

оборудования АТМ появились несколько иначе классифицируемые сетевые элементы.

Американским национальным институтом стандартизации ANSI было введено обозначение оконечной системы **ES** (*End System*), под которой может пониматься оборудование пользователя, локальная сеть АТМ, Ethernet или УПАТС и др. Было также введено обозначение промежуточной системы **IS** (*Intermediate System*), под которой могут пониматься коммутаторы доступа или транзитные коммутаторы АТМ.

Сети АТМ принято подразделять на сети общего пользования (*Public Network*) (обычно это магистральные сети) и частные (*Private Network*) (могут выступать в роли сетей доступа к магистральной). Интерфейс пользователь – сеть UNI может быть стыком в частной сети (в контрольной точке S_B) или в сети общего пользования (в контрольной точке T_B или U_B). Сетевой интерфейс NNI определяется как стандартный стык между сетями или узлами сети.

Архитектура сети АТМ охватывает функции четырех нижних уровней ЭМВОС, но делит их между своими тремя уровнями (см. рис. 2), перечисленными далее сверху вниз:

уровень адаптации АТМ (AAL – *ATM Adaptation Layer*);

уровень АТМ (ATM);

физический уровень (PHY – *PHYSical*).

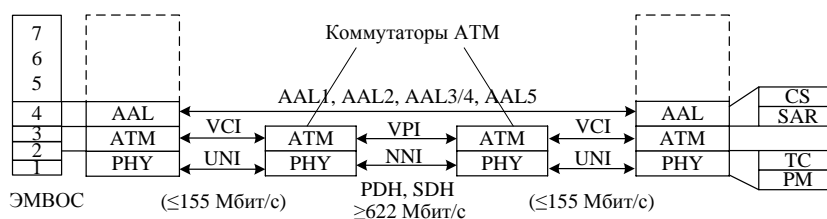


Рис. 2. Архитектура сети АТМ

Физический уровень. В АТМ, как и в ЭМВОС, стандарты для физического уровня устанавливают, каким образом отдельные биты должны проходить через среду передачи. Стандарты АТМ для физического уровня также определяют, как из последовательности бит выделять границы ячеек (согласно ЭМВОС подобные функции выполняются на уровне звена данных).

Для АТМ определены не все иерархии скоростей SDH, а только скорости STM-1 (155 Мбит/с) и STM-3 (622 Мбит/с). На скорости 155 Мбит/с можно использовать волоконно-оптический кабель, неэкранированную витую пару (UTP) категории 5, а также РРЛ и беспроводные оптические каналы. На скорости 622 Мбит/с допустим только волоконно-оптический кабель.

Другие физические интерфейсы T1/E1 (1,5/2 Мбит/с) и T3/E3 (45/34 Мбит/с), распространенные в глобальных сетях, и интерфейсы для беспроводной связи, в том числе спутниковой, работающих на скоростях до 10 Мбит/с и более.

Хотя АТМ (как и все другие технологии пакетной коммутации и передачи) – это технология «асинхронной» передачи, в качестве транспортной среды, как правило, используются синхронные (SDH/SONET) или плезеохронные (PDH) цифровые потоки. При этом специфика «асинхронности» проявляется в том, что АТМ не требует цикловой системы синхронизации для выделения отдельных логических каналов (соединений), поскольку эту функцию выполняет механизм самовыделения ячеек на физическом уровне по метке (байт НЕС), находящейся в заголовке ячейки (рис. 3).

Уровень АТМ. Стандарты для уровня АТМ регламентируют выполнение следующих основных функций:

- передачи информационных сигналов в виде ячеек определенного формата;
- управления трафиком (очередностью, скоростью, задержками и отбрасыванием ячеек);
- установления соединений и маршрутизации.

Функции передачи информационных сигналов и управления трафиком подобны функциям уровня звена данных ЭМВОС, а функции установления соединений и маршрутизации ближе всего к функциям, которые определены стандартами ЭМВОС для сетевого уровня.

Важной отличительной особенностью стандартов для уровня АТМ является регламентация процедур, обеспечивающих установление соединений с таким качеством сервиса QoS, которое запрашивают оконечные АТМ-устройства или конечные станции коммутации.

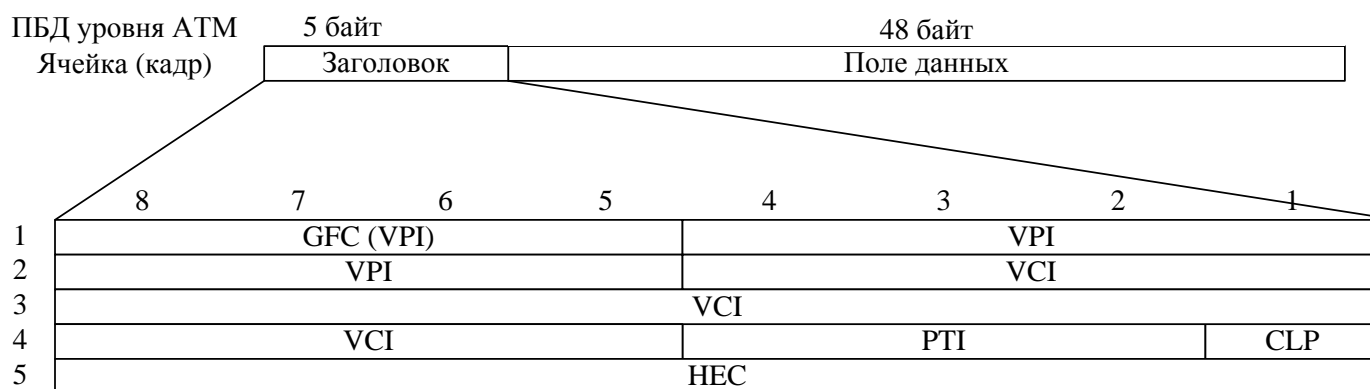


Рис. 3. Формат протокольных блоков данных ATM

Ячейка ATM имеет длину 53 байта и содержит два основных поля:

заголовок (5 байт), основная роль которого состоит в обеспечении распознавания и маршрутизации ячеек, принадлежащих одному и тому же виртуальному соединению;

поле данных (48 байт), содержащее информацию, циркулирующую на уровне адаптации ATM (AAL).

Используемые для широкополосного абонентского доступа ячейки UNI имеют заголовок, несколько отличный от заголовка в интерфейсе между узлами сети NNI.

Заголовок ячейки содержит несколько полей (см. рис. 3).

Поле **GFC** (*Generic Flow Control*) – управление общим потоком. Занимает 4 бита и присутствует только в ячейке UNI. Используется при взаимодействии конечного узла и первого коммутатора сети. В настоящее время его точные функции не определены.

Поле **VPI** (*Virtual Path Identifier*) – идентификатор виртуального пути. Занимает 8 бит в ячейке UNI и 12 бит в ячейке NNI (за счет отсутствующего поля GFC).

Поле **VCI** (*Virtual Channel Identifier*) – идентификатор виртуального канала. Занимает 16 бит.

Поле **PTI** (*Payload Type Identifier*) – идентификатор типа полезной нагрузки. Занимает 3 бита. Первый бит используется для указания типа полезной нагрузки: данные пользователя или служебное сетевое сообщение. В первом случае второй бит выполняет функцию индикатора перегрузки (подобно биту FECN в заголовке кадра Frame Relay), а третий бит – указателя типа блока данных (интерпретируется верхними уровнями, в частности, AAL-5 использует этот бит для указания последней ячейки при фрагментации длинных пакетов).

Поле **CLP** (*Cell Loss Priority*) – приоритет потери ячейки. Занимает 1 бит. Выполняет функцию аналогичную полю DE в заголовке кадра Frame Relay.

Поле **HEC** (*Header Error Control*) – контроль ошибок заголовка. Занимает 8 бит. Служит для обнаружения и частичного исправления (только одиночных) ошибок в заголовке. При установлении физического соединения отсутствие ошибок в последовательности 5 байт используется как признак обнаружения начала ячейки. Обработка этого байта является функцией физического уровня РНУ.

Категории услуг протокола ATM. Для поддержания требуемого качества обслуживания различных виртуальных соединений и рационального использования ресурсов в сети на уровне протокола ATM реализовано несколько служб, предоставляющих услуги различных категорий (*service categories*) по обслуживанию пользовательского трафика. Эти службы являются внутренними службами сети ATM, они предназначены для поддержания пользовательского трафика различных классов совместно с протоколами вышележащего уровня AAL. В отличие от протоколов AAL, которые работают в конечных узлах сети, данные службы распределены по всем коммутаторам сети. Услуги этих служб разбиты на категории, которые, в общем, соответствуют классам трафика, поступающим на вход уровня AAL конечного узла. Услуги уровня ATM заказываются конечным узлом через интерфейс UNI при установлении виртуального соединения. Как и при обращении к уровню AAL, при заказе услуги необходимо указать категорию услуги, а также параметры трафика и параметры QoS. Эти параметры берутся из аналогичных параметров уровня AAL или же определяются по умолчанию в зависимости от категории услуги.

Всего на уровне протокола ATM определено пять категорий услуг, которые поддерживаются одноименными службами:

CBR (*Constant Bit Rate*) – постоянная скорость передачи в битах, предоставляет услуги для

трафика с постоянной битной скоростью;

rtVBR (*real time Variable Bit Rate*) – переменная скорость передачи в битах реального времени, предоставляет услуги для трафика с переменной битной скоростью, требующего соблюдения средней скорости передачи данных и синхронизации источника и приемника;

nrtVBR (*not real time Variable Bit Rate*) – переменная скорость передачи в битах нереального времени, предоставляет услуги для трафика с переменной битной скоростью, требующего соблюдения средней скорости передачи данных, но не требующего синхронизации источника и приемника;

ABR (*Available Bit Rate*) – доступная скорость передачи в битах, предоставляет услуги для трафика с переменной битной скоростью, требующего соблюдения некоторой минимальной скорости передачи данных и не требующего синхронизации источника и приемника;

UBR (*Unspecified Bit Rate*) – неопределенная (негарантированная) скорость передачи в битах, предоставляет услуги для трафика, не предъявляющего требований к скорости передачи данных и синхронизации источника и приемника.

Названия большинства категорий услуг совпадают с названием типов пользовательского трафика, для обслуживания которого они разработаны. Однако следует иметь в виду, что сами службы уровня ATM и их услуги – это внутренние механизмы сети ATM, которые экранируются от приложения уровнем AAL.

Уровень адаптации ATM (AAL). Стандарты для уровня адаптации регламентируют выполнение следующих основных функций:

- форматирование пакетов, передаваемых в поле данных ячеек;
- предоставление управляющей информации для уровня ATM, необходимой для установления соединений с различным требуемым качеством сервиса QoS;
- управление последовательностью и скоростью передачи пакетов (с целью предотвращения перегрузок).

Уровень AAL намного сильнее связан со свойствами трафика, чем уровень ATM. Он повышает качество обслуживания, предоставляемого уровнем ATM, в соответствии с требованиями пользователя. Уровень AAL применяет протоколы «из конца в конец», «прозрачные» для уровня ATM, что соответствует транспортному уровню ЭМВОС. Следовательно, протокольные блоки данных, которыми оперирует уровень AAL, можно было бы назвать сегментами. Однако в литературе их чаще называют пакетами. Если ПБД (пакеты) уровня AAL превышают длину информационного поля ячейки ATM, то они сегментируются (фрагментируются).

Различные услуги требуют выполнения различных функций уровня адаптации. Однако чтобы избежать слишком большого разнообразия, были выделены четыре класса обслуживания (A, B, C, D), отличающиеся сочетанием трех бинарных характеристик трафика (табл. 1):

- битная 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.

Таблица 1

Типовое соответствие классов обслуживания, категорий услуг и типов AAL

A	B	C	D
CBR	VBR	ABR	UBR
С установлением соединения			Без установления соединения
Синхронно		С задержками	
Постоянная скорость	Переменная скорость		
Аудио- и видеосигналы	Сжатые аудио- и видеосигналы	Данные, TCP/IP, трафик LAN	
AAL1	AAL2	AAL3/4, AAL5	AAL3/4

Иногда выделяют отдельный класс обслуживания X, для которого сочетание приведенных выше характеристик не соответствует ни одному из классов A, B, C, D.

Для обеспечения качества услуг, соответствующих каждому из классов обслуживания A, B, C, D,

были определены четыре протокола уровня адаптации – AAL1, AAL2, AAL3 и AAL4. Впоследствии протоколы AAL3 и AAL4 (из-за незначительного различия) были объединены и названы AAL3/4. Однако данный протокол оказался слишком сложным и мало востребованным, поэтому был разработан другой протокол – AAL5, более простой, но с ограниченными возможностями. Рассмотрим краткую характеристику данных протоколов.

AAL1 используется для передачи информации с постоянной битной скоростью, которая требует строгой взаимосвязи между тактовыми частотами передачи и приема (например, для эмуляции речевого канала или цифрового канала передачи).

AAL2 используется для передачи информации с переменной битной скоростью, которая также требует строгой взаимосвязи между тактовыми частотами передачи и приема (например, для передачи сжатого видео с переменной битной скоростью).

AAL3/4 используется для передачи данных как с установлением, так и без установления соединений.

AAL5 используется для передачи данных только с установлением соединений.

Различные классы обслуживания через различные протоколы AAL опираются на соответствующие категории услуг xBR, учитываемые на уровне ATM.

На основании описанных выше внутренних функциональных характеристик сети ATM можно оценить ее основные внешние функциональные характеристики своевременности, достоверности и эффективности использования пропускной способности среды передачи. При этом, конечно, реально можно учесть лишь отдельные характеристики протоколов различных уровней ATM, так как они весьма разнообразны и имеют всевозможные параметры.