

Frame Relay *(МГФ Ред 29.09.2022)*

Принципы, стандартизация, LAPF
Аспекты управления трафиком, LMI, CLLM, Q923 (SVC)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения
2. Архитектура
3. Стандарты
4. Форматы кадров
5. Менеджмент трафика
6. Управление каналом

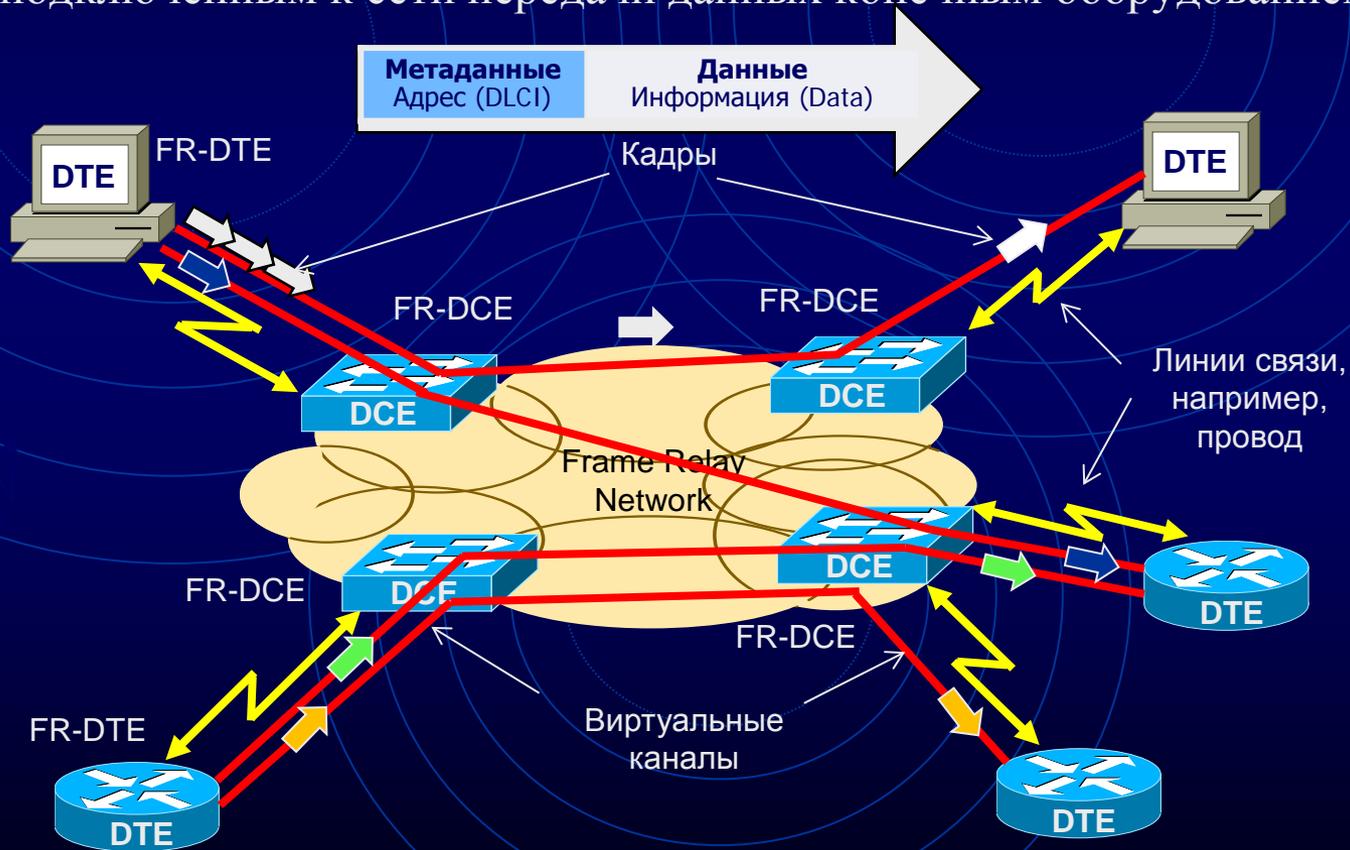


ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общие сведения

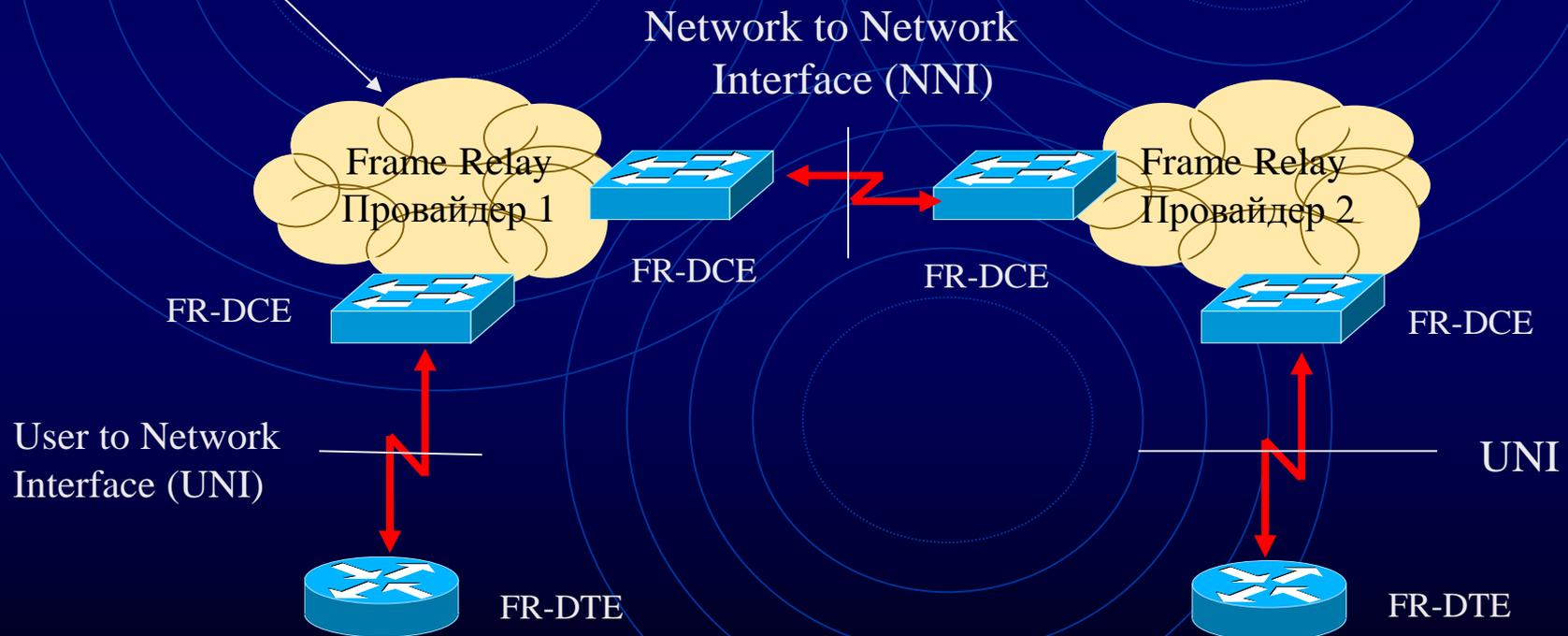
Frame Relay (FR) - ориентированная на соединения сеть пакетной коммутации

- ✓ обеспечивает передачу (ретрансляцию) кадров в сети (FR-DCE)
- ✓ по виртуальным соединениям (DLCI виртуальным каналам)
- ✓ между подключенным к сети передачи данных конечным оборудованием DTE



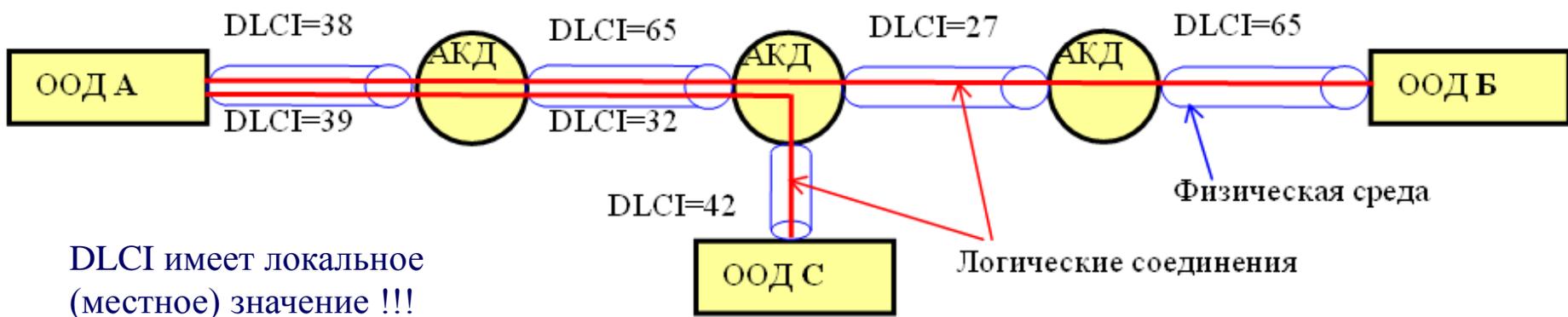
Общие сведения

- WAN технология: общественные (Public) и частные (Private) сети
- Специфицированы
 - ✓ User to Network Interface (UNI)
 - ✓ Network to Network Interface (NNI)
- Не специфицирована сама сеть



Соединения: механизм формирования

- Используется техника виртуальных каналов (Virtual Circuits)
 - ✓ для прозрачной передачи данных между конечным оборудованием (DTE / ООД)
 - ✓ для статистического мультиплексирования многих логических сеансов связи (логических соединений) по одному физическому каналу передачи данных (одной физической среде)
- Виртуальные каналы идентифицируются DLCI номерами
 - ✓ DLCI (Data Link Connection Identifier) - идентификатор виртуального канала данных; передается в адресном поле FR кадра
 - ✓ DLCI имеет локальное (местное) значение



Виртуальные каналы: DLCI в поле «Адрес» FR-кадра



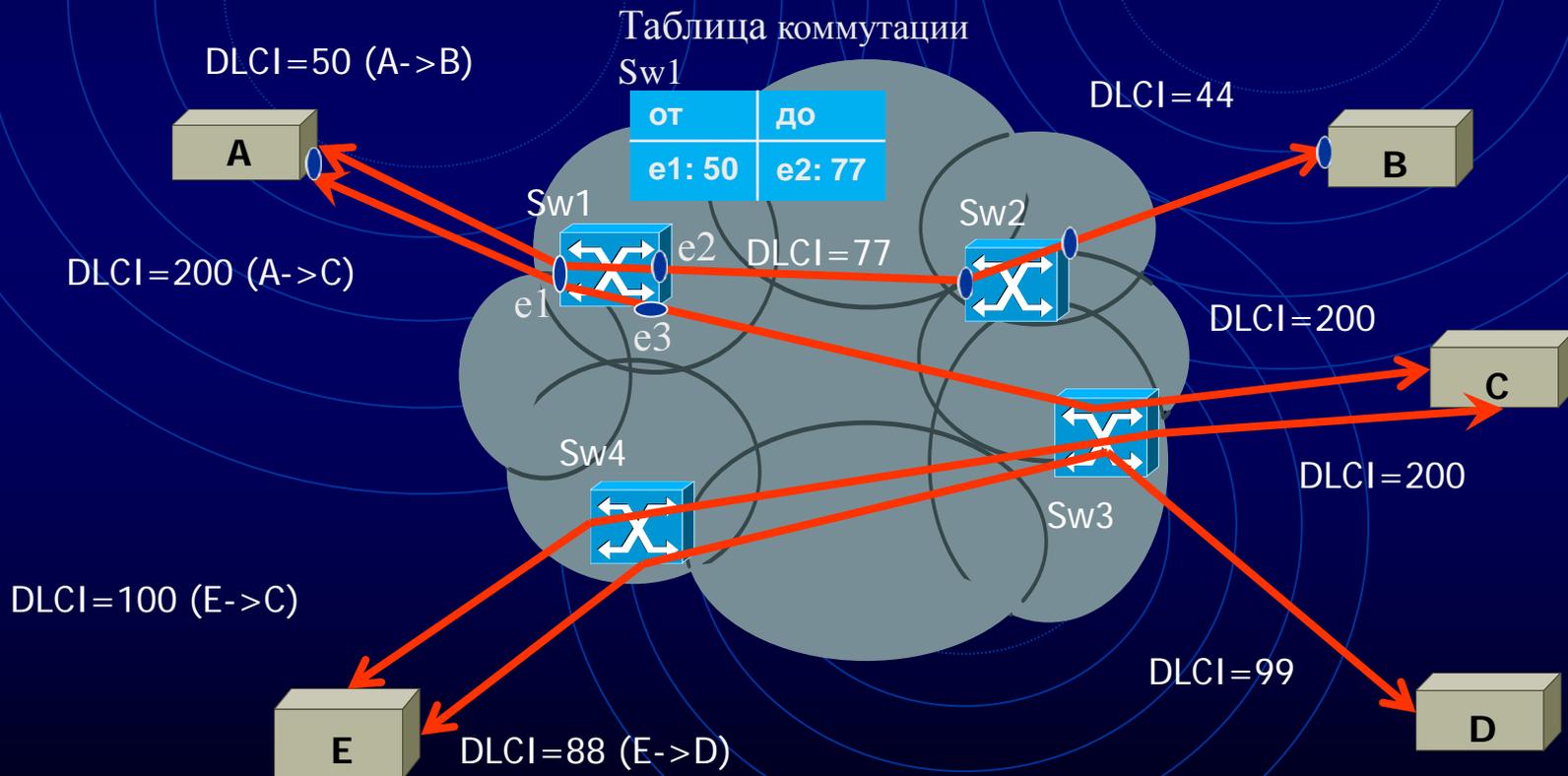
DLCI	Data Link Connection Identifier	FECN	Forward Explicit Congestion Notification
C/R	Command/Response Bit	BECN	Backward Explicit Congestion Notification
EA	Address Extension Bits	DE	Discard Eligibility

🔴 Стандарт FRF рекомендует использовать заголовки, состоящие из 2 байт

- ✓ **DLCI** – 10-и битовое поле “Идентификатор виртуального канала”
- ✓ C/R – бит “команда / ответ” (0 – команда, 1 - ответ), как в HDLC
- ✓ EA – бит “расширенный адрес” (0 – старший байт, 1 – младший, последний байт)
- ✓ FECN – бит “уведомления о перегрузке в прямом направлении”
- ✓ BECN – бит “уведомления о перегрузке в обратном направлении”
- ✓ DE – бит “разрешение сброса” при перегрузке канала

Виртуальные каналы: таблицы коммутации

- Каждый коммутатор при создании виртуального канала формирует таблицы коммутации портов, в которых описано, с какого и на какой порт (порты "е" на рисунке) и с какой и на какой DLCI нужно выполнить передачу, например, для SW1: от e1:50 → до e2:77
- После прокладки виртуального соединения через сеть коммутаторы продвигают (ретранслируют) кадры на основании номеров DLCI



Виртуальные каналы: PVC и SVC

Виртуальные каналы могут быть двух типов

- ✓ постоянный виртуальный канал (PVC - Permanent Virtual Circuit)
 - создаётся между двумя DTE на длительное время, контрактное время обычно один год; таблицы коммутации у FR коммутаторов настраиваются заранее администраторами сетей
- ✓ коммутируемый виртуальный канал (SVC - Switched Virtual Circuit)
 - создаётся между двумя DTE на время передачи по инициативе конечного узла с помощью процедуры «установление соединения»
 - разрывается после окончания сеанса связи с помощью процедуры «расторжение соединения»
 - для создания требуется глобальная адресация конечных систем

Примечание, касательно SVC:

Изначально FR планировался через ISDN, поэтому при установлении/формировании SVC использовались процедуры установления и расторжения соединений ISDN (LAPD - Link Access Procedures on the D-channel of an ISDN)

Впоследствии, FR-DCE оборудование некоторых производителей стало самостоятельно поддерживать SVC, используя глобальные номера логических каналов (DLCI)

Frame Relay vs X.25 (1/2)

- Технология Frame Relay, задуманная как производная от X.25, с целью снижения накладных протокольных расходов упростила следующие аспекты протокола:
 - ✓ устранила уровень L3, предназначенный в X.25/3 для формирования виртуальных каналов (поле LCN), управления потоком и исправления ошибочных пакетов
 - ✓ отказалась на уровне L2 от поля «Управление» в кадре LAPB, используемом в X.25/2 для исправления ошибочных кадров посредством запроса на их повторную передачу (ARQ)
 - ✓ сконцентрировала функционал статистического мультиплексирования и управления потоком в L2 заголовке «address» LAPF кадра Frame Relay посредством полей:
 - номер виртуального канала (поле DLCI)
 - биты уведомления о перегрузке в прямом (FECN) и обратном (BECN) направлении
 - бит «доступен для уничтожения» (DE)

Сервис	X.25
LCN логические каналы, P(S) и P(R) нумерация пакетов, локальное (end-to-switch) или сквозное (end-to-end) управление потоком, ARQ опционное исправление ошибочных пакетов	Network
LAPB подмножество HDLC, ARQ , W-окно , N(R) и N(S) нумерация кадров, локальное (end-to-switch) управление потоком и ARQ исправление ошибочных кадров	Data Link
X.21	Physical

OSI RM
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data Link
Physical

Frame Relay	Сервис
Data Link	LAPF подмножество HDLC, DLCI логические каналы, биты FECN и BECN уведомления о перегрузках, бит DE маркирует кадр для возможного его уничтожения при перегрузках
Physical	

Frame Relay vs X.25 (2/2)

Технология Frame Relay

- ✓ ретранслирует кадры по виртуальными каналами
- ✓ в случае обнаружения ошибки уничтожает кадр, а не запрашивает повторную передачу
- поскольку переход на цифровые технологии передачи данных ISDN / PDH / SDH приводит к меньшему числу ошибок, и, следовательно, оправдано возложение функции исправления ошибок на вышележащие уровни

Технология Frame Relay

- ✓ при одинаковой скорости подключения к сетям FR и X.25, предоставляет, по некоторым оценкам выполненных измерений, на порядок большую end-to-end скорость в сети FR в сравнении с сетью X.25
- ожидаемый рост скорости FR получен за счет отказа от избыточного функционала X.25, ориентированного на исправление интенсивных ошибок в “гнилых проводах” аналоговых систем

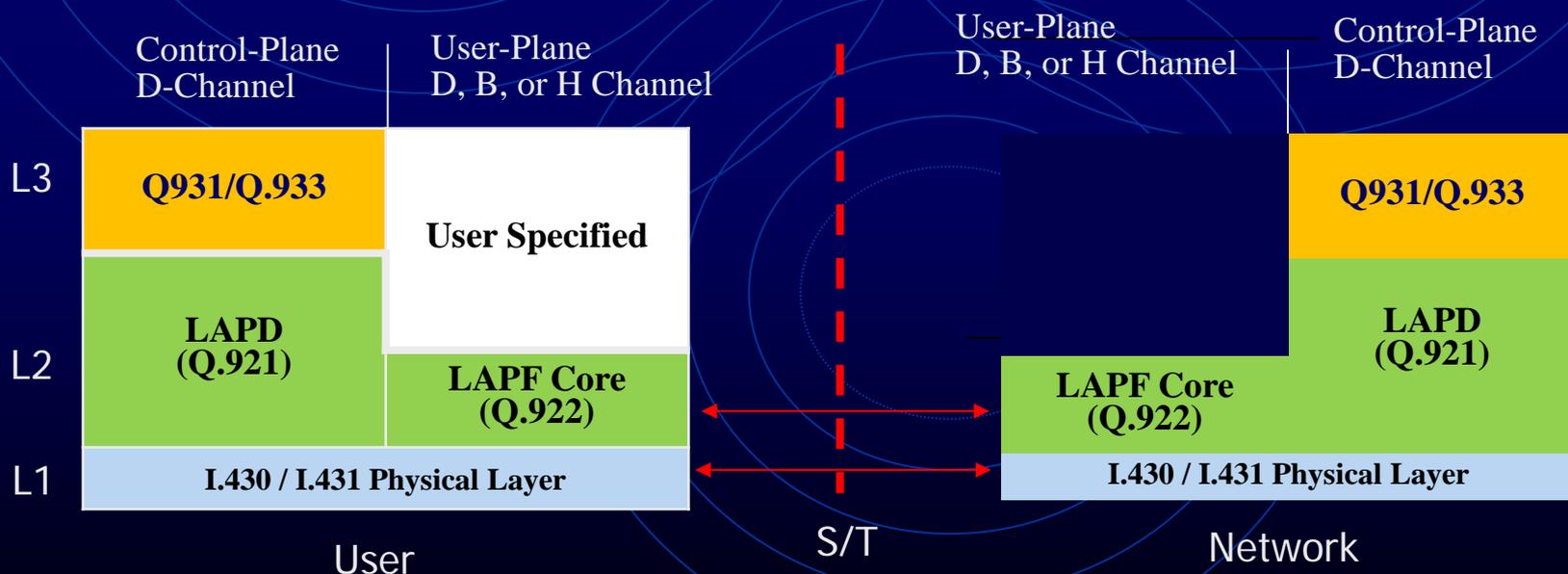


АРХИТЕКТУРА

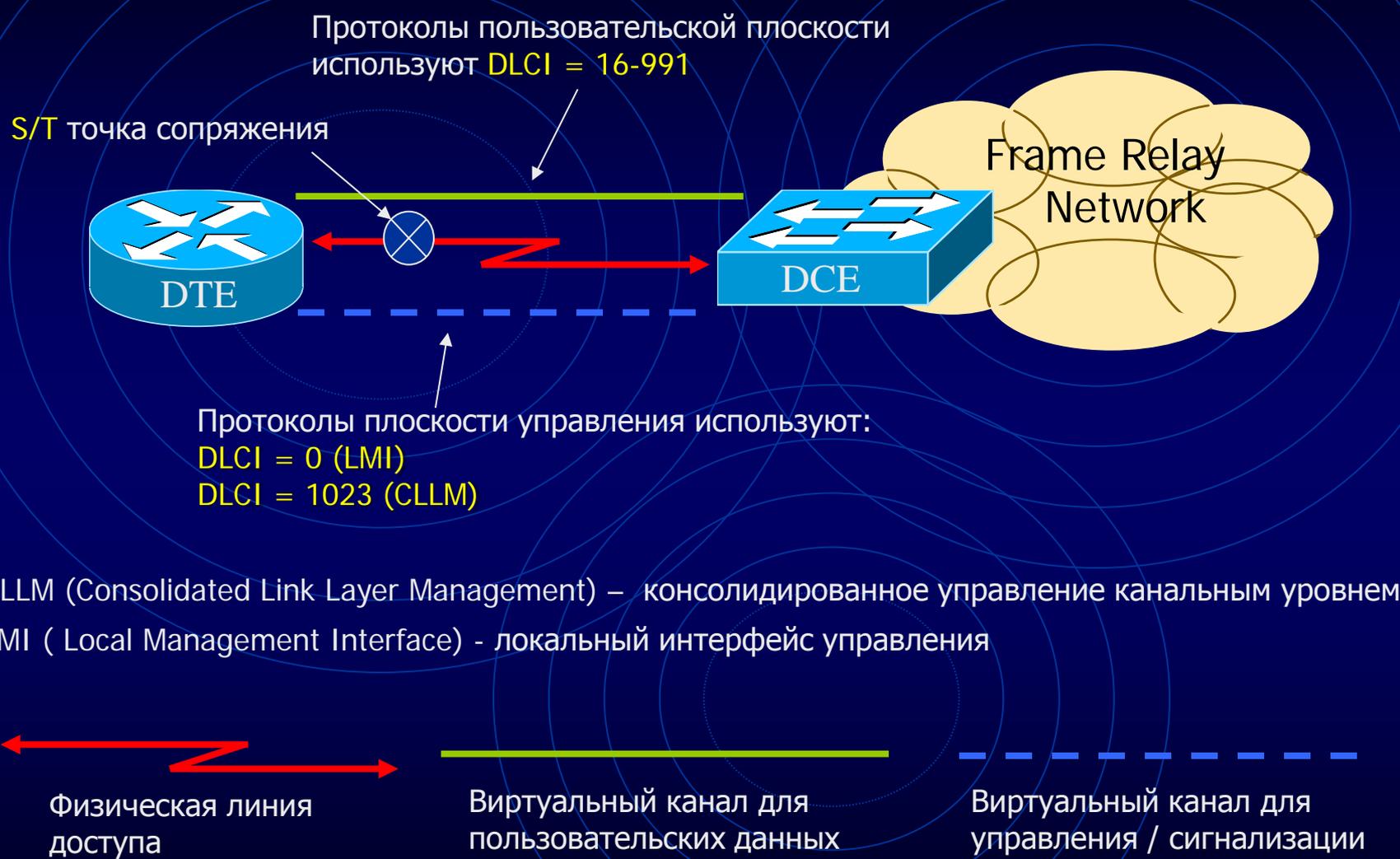
Control Plane ↔ User Plane

Frame Relay сервисная архитектура имеет на интерфейсе UNI две плоскости: C-plane (control) and U-plane (user):

- ✓ С-плоскость используется для управления сетью, установления SVCs согласно процедур ISDN, описанных в протоколах Q.921 (LAPD) и Q.931, и/или обслуживания PVCs.
 - ✓ U-плоскость обеспечивает сквозной перенос (ретрансляцию) кадров после того, как SVC или PVC установлены. Использует Q.922, работает по каналам: B (64 кбит/с), D (16 или 64 кбит/с) или H (384, 1472 или 1536 кбит/с)
- На L1 уровне услуга переноса обеспечивает двунаправленную передачу кадров от одной S/T опорной точки ISDN в другую с сохранение порядка их следования. На физическом уровне используются рекомендации I.430 (BRI) / I.431 (PRI)



DLCI: Control Plane / User Plane

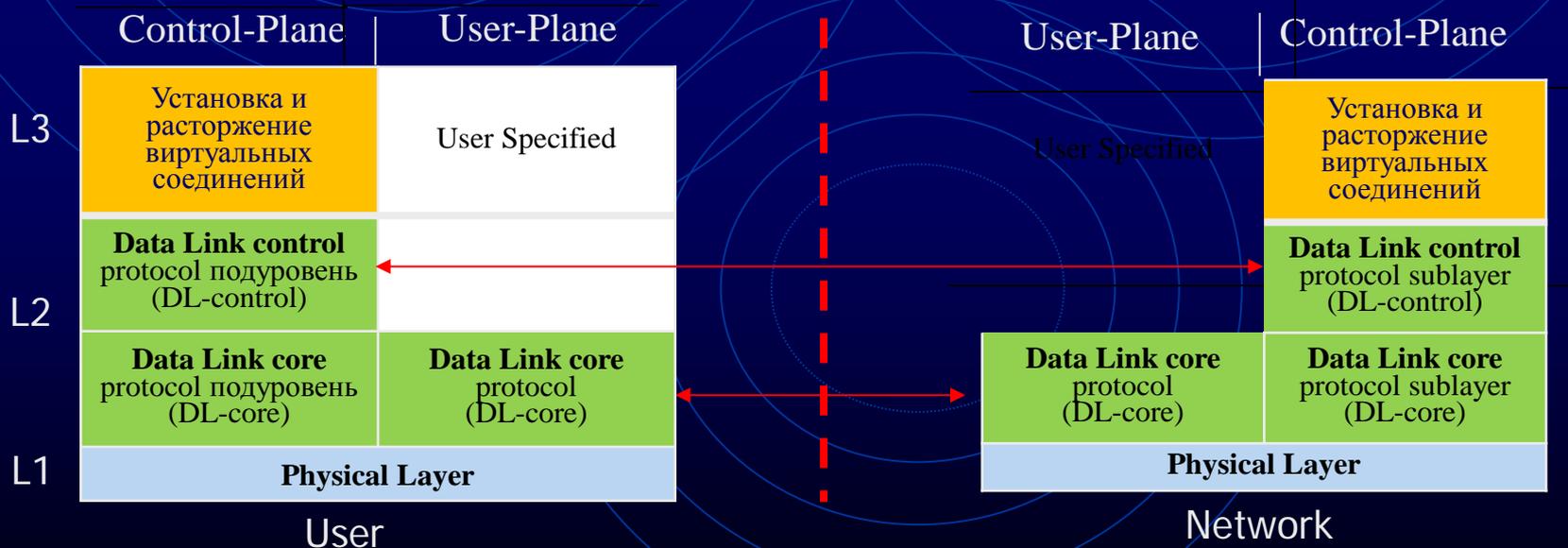


CLLM (Consolidated Link Layer Management) – консолидированное управление канальным уровнем
LMI (Local Management Interface) - локальный интерфейс управления

Протокол LAPF

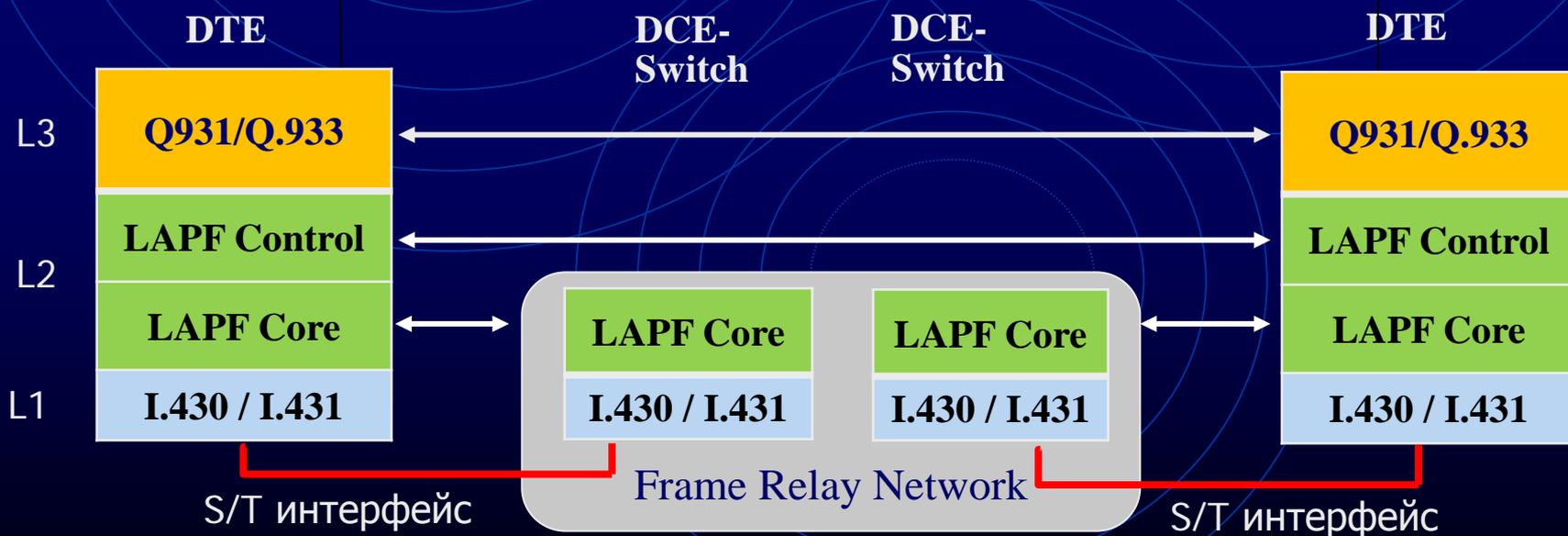
LAPF – (**L**ink **A**ccess **P**rocedure for **F**rame) - спецификация канального уровня и процедур услуги переноса кадров в технологии Frame Relay

- **LAPF-core** это подмножество LAPF, соответствующее базовому подуровню канала передачи данных; используется для поддержки службы **ретрансляции кадров (Frame Relaying)**
 - ✓ это подмножество называется «основной протокол канала передачи данных»
 - ✓ “data link core protocol” (**DL-CORE**) or LAPF-core
- **LAPF-control** это оставшая часть LAPF, называется протоколом «управления каналом передачи данных», используется для поддержки службы **коммутации кадров (Frame Switching)**
 - ✓ “data link control protocol” (**DL-CONTROL**) or LAPF-control



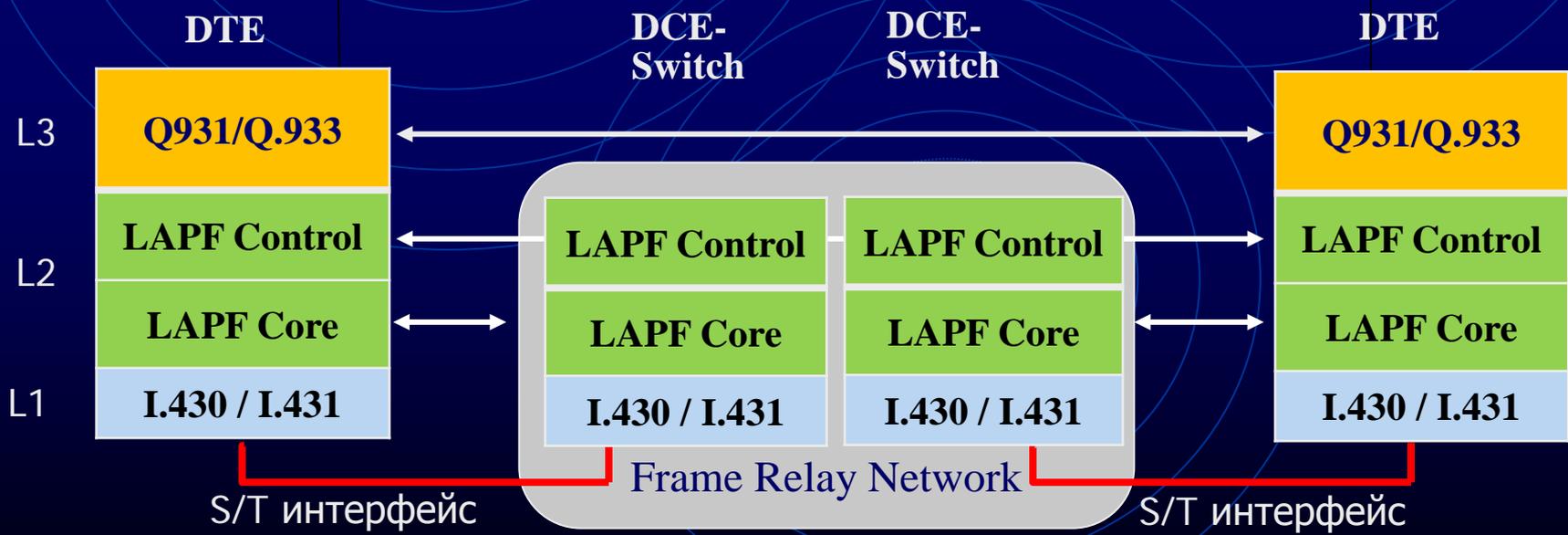
Идея ретрансляции кадров

- **LAPF-core** является подмножеством HDLC **без поля “управление”**, не имеет механизма исправления ошибочных кадров путем запроса их повторной передачи (ARQ).
- Следствие - **уменьшение накладных протокольных расходов**. По сути, реализуется режим сквозной передачи кадров через сеть Frame Relay, приближающийся к скорости портов DTE/DCE оборудования
- Используется для передачи пользовательских данных между DTE



Идея коммутации кадров

- LAPF-control = LAPF-core + поле “управление”
- **LAPF-control** является подмножеством HDLC, **содержит поле “управление”**, имеет механизм исправления ошибочных кадров путем запроса их повторной передачи (ARQ), обеспечивает **надежную point-to-point (DTE-DCE) доставку кадров**
- LAPF-control используется для управления сетью, в том числе установления SVCs и поддержки PVCs



Физические компоненты

Сетевые устройства FR (FR Network Devices) - FR-DCE

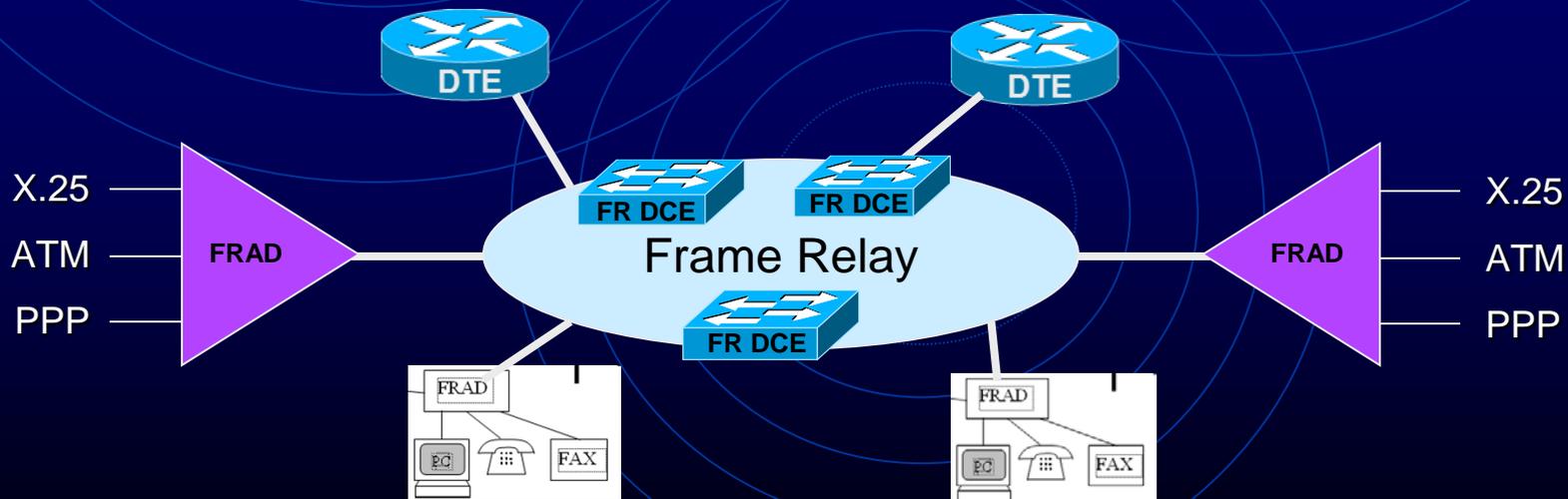
✓ называют FR-коммутаторами (FR-switch)

Устройства доступа FR (FRAD - Frame Relay Access Device или Frame Relay assembler/disassembler) – FR-DTE

✓ формируют из пользовательских данных (факс, видео, голос ...) FR-кадры для передачи и приема в/из сети Frame Relay

✓ или преобразуют пакеты данных других протоколов (X/25, ATM, PPP ...) в FR-кадры и наоборот

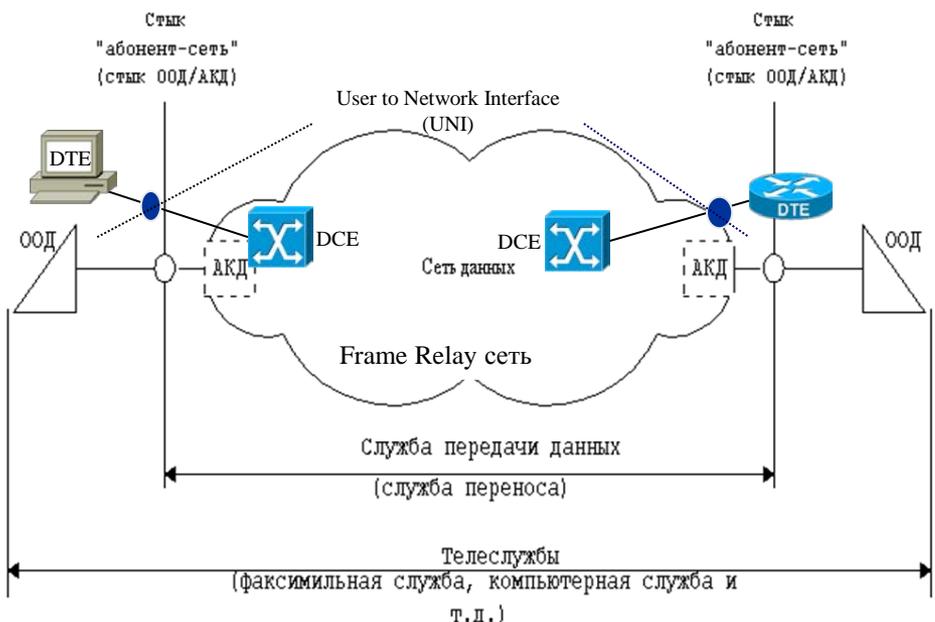
✓ могут быть либо автономным (отдельным) устройством, либо реализацией в маршрутизаторе, коммутаторе, мультиплексоре и т.д.



Пояснения: DTE, DCE, пакетная коммутация

Согласно Руководящего документа отрасли «Сети и службы передачи данных», РД № 225 от 12.11.2001

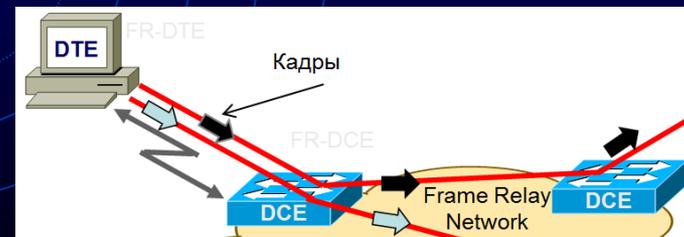
- ✓ **DTE.** ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДАННЫХ, ООД (англ: data terminal equipment, DTE) - окончное оборудование, являющееся источником и (или) получателем данных, (например, ЭВМ). ООД не входит в состав сети передачи данных
- ✓ **DCE.** АППАРАТУРА ОКОНЧАНИЯ КАНАЛА ДАННЫХ, АКД (англ: data circuit terminating equipment, DCE) - аппаратура, которая входит в состав сети передачи данных и обеспечивает согласование с ООД передаваемых и принимаемых сигналов данных.



ООД - окончное оборудование данных (терминал абонента, сервер телеслужбы и т.п.)
АКД - аппаратура окончания канала данных

Суть технология **пакетной коммутации**

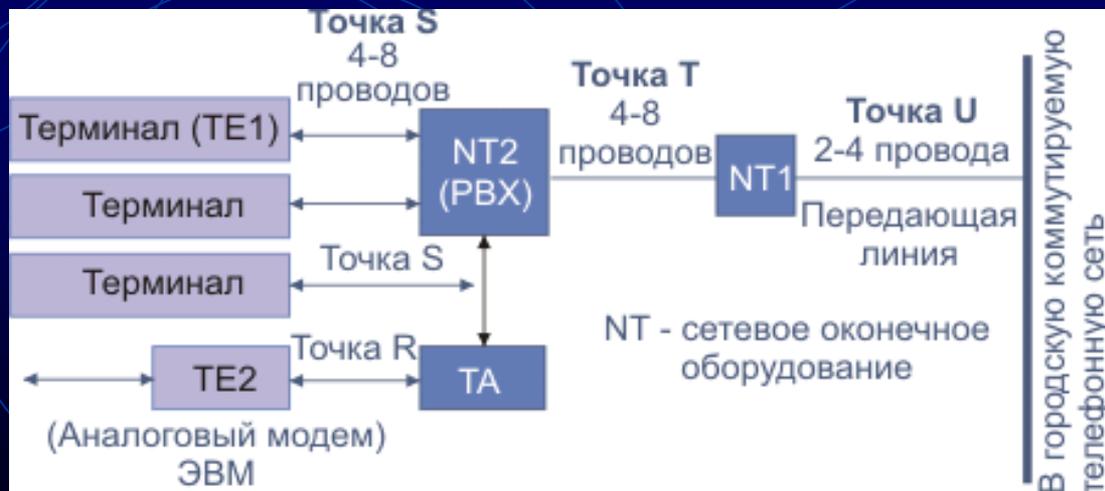
- ✓ Нарезаем данные на части, называемые пакеты (в нашем случае "кадры")
 - Кадр = данные + заголовок (DLCI - идентификатор виртуального канала)
- ✓ Коммутируем кадры в FR-DCE коммутаторах по значению DLCI в заголовке кадра
 - с промежуточным накоплением (Store-and-forward), если не располагаем в некоторый момент времени полосой пропускания



Пояснения: ISDN точка сопряжения S/T

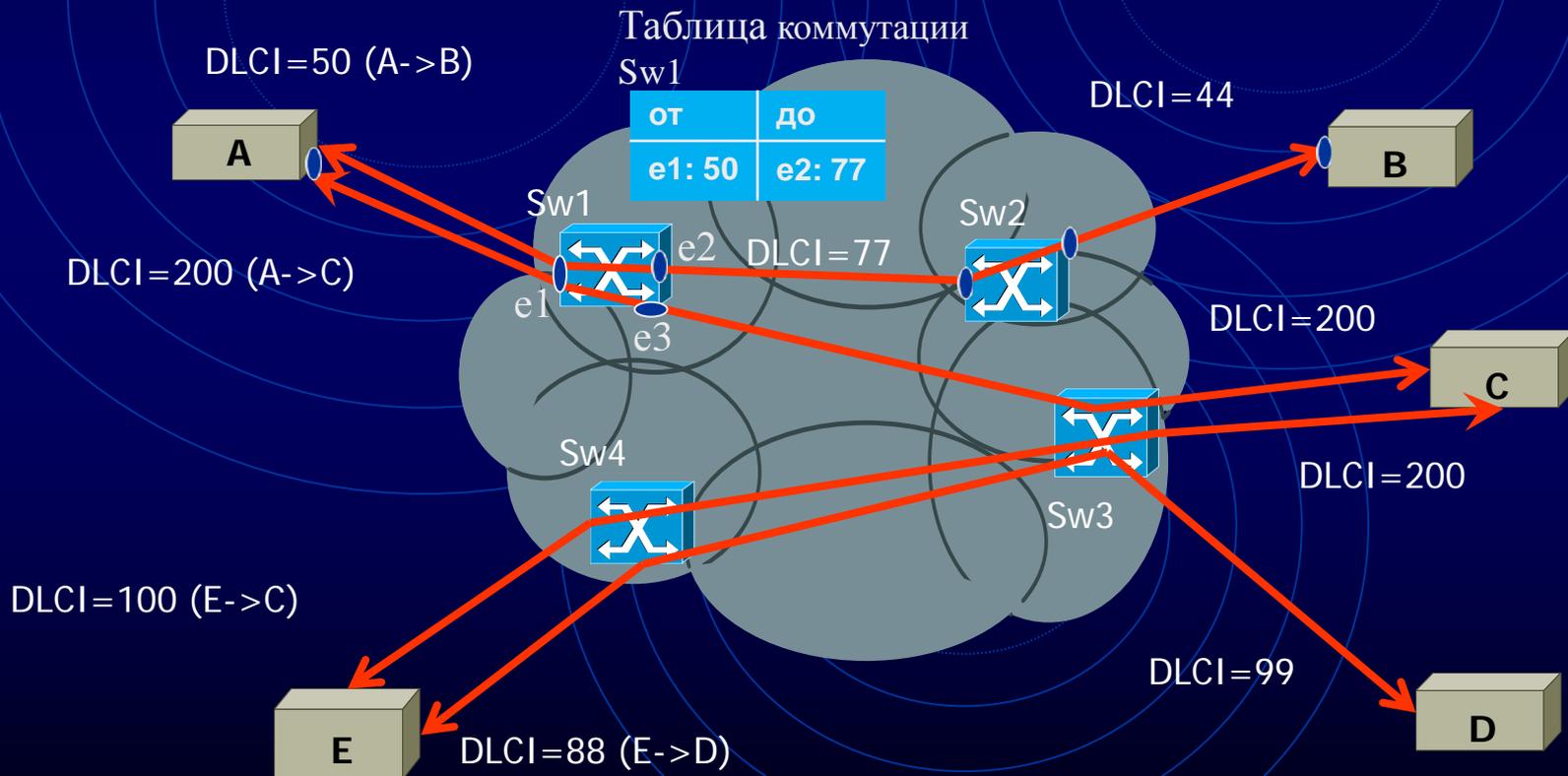
ITU-T предложения 1984 года ориентированы на использование интерфейсов ISDN. Основной пользовательский интерфейс BRI используется для подключения абонента к ISDN-станции потоком 2B+D по изображенной на рисунке схеме

- ✓ NT1 и NT2 (Network Termination) - оконечное оборудование сети
- ✓ TA (Terminal Adapter) - терминальный адаптер
- ✓ TE1 и TE2 (Terminal Equipment) - Type 1 (ISDN телефон) и Type 2 (не ISDN, аналоговый телефон)
- ✓ В интерфейсе S/T определен формат передаваемых данных, который представляет собой цикловую структуру, передаваемую и принимаемую по разным парам проводов шины S на скорости 192 Кбит/с.

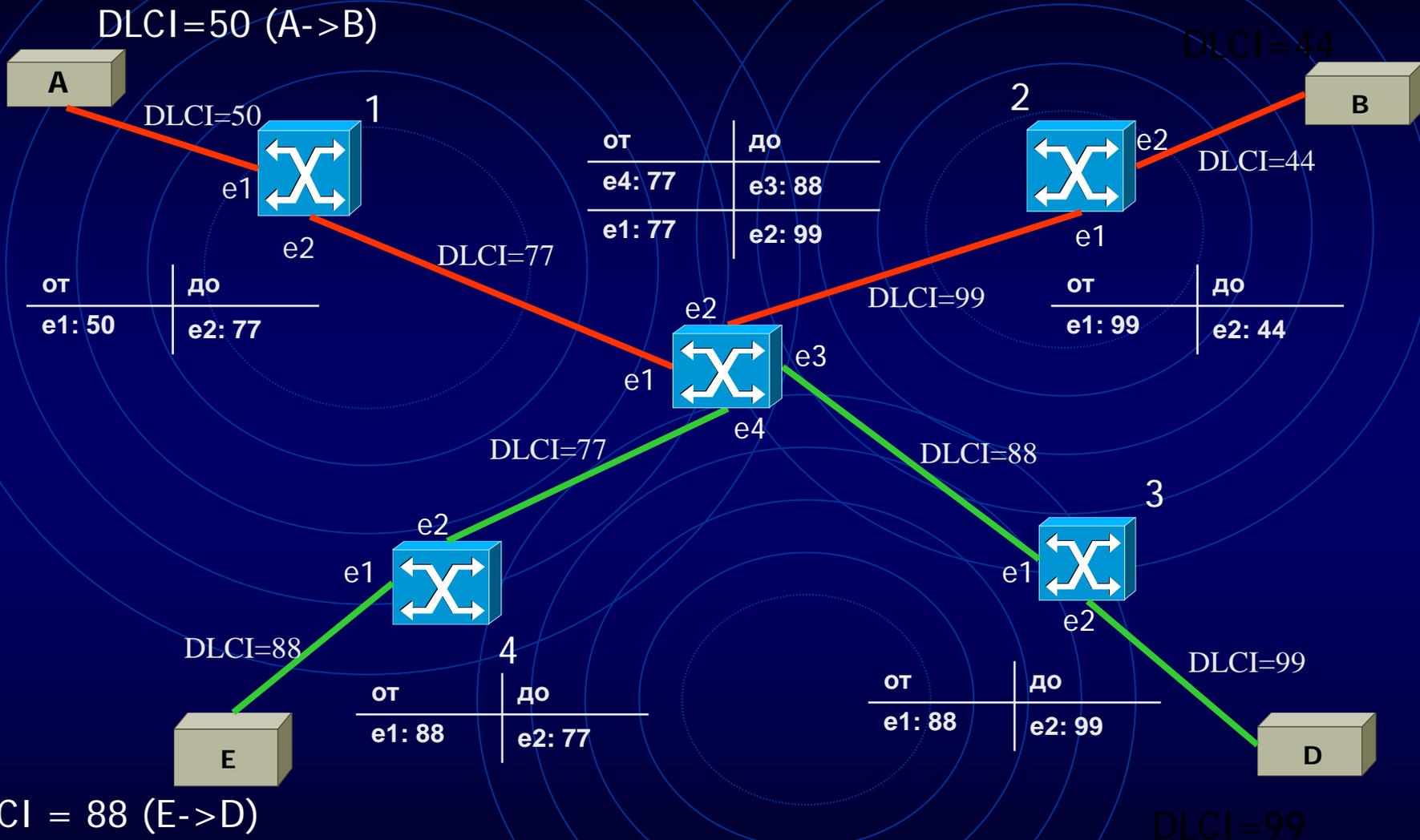


Таблицы коммутации

- Каждый коммутатор при создании виртуального канала формирует таблицы коммутации портов, в которых описано, с какого и на какой порт (порты "е" на рисунке) и с какого и на какой DLCI нужно выполнить передачу, например, для SW1: от e1:50 → до e2:77
- После прокладки виртуального соединения через сеть коммутаторы продвигают (ретранслируют) кадры на основании номеров DLCI



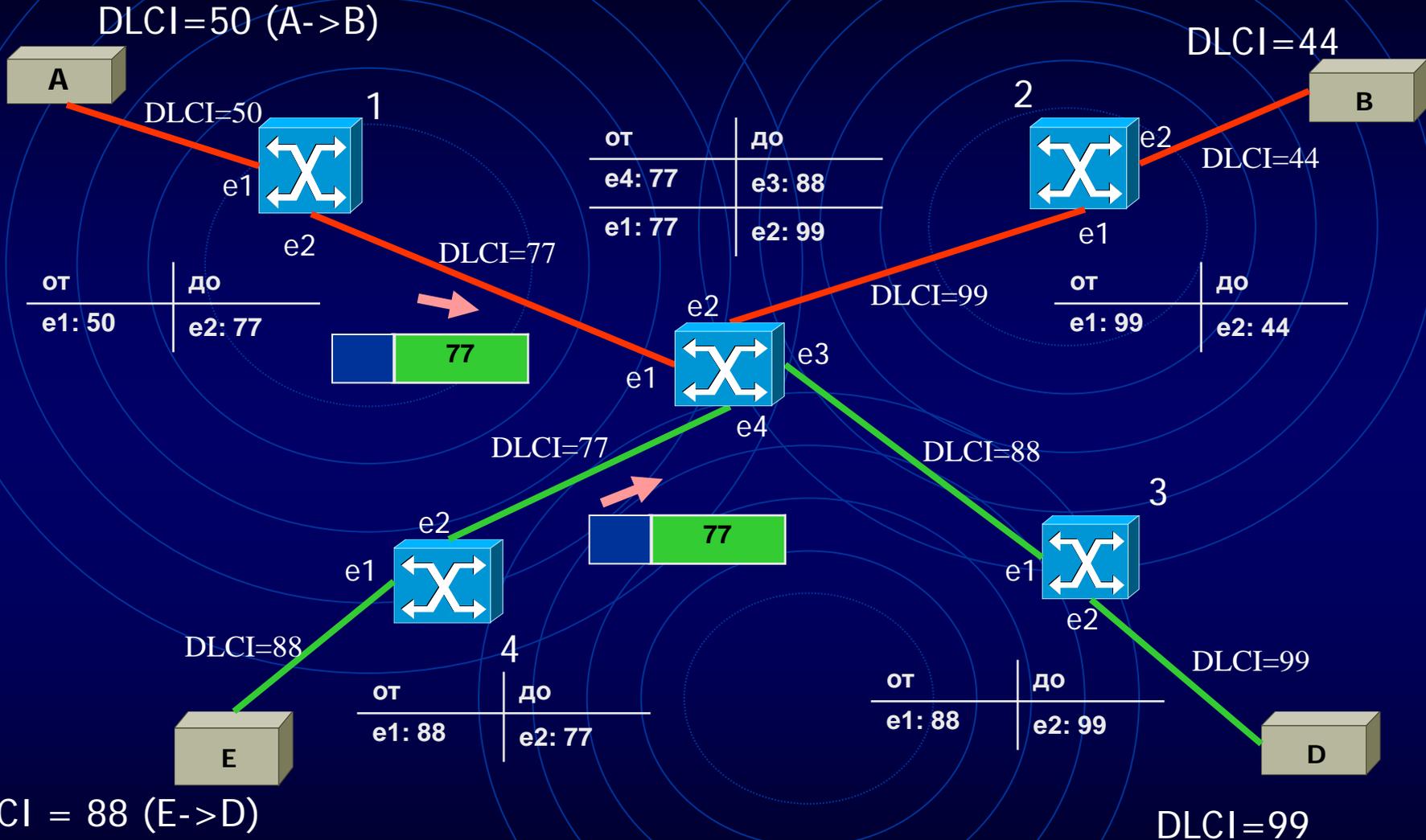
Пример таблиц коммутации



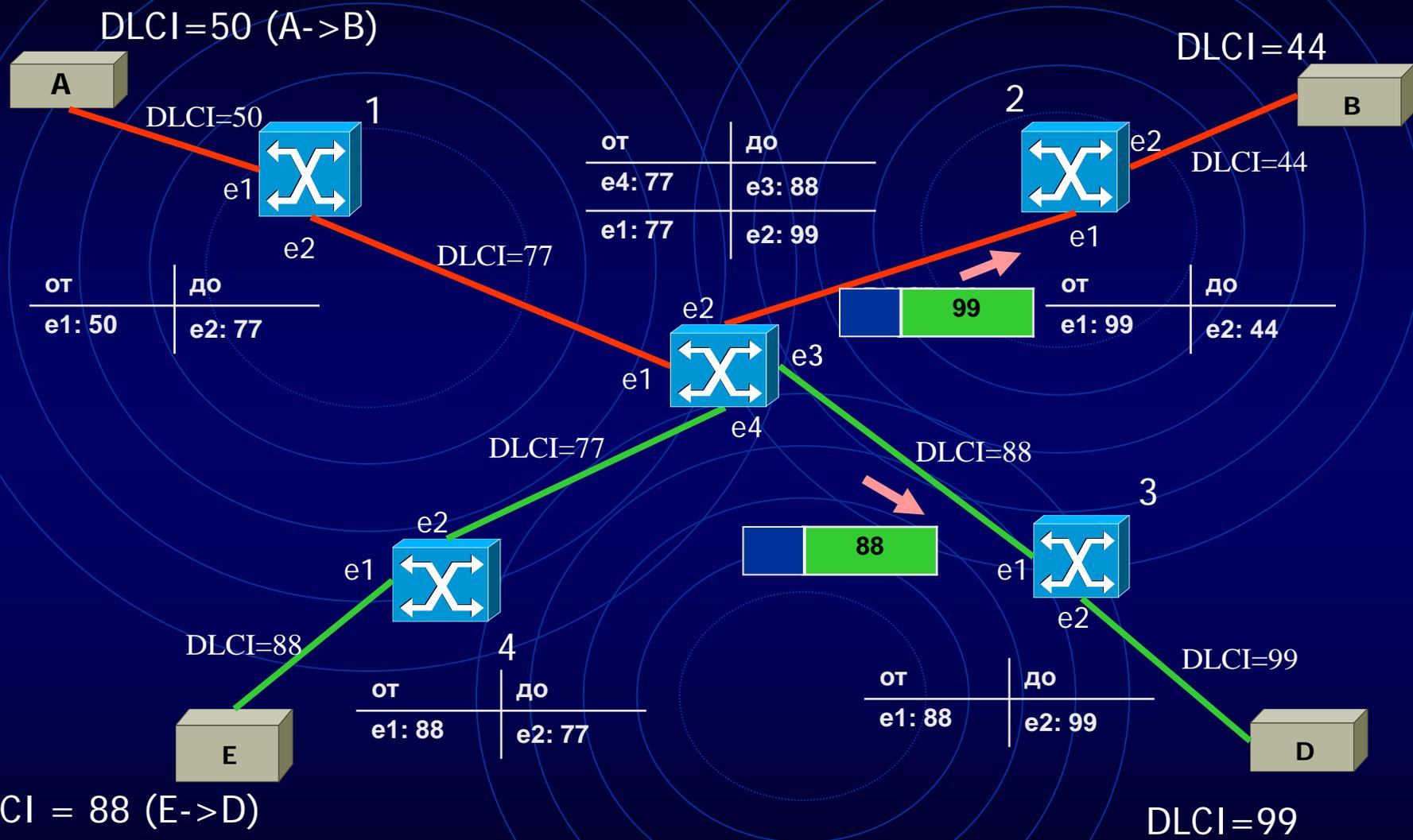
Пример ретрансляция кадров



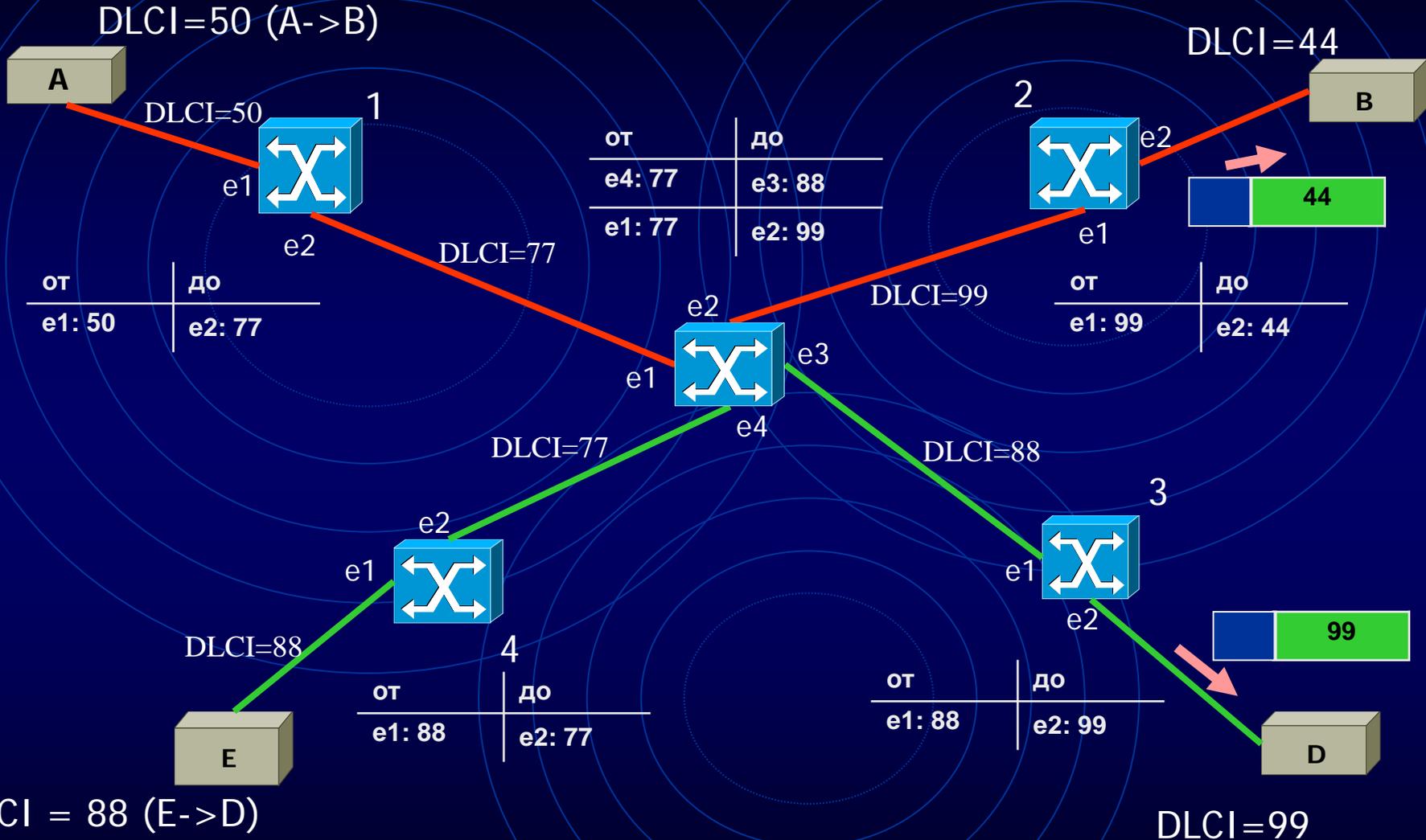
Пример ретрансляция кадров



Пример ретрансляция кадров



Пример ретрансляция кадров



Адресация

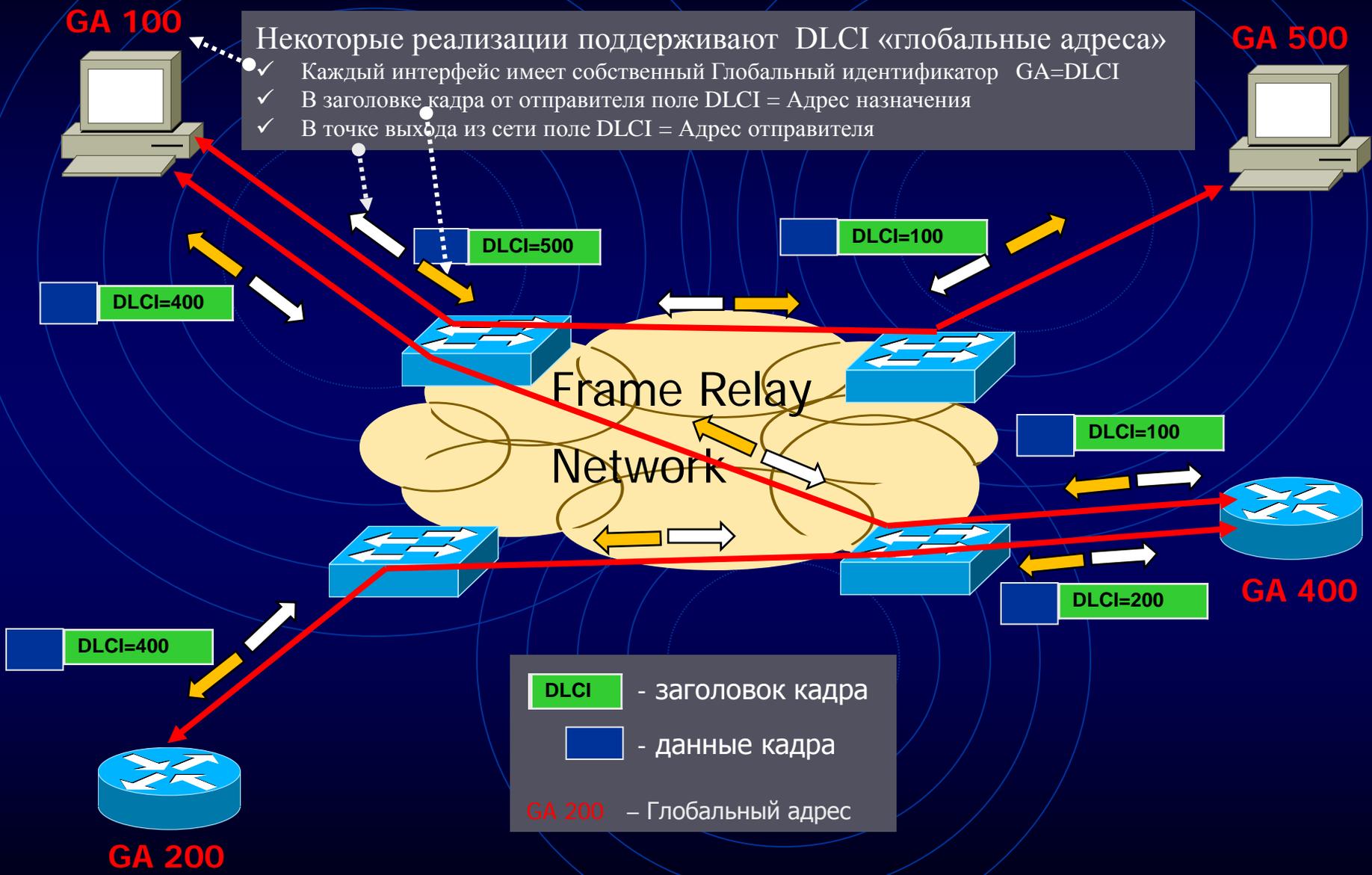
❖ Базовая (DL-core) спецификация FR идентифицирует PVC номерами DLCI имеющими локальное значение

- ✓ В этом случае не требуются глобальные адреса, которые идентифицируют сетевые интерфейсы или узлы, подсоединенные к этим интерфейсам
- ✓ В этом случае заранее должны быть составлены таблицы коммутации у FR коммутаторов, сообщающие какие DLCI использовать для ретрансляции кадров до пункта назначения

❖ Существует дополнение (DL-control) для автоматизации процесса установления SVC соединения посредством номеров DLCI, **имеющими глобальное значение в приватной сети**

- ✓ Глобальные номера DLCI присваиваются интерфейсам конечных систем (DTE) в качестве глобально значимых адресов индивидуальных устройств конечного пользователя
- ✓ В поле DLCI формируемого источником кадра вставляется значение “Адрес назначения” для автоматизации процесса “установление соединения”
- ✓ FR сеть по “Адресу назначения” прокладывает SVC соединение, строит таблицы коммутации

Глобальная адресация DLCI для SVC в Private сетях



Глобальная адресация для SVCs в Public сетях

❖ Публичные FR сети, имеющие SVC, используют либо

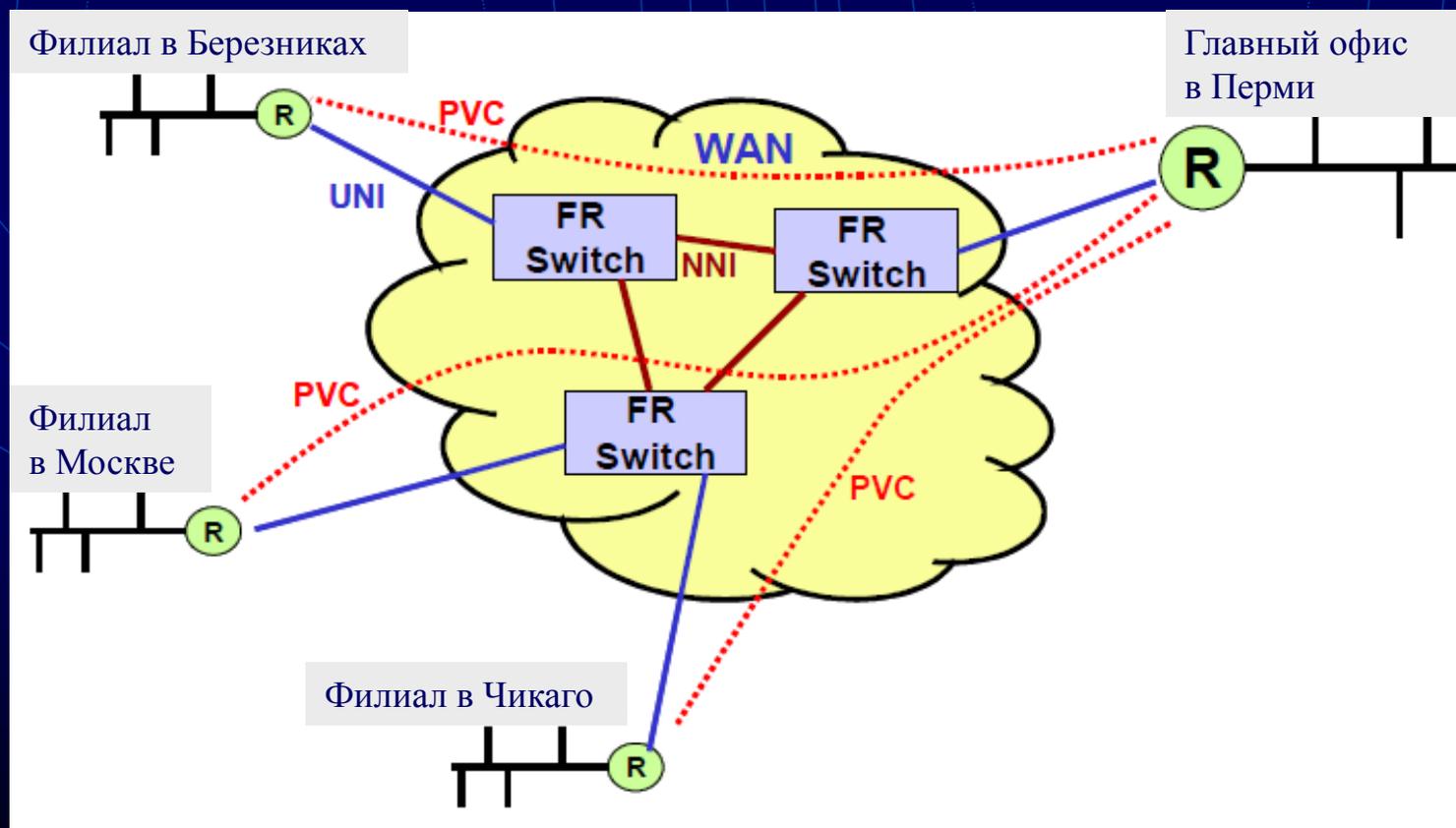
- ✓ Адреса X.121 (X.25)
- ✓ Адреса E.164 (ISDN)

❖ Процедура установление и разъединение коммутируемого соединения выполняется в FR по выделенному для целей управления виртуальному каналу

- ✓ Процедура стандартизирована на канальном уровне стандартом ITU-T Q.921 и на сетевом уровне стандартом ITU-T Q.931
 - Протокол Q.921 выполняет функцию надежной доставки, аналогично канальному уровню сети X.25
 - Протокол Q.931 для установления SVC использует физические адреса конечных пунктов

Пример использования FR сети

- ❖ Главный офис и все филиалы подключены к роутерам (R), размещенным в сети Frame Relay, обеспечивая точки присутствия (POP) в сети провайдера
- ❖ Сквозные PVC проложены от главного офиса до каждого из филиалов





СТАНДАРТЫ

Стандарты

ITU-T (ранее CCITT)

- ✓ 1984: впервые представлен Frame Relay (FR) как пакетный режим передачи поверх ISDN

- ISDN - INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK

ANSI (American national standards institute)

- ✓ ANSI комитет по стандартам T1S1 специфицировал FR для USA

1990: четырьмя организациями основана “банда четырех” GOF (Gang of Four: Cisco, DEC, Northern Telecom, Stratacom)

- ✓ Сосредоточились на разработке Frame Relay
- ✓ Сотрудничество с CCITT

Frame Relay Forum (FRF)

- ✓ GOF стал форумом Frame Relay, к которому присоединились производители FR-коммутаторов
- ✓ форум включает в себя свыше 300 поставщиков оборудования и услуг
- ✓ форум разрабатывает соглашения для реализации FR

Стандарты ANSI и ITU-T

Предмет	ANSI	ITU-T
Описание архитектуры и сервиса	T1.606	I.233
Основные аспекты (core aspects) уровня канала передачи данных	T1.618	Q.922 Приложение А
Управление постоянным виртуальным соединением PVC	Приложение D T1.617	Q.933 Приложение А
Управление перегрузками	T1.606a	I.370
Сигнализация коммутируемого виртуального соединения (SVC)	T1.617	Q.933

Стандарты Frame Relay Forum

Соглашение	Описание
FRF.1.2	User-Network Interface (UNI)
FRF.2.1	Network-to-Network Interface (NNI)
FRF.3.2	Multiprotocol Encapsulation
FRF.4.1	SVC User-Network Interface (UNI)
FRF.5	Frame Relay/ Asynchronous Transfer Mode (ATM) PVC Network Interworking
FRF.6	Frame Relay Service Customer Network Management
FRF.7	Frame Relay PVC Multicast Service and Protocol Description
FRF.8.1	Frame Relay/ATM PVC Service Interworking
FRF.9	Data Compression over Frame Relay

Соглашение	Описание
FRF.10.1	Frame Relay Network-to-Network SVC
FRF.11.1	VoFR
FRF.12	Frame Relay Fragmentation
FRF.13	Service Level Definitions
FRF.14	Physical layer Interface
FRF.15	End-to-End Multilink Frame Relay
FRF.16	Multilink Frame Relay UNI/NNI
FRF.17	Frame Relay Privacy
FRF.18	Network-to-Network FR/ATM SVC
FRF.19	Frame Relay Operations, Administration, and Maintenance
FRF.20	Frame Relay IP Header Compression

Стандарты Frame Relay Forum: голос

✦ Стандарт Voice over Frame Relay FRF.11 (Приложение С)

- ✓ Несколько подкадров в одном FR-Frame
- ✓ 30 байт голосовой полезной нагрузки на подкадр
- ✓ Дополнительный идентификатор CID (Channed ID) для идентификации отдельных потоков
- ✓ Выделенный CID для сигнализации (Cisco: CID 0)

✦ Голос + данные в одном PVC: проблема с задержкой

- ✓ Решение: FRF.12 (фрагментация)
- ✓ Пакеты данных фрагментированы и чередуются с голосовыми пакетами
- ✓ Голосовые кадры должны поддерживать «межкадровую задержку» <10 мс
- ✓ Корректировка размера фрагмента на основе AR

Стандарты Frame Relay Forum: L1 спецификации

❖ варианты физического уровня (L1) определены в FRF.1:

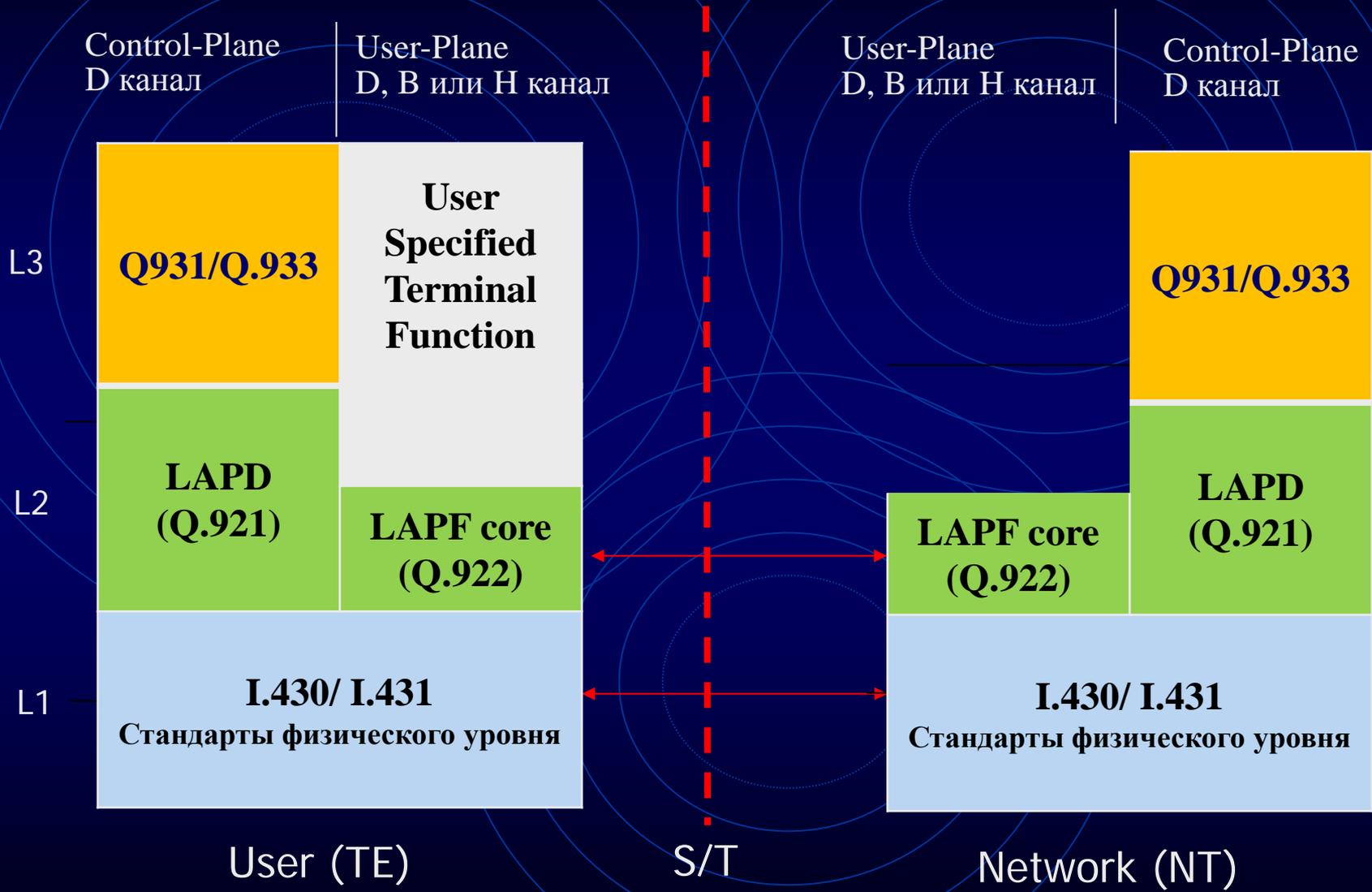
- ✓ ANSI T1.403 (DS1, 1.544 Mbps)
- ✓ ITU-T V.35
- ✓ ITU-T G.703 (2.048 Mbps)
- ✓ ITU-T G.704 (E1, 2.048 Mbps)
- ✓ ITU-T X.21
- ✓ ANSI/EIA/TIA 613 A 1993 High Speed Serial Interface (HSSI, 53 Mbps)
- ✓ ANSI T1.107a (DS3, 44.736 Mbps)
- ✓ ITU G.703 (E3, 34.368 Mbps)
- ✓ ITU V.36/V.37 congestion control

❖ другие спецификации в первоначальных стандартах ISDN

Стандарты RFC

№ RFC	Описание
1604	Definition of Managed Objects from Frame Relay Services
1596	Definition of Managed Objects from Frame Relay Services
1315	Management Information Base for Frame Relay DTEs
1490	Multiprotocol Interconnect over Frame Relay
1294	Multiprotocol Interconnect over Frame Relay
1293	Inverse Address Resolution Protocol (ARP)
1973	Point-to-Point Protocol (PPP) in Frame Relay
2427	Multiprotocol Interconnect over Frame Relay

Стандарты Control Plane ↔ User Plane



ITU-T PVC модель FR

Annex A
ТОЛЬКО ДЛЯ
PVC

3

2

1

User

Control-Plane
(PVC-LMI)

User-Plane
(PVC)

**Q.933
Annex A**

**User
Specified**

**Q.922
DL-core
(LAPF)**

**Q.922
DL-core
(LAPF)**

**I.430/ I.431
Стандарты физического уровня**

Network

User-Plane

Control-Plane

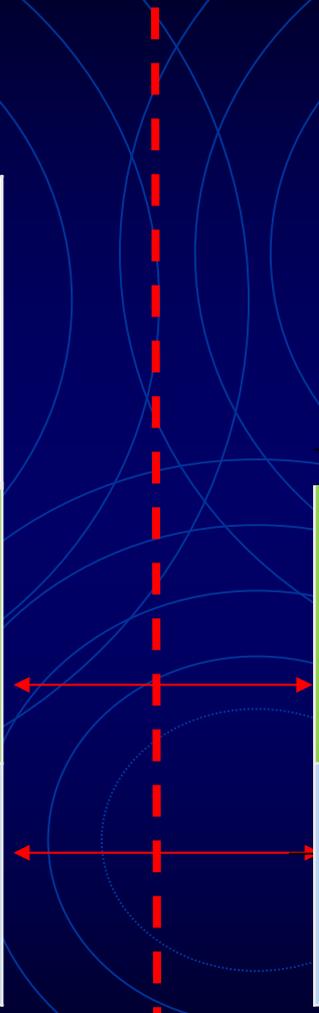
**Q.933
Annex A**

**Q.922
DL-core
(LAPF)**

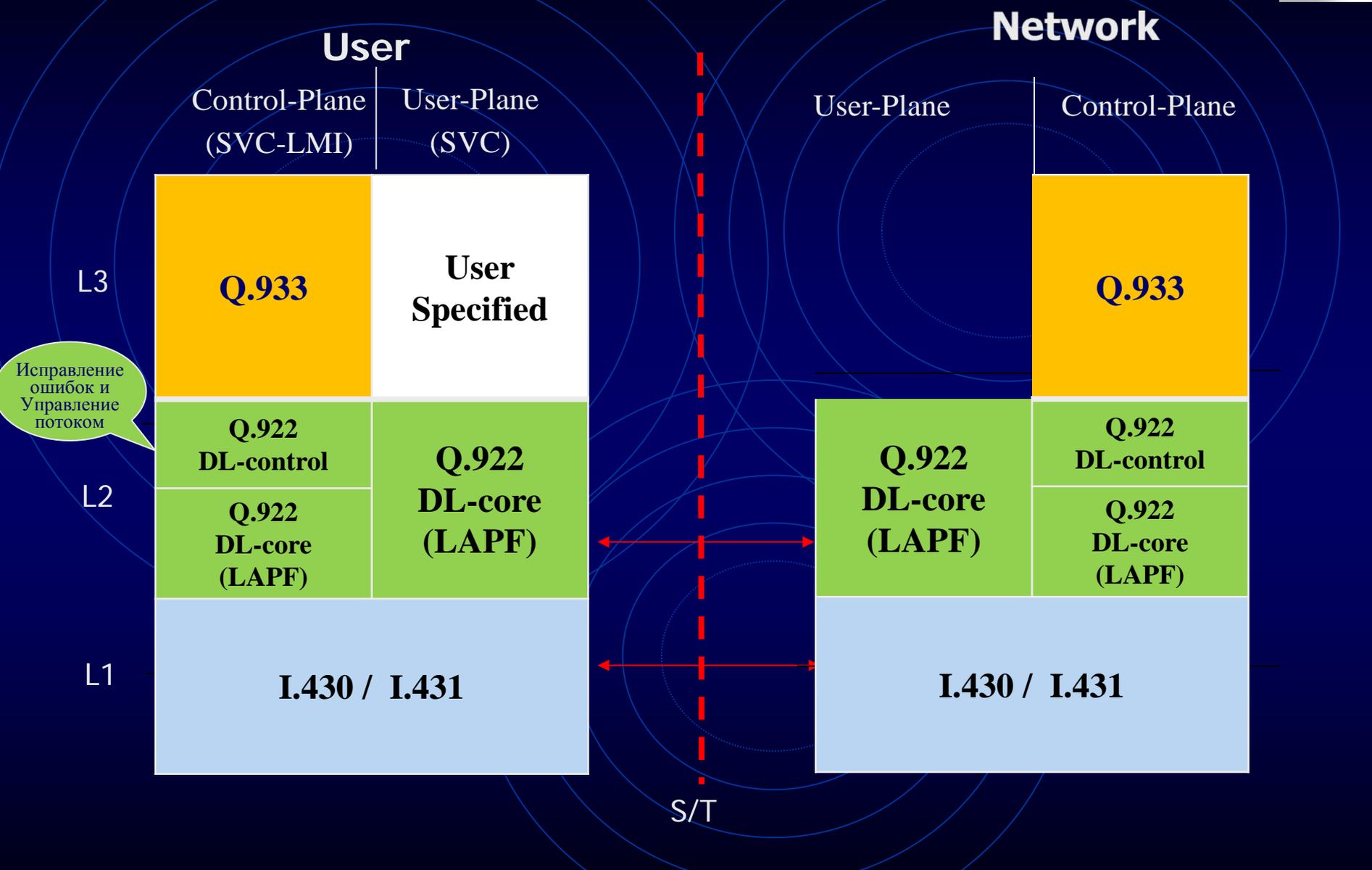
**Q.922
DL-core
(LAPF)**

**I.430/ I.431
Стандарты физического уровня**

S/T



ITU-T SVC модель FR



ITU-T: краткое описание уровней

- ❖ LARF — это модифицированный LAPD (ISDN)
 - ✓ Специфицирован в Q.922
- ❖ Q.922 состоит из
 - ✓ Q.922 core (DLCI, F/BECN, DE, CRC)
 - ✓ Q.922 control (ARQ и управление потоком)
- ❖ Q.933 основан на Q.931 (ISDN)
 - ✓ Приложение А для управления PVC (LMI)

ITU-T L3 спецификации

Q.933 – специфицирует ISDN **сигнализацию** для **LAPF**

- ✓ в плоскости управления базируется на I.451/Q.931 протоколе управления телетрафиком ISDN
 - **механизмы как установления соединений SVC**, так и процедуры для PVC
- ✓ использует адреса конечных узлов (глобальная адресация), между которыми устанавливается соединение (виртуальный канал);
- ✓ глобальные адреса это:
 - или стандарт E.164 (адрес состоит из 15 десятичных цифр, как и обычные телефонные номера)
 - или стандарт X.121 (адресация в X.25)

Q.933 Annex A специфицирует

- **PVC** management
- **LMI** (Local Management Interface)

ITU-T L2 спецификации

- ❖ Q.922 определяет структуру кадра, элементы процедуры, формат полей и процедуры уровня канала передачи данных

- ❖ **Q.922** - протокол доступа к каналу в режиме переноса кадров (**LAPF** - Link Access Procedure Frame mode bearer services)

- ✓ LAPF базируется на протоколе LAPD (L2 по D-Channel ISDN), процедурах Q.921 и является их расширением

- ❖ Существует два подмножества **Q.922/ LAPF**:

- ✓ **DL-core**, “data link core protocol” [DLCIs, F/BECN, DE, CRC]

- базовый, оказывает **услугу ретрансляции кадров** (Frame Relay), используется для передачи данных

- ✓ **DL-control**, “data link control protocol” [ARQ и Flow Control]

- полный, оказывает **услугу коммутации кадров** (Frame Switching), используется для управления

- ❖ LAPF-core и LAPF-control относятся к протоколам канального уровня, обеспечивая передачу кадров между двумя соседними коммутаторами

ITU-T L1 спецификации (ISDN)

Рекомендация I.430:

- ✓ BASIC USER-NETWORK INTERFACE **LAYER 1 SPECIFICATION**
- ✓ Кратко: **BRI** - Basic Rate Interface
- ✓ **Структура BRI** «Базового интерфейса пользователь–сеть»
 - Два В-канала по 64Кбит/с в каждом канале
 - для передачи оцифрованного голоса или двоичных данных
 - Один D-канал 16 Кбит/с
 - для сигнализации (установление соединения / расторжение соединения)
- ✓ **Скорость BRI** = $2B + D = 2 \times 64 \text{ кбит/с} + 16 \text{ Кбит/с} = 192 \text{ Кбит/с}$

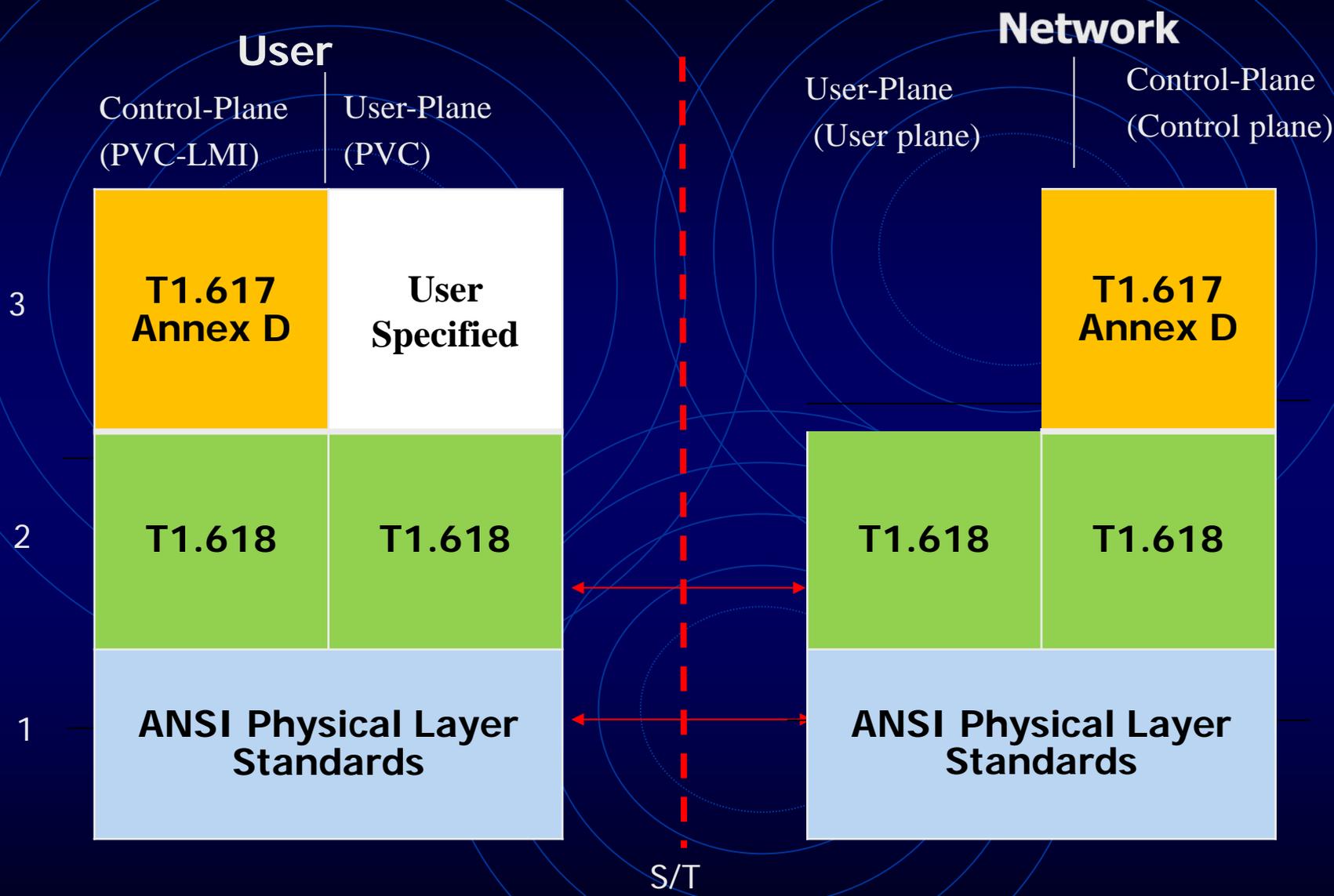
Рекомендация I.431

- ✓ PRIMARY RATE USER-NETWORK INTERFACE (**PRI**) - LAYER 1 SPECIFICATION
- ✓ **Структура и скорость PRI** «Первичного интерфейса пользователь–сеть»
 - В Европе **PRI** = 30 каналов В- и 1 канал D типа, **PRI** = $30B+D = 2048 \text{ kbit/s}$
 - В США и Японии **PRI** = 23 х В- и 1 канал D типа, **PRI** = $23B+D = 1544 \text{ kbit/s}$

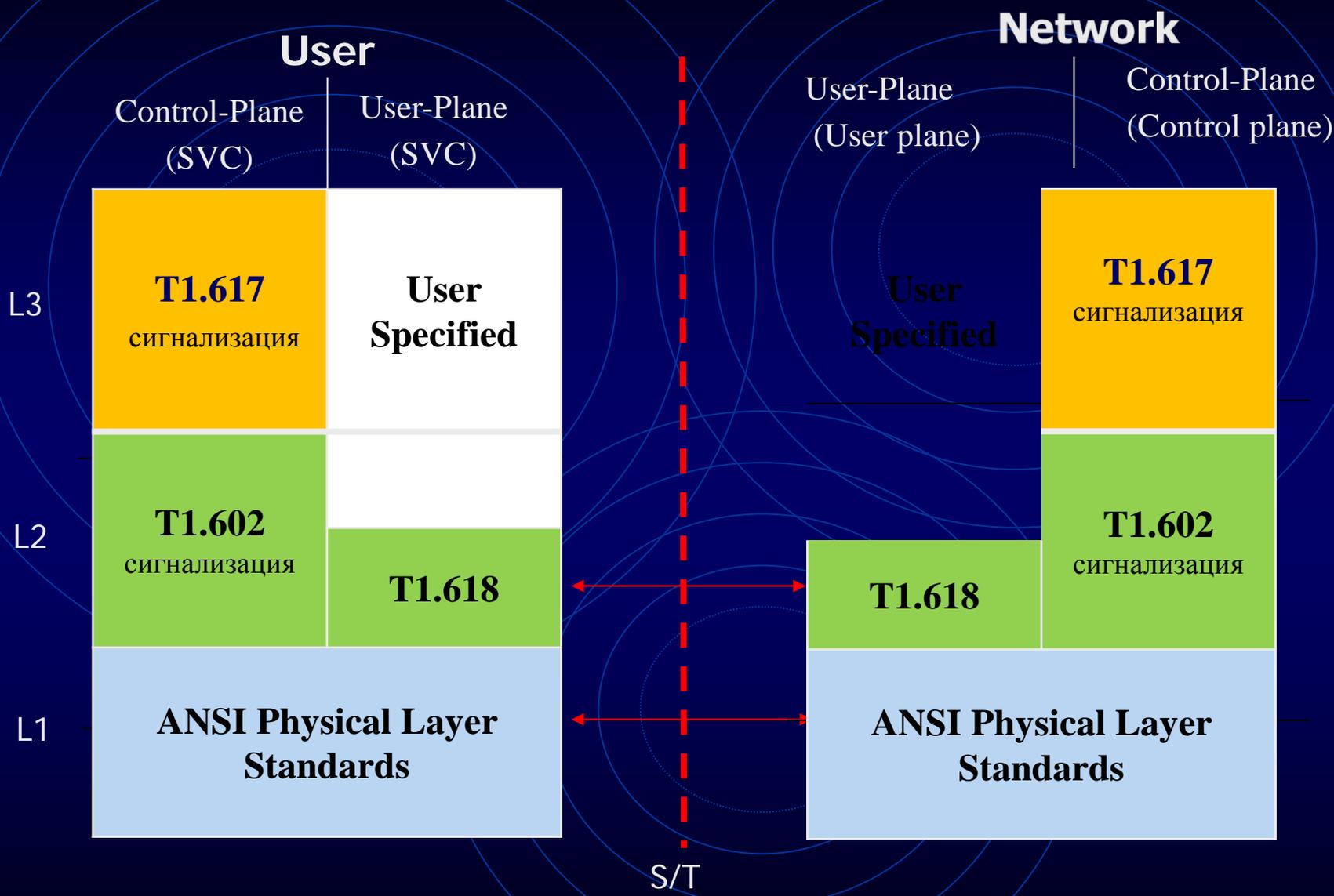
ITU-T сопутствующие стандарты

- I.370 - управление перегрузкой для ISDN служб ретрансляции кадров
- I.372 – FR требования к интерфейсу “network to network”
- I.555 - межсетевое взаимодействие FR
 - ✓ рекомендации для меж сетевого взаимодействия между FR, X.25, N-ISDN (коммутацией каналов) и широкополосной ISDN (B-ISDN) так же как взаимосвязью локальных сетей

ANSI PVC модель FR



ANSI SVC модель FR



ANSI Описание уровней

- ❖ T1.602 - Специфицирует LAPD (сигнализация канального уровня ISDN) для приложений в UNI
 - ✓ Интерфейс базового канала, процедура доступа к первичному каналу, D-канал (LAP1); связной протокол BRI/PRI;
 - ✓ Основан на Q.921
- ❖ T1.618 - Базовые аспекты протокола FR
 - ✓ основан на подмножестве T1.602
 - ✓ Называемом основными аспектами (core aspects)
 - ✓ DLCI, F/BECN, DE, CRC
- ❖ T1.617 – Сигнальные спецификации для канальных услуг FR
 - ✓ Спецификация сигнализации для службы передачи кадров Frame Relay



ФОРМАТЫ КАДРОВ

ITU-T: L2 спецификации LARF

Ранее показали существование двух подмножеств Q.922/ LARF:

- ✓ **DL-core**, “data link core protocol” [DLCIs, F/BECN, DE, CRC]
 - базовый, оказывает **услугу ретрансляции кадров** (Frame Relay), **Q.922 Annex A**
 - сеть не исправляет ошибочные кадры
 - используется для передачи данных
- ✓ **DL-control**, “data link control protocol” [ARQ и Flow Control]
 - оказывала **услуги коммутации кадров** (Frame Switching) посредством запросов на повторную передачу в случае ошибок и скользящего окна
 - сеть исправляет ошибочные кадры
 - используется для процедур управления каналом

LARF-core и LARF-control

- ✓ LARF (Link Access Procedure for Frame Mode Bearer Services) – протокол доступа к каналу для служб переноса кадров
- ✓ относятся к протоколам канального уровня, обеспечивая передачу кадров между двумя соседними коммутаторами
- ✓ LARF-core и LARF-control **являются подмножествами HDLC**

Пояснение: HDLC

HDLC (High-Level Data Link Control Procedure) – **процедуры высокоуровневого управления каналом** передачи данных

- ✓ **Впервые опубликованы** ISO в 1976 году, есть редакция 3239:2002
- ✓ **HDLC набор процедур является базовым для** построения конкретных протоколов канального уровня (SDLC, LAP, LAPB, LAPD, **LAPF**, LAPX и LLC). В нашем случае:
 - LAPF-control использует поле управление из двух байт
 - LAPF-control поддерживает «расширенный асинхронный сбалансированный режим работы (ABM) с нумерацией кадров 2^7 (максимальный размер окна $W_{max} = 2^7 - 1$) и использованием явного отказа от кадра в случае ошибки (примитив REJ)
 - **LAPF-control реализует механизмы управления потоком** посредством непрерывного ARQ (automatic repeat request) - автоматический непрерывный запрос на повторение (скользящее окно)
- ✓ **HDLC процедуры использовались** на канальном уровне в прошлом веке **в сетях X.25 (X.25/2) и Frame Relay**, в настоящее время используется в сетях **TCP/IP** (PPP, SLIP, Ethernet) и **интерконнектах** PCIe, InfiniBand
- ✓ HDLC подробно описан в <https://masich.ru/lectures/setevaya-arkhitektura-tcp-ip.html>

Формат кадра

LAPF-core

На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах обрабатываются поля Флаг, Адрес, CRC. Определяются (1) границы кадра, (2) выявляются ошибки по CRC и допустимому размеру кадра, уничтожения ошибочных кадров, (3) выполняется ретрансляция кадра по номеру виртуального канала DLCI в поле Адрес, (4) сеть в поле Адрес формируются биты индикации перегрузки F/BECN для оповещения DTE-источников о перегрузке, кадры перегружающие сеть, уничтожаются



LAPF-control

Добавлено поле Управление в заголовок кадра. На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах выполняются все ранее описанные действия LAPF-core + обрабатывается поле Управление. Сеть поддерживает механизм исправления ошибки путем запроса повторной передачи кадра и управления потоком посредством скользящего окна



LAPF-core сервис

● LAPF-core услуга ретрансляции кадров включает следующее:

- ✓ Двухнаправленная передача кадров
- ✓ Сохранение порядка следования кадров
- ✓ Обнаружение ошибок передачи, формата и операционных ошибок
- ✓ Прозрачная передача пользовательских данных с изменением только DLCI в поле Адрес и, поэтому, расчет новой контрольной суммы для поля CRC
- ✓ No frame acknowledgment. Нет подтверждений правильного приема кадра (нет повторной передачи ошибочных кадров / не исправляет ошибочные кадры)

● Основное предположение Frame Relay — низкий уровень ошибок

- ✓ Поэтому реализована только простая транспортная служба, ориентированная на соединение. Функции управления потоком и исправления ошибок выходят за рамки Frame Relay и предоставляются протоколами более высокого уровня в конечных системах, такими как транспортный протокол управления передачей TCP
- ✓ То есть роль управления потоком и исправления ошибок переместили с уровня 2 на уровень 3/4.
- ✓ Таким образом, сокращение накладных расходов Frame Relay по сравнению с другими аналогичными технологиями является одним из ее самых больших преимуществ, обеспечивая высокоскоростные соединения с большой полезной нагрузкой

LARF-core логика работы

- ❖ Первая причина отбрасывания кадра Frame Relay коммутатором
 - ✓ если кадры без флагов начала и конца
 - ✓ неправильный CRC
 - ✓ длина кадра больше или меньше ожидаемого размера
 - ✓ неправильный DLCI
- ❖ Вторая причина отбрасывания кадра Frame Relay коммутатором
 - ✓ кадры с DE=1 и есть перегрузка сети
- ❖ Третья группа не ошибочных кадров может быть отброшена случайным образом в периоды перегрузки
- ❖ Восстановление при ошибках должно быть сделано конечными системами
 - ✓ конечные системы должны обнаружить отсутствующие кадры, используя протоколы более высоких уровней
 - ✓ отвергнутые кадры должны быть повторно переданы конечными системами

LAPF-control сервис: два варианта (1/1)

LAPF-control

Вариант 1, Сеть обрабатывает поле Управление

На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах обрабатываются поля Флаг, Адрес, CRC и Управление. Выполняются все ранее описанные действия LAPF-core + **обрабатывается поле Управление**. Поддерживается механизм исправления ошибки путем запроса повторной передачи кадра и управления потоком посредством скользящего окна



LAPF-control

Вариант 2, Сеть не обрабатывает поле Управление

На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах обрабатываются поля Флаг, Адрес и CRC, не обрабатывается поле Управление. То есть, выполняются только все ранее описанные действия LAPF-core. И, по сути, в этом варианте, для сети Frame Relay: **LAPF-control ~ LAPF-core**. Поле Управление обрабатывается только конечными системами, обеспечивая **end-to-end (DTE-DTE) управление потоком и исправление ошибок**



LAPF-control сервис (2/2)

- На всех интерфейсах всегда выполняются ранее описанные действия протокола LAPF-core. Однако поле Управление в LAPF-control может или (1) обрабатываться сетью или (2) не обрабатываться сетью :

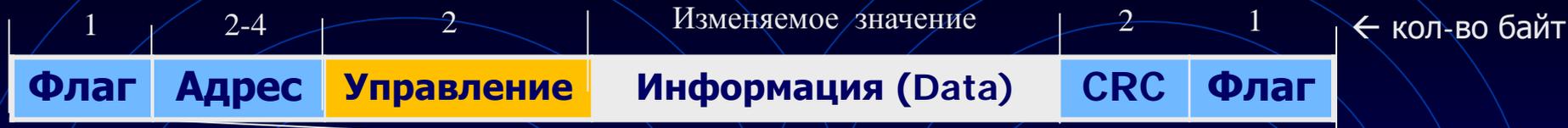
Вариант 1. На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах обрабатывается поле Управление

- ✓ В сети поддерживается механизм исправления ошибки путем запроса повторной передачи кадра и управления потоком посредством скользящего окна на каждом интерфейсе

Вариант 2. На DTE-DCE / DCE-DCE интерфейсах не обрабатывается поле Управление
Поле Управление обрабатывается только конечными системами

- ✓ Поскольку поле Управления не видно сети, поэтому нет исправления ошибок в сети
- ✓ Поскольку поле Управление обрабатывается только DTE конечными системами, выполняется сквозное (end-to-end) управление потоком и исправление ошибок.

Поле «Флаг»



Флаг (01111110) – нужен для кадровой синхронизации

Кодонезависимость (прозрачность) обеспечивается методом *bit staffing*:

Передатчик:

- помещает восьмибитовую комбинацию *флага 01111110* в начале и в конце кадра для кадровой синхронизации (для распознавания приемником границ кадра)
- в поток выходных данных помещает нуль после пяти подряд идущих единиц, встретившихся в любом месте между начальным и конечным флагами кадра
 - ✓ этот метод называется вставкой битов → битстаффинг (*bit staffing*)

Приемник:

- При получении нуля с пятью далее идущими подряд единицами (011111) анализирует следующий (седьмой) бит.
 - ✓ Если это нуль, он удаляет этот бит.
 - ✓ Однако если седьмой бит является единицей (0111111), приемник анализирует восьмой бит. Если восьмой бит нуль (01111110), приемник считает, что получена флаговая комбинация

Поле «Адрес» 2-х байтовый



DLCI	Data Link Connection Identifier	FECN	Forward Explicit Congestion Notification
C/R	Command/Response Bit	BECN	Backward Explicit Congestion Notification
EA	Address Extension Bits	DE	Discard Eligibility

🔴 Стандарт FRF рекомендует использовать заголовки, состоящие из 2 байт

- ✓ DLCI – 10-и битовое поле "Идентификатор виртуального канала"
- ✓ C/R – бит "команда / ответ" (0 – команда, 1 - ответ), как в HDLC
- ✓ EA – бит "расширенный адрес" (0 – старший байт, 1 – младший, последний байт)
- ✓ FECN – бит "уведомления о перегрузке в прямом направлении"
- ✓ BECN – бит "уведомления о перегрузке в обратном направлении"
- ✓ DE – бит "разрешение сброса" при перегрузке канала

Поле «Адрес» 4-х байтовый



- Стандарты ANSI и ITU-T допускают размер поля Адрес до 4 байт
 - ✓ В этом случае значение бита EA старших байтов равно "0", а младшего байта, равно - "1"
- D/C - DLCI or DL-CORE control indicator
 - ✓ Если D/C=0 - младшие биты DLCI ,
 - ✓ Если D/C=1 - управляющие биты DL-core

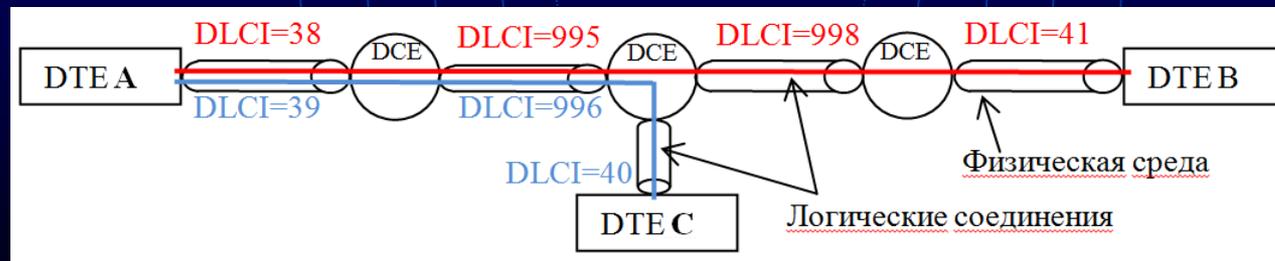
DLCI



DLCI (Data Link Connection Identifier) является сущностью Frame Relay

- ✓ Значение DLCI представляет виртуальное соединение (логическое соединение) между устройством DTE и коммутатором DCE
- ✓ Каждое виртуальное соединение, мультиплексированное в физический канал, представлено уникальным DLCI
- ✓ Значения DLCI имеют только локальное значение, что означает, что они уникальны только для физического канала, на котором они находятся. Следовательно, устройства на противоположных концах соединения могут использовать разные значения DLCI для ссылки на одно и то же виртуальное соединение.
- ✓ Длина 10 бит в двухбайтовом поле Адрес (диапазон 0 -1023), может быть расширен до 4 байт.

➤ В ITU-T использовать 3- или 4-байтные форматы поля адреса на D-канале предмет дальнейшего изучения. FRF, GOF специфицирует только “двух байтовый” DLCI номер



DLCI план нумерации

- ❖ Стандарты FR (ANSI, ITU-T) распределяют диапазон нумерации DLCI между пользователями и сетью следующим образом:
 - ✓ 0 - используется для канала локального управления (LMI);
 - ✓ 1... 15 — зарезервированы для дальнейшего применения;
 - ✓ 16...991 — используются абонентами для нумерации PVC и SVC;
 - ✓ 992...1007 — используется сетевой транспортной службой для внутрисетевых соединений;
 - ✓ 1008...1022 — зарезервированы для дальнейшего применения;
 - ✓ 1023 — используются для управления канальным уровнем (в кадрах, которые “переносят” сквозные сообщения управления интерфейсом, связывающим протоколы более высоких уровней).
- ❖ Таким образом, в любом интерфейсе FR для конечных устройств пользователя (DTE) отводится 976 номеров DLCI

Биты EA и C/R



EA (Extended Address) – бит расширения адреса

- ✓ бит EA есть в каждом байте поля Адрес для указания, является ли байт последним байтом поля Адрес или не последним
- ✓ первый (старший) и средние байты поля Адрес имеют EA=0
- ✓ последний (младший) байт адреса имеет бит EA=1

C/R (Command/Response) не используется при прохождении через сеть

Три бита управления перегрузкой



FECN (Forward Explicit Congestion Notification)

- ✓ бит уведомления о перегрузке в прямом направлении

BECN (Backward Explicit Congestion Notification)

- ✓ бит уведомления о перегрузке в обратном направлении

DE (Discard Eligibility)

- ✓ бит “разрешение сброса”
 - когда на линии возникает перегрузка, сеть должна решить, какие кадры следует отбросить, чтобы разгрузить линию
 - бит DE=1 указывает сети на то, что данный кадр может быть уничтожен в первую очередь (по отношению к кадрам с DE=0) в случае перегрузки

Биты FECN и BECN

FECN (бит уведомления о перегрузке в прямом направлении)

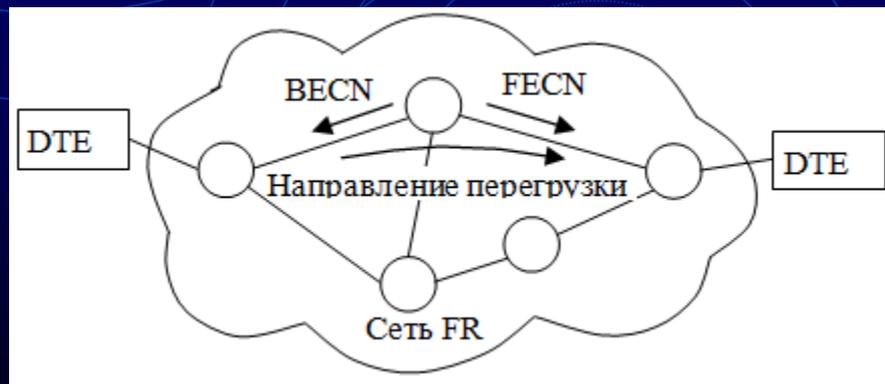
- ✓ Устанавливаемое коммутатором DCE значение FECN=1 уведомляет конечное устройство DTE о явной перегрузке в направлении передачи данного кадра от источника к приемнику

BECN (бит уведомления о перегрузке в обратном направлении)

- ✓ Устанавливаемое коммутатором DCE значение BECN=1 уведомляет конечное устройство DTE о явной перегрузке в направлении, обратном направлению передачи данного кадра

Позитив битов F/BECN заключается в разумном реагировании на индикаторы перегрузки протоколами более высоких уровней в конечных DTE системах, например

- ✓ Снижения устройством DTE темпа передачи при получении BECN=1
- ✓ Уменьшение размера окна приема DTE устройством при получении FECN=1



Биты DE

DE (разрешение сброса)

- ✓ Бит DE=1 указывает сети на то, что данный кадр может быть уничтожен в первую очередь (по отношению к кадрам с DE=0) в случае перегрузки
- ✓ **Устанавливается пользователем (DTE)** в некоторых кадрах с более низким приоритетом,
 - реализуется простой механизм приоритезации кадров конечной системой
 - целесообразно используется в случае, если сеть уведомила о своей перегрузке, то есть пользователю предоставлено право выбирать, какими кадрами он может "пожертвовать"
- ✓ **Устанавливается сетью (DCE)**, чтобы указать другим узлам сети, что кадр должен быть предпочтительно выбран для отбрасывания, если это необходимо
 - например, случай нарушения пользователем контрактных параметров трафика

Поле «Управление»



Поле Управление																← биты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0	N(S)							P/F	N(R)							I - кадр
1	0	S-коды		0	0	0	0	P/F	N(R)							S- кадры
1	1	U-коды		P/F	U-коды											U- кадры

Существует 3 типа кадров: I кадр, S- кадры, U- кадры

- ✓ I кадр (команда/ответ) - информационный кадр, содержит информационное поле для передачи пользовательских данных
- ✓ S- кадры – супервизорные кадры используются для управления потоком
- ✓ U- кадры – нумерованные кадры нужны для инициализации канала и диагностики

Поле управления идентифицирует тип примитива (тип кадра), который будет либо командой (бит P), либо ответом (бит F). Примитивы, где это применимо, будут содержать порядковые номера N(S) передаваемых I-кадров и номера N(R) ожидаемых I-кадров

Поле «Управление»

Поле Управление																← биты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0	N(S)							P/F	N(R)							I - кадр
1	0	S-коды		0	0	0	0	P/F	N(R)							S- кадры
1	1	U-коды		P/F	U-коды											U- кадры

Сервис процедур протокола LAPF-control (ABME, REJ):

- ✓ **Протокол реализует механизм управления потоком ARQ (automatic repeat request) - автоматический непрерывный запрос на повторную передачу (скользящее окно)**
- ✓ **Протокол поддерживает «расширенный асинхронный сбалансированный режим работы (ABM) с нумерацией кадров 2^7 (максимальный размер окна $W_{max} = 2^7 - 1$)**
- ✓ **Протокол использует явный отказа от кадра в случае ошибки (примитив REJ)**

Поле «Управление»

Поле Управление																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	← биты
0	N(S)							P/F	N(R)							I - кадр
1	0	S-коды		0	0	0	0	P/F	N(R)							S- кадры
1	1	U-коды		P/F	U-коды											U- кадры

S- кадры, используемые в LABF-control, для управления потоком:

- ✓ RR (Receive ready - готов к приему) подтверждает I-кадры с $[N(R)-1]$, ожидает I-кадры с $N(R)$, восстанавливает поток
- ✓ RNR (Receive not ready - не готов к приему, приостанавливает поток, задерживает передачу I кадров
- ✓ REJ (Reject - неприем) явный запрос повторной передачи искаженного I-кадров начиная с $N(R)$

U- кадры, используемые в LABF-control, для инициализации канала и диагностики:

- ✓ SABME (команда) – установка соединения, расширенный асинхронный сбалансированный режим работы с нумерацией кадров 2 в степени 7 (7 бит в поле нумерации)
- ✓ UA (Unnumbered information) – ответ, нумерованный ответ
- ✓ DISC (Disconnection) – команда, расторжение соединения
- ✓ DM (Disconnected mode) - ответ, расторжение соединения
- ✓ UI (Unnumbered information) – команда, нумерованный информационный кадр
- ✓ FRFR (Frame reject) - нумерованный ответ отчета об условиях ошибок (диагностика)
- ✓ XID (Exchange identification) - command/response

Поле «Управление»

Поле Управление																← биты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0	N(S)							P/F	N(R)							I - кадр
1	0	S-коды		0	0	0	0	P/F	N(R)							S- кадры
1	1	U-коды		P/F	U-коды							U- кадры				

Назначение полей нумерации:

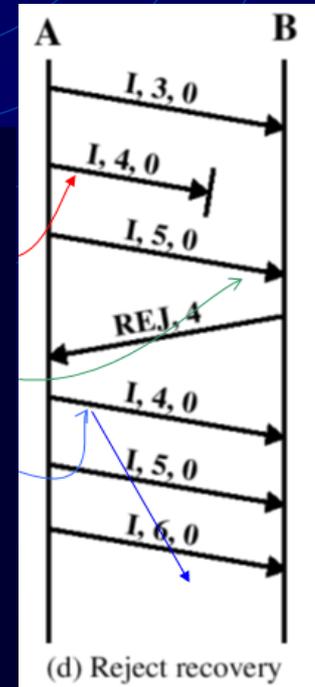
N(S) - порядковый номер передаваемого I-кадра;

N(R) - порядковый номер ожидаемого I-кадра и подтверждение предыдущих;

P/F - бит опроса /окончания;

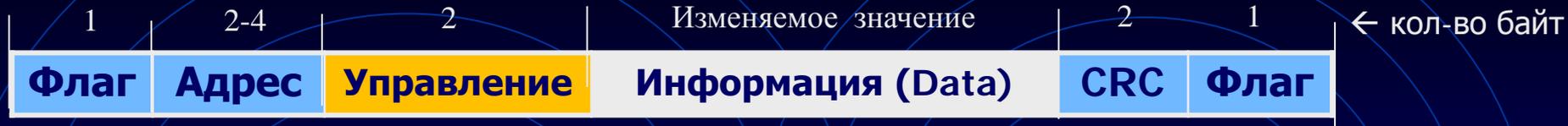
Пример восстановления кадра посредством REJ (Reject) :

- ✓ “А” передает I-кадры с порядковыми номерами N(S) = 3, 4, 5 и номером ожидаемого кадра N(R)=0
 - I кадр с порядковым номером N(S)=4 потерян
- ✓ “В” принимает I-кадр 3 и получив 5-й (5-й не после 4-го) уничтожает 5-й кадр и отвечает кадром REJ (неприем) с полем N(R)=4
 - N(R)=4 в кадре REJ означает ожидание 4-го кадра, и подтверждение 3-го и всех предыдущих кадров
- ✓ “А” повторяет передачу 4-го кадра и всех последующих кадров



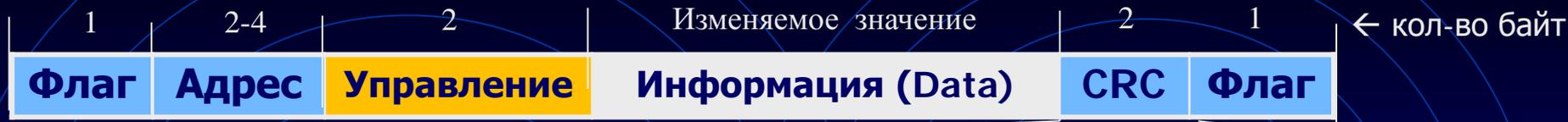
Такая процедура исправления ошибки в HDLC называется “Go-back-N”

Информационное поле

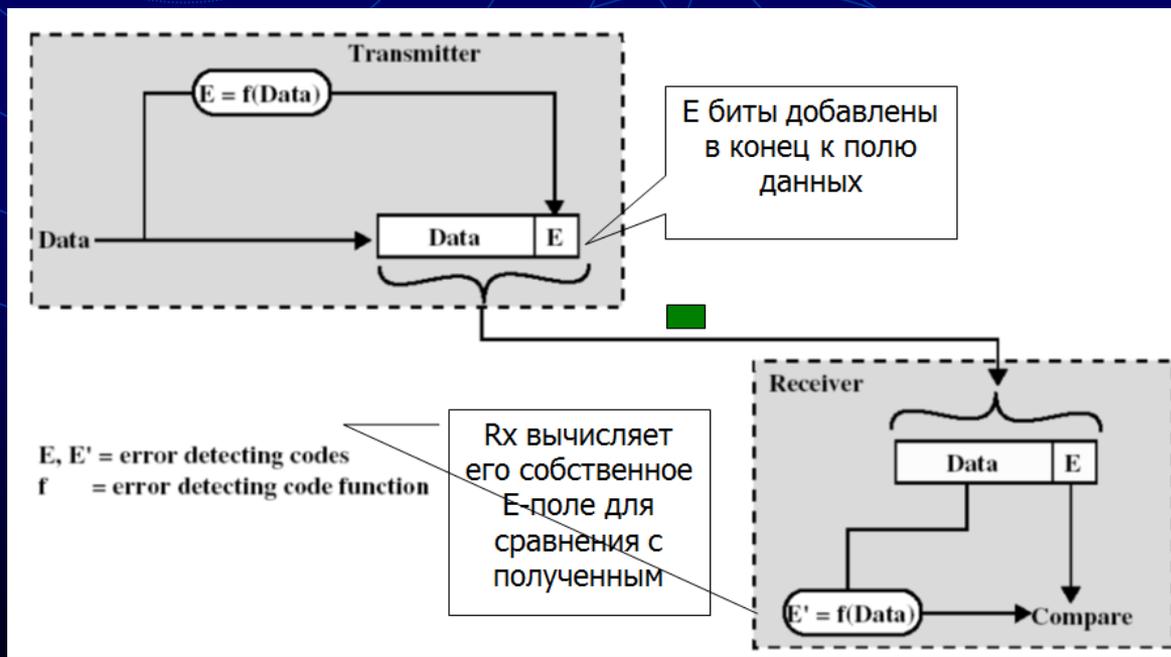


- ✓ Число байт между 1 - 8192
- ✓ FRF определяет по умолчанию максимальный размер 1600 байт
- ✓ Примечание: двухбайтовое поле CRC с CRC-16 поддерживает размер кадра только до 4096 байтов

Поле CRC



- ✓ CRC (Cyclic Redundancy Check) – циклическая проверка избыточным кодом
 - Это поле часто называют FCS (Frame Check Sequence) - проверочная последовательность кадра
- ✓ Формируется передатчиком и используется приемником для обнаружения возможных ошибок при передаче кадра





МЕНЕДЖМЕНТ ТРАФИКА

Аспекты ретрансляции кадров

- ❖ FR не поддерживает функции управление потоком данных. Но сеть сообщает о перегрузках в прямом и обратном направлении
- ❖ Теоретически пользователь может отправить в сеть столько данных, сколько позволяет физическая скорость доступа к порту, без любого вида управления трафиком
- ❖ Однако сеть может захлебнуться, если все пользователи одновременно отправляют данные.
 - ✓ Перегрузка приведет к отвержению кадров. Отвергнутые кадры вызовут повторную их передачу конечными системами (инициированную вышележащими уровнями) и возможно увеличат перегрузку
- ❖ Вспомним: FR использует статистическое мультиплексирование.
 - ✓ Поставщик услуг, предлагающий менее дорогое обслуживание (по сравнению с арендованными каналами) полагает, что не все пользователи нуждаются все время и/или одновременно в доступе к каналу (линии)
- ❖ Посему статистическое мультиплексирование является предпосылкой для любого вида управления трафиком,
 - ✓ в том числе контракта на трафик, заключенного между пользователем и сетевым провайдером

Контрактные параметры трафика (T-RES-1.370)

AR (Access Rate – скорость доступа)

- ✓ Скорость передачи данных пользовательского канала доступа (D, В или H). Скорость канала доступа определяет, сколько данных (максимальная скорость) конечный пользователь может ввести в сеть.
- ✓ физическая скорость передачи данных в используемой линии доступа (в bit/s)

Tc (Measurement Interval - Интервал Измерения)

- ✓ Интервал времени, в котором измерены скорости и импульсные размеры (объемы) передаваемой информации
- ✓ В течение интервала Tc происходит всплеск скоростей и измеряется гарантированная скорость передачи данных (CIR). Измерение производится обычно в пределах от 0,5 до 2 секунд.
- ✓ Эмпирическое правило для Tc - оно должно быть установлено в четыре раза больше сквозной транзитной задержки

Vc (Committed Burst Size - гарантированный импульсный объем переданной информации)

- ✓ Максимальное количество битов, которые сеть соглашается передать при нормально действующих условиях за какое-то время Tc

Контрактные параметры трафика

- ❖ CIR (Committed Information Rate) - гарантированная скорость передачи данных
 - ✓ Минимально допустимая пропускная способность, при которой сеть обязана передать данные при нормальных условиях ($CIR = B_c / T_c$; $T_c = 1$ сек)
- ❖ Be (Excess Burst Size - дополнительный импульсный объем передаваемой информации)
 - ✓ Максимальное количество негарантированных данных в битах сверх B_c , которые сеть будет пытаться доставить за интервал измерения T_c
 - ✓ Be также согласовывается во время установления SVC или PVC.
 - ✓ Вероятность доставки Be заведомо ниже, чем B_c .
- ❖ EIR (Excess Information Rate - Дополнительная Информационная Скорость)
 - ✓ максимальная скорость в bit/s, при которой сеть пытается выполнять передачу [$EIR = (B_c + B_e) / T_c$; $T_c = 1$ сек]
 - ✓ EIR параметр, измеряемый в битах в секунду или кбитах в секунду, определяет количество битов, передаваемых в секунду в течение периода времени T_c , которые выходят за пределы CIR

Контрактные параметры трафика

Выводы

- ✓ Когда сформирован виртуальный канал PVC или SVC, пользователь и сеть устанавливают **CIR, Bc и Be** в Tc.
- ✓ Эти три измерения называются управлением пропускной способностью сети, которое основано на отбрасывании кадров (при необходимости) в точке выхода сети.
- ✓ DE бит в поле Адрес кадра LAPF может использоваться для классификации DTE устройством отправляемых в сеть кадров, устанавливая DE=1 в допускающих потери кадрах с целью уменьшения перегрузки сети



Механизмы управления трафиком

Формирование трафика (traffic shaping)

- ✓ DTE формирует трафик, управляя объемом и скоростью трафика, отправляемого в сеть
- ✓ Цель шейпинга – предотвращение заторов в сети посредством механизмов управления потоком (управления перегрузкой)

Контроль трафика (traffic policing)

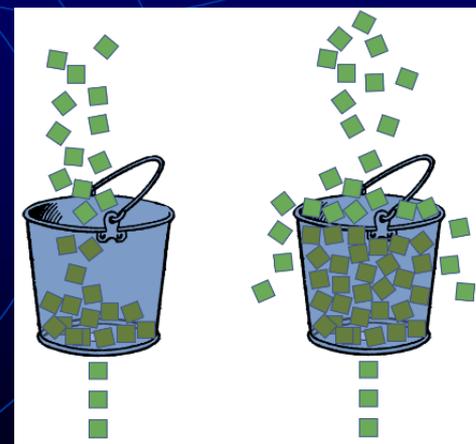
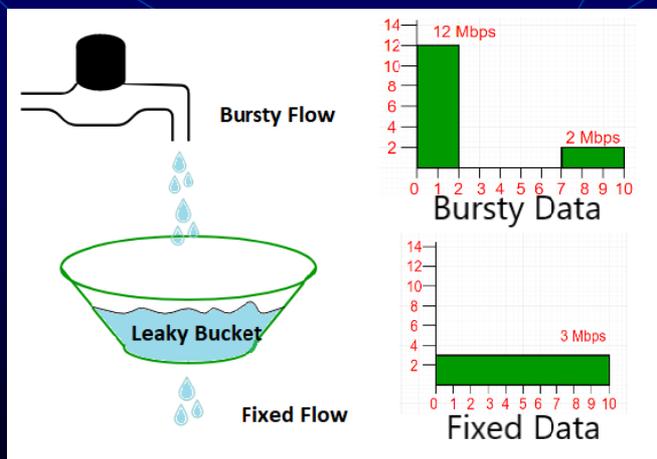
- ✓ DCE контролирует трафик, измеряя пользовательский трафик
 - если трафик в пределах контракта, то Ok!, сеть пропускает трафик.
 - если трафик превышает контракт, то сеть должна реагировать так, чтобы избежать перегрузки в сети
- ✓ Сам термин «Policing» (полисинг) диктует строгое отношение к лишнему трафику — отбрасывание или разжалование в более низкий класс.

Алгоритмы формирования и контроля трафика

- ✓ Алгоритм дырявого ведра (Leaky Bucket Algorithm)
- ✓ Алгоритм ведра токенов (Token Bucket Algorithm)

Алгоритм Leaky bucket (“дырявое ведро”)

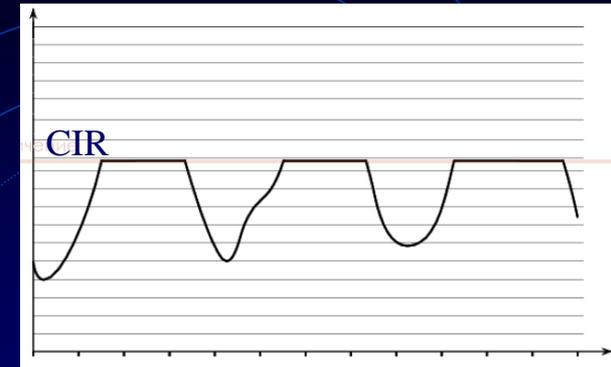
- ✓ Суть алгоритма – на пути скачкообразного входного потока (Bursty Flow) устанавливается буфер, выходной поток которого постоянен (Fixed Flow).
- ✓ При наличии всплесков (Bursty Data), которые не проходят в выходной интерфейс, пакеты временно сохраняются в буфере и передаются по мере освобождения интерфейса с фиксированной скоростью (Fixed Data). Если буфер переполняется, пакеты теряются, выплескиваются из дырявого ведра.
- ✓ Размер буфера, его наполненность и выходная скорость определяют задержку передачи данных, вносимую шейпером
- ✓ Название «Shaping» говорит о том, что инструмент придаёт профилю трафика форму, сглаживая его.
 - Главное достоинство такого подхода — оптимальное использование имеющейся полосы. Вместо дропа чрезмерного трафика, мы его откладываем.
 - Главный недостаток — непредсказуемая задержка. При заполнении буфера, пакеты будут томиться в нём долго. Поэтому не для всех типов трафика шейпинг хорошо подходит.



Алгоритм Token Bucket

Hard Policing

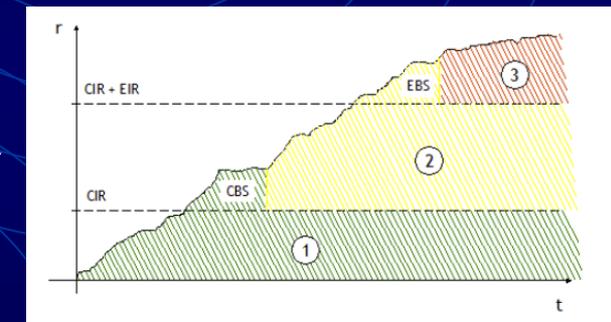
Задача Token Bucket — пропускать сетью трафик, если он укладывается в контрактные параметры трафика и отбрасывать, если они нарушаются. Из-за строгости принимаемых мер этот способ называется Hard Policing



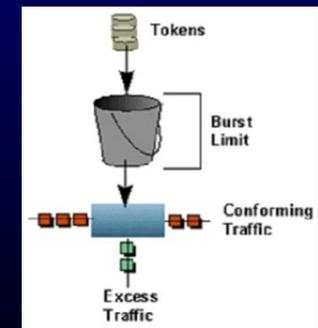
Soft Policing

Однако важно при наличии в сети достаточной пропускной способности разрешать всплески трафика, поскольку это нормальное явление. И если в Leaky Bucket всплески амортизировались буфером, то у Token Bucket нет буферизации, и использует другие механизмы управления потоком

Полисер измеряет трафик и красит пакеты, например, в зелёный, желтый или красный, перемещая их в другой класс обслуживания. Эти мягкие меры (Soft Policing) могут применяться как ко входящему от DTE трафику, так и к исходящему от DCE трафику. Отличительная черта полисера — способность абсорбировать всплески трафика и определять пиковую допустимую скорость благодаря механизму Token Bucket.



То есть на самом деле не срезается всё, что выше заданного значения — разрешается немного за него выходить, пропуская кратковременные всплески или небольшие превышения выделенной полосы



Пример менеджмента траффика

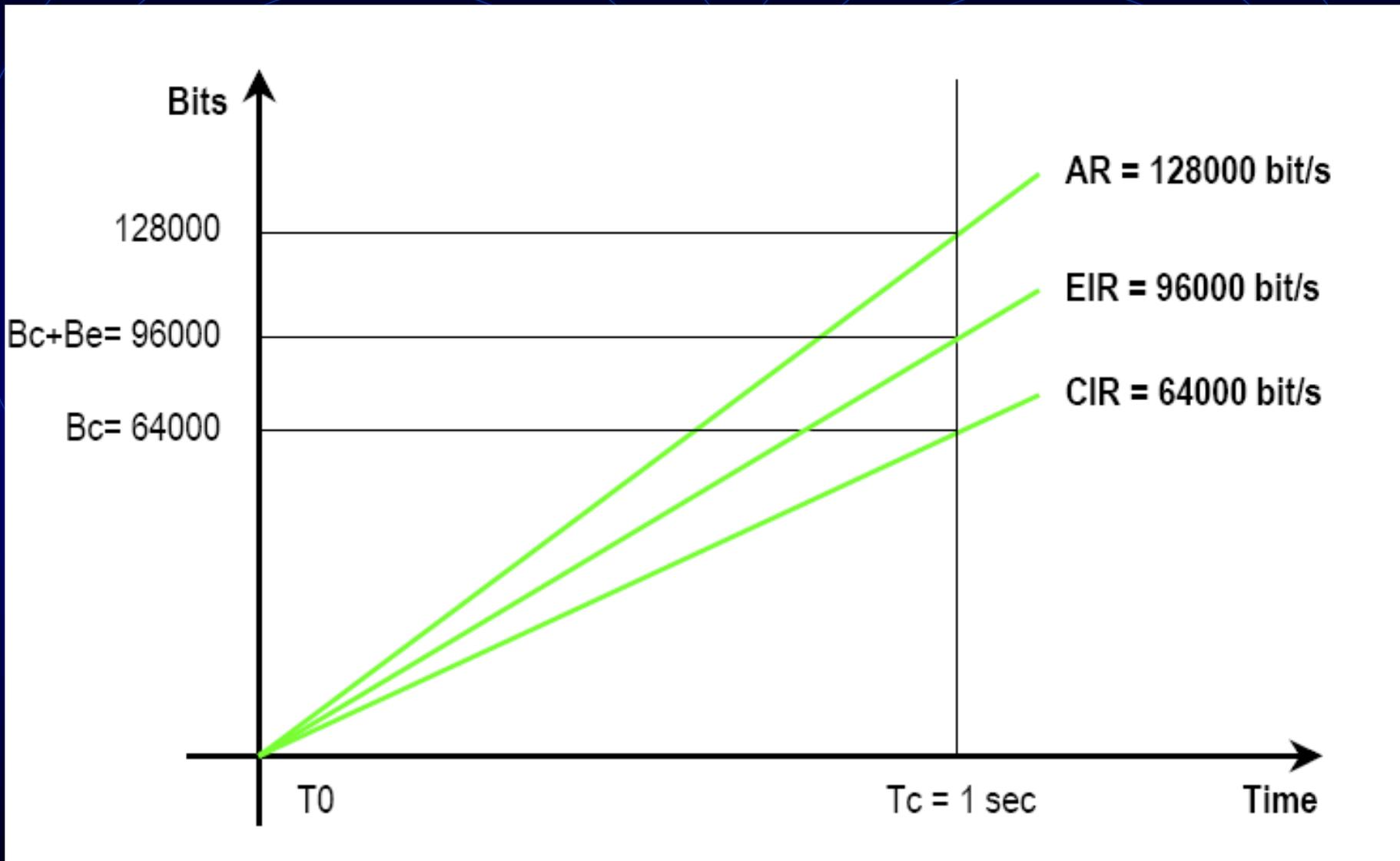
Примеры политик управления траффиком

- ✓ уничтожать все кадры выше контракта
- ✓ отмечать все кадры выше контракта как кандидаты на отбрасывание (устанавливая $DE=1$), но пытаться передать эти кадры, если располагает достаточным сетевым ресурсом
- ✓ другие коммутаторы будут удалять кадры с $DE=1$ в случае перегрузки

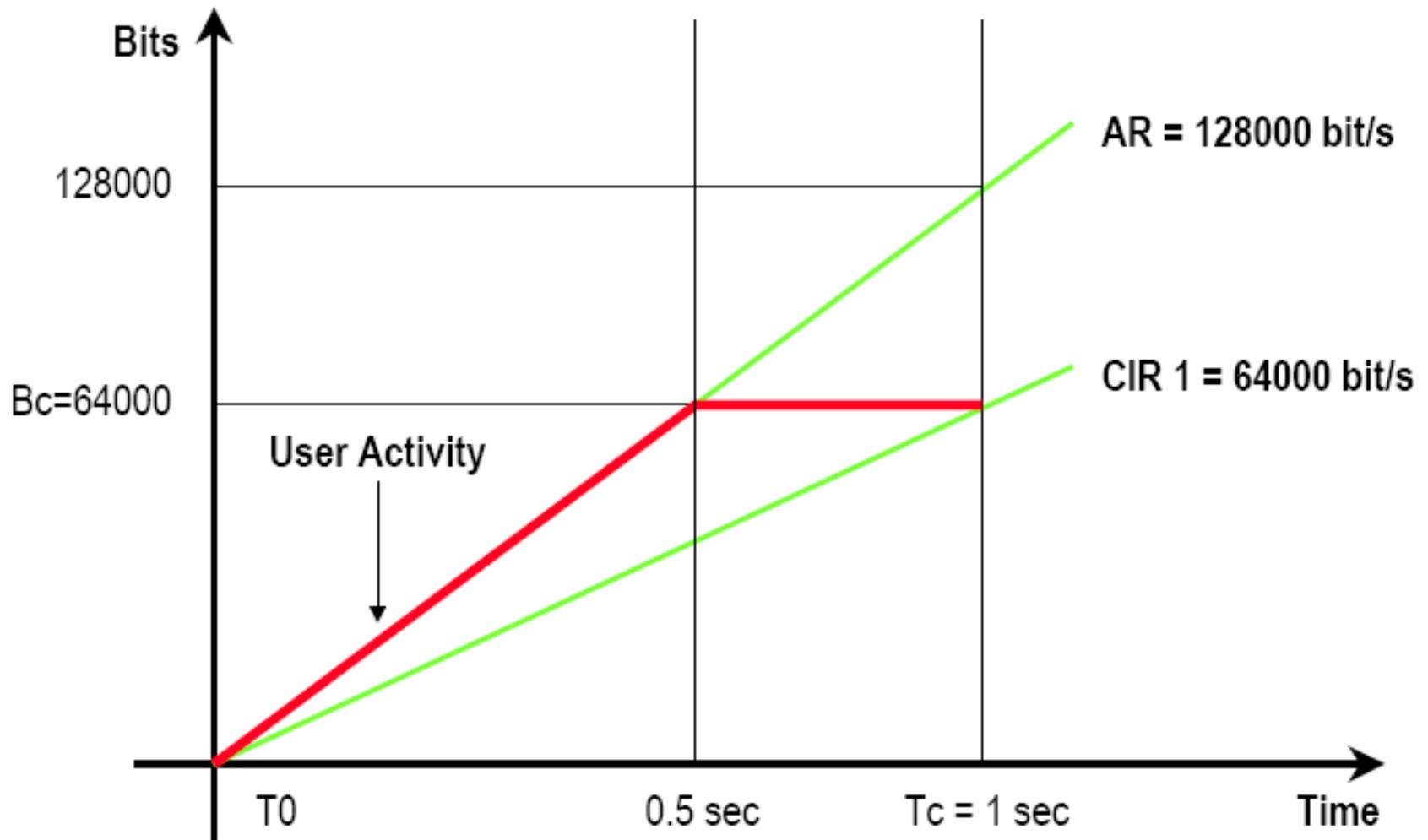
Конечные системы могут пометить кадры ($DE=1$), если CIR превышен

- ✓ критический траффик в пределах CIR с $DE=0$
- ✓ траффик выше CIR с $DE=1$
- ✓ поскольку если коммутатор будет случайно уничтожать кадры, критический траффик может быть потерян

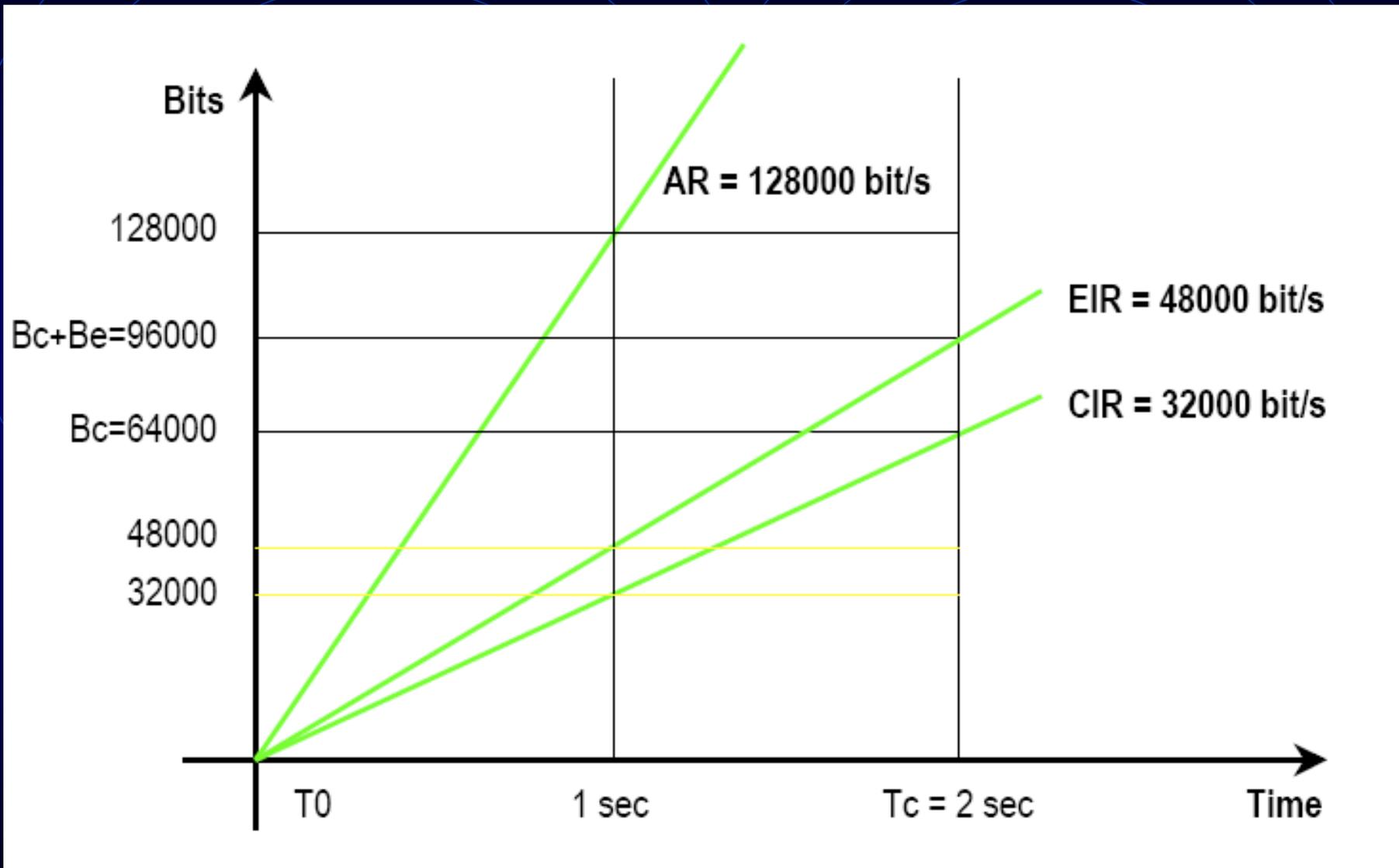
Пример первый параметров



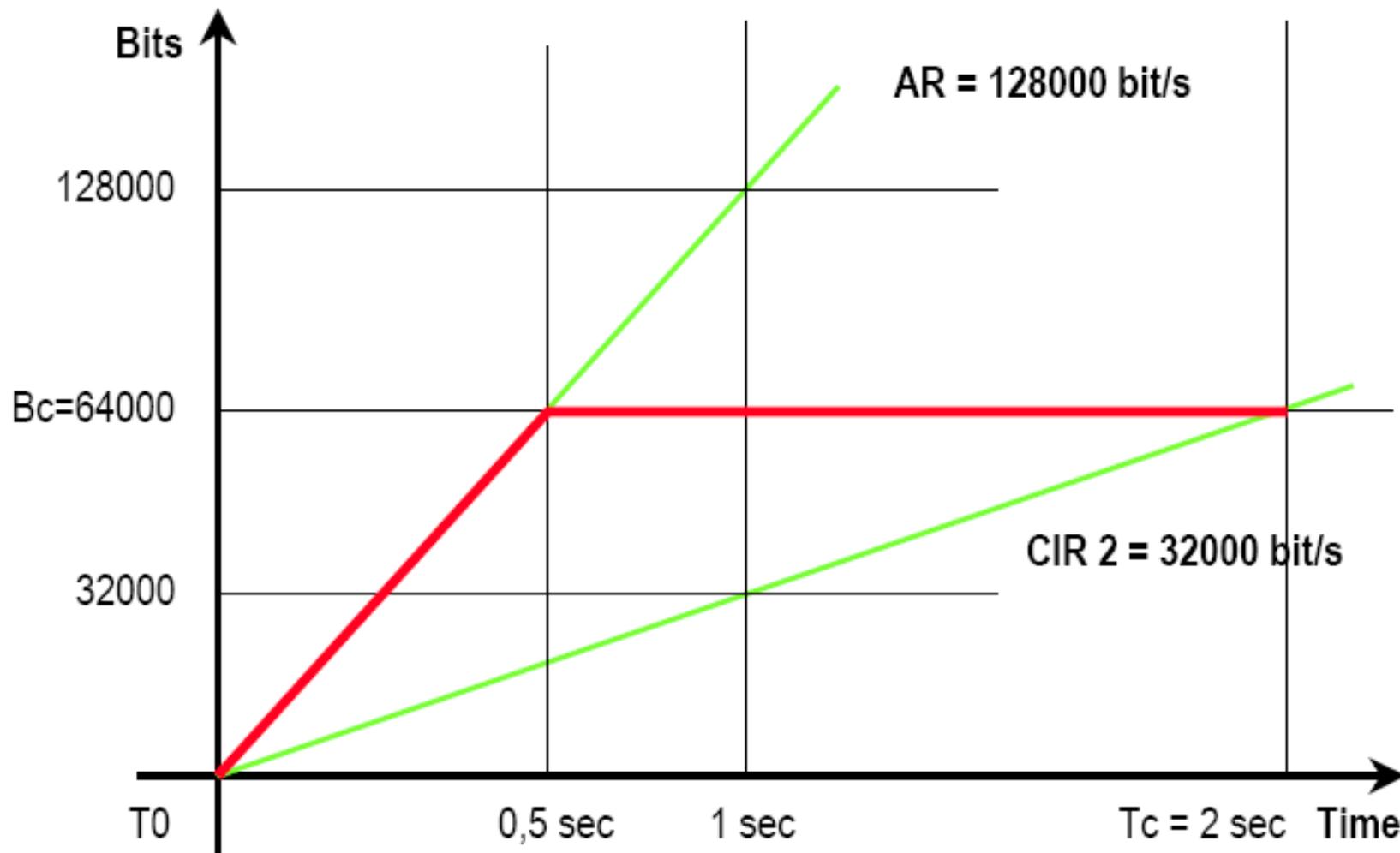
Возможное использование FR (CIR 1)



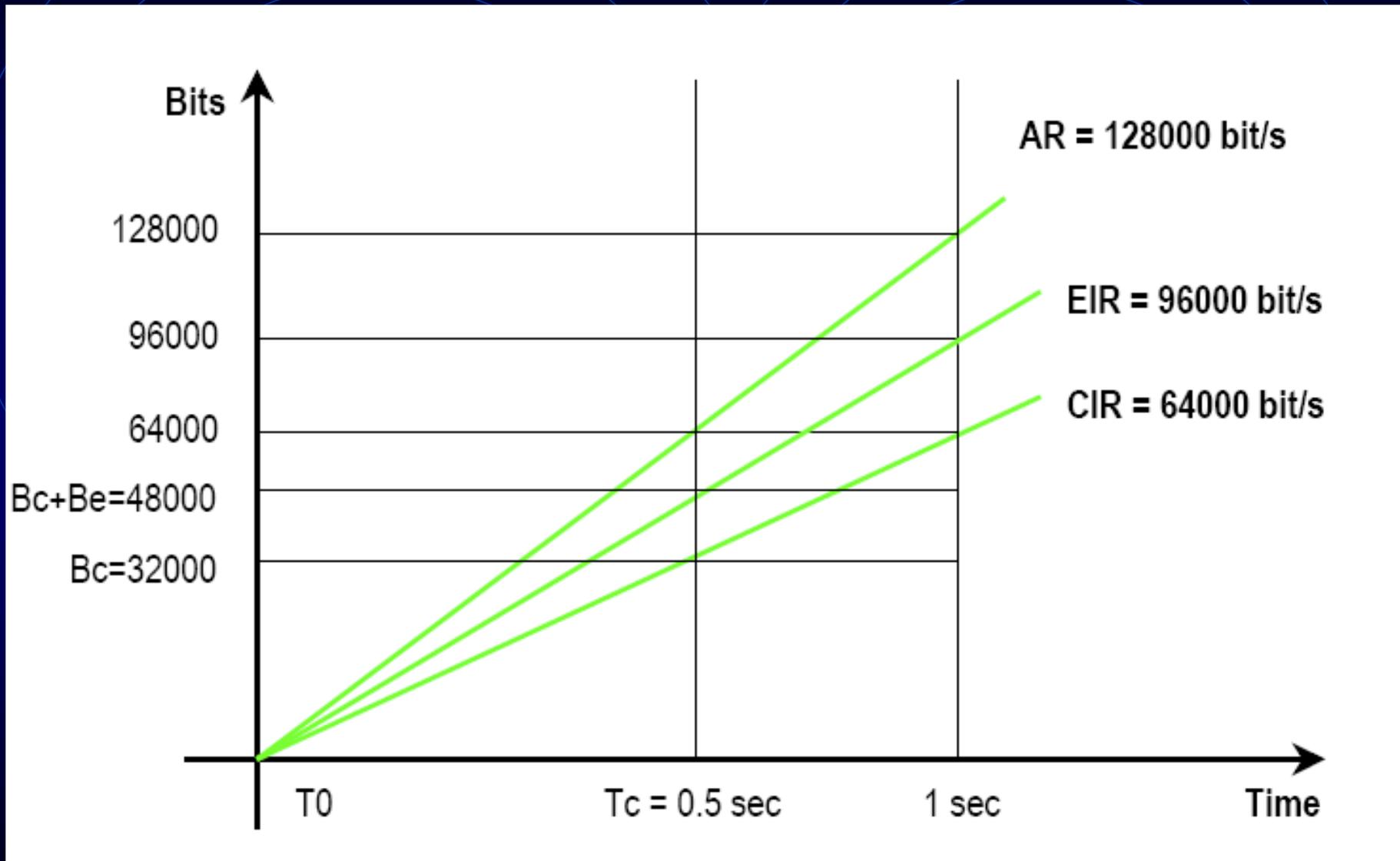
Пример второй параметров



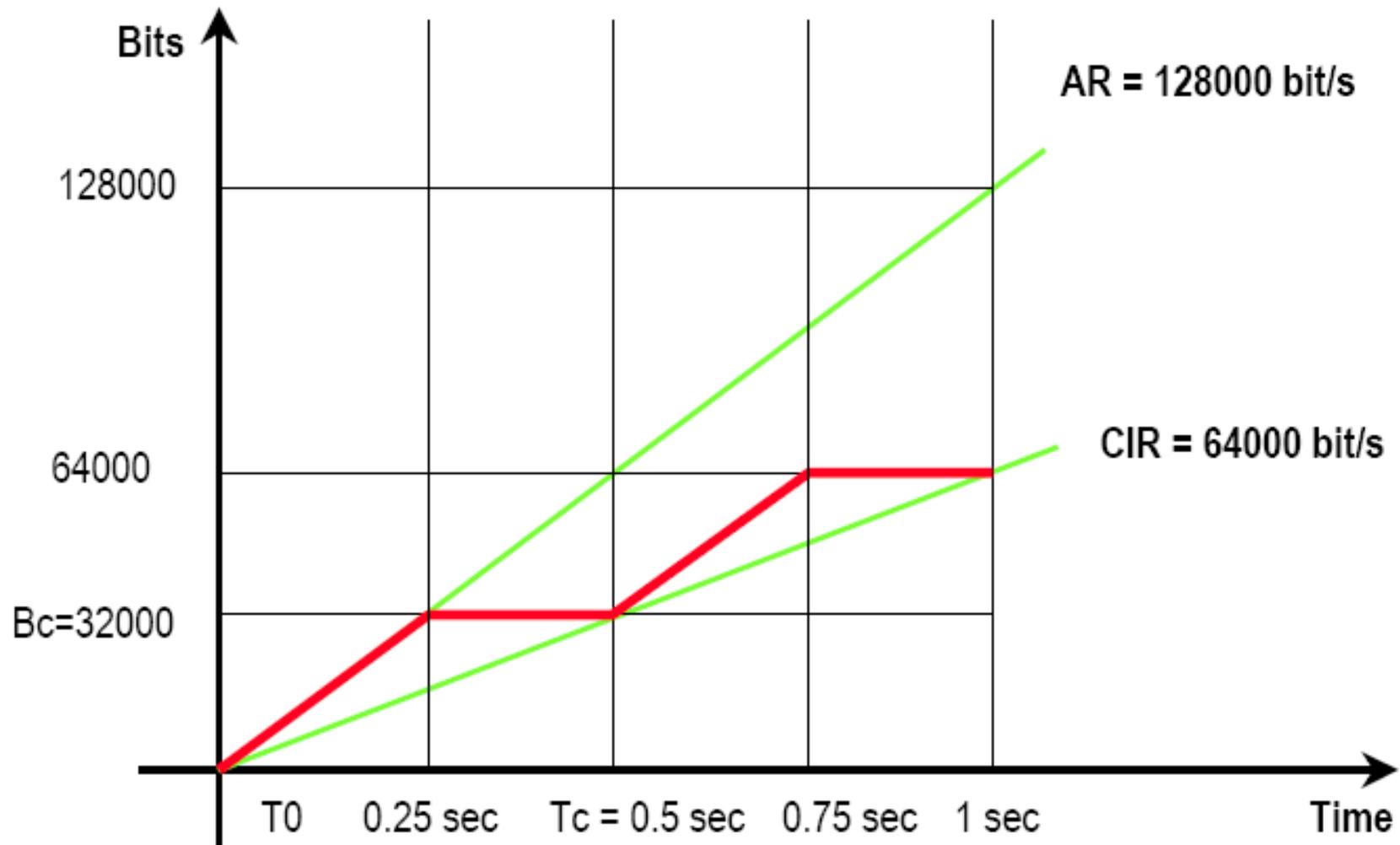
Возможное использование FR (CIR 2)



Пример третий параметров



Возможное использование FR (CIR 3)



Аспекты управления трафиком

- ❖ Примеры для CIR 1, 2, 3 являются теоретическими
 - ✓ Передача кадра не может быть остановлена в некоторой точке
 - ✓ следовательно должна быть сделана дополнительная буферизация в FR-коммутаторе, чтобы исключить (балансировать) этот факт
- ❖ Существует два принципиально разных подхода к ограничению скорости: Policing (полисинг) и Shaping (шейпинг).
- ❖ Решают они одну задачу, но по-разному - . ограничить объем трафика, который пользователь вводит в сеть, используя параметры трафика, оговоренные в контракте, как решающее ядро
 - CIR, EIR предопределенные для DLCI
 - ✓ может быть сделан формированием (shaping) трафика
 - Задача FR-DTE
 - ✓ и контролировать трафик
 - Задача FR-DCE

Опции менеджмента трафика

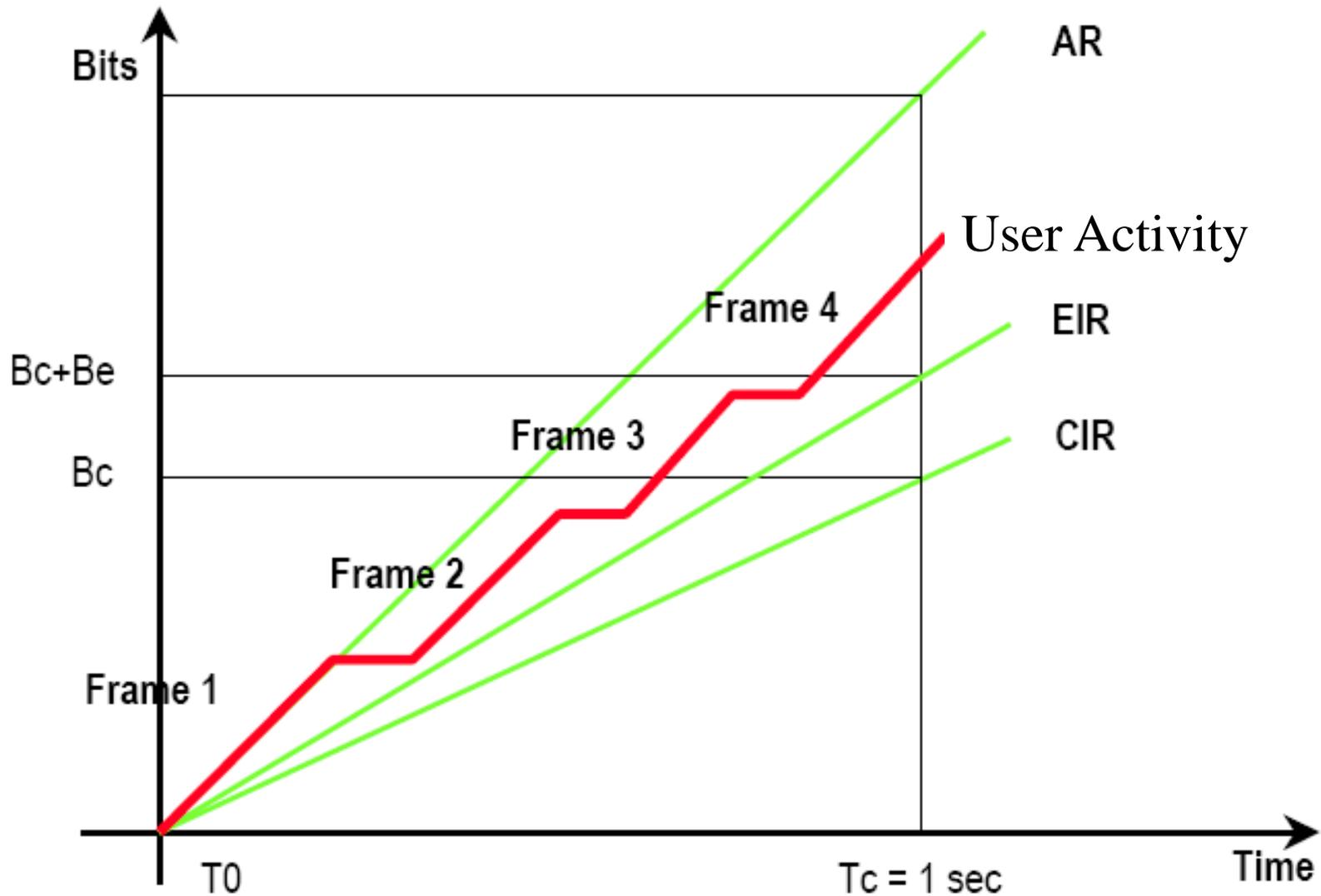
❖ Дифференциация между важными и дополнительными кадрами

- ✓ FR-DTE или FR-DCE маркируют дополнительные кадры, устанавливая бит DE = 1
- ✓ сеть может в случае перегрузки сбросить (уничтожить) дополнительные кадры (кадры с DE=1)

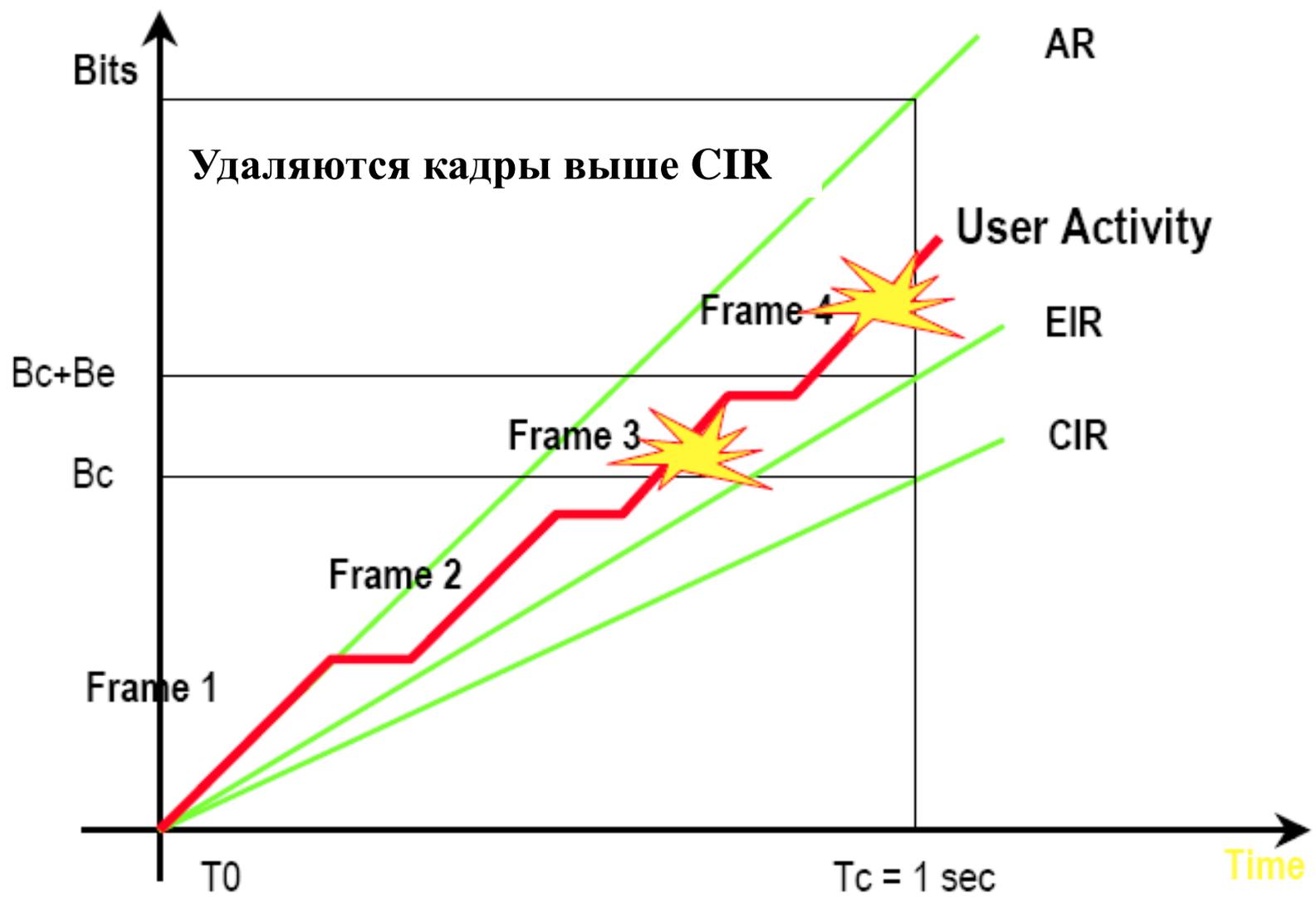
❖ Сообщения пользователю о ситуациях перегрузки

- ✓ используя биты FECN и BECN
- ✓ но особенности управления потоком данных являются дополнительными
 - коммутаторы производителей должны быть совместимыми и соответствовать FR стандартам
 - FECN и BECN биты предназначены только для конечных систем, однако конечные системы могут, но не обязаны обрабатывать эти биты

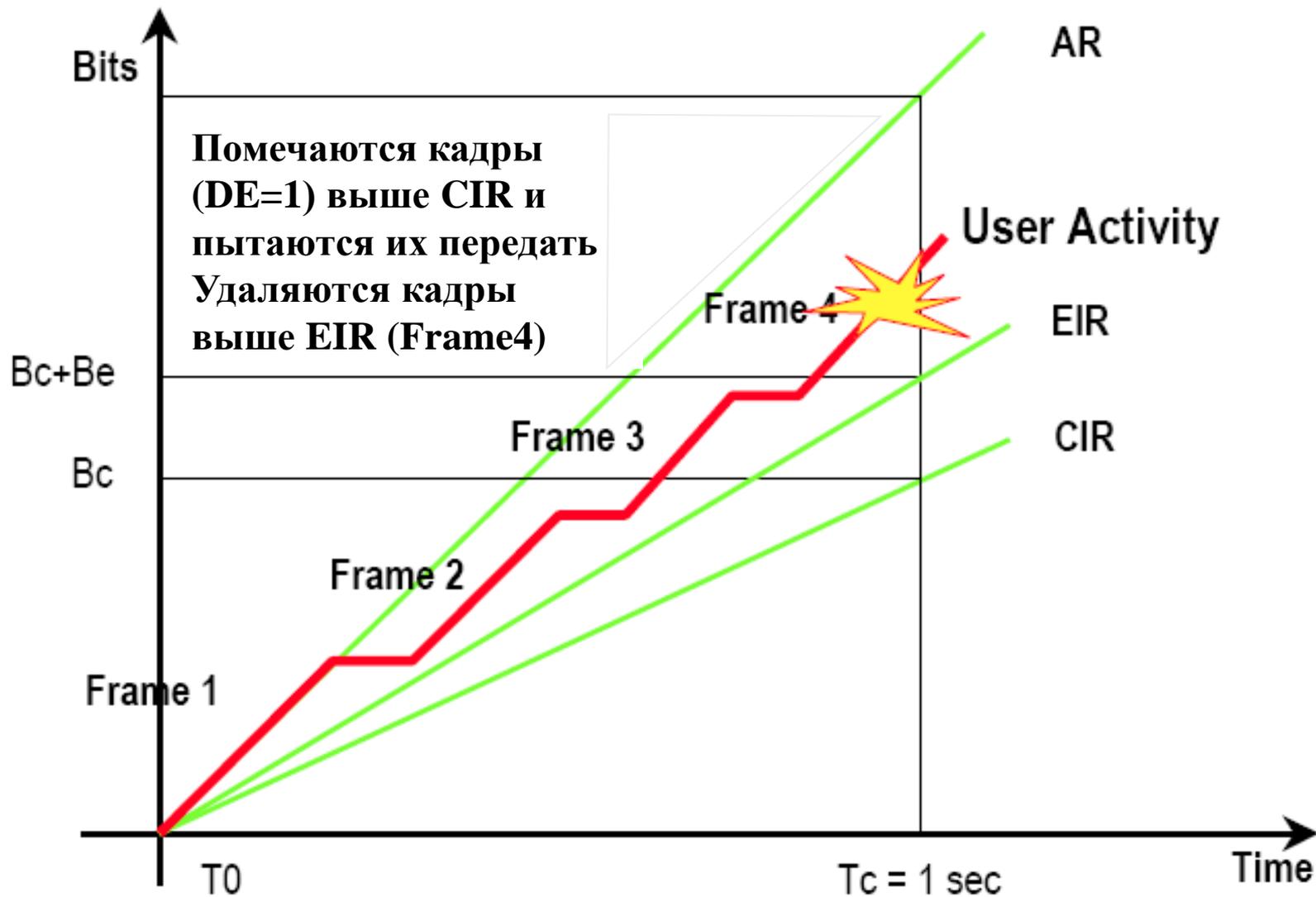
Сценарий активности пользователя



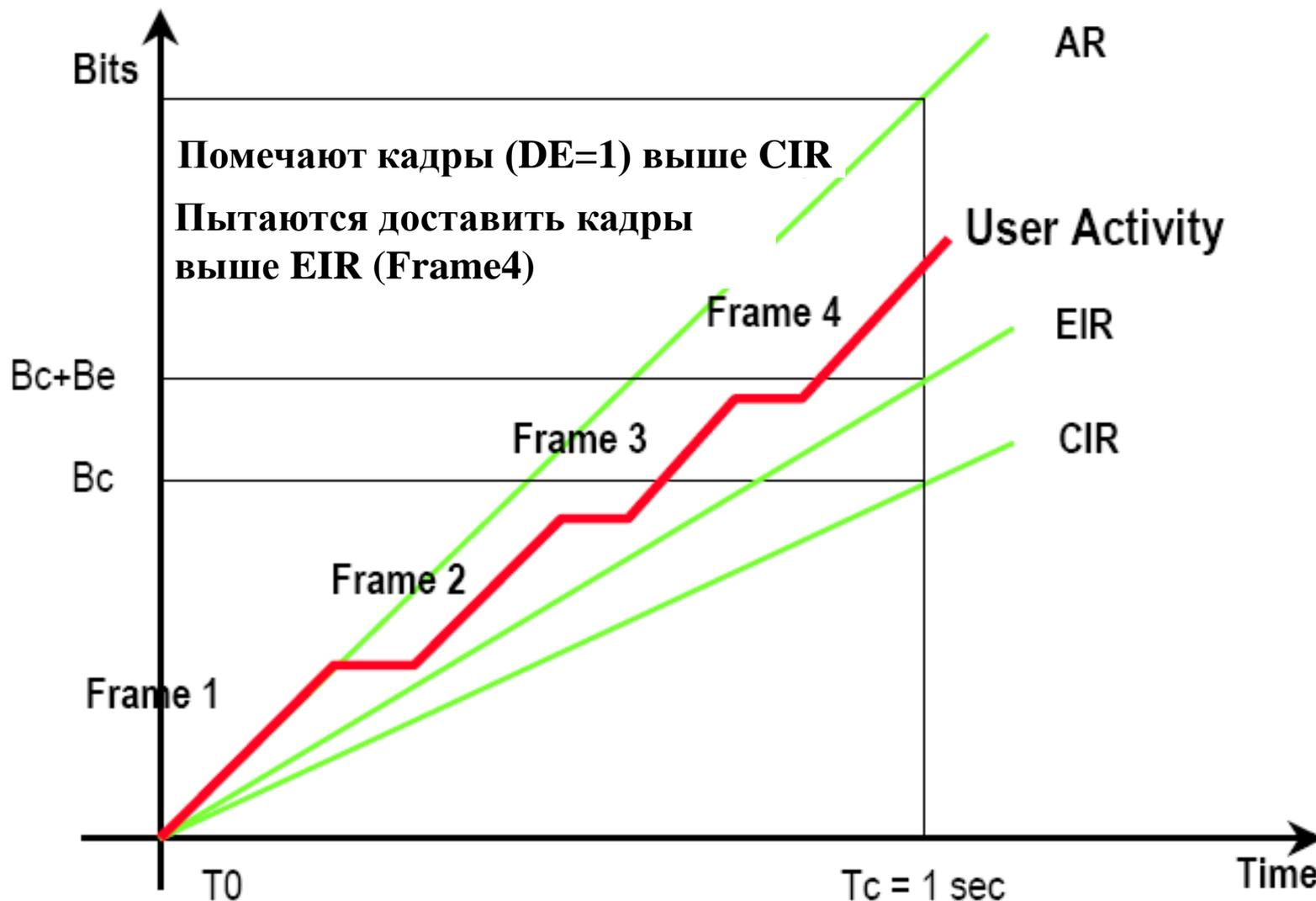
Стратегия 1 управления трафиком



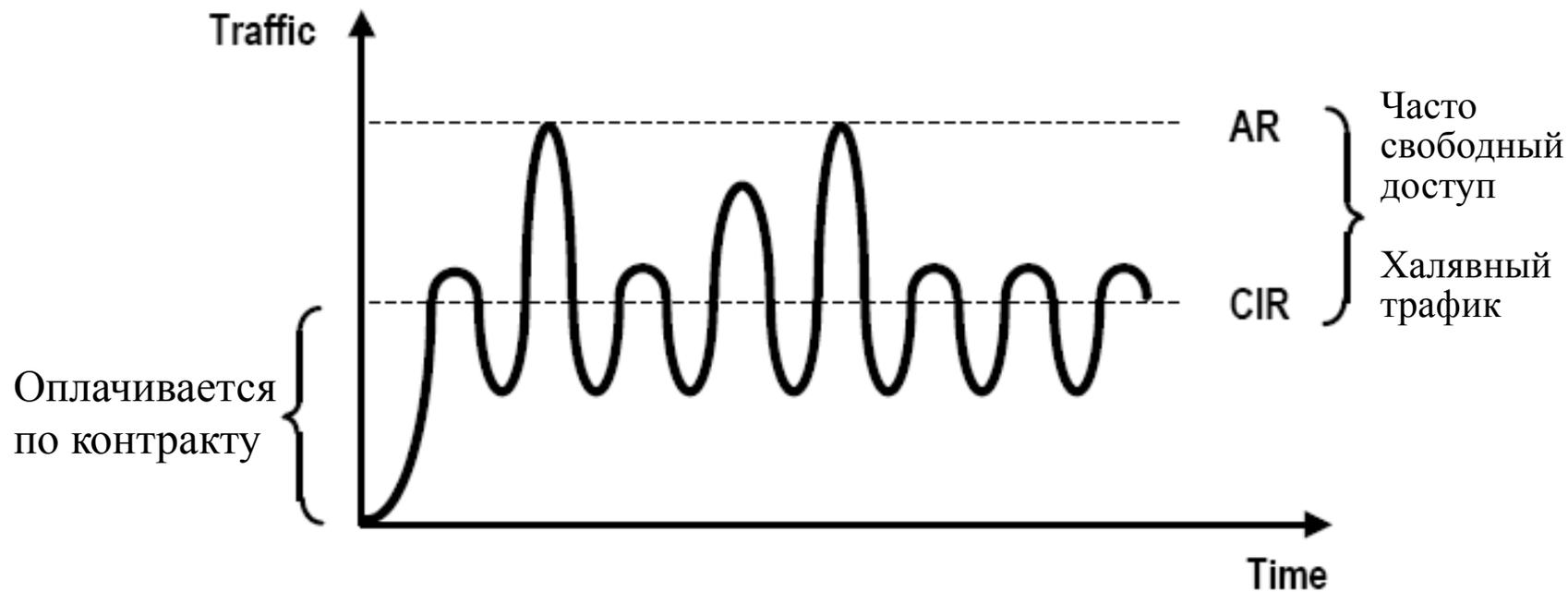
Стратегия 2 управления трафиком



Стратегия 3 управления трафиком

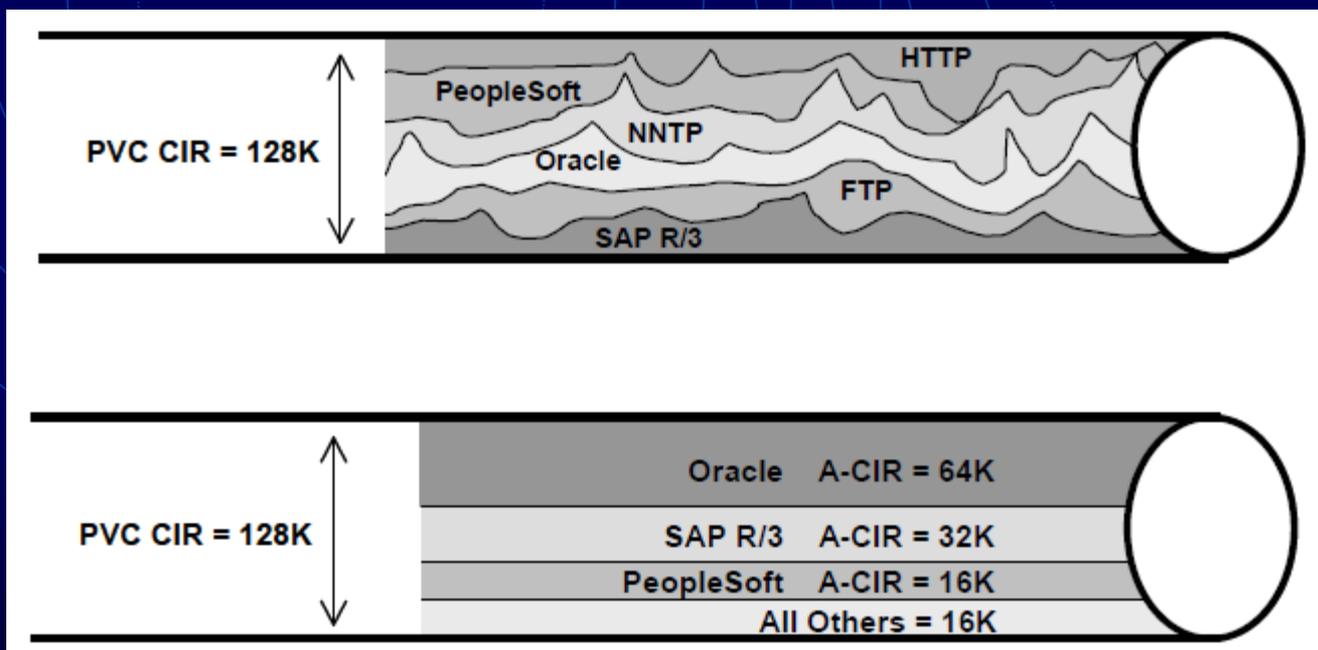


CIR / Политика Трафика/ Цена



Frame Relay с поддержкой приложений

Определение A-CIR для PVC с несколькими приложениями организует полосу пропускания, обеспечивая ее предсказуемость и гарантируя минимальную полосу пропускания для критически важных приложений.

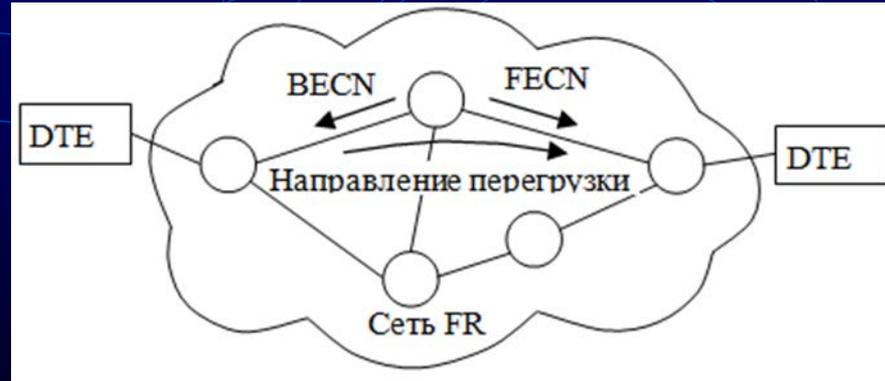




УПРАВЛЕНИЕ КАНАЛОМ

FECN / BECN и управление потоком

- FR- switch, испытывающий перегрузку, может установить биты FECN и BECN в информационных кадрах (I-кадрах)
 - ✓ BECN – устанавливаются в кадры к источнику перегрузки
 - ✓ FECN устанавливаются в кадры к адресату
- Источник, получающий кадры с BECN должен уменьшить трафик, введенный в сеть
- Адресат, получающий кадры с FECN должен сообщить протоколам более высоких уровней о необходимости ввести в действие управления потоком данных
 - ✓ например замедлить подтверждение, или понизить размер окна



FECN / BECN проблемы

- ✓ FECN и BECN переносятся внутри кадров данных (I-кадров)
 - при отсутствии I-кадров данных сигнализация о перегрузки не будет выполнена
- ✓ Механизм, основанный на FECN полагается только на управление потоком данных, сделанное конечными системами на более высоких уровнях
 - более трудно осуществимо и в случае слишком медленных реакций при высоких битовых скоростях
- ✓ Механизм, основанный на BECN полагается на наличие I-кадров в обратном направлении
 - не работает случай, когда конечная система не имеет данных (I-кадров) для передачи в обратном направлении, следовательно отсутствуют кадры данных с BECN и источник перегрузки не снижает темпа передачи
- ✓ эти проблемы решаются различными подходами
 - ✓ ANSI и ITU-T ввели полосы сигнализации перегрузки независимой от потока кадров данных (I-кадров)
 - ✓ CLLM
 - Consolidated Link Layer Management – консолидированное управление канальным уровнем,
 - появился раньше, чем LMI

LMI и CLLM

- ❖ Управление каналом Frame Relay выполняют два протокола
 - ✓ CLLM (Consolidated Link Layer Management) - консолидированное управление канальным уровнем (CLLM)
 - ✓ LMI (Local Management Interface) — Интерфейс локального управления.
- ❖ CLLM расширяет механизм BECN для сообщения о перегрузке, позволяя сети самой сообщать явные уведомления о перегрузке в «обратном» направлении при отсутствии трафика PVC в обратном направлении
 - ✓ В CLLM отдельный DLCI=1023 зарезервирован для отправки управляющих сообщений канального уровня из сети на пользовательское устройство
 - ✓ Стандарт ANSI (T1.618) определяет формат сообщения CLLM. Он содержит код причины перегрузки и список всех DLCI, которые порождают перегрузку.
- ❖ LMI используется для
 - ✓ оповещения конечной системы о статусе и конфигурации PVCs
 - ✓ добавление/уничтожение PVCs,
 - PVC статус (Active, Inactive)
 - дополнительная информация (полоса пропускания, управление потоком данных (GOF))
 - ✓ Для контроля локального соединения с FR- switch (keepalive механизм)
 - Целостность канала (Link Integrity)

FECN / BECN vs. CLLM

- ✓ Механизм основанный на BECN полагается на наличие кадров в обратном направлении
 - в случае их отсутствия сигнализация о перегрузки не будет выполнена
- ✓ Механизм, основанный на FECN полагается только на управление потоком в протоколах вышележащих уровней
 - это более трудно осуществимо и слишком медленная реакция при высоких битовых скоростях
- ✓ Чтобы решить эту проблему, ANSI определил консолидированное управление канальным уровнем (CLLM)
 - ✓ В этом случае сеть сама может отправить собственное сообщение проблемному узлу-источнику
 - ✓ В CLLM отдельный DLCI=1023 зарезервирован для отправки управляющих сообщений канального уровня из сети на пользовательское устройство
 - ✓ Стандарт ANSI (T1.618) определяет формат сообщения CLLM. Он содержит код причины перегрузки и список всех DLCI, которые порождают перегрузку.

CLLM vs. LMI

- ❖ CLLM (Consolidated Link Layer Management), который появился раньше LMI, обеспечивает следующий функционал
 - ✓ Расширение механизма BECN для сообщения о перегрузке, позволяя сети сообщать в «обратном» направлении при отсутствии трафика PVC для передачи явного уведомления о перегрузке
 - ✓ Этот функционал и LMI и CLLM поддерживают на DLCI=1023, поэтому их нельзя реализовать в одной сети
 - ✓ CLLM сообщает о перегрузке более подробно, чем LMI, отмечая как причину перегрузки, так и ее ожидаемую продолжительность, а также список DLCI, которые должны уменьшить трафик.
 - ✓ Однако, необязательная функция обновления состояния LMI выполняет аналогичную функцию, и ее реализация в более богатом совокупном наборе функций LMI делает LMI более привлекательным

LMI назначение

❖ LMI (Local Management Interface) назначение

- ✓ Оповещение конечной системы о статусе и конфигурации PVCs
 - Добавление/уничтожение PVCs
 - PVC статус (Active, Inactive)
 - дополнительная информация (полоса пропускания, управление потоком данных (GOF))
- ✓ Контроля локального соединения с FR-switch (keepalive механизм)
 - Целостность канала (Link Integrity)
 - ANSI T1.617 Annex D использует DLCI 0 (FRF)

LMI варианты

Имеется три варианта

- ✓ Manufacturers' LMI / FRF / Gang of Four (GOF, Consortium)
 - определяет общую услугу Frame Relay на основе PVC для соединения устройств DTE с сетевым оборудованием Frame Relay.
 - В дополнение к стандарту ANSI, LMI производителей включает расширения, а также функции и процедуры LMI.
 - Использует DLCI 1023
- ✓ ITU-T Q.922 Annex A использует DLCI 0
- ✓ ANSI T1.617 Annex D использует DLCI 0 (FRF)
 - Система управления постоянным виртуальным каналом (PVC), определенная в Приложении D к T1.617.
 - ANSI LMI практически идентичен LMI производителя, но без дополнительных расширений.
 - ANSI LMI использует DLCI 0.

LMI первоначальная спецификация

- ❖ Первоначальный LMI был разработан в 1990 году «Бандой четырех» (Cisco, DEC, Nortel и StrataCom).
- ❖ Спецификации LMI включают поддержку:
 - ✓ Механизм Keepalive Проверяет поток данных через UNI (пользовательский сетевой интерфейс).
 - ✓ Механизм многоадресной рассылки Предоставляет сетевому серверу локальную и многоадресную информацию DLCI.
 - ✓ Глобальная адресация придает DLCI глобальное, а не локальное значение
 - ✓ Механизм состояния Предоставляет текущие отчеты о состоянии каждого известного DLCI на коммутаторе поставщика сетевых услуг.

LMИ расширенная спецификация

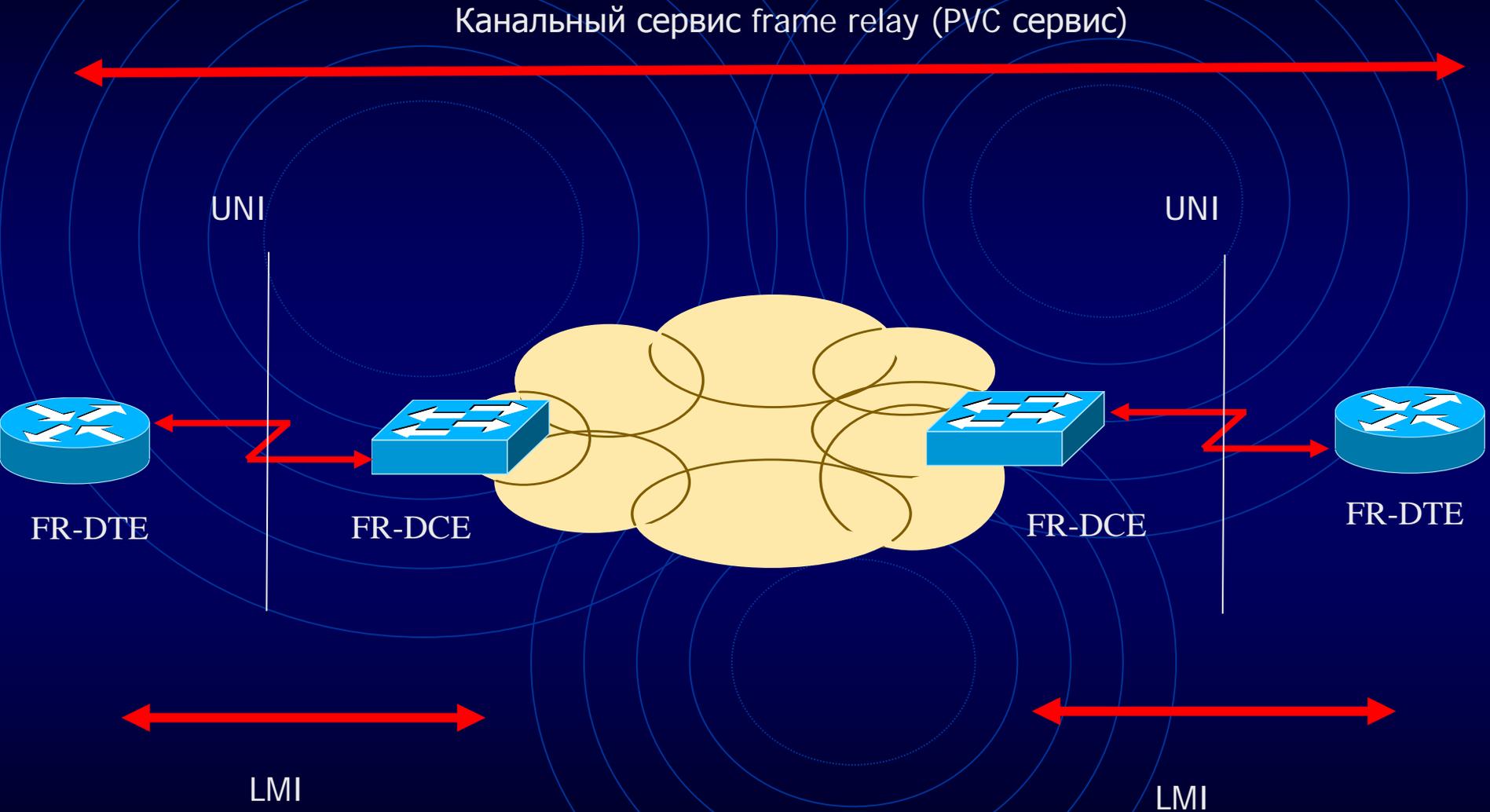
Наиболее значимые расширения LMИ для управления сетями Frame Relay:

- ✓ Глобальная адресация. Придание значениям DLCI Frame Relay глобального, а не локального значения. Эти глобальные значения DLCI становятся адресами сетевых устройств Frame Relay, уникальными в глобальной сети Frame Relay.
- ✓ Сообщения о состоянии виртуального канала Обеспечивают связь и синхронизацию между FRAD и коммутаторами поставщика сетевых услуг. Эти сообщения о состоянии через регулярные промежутки времени сообщают о включенном/отключенном состоянии сконфигурированных PVC.
- ✓ Расширение LMИ многоадресной рассылки поддерживает назначение групп многоадресной рассылки и управление ими. Многоадресная рассылка экономит полосу пропускания, позволяя отправлять обновления маршрутизации и сообщения разрешения адресов (например, ARP, RARP) только определенным группам маршрутизаторов.

Стратегии локального управления

- LM1 предусматривает три стратегии локального управления:
 - ✓ синхронное симплексное управление (ССУ);
 - ✓ синхронное дуплексное управление (СДУ);
 - ✓ асинхронное управление (АУ).

Возможности однонаправленной LMI

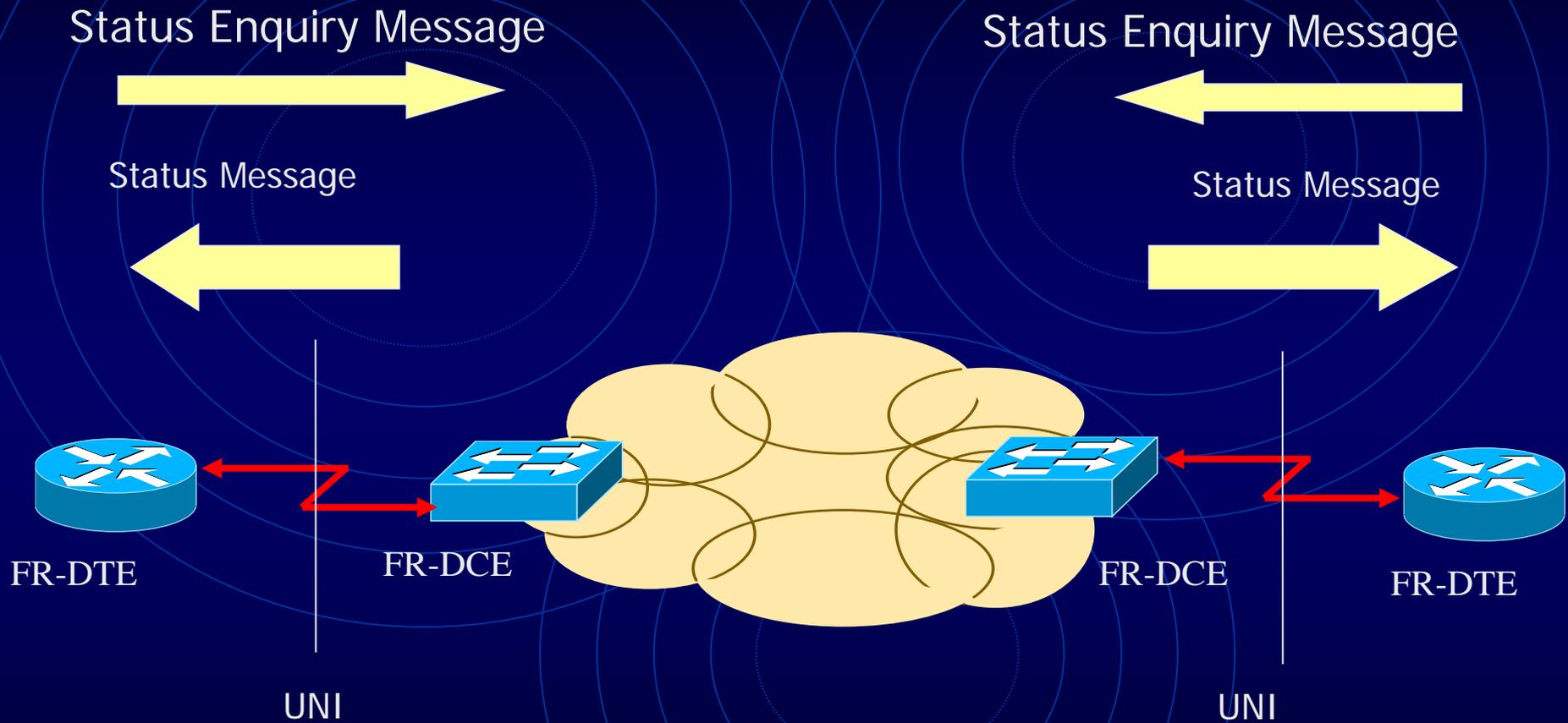


Процедуры однонаправленного LMI

❖ Асимметричный протокол между пользователем (FR-DTE) и сетью (FR-DCE)

- ✓ FR-DTE опрашивает (poll) регулярно FR-DCE, используя Status Enquiry Messages – сообщение запрос состояния (интервал определен T391 таймером)
- ✓ FR-DCE на запрос “Status Enquiry Messages” отвечает “Status Message” (сообщение статус) по таймеру T392
- ✓ следующие “Status Enquiry Messages” должны быть получены FR-DCE прежде достижения T392
- ✓ каждые Status Enquiry Messages вызывают Sequence Number Exchange (Замену Порядкового Номера) (проверяет keepalive)
- ✓ каждое N391th Status Enquiry Message запрашивает дополнительно полный отчет о PVC состоянии
- ✓ Каждое Status Message содержит Sequence Number Exchange и если требуется полное состояние PVC-статуса

Однонаправленные операции LMI



Литература

1. Recommendation Q.922. ISDN DATA LINK LAYER SPECIFICATION FOR FRAME MODE BEARER SERVICES. Geneva, 1992
2. ITU-T RECOMMENDATION Q.921. ISDN USER-NETWORK INTERFACE – DATA LINK LAYER SPECIFICATION. (09/97)
3. ITU-T Recommendation I.431. ISDN user-network interfaces – Layer 1 Recommendations. **Amendment 1** (06/97)
4. Held, Gilbert. Frame Relay Networking. John Wiley & Son Ltd. 1999.
5. American National Standards Institute. "ISDN Basic Access Interface for Use on Metallic Loops for Applications on the Network Side of the NT." ANSI T1.601.1994.
6. Frame Relay Forum. "User-Network Interface (UNI) Implementation Agreement." FRF.1.1, January 1996.