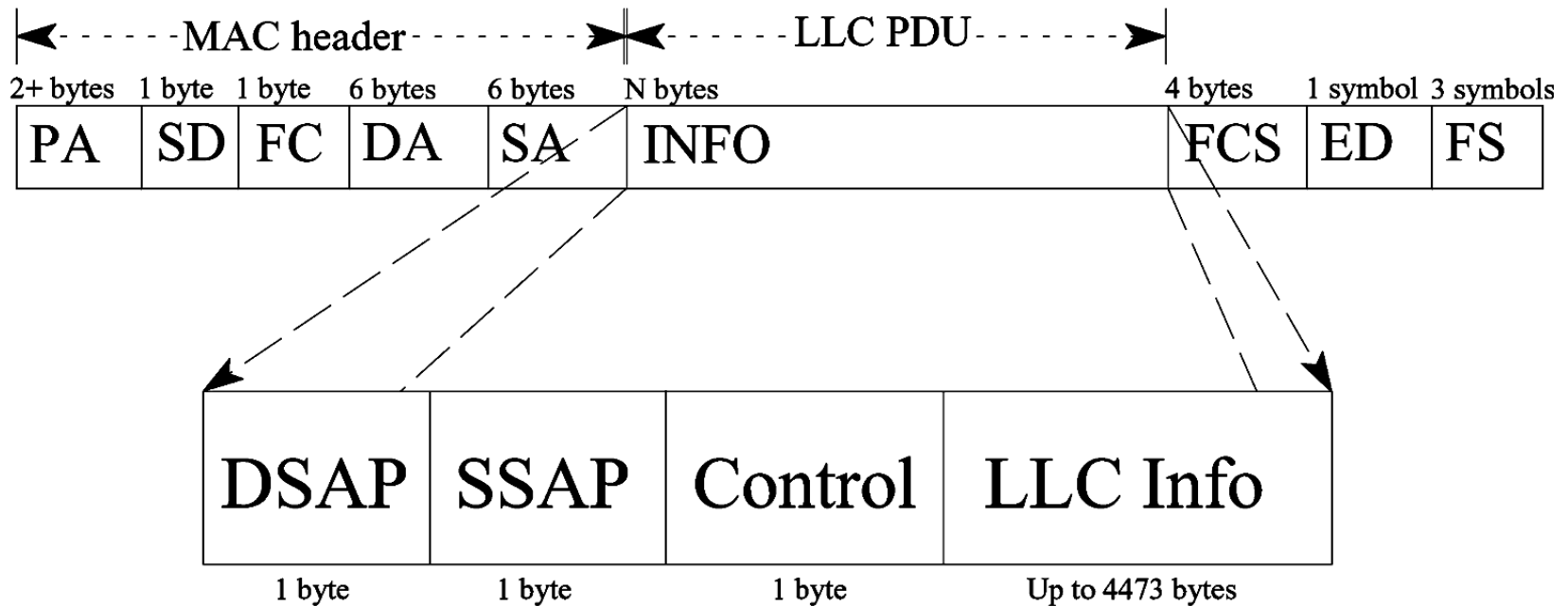


# Высокопроизводительные сети для мультимедиа-технологий и реализации магистралей

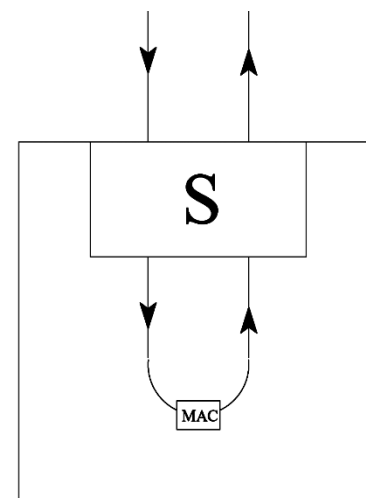
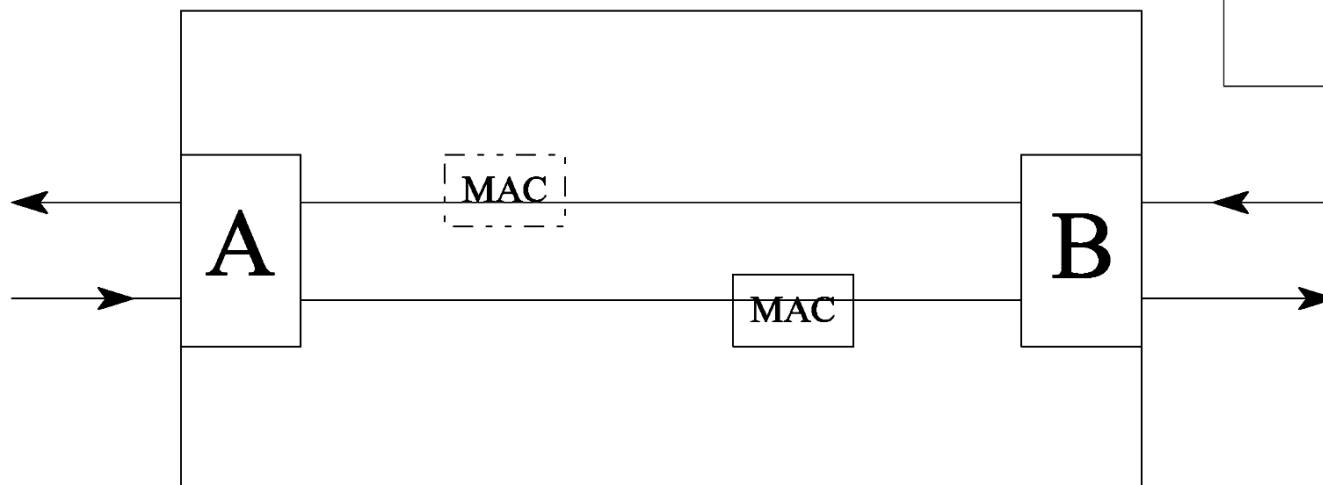
- FDDI - Fiber Distributed Data Interface (разработка X3T9.5 ANSI 1987 г.). Сети поддерживают две топологии:
  - двойное кольцо;
  - древовидную.
- FDDI-II – разработан для передачи речевых ИКМ каналов. Максимальная загрузка – 16 синхронных кадров каждые 125 мкс по 96 ИКМ каналов позволяют передавать 1536 первичных речевых каналов (8000 однобайтных отсчетов в сек.) или 64 T1 или 48 E1 цифровых каналов.
- CDDI (Copper Distributed Data Interface) – вариант FDDI для среды «витая пара» UTP-5.

# Кадр FDDI

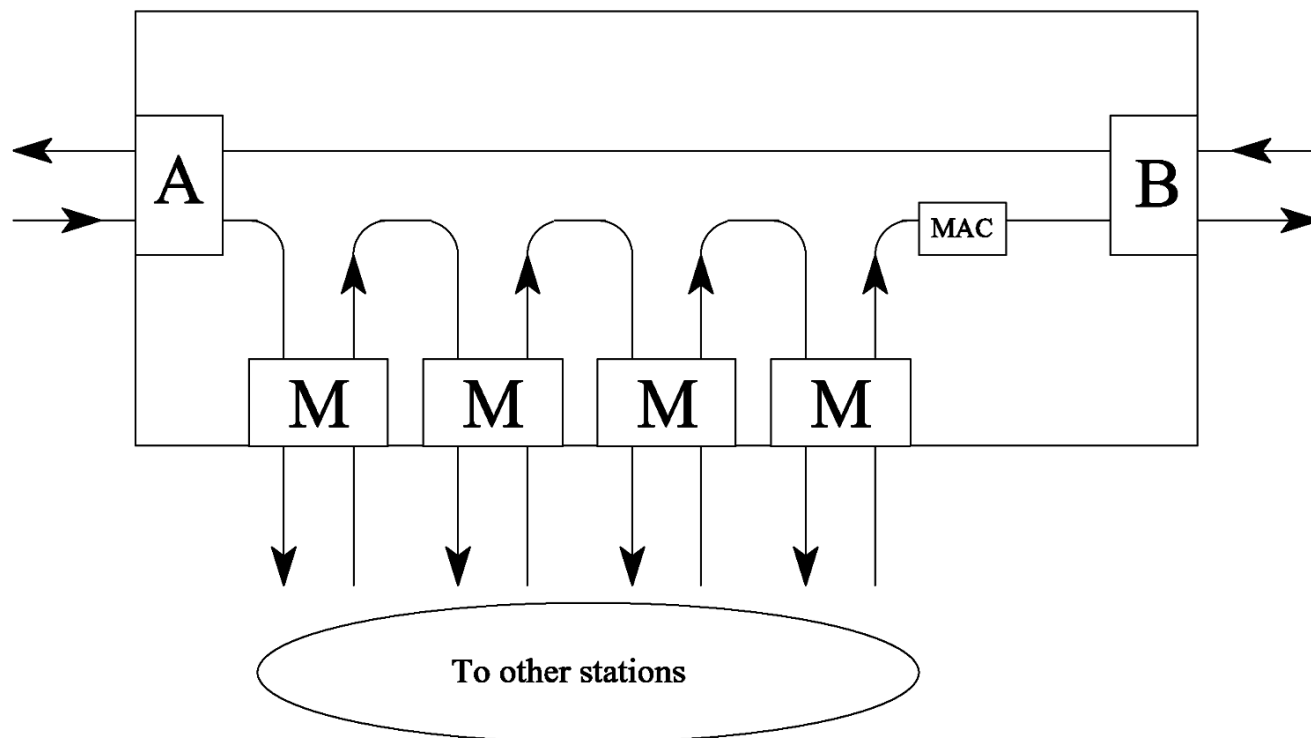


# Станции сетей FDDI

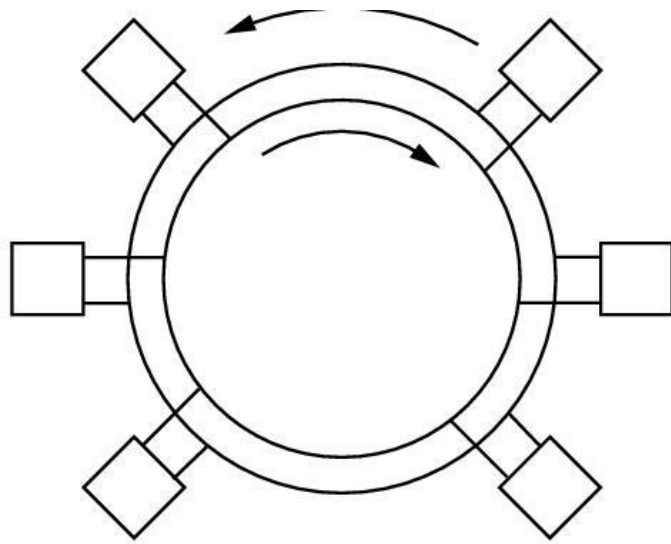
- В FDDI существуют станции двух типов:
  - двойного подключения DAS
  - одинарного подключения SAS



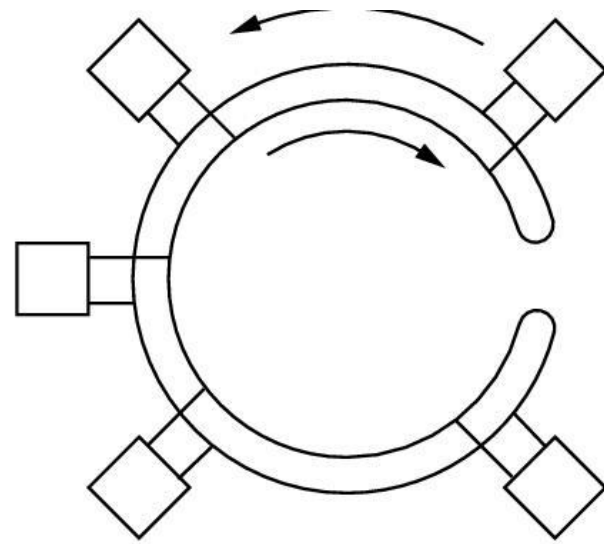
# Концентратор FDDI



# самооживление FDDI (wrapped ring)



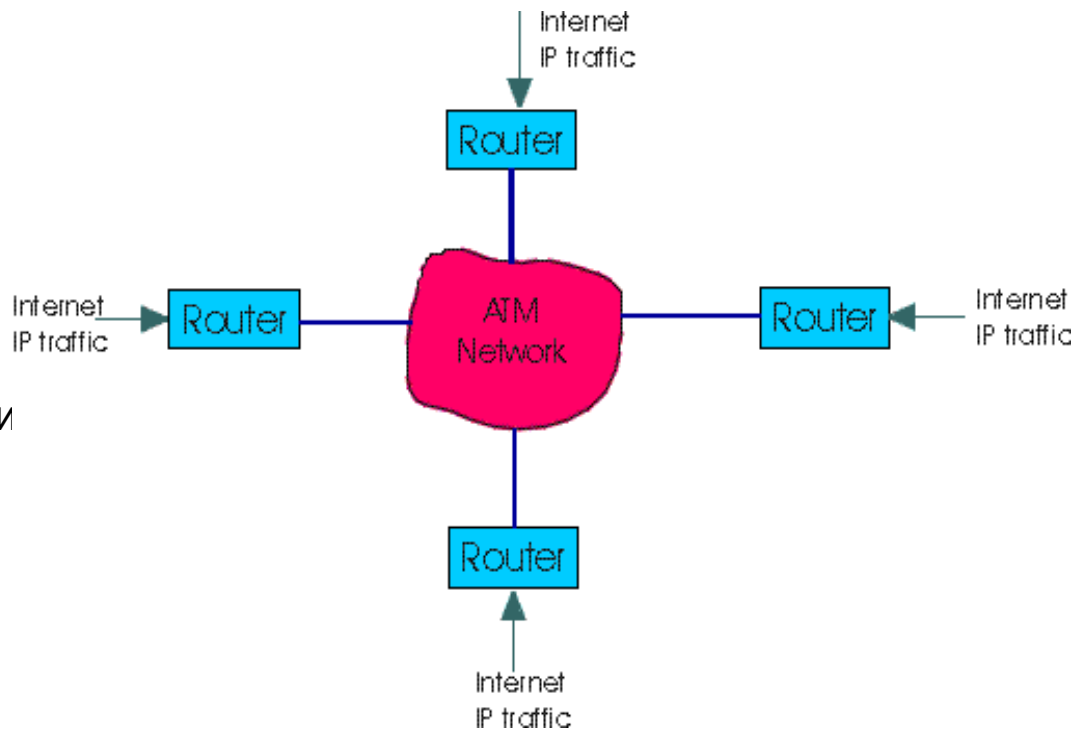
(a)



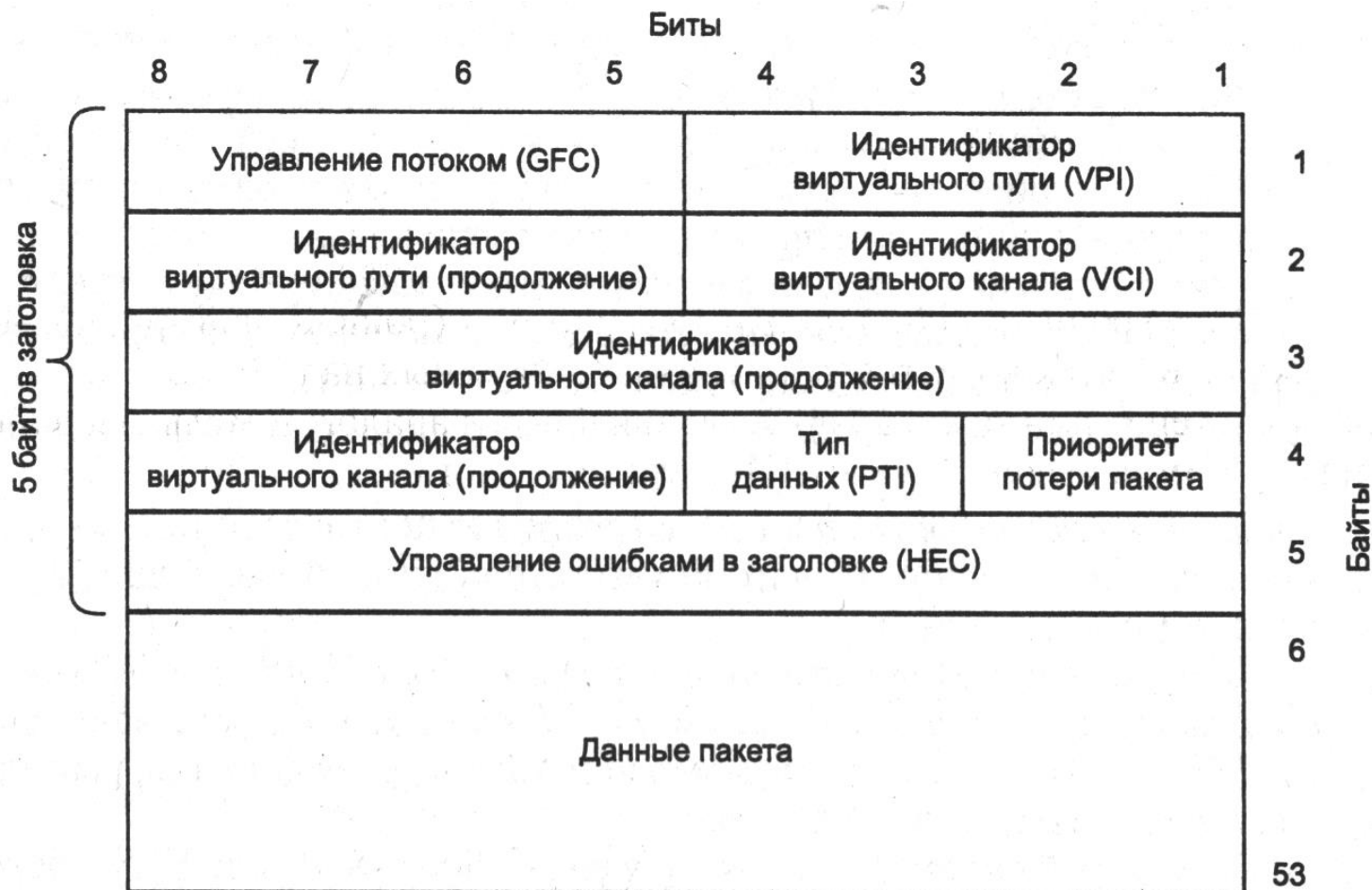
(b)

# ATM

- ATM (Asynchronous Transfer Mode) – транспортная коммутационная подсистема для B-ISDN (Broadband ISDN) architecture (1980)
- Цели: высокоскоростной доступ (155Mbps to 622 Mbps); встроенные (интегрированные) услуги передача речи, видео, данных.
- Поддержка гарантированного качества обслуживания
- Основной способ использования сейчас: коммутируемый уровень сетей IP-over-ATM



# ячейка АТМ (ATM cell)



# Виртуальные цепи (VC) ATM

- ATM cells (53 bytes) передаются по «виртуальным цепям» VC (virtual circuits)
- В сетях IP over ATM: **Permanent VCs (PVCs)** между IP - маршрутизаторами;
- проблема масштабирования:  $N(N-1)$  VC между всеми парами роутеров
- **Switched VCs (SVCs)** – используются для недолговременных соединений
  
- **Преимущества ATM VC подхода**  
гарантии качества VC
- **Недостатки ATM VC подхода:**  
неэффективная работа с дейтаграммами: PVC – не масштабируется, а SVC создает дополнительную задержку формирования SVC



# Уровневая модель АТМ

## Верхние уровни сети

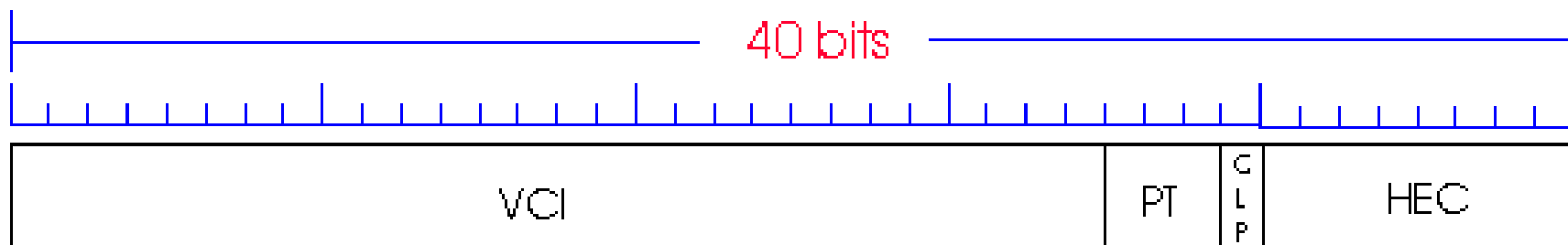
Уровни адаптации АТМ (AAL1-5)	Подуровень конвергенции (CS)	Общая часть подуровня конвергенции
		Специфическая для сервиса часть
	Подуровень сегментации и реассемблирования (SAR)	
Уровень АТМ (маршрутизация пакетов, мультиплексирование, управление потоком, обработка приоритетов)		
Физический уровень	Подуровень согласования передачи	
	Подуровень, зависящий от физической среды	

# Физический уровень АТМ

- Не определен стандартами АТМ Forum. Два подуровня:
- **Physical Medium Dependent (PMD)** - подуровень зависящий от среды
  - SONET/SDH: OC1 - 51.84 Mbps; OC3 - 155.52 Mbps; OC12 - 622.08 Mbps
  - T1/T3 или E1/E3: устаревшие цифровые телефонные сети: 1.5 Mbps/ 45 Mbps или 2/34,3 Mbps
- **Transmission Convergence Sublayer (TCS)** - подуровень согласования передачи: адаптация PMD-подуровня к транспортному уровню АТМ. Функции TCS:
  - формирование контрольной суммы заголовка: 8 бит CRC; защищает 4-байтный заголовок; корректирует все одиночные ошибки;
  - формирование ячейки;
  - передача ячеек «простоя», при отсутствии данных в буфере передачи «неструктурированного» подуровня PMD.

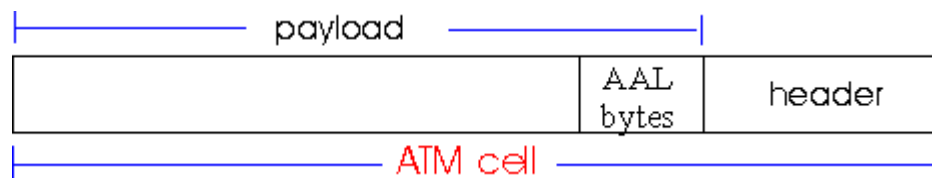
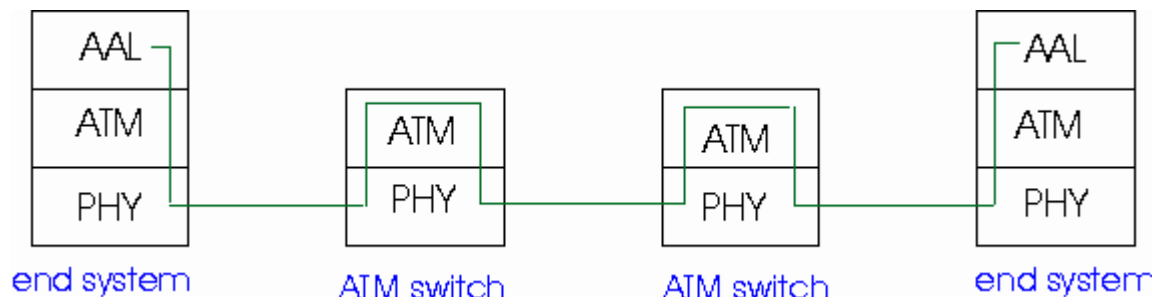
# Уровень АТМ сетей АТМ

- АТМ уровень отвечает за транспортировку ячеек в сети АТМ
- АТМ уровень определяет структуру заголовка ячейки (5 байт);
- содержимое = 48 байт; полный размер ячейки = 53 байт
- VCI (virtual channel ID): транслируется, изменяется от соединения к соединению;
- PT (Payload type): показывает тип содержимого (например, управление)
- Бит CLP (Cell Loss Priority): CLP = 1 указывает на низкоприоритетную ячейку, которая может быть отброшена, при перегрузке роутера.
- Байт контрольной суммы HEC (Header Error Checksum ).



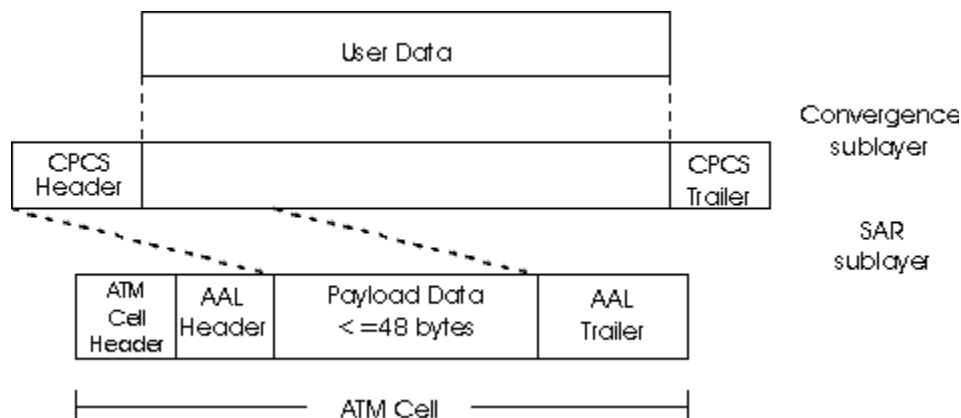
# Уровень адаптации AAL

- **ATM Adaptation Layer (AAL, уровень адаптации ATM):** адаптирует уровень ATM к вышестоящим уровням (например, IP)
- AAL присутствует только в конечных системах, не в коммутаторах
- Поля заголовков уровня AAL находятся в ATM ячейке



# Уровень адаптации AAL (продолжение)

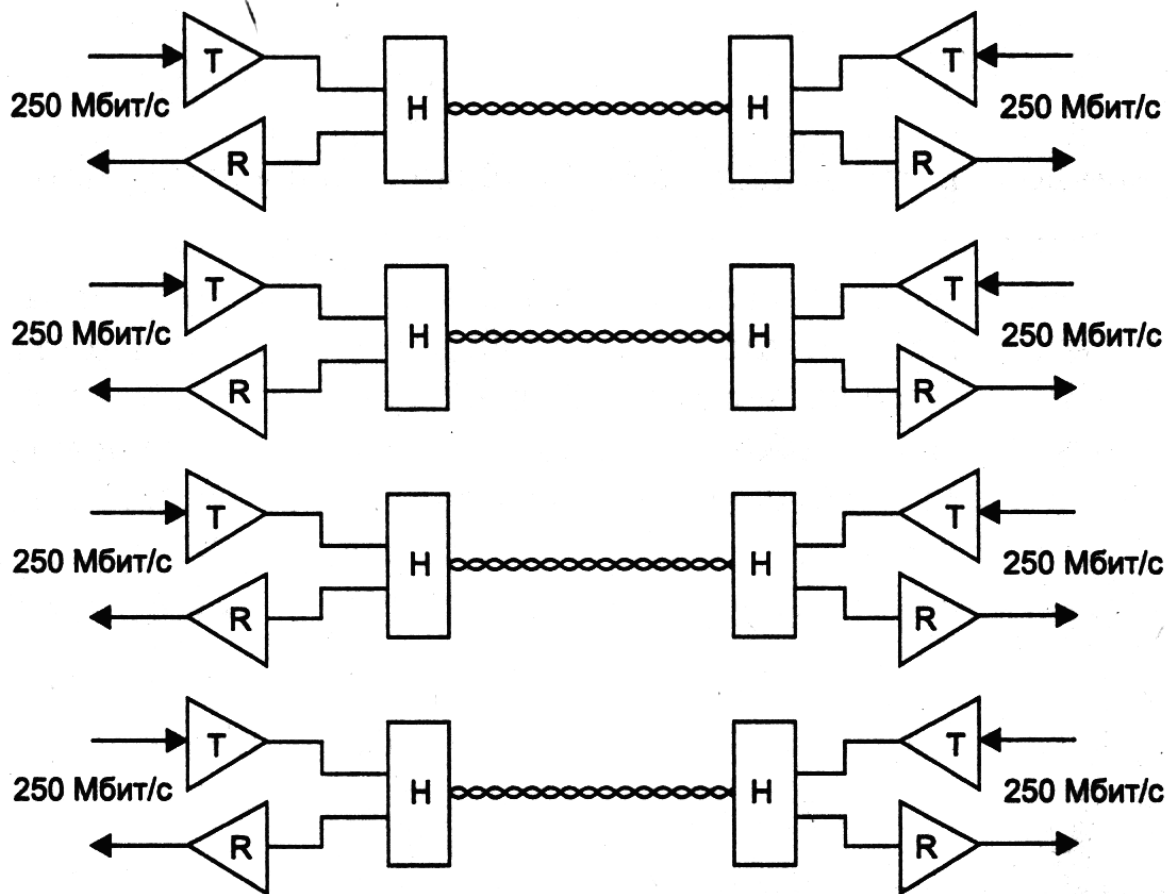
- ATM транспорт поддерживает различные типы уровней AAL, в зависимости от приложения:
  - **AAL1**: для приложений CBR (Constant Bit Rate, постоянная битовая скорость), например эмуляция цепей с заданной скоростью
  - **AAL2**: для приложений VBR (Variable Bit Rate, переменная битовая скорость), например, MPEG видео
- Два подуровня AAL:
  - **AAL5**: для данных (например, для IP дейтаграмм)
  - **(Основной) Convergence Sublayer**: инкапсулирует IP нагрузку
  - **Segmentation/Reassembly Sublayer**: сегментирует/разбирает the нагрузку в 48-байтные сегменты ATM



# Технология Gigabit Ethernet

- Минимальный размер кадра увеличен (с 512 бит или до 4096 бит (без преамбулы) для поддержки диаметра сети 200 м.
- 1000Base-SX/LX 802.3z
  - 850nm LED (SX, Short wavelength)
    - 62,5/125 - 220m
    - 50/125 - 500m
  - 1300nm laser (LX, Long wavelength)
    - SMF - 5000m
    - MMF – 550m
  - твинаксиальный кабель (Twinaх) - 25m
- 802.3ab (витая пара)
  - PAM5 – 5 уровней/2.3 бит, 250МГц – 125МГц
  - при передачи по 4 парам 8 бит – только половина комбинаций 5-уровневого кода задействована

# Вариант GE на TP (802.3ab)

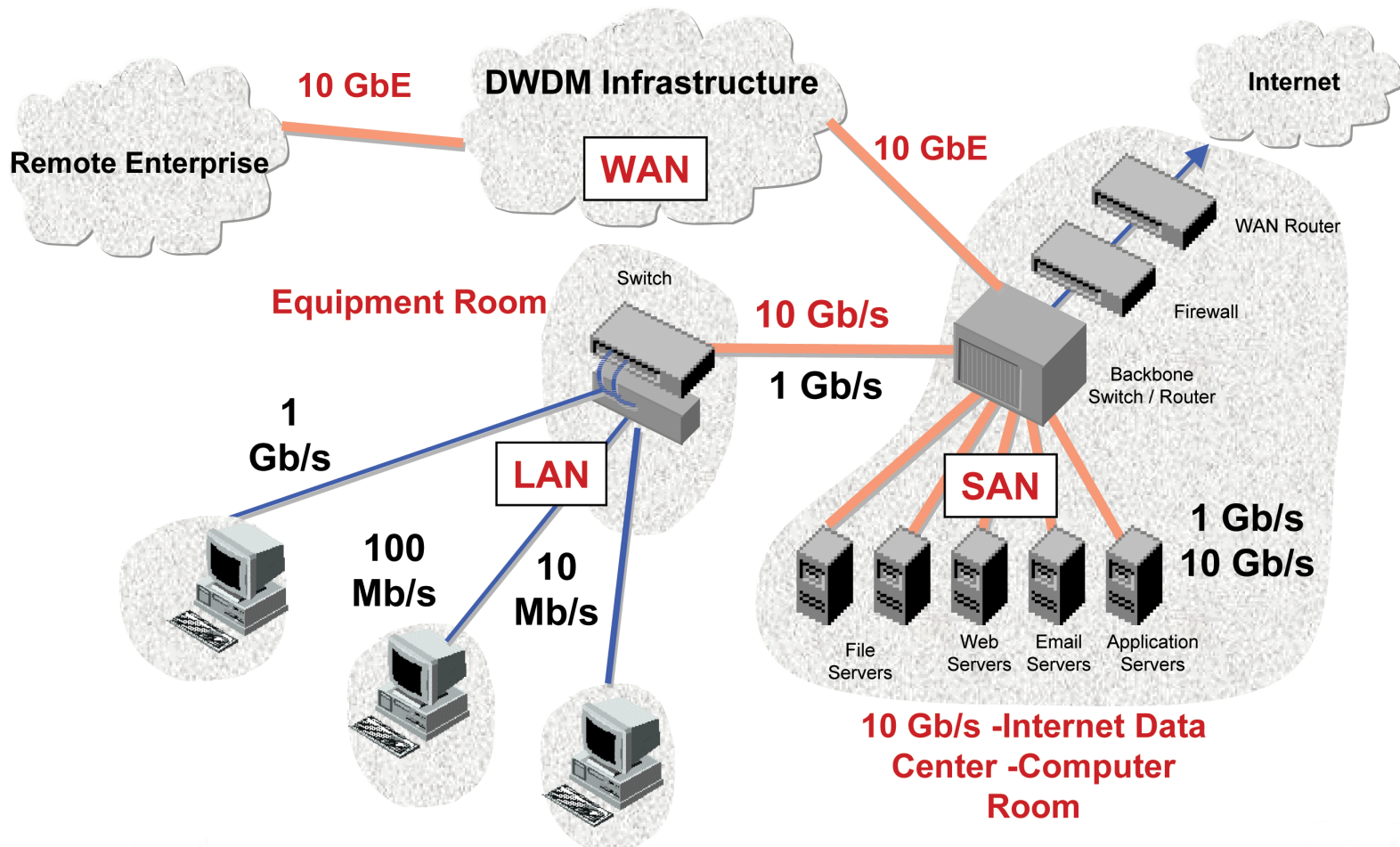


# 10G Ethernet

- 10GBASE-L
  - SMF, 1310 нм – 10 км
- 10GBASE-E
  - SMF, 1550 нм – 40 км
- 10GBASE-S
  - MMF, 850 нм – 26 .. 300 метров
- 10GBASE-T (проект до 2006 г.)
  - 802.3an, TP Cat.6a, Cat.7, (Cat.6 – 50м.)



# Использование 10G Ethernet



# 10GBase-T. Цели 802.3an

- Сохранить формат кадра 802.3/Ethernet для системы доступа к среде клиента
- Сохранить min. and max. размер кадра текущего стандарта 802.3 Std.
- Поддерживать только полнодуплексную передачу
- Поддерживать локальные кабельные сети топологии звезда, используя двухточечные соединения и топологию структурированных кабельных систем
- Поддерживать скорость 10.000 Gb/s на интерфейс
- Выбрать проводную медную среду из ISO/IEC 11801:2002, с необходимыми улучшениями в ходе совместной работы 802.3 и SC25/WG3
- Удовлетворить требования CISPR/FCC Class A
- Обеспечить передачу через 4-х разъемный 4-х парный кабель СКС – витую пару для все поддерживаемых расстояний и для всех поддерживаемых классов кабелей.
- Определить единый 10 Gb/s уровень PHY, поддерживающий следующие соединения:
  - по крайней мере, 100 м 4-парного кабеля Class F/Category 7 (1-600 MHz), в виде сбалансированного медного соединения
  - по крайней мере, от 55 м до, если возможно, 100 м на – парной витой паре Class E/Category 6 (1-250 MHz) , в виде сбалансированного медного соединения
- Получить относительную ошибку на хуже BER =  $10^{-12}$  для всех сред и классов.
- Ратифицирован 07.2006

# 40Gb/s и 100Gb/s Ethernet – IEEE 802.3ba-2010

Были установлены следующие цели:

- поддержка скорости 40 и 100 Гбит/с;
- поддержка витой пары от 7м
- поддержка соединения от 100м по MMF;
- поддержка соединения от 10км по SMF;
- поддержка соединения от 40км по SMF;
- только полнодуплексные соединения;
- использование обычного формата кадра 802.3 и минимального и максимального размеров кадров;
- поддержка BER > 10<sup>-12</sup>.

принят 07.2010

ожидаются поставки оборудования с начала 2011 г.

# Разрабатываемые среды ТР

Cat 6/Class E



RJ-45

Cat 7/Class F



RF-45



# Характеристики сред ТР

Параметр	Cat. 5, Class D	Cat. 5e	Category 6/ Class E (at 250 MHz)	Category 7/ Class F (at 600 MHz)
Номинальный диапазон частот, МГц	1-100	1-100	1-250	1-600
Затухание	24 dB	24 dB	21.7 dB (36 dB)	20.8 dB (54.1 dB)
NEXT (Near-End Crosstalk)	27.1 dB	30.1 dB	39.9 dB (33.1 dB)	62.1 dB (51 dB)
ACR (attenuation to crosstalk ratio (ACR))	3.1 dB	6.1 dB	18.2 dB (-2.9 dB)	41.3 dB (-3.1 dB)**
Задержка распространения	548 ns	548 ns	548 ns(546 ns)	504 ns(501 ns)

Cat 6a – полоса 500 MHz, создана для полноценных (100m) сегментов 10GBase-T

Прим. 6a – означает Augmented, тогда как производители иногда маркируют 6E, по аналогии с Cat. 5E. Но стандарта Cat. 6E – не существует (по крайней мере на 01.2013)

# WDM-технология ITU G.694.1,2

- WDM - wavelength-division multiplexing
  - Увеличение скорости, возможность дуплекса по 1 волокну
  - Coarse WDM (CWDM) – 1271 - 1611 nm
    - до 18 каналов (по стандарту)
    - пример: Ethernet LX-4 10 Gbit/s = 4x3.125Gbit/s в диапазоне 1310 nm
  - Dense WDM (DWDM)
    - Диапазон Conventional (C-band), 1525 nm – 1565 nm
    - Диапазон Long (L-band), 1570 nm – 1610 nm
    - до 160 каналов с разделительными полосами 25 GHz
    - В этом диапазоне, волоконно-эрбиевые усилители (EDFA) пришли на смену оптико-электро-оптическим преобразователям, длительное время используемым в SONET/SDH технологии.
- В 2011г. в NEC Laboratories достигнута скорость передачи 101.7 Tb/s на 165 км (370 каналов).
- В 2014 Eindhoven University of Technology (Нидерланды) и University of Central Florida (США) достигли скорости 255 Тбит/с через 7-стержневой оптоволоконный кабель, используя 32QAM модуляцию. Полная спектральная эффективность составила 102bits/s/Hz