

Обзор современных цифровых технологий глобальных сетей связи

Развитие телекоммуникаций во всем мире и в нашей стране идет ускоренными темпами. Внедряются и получили широкое развитие современные цифровые технологии связи-передачи данных, к которым можно отнести **ATM, Frame Relay, IP, ISDN, PCM, PDH, SDH и WDM**. Причем такие технологии, как ATM, ISDN, PCM, PDH, SDH и WDM можно отнести к технологиям **глобальных сетей (ГС)**, или к **магистральным технологиям связи-передачи данных**. Хотя технологии ATM и Frame Relay относят к технологиям корпоративных сетей (КС), а технологию IP (Интернет-протокол) – к технологиям локальных сетей (ЛВС).

Технологии ГС отличаются от локальных в общем плане тем, что они, как правило, основаны на коммутации цепей, а не на коммутации пакетов, и они используют предварительное установление соединения, тогда как ЛВС – нет. С другой стороны, они относятся к магистральным технологиям, т.е. технологиям, способным передавать данные между ЛВС, районами, городами, зонами/регионами и государствами, как это делается, например, в телефонных сетях общего пользования (ТФОП), использующих развитую адресацию на основе стандарта ITU-T E.164.

Рассмотрим кратко перечисленные выше технологии под углом зрения их использования как технологий ГС.

Технология IP – пакетная, неотъемлемый атрибут сети Internet и яркий пример сетевой технологии ЛВС, в последнее время все шире и шире используется для передачи пакетизированного голосового трафика по сети Internet (этот вариант носит название IP-телефонии). Благодаря наличию маршрутизаторов и шлюзов в сети общего пользования, IP-телефония может рассматриваться как гло-

бальная магистральная технология. Успех ее обусловлен следующим:

- наличием сформированной среды передачи -Internet, абонентами которой являются миллионы;
- низкими тарифами на использование сети для голосовой связи (в рамках междугородного и международного трафика) по сравнению с соответствующими тарифами традиционной междугородной и международной связи;
- универсальностью услуг сети: передача голоса, данных, видео и мультимедиа (любого уровня);
- универсальностью и доступностью терминального оборудования, устанавливаемого у клиента (ПК + модем);
- доступностью и простотой установки ПО у конечного пользователя;
- возможностью использовать все виды доступа в Internet (ТФОП, выделенный канал, кабельная сеть, радиорелейная и спутниковая связь).

Технология Frame Relay – пакетная технология КС (первый стандарт ITU-T (МСЭ-Т) относится к 1988 г.), пришедшая на смену технологии X.25. До настоящего времени использовалась как удобное средство получения дешевых универсальных услуг по передаче голоса (благодаря реализации технологии «голос через Frame Relay» – VoFR), факса и данных, используя относительно небольшой (16-32 кбит/с) зарезервированный или коммутируемый виртуальный канал пакетной передачи. Эта технология используется достаточно широко, благодаря следующим возможностям:

- интегрированный сервис (голос, факс, данные) на скоростях до ЕЗ/ТЗ (34/45 Мбит/с);
- доступ в синхронную сеть асинхронных пользователей с помощью устройств доступа FRAD;

- уровень качества обслуживания/сервиса QoS;
- экономия средств за счет оптимально выбранной арендуемой полосы (аренда как симметричного, так и асимметричного (больше на прием, меньше на передачу и наоборот) каналов);
- оплата только за фактически переданный трафик.

Эта технология не имеет развитых средств адресации, необходимых для магистральных сетевых технологий, но, будучи универсальной технологией доступа, близкой к технологии ATM (виртуальная адресация PVC-SVC), может рассматриваться интегрированно с транспортной технологией ATM, как технология глобальных сетей.

Технология ATM – пакетная, задуманная как универсальная широкополосная технология (широкополосная ISDN – В-ISDN), способная передавать любой тип трафика путем инкапсуляции его информационного содержимого в поле полезной нагрузки ячейки ATM. (Первые стандарты также относятся к 1988 г.)

Эта технология может быть полностью отнесена к магистральным, если учесть стандартизованные в последнее время возможности использования адресации, соответствующей той, что используется на сетях общего пользования (Е.164).

Но она не является транспортной, так как не имеет в своей OSI-модели физического уровня. В результате она должна использовать какую-то глобальную транспортную технологию, например PDH, SDH, SONET или WDM. Для этого эти технологии или должны иметь возможность инкапсулировать ячейки ATM в поле полезной нагрузки своих транспортных модулей, как это имеет место для технологий DS3, PDH, SDH и SONET, или иметь

реализованный физический интерфейс, или интерфейсную карту, позволяющую непосредственно модулировать параметры (например, интенсивность) оптической несущей, как это имеет место в системах с WDM [1, 2].

Техника инкапсуляции ячеек ATM в виртуальные контейнеры VC-n фреймов SDH (ATM over SDH) регламентируется новым стандартом ITU-T G.707 (3.96), а упаковка во фреймы PDH E1-E4 (ATM over PDH) – новыми стандартами ITU-T G.804 (2.98) и G.832 (10.98). Аналогично регламентируется техника инкапсуляции ATM over DS3 и ATM over SONET [2]. Что касается интерфейсов, позволяющих передавать ATM через WDM, то они реализуются производителями этого оборудования.

Технология ATM имеет следующие возможности:

- предоставление интегрированных услуг по передаче голоса, факса, данных, видео и мультимедиа;
- обеспечение требуемого уровня качества обслуживания QoS;
- предоставление широкого диапазона скоростей передачи от E1 до E4, от STM-1 до STM-256 и от OC-1 до OC-768;
- приема передачи с помощью адаптерных плат ПК;
- инкапсуляции и передачи IP-трафика (технология IP over ATM).

Несмотря на очевидную привлекательность, широкую рекламу и огромные усилия различных организаций по стандартизации элементов технологии, ее развитие шло достаточно медленно в первую очередь из-за высокой стоимости предлагаемых решений и несовместимости оборудования различных производителей. Применение технологии ATM так и не стало массовым, и в настоящее время по степени влияния и распространения она уступает технологии IP, которая может занять ее нишу вместе с технологией ISDN, если только WDM не вдохнет в нее новую жизнь.

Что касается традиционных «старых» глобальных технологий PCM (ИКМ – в основе лежит импульсно-кодовая модуляция) и PDH, основанных на коммутации цепей, то они продолжают занимать ведущее положение (и с этой точки зрения остаются современными в нашей стране). Эта, казалось бы, парадоксальная ситуация объясняется, во-первых, относительно низким процентом установленных в России цифровых АТС, во-вторых, тем, что цифровые АТС во многих случаях используют старые медные кабельные сис-

темы, и в-третьих, тем, что и наземные телефонные, и спутниковые, и радиорелейные линии связи используют в основном традиционную технологию временного мультиплексирования – TDM. Также оборудование ИКМ и PDH продолжает выпускаться отечественными заводами пока в большем объеме, чем идущее на смену PDH оборудование SDH [2].

Технология ИКМ. Этой технологии уже около 40 лет. Относительный прогресс в России в этой области сводится к самому факту использования цифровых технологий и АТС и переходу на основной цифровой канал (ОЦК – 64 кбит/с), как на базовую меру использования ширины полосы пропускания цифровых сетей в расчете на одного пользователя. ОЦК допускает не только его использование для передачи голоса, факса и данных, но и организацию наложенной связи (с коммутацией пакетов), а также вторичное уплотнение канала путем использования стандартных алгоритмов сжатия, сертифицированных для применения на сетях ВСС РФ. В первую очередь это относится к использованию известного алгоритма ADPCM (адаптивной дифференциальной ИКМ – АДИКМ), сжимающий ОЦК до 32 кбит/с (CCITT G.721, 1988 г.), и новых алгоритмов: LDCELP (алгоритм линейного предсказания с кодовым возбуждением и малой задержкой – ITU-T G.728, 1992 г.), сжимающий ОЦК до 16 кбит/с (в 4 раза), практически без ухудшения качества голоса, и CS-ACELP (ITU-T G.729, Annex A, 11.96), сжимающий ОЦК до 8 кбит/с (в 8 раз). Ведущие компании, использующие эту технику сжатия в рамках технологии TDM (например, Newbridge Networks – теперь отделение компании Alcatel), сохраняют относительную «прозрачность» сжатых каналов для пропуска факса и сигналов «dial-up» модема на уровне 14, 4 и 7,2 кбит/с соответственно.

Технология PDH. Этой технологии около 30 лет. Относительный прогресс в этой области состоит лишь в том, что новая генерация оборудования PDH [2] позволяет:

- использовать новую схему формирования фреймов E2 с байт-интерливингом (ITU-T G.704, 10.98), расширяющую возможности использования схем сигнализации CAS и CCS;
- использовать новые структуры фреймов E3 и E4, используемые при взаимодействии PDH и SDH (ITU-T G.832, 10.98);
- передавать виртуальные контейнеры соответствующего уровня фреймов SDH, давая возможность системам

PDH соединять отдельные кольца SDH в единую сеть;

- передавать nibbl сообщения о статусе синхронизации (SSM), формируемые системами SDH, и тем самым участвовать в управлении сетью синхронизации;
- быть включенным в общую схему управления оборудованием единой сети PDH-SDH.

Указанные нововведения позволяют продлить жизнь этой технологии и органично вписаться в интегрированные сети PDH-SDH.

Технология ISDN. Этой технологии около 20 лет, но в нашей стране она начала активно развиваться только последние 5 лет. Ее внедрению мешает как отставание в развертывании цифровых АТС, так и создание адаптированной для России версии известной сигнализации SS#7 (общеканальной сигнализации – ОКС-7), первая версия которой появилась в 1995 г.

Эта технология использует несколько форматов передачи данных: 2B+D (B = 64 кбит/с, D = 16 кбит/с), 6B и 30B+D (D = 64 кбит/с). Наиболее простой из них – первый, так называемый доступ на базовой скорости (BRA). Он позволяет, используя цифровую сеть общего пользования с общей схемой нумерации, передавать голос, факс, данные, осуществлять модемный доступ на скорости 128 кбит/с и проводить видеоконференции (или же внедрить видеотелефонную связь для абонентов телефонной сети), т.е. все то, что обещает ATM. И хотя скорости ISDN не столь велики, как обещанные ATM, но все же достаточны для использования так называемого доступа на первичной скорости E1 (PRA).

Отличительная особенность ISDN в том, что она использует готовую цифровую телефонную сеть, а стоимость адаптеров ISDN, как и аренда номеров, существенно ниже по сравнению с ATM. Жаль, что распространению этой технологии, кроме указанных объективных причин, мешают ведомственные барьеры, не допускающие широкого использования корпоративных ISDN-решений, основанных на международных стандартах.

Технология SDH, или синхронная цифровая иерархия (первые стандарты относятся к 1988 г.). Основной прогресс на цифровых сетях в нашей стране связан именно с ее использованием. Первые сети SDH появились в России в 1993 г. Их основными особенностями в то время были использование скорости 155 Мбит/с (уровень STM-1 в иерархии SDH),

оптоволоконные кабели в качестве среды передачи и архитектура двойного кольца, позволяющая восстановить трафик за 50 мс после обрыва одного из волокон или выхода из строя одного из мультиплексоров.

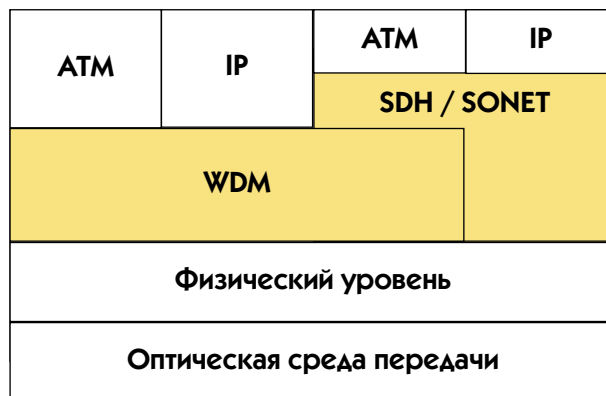
За прошедшие 7 лет эта технология развивалась не только вширь, но и

формально не больше 10 лет, а фактически 5-6 лет. Стандарты не успевают за темпами ее развития (первый стандарт ITU-T G.692 принят окончательно только в конце 1998 г.). Тем более стремительным выглядит ее рост. Если в 1992 г. она позволяла объединять 2-4 оптические несущие, то теперь – 160-

скую среду передачи он должен быть инкапсулирован в транспортные модули/сигналы STM-N/STS-n (OC-n), способные, используя физический интерфейс технологии SDH/SONET, пройти через физический уровень в оптическую среду передачи. Отсюда ясна необходимость создания технологий инкапсуляции ячеек



а)



б)

Модель взаимодействия основных транспортных технологий: а) до внедрения технологии WDM; б) после внедрения технологии WDM.

«вглубь» – путем использования более высоких скоростей передачи. В настоящее время новые и проектируемые сети используют скорость 2,5 Гбит/с, что эквивалентно «трубе», по которой передаются 1008 потоков по 2Мбит/с каждый, или 30240 каналов ОЦК. Учитывая, что рост скорости до 10 Гбит/с (т.е. в 4 раза) – задача сегодняшнего дня (на этой скорости уже работают сети SDH в Америке, Европе, Китае, Японии и других странах), прогресс этой технологии у нас выглядит впечатляюще, особенно на фоне общего технологического развала [2].

Кстати, эта технология существенно ускорила создание отечественной индустрии производства волоконно-оптического кабеля (ВОК), хотя и на основе импортных комплектующих. Действующие ныне в России крупные заводы по производству ВОК – наглядное тому подтверждение. Более медленно идет создание отечественного производства мультиплексоров SDH, но и здесь наметился перелом: успешно работают по крайней мере три завода: ЭЗАН, Морион и Камател, выпускающие продукцию для нашего рынка [2].

Технология WDM – технология волнового/спектрального мультиплексирования. Эта технология совсем юная, ей

240. Если каждая из несущих будет иметь в качестве мультиплексора доступа мультиплексор SDH уровня STM-64 (10 Гбит/с), то его максимальный поток составит 1,6-2,4 Тбит/с [2].

Плодами этой технологии активно пользуются многие страны, устанавливая у себя на магистральных направлениях аппаратуру WDM, позволяющую мультиплексировать (пока скромно) 16-32-40 несущих, уже создавая возможность формировать потоки до 100 Гбит/с. В России это собираются сделать Sonega на своем участке сети Москва – Лаппенранта – Хельсинки – Стокгольм и некоторые другие компании. Если внедрение этой технологии и дальше будет идти такими же темпами, то скоро мы столкнемся с «кризисом перепроизводства канальной емкости» (его предвестники – известные примеры падения курса акций активных игроков в сфере наращивания емкостей паневропейских WDM-сетей).

В перспективе развитие технологии WDM ведет к изменению модели взаимодействия основных транспортных технологий [1]. Эта модель (см. рисунок) до внедрения технологии WDM состояла из трех уровней и среды передачи и показывала, что для транспортировки трафика верхнего уровня (ATM, IP) через оптическую

среду передачи он должен быть инкапсулирован в транспортные модули/сигналы STM-N/STS-n (OC-n), способные, используя физический интерфейс технологии SDH/SONET, пройти через физический уровень в оптическую среду передачи. Отсюда ясна необходимость создания технологий инкапсуляции ячеек

ATM, например в виртуальные контейнеры SDH (ATM over SDH) или в виртуальные трибы SONET (ATM over SONET), или пакетов IP в виртуальные трибы SONET (IP over SONET). После появления систем WDM модель будет иметь три или четыре уровня, не считая среды передачи. Появился промежуточный уровень WDM, который, как и SDH/SONET, обеспечивает физический интерфейс, позволяющий через физический уровень выйти на оптическую среду передачи не только технологии SDH/SONET, но и технологиям ATM и IP. **connect!**

● Литература

- [1] Слепов Н.Н. Новые технологии оптических сетей связи: Основы технологии WDM. // Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы// Сб. статей под ред. С.А. Дмитриева, Н.Н. Слепова. – М.: Connect, 2000. – С. 359-377.
- [2] Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.

Редакция сборника-каталога благодарит Слепова Н.Н., «ТелеПос», за помощь, оказанную в подготовке материала.