

## Раздел 2. Протоколы физического и канального уровней в распределенных информационных системах

В настоящем разделе пособия рассматриваются интерфейсы физического уровня, относящиеся к взаимодействию между абонентскими терминалами с каналами передачи данных сетей данных, через которые организуется обмен информацией.

Взаимодействие абонентских терминалов со службой ПД должно отвечать стандартам, составляющим основу эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМОС), где определены семь функциональных уровней.

Взаимодействие пользователей со службой передачи данных, как правило, осуществляется в соответствии с протоколами физического и канального уровней ЭМОС.

### 2.1. Физический уровень

Взаимодействие пользователей со службой ПД оператора осуществляется через стыки (интерфейсы) ООД – АКД и АКД – канал связи.

Структурная схема взаимодействия представлена на рис. 2.1.

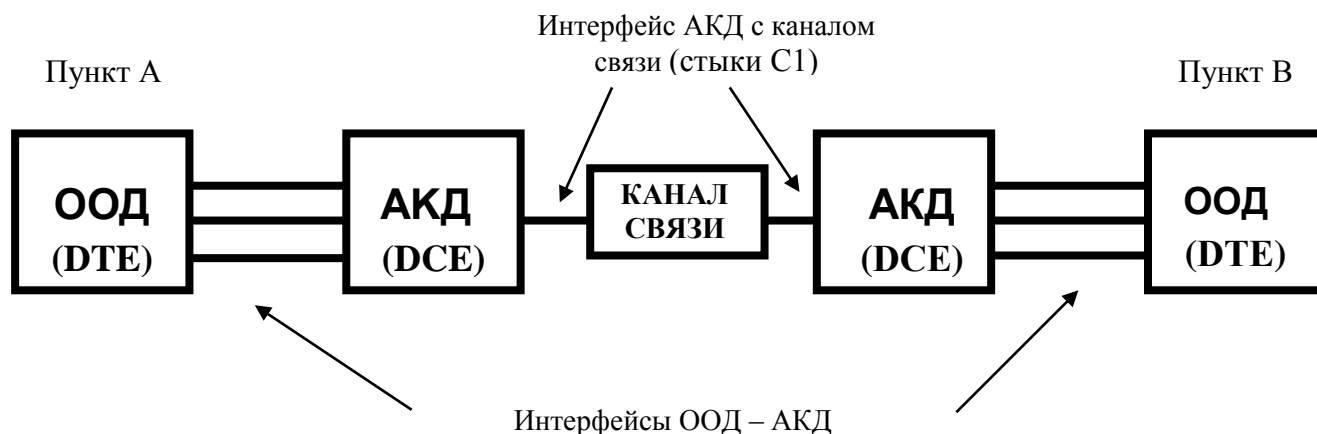


Рис. 2.1

ООД – окончное оборудование данных (английский термин DTE – Data Terminal Equipment). Это устройство, генерирующее или принимающее данные.

АКД – аппаратура окончания канала данных (английский термин DCE – Data Circuit-terminating Equipment). В отечественной литературе встречается аналогичный термин АПД – аппаратура передачи данных. Это устройство, осуществляющее интерфейс между ООД и физической средой.

### 2.1.1. Стандарты протоколов физического уровня между ООД и АКД

Типы абонентских терминалов DTE (ООД) и DCE (АКД) зависят от типа сети, используемой для переноса данных. Наиболее часто в качестве ООД сегодня используется компьютер, а в качестве АКД – модем. Сопряжение (интерфейс) между компьютером и модемом осуществляется в соответствии со стандартными протоколами физического уровня.

Такого рода интерфейсы регламентируются соответствующими рекомендациям и стандартами, к которым, в частности, относятся: V.24/V.28, V.35, RS-232, RS-485, USB, IrDA и другие.

Стандарты и рекомендации по интерфейсам DTE–DCE определяют общие характеристики (скорость и последовательность передачи), функциональные и процедурные характеристики (номенклатура, категория цепей интерфейса, правила их взаимодействия); электрические (величины напряжений, токов и сопротивлений) и механические характеристики (габариты, распределение контактов по цепям).

#### ***V – интерфейсы***

Одним, наиболее широко используемым, стандартом этого класса является стык V.24, который определяет функциональное содержание между ООД и модемом. Цепи стыка V.24 делятся на цепи серии 100 и серии 200. Цепи 100-й серии, через которые организуется обмен, делятся на общие провода, цепи сигналов данных, управляющие цепи и цепи синхронизации.

Рекомендация V.24 «Перечень обозначений цепей обмена между ООД и АКД» принята в 1980 г. Рекомендация V.24 определяет функциональное назначение всех цепей стыка ООД/АКД. Среди цепей V.24 имеются все цепи, используемые в RS-232 (с точки зрения функционального назначения, хотя обозначения цепей не совпадают). В этом смысле RS-232 можно рассматривать как подмножество V.24. При использовании 25-контактного разъема механические характеристики V.24 и RS-232 определяются стандартом ISO 2110 – «Передача данных. 25-контактный соединитель интерфейса ООД/АКД и распределение номеров его контактов», принятом в 1972 г. В стандарте RS-232 также регламентируется использование контактов разъема для организации логических (функциональных) цепей. Цепи серии 100 делятся на четыре функциональных группы (для стандарта RS эти группы имеют буквенное обозначение):

- заземление, общий обратный провод (A);

- передача данных (B);
- управление (C);
- синхронизация (D).

На рис. 2.2 показана реализация физического уровня с помощью модема для ТФОП для стандарта RS-232.

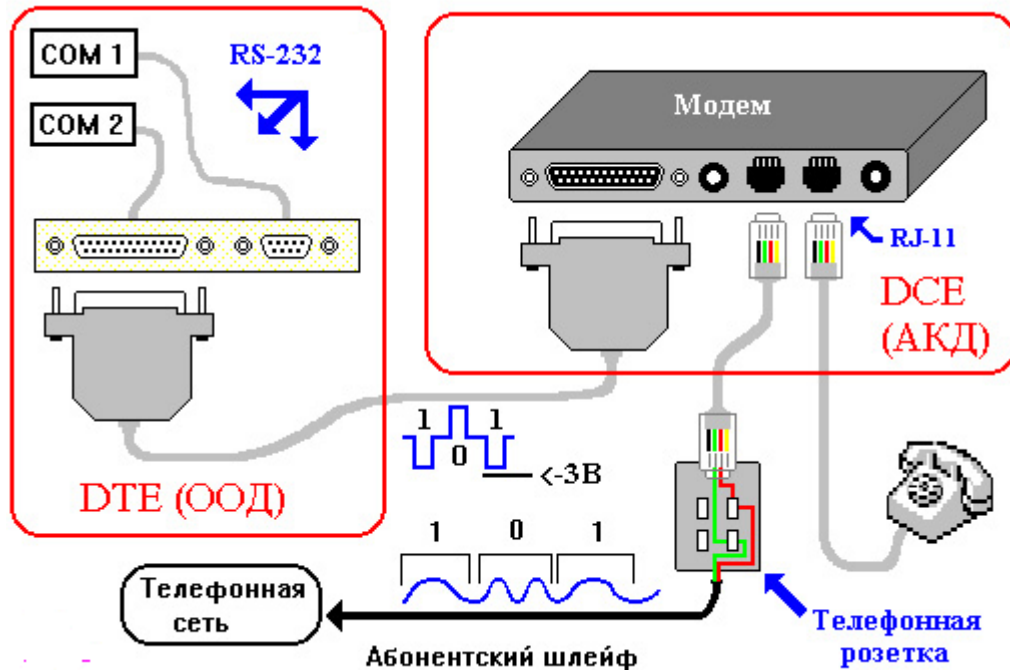


Рис. 2.2. Реализация физического уровня ООД с модемом

Функции ООД выполняет СОМ-порт компьютера. Функции АКД выполняет модем. Однако, этим функции СОМ-порта и модема не ограничиваются. СОМ-порт может выполнять некоторые функции канального уровня (проверка на четность). Модем также может выполнять функции канального уровня, связанные с организацией надежного канала связи.

СОМ-порты реализуются при помощи стандартных разъемов: 25-контактный (ISO 2110) и 9-контактный DB9 (рис. 2.3).

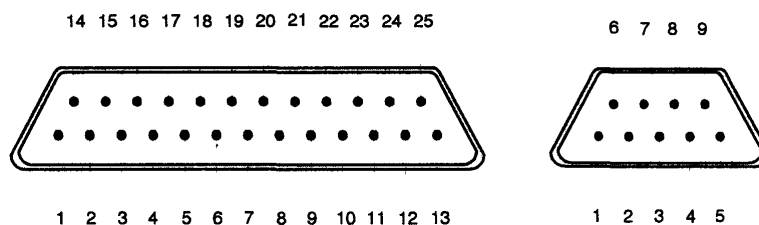


Рис. 2.3. Механические контактные разъемы RS-232

Цепи стыка и соответствующие им контакты представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

| DB-25 | DB-9 | E1A<br>(RS-232) | ITU-T<br>(V.24) | Описание сигнала                                   | Обозначение | От<br>DCE | От<br>DTE |
|-------|------|-----------------|-----------------|--|-------------|-----------|-----------|
| 1     |      | AA              |                 | Защитное заземление                                | GND         |           |           |
| 2     | 3    | BA              | 103             | Передаваемые данные                                | TxD         |           | ×         |
| 3     | 2    | BB              | 104             | Принимаемые данные                                 | RxD         | ×         |           |
| 4     | 7    | CA<br>CJ        | 105<br>133      | Запрос передачи<br>Готовность к приему             | RTS         |           | ×         |
| 5     | 8    | CB              | 106             | Готовность к передаче                              | CTS         | ×         |           |
| 6     | 6    | CC              | 107             | Готовность DCE                                     | DSR         | ×         |           |
| 7     | 5    | AB              | 102             | Сигнальное заземление                              | SG          | ×         | ×         |
| 8     | 1    | CF              | 109             | Обнаружение несущей                                | DCD         | ×         |           |
| 9     |      |                 |                 | Резерв для теста DCE: +12 В, 20 мА                 |             | ×         |           |
| 10    |      |                 |                 | Резерв для теста DCE: -12 В, 20 мА                 |             | ×         |           |
| 11    |      |                 | 126             | Выбор частоты передачи                             |             |           | ×         |
| 12    |      | SCF             | 122             | Обнаружение несущей<br>дополнительного канала      | SDCD        | ×         |           |
| 13    |      | SCB             | 121             | Готовность к передаче<br>по дополнительному каналу | SCTS        | ×         |           |
| 14    |      | SBA             | 118             | Передаваемые данные<br>дополнительного канала      | STD         |           | ×         |
| 15    |      | DB              | 114             | Синхронизация передачи (DCE)                       | te          | ×         |           |
| 16    |      | SBB             | 119             | Принимаемые данные<br>дополнительного канала       | SRD         | ×         |           |
| 17    |      | DD              | 115             | Синхронизация приема (DCE)                         | RC          | ×         |           |
| 18    |      |                 | 141             | Свободный (местный шлейф)                          |             |           | ×         |
| 19    |      | SCA             | 120             | Запрос передачи<br>дополнительного канала          | SRTS        |           | ×         |
| 20    | 4    | CD              | 108.1<br>108.2  | Готовность DCE<br>Готовность DTE                   | DTR         |           | ×         |
| 21    |      | CG              | 110             | Детектор качества сигнала                          | SQ          | ×         | ×         |
|       |      | RL              | 140             | Удаленный шлейф                                    |             |           |           |
| 22    | 9    | CE              | 125             | Индикатор вызова                                   | RI          | ×         |           |
| 23    |      | CH              | 111             | Переключатель скорости<br>передачи данных (DTE)    |             |           | ×         |
|       |      | CI              | 112             | Переключатель скорости<br>передачи данных (DCE)    |             |           |           |
| 24    |      | DA              | 113             | Синхронизация передачи (DTE)                       |             |           | ×         |
| 25    |      | TM              | 142             | Свободный (индикатор<br>тестирования)              |             | ×         |           |

Стандарт, кроме функционального сопряжения (цепи стыка) и механического сопряжения (разъемы), определяет также электрические характеристики сигналов в цепях стыка в соответствии со стандартом V.28. Этот стандарт первоначально был рассчитан на скорость передачи до 20 кбит/с на расстояние до 15 м. Логической "1" в цепях передачи данных соответствует напряжение менее -3В, а логическому "0" – напряжение более 3В. Сигналы в цепях управления и синхронизации соответствуют напряжениям:

– менее -3В в состоянии «выключено» (пассивное);

– более +3В в состоянии «включено» (активное).

В табл. 2.2 представлена разводка разъемов DB25 и DB9 со стороны последовательного асинхронного адаптера (COM-порта).

Таблица 2.2

| Номер контакта |     | Назначение контакта и сигналы интерфейса RS-232                  | Вход или выход |
|----------------|-----|--|----------------|
| DB25           | DB9 |  |                |
| 1              | -   | Защитное заземление (Frame Ground, FG)                           | -              |
| 2              | 3   | Передаваемые данные (Transmitted Data, TD)                       | Выход          |
| 3              | 2   | Принимаемые данные (Received Data, RD)                           | Вход           |
| 4              | 7   | Запрос для передачи (Request to Send, RTS)                       | Выход          |
| 5              | 8   | Сброс для передачи (Clear to Send, CTS)                          | Вход           |
| 6              | 6   | Готовность данных (Data Set Ready, DSR)                          | Вход           |
| 7              | 5   | Сигнальное заземление (Signal Ground, SG)                        | -              |
| 8              | 1   | Детектор принимаемого с линии сигнала (Data Carrier Detect, DCD) | Вход           |
| 9-19           | -   | Не используется  | -              |
| 20             | 4   | Готовность выходных данных (Data Terminal Ready, DTR)            | Выход          |
| 21             | -   | Не используется  | -              |
| 22             | 9   | Индикатор вызова (Ring Indicator, RI)                            | Вход           |
| 23-25          | -   | Не используется  | -              |

### **Интерфейсы RS-422A, RS-423A и RS-449 (V.36)**

Более новыми стандартами, по сравнению с RS-232, позволяющими обеспечить высокоскоростную работу на больших расстояниях, являются стандарты EIA RS-422A, RS-423A и RS-449. В таблице приведены соотношения скорости передачи и допустимой длины кабеля для этих стандартов:

Зависимость допустимой скорости передачи от длины кабеля

| Скорость передачи, кбит/с |                       | Длина кабеля, м |
|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| RS-423A (V.10 и X.27)     | RS-422A (V.11 и X.26) |                 |
| 1                         | 100                   | 1000            |
| 10                        | 1000                  | 100             |
| 100                       | 10000                 | 10              |

**Стандарт RS-422A** определяет электрические характеристики симметричного цифрового интерфейса. Он предусматривает работу на более высоких скоростях (до 10 Мбит/с) и больших расстояниях (до

1000 м) в интерфейсе DTE–DCE. Для его практической реализации, в отличие от RS-232, требуется два физических провода на каждый сигнал. Реализация симметричных цепей обеспечивает наилучшие выходные характеристики. Подобно Рекомендации V.28, данный стандарт является простым описанием электрических характеристик интерфейса и не определяет параметры сигналов, типы разъемов и протоколы управления передачей данных.

**Стандарт RS-423A** определяет электрические характеристики несимметричного цифрового интерфейса. «Несимметричность» означает, что данный стандарт подобно RS-232 для каждой линии интерфейса использует только один провод. При этом для всех линий используется единый общий провод. Как и RS-422A, этот стандарт не определяет сигналы, конфигурацию выводов или типы разъемов. Он содержит только описание электрических характеристик интерфейса. Стандарт RS-422A предусматривает максимальную скорость передачи, равную 100 кбит/с.

Для линий интерфейсов RS-422A и RS-423A могут быть использованы различные проводники (или пары проводников) одного и того же кабеля. Стандарт RS-422A, разработанный совместно с RS-423A, позволяет размещать линии этих интерфейсов в одном кабеле. Он не совместим с RS-232, и взаимодействие между RS-422A и RS-232 может быть обеспечено только при помощи специального интерфейсного конвертера.

**Стандарт RS-449**, в отличие от RS-422A и RS-423A, содержит информацию о параметрах сигналов, типах разъемов, расположении контактов и т.п. В этом отношении RS-449 является дополнением к стандартам RS-422A и RS-423A. Стандарту RS-449 соответствует Рекомендация ITU-T V.36 («Модемы для синхронной передачи данных по первичным групповым трактам с полосой 60-108 кГц», 1988 г.) в части, касающейся электрического интерфейса.

Стандарт RS-449 определяет 37-ми контактный разъем ISO 4902. Внешний вид разъема и номера контактов представлены на рис. 2.4.

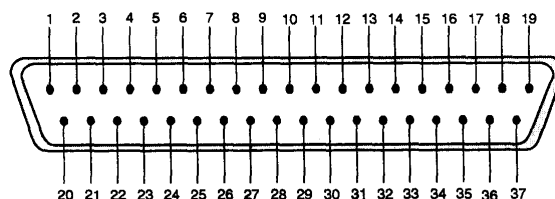


Рис. 2.4. Механические контактные разъемы RS-449

## Интерфейсы V.35, V36, V37

Рекомендация V.35 определяет синхронный интерфейс для работы по аналоговым широкополосным каналам с полосой пропускания 60-108 кГц (соответствует полосе 12-канальной группы) со скоростью передачи до 48 кбит/с. В приложении к стандарту определяется вид электрического соединения, обеспечивающего высокоскоростной последовательный интерфейс между мультиплексором и коммутационным оборудованием сети.

Интерфейс V.35 использует комбинацию несимметричных и симметричных цепей V.24. Контакты несимметричных цепей обмена стандарта V.28 используют по одному контакту. Симметричные цепи обмена (цепи данных и цепи синхронизации) используют по два контакта. В качестве интерфейсного разъема между DTE-DCE используется 34-контактный разъем ISO 2593 (рис. 2.5).

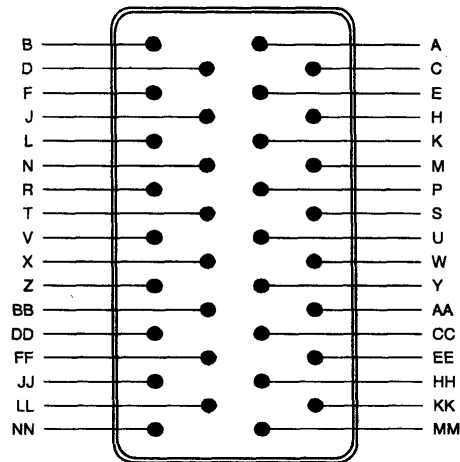


Рис. 2.5. Механические контактные разъемы

Электрическим сигналам в цепях данных стандарта V.35 соответствуют: для логической “1” импульсы отрицательной полярности (-0,55В), для логического “0” – положительной полярности (+0,55В).

Дальнейшим развитием стандарта V.35 для синхронных «широкополосных» модемов являются стандарты V.36 и V.37, 37-контактные разъемы для которых соответствуют стандарту ISO 4902. Электрическим сигналам в цепях этих стандартов соответствуют: для логической “1” импульсы отрицательной полярности (менее -0,3В), для логического “0” – положительной полярности (более +0,3В).

## **Интерфейс RS-485**

Интерфейс RS-485 (другое обозначение – EIA/TIA-485) – один из распространенных стандартов физического уровня связи. Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип дифференциальной (балансной) передачи сигналов. Суть его заключается в передаче одного сигнала по двум проводам. Причем по одному проводу (условно А) идет оригинальный сигнал, а по другому (условно В) – его инверсная копия. Другими словами, если на одном проводе "1", то на другом "0" и наоборот. Таким образом, между двумя проводами витой пары всегда есть разность потенциалов: при "1" она положительна, при "0" – отрицательна. Именно этой разностью потенциалов и передаются данные. Такой способ передачи обеспечивает высокую устойчивость к синфазной помехе. Синфазной называют помеху, действующую на оба провода линии одинаково. К примеру, электромагнитная волна, проходя через участок линии связи, наводит в обоих проводах потенциал. Если сигнал передается потенциалом в одном проводе относительно общего, как в RS-232, то наводка на этот провод может исказить сигнал относительно общего провода («земли»). Кроме того, на сопротивлении длинного общего провода будет падать разность потенциалов «земли» – дополнительный источник искажений. При дифференциальной передаче такие искажения не возникают. В самом деле, если два провода пролегают близко друг к другу, да еще перевиты, то наводка на оба провода одинакова. Потенциал в обоих одинаково нагруженных проводах изменяется одинаково, при этом информативная разность потенциалов остается без изменений.

Обычно пороговые значения сигналов составляют  $\pm 200$  мВ. То есть, если  $U_{AB} > +200$  мВ, то приемник определяет "1", если же  $U_{AB} < -200$  мВ, то приемник определяет "0". Если разность потенциалов в линии настолько мала, что не выходит за пороговые значения, то правильное распознавание сигнала не гарантируется. Кроме того, в линии могут быть и не синфазные помехи, которые исказят столь слабый сигнал.

RS-485 – полудуплексный интерфейс. Прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени.

Входное сопротивление приемника со стороны линии ( $R_{AB}$ ) обычно составляет 12 КОм.

Интерфейс, в отличие от других, допускает многоточечное подключение устройства к одной витой паре одинаково: прямые выходы (А) к одному проводу, инверсные (В) – к другому. Так как мощность передатчика не беспредельна, это создает ограничение на количество приемников, подключенных к линии. Согласно



спецификации RS-485, с учетом согласующих резисторов, возможно подключение до 32 устройств. Однако есть ряд микросхем с повышенным входным сопротивлением, что позволяет подключить к линии большее количество устройств.

Максимальная скорость передачи данных по линии интерфейса RS-485 может достигать 10 Мбит/с. Максимальное расстояние – 1200 м. Если необходимо организовать связь на большее расстояние или подключить больше устройств, чем допускает нагрузочная способность передатчика, то применяют специальные повторители (репитеры).

Ниже в таблице приводятся сравнительные характеристики интерфейсов RS-422 и RS-485:

| <b>Стандартные параметры интерфейсов</b>          | <b>RS-422</b>        | <b>RS-485</b>        |
|---|----------------------|----------------------|
| Допустимое число передатчиков / приемников        | 1 / 10               | 32 / 32              |
| Максимальная длина кабеля                         | 1200 м               | 1200 м               |
| Максимальная скорость связи                       | 10 Мбит/с            | 10 Мбит/с            |
| Диапазон напряжений "1" передатчика               | +2...+10 В           | +1.5...+6 В          |
| Диапазон напряжений "0" передатчика               | -2...-10 В           | -1.5...-6 В          |
| Пороговый диапазон чувствительности приемника     | ±200 мВ              | ±200 мВ              |
| Максимальный ток короткого замыкания драйвера     | 150 мА               | 250 мА               |
| Допустимое сопротивление нагрузки передатчика     | 100 Ом               | 54 Ом                |
| Входное сопротивление приемника                   | 4 кОм                | 12 кОм               |
| Максимальное время нарастания сигнала передатчика | 10% такт. интервалов | 30% такт. интервалов |

### ***X – интерфейсы***

При взаимодействии абонентских терминалов с сетями передачи данных используются X-интерфейсы, реализующие функциональное сопряжение между ООД и АКД по цепям стандарта X.24 и механическое сопряжение через 15-ти контактный разъем ISO 4903. В зависимости от класса ООД и типа модема применяют следующие X-интерфейсы:

- X.20, X.20bis – интерфейсы между асинхронными (стартстопными) ООД и АКД;
- X.21, X.21bis – интерфейсы между синхронными ООД и АКД, работающими в сетях ПД общего пользования.

**Рекомендация X.21** («Стык между окончательным оборудованием данных и аппаратурой окончания данных для синхронной работы по сетям данных обоого пользования»).

Она определяет физические характеристики и процедуры управления для интерфейса DTE–DCE в режиме синхронной передачи данных и может применяться как в сетях с коммутацией каналов, так и в сетях на основе выделенных линий. Стандарт предусматривает дуплексную работу DTE при условии, что DCE связаны друг с другом реальными, а не виртуальными цифровыми линиями связи. Функциональные процедуры Рекомендации X.21 формализованы в виде диаграмм состояний, рассмотрение которых выходит за рамки данной книги.

Рекомендация X.21 определяет формат передаваемых символов, которые представляются в коде МТК-5 (Международный телеграфный код №5). Данный интерфейс рассчитан на сквозную цифровую передачу. В нем процесс установления соединения и разъединения полностью автоматизирован при помощи набора сигналов о состоянии соединения и о его неисправностях. В ходе передачи данных через интерфейс могут передаваться любые последовательности битов. Создатели этого стандарта стремились максимально упростить его и достигли своей цели. Так, соединение DTE с DCE требует существенно меньшего числа сигнальных линий, чем аналогичное соединение для интерфейса RS-232. Назначение сигналов и линий интерфейса X.21 приведены в табл. 2.3.

Внешний вид разъема и номера контактов представлены на рис. 2.6.

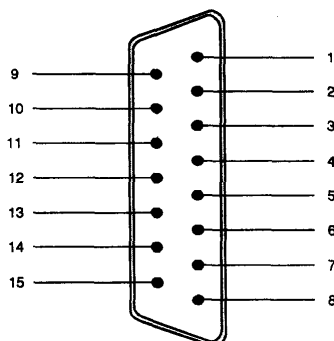


Рис. 2.6. Механические контактные разъемы ISO 4903

Таблица 2.3

| Номер контакта DB-15 | Описание сигнала      | От DCE | От DTE |
|----------------------|-----------------------|--------|--------|
| 1                    | Защитное заземление   | ×      | ×      |
| 2                    | Передача (A)          |        | ×      |
| 3                    | Управление (A)        |        | ×      |
| 4                    | Прием (A)             | ×      |        |
| 5                    | Индикация (A)         | ×      |        |
| 6                    | Синхронизация (A)     | ×      |        |
| 7                    | Свободно              |        |        |
| 8                    | Сигнальное заземление | ×      | ×      |
| 9                    | Передача (B)          |        | ×      |
| 10                   | Управление (B)        |        | ×      |
| 11                   | Прием (B)             | ×      |        |
| 12                   | Индикация (B)         | ×      |        |
| 13                   | Синхронизация (B)     | ×      |        |
| 14                   | Свободно              |        |        |
| 15                   | Свободно              |        |        |

Интерфейс X.21 может находиться либо в режиме переноса данных, либо в режимах управления. Информация в режимах управления передается в коде МТК-5. Применение потока управляющих символов открывает большие возможности для выбора управляющих механизмов. Такой подход является более гибким по сравнению с другими вариантами интерфейсов, использующими для каждого управляющего сигнала отдельную линию.

Интерфейс X.21 допускает использование цепей стыка как с симметричным (X.27) так и несимметричным (X.26) включением. При этом симметричное включение цепей обеспечивает более высокие скорости передачи.

**Рекомендация X.21bis.** Разработана для обеспечения возможности подключения к сетям передачи данных общего пользования тех пользователей, которые используют для этого аналоговые выделенные или коммутируемые телефонные каналы и имеют синхронные модемы, работающие согласно рекомендациям серии V. Рекомендация X.21bis описывает порядок взаимодействия между DTE и модемом серии V. При этом возможна как дуплексная передача (основной вариант), так и полудуплексная.

### 2.1.2. Сопряжение АКД с каналом связи

К **физическому уровню** относится также интерфейс между АКД и каналом связи (физической линией связи или средой передачи), который должен соответствовать международным стандартам. В нашей стране этот интерфейс называют стыком С1, который для разных каналов имеет свои обозначения и свои ГОСТы. Так для аналоговых телефонных каналов стыки С1 делятся на С1-ТФ в случае использования коммутируемой сети ТФОП и С1-ТЧ для некоммутируемых каналов ТЧ. Этим стыкам соответствуют ГОСТы: 23504-79, 25007-81, 26557-85, а для С1-ТЧ еще и 23475-79. Для работы по радиоканалу ТЧ введен стык С1-ТЧР (ГОСТ 23578-79). Если передача осуществляется через телеграфную сеть, то используется стык С1-ТГ (ГОСТ 22937-78). В случае прямого доступа, т.е. при подключении к сетевому узлу выделенной линией используют модемы для физических линий (например, фирмы Зелакс) со стыками С1-ФЛ (ГОСТы 24174-80, 26532-85), которые имеет три разновидности сигналов: сигнал низкого уровня (С1-ФЛ-НУ), биимпульсный сигнал (С1-ФЛ-БИ) и квазитроичный сигнал (С1-ФЛ-КИ). Биимпульсный сигнал (манчестерский код) применяется широко в локальных сетях, а квазитроичный – в каналах цифровых систем передачи (международный стык G.703), где используется сигнал АМІ (с чередованием полярностей импульсов – ЧПИ) или видоизмененный сигнал HDB3, в котором устраняются длинные серии нулей.

Все стыки С1 и соответствующие им ГОСТы разработаны на основе международных стандартов МОС и рекомендаций МСЭ-Т.

Обмен по стыкам С1-ТФ и С1-ТЧ производится модулированными сигналами в рабочей полосе частот каналов тональной частоты. В качестве АКД выступают модемы серии V. При передаче по радиотелефонному каналу используется стык С1-ТЧР. Параметры этих стыков представлены в табл. 2.4 и 2.5.

Рекомендуются следующие значения основных параметров канала ТЧР: отклонение частоты несущего колебания в канале связи – не более  $\pm 10$  Гц; значение паразитной фазовой модуляции сигнала в полосе частот 300 – 3400 Гц – не более  $\pm \pi/36$  рад; нелинейные искажения для передающего устройства не более -35дБ, для приемного устройства – не более -50дБ для каналов ТфОП и не более -34 дБ для ведомственных сетей связи.

Таблица 2.4

Параметры стыков С1-ТФ и С1-ТЧ

| Параметр  | Размерность     | Значение для каналов       |                          |
|---|-----------------|----------------------------|--------------------------|
|   |                 | ТФ                         | ТЧ                       |
| Номинальное входное и выходное сопротивление  | Ом              | 600                        | 600                      |
| Входное сопротивление УПС постоянному току (при токе 25 мА):<br>- в режиме набора<br>- для положения замыкания<br>- для положения размыкания          | Ом              | ≤ 300<br>≤ 300<br>≥ 100000 | -<br>-<br>-              |
| Уровень максимальной среднeminутной мощности сигналов на выходе передатчика УПС:<br>- для скоростей до 2400 бит/с<br>- для скоростей свыше 2400 бит/с | дБм0<br>(мкВт0) | ≤ -13 (50)                 | ≤ -15 (32)<br>≤ -13 (50) |
| Уровень максимальной среднечасовой мощности сигналов на выходе передатчика УПС  | дБм0<br>(мкВт0) | ≤ -15 (32)                 | ≤ -15 (32)               |
| Допустимый выходной уровень средней мощности УПС для работы по ведомственным каналам  | дБм0<br>(мкВт0) | -10 (100)                  | -10 (100)                |
| Уровень средней мощности на выходе приемника  | дБ              | -43 -0                     | -26 -0                   |
| Максимальная эквивалентная мощность сигнала:<br>- при скорости 2400 бит/с<br>- при скорости 4800 бит/с  | мкВт0           | -<br>-                     | 65<br>200                |

Таблица 2.5

Параметры стыка С1-ТЧР

| Параметр   | Размерность | Значение               |
|--|-------------|------------------------|
| Диапазон частот для выходного сигнала УПС, выдаваемого в канал ТЧР   | Гц          | 300 - 3400             |
| Номинальное значение входного и выходного сопротивления линейных цепей УПС   | Ом          | 600                    |
| Коэффициент отражения (относительно номинального значения входного и выходного сопротивлений) в рабочем диапазоне частот УПС | %           | ≤ 15                   |
| Затухание асимметрии входных и выходных цепей УПС по отношению к «земле»   | дБ          | ≥ 43                   |
| Затухание сигналов на частоте 1800 Гц  | дБ          | ≤ 17                   |
| Разность затуханий сигналов на частотах 300 и 3400 Гц  | дБ          | ≤ 13                   |
| Измерительные точки сопряжения приемника УПС с радиоприемным устройством   | дБ          | +10; +4;<br>-3,5; -8 7 |

## Стыки С1-ФЛ

Передача данных в цепях стыка С1-ФЛ осуществляется импульсными сигналами со скоростями до 480 кбит/с. Номенклатура цепей стыка С1-ФЛ и требования к ним те же, что и в стыках С1-ТФ и С1-ТЧ. Во всех трех типах стыка С1-ФЛ отношение амплитуды импульса положительной полярности (+U) к амплитуде импульса отрицательной полярности (-U) должно быть в пределах 0,95 – 1,05.

Параметры стыков С1-ФЛ представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Основные параметры стыков С1-ФЛ

| Параметр  | Размерность | Значения для стыков     |                  |   |
|---|-------------|-------------------------|------------------|---|
|   |             | С1-ФЛ-НУ                | С1-ФЛ-БИ         | С1-ФЛ-КИ  |
| Тип соединительной линии  |             | 2- и 4-проводная        | 4-проводная      | 4-проводная   |
| Режим обмена  |             | Асинхронный, синхронный | Синхронный       | Синхронный  |
| Скорость передачи   | кбит/с      | до 20                   | 12 - 48          | 48 - 480  |
| Номинальное сопротивление УПС:<br>- входное<br>- выходное                   | Ом          | 50 – 300<br>150         | 150+30<br>150+30 | 120+24<br>120+24  |
| Амплитудное значение линейного сигнала:<br>- на передаче<br><br>- на приеме | В           | 1<br><br>≥0.02          | 1<br><br>≥0,05   | 1 (для скоростей до 72 кбит/с);<br>2 (для скоростей 72-144 кбит/с);<br>3 (для скоростей от 192 кбит/с)<br>≥0,05 |
| Максимальный выброс на вершине относительно номинала амплитуды импульса     | %           | 10                      | 10               | 10  |

Для стыка **С1-ФЛ-НУ** используются разнополярные цифровые сигналы низкого уровня (НУ) без возвращения к нулю (*NRZ - Non Return to Zero*).

Метод NRZ прост в реализации, обладает сравнительно высокой помехоустойчивостью (из-за двух резко отличающихся потенциалов),

но не обладает свойством самосинхронизации. При передаче длинной последовательности единиц или нулей сигнал на линии не изменяется, поэтому приемник не может определять по входному сигналу моменты времени, когда нужно в очередной раз считывать данные. Даже при наличии высокостабильного тактового генератора приемник может ошибиться с моментом съема данных, так как частоты двух генераторов никогда не бывают полностью идентичными. Поэтому при высоких скоростях обмена данными и длинных последовательностях единиц или нулей небольшое рассогласование тактовых частот может привести к ошибке в целый такт и, соответственно, считыванию некорректного значения бита.

Другим серьезным недостатком метода NRZ является наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных последовательностей чередующихся единиц или нулей. Из-за этого многие каналы связи, не обеспечивающие прямого гальванического соединения между приемником и источником, этот вид кодирования не поддерживают. В результате в чистом виде код NRZ в сетях не используется. Тем не менее, используются его различные модификации, которые устраняют указанные выше недостатки. Привлекательность кода NRZ состоит в достаточно низкой частоте основной гармоники  $f_0$ , которая равна  $N/2$  Гц (где  $N$  – битовая скорость передачи данных).

Для стыка **С1-ФЛ-КИ** используется квазитроичный импульсный код с чередованием полярности импульсов – ЧПИ (*AMI – Bipolar Alternate Mark Inversion*).

В этом методе используются три уровня потенциала – отрицательный, нулевой и положительный. Для кодирования логического нуля используется, например, нулевой потенциал, а логическая единица кодируется либо положительным потенциалом, либо отрицательным, при этом потенциал каждой новой единицы противоположен потенциалу предыдущей.

Код AMI частично ликвидирует проблемы наличия постоянной составляющей и отсутствия самосинхронизации, присущие коду NRZ. Это происходит при передаче длинных серий «единиц». В этих случаях сигнал на линии представляет собой серию чередующихся разнополярных импульсов с тем же спектром, что и у кода NRZ, передающего чередующиеся нули и единицы, то есть без постоянной составляющей и с основной гармоникой  $N/2$  Гц (где  $N$  – битовая скорость передачи данных). Длинные же серии «нулей» также опасны для кода AMI, как и для кода NRZ – сигнал вырождается в постоянный потенциал нулевой амплитуды.

В целом код AMI приводит к более узкому спектру сигнала, чем для кода NRZ, а значит, и к более высокой пропускной способности линии.

Например, при передаче чередующихся единиц и нулей основная гармоника имеет частоту  $N/4$  Гц. Код АМІ предоставляет также некоторые возможности по распознаванию ошибочных сигналов. Так, нарушение строгого чередования полярности сигналов говорит о ложном импульсе или исчезновении с линии корректного импульса. Сигнал с некорректной полярностью называется *запрещенным сигналом (signal violation)*.

Нередко применяется модифицированный код АМІ (HDB-3), у которого каждая серия из 4-х нулей преобразуется в ненулевую комбинацию по определенному правилу, что обеспечивает повышение устойчивости работы системы тактовой синхронизации.

Стык **С1-ФЛ-БИ** использует биимпульсные коды. При биимпульсном кодировании каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала, происходящими в середине каждого такта. Так как сигнал изменяется, по крайней мере, один раз за такт передачи одного бита данных, то биимпульсный код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами. В простом биимпульсном коде “1” кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а “0” – обратным перепадом.

Наиболее распространенным биимпульсным кодом является *манчестерский код*, который применяется в локальных сетях.

Отличие манчестерского кода от простого биимпульсного состоит в том, что каждый следующий логический “0” изменяет фазу биимпульса на противоположную, а “1” сохраняет фазу предыдущего биимпульса.

У манчестерского кода также нет постоянной составляющей, а основная гармоника в худшем случае (при передаче длинной последовательности единиц или нулей) имеет частоту  $N$  Гц, а в лучшем (при передаче чередующихся единиц и нулей) она равна  $N/2$  Гц. Манчестерский код имеет еще одно преимущество перед кодом АМІ в том, что для передачи данных используется не три уровня сигнала, а два.

### **Интерфейс G.703**

Стандарт G.703 основан на следующих рекомендациях ИТУ-Т:

- G.702 «Скорости передачи цифровой иерархии» (речь идет о плезиосинхронной цифровой иерархии – PDH);
- G.704 «Структура синхронных фреймов, основанных на первичном и вторичном иерархических уровнях»;
- I.430 «Пользовательский интерфейс сети ISDN, использующий основную скорость – первый уровень спецификации (протокол сигнализации D-капала)».



Этот стандарт предназначен для использования в сетях не только с иерархией PDH, но и с синхронной цифровой иерархией SDH (скорости передачи и структура фреймов последней приведены в Рекомендациях ITU-T G.708 и G.709). Первоначально же он разрабатывался как базовый интерфейс для систем, использующих импульсно-кодую модуляцию (ИКМ).

**Физические и электрические характеристики.** Стандарт регламентирует физические и электрические характеристики интерфейса G.703 для основной скорости передачи данных 64 кбит/с и ряда, порождаемого первичной (североамериканской со скоростями 1544, 6312, 32064, 44736 кбит/с) и вторичной (европейской 2048, 8448, 34368, 139264 кбит/с) иерархиями PDH, а также для дополнительной скорости 97728 кбит/с. Перечислим главные из них:

- схема взаимодействия аппаратуры;
- скорость передачи данных и частота синхронизирующего сигнала;
- тип кода и алгоритм его формирования;
- форма (маска) импульса и соответствующее поле допуска;
- тип используемой кабельной пары для каждого направления передачи;
- нагрузочный импеданс;
- номинальное пиковое напряжение импульса;
- пиковое напряжение при отсутствии импульса;
- номинальная ширина импульса;
- отношение амплитуд положительного и отрицательного импульса к ширине отрицательного;
- максимальное дрожание фазы (*jitter*) в выходном порту.

Рассмотрим некоторые из этих характеристик более подробно.

**Схема взаимодействия аппаратуры.** Стандартом предусмотрены три схемы взаимодействия между двумя терминальными устройствами (управляющим - управляемым или приемным - передающим):

- сонаправленный интерфейс, СНИ, (*Correctional Interface*). Информационный и тактовый (хронирующий или синхронизирующий) сигналы передаются от одного терминала к другому, причем терминалы равноправны и симметричны;

- разнонаправленный интерфейс, РНИ, (*Contradi-rectional Interface*). Здесь терминалы неравноправны: один из них является управляющим, другой управляемым. Тактовые сигналы направлены только от управляющего терминала к управляемому, а информационные – симметричны.

- интерфейс с центральным тактовым генератором, ЦГИ, (*Centralized Clock Interface*). Тактовые сигналы направлены от центрального задающего генератора к обоим терминалам, а информационные – симметричны.

*Скорость передачи данных и частота синхронизирующего сигнала.* Эти параметры, указанные в стандарте, в основном соответствуют иерархии PDH. Тактовый (синхронизирующий) сигнал поступает от отдельного источника либо формируется из передаваемого кодированного информационного сигнала. Частота тактового сигнала может совпадать или не совпадать со скоростью передачи данных. В последнем случае она может быть в два, четыре или восемь раз меньше, в зависимости от применяемого метода кодирования данных. Например, для скорости 64 кбит/с номинальной является тактовая частота 64 кГц, но может использоваться и частота 8 кГц (октетная синхронизация), генерируемая блоком управления ИКМ-мультиплексора или внешним источником.

*Тип кода (алгоритм его формирования).* Зависит от скорости передачи данных и схемы взаимодействия аппаратуры интерфейса. Если код не стандартизирован отдельно, то описание алгоритма его формирования дается в самом стандарте G.703, как это сделано для скорости 64 кбит/с при сонаправленной схеме. Если же код стандартизован, то указываются лишь его название и особенности.

*Форма импульса и соответствующее поле допуска.* Эти характеристики специально оговорены для каждой скорости передачи и схемы взаимодействия аппаратуры интерфейса. Маска одиночного импульса для скорости 64 кбит/с приведена на рис. 2.7. При скорости 2048 кбит/с и ее производных форма маски практически не меняется.

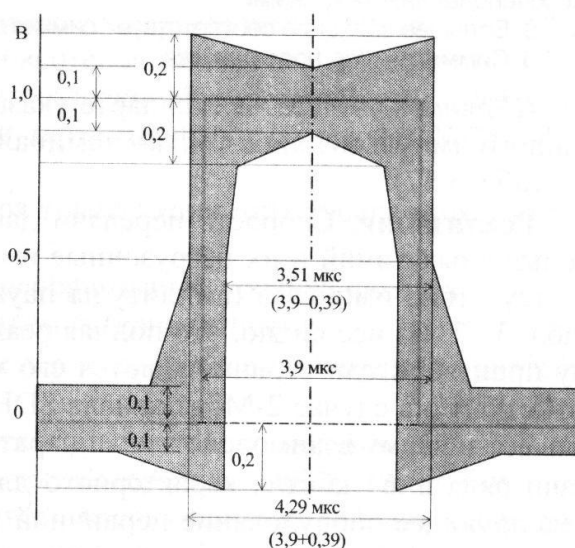


Рис. 2.7. Форма импульса для стыка G.703 и пределы допустимых отклонений

*Тип используемой линии и нагрузочный импеданс.* Обычно применяются пары на коаксиальном кабеле, симметричные пары или их сочетания. Нагрузочный импеданс симметричной пары варьируется в пределах от 100 до 120 Ом.

*Максимальное напряжение импульса и уровень сигнала в паузе.* Эти параметры зависят от ряда факторов, в том числе от скорости передачи и уровня шума, которые могут быть указаны специально.

**Подключение аппаратуры пользователя к сети с интерфейсом G.703.** Схема подключения зависит от типа линии передачи (коаксиальная или симметричная пара) и ее импеданса (75 или 100-120 Ом), наличия входа с интерфейсом G.703 и среды распространения (электрический или волоконно-оптический кабель).

Эта схема будет простой, если для магистрального соединения используется электрический кабель, а аппаратура имеет вход с интерфейсом G.703. Для подключения применяются разъемы RG-59 (коаксиальная пара с импедансом 75 Ом) либо DB-15, RJ-11, RJ-48X (симметричная пара с импедансом 100-120 Ом). Допустимо подсоединение симметричной пары к коммутационной панели «под винт» без разъема. Если импеданс входа оборудования не согласуется с импедансом линии, то применяется согласующий трансформатор (например, 120-омная симметричная пара / 75-омная коаксиальная пара для скорости 2048 кбит/с).

При распространении по волоконно-оптическому кабелю световой сигнал преобразуется в электрический (на входе аппаратуры пользователя) и обратно (на ее выходе) с помощью специального оптоэлектронного преобразователя. При этом на оптических входах и выходах устанавливаются различного рода оптические соединители (коннекторы), например типа SC, SMA, ST.

### ***Универсальная последовательная шина USB***

С середины 1996 г. многие фирмы стали выпускать персональные компьютеры со встроенным контроллером USB (*Universal Serial Bus*).

USB обеспечивает обмен данными между компьютером и множеством (до 127) доступных периферийных устройств, а именно, модемом, клавиатурой, сканером, динамиками, монитором с USB-адаптером и другими устройствами.

Физическое соединение устройств, поддерживающих USB, осуществляется по топологии многоярусной звезды (дерева). Работой всей системы USB управляет хост-компьютер, расположенный в вершине дерева.

Физический интерфейс USB обеспечивает электрическое, функциональное и механическое сопряжение с USB-устройствами («функциями»). Передача двоичных сигналов осуществляется по двум проводам дифференциальными сигналами аналогично интерфейсу RS-485. Функционально реализуются два режима передачи – на "полной" и на "низкой" скорости. Полная скорость передачи сигналов по цепям

USB (шине) составляет 12 Мбит/с, низкая скорость – 1,5 Мбит/с. Для полной скорости используется экранированная витая пара с импедансом 90 Ом и длиной сегмента до 5 м, для низкой – не экранированная и не витая пара при длине сегмента до 3 м.

Кроме двух проводов, по которым передаются сигналы данных, шина USB имеет еще два провода для передачи питающего напряжения 5 В к устройствам (от хоста или хаба «вниз» по дереву).

Стандарт USB определяет два типа механических четырехконтактных разъема – тип А и тип В.

Передача данных осуществляется между хостом и конкретным устройством. Источник данных передает пакет данных (или уведомление об их отсутствии). После успешного приема пакета данных приемник посылает подтверждение. Для обнаружения ошибок в каждом пакете данных имеется контрольная последовательность CRC-16, позволяющая обнаруживать все одиночные и двойные ошибки.

### ***Инфракрасный интерфейс IrDA***

В 1993 г. создана ассоциация разработчиков систем беспроводной передачи данных IrDA (*Infrared Data Association*).

В зависимости от скорости передачи данных различают инфракрасные (ИК) системы низкой (до 115,2 кбит/с), средней (до 1,152 Мбит/с) и высокой (до 4 Мбит/с) скорости.

Излучателем для ИК связи является светодиод, имеющий пик спектральной мощности на длине волны 880 нм; светодиод обеспечивает конус эффективного излучения с углом 30°. В качестве приемника используют PIN-диоды, эффективно принимающие ИК лучи на расстоянии, достигающим нескольких метров.

Спецификация IrDA обеспечивает вероятность битовых ошибок (BER) не более  $10^{-9}$  на расстоянии 1 м и дневном освещении (до 10 клюкс). Для передачи сигналов используют двоичную модуляцию света (есть свет – нет света) и различные варианты кодирования двоичных нулей и единиц.

При обмене данными между ООД и АКД с инфракрасным интерфейсом IrDA используется многоуровневая система протоколов канального уровня. Так, для низких скоростей передачи данных используется байт-ориентированный асинхронный протокол. Для средних и высоких скоростей используются бит-ориентированные синхронные протоколы. Например, в стандарте IrDA MIR (*Middle Infrared*) используется протокол HDLC.

К недостаткам инфракрасного интерфейса IrDA следует отнести подверженность приемника воздействию солнечных лучей, а также помех, создаваемых лампами накаливания и люминесцентными

лампами. Кроме того, при использовании инфракрасного интерфейса обмен данными осуществляется в полудуплексном режиме с определенными временными зазорами при смене направления передачи.

**Оптические интерфейсы** в последнее время получили широкое распространение в сетях связи. Они также стандартизованы рекомендациями ИТУ-Т и другими международными организациями по стандартизации в области электросвязи. Примером стандартов оптических интерфейсов являются рекомендации G.957, в которых определены параметры оптических передатчиков и приемников, которые согласуются с характеристиками физических сред – оптическими волокнами, заключенными в кабели. К характеристикам оптических интерфейсов относят следующие: длина волны источника излучения; тип излучателя; ширина спектра излучения; подавление боковых мод, уровень мощности на передаче; характеристики оптического усиления; уровень приема при заданном качестве; тип фотодетектора и фотоприемного устройства; линейный код; тип линии (тип оптоволокна); совокупная дисперсия; дисперсионные потери; общее затухание регенерационной секции; типы разъемных соединителей и другое.

Еще одной группой интерфейсов можно назвать стыки открытых оптических линий, работающих в инфракрасном диапазоне длин волн с лазерными и светодиодными источниками. Лазерные линии характеризуются строгой направленностью и достаточно большими длинами передачи на скоростях до 155 Мбит/с (STM-1). Оптические открытые светодиодные интерфейсы применяются исключительно на коротких участках, например, в помещениях для реализации беспроводных компьютерных сетей.

**Радиоинтерфейсы**, также как электрические и оптические, имеют широкий набор характеристик, стандартизированных в рамках ИТУ-Т, ETSI. В характеристики радиоинтерфейсов входят такие показатели: тип модуляции; частотный диапазон; антенны и характеристики их направленности и усиления; поляризация; скорость передачи в радиоканале; мощность передачи; чувствительность приемника и другое.

## 2.2. Протоколы канального уровня

Обмен данными на уровне звена данных осуществляется в соответствии со стандартными протоколами канального уровня эталонной модели ВОС.

*Функции КУ:*

- Формирование кадра
- Контроль ошибок и повышение достоверности
- Обеспечение кодонезависимой передачи
- Восстановление исходной последовательности блоков на приемной стороне
- Управление потоком данных на уровне звена
- Устранение последствий потерь или дублирования кадров

Канальный уровень обеспечивает передачу пакетов данных, поступающих от протоколов верхних уровней, узлу назначения, адрес которого также указывает протокол верхнего уровня.

Протоколы канального уровня оформляют переданные им пакеты в кадры собственного формата, помещая указанный адрес назначения в одно из полей такого кадра, а также сопровождая кадр контрольной суммой. Протокол канального уровня имеет локальный смысл, он предназначен для доставки кадров данных, как правило, в пределах сетей с простой топологией связей и однотипной или близкой технологией, например в односегментных сетях Ethernet или же в многосегментных сетях Ethernet и Token Ring иерархической топологии, разделенных только мостами и коммутаторами.

Во всех этих конфигурациях адрес назначения имеет локальный смысл для данной сети и не изменяется при прохождении кадра от узла-источника к узлу назначения. Возможность передавать данные между локальными сетями разных технологий связана с тем, что в этих технологиях используются адреса одинакового формата, к тому же производители сетевых адаптеров обеспечивают уникальность адресов независимо от технологии.

Другой областью действия протоколов канального уровня являются связи типа «точка-точка» глобальных сетей, когда протокол канального уровня ответственен за доставку кадра непосредственному соседу. Адрес в этом случае не имеет принципиального значения, а на первый план выходит способность протокола восстанавливать искаженные и утерянные кадры, так как плохое качество территориальных каналов, особенно коммутируемых телефонных, часто требует выполнения подобных действий.

Если же перечисленные выше условия не соблюдаются, например связи между сегментами Ethernet имеют петлевидную структуру, либо

объединяемые сети используют различные способы адресации, как это имеет место в сетях Ethernet и X.25, то протокол канального уровня не может в одиночку справиться с задачей передачи кадра между узлами и требует помощи протокола сетевого уровня.

Наиболее существенными характеристиками метода передачи, а значит, и протокола, работающего на канальном уровне, являются следующие:

- асинхронный/синхронный;
- символьно-ориентированный (байт-ориентированный) / бит-ориентированный;
- с предварительным установлением соединения / дейтаграммный;
- с обнаружением искаженных данных / без обнаружения;
- с обнаружением потерянных данных / без обнаружения;
- с восстановлением искаженных и потерянных данных / без восстановления;
- с поддержкой динамической компрессии данных/без поддержки.

Многие из этих свойств характерны не только для протоколов канального уровня, но и для протоколов более высоких уровней.

Протоколы канального уровня делятся на байт-ориентированные и бит-ориентированные.

### 2.2.1. Байт-ориентированные протоколы

Обеспечивают управление передачей данных, представляемых байтами, например, при использовании таких первичных кодов как стандартного международного кода МТК-5, расширенного 8-битного двоичного кода EBCDIC и соответствующим им кодам КОИ-7 (ГОСТ 13052-74), КОИ-8 (ГОСТ 19768-74), ДКОИ. Для управления используются специальные служебные комбинации указанных кодов. Передача данных в рамках одного кадра может осуществляться синхронно или асинхронно (с использованием старта и стопа).

Формат кадра байт-ориентированного протокола с *синхронной* передачей сигналов:

|     |     |     |           |     |        |            |     |
|-----|-----|-----|-----------|-----|--------|------------|-----|
| SYN | SYN | SOH | Заголовок | STX | Данные | ETB или TX | BCC |
|-----|-----|-----|-----------|-----|--------|------------|-----|

- SYN - комбинация синхронизации по байтам (СИН);
- SOH - начало заголовка (НЗ);
- STX - начало текста (НТ);
- ETB - конец блока (КБ);
- ETX - конец текста (КТ);
- BCC - контрольная последовательность кадра (КП).

Синхронизация достигается за счет того, что передатчик добавляет два или более управляющих символа, называемых символами SYN, перед каждым блоком символов. В коде ASCII символ SYN имеет двоичное значение 0010110, это несимметричное относительно начала символа значение позволяет легко разграничивать отдельные символы SYN при их последовательном приеме. Символы SYN выполняют две функции: во-первых, они обеспечивают приемнику побитную синхронизацию, во-вторых, как только битовая синхронизация достигается, они позволяют приемнику начать распознавание границ символов SYN, т.е. обеспечивают байтовую синхронизацию. После того, как приемник начал отделять один символ от другого, можно задавать границы начала кадра с помощью другого специального символа. Обычно в символьных протоколах для этих целей используется символ начала текста – STX (Start of TeXt, ASCII 0000010). Другой символ отмечает окончание кадра – ETX (End of TeXt, ASCII 0000011).

Однако такой простой способ выделения начала и конца кадра хорошо работает только в том случае, если внутри кадра нет символов STX и ETX. При подключении к компьютеру алфавитно-цифровых терминалов такая проблема действительно не возникает. Но когда синхронные байт-ориентированные протоколы стали использовать и для связи компьютера с компьютером, то в этом случае данные внутри кадра могут быть любые, например, если между компьютерами передается программа. Для таких передач были разработаны «прозрачные» протоколы.

Наиболее популярным протоколом такого типа был протокол BSC (*Binary Synchronous Communication*) компании IBM. Он работал в двух режимах – непрозрачном, в котором некоторые специальные символы внутри кадра запрещались, и прозрачном, в котором разрешалась передачи внутри кадра любых символов, в том числе ETX и STX. Прозрачность достигалась за счет того, что перед управляющими символами STX и ETX всегда вставлялся символ DLE (*Data Link Escape*). Такая процедура называется *байт-стаффингом* (stuff – вставка, заполнитель). А если в поле данных кадра встречалась последовательность DLE ETX, то передатчик удваивал символ DLE, то есть порождал последовательность DLE DLE ETX. Приемник, встретив подряд два символа DLE DLE, всегда удалял первый, но оставшийся DLE уже не рассматривал как начало управляющей последовательности, то есть оставшиеся символы DLE ETX считал просто пользовательскими данными.

В случае *асинхронной* передачи с использованием кода MTK-5 каждая комбинация начинается стартовым, а заканчивается стоповым



сигналом. При этом комбинация SYN в начале кадра не передается. Начало кадра будет определено по служебной комбинации SOH.

Контрольная последовательность BCC вычисляется путем суммирования всех байт кадра, начиная с поля «заголовок», и служит она для обнаружения ошибок. Кадр, в котором обнаружена ошибка, бракуется и на передающую сторону направляется запрос на повторную передачу кадра.

Таким образом, повышение достоверности обеспечивается применением корректирующего кода и решающей обратной связи с ожиданием (РОС-ОЖ).

Отличительными чертами протокола BSC являются следующие:

- возможность представления информации 8-битным расширенным двоичным кодом EBCDIC;
- применение для обнаружения ошибок помехоустойчивого циклического кода с контрольной последовательностью CRC-16;
- обеспечение прозрачности по коду.

### 2.2.2. Бит-ориентированные протоколы

Широкое применение при передаче данных на канальном уровне находят также бит-ориентированные протоколы. Базовым протоколом этого класса является разработанный в 1973 г. Международной организацией стандартов (МОС) стандарт HDLC, который является высокоуровневым протоколом управления звеном данных. На основе стандарта HDLC разработано множество протоколов другими органами стандартизации для решения конкретных задач по передаче данных в различных сетях и службах ПД. Для сетей ПД X.25 МСЭ-Т утвердил протоколы канального уровня LAP и LAPB. Комитет IEEE 802 разработал протокол управления логическим каналом LLC для локальных сетей. Фирма IBM разработала бит-ориентированный протокол синхронного управления звеном данных SDLC. На базе стандарта HDLC разработан протокол канального уровня для сетей с ретрансляцией кадров Frame Relay. Передача IP-пакетов часто производится по протоколу PPP с помощью кадров, которые также сформированы на основе стандарта HDLC.

Службы факсимильной связи обеспечивают услуги по передаче факсов с использованием стандарта HDLC.

Наконец, можно привести ряд интерфейсов физического уровня, где применяется протокол HDLC. К ним можно отнести рассмотренные выше интерфейс USB и инфракрасный интерфейс IrDA.

Приведенный выше обзор свидетельствует об очень широком применении бит-ориентированных протоколов, основанных на стандарте МОС HDLC.

Отметим наиболее важные особенности протокола HDLC.

Прежде всего, это синхронный протокол, обеспечивающий дуплексный обмен данными. Передача осуществляется кадрами трех типов:

*тип I* — кадр для передачи данных (информационный кадр);

*тип S* — кадр для организации обратной связи (супервизорный управляющий кадр);

*тип U* — управляющий кадр для установления соединения, режимов обмена и других служебных целей (ненумерованный кадр).

Общий формат информационного I-кадра имеет вид:

|                              |                           |                                       |                           |                     |                              |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|
| Флаг<br>01111110<br>(1 байт) | Адресное поле<br>(1 байт) | Поле<br>управления<br>(1 или 2 байта) | Поле<br>данных<br>(n бит) | CRC-16<br>(2 байта) | Флаг<br>01111110<br>(1 байт) |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|

*Флаг* служит для распознавания начала и конца кадра.

*Адресное поле* определяет адрес одной или другой станции звена данных.

*Поле управления* определяет тип кадра (I, S или U), а также служит для контроля за процессом передачи данных между двумя рабочими станциями и организации запросов обратной связи при дуплексном обмене.

*Контрольная последовательность CRC-16* формируется на основе циклического систематического кода с образующим многочленом 16-ой степени и служит для обнаружения ошибок в принятом кадре.

В случае передачи данных только в одном направлении контроль за передачей и организация обратной связи (POC) осуществляется с помощью S-кадров.

С помощью U-кадров устанавливается соединение, происходит разъединение, а также выбирается один из трех режимов обмена: режим нормальных ответов, режим асинхронных ответов или сбалансированный режим. Указанные режимы определяют тот или иной статус конечных станций звена данных.

*Поле данных* в бит-ориентированных протоколах может быть произвольным (n бит), но ограниченной длины.

Прозрачность по коду в бит-ориентированных протоколах обеспечивается путем применения процедуры **бит-стаффинга**, которая состоит в том, при появлении среди данных комбинации 011111 к ней справа добавляется 0, который на приеме, после получения комбинации 0111110, удаляется еще до того, как будут обработаны поля кадра. Это исключает появление среди принятых данных ложного флага. Истинные флаги, определяющие начало и конец кадра, передаются без изменения.

На рис. 2.8 показаны 3 различные схемы бит-ориентированной передачи. Они отличаются способом обозначения начала и конца каждого кадра.

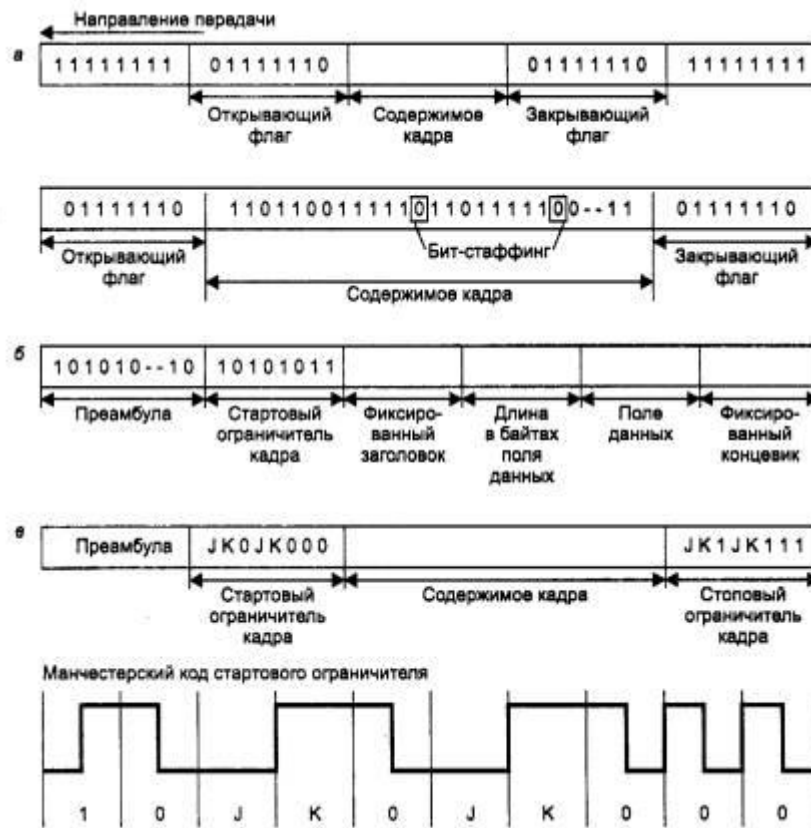


Рис. 2.8. Способы выделения начало и конца кадра при синхронной передаче

Первая схема, показанная на рис. 2.8, а, похожа на схему с символами STX и ETX в байт-ориентированных протоколах. Начало и конец каждого кадра отмечается одной и той же 8-битовой последовательностью – 01111110, называемой флагом. Термин «бит-ориентированный» используется потому, что принимаемый поток бит сканируется приемником на побитовой основе для обнаружения стартового флага, а затем во время приема для обнаружения стопового флага. Поэтому длина кадра в этом случае не обязательно должна быть кратна 8 бит.

Чтобы обеспечить тактовую синхронизацию приемника, передатчик посылает последовательность байтов простоя (каждый состоит из 11111111), предшествующую стартовому флагу.

Для достижения прозрачности данных в этой схеме необходимо, чтобы флаг не присутствовал в поле данных кадра. Это достигается с помощью приема, известного как вставка нуля ("0") или *бит-стаффинг*. Бит-стаффинг гораздо более экономичен, чем байт-стаффинг, так как вместо лишнего байта вставляется один бит,

следовательно, скорость передачи пользовательских данных в этом случае замедляется в меньшей степени.

Во второй схеме (рис. 2.8, б) для обозначения начала кадра имеется только стартовый флаг, а для определения конца кадра используется поле длины кадра, которое при фиксированных размерах заголовка и концевого чаще всего имеет смысл длины поля данных кадра. Эта схема наиболее применима в локальных сетях. В этих сетях для обозначения факта незанятости среды в исходном состоянии по среде вообще не передается никаких символов. Чтобы все остальные станции вошли в битовую синхронизацию, посылающая станция предваряет содержимое кадра последовательностью бит, известной как преамбула, которая состоит из чередования единиц и нулей 101010... Войдя в битовую синхронизацию, приемник исследует входной поток на побитовой основе, пока не обнаружит байт начала кадра 10101011, который играет роль символа STX. За этим байтом следует заголовок кадра, в котором в определенном месте находится поле длины поля данных. Таким образом, в этой схеме приемник просто отсчитывает заданное количество байт, чтобы определить окончание кадра.

Третья схема (рис. 2.8, в) использует для обозначения начала и конца кадра флаги, которые включают запрещенные для данного кода сигналы (*code violations*, V). Например, при манчестерском кодировании вместо обязательного изменения полярности сигнала в середине тактового интервала уровень сигнала остается неизменным и низким (запрещенный сигнал J) или неизменным и высоким (запрещенный сигнал K). Начало кадра отмечается последовательностью JK0JK000, а конец – последовательностью JK1JK100. Этот способ очень экономичен, так как не требует ни бит-стаффинга, ни поля длины, но его недостаток заключается в зависимости от принятого метода физического кодирования. При использовании избыточных кодов роль сигналов J и K играют запрещенные символы, например, в коде 4B/5B этими символами являются коды 11000 и 10001.

Каждая из трех схем имеет свои преимущества и недостатки. Флаги позволяют отказаться от специального дополнительного поля, но требуют специальных мер: либо по разрешению размещения флага в поле данных за счет бит-стаффинга, либо по использованию в качестве флага запрещенных сигналов, что делает эту схему зависимой от способа кодирования.

### ***Протоколы с гибким форматом кадра***

Для большей части протоколов характерны кадры, состоящие из служебных полей фиксированной длины. Исключение делается только

для поля данных, с целью экономной пересылки как небольших квитанций, так и больших файлов. Способ определения окончания кадра путем задания длины поля данных, рассмотренный выше, как раз рассчитан на такие кадры с фиксированной структурой и фиксированными размерами служебных полей.

Однако существует ряд протоколов, в которых кадры имеют гибкую структуру. Например, к таким протоколам относятся очень популярный прикладной протокол управления сетями SNMP, а также протокол канального уровня PPP, используемый для соединений типа «точка-точка». Кадры таких протоколов состоят из неопределенного количества полей, каждое из которых может иметь переменную длину.

### 2.2.3. Передача с установлением соединения и без установления соединения

При передаче кадров данных на канальном уровне используются как дейтаграммные процедуры, работающие без установления соединения (*connectionless*), так и процедуры с предварительным установлением логического соединения (*connection-oriented*).

При дейтаграммной передаче кадр посылается в сеть «без предупреждения», и никакой ответственности за его утерю протокол не несет (рис. 2.9, а). Предполагается, что сеть всегда готова принять кадр от конечного узла. Дейтаграммный метод работает быстро, так как никаких предварительных действий перед отправкой данных не выполняется. Однако при таком методе трудно организовать в рамках протокола отслеживание факта доставки кадра узлу назначения. Этот метод не гарантирует доставку пакета.

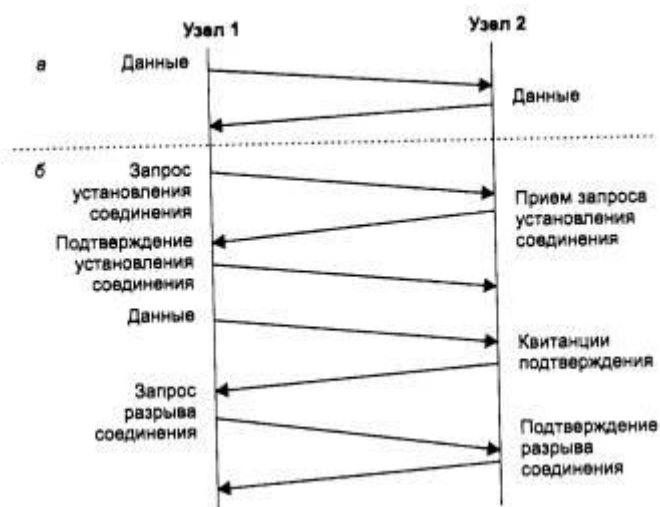


Рис. 2.9. Протоколы без установления соединения (а) и с установлением соединения (б)

Передача с установлением соединения более надежна, но требует больше времени для передачи данных и вычислительных затрат от конечных узлов.

В этом случае узлу-получателю отправляется служебный кадр специального формата с предложением установить соединение (рис. 2.9, б). Если узел-получатель согласен с этим, то он посылает в ответ другой служебный кадр, подтверждающий установление соединения и предлагающий для данного логического соединения некоторые параметры, например идентификатор соединения, максимальное значение поля данных кадров, которые будут использоваться в рамках данного соединения, и т. п.

Узел-инициатор соединения может завершить процесс установления соединения отправкой третьего служебного кадра, в котором сообщит, что предложенные параметры ему подходят. На этом логическое соединение считается установленным, и в его рамках можно передавать информационные кадры с пользовательскими данными.

После передачи некоторого законченного набора данных, например определенного файла, узел инициирует разрыв данного логического соединения, посылая соответствующий служебный кадр.

В отличие от протоколов дейтаграммного типа, которые поддерживают только один тип кадра – информационный, протоколы, работающие по процедуре с установлением соединения, должны поддерживать несколько типов кадров – служебные, для установления (и разрыва) соединения, и информационные, переносящие собственно пользовательские данные.

Логическое соединение обеспечивает передачу данных как в одном направлении – от инициатора соединения, так и в обоих направлениях.

Процедура установления соединения может использоваться для достижения различных целей:

- для взаимной аутентификации либо пользователей, либо оборудования (маршрутизаторы тоже могут иметь имена и пароли, которые нужны для уверенности в том, что злоумышленник не подменил корпоративный маршрутизатор и не отвел поток данных в свою сеть для анализа);

- для согласования изменяемых параметров протокола: MTU, различных тайм-аутов и т. п.;

- для обнаружения и коррекции ошибок. Установление логического соединения дает точку отсчета для задания начальных значений номеров кадров. При потере нумерованного кадра приемник, во-первых, получает возможность обнаружить этот факт, а во-вторых, он

может сообщить передатчику, какой в точности кадр нужно передать повторно.

В некоторых технологиях процедуру установления логического соединения используют при динамической настройке коммутаторов сети для маршрутизации всех последующих кадров, которые будут проходить через сеть в рамках данного логического соединения. Так работают сети технологий X.25, frame relay и АТМ.

Как видно из приведенного списка, при установлении соединения могут преследоваться разные цели, в некоторых случаях – несколько одновременно.

Рассмотрим использование логического соединения для обнаружения и коррекции ошибок.

#### **2.2.4. Методы повышения достоверности на канальном уровне**

Канальный уровень должен обнаруживать ошибки передачи данных, связанные с искажением бит в принятом кадре данных или с потерей кадра, и по возможности их корректировать.

Большая часть протоколов канального уровня выполняет только первую задачу – обнаружение ошибок, считая, что корректировать ошибки, то есть повторно передавать данные, содержавшие искаженную информацию, должны протоколы верхних уровней. Так работают такие популярные протоколы локальных сетей, как Ethernet, Token Ring, FDDI и другие. Однако существуют протоколы канального уровня, например LLC2 или LAP-B, которые самостоятельно решают задачу восстановления искаженных или потерянных кадров.

Очевидно, что протоколы должны работать наиболее эффективно в типичных условиях работы сети. Поэтому для сетей, в которых искажения и потери кадров являются очень редкими событиями, разрабатываются протоколы типа Ethernet, в которых не предусматриваются процедуры устранения ошибок. Действительно, наличие процедур восстановления данных потребовало бы от конечных узлов дополнительных вычислительных затрат, которые в условиях надежной работы сети являлись бы избыточными.

Напротив, если в сети искажения и потери случаются часто, то желательно уже на канальном уровне использовать протокол с коррекцией ошибок, а не оставлять эту работу протоколам верхних уровней. Протоколы верхних уровней, например транспортного или прикладного, работая с большими тайм-аутами, восстановят потерянные данные с большой задержкой. В глобальных сетях первых поколений, например сетях X.25, которые работали через ненадежные каналы связи, протоколы канального уровня всегда выполняли процедуры восстановления потерянных и искаженных кадров. Поэтому

нельзя считать, что один протокол лучше другого потому, что он восстанавливает ошибочные кадры, а другой протокол – нет. Каждый протокол должен работать в тех условиях, для которых он разработан.

### ***Методы обнаружения ошибок***

Все методы обнаружения ошибок основаны на передаче в составе кадра данных служебной избыточной информации, по которой можно судить с некоторой степенью вероятности о достоверности принятых данных. Эту служебную информацию принято называть *контрольной суммой* или (*последовательностью контроля кадра - Frame Check Sequence, FCS*).

Контрольная сумма вычисляется как функция от основной информации, причем необязательно только путем суммирования. Принимающая сторона повторно вычисляет контрольную сумму кадра по известному алгоритму и в случае ее совпадения с контрольной суммой, вычисленной передающей стороной, делает вывод о том, что данные были переданы через сеть корректно.

Существует несколько распространенных алгоритмов вычисления контрольной суммы, отличающихся вычислительной сложностью и способностью обнаруживать ошибки в данных.

*Контроль по паритету* (по четности) представляет собой наиболее простой метод контроля данных. В то же время это наименее мощный алгоритм контроля, так как с его помощью можно обнаружить только одиночные ошибки в проверяемых данных. Метод заключается в суммировании по модулю 2 всех бит контролируемой информации. Например, для данных 100101011 результатом контрольного суммирования будет значение 1. Результат суммирования также представляет собой один бит данных, который пересылается вместе с контролируемой информацией. При искажении при пересылке любого одного бита исходных данных (или контрольного разряда) результат суммирования будет отличаться от принятого контрольного разряда, что говорит об ошибке. Однако двойная ошибка, например 110101010, будет неверно принята за корректные данные. Поэтому контроль по паритету применяется к небольшим порциям данных, как правило, к каждому байту, что дает коэффициент избыточности для этого метода 1/8. Метод редко применяется в вычислительных сетях из-за его большой избыточности и невысоких диагностических способностей.

*Вертикальный и горизонтальный контроль по паритету* представляет собой модификацию описанного выше метода. Его отличие состоит в том, что исходные данные рассматриваются в виде матрицы, строки которой составляют байты данных. Контрольный разряд подсчитывается отдельно для каждой строки и для каждого



столбца матрицы. Этот метод обнаруживает большую часть двойных ошибок, однако обладает еще большей избыточностью. На практике сейчас также почти не применяется.

*Циклический избыточный контроль (Cyclic Redundancy Check, CRC)* является в настоящее время наиболее популярным методом контроля в вычислительных сетях (и не только в сетях, например, этот метод широко применяется при записи данных на диски и дискеты).

Метод основан на рассмотрении исходных данных в виде одного многоразрядного двоичного числа. Например, кадр стандарта Ethernet, состоящий из 1024 байт, будет рассматриваться как одно число, состоящее из 8192 бит. В качестве контрольной информации рассматривается остаток от деления этого числа на известный делитель  $R$ . Обычно в качестве делителя выбирается семнадцатиразрядное или тридцатитрехразрядное число, чтобы остаток от деления имел длину 16 разрядов (2 байт) или 32 разряда (4 байт).

При получении кадра данных снова вычисляется остаток от деления на тот же делитель  $R$ , но при этом к данным кадра добавляется и содержащаяся в нем контрольная сумма. Если остаток от деления на  $R$  равен нулю, то делается вывод об отсутствии ошибок в полученном кадре, в противном случае кадр считается искаженным.

*Примечание:* Существует несколько модифицированная процедура вычисления остатка, приводящая к получению в случае отсутствия ошибок известного ненулевого остатка, что является более надежным показателем корректности.

Этот метод обладает более высокой вычислительной сложностью, но его диагностические возможности гораздо выше, чем у методов контроля по паритету. Метод CRC обнаруживает все одиночные ошибки, двойные ошибки и ошибки в нечетном числе бит. Метод обладает также невысокой степенью избыточности. Например, для кадра Ethernet размером в 1024 байт контрольная информация длиной в 4 байт составляет только 0,4 %.

### ***Методы восстановления искаженных и потерянных кадров***

Используются протоколы *повторной передачи кадров*.

Цель: надежная доставка кадров по ненадежному каналу. Реализован механизм автоматического запроса повторной передачи (ARQ - Automatic Repeat Quest).

В качестве характеристики протоколов выступают - корректность и эффективность.

Кадры, не принятые корректно, посылаются повторно. Отправитель информируется об ошибках передачи с помощью таймера и подтверждений.

Протоколы повторной передачи корректны, если они позволяют получателю принять точно одну правильную копию каждого кадра.

Эффективность протокола повторной передачи равна средней скорости успешной доставки кадров ( $R_{эф}$ ), деленной на скорость передачи в канале.

*Протокол с остановкой и ожиданием (SWP - Stop-and-Wait Protocol). Данный протокол реализует алгоритм РОС-ОЖ.*

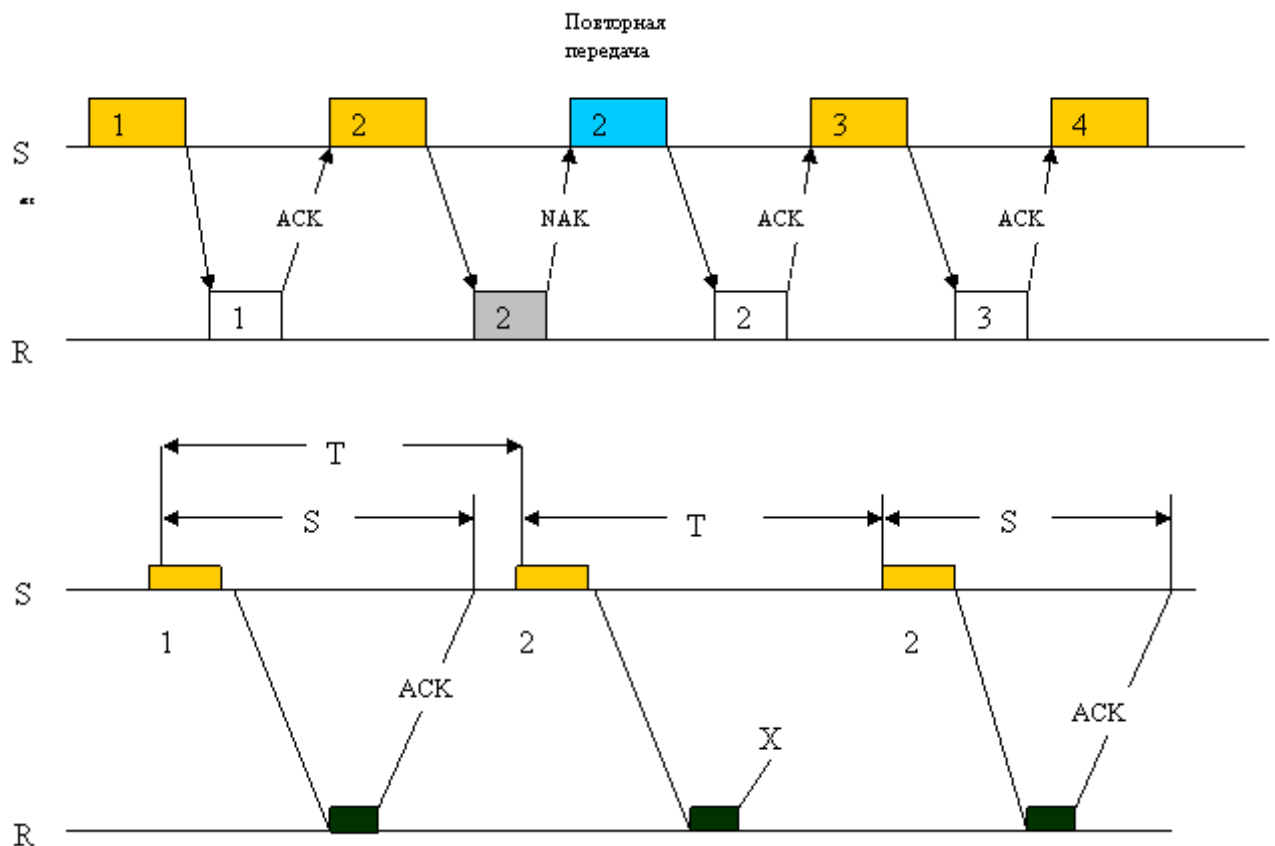


Рис. 2.10. Алгоритм работы протокола SWP

Эффективность протокола SWP равна

$$\eta = \frac{\tau}{S + T * (1-p)/p}$$

где  $\tau$  – время передачи кадра;

$p$  – вероятность того, что подтверждение поступает правильно.

*Протокол повторной передачи с возвращением на N кадров назад (GBN - Go Back N).*

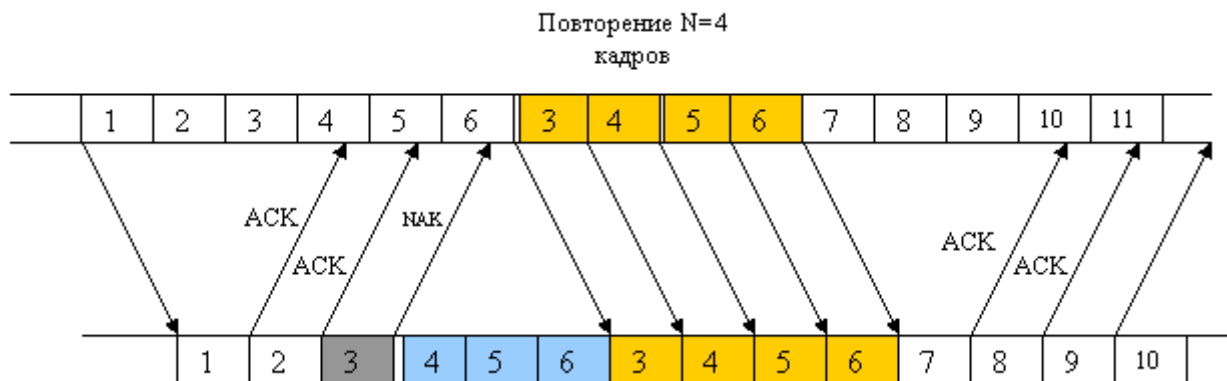


Рис. 2.11. Алгоритм работы протокола GBN

*Протокол повторной передачи с выборочным (селективным) повторением (SRP - Selective Repeat Protocol).*



Рис. 2.12. Алгоритм работы протокола SRP

### 2.2.5. Компрессия данных

*Компрессия* (сжатие) данных применяется для сокращения времени их передачи. Так как на компрессию данных передающая сторона тратит дополнительное время, к которому нужно еще прибавить аналогичные затраты времени на декомпрессию этих данных принимающей стороной, то выгоды от сокращения времени на передачу сжатых данных обычно бывают заметны только для низкоскоростных каналов. Этот порог скорости для современной аппаратуры составляет около 64 кбит/с. Многие программные и

аппаратные средства сети способны выполнять *динамическую компрессию* данных в отличие от статической, когда данные предварительно компрессируются (например, с помощью популярных архиваторов типа WinZip), а уже затем отсылаются в сеть.

На практике может использоваться ряд алгоритмов компрессии, каждый из которых применим к определенному типу данных. Некоторые модемы (называемые интеллектуальными) предлагают *адаптивную компрессию*, при которой в зависимости от передаваемых данных выбирается определенный алгоритм компрессии. Рассмотрим некоторые алгоритмы компрессии данных.

*Десятичная упаковка.* Когда данные состоят только из чисел, значительную экономию можно получить путем уменьшения количества используемых на цифру бит с 7 до 4, используя простое двоичное кодирование десятичных цифр вместо кода ASCII. Просмотр таблицы ASCII показывает, что старшие три бита всех кодов десятичных цифр содержат комбинацию 011. Если все данные в кадре информации состоят из десятичных цифр, то, поместив в заголовок кадра соответствующий управляющий символ, можно существенно сократить длину кадра.

*Относительное кодирование.* Альтернативой десятичной упаковке при передаче числовых данных с небольшими отклонениями между последовательными цифрами является передача только этих отклонений вместе с известным опорным значением.

*Символьное подавление.* Часто передаваемые данные содержат большое количество повторяющихся байт. Например, при передаче черно-белого изображения черные поверхности будут порождать большое количество нулевых значений, а максимально освещенные участки изображения – большое количество байт, состоящих из всех единиц. Передатчик сканирует последовательность передаваемых байт и, если обнаруживает последовательность из трех или более одинаковых байт, заменяет ее специальной трехбайтовой последовательностью, в которой указывает значение байта, количество его повторений, а также отмечает начало этой последовательности специальным управляющим символом.

*Коды переменной длины.* В этом методе кодирования используется тот факт, что не все символы в передаваемом кадре встречаются с одинаковой частотой. Поэтому во многих схемах кодирования коды часто встречающихся символов заменяют кодами меньшей длины, а редко встречающихся - кодами большей длины. Такое кодирование называется также статистическим кодированием. Из-за того, что символы имеют различную длину, для передачи кадра возможна только бит-ориентированная передача.

При *статистическом кодировании* коды выбираются таким образом, чтобы при анализе последовательности бит можно было бы однозначно определить соответствие определенной порции бит тому или иному символу или же запрещенной комбинации бит. Если данная последовательность бит представляет собой запрещенную комбинацию, то необходимо к ней добавить еще один бит и повторить анализ. Например, если при неравномерном кодировании для наиболее часто встречающегося символа «Р» выбран код 1, состоящий из одного бита, то значение 0 однобитного кода будет запрещенным. Иначе мы сможем закодировать только два символа. Для другого часто встречающегося символа «О» можно использовать код 01, а код 00 оставить как запрещенный. Тогда для символа «А» можно выбрать код 001, для символа «П» – код 0001 и т. п.

Вообще, неравномерное кодирование наиболее эффективно, когда неравномерность распределения частот передаваемых символов достаточно велика, как при передаче длинных текстовых строк. Напротив, при передаче двоичных данных, например кодов программ, оно малоэффективно, так как 8-битовые коды при этом распределены почти равномерно.

Одним из наиболее распространенных алгоритмов, на основе которых строятся неравномерные коды, является алгоритм Хаффмана, позволяющий строить коды автоматически, на основании известных частот символов. Существуют адаптивные модификации метода Хаффмана, которые позволяют строить дерево кодов «на ходу», по мере поступления данных от источника.

Многие модели коммуникационного оборудования, такие как модемы, мосты, коммутаторы и маршрутизаторы, поддерживают протоколы динамической компрессии, позволяющие сократить объем передаваемой информации в 4, а иногда и в 8 раз. В таких случаях говорят, что протокол обеспечивает коэффициент сжатия 4:1 или 8:1. Существуют стандартные протоколы компрессии, например V.42bis, а также большое количество нестандартных, фирменных протоколов. Реальный коэффициент компрессии зависит от типа передаваемых данных, так, графические и текстовые данные обычно сжимаются хорошо, а коды программ - хуже.

### ***Примеры протоколов сжатия данных***

*Протокол V.42bis.* Этот протокол обеспечивает коэффициент сжатия 4:1, протокол V.42bis основан на алгоритме Лемпела-Зива-Уэлча (LZW-алгоритм). Рассмотрим работу кодера LZW на примере трёхсимвольного алгоритма (а, б, в), а - код 1, б - код 2, в - код 3.

| Символ | wK   | w   | Выход        | Строка, добавляемая в словарь |
|--------|------|-----|--------------|-------------------------------|
| а      | а    | а   | -            |                               |
| б      | аб   | б   | код "а"=1    | аб - код4                     |
| а      | ба   | а   | код "б"=2    | ба - код5                     |
| б      | аб   | аб  | -            |                               |
| в      | абв  | в   | код "аб"=4   | абв - код6                    |
| б      | вб   | б   | код "в"=3    | вб - код7                     |
| а      | ба   | ба  | -            |                               |
| б      | баб  | б   | код "ба"=5   | баб - код8                    |
| а      | ба   | ба  | -            |                               |
| б      | баб  | баб | -            |                               |
| а      | баба | а   | код "баб"=8  | баба - код9                   |
| а      | аа   | а   | код "а"=1    | аа - код10                    |
| а      | аа   | аа  | -            |                               |
| а      | ааа  | а   | код "аа"=10  | ааа - код11                   |
| а      | аа   | аа  | -            |                               |
| а      | ааа  | ааа | -            |                               |
| а      | аааа | а   | код "ааа"=11 | аааа - код12                  |

*Протокол V.44.* Коэффициент сжатия 6:1. Эффективен при работе с гипертекстом. В основе протокола лежит модификация алгоритма Лемпела-Зива.

## Выводы

1. Взаимодействие пользователей со службой передачи данных осуществляется в соответствии с протоколами физического и канального уровней ЭМВОС через стыки (интерфейсы) ООД – АКД и АКД – канал связи. Такого рода интерфейсы регламентируются соответствующими рекомендациям и стандартами, например: V.24/V.28, V.35, RS-232, RS-485, USB, IrDA и другие. Стандарты и рекомендации по интерфейсам ООД – АКД определяют общие, функциональные, процедурные, электрические и механические характеристики.
2. Основной задачей протоколов канального уровня является доставка кадра узлу назначения в сети определенной технологии и достаточно простой топологии.
3. Асинхронные протоколы разрабатывались для обмена данными между низкоскоростными старт-стопными устройствами: теле-тайпами, алфавитно-цифровыми терминалами и т. п. В этих протоколах для управления обменом данными используются не кадры, а отдельные символы из нижней части кодовых таблиц ASCII или EBCDIC. Пользовательские данные могут оформляться

в кадры, но байты в таких кадрах всегда отделяются друг от друга стартовыми и стоповыми сигналами.

4. Синхронные протоколы посылают кадры, как для отправки пользовательских данных, так и для управления обменом.
5. В зависимости от способа выделения начала и конца кадра синхронные протоколы делятся на байт-ориентированные и бит-ориентированные. В первых для этой цели используются символы кодов ASCII или EBCDIC, а в последних – специальный набор бит, называемый флагом. Бит-ориентированные протоколы более рационально расходуют поле данных кадра, так как для исключения из него значения, совпадающего с флагом, добавляют к нему только один дополнительный бит, а байт-ориентированные протоколы добавляют целый символ.
6. В дейтаграммных протоколах отсутствует процедура предварительного установления соединения, и за счет этого срочные данные отправляются в сеть без задержек.
7. Протоколы с установлением соединения могут обладать многими дополнительными свойствами, отсутствующими у дейтаграммных протоколов. Наиболее часто в них реализуется такое свойство, как способность восстанавливать искаженные и потерянные кадры.
8. Для обнаружения ошибок наиболее популярны методы, основанные на циклических избыточных кодах (CRC), которые выявляют многократные ошибки.
9. Для восстановления кадров используется метод повторной передачи на основе квитанций. Этот метод работает по алгоритму с простоями источника, а также по алгоритму скользящего окна.
10. Для повышения эффективной скорости передачи данных в сетях применяется динамическая компрессия данных на основе различных алгоритмов. Коэффициент сжатия зависит от типа данных и применяемого алгоритма и может колебаться в пределах от 2:1 до 8:1.

### Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник. – С-Пб.: Питер, 2003.
2. Лагутенко О.И. Современные модемы. – М.: Эко-Трендз, 2002.
3. Мячев А.А., Степанов В.Н., Щербо В.К. Интерфейсы систем обработки данных. Справочник / Под ред. к.т.н. А.А.Мячева. – М.: Радио и связь, 1989.