

УДК 621391.28:518.5

## ИЕРАРХИЯ ПРОТОКОЛОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ АТМ

**А. Р. Бестугин,**

*канд. техн. наук, доцент*

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения*

*В статье рассматривается текущее состояние эталонной модели иерархии протоколов для технологии АТМ.*

*The current reference model for ATM is considered.*

Создание мультисервисных сетей связи, которые строятся на основе АТМ-технологии, вызывает в настоящее время определенный интерес. АТМ-технология является, возможно, самой сложной из известных технологий, поэтому число публикаций, касающихся различных ее сторон, постоянно растет. В основном в публикациях рассматриваются вопросы управления трафиком и перегрузкой, а также качества обслуживания. Однако все эти вопросы решаются только на основе модели протоколов Ш-ЦСИО (широкополосной цифровой сети интегрального обслуживания), которая является расширением Эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) и полностью соответствует принципам, положенным при разработке в ее основу. Вместе с тем модель имеет существенные отличия. Прежде всего, она включает в себя три плоскости: пользователя, управления и администрирования (рис. 1). Иногда рассматривается четвертая плоскость (контрольная – для обработки контрольной информации). Все плоскости разбиты на уровни. Функции уровней эталонной модели протоколов в настоящее время относительно детально разработаны только для первых трех уровней модели. Это физический уровень; уровень АТМ (где происходит структурирование ячеек); уровень адаптации АТМ (который поддерживает услуги более высокого уровня, например, эмуляцию каналов, высокоскоростную передачу данных без установления соединения, ретрансляцию кадров и т. п.). При этом модель продолжает развиваться и дополняется новыми функциями.

*Физический уровень (Physical Layer)* предназначен для передачи по физическим каналам и состоит из двух подуровней:

1) адаптации к физической среде передачи (PMD – Physical Media Dependent Sublayer);

2) преобразования передачи (ТС – Transmission Convergence Sublayer).

На физическом уровне реализуется два типа функций, зависящих от типа физической линии и функции преобразования пакетов АТМ в последовательность единичных элементов.

В первую группу входят функции, обеспечивающие передачу двоичных сигналов, тактовую синхронизацию и электронно-оптические преобразования.

Во вторую группу входят:

генерация и восстановление кадров, состоящих из множества пакетов АТМ;

структурирование кадров в соответствии с выбранным принципом цифровой передачи, например, SONET/SDN, DS3 (45 Мбит/с), E3 (34 Мбит/с), DS1 (1,5 Мбит/с), E1 (2 Мбит/с) и др.;

структурирование потока пакетов АТМ, обеспечивающее определение границ пакетов АТМ на приемной стороне, для чего на передающей стороне поток пакетов скремблируется;

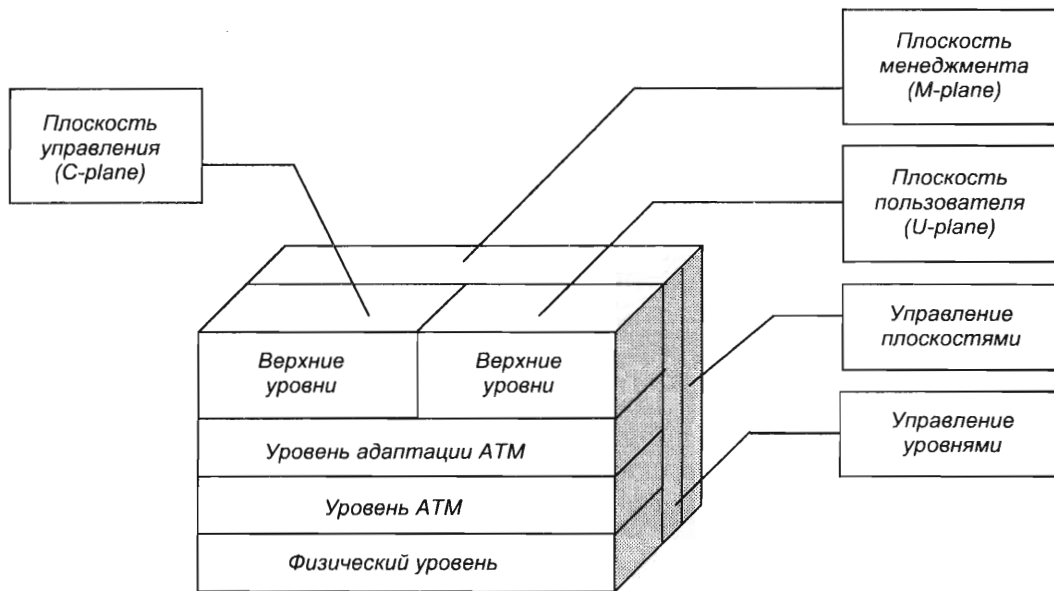
определение циклической последовательности для защиты заголовка пакета АТМ от ошибок (на передающей стороне);

проверка и, если возможно, исправление ошибок (на приемной стороне); пакеты АТМ с пораженным заголовком удаляются;

согласование скоростей пакетов АТМ, состоящее во вставке и подавлении «пустых» пакетов, используемых для согласования свойств потока пакетов и передающей системы.

*Уровень асинхронного режима доставки (ATM Layer – Asynchronous Transfer Mode Layer)* отвечает за создание АТМ-пакетов (или ячеек). Он принимает 48-байтовые пакеты с уровня адаптации и добавляет 5-байтный заголовок. На уровне АТМ реализуются следующие функции:

мультиплексирование и демуплексирование пакетов АТМ; в направлении передачи пакеты АТМ на различных виртуальных путях (ВП) и



■ Рис. 1. Эталонная модель протоколов Ш-ЦСИО

виртуальных каналов (ВК) объединяются в общий поток на основе асинхронного временного разделения; при приеме пакеты АТМ распределяются на соответствующие ВП и ВК; преобразование идентификатора виртуального пути (ИВП) и идентификатора виртуального канала (ИВК) производится в коммутаторах АТМ путем отображений значений входящих ИВП/ИВК в исходящие;

функция генерации/ выделения заголовка пакета АТМ предполагает генерацию в направлении передачи полного заголовка, за исключением поля защиты от ошибок; поле заголовка генерируется на основе информации, поступающей с верхнего уровня, при приеме заголовка пакета АТМ удаляется;

общее управление потоком, процедуры, которые специально генерируются на уровне АТМ-пакетов.

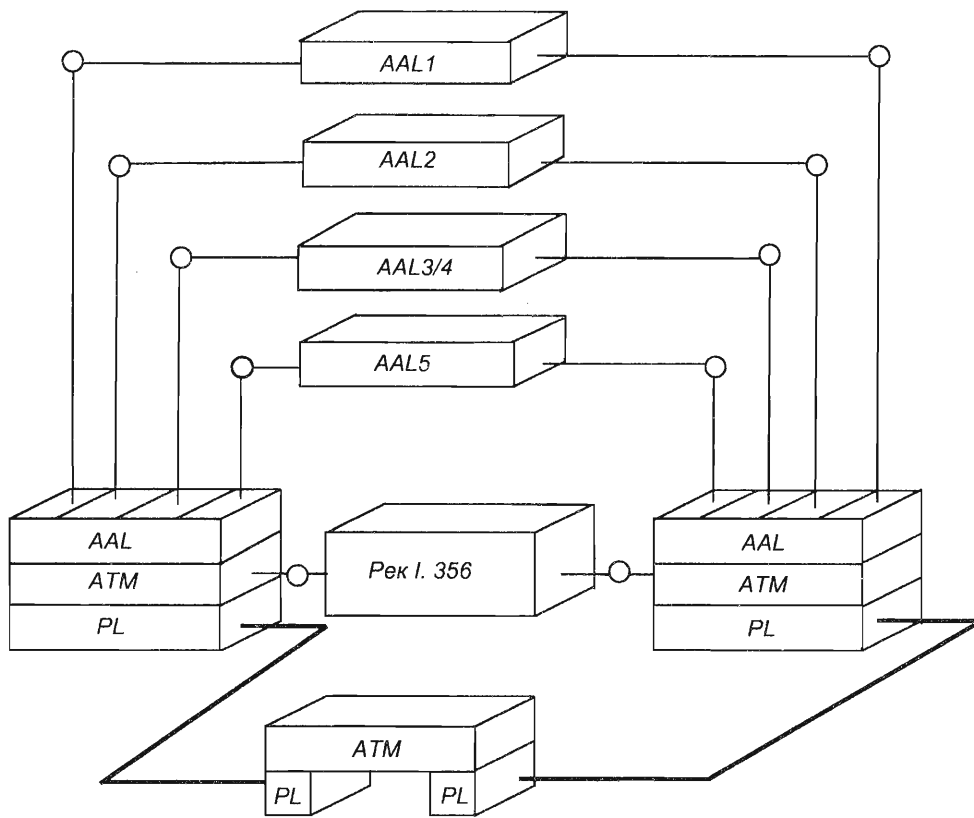
Функции передачи сигналов, управление трафиком уровня АТМ подобны функциям канального уровня Эталонной модели, а функции установления соединения ближе всего к функциям маршрутизации, которые определены стандартами Эталонной модели для сетевого уровня. Вопросы управления рассмотрены в работах [1, 3, 5].

Ориентация на соединение – уникальная характеристика сетей АТМ, которая определяет сложность протоколов АТМ. Сам факт, что АТМ ориентирован на соединение, подразумевает потребность в специальных для АТМ протоколах сигнализации и структурах адресации наряду с протоколами маршрутизации запросов на соединение через сеть АТМ. Эти протоколы АТМ, в свою очередь, влияют на способ, посредством которого протоколы высших уровней могут функционировать через сети АТМ. Последние могут быть реализованы по-разному, и каждой реализации присущи свои достоинства и недостатки.

АТМ использует принцип виртуальных соединений между конечными точками сети. Различа-

ют два вида соединений: 1) PVC (Permanent Virtual Circuit) – постоянный виртуальный канал; 2) SVC (Switched Virtual Circuit) – коммутируемый виртуальный канал. PVC представляет собой соединение между конечными точками, которое существует постоянно и может устанавливаться или разрываться вручную. SVC – соединение между конечными точками, устанавливаемое или закрываемое динамически специальными процедурами в АТМ-устройствах, участвующих в соединении. Все протоколы высших уровней, действующие через АТМ, первоначально используют SVC. Коммутируемые виртуальные соединения автоматически устанавливаются (посредством протокола сигнализации) и разрываются по требованию программного обеспечения АТМ-устройств или по другим причинам, без вмешательства оператора АТМ-сети. Процессы формирования ячеек и их передача не различаются для обоих вариантов соединений. Единственное их отличие состоит в способах установления соединения.

АТМ использует принципы виртуальных путей (VP – Virtual Path) и виртуальных каналов (VC – Virtual Channel) между конечными точками сети. Они необходимы для связи одного АТМ-устройства с несколькими одновременно. Виртуальные пути (ВП) и виртуальные каналы (ВК) используют для идентификации отдельных виртуальных соединений в АТМ-сети. ВП – это логическая конструкция, которая объединяет виртуальные каналы по определенному признаку. ВП и ВК не существуют параллельно. Понятие ВК описывает в общем случае логическое соединение, обеспечивающее однонаправленную транспортировку пакетов АТМ между узлами АТМ. Каждое соединение в канале имеет уникальные идентификаторы ВП (ИВП) и ВК (ИВК). ИВП/ИВК включаются в заголовок АТМ-пакета и предназначаются для его маршрутизации через сеть. Несколько последовательных ВК об-



■ Рис. 2. Протокольные типы уровня AAL

разуют соединения (СВК). Концевые точки СВК представляют собой элементы сети, в которых информационное поле пакета АТМ рассматривается как протокольная единица при обмене между уровнем АТМ и уровнем адаптации АТМ. Последовательная совокупность ВП образует соединение СВП, расположенное в транспортной сети между двумя окончаниями СВП.

Система сигнализации является выделенной и функционирует независимо от системы передачи пользователей информации. Система сигнализации должна обеспечивать установление и управление СВП и СВК. При этом соединения могут устанавливаться по требованию или быть полупостоянными и постоянными. Среди других функций сигнализации необходимо отметить следующие:

- поддержка соединений в различных сетевых конфигурациях (двухточечные, многоточечные, вещательные);
- согласование характеристик трафика и ресурсов сети при установлении соединения;
- возможность реконфигурации установленных соединений, в том числе путем добавления и удаления отдельных элементов ВК и ВП;
- поддержка соединений со службами, не входящими в перечень служб Ш-ЦСИО (например, со службами аналоговой сети).

Для передачи управляющих сигналов при необходимости двухточечного соединения организуется канал сигнализации, использующий со-

единения ВК между двумя концевыми точками сети сигнализации. Образованный канал, называемый двухточечным каналом сигнализации, идентифицируется парой ИВП/ИВК. Аналогичным образом могут быть организованы каналы сигнализации при формировании многоточечных и вещательных конфигураций.

Процедуры для установления, проверки и поддержания ВК сигнализации определены в Рекомендации I.311 как мета-сигнализация (МС). Процедура МС реализуется в постоянном соединении ВК, называемом ВК-мета-сигнализацией, которое устанавливается для каждого направления и идентифицируется парой ИВП/ИВК. К функциям системы мета-сигнализации относятся:

- управление ресурсами системы сигнализации (в первую очередь, пропускная способность каналов сигнализации);
- установление и управление каналами сигнализации;
- управление доступом требований пользователей к системе сигнализации.

Уровень адаптации АТМ (AAL – ATM Adaptation Layer) в соответствии с эталонной моделью протоколов ААL расположен между уровнем АТМ и сетевым уровнем. ААL обеспечивает доступ пользовательских приложений к коммутирующим устройствам АТМ, так как многие приложения не имеют прямого доступа к сервису АТМ. Уровень ААL содержит два подуровня:

1) общий подуровень CP (Common Part);  
 2) подуровень объединения конкретных услуг SSCS (Service Specific Convergence Sublayer); подуровень SSCS, в свою очередь, делится еще на два подуровня:

1) SSCF (Service Specific Coordination Function) — функция координации конкретных услуг);

2) SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol) — протокол, ориентированный на соединение конкретной услуги).

Этот уровень, в свою очередь, разбит еще на два подуровня:

1) SAR (Segmentation and Reassembly) — разборка и сборка;

2) CS (Convergence Sublayer) — подуровень преобразования.

Как ясно из названия, SAR-подуровень разбирает и собирает большие пакеты, а CS-подуровень обеспечивает синхронизацию для различных классов сервиса. На подуровне разборки/ сборки пакеты, полученные после преобразования, которые называются CS-PDU (Convergence Sublayer Data Unit) разбиваются на 48-байтовые отрезки. Это вызвано тем, что уровень ATM не может оперировать пакетами данных длиной более 53 байт. Подуровень разборки/ сборки гарантирует, что ни один пакет длиной, отличной от этого размера, не пересечет «границу» между уровнями AAL и ATM с той или с другой стороны.

Уровень AAL имеет контрольные функции, называемые LME (Layer Management Entry) или ME (Management Entry). В задачу этих функций входят инициализация, контроль и координация представления пользовательских данных и контрольной информации при обращении к уровню ATM с высших уровней.

Подуровень CS отвечает за подготовку пакетов информации, поступивших с пользовательской платформы (например, IP-пакетов), для сегментации. Такая операция необходима для возможности правильного восстановления исходного пакета на приемном конце. Для корректной сегментации пакетов в них добавляется некоторая контрольная информация, использование которой зависит от типа адаптационного сервиса.

Таким образом, основными функциями AAL являются сегментация информации, поступающей с верхних уровней на блоки, размер которых должен соответствовать стандарту уровня ATM, и сборка информационных блоков из пакетов, поступающих с уровня ATM. Функции AAL зависят от вида службы, поддерживаемой в Ш-ЦСИО. С учетом этой особенности в Рекомендации I.362 предложена классификация служб с тем, чтобы минимизировать количество протоколов AAL. Всего были введены четыре класса служб (A, B, C, D). Недавно был введен класс X. В качестве классификационных признаков были выбраны следующие основные характеристики [1]:

синхронизация устройств между конечными точками передачи (требуется или нет);

скорость передачи битов информации (постоянная или изменяющаяся);

режим соединения (с установкой или без).

Классификационные признаки и классы служб подробно описаны в работе [5]. Можно выделить несколько общих для классов A и B функций:

сегментация и сборка информации пользователя;

контроль и регулировка задержки пакетов ATM;

контроль прохождения пакетов через сеть;

контроль тактовой синхронизации на отдельных участках сети.

Основными функциями для классов C и D являются сегментация и сборка информации пользователя и обнаружение ошибок в пользовательских данных. Для класса D в состав функций включаются также процедуры, требуемые для поддержания режима без установления соединения. Эти функции определены в самом общем виде, однако существует их связь с функциями адресации и маршрутизации сетевого уровня. В стандартах Ш-ЦСИО для этой цели определяются следующие типы протоколов: AAL1, AAL2, AAL3/4, AAL5 (рис.2). Форум ATM разработал только три из них (AAL1, AAL3/4, AAL5). Каждый протокол AAL упаковывает данные в ячейки своим способом. Все протоколы, за исключением AAL5, добавляют некоторую служебную информацию к 48 байтам данных в ячейки ATM. Информация включает в себя команды обработки для каждой ячейки, которые используются для обеспечения различных категорий сервиса.

Недавно был разработан новый протокол AAL-CU (ATM Adaptation Layer – Composit User, т. е. уровень адаптации к ATM для составного пользователя), который затем был переименован в AAL2. Существующие протоколы адаптации приспособлены для переноса в сеть небольших пакетов, чувствительных к задержкам. Таким образом, чтобы приемник мог легко выделить нужные пакеты, требуется частичное заполнение ячейками ATM, что ведет к неэффективной передаче. Новый протокол позволяет устранить этот недостаток и решает две задачи: защиту от ошибок и выделение пакетов. В результате этого сокращаются ошибки, повышаются скорость выделения пакетов и общая эффективность.

## Литература

1. Бестугин А. Р., Богданова А. Ф., Стогов Г. В. Контроль и диагностирование телекоммуникационных сетей. – СПб.: «Политехника», 2003. – 174 с.
2. Бондаренко Д. ATM – сетевая технология будущего // Компьютер Пресс. – 1995. – № 2. – С. 87–89; № 5. – С. 48–50; № 6. – С. 89–91; № 7. – С. 99–100.
3. Ефимушкин В. А., Ледовских Т. В. Механизмы управления трафиком в сетях ATM // Электросвязь. – 2003. – № 1. – С. 39–45; № 2. – С. 33–36.
4. Кучерявый А. Е., Пяттаев В. О., Моисеев С. М. Технология ATM на российских сетях связи. – М.: Радио и связь, 2002. – 308 с.
5. Eckberg A. E. B-ISDN/ ATM Traffic and Congestion Control // IEEE Network, September 1992. – P. 28–42.