

## Содержательный модуль 1.3. Основные принципы построения компьютерных сетей

### 1. Общие сведения о системах телеобработки данных

Системы телеобработки данных (СТОД), весьма популярные и распространенные в 70-х годах, являются прообразом вычислительных сетей и применяются:

- для дистанционного централизованного решения задач абонентов;
- для сбора данных, которые считываются на абонентских пунктах (АП) с промежуточного носителя или с дисплея и передаются в компьютер;
- при выдаче справок по запросу пользователей с АП;
- для решения задач, связанных с коммуникацией сообщений между абонентскими пунктами;
- для управления компьютером, когда АП используется в качестве пульта оператора компьютера.

Основой СТОД являются технические средства телеобработки, под которыми будем понимать совокупность технических средств связи, обеспечивающих ввод данных в систему, передачу данных по каналам связи, сопряжение каналов связи с компьютером, обработку данных и выдачу результатов абоненту.

Технические средства телекоммуникации имеют достаточно сложное программное обеспечение, которое выполняет следующие функции:

- обеспечение работы компьютера в различных режимах телеобработки;
- управление сетью телеобработки данных;
- управление очередностью обработки сообщений;
- редактирование сообщений путем исправления ошибок и т.д.

Телеобработка данных может быть реализована в одном из двух режимов. В режиме пакетной обработки или режиме off-line и диалоговом режиме on-line.

Любая система телеобработки информации включает в себя как минимум четыре основных группы технических средств:

- вычислительные средства;
- аппаратуру передачи данных (АПД);

- устройство сопряжения (УС) компьютера с аппаратурой передачи данных (линейные адаптеры, мультиплексоры передачи данных, связные процессоры, осуществляющие электрическое и логическое согласование работы машины и АПД);

- абонентские пункты, осуществляющие взаимодействие абонента с системой и обеспечивающие ввод и вывод данных в систему.

Блок-схема типовой СТОД приведена на рис. 1.1.

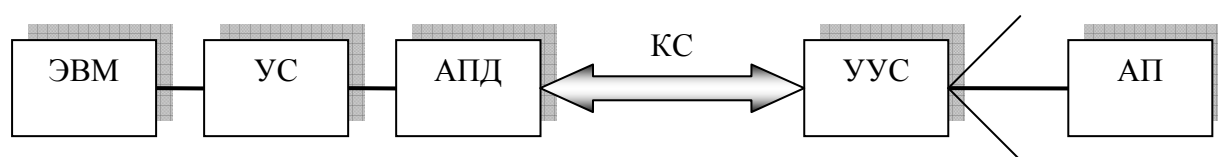


Рис. 1.1. Блок-схема типовой системы телеобработки данных

На рис. 1.1 обозначено КС – канал связи; УС – устройство удаленного согласования. Устройство удаленного согласования могут выполнять две функции, поочередного или одновременного подключения различных абонентов к одному каналу связи за счет использования различных способов уплотнения передаваемой информации.

Различают четыре вида **устройств сопряжения**: линейные адаптеры, мультиплексоры передачи данных, программируемые МПД и сетевые процессоры.

*Линейные адаптеры* – это одноканальные устройства сопряжения, обеспечивающие согласование канала ввода-вывода компьютера с одним каналом передачи данных. Они выполняют следующие функции:

согласование формы и амплитуды электрических сигналов компьютера и АПД;

последовательно-параллельное и обратное ему преобразование данных;

распознавание, введение и устранение служебных синхронизирующих сигналов, обнаружение ошибок в принимаемых сигналах – контроль достоверности их формы.

Все указанные функции линейные адаптеры реализуют, как правило, схемным путем, поэтому их сложность с увеличением количества выполняемых функ-

ций сильно растет. Для каждого типа каналов (телефонных и телеграфных, коммутируемых и некоммутируемых, широкополосных) выпускаются свои адаптеры. В современных СТОД и вычислительных сетях линейные адаптеры в автономном варианте используются редко, обычно они включаются в состав более развитых устройств.

*Мультиплексоры передачи данных* (МПД), или групповые адаптеры, - это многоканальные устройства согласования. Помимо функций, выполняемых линейными адаптерами они реализуют следующие функции:

- поочередное подключение разных терминальных устройств и обеспечивают работу с ними;
- обмен информацией с компьютером по его командам;
- промежуточное накопление и хранение (буферизацию) данных;
- преобразование кодов данных, контроль достоверности данных с обнаружением, а иногда и с автоматическим исправлением ошибок;
- контроль работоспособности устройства согласования.

Различают мультиплексоры передачи данных непрограммируемые и программируемые. Непрограммируемые МПД (аппаратные) реализуют свои функции схемным путем, что обуславливает их специализацию по отношению к структуре информационной сети и протоколам ее работы – возможна лишь подстройка аппаратных средств МПД к различным типам АПД путем замены линейных адаптеров, входящих в состав мультиплексоров.

Программируемые МПД адаптируются (подстраиваются) к разнообразным, и во многих случаях сложным, информационным сетям, отличающимися по скорости передачи данных, используемым кодам и форматам сообщений, режимам обслуживания абонентов, протоколами управления обменом данными и т.д., программным путем. Развитые МПД этой группы имеют оперативную и постоянную память, устройство управления и арифметико-логическое, то есть их структура подобна структуре компьютера и они могут выполнять некоторые логические и арифметические преобразования информации.

*Связные процессоры*, по сути, представляют собой микрокомпьютеры, оснащенные программными средствами и сменными линейными адаптерами, обеспечивающими сопряжение их с АПД, основным компьютером, а иногда с внешними запоминающими устройствами.

Связной процессор осуществляет почти всех функций управления сетью, тем самым высвобождая дорогостоящее время основного компьютера. Кроме того, связной процессор значительно увеличивает гибкость системы путем программной настройки устройства согласования. Удаление связного процессора от компьютера к периферийным устройствам позволяет для решения несложных задач приблизить вычислительные мощности к абонентам и тем самым снизить загрузку канала передачи данных.

Использование связного процессора связаны с выполнением следующих функций:

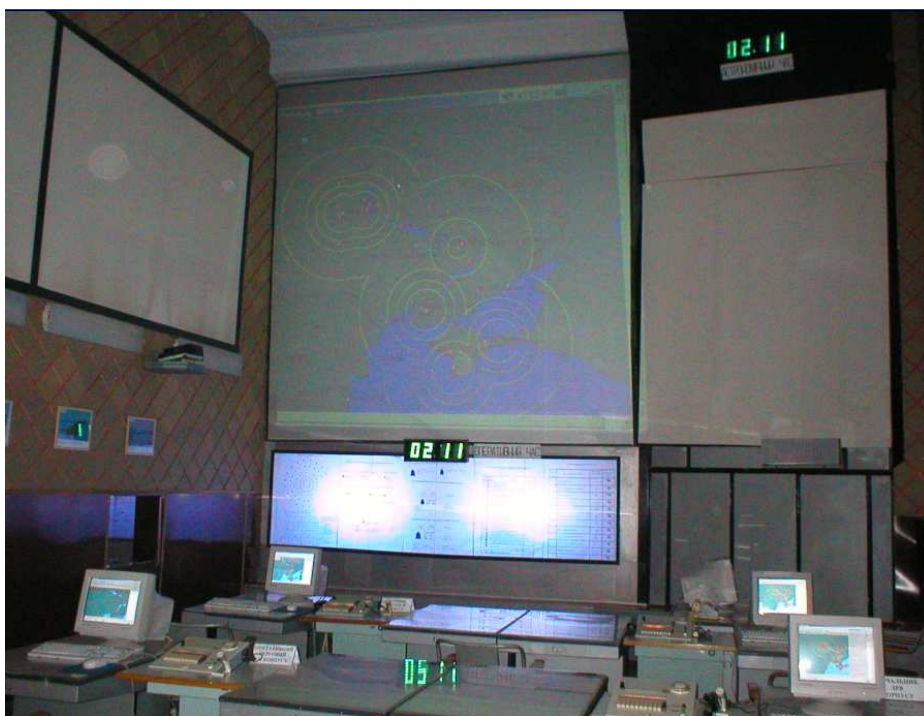
- сопряжения основного компьютера с АПД, управления процедурами обмена данных между компьютером и абонентами (связной процессор устанавливается в этом случае рядом с основным компьютером и часто называется входным процессором);

- накопления и уплотнения (сжатия) данных и увеличение скорости передачи по каналам связи данных, поступающих от низкоскоростных терминалов (связной процессор устанавливается на противоположной от компьютера стороне системы передачи данных и его называют удаленным связным процессором);

- выполнение тривиальных приложений непосредственно у абонента, а также предварительной первичной обработки и группировки данных и передачи промежуточных результатов на основной компьютер для их дальнейшей обработки по сложным алгоритмам (связной процессор входит в состав абонентского терминального комплекса и называется периферийным процессором);

- локального управления работой непосредственно к нему подключенных (связной процессор устанавливается у абонента и называется управляющим периферийным процессором).

**Абонентский пункт (АП)** представляет собой комплекс терминальных устройств, с помощью которых пользователь (абонент) системы телеобработки данных может вводить в систему и получать из системы всю необходимую информацию. Для этой цели АП содержат аппаратуру для ввода, вывода, передачи, а иногда и подготовки, несложной обработки, хранения и автономной распечатки данных. В качестве аппаратуры ввода-вывода в различных типах АП применяются самые разнообразные устройства, отличающиеся типом носителя, скоростью работы, способом связи с оператором. Наиболее распространенные среди них получили клавиатуры, телетайпы пишущие машинки, дисплеи, быстродействующие устройства цифровой и буквенно-цифровой печати. Абонентские пункты оснащаются автоматизированными рабочими местами (АРМ) специалистов. Один из вариантов абонентских пунктов показан на рис. 1.2.



*Рис.1.2.* Вариант построения интеллектуального абонентского пункта

Абонентские пункты включающие в свой состав аппаратуру обработки данных, т.е. специальные вычислительные комплексы, называются интеллектуальными.

Системы телеобработки данных (СТОД), как правило, строятся на основе системы связи, в состав которой входит система передачи данных с соответствующей аппаратурой передачи данных.

**Система передачи данных (СПД)** представляет собой совокупность АП, соединенных каналами связи. Для организации требуемых каналов связи используются проводные воздушные и кабельные линии, радиорелейные и линии коротковолновой радиосвязи.

Отличительной особенностью СПД по сравнению с системами передачи речевой информации являются: значительно больший объем информации, передаваемой в единицу времени, более высокие требования к верности передаваемой информации, надежности и живучести. СПД классифицируются по многим признакам, основными из которых являются:

1. структура системы связи, на которой базируется СПД;
2. тип, используемых каналов связи;
3. скорость передачи данных;
4. способ установления соединений между взаимодействующими АП (некоммутируемые каналы, системы с коммутацией каналов, системы с коммутацией сообщений);
5. способ реализации алгоритма информационного обмена (аппаратный, программный, смешанный);
6. способ повышения верности передачи данных;
7. метод модуляции сигналов.

Обобщенная структурная схема СПД иллюстрируется рис. 1.3, где обозначено УЗО – устройство защиты от ошибок, УПС – устройство преобразования сигналов (модем). Система передачи данных состоит из трактов передачи данных, которые представляют собой совокупность каналов связи и абонентских пунктов. Они в свою очередь состоят из оконечных технических средств ПД и оконечных технических средств связи. Оконечные технические средства ПД включают устройства защиты от ошибок (УЗО), устройство преобразования сигналов или модемы (УПС), а в ряде случаев и специальные вычислительные устройства или ЭВМ. Устройство защиты от ошибок обеспечивает техническую реализацию процедуры уменьшения влияния ошибок, возникающих при передаче данных.

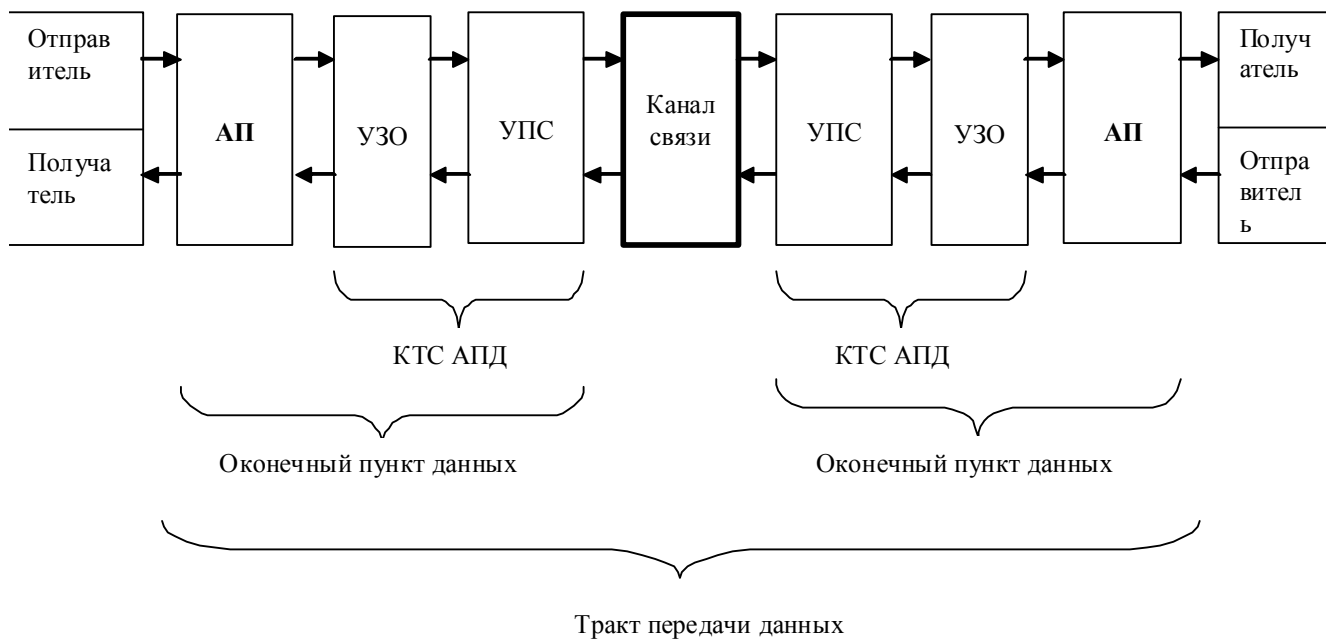


Рис.1.3. Обобщенная структурная схема СПД

Устройство преобразования сигналов служит для преобразования двоичных сигналов в непрерывные модулированные сигналы для передачи их по тем или иным каналам связи. Они также выполняют обратную функцию преобразования поступающих из канала связи непрерывных модулированных сигналов в двоичные сигналы. Совокупность УЗО, УПС и вспомогательных устройств образуют аппаратуру передачи данных (АПД). В некоторых случаях, когда функции УЗО возлагаются на специальное вычислительное устройство или ЭВМ, аппаратура ПД может состоять только из устройства преобразования сигналов (модема).

В практике создания модемов применяются различные виды модуляции двоичных сигналов.

## 2. Технические требования к СПД и способы их обеспечения

Требования к системе ПД можно разделить на две группы:

1. Требования, связанные с качеством передачи информации между взаимодействующими АП.
2. Требования, связанные со структурной гибкостью СПД и с распределением сообщений при одновременном подключении нескольких абонентов.

К первой группе требований относятся:

- требования по верности передачи данных;
- требования по пропускной способности;
- требования по надежности;
- требования по структурной живучести;
- требования по помехоустойчивости.

Ко второй группе требований относятся:

- требования к способности СПД к дальнейшему совершенствованию путем наращивания как направлений связи, так и отдельных элементов;
- требования по совместимости СПД при взаимодействии различных АП;
- требования по обеспечению передачи сообщений с учетом приоритета;
- требования по возможности совместной работы различных оконечных устройств и др.

Наиболее важными являются требования, связанные с качеством передачи данных.

**Достоверность передачи данных.** С точки зрения достоверности передачи информации различают следующие типы трактов передачи данных: малой достоверности с вероятностью сбоя одиночного разряда  $P$  до  $10^{-2}$ ; средней достоверности с  $P=10^{-3} \dots 10^{-5}$ ; высокой достоверности с  $P < 10^{-5}$ .

В зависимости от характера передаваемой информации и способа ее использования в АП можно выделить два характерных случая:

**Случай 1.** Ценность информации понижается пропорционально числу искаженных разрядов.

**Случай 2.** Искажение даже одного разряда приводит к почти полной потере ценности сообщения.

В первом случае для характеристики верности достаточно знать вероятность появления ошибок различной кратности, во втором случае – вероятность искажения кодовой комбинации (сообщения). Зная же закон распределения ошибок, можно определить допустимую вероятность искажения одного разряда.



Расчеты показывают, что допустимым значением вероятности искажения одного двоичного разряда при передачи данных между АП является  $P_{\text{доп}} = 10^{-5} \dots 10^{-8}$ .

Для обеспечения требований по верности передачи данных на практике используются:

1. высокочастотные каналы связи;
2. наиболее помехоустойчивые виды модуляции;
3. информационную избыточность при передачи данных;
4. помехоустойчивые коды;
5. обратную связь между передающими и приемными пунктами.

### **Пропускная способность.**

Для характеристики скорости передачи информации применяются понятия: пропускная способность и скорость передачи данных. При этом под пропускной способностью понимают максимальное количество информации, передаваемой по каналу связи за 1 с.

$$C = \Delta f_k \log \left( 1 + \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right) [\text{бит/с}],$$

где  $\Delta f_k$  - полоса пропускания канала (Гц);  $P_c$  – мощность сигнала;  $P_{\text{ш}}$  – спектральная плотность мощности шума.

При этом полагается, что шум имеет равномерный спектр в пределах полосы пропускания канала.

Реальная скорость передачи данных меньше расчетной. На практике под скоростью передачи данных понимают количество двоичных посылок выдаваемых в канал связи за 1 с (Вод), характеризующих скорость модуляции. В общем случае скорость передачи данных определяется скоростью модуляции, зависящей от амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик канала связи и избыточностью.

Избыточность сообщений определяется избыточностью источника сообщения, которая вводится искусственно, например, для обнаружения и исправления ошибок. Поэтому реальная скорость передачи данных рассчитывается по формуле

$$C_p = K_n B,$$

где  $K_n$  – коэффициент полезного использования скорости модуляции ( $0 \leq K_n \leq 1$ ),  $B$  – скорость модуляции.

В зависимости от скорости модуляции различают низкоскоростные СПД ( $B=50, 75, 150, 200$  Бод). Среднескоростные СПД ( $B=600, 1200, 2400$  и др. до 9600 Бод). Высокоскоростные СПД ( $B > 9600$  Бод).

Необходимая скорость модуляции при передачи данных об объектах может быть оценена следующим образом по формуле

$$B = \frac{N \times h_\Sigma}{K_n \times T_n},$$

где  $N$  – количество сообщений,  $h_\Sigma$  - количество двоичных разрядов в сообщении об одном объекте,  $T_n$  – период повторения сообщений об одном объекте,  $K_n$  – коэффициент полезного использования скорости модуляции, который рассчитывается по формуле

$$K_n = \frac{n_{\text{инф}}}{h_\Sigma},$$

где  $n_{\text{инф}}$  – количество информационных двоичных разрядов в составе сообщения об одном объекте.

Для повышения реальной скорости передачи данных на практике используют следующие способы:

- применение эффективных помехоустойчивых кодов с малой избыточностью;
- применение многократной модуляции;
- автоматическая коррекция фазочастотной характеристики канала связи и др.

### 3. Линии связи и каналы передачи данных

Для построения компьютерных сетей применяются линии связи, использующие различную физическую среду. В качестве физической среды в коммуникациях используются: металлы (в основном медь), сверхпрозрачное стекло (кварц) или пластик и эфир. Физическая среда пере-

дачи данных может представлять собой кабель "витая пара", коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель и окружающее пространство.

Линии связи или линии передачи данных - это промежуточная аппаратура и физическая среда, по которой передаются информационные сигналы (данные).

В одной линии связи можно образовать несколько каналов связи (виртуальных или логических каналов), например путем частотного или временного разделения каналов. Канал связи - это средство односторонней передачи данных. Если линия связи монополюсно используется каналом связи, то в этом случае линию связи называют каналом связи.

Канал передачи данных - это средства двустороннего обмена данными, которые включают в себя линии связи и аппаратуру передачи (приема) данных. Каналы передачи данных связывают между собой источники информации и приемники информации.

В зависимости от физической среды передачи данных каналы связи можно разделить на:

- проводные линии связи без изолирующих и экранирующих оплеток;
- кабельные, где для передачи сигналов используются такие линии связи как кабели "витая пара", коаксиальные кабели или оптоволоконные кабели;
- беспроводные (радиоканалы наземной и спутниковой связи), использующие для передачи сигналов электромагнитные волны, которые распространяются по эфиру.

### **Проводные линии связи**

Проводные (воздушные) линии связи используются для передачи телефонных и телеграфных сигналов, а также для передачи компьютерных данных. Эти линии связи применяются в качестве магистральных линий связи.

По проводным линиям связи могут быть организованы аналоговые и цифровые каналы передачи данных. Скорость передачи по проводным линиям "простой ста-

рой телефонной линии" (POST - Primitive Old Telephone System) является очень низкой. Кроме того, к недостаткам этих линий относятся помехозащищенность и возможность простого несанкционированного подключения к сети.

### **Кабельные каналы связи**

Кабельные линии связи имеют довольно сложную структуру. Кабель состоит из проводников, заключенных в несколько слоев изоляции. В компьютерных сетях используются три типа кабелей.

**Витая пара** (twisted pair) — кабель связи, который представляет собой витую пару медных проводов (или несколько пар проводов), заключенных в экранированную оболочку. Пары проводов скручиваются между собой с целью уменьшения наводок. Витая пара является достаточно помехоустойчивой. Существует два типа этого кабеля: неэкранированная витая пара UTP и экранированная витая пара STP.

Характерным для этого кабеля является простота монтажа. Данный кабель является самым дешевым и распространенным видом связи, который нашел широкое применение в самых распространенных локальных сетях с архитектурой Ethernet, построенных по топологии типа "звезда". Кабель подключается к сетевым устройствам при помощи соединителя RJ45.

Кабель используется для передачи данных на скорости 10 Мбит/с и 100 Мбит/с. Витая пара обычно используется для связи на расстояние не более нескольких сот метров. К недостаткам кабеля "витая пара" можно отнести возможность простого несанкционированного подключения к сети.

**Коаксиальный кабель** (coaxial cable) - это кабель с центральным медным проводом, который окружен слоем изолирующего материала для того, чтобы отделить центральный проводник от внешнего проводящего экрана (медной оплетки или слой алюминиевой фольги). Внешний проводящий экран кабеля покрывается изоляцией.

Существует два типа коаксиального кабеля: тонкий коаксиальный кабель диаметром 5 мм и толстый коаксиальный кабель диаметром 10 мм. У толстого коаксиального кабеля затухание меньше, чем у тонкого. Стоимость коаксиального кабеля выше стоимости витой пары и выполнение монтажа сети сложнее, чем витой парой.

Коаксиальный кабель применяется, например, в локальных сетях с архитектурой Ethernet, построенных по топологии типа "общая шина". Коаксиальный кабель более помехозащищенный, чем витая пара и снижает собственное излучение. Пропускная способность – 50-100 Мбит/с. Допустимая длина линии связи – несколько километров. Несанкционированное подключение к коаксиальному кабелю сложнее, чем к витой паре.

**Кабельные оптоволоконные каналы связи.** Оптоволоконный кабель (fiber optic) – это оптическое волокно на кремниевой или пластмассовой основе, заключенное в материал с низким коэффициентом преломления света, который закрыт внешней оболочкой.

Оптическое волокно передает сигналы только в одном направлении, поэтому кабель состоит из двух волокон. На передающем конце оптоволоконного кабеля требуется преобразование электрического сигнала в световой, а на приемном конце обратное преобразование.

Основное преимущество этого типа кабеля – чрезвычайно высокий уровень помехозащищенности и отсутствие излучения. Несанкционированное подключение очень сложно. Скорость передачи данных 3Гбит/с. Основные недостатки оптоволоконного кабеля – это сложность его монтажа, небольшая механическая прочность и чувствительность к ионизирующим излучениям.

## **Беспроводные (радиоканалы наземной и спутниковой связи) каналы связи**

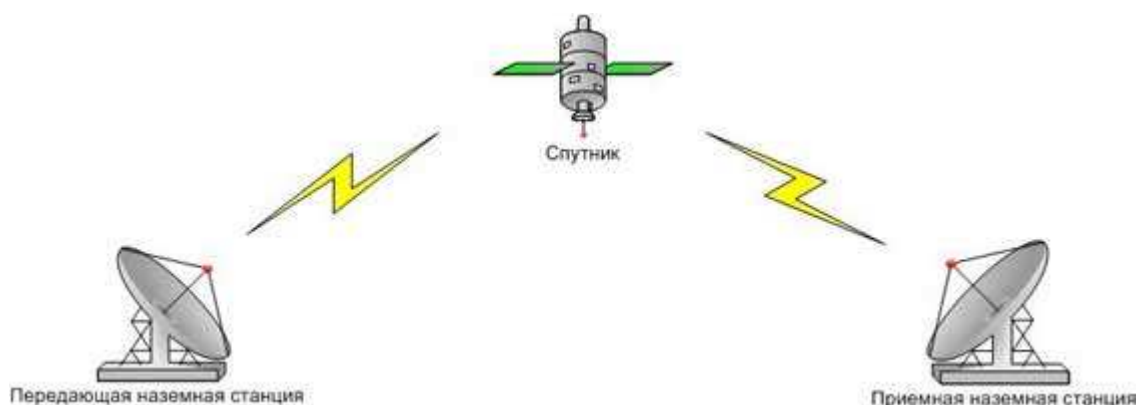
Радиоканалы наземной (радиорелейной и сотовой) и спутниковой связи образуются с помощью передатчика и приемника радиоволн и относятся к технологии беспроводной передачи данных.

### **Радиорелейные каналы связи.**

Радиорелейные каналы связи состоят из последовательности станций, являющихся ретрансляторами. Связь осуществляется в пределах прямой видимости, дальности между соседними станциями - до 50 км. Цифровые радиорелейные линии связи (ЦРРС) применяются в качестве региональных и местных систем связи и передачи данных, а также для связи между базовыми станциями сотовой связи.

### **Спутниковые каналы связи.**

В спутниковых системах используются антенны СВЧ-диапазона частот для приема радиосигналов от наземных станций и ретрансляции этих сигналов обратно на наземные станции. В спутниковых сетях используются три основных типа спутников, которые находятся на геостационарных орбитах, средних или низких орбитах. Спутники запускаются, как правило, группами. Разнесенные друг от друга они могут обеспечить охват почти всей поверхности Земли. Работа спутникового канала передачи данных представлена на рисунке



Целесообразнее использовать спутниковую связь для организации канала связи между станциями, расположенными на очень больших расстояниях, и возможности обслуживания абонентов в самых труднодоступных точках. Пропускная способность высокая – несколько десятков Мбит/с.

### **Сотовые каналы связи.**

Радиоканалы сотовой связи строятся по тем же принципам, что и сотовые телефонные сети. Сотовая связь - это беспроводная телекоммуникационная система, состоящая из сети наземных базовых приемопередающих станций и сотового коммутатора (или центра коммутации мобильной связи).

Базовые станции подключаются к центру коммутации, который обеспечивает связь, как между базовыми станциями, так и с другими телефонными сетями и с глобальной сетью Интернет. По выполняемым функциям центр коммутации аналогичен обычной АТС проводной связи.

LMDS (Local Multipoint Distribution System) - это стандарт сотовых сетей беспроводной передачи информации для фиксированных абонентов. Система строится по сотовому принципу, одна базовая станция позволяет охватить район радиусом несколько километров (до 10 км) и подключить несколько тысяч абонентов. Сами БС объединяются друг с другом высокоскоростными наземными каналами связи либо радиоканалами. Скорость передачи данных до 45 Мбит/с.

**Радиоканалы WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access) аналогичны Wi-Fi. WiMAX, в отличие от традиционных технологий радиодоступа, работает и на отраженном сигнале, вне прямой видимости базовой станции. Эксперты считают, что мобильные сети WiMAX открывают гораздо более интересные перспективы для пользователей, чем фиксированный WiMAX, предназначенный для корпоративных заказчиков. Информацию можно передавать на расстояния до 50 км со скоростью до 70 Мбит/с.

**Радиоканалы MMDS** (Multichannel Multipoint Distribution System). Эти системы способна обслуживать территорию в радиусе 50—60 км, при этом прямая видимость передатчика оператора является не обязательной. Средняя гарантированная скорость передачи данных составляет 500 Кбит/с — 1 Мбит/с, но можно обеспечить до 56 Мбит/с на один канал.

**Радиоканалы для локальных сетей.** Стандартом беспроводной связи для локальных сетей является технология Wi-Fi. Wi-Fi обеспечивает подключение в двух режимах: точка-точка (для подключения двух ПК) и инфраструктурное соединение (для подключения несколько ПК к одной точке доступа). Скорость обмена данными до 11 Мбит/с при подключении точка-точка и до 54 Мбит/с при инфраструктурном соединении.

**Радиоканалы Bluetooth** - это технология передачи данных на короткие расстояния (не более 10 м) и может быть использована для создания домашних сетей. Скорость передачи данных не превышает 1 Мбит/с.