



# ВИДЕО ПО ТРЕБОВАНИЮ (VOD) ПОСРЕДСТВОМ DWDM GIGABIT ETHERNET

(ПО МАТЕРИАЛАМ КОМПАНИИ HARMONIC, США)

**Песков С.Н.**, гл. конструктор,  
**Таценко В.Г.**, гл. инженер,  
**Шишов А.К.**, ген. управляющий  
ЗАО "В-Люкс"

## Введение

До недавнего времени опции для передачи VoD-контента ограничивались неэффективной по полосе пропускания (то есть дорогостоящей) аналоговой передачей (QAM) и неэффективной по оперативности SONET/SDH- или ATM-передачей. Последние усовершенствования в технике видеосерверов, цифровой DWDM оптической передаче и edge-QAM-технологии предоставили возможности для более рентабельных и оперативно-эффективных решений развития VoD. Очевидно, что новый тренд в развитии VoD - это поток цифрового (MPEG) контента от видеосерверов по Internet-протоколу (IP), а затем использование дешевого и масштабируемого Gigabit Ethernet (GbE) DWDM для передачи этого IP-контента от головной станции (ГС) к хамам (узлам).

Некоторые американские кабельные операторы недавно развернули видео по запросу, используя этот новый, основанный на GbE операционный подход.

Настоящий краткий обзор посвящен архитектурам реальных сетей, применяемых к VoD с учетом положительных моментов нового GbE VoD-подхода.

## Архитектуры сетей VoD

Сеть VoD основывается на пяти главных компонентах:

- 1) видеосерверы - здесь хранится контент, отправляемый со временем в сеть;
- 2) транспортная сеть - служит

Видео по требованию (Video-on-Demand, VoD) может легко стать эффективным прикладным приложением для кабельных операторов. Однако чтобы внедрение такой услуги было успешным, сети VoD должны быть пригодны для передачи большого потока цифровой информации (как правило, это MPEG компрессированное видео) от видеосервера к абоненту. Иными словами, сеть в прямом направлении должна быть эффективной как с точки зрения пропускной способности, так и с точки зрения рентабельности. Такая передача предоставляет уникальный набор вызовов, которые требуют инновационных решений.

для передачи большого потока информации от головных станций к узлам, где видеопотоки распределяются после запроса;

3) распределительная сеть - отправляет контент видеопотока к абонентам;

4) Set-top boxes (STB) - собственно цифровые приемники или домовые шлюзы;

5) оконечное оборудование - поскольку CATV-операторы имеют эффективную аналоговую рас-

пределительную сеть, они используют оконечное оборудование, которое работает как интерфейс между цифровым MPEG-видеоисточником и аналоговой HFC-сетью, доставляющей информацию до цифрового STB.

Задача кабельного оператора заключается в формировании рентабельной, операционно-эффективной архитектуры, которая должна оптимально связывать все перечисленное оборудование.

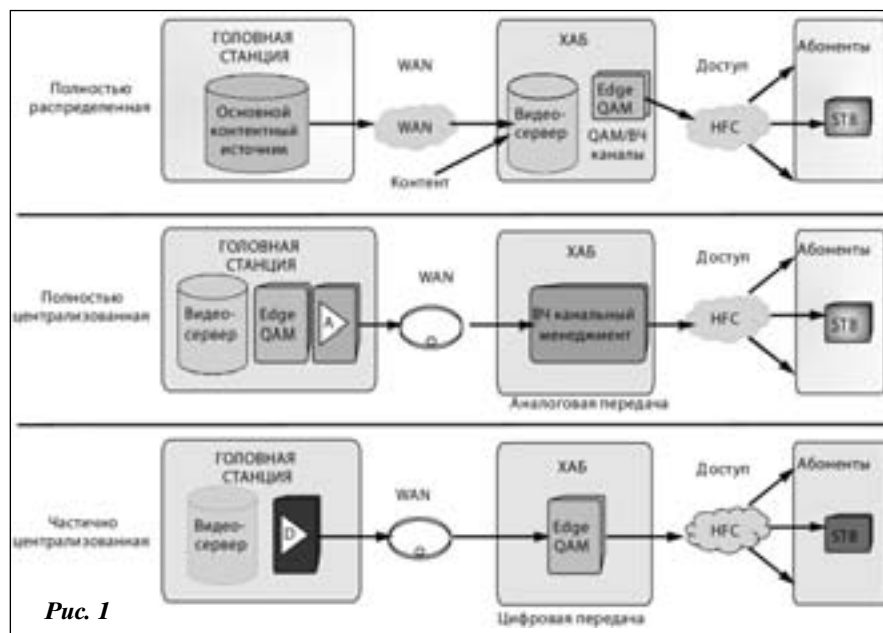


Рис. 1



Рис. 2

Существует три обобщенных варианта архитектурных подходов для расположения видеосерверов и оконечного оборудования: полностью распределенная, полностью централизованная и частично централизованная архитектуры (рис. 1).

**Полностью распределенная архитектура**

*Характеристики*

В распределенной архитектуре видеосерверы и оконечное оборудование располагаются группой в хабах (концентраторах). Оконечное оборудование запускает MPEG-поток в QAM-формате непосредственно в HFC-сеть для распределения к STB абонентов (рис. 1).

При сохранении транспортных сетевых затрат этот тип архитектуры добавляет существенные затраты по всей системе, так как большинство серверов должны быть установлены на всех рабочих станциях (вместо одного сервера на головной станции). Это приводит к дублированию контента и увеличивает затраты на его хранение. Операционная сложность, необходимая для управления и функционирования многочисленных серверов сетевого распространения, также увеличивает суммарные затраты.

Передача видеопотока или распределение в QAM-формате является важнейшим требованием к полосе пропускания. С этой целью HFC-полоса пропускания должна быть эффективно управляемой для поддержки одноадресного распределения. Использование уровня адресной передачи наряду с широкополосным информационным вещанием позволяет передавать специфичный контент (VoD) к определенным областям с предельной эффективностью. Поэтому главным здесь являются дешевые аналоговые передатчики и разумный сетевой дизайн.

*Применение*  
До недавнего времени рентабельной цифровой транспортной сети не существовало

и, как результат, кабельные операторы были вынуждены использовать распределенную архитектуру. Сегодня доступны высокоэффективные решения, которые основываются на технологиях типа MPEG-по-IP, GbE и простой DWDM-передачи. Например, распределительная архитектура может использоваться для обеспечения VoD-услуг в местной области, непосредственно прилегающей к ГС.

**Полностью централизованная архитектура**

*Характеристики*

Полностью централизованная архитектура предполагает размещение видеосервера и оконечного оборудования непосредственно в составе ГС. Передача к хамам осуществляется через аналоговый формат (QAM). В хабах MPEG-поток (в QAM-формате) перестраиваются и направляются к HFC-сети для распределения к абонентам.

Данный тип архитектуры устраняет все недостатки распределенной архитектуры. Передача аналоговых сигналов от ГС к хамам может осуществляться с использованием DWDM-технологии, где теоретически на каждой длине волны может передаваться до 240 потоков. Однако полное использование доступной транспортной по-

лосы пропускания требует дорогостоящих и ненадежных повышающих и понижающих частотных конвертеров на хабе. В результате получается, что эта модель неэффективна и дорогостояща.

*Применение*

Такая архитектура применима на практике, только если несколько потоков (не более 100) поступают на хаб, расположенный в пределах 25 км.

**Частично централизованная архитектура**

*Характеристики*

В этой модели видеосерверы полностью централизованы, что устраняет все недостатки, отмеченные в распределенных архитектурах. Оконечное оборудование располагается в хабах и работает в эффективной полосе пропускания цифровой транспортной сети, которая несет MPEG-поток, инкапсулированные через IP и GbE. Оконечное оборудование в хабах выполняет маршрутизацию видеопотока, QAM-модуляцию и запускает поток в HFC-сеть адресной передачи для распределения к приемным устройствам абонентов. Частично централизованная архитектура достигает максимальной эффективности, когда MPEG-через-IP-поток формируются в Gigabit Ethernet. Это позволяет кабельным операторам использовать широко доступные Ethernet-коммутаторы и маршрутизаторы, таким образом максимизируя гибкость сети. Чтобы сохранить высокую эффективность сети и низкие затраты на поток, транспортная сеть должна быть выполнена на соответствующим образом.

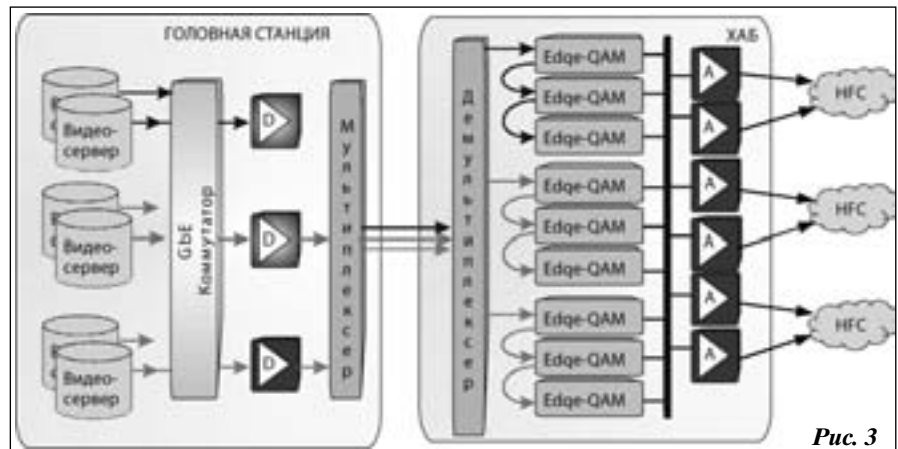


Рис. 3

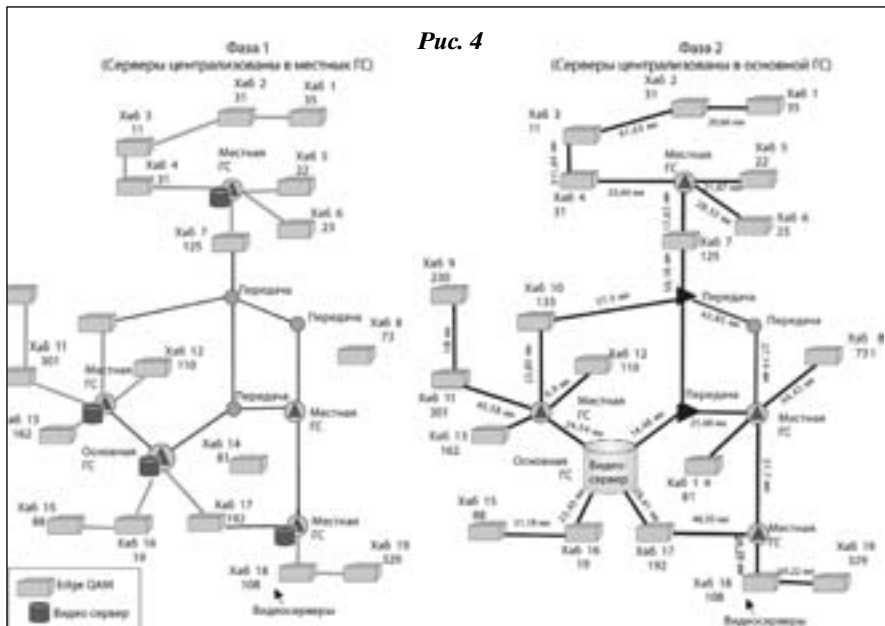


Рис. 4

В следующих разделах будут рассмотрены эти два основных требования и их реализация в реальных сетях.

**Достоинства**

Частично централизованная архитектура:

поставляет простую широкополосную высокоэффективную цифровую транспортную сеть;

- предоставляет гибкие, масштабируемые коммерческие модели "pay-as-you-grow";
- минимизирует затраты на поток и операционные затраты;
- использует в своих интересах особенности маршрутизации потока оконечного QAM-оборудования, которое направляет каждую программу к нужному местоположению и, таким образом, предотвращает чрезмерно расширенное сетевое распределение.

**Недостатки:**

Необходимость использования новых и неизвестных технологий.

**Краткая характеристика архитектур**

Все описанные выше архитектуры соответствуют некоторым типам сетей. Однако опыт США в разработке сетей и международный маркетинг показывают, что как минимум для 90% сетей частично централизованная архитектура является самой эффективной. Это

объясняется рядом причин:

- **полосой пропускания** - при планировании больших и средних VoD-развертываний;
- **гибкостью** - для сетевых топологий с несколькими хабами, связанными с ГС;
- **возможностью передачи на большие расстояния** - когда хабы распределения рассредоточиваются по всей сети;
- **масштабируемостью** - начальный запрос составляет приблизительно 200 потоков на хаб и в ближайшем будущем ожидается его увеличение.

Остальные области (менее 10%) в основном доступны непосредственно от основной ГС. Эти области лучше всего обслуживаются полностью распределенной структурой (хотя она централизована) с использованием аналоговой сети адресной передачи. Поэтому, чтобы VoD-услуги были рентабельными,

частично централизованная архитектура должна быть эффективна, насколько это возможно.

Далее мы расскажем об этом типе архитектуры и технологиях, которые предполагают частично централизованные решения. Кроме того, будет показано, как VoD-сети могут сосуществовать на тех же платформах и по тем же носителям с другими типами услуг и применений.

**Ключевые технологии**

К основным технологическим достижениям, необходимым для внедрения рентабельной VoD-сети (рис. 2), относятся Gigabit Ethernet, MPEG-через-IP и WDM (волновое мультиплексирование).

**GbE и MPEG-через-IP**

По определению, VoD-системы являются "unicast"-системами (индивидуальная рассылка по конкретным узлам сети): специфическое видео (информационный поток) посылается определенному абоненту. Для этого система гибкой маршрутизации должна послать один видеопоток к одному абоненту. Казалось бы, коммуникационные стандарты передачи данных "точка-точка" (ASI, SONET/SDH и ATM) могут выполнить это. И данное утверждение вполне справедливо. Однако для обработки большого количества однонаправленной, с широкой полосой пропускания информации, которую требует VoD, такие протоколы никогда не разрабатывались. Одиночные MPEG-2-потоки, инкапсулированные по IP, обеспечивают гибкость при наиболее низких затратах. Оборудование на базе GbE/IP (коммутаторы, маршрутизаторы и новое оконечное

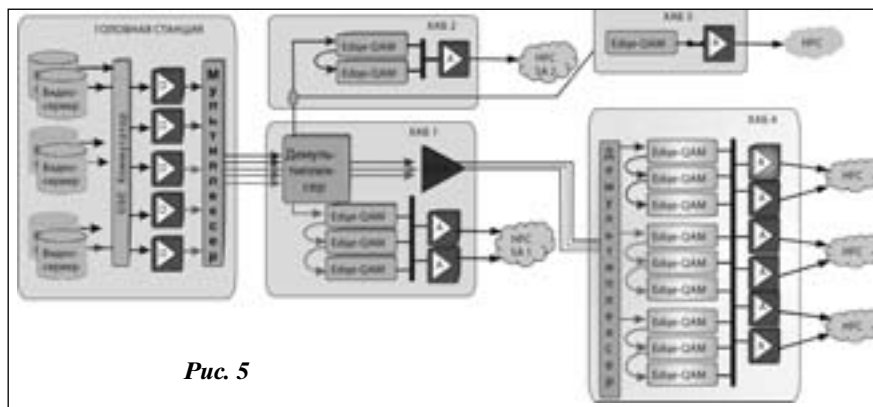


Рис. 5

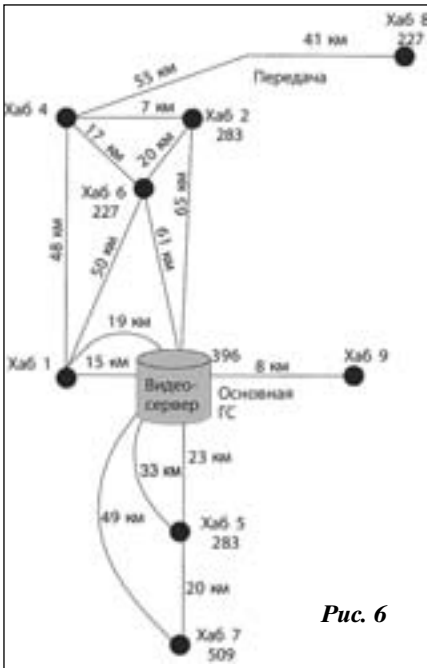


Рис. 6

QAM-оборудование (Edge QAM с коммутирующими возможностями) может распределять контент в правильном направлении. Кроме того, это оборудование может эффективно управлять емкими данными VoD, потому что отдельный GbE-поток может нести приблизительно 240 MPEG-2-каналов.

**Достоинства MPEG-через-IP**

В то время как IP является одним из самых распространенных протоколов в мире информации, ASI используется только в видео-применениях. IP обеспечивает совместимость всех типов механизмов передачи данных сети: коммутаторов, маршрутизаторов и транспортных систем.

**Достоинства GbE**

GbE обеспечивает большую производительность, чем ASI. Отдельный GbE-поток может нести около 1000 Мбит/с полезной информации, в то время как ASI - только 270 Мбит/с. Большинство серверов могут поставлять только 150 Мбит/с через каждый выход ASI, то есть один GbE-поток несет больший объем информации, чем 6 ASI-потоков. Это дает возможность минимизировать затраты на сервере. GbE обладает также особенностью экономии при масштабируемости. С ростом запросов GbE-интерфейсы становятся менее дорогостоящи-

ми, приводя к непрерывному снижению полных затрат на поток.

**Волновое мультиплексирование (WDM)**

В типовой VoD-сети скорости 1 Гбит/с (или 240 потоков) недостаточно для обслуживания одного большого хаба или нескольких хабов, связанных с ГС по одному волокну. Комбинация технологии WDM и GbE по оптическим сетям позволяет множеству GbE-потоков распространяться по единственному оптическому волокну и обеспечивает связь на весьма значительных расстояниях. Используя плотное волновое мультиплексирование (DWDM), можно легко передавать 32 GbE-сигнала с использованием одного волокна в очень широкой области. При асимметричном приложении VoD требует, чтобы по направлению к абонентам передавалось именно большое количество видеoinформации, в то время как сигнальная передача идет в реверсном направлении. IP-коммутаторы предназначены для симметричных, двунаправленных сетей передачи данных. Это приводит к тому, что многие стандартные Ethernet-коммутаторы малоэффективны для VoD. Некоторое GbE DWDM транспортное оборудование оптимизируется для передачи видеопотока. Такое оборудование

имеет "локальную" двунаправленную связь между передатчиками и IP-коммутаторами, а также "сетевую" однонаправленную связь между передатчиками и оконечным QAM-оборудованием, устанавливаемым на хабах. Благодаря таким типам передатчиков возможно использование единственного волокна (или длины волны) на линии.

DWDM также позволяет операторам мультиплексировать различные услуги по единому волокну благодаря использованию разных длин волн. Это дает возможность максимально эффективно использовать единственную оптическую жилу. Например, применения типа телефонии, сети передачи данных (Internet) и VoD могут передаваться по одному волокну. При этом на каждое приложение выделяется собственная длина волны.

**Другие транспортные опции**

Имеются другие транспортные опции, которые основаны на тех же концепциях (MPEG/IP-GbE-DWDM), но управляют сигналами по-другому.

**А. 10 Gigabit Ethernet-передача**

10 GbE становится доступной в нескольких типах IP базовых моделей. Она обеспечивает 10-кратную полосу пропускания в сравне-

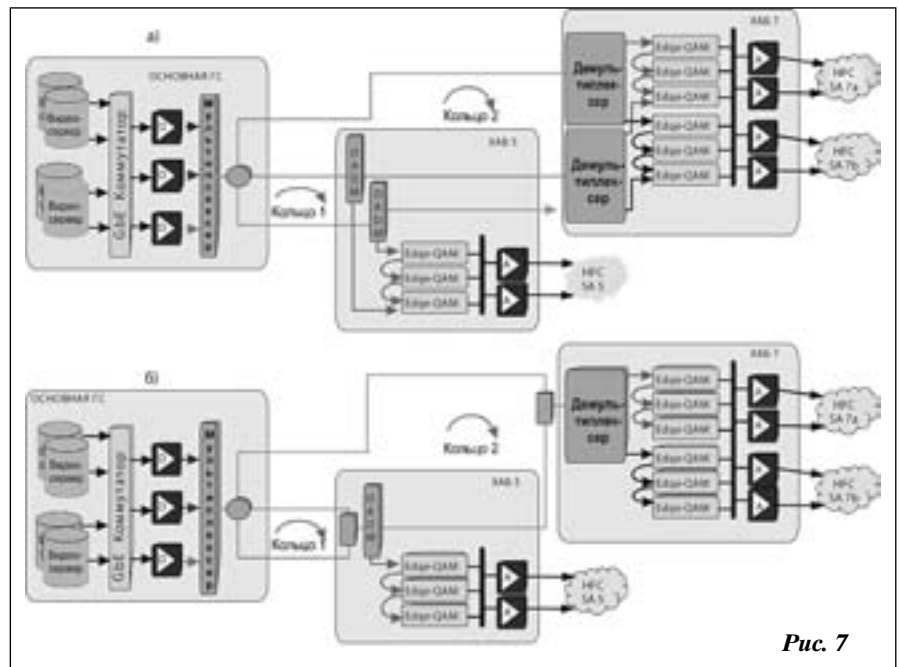


Рис. 7

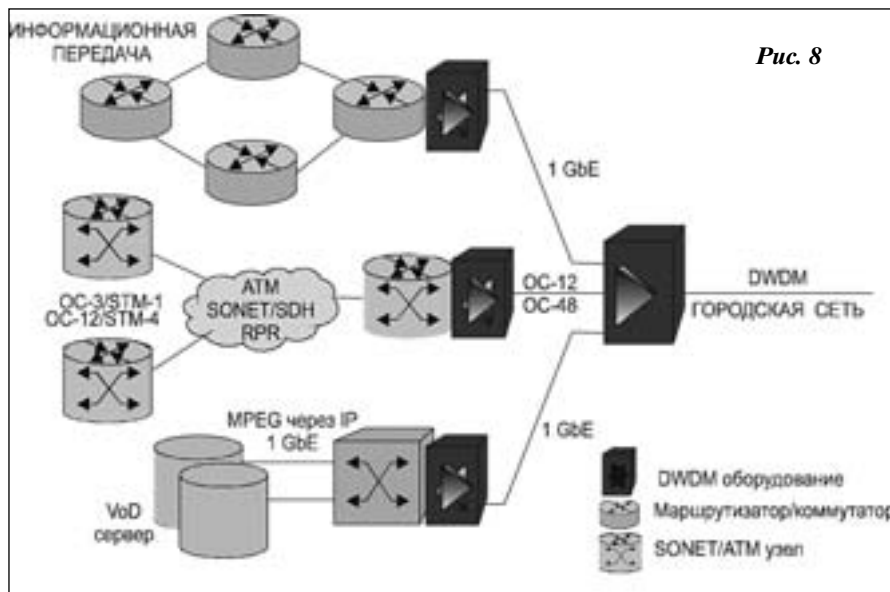


Рис. 8

нии с GbE и в некоторых случаях может заменить GbE.

При использовании VoD-применений существует несколько недостатков такой технологии.

- Большинство видеосерверов не способны мультиплексировать более 240 потоков (950 Мбит/с), а иногда и намного меньше этого. Подобно видеосерверам, оконечное QAM-оборудование не может управлять более чем 240 потоками. Для передачи 10 GbE-сигналов коммутаторы, работающие как "накопители", нуждаются в инсталляции в ГС и хабах.
- Из-за ограничений, накладываемых волоконной дисперсией, максимально допустимое расстояние должно быть короче, чем при GbE.
- 10 GbE менее модульны, чем GbE и, как следствие, менее масштабируемы. Технология 10 GbE становится более рентабельной только при использовании полной полезной нагрузки. Она является адекватной только для основных хабов со следующими характеристиками: более 90 000 домов, 8 Гбит/с полезной нагрузки, 4 Мбит/с на поток, 9000 потоков, 10% пиковое использование, 70% охват кабельным телевидением, 30% подключение абонентов с VoD.

### В. Многочисленный Gigabit Ethernet на длину волны

На сегодняшний день рынок предлагает оборудование, которое

мультиплексирует во временном домене 2, 4 и 8 GbE-сигналов на одной длине волны.

Как и 10 GbE, эти решения имеют ограничения.

- Масштабируемость уменьшается, когда большее количество GbE-сигналов мультиплексируется на одной длине волны. Решение является рентабельным только при использовании его с корректным размером хаба.
- В то время как GbE/DWDM не нуждаются в приемниках на местоположениях хаба, временное мультиплексирование требует TDM-мультиплексоров для преобразования сигнала в GbE-сигналы, которыми запитывается оконечное QAM-оборудование.
- Максимальные расстояния также зависят от ограничений волоконной дисперсии.

### Подробная VoD-архитектура

Таким образом, мы сделали вывод, что частично централизованная архитектура наиболее эффективна в большинстве случаев. Также мы выявили все ее компоненты и их взаимодействие в законченном системном решении (рис. 3).

#### Видеосервер:

- несколько MPEG/IP/GbE-серверов;
- высокая производительность: поток каждого из серверов по 450 Мбит/с (120 потоков);

- серверы, совершенствующиеся ежедневно, превышают 600 Мбит/с (150 потоков);
- ольшая производительность, чем у ASI (ASI = 270 Мбит/с).

#### GbE-коммутатор:

- лучшее использование потоковой возможности сервера;
- порты GbE-сервера не назначаются конкретному оконечному QAM-оборудованию;
- ресурсы сервера могут разделяться между различным оконечным QAM-оборудованием, расположенным в разных хабах и обслуживающих областях;
- несколько выходов GbE-сервера объединяются в один GbE-выход коммутатора (2 450 Мбит/с = 900 Мбит/с полезной нагрузки из GbE-коммутатора);
- IP-коммутация на GbE-коммутаторе обеспечивает простое резервирование.

#### Сетевой передатчик:

- однонаправленные цифровые DWDM-передатчики не требуют наличия двух волокон;
- рентабельная платформа для передачи потока данных - хорошо масштабируемая;
- 1 Гбит/с полезной нагрузки на передатчик (~250 потоков).

#### Транспортная сеть:

- единственное оптоволокно с несколькими длинами волн;
- сетевые топологии: "защищенные кольца", "точка-точка", "точка-многоточие", "оптический ADM" и др.;
- расстояния: ~120 км без усилителя EDFA, ~200 км с усилителем EDFA.

#### Оконечное QAM-оборудование:

- каждое оконечное QAM-оборудование обрабатывает ~320 Мбит/с (80 потоков);
- 3 оконечных QAM-оборудования могут располагаться каскадно для достижения полной GbE-обработки;
- для оптических приемников не требуется оконечного QAM-оборудования с оптическими GbE-входами.

#### HFC-интерфейс:

- повышающая QAM канальная конвертация от оконечного



Рис. 9

QAM-расположения к необходимым областям обслуживания;

- ВЧ-комбинации и 1310-нм передатчики для HFC оптического распределения;
- 3-10 каналов на оптический узел (зависит от требования).

### Исследования развития / сетевые решения

#### Сетевой пример 1 (рис. 4)

##### Сетевые характеристики:

- одна центральная ГС, несколько местных ГС и много хабов;
- расширенные хабы;
- низкий запрос на хаб;
- большие расстояния;
- единственное волокно, доступное в линии.

##### Серверы:

- серверы, расположенные в местных ГС в первом случае, в будущем переходящие в полностью централизованные серверы в основной ГС (рис. 5);
- видеобиблиотека в центральной ГС.

##### Сеть:

- DWDM/GbE-передатчики устанавливаются в местных ГС на начальной стадии (фаза 1), а затем перемещаются к основной ГС для полностью централизованной архитектуры;
- распределение длины волны: когда запрос низкий, полезная нагрузка длины волны может распределяться среди разных хабов, как показано на приведенной выше диаграмме;
- оптическое входное/выходное мультиплексирование: при запросе менее чем ~250 потоков, только одна длина волны может быть выделена в специальном хабе;
- для достижения больших расстояний требуются EDFA-усилители с плоской АЧХ;

- резервированные кольца;
- линия резервирования;
- никакого резервного оборудования;
- одно волокно на кольцо;
- законный запрос на хаб;
- среднее расстояние.

##### Серверы:

полностью централизованы в основной ГС.

##### Сеть:

- DWDM/GbE-передатчики в основной ГС;
- оптическое входное/выходное мультиплексирование: только одна длина волны может быть выделена в специальном хабе при запросе менее чем ~250 потоков;
- для достижения больших расстояний требуются EDFA-усилители с плоской АЧХ;
- резервный путь, опция 1: резервный вход к конечному QAM-оборудованию; двойные оптические GbE-входы в каждом конечном QAM-оборудовании, резервное пассивное DWDM;
- резервный путь, опция 2: оптические А/В-коммутаторы; единственное пассивное DWDM, один вход конечного QAM-оборудования.

На рис. 7а показана опция 1 с резервированием по входу конечного QAM-оборудования, а на рис. 7б - опция 2 с оптическими А/В-коммутаторами.

### Пути развития VoD

#### Как пользоваться унаследованным оборудованием

Для тех систем, где от видеосерверов доступны только ASI, имеет смысл использовать это оборудование. ASI цифровая передача использует оконечное QAM-оборудование с ASI-входами. Однако, поскольку более эффективны

- оконечное QAM-оборудование во всех хабах.

#### Сетевой пример 2 (рис. 6)

##### Сетевые характеристики:

- одна основ-

ная ГС, несколько хабов; MPEG/IP/GbE/DWDM-системы, для будущего роста рекомендуется миграционный план.

#### GbE-переключения к VoD сети

Казалось бы, добавление GbE-коммутаторов будет увеличивать расходы. Однако во многих случаях это неверно. Большинство видеосерверов с GbE-интерфейсами не могут полностью заполнить выходной поток. При этом они не поддерживают в GbE-сигнале 240 потоков. GbE-коммутаторы не только обеспечивают большую гибкость, но и могут объединить несколько недостаточно использованных выходов GbE-видеосерверов в один полностью используемый, который может передаваться в DWDM-формате.

#### RPR

RPR (эластичное пакетное кольцо) - это новый транспортный стандарт, объединяющий лучшие атрибуты SONET/SDH, WDM и GbE для формирования мультисервисной передачи. RPR будет применяться для глобальной сети, делая ее более эффективной для мультипротокольных транспортных передач. Однако для полной разработки RPR необходимо время. Благоприятная возможность для развития VoD является очевидной, в то время как достаточных условий для развития RPR еще не создано. Также очевидно, что построение RPR является весьма дорогостоящим решением в сравнении с опциями, описанными выше. Поскольку RPR основывается на DWDM, VoD-сеть по DWDM может легко сосуществовать с будущей сетью RPR посредством использования разных длин волн на одном и том же волокне. Развитие GbE/DWDM-сетей для VoD сегодня не ограничивает использование RPR в будущем.

#### Использование существующих сетей

Некоторые операторы уже сейчас имеют развитые SONET/SDH-или ATM-сети для передачи телефонии или услуг данных. В некоторых случаях эти системы имеют достаточно пригодную полосу пропускания. Однако вполне очевидно, что эти стандарты являются не-



эффективными при передаче видеопотока. В этом случае кабельные операторы должны передавать SONET/SDH или ATM по DWDM, предоставляя для этого выделенные длины волн. В этом направлении GbE/DWDM VoD-системы могут сосуществовать по одному и тому же волокну. Если SONET/SDH или ATM не могут обеспечить DWDM-интерфейсы, прозрачное оборудование протокола Metro DWDM гарантирует эффективный и рентабельный интерфейс.

**Мультисервисная интеграция**

Используя решения на основе DWDM, широкое разнообразие цифровых потоков может быть интегрировано через одну платформу и передано на единой длине волны. DWDM-технологии обеспечивают

гибкую платформу, которая создает возможность передачи нескольких различных видов услуг по единой оптической жиле. Этим обусловлена рентабельность построения глобальных универсальных сетей (рис. 8).

**Выводы**

MPEG-по-IP обеспечивает гибкость, необходимую для применений адресной передачи типа VoD, в то время как GbE предоставляет гибкую, с эффективной полосой пропускания платформу для передачи видеопотоков больших объемов. Кроме того, DWDM дает возможность передавать на очень большие расстояния многочисленные GbE-сигналы. Это также позволяет формировать и направлять индивидуальные длины волн к определенным

областям при максимальной эффективности использования волокна (рис. 9).

Опыт построения сетей в США и других странах показал, что почти в 90% случаев частично централизованная архитектура является наиболее эффективной для VoD-сетей. Комбинация MPEG-по-IP и DWDM создает частично централизованную архитектурную масштабируемость, эффективную полосу пропускания и гибкость, что обеспечивает рентабельное развитие VoD.

*На все вопросы и замечания авторы с удовольствием ответят по E-mail: vlux@vlux.ru или по тел.: (095) 105-52-20.*

многоуровневый подход

мы стараемся, чтобы каждый наш клиент чувствовал себя комфортно

точность, измеренная опытом

**ИНФОРМОСТ**

tel./fax: (095) 160-98-92; 160-99-92  
tel./fax: (812) 327-76-97; 327-99-49  
<http://www.informost.ru>