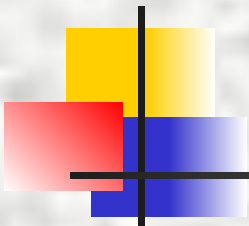


# Лекция 2

## Телекоммуникационные системы

### Основные сведения

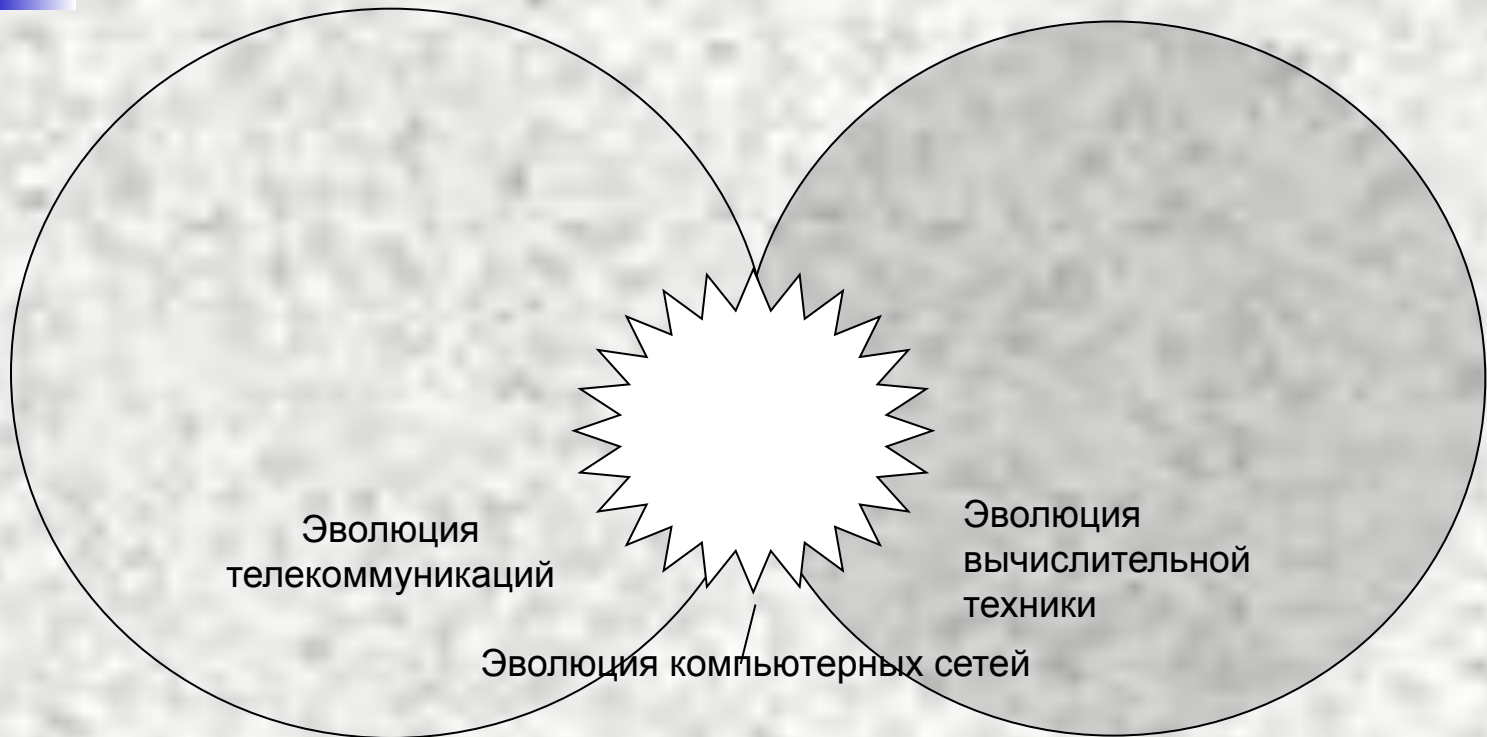


#### *Содержание*

1. Основные сведения о телекоммуникационных системах
2. Коммутация в сетях
3. Маршрутизация пакетов в сетях
4. Защита от ошибок в сетях

# Два корня компьютерных сетей

Вычислительная и телекоммуникационная технологии



Эволюция компьютерных сетей на стыке вычислительной техники и телекоммуникационных технологий



# Телекоммуникационные системы

---

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

Основная функция телекоммуникационных систем (ТКС), или территориальных сетей связи (ТСС), заключается в организации оперативного и надежного обмена информацией между абонентами, а также в сокращении затрат на передачу данных.

Понятие «территориальная» означает, что сеть связи распределена на значительной территории. Она создается в интересах всего государства, учреждения, предприятия или фирмы, имеющих отделения по району, области или по всей стране.

Главный показатель эффективности функционирования телекоммуникационных систем — *время доставки информации*.

Он зависит от *ряда факторов*: ● структуры сети связи, ● пропускной способности линий связи, ● способов соединения каналов связи между взаимодействующими абонентами, ● протоколов информационного обмена, ● методов доступа абонентов к передающей среде, ● методов маршрутизации пакетов и др.

# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

*Характерные особенности территориальных сетей связи:*

- разнотипность каналов связи — от проводных каналов тональной частоты (телефона) до оптоволоконных и спутниковых;
- ограниченность числа каналов связи между удаленными абонентами, по которым необходимо обеспечить обмен данными, телефонную связь, видеосвязь, обмен факсимильными сообщениями;
- наличие такого критически важного ресурса, как пропускная способность каналов связи.

Следовательно, *территориальная сеть связи (ТСС)* — это географически распределенная сеть, объединяющая в себе функции традиционных сетей передачи данных (СПД), телефонных сетей и предназначенная для передачи трафика различной природы, с разными вероятностно-временными характеристиками.



# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

**Типы сетей, линий и каналов связи.** В ТКС используются сети связи — телефонные, телеграфные, телевизионные, спутниковые. В качестве линий связи применяются: *кабельные* (телефонные линии, витая пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптические линии), *радиорелейные* и *радиолинии*.

Среди *кабельных линий* связи наилучшие показатели имеют **световоды** (т.е. волоконно-оптические линии).

Основные их преимущества:

- высокая пропускная способность (сотни мегабит в секунду);
- нечувствительность к внешним полям и отсутствие собственных излучений;
- низкая трудоемкость прокладки оптического кабеля;
- искро-, взрыво- и пожаробезопасность;
- повышенная устойчивость к агрессивным средам;
- небольшая удельная масса;
- различные области применения.

Недостатки:

- передача сигналов осуществляется только в одном направлении;
- подключение дополнительных ЭВМ значительно ослабляет сигнал;
- необходимые для световодов высокоскоростные модемы дороги;
- световоды, соединяющие ЭВМ, должны снабжаться преобразователями электрических сигналов в световые и обратно.

# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

В телекоммуникационных системах нашли применение следующие **ТИПЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ:**

- симплексные, когда передатчик и приемник связываются одним каналом связи, по которому информация передается только в одном направлении (это характерно для ТВ сетей связи);
- полудуплексные, когда два узла связи соединены также одним каналом, по которому информация передается попеременно то в одном направлении, то в противоположном (это характерно для информационно-справочных, запросно-ответных систем);
- дуплексные, когда два узла связи соединены двумя каналами (прямым и обратным), по которым информация одновременно передается в противоположных направлениях. Дуплексные каналы применяются в системах с решающей и информационной обратной связью.

# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

**Коммутируемые и выделенные каналы связи.** В сетях (ТКС, ТСС) различают выделенные (некоммутируемые) каналы связи и каналы с коммутацией на время передачи по ним информации.

При использовании **выделенных каналов связи** приемопередающая аппаратура узлов связи постоянно соединена между собой. Этим обеспечивается высокая степень готовности системы к передаче информации, более высокое качество связи, поддержка большого объема трафика. Из-за сравнительно больших расходов на эксплуатацию сетей с выделенными каналами связи их рентабельность достигается только при условии достаточно полной загрузки каналов.

Для **коммутируемых каналов связи**, создаваемых только на время передачи фиксированного объема информации, характерны высокая гибкость и сравнительно небольшая стоимость.

Недостатки таких каналов: ● потери времени на коммутацию (установление связи между абонентами), ● возможность блокировки из-за занятости отдельных участков линии связи, ● более низкое качество связи, ● большая стоимость при значительном объеме трафика.



# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

---

### **Аналоговое и цифровое кодирование цифровых данных.**

Пересылка данных от одного узла сети к другому осуществляется последовательной передачей всех битов сообщения от источника к пункту назначения. Физически информационные биты передаются в виде аналоговых или цифровых электрических сигналов.

**Аналоговыми** называются сигналы, которые могут представлять бесчисленное количество значений некоторой величины в пределах ограниченного диапазона.

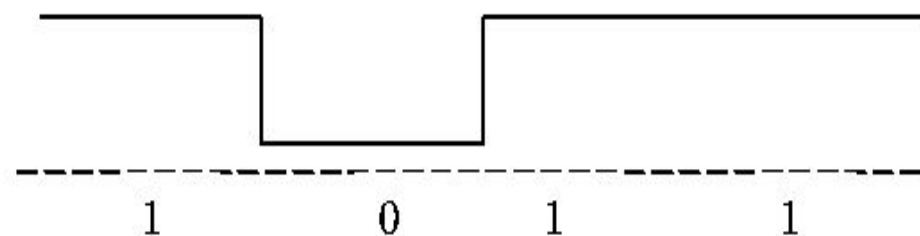
**Цифровые (дискретные)** сигналы могут иметь одно значение или конечный набор значений.

При работе с аналоговыми сигналами для передачи закодированных данных используется аналоговый несущий сигнал синусоидальной формы, а при работе с цифровыми сигналами — двух- и многоуровневый дискретный сигнал. Аналоговые сигналы менее чувствительны к искажению, обусловленному затуханием в передающей среде, зато кодирование и декодирование данных проще осуществляется для цифровых сигналов.

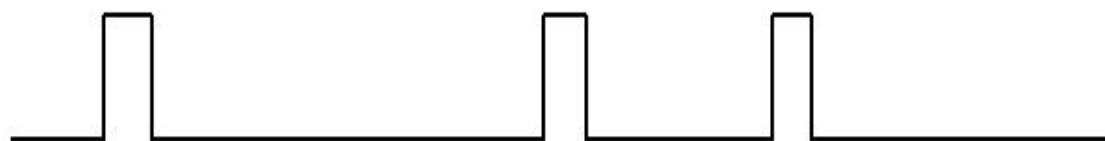


# Физическая передача данных по линиям связи

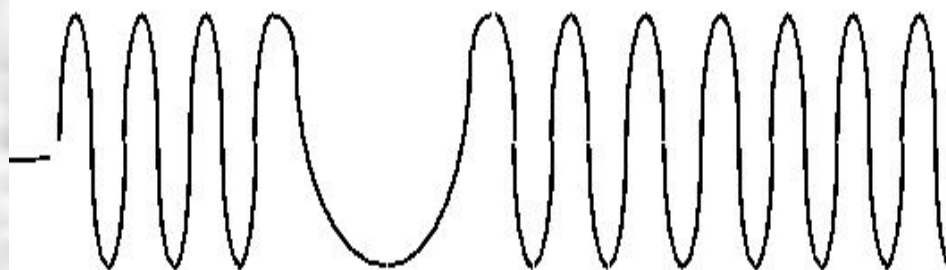
## Кодирование



*Потенциально  
кодирование*



*Импульсное  
кодирование*



*частотная  
модуляция*

# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

**Синхронизация элементов сети** — это часть протокола связи. В процессе синхронизации обеспечивается синхронная работа аппаратуры приемника и передатчика, при которой приемник осуществляет выборку поступающих информационных битов строго в моменты их прихода. Различают синхронную передачу, асинхронную передачу и передачу с автоподстройкой.

**Синхронная передача** отличается наличием дополнительной линии связи (кроме основной) для передачи синхронизирующих импульсов (СИ) стабильной частоты. Выдача битов данных передатчиком и выборка сигналов приемником производятся в моменты появления СИ. Это надежно, но необходима дополнительная линия.

**Асинхронная передача** не требует дополнительной линии. Передача осуществляется небольшими фиксированными блоками, а для синхронизации используется старт-бит.

**В передаче с автоподстройкой** синхронизация достигается за счет использования самосинхронизирующих кодов (СК). Кодирование передаваемых данных с помощью СК заключается в том, чтобы обеспечить регулярные и частые изменения уровней сигнала в канале. Каждый переход используется для подстройки приемника.

# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

**Спутниковые сети связи (ССС).** Космические аппараты (КА) связи запускаются на высоту 36 000 км и находятся на геостационарной орбите, плоскость которой параллельна плоскости экватора.

Три таких КА обеспечивают охват почти всей поверхности Земли.

Взаимодействие между абонентами СССР осуществляется по цепи:

*АС-отправитель информации — > передающая наземная станция — > —> спутник —> приемная наземная станция — > АС-получатель.*

Одна наземная станция обслуживает группу близлежащих АС.

Для управления передачей данных между спутником и наземными станциями используются следующие способы.

1. Обычное мультиплексирование с частотным и временным разделением.
2. Обычная дисциплина «первичный/вторичный» с использованием или без использования методов и средств опроса/выбора.
3. Равноранговые дисциплины управления с равным правом доступа к каналу в условиях соперничества за канал.



# Телекоммуникационные системы

## 1. Основные сведения о телекоммуникационных системах

### Основные преимуществам спутниковых сетей связи:

- большая пропускная способность, обусловленная работой спутников в широком диапазоне гигагерцовых частот. Спутник может поддерживать несколько тысяч речевых каналов связи;
- обеспечение связи между станциями, расположенными на очень больших расстояниях, и возможность обслуживания абонентов в самых труднодоступных точках;
- независимость стоимости передачи информации от расстояния между абонентами;
- возможность построения сети без физически реализованных коммутационных устройств.

### Недостатки спутниковых сетей связи:

- необходимость затрат средств и времени на обеспечение конфиденциальности передачи данных;
- наличие задержки приема радиосигнала наземной станцией из-за больших расстояний между спутником и стацией связи;
- возможность взаимного искажения радиосигналов от наземных станций, работающих на соседних частотах;
- подверженность сигналов влиянию различных атмосферных явлений.



# Телекоммуникационные системы

---

## 2. Коммутация в сетях

Коммутация является жизненно важным элементом связи абонентских систем (АС) между собой и с центрами управления, обработки и хранения информации в сетях. Узлы сети подключаются к некоторому коммутирующему оборудованию, избегая таким образом необходимости создания специальных линий связи.

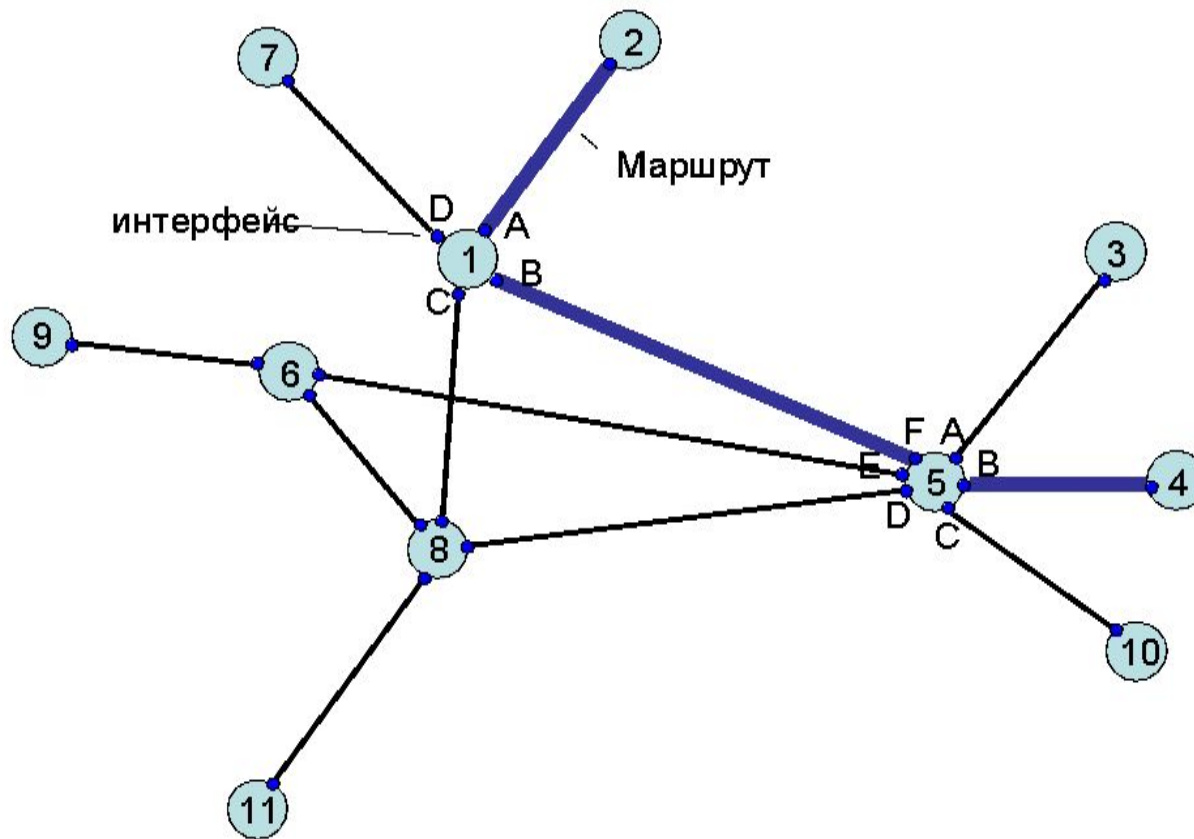
**Коммутируемой транспортной сетью** называется сеть, в которой между двумя (или более) конечными пунктами устанавливается связь по запросу.

Примером такой сети является *коммутируемая телефонная сеть*.

Существуют следующие методы коммутации:

- коммутация цепей (каналов);
- коммутация с промежуточным хранением, разделяемая на коммутацию сообщений и коммутацию пакетов.

# Коммутация абонентов через сеть транзитных узлов







# Телекоммуникационные системы

## 2. Коммуникация в сетях

---

**Коммутация каналов (цепей).** При коммутации каналов (цепей) между связываемыми конечными пунктами на протяжении всего временного интервала соединения обеспечивается обмен в реальном масштабе времени, причем биты передаются с неизменной скоростью по каналу с постоянной полосой пропускания.

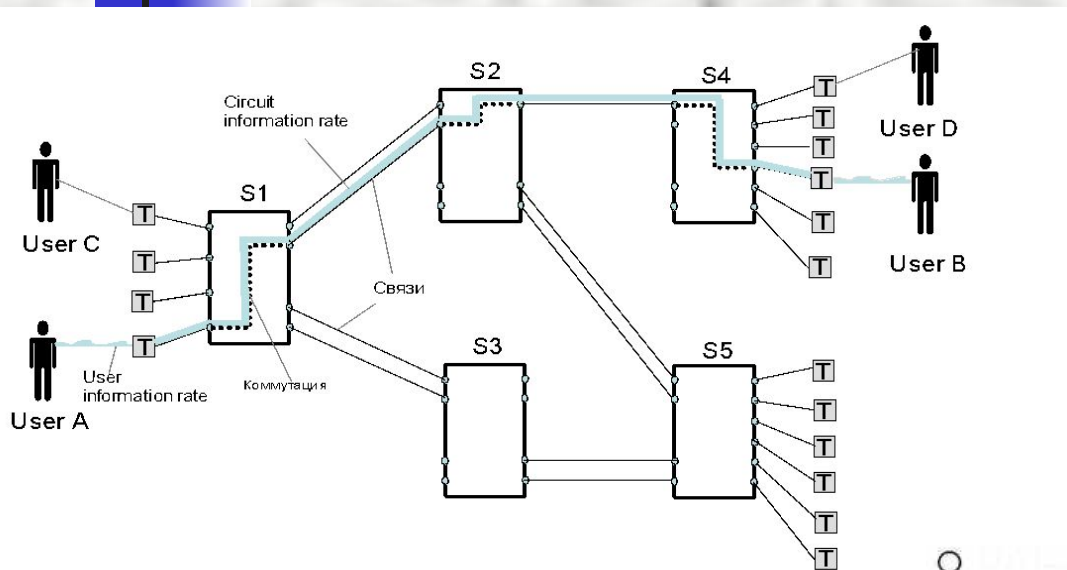
Преимущества метода коммутации цепей:

- отработанность технологии коммутации цепей;
- работа в диалоговом режиме и в реальном масштабе времени;
- обеспечение прозрачности независимо от числа соединений между АС;
- широкая область применения.

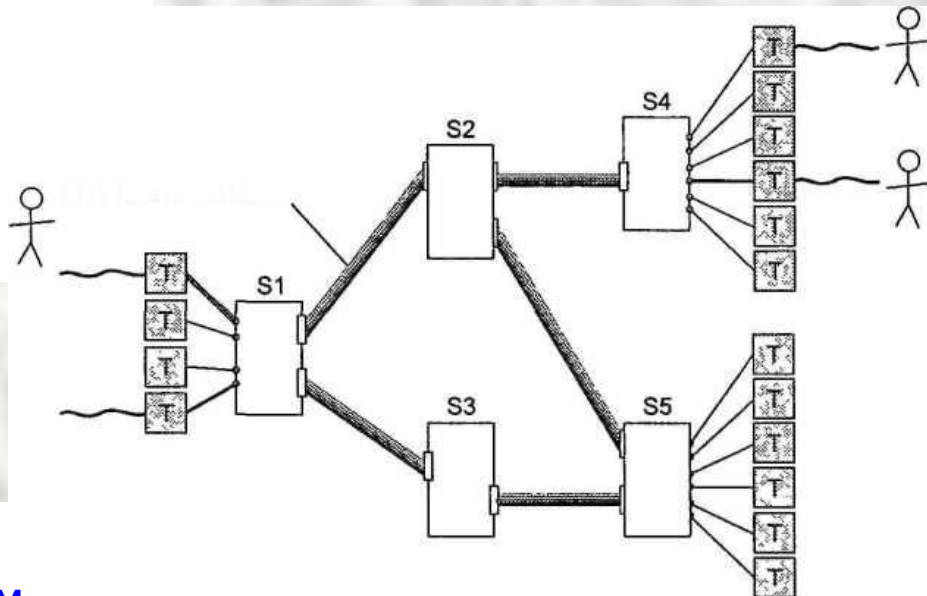
Недостатки метода коммутации цепей:

- длительное время установления сквозного канала связи из-за возможного ожидания освобождения отдельных его участков;
- необходимость повторной передачи сигнала вызова из-за занятости коммутационного устройства в цепочке прохождения сигнала;
- отсутствие возможности выбора скоростей передачи информации;
- возможность монополизации канала одним источником информации;
- наращивание функций и возможностей сети ограничено;
- не обеспечивается равномерность загрузки каналов связи.<sup>15</sup>

# Коммутация каналов



Коммутация каналов без мультиплексирования



Коммутация каналов с мультиплексированием



# Телекоммуникационные системы

## 2. Коммуникация в сетях

---

**Коммутация сообщений** – ранний метод передачи данных (применяется в электронной почте, новостях). Технология - «запомнить и послать». Сообщение целиком сохраняет свою целостность в процессе его прохождения от одного узла к другому вплоть до пункта назначения, а транзитный узел не может начинать дальнейшую передачу части сообщения, если оно еще принимается.

Преимущества метода:

- отсутствие необходимости в заблаговременном установлении канала;
- формирование маршрута из участков с различной пропускной способностью;
- реализация систем обслуживания запросов с учетом их приоритетов;
- возможность сглаживания пиковых нагрузок запоминанием потоков;
- отсутствие потерь запросов на обслуживание.

Недостатки:

- необходимость реализации серьезных требований к емкости памяти в узлах связи для приема больших сообщений;
- недостаточные возможности по реализации диалогового режима и работы в реальном масштабе времени при передаче данных;
- каналы используются менее эффективно по сравнению с др. методами.





# Телекоммуникационные системы

## 2. Коммуникация в сетях

**Коммутация пакетов** сочетает в себе преимущества коммутации каналов и коммутации сообщений.

Ее основные цели: ● обеспечение полной доступности сети и приемлемого времени реакции на запрос для всех пользователей, ● сглаживание асимметричных потоков между пользователями, ● обеспечение мультиплексирования возможностей каналов связи и портов компьютеров сети, ● рассредоточение критических компонентов сети.

Данные разбиваются на короткие **пакеты** фиксированной длины. Каждый пакет снабжается протокольной информацией: коды начала и окончания пакета, адреса отправителя и получателя, номер пакета в сообщении, информация для контроля достоверности передаваемых данных.

Независимые пакеты одного сообщения могут передаваться одновременно по различным маршрутам в составе **дейтаграмм**. Пакеты доставляются в пункт назначения, где из них формируется первоначальное сообщение.

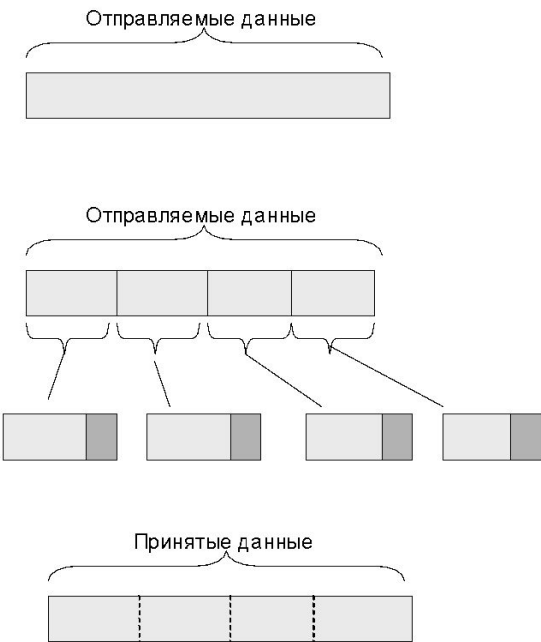
В отличие от коммутации сообщений коммутация пакетов позволяет:

- увеличить количество подключаемых станций;
- легче преодолеть трудности с подключением дополнительных линий связи;
- осуществлять альтернативную маршрутизацию, что создает повышенные удобства для пользователей;
- существенно сократить время на передачу данных, повысить пропускную способность и эффективность использования сетевых ресурсов.

*Сейчас пакетная коммутация является основной для передачи данных.*

# Коммутация пакетов

## Разбиение потока данных на пакеты



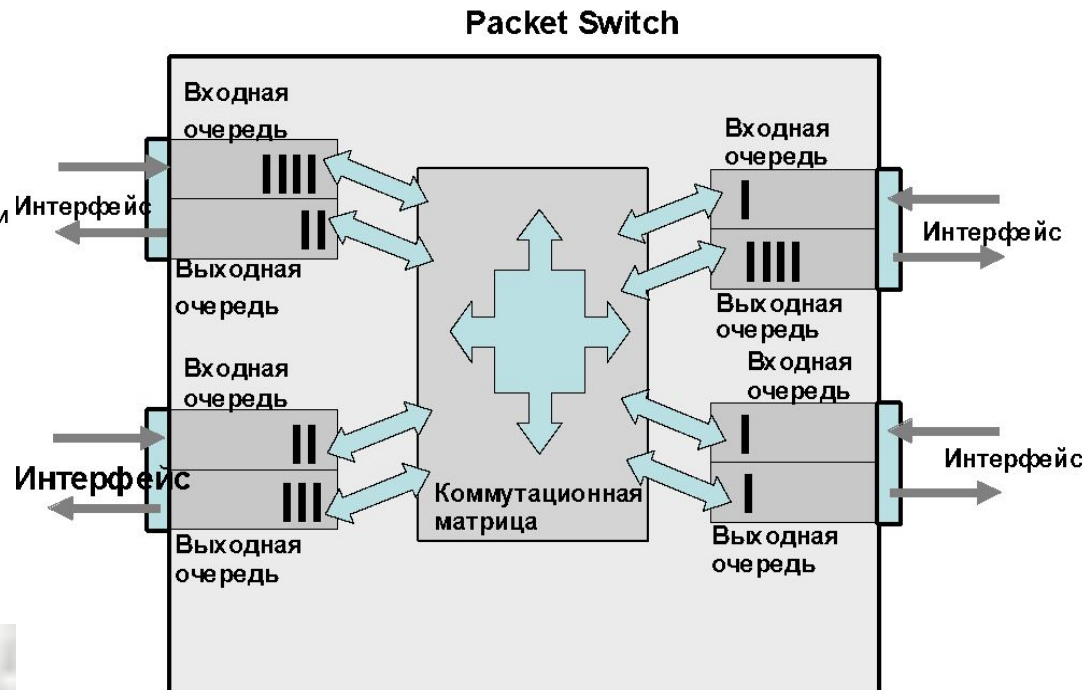
1 этап – исходное сообщение на узле отправителя

2 этап – разбиение сообщения на части

3 этап – образование пакетов

4 этап – сборка пакетов на узле назначения

## Очереди в пакетном коммутаторе





# Телекоммуникационные системы

## 2. Коммуникация в сетях

---

### Вывод по разделу

Анализ рассмотренных коммутационных технологий позволяет сделать вывод о возможности разработки комбинированного метода коммутации, основанного на использовании в определенном сочетании принципов коммутации сообщений, пакетов и обеспечивающего более эффективное управление разнородным трафиком.

# Телекоммуникационные системы



## 3. Маршрутизация пакетов в сетях

**Сущность, цели и способы маршрутизации.** Задача маршрутизации состоит в выборе маршрута для передачи от отправителя к получателю. Речь идет, прежде всего, о сетях с произвольной (ячеистой) топологией, в которых реализуется коммутация пакетов. Однако в современных сетях со смешанной топологией (звездно-кольцевой, звездно-шинной, многосегментной) реально стоит и решается задача выбора маршрута для передачи кадров, для чего используются соответствующие средства, например маршрутизаторы.

В виртуальных сетях задача маршрутизации при передаче сообщения, расчленяемого на пакеты, решается единственный раз, когда устанавливается виртуальное соединение между отправителем и получателем.

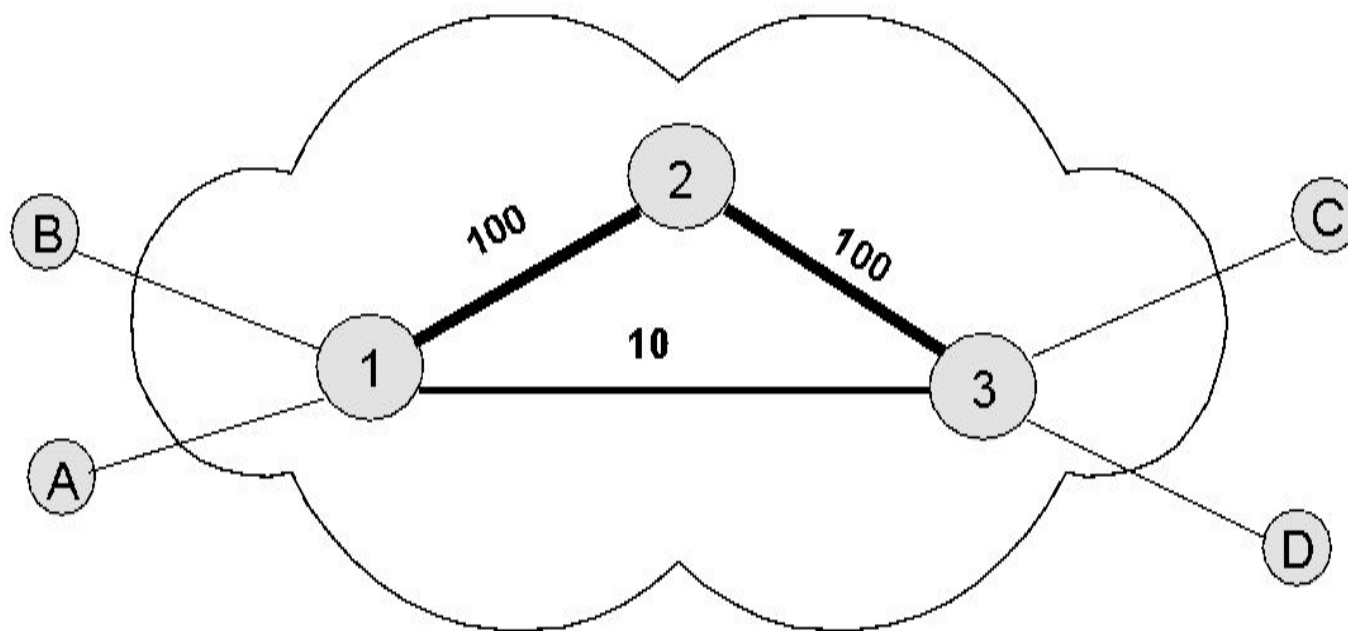
В дейтаграммных сетях, где данные передаются в форме дейтаграмм, маршрутизация выполняется для каждого отдельного пакета.

Выбор маршрутов в узлах связи телекоммуникационных сетей производится в соответствии с реализуемым алгоритмом (методом) маршрутизации.



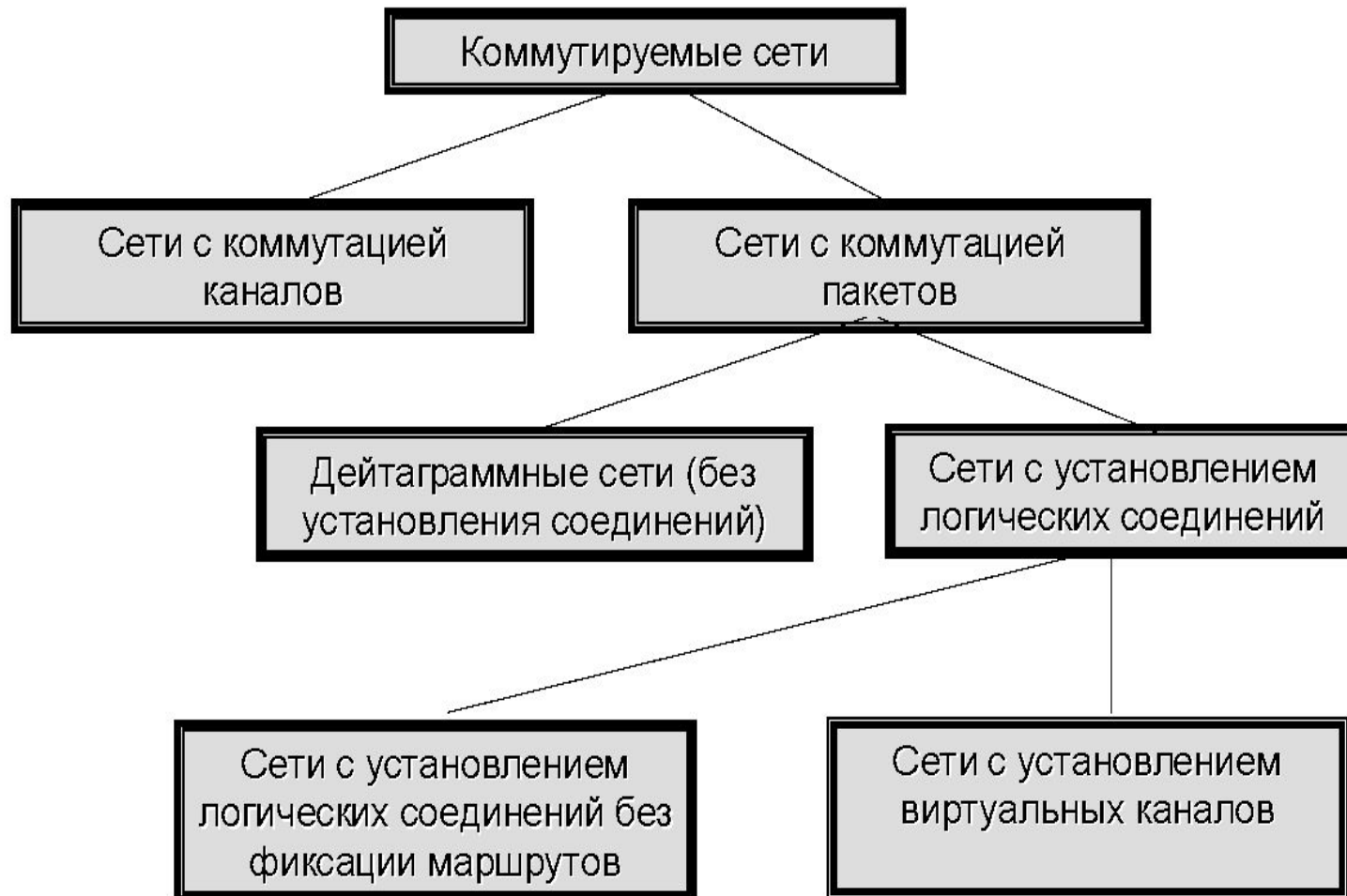
# Маршрутизация

## Выбор маршрута



Выбирается маршрут, обеспечивающий максимальную пропускную способность.  
На рис. – это маршрут с пропускной способностью в 100 Мбит/сек

## Методы продвижения пакетов





# Телекоммуникационные системы

## 3. Маршрутизация пакетов в сетях

---

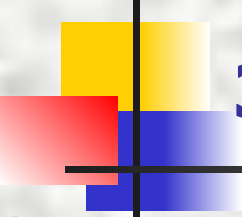
**Алгоритм маршрутизации** — это правило назначения выходной линии связи для передачи пакета, базирующееся на информации, содержащейся в заголовке пакета (адреса отправителя и получателя), информации о загрузке этого узла (длина очередей пакетов) и сети в целом.

Основные цели маршрутизации заключаются в обеспечении:

- минимальной задержки пакета при его передаче от отправителя к получателю;
- максимальной пропускной способности сети;
- максимальной защиты пакета от угроз для содержащейся в нем информации;
- надежности доставки пакета адресату;
- минимальной стоимости передачи пакета адресату.

Различают следующие способы маршрутизации:

- **централизованная маршрутизация;**
- **распределенная (децентрализованная) маршрутизация;**
- **смешанная маршрутизация**



# Телекоммуникационные системы

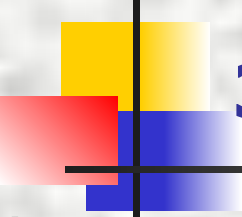
## 3. Маршрутизация пакетов в сетях

---

- 1. Централизованная маршрутизация** реализуется в сетях с централизованным управлением. Выбор маршрута для каждого пакета осуществляется в центре управления сетью, а узлы сети связи только воспринимают и реализуют результаты решения задачи маршрутизации. Такое управление маршрутизацией уязвимо к отказам центрального узла и не отличается высокой гибкостью.
- 2. Распределенная (децентрализованная) маршрутизация** выполняется в сетях с децентрализованным управлением. Функции управления маршрутизацией распределены между узлами сети, которые располагают для этого соответствующими средствами. Распределенная маршрутизация сложнее централизованной, но отличается большей гибкостью.
- 3. Смешанная маршрутизация** характеризуется тем, что в ней в определенном соотношении реализованы принципы централизованной и распределенной маршрутизации.

Задача маршрутизации в сетях решается при условии, что кратчайший маршрут, обеспечивающий передачу пакета за минимальное время, зависит от топологии сети, пропускной способности и нагрузки на линии связи.





# Телекоммуникационные системы

## 3. Маршрутизация пакетов в сетях

---

**Методы маршрутизации** - простая, фиксированная и адаптивная.  
Разница между ними — в степени учета изменения топологии и нагрузки сети при выборе маршрута.

**1. Простая маршрутизация** отличается тем, что при выборе маршрута не учитывается ни изменение топологии сети, ни изменение ее нагрузки. Она не обеспечивает направленной передачи пакетов и имеет низкую эффективность. Ее преимущества - простота реализации и обеспечение устойчивой работы сети при выходе из строя отдельных ее элементов. Практическое применение получили:

- случайная маршрутизация - для передачи пакета выбирается *одно случайное свободное* направление. Пакет «блуждает» по сети и с конечной вероятностью достигает адресата.
- лавинная маршрутизация предусматривает передачу пакета из узла *по всем свободным* выходным линиям. Имеет место явление «размножения» пакета. Основное преимущество такого метода — гарантированное обеспечение оптимального времени доставки пакета адресату. Метод может использоваться в незагруженных сетях, когда требования по минимизации времени и надежности доставки пакетов достаточно высоки.

# Телекоммуникационные системы

## 3. Маршрутизация пакетов в сетях

**2. Фиксированная маршрутизация** - при выборе маршрута учитывается изменение топологии сети и не учитывается изменение ее нагрузки. Для каждого узла назначения направление передачи выбирается по *таблице кратчайших маршрутов*. Отсутствие адаптации к изменению нагрузки приводит к задержкам пакетов сети. Различают однопутевую и многопутевую фиксированные маршрутизации. Первая строится на основе единственного пути передачи пакетов между двумя абонентами, что сопряжено с неустойчивостью к отказам и перегрузкам, а вторая — на основе нескольких возможных путей между двумя абонентами, из которых выбирается наиболее предпочтительный путь. Фиксированная маршрутизация применяется в сетях с мало изменяющейся топологией и установившимися потоками пакетов.

**3. Адаптивная маршрутизация** отличается тем, что принятие решения о направлении передачи пакетов осуществляется с учетом изменения как топологии, так и нагрузки сети. Существуют несколько модификаций адаптивной маршрутизации, различающихся тем, какая именно информация используется при выборе маршрута. Получили распространение ● локальная, ● распределенная, ● централизованная и ● гибридная адаптивная маршрутизация (смысл ясен из названия).



# Телекоммуникационные системы

---

## 4. Защита от ошибок в сетях

При передаче данных одна ошибка на тысячу переданных сигналов может серьезно отразиться на качестве информации.

Существует множество методов обеспечения достоверности передачи информации (защиты от ошибок), отличающихся:

- по используемым средствам,
- по затратам времени на их применение,
- по степени обеспечения достоверности передачи информации.

Практическое воплощение методов состоит из двух частей — программной и аппаратной. Соотношение между ними может быть самым различным, вплоть до почти полного отсутствия одной из частей.

Основные **причины возникновения ошибок** при передаче в сетях:

- сбои в какой-то части оборудования сети или возникновение неблагоприятных событий в сети. Система передачи данных готова к такому и устраняет их с помощью предусмотренных планом средств;
- помехи, вызванные внешними источниками и атмосферными явлениями.



# Телекоммуникационные системы

## 4. Защита от ошибок в сетях

Среди многочисленных методов защиты от ошибок выделяются **три группы методов**: • групповые методы, помехоустойчивое кодирование и методы защиты от ошибок в системах передачи с обратной связью. •

Из **групповых методов** получили широкое применение мажоритарный метод и метод передачи информационными блоками с количественной характеристикой блока.

Суть мажоритарного метода состоит в том, что каждое сообщение передается несколько раз (чаще три раза). Сообщения запоминаются и сравниваются, правильное выбирают по совпадению «2 из 3».

Другой групповой метод, также не требующий перекодирования информации, предполагает передачу данных блоками с количественной характеристикой блока (число единиц или нулей, контрольная сумма символов и др.) На приемном пункте эта характеристика вновь подсчитывается и сравнивается с переданной по каналу связи. Если характеристики совпадают, считается, что блок не содержит ошибок. В противном случае на передающую сторону поступает сигнал с требованием повторной передачи блока. В современных ТВС такой метод получил самое широкое распространение.





# Телекоммуникационные системы

## 4. Защита от ошибок в сетях

---

**Помехоустойчивое (избыточное) кодирование** предполагает разработку и использование корректирующих (помехоустойчивых) кодов.

**Системы передачи с обратной связью** делятся: на  
системы с решающей обратной связью и системы с информационной обратной связью.

Особенностью систем с решающей обратной связью является то, что решение о необходимости повторной передачи информации принимает **приемник**. Применяется помехоустойчивое кодирование, с помощью которого на приемной станции осуществляется проверка принимаемой информации. При обнаружении ошибки на передающую сторону по каналу обратной связи посылается сигнал перезапроса, по которому информация передается повторно.

В системах с информационной обратной связью передача информации осуществляется без помехоустойчивого кодирования. Приемник, приняв информацию по прямому каналу и запомнив, передает ее обратно, где она сравнивается. При совпадении передатчик посылает сигнал подтверждения, в противном случае происходит повторная передача всей информации, т.е. решение о передаче принимает **передатчик**.