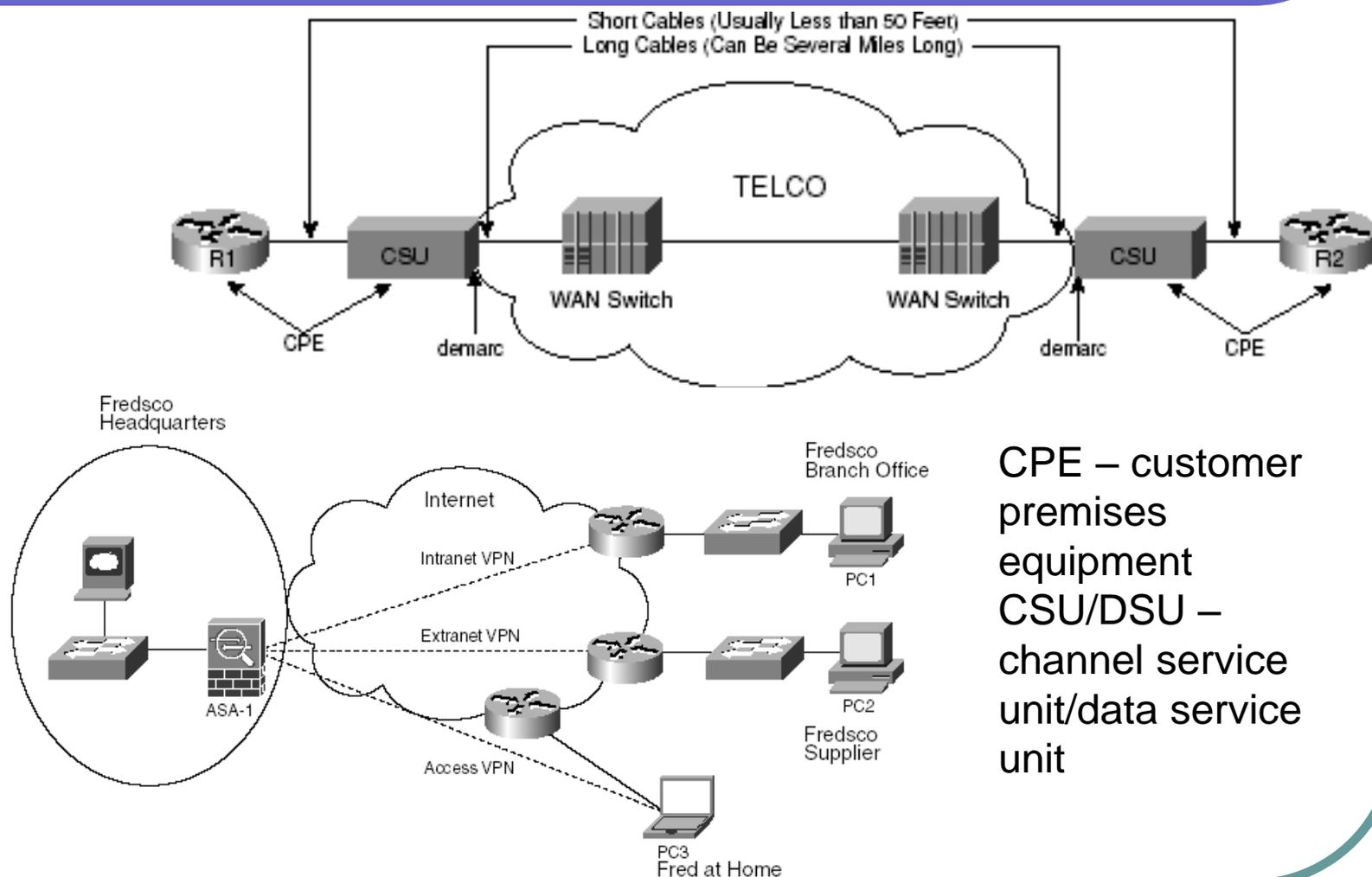
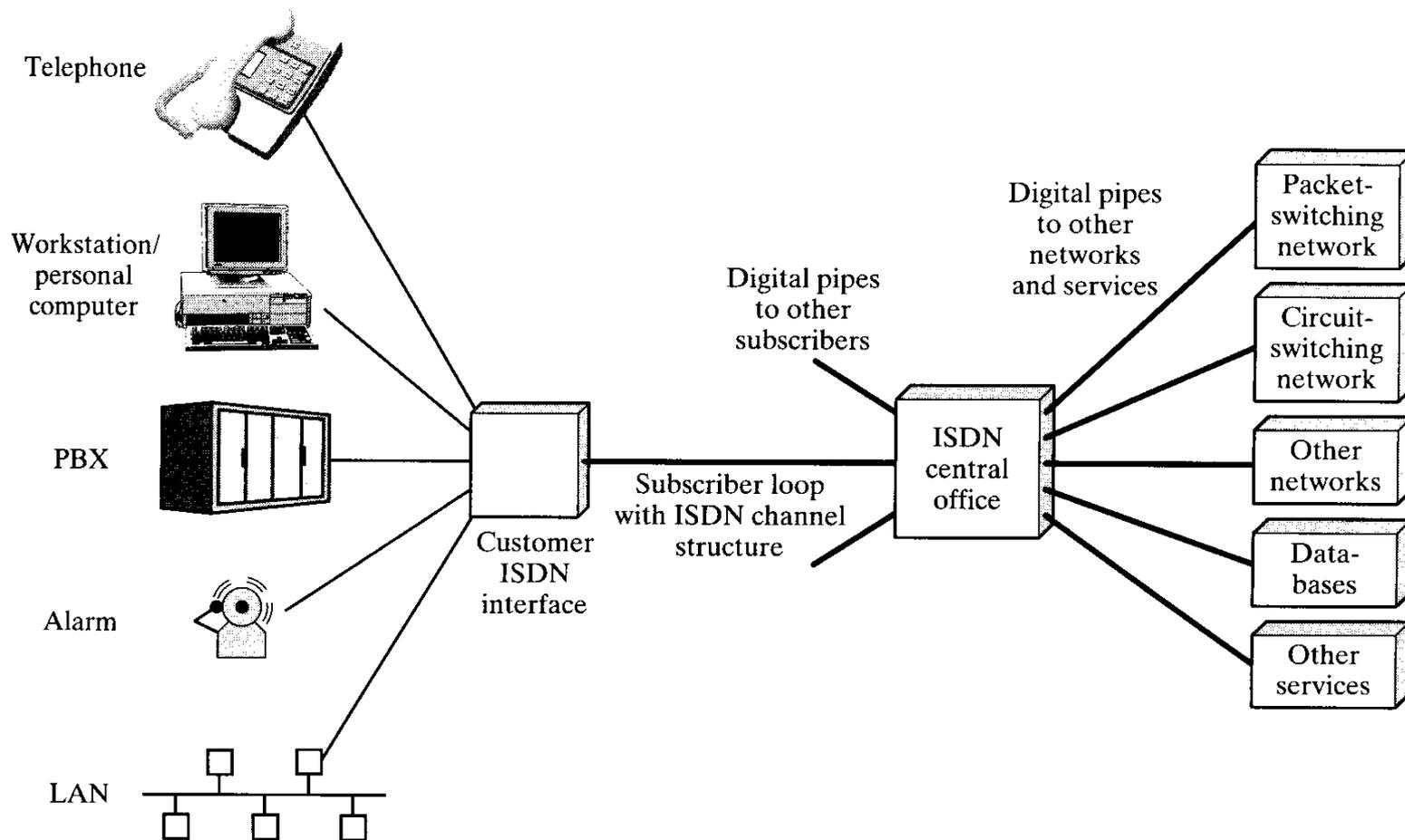


WAN и Internet решения

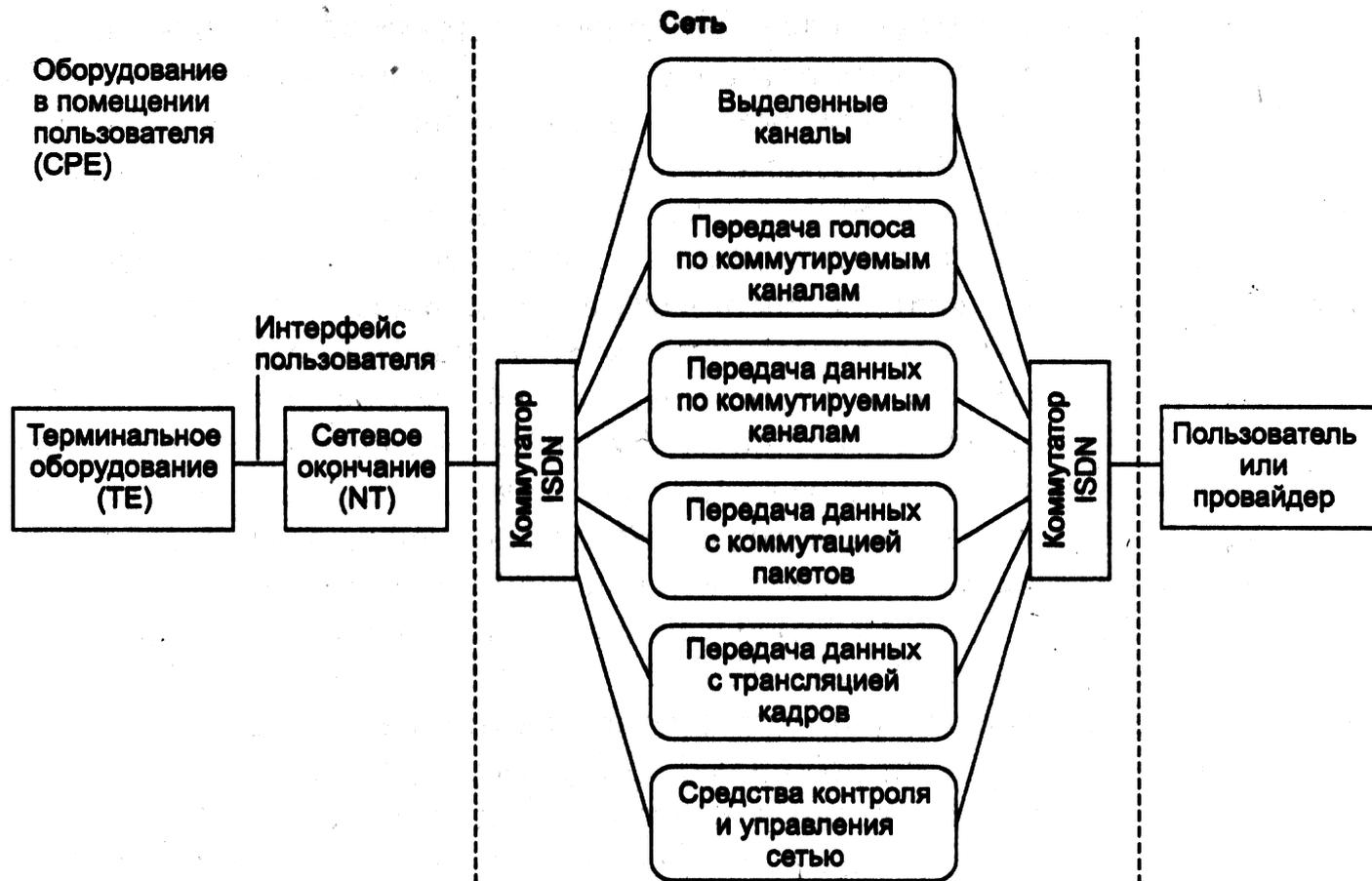


CPE – customer premises equipment
CSU/DSU – channel service unit/data service unit

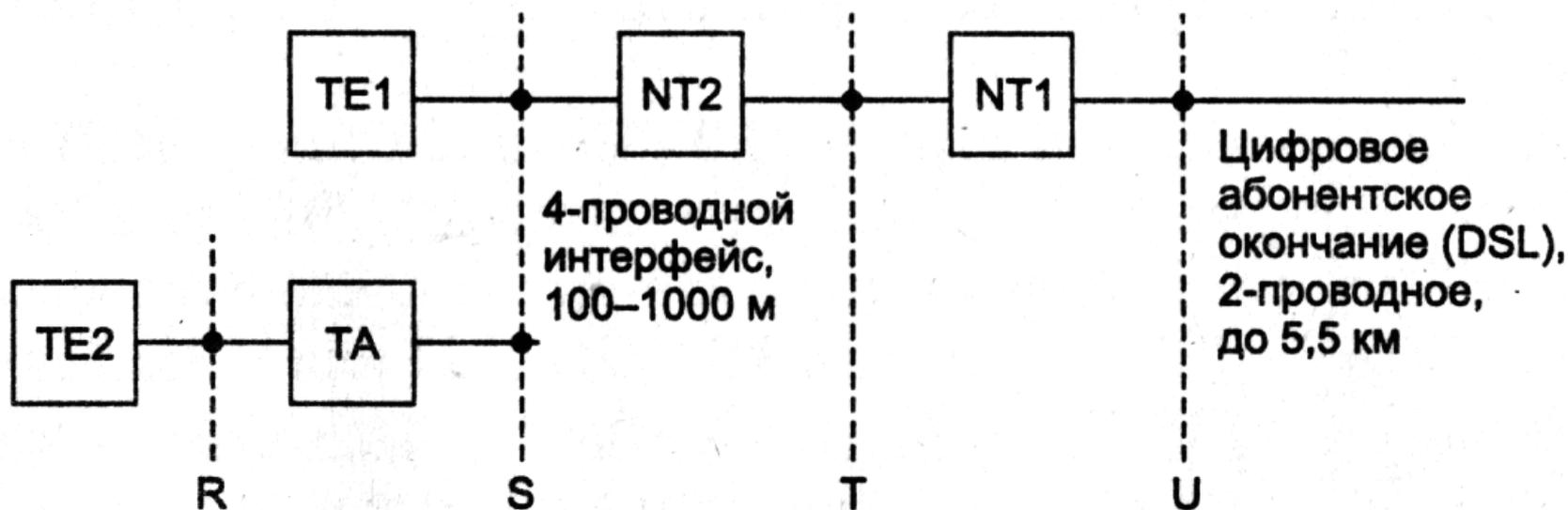
Архитектура ISDN



Службы сетей ISDN

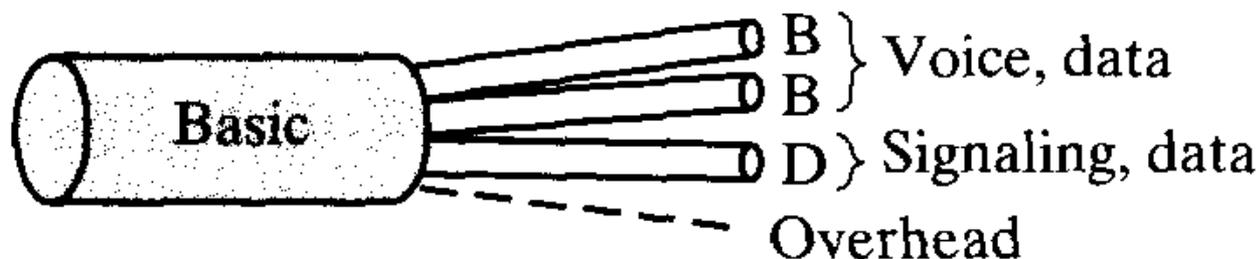


Подключение к ISDN



- В ISDN поддерживаются 2 типа интерфейса для оборудования пользователя: BRI и PRI
- Адресация в ISDN описана стандартом ITU-T E.164, выработанным на основе стандарта E.163 (международный план телефонных номеров)
- Адрес состоит из номера абонента (код страны, код города, номер) 15 десятичных цифр, и адреса абонента размером 40 десятичных цифр.

ISDN BRI – начальный (основной) интерфейс



1. Basic service

Rate: 192 kbps

Composition: B + B + D channels,
+ synchronization and framing

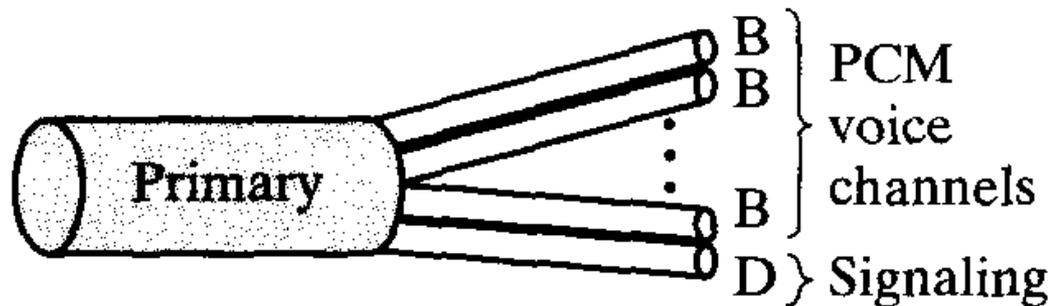
BRI – Basic Rate Interface (обычно предлагается, как 128 Kbps канал):

2 канала типа B для передачи данных, оцифрованной речи 64 Kbps

1 канал типа D для передачи управляющей информации 16 Kbps

$2 \times 64 + 1 \times 16 + \text{служебная информация} = 192 \text{ Kbps}$

ISDN PRI – Primary Service



2. Primary service

Rate: 1.544/2.048 Mbps

Composition: 2.048 Mbps: 30 B channels at 64 kbps each
1 D channel at 64 kbps

1.544 Mbps: 23 B channels at 64 kbps each
1 D channel at 64 kbps

PRI – Primary Rate Interface, основной интерфейс

Состав - 30B+1D (Европа, Россия) или 23B+1D (США, Япония)

B-ISDN (Broadband ISDN)

В конце 80-х, начале 90-х потребовались скорости передачи выше PrimaryRate ISDN (выше 1.5 либо 2 Mbit/s)

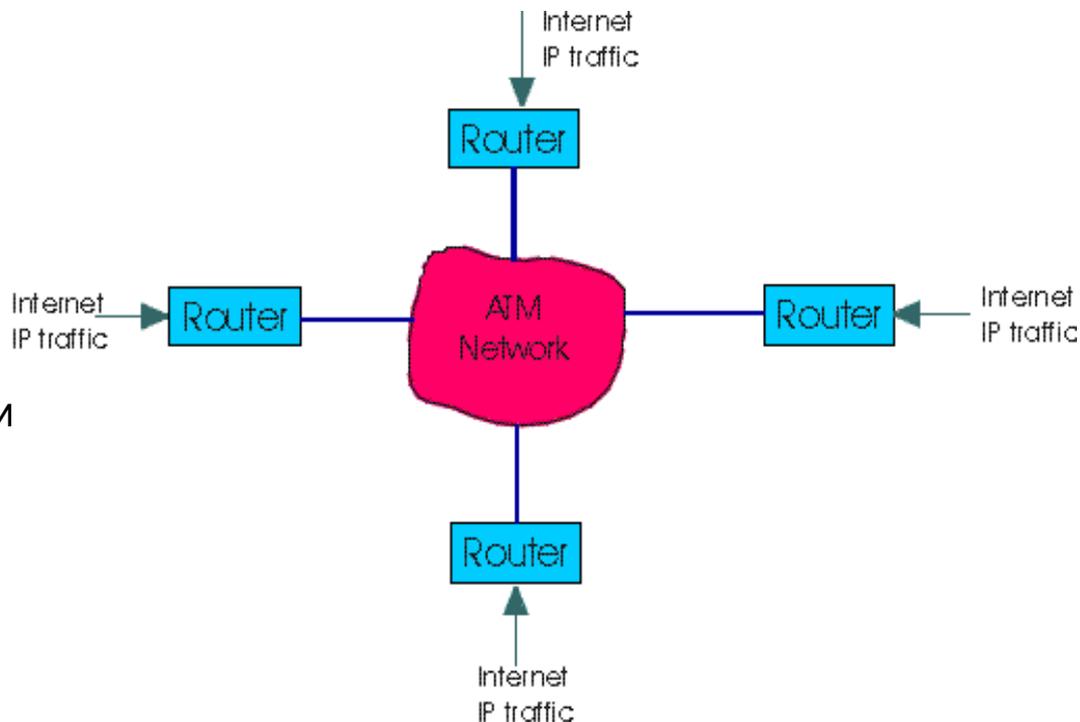
ССИТТ (теперь ITU-T) разработаны стандарты B-ISDN

В качестве инфраструктурной технологии – применена АТМ, позволяющая реализовать передачу данных с различным качеством обслуживания, с различными битрейтами и другими требованиями.

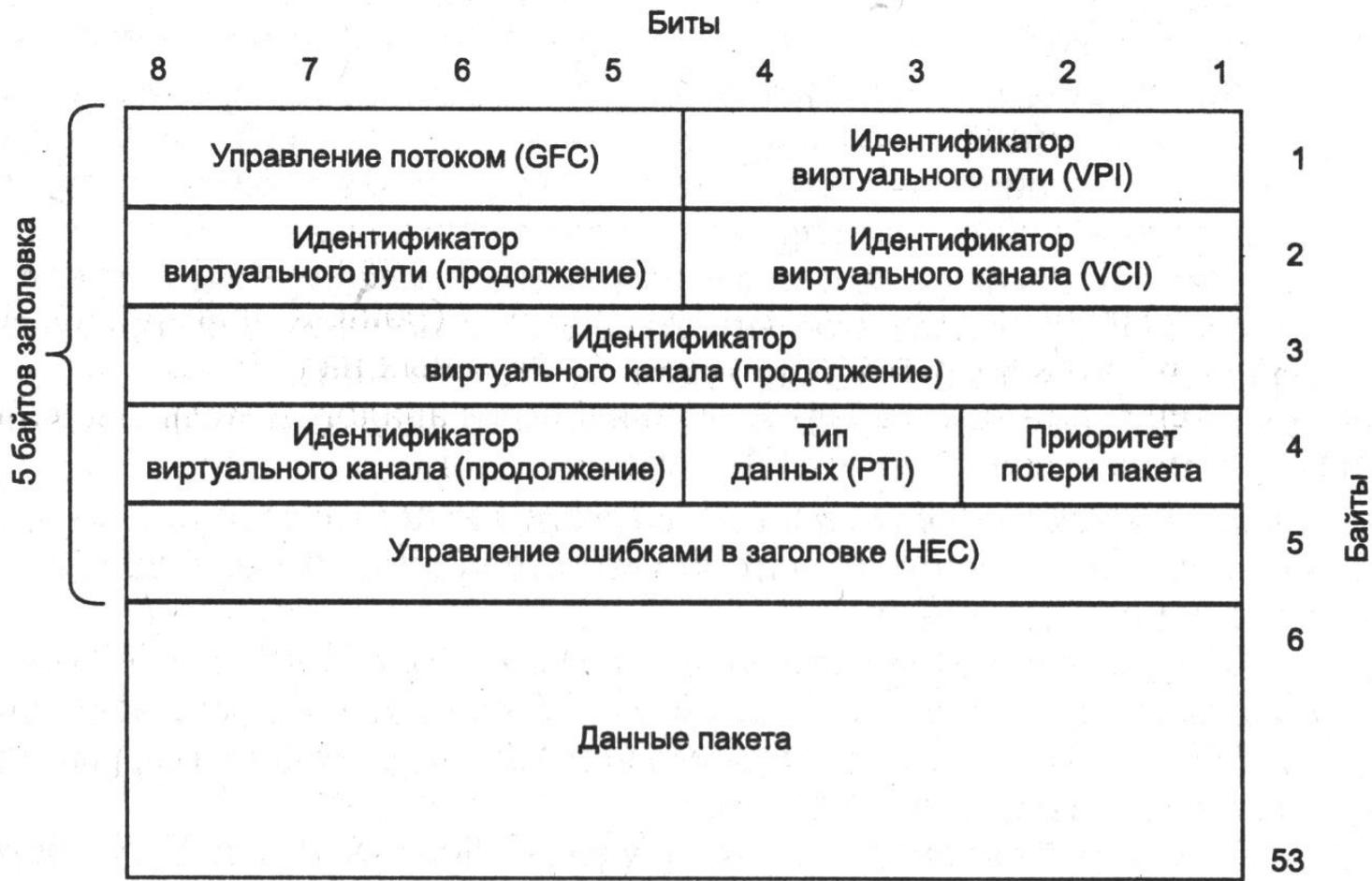
В настоящее время, развитие АТМ приостановилось

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

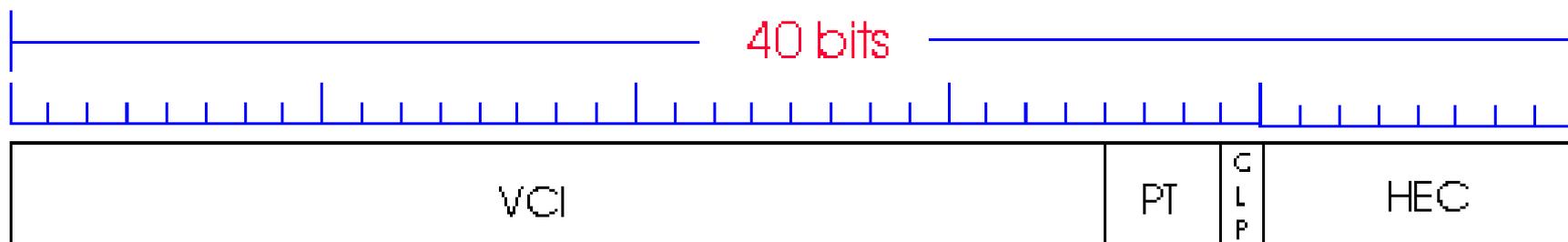
Уровни адаптации АТМ (AAL1-5)	Подуровень конвергенции (CS)	Общая часть подуровня конвергенции
		Специфическая для сервиса часть
	Подуровень сегментации и реассемблирования (SAR)	
Уровень АТМ (маршрутизация пакетов, мультиплексирование, управление потоком, обработка приоритетов)		
Физический уровень	Подуровень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

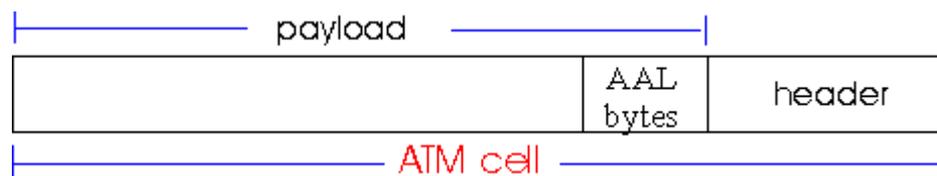
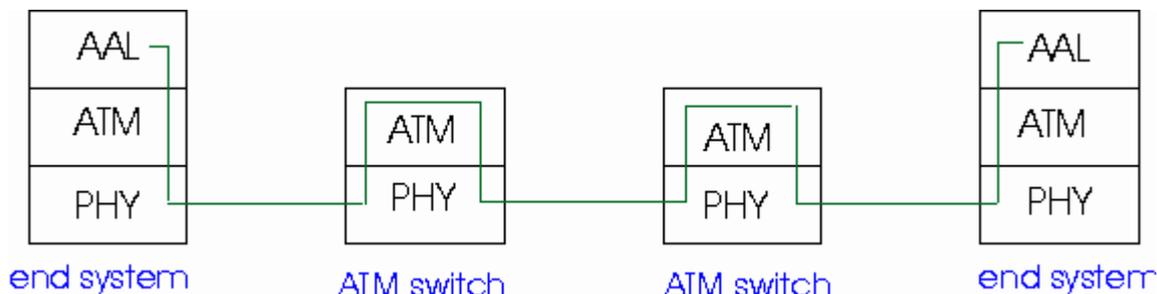
Уровень АТМ сетей АТМ

- 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)

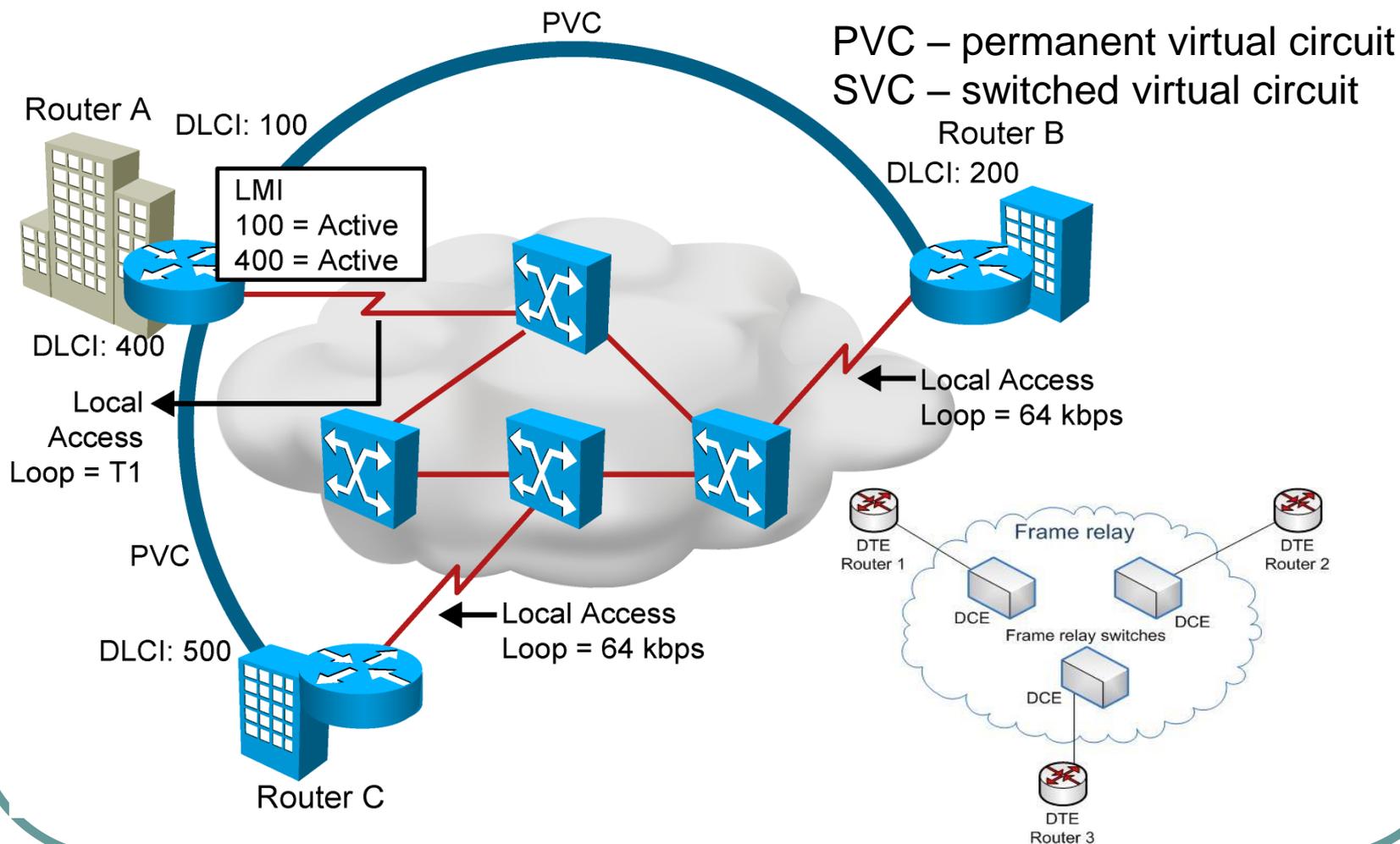
- АТМ транспорт поддерживает различные типы уровней AAL, в зависимости от приложения:
 - **AAL1**: для приложений CBR (Constant Bit Rate, постоянная битовая скорость), например эмуляция цепей с заданной скоростью
 - **AAL2**: для приложений VBR (Variable Bit Rate, переменная битовая скорость), например, MPEG видео
 - **AAL3/4**: VBR
 - **AAL3/4**: ABR
 - **AAL5**: для данных (например, для IP дейтаграмм)

	Class A	Class B	Class C	Class D
Time Synch	Required		Not Required	
Bit Rate	Constant	Variable		
Connection Mode	Connection oriented			Connect ionless
AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3	AAL 4
Examples	Circuit emulation	Compressed Video	Frame Relay	SMDS

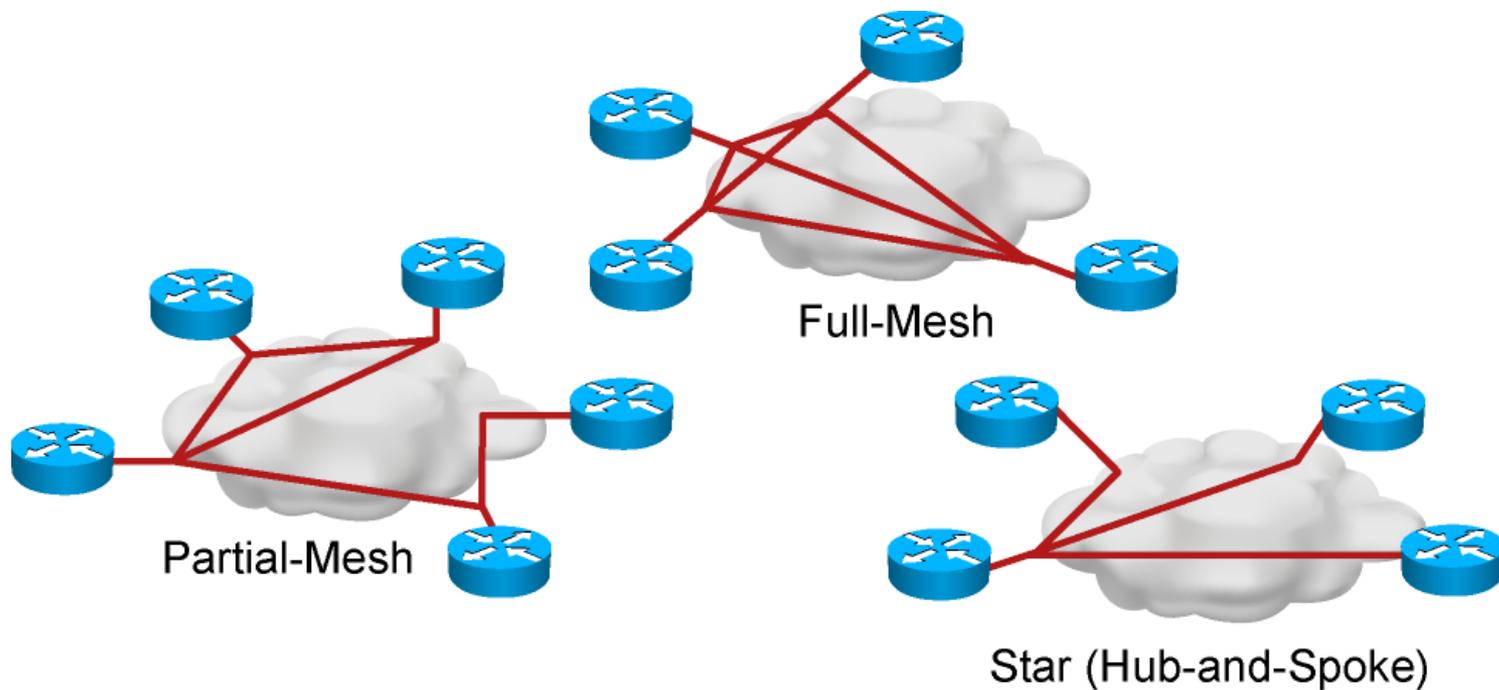
После ISDN, после ATM

- Требования к пропускной способности быстро состарили ISDN и привели к появлению новой платформы для ISDN – ATM. Старые интерфейсы стали называть N-ISDN (Narrowband), а новые B-ISDN (Broadband)
- ATM из-за сложности и стоимости, повсеместно заменяется (заменено) на MPLS
 - Идея – создания гибрида ATM (форвардинг на основе VPI/VCI) и IP, т.е. получить среднее между маршрутизацией IP-пакетов и коммутацией цепей ATM. По-прежнему это один из видов «label substitution», т.е. сеть с заменой меток на каждом участке.
- Next Generation Networks (NGN), конвергентные сети, TriplePlay, Quadruple play
 - Основная сложность – сложность перехода к NGN от обычных сетей
 - Основное устройство – Softswitch – координатор NGN-сети
 - Наиболее известная бесплатная платформа - Asterisk

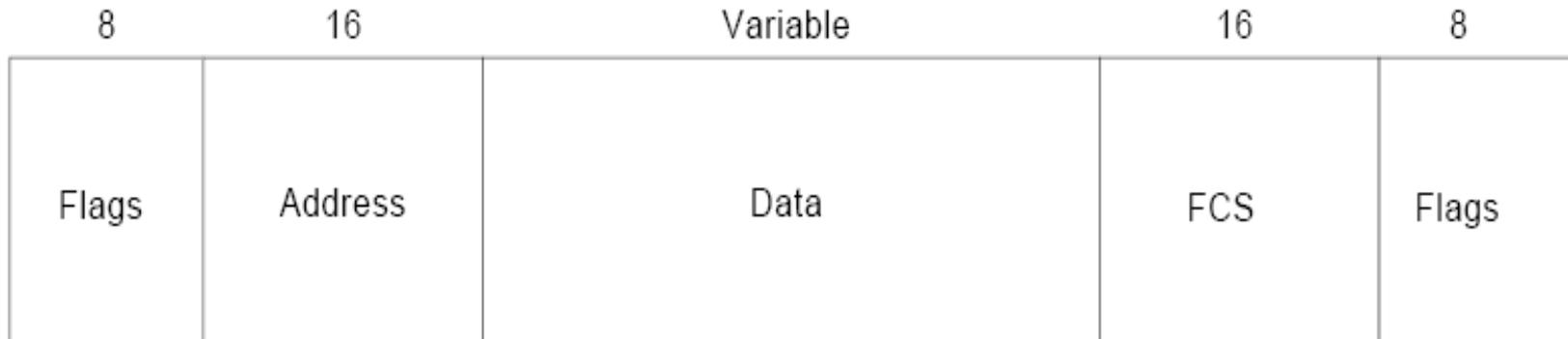
Frame Relay, сеть с коммутацией пакетов



Топологии Frame Relay

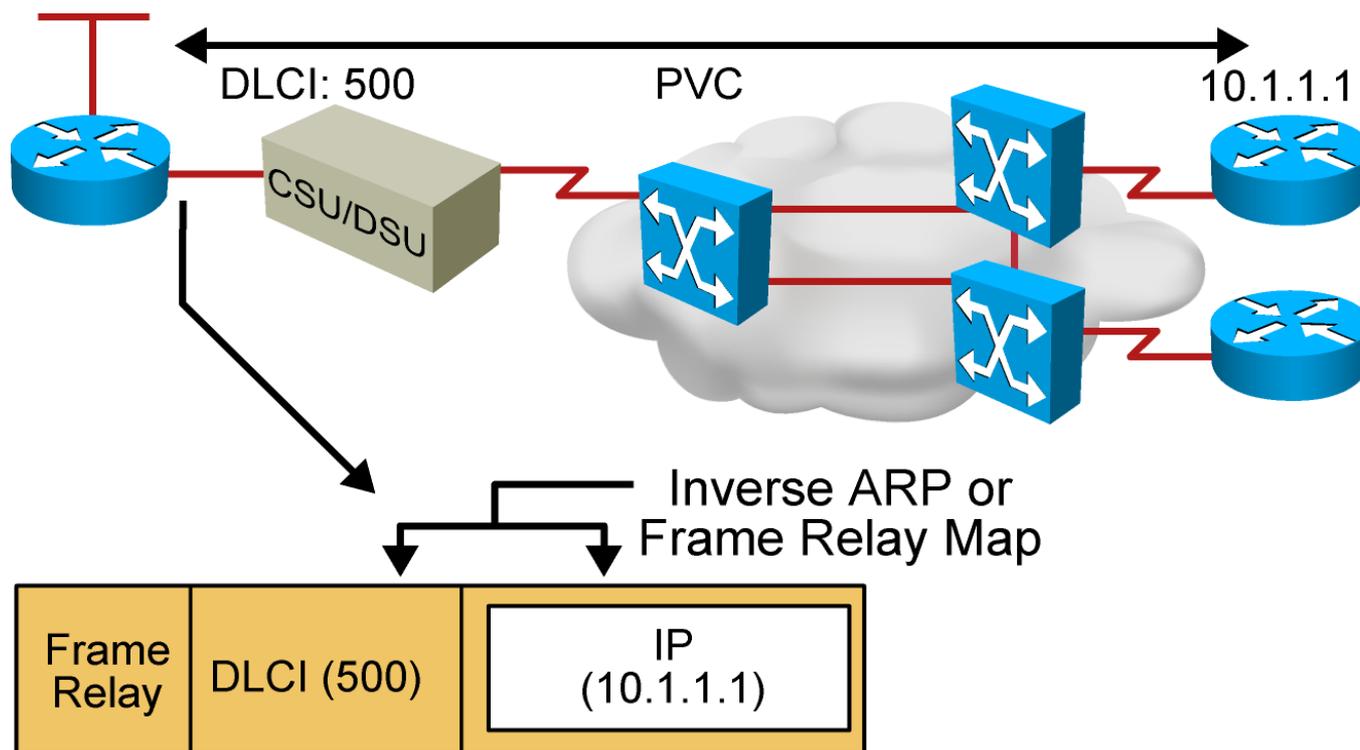


Кадр Frame Relay

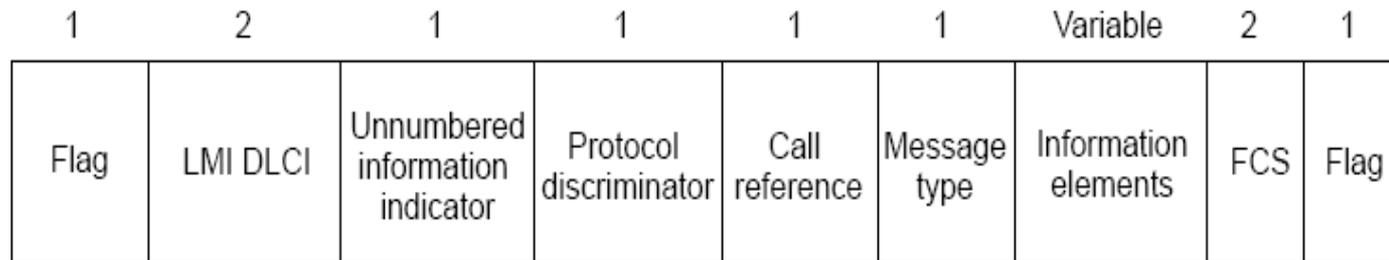


- Флаги начала и конца кадра: 7E [01111110]
- 10 бит адреса – адрес/метка направления
- 6 бит адреса – поле отслеживания перегрузок (биты-флаги FECN, BECN, DE)
- Data – содержит пакет сетевого уровня.
- FCS– frame check sequence (CRC)

Отображение DLCI в IP



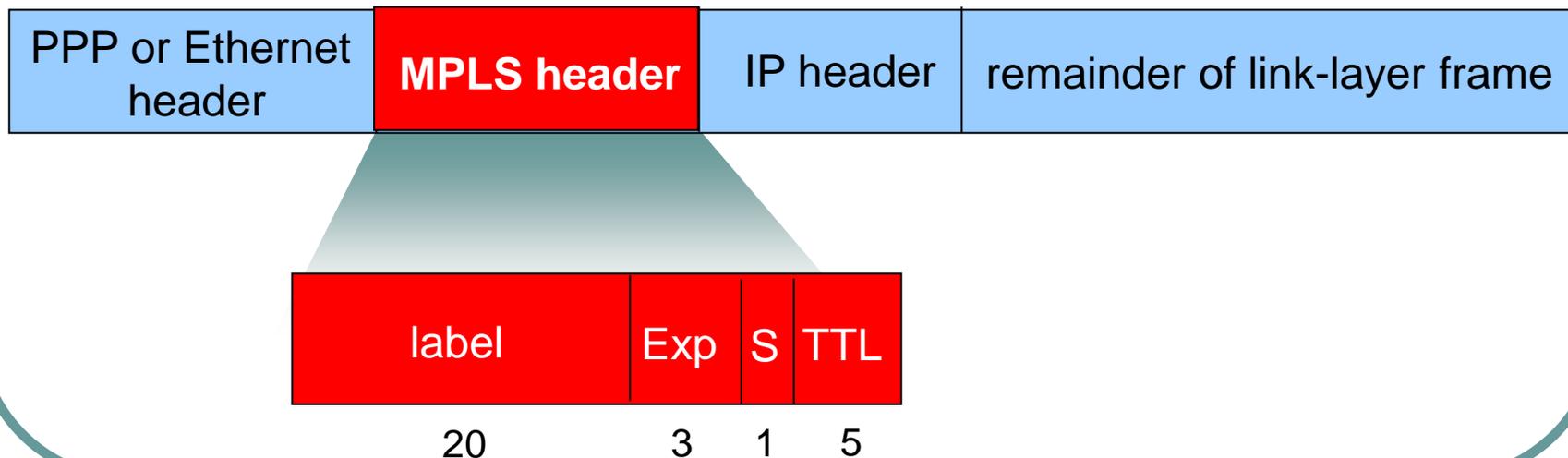
Протокол сигнализации LMI



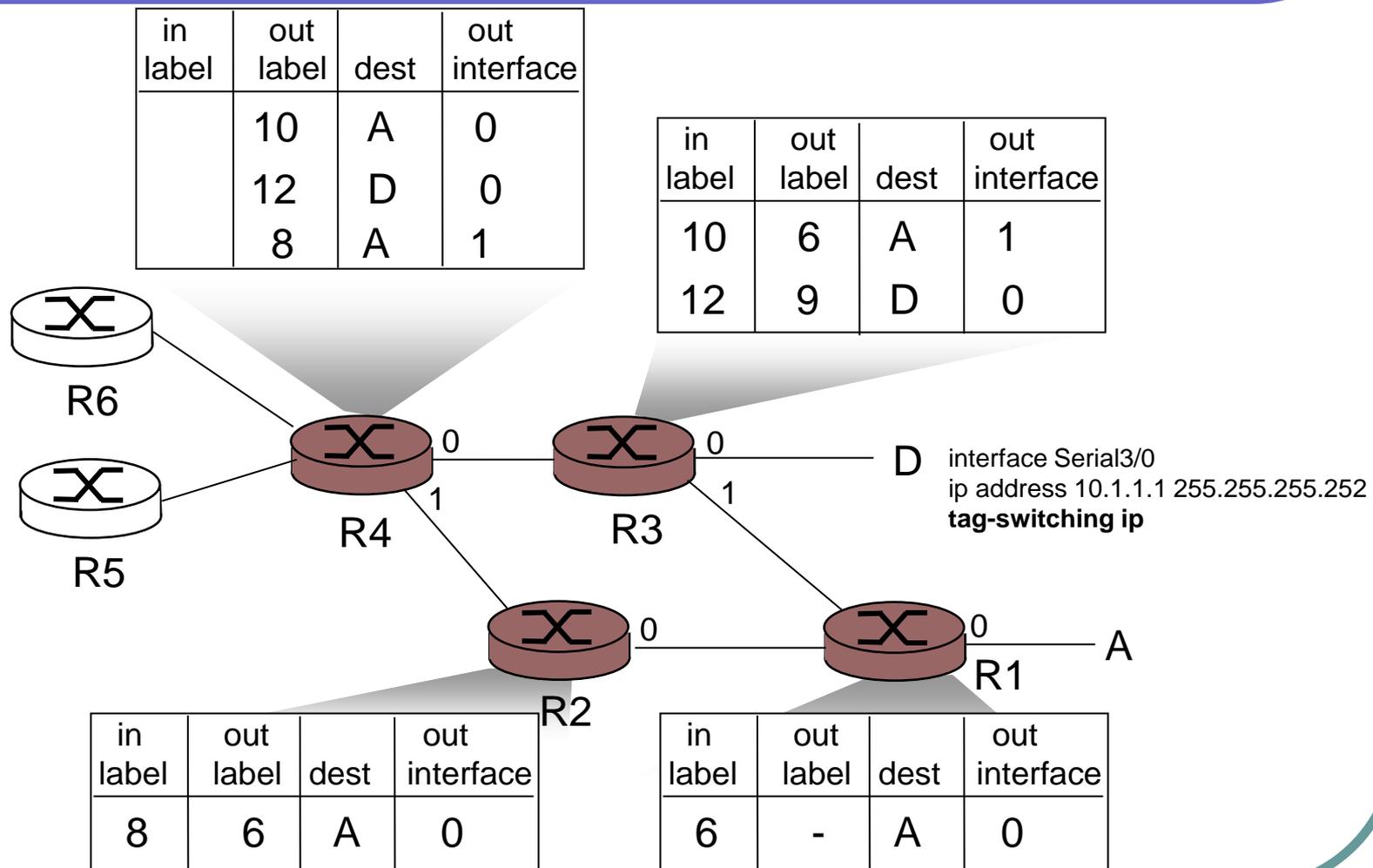
- LMI DLCI - обозначает кадр как LMI
- Message Type
 - Status-inquiry message – позволяет DTE запрашивать статус сети
 - Status message – передает информацию в ответ на запросы о PVC и keep-alive-ы

Multi-Protocol Label Switching (MPLS)

- Цель: ускорить IP доставку используя метки вместо IP адресов
 - идея Virtual Circuit (VC), «label substitution»
 - тем не менее, дейтаграмма содержит IP адрес



MPLS таблицы



Конфигурирование MPLS

! включение CEF (Cisco Express Forwarding)

```
ip cef distributed
```

! разрешение MPLS форвардинга IPv4 пакетов

! согласно таблицы маршрутов

```
int g0/0 => mpls ip
```

! для статической MPLS сначала определяем диапазон меток

```
! mpls label range min-label max-label [static min-static-label max-static-label]
```

```
mpls label range 100 200 static 10 99
```

! затем определяем связываем метки с IP-сетями

```
! mpls static binding ipv4 prefix mask [input] output nexthop] label
```

```
mpls static binding ipv4 192.168.1.0 255.255.255.0 10
```

! проверяем с помощью show mpls static binding ipv4

! Также выводим MPLS таблицу show mpls forwarding-table

Конфигурирование MPLS

! Настройка кросс-соединений

! `mpls static crossconnect in-label interface out-label`

`mpls static crossconnect 10 g0/0 20`

! Просмотр кросс-соединений: `show mpls static crossconnect`

! для MPLS с автоматическим распределением меток сначала определяем протокол меток:

`mpls label protocol [ldp | tdp | both]`

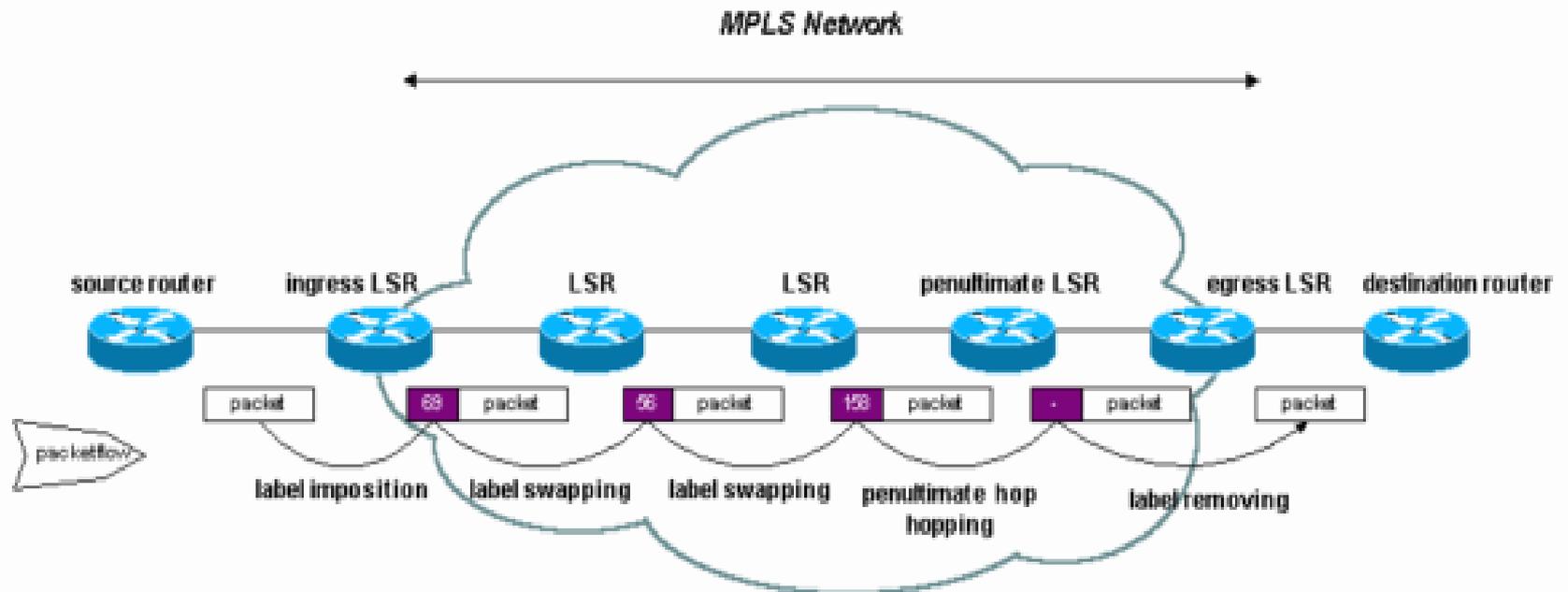
! Информационные команды: `show mpls interfaces`, `show mpls ldp discovery`

! `show mpls ldp neighbor`

! Для применения MPLS-LDP на маршрутизаторах без прямого подключения,

! используем туннельный интерфейс

Basic MPLS Using OSPF



MPLS VPN

CISCO:
“Configuring a
Basic MPLS
VPN example”

