

## Физическая передача данных по линиям связи

1. Физическая передача данных
2. Характеристики физических каналов
3. Вопросы

### Физическая передача данных

Даже при рассмотрении простейшей сети, состоящей всего из двух машин, можно выявить многие проблемы, связанные с физической передачей сигналов по линиям связи.

В вычислительной технике для представления данных используется **двоичный код**. Внутри компьютера единицам и нулям данных соответствуют дискретные электрические сигналы.

Представление данных в виде электрических или оптических сигналов называется **кодированием**.

Существуют различные способы кодирования двоичных цифр, например **потенциальный способ**, при котором единице соответствует один уровень напряжения, а нулю — другой, или **импульсный способ**, когда для представления цифр используются импульсы различной полярности.

Аналогичные подходы применимы для кодирования данных и при передаче их между двумя компьютерами **по линиям связи**. Однако эти линии связи отличаются по своим характеристикам от линий внутри компьютера. Главное отличие внешних линий связи от внутренних состоит в их гораздо большей протяженности, а также в том, что они проходят вне экранированного корпуса по пространствам, зачастую подверженным воздействию сильных электромагнитных помех. Все это приводит к существенно большим искажениям прямоугольных импульсов (например, «заваливанию» фронтов), чем внутри компьютера.

Поэтому для надежного распознавания импульсов на приемном конце линии связи при передаче данных внутри и вне компьютера не всегда можно использовать одни и те же скорости и способы кодирования. Например, медленное нарастание фронта импульса из-за высокой емкостной нагрузки линии требует, чтобы импульсы передавались с меньшей скоростью (чтобы передний и задний фронты соседних импульсов не перекрывались, и импульс успел «дорости» до требуемого уровня).

В вычислительных сетях применяют как потенциальное, так и импульсное кодирование дискретных данных, а также специфический способ представления данных, который никогда не используется внутри компьютера, — **модуляцию** (рис. 1). При модуляции дискретная информация представляется синусоидальным сигналом той частоты, которую хорошо передает имеющаяся линия связи.

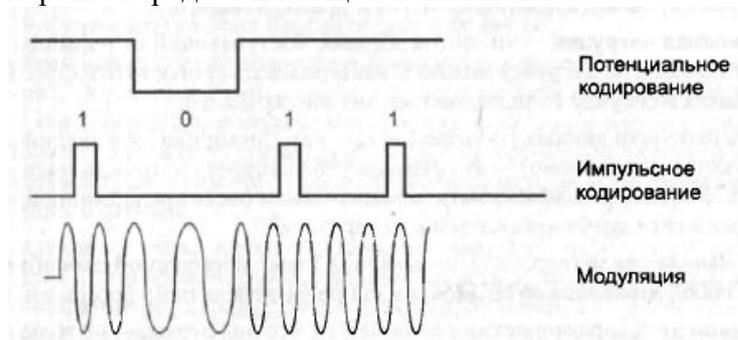


Рис. 1. Примеры представления дискретной информации

Потенциальное или импульсное кодирование применяется на каналах *высокого качества*, а модуляция на основе синусоидальных сигналов предпочтительнее в том случае, когда канал вносит сильные искажения в передаваемые сигналы. Например,

модуляция используется в глобальных сетях при передаче данных через аналоговые телефонные каналы связи, которые были разработаны для передачи голоса в аналоговой форме и поэтому плохо подходят для непосредственной передачи импульсов.

На способ передачи сигналов влияет и *количество проводов* в линиях связи между компьютерами. Для снижения стоимости линий связи в сетях обычно стремятся к сокращению количества проводов и из-за этого передают все биты одного байта или даже нескольких байтов не параллельно, как это делается внутри компьютера, а последовательно (побитно), для чего достаточно всего одной пары проводов.

Еще одной проблемой, которую нужно решать при передаче сигналов, является проблема взаимной **синхронизации** передатчика одного компьютера с приемником другого. При организации взаимодействия модулей внутри компьютера эта проблема решается очень просто, так как в этом случае все модули синхронизируются от общего тактового генератора. Проблема синхронизации при связи компьютеров может решаться разными способами, как путем обмена специальными тактовыми синхроимпульсами по отдельной линии, так и путем периодической синхронизации заранее обусловленными кодами или импульсами характерной формы, отличающейся от формы импульсов данных.

Несмотря на предпринимаемые меры (выбор соответствующей скорости обмена данными, линий связи с определенными характеристиками, способа синхронизации приемника и передатчика), существует вероятность искажения некоторых битов передаваемых данных. Для повышения надежности передачи данных между компьютерами, как правило, используется стандартный прием — подсчет **контрольной суммы** и передача полученного значения по линиям связи после каждого байта или после некоторого блока байтов. Часто в протокол обмена данными включается как обязательный элемент **сигнал-квитанция**, который подтверждает правильность приема данных и посылается от получателя отправителю.

### **Характеристики физических каналов**

Существует большое количество характеристик, связанных с передачей трафика через физические каналы. С некоторыми мы уже познакомились.

- **Предложенная нагрузка** — это поток данных, поступающий от пользователя на вход сети. Предложенную нагрузку можно характеризовать скоростью поступления данных в сеть в битах в секунду (или килобитах, мегабитах и т. д.).

- **Скорость передачи данных** (information rate или throughput, оба английских термина используются равноправно) — это *фактическая* скорость потока данных, прошедшего через сеть. Эта скорость может быть меньше, чем скорость предложенной нагрузки, так как данные в сети могут искажаться или теряться.

- **Емкость канала связи** (capacity), называемая также **пропускной способностью**, представляет собой *максимально возможную* скорость передачи информации по каналу. Спецификой этой характеристики является то, что она отражает не только параметры *физической среды передачи*, но и особенности *выбранного способа передачи* дискретной информации по этой среде. Например, емкость канала связи в сети Ethernet на оптическом волокне равна 10 Мбит/с. Эта скорость является предельно возможной для сочетания технологии Ethernet и оптического волокна. Однако для того же самого оптического волокна можно разработать другую технологию передачи данных, отличающуюся способом кодирования данных, тактовой частотой и другими параметрами, которая будет иметь другую емкость. Так, технология Fast Ethernet обеспечивает передачу данных по тому же оптическому волокну с максимальной скоростью 100 Мбит/с, а технология Gigabit Ethernet — 1000 Мбит/с. Передатчик коммуникационного устройства должен работать со скоростью, равной пропускной способности канала. Эта скорость иногда называется **битовой скоростью передатчика** (bit rate of transmitter).

- **Полоса пропускания** (bandwidth) — этот термин может ввести в заблуждение, потому что он используется в двух разных значениях. Во-первых, с его помощью могут характеризовать *среду передачи*. В этом случае он означает ширину полосы частот,

которую линия передает без существенных искажений. Из этого определения понятно происхождение термина. Во-вторых, термин «полоса пропускания» используется как синоним термина *емкость канала связи*. В первом случае полоса пропускания измеряется в герцах (Гц), во втором — в битах в секунду. Различать значения термина нужно по контексту, хотя иногда это достаточно трудно. Конечно, лучше было бы применять разные термины для различных характеристик, но существуют традиции, которые изменить трудно. Такое двойное использование термина «полоса пропускания» уже вошло во многие стандарты и книги, поэтому и в данной книге мы будем следовать сложившемуся подходу. Нужно также учитывать, что этот термин в его втором значении является даже более распространенным, чем емкость, поэтому из этих двух синонимов мы будем использовать полосу пропускания.

Еще одна группа характеристик канала связи связана с возможностью передачи информации по каналу в одну или обе стороны.

При взаимодействии двух компьютеров обычно требуется передавать информацию в обоих направлениях, от компьютера *A* к компьютеру *B* и обратно. Даже в том случае, когда пользователю кажется, что он только получает информацию (например, загружает музыкальный файл из Интернета) или только ее передает (отправляет электронное письмо), обмен информации идет в двух направлениях. Просто существует основной поток данных, которые интересуют пользователя, и вспомогательный поток противоположного направления, который образуют квитанции о получении этих данных.

Физические каналы связи делятся на несколько типов в зависимости от того, могут они передавать информацию в обоих направлениях или нет.

- **Дуплексный канал** обеспечивает одновременную передачу информации в обоих направлениях. Дуплексный канал может состоять из двух физических сред, каждая из которых используется для передачи информации только в одном направлении. Возможен вариант, когда одна среда служит для одновременной передачи встречных потоков, в этом случае применяют дополнительные методы выделения каждого потока из суммарного сигнала.

- **Полудуплексный канал** также обеспечивает передачу информации в обоих направлениях, но не одновременно, а по очереди. То есть в течение определенного периода времени информация передается в одном направлении, а в течение следующего периода — в обратном.

- **Симплексный канал** позволяет передавать информацию только в одном направлении.

Часто дуплексный канал состоит из двух симплексных каналов.

### Вопросы

1. Что такое кодирование?
2. Какие способы кодирования существуют?
3. Что такое модуляция?
4. Что влияет на способ передачи информации?
5. Какой стандартный прием используется для повышения надежности передачи данных между компьютерами?
6. Какой обязательный элемент, который подтверждает правильность приема данных и посылается от получателя отправителю, включается в последовательность передаваемых данных?
7. Перечислите характеристики физических каналов?
8. Охарактеризуйте емкость канала связи.
9. Охарактеризуйте такую характеристику, как полоса пропускания.
10. На какие типы делятся физические каналы связи в зависимости от направления передачи информации?