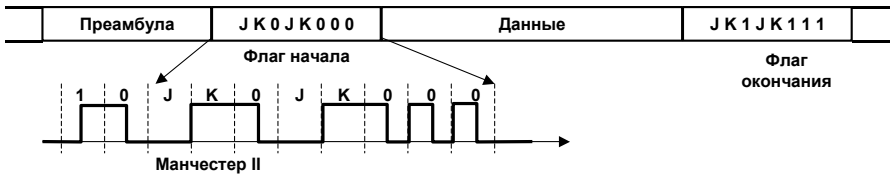
Методы передачи данных канального уровня

Дискретное кодирование данных

Выделение границ кадра с помощью бит - стаффинга

Формат кадра с указанием длины поля данных



Выделение границ кадра с запрещенными символами линейного кода

2

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

Первая схема. 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 на побитовой основе для обнаружения стартового флага, а затем во время приема для обнаружения стопового флага. Поэтому длина кадра в этом случае не обязательно кратна 8 бит.

Чтобы обеспечить 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 0 бита, — бит-стаффинга. Схема вставки бита работает на передающей стороне во время передачи поля данных кадра. Если эта схема обнаруживает, что подряд передано пять 1, то она автоматически вставляет дополнительный 0 (даже если после этих пяти 1 шел 0). Поэтому последовательность 01111110 никогда не появится в поле данных кадра. Аналогичная схема работает в приемнике и выполняет обратную функцию. Когда после пяти 1 обнаруживается 0, он автоматически удаляется из поля данных.

Во второй схеме для обозначения начала кадра имеется только стартовый флаг, а для определения конца кадра используется поле длины кадра, которое при фиксированных размерах заголовка и концевика чаще всего имеет смысл длины поля данных. 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. 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 (внизу) использует для обозначения начала и конца кадра флаги, которые включают запрещенные для данного кода сигналы (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 К). 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 (например 4B/5B) роль сигналов J и K играют запрещенные символы.

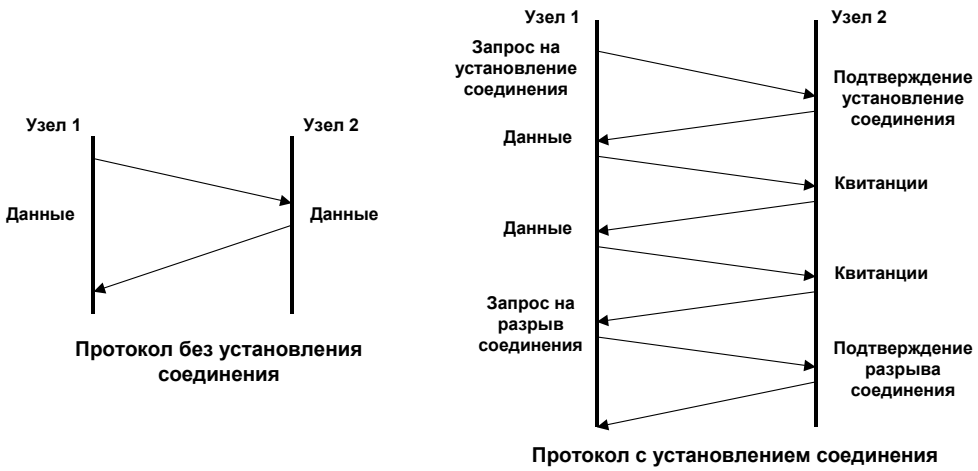
Каждая из трех схем имеет свои преимущества и недостатки. Флаги позволяют отказаться от специального дополнительного поля, но требуют специальных мер: либо бит-стаффинга, либо запрещенных сигналов, что делает эту схему зависимой от способа кодирования.

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, PPP). Кадры таких протоколов состоят из неопределенного количества полей, каждое из которых может иметь переменную длину. Начало такого кадра отмечается некоторым стандартным образом, например с помощью флага, а затем протокол последовательно просматривает поля кадра и определяет их количество и размеры. Каждое поле обычно описывается двумя дополнительными полями фиксированного размера.

Передача с установлением соединения и без установления соединения.

Дискретное кодирование данных



При передаче кадров данных на канальном уровне используются как дейтаграмные процедуры, работающие без установления соединения, так и процедуры с предварительным установлением логического соединения.

При дейтаграммной передаче кадр посылается в сеть «без предупреждения», и никакой ответственности за его утерю протокол не несет (рис. слева). Предполагается, что сеть всегда готова принять кадр.

\+ работает быстро, так как никаких предварительных действий перед отправкой данных не выполняется;

\- трудно организовать в рамках протокола отслеживание факта доставки (нет гарантии).

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. справа). Если узел-получатель согласен с этим, то он посылает в ответ другой служебный кадр, подверждающий установление соединения и предлагающий для данного логиче-кого 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.
- Для согласования изменяемых параметров протокола: окна, различные тайм-ауты 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.

Обнаружение и коррекция ошибок.

Большая часть протоколов канального уровня выполняет только одну задачу — обнаружение ошибок, считая, что корректировать ошибки, то есть повторно передавать данные, должны протоколы верхних уровней. Однако существуют протоколы канального уровня, которые самостоятельно решают задачу восстановления искаженных или потерянных кадров.

Но 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 служебной избыточной информации, по которой можно судить с некоторой степенью вероятности о достоверности принятых данных. Эту служебную информацию принято называть контрольной суммой. 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 делает вывод о том, что данные были переданы корректно. Существует несколько распространенных алгоритмов вычисления контрольной суммы, отличающихся вычислительной сложностью и способностью обнаруживать ошибки в данных.

Контроль по паритету – наиболее простой и наименее мощный метод контроля. С его помощью можно обнаружить только одиночные ошибки в проверяемых данных. Метод заключается в суммировании по модулю 2 всех бит контролируемой информации. Результат суммирования также представляет собой один бит данных. При искажении любого одного бита исходных данных (или контрольного разряда) результат суммирования будет отличаться от принятого контрольного разряда, что говорит об ошибке. Однако двойная ошибка 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 (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 семнадцати- или тридцати трехразрядное 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 нулю1, то делается вывод об отсутствии ошибок в полученном кадре, в противном случае кадр считается искаженным.

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.

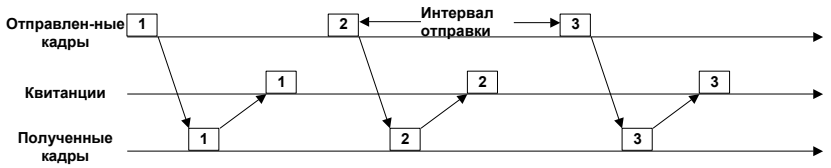
Методы коррекции ошибок в вычислительных сетях основаны на повторной передаче кадра данных.

Чтобы убедиться в необходимости повторной передачи данных,

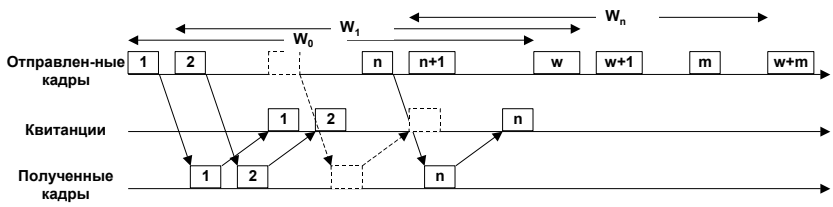
- отправитель нумерует отправляемые кадры и для каждого кадра ожидает от приемника квитанции — служебного кадра, извещающего о том, что исходный кадр был получен и данные в нем оказались корректными.
- время этого ожидания ограничено — при отправке каждого кадра передатчик запускает таймер, и, если по его истечении положительная квитанция на получена, кадр считается утерянным.
- приемник в случае получения кадра с искаженными данными может отправить отрицательную квитанцию — явное указание на то, что данный кадр нужно передать повторно.

Существуют два подхода к организации процесса обмена квитанциями: с простоями и с организацией «окна».

Обнаружение и коррекция ошибок



Метод с простоями



Метод скользящего окна

Метод с простоями требует, чтобы источник, пославший кадр, ожидал получения квитанции (положительной или отрицательной) от приемника и только после этого посылал следующий кадр (или повторял искаженный). Если же квитанция не приходит в течение тайм-аута, то кадр (или квитанция) считается утерянным и его передача повторяется. На рис. сверху видно, что в этом случае производительность обмена данными существенно снижается, — хотя передатчик и мог бы послать следующий кадр сразу же после отправки предыдущего, он обязан ждать прихода квитанции.

Второй метод называется методом **«скользящего окна»**. В этом методе для повышения коэффициента использования линии источнику разрешается передать некоторое количество кадров в непрерывном режиме, то есть в максимально возможном для источника темпе, без получения на эти кадры положительных ответных квитанций. Количество кадров, которые разрешается передавать таким образом, называется размером окна. Рисунок внизу иллюстрирует данный метод для окна размером в W кадров.

В начальный момент, когда еще не послано ни одного кадра, окно определяет диапазон кадров с номерами от 1 до W включительно. Источник начинает передавать кадры и получать в ответ квитанции. Для простоты предположим, что квитанции поступают в той же последовательности, что и кадры, которым они соответствуют. При получении первой квитанции окно сдвигается на одну позицию, определяя новый диапазон от 2 до (W+1).

Процессы отправки кадров и получения квитанций идут достаточно независимо друг от друга. Рассмотрим произвольный момент времени tn, когда источник получил квитанцию на кадр с номером n. Окно сдвинулось вправо и определило диапазон разрешенных к передаче кадров от (n+1) до (W+n). Все множество кадров, выходящих из источника, можно разделить на несколько групп:

- Кадры с номерами от1 до n уже были отправлены и квитанции на них получены, то есть они находятся за пределами окна слева.
- Кадры, начиная с номера (n+1) и кончая номером (W+n), находятся в пределах окна и потому могут быть отправлены не дожидаясь прихода какой-либо квитанции. Этот диапазон может быть разделен еще на два поддиапазона:
  - кадры с номерами от (n+1) до m которые уже отправлены, но квитанции на них еще не получены;
  - кадры с номерами от m до (W+n), которые пока не отправлены, хотя запрета на это нет.
- Все кадры с номерами, большими или равными (W+n+1), находятся за пределами окна справа и поэтому пока не могут быть отправлены.

Хотя в данном примере размер окна в процессе передачи остается постоянным, в реальных протоколах (например, TCP) можно встретить варианты данного алгоритма с изменяющимся размером окна.

Итак, при отправке кадра с номером n источнику разрешается передать еще W-1 кадров до получения квитанции на кадр n, так что в сеть последним уйдет кадр с номером (W+n-1). Если же за это время квитанция на кадр n так и не пришла, то процесс передачи приостанавливается, и по истечении некоторого тайм-аута кадр n (или квитанция на него) считается утерянным, и он передается снова.

Если же поток квитанций поступает более-менее регулярно, в пределах допуска в W кадров, то скорость обмена достигает максимально возможной величины для данного канала и принятого протокола.

Метод с простоями является частным случаем метода скользящего окна, когда размер окна равен единице.

Метод скользящего окна имеет два параметра, которые могут заметно влиять на эффективность передачи данных между передатчиком и приемником — размер окна и величина тайм-аута ожидания квитанции.

Выбор тайм-аута зависит не от надежности сети, а от задержек передачи кадров сетью.

Во многих реализациях метода скользящего окна величина окна и тайм-аут выбираются адаптивно, в зависимости от текущего состояния сети.