированную маршрутизацию, были видоизменены протоколы OSPF-TE, IS-IS-TE, RSVP-TE, CR-LDP. Кроме того, был введен новый протокол управления соединениями LMP (Link Management Protocol), контролирующий канал между двумя узлами и передающий соответствующую управляющую информацию. Другие отличительные свойства GMPLS:

- двунаправленные LSP используются для облегчения и ускорения создания трактов в обоих направлениях;
- специальный метод агрегирования нескольких LSP в один – Forwarding Adjacency (FA) – уменьшает таблицу состояния каналов и ускоряет поиск в ней необходимой информации;
- группирование каналов link bundling позволяет объединить соединяющие два узла каналы в единый объект, что существенно сокращает трафик, создаваемый протоколами маршрутизации о состоянии каналов.

Важным достижением в GMPLS стало управление процессом передачи информации через разные технологические домены и уровни коммутации едиными средствами.

Очевидно, что это значительно упрощает процессы эксплуатации и их формализацию. Наличие стандартизированных автоматизированных средств контроля позволяет экономить время на операциях, ранее выполнявшихся вручную.

Вместо заключения

Переход к оптической транспортной пакетной сети от традиционных магистральных сетей – процесс неизбежный, но достаточно дорогостоящий. Его реализация может занять довольно длительное время. Специалисты считают, что существенная финансовая выгода от такого перехода начинается, когда 60–70% трафика в сети составляет IP. На данном этапе развития очень важно предусмотреть будущее повторное использование в пакетных сетях уже имеющихся ресурсов, особенно огромного количества эксплуатируемого SDH-оборудования.

Хочется пожелать, чтобы ресурсы операторов связи использовались разумно. При сегодняшней скорости развития инфокоммуникаций мы просто обязаны думать на несколько шагов вперед и внимательно относиться к имеющимся возможностям транспортной сети. Грамотная стратегия плавного перехода к пакетным транспортным сетям – это ключ к сохранению конкурентных позиций в отрасли, когда спрос на новые услуги должен приводить к адекватным изменениям сетевой инфраструктуры оператора. ■