

Часть 3. Базовые процедуры коммуникационных протоколов

1. Обнаружение и исправление искаженных битов в структуре протокольной единицы данных

Логика передатчика

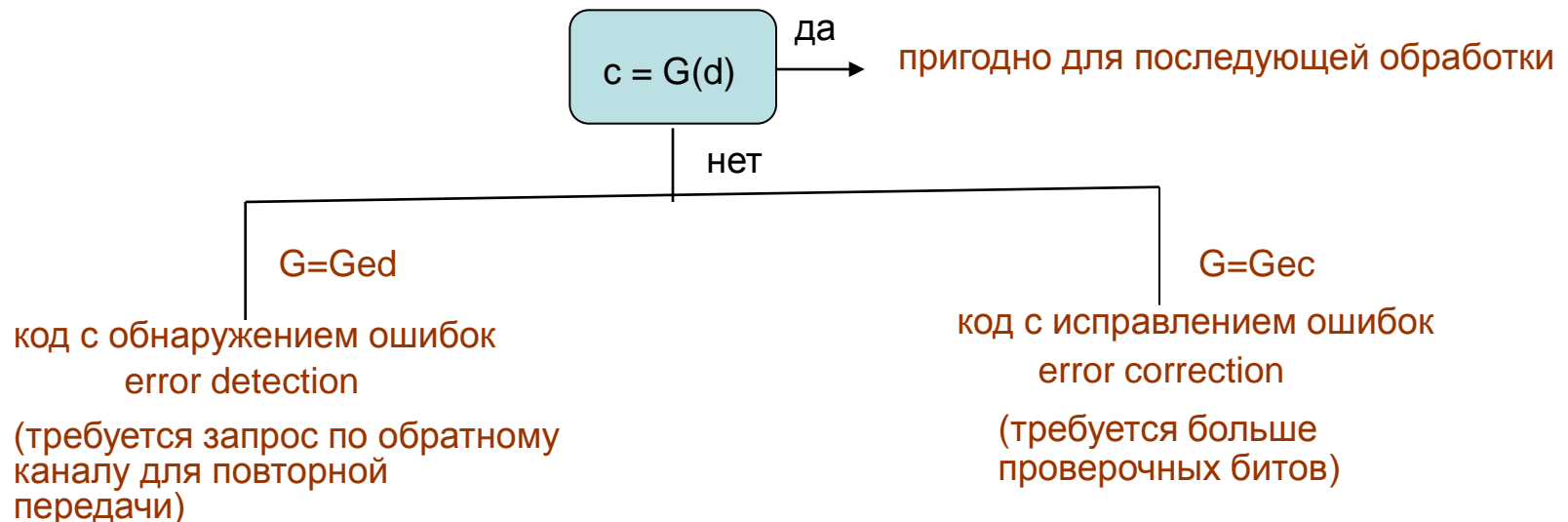
1. Биты данных (d) \rightarrow Генерация проверочных битов функцией $G(d) \rightarrow$ Проверочные биты (c)



2. Пересылка кодового слова к приемнику

Логика приемника

1. Прием кодового слова



Снижение реальной скорости передачи данных

1. Обнаружение и исправление искаженных битов в структуре протокольной единицы данных (продолжение)

Код – совокупность всех отличающихся битовых комбинаций в формате передаваемого кодового слова

Эффективность кода

при обнаружении ошибок

кратность искаженных битов в кодовом слове, при которой возможна их полная коррекция относится к ошибкам, каждая из которых имеет особую физическую природу
isolated errors

при исправлении ошибок

кратность искаженных битов в кодовом слове, при которой возможна их полная коррекция

Расстояние L между первым и последним битами группы битовых искажений, имеющих общую физическую природу

burst errors

I I I ... I x I I x I ... I I
I I I ... I x x x x I ... I I

L = 4

2.1 Обнаружение ошибок. Циклические коды (Продолжение)

Логика приемника

1. Прием кодового слова W_r

Искажение отдельных разрядов рассматривается как сумма W_t и E (кода ошибки) по mod 2.

$$W_r = W_t + E$$

2. Деление W_r на g

Если при E не равно 0, остаток $\text{rem } W_r / g$ не равен 0, то фиксируется ошибка.

В стандартах определены полиномы со степенями x :

16 – 12 – 5 – 1

32 – 26 – 23 – 22 – 16 – 12 – 11 – 10 – 8 – 7 – 5 – 4 – 2 – 1

Эффективность циклических кодов
обнаруживаются:

Изолированные ошибки

одиночные,
двойные, если g содержит не менее 3-х единиц,
любое нечетное число, если g содержит
множитель $(x + 1)$.

Групповые ошибки

длиной не более r ,
большинство ошибок длиной более r
(например, при полиноме 16-й степени
обнаруживаются 99.997% ошибок в 17 бит).

2.2 Исправление ошибок. Код Хемминга

Исправление одиночной ошибки.

Принцип кодирования – двоичное число, образованное проверочными битами, указывает позицию искаженного бита в кодовом слове

Пример: поле d – 7 разрядов, поле c – 4 разряда.

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11
x	x		x				x			
		1		0	0	0		1	0	0

кодовое слово
 проверочные биты (2^n – позиции)
 биты данных (символ D кода ASCII)

Пусть i (3,5,6,7,9, 10,11) – позиции битов данных

$i = m_1 * 1 + m_2 * 2 + m_4 * 4 + m_8 * 8$, где

m_j ($j = 1,2,4,8$) равно 0 или 1.

Для каждого j можно найти все номера k

из набора i , для которых m_k равно 1,

и кодировать $b_j = \sum_k b_k$.

Правило образования проверочных битов

(сложение по mod 2)

$$b_1 = b_3 + b_5 + b_7 + b_9 + b_{11}$$

$$b_2 = b_3 + b_6 + b_7 + b_{10} + b_{11}$$

$$b_4 = b_5 + b_6 + b_7$$

$$b_8 = b_9 + b_{10} + b_{11}$$

Тогда ошибка в передаваемом разряде i при подсчете в приемнике изменит все проверочные разряды j , в которых он учтен (например, ошибка в разряде 11 изменит разряды 1,2,8). Сумма их номеров укажет на разряд с ошибкой ($1 + 2 + 8 = 11$). Ее задает «синдром» - сумма по mod 2 поступивших от передатчика проверочных разрядов с теми, которые подсчитал приемник.

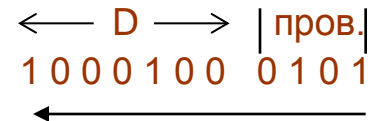
Пример:

0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1	0	1

err

передача
 прием

Группирование при передаче «младшими разрядами вперед»: 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1



3. Примеры процедур управления потоком (flow control)

3.1 Режим скользящего окна

Каждая группа протокольных единиц данных (PDU), посланных по прямому каналу от передатчика, квитируется по обратному каналу приемником.

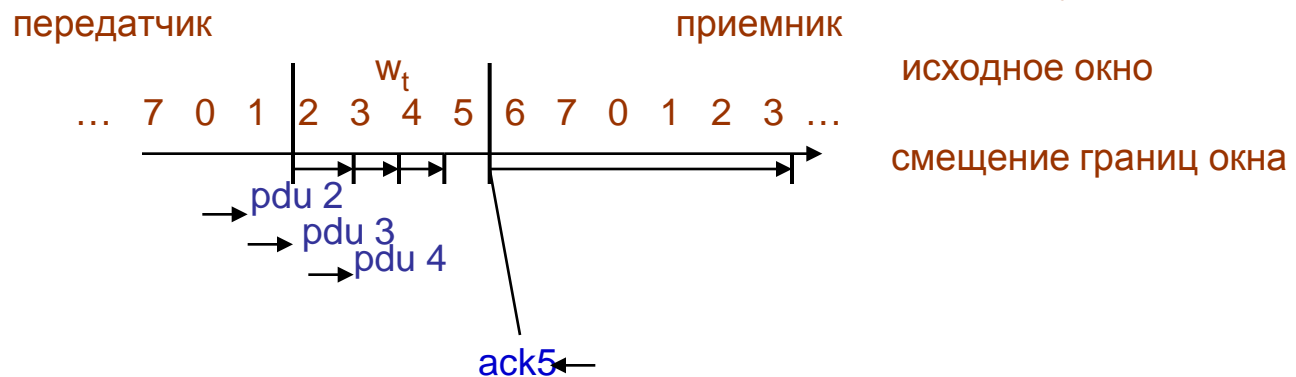
Передатчик имеет «окно» на посылку определенного числа pdu без квитанций (pipelining).

pdu нумеруются по модулю $N = 2^k$, где k – разрядность поля номера в PDU и квитанции (w_t – размер окна, w – максимальный размер окна).

Групповое положительное квитирование

Положительная квитанция с номером n означает, что далее ожидается PDU n , а все предыдущие PDU подтверждаются.

Пример ($N=8$, $w=7$, переданы без подтверждения PDU 7-0-1, исходное окно $w_t = 2-3-4-5$):



Если передатчик посылает (приемник получает) один кадр PDU, то левая граница окна сдвигается вправо на одну позицию.

Если приемник посылает (передатчик получает) положительную квитанцию, подтверждающую получение m кадров PDU, то правая граница окна сдвигается вправо на m позиций.

3.1.2 Механизмы восстановления

Отрицательное групповое квитирование (go-back-n)

После отправки отрицательной квитанции (reject) об ошибочной PDU с ее номером (n) приемник уничтожает все поступающие pdu вплоть до получения корректной PDU n; передатчик при получении отрицательной квитанции повторяет PDU n и все кадры, посланные после.

Отрицательное индивидуальное квитирование (selective reject)

Приемник посылает отрицательную квитанцию (selective reject) об ошибочной P с ее номером (n), передатчик повторяет pdu n в общем потоке сразу после получения отрицательной квитанции.

Максимальный размер окна равен $N - 1$

Обоснование:

Пусть $N = 8$, $w = 8$.

...0 ↑ 1 2 3 4 5 6 7 0 ↑ 1 ...
ask1 ask1

Логика передатчика при получении второго ask1 :

все 8 кадров успешно приняты **ИЛИ**

все 8 кадров потеряны, и приемник повторяет ask1.

3.1.3 Сигналы от приемника

Собственные сигналы состояния от приемника

Неготовность приемника:

receive not ready, rnr n (n – следующий ожидаемый номер),

запрос остановки передачи -

не обработаны поступившие pdu, временный дефицит ресурсов, временная неработоспособность.

Готовность приемника:

receive ready, rr n (n – следующий ожидаемый номер),

запрос возобновления передачи.

Востребованные сигналы состояния от приемника

Режим скользящего окна обеспечивает *неявную* синхронизацию передатчика и приемника.

Явная синхронизация по контрольной точке:

передатчик посылает сигнал (команду) quotation request, qrq в составе pdu.

приемник, получив qrq, сразу отвечает сигналом quotation response, qrs в составе pdu, rnr или rr.

Используется при:

восстановлении по контрольной точке,

оперативном квитировании определенного pdu,

необходимости оперативного пополнения кредита в случае «молчания» приемника.

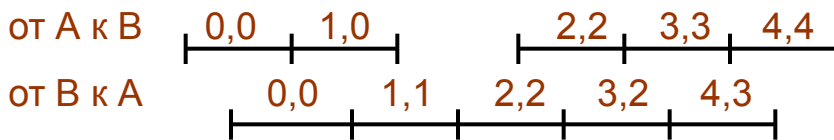
3.2 Режим скользящего окна при двустороннем (дуплексном) обмене

В каждом направлении независимо действуют все рассмотренные выше механизмы. Положительные квитанции от А к В (от В к А) помещаются в rdu совместно с данными.

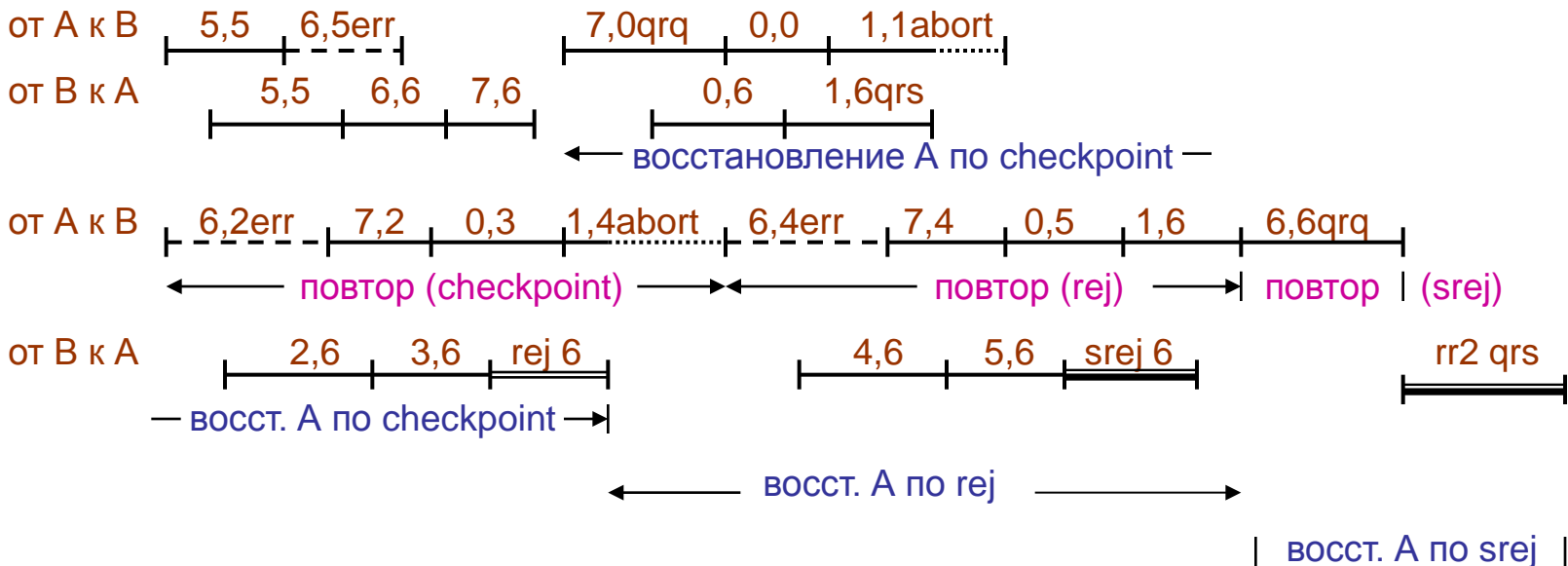
Пример:

над обозначением rdu  указываются <номер передаваемого>, <номер ожидаемого>

Обмен без ошибок



Обмен с ошибками



4. Пример спецификации коммуникационного протокола

4.1 Содержание протокола

Согласно классическим установкам, содержание протокола должно включать:

- услуги, обеспечиваемые при исполнении протокола,
- предположения об окружении, в котором исполняется протокол,
- словарь rdi, определяемых в протоколе,
- процедуры протокола.

Пример услуг уровня звена данных в режиме с установлением соединения (ISO 8886.3):
установление соединения (вызывается сервисным примитивом CONNECT)

передача данных (DATA)

сброс звена в исходное состояние (RESET)

разрыв соединения (DISCONNECT)

В качестве примера остальных составляющих приводятся спецификации протокола HDLC (High-level Data Link Control), лежащего в основе ряда последовавших за ним протоколов.

4.2 Протокол HDLC

Предположения об окружении

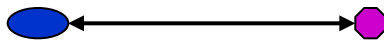
HDLC учитывает разные варианты применения.

Вариант в режиме ABM (asynchronous balance mode)

оконечная
система

удаленный абонент
с интенсивным трафиком*

абстракция звена данных
(комбинированные станции)



Комбинированная станция (КС) шлет команды и ответы, получает команды и ответы, ответственна за установку звена и восстановление от ошибок.

* Трафик – объем информации, передаваемый по сети за определенное время

Формат PDU

Flag	Address	Control	Information	FCS	Flag
01111110	8 bits	8 bits	not exactly defined	16 or 32 bits	01111110

Flag

Проблема прозрачности, bit stuffing

Передатчик

После передачи открывающего флага, обнаружив подряд пять 1, вставляет 0.

Приемник

После приема открывающего флага исключает 0 после пяти 1.

Control

Control field format for	Control field bits							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Information transfer command/response (I format)	0	N(S)			P/F	N(R)		
Supervisory commands/responses (S format)	1	0	S	S	P/F	N(R)		
Unnumbered commands/responses (U format)	1	1	M	M	P/F	M	M	M

Address

В командах – адрес КС назначения, в ответах - КС отправителя.

Таким образом в одном потоке различаются команды и ответы.

Три формата:

информационный (I),
 супервизорный (S),
 нумерованный (U).

N(S) – номер передаваемого
 N(R) – номер следующего ожидаемого
 P/F – реализует функции qrq-qrs
 (P – qrq, команда, F – qrs, ответ)

Словарь pdu

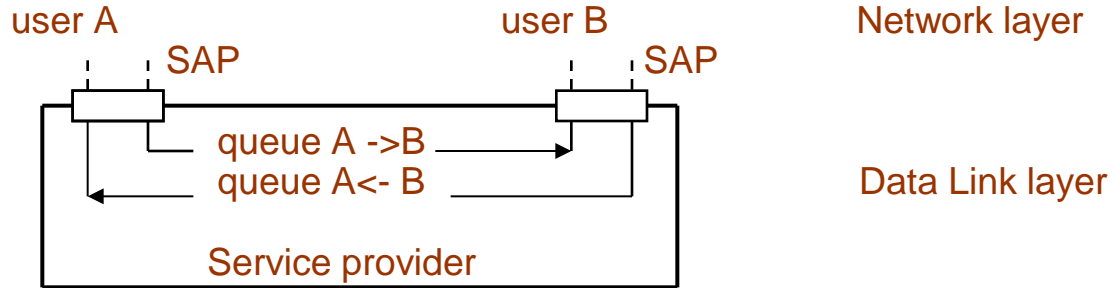
<i>Формат</i>	<i>Команды</i>	<i>Ответы</i>	<i>Функция</i> информация
I	I	I	
S	биты S: RR RNR REJ SREJ	биты S: RR RNR REJ SREJ	готов к передаче не готов к передаче отказ избирательный отказ
U (неполный набор)	биты M: SABM (set ABM) DISC RSET UI	биты M: UA (unnumbered ack) UI	установление соединения в режиме ABM ненумерованное подтверждение разрыв соединения сброс звена в исходное состояние ненумерованная информация

Процедуры протокола

Режим скользящего окна при двустороннем (дуплексном) обмене - раздел 3.2.

4.3 Пример определения и реализации услуги сброса звена в режиме с соединением

Модель соединения



Объекты от пользователя: CONNECT(parameter), DATA(prm), RESET(prm), DISCONNECT(prm).
 Объекты от поставщика: RESET (prm), synchronization marker, DISCONNECT (prm).
 RESET в необслуживаемой очереди уничтожает все предшествующие ему объекты.
 synchronization marker (S):

не может быть уничтожен пользователем,
 очередь кажется пользователю пустой, если следующий объект S,
 если RESET-объекту предшествует S, то оба они удаляются из очереди.

Услуга сброса, инициированного поставщиком

