

# HDLC

## (High-Level Data Link Control Procedure)

Общие сведения  
Типы, логические состояния и режимы работы станций. Способы  
конфигурирования канала связи  
Кодонезависимость и синхронизация  
Формат кадра, Управление потоком  
Управляющее поле  
Описание команд и ответов  
Системные параметры T1, T2, N1, K  
Подмножества HDLC, выводы, Литература

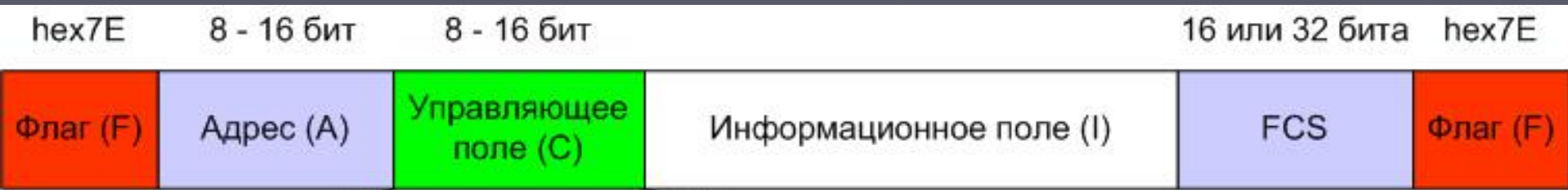
# СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения
2. Типы, логические состояния и режимы работы станций. Способы конфигурирования канала связи
3. Кодонезависимость и синхронизация
4. Формат кадра
5. Управление потоком
6. Управляющее поле
7. Описание команд и ответов
8. Системные параметры  $T1$ ,  $T2$ ,  $N1$ ,  $K$
9. Примеры
10. Подмножества HDLC
11. Выводы
12. Литература

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

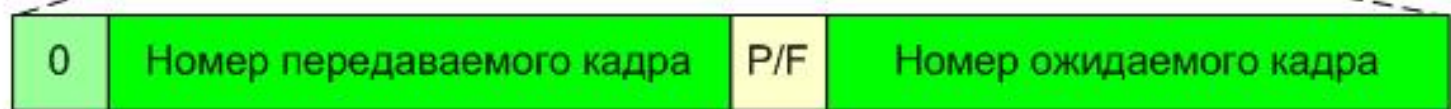
- HDLC – процедуры высокоуровневого управления каналом (звеном) передачи данных
- Впервые опубликованы ISO в 1976 году, есть редакция ISO/IEC 13239:2002
- Являются базовыми для построения протоколов канального уровня (SDLC, LAP, LAPB, LAPD, LAPM и LLC)
- Реализуют механизмы управления потоком посредством непрерывного ARQ (automatic repeat request) - автоматический непрерывный запрос на повторение (скользящее окно)
- Являлись наиболее распространенными в прошлом веке процедурами канального уровня, которые применялись, например, как в сетях X.25 (X.25/2), так и в сетях TCP/IP (PPP, SLIP, Ethernet)

# Формат кадра



01111110

01111110



Информационный формат, I-кадр



Супервизорный формат, S-кадр



Ненумерованный формат, U-кадр



P/F бит = бит опроса в кадре команды  
P/F бит = бит окончания в кадре ответа

# Коднезависимость и кадровая синхронизация

## Передатчик:

- помещает восьмибитовую комбинацию *флага 01111110* в начале и в конце кадра для кадровой синхронизации (для распознавания приемником границы 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 stuffing*)

## 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

# Сигналы аварийного завершения и покоя

Кроме флаговой последовательности HDLC используется два других сигнала:

## Сигнал аварийного завершения (abort)

- Последовательность единиц не меньше семи и не больше четырнадцати [  $7 \leq \text{число "1"} \leq 14$  ]
- Помещается в поток выходных данных (без битстаффинга) в процессе передачи кадра для преждевременного завершения передачи кадра
- Приемник, начав принимать кадр и обнаружив сигнал аварийного завершения, отбрасывает принятую часть кадра

## Сигнал покоя (Idle)

- пятнадцать или большее число единиц [  $15 \leq \text{число "1"} \leq 15$  ] означает, что канал находится в состоянии покоя (пассивное/нерабочее состояние станции)
- Одно из применений - в полудуплексном сеансе при обнаружении сигнала покоя производится изменение направления передачи на противоположное
- Другое применение сигнала покоя, продолжающегося в течении времени T4, заключается в восприятии приемником состояния разъединения передатчика

# Сервис

## ● Базовые элементы:

- ✓ синхронная передача
- ✓ бит-ориентированный с использованием битстаффинга
- ✓ continuous RQ witch GoBackN
- ✓ P/F процедуры

## ● Предоставляет множество опций:

- ✓ дуплексная и полудуплексная передача
- ✓ двухточечные и многоточечные конфигурации
- ✓ коммутируемые и не коммутируемые каналы

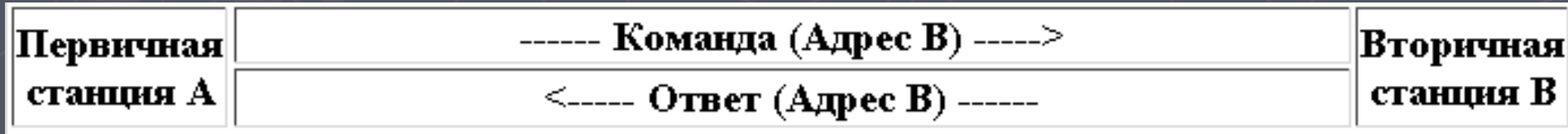
# Три типа станций (1)

## 1. Первичная станция (primary station)

- ✓ Является главной/ведущей (master)
- ✓ Передает кадры команд (в поле адреса адрес вторичной станции )
- ✓ Принимает кадры ответов
- ✓ Отвечает за поддержку отдельных сеансов связи с каждой вторичной станцией в многоточечном канале

## 2. Вторичная станция (secondary station)

- ✓ Является ведомой, по отношению к первичной
- ✓ Принимает кадры команд
- ✓ Передает кадры ответ (в поле адреса адрес вторичной станции)
- ✓ Поддерживает один сеанс и только с первичной
- ✓ Вторичные станции не могут обмениваться напрямую

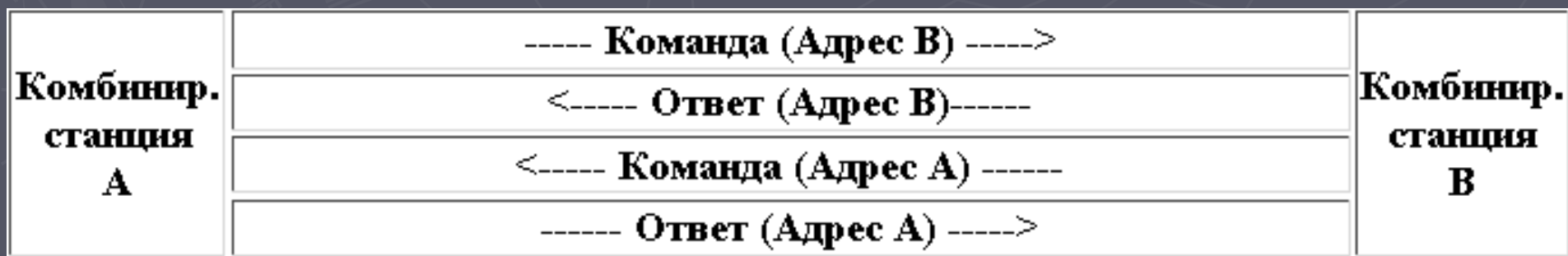




# Три типа станций (2)

## 3. Комбинированная станция (combined station)

- ✓ Обладает свойствами первичной и вторичной станции
- ✓ Передает команды и ответы
- ✓ Принимает команды и ответы
- ✓ Использует адреса станций для различия между кадрами команд и ответов
  - Собственный адрес в принимаемом кадре --> команда
  - Адрес партнера в принимаемом кадре --> ответ
  - Собственный адрес в передаваемом кадре --> ответ
  - Адрес партнера в передаваемом кадре --> команда



# ПРАВИЛА АДРЕСАЦИИ СТАНЦИЙ

Адресное поле определяет первичную или вторичную станции, участвующие в передаче конкретного кадра.

Каждой станции присваивается уникальный адрес

- ✓ В несбалансированной конфигурации адресные поля в командах и ответах содержат адрес вторичной станции
- ✓ В сбалансированных конфигурациях командный кадр содержит адрес получателя, а кадр ответа содержит адрес отправителя (отвечающей станции)

Первичная станция А	----- Команда (Адрес В) ----->	Вторичная станция В	Несбалансир. конфигурация
	<----- Ответ (Адрес В) -----		
Комбинир. станция А	----- Команда (Адрес В) ----->	Комбинир. станция В	Сбалансир. конфигурация
	<----- Ответ (Адрес В) -----		
	<----- Команда (Адрес А) -----		
	----- Ответ (Адрес А) ----->		

# Три режима работы станций

1. NRM (Normal Response Mode) – режим нормального ответа
  - ✓ Вторичная должна получить явное разрешение на передачу от первичной станции. Ориентирован на многоточечную несбалансированную (первичный / вторичный) конфигурацию.
2. ARM (Asynchronous Response Mode) – режим асинхронного ответа
  - ✓ Вторичная может инициировать передачу без получения явного разрешения от первичной (когда канал свободен или в покое). Ориентирован на двухточечную сбалансированную и многоточечную несбалансированную конфигурацию канала
3. ABM (Asynchronous Balanced Mode) – асинхронный сбалансированный режим
  - ✓ Только комбинированные станции. Передача инициируется без получения разрешения. Для обеспечения дуплексного обмена большой интенсивности. Основной режим

# Три способа конфигурирования канала

## ● Несбалансированная конфигурация (UN - Unbalanced Normal)

- ✓ Обеспечивает работу одной первичной станции и одной или большего числа вторичных станций в конфигурации одноточечной или многоточечной, полудуплексной или полнодуплексной, с коммутируемым и с некоммутируемым каналом. Первичная станция отвечает за управление каждой вторичной станцией и за выполнение команд установления режима

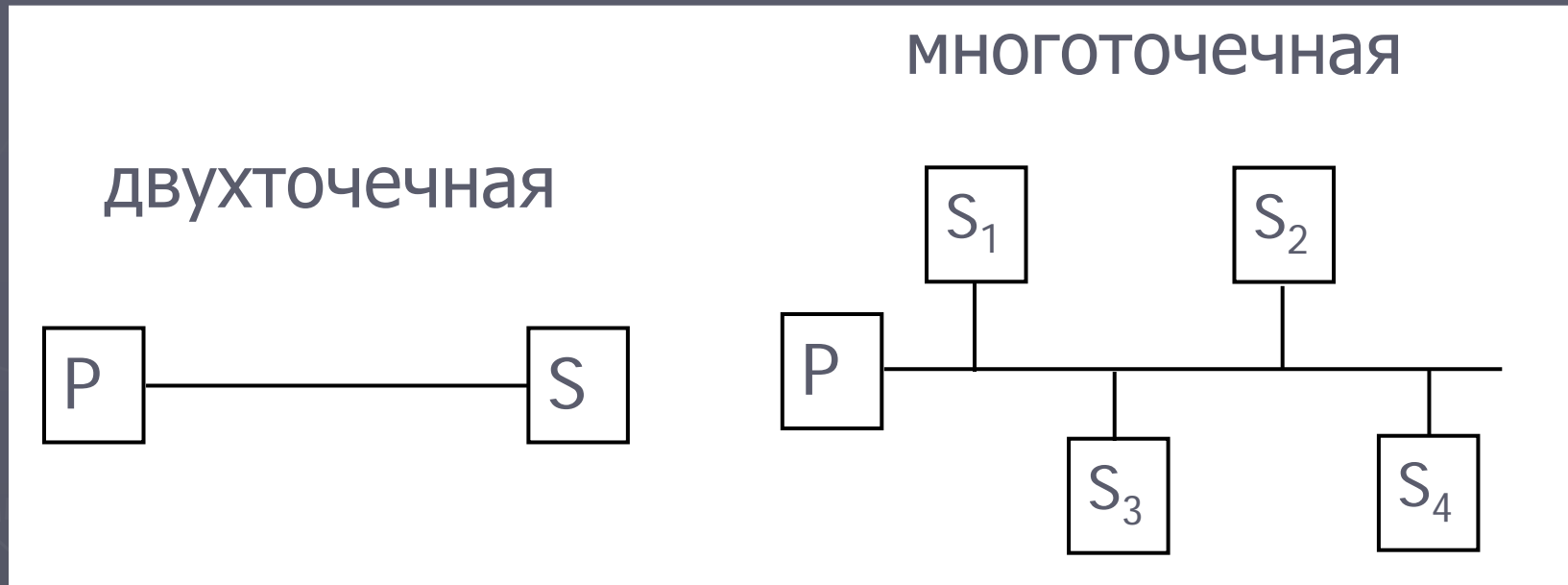
## ● Симметричная конфигурация (UA - Unbalanced Asynchronous)

- ✓ Обеспечивает функционирование двух независимых двухточечных несбалансированных конфигураций станций. Каждая станция обладает статусом первичной и вторичной, и, следовательно, каждая станция логически рассматривается как две станции: первичная и вторичная. Однако реальные команды и ответы мультиплексируются в один физический канал. Этот подход в настоящее время используется редко.

## ● Сбалансированная конфигурация (BA - Balanced Asynchronous)

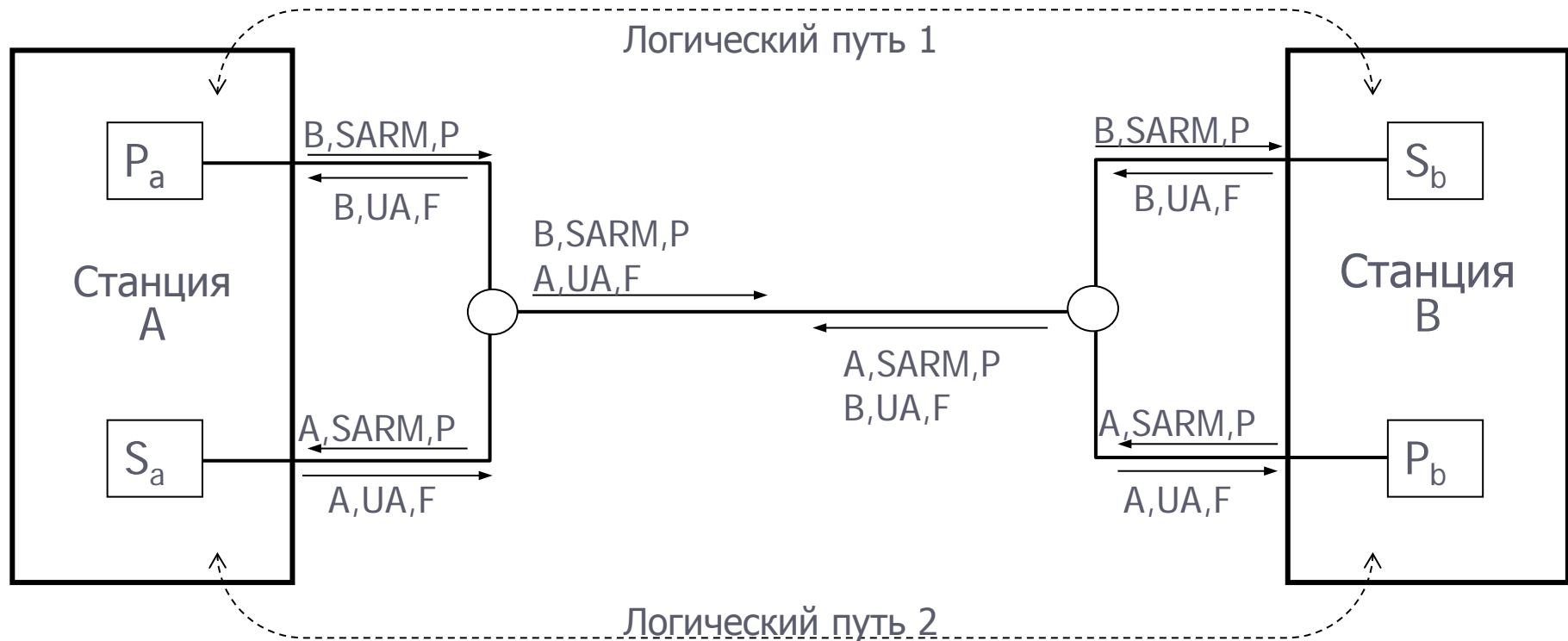
- ✓ Состоит из двух комбинированных станций ("точка-точка"), метод передачи - полудуплексный или дуплексный, канал - коммутируемый или некоммутируемый. Комбинированные станции имеют равный статус в канале и могут несанкционированно посылать друг другу трафик. Каждая станция несет одинаковую ответственность за управление каналом

# Несбалансированная конфигурация канала (UN) Режим нормального ответа станций (NRM)



NRM (Normal Response Mode) – режим нормального ответа станций  
UN (Unbalanced Normal) - несбалансированная конфигурация канала  
Где: P – первичная станция; S – вторичная станция

# Симметричная конфигурация канала (UA) ARM режим работы станций

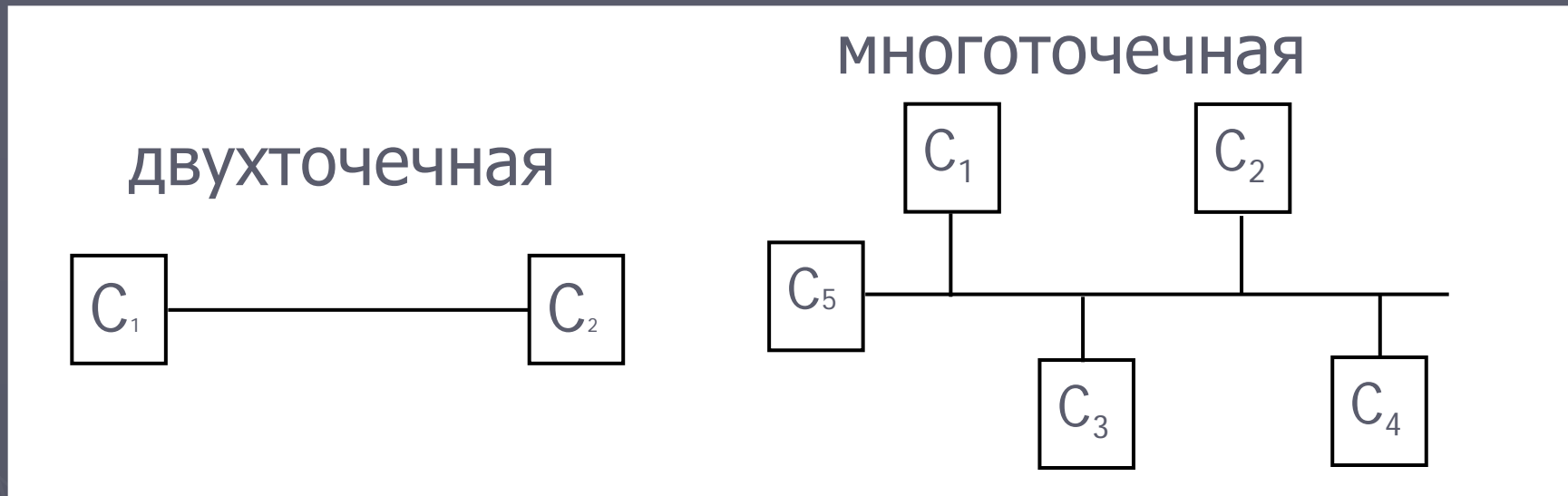


ARM (Asynchronous Response Mode) - режим асинхронного ответа ARM  
UA (Unbalanced Asynchronous) – несбалансированная асинхронная (симметричная) конфигурация канала

Где станция A логически состоит из двух станций: первичной  $P_a$  + вторичной  $S_a$

Обеспечивает функционирование двух независимых двухточечных несбалансированных конфигураций станций путем их установкой каждой станцией:  $\{B, SARM, P\}$  и  $\{A, SARM, P\}$

# Сбалансированная конфигурация канала (ВА) Асинхронный сбалансированный режим работы станций (АВМ)



АВМ (Asynchronous Balanced Mode) – асинхронный сбалансированный режим

ВА (Balanced Asynchronous) - сбалансированная конфигурация канала

Где: С – комбинированная станция

# Три логических состояния, в которых могут находиться станции в процессе взаимодействия друг с другом

## 1. Состояние логического разъединения (LDS).

LDS может быть двух типов:

- ✓ режим нормального разъединения (NDM - Normal Disconnection Mode) в случае несбалансированной конфигурации канала
- ✓ режим асинхронного разъединения (ADM - Asynchronous Disconnection Mode) в случае сбалансированной конфигурации канала.

В LDS-состоянии станция не может передавать/принимать любые I- и S-кадры и логически отсоединена от канала. Переход в LDS-состояние используется для предотвращения работы канала в необычных условиях (непреднамеренное соперничество, несоответствию порядковых номеров, начальное или повторное (после кратковременного отключения) включение источника питания)



# Три логических состояния, в которых могут находиться станции в процессе взаимодействия друг с другом

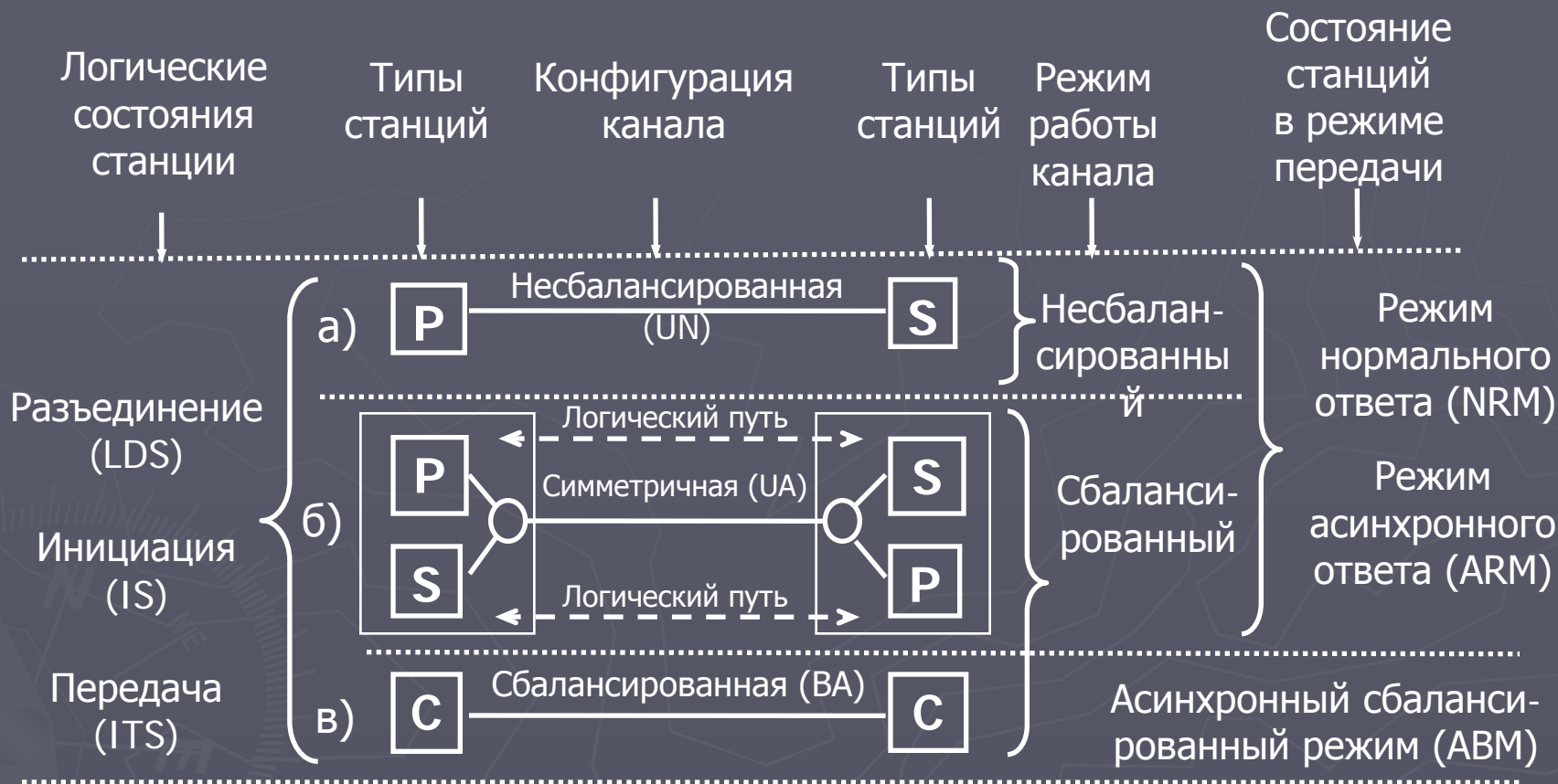
## 2. Состояние инициации (IS)

Используется для инициации станций (загрузка программ) или обмена параметрами между станциями. Определяется каждой фирмой и выходит за рамки стандартов HDLC. Например, SNA NCP для загрузки использует U-кадры RIM и SIM

## 3. Состояние передачи информации (ITS)

Вторичной, первичной и комбинированным станциям разрешается вести передачу и принимать информацию пользователя.

# Общая иллюстрация взаимосвязи понятий типов, логические состояния и режимы работы станций



(P - первичная станция, S - вторичная станция, C - комбинированная станция)

# Формат кадра

(с нумерацией порядковых номеров кадров  $2^3$  в поле управления)

Число байт					
1	1	1 (2)		2	1
Флаг	Адрес	Управление	Информация	CRC	Флаг

Флаг – 01111110, для кадровой синхронизации

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

$N(R)$  - порядковый номер ожидаемого кадра;

$P/F$  - бит опроса/окончания;

$S$ -коды - тип кадра  $S$ -формата;

$U$ -коды - тип кадра  $U$ -формата.

Порядок передачи битов поля управления в канал								Формат кадра
1	2	3	4	5	6	7	8	↓
0	$N(S)$			$P/F$	$N(R)$			<b>I-формат</b>
1	0	$S$ -коды		$P/F$	$N(R)$			<b>S-формат</b>
1	1	$U$ -коды		$P/F$	$U$ -коды			<b>U-формат</b>

**Межкадровое заполнение** - непрерывная последовательность флагов, допускается совмещение последнего 0 предыдущего флага с первым 0 следующего флага.

Например, 01111110011111100111111001111110... или  
011111101111111011111110...

# Формат поля управления (с нумерацией порядковых номеров кадров $2^7$ )

Порядок передачи битов поля управления в канал																Формат кадра		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
0	N(S)							P/F	N(R)							I-формат		
1	0	S-коды	0	0	0	0	P/F	N(R)							S- формат			
1	1	U-коды	P/F	U-коды														U- формат

Формат поля «Управление» с нумерацией кадров по модулю 128 ( $2^7$ ).  
U-кадры всегда имеют длину 1 байт

# I-кадр (информационный)

- I-кадр используется для передачи данных
- В поле N(S) передаваемого I-кадра содержится порядковый номер передаваемого кадра
- Поле N(R) в передаваемом I-кадре интерпретируется удаленной станцией
  - ✓ во-первых, как порядковый номер ожидаемого от удаленной станции I-кадра
  - ✓ во-вторых, как положительное подтверждение приема от удаленной станции I-кадров с номерами N(R)-1 и меньше

Порядок передачи битов поля управления в канал								Формат кадра
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>0</b>	<b>N(S)</b>			<b>P/F</b>	<b>N(R)</b>			<b>I-формат</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>S-коды</b>		<b>P/F</b>	<b>N(R)</b>			<b>S-формат</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>U-коды</b>		<b>P/F</b>	<b>U-коды</b>			<b>U-формат</b>

# S-кадры (супервизорные кадры)

Используются для управления

- ✓ Подтверждение, запрос повторной передачи, управление потоком
- ✓ использование зависит от режима работы / класса процедур

## RR (Receive ready - готов к приему)

- ✓ положительно подтверждает принятые информационные кадры  $[N(R)-1]$  и сообщает о готовности принять информационный кадр  $N(R)$

## REJ (Reject - неприем)

## SREJ (Selective reject - селективный неприем)

- ✓ осуществляют явный запрос повторной передачи искаженного информационного кадра, указанного в поле  $N(R)$  этих кадров

1	0	Супервизор-ный код	P/F	Номер ожидаемого кадра
		0	0	RR (Готов к приему)
		0	1	REJ (Неприем)
		1	0	RNR (Не готов к приему)
		1	1	SREJ (Выборочный неприем)

## RNR (Receive not ready - не готов к приему)

- ✓ временно задерживает (приостанавливает) передачу информационных кадров от удаленной станции

## S-кадры не имеют информационного поля

# Управление ошибками с помощью контрольных точек [RR, N(R) P/F]

## Запрос на повторную передачу

- ✓ осуществлен с помощью контрольных точек
- ✓ Станции, обмениваясь кадрами с  $P/F = 1$  обмениваются информацией о текущем / фактическом состоянии номеров ожидаемых кадров  $N(R)$
- ✓ В случае отсутствия подтверждения переданных кадров выполняется их повторная передача (retransmission)
  - т.е. возвращаемся на точку последнего полученного  $N(R)$
  - GoBackN с номера  $N = N(R)$  в кадре RR/RNR
- ✓ Возврат на контрольную точку происходит
  - либо по таймеру повторной передачи, когда отправитель не дождался подтверждения
  - либо по получению ответа (использование  $P/F$ ), не подтверждающего переданные кадры (собственно GoBackN процедура)
- ✓ Нет использования явных NACK кадров (NACK - отрицательное подтверждение)
- ✓ RR или RNR содержат номер ожидаемого кадра (R) для GoBackN

## Контрольная точка

- ✓ является основным методом устранения ошибок для всех HDLC режимов работы

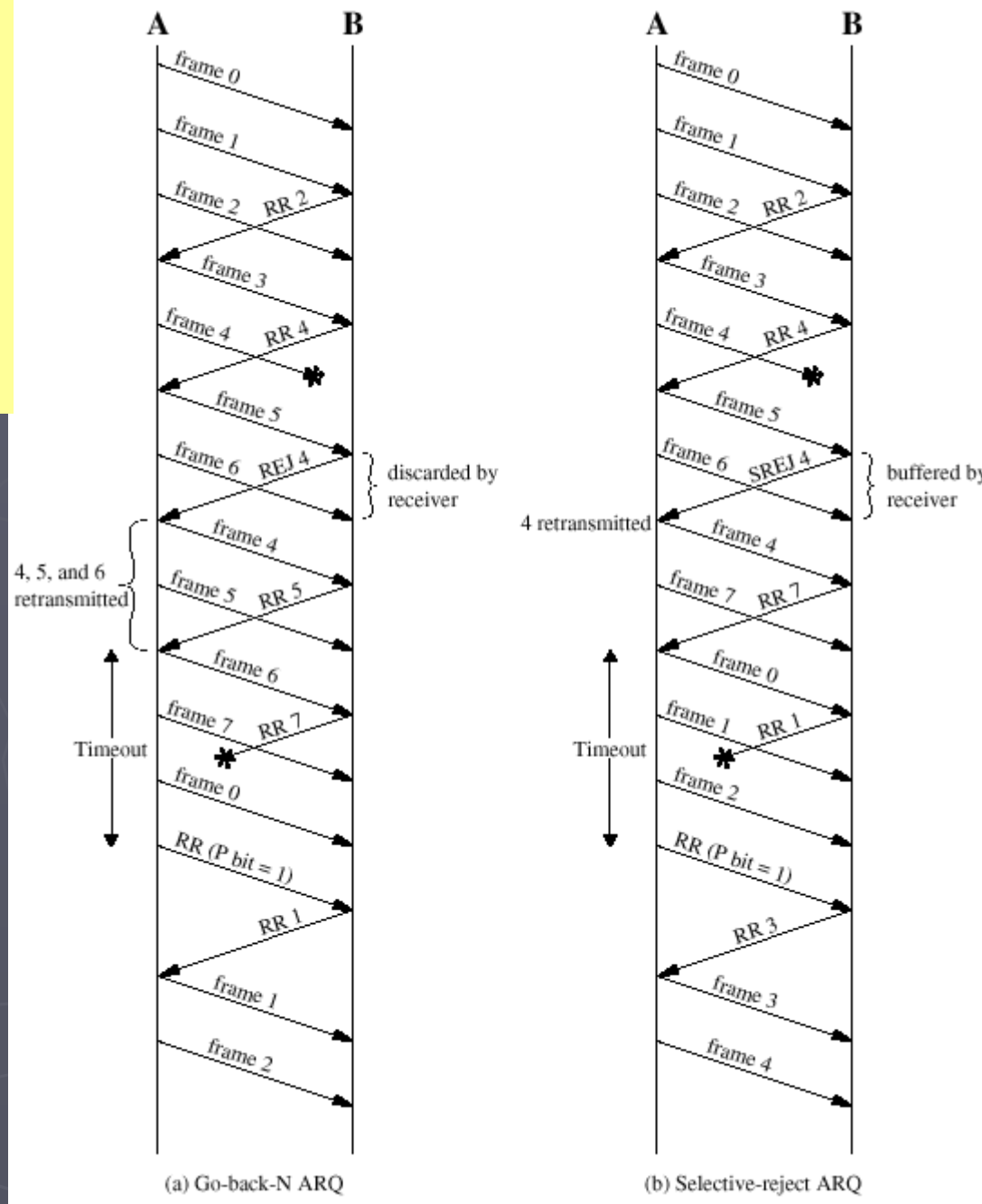
# Управление ошибками с помощью контрольных точек (REJ, SREJ)

- Опционно (фкультативно) существуют методы для исправления ошибок посредством кадров Неприем (REJ) или Выборочный неприем (SREJ)
  - ✓ REJ и SREG являются реальными NACK кадрами (отрицательное подтверждение)
- **REJ** с номером запрашиваемого кадра  $N(R)$  используется для инициализации повторной передачи этого кадра и всех последующих кадров, с как только ошибка обнаружена
  - ✓ Срабатывает процедура GoBackN с  $N = N(R)$  в кадре REJ
  - ✓ Что хорошо: не ожидается срабатывание контрольной точки, сформированной первичной станцией посредством бита P
  - ✓ Что плохо: выполняется повторная передача ранее переданных кадров, которые приемник отбросил по причине ограниченных ресурсов памяти
- **SREJ** с номером запрашиваемого кадра  $N(R)$  используется для инициализации повторной передачи только этого кадра, разрешая последующую передачу не переданных кадров
  - ✓ Что хорошо: не выполняется повторная передача ранее переданных кадров, которые приемник сохранил в буферной памяти и по получении потерянного кадра имеет право передать содержимое буфера на L3 OSI RM



# Go-Back-N / Selective-Reject ARQ (иллюстрация)

- При Go-back-N кадры 4,5 и 6 передаются повторно
- при Selective-Reject только кадр 4 передается повторно



(a) Go-back-N ARQ

(b) Selective-reject ARQ

# S-кадры

- **Уточнения.** Поле  $N(R)$  в любом передаваемом супервизорном кадре интерпретируется удаленной станцией,

- ✓ во-первых, как порядковый номер ожидаемого от удаленной станции I-кадра и,
- ✓ во-вторых, как положительное подтверждение приема от удаленной станции I-кадров с номерами  $N(R)-1$  и меньше

- **Исключение**

- ✓ кадр SREJ с битом  $P/F=0$  полем  $N(R)$  не подтверждает прием I-кадра с номером  $N(R)-1$  (и следовательно не двигает окно передачи), а только запрашивает I-кадр с номером  $N(R)$
- ✓ кадр SREJ с битом  $P/F=1$  работает по общей схеме, а именно, полем  $N(R)$  подтверждает прием I-кадров с номерами  $N(R)-1$  и менее

# U-кадры (ненумерованные кадры)

Для целей управления

## Кадры инициализации режимов работ

- ✓ SNRM, SARM, SABM (нумерация кадров  $2^3$ ) и кадров положительного UA или отрицательного DM подтверждения
- ✓ SNRME, SARME, SABME - нумерация кадров  $2^7$

UI - ненумерованный информационный кадр

DISC - кадр разъединения станций с аналогичными подтверждениями

RSET - возвращеня соединения в исходное состояние

TEST – тестирование

XID - идентификации станции

и т.д.

Ненумерованные кадры UI, FRMR, SIM, XID и TEST имеют информационное поле, в остальные ненумерованных кадрах информационное поле отсутствует

1	1	Код	P/F	Код
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	0	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	0	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Команда	Ответ
UI	UI
SNRM	
DISC	RD
UP	
	UA
NR0	NR0
NR1	NR1
NR2	NR2
NR3	NR3
SIM	RIM
	FRMR
SARM	DM
RSET	
SARME	
SARME	
SABM	
XID	XID
SABME	

# FRMR (Frame Rejekt) – диагностический кадр принятого некорректного кадра → причина

20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Z	Y	X	W	V(R)			C/R	V(S)			0	Область управления некорректного кадра							

- 1-8 биты - значение управляющего поля некорректного кадра;
- V(S) и V(R) текущее значение переменных состояния передачи и приема;
- C/R (Command/Response) показывает, что некорректный кадр является командой (C/R=0) или ответом (C/R=1);
- Бит W=1 - управляющее поле некорректного кадра ошибочно (invalid) или не выполнимо (not implemented);
- Бит X=1 - управляющее поле некорректного кадра является ошибочно (invalid) из-за наличия в этом кадре информационного поля;
- Бит Y=1 - длина информационного поля некорректного кадра превышает значение системного параметра N1
- Бит Z=1 - поле N(R) некорректного кадра содержит ошибочное (invalid) значение

# Классы совокупностей кадров

С установлением соединения и исправлением ошибок

<b>I</b>	<b>Information</b>
<b>RR</b>	<b>Receiver Ready</b>
<b>REJ</b>	<b>Reject</b>
<b>RNR</b>	<b>Receiver Not Ready</b>
<b>SREJ</b>	<b>Selective Reject</b>
<b>SNRM</b>	<b>Set Normal Response Mode</b>
<b>SABM</b>	<b>Set Async Balanced Mode</b>
<b>SARM</b>	<b>Set Async Response Mode</b>
<b>SNRME</b>	<b>Set NRM Extended Mode</b>
<b>SABME</b>	<b>Set ABM Extended Mode</b>
<b>SARME</b>	<b>Set ARM Extended Mode</b>
<b>DISC</b>	<b>Disconnect</b>
<b>UA</b>	<b>Unnumbered Acknowledge</b>
<b>RSET</b>	<b>Reset</b>
<b>FRMR</b>	<b>Frame Reject</b>
<b>RD</b>	<b>Request Disconnect</b>
<b>DM</b>	<b>Disconnect Mode</b>

Без установления соединения и без исправления ошибок

<b>UI</b>	<b>Unnumbered Information</b>
-----------	-------------------------------

Без установления соединения и с исправлением ошибок

<b>XID</b>	<b>Exchange Identification</b>
<b>UP</b>	<b>Unnumbered Poll</b>
<b>SIM</b>	<b>Set Initialization Mode</b>
<b>RIM</b>	<b>Request Initialization Mode</b>
<b>NR0-3</b>	<b>Non-Reserved 0</b>

# Бит P/F (Poll/Final)

- Использование P / F бита зависит от режима работы

  - ✓ NRM, ARM, ABM (будет объяснено далее)

- Название P / F бита: P - опрос, F - окончание

  - ✓ это объясняется первоначальным использованием полудуплексной физической линии в NRM режиме работы станций

- Общее правило для всех режимов

  - ✓ бит P/F называется битом P, когда он используется в кадре "команда" (адресное поле содержит адрес принимающей станции)

  - ✓ бит P/F называется битом F, когда он используется в кадре "ответ" (адресное поле содержит адрес отсылающей станции)

  - ✓ бит P/F принимается во внимание только когда он установлен в 1

  - ✓ Только один бит P, ожидающий ответа в виде F бита, может быть активным в канале в любой момент времени

- Пример

  - ✓ первичная станция использует бит P для запуска ответа от вторичной

  - ✓ вторичная станция использует F бит, чтобы указать соответствующий ответ

  - ✓ если первичная станция послала команду с  $P = 1$ , то должна ждать, пока вторичная не пошлет кадр ответа с  $F = 1$ , прежде чем новая команда с  $P = 1$  будет передана

  - ✓ этот обмен P и F отмечает точку синхронизации для восстановления после ошибок → контрольную точку

# Бит P/F в NRM режиме

- Используется для обмена передачи прав (маркера) между первичными и вторичными станциями

- ✓ первичная станция передает маркер вторичной станции с командным кадром и  $P = 1$  (первичная делает опрос вторичной)
- ✓ после полученного командного кадра с  $P = 1$  вторичная станция может посылать последовательность кадров ответа для первичной с  $F = 0$
- ✓ последний кадр ответа отмечен  $F = 1$  и возвращает маркер обратно первичной станции
- ✓ после полученного кадра ответа с  $F = 1$  первичная станция может снова использовать полудуплексный канал связи

- Используется для контрольных точек

- ✓ адекватный метод устранения ошибок для полудуплексных линий

# Иллюстрация (1) P/F в несбалансированной конфигурации канала (NRM режим работы станций)

- Этот режим наилучший для полудуплексных физических линий и используется чаще всего для многоточечных линий. На рисунках одна первичная "А" и четыре вторичных "С" станций. "А" отправляет кадры в "С2" с  $P=0$  и полем адреса  $A=C2$  (команда). Закончив передачу данных "А" передает полномочия "С2" (если она хочет получить данные от "С2") установив  $P=1$
- Теперь "С2" отправляет кадры "А", в поле адреса свой адрес  $A=C2$  (ответ) рис.2, и когда она установит  $F=1$ , наступает очередь "А" снова отправлять кадры
- Только первичные станции могут обмениваться данными со всеми вторичными станциями. Нет связи между вторичными станциями





# Иллюстрация (2) использования P/F в NRM в многоточечном соединении

NRM (Normal Response Mode)

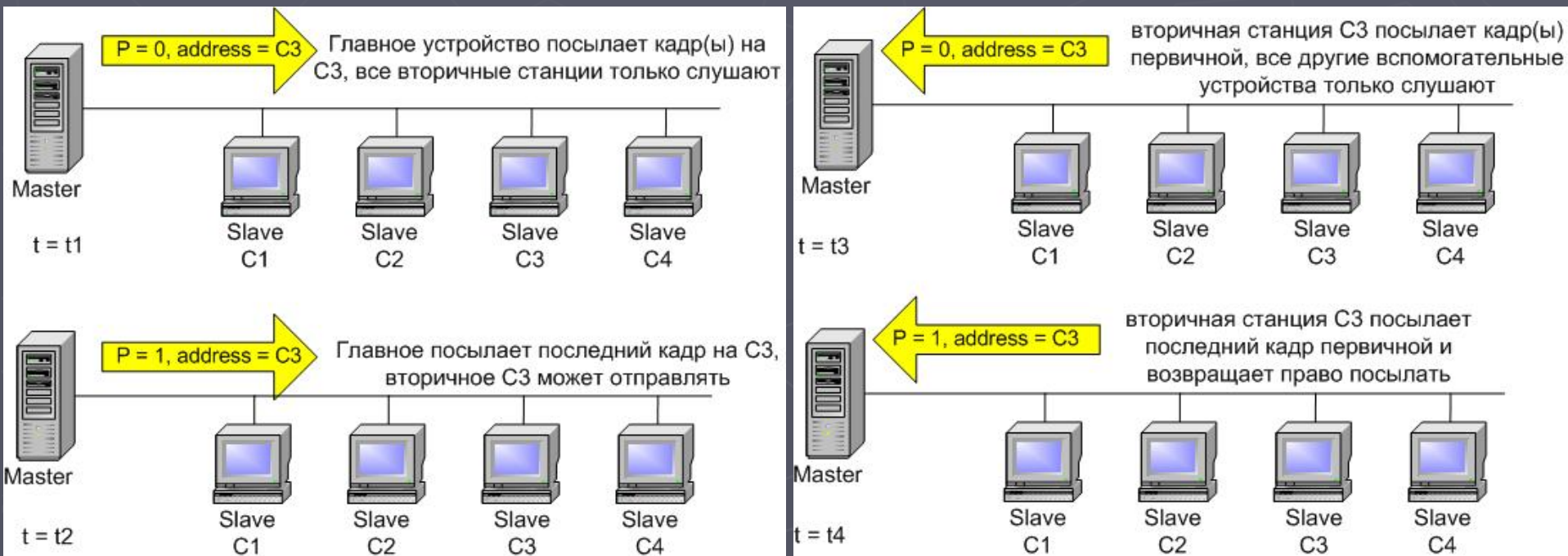
Процедура передачи полномочий в многоточечном соединении посредством бита P/F Poll/Final (Опрос/Окончание)

t1 – первичная (Master) передает один/несколько кадров данных с битом P=0 вторичной станции SlaveC3

t2 - первичная передает один кадр данных с битом P=1, что является фактом передачи полномочий вторичной станции SlaveC3

t3 – вторичная передает первичной данные с битом F=0

t4 – вторичная возвращает полномочия (F=1) первичной



# Контрольные точки в ARM и ABM режиме

## Метод контрольных точек

- ✓ ARM: всякий раз, когда получен кадр с  $P = 1$  или  $F = 1$ 
  - станции выполняют проверку, какие кадры не подтверждены до сих пор, используя  $N(R)$  поле этих кадров
  - если есть любые неподтвержденные кадры, начинается повторная передача методом GoBackN ( $N =$  значение полученного  $N(R)$ )
- ✓ В режиме ABM это делается только тогда, когда получен кадр с  $F = 1$ 
  - комбинированная станция содержит части первичной и вторичной

## Эти контрольные точки аналогичны методу устранения ошибок для NRM

- ✓ Реализуемому посредством обмена “маркером”  $\{P/F\}$  для полудуплексных линий

# NRM - режим нормального ответа станций (несбалансированная конфигурация канала)

- Вторичной станции требуется явное разрешение (полномочие в виде бита  $P=1$ ) от первичной на передачу
- После получения разрешения вторичная станция инициирует ответы [с  $F=0$ ] со своими данными
- Последний кадр ответа возвращает разрешение передачи [ $F=1$ ] первичной станции
- После последнего кадра вторичная станция вновь должна ожидать явное разрешение на передачу данных
- Polling делает первичная станция
- Этот режим наилучший для полудуплексных физических линий и используется чаще всего для многоточечных линий

# ARM - режим асинхронного ответа (симметричная конфигурация канала)

- Разрешает вторичной инициировать передачу без явного разрешения от первичной
- Необходима полнодуплексная физическая линия
- Позволяет сократить накладные расходы
- Первичная по прежнему управляет линией и GoBackN восстановлением ошибок
- В многоточечной конфигурации только одна станция в ARM режиме
- В настоящее время мало используется

# ABM - асинхронный сбалансированный режим

- Используют только комбинированные станции
- Передача инициируется без получения разрешения от другой комбинированной станции
- Обеспечивается двусторонний обмен потоками данных большой интенсивности
- Достигается эффективное использование пропускной способности трактов или каналов связи
- Обеспечивается минимальная задержки передачи данных
- Основной режим работы современных станции

# Управление потоком

- Осуществляется с помощью передающих и принимающих окон
  - ✓ Окно – количество I-кадров, которые может передать станция, не ожидая подтверждений
  - ✓ Системный параметр, устанавливаемый сетевым администратором
- Окно устанавливается на каждом конце канала связи, чтобы обеспечить резервирование ресурсов обеих станций
  - ✓ ресурсы вычислителя или буферное пространство
- Окно устанавливается во время инициирования сеанса связи между станциями
  - ✓ Если станция А и станция В должны обменяться данными, А резервирует окно для В, а В резервирует окно для А.
- Использование окон необходимо для полнодуплексных протоколов, потому что они подразумевают непрерывный поток кадров в принимающий узел без периодических подтверждений с остановкой и ожиданием

# Принцип работы окна

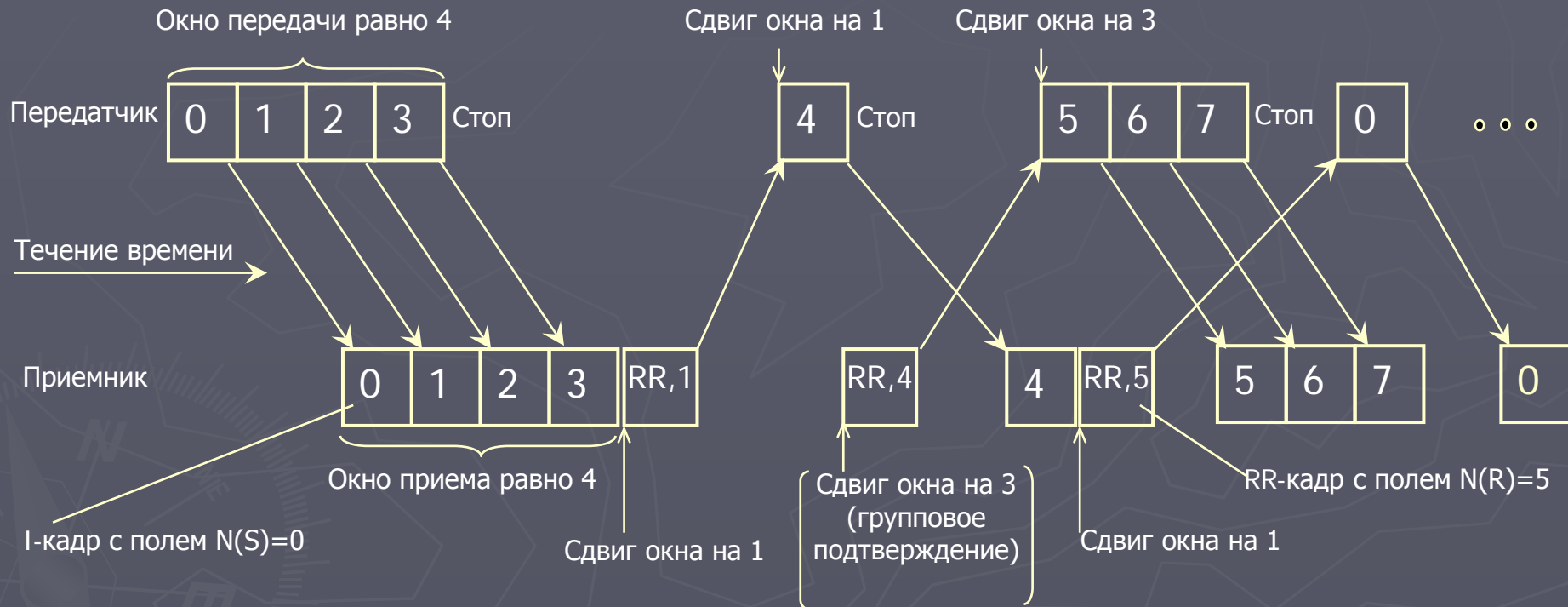


Рис. 5. Пояснение механизма окна

# NRM пример (без ошибок)





# NRM пример (с ошибкой)

Устранение ошибок с помощью контрольных точек



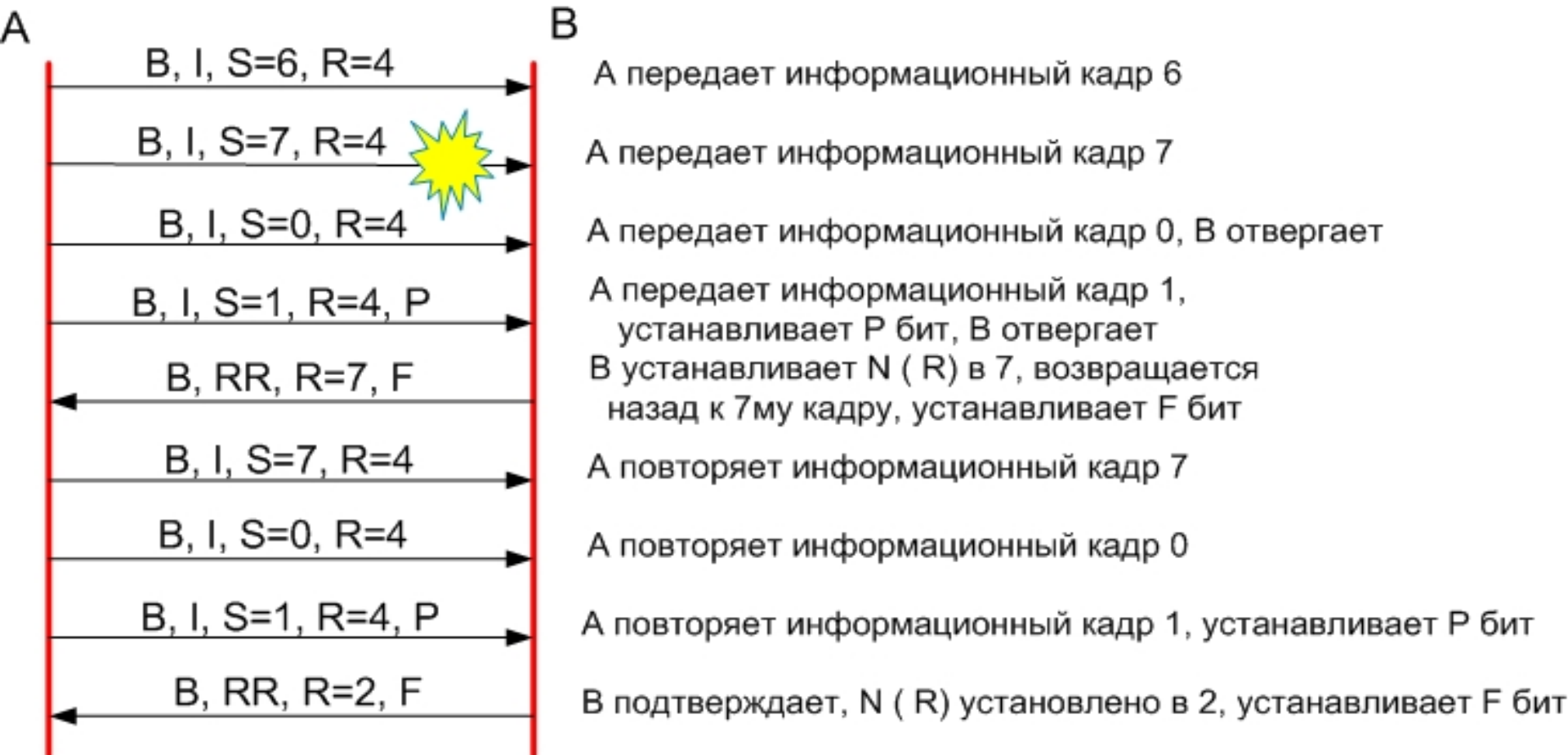
# ABM пример (без ошибок)

Поток данных от А к В, а затем от В к А



# ABM пример (с ошибкой)

- ▶ Устранение ошибок с помощью контрольных точек



# Классы процедур HDLC

Используется для классификации HDLC реализаций

- ✓ Основной класс (стандартные режимы работы)
  - Класс UN (NRM), Класс UA (ARM), Класс BA (ABM)
  - должен быть реализован для соответствия HDLC стандарту
- ✓ Функциональные расширения (см. следующую страницу)
  - могут быть реализованы, вопрос согласования между исполнителями

Несбалансированная конфигурация (UN)		Симметричная конфигурация (UA)		Сбалансированная конфигурация (BA)	
Первичная	Вторичная	Первичная	Вторичная	Первичная	Вторичная
Команда	Ответ	Команда	Ответ	Команда	Ответ
 RR RNR SNRM DISC	 RR RNR UA DM FRMR	 RR RNR SARM DISC	 RR RNR UA DM FRMR	 RR RNR SABM DISC	 RR RNR UA DM FRMR

# HDLC функциональные расширения

1. Для коммутируемых цепей  
XID <<ADD>> XID RD

2. Одновременно в обе стороны  
REJ <<ADD>> REJ

3. Для повторной передачи кадра  
SREJ <<ADD>> SREJ

4. Для информации  
UI <<ADD>> UI

5. Для инициализации  
SIM <<ADD>> SIM

6. Для группы опроса  
UP <<ADD>>

7. Расширенная адресация

8. Исключить «ответ» I-кадров

9. Исключить «команду» I-кадров

10. Расширенная последовательность нумерации

11. Для режима сброса  
Reset << ADD

12. Тестирование данных линии связи  
TEST << ADD >> TEST

13. Запрос на разъединение  
ADD >> RD

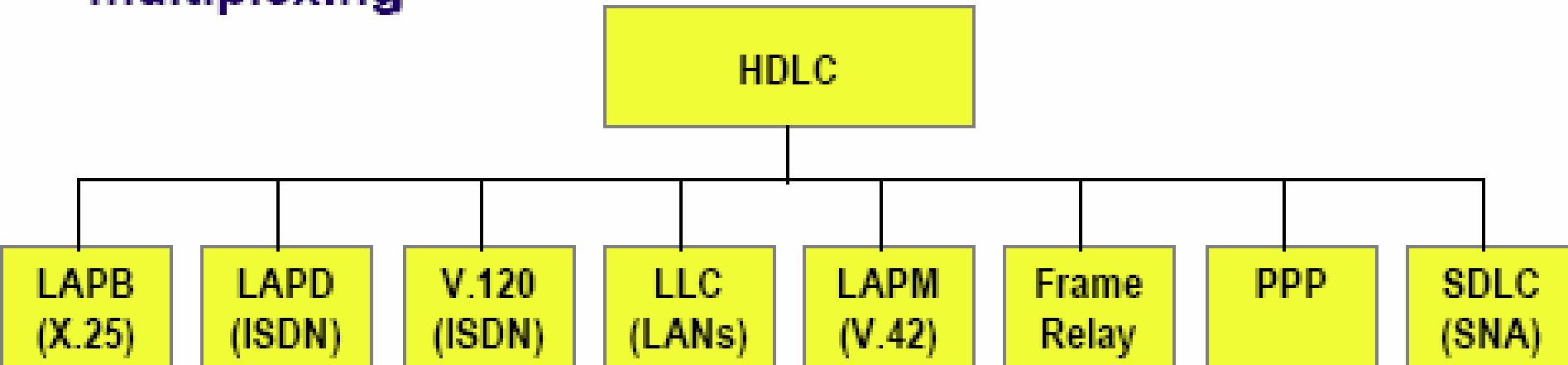
14. 32 бита FCS

Например UN 3.7

Несбалансированной конфигурация и селективный прием и адресные расширения

# Семейство HDLC протоколов

- **LAPB - Link Access Procedure Balanced**
  - link layer protocol for X.25
- **LAPD - Link Access Procedure D-Channel**
  - ISDN
- **V.120 - used on ISDN terminal adapters for multiplexing**
- **LAPM - Link Access Procedure for Modems**
- **PPP - Point-to-Point Protocol**
  - encapsulates network PDUs and identifies protocol type
- **SDLC - Synchronous Data Link Control (IBM)**

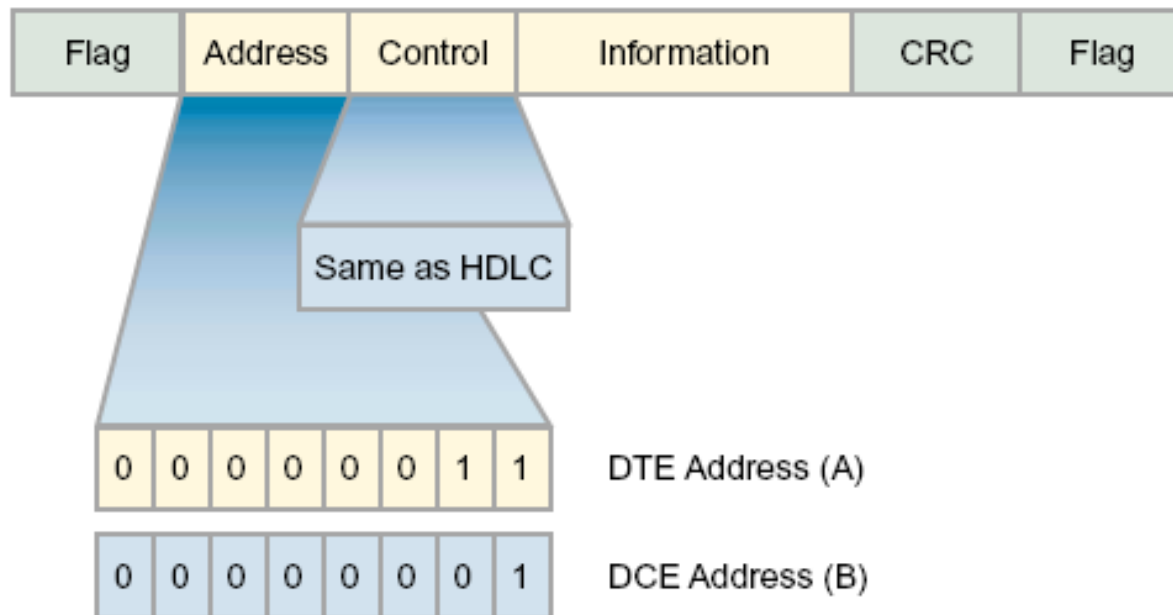


# LAPB кадр (X.25/2)

## Linked Access Protocol Balanced

LAPB (Сбалансированная процедура доступа к каналу)

### LAPB Frame

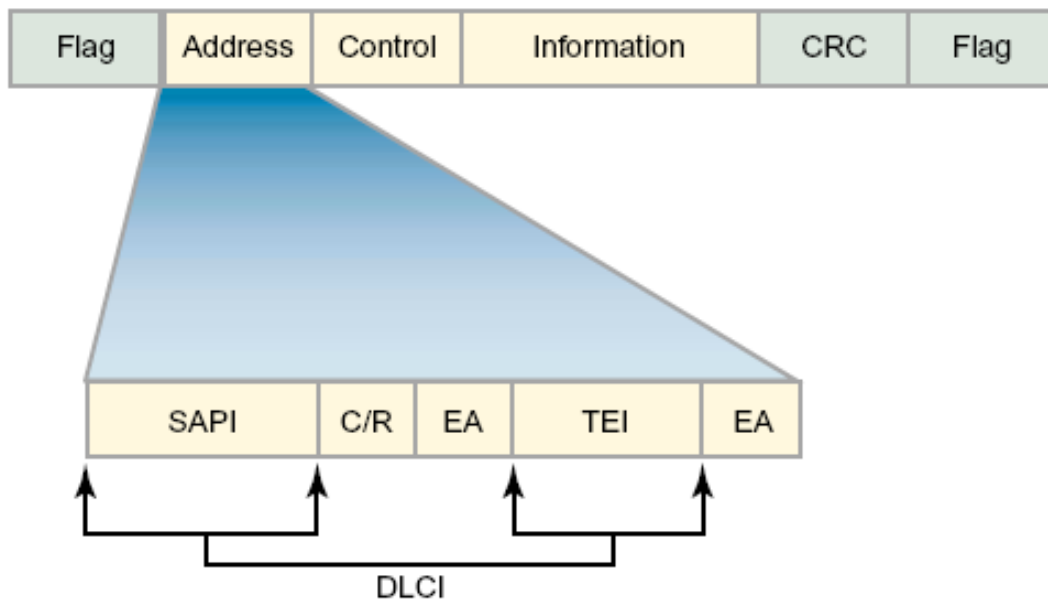


DTE issues command frames with address B, response frames with address A  
DCE issues command frames with address A, response frames with address B

- LAPB используется на канальном уровне X.25
- Поле адреса имеет два фиксированных значения, различающиеся у DTE и DCE
- Поле управления идентично HDLC в режиме сбалансированной конфигурации (BA) и использует опционные расширения BA-2.8 HDLC
  - ✓ Опция 2 делает возможным одновременный прием кадров в режиме двунаправленной передачи
  - ✓ Опция 8 не допускает передачу полезной информации в кадрах ответа (I-кадр не может быть ответом)

# LAPD Frame - Linked Access Protocol (D Channel) канальный уровень ISDN

LAPD Frame



Поле управления аналогично HDLC, отличие только в адресном поле

Адресное поле:

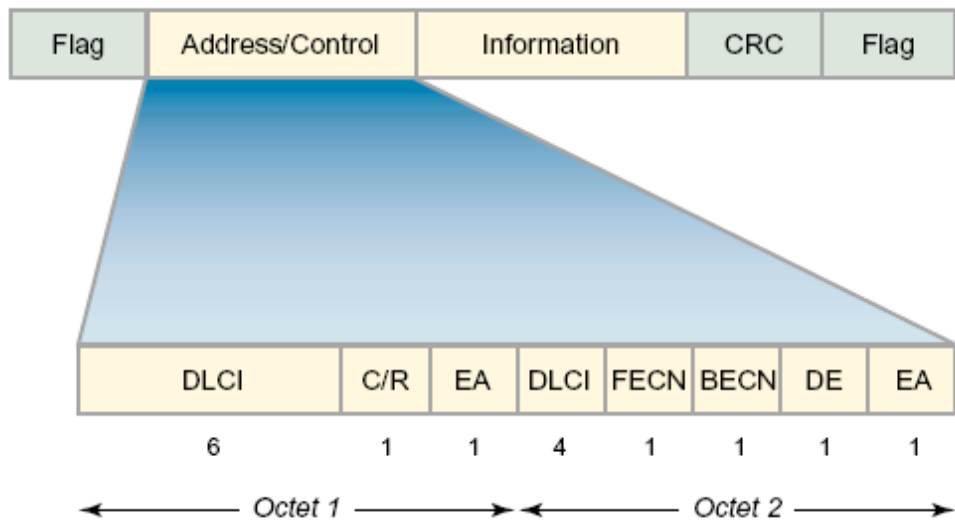
- идентифицирует сервисную точку доступа (Service Access Point Identifier - SAPI) и конечную точку соединения (Terminal Endpoint Identifier - TEI)
- Command/Response бит – аналог P/F в HDLC
- Увеличение длины адресного поля достигается посредством бита EA. Последний EA=0
- SAPI и TEI вместе идентифицируют соединение в канале передачи данных (DLCI - Data Link Connection Identifier)

- SAPI определяет тип сервиса (Signaling, Packet Data, or Management), требуемый для протоколов на L3 уровне (сетевой уровень)
- TEI является адресом удаленной конечной точки



# LAPF (FRAME RELAY)

## Frame Relay



DLCI Data Link Connection Identifier  
C/R Not used in Frame Relay  
EA Extended Address bit  
FECN Forward Explicit Congestion Notification  
BECN Backward Explicit Congestion Notification  
DE Discard Eligibility bit

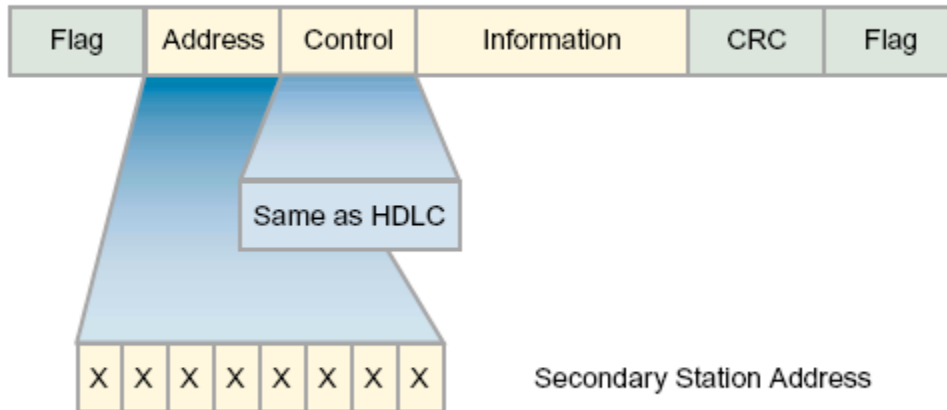
- FR не исправляет ошибки с помощью многоуровневых процедур установления и подтверждений, используемых в X.25
- FR ориентирован на свободные от ошибок каналы связи
- FR полагается на протоколы верхнего уровня для исправления ошибок
- FR похож на HDLC, но не имеет отдельных полей адреса и управления. Адрес и поле управления объединены. ISPs используют FR, например, по каналу E1/T1 для высокоскоростных WAN соединений
- FR не имеет закрепленного за ним протоколов верхнего уровня. Это используется ISPs для инкапсуляции TCP/IP. FR определен ITU-T и ANSI как часть ISDN

Плоскости: Управление и Пользовательский. Смотрите ITU-T Q.921, Q.922 and Q.931, and ANSI T1.601, and T1.602 для дополнительной информации.

Источник: [http://www.sbei.net/archive/whpapers\\_articles/hdlc\\_derived\\_protocols\\_wpaper.pdf](http://www.sbei.net/archive/whpapers_articles/hdlc_derived_protocols_wpaper.pdf)

# Synchronous Data Link Control (SDLC)

## SDLC



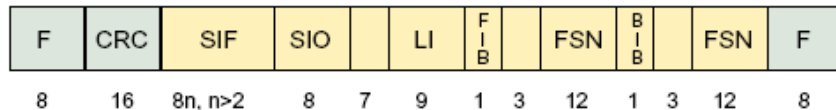
- SDLC является протоколом канального уровня, разработанным IBM's для сетевой архитектуры IBM, называемой SNA - System Network Architecture
- Является предшественником и тесно связано с HDLC
- SDLC - несбалансированный протокол в режиме нормального ответа (NRM), использует первичные станции, соединенные со вторичными станциями в различных конфигурациях: точка-точка, многоточечные, кольцо и концентратор

# Message Transfer Part 2 (MTP-2)

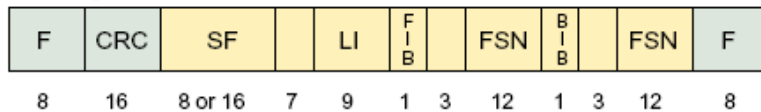
## MTP-2

Bit transmission order →

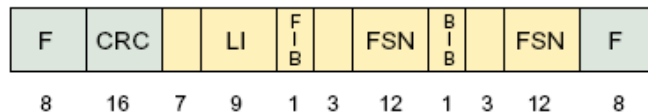
### Message Signal Unit



### Link Status Signal Unit



### Fill-In Signal Unit



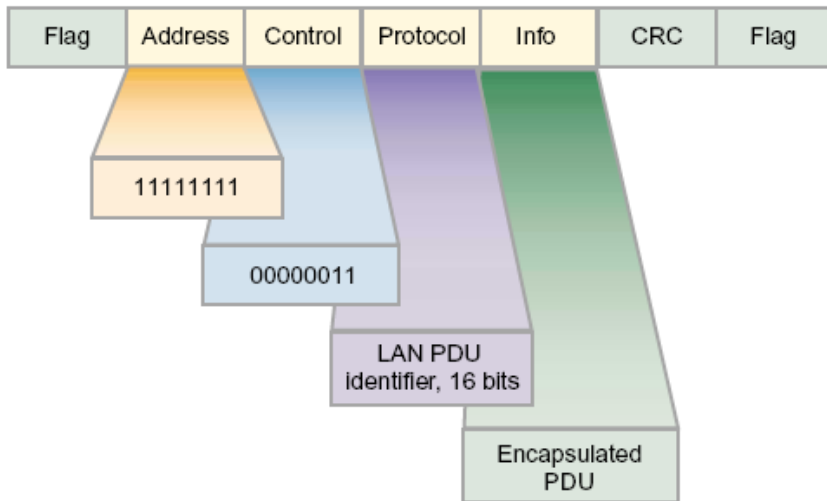
Blank Spaces are spare or reserved. Numbers show bits count for each field.

BIB	Backward Indicator Bit	LI	Length Indicator
BSN	Backward Sequence Number	n	Number of octets in SIF
CRC	Cyclic Redundancy Code	SF	Status Field
F	Flag	SIF	Signaling Information Field
FIB	Forward Indicator Bit	SIO	Service Information Octet
FSN	Forward Sequence Number		

- MTP-2 is the data link layer for Signaling System 7 (SS7) the protocol stack that is the mainstay of the public telephone network.
- MTP-2 is a point-to-point data link protocol in the same genre as HDLC although not a direct derivative. Similarities include flags, a checksum, frame sequence numbering, and status.
- MTP-2 is unique in that it has three distinct frame types, Fill In Signal Unit (FISU), Link Status Signal Unit (LSSU), and Message Transfer Unit (MSU). ITU-T Q.703 (07-96) describes MTP-2 and the frame formats.

# Point to Point Protocol (PPP)

## PPP



Address Field	All ones (hex FF) "All stations" address.
Control Field	00000011 (Hex 03) HDLC Unnumbered Information (UI) frame
Protocol Field	LAN PDU identifiers are listed in latest RFC for "assigned numbers". Protocol field values: "0****" to "3****" range identify the network-layer protocol of specific packets. "4****" to "7****" range are used for protocols with low volume traffic which have no associated NCP "8****" to "b****" range identify packets belonging to the associated Network Control Protocols (NCPs), if any. "c****" to "f****" range identify packets as Link-layer Control Protocols (such as LCP).
Information field	Here resides an encapsulated LAN, LCP or NCP PDU as identified by the Protocol field

PPP используется в Интернет (RFC 1661) для инкапсуляции TCP/IP или PDU других LAN. Цель – соединение по WAN LAN с LAN, удаленные рабочие станции к корпоративному LAN (Удаленный доступ) и доступ в Интернет к ISP.

PPP отличается от основного кадра HDLC:

- Флаги и CRC - те же самые
- Все адресные биты установлены в 1
- Поле управления - HDLC кадр UI
- Добавлено поле "протокол", чтобы идентифицировать данные, содержащиеся в информационном поле
  - ✓ информационный PDU PPP
  - ✓ PDU PPP управления каналом
  - ✓ PDU PPP управления сетью

# Стандартизация HDLC

## Стандарты HDLC

- ✓ ISO 3309 HDLC структура кадра
- ✓ ISO 4335 HDLC элементы процедуры
- ✓ ISO 7478 HDLC multilink процедуры (MLP)
- ✓ ISO 7809 HDLC классы процедур
- ✓ ISO 8885 HDLC обмен данными идентификации (XID)
- ✓ ISO/IEC 13239:2002 Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High-level data link control (HDLC) procedures {Revises ISO/IEC 3309:1993, 7809:1993, 8885:1993, 4335:1993, 13239:2000}

## Семейство

- ✓ ISO 7776 LAPB
- ✓ ISO 8471 LAPB адресация
- ✓ ISO 88802/2 LLC
- ✓ ITU-T I.441 LAPD

# Литература

1. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. М., Мир, 1990.
2. Дэвис Д., Барбер Д., Прайс У., Соломонидес С. Вычислительные сети и сетевые протоколы: Пер. с англ., - М.: Мир, 1982. - 562с., ил.
3. Методические материалы и документация по пакетам прикладных программ. Выпуск 24. Рекомендация МККТТ X.25 и ее применение в информационно-вычислительных сетях. Часть I. Опыт применения рекомендации X.25. М., МЦНТИ, 1983.
4. Методические материалы и документация по пакетам прикладных программ. Выпуск 24. Рекомендация МККТТ X.25 и ее применение в информационно-вычислительных сетях. Часть II. Описание рекомендации X.25. М., МЦНТИ, 1983.
5. HDLC Derived Protocols / High Speed Data Link Control Defined / [http://www.sbei.net/archive/whpapers\\_articles/hdlc\\_derived\\_protocols\\_wpaper.pdf](http://www.sbei.net/archive/whpapers_articles/hdlc_derived_protocols_wpaper.pdf)
6. ISO/IEC 13239:2002 : Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High-level data link control (HDLC) procedures