

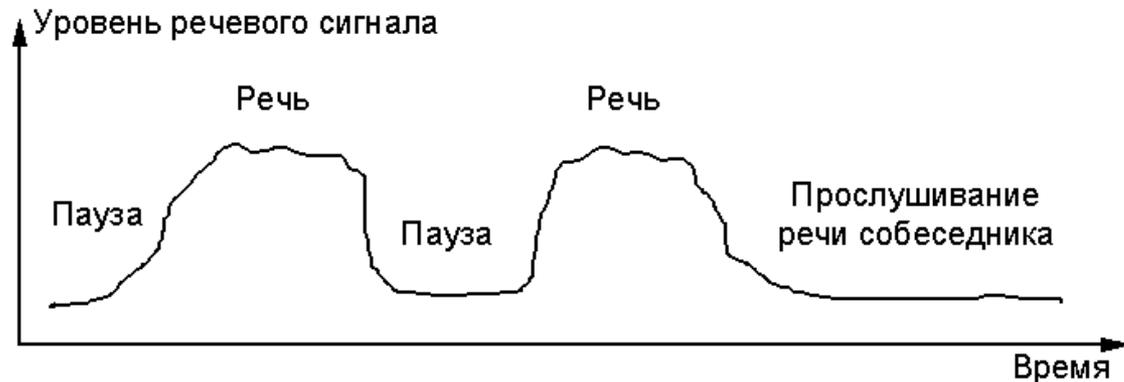
Технология АТМ

Принципы режима асинхронной передачи, уровни АТМ, ААЛ, сигнализация

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - Подробности ATM коммутации
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

Неравномерная интенсивность трафика



- **Практически все виды связи порождают неравномерную нагрузку**
- **Пример, двухсторонний телефонный разговор непостоянен**
 - межслоговые, межслововые и межфразные паузы; промежутки молчания
 - передача речи одного собеседника занимает ~40% общего времени разговора
- **Желательно передавать речевой сигнал только в периоды его активности и не занимать канал связи на время пауз**
 - Данный факт был использован уже в начале 60-ых годов для создания систем передачи со статистическим уплотнением, что позволило повысить эффективность использования дорогих подводных межконтинентальных линий связи почти вдвое

Введение (1)

- **Технология ATM (Asynchronous Transfer Mode)**
 - технология “асинхронный режим передачи”
- **ATM появился в результате усилий по стандартизации B-ISDN**
- **В 1986 году ССІТТ (теперь ІТУ-Т) приняла технологию ATM за основу стандарта B-ISDN**
 - B-ISDN, Broadband ISDN, широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания
 - ✓ Пояснение: N-ISDN (), узкополосная ISDN, основана на синхронной TDM
- **Обычно термин “B-ISDN”**
 - используют применительно к глобальным сетям
 - не используют по отношению к локальным сетям и кампусным (campus) сетям, построенным по ATM-технологии
 - ✓ естественно, преимущества ATM сохраняются в LAN/MAN-сетях

Введение (2)

- “Телефонными компаниями было заявлено, что В-ISDN / ATM решит абсолютно все мировые проблемы, связанные с компьютерными сетями и телекоммуникациями” [1]
 - В-ISDN / ATM намеревалась заменить несколько широко распространенных несовместимых технологий
 - В-ISDN первоначально был задуман как технология высокоскоростной передачи голоса, видео и данных по сети общего пользования (Public networks)
- Как ни странно, этого не произошло
 - Промышленность передачи данных проталкивала DQDB
 - ✓ DQDB - Distributed Queue Dual Bus, двойная шина с распределенной очередью, протокол канального уровня IEEE 802.6 для региональных сетей / Metropolitan Area Network, MAN - сети мегаполисов

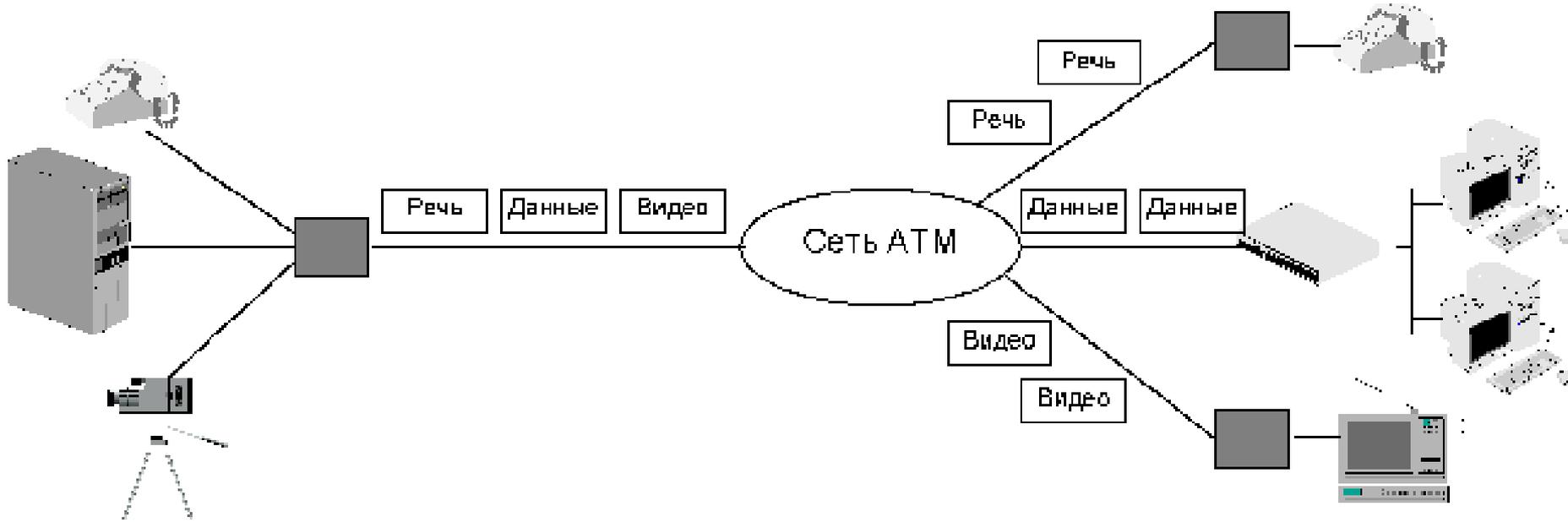
Введение (3)

- Ввиду задержки с внедрением технологии B-ISDN, ATM стала развиваться самостоятельно ATM форумом
- ATM форум развил B-ISDN ITU-T стандарты на интерфейсы ATM и частные сети (Private networks):
 - Интерфейс “пользователь-сеть” (User-to-Network Interface, UNI 2.0 / 3.0 / 3.1 / 4.0)
 - Интерфейс открытых сетей (Public-Network Node Interface, PNNI)
 - Эмуляция LAN (LAN Emulation, LANE)
 - Многопротокольная схема в ATM

Даты

- **1986 год - МККТТ (теперь ITU-T) принял ATM**
- **1988 год - первые разработки МККТТ**
- **1991 год - образовался ATM форум**
 - сфокусирован на создании правил для ATM
 - большинство членов - производители коммутаторов

Сеть АТМ



- **Сеть АТМ транспортирует ячейки постоянной длины**
 - с малой задержкой
 - малой неравномерностью задержки (малый джиттер)
- **Пограничные устройства преобразуют исходный тип трафика в ячейки и наоборот**

Какова АТМ?

● АТМ

- Асинхронный режим передачи
- Основан на асинхронном TDM
 - ✓ TDM, Time-Division Multiplexing, мультиплексирование с разделением по времени
 - ✓ следовательно необходимы буферизация и адресная информация

● Технология коммутации ячеек

- Основана на промежуточном накоплении (store-and-forward) ячеек
- Подобна пакетной коммутации
- Ориентирована на соединения посредством виртуальных каналов

Формат ячейки (cell) АТМ

● АТМ ячейка

- маленький пакет постоянной длины
- длина 53 байта
 - ✓ 5 байт заголовок + 48 байт данных
 - ✓ Размер заголовка 10,41%
 - Сравните с технологией FR (0,39%)

Заголовок	Нагрузка
5 байт	48 байт

“Почему 53 байта?” по Слепову [1]

- **Необходимость передавать речь и видео без помех**
 - При обычной схеме кодирования речи скорость = 64 кбит/с
 - Наименее заметны искажения, вызванные выпадением кодированного сигнала длиной не более 4-16 мс [2]
 - АТМ при обнаружении некорректируемой ошибки ячейку отбрасывает
 - ✓ Передача не повторяется как в X.25
 - Значит наименее заметные искажения будут при однократном отбрасывании/выпадении ячеек длиной 32-128 байт
 - ✓ $64 \text{ кбит/с} \times 4\text{-}16 \text{ мс} = 256 - 1024 \text{ бит} = 32 - 128 \text{ байт}$
 - Выбран компромиссный вариант между Европой и США+Канада
 - ✓ 5 байт заголовок + 48 байт нагрузка

“Почему 53 байта?”

- **Первый вопрос - задержка при разбиении данных на короткие ячейки (“задержка пакетизации”)**
 - Рассмотрим обычный цифровой речевой сигнал (ИКМ) со скоростью передачи 64 кбит/с
 - ✓ Дискретизация аналогового сигнала: 8000 отсчетов в секунду (между отсчетами 0,125 мс)
 - ✓ Каждый отсчет представляется байтом (8 бит), который отражает амплитуду аналогового сигнала в данный момент времени
 - ✓ Поэтому передача 8000 отсчетов по 8 бит в секунду требуют скорости 64 кбит/с
 - И при заполнении ячейки
 - ✓ Если в ячейки 48 байт нагрузки, то первый отсчет будет находиться в частично заполненной ячейке в течение 48 периодов дискретизации и после этого будет направлен в сеть
 - ✓ То есть первый отсчет будет задержан на время около 6 мс (0,125 мс x 48), прежде чем ячейка будет направлена в сеть
 - ✓ Этот эффект называется “задержка, возникающая при разбиении данных на пакеты” или “задержка пакетизации” (“packetization delay”) и очень важен при работе с трафиком, требующим реального масштаба времени при передаче (изохронный трафик)
 - Поэтому размер ячейки должен быть малым для обеспечения малого времени “задержки пакетизации”

“Почему 53 байта?”

- **Примером влияния задержки на качество передачи речи может служить ведение переговоров по спутниковому каналу**
 - задержка около 250 мс в одну сторону
 - ✓ неудобством ведения переговоров из-за снижения чувства контакта между абонентами
 - **ВОЗМОЖНО ВОЗНИКНОВЕНИЕ МЕШАЮЩИХ ЭХОСИГНАЛОВ НА ДЛИННЫХ ЛИНИЯХ**
 - ✓ данные проблемы могут возникать и при небольшой задержке порядка 10..100 мс

“Почему 53 байта?”

- Итак, малое время “задержки пакетизации” обеспечивается небольшим размером ячейки
- Однако, небольшой размер ячейки с заголовком 5 байт, приводит к малому КПД (эффективности) ячейки
 - Т.е. нельзя сильно уменьшать длину ячейки, чтобы не терять эффективность (малая доля/процент заголовка)

Необходим компромисс между приемлемой величиной задержки пакетизации и достаточно высокой эффективностью

Если

- заголовок 5 байт
- нагрузка 48 байт
- То эффективность равна 90%
- $(48:53) \times 100\% = 90\%$

Зависимость процентной величины заголовка в пакете и задержки пакетизации от размера (числа байт) нагрузки при передаче речи со скоростью 64 кбит/с



“Почему 53 байта?”

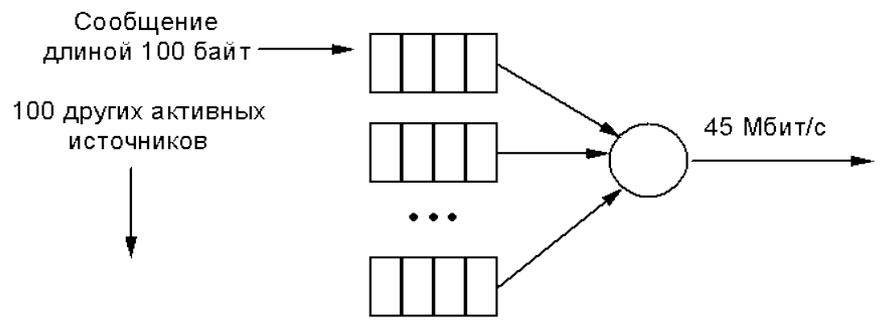
2. Второй вопрос - очереди при малых ячейках

Кроме абсолютной величины задержки очень важный параметр изменение величины задержки, называемый также “вариация задержки” или “джиттер задержки” (delay variation)

Пример. Рассмотрим источник сообщений длиной 100 байт, которые необходимо передавать с помощью цифрового потока 45 Мбит/с (DS-3). Будем рассматривать не всю сеть, а только одно соединение. Предположим также, что данное соединение используют совместно с данным еще 100 источников сообщений. Какие случаи будут наилучшими и наихудшими с точки зрения задержки для сообщения длиной 100 байт?

Наилучший случай, когда в момент появления сообщения от нашего источника отсутствуют сообщения от прочих источников

Наихудший случай - одновременная активности всех источников. При этом необходимо ждать пока все прочие источники отправят свои ячейки: посылается одна ячейка, ожидается пока свои ячейки отправят остальные 100 источников, затем посылается следующая ячейка и т.д



Задержка и изменение задержки малы для коротких сообщений, таких как отсчеты речевого сигнала

“Почему 53 байта?”

● Рассмотрим наихудший случай одновременной активности всех источников

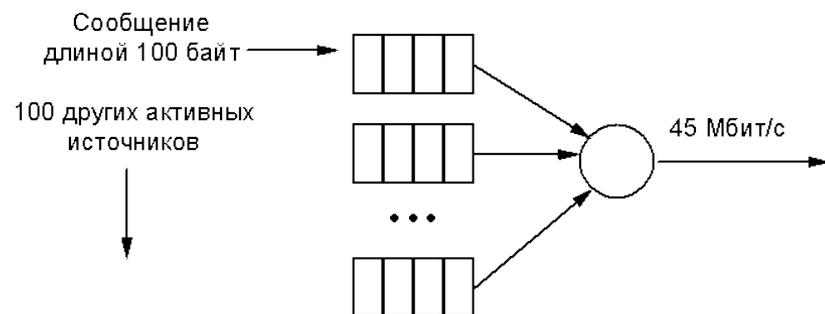
- ✓ Если длина нагрузки в ячейке мала, то необходимо передавать много ячеек и эффективность передачи мала
- ✓ Если длина нагрузки в ячейке велика, то приходится долго ждать, пока прочие источники завершат передачу своих ячеек

● Аналогия: время ожидания проходящего поезда на железнодорожном переезде

- ✓ Чем длиннее поезд, тем дольше приходится ждать, пока он пройдет и шлагбаум будет открыт
- ✓ Ждать почти не придется, если вагоны будут следовать раздельно

● Из рисунка видно:

- ✓ По мере увеличения длины ячейки время ожидания доступа к линии растет почти линейно
- ✓ Некоторые колебания зависимости задержки на ожидание от длины нагрузки ячейки для малых длин ячеек



Задержка и изменение задержки малы для коротких сообщений, таких как отсчеты речевого сигнала

“Почему 53 байта?”

- **Вопрос выбора размера ячейки подвергался интенсивному анализу со стороны многочисленных экспертов**
 - В Европе определяющим параметром являлась “задержки пакетизации”
 - ✓ Европейские телефонные сети, в основном, не очень большие и на них практически не используется технология эхокомпенсации
 - ✓ Для европейских операторов нежелательно оборудовать сети эхокомпенсаторами, поэтому они предложили использовать небольшую длину нагрузки ячейки
 - На сети Северной Америки технология эхокомпенсации применяется уже давно, поскольку ряд каналов данной сети имеет значительную протяженность
 - ✓ Операторы североамериканской сети предпочитали сделать длину нагрузки в ячейке достаточно большой, чтобы не терять эффективность при достаточно большой доли заголовка в ячейке

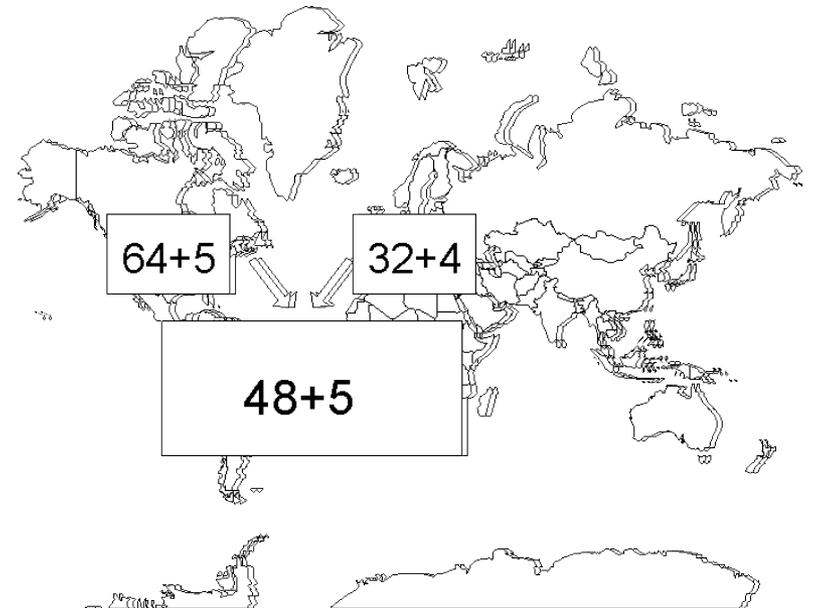
“Почему 53 байта?”

● Сформировались две противоречивые точки зрения

- Операторы Северной Америки предложили использовать 64 байт нагрузки и 5 байт заголовка
- Европейские - 32 байта нагрузки и 4 байта заголовка

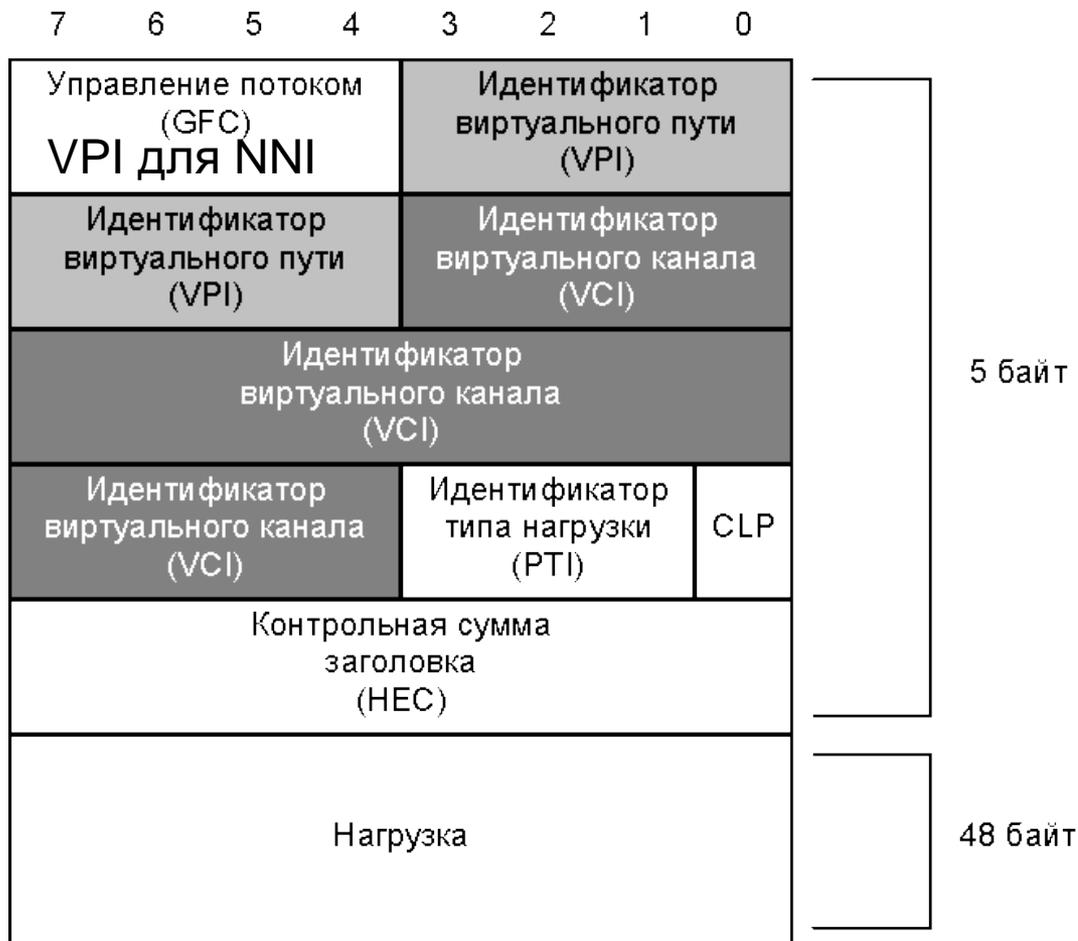
● ITU-T выбрал компромиссное решение:

- применять в ячейках АТМ 48 байт нагрузки и 5 байт заголовка



Формат ячейки АТМ

● PTI Payload Type Identifier



CLP - Приоритет потери ячейки

● Планировалось два немного различных формата

- UNI ... 8 бит для VPI
- NNI ... 12 бит для VPI

● Для комбинированного управление потоком (GFC)

- Не содержится в заголовке NNI -> не передается через сеть
- Локальное значение между АТМ конечной точкой и коммутатором
- Не используется!
- На сегодняшний день, вместо него используется специальное управление потоком ячеек

Формат ячейки АТМ

- **VPI and VCI** ($2^{24} = 16\,777\,216$ виртуальных соединений)
 - **VPI** (Virtual Path Identifier) – **Идентификатор виртуального пути**
 - ✓ обеспечивает соединение точка-точка
 - ✓ не является фиксированным и задается непосредственно перед началом пересылки с использованием сигнальных сообщений
 - **VCI** (Virtual Channel Identifier) - **Идентификатор виртуального канала**
- **VPI/VCI идентифицирует виртуальное соединение**
 - Функционально подобна номеру логического канала в X.25 и DLCI во Frame Relay
- **Зарезервированы значения, используемые для**
 - ✓ Сигнализации
 - ✓ Административных операций (Operation and maintenance - OAM)
 - ✓ Управление ресурсами

Зарезервированные значения VPI/VCI

VPI	VCI	Функция
0	0-15	ITU-T
0	16 -31	АТМ форум
0	0	Idle ячейка
0	3	ОАМ ячейка <u>сегмента</u> (F4)
0	4	<u>“Точка-точка”</u> ОАМ ячейка (F4)
0	5	Сигнализация
0	16	ILMI
0	17	LANE
0	18	PNNI

Идентификатор типа нагрузки (PTI)

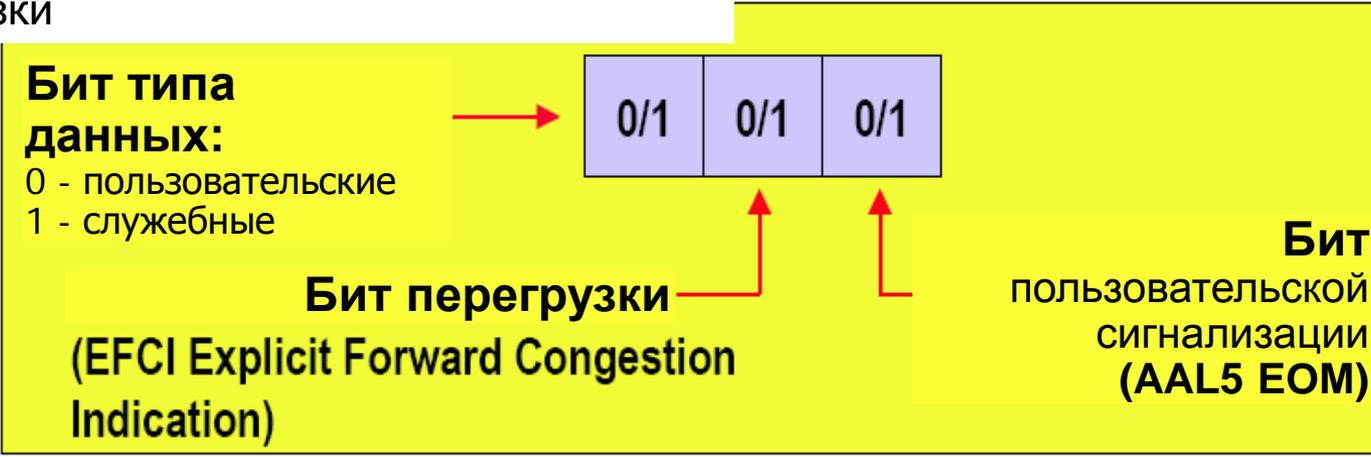
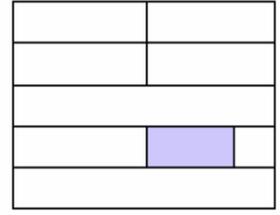
PTI - Payload Type Identifier

Тип нагрузки (3 бита)

- Используется AAL5: флага конца блока
- Используется для сигнализации перегрузки

OAM = эксплуатация, администрирование, сопровождение

RM ячейка (Управление потоком в ABR)



Value	OAM Type
100	OAM link associated cell
101	OAM end-to-end cell
110	Resource management cell
111	Reserved

- 100** OAM относится к каналу
- 101** OAM сквозная ячейка
- 110** Управление ресурсами
- 111** Зарезервировано

Идентификатор типа нагрузки

- **Поле идентификатора типа нагрузки (PTI - Payload Type Identifier) содержит три бита**
 - Первый бит служит для обозначения типа ячейки:
 - ✓ 0 –пользовательская, 1 - служебная
 - Служебные ячейки могут использоваться для диагностики сети ATM.
 - Допустим, что посылаемые в сеть ячейки не достигают пункта назначения. Тогда можно послать в сеть ячейку с установленным битом - служебную ячейку. Эта ячейка будет иметь тот же VPI/VCI и будет проходить тем же маршрутом. Однако, поскольку это служебная ячейка, коммутаторы могут идентифицировать ее и размещать в поле нагрузки данной ячейки информацию о ее прохождении. Более того, в некоторой точке сети ячейка может быть отправлена обратно).

Идентификатор типа нагрузки

● Если ячейка пользовательская, то

- **второй бит PTI** называется битом уведомления приемника о перегрузке (Explicit Forward Congestion Indicator - EFCI)
- Если ячейка проходит через точку сети, которая находится в состоянии перегрузки, то данный бит устанавливается в "1".
- В этой точке бит EFCI используется для управления перегрузкой для категории обслуживания доступной скорости передачи ABR
- **третий бит переносится сетью прозрачно.** В настоящее время он определен только для использования уровнем адаптации ATM AAL5

Бит CLP

- **Бит CLP (cell loss priority) - бит приоритета потери ячейки**
 - Подобен DE биту в технологии Frame Relay
 - Нормальная передача: $CLP = 0$
 - Низкий приоритет, ячейка может быть удалена: $CLP = 1$
- **Бит CLP является основой управления трафиком АТМ**
- **Ячейки с установленным битом CLP будут сброшены до сброса ячеек, у которых данный бит не установлен**
 - Иначе говоря, при наличии данного бита ячейка несет в себе признак “сбрось меня”
- **Бит CLP устанавливается хостом для различения высокоприоритетного и низкоприоритетного трафика**
 - Если возникает перегрузка и ячейки должны быть отвергнуты, коммутаторы сначала попытаются отвергнуть ячейки с $CLP = 1$, прежде чем будут игнорировать ячейки с $CLP = 0$

Приоритет потери ячейки

- **Причины, по которым ячейки могут помечаться как излишние**
 - CLP-бит может установить терминальное оборудование, когда имеет место
 - ✓ экономическая целесообразность использовать ячейки с низким приоритетом
 - ✓ установка различных приоритетов различным типам трафика, когда используется согласованный уровень услуг
 - CLP-бит может быть установлен ATM сетью / коммутатором
 - ✓ для внутреннего управления сетью
 - ✓ виртуальные каналы / пути с низким качеством обслуживания
 - ✓ ячейки, нарушающие соглашения по управлению трафиком
 - Для уяснения принципов установки CLP бита сетью далее рассмотрим принципы управления трафиком сети ATM

Контроль ошибок в Заголовке (HEC)

- Поскольку 8-битовая контрольная сумма защищает только заголовков, поле называется HEC (Header Error Control)
 - При обнаружении ошибки в заголовке ячейка сбрасывается
 - HEC исправляет одиночные ошибки (ошибка в одном бите)
 - ✓ ATM ориентировалась на использование оптических сред
 - ✓ в оптоволоконных системах более 95% ошибок возникают в каком-либо одном бите
 - HEC обнаруживает большинство множественных ошибок
 - HEC также используется для определения границы ячейки на некоторых типах подключения к физическому каналу
 - ✓ ITU-T стандарт I 4.321
 - ✓ Коммутатор должен найти 6 подряд расположенных ячеек в любое время
 - HEC состоит из остатка от деления 32 бит заголовка на полином $of + x^2 + x + 1$
 - ✓ К нему добавляется константа 01010101, чтобы обеспечить устойчивость в случае заголовка, состоящего в основном из нулей
 - HEC пересчитывается при движении через коммутаторы из-за изменения VPI/VCI

Каков режим асинхронной передачи?

Synchronous TDM

- (+) Постоянная задержка (хорошо для голоса)
- (+) Прозрачный протокол
- (-) Канал (тайм слот) закреплен за соединением (может быть неэкономично)
- (-) Полоса пропускания магистральной = сумма (дорогих) скоростей каналов

Asynchronous TDM (пакетная

- коммутация)
- (-) Переменная задержка (переменная длина кадра)
- (+/-) Справедливо прозрачный протокол
- (+) Гибкое назначение канала (используются адреса)
- (+) Полоса пропускания магистральной = среднее значение скоростей каналов

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- (+) Ограниченное время задержки поскольку фиксирован размер ячеек (53-байт) и интеллектуальное управление трафиком, основанное на различных классах трафика
- (+) Протокол, прозрачен (для) через более высокие уровни (CPCS и SAR)
- (+) Гибкое назначение канала, используя адреса (VPI/VCI)
- (+) Полоса пропускания магистральной согласуется со средними скоростями каналов

Идеи АТМ решений

Asynchronous TDM

Лучшее использование магистрали

Гибкое предоставление канала посредством адресации

Synchronous TDM

Быстрая коммутация и короткие задержки посредством константы тайм слота

Прозрачный протокол

АТМ

copy

copy

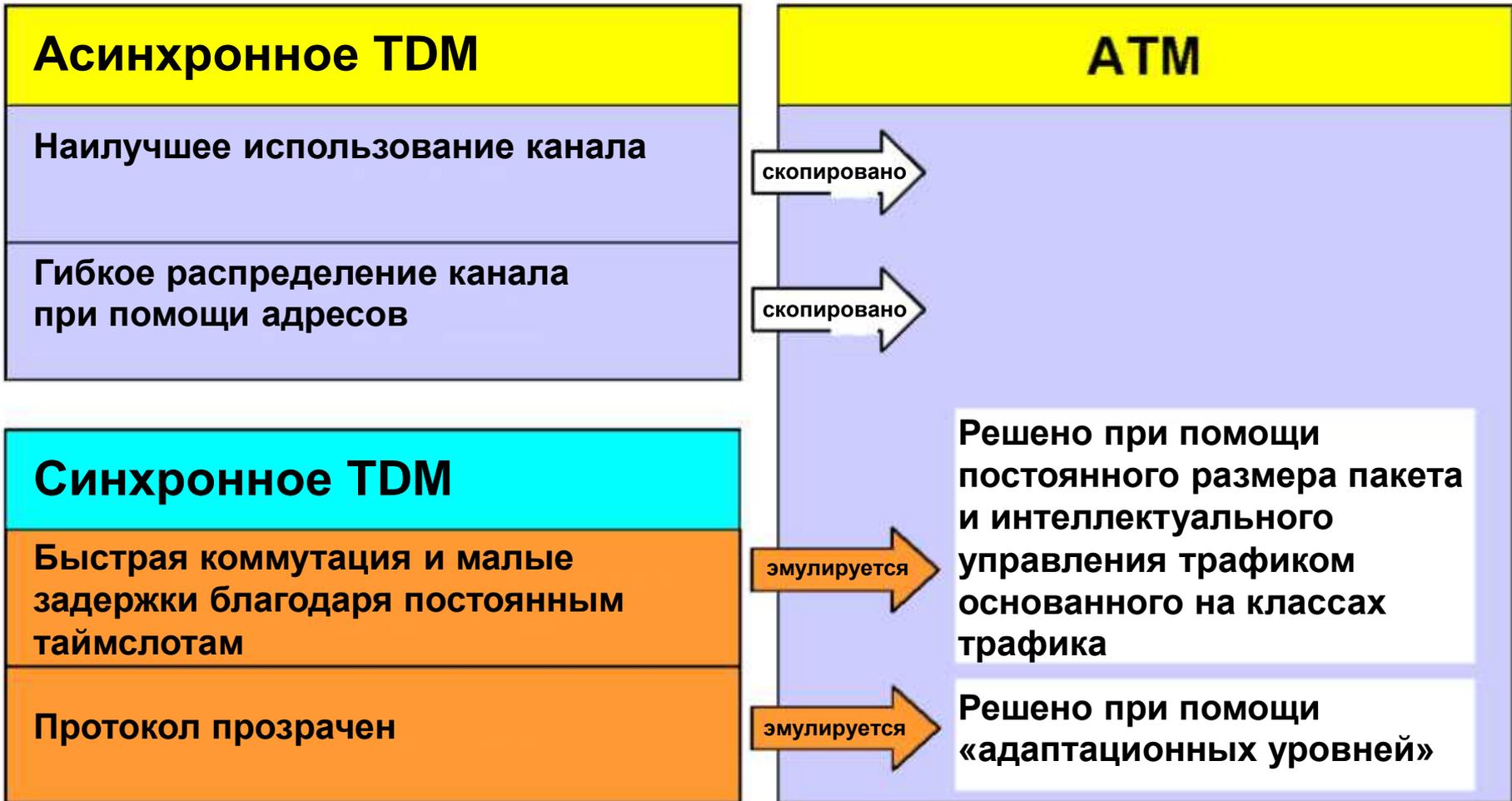
emulate

emulate

Решения, основанные на:
постоянном размере пакета и
интеллектуальном
управлении трафиком,
основанном на классах
трафика

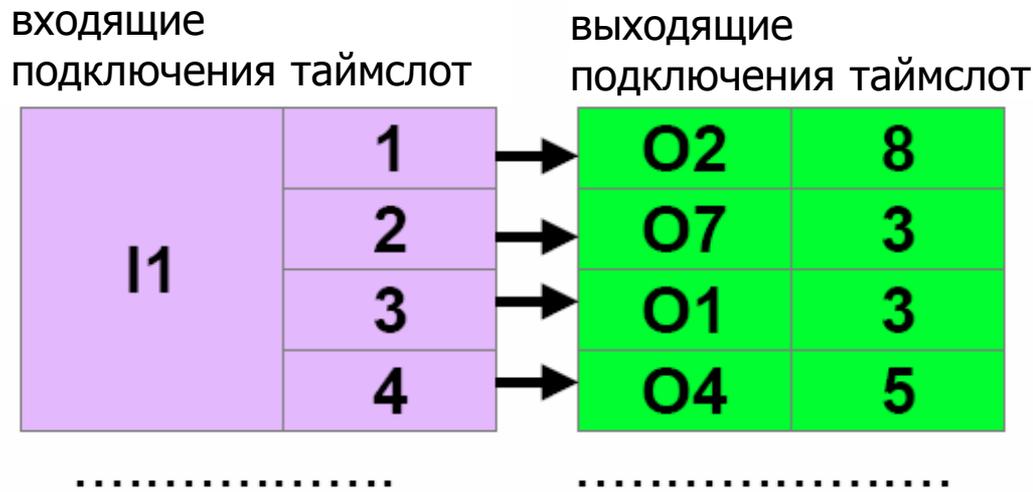
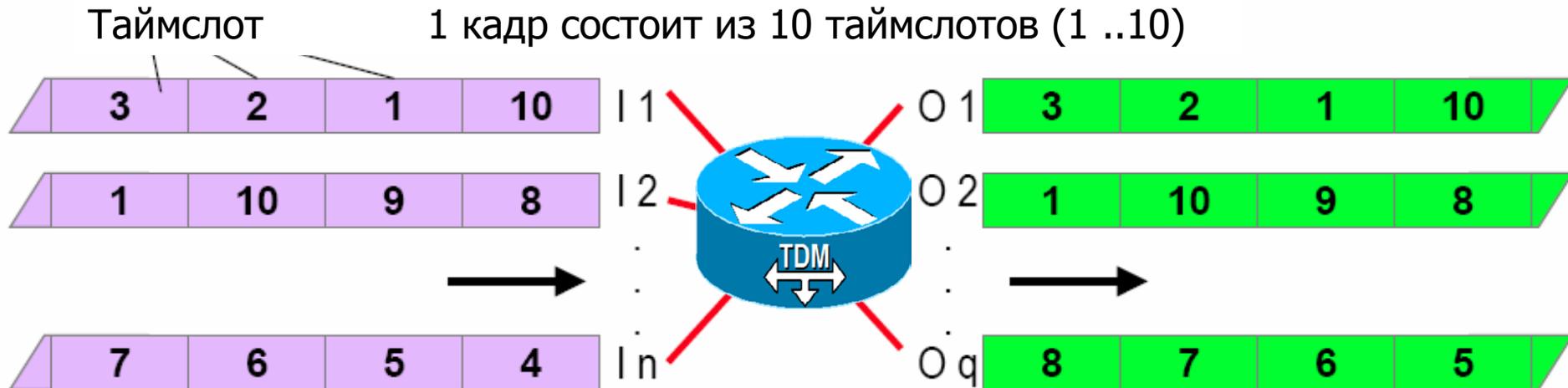
Решения, основанные на
уровнях адаптации

Принципы



Синхронный режим передачи

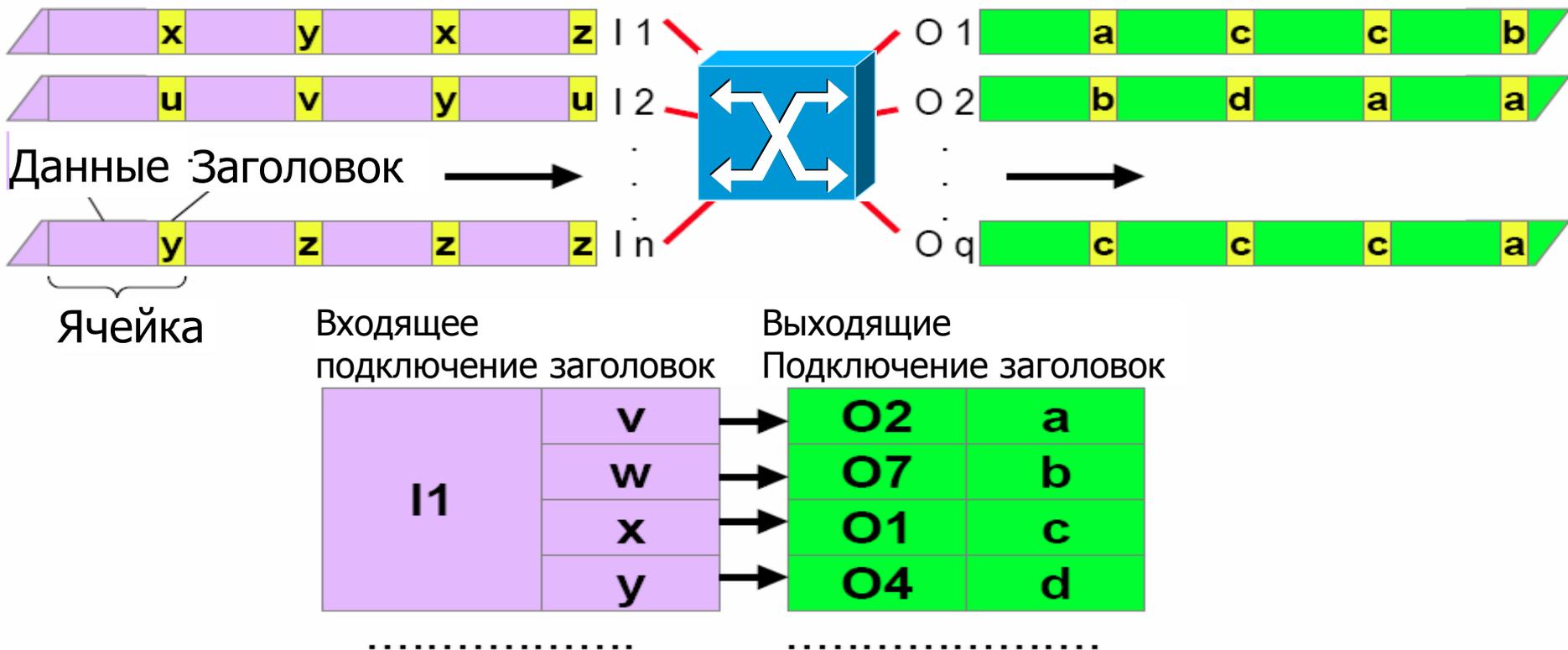
Пример:



Фиксированное распределение временных слотов !!!

Асинхронный режим передачи

Заголовок ячейки: адресная информации для маршрутизации и динамического распределения полосы пропускания



Почему ячейки?

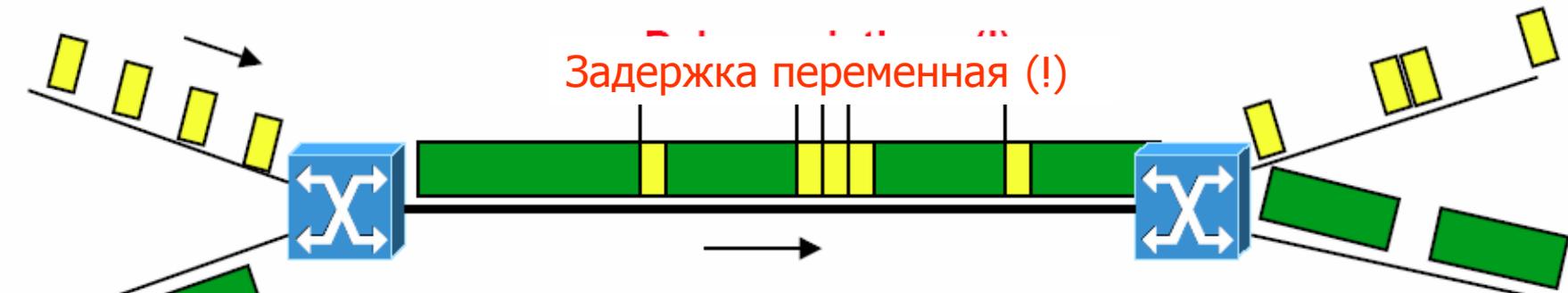
● Техника коммутации ячеек позволяет:

- Аппаратно коммутировать (перенаправлять) ячейки
 - ✓ следовательно очень быстро
- Предсказуемое и ограниченное время задержки для данной ячейки
 - ✓ этот параметр (задержка) - все еще переменный!
- Гарантированное качество сервиса [Quality of Service (QoS)]
 - ✓ Со специальными стратегиями, такими как **контроль поступающих соединений, QoS маршрутизация**, ограничение трафика и управление трафиком, диспетчеризация ячеек (**cell scheduling**)
- Интеграция голоса, видео и данных
 - ✓ **Трафик реального времени и обычный трафик в одной и той же сетевой инфраструктуре**

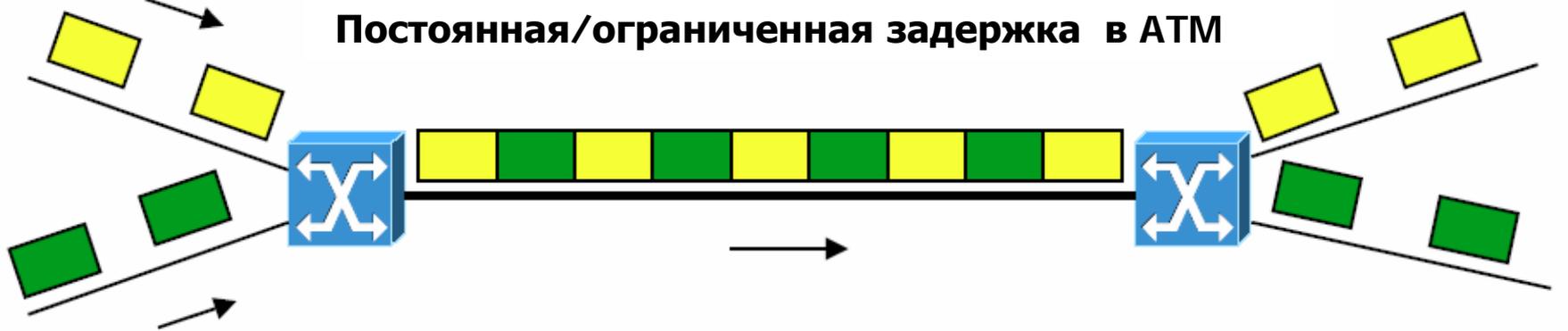
Коммутация ячеек и джиттер (Jitter)

Голос и FTP по Frame Relay

Задержка переменная (!)



Постоянная/ограниченная задержка в ATM



Технология АТМ

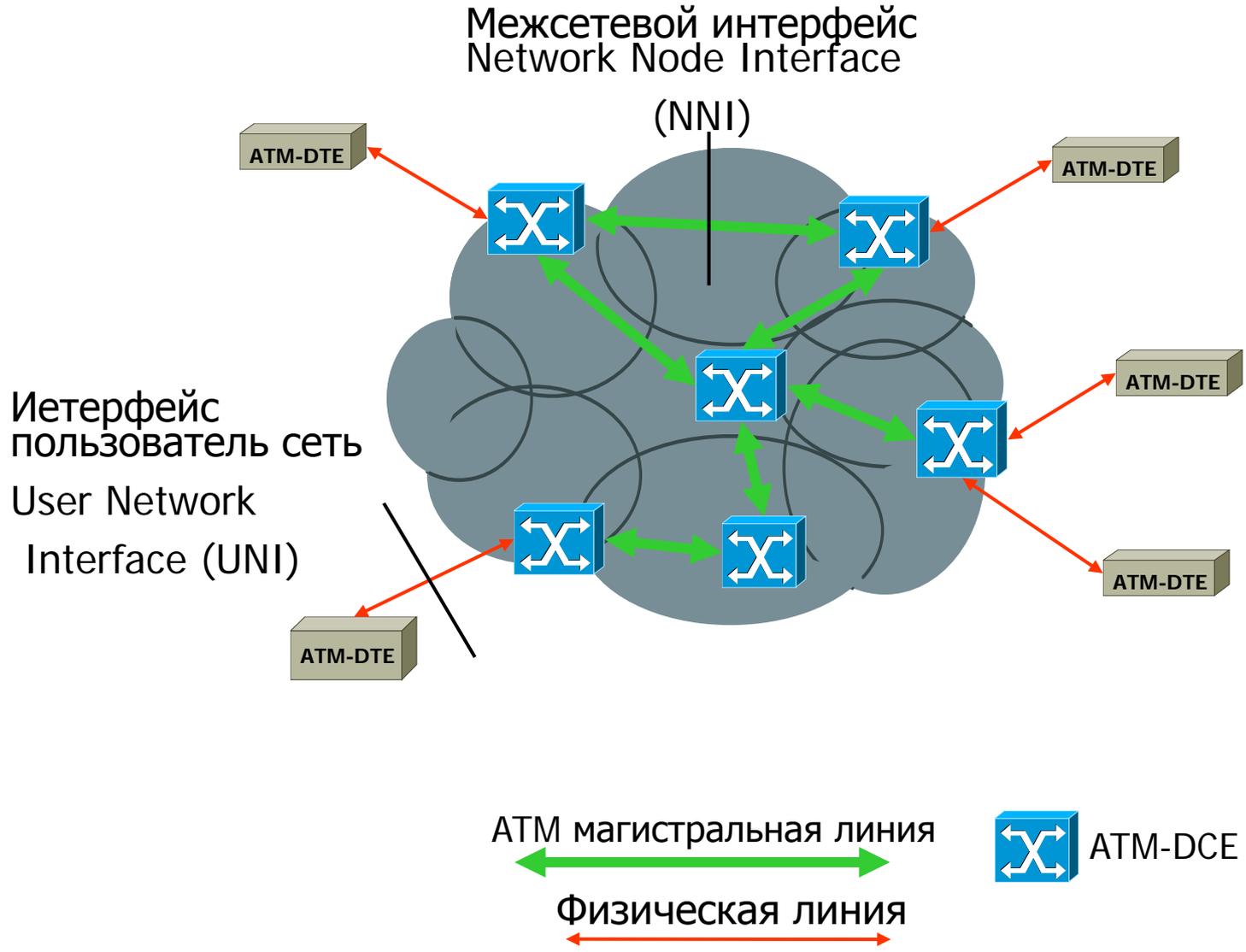
● WAN сервис (и MAN/LAN кампусные сети)

- основана на технике виртуальных каналов
- ориентирована на соединения, допускает “загрузки” для несущей и средств доступа (enables charging for carriers and providers)
- гарантируется последовательность потока ячеек
- отсутствует восстановление поврежденных ячеек
- одна единственная технология для покрытия WAN и LAN аспектов

● стандартизированы интерфейсы

- Пользовательский интерфейс с сетью [User Network Interface (UNI)]
 - ✓ между АТМ-DTE и АТМ-DCE
- Сетевой интерфейс между узлами [Network Node Interface (NNI)]
 - ✓ между АТМ-DCE и АТМ-DCE

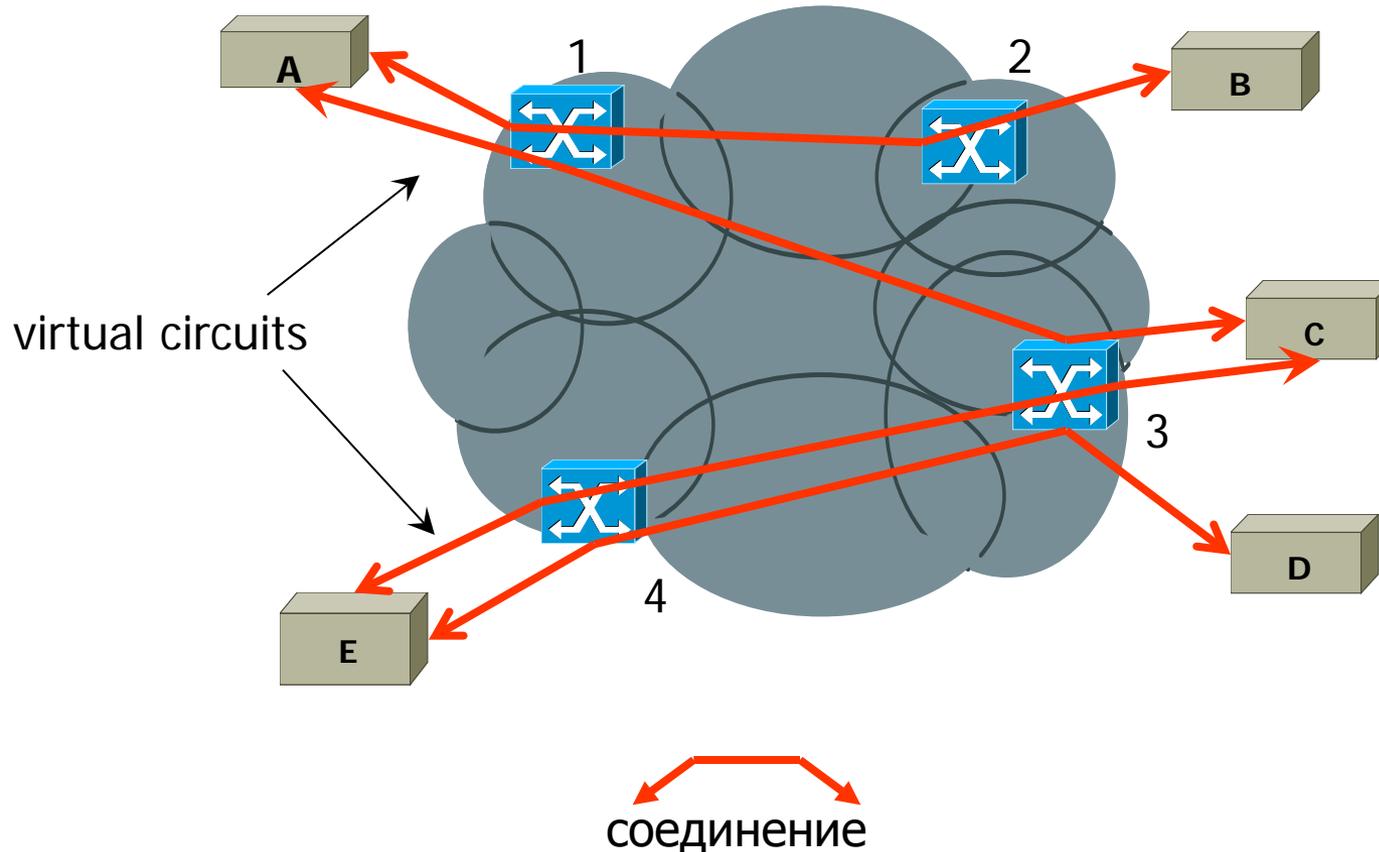
Основная топология АТМ



Виртуальные каналы АТМ

- **Используется техника виртуальных каналов**
 - Для статистического мультиплексирования многих логических сеансов по одной физической линии передачи данных
- **Оконечные системы (АТМ-DTE) используют виртуальные каналы для поставки и получения данных**
- **Виртуальные каналы представляются конечным системам как прозрачные транспортные каналы**
 - Логическое соединение точка-точка (point-to-point)

Виртуальные каналы АТМ



АТМ виртуальная адресация

● Логическая адресация в АТМ двухуровневая

- АТМ соединение представляет собой многозвенный канал
- Каждое звено участка сети между двумя узлами имеет свой идентификатор (пара VPI / VCI)

● Виртуальные каналы идентифицируются номерами VPI / VCI

- идентификатор виртуального пути (VPI - Virtual Path Identifier)
- идентификатор виртуального канала (VCI-Virtual Channel Identifier)
- имеют только локальное значение

АТМ виртуальная адресация

● Существуют два вида виртуальных каналов

- Постоянный виртуальный канал (Permanent virtual circuits, ATM-PVC)
 - ✓ Устанавливается заранее провайдером
- Коммутируемый виртуальный канал (Switched virtual circuits, (ATM-SVC)
 - ✓ устанавливается пользователем посредством процедур вызова (сигнализации)

VPI / VCI

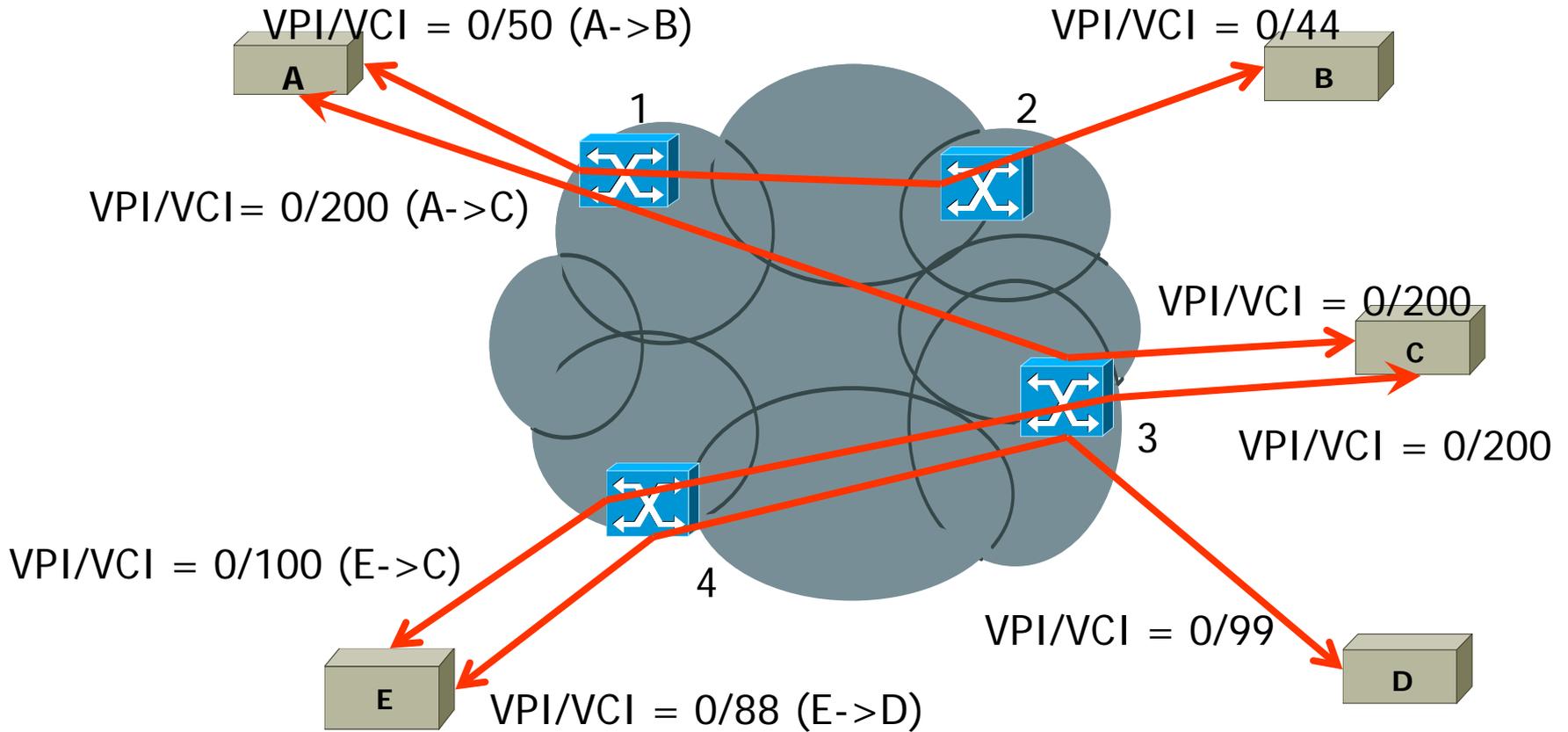
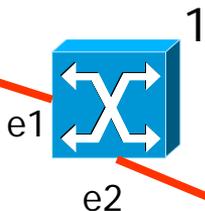
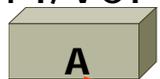


Таблица коммутации АТМ

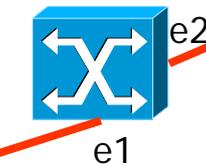
VPI/VCI = 0/50 (A->B)



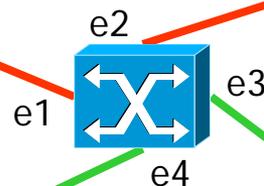
от	до
e1: 0/50	e2: 0/77

от	до
e4: 0/77	e3: 4/88
e1: 0/77	e2: 0/99

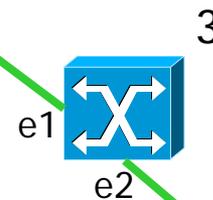
VPI/VCI = 0/44



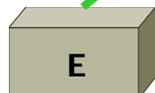
от	до
e1: 0/99	e2: 0/44



от	до
e1: 0/88	e2: 0/77



от	до
e1: 4/88	e2: 2/99

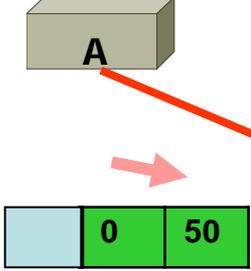


VPI/VCI = 0/88 (E->D)

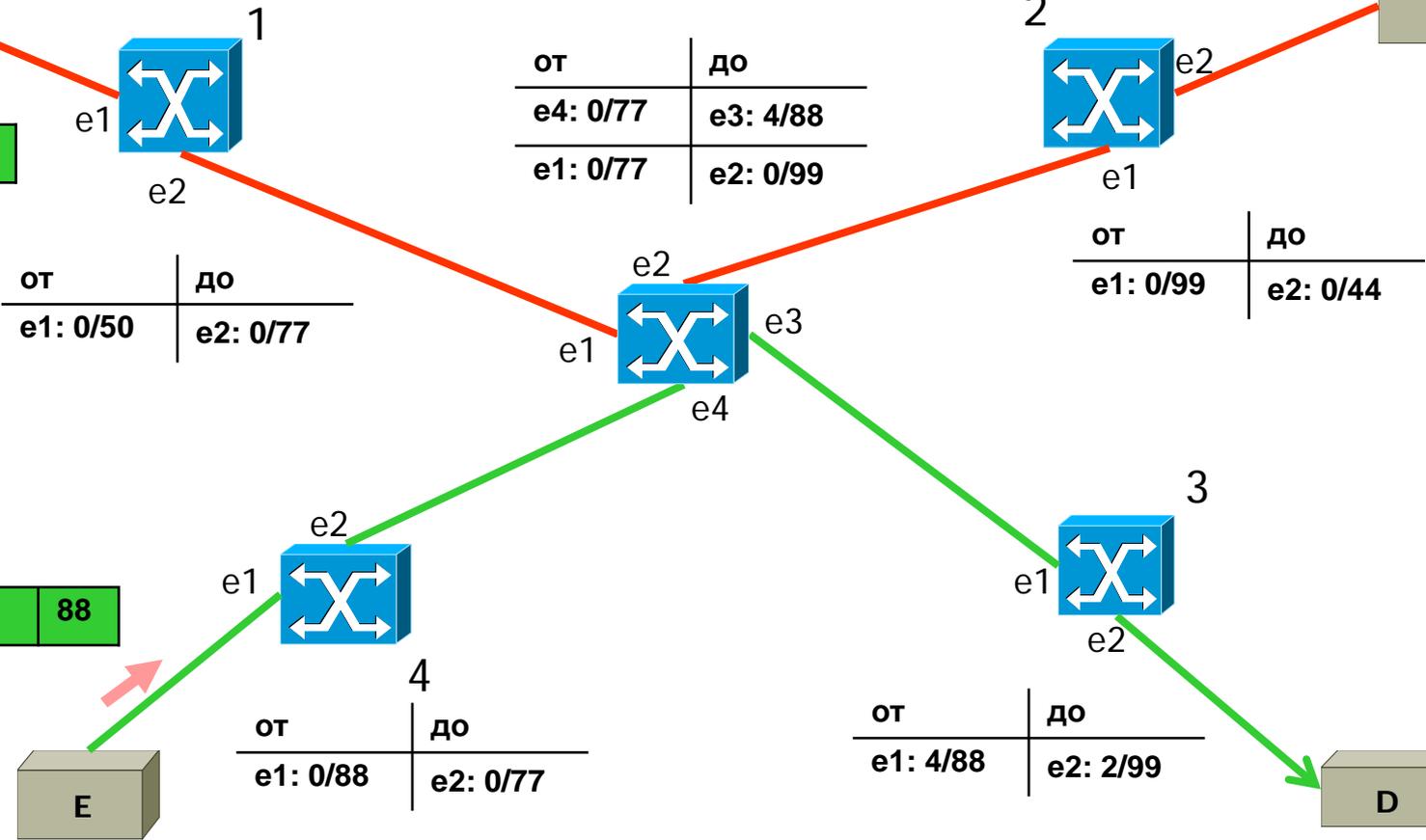
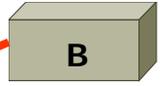
VPI/VCI = 2/99

Передача ячеек / замена меток

VPI/VCI = 0/50 (A->B)



VPI/VCI = 0/44



VPI/VCI = 0/88 (E->D)

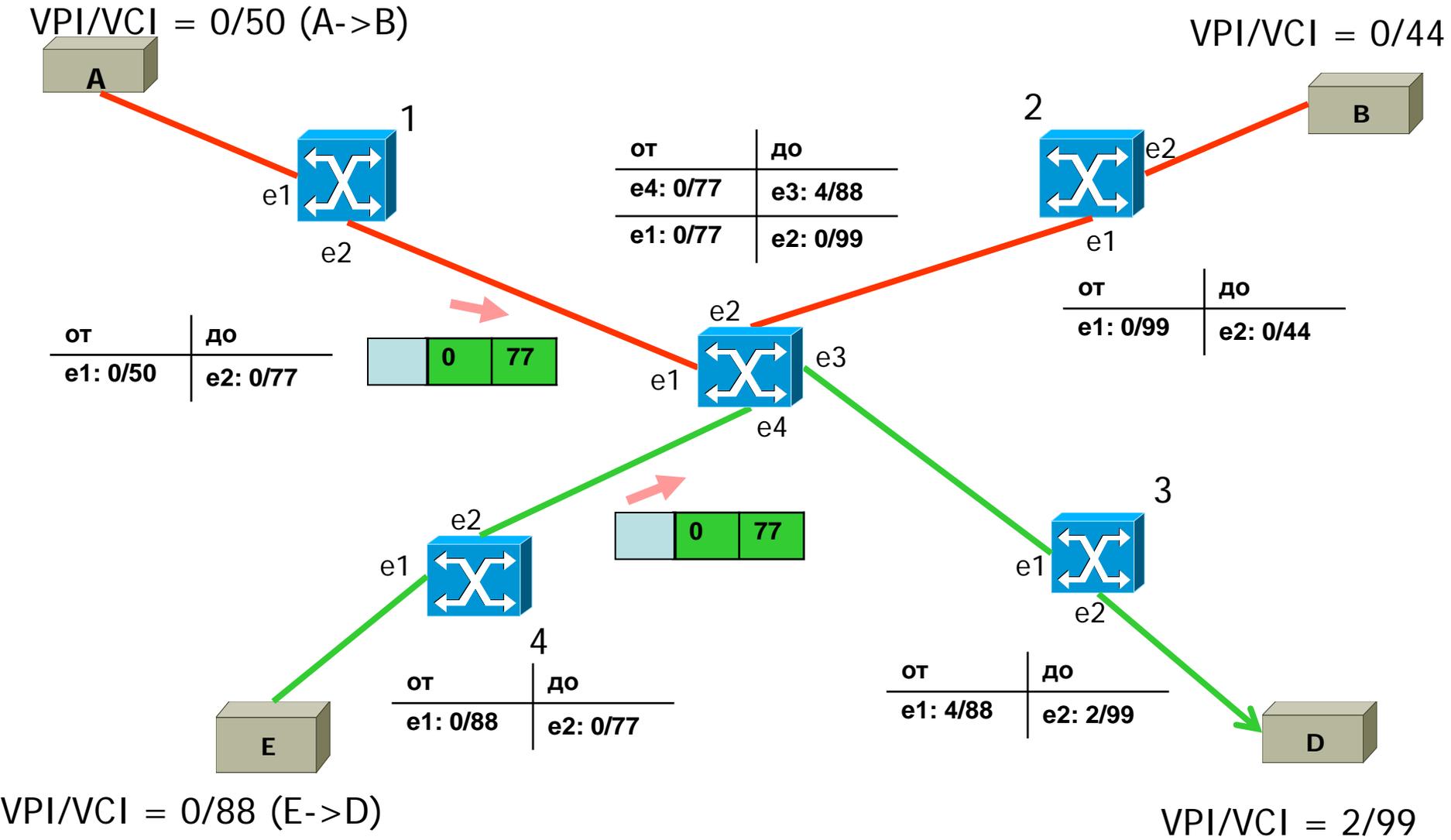


VPI/VCI = 2/99

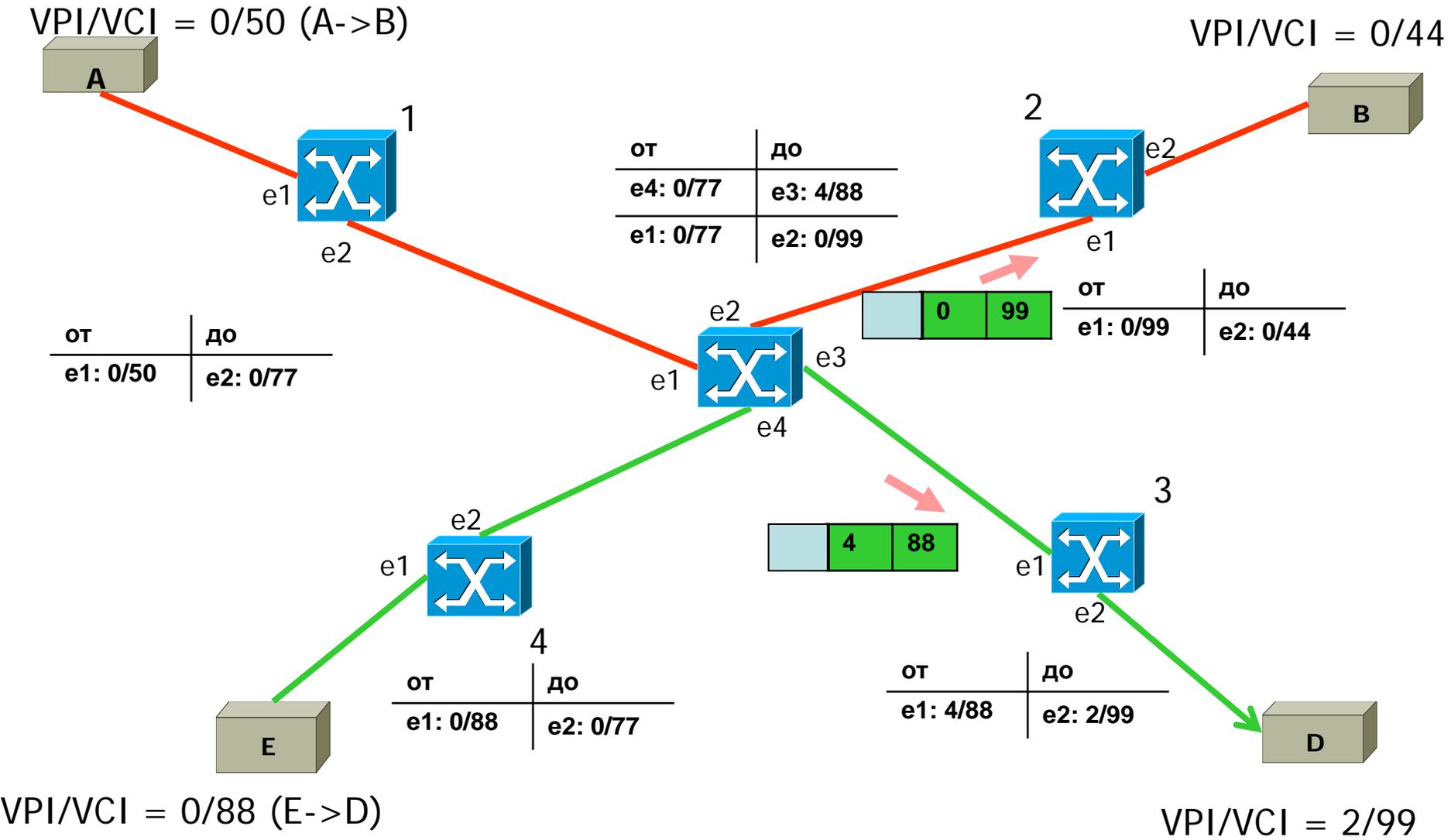
vpi vci - заголовок ячейки 5 байт

□ - данные ячейки 48 байт

Передача ячеек / замена меток



Передача ячеек / замена меток



Передача ячеек / замена меток

VPI/VCI = 0/50 (A->B)

VPI/VCI = 0/44

от	до
e4: 0/77	e3: 4/88
e1: 0/77	e2: 0/99

от	до
e1: 0/50	e2: 0/77

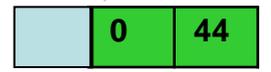
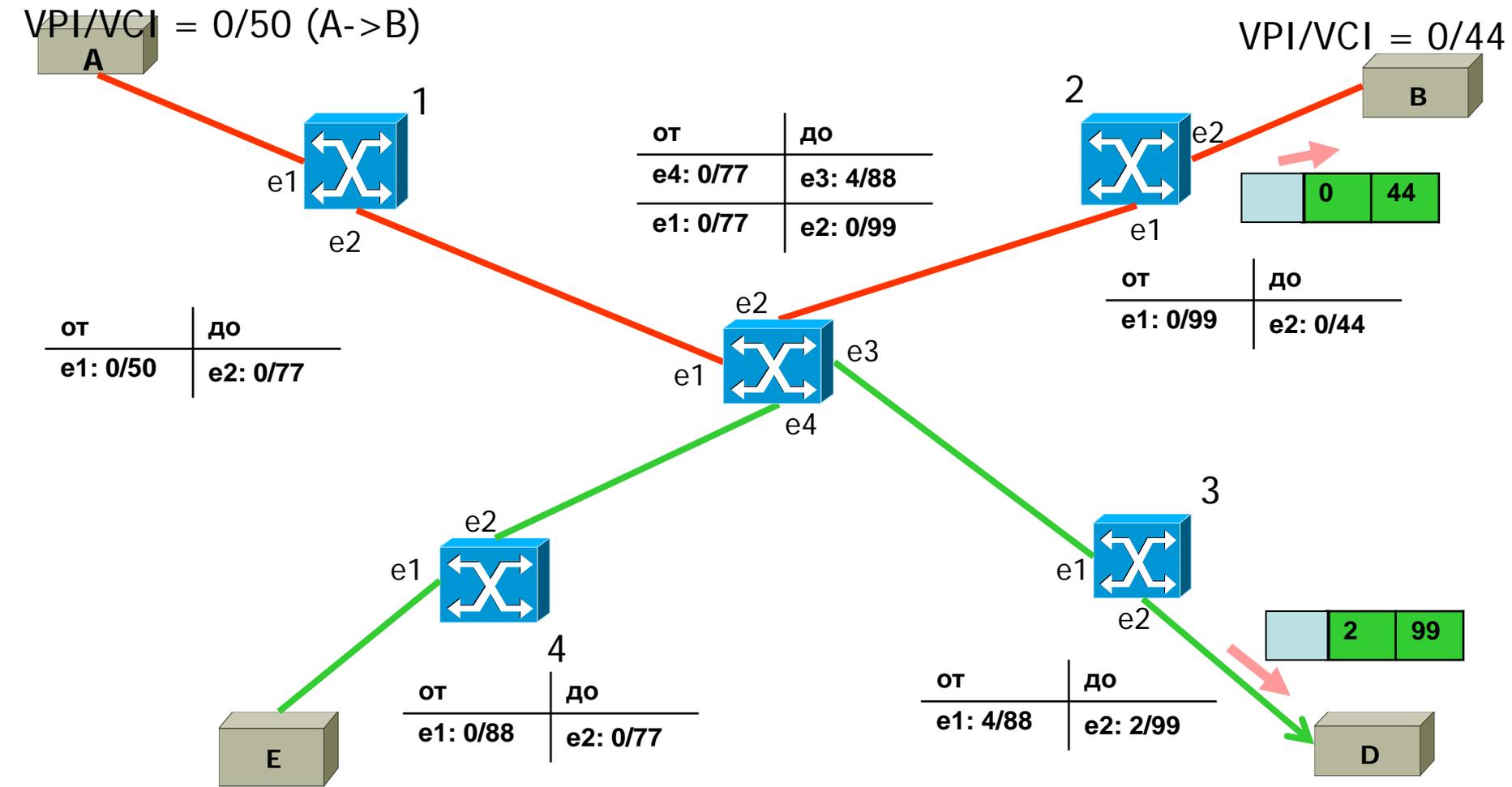
от	до
e1: 0/99	e2: 0/44

от	до
e1: 0/88	e2: 0/77

от	до
e1: 4/88	e2: 2/99

VPI/VCI = 0/88 (E->D)

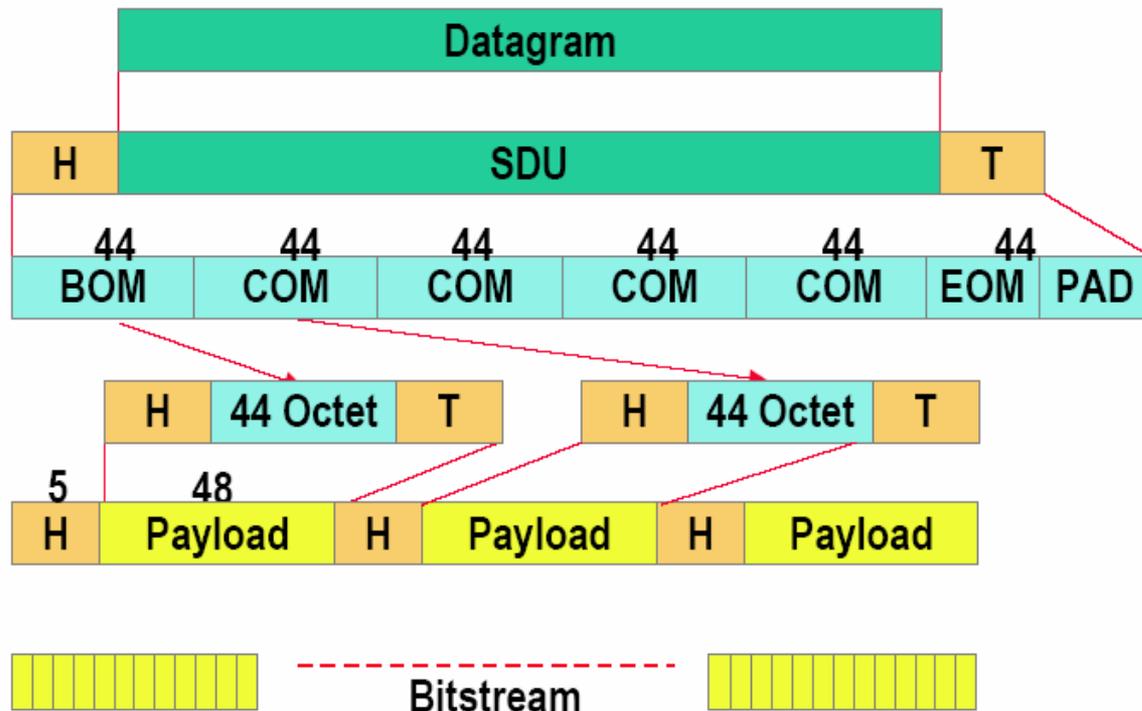
VPI/VCI = 2/99



Принцип сегментации

• Ячейки короче пакетов данных

- Сегментация и Сборка выполняются ATM DTEs (!!!)
- ATM DCEs (ATM switches) не вовлекаются в этот процесс



Использование АТМ

● Публичные и частные сети

- LAN, MAN, WAN

✓ Пояснение: в зависимости от того, кто управляет АТМ-коммутаторами (частное лицо или телефонная компания) АТМ-сети делятся на “Публичные/общественные/открытые” и “Частные” сети англ: “Public” и “Private” networks

● Магистральные высокоскоростные сети

- Публичные или частные

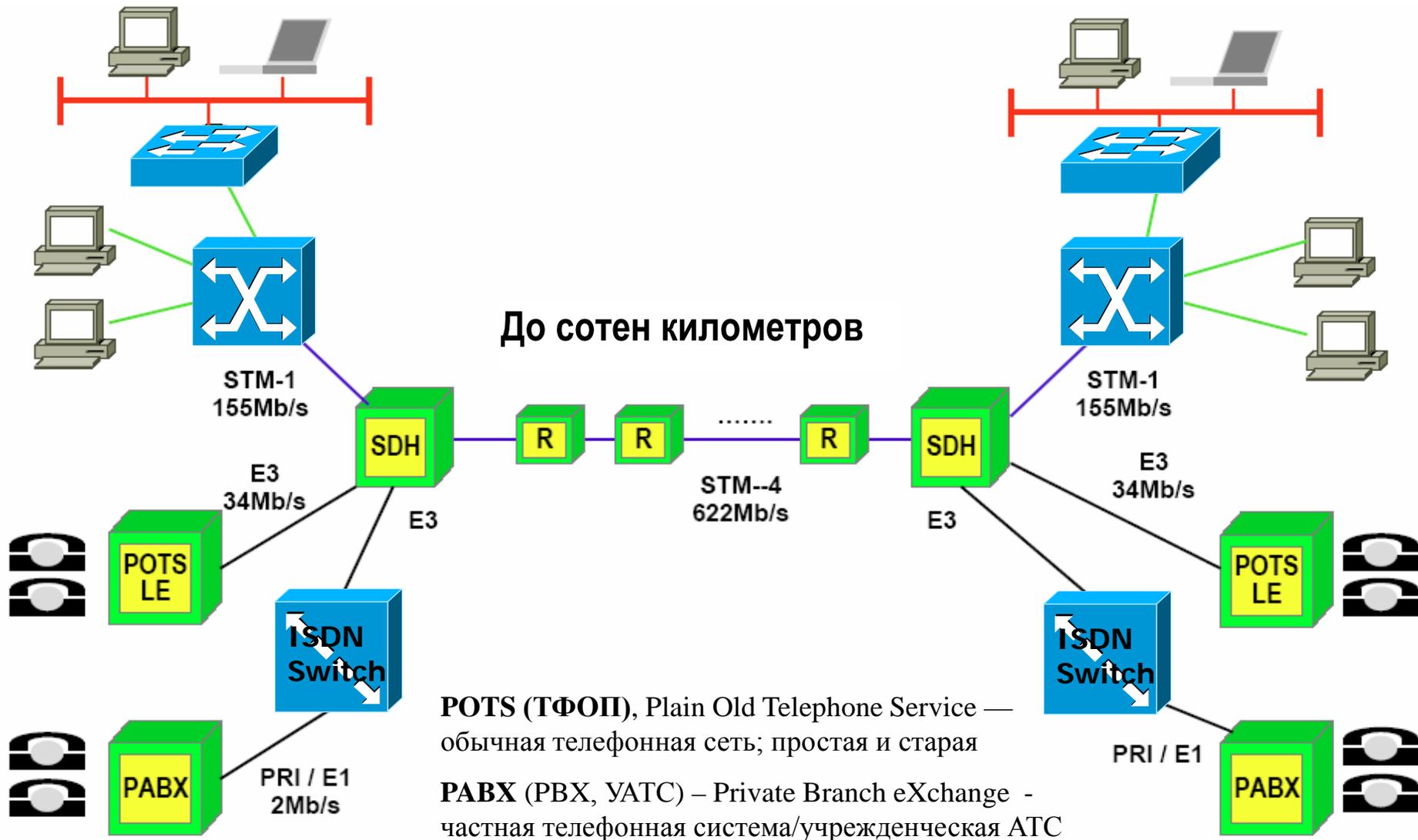
● Первоначальная цель: Глобальная АТМ сеть (World-wide АТМ network)

- Но Internet технология и современное состояние Ethernet сегодня более привлекательны

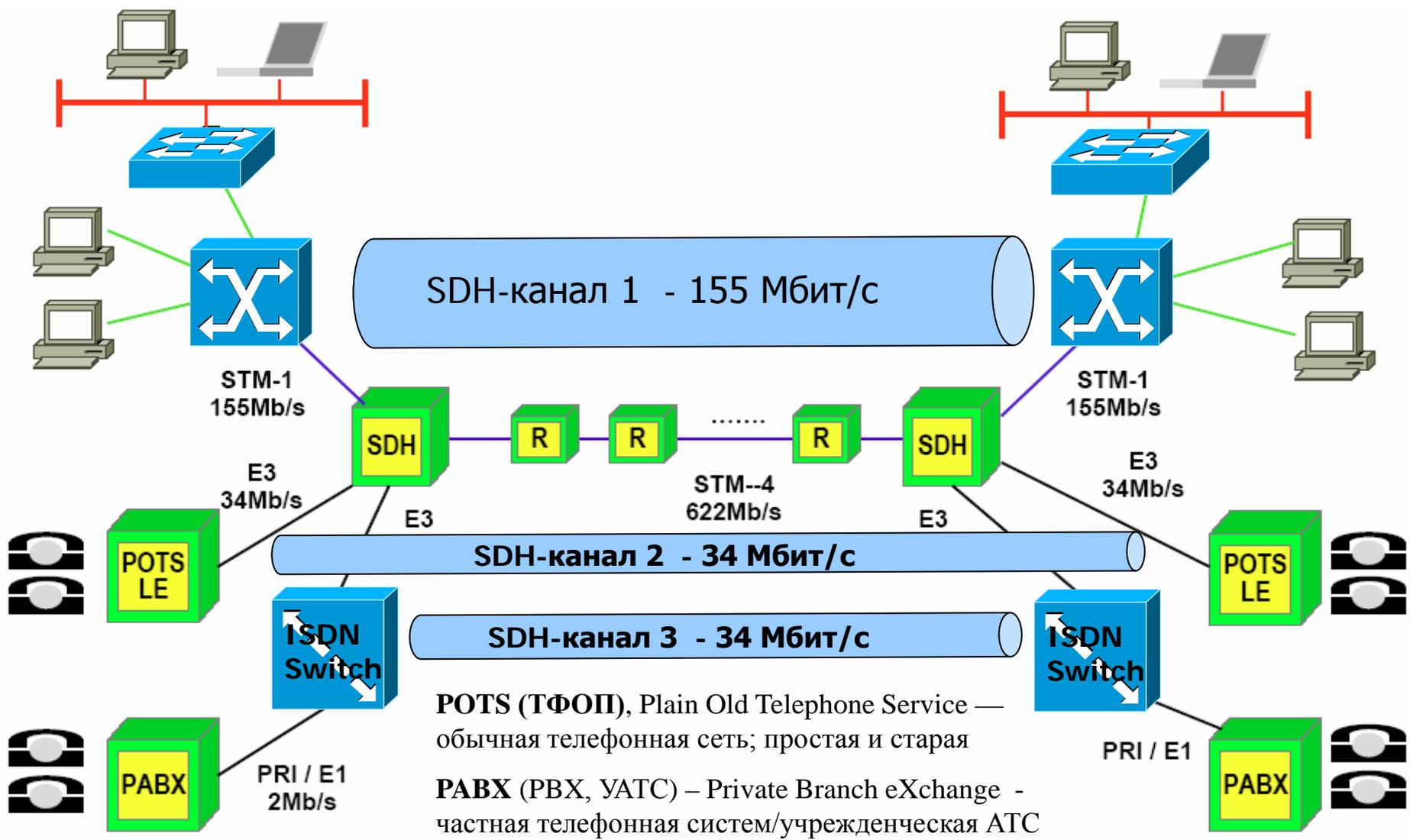
● Новое применение АТМ - как магистральная технология для мобильных приложений

- Сотовые сети связи для GSM, GPRS, UMTS, ...

ATM как WAN технология базировалась на SDH



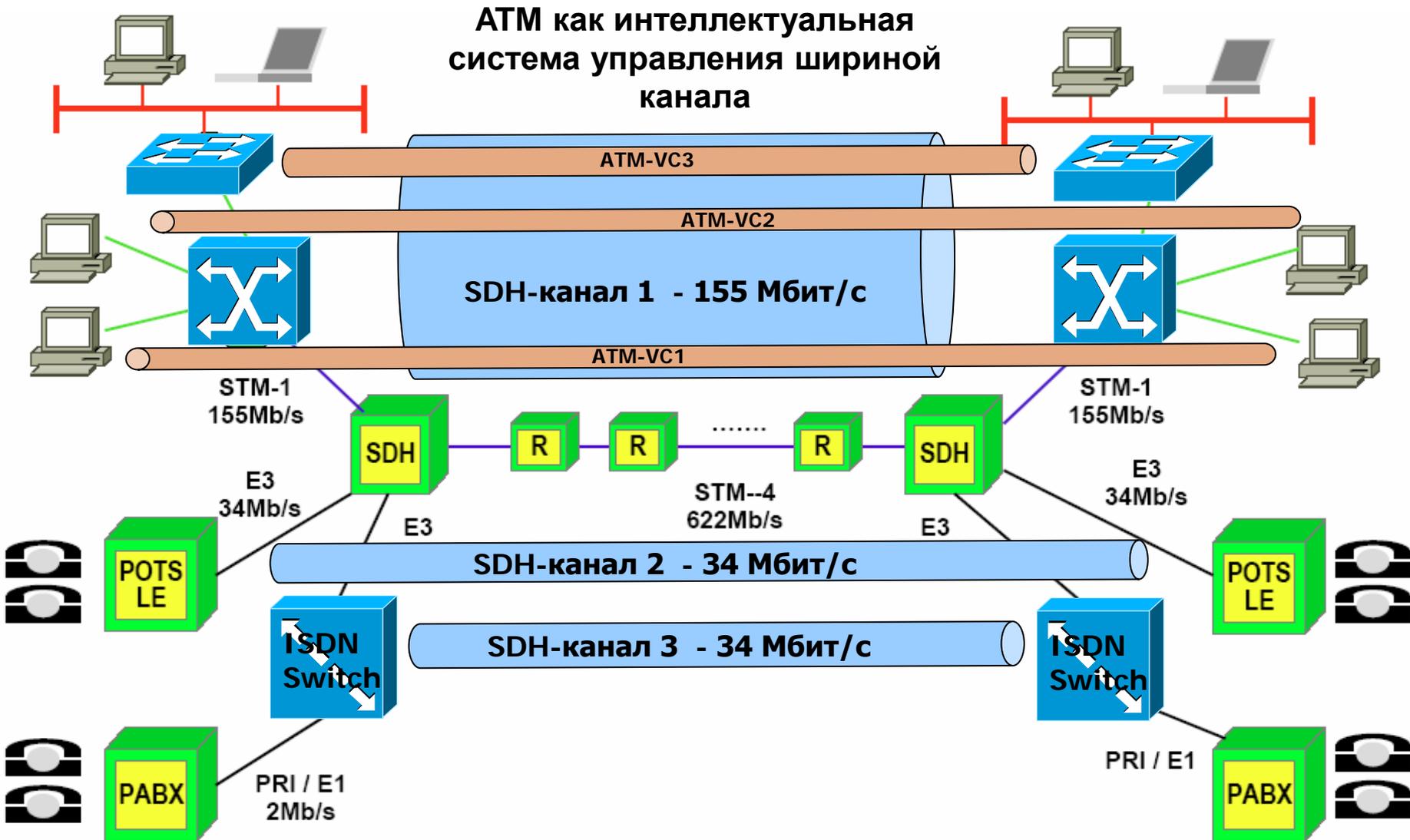
SDH каналы (Тайм-слоты S-TDM)



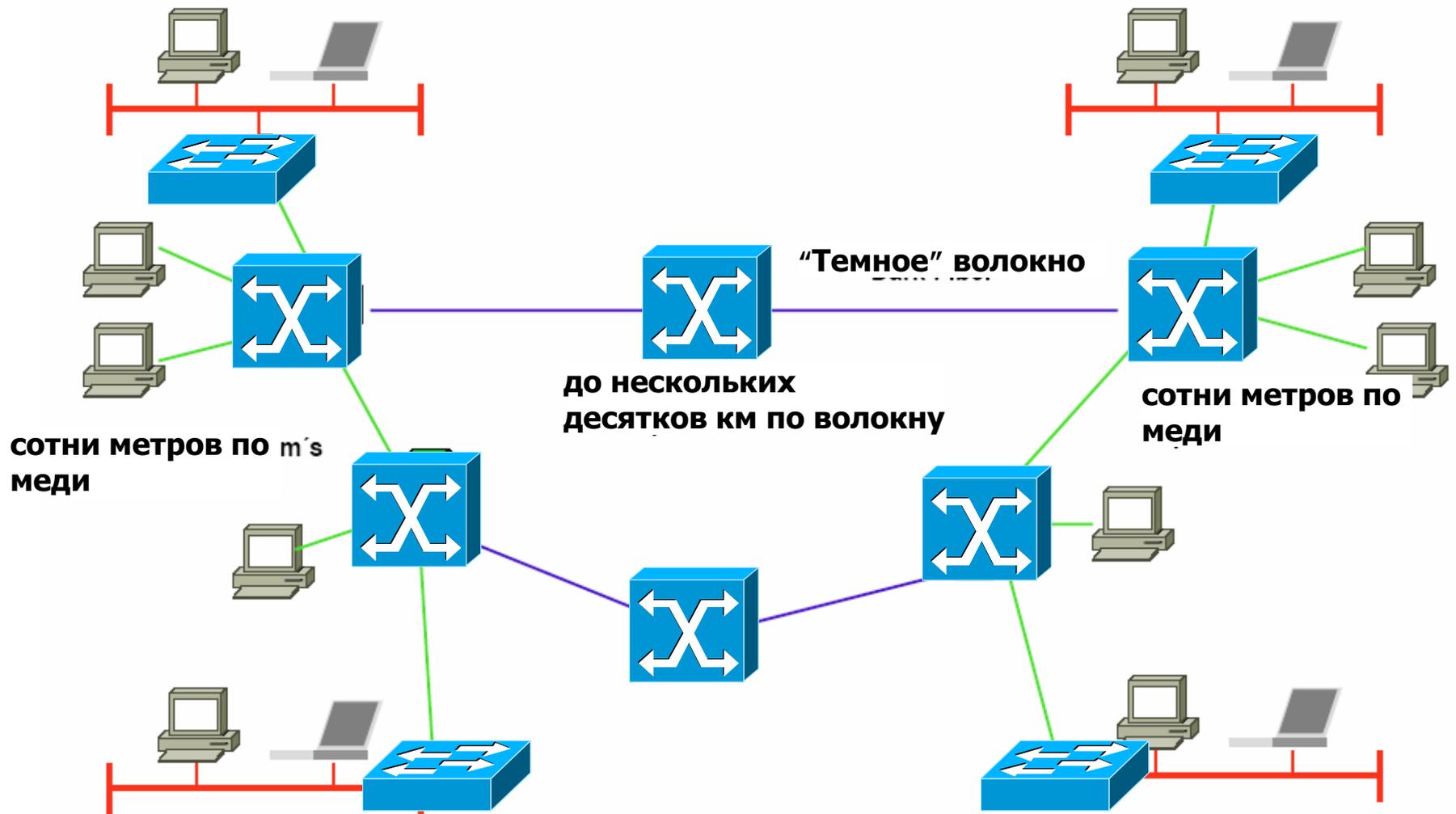
POTS (ТФОП), Plain Old Telephone Service — обычная телефонная сеть; простая и старая

PABX (PBX, УАТС) – Private Branch eXchange - частная телефонная систем/учрежденческая АТС

ATM-VC's внутри SDH-каналов



ATM как LAN/ MAN технология основанная на “темном” волокне



Ответственные за стандарты

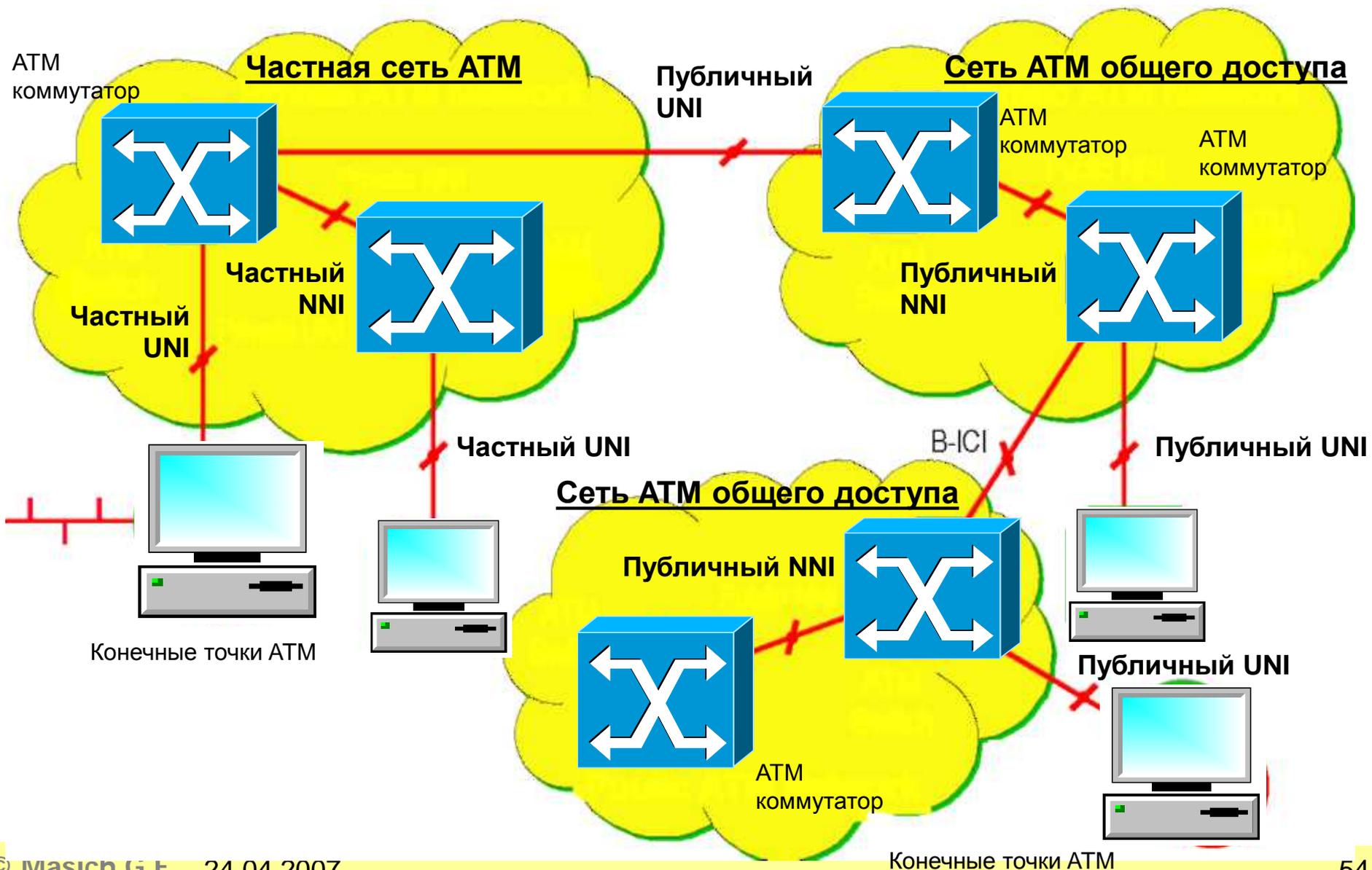
● Частные (Private) АТМ сети: АТМ форум

- Private UNI
 - ✓ Адресация подобно адресам OSI NSAP
- Private NNI
 - ✓ Динамическая маршрутизация на основе алгоритма LSA (Link State Algorithm) (PNNI)

● Общественные (Public) АТМ сети: ИТУ-Т

- Public UNI
 - ✓ Адресация основана на схеме адресации E.164
- Public NNI
 - ✓ Статическая маршрутизация

Типы UNI и NNI



Network Node Interface (NNI)

● Публичный NNI (NNI-ISSI → Public NNI)

- ISSI (Inter Switch System Interface) – Интерфейс между коммутаторами одного сервис провайдера

● NNI-ICI (B - ICI)

- ICI (Inter Carrier Interface) - Интерфейс между операторами
- Используется для соединения коммутаторов двух ATM сетей различных сервис провайдеров

● Частный (Private) NNI

- Используется для соединения двух коммутаторов различных вендоров в приватной ATM сети

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - **Подробности ATM коммутации**
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

Эталонная модель B-ISDN / ATM

● Уровни:

- L1 - Физический
- L2 - ATM
- L3 – уровень адаптации ATM (AAL)
- а также включает верхние уровни, используемые пользователем

● Плоскости:

▪ Пользователя

- ✓ Отвечает за передачу и управление потоком информации и восстановление данных

▪ Управление

- ✓ Отвечает за установление и поддержку сетевого соединения

▪ Административного управления (плоскость менеджмента)

- ✓ Уровнями

- Отвечает за сервис эксплуатации, управления и обслуживания (ЭТО) логических объектов каждого уровня

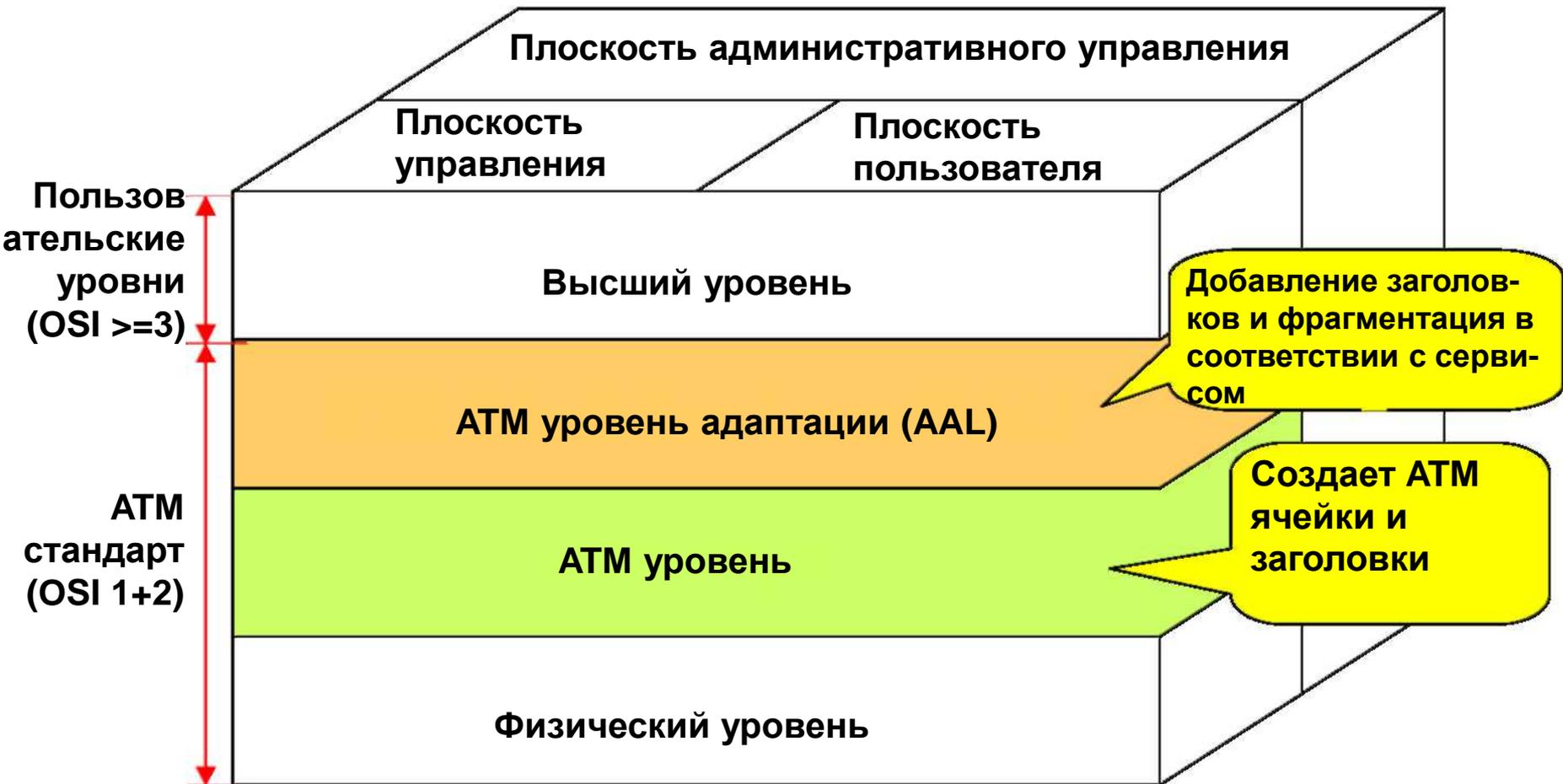
- администрирования и управления операциями (OAM):

- например мета-сигнализация, присущий уровню информационный поток администрирования и управления операциями (OAM): обнаружение неисправностей и разрешение проблем, связанных с протоколами

- ✓ плоскостями

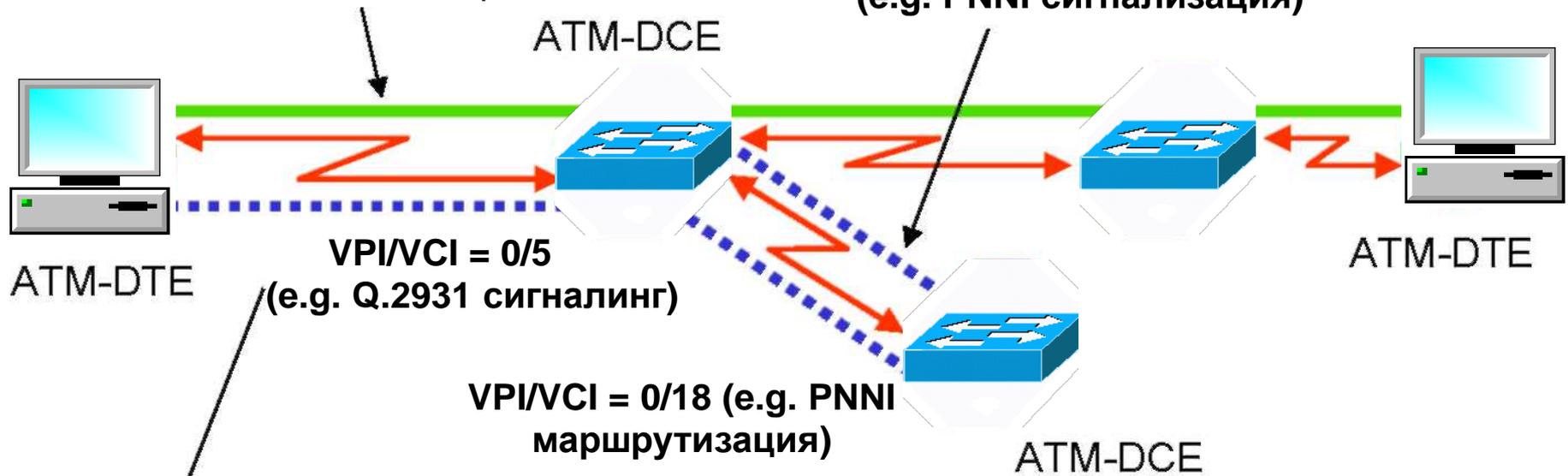
- Координация работы всех плоскостей

ATM эталонная модель



Плоскость управления <-> Плоскость пользователя

Плоскость пользователя определяет протоколы используемые между ATM DTE на магистрали



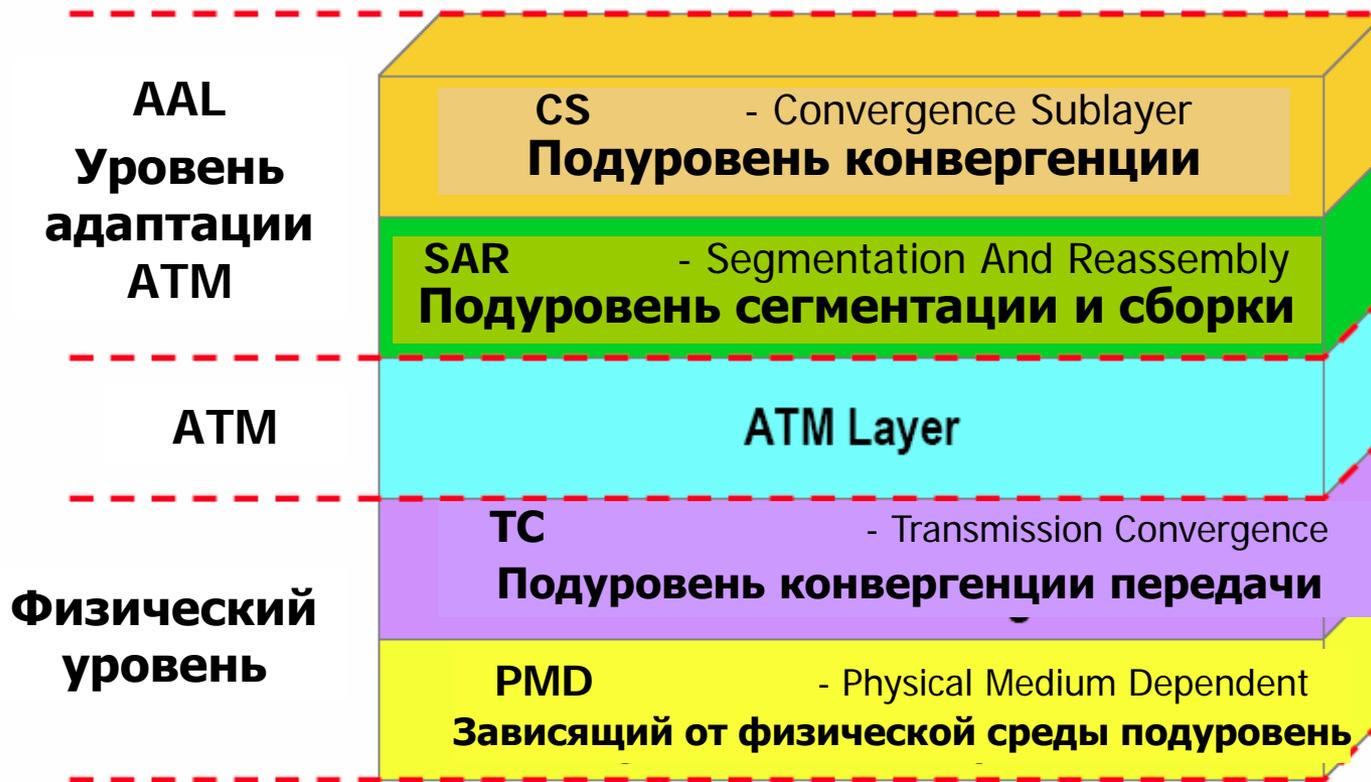
Плоскость управления определяет протоколы используемые между ATM DTE и ATM DCE или между ATM DCE и ATM DCE

Физическая линия

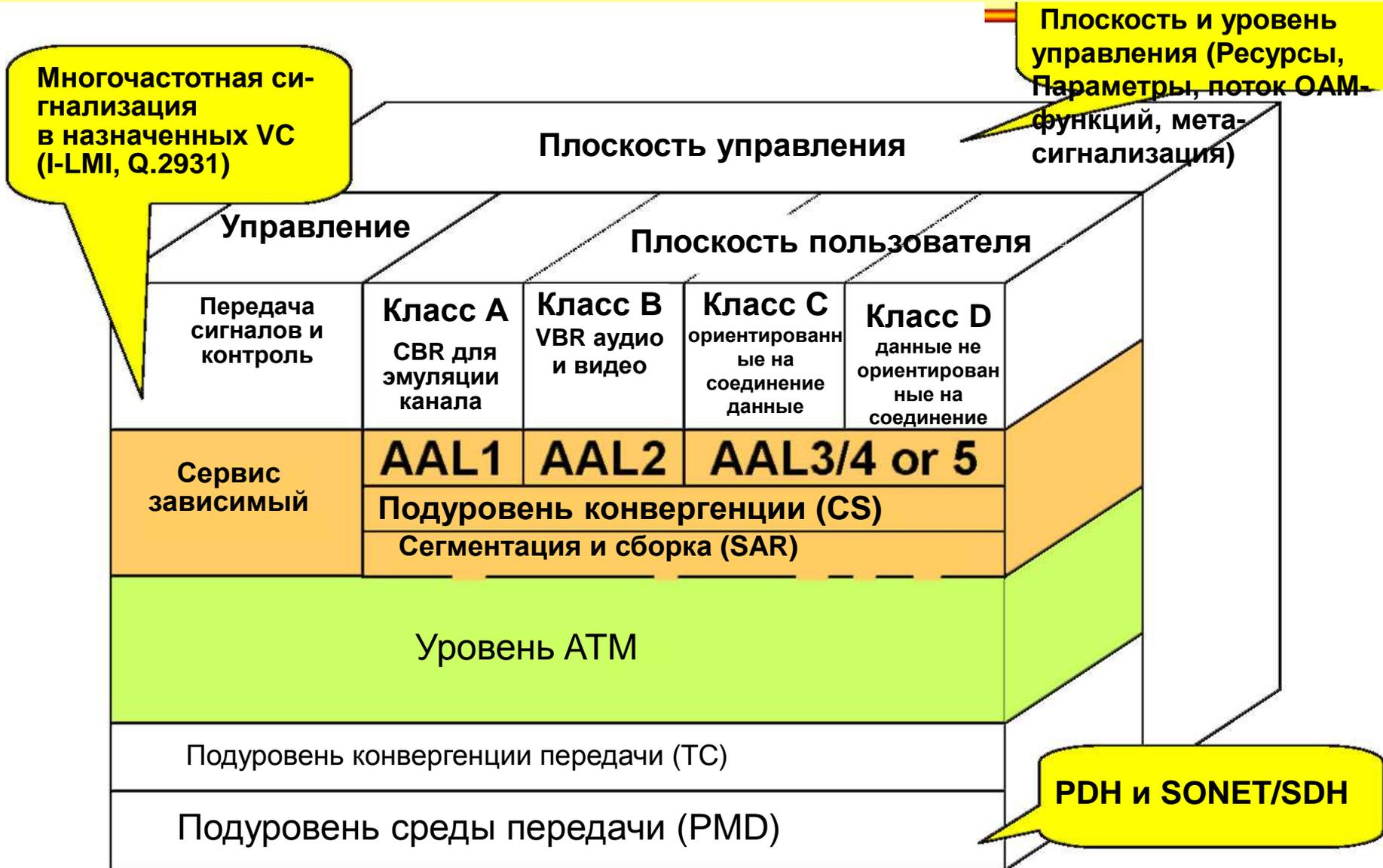
Виртуальный канал для пользовательских данных

Виртуальный канал для сигнализации / ILMI / маршрутизации

АТМ уровни подробности



Уровни АТМ и классы трафика



Уровни АТМ и 4 класса трафика

- **Класс А : услуги передачи изохронных приложений**
 - Требуют установление соединения и постоянной скорости передачи (CBR) для передачи голоса, видео, мультимедиа ...;
- **Класс В: услуги передачи синхронизируемых приложений**
 - Требуют установление соединения и допускают переменную скорость передачи (VBR), характерно для передачи пакетизированного видео и речи
- **Класс С: услуги передачи данных (асинхронных приложений)**
 - Требуют установление соединения и допускают переменную скорость передачи (VBR), характерны для сетей пакетной коммутации X.25 или FR
- **Класс D: услуги передачи данных (асинхронных приложений)**
 - Не требуют установление соединения и допускают переменную скорость передачи (VBR); характерны для дейтаграммных сетей LAN и IP

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - Подробности ATM коммутации
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

Физический уровень (L1 ATM)

● Отличается от L1 OSI

- L1 OSI передает биты через среду, L1 ATM передает ячейки
- Поэтому часть функций по обработке ячеек отнесены к физическому уровню и возложены на подуровень конвергенции (преобразования) передачи (Transmission Convergence Sublayer - TCS)

● TCS располагается над подуровнем PMD, ориентированным на среду передачи (Physical Medium Dependent Sublayer - PMD).

- подуровень PMD, зависящий от физической среды / носителя, отвечает за стандартные функции L1 OSI RM, такие как типы соединителей, способы кодирования и пр.

● Достигается простая замена физической среды

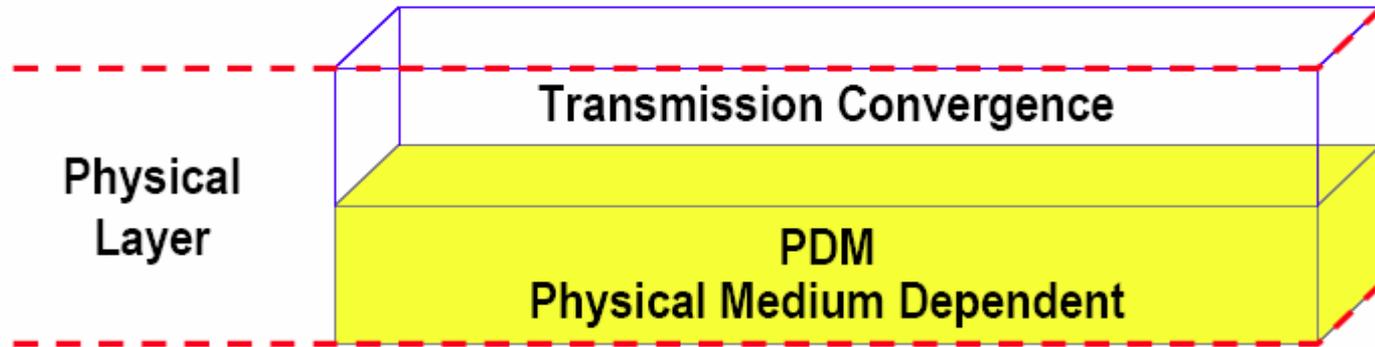
- ATM легко адаптируется к самым новым технологии передачи



Состоит из двух подуровней:

- Подуровень конвергенции (преобразования) передачи
- Зависящий от физической среды подуровень

Подуровень PMD



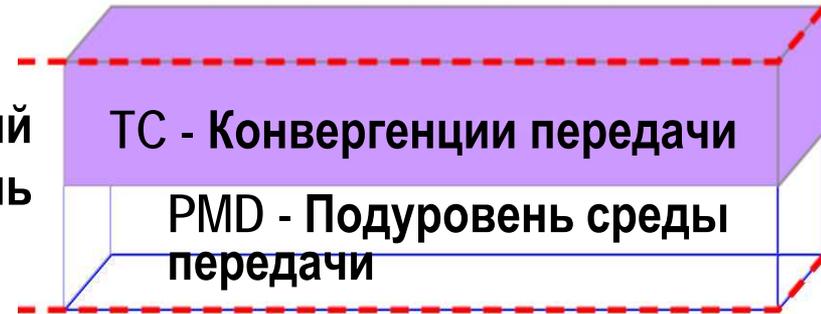
- **PMD определяет среду, линейные коды, соединители**
 - Возможность передачи бит, разрядное выравнивание
 - ✓ (Bit-synchronization, Clock-synchronization) (битовая синхронизация, синхронизация ячеек)
 - Линейное кодирование/преобразование электрическое/оптическое
 - Много различных сред определено в различных стандартах

Подуровень “конвергенции”

● TC

- зависит от PMD
- определяет границы ячеек
- поддерживает скорость ячеек
 - ✓ вставка пустых ячеек в паузах и их изъятие на приеме с целью поддержания постоянства потока ячеек
- Адаптация к различным форматам систем передачи (SDH, PDH, SONET, темное волокно)
- Формирование и восстановление структур потоков (например, PDH / SDH кадры)

Физический
уровень



● На выходе подуровня конвергенции:

- принимает последовательность ячеек от уровня ATM
- добавляет к ним контрольную сумму заголовка HEC
- преобразует результат в битовый поток
- следит за соответствием скорости потока бит скорости физического носителя, вставляя в качестве наполнителя пустые ячейки (OAM-ячейки)

● На входе подуровня конвергенции

- принимает поток битов от подуровня PMD
- обнаруживает границы ячеек
- проверяет заголовки, игнорируя ячейки с неверными заголовками
- обрабатывает пустые / OAM-ячейки
- передает информационные ячейки уровню ATM

Некоторые доступные Интерфейсы

Стандарт	Скорость	Среда	Комментарии	Кодирование	Коннектор	Использование
SDH STM-1	155,52	Coax	75 Ohm	CMI	BNC	WAN
PDH E4	139,264	Coax	75 Ohm	CMI	BNC	WAN
PDH DS3	44,736	Coax	75 Ohm	B3ZS	BNC	WAN
PDH E3	34,368	Coax	75 Ohm	HDB3	BNC	WAN
PDH E2	8,448	Coax	75 Ohm	HDB3	BNC	WAN
PDH J2	6,312	TP/Coax	110/75 Ohm	B6ZS/B8ZS	RJ45/BNC	WAN
PDH E1	2,048	TP/Coax	120/75 Ohm	HDB3	9pinD/BNC	WAN
PDH DS1	1,544	TP	100 Ohm	AMI/B8ZS	RJ45/RJ48	WAN
SDH STM-4	622,08	SM fiber		SDH	SC	LAN/WAN
SDH STM-1	155,52	SM fiber		SDH	ST	LAN/WAN
SDH STM-1	155,52	MM fiber	62,5 um	SDH	SC	LAN/WAN
SDH STM-4	622,08	SM fiber		NRZ	SC (ST)	LAN
SDH STM-4	622,08	MM (LED)		NRZ	SC (ST)	LAN
SDH STM-4	622,08	MM (Laser)		NRZ	SC (ST)	LAN
SDH STM-1	155,52	UTP5	100 Ohm	NRZI	RJ45	LAN
SDH STM1	155,52	STP (Type1)	150 Ohm	NRZI	9pinD	LAN
Fiber Channel	155,52	MM fiber	62,5 um	8B/10B	MIC	LAN
TAXI	100	MM Fiber	62,5 um	4B/5B		LAN
SONET STS1	51,84	UTP3		NRZI	RJ45	LAN
ATM25	25,6	UTP3		NRZI	RJ45	LAN

Физические уровни

- **Ремарка: Несколько спецификаций физических уровней, которые хорошо применимы внутри здания и практически не применимы для доступа к сети общего пользования**
 - Подключение к сети АТМ общего пользования осуществляется посредством “интерфейса пользователь-сеть сети общего пользования” (public user-network interface)
 - Подключение к корпоративному коммутатору АТМ, входящему в состав корпоративной сети АТМ предприятия, осуществляется посредством “частного интерфейса пользователь-сеть” (private user-network interface)
- **Имеется тенденция использования различных физических интерфейсов для private UNI и для public UNI**
 - Большое количество интерфейсов private UNI демонстрирует одну из сильных сторон АТМ: отсутствие жесткой ориентации на единственный физический уровень
 - Спектр возможных реализаций private UNI достаточно широк:
 - ✓ от 25 Мбит/с на основе неэкранированного симметричного кабеля категории 3
 - ✓ до интерфейса со скоростью 622 Мбит/с на основе оптического волокна.
 - Заметим, что физический уровень STM-1 может применяться в обоих типах интерфейсов

Private UNI

Интерфейсы private UNI физического слоя Форума ATM		
Формат кадра	Скорость/ Линейная скорость	Среда передачи
Поток ячеек	25.6 Мбит/с / 32 Мбод	UTP3
STS-1	51.84 Мбит/с	UTP3
FDDI	100 Мбит/с / 125 Мбод	MMF
STM-1, STS-3c	155.52 Мбит/с	UTP5, STP
STM-1, STS-3c	155.52 Мбит/с	SMF, MMF, CP
Поток ячеек	155.52 Мбит/с / 194.4 Мбод	MMF, STP
STM-1, STS-3c	155.52 Мбит/с	UTP3
STM-4, STS-12	622.08 Мбит/с	SMF, MMF

- **UTP3** - неэкранированный симметричный кабель категории 3;
- **UTP5** - неэкранированный симметричный кабель категории 5;
- **STP** - неэкранированный симметричный кабель;
- **MMF** - многомодовое оптоволокно;
- **SMF** - одномодовое оптоволокно

Public UNI

● PDH: T1 и T3 в Северной Америке, E1 и E3 в Европе, J1 в Японии.

● Специфицированы SDH и дробные потоки T3/E3

- Окончательные детали некоторых спецификаций еще не утверждены (отмечено в таблице звездочкой)

● Примечание. В Public UNI скорости ниже по сравнению с Private UNI. Основная причина этого обстоятельства:

- относительная дороговизна пропускной способности сетей общего пользования
- и, следовательно, относительно большая потребность в низкоскоростном доступе к сетям общего пользования

TP - симметричный кабель

CP - коаксиальный кабель

Интерфейсы public UNI физического слоя Форума ATM		
Формат кадра	Скорость/ Линейная скорость	Среда передачи
DS-1	1.544 Мбит/с	TP
DS-3	44.736 Мбит/с	CP
STM-1, STS-3c	155.52 Мбит/с	SMF
E1	2.048 Мбит/с	TP, CP
E3	34.368 Мбит/с	CP
J2	6.312 Мбит/с	CP
n× T1*	n× 1.544 Мбит/с	TP
n× E1*	n× 2.048 Мбит/с	TP

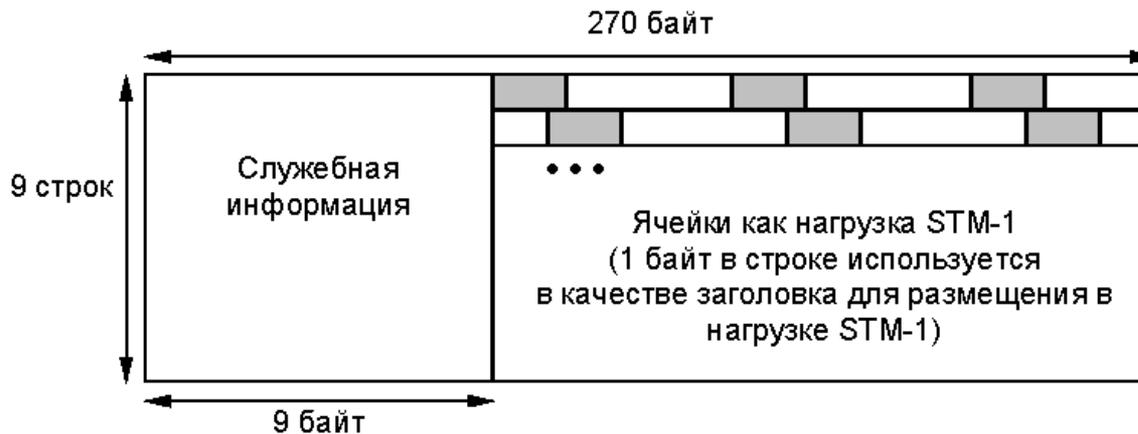
Потоки SDH

- Наиболее популярная система передачи для АТМ
- Обычная физическая среда для SDH - оптическое волокно, возможна и радиолиния (STM-RR)
- Имеют прекрасные возможности масштабируемости
 - STM-1 (155 Мбит/с)
 - STM-4 (622 Мбит/с)
 - STM-16 (2,5 Гбит/с)
 - STM-64 (10 Гбит/с)

Поток SDH STM-1, 155 Мбит/с

● синхронный транспортный модуль STM-1 (155 Мбит/с)

- таблицы из 9 строк и 270 столбцов
- каждая ячейка таблицы представляет собой один байт, несущий информацию со скоростью 64 кбит/с
- передача бит - слева направо сверху вниз
- длительность STM цикла составляет 125 мкс
- скорость передачи нагрузки 149,76 Мбит/с



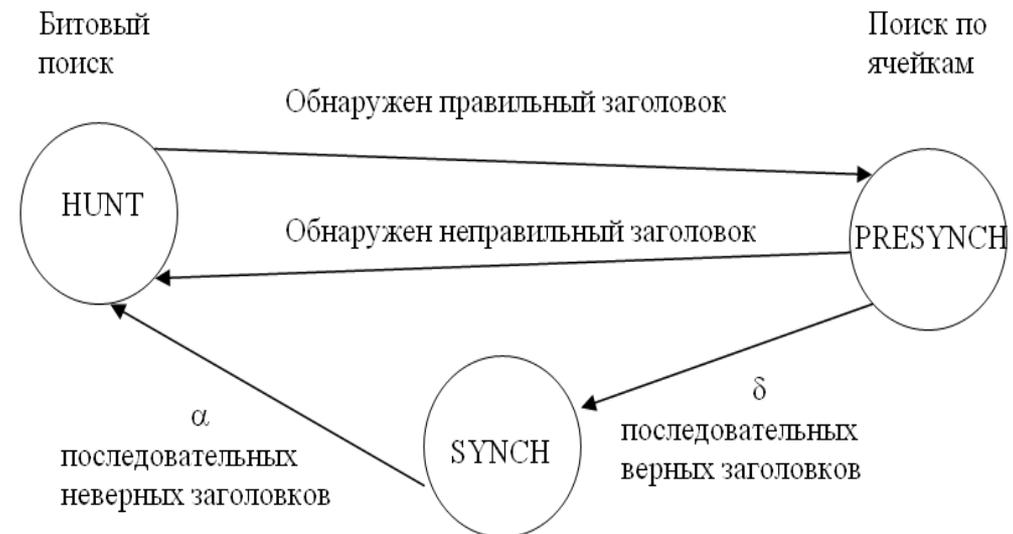
Скорость передачи нагрузки (ячеек) составляет $9 \times 260 \times 8 / 125 \text{ мкс} = 149,76 \text{ Мбит/с}$

HEC схема определения границ ячеек

- Производится по контрольной сумме заголовка ячейки (HEC) (ITU-T I4.321)
- В состоянии HUNT (поиск):
 1. предполагаем, что в настоящий момент 40 бит (5 байт) являются заголовком
 2. подсчитываем контрольную сумму по первым 32 битам (4 байта) и сравниваем с последующими 8 битами (пятый байт заголовка ячейки должен быть полем HEC)
 3. если суммы совпадают, то приемник: переходит в состояние PRESYNCH
 4. если суммы не совпали, происходит сдвиг на один бит и возвращаемся к 1
- В состоянии PRESYNCH (предварительная синхронизация):
 - Пропускаем 48 байт, проверяем контрольную сумму второго заголовка
 - При совпадении контрольной суммы “дельта” раз подряд приемник переходит в состояние SYNCH
 - Если контрольные суммы не совпадают, производится сдвиг временного окна и поиск продолжается

- В состоянии SYNCH (синхронизация)

- Подсчитывается и проверяется контрольная сумма для каждой ячейки
- Если не совпадет **альфа раз подряд**, переход в состояние HUNT (поиск)
- Понятна идея атаки

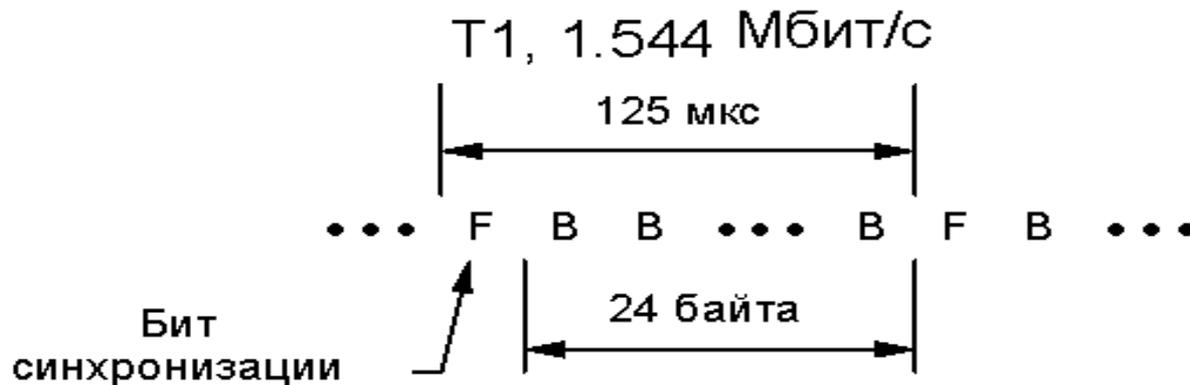


Определение границ ячеек при использовании SDH

- **В случае, когда ячейка содержит одни нули, контрольная сумма, вычисленная с помощью обычного циклического кода, будет также равна нулю**
 - Следовательно, вычисление контрольной суммы должно проводиться по алгоритмам, отличным от простого циклического кода
- **Конкретная реализация алгоритма: вычисление с помощью циклического кода с последующим поразрядным сложением контрольной суммы по модулю 2 с определенной “маской”**
 - Даже в случае нулевой контрольной суммы результат будет отличен от нулевого. На приеме перед вычислением контрольной суммы маска снимается
- **Результирующая скорость передачи нагрузки (без учета заголовков ячеек)**
 - для STM-1 составляет около 135 Мбит/с
 - реально скорость передачи оказывается несколько ниже и в значительной степени зависит от уровня AAL (подробнее будет описано ниже)

Поток T1, 1.544 Мбит/с

- **Формат кадра T1: 24 последовательно идущих байта и один бит заголовка для целей синхронизации**
 - Применяется специальный порядок следования битов заголовка, что позволяет их идентифицировать, и тем самым определить структуру кадра
- **Как определяются границы ячеек? Как и при SDH по НЕС**
 - Ячейки располагаются внутри байт нагрузки T1
 - 24 байта ячейки в первом кадре, 24 - во втором и оставшиеся 5 байт - в третьем
 - Далее в третьем блоке располагаются байты следующей ячейки и т.д.
- **скорость передачи нагрузки (ячеек) с помощью T1 составляет около 1.4 Мбит/с**



$(24 \text{ байта} \times 8 \text{ бит/байт}) / 125 \text{ мкс} = 1.536 \text{ Мбит/с}$ нагрузки

Определение границ ячеек по НЕС аналогично SDH

Скорость передачи ячеек $1.536 \text{ Мбит/с} \times (48/53) = 1.391 \text{ Мбит/с}$

Поток Т3, 44 Мбит/с

Структура кадра Т3

- первый бит - служебная информация
- затем 84 бита информационной нагрузки
- (7 x 8 x 84) информационных бит в кадре за 106,4 мкс или 44,21 Мбит/с

Определение границ ячеек

- желательно иметь кадр длительностью 125 мкс
- Эти операции осуществляются с помощью специального заголовка кадра
 - ✓ два байта синхросигнала (СС)
 - ✓ байт номера кадра
 - ✓ байт признака вставки
- Приемник начинает определение границ ячеек с поиска синхросигнала
 - ✓ после чего считывает номер кадра
 - ✓ затем пропускаются следующие за номером кадра 54 байта
 - ✓ за этими байтами должен опять следовать синхросигнал и очередной на единицу меньший номер кадра
 - ✓ если это так, то границы ячеек определены и продолжается проверка границ ячеек по указанному алгоритму для подтверждения временной позиции начала ячеек в кадре DS-3
- Длительность кадра увеличивается с 106,4 мкс до 125 мкс вставкой размером 13 или 14 бит
 - ✓ Длина вставки определяется байтом признака вставки.
- Скорость передачи нагрузки в данном случае составляет около 37 Мбит/с

Т3, 44 Мбит/с



Кадр Т3, длительность 106,4 мкс

Скорость передачи нагрузки (ячеек) составляет $7 \times 8 \times 84 / 106,4$ мкс = 44,21 Мбит/с

TCS разносит биты 53-байтных ячеек по битам нагрузки

Размещение ячеек в потоке Т-3



СС - синхросигнал

За 125 мкс передается 12 ячеек (96000 ячеек в секунду)

Скорость передачи нагрузки (ячеек) составляет 36,864 Мбит/с

Вставка составляет 13 или 14 бит и ее длина индицируется байтом С в заголовке

Поток E1, 2.048 Мбит/с

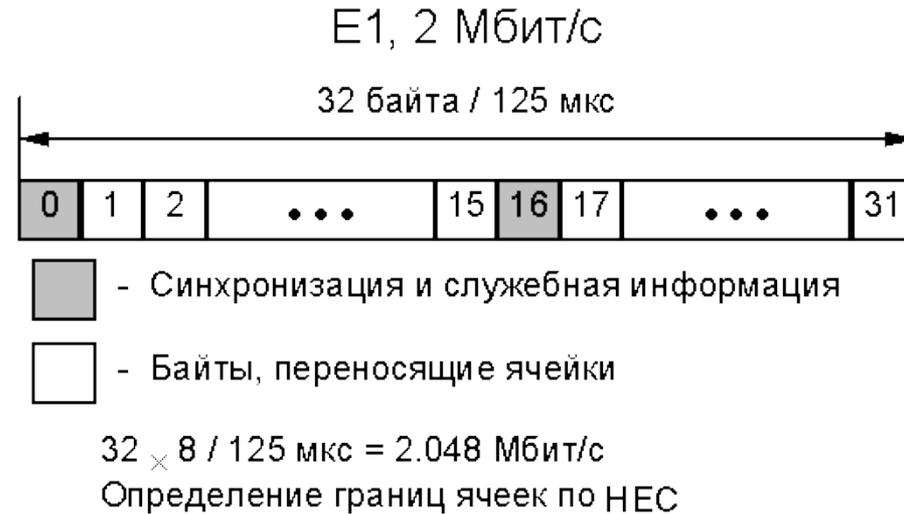
● Структура кадра E1

- 32 байта , повторяющихся с периодом 125 мкс
- Байты 0 и 16 используются для синхронизации и других служебных целей
- Остальные 30 байт используются для передачи ячеек

● E1 переносит ячейки со скоростью 1.920 Мбит/с

● границы ячеек определяются по НЕС

- так же, как и в случае SDH и T1,

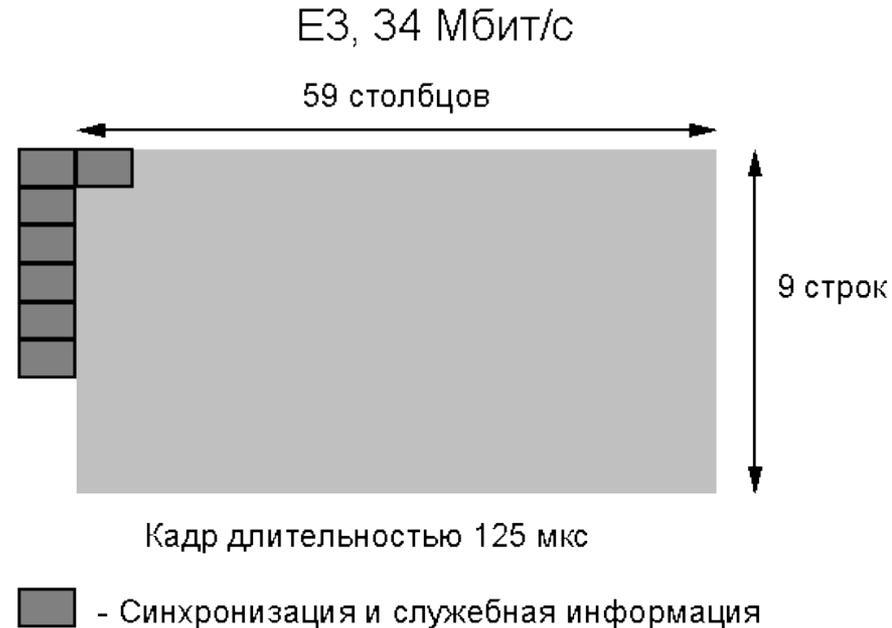


Поток E3, 34 Мбит/с

● Структура кадра E3

- Кадр содержит
 - ✓ 9 строк по 59 байт в каждом
 - ✓ 6 дополнительных байт для синхронизации и служебной информации.
- длительность 125 мкс
- Скорость потока составляет 34.368 Мбит/с
- Емкость по переносу ячеек составляет 33.92 Мбит/с.

● Для определения границ ячеек также используется НЕС



$$((59 \times 9) + 6) \times 8 / 125 \text{ мкс} = 34.368 \text{ Мбит/с}$$

Для определения границ ячеек используется НЕС

Кодирование 8В10В, 155 Мбит/с

155 Мбит/с, 8В/10В

- **Скорость 155 Мбит/с специально выбрана совпадающей с STM-1**
 - но определение границ ячеек и кодирование бит отличен от STM-1
- **физический интерфейс использует**
 - многомодовое волокно до 2 км
 - экр. симметричный кабель до 100 м для проводки внутри здания
- **Идея линейного кодирования 8В10В**
 - 10 бод в линии несут 8 бит информации
- **Определение границ ячеек**
 - при помощи специального синхросигнала (СС) длиной 5 бод
 - ✓ СС уникален и не может повториться в пользовательских данных
 - ✓ СС легко обнаружить и тем самым определить границы ячеек
 - за синхросигналом следует 48 бод для передачи служебной информации (СИ)
 - за ячейкой СИ следуют 26 ячеек, содержащих информацию пользователей

- Скорость передачи в линии составляет 155,52 Мбит/с
- Используется многомодовое оптическое волокно, причем длина линии не превышает 2 км
- Используется линейный код 8В/10В, аналогичный стандарту Fibre Channel
- Скорость передачи нагрузки (ячеек) $155,52 \times (26/27) \times (58/53) = 135,63$ Мбит/с, что равно скорости передачи нагрузки при использовании STM-1

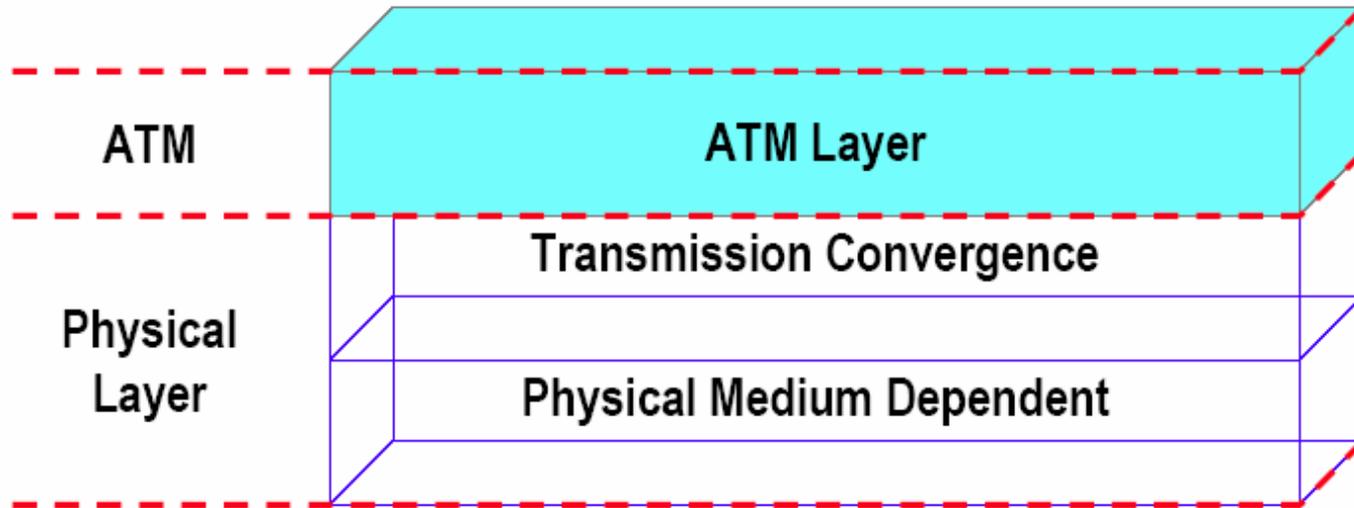


Таким образом, имеется повторяющаяся структура из синхросигнала, ячейки СИ, 26 "пользовательских ATM-ячеек", затем опять синхросигнал и т.д. Скорость передачи ячеек составляет 135,6 Мбит/с, что эквивалентно аналогичному показателю для STM-1. Это очень удобно для перехода к STM-1, используемому в распределенной по площади корпоративной сети. Данный переход может быть осуществлен на физическом уровне соответствующим преобразователем, не нуждающимся в наличии буферов из-за равенства скоростей преобразуемых потоков. Заметим, что данный блочный код не является изобретением Форума ATM и соответствует применяемому в стандарте Fiber Channel. Позицией Форума ATM является применение, по возможности, известных стандартов, пригодных для использования в технологии ATM

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - **Подробности ATM коммутации**
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

Уровень АТМ



- **Прозрачная передача АТМ-ячеек**

- Не зависит от физического уровня

- **Мультиплексирование / демультиплексирование ячеек с различными VCI/VPI**

- **Трансляция VPI/VCI (замена адресов)**

Уровень АТМ

- **Изъятие/добавление заголовка ячейки в конечных точках соединения (пунктах адресата/источника)**
- **Коммутация ячеек с заменой адресов (Label Swapping)**
- **Управление ошибками - ОАМ ячейки (F4/F5)**
 - ОАМ = Operation And Maintenance [администрирование и управление операциями (группа функций управления сетью, обеспечивающая индикацию сбоев, получение данных о производительности и техническую диагностику)]
- **Мета-сигнализация**
- **Ограничение трафика**
 - Удостоверяемся что узлы не превышают оговоренные QoS соглашения о параметрах
- **Управление потоком (в случае АВР)**

Уровень АТМ

- **Таблица коммутации соединений (или таблица маршрутизации - routing table)**

- содержит соответствия между входными и выходными VPI/VCI и портами коммутатора

- **При поступлении ячейки коммутатор анализирует значение VPI/VCI в заголовке**

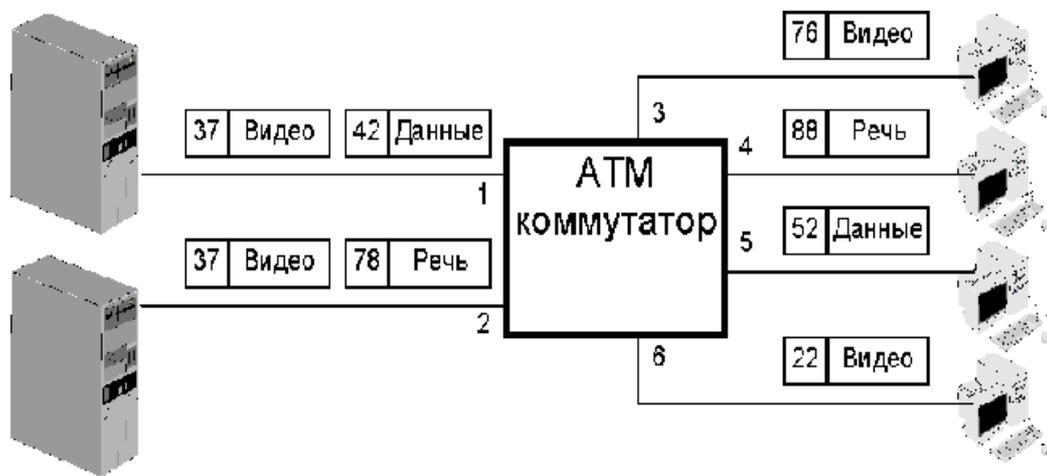
- Предположим, что входящий VPI/VCI - 0/37.
- Поскольку ячейка поступила на порт 1, коммутатор анализирует запись в таблице для порта 1 и обнаруживает, что ячейка должна быть направлена в порт 3.
- Кроме того, при посылке на порт 3 необходимо поменять VPI/VCI ячейки на значение 0/76.

Уровень АТМ

- **Таким образом, заголовок ячейки меняется при ее прохождении через коммутатор**
 - Нагрузка остается без изменений.
- **Значения VPI/VCI меняются по двум причинам:**
 - Во-первых, всего 17 миллионов значений VPI/VCI. Если сеть очень велика, то данного числа может не хватить
 - Во-вторых, проблема администрирования уникальных значений VPI/VCI в большой сети. Например, как гарантировать, что устанавливаемое в Хабаровске новое соединение будет иметь уникальное значение, отличное от уже существующих в мире?
- **Оба этих соображения весьма актуальны для Internet, где доступно ограниченное число IP-адресов.**
 - Если сделать адресное пространство достаточно большим для обслуживания универсальных адресов, то размер заголовка в сравнении с нагрузкой будет неприемлемым

Уровень АТМ

- Итак, значение VPI/VCI является значимым только в отношении данного интерфейса
- Комбинация значений VPI/VCI позволяет сети ставить в соответствие
 - конкретную ячейку конкретному соединению,
 - и, следовательно, направлять ячейку по назначению.



	Порт	VPI/VCI	Порт	VPI/VCI
Видео	1	0/37	3	0/76
Данные	1	0/42	5	0/52
Видео	2	0/37	6	0/22
Речь	2	0/78	4	0/88

Виртуальные пути и виртуальные каналы

● Зачем нужны два поля (VPI/VCI) ?

- Упрощается адресация, т.к. позволяет объединить группу однородных (по какому либо признаку) пользователей в один VPI
- Схема маршрутизации становится более гибкой и простой, так как для адресации можно использовать только VPI

● Предположим, что необходимо соединить два пункта посредством ATM

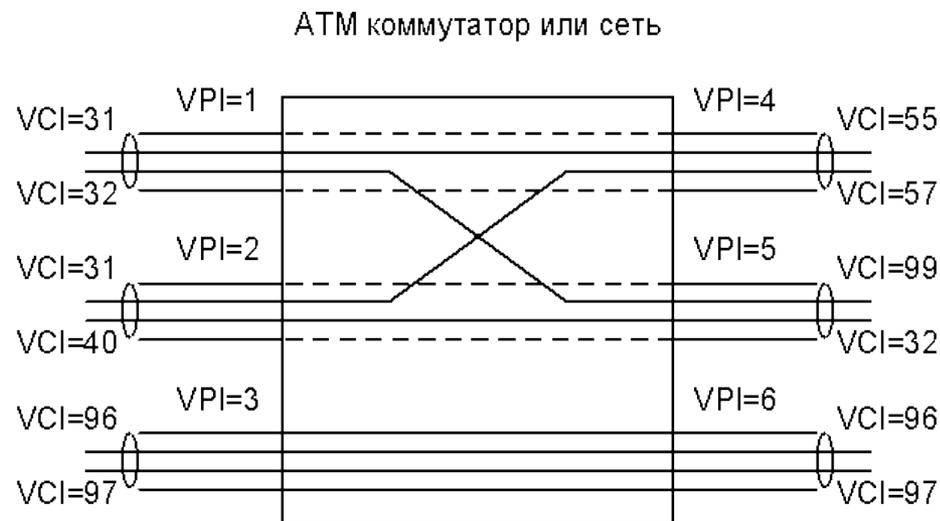
- Очевидно, было бы хорошо иметь пучок соединений
- Тогда возможно устанавливать и разъединять виртуальные каналы между двумя пунктами без обращения к транспортной сети
- и, что более важно, без выполнения протоколов соединения в ATM транспортной сети

Виртуальные пути и виртуальные каналы

Зачем нужны два поля (VPI/VCI) ?

- На рисунке показан виртуальный путь VPI=3, содержащий два виртуальных канала. Эти виртуальные каналы коммутируются как пучок и направляются далее в сеть без изменения значений VCI.
- Сеть не меняет (не обращает внимания) значения VCI и рассматривает только поле VPI. Поле VPI может меняться, но пучок в целом проходит через сеть как единый объект

- При необходимости добавления еще одного канала в пучок должно взаимодействовать только оконечное оборудование, без необходимости перенастраивать сеть и обращаться к оператору сети
- Такой тип обслуживания называется службой виртуального пути (Virtual Path Service)



Пучки виртуальных каналов коммутируются через виртуальные пути

Категории обслуживания АТМ

- **Одной из ключевых идей АТМ является гарантия качества обслуживания. Рассмотрим основные категории обслуживания.**
 - **Категория постоянной скорости передачи (Constant Bit Rate - CBR)** представляет собой эмуляцию соединения. В этом случае сеть АТМ должна переносить непрерывный поток бит (например, 64 кбит/с). В этом случае подразумевается малая задержка и малое изменение задержки.
 - **Категория переменной скорости передачи реального времени (Real-Time Variable Bit Rate - rt-VBR)** определяет довольно жесткие требования к задержке, но относительно низкие требования к потере ячеек. Данная категория применима к типам трафика, чувствительным к задержке, но допускающим переменную скорость передачи.
 - **Категория переменной скорости передачи нереального времени (Non-Real-Time Variable Bit Rate - nrt-VBR)** является дополнением категории rt-VBR. В этом случае значение задержки не является определяющим, но потери ячеек должны быть крайне малы. Примером такого типа трафика является электронная почта.
 - **Категорию неспецифицированной скорости передачи (Unspecified Bit Rate - UBR)** можно характеризовать как “отправляй и молись”, т.к. UBR не предоставляет никаких гарантий.
 - **Категория доступной скорости передачи (Available Bit Rate - ABR)** использует управление потоком. Основной целью этой категории обслуживания является малая вероятность потери ячеек в сети.

Категории обслуживания АТМ

Категории обслуживания АТМ

- CBR
 - постоянная скорость передачи;
 - постоянный поток данных с жесткими требованиями к задержке и изменению задержки
- rt-VBR
 - переменная скорость передачи реального времени;
 - переменная полоса пропускания с жесткими требованиями к задержке и изменению задержки
- nrt-VBR
 - переменная скорость передачи нереального времени;
 - переменная полоса пропускания с жесткими требованиями к потере ячеек
- UBR
 - неспецифицированная скорость передачи;
 - гарантии не предоставляются (предоставляется лучшее из доступного)
- ABR
 - доступная скорость передачи;
 - управление потоком с жесткими требованиями к потере ячеек

Управление трафиком

- **Сеть АТМ должна однозначно и заблаговременно определять свои ресурсы для различных типов трафика**
 - Например, качественная передача речи требует малой задержки и малого джиттера задержки. Сеть может этот сервис гарантировать, путем так называемого управления трафиком (traffic management).
- **При установке соединения (канала или пути) терминал устанавливает с сетью соглашение по трафику (traffic contract).**
 - Это позволяет сети АТМ или сети оператора проанализировать существующие возможности сети и определить может ли устанавливаемое соединение обеспечить предъявляемые к нему требования.
- **Если ресурсы сети недостаточны, в соединении будет отказано.**
- **Если ресурсов сети достаточно, находится маршрут с достаточной емкостью для обеспечения запрашиваемых характеристик трафика**
- **Проблема**
 - характеристика трафика конкретного приложения редко известно точно. Пример: передача файлов, до начала передачи неизвестно какого размера файлы и как часто предполагается передавать, невозможно заранее определить, какими будут характеристики трафика

Управление трафиком

● **Идея управления трафиком:**

- Сеть “смотрит”, выполняют ли приходящие ячейки соглашение по трафику
- Ячейки, нарушающие соглашение (неконформные ячейки), имеют установленный бит CLP. Это означает, что они являются претендентами на сброс
- Неконформные ячейки ($CLP=1$) будут сбрасываться первыми при перегрузке сети.

● **Теоретически, если ресурсы сети определены правильно, сброс всех ячеек с $CLP=1$ будет являться результатом поддержания уровня обслуживания в некоторой точке сети**

- Следовательно: для гарантирования качества обслуживания (или нескольких типов качества обслуживания) необходимы различные типы трафика
- А раньше передавался только голос и использовался TDM.

Управление трафиком

Проблема: Обеспечение качества обслуживания

Как должны быть определены ресурсы сети АТМ, чтобы обеспечить хорошее качество соединения, включая недопущение перегрузки, т.е. как много виртуальных каналов может быть организовано на основе данной линии связи

Решение: Управление трафиком

- Принятие соглашения по трафику для каждого виртуального пути/канала
- Направление каждого виртуального канала/пути по маршруту с соответствующими ресурсами (Управление доступом - Admission Control)
- Выделение (с помощью бита приоритета потери ячейки CLR) ячеек, нарушающих соглашение по трафику, для последующего сброса (поддержание трафика - Traffic Policing)

Основной алгоритм скорости ячеек GCRA

- **Соглашение по трафику реализует алгоритм GCRA**
 - “основной алгоритм скорости ячеек” (Generic Cell Rate Algorithm - GCRA)
 - который иногда называют “дырявое ведро” (continuous leaky bucket)
- **GCRA определяет поток ячеек, нарушающих соглашение по трафику**

Пример обработки ячеек согласно GCRA

● Алгоритм определяется двумя параметрами:

- “I” - инкрементный параметр
- “L” - ограничивающий параметр

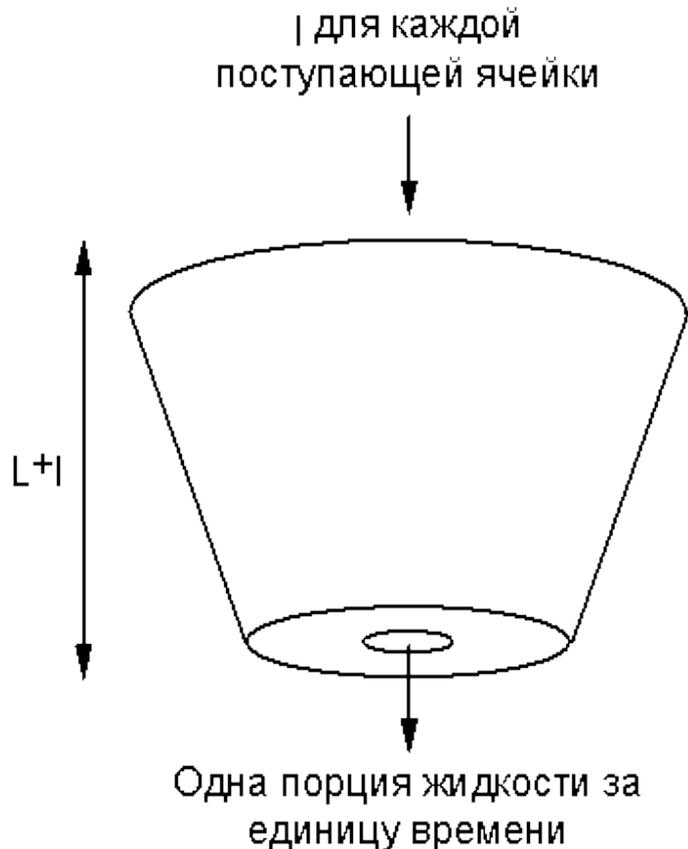
● Аналог алгоритма - ведро с дырой в дне:

- Одна порция жидкости вытекает из ведра за один период времени
- Параметр “I” управляет тем, как часто порция жидкости может быть налита в ведро
 - ✓ Это также можно представлять, как время, которое должно проходить между ячейками
 - ✓ Следовательно, “скорость” поступления порций жидкости в секунду обратно пропорциональна значению параметра “I”
 - ✓ Чем больше “I”, тем больше время, которое должно пройти между допустимыми порциями, т.е. скорость передачи снижается

Пример обработки ячеек согласно GCRA

- Параметр “L” схож с параметром “I”, за исключением того, что “L” влияет на размер выбросов нагрузки, которые могут быть обслужены.
- Таким образом, “I” и “L” вместе определяют размер ведра.

Основной алгоритм скорости ячеек



Для последовательности поступающих ячеек определяется, какие из них выполняют соглашение по трафику

Схема подсчета основывается на двух параметрах, обозначаемых GCRA (I,L):
Инкрементный параметр I:
зависит от скорости поступления ячеек
Ограничивающий параметр L:
зависит от неравномерности поступления ячеек

«Дырявое ведро»

Ячейки, приводящие к переполнению ведра, нарушают соглашение по трафику

Основной алгоритм скорости ячеек

- **Предположим, что $I=1$ (поступила одна порция за один период времени)**
 - В этом случае ячейка может быть передана сразу же после того, как она появилась на приемном порту, т.е. скорость передачи ячеек равна скорости канала (линии)
 - Поскольку одна порция жидкости вытекает из ведра за один период времени
- **Если $I=2$ (поступили две порции за один период времени),**
 - то ячейка может быть передана в каждый второй промежуток времени, т.е. скорость передачи ячеек будет составлять половину скорости канала (линии). (Здесь, для простоты, мы игнорируем параметр “L”)

Основной алгоритм скорости ячеек

• Таким образом, $1 / l$

- представляет собой допустимую скорость передачи ячеек как часть скорости передачи ячеек в линии.
- Другими словами, скорость передачи ячеек (ячейки/сек) = $(1/l) \cdot$ скорость передачи ячеек в линии (ячейки/сек)

Основной алгоритм скорости ячеек

• более наглядно

- представим, что в ведро наливается вода и что из ведра через дыру выливается один литр воды в единицу времени (за время передачи ячейки)
- Каждый раз, когда в сеть для данного соединения поступает ячейка, то сидящий рядом с ведром контролер трафика выливает в ведро “1” литров воды. Конечно, вода начинает вытекать.

• Если $I=2$,

- то только одна из двух ячеек приводит к помещению порции воды в ведро
- Другая ячейка может содержать “воду” для другого интерфейса или она может быть просто “пустой”

Основной алгоритм скорости ячеек

● Если ведро изначально пусто

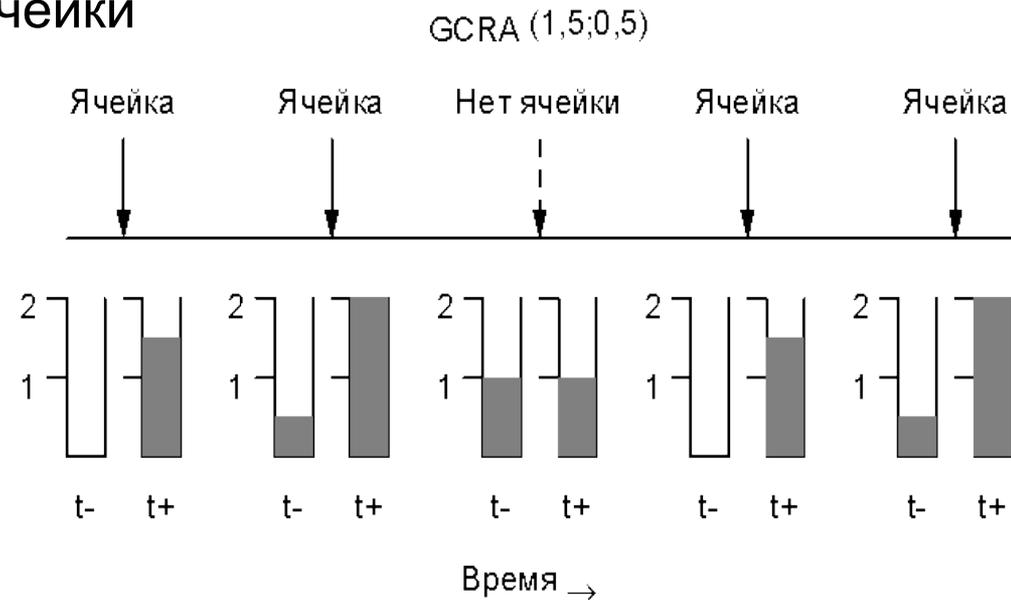
- то в него может поместиться много порций воды, но в конце концов оно заполнится. Конечно хорошо, если это случится попозже.

● Общая скорость, которая может быть обслужена,

- зависит от разницы между величиной “I” и скоростью вытекания
- “I” определяет общую (“долгосрочную”) скорость передачи ячеек
- “L” определяет размер неравномерности нагрузки, поскольку он определяет размер ведра
 - ✓ Следовательно, “L” определяет каким образом ячейки проходят через сеть. Это иллюстрируется двумя следующими подразделами.

Равномерный трафик

- Работу алгоритма GCRA на примере равномерного трафика
- Показано поступление ячеек (1 параметр = полтора литра), а также состояние ведра емкостью 2 литра
 - до поступления ячейки ($t-$)
 - и после ($t+$) поступления ячейки



Заполнение буфера (ведра) до и после передачи ячейки

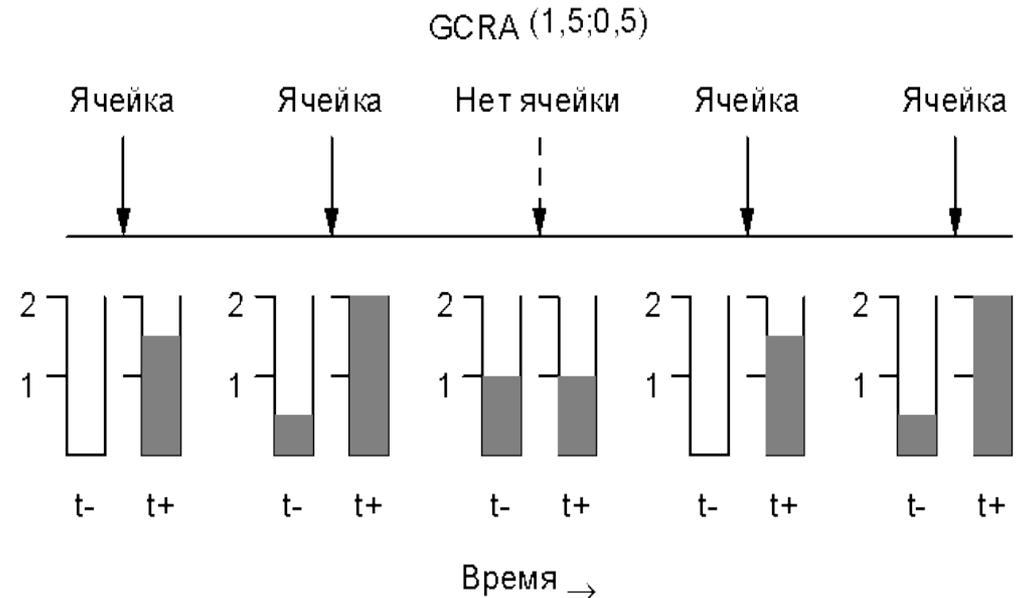
Равномерный трафик

- Предположим, что ведро пусто ($t-$)

- и поступает ячейка (1,5 литра) для данного соединения ($t+$)
- Наливаем полтора литра воды в ведро
 - ✓ Каждой ячейке соответствует полтора литра. Это инкрементный параметр "I"
 - ✓ Однако, за единицу времени может выливаться только один литр

- Ко времени поступления следующей ячейки ($t-$) выливается один литр и в ведре остается пол-литра воды.

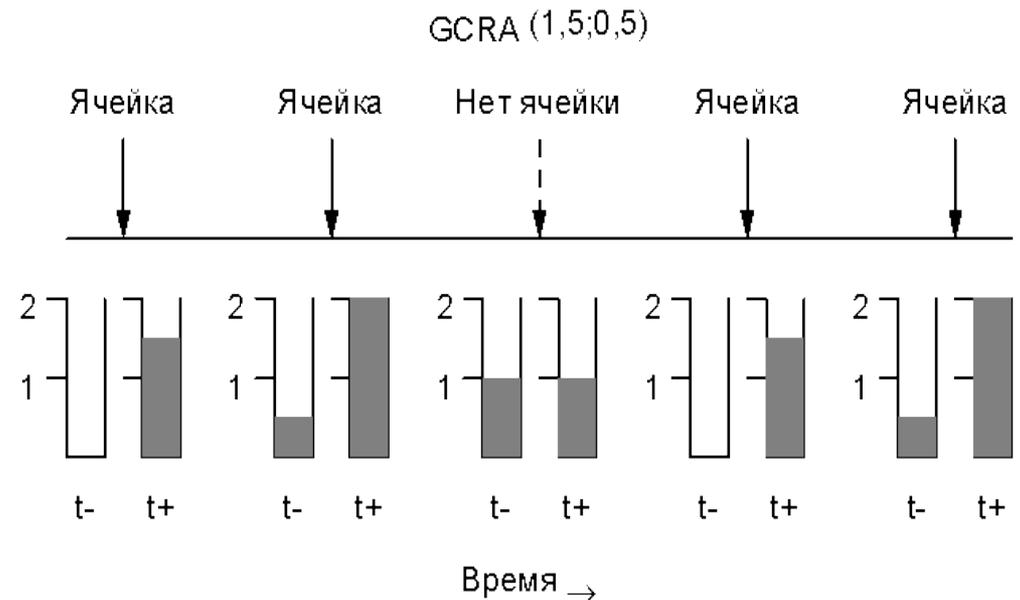
- Доливаем в ведро еще полтора литра ($t+$), соответствующих второй поступившей ячейке
- Теперь ведро содержит пол-литра от предыдущей ячейки и полтора - от поступившей, т.е. ведро заполнено



Заполнение буфера (ведра) до и после передачи ячейки

Равномерный трафик

- Если в следующий момент поступит ячейка (t -), то она будет нарушать соглашение, т.к. в ведре нет места для очередных полутора литров воды
- Предположим, что мы выполняем правила и не посылаем очередной ячейки, т.е. уровень воды в ведре остается прежним. В следующий момент вытекает и оставшаяся вода и мы снова имеем пустое ведро, т.е. то состояние, с которого начали



Заполнение буфера (ведра) до и после передачи ячейки

Равномерный трафик

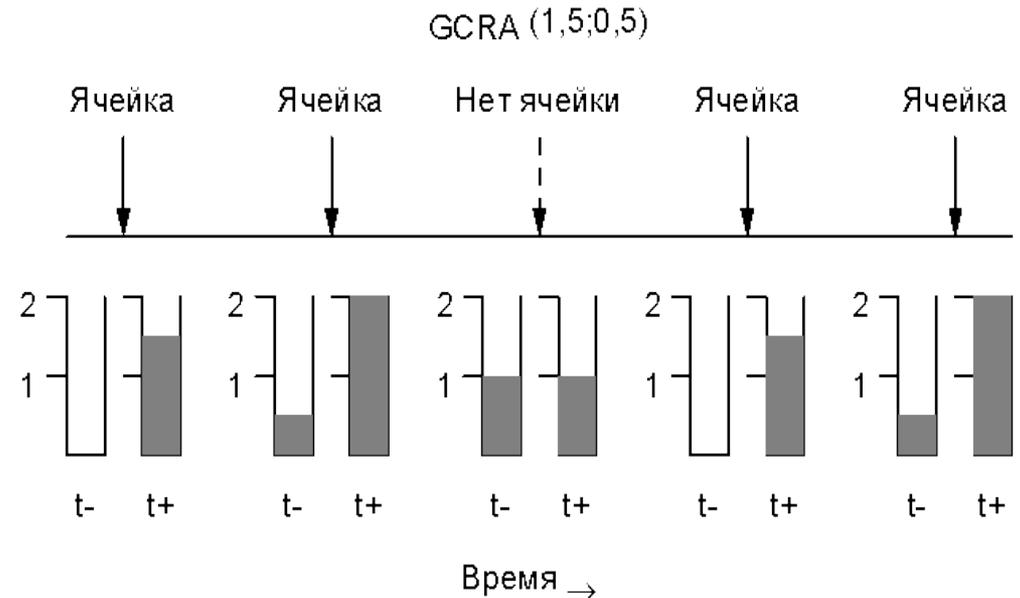
- Такой тип трафика называют “равномерным”, поскольку он имеет периодичный характер
 - В данной случае за три единицы времени передаются две ячейки и это повторяется периодически
 - Конечно, две ячейки из трех дают отношение, обратное инкрементному параметру $I=1,5$.

- Меняя величину параметра “ I ” и скорость вытекания можно получить

- желаемое соотношение переданных ячеек и общего времени

- 17 из 23, 15 из 16 и т.д.

- Это дает полную гибкость для достижения любой степени детализации скорости передачи

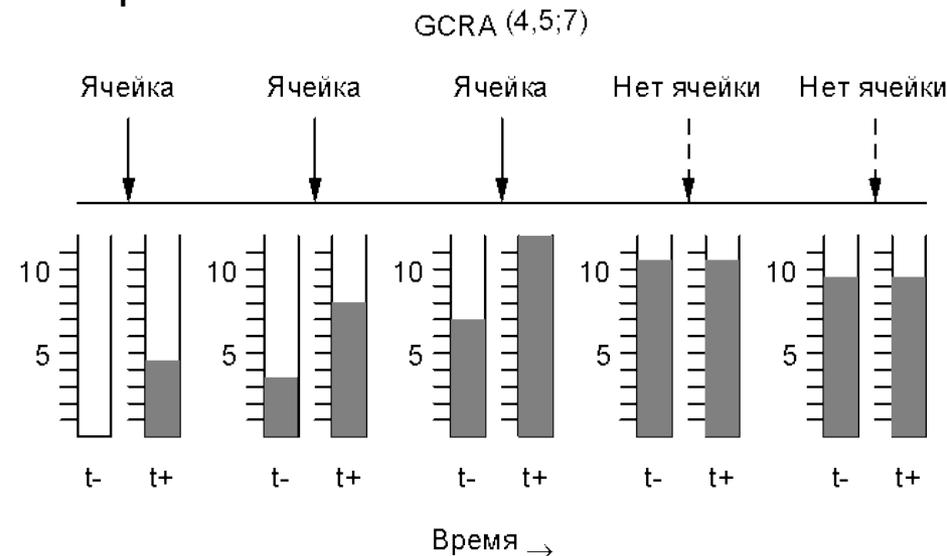


Заполнение буфера (ведра) до и после передачи ячейки

Неравномерный трафик

- Увеличим значение ограничивающего параметра до 7, а инкрементного - до 4,5, т.е. емкость ведра составит $7 + 4,5 = 11,5$.
- В данном примере передаются три ячейки и ведро после них заполнено почти полностью, т.к. инкрементный параметр достаточно велик
 - После этого приходится ждать (и достаточно долго), пока вода будет выливаться из ведра литр за литром, прежде чем можно будет передавать очередную ячейку
 - Если дождаться момента полного освобождения ведра, то можно будет опять передать очередную порцию из трех ячеек

● Этот пример демонстрирует тот факт, что увеличение ограничивающего параметра позволяет обслуживать значительно неравномерный тип трафика.



Заполнение буфера до и после передачи ячейки

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - **Подробности ATM коммутации**
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

АТМ адрес

- **Различные типы АТМ адресов**
- **У всех длина 20 байт**
- **Все состоят из трех основных частей**
 - **Префикс** (В основном информация о топологии)
 - **Идентификатор оконечной системы (ESI)**
 - **Селектор NSAP** (Определяет приложение)
- **АТМ адрес структурирован**
 - он содержит специфическую информацию о топологии



Адресация в АТМ

- **АТМ форум определяет три формата для адреса оконечной системы АТМ (АSЕА)**
 - DCC АSЕА формат
 - ICD АSЕА формат
 - E.164 АSЕА формат
- **Частные сети поддерживают ISO DCC и ICD форматы**
- **Только публичные сети могут использовать формат адреса E.164**
- **Все форматы**
 - основываются на структурированном адресе сетевой сервисной точки доступа (NSAP) [ISO]
 - ✓ Network Service Access Point (NSAP) ISO

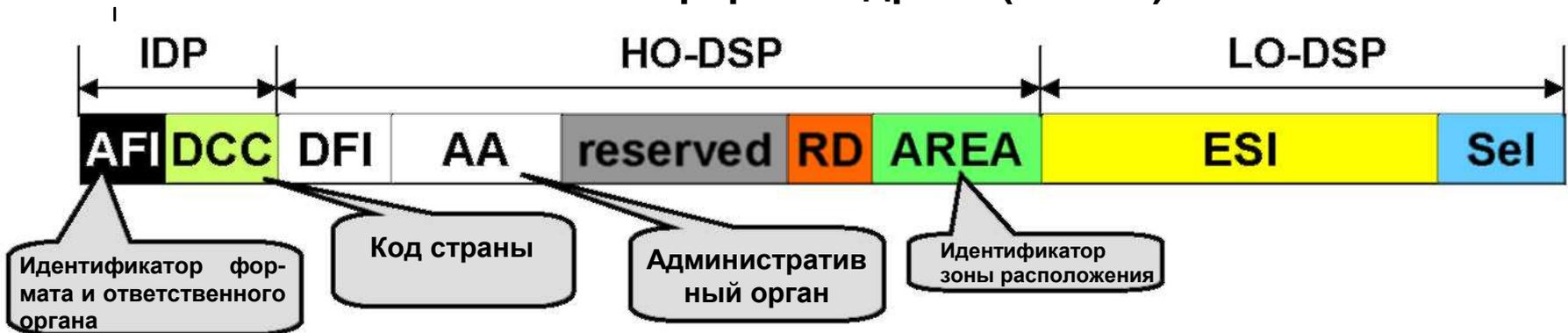
Структура NSAP ISO

- **IPD** (Initial Domain Part) - **изначальная доменная часть**
 - для идентификации органа ответственного за выделение DSP
- **DSP** (Domain Specific Part) - **специфичная доменная часть**
 - определяется соответствующим органом и состоит из
 - High Order DSP (HO-DSP)
 - ✓ для идентификации сетей на уровне префикса
 - Low Order DSP (LO-DSP)
 - ✓ для идентификации конечных систем

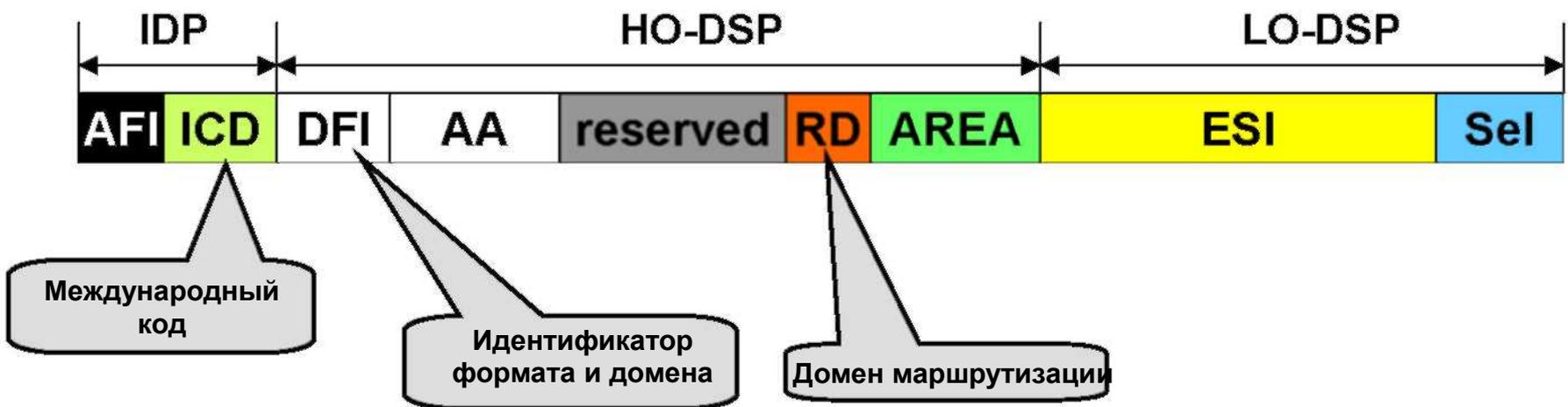


Виды адресов

DCC ATM формат адреса (AFI=39)



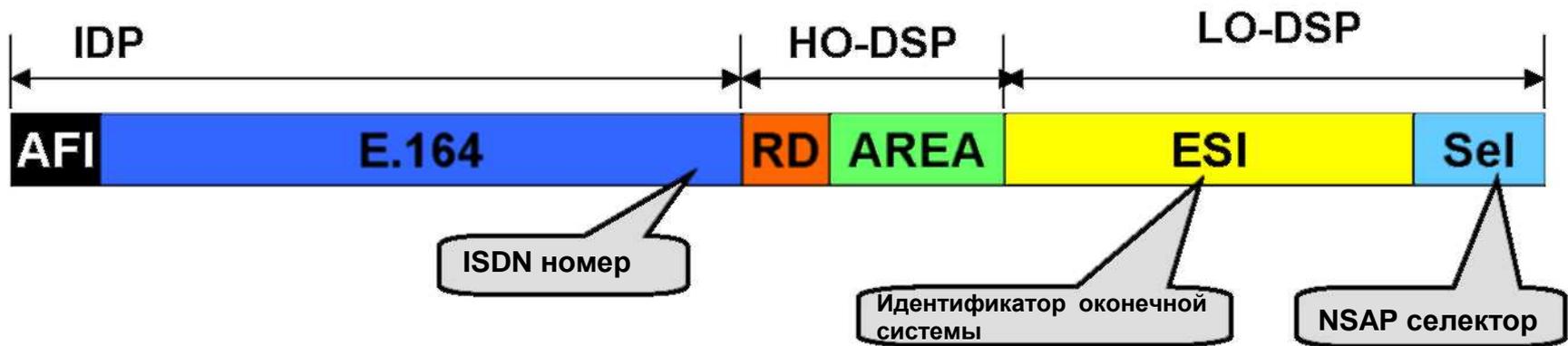
ICD ATM формат адреса (AFI=47)



HO-DSP может содержать другую информацию о районе отличную от DFI, AA, RD и AREA

Виды адресов (продолжение)

**E.164 ATM формат адреса
(AFI=45)**

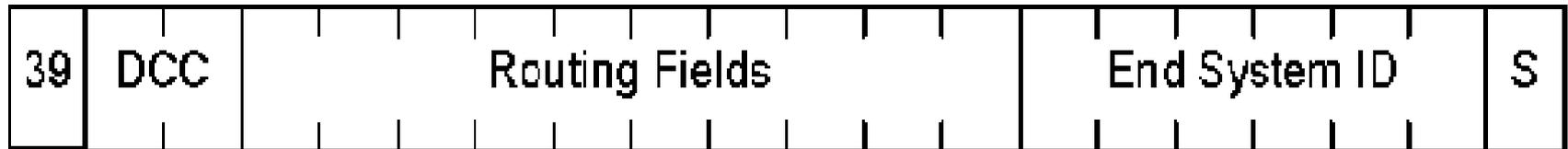


HO-DSP может содержать другую информацию о районе отличную от RD и AREA

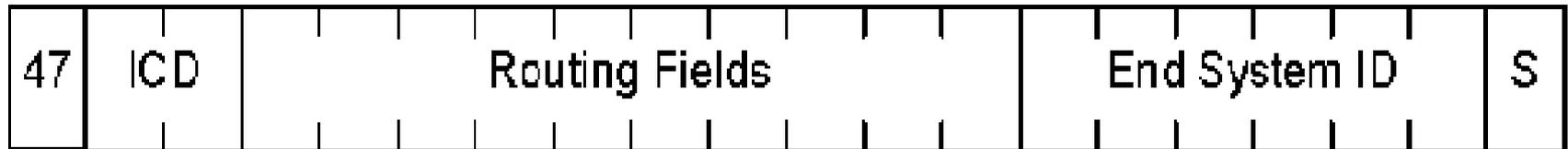
Виды адресов (продолжение)

- Каждое сообщение установления соединения содержит два поля: идентификаторы вызываемой и вызывающей сторон.

Data Country Code



International Code Designator



E.164 Private Addresses



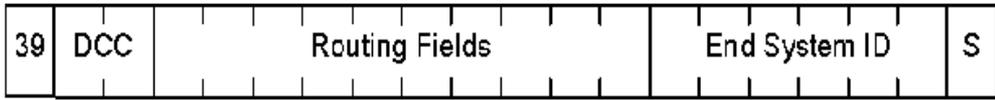
Форматы АТМ адреса

Рассмотрим данные три формата.

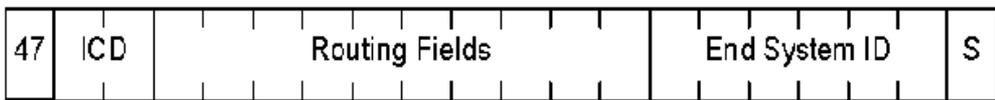
- Код данных страны (Data Country Code). Номера DCC определяются администрацией каждой страны. Например, в США такой администрацией является ANSI. Она устанавливает значение для полей маршрутизации (Routing Fields).
- Обозначение международного кода (International Code Designator - ICD). IDC определяются международной организацией, которой является Британский институт стандартов (British Standards Institute).
- Адресация E.164 для корпоративных сетей. Адресация E.164 является адресным планом телефонии и определяется операторами магистральных сетей.

- Независимо от используемого формата необходимо достичь официальной глобальной уникальности номеров во избежание конфликтов при росте сети или при объединении нескольких сетей АТМ между собой.

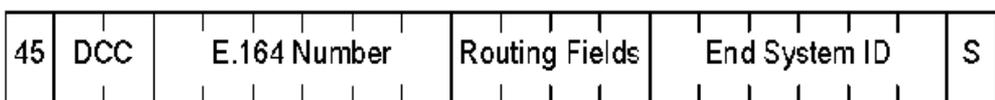
Data Country Code



International Code Designator



E.164 Private Addresses

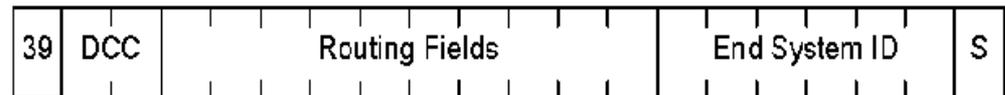


Форматы АТМ адреса

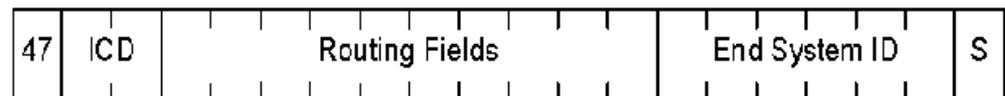
• поле маршрутизации (Routing Fields)

- Для DCC и ICD содержит вызываемый адресе
- Для E.164 использование этого поля не определено
- Каждый адрес в поле маршрутизации может означать конкретный коммутатор или даже конкретный UNI коммутатора
 - ✓ Если определяется коммутатор, то требуется больше информации для нахождения конкретного UNI.
 - ✓ Если специфицируется UNI, то этого поля достаточно, чтобы обслуживать это UNI как уникальный, глобально определенный адрес

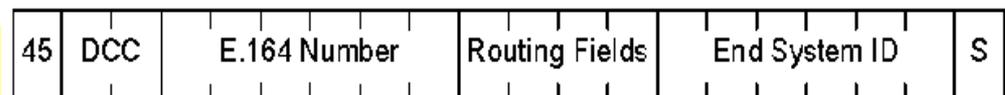
Data Country Code



International Code Designator



E.164 Private Addresses



Форматы ATM адреса

- **Пример адресации первыми 13 байтами адреса конкретного коммутатора**
 - В этом случае коммутирующая система должна определить соответствующий вызываемый UNI.
 - Это может быть сделано с помощью оставшихся 6 бит, называемых идентификатором конечной системы (End System ID).
 - Конечные системы или терминалы может содержать дополнительную адресную информацию. Например, терминал может использовать последние 6 байт адреса для идентификации конкретного UNI. Таким образом, весь коммутатор адресуется 13 байтами, а индивидуальные подключения - идентификатором конечной системы.
- **Этот механизм может представлять интерес при создании большой “виртуальной корпоративной сети”, т.е. возможно получение адресов коммутации от соответствующей организации и затем местное распределение идентификаторов конечной системы.**
- Преимуществом такого подхода является распределение индивидуальных адресов без привлечения сторонней организации. Однако, абоненту внешней сети необходимо знание значений обоих полей адреса для возможности вызова из внешней сети.

Форматы АТМ адреса

● Пример адресации первыми 13 байтами адреса конкретного коммутатора

- В этом случае коммутирующая система должна определить соответствующий вызываемый UNI.
- Это может быть сделано с помощью оставшихся 6 бит, называемых идентификатором конечной системы (End System ID).
- Конечные системы или терминалы могут содержать дополнительную адресную информацию. Например, терминал может использовать последние 6 байт адреса для идентификации конкретного UNI.
- Таким образом, весь коммутатор адресуется 13 байтами, а индивидуальные подключения - идентификатором конечной системы

● Преимуществом такого подхода

- распределение индивидуальных адресов без привлечения сторонней организации. Однако, абоненту внешней сети необходимо знание значений обоих полей адреса для возможности вызова из внешней сети

Регистрация адреса

- Обычно в 6-байтное (48 бит) поле идентификатора конечной системы заносится уникальный 48-битный MAC-адрес сетевой карты
- коммутатор АТМ и терминал АТМ должны знать эти адреса для маршрутизации вызовов, обмена сигнальными сообщениями и пр.
 - Обмен адресной информацией производится автоматически через интерфейс ILMI, причем коммутатор определяет 13 байт адреса (поля маршрутизации), а терминал - 6 байт (идентификатор конечной системы).
- Байт селектора (S) не используется сетью АТМ, но передается ею прозрачно.
 - Он может использоваться для определения некоторых параметров терминала, например, определять используемый стек протоколов

Содержание

- Введение
- ATM RM
- Физический Уровень
- ATM Уровень
 - Подробности ATM коммутации
- Уровень Адаптации ATM
- ATM сигнализация и адресация

Принципы коммутации

- **Каждое виртуальное соединение представлено двумя IDs (идентификаторами)**
 - Идентификатор виртуального пути (VPI)
 - Идентификатор виртуального канала (VCI)
- **Коммутация осуществляется с использованием таблиц с указателями**
 - Таблица с VPI ссылающимися на каждое физическое соединение
 - Таблица с VCI для каждого завершаемого VP
- **VP коммутатор**
 - изменяет только VPI в ячейке, VPI как бы агрегирует (суммирует/соединяет) VC в промежуточных коммутаторах
- **VC коммутатор**
 - изменяет VPI и VCI

Коммутационные таблицы

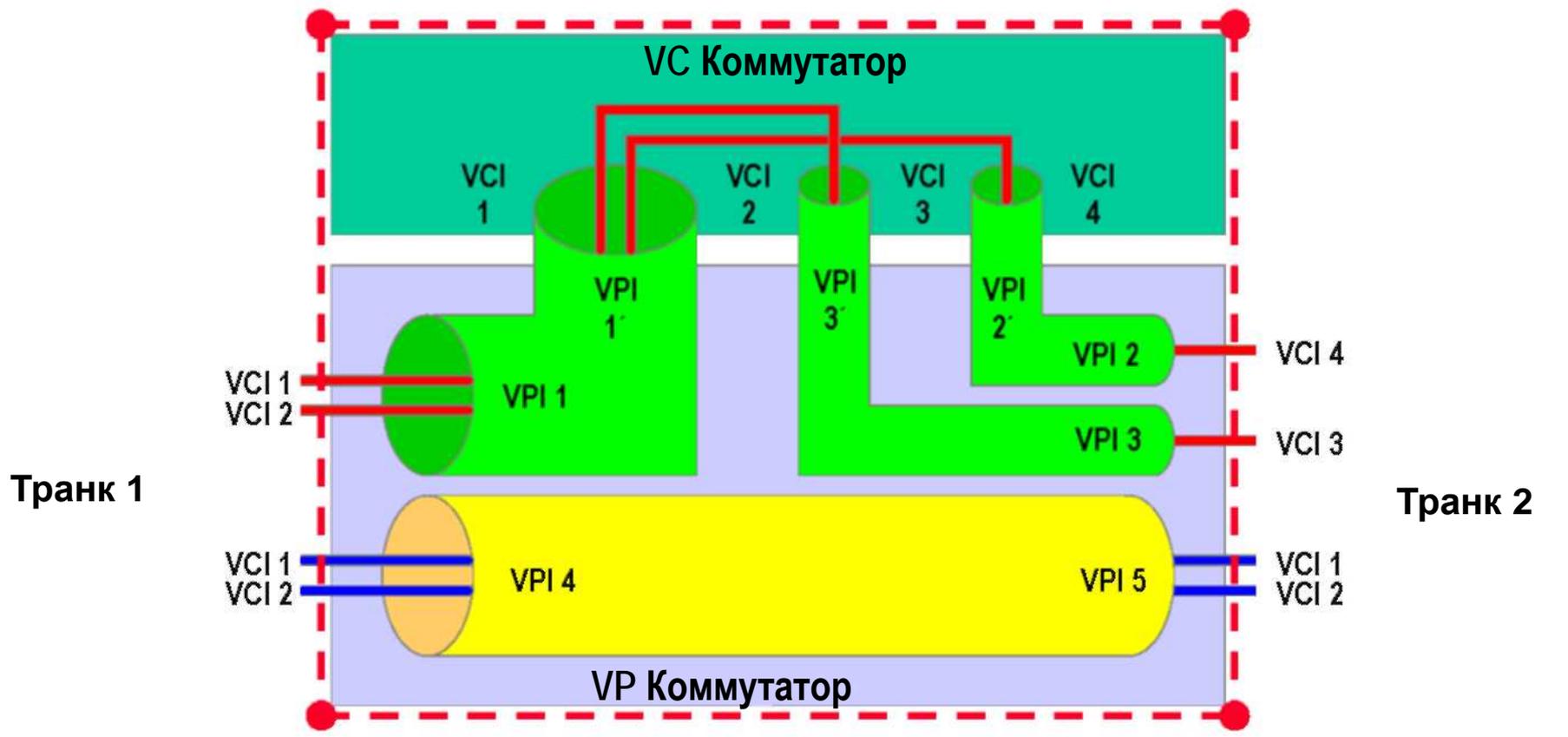


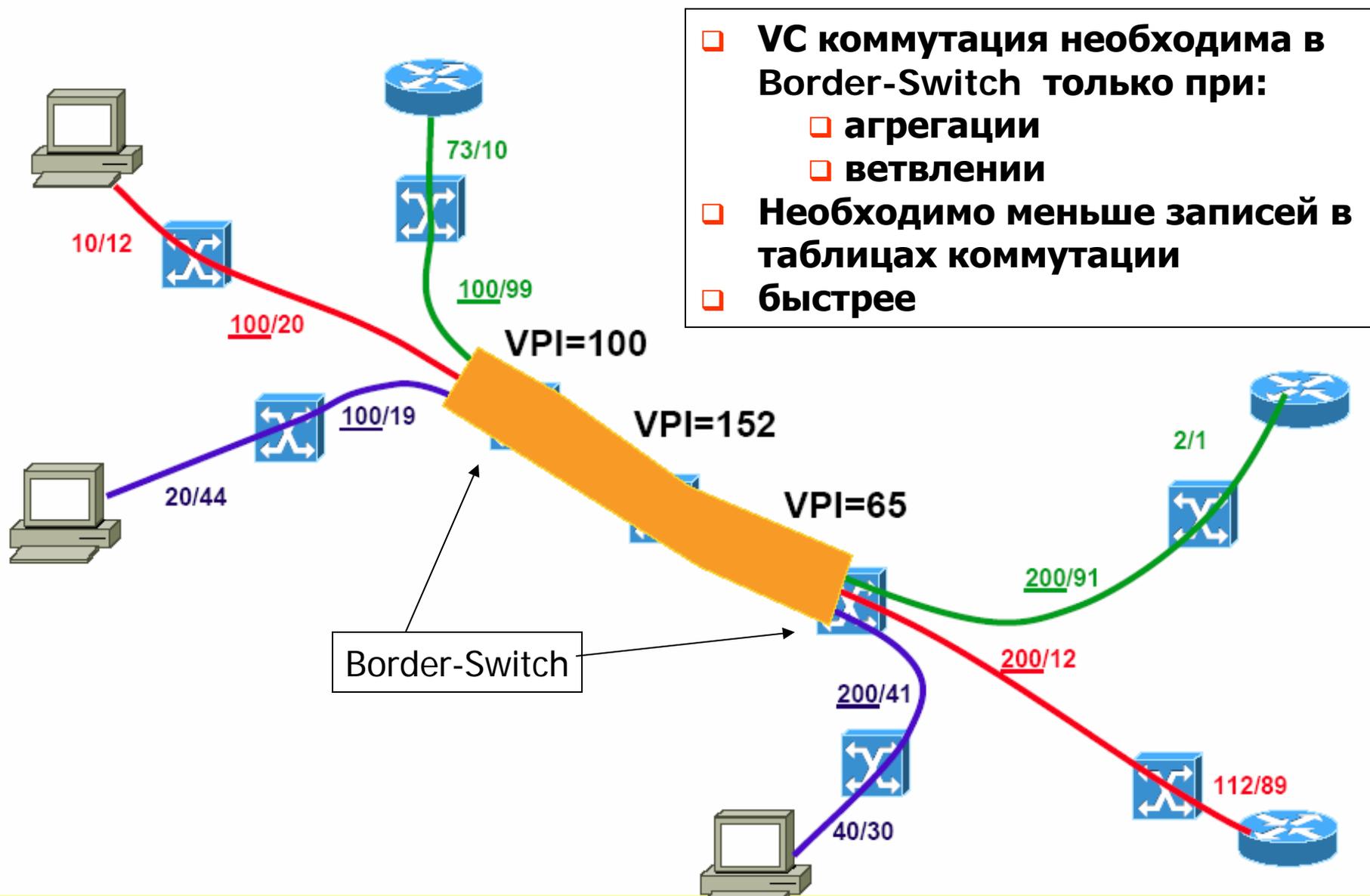
Таблица для
Транк 1

IN VP	Trunk	Выход VP	VC
1		Указатель	
...			
...			
4	2	5	xx

Таблица для
VPI 1

IN VC	Trunk	Выход VP	VC
1	2	3	3
2	2	2	4
...			
...			

VP и VC коммутация



Характеристика АТМ сети

● Ориентированные на соединения сети

- Соединение должно быть установлено до передачи данных
 - ✓ Постоянные виртуальные соединения - PVC
 - ✓ Коммутируемые виртуальные соединения - SVC
- Тип VC выбирается клиентом

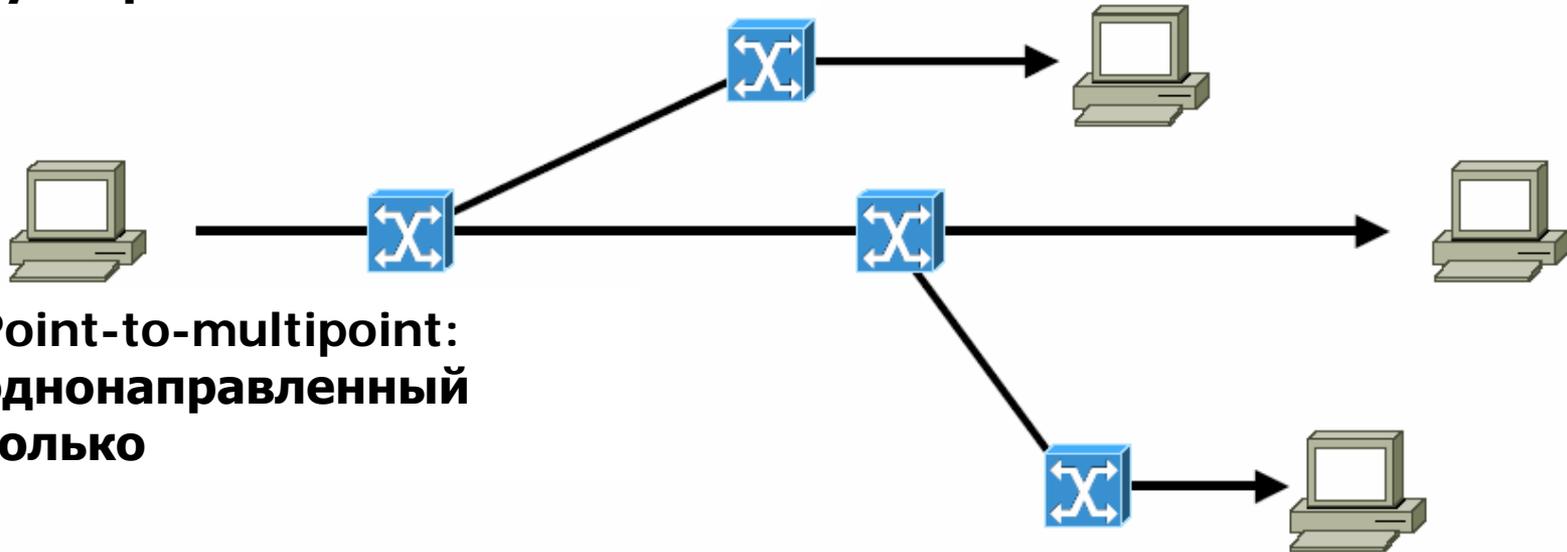
● Обеспечивается целостность последовательности ячеек

- установленное соединение гарантируют последовательность передаваемого потока ячеек
- следовательно получателю не надо заниматься восстановлением последовательности

Типы ATM соединений



Point-to-point:
однонаправленный или
двунаправленный

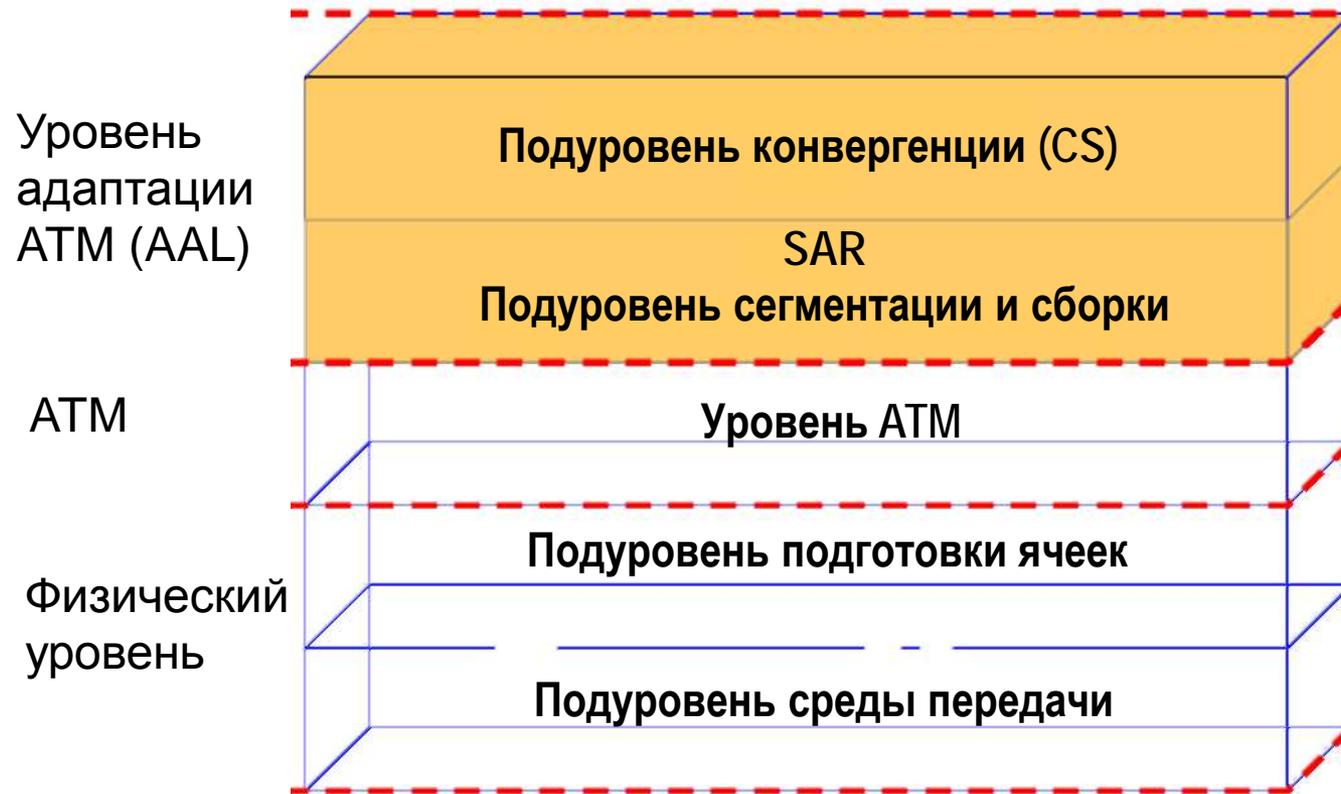


Point-to-multipoint:
однонаправленный
ТОЛЬКО

Содержание

- **Введение**
- **ATM RM**
- **Физический Уровень**
- **ATM Уровень**
 - Подробности ATM коммутации
- **Уровень адаптации ATM**
- **ATM сигнализация и адресация**

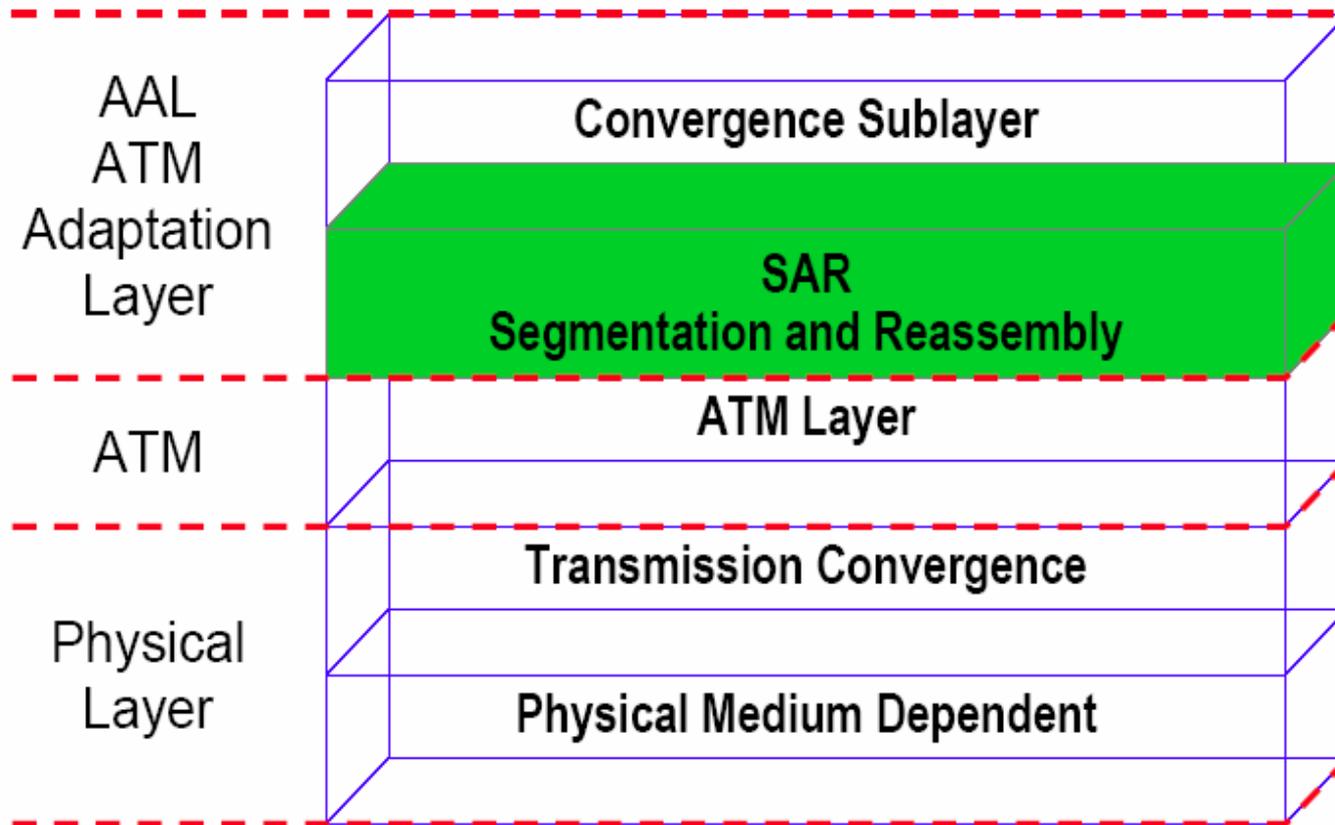
Уровень адаптации АТМ



Уровень адаптации

- **АТМ обеспечивает только передачу данных между интерфейсами «абонент – сеть» (bearer service)**
- **АТМ не может быть использован напрямую**
 - Приложения должны использовать уровни адаптации чтобы иметь доступ к АТМ уровню
- **Адаптирует разные типы информационных потоков к АТМ**
 - Постоянная скорость передачи (CBR), Переменная скорость передачи данных (VBR)
 - Данные требующие соединения (CO-D), данные передаваемые без установления соединения (CL-D)
- **Состоит из SAR (Segmentation and Reassembly - сегментация и сборка) и CS (Convergence Sublayer – подуровень конвергенции)**
 - Есть только в конечных системах АТМ (DTE)
 - Прозрачен только для АТМ-коммутаторов (DCE)

Подуровень сегментации и сборки

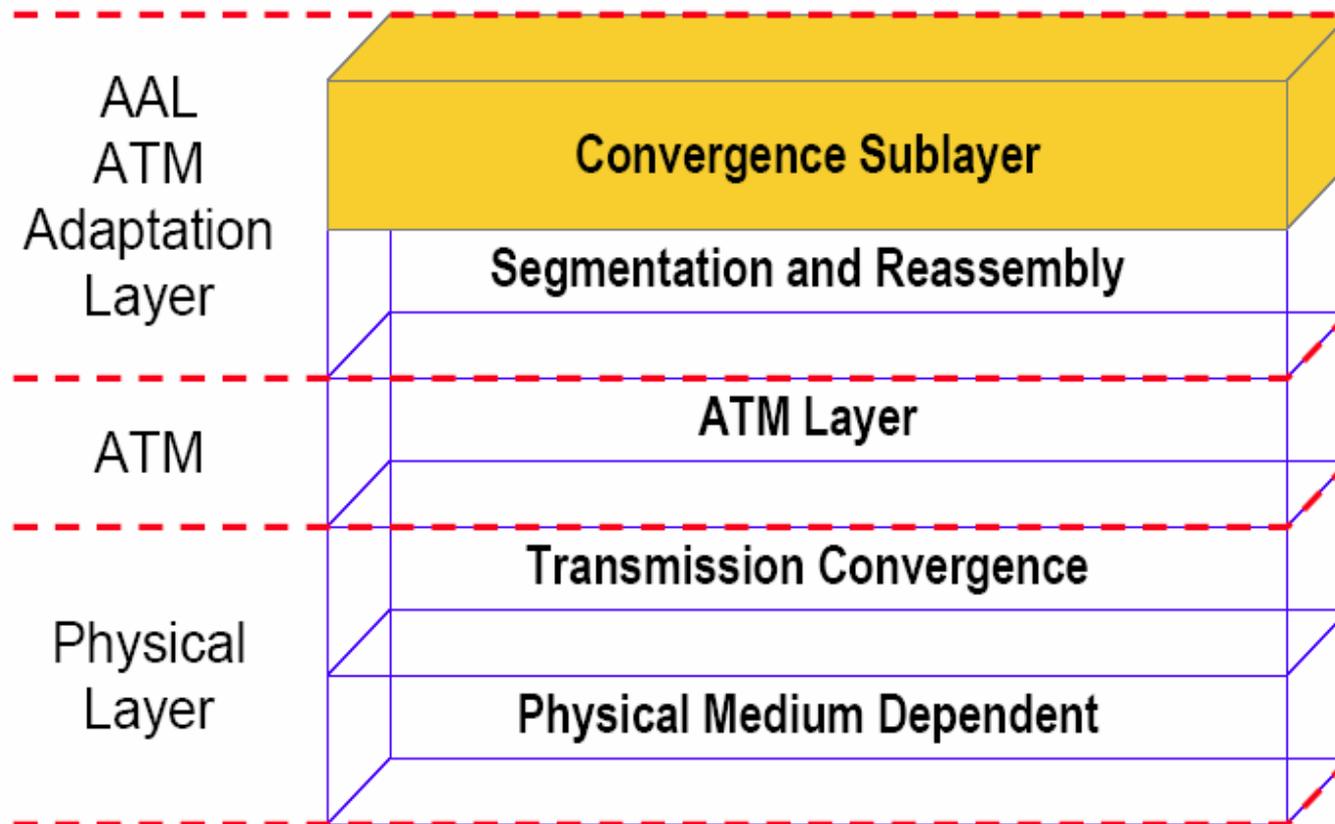


Подуровень SAR

● Подуровень сегментации и сборки

- Используется для "заполнения" информацией (User-data) поля нагрузки ATM ячейки
- Сегментация в и сборка из ATM ячеек

Подуровень конвергенции



Подуровень конвергенции

● Подуровень конвергенции

- Функции зависящие от сервиса
 - ✓ например идентификация сообщений, установление синхронизации после сбоя
- Добавляет специальную информацию к изначальной
 - ✓ например исходный MAC PDU (AAL 3/4), Frame Relay заголовок
- В свою очередь разделяется на CPCS и SSCS
- Общая часть подуровня конвергенции (CPCS)
- Часть подуровня конвергенции присущая сервису (SSCS)



Типы AAL

• Типы сервисов и соответствующие им AALs были определены для различных классов трафика

- Class A (CBR), например, схема эмуляции структуры кадров E1, T1
- Class B (VBR), например, Packet Video, Packet Audio
- Class C (CO-D), например, Frame Relay, X.25
- Class D (CL-D), например, IP, SMDS

	Класс А (AAL1)	Класс В (AAL2)	Класс С (AAL3 или 5)	Класс D (AAL4 или 5)
Синхронизация между отправителем и получателем	Требуется		Не требуется	
скорость потока	Постоянная	Переменная		
Вид соединения	С установлением соединения			Без установления соединения

Типы AAL

- **Сервисные типы и соответствующие уровни адаптации AAL были определены для различных классов трафика**

- **Class A**

- Постоянная скорость (CBR),
 - ✓ например, эмуляция схем E1, T1 структуры циклов
- Требуется согласование синхронизации
 - ✓ Это означает, что требуется некоторое соглашение по тактовой частоте между конечными системами. Например, при передаче речи отсутствие взаимной синхронизации передающего и приемного оборудования может привести к значительному снижению качества
 - ✓ Обеспечение согласования синхронизации является функцией уровня адаптации. Напомним, что ATM имеет асинхронную природу, поэтому решение единой синхронизации сети не подходит
- Требуется установление соединения

- **Таким образом, класс A эмулирует соединение через сеть ATM, например, эмуляция структуры циклов схем E1, T1**

- Это очень важно для приложений мультимедиа, поскольку в настоящее время все методы и технологии передачи речи и видео ориентированы на использование соединений. Отсюда вытекает требование поддержки сетью ATM услуги эмуляции соединений (circuit emulation service - CES)

Типы AAL

● Class B

- переменная скорость (VBR)
 - ✓ переменная скорость потока может хорошо отражать неравномерный тип трафика
 - например, неравномерный трафик компрессированного видеосигнала
- в остальном аналогичен Class A

● Class C и Class D

- Переменная скорость потока
 - ✓ но не имеют согласования по синхронизации
- Ориентированы на передачу данных
- Различаются в требованиях установления соединения
 - ✓ Class C ориентирован на соединения
 - например, Frame Relay, X.25 через ATM
 - ✓ Class D без установления соединения

• выполняет для верхнего уровня следующие услуги (передача аудио- и видео- по каналам DS-1 и DS-3; постоянная скорость передачи):

- синхронизацию передатчика и приемника;
- передачу данных с фиксированной скоростью;
- индикацию потери и искажения данных, если эти ошибки не устраняются на уровне адаптации;
- передачу от отправителя получателю информации о структуре передаваемых данных

● Цель

- ✓ передавать сервисные блоки данных (SDU) полученные от источника с постоянной скоростью передачи, а затем доставлять их с этой же скоростью в пункт назначения
- ✓ факультативно передавать информацию о синхронизации между источником и получателем (SRTS – Синхронизирующий Остаточная Временная Отметка)
- ✓ факультативно передавать TDM структурную информацию между отправителем и получателем (например таймслот 0 из E1)

● Это сервис эмуляции канала (CES)

● Сервис постоянной скорости передачи (CBR)

▪ Дорого

- ✓ Необходимо для предоставления таких услуг как аренда линии
 - При формировании очереди предпочтение отдается AAL1 ячейкам среди всего остального трафика (в случае перегрузки)

AAL1

● Цель

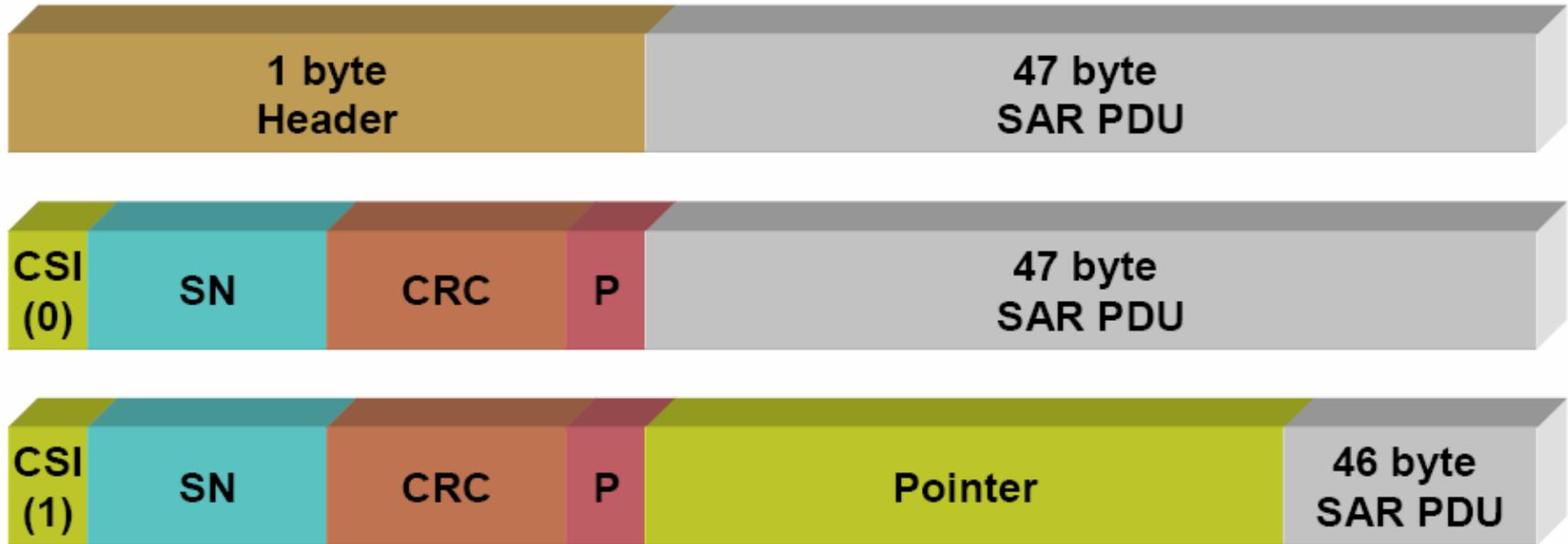
- полученные от источника с постоянной скоростью сервисные блоки данных поставляют адресату с той же самой скоростью
- синхронизация информации передаваемой между источником и адресатом
 - ✓ Метод SRTS (Synchronous Residual Time Stamp) – Метод синхронная остаточная временная метка
- Передача информационной структуры TDM между источником и адресатом (например временной интервал 0 из E1)

● Это и есть сервис эмуляции канала/схемы (**Circuit Emulation Service - CES**)

● Постоянная битовая скорость (CBR)

- Дорого
 - ✓ Функционально подобна арендованному каналу
 - ✓ AAL1 предпочитает организацию очереди ячеек для всего другого трафика (в случае перегрузки)

AAL1



CSI.... Convergence Sublayer Indication (1 bit) - "1" если указатель (Pointer) существует
SN..... Sequence Number (3 bits) – последовательная нумерация
CRC ... Cyclic Redundancy Check (3 bits)
P..... Четность (1 bit)

AAL2

- Аналоговые приложения, которые требуют синхронизации информации, но не постоянная скорость передачи в битах (CBR)
 - Переменная скорость передачи (VBR)
 - Сжатое аудио и видео
- Относительно новый (1997/98)
 - Оригинальный стандарт был отозван и затем переделан для **мобильных систем**
- Сервис переменной скорости передачи (VBR)

AAAL2 для Мобильных систем

- **Для сотовой связи важны:**

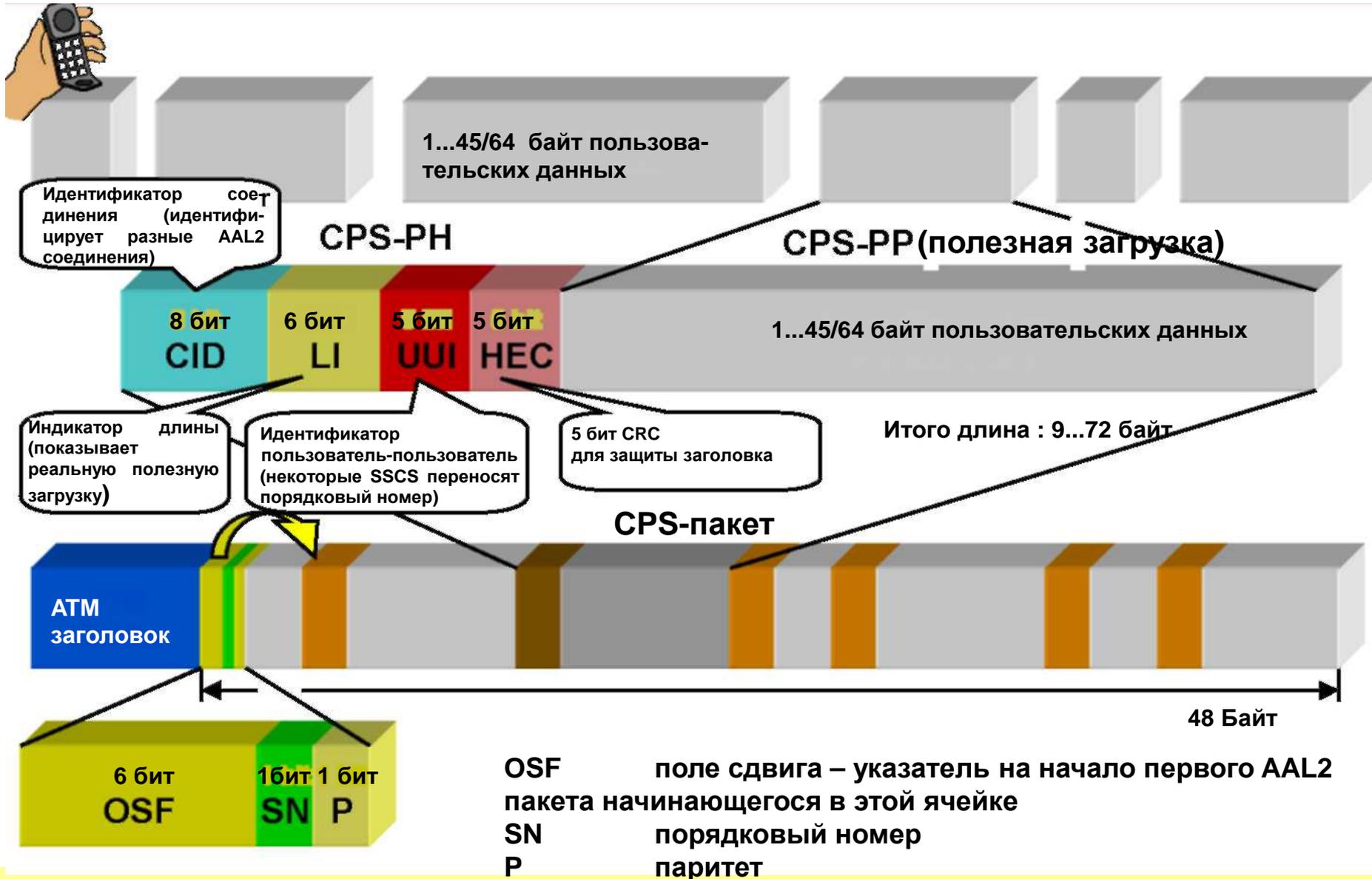
- Задержка пакетизации (—> QoS)
- Эффективность использования ширины канала (—> Money)

- **До образования AAAL2 низкоскоростные приложения реального времени частично заполняли АТМ ячейки**

- Используя "AAAL0" или AAAL1
- Очень неэффективно (немного байт в ячейки)

- **AAAL2 был разработан, чтобы быть быстрым и эффективным**

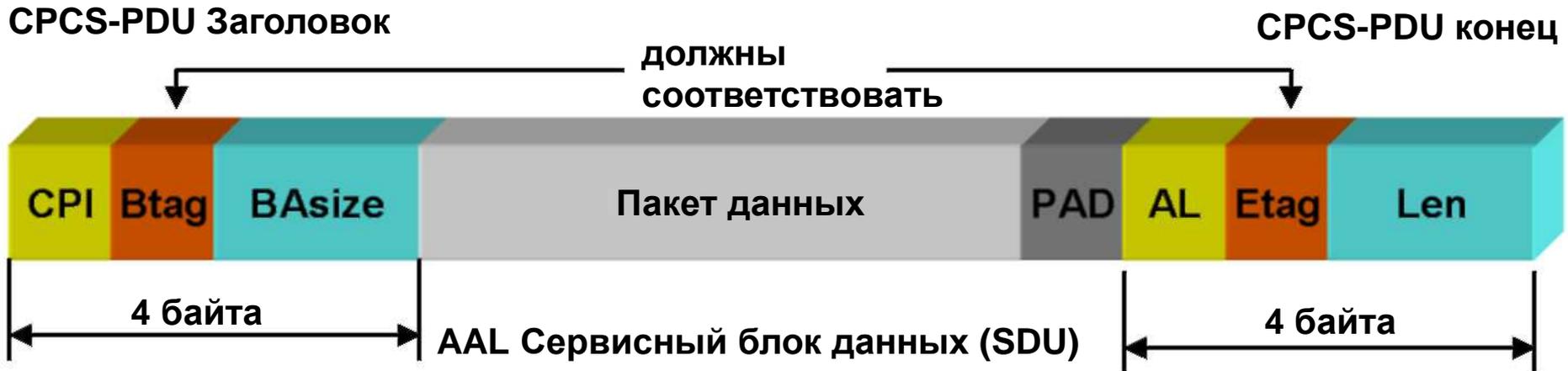
AAL2 - CS



AAL3 + AAL4

- AAL3 разработан для пакетов ориентированных на соединение
 - Типа X.25 или технологии Frame Relay
- AAL4 разработан для датаграмм “без установления соединения”
 - Типа IP или IPX
- из-за некоторого подобия оба уровня адаптации были объединены к AAL3/4

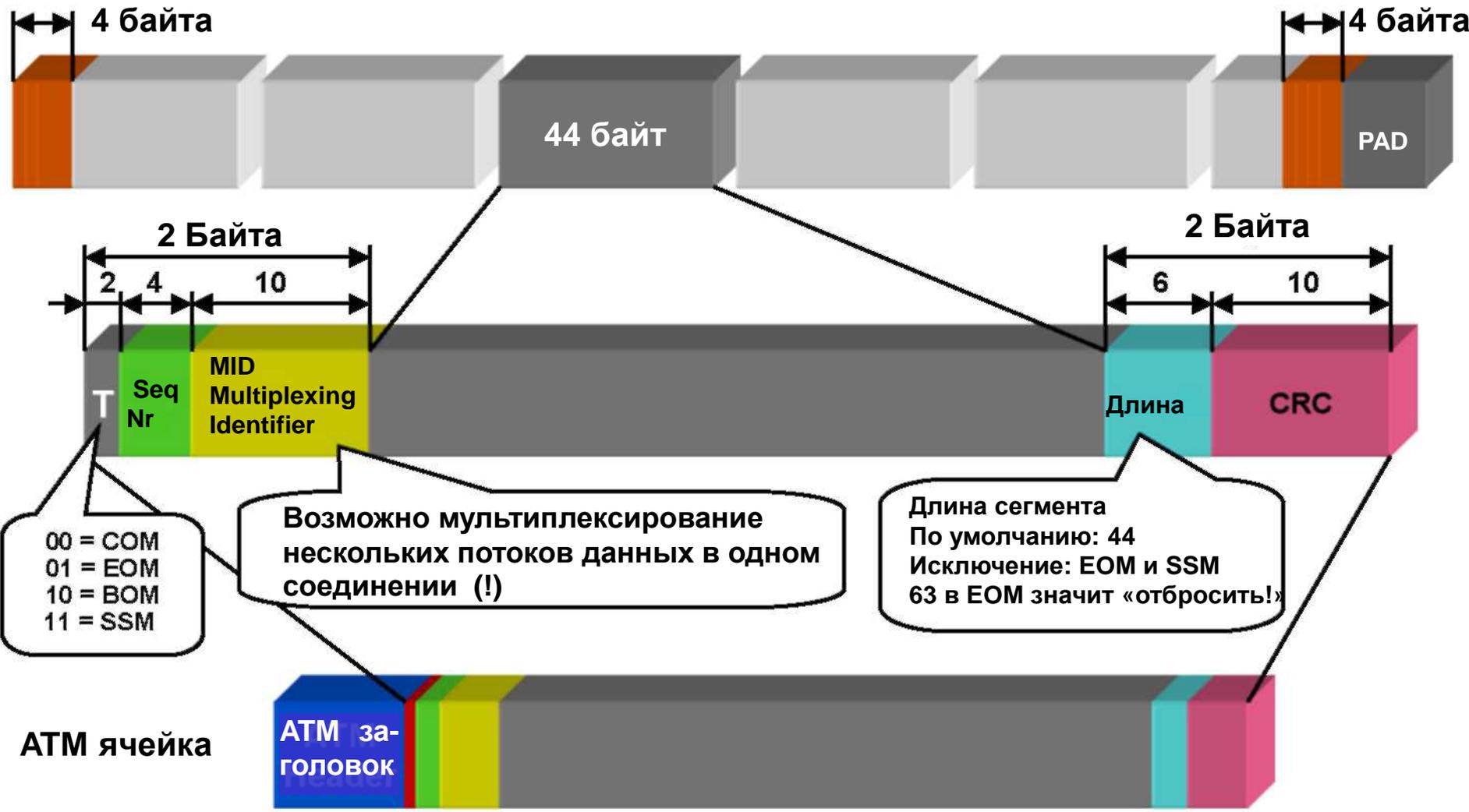
AAL3/4 - шаг 1: CS



CPI индикатор общей части (1 байт)
Btag метка начала (1 байт)
BAsize размер выделяемого буфера (2 байт)

PAD для 32-битного выравнивания
AL выравнивание (1 байт)
Etag метка конца (1 байт) – должна соответствовать Btag
Len длина SAR PDU

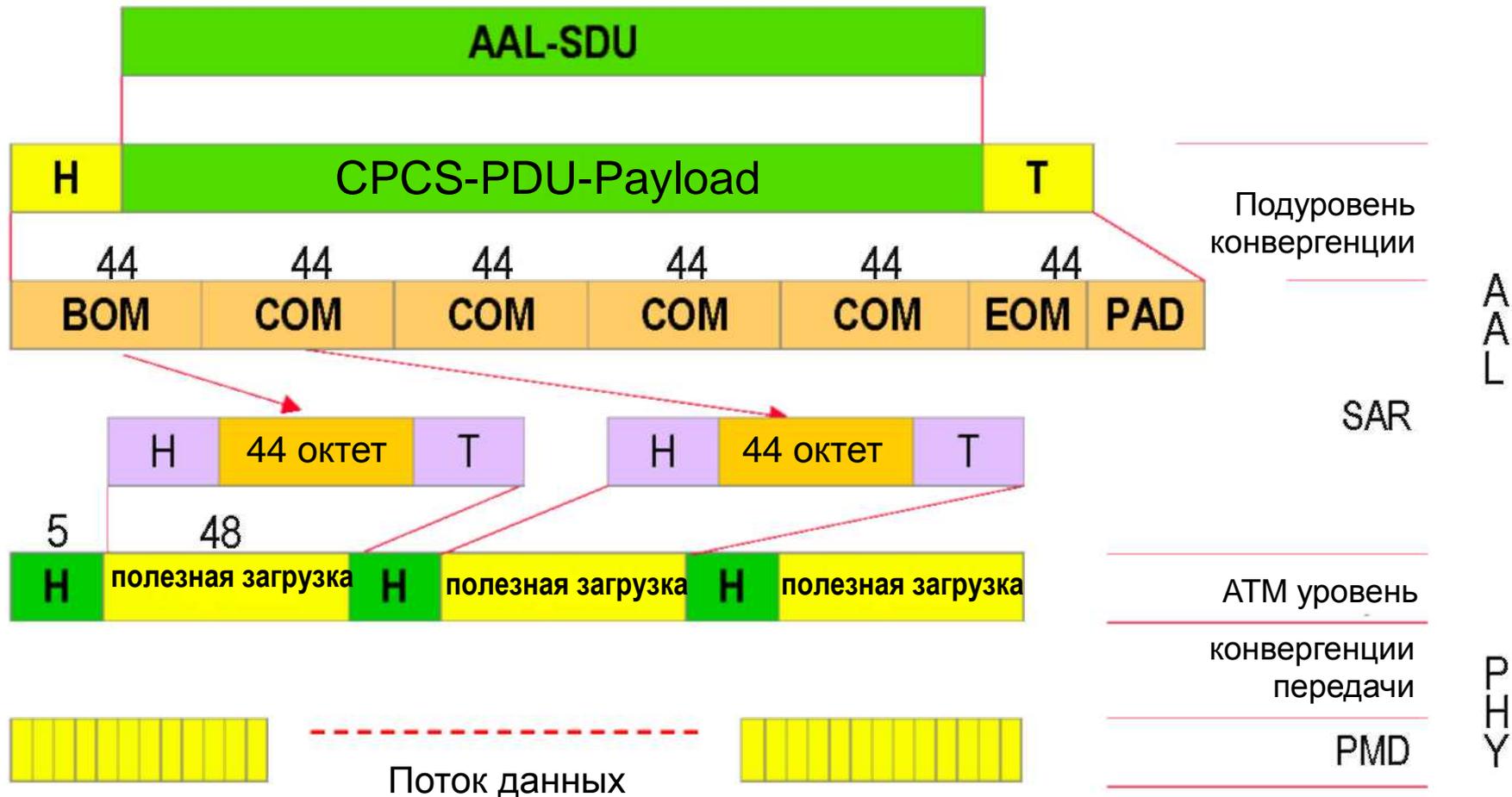
AAAL3/4 - шаг 2: SAR



AAAL3/4 – Большая картинка

ВОМ...Начало сообщения СОМ...Продолжение сообщения

ЕОМ...Конец сообщения



AAAL3/4

- **Может мультиплексировать различные потоки данных в одном ATM соединении**

- До 210 потоков с использованием одного VPI/VCI

- **Но слишком много накладных расходов**

- Порядковые номера не нужны когда нет мультиплексирования (интерливинга)
- Одной CRC для целого пакета было бы достаточно
- Длина пакета не нужна
- AAL5 практически полностью его вытеснил

AAL5

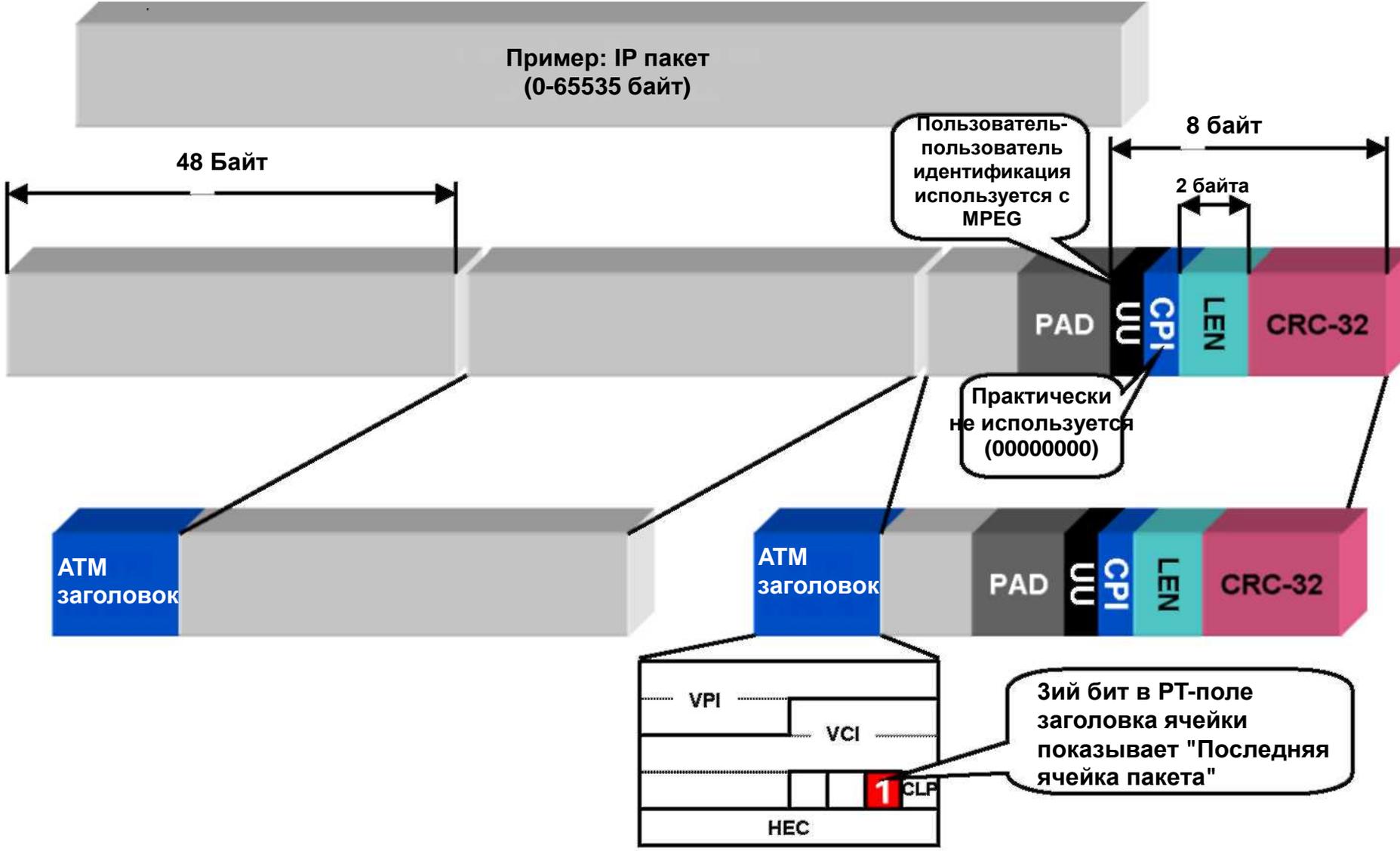
● Лучший для передачи данных

- AAL 5 моделирует интерфейс без установления соединения
- AAL 5 с меньшим количеством накладных расходов чем AAL 3/4
- Минимизирует компьютерные затраты для обработки ячеек
- Очень надежен
- Позволяет просто мигрировать к ATM

● Наименьшие накладные расходы

- Уровень Конвергенции:
 - ✓ 8 оканчивающих байт в последней ячейке
- SAR уровень:
 - ✓ только метки конца сообщения (EOM) в ATM заголовке (PT - тип полезной нагрузки)

AAAL5 Segmentation



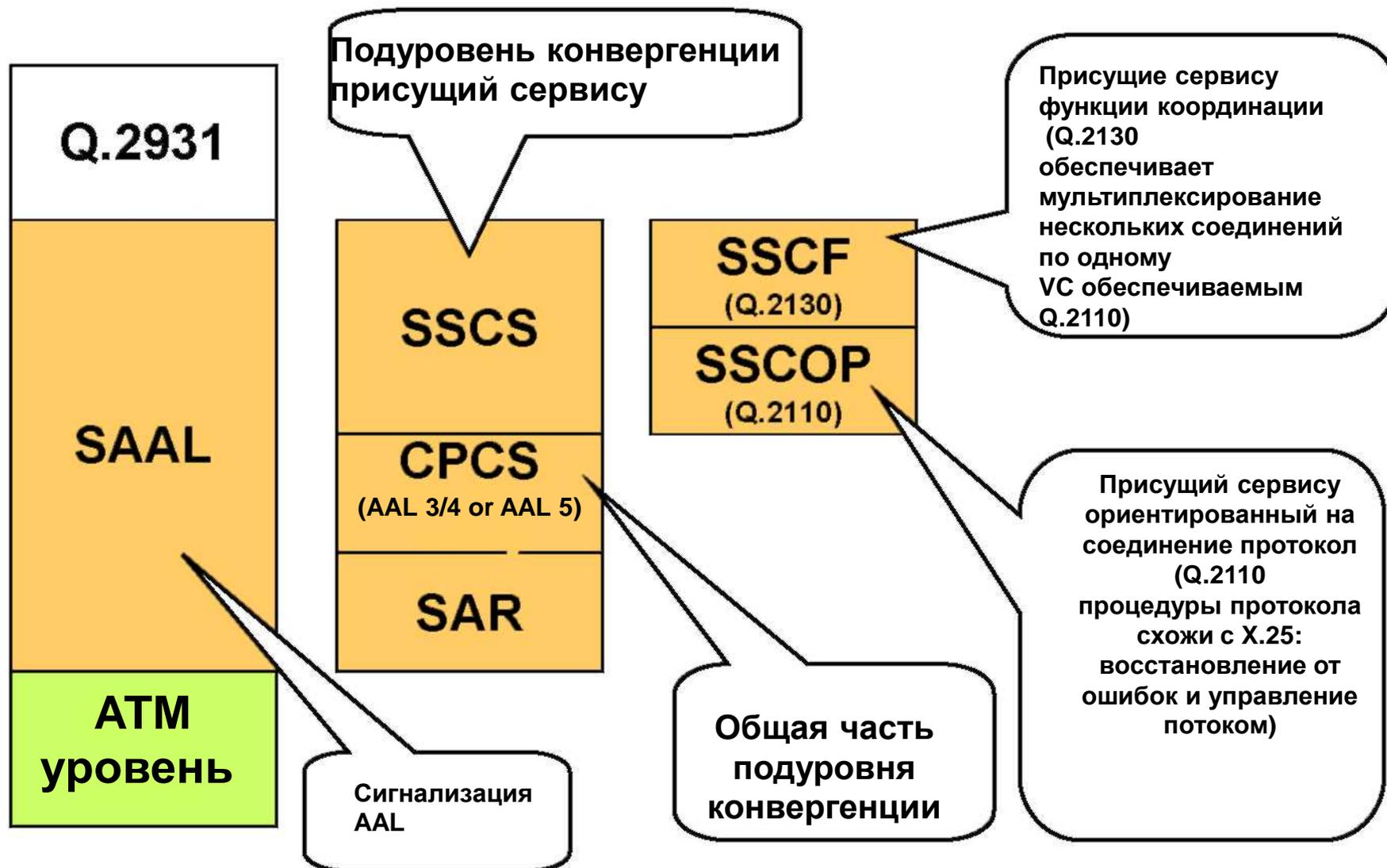
Содержание

- **Введение**
- **ATM RM**
- **Физический Уровень**
- **ATM Уровень**
 - Подробности ATM коммутации
- **Уровень адаптации ATM**
- **ATM сигнализация и адресация**

Сигнализация

- ATM ориентирована на соединения
- Требует сигнализации для установления соединения
 - Между ATM-DTE и ATM-DCE (UNI)
 - Между ATM-DCE и ATM-DCE (NNI)
 - Специальные значения VPI/VCI используются для этого
- ATM форум специфицировал сигнализацию
 - UNI 3.0, 3.1 and 4.0 standardized
 - ✓ • UNI 2.0 PVC
 - ✓ • UNI 3.0 PVC+SVC, CBR+VBR+UBR
 - ✓ • UNI 4.0 +ABR, QoS Согласование
- Базируется на ITU-T Q.2931 (B-ISDN)

Уровни сигнализации



Аспекты сигнализации

● ITU-T

- Рекомендует AAL 3/4 для CPCS

● ATM форум

- Рекомендует AAL 5 для CPCS

● Q.2931 протокол

- Установление соединения
- Определение параметров производительности
 - ✓ Производный от Q.931 (N-ISDN) и Q.933 (UNI сигнализация протокол для Frame Relay)
- VPI/VCI используются вместо D-каналов (N-ISDN)
 - ✓ Используется мета-сигнализация для установления путей (path) и каналов сигнализации (ITU-T)

VPI/VCI для ATM сигнализации

● Зарезервированные заголовки UNI - ITU-T

- Мета сигнализация - VPI=0, VCI=1
- Broadcast сигнализация - VPI=0, VCI=2

● Зарезервированные заголовки UNI - ATM Forum

- Мета сигнализация - VPI=0, VCI=1
- Broadcast сигнализация - VPI=0, VCI=2
- Point-to-point сигнализация - VPI=0, VCI=5
- ILM1 - VPI=0, VCI=16
- PNN1 - VPI=0, VCI=18

Мета-Сигнализация

● Основные функции

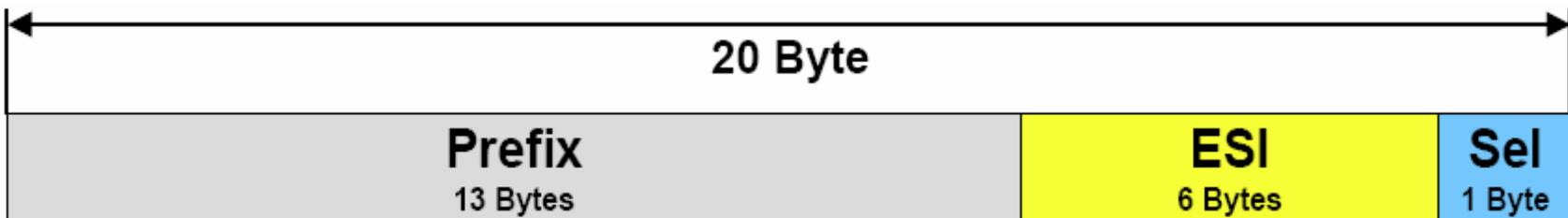
- Установление соединения для канала сигнализации
- Управление соединением канала сигнализации
- Разрыв соединения канала сигнализации

● Используется для согласования необходимой VPI/VCI комбинации

- «Сигнализация сигнализации»

АТМ Адресация

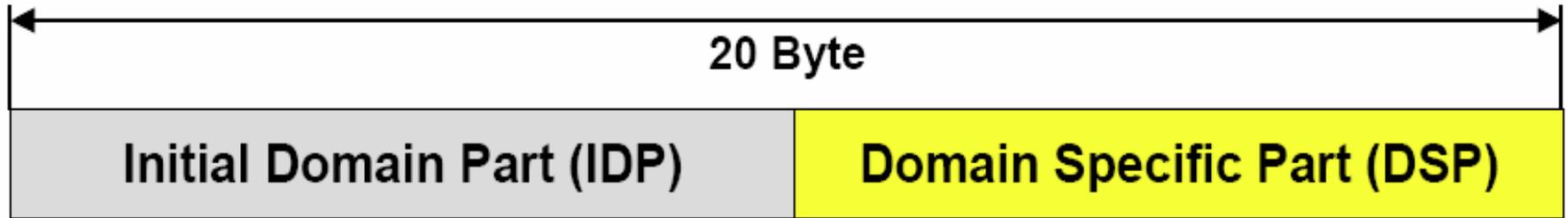
- **Различные типы АТМ адресов**
- **Все имеют 20-байтовую длину**
- **Все содержат три основные части**
 - **Префикс** (В основном информация о топологии)
 - **Идентификатор** оконечной системы (ESI)
 - **Селектор NSAP** (Определяет приложение)
- **Структура АТМ адреса**
 - замечание: структура предполагает географическое (топологическое) содержание



АТМ Адресация

- АТМ форум определяет три формата АТМ адресации конечных систем (АТМ End System Address - ASEA)
 - DCC ASEA формат
 - ICD ASEA формат
 - E. 164 ASEA формат
- Частные сети поддерживаются ISO DCC и ICD форматами
- Только публичные сети используют E.164 формат адреса
- Все форматы
 - основаны на структуре адреса ISO Network Service Access Point (NSAP)

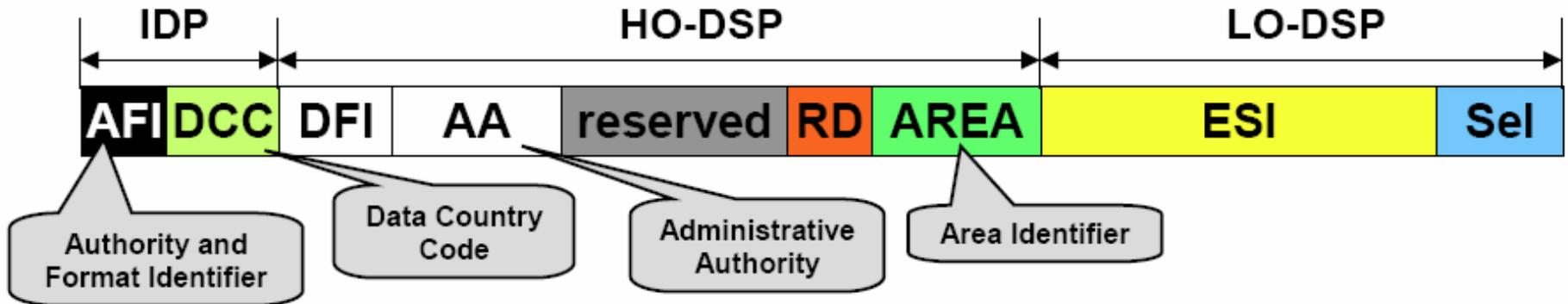
ISO NSAP



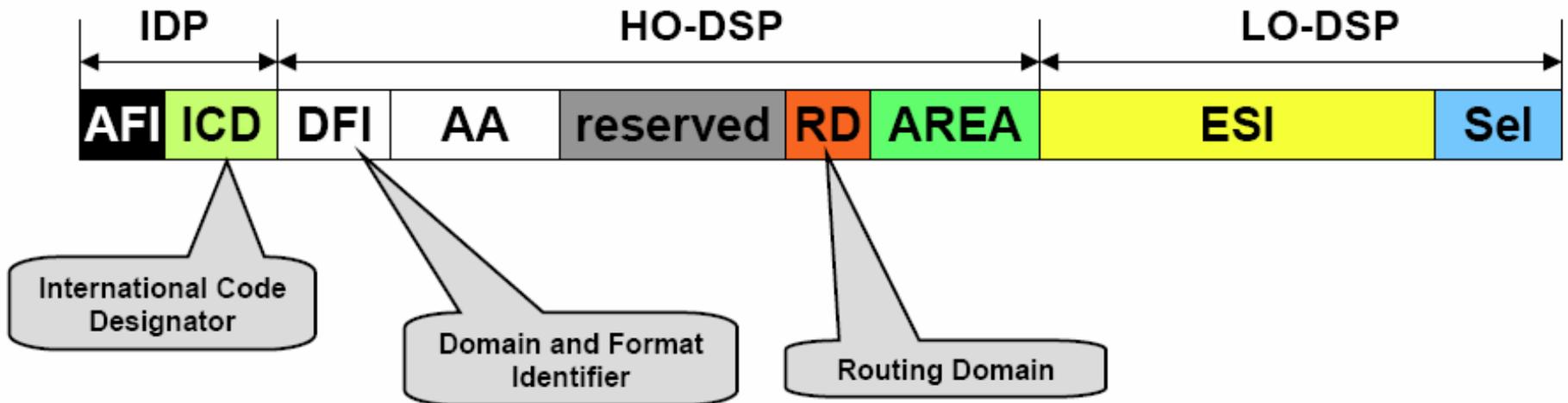
- **IPD ... идентифицирует полномочия адресации сети, ответственную за DSP**
- **DSP ... определен полномочием адресации передачи и состоит из:**
 - Старших разрядов DSP (HO-DSP)
 - ✓ для идентификации сети на префиксном уровне
 - Младших разрядов DSP (Low Order DSP - LO-DSP)
 - ✓ для идентификации конечных систем

Разновидности Адреса

DCC ATM Address Format (AFI=39)



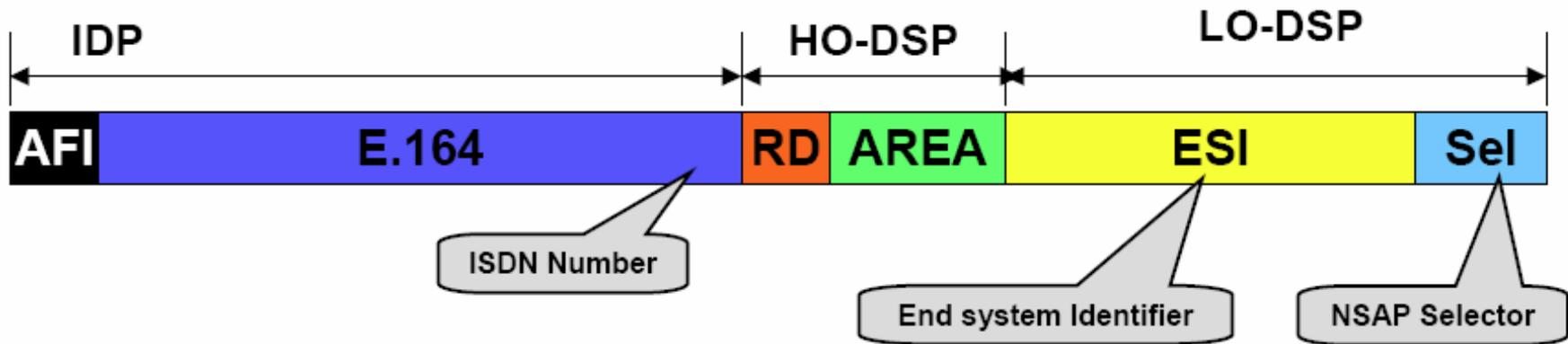
ICD ATM Address Format (AFI=47)



HO-DSP may contain other sectioning than DFI, AA, RD and AREA

Разновидности Адреса (продолж.)

E.164 ATM Address Format (AFI=45)



HO-DSP may contain other sectioning than RD and AREA

Литература

- С.В.Кунегин ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ АТМ, Учебно-методическое пособие, М., в/ч 33965, 1999, - 80 с. с илл.