**Тема 5. Объединение сетей**

Объединение разнородных сетей в единую интерсеть осуществляется на основе территориальных сетей.

Территориальные сети решают проблему формирования метасети из локальных сетей, сетей регионов и целых стран и даже наднациональных сетей (например, E-BONE для Европы, Internet для Мира). Как правило, эти сети строятся с использованием протоколов ATM, ISDN, Frame Relay или X.25, TCP/IP.

Объединяемые сети в единую интерсеть могут существенно различаться. Ниже в таблице представлены некоторые аспекты различия сетей.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
**Аспект Возможные значения**

Предлагаемый сервис Ориентированные на соединение или не требующие соединения
Протоколы IР, IPХ, SNA, АТМ, МРLS, Аррlе Таlk и др.

Адресация Плоская (802) или иерархическая (IР)

Многоадресная Присутствует или отсутствует (а также широковещание)

рассылка

Размер пакета У каждой сети есть свой максимум

Качество обслуживания Может присутствовать и отсутствовать. Много разновидностей

Обработка ошибок Надежная, упорядоченная и неупорядоченная доставка

Управление потоком Скользящее окно, управление скоростью, другое или никакого

Борьба с перегрузкой Дырявое ведро, маркерное ведро и др.

Безопасность Правила секретности, шифрование и т. д.

Параметры Различные тайм-ауты, спецификация потока и др.

Тарификация По времени соединения, за пакет, побайтно или никак

**5.1. Способы объединения сетей**

На физическом уровне сети объе­диняются повторителями или концентраторами, которые просто переносят бит из одной сети в другую такую же сеть, преобразовывают сигналы при сопряжении различных физических сред..

Мосты и коммутаторы работают на уровне передачи данных. Они могут принимать кадры, анализи­ровать их МАС-адреса, направлять их в другие сети, осуществляя по ходу минимальные преобразования протоколов, например из Ethernet в FDDI или в 802.11.

На сетевом уровне маршрутизаторы соединяют две сети. Если сетевые уровни у них разные, маршрутизатор может обеспечить перевод пакета из одного формата в другой. Маршрутизатор может поддерживать несколько протоколов, тогда он на­зывается *мультипротокольным* маршрутизатором.

На транспортном уровне существуют транспортные шлюзы, предоставляю­щие интерфейсы для соединений своего уровня. Транспортный шлюз позволяет, к примеру, передавать пакеты из сети ТСР в сеть SNA (протоколы транспортно­го уровня у них различаются), склеивая одно соединение с другим.

На прикладном уровне шлюзы занимаются преобразованием семан­тики сообщений. Например, шлюзы между электронной почтой Интернета (RFC 822) и электронной почтой Х.400 должны анализировать содержимое со­общений и изменять различные поля электронного конверта.

**5.2. Объединение сетей на се­тевом уровне**

Объединение сетей на се­тевом уровне отличается от объединения на уровне передачи данных следующим. На. рис 5.1,*а* источник S пыта­ется послать пакет приемнику *D.* Эти две машины работают в разных сетях Ethernet, соединенных коммутатором. Источник S вставляет пакет в кадр и отправляет его. Кадр прибывает на коммутатор, который по МАС-адресу опреде­ляет, что его надо переслать в ЛВС 2. Коммутатор просто снимает кадр с ЛВС 1 и передает его в ЛВС 2.



Рис. 5.1. Две сети Ethernet, объединенные коммутатором (*а*), Две сети Ethernet, объединенные маршрутизаторами (б)

Допустим, две сети Ethernet объединены не коммутатором, а парой маршрутизаторов (рис 5.1,*б*). Маршрутизаторы между собой соединены выделенной двухточечной линией, например, длиной в тысячи километров. Кадр принимается маршрутизатором, из его поля данных извлекается пакет. Маршрутизатор анализирует содержащийся в пакете адрес (например, IР-адрес). Этот адрес нужно отыскать в таблице маршрутизации. В соответствии с ним принимается решение оботправке пакета (возможно, упакованного в кадр нового вида — это зависит от протокола, используемого линией) на удаленный маршрутизатор. На противоположном конце пакет вставляется в поле данных кадра Ethernet и помещается в ЛВС 2.

В чем заключается основная разница между случаем коммутации (установки моста) и маршрутизации? Коммутатор (мост) пересылает весь пакет, обосновываясвое решение значением МАС-адреса. При применении маршрутизатора пакетизвлекается из кадра, и для принятия решения используется адрес, содержащийсяименно в пакете. Коммутаторы не обязаны вникать в подробности устройства протокола сетевого уровня. А маршрутизаторы обязаны.

Наиболее распространенными являются два стиля объединения сетей: ориентированное на соединение сцепление подсетей виртуальных каналов и дейтаграммный интерсетевой стиль.

**5.2.1. Сцепленные виртуальные каналы**

В модели сцепленных виртуальных каналов, показанной на рис. 5.2, соединение с хостом в удаленной сети устанавливается способом, близким к тому, как устанавливаются обычные соединения. Подсеть видит, что адресат является уда­ленным, и создает виртуальный канал к ближайшему маршрутизатору из сети адресата. Затем строится виртуальный канал от этого маршрутизатора к внешне­му шлюзу (многопротокольному маршрутизатору). Этот шлюз запоминает существование созданного виртуального канала в своих таблицах и строит новый виртуальный канал к маршрутизатору в следующей подсети. Процесс продолжа­ется до тех пор, пока не будет достигнут хост-получатель.



Рис. 5.2. Объединение сетей с помощью сцепленных виртуальных каналов

Когда по проложенному пути начинают идти пакеты данных, каждый шлюз переправляет их дальше, преобразуя формат пакетов и номера виртуальных каналов. Все информационные пакеты будут передаваться по одномуи тому же пути и прибудут к пункту назначения с сохранением порядка отправления.

Последовательность виртуальных пакетов устанавливается от источника через один или более шлюзов к приемнику. Каждый шлюз хранит таблицы, содержащие информацию о проходящих через них виртуальных каналах, о том, как осуществлять маршру­тизацию для них и каков номер нового виртуального канала.

Такая схема лучше всего работает, если каждая из входящих в соединение сетей гарантирует надежную доставку пакета сетевого уровня. С другой стороны, если машина-источник работает в сети, которая гарантирует надежную доставку, а какая-то промежуточная сеть может терять пакеты, то сцепление радикально изменит сущность сервиса.

Сцепленные виртуальные каналы часто применяются на транспортном уровне. В частности, можно построить битовый канал, используя, скажем, SNA, который заканчивается на шлюзе, и иметь при этом ТСР-соединение между соседними шлюзами. Таким образом, можно построить сквозной виртуальный канал, охватывающий разные сети и протоколы.

**5.2.2. Дейтаграммное объединение сетей**

При дейтаграммном режиме передачи на сетевом уровне пакеты не обязаны следовать по одному и тому же маршруту, даже если они принадлежат одному соединению. Выбор маршрута производится независимо для каждого пакета. Такая стратегия позволяет достигать большей пропускной способности, чем при применении модели сцепленных виртуальных каналов. С другой стороны нет никакой гарантии того, что пакеты прибудут к получателю в нужном порядке, если они вообще прибудут.

Серьезные проблемы возникают с адресацией. Представьте простой случай: интернет-хост пытается послать IР-пакет хосту, находящемуся в соседней сети SNA. Адреса IР и SNA различаются. Значит, потребуется двустороннее приведение одного формата адреса к другому. Более того, различается сама концепция адресации. В IР адресуемой единицей является хост (интерфейсная карта). В SNA адресуемыми могут быть не только хосты, но и другие сущности (например, физические устройства). В идеале необходимо поддерживать базу данных, отображающую одни адресуемые сущности на другие; Это задача исключительно трудоемкая, если не сказать невыполнимая.

Модель сцепленных виртуальных каналов обладает теми же преимуществами, что и применение виртуальных каналов внутри единой подсети: буферы могут бьгть зарезервированы заранее, сохранение порядка пакетов гарантируется, могут использоваться короткие заголовки, можно избежать неприятностей, вызываемых дубликатами пакетов.

Недостатки опять те же самые: маршрутизаторы должны хранить таблицы с записями для каждого открытого соединения, при возникновении затора об­ходные пути не используются, выход маршрутизатора из строя обрывает все проходящие через него виртуальные каналы.

Свойства дейтаграммного подхода к объединению сетей те же самые, что и у дейтаграммных подсетей: риск возникновения перегрузки выше, но больше возможностей для адаптации к ней; высокая надежность в случае отказов маршрутизаторов, однако требуются более длинные заголовки пакетов. В объе­диненной сети, как и в единой дейтаграммной сети, возможно применение раз­личных адаптивных алгоритмов выбора маршрута.

Главное преимущество дейтаграммного подхода к объединению сетей заклю­чается в том, что он может применяться в подсетях без виртуальных каналов. К дейтаграммным сетям относятся многие локальные сети, мобильные сети (в том числе применяемые в воздушном и морском транспорте) и даже некоторые гло­бальные сети. При включении одной из этих сетей в объединенную сеть стра­тегия объединения сетей на основе виртуальных каналов встречает серьезные трудности.

**5.3. Технологии межсетевого взаимодействия**

Суть проблемы межсетевого взаимодействия - несовпадение используемых коммуникационных протоколов.

Существует три основных подхода к согласованию разных стеков протоколов: **мультиплексирование; трансляция; инкапсуляция.**

**5.3.1. Мультиплексирование протоколов**

Мультиплексирование протоколов состоит в установке нескольких дополнительных стеков протоколов на одной из конечных машин, участвующих во взаимодействии. Компьютер с несколькими стеками протоколов использует для взаимодействия с другим компьютером тот стек, который понимает этот компьютер.

Для того, чтобы запрос от прикладного процесса был правильно обработан и направлен через соответствующий стек, необходимо наличие специального программного элемента - ***мультиплексора протоколов***. Мультиплексор должен уметь определять, к какой сети направляется запрос клиента.

Мультиплексирование может осуществляться и на уровне отдельных протоколов. В общем случае на каждом уровне может быть установлено несколько протоколов, и для каждого уровня может существовать собственный мультиплексор, выполняющий коммутацию между протоколами соседних уровней.

Достоинство: отсутствуют очереди к единственному межсетевому устройству, простая процедура переключения на нужный протокол.

Недостаток: высокая избыточность требует дополнительных ресурсов от рабочих станций.

Применение ограничено начальной стадией объединения сетей.

**5.3.2. Трансляция протоколов**

*Трансляция* обеспечивает согласование двух протоколов путем преобразования (трансляции) сообщений, поступающих от одной сети, в формат другой сети. Транслирующий элемент (программный или аппаратный шлюз, мост, коммутатор или маршрутизатор) размещается между взаимодействующими сетями и служит посредником в их "диалоге" (рис. 5.3). Часто транслятор протоколов называют шлюзом в широком смысле, независимо от того, какие протоколы он транслирует. Этим подчеркивается тот факт, что трансляция осуществляется выделенным устройством, соединяющим две разнородные сети.



**Рис. 5.3. Пример трансляции протоколов**

Сложность трансляции зависит от того, насколько сильно различаются транслируемые протоколы. Так, преобразование протокола Ethernet в протокол Token Ring сводится к нескольким несложным действиям, потому что в обоих протоколах используется единая адресация узлов. А вот трансляция протоколов сетевого уровня IP и IPX – более сложный процесс, включающий не только преобразование форматов сообщений, но и отображение адресов сетей и узлов, различным образом трактуемых в этих протоколах.

Весьма сложной представляется трансляция протоколов канального уровня ATM – Ethernet, именно поэтому для их согласования используется не трансляция, а другие подходы.

При использование техники трансляции не требуется устанавливать дополнительное программное обеспечение на рабочих станциях, транслятор полностью прозрачен для пользователей и приложений, проблемы межсетевого взаимодействия локализованы.

Транслятор замедляет работу из-за относительно больших временных затрат на сложную процедуру трансляции, а также из-за ожидания запросов в очередях к единственному элементу, через который проходит весь межсетевой трафик.

**5.3.3. Инкапсуляция (туннелирование) протоколов**

*Инкапсуляция* (encapsulation) или *туннелирование* (tunneling) может быть использована, когда две сети с одной транспортной технологией необходимо соединить через сеть, использующую другую транспортную технологию. Промежуточная сеть используется только как *транзитная транспортная система.*

Пограничные маршрутизаторы, которые подключают объединяемые сети к транзитной, упаковывают пакеты транспортного протокола объединяемых сетей в пакеты транспортного протокола транзитной сети.

Инкапсуляция может быть использована для транспортных протоколов любого уровня. Для согласования сетей на сетевом уровне могут быть использованы многопротокольные и инкапсулирующие маршрутизаторы, а также программные и аппаратные шлюзы.

Обычно инкапсуляция приводит к более простым и быстрым решениям по сравнению с трансляцией, так как решает более частную задачу, не обеспечивая взаимодействия с узлами транзитной сети.

Пример: **Инкапсуляция на сетевом уровне: X.25 поверх TCP**

Пусть двум сетям Х.25 нужно связаться между собой через сеть TCP/IP (Рис. 5.4).



**Рис. 5.4. Соединение сетей X.25 через транзитную сеть TCP/IP**

**методом инкапсуляции**

В таких случаях сетевой протокол транзитной сети считается протоколом более низкого уровня, чем сетевой протокол объединяемых сетей (рис. 5.3). Поэтому пакеты сопрягаемых сетей Х.25 инкапсулируются в пакеты TCP транспортного уровня транзитной сети TCP/IP пограничным маршрутизатором М1, и переносятся в пакетах TCP по транзитной сети до следующего пограничного маршрутизатора М2. Для переноса по сети TCP/IP пакеты TCP в соответствии с технологией этой сети помещаются в пакеты IP, которые инкапсулируются в кадры протокола канального уровня, например, РРР (Point-to-Point). Маршрутизатор М2 извлекает пакет Х.25 из пакета TCP и отправляет его по сети Х.25 в соответствии с правилами этого протокола - то есть предварительно установив виртуальное соединение с узлом назначения по адресу Х.25\_2S1, а затем отправив по этому виртуальному соединению прибывший пакет.

Реализация метода требует процедур нахождения адреса пограничного маршрутизатора М2 в транзитной сети TCP/IP по адресу сети назначения протокола Х.25. Такие протоколы называют протоколами разрешения адресов - Address Resolution Protocol, ARP. Такой протокол должен оперировать с ARP-таблицей (рис. 5.4.) Эта таблица содержит для каждого адреса сети назначения Х.25 соответствующий IP-адрес пограничного маршрутизатора, через который эту сеть можно достичь.

Наибольшую гибкость при инкапсуляции своих пакетов в пакеты других сетевых протоколов демонстрирует протокол IP. Для него разработано семейство протоколов ARP, каждый из которых предназначен для выполнения процедуры инкапсуляции пакетов IP в определенный протокол - Ethernet, Х.25, Frame Relay, ATM и т.п.

**Фрагментация**

Все сети накладывают ограничения на размер своих пакетов. Эти пределы вызва­ны различными предпосылками, среди которых есть следующие:

1. Аппаратные (например, размер кадра Ethernet).
2. Операционная система (например, все буферы имеют размер 512 байт).
3. Протоколы (например, количество бит в поле длины пакета).
4. Соответствие какому-либо международному или национальному стандарту.
5. Желание снизить количество пакетов, пересылаемых повторно из-за ошибок передачи.
6. Желание предотвратить ситуацию, когда один пакет слишком долгое время занимает канал.

Результатом действия всех этих факторов является то, что разработчики не могут выбирать максимальный размер пакета по своему усмотрению. Максималь­ный размер поля полезной нагрузки варьируется от 48 байт (АТМ-ячейки) до 65 515 байт (1Р-пакеты), хотя на более высоких уровнях размер поля полезной нагрузки часто бывает больше.

Возникает проблема, когда большой пакет хочет пройти по сети, в которой максимальный размер пакетов слишком мал. Единственное решение заключается в разрешении шлюзам разбивать пакеты на фрагменты и посылать каждый фрагмент в виде отдельного межсетевого пакета. Но возникает проблема с восстановлением пакетов из фрагментов.

Для восстановления исходных пакетов из фрагментов применяются две про­тивоположные стратегии. Первая стратегия заключается в том, чтобы «мелкопакетная» сеть имела шлюзы (специализированные маршрутизаторы), предоставляющие интерфейсы другим сетям. Когда на такой шлюз приходит пакет слишком большого размера, он разбивается на фрагменты (рис. 5.5, *а*.). Каждый фрагмент адресуется одному и тому же выходному шлюзу, восстанавливающему из этих фрагментов пакет. Прохождение данных через мелкопакетную сеть остается прозрачным для хостов.



Рис. 5.5. Прозрачная фрагментация (*а*), непрозрачная фрагментация (*б*)

Другая стратегия фрагментации состоит в отказе от восстановления пакета из фрагментов на промежуточных маршрутизаторах. Как только пакет оказывается разбитым на отдельные фрагменты, с каждым фрагментом обращаются как с отдельным пакетом. Все фрагменты проходят через выходной шлюз или несколько (рис. 5.5, *б*)*.* Задача восстановления оригинального пакета возложена на получающий хост. Так работает IР-протокол.

Каждый фрагмент должен иметь заголовок. Фрагменты пакета нумеруются таким образом, чтобы можно было восстановить исходный поток данных. Так, например, заголовок межсетевого пакета включает два поля – порядкового номера исходного пакета и порядкового номера фрагмента.

ПРИЛОЖЕНИЕ к 5

Технологии построения региональных и глобальных сетей

П.1. Архитектура и технологии построения сетей X.25

Рекомендация (стандарт, технология) Х.25 имеет следующее название: «Интерфейс между ***оконечным оборудованием данных*** (**ООД** или **DTE** – ***Data Terminal Equipment***) и ***аппаратурой окончания канала данных*** (**АКД** или **DCE** – ***Data Channel Equipment***) для оконечных установок, работающих в пакетном режиме и подключенных к сетям передачи данных общего пользования по выделенному каналу».

Рекомендация Х.25 включает описание процедур (протоколов) ***трех нижних уровней*** ЭМВОС: физического, звена данных и сетевого (частично транспортного).

Стандарт Х.25 только определяет пользовательский интерфейс с сетью. Взаимодействие узлов коммутации внутри сети не стандартизуется. Для согласованного взаимодействия разных сетей Х.25 существует специальный стандарт – Х.75.

Основными элементами сети являются оконечные устройства (асинхронные старт-стопные терминалы), ***сборщики-разборщики пакетов*** (**СРП** или **PAD** – ***Packet Assembler-Disassembler***) и узлы коммутации (*packet switch*), именуемые обычно ***центрами коммутации пакетов*** (**ЦКП** илиPSE **–** *Packet Switching Exchange*), каналы связи.

Стек (профиль) основных протоколов, от которого зависит архитектура сети Х.25, показан на Рис. 5.1.



**Рис. П.1. Архитектура сети Х.25**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Флаг01111110 | Адрес | Управление | Данные(пакет) | Проверочная последовательность (CRC) | Флаг01111110 |
| 1 байт | 1 байт | 1–2 байта | 1…210 байт | 2 байта | 1 байт |

**Рис. П.2. Формат кадра Х.25/2 (LAPB)**

П.2. Архитектура и технологии построения сетей ISDN

**ISDN** (***Integrated Services Digital Network***) – *цифровая сеть с интеграцией служб* (**ЦСИС**). Основной режим коммутации – коммутация каналов. Данные обрабатываются и передаются в цифровой форме.

Под ISDN подразумеваются узкополосные сети N-ISDN (Narrow-band ISDN) с максимальной предоставляемой скоростью 2 Мбит/с. Широкополосные сети с интеграцией служб B-ISDN (Broadband ISDN) или Ш-ЦСИС, построенные на основе технологии ATM, предоставляют скорости от 2 до 155 Мбит/с и более.

В сущности сети ISDN должны были выполнять де-юре роль массовой глобальной универсальной цифровой сети. Де-факто эту роль стала исполнять сеть Internet, построенная на принципах коммутации пакетов, а не каналов.

Со временем стал все больше проступать недостаток базовой скорости доступа в ISDN по основному цифровому каналу 64 кбит/с. В итоге отдельные сети ISDN по всему миру продолжают развертываться, но остаются в основном на вторых ролях корпоративных сетей, фрагментов ТФОП и сетей доступа к другим более высокоскоростным сетям, включая Internet.

Обобщенно сеть ISDN можно представить в виде совокупности сетей КК, КП и системы сигнализации СС № 7, к которым через контрольные точки доступа подключается разнообразное терминальное оборудование (ТО), получая возможность интегрированного доступа к одной из этих сетей (Рис. П.3).



**Рис. П.3*.* Обобщенная структура сети ISDN.**

П.3. Архитектура и технологии построения

сетей Frame Relay

***Frame Relay*** –технология построения сети ПД с ***ретрансляцией кадров.***

Стандарты **FR** описывают интерфейс доступа к сетям с быстрой коммутацией пакетов и включают процедуры (протоколы) двух нижних уровней ЭМВОС – физического и звена данных (с дополнительными функциями сетевого уровня).

**FR** обеспечивает образование и поддержку множества независимых виртуальных каналов в одном звене, но не имеет средств коррекции и восстановления кадров при возникновении ошибок. Вместо средств управления потоком в протоколе **FR** реализованы функции [извещения о перегрузках](#cong) в сети.

**FR** отличается малым временем задержки, высокими скоростями (до 2 Мбит/с). Недостаток – требует каналов высокого качества (*р*ош ≤ 10–7).

Передача речи в сетях FR побудила развитие технологий VoFR (Voice ower Frame Relay – голос поверх Frame Relay) и создание шлюзов с ТФОП.

Стек (профиль) основных протоколов, характеризующих архитектуру сети FR, показан на рис. П.4.

Формат кадра протокола LAPF приведен на Рис. П.5.



**UNI** (***User Network Interface*) –**  интерфейс «пользователь – сеть»

**NNI** (***Network Network Interface***) – интерфейс межсетевого взаимодействия

**Рис. П.4. Архитектура сети Frame Relay**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кадр LAPF | Флаг01111110 | Заголовок | Данные | FCS  | Флаг01111110 |
| 1 байт | 2–4 байта | 1–4096 байт | 2 байта | 1 байт |

**«*FCS*»** (*Frame Check Sequence*) – проверочная последовательность кадра

**Рис. П.5. Формат кадра Frame Relay (LAPF**)

Отличием протокола FR от HDLC является то, что он не предусматривает передачу управляющих сообщений. Для передачи служебной информации используются специально выделенные виртуальные каналы сигнализации. Другое важное отличие – отсутствие циклической нумерации передаваемых кадров. Это связано с тем, что в протоколе FR отсутствуют механизмы подтверждения правильно принятых кадров.

П.4. Архитектура и технологии построения сетей ATM

**АТМ** (***Asynchronous Transfer Mode***) – ***асинхронный режим доставки***. Представляет собой метод коммутации, мультиплексирования и передачи пакетов (ячеек) постоянной длины (53 байта). Скорость передачи не менее 155 Мбит/с. Малое время задержки передачи ячеек. Недостатки: высокая сложность (стоимость) и необходимость использования высококачественных каналов связи (с вероятностью ошибки 10–9 – 10–12).

 ATM имеет трехуровневую архитектуру: физический уровень – PHY, уровень коммутации – ATM и уровень адаптации – AAL(Рис. П.6).



**Рис. П.6. Архитектура сети ATM**

***Физический уровень (PHY)***. Стандарт АТМ использует скорости 155 Мбит/с и 622 Мбит/с. На скорости 155 Мбит/с можно использовать волоконно-оптический кабель, неэкранированную витую пару (UTP) категории 5, РРЛ. На скорости 622 Мбит/с допустим только волоконно-оптический кабель, как одномодовый, так и многомодовый.

***Уровень ATM (ATM)***. Стандарты для уровня ATM регламентируют выполнение:

1) функций передачи информационных сигналов в виде ячеек определенного формата;

2) функций управления трафиком (очередностью, скоростью, задержками и отбрасыванием ячеек);

3) функций установления соединений и маршрутизации.

В сетях АТМ поддерживаются три типа виртуальных соединений:

**PVC** (*permanent virtual circuits*)– постоянные виртуальные соединения;

**SVC** (*switched virtual circuits*) – коммутируемые виртуальные соединения;

**SPVC** (*smart permanent virtual circuits*) – интеллектуальные постоянные виртуальные соединения.

***Уровень адаптации ATM (AAL)***

Стандарты для уровня адаптации ATM **AAL** (***ATM adaptation layer***) регламентируют выполнение следующих основных функций:

1) форматирование пакетов, передаваемых в поле данных ячеек;

2) предоставление управляющей информации для уровня ATM, необходимой для установления соединений с различным требуемым качеством сервиса QoS;

3) управление последовательностью и скоростью передачи пакетов (с целью предотвращения перегрузок).

Уровень AAL применяет протоколы из конца в конец, прозрачные для уровня АТМ, что соответствует транспортному уровню ЭМВОС.

Выделены 4 класса обслуживания (А, B, C, D), отличающиеся сочетанием трех бинарных характеристик трафика:

– *битовая скорость передачи* может быть постоянной или переменной;

– *установление соединений* может требоваться или не требоваться;

– *строгая взаимосвязь между тактовыми частотами* источника и приемника может требоваться или не требоваться.

Определены протоколы уровня адаптации: AAL-1, AAL-2, AAL-3/4 и AAL-П.

**AAL-1** используется для передачи информации с постоянной битовой скоростью, которая требуется для эмуляции речевого канала;

**AAL-2** применяется для передачи информации с переменной битовой скоростью (передача видео);

**AAL-3/4** используется для передачи данных, как с установлением соединений, так и без него;

**AAL-5** применяется для передачи данных только с установлением соединений.

Уровень адаптации включает подуровни SAR и CS.

***Подуровень сегментации и сборки*** **SAR** (*Segmentation And Reassembly sublayer*) отвечает за изменение формата блоков данных пользователя и полезной нагрузки ячеек. Такой подуровень способен обнаруживать потерю или дублирование ячеек благодаря их нумерации, однако само восстановление является функцией подуровня сведения. И, наконец, подуровень SAR производит заполнение неполных ячеек.

***Подуровень сведения (конвергенции)*** **CS** (*Convergence Sublayer*) выполняет большей частью специальные функции обслуживания пользователя. При необходимости отвечает за обработку ошибок. Применяет протоколы для повторной передачи ошибочных данных или защищает данные, предоставляя приемнику возможность исправлять ошибки. Этот метод прямого исправления ошибок применяется, в частности, в приложениях реального времени. Подуровень CS может также обеспечивать синхронизацию из конца в конец.

При использовании AAL-3/4 и AAL-5 пакеты, формируемые на подуровне CS, могут иметь длину или больше, или меньше поля данных ячейки, потому на подуровне SAR с ними выполняется процедура или сегментации (фрагментации), или группирования (блокирования).

П.5. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

От сети абонентского доступа требуется обеспечить персональную глобальную связь по принципу «***всегда и везде***».

На рис. П.7 показан фрагмент телекоммуникационной сети с выделенными типовыми элементами сети абонентского доступа (преимущественно на основе ТФОП).

Специальные технологии абонентского доступа нацелены на образование цифровых каналов на основе доступной физической среды ***проводного*** и ***беспроводного доступа***.

Перспективные концепции построения САД ориентируются в основном на физические среды, позволяющие передавать высокоскоростные потоки информации, т.е. на оптоволокно.

В последние годы получили широкое распространение технологии комплексного использования различных доступных физических сред.

В качестве подобной технологии построения САД может выступать любая технология LAN, способная обеспечить необходимую дальность связи, например FDDI или версии высокоскоростных технологий Ethernet.

Стали появляться смешанные технологии построения САД, включающие элементы технологий LAN, WAN и новых технологий образования цифровых абонентских линий (ЦАЛ) на основе уже проложенных медных пар.

Например, технология **HomePNA** (*Home Phoneline Networking Alliance*) или **HPNA** (рис.П.7), совмещающая в себе свойства технологии LAN Ethernet и технологии ЦАЛ xDSL.



**Рис. П.7. Пример построения САД на основе технологии HPNA**

В стандарте HomePNA 2.0 применяется квадратурно-амплитудная модуляция передаваемого сигнала (QAM).