Лекция 12. Технологии глобальных компьютерных сетей

План лекции:

1. Вступление. Общие сведения о технологиях глобальных компьютерных сетей.
2. Принципы технологии ATM.
3. Стек протоколов ATM.

1. Вступление. Общие сведения о технологиях глобальных компьютерных сетей

Глобальные компьютерные сети (WAN) обеспечивают передачу данных между компьютерами и локальными сетями, которые расположены на значительном географическом расстоянии.

Для организации глобальной передачи информации используются различные технологии связи. Они обеспечивают передачу файлов, голосовых сообщений, видео и других видов данных.

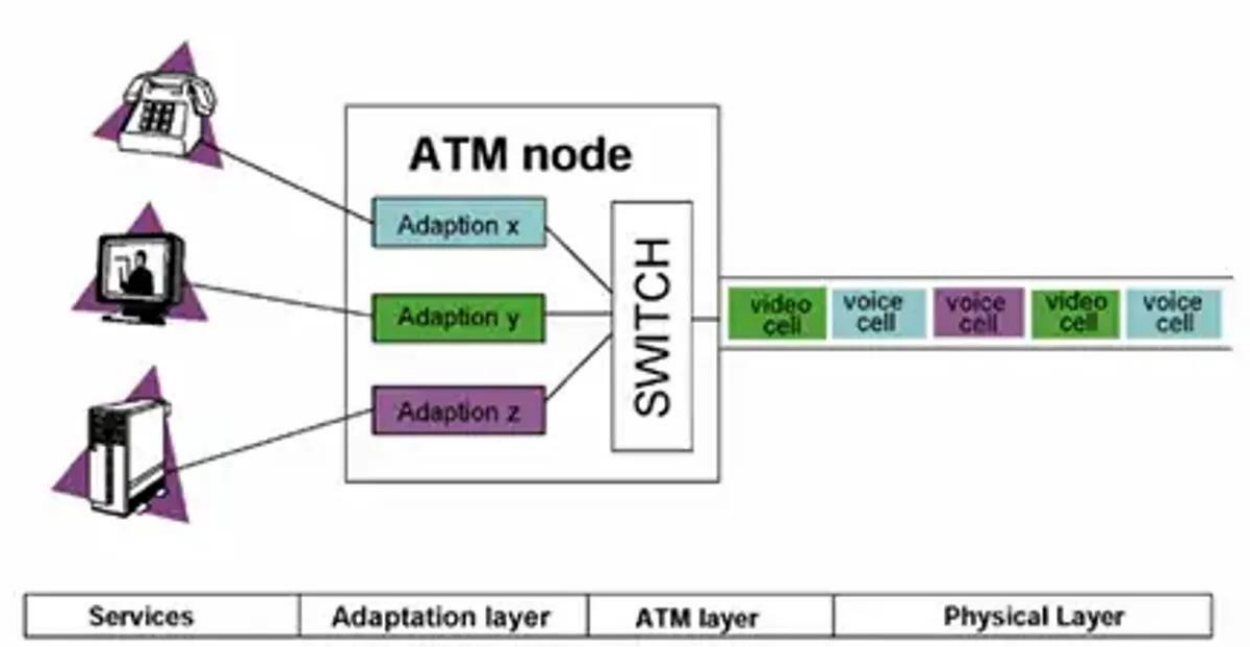
Одной из технологий, которая получила широкое применение при построении высокоскоростных сетей, стала ATM (Asynchronous Transfer Mode).

ATM (Asynchronous Transfer Mode), или асинхронный режим передачи, представляет собой технологию передачи данных, при которой информация передаётся в виде небольших ячеек фиксированной длины.

Технология ATM была разработана для объединения различных видов трафика в одной сети. Она позволяет передавать:

- обычные компьютерные данные;
- голосовую информацию;
- видеосигналы;
- мультимедийные данные;
- информацию от корпоративных информационных систем.

Главная особенность ATM заключается в использовании ячеек фиксированного размера. Благодаря этому упрощается обработка данных сетевым оборудованием и обеспечивается возможность управления качеством обслуживания.



1.1. История развития технологии ATM

Технология ATM была разработана в рамках работ по созданию широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания (B-ISDN).

Основная идея заключалась в создании единой сетевой технологии для передачи различных типов информации.

В традиционных сетях для передачи голоса, видео и компьютерных данных могли использоваться отдельные каналы и технологии. ATM позволила объединить эти потоки в общей инфраструктуре.

Технология получила распространение в:

- магистральных сетях операторов связи;
- корпоративных сетях;
- телекоммуникационных системах;
- сетях передачи голоса и видео;
- инфраструктуре высокоскоростного доступа.

В дальнейшем ATM во многих областях была заменена более современными технологиями Ethernet и IP/MPLS.

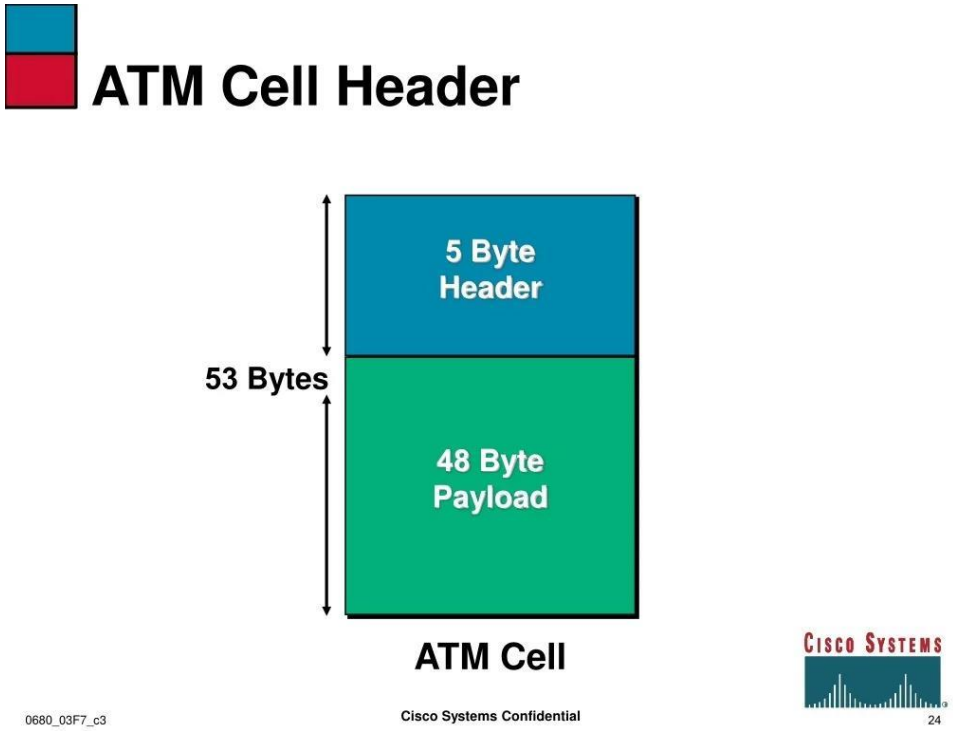
1.2. Основные характеристики ATM

К основным характеристикам технологии ATM относятся:

1. Передача данных небольшими ячейками фиксированного размера.
2. Использование виртуальных каналов.
3. Поддержка различных видов сетевого трафика.
4. Возможность управления качеством обслуживания (QoS).
5. Высокая скорость передачи данных.
6. Использование асинхронного принципа распределения ресурсов сети.

Стандартная ячейка ATM имеет размер 53 байта:

- 5 байт занимает заголовок;
- 48 байт занимает поле данных.



Небольшой фиксированный размер ячейки позволяет уменьшить время ожидания при передаче чувствительной к задержкам информации, например голоса.

2. Принципы технологии ATM

2.1. Принцип передачи информации

В ATM информация перед передачей разделяется на небольшие блоки фиксированного размера, которые называются ячейками (Cells).

Каждая ячейка состоит из двух частей:

- заголовка (Header);
- поля данных (Payload).

Заголовок содержит служебную информацию, необходимую для передачи ячейки через сеть.

Поле данных содержит полезную информацию пользователя.

В отличие от технологий, которые используют кадры переменной длины, ATM всегда передаёт ячейки одинакового размера.

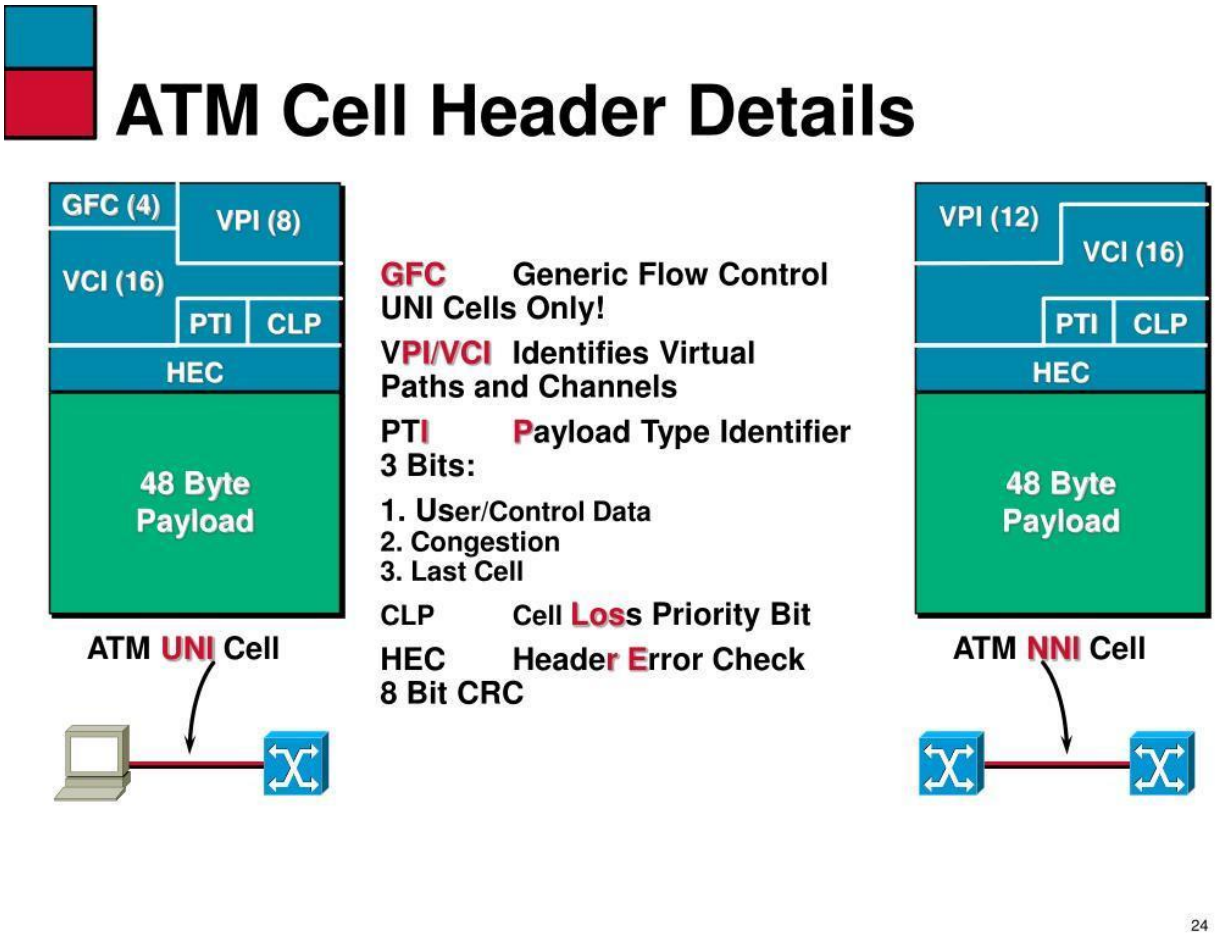
2.2. Формат ячейки ATM

Стандартная ячейка ATM содержит 53 байта.

Элемент	Размер	Назначение
Заголовок (Header)	5 байт	Служебная информация
Поле данных (Payload)	48 байт	Полезные данные
Всего	53 байта	Полная длина ячейки

Заголовок ATM содержит следующие поля:

- GFC (Generic Flow Control): управление потоком на пользовательском интерфейсе.
- VPI (Virtual Path Identifier): идентификатор виртуального пути.
- VCI (Virtual Channel Identifier): идентификатор виртуального канала.
- PTI (Payload Type Identifier): идентификатор типа полезной нагрузки.
- CLP (Cell Loss Priority): признак приоритета потери ячейки.
- HEC (Header Error Control): контроль ошибок заголовка.



Важно отметить, что поле GFC присутствует в формате заголовка пользовательского интерфейса UNI. В интерфейсе NNI его биты используются для расширения поля VPI.

2.3. Асинхронный принцип передачи

Название ATM связано с асинхронным способом передачи информации.

В синхронных системах временные интервалы могут быть заранее закреплены за определёнными каналами или источниками данных.

В АТМ ячейки передаются по мере появления информации и в соответствии с доступностью ресурсов сети.

Например, если один пользователь временно не передаёт данные, его ресурс не обязательно должен оставаться незадействованным. Сеть может использовать доступную пропускную способность для передачи информации других пользователей.

Это позволяет более эффективно использовать сетевые ресурсы.

2.4. Виртуальные каналы и виртуальные пути

Одной из важных особенностей АТМ является использование виртуальных соединений.

Передача информации осуществляется не по отдельному физическому каналу для каждого пользователя, а по логическому соединению внутри сети.

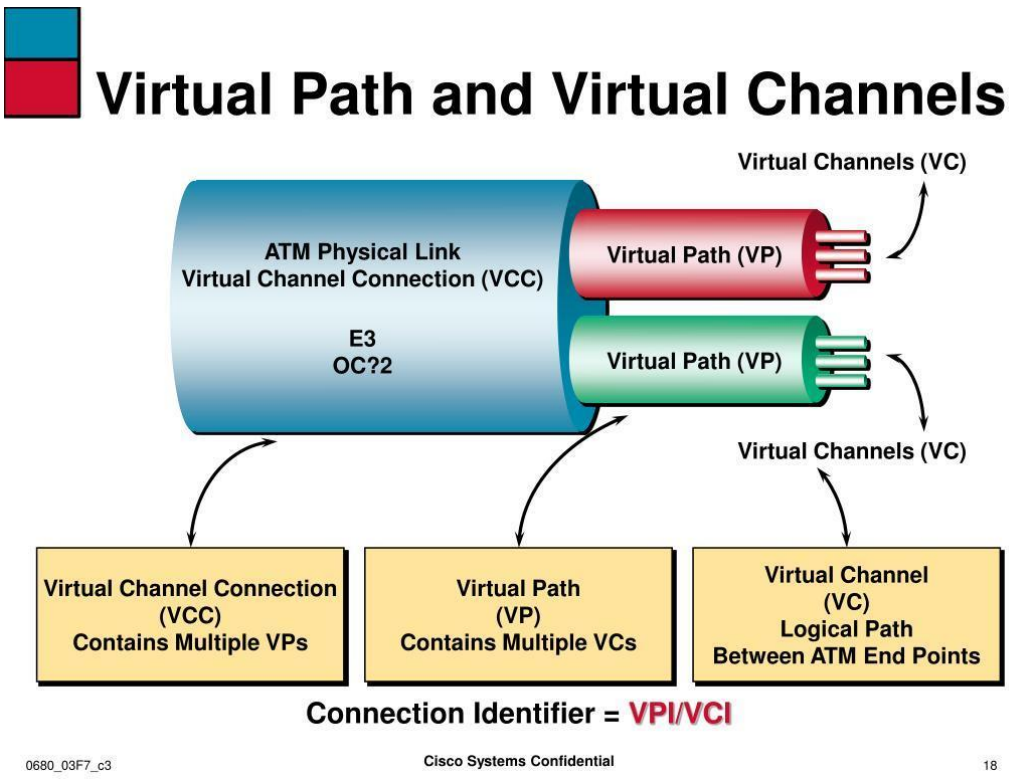
В АТМ используются два понятия:

1. Виртуальный канал (VC, Virtual Channel).

Это логическое соединение между двумя конечными устройствами, по которому передаются ячейки АТМ.

2. Виртуальный путь (VP, Virtual Path).

Это совокупность виртуальных каналов, которые имеют общий маршрут через определённые участки сети.



Для идентификации соединения в заголовке ячейки используются два поля:

- VPI определяет виртуальный путь;
- VCI определяет виртуальный канал внутри виртуального пути.

При прохождении через коммутаторы ATM значения VPI и VCI могут изменяться в соответствии с таблицами коммутации.

2.5. Установление виртуального соединения

Передача данных в ATM обычно осуществляется по заранее установленному виртуальному соединению.

Процесс включает несколько этапов:

1. Отправитель запрашивает установление соединения.
2. Сеть определяет маршрут передачи данных.
3. Коммутаторы резервируют необходимые параметры соединения в соответствии с требованиями.
4. Соединению назначаются значения VPI и VCI.
5. После установления соединения начинается передача ячеек.
6. После завершения обмена виртуальное соединение освобождается.

В ATM предусмотрены два основных вида виртуальных соединений:

- PVC (Permanent Virtual Circuit): постоянное виртуальное соединение, которое заранее настраивается оператором сети.
- SVC (Switched Virtual Circuit): коммутируемое виртуальное соединение, которое создаётся по запросу пользователя.

2.6. Качество обслуживания в ATM (QoS)

ATM поддерживает механизм управления качеством обслуживания (Quality of Service).

Он позволяет учитывать особенности различных видов трафика.

Например, голосовая информация чувствительна к задержкам, а передача файлов допускает более длительное ожидание.

В ATM используются следующие категории обслуживания:

Категория	**Назначение**
CBR (Constant Bit Rate)	Передача данных с постоянной скоростью
VBR (Variable Bit Rate)	Передача данных с переменной скоростью
ABR (Available Bit Rate)	Передача данных с учётом доступной пропускной способности
UBR (Unspecified Bit Rate)	Передача данных без строгих гарантий качества обслуживания

CBR применяется для потоков с постоянной скоростью, например для передачи цифрового голоса без сжатия.

VBR подходит для передачи видео и других потоков с переменной скоростью.

ABR использует доступную пропускную способность сети. Скорость передачи может изменяться в зависимости от загрузки.

UBR применяется для трафика, который не требует гарантированной скорости и строгих параметров задержки.

2.7. Преимущества и недостатки ATM

Преимущества	**Недостатки**
Фиксированный размер ячеек	Дополнительные расходы на заголовки
Поддержка разных типов трафика	Сложность настройки
Поддержка QoS	Высокая стоимость оборудования
Использование виртуальных соединений	Необходимость специального оборудования
Эффективная передача чувствительного к задержкам трафика	Ограниченное распространение в современных сетях

3. Стек протоколов ATM

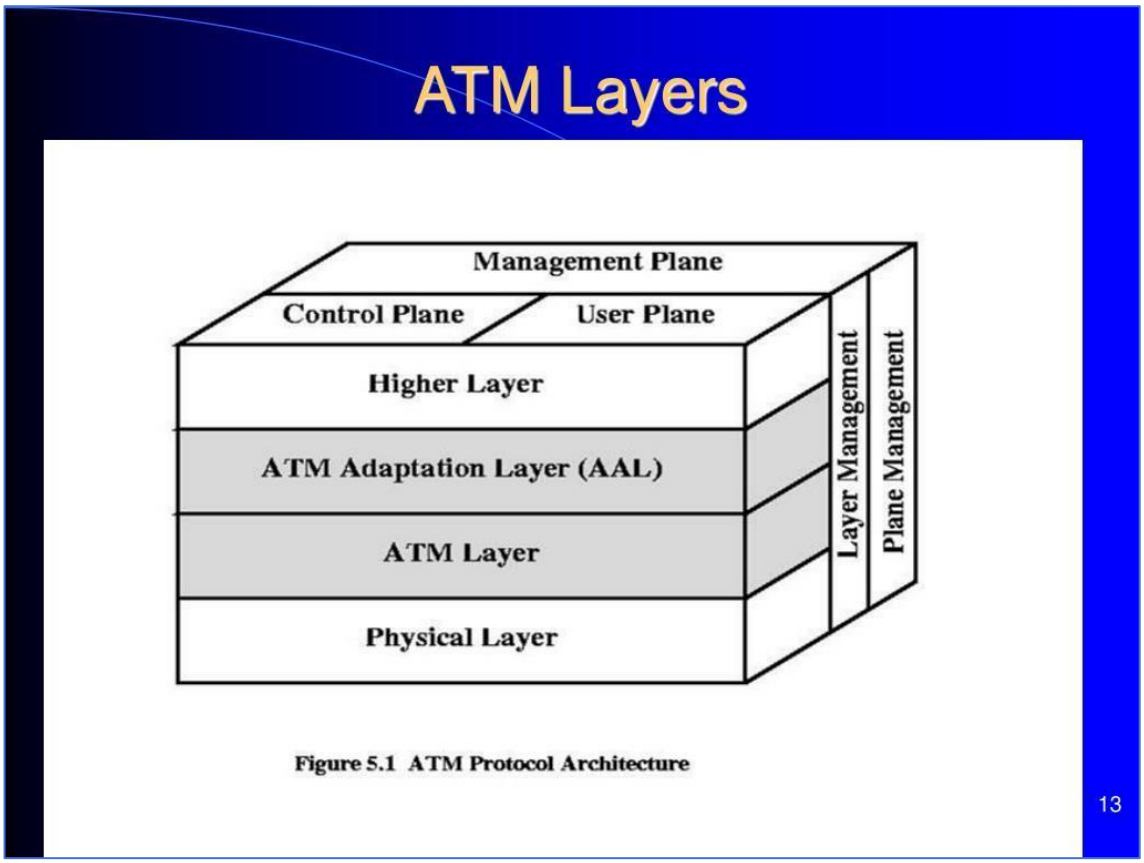
3.1. Общая структура стека протоколов

Для организации передачи информации технология ATM использует собственный стек протоколов.

Он включает три основных уровня:

1. Физический уровень (Physical Layer).
2. Уровень ATM (ATM Layer).
3. Уровень адаптации ATM (ATM Adaptation Layer, AAL).

Каждый уровень выполняет определённые функции и взаимодействует с соседними уровнями.



3.2.Физический уровень (Physical Layer)

Физический уровень отвечает за передачу ячеек ATM по физической среде.

Он обеспечивает:

- передачу битов по каналу связи;
- преобразование цифровых данных в сигналы;
- синхронизацию передатчика и приёмника;
- формирование и восстановление потока ячеек;
- контроль физического состояния соединения.

Для передачи данных могут использоваться:

- оптоволоконные линии;
- медные кабели;
- цифровые каналы связи.

Физический уровень не анализирует содержание пользовательских данных. Его основная задача заключается в обеспечении физической передачи информации.

3.3. Уровень ATM (ATM Layer)

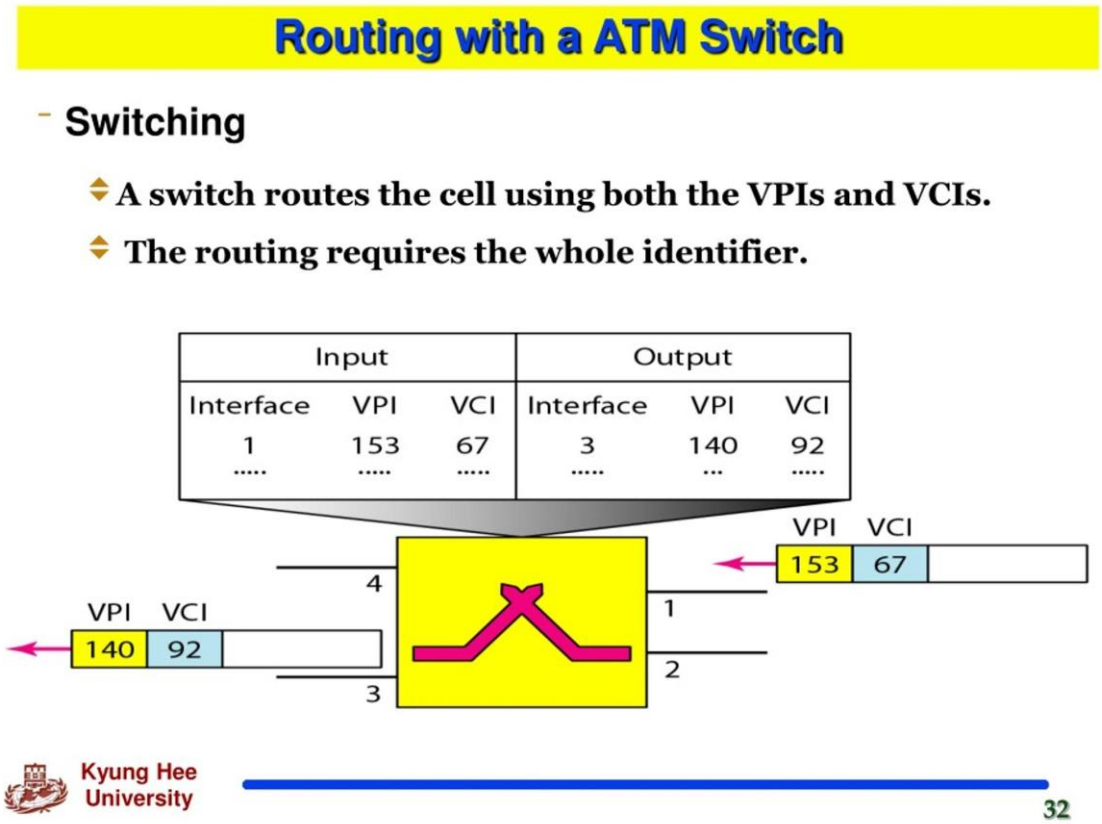
Уровень ATM обеспечивает передачу ячеек между сетевыми устройствами.

Основные функции:

1. Формирование и обработка заголовков ячеек.

2. Идентификация виртуальных каналов и путей.
3. Коммутация ячеек.
4. Управление потоком данных.
5. Контроль приоритетов передачи.
6. Обработка служебной информации.

Именно на этом уровне выполняется коммутация ячеек на основе значений VPI и VCI.



Например, когда ячейка поступает на АТМ-коммутатор, устройство анализирует её заголовок, определяет соответствующий выходной порт и передаёт ячейку дальше.

3.4. Уровень адаптации ATM (AAL)

Уровень адаптации ATM обеспечивает взаимодействие технологии ATM с различными видами пользовательской информации.

Он преобразует данные верхних уровней в формат, который подходит для передачи в ATM-ячейках.

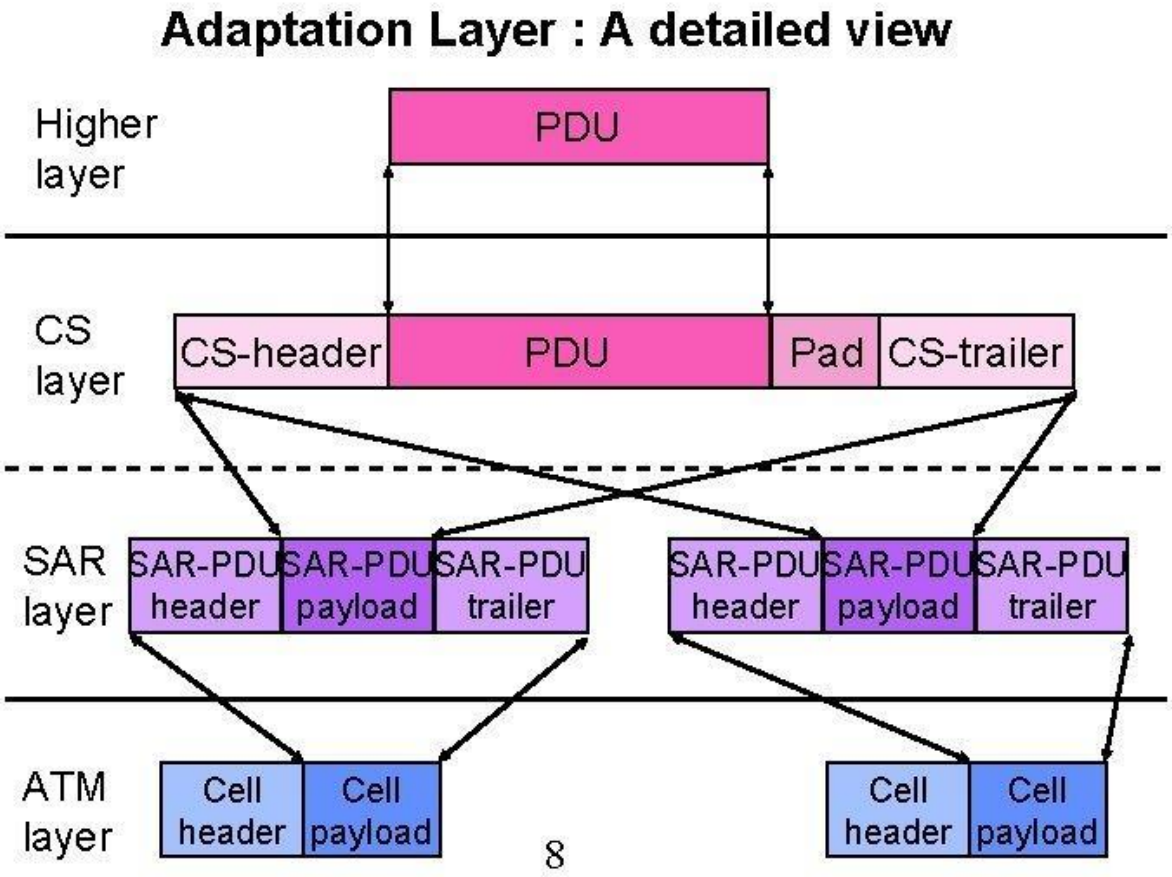
Перед отправкой информация разделяется на части, которые помещаются в поле данных размером 48 байт.

На принимающей стороне данные собираются в исходное сообщение.

Уровень AAL подразделяется на несколько типов:

- AAL1;
- AAL2;
- AAL3/4;

- AAL5.



3.5. Типы адаптации ATM

AAL1

Предназначен для передачи информации с постоянной скоростью. Используется для потоков, которые требуют синхронизации и минимальных изменений задержки.

Пример: передача цифрового голоса и информации от синхронных источников.

AAL2

Предназначен для передачи информации с переменной скоростью и небольшими временными задержками.

Применялся для передачи голосового трафика с использованием сжатия.

AAL3/4

Предназначен для передачи данных, которые могут поступать от различных источников. Обеспечивает дополнительные механизмы обработки и контроля информации.

AAL5

Широко применялся для передачи компьютерных данных, в том числе IP-пакетов.

Отличается сравнительно простой структурой и небольшими накладными расходами.

3.6. Подуровни AAL

Уровень адаптации ATM включает два подуровня.

1. CS (Convergence Sublayer) – подуровень сходимости.

Выполняет подготовку пользовательских данных к передаче. Он может обеспечивать контроль, обработку и формирование служебной информации.

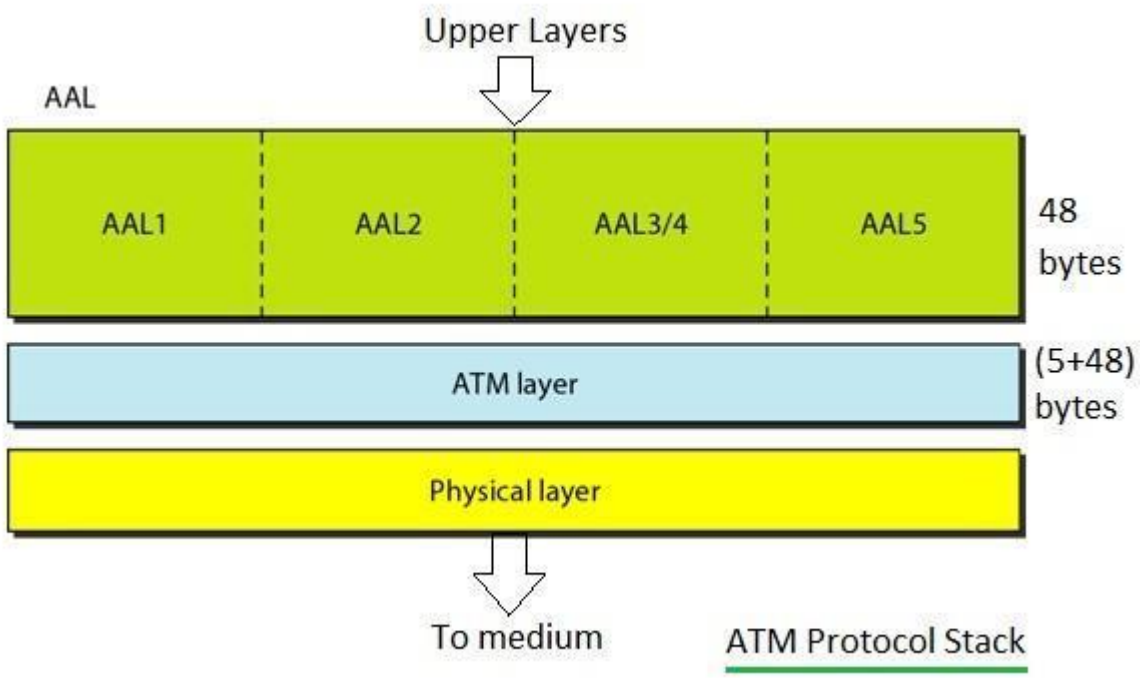
2. SAR (Segmentation and Reassembly) – подуровень сегментации и сборки.

Разделяет исходные данные на блоки для передачи в ячейках ATM и выполняет обратную операцию на стороне получателя.

Например, если необходимо передать большой файл, данные разделяются на небольшие части. После доставки эти части собираются в исходную последовательность.

3.7. Принцип передачи данных через стек ATM

Рассмотрим последовательность передачи информации от одного компьютера к другому.



Процесс передачи включает следующие этапы:

1. На уровень адаптации AAL поступают пользовательские данные.
2. Подуровень CS выполняет необходимую обработку.

3. Подуровень SAR разделяет информацию на части.
4. Уровень ATM формирует ячейки с заголовками.
5. Физический уровень передаёт ячейки по каналу связи.
6. На стороне получателя выполняется обратная обработка.
7. Из отдельных частей восстанавливаются исходные данные.

Таким образом, каждый уровень выполняет собственную задачу и обеспечивает правильную передачу информации.

4. Сравнение ATM и Ethernet

Характеристика	**ATM**	**Ethernet**
Основная единица передачи	Ячейка	Кадр
Размер единицы передачи	53 байта	Переменный, обычно до 1518 байт без дополнительных тегов
Принцип коммутации	По VPI/VCI	По MAC-адресам
Соединение	Виртуальные каналы	Обычно передача без предварительного установления соединения на канальном уровне
QoS	Предусмотрены категории обслуживания	Поддерживается дополнительными механизмами, например IEEE 802.1p
Область применения	Магистральные и телекоммуникационные сети	Локальные и корпоративные сети

5. Практический пример применения ATM

Рассмотрим работу телекоммуникационной сети, которая должна передавать голос, видео и компьютерные данные.

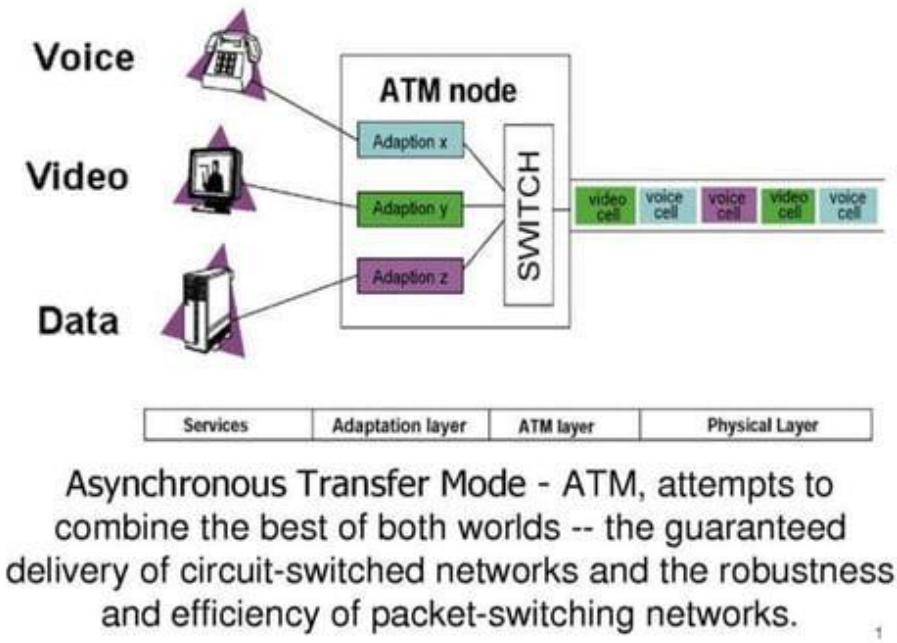
Для этого используется технология ATM.

В сети могут быть организованы три виртуальных соединения:

- первое соединение предназначено для передачи голоса;
- второе соединение используется для видеосвязи;
- третье соединение предназначено для передачи файлов.

Для каждого соединения могут быть заданы собственные требования к качеству обслуживания.

Например, для голосового трафика требуется низкая задержка. Для передачи файлов важнее полнота и правильность доставки данных.



В результате разные виды информации передаются через общую сетевую инфраструктуру, но с учётом их требований к качеству обслуживания.

6. Заключение

Технология ATM стала важным этапом развития глобальных компьютерных и телекоммуникационных сетей. Она позволила объединить передачу компьютерных данных, голоса и видео в одной инфраструктуре.

Основной особенностью ATM является передача информации в виде ячеек фиксированного размера 53 байта. Использование виртуальных каналов и путей обеспечивает логическую организацию соединений между сетевыми устройствами.

Стек протоколов ATM включает физический уровень, уровень ATM и уровень адаптации AAL. Каждый уровень выполняет отдельные функции и участвует в процессе передачи информации.

Несмотря на то что ATM во многих областях была заменена современными технологиями Ethernet и IP/MPLS, её принципы имеют важное значение для изучения развития глобальных компьютерных сетей.

7. Контрольные вопросы

1. Что означает аббревиатура ATM?
2. Для каких целей была разработана технология ATM?
3. Какой размер имеет стандартная ячейка ATM?
4. Из каких частей состоит ячейка ATM?
5. В чём заключается асинхронный принцип передачи данных?
6. Что такое виртуальный канал VC?
7. Чем виртуальный путь VP отличается от виртуального канала VC?
8. Для чего предназначены идентификаторы VPI и VCI?
9. Какие категории обслуживания поддерживает ATM?

10. Из каких уровней состоит стек протоколов ATM?
11. Какие функции выполняет физический уровень?
12. Для чего предназначен уровень адаптации AAL?
13. Чем отличаются AAL1, AAL2 и AAL5?
14. Какую функцию выполняет подуровень SAR?
15. Чем ATM отличается от Ethernet?

8. Практическое задание

Тема: Изучение структуры ячейки и стека протоколов ATM.

Выполните следующие задания:

1. Изобразите структуру ячейки ATM.
2. Укажите размер заголовка и поля данных.
3. Объясните назначение полей VPI, VCI и HEC.
4. Нарисуйте схему стека протоколов ATM.
5. Опишите функции каждого уровня.
6. Сравните назначение AAL1 и AAL5.
7. Объясните, как передаются голосовые сообщения и компьютерные данные через одну сеть ATM.

Дополнительная задача для расчёта

Необходимо передать сообщение размером 4800 байт через сеть ATM.

Определите:

1. Сколько ячеек потребуется для передачи сообщения?
2. Какой объём данных будет передан в поле полезной нагрузки?
3. Какой общий объём трафика составит передача с учётом заголовков?

Подсказка: размер полезной нагрузки одной ячейки составляет 48 байт, полный размер ячейки составляет 53 байта.