

**Беспроводные каналы.**

- В 90-х годах 19 века были проведены первые эксперименты по передаче телеграфных сообщений с помощью радиосигналов, с 20-х годов 20 века началось применение радио для передачи голоса.
- • Сегодня существует большое число беспроводных телекоммуникационных систем:
  - ▫ широковещательных, таких как радио или телевидение
  - ▫ линий для передачи дискретной информации

Для создания протяженных линий связи используются

- радиорелейные и спутниковые системы

- **Преимущества беспроводных коммуникаций**
- Основное преимущество беспроводных линий
- связи – возможность передавать информацию от
- абонента к к абоненту без проводов,
- привязывающих абонентов к определенной
- точке пространства.
- С развитием технологий системы беспроводной
- связи приобрели две необходимые
- составляющие успеха — **удобство**
- **использования и низкую стоимость.**

- **Основные области применения беспроводных локальных сетей**

1. *Доступ в аэропортах, железнодорожных вокзалах и т. п.*

2. Организация локальных сетей в зданиях, где нет возможности установить современную кабельную систему, например, в *исторических зданиях с оригинальным интерьером.*

3. Организация *временных локальных сетей, например, при проведении конференций.*

4. *Расширения локальных сетей. Небольшое число рабочих мест в таком здании делает крайне невыгодным прокладку к нему отдельного кабеля, поэтому беспроводная связь оказывается более рациональным вариантом.*

5. *Мобильные локальные сети. Пользователь получает возможность пользоваться услугами сети, перемещаясь из помещения в помещение или из здания в здание.*

- **Беспроводная линия связи**

- • Беспроводная линия связи строится в соответствии с достаточно простой схемой:
  - ▫ Каждый узел оснащается антенной, которая одновременно является передатчиком и приемником электромагнитных волн.
- • Электромагнитные волны распространяются в атмосфере или вакууме со скоростью  $3 \times 10^8$  м/с во всех направлениях или же в пределах определенного сектора.

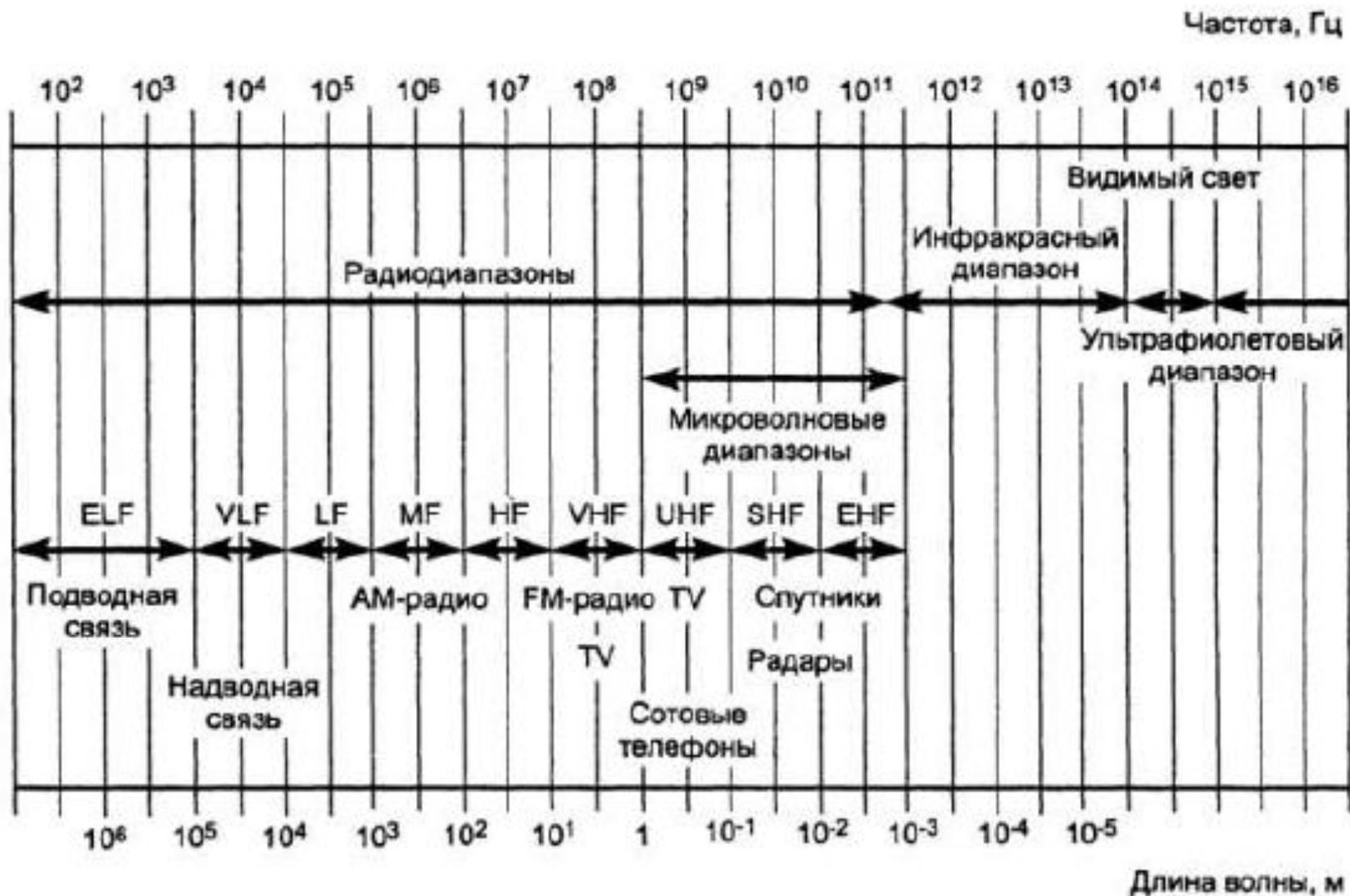
- **Разделяемая среда**

При ненаправленном распространении электромагнитные

волны заполняют все пространство (в пределах определенного радиуса, определяемого затуханием мощности сигнала), это пространство является *разделяемой средой*.

Разделение среды передачи для беспроводных систем приводит к тому, что пространство в отличие от кабельной системы является **общедоступным, а не принадлежит одной** организации.

узлами,  
территория охвата, скорость передачи информации и т. п. — во  
МНОГОМ  
зависят от частоты используемого электромагнитного спектра.



- **Диапазоны электромагнитного спектра**
- • Диапазон до 300 ГГц имеет общее стандартное название —
- **радиодиапазон.**
- • Это несколько поддиапазонов, начиная от
- сверхнизких частот (Extremely Low Frequency, ELF) и заканчивая
- сверхвысокими (Extra High Frequency, EHF).
- • Радиостанции работают в диапазоне от 20 кГц до 300 МГц, и для
- этих диапазонов существует не определенное в стандартах, но
- часто используемое название **широковещательное радио.**
- Сюда попадают низкоскоростные системы AM- и FM-диапазонов,
- предназначенные для передачи данных со скоростями от
- нескольких десятков до сотен килобит в секунду.

- **Диапазоны электромагнитного спектра**

1. **Микроволновые системы (диапазон от 300 МГц до 3000 ГГц)** представляют наиболее широкий класс систем, объединяющий радиорелейные линии связи, спутниковые каналы, беспроводные локальные сети и системы фиксированного беспроводного доступа, называемые также системами беспроводных абонентских окончаний (Wireless Local Loop, WLL).

Выше микроволновых диапазонов располагается **инфракрасный диапазон (2)**. Инфракрасное излучение не может проникать через стены, то **системы инфракрасных волн используются для** образования небольших сегментов локальных сетей в пределах одного помещения.

3. **Системы видимого света используются как высокоскоростная**

альтернатива микроволновым двухточечным каналам для организации доступа на небольших расстояниях.

- **Диапазоны локальных беспроводных сетей**
- • Для обеспечения работы локальных беспроводных сетей используются следующие диапазоны:
  - ▫ **Микроволновый**
  - ▫ **Инфракрасный**

Существует так называемая фиксированная беспроводная связь, когда взаимодействующие узлы, постоянно находятся в пределах небольшой территории, например определенного здания.

Фиксированную беспроводную связь применяют вместо проводной, когда по какой-то причине невозможно или невыгодно использовать кабельные линии связи.

Каждый узел оснащается антенной, которая одновременно является передатчиком и приемником электромагнитных волн.

Существуют параболические антенны, которые являются направленными и изотропные антенны, представляющие собой вертикальный проводник длиной в четверть волны излучения, является ненаправленным. Так как при ненаправленном распространении электромагнитные волны заполняют все пространство то это пространство может служить разделительной средой. Разделение среды передачи порождает те же проблемы, что и в локальных сетях; строго определяет направление распространения сигнала в пространстве.

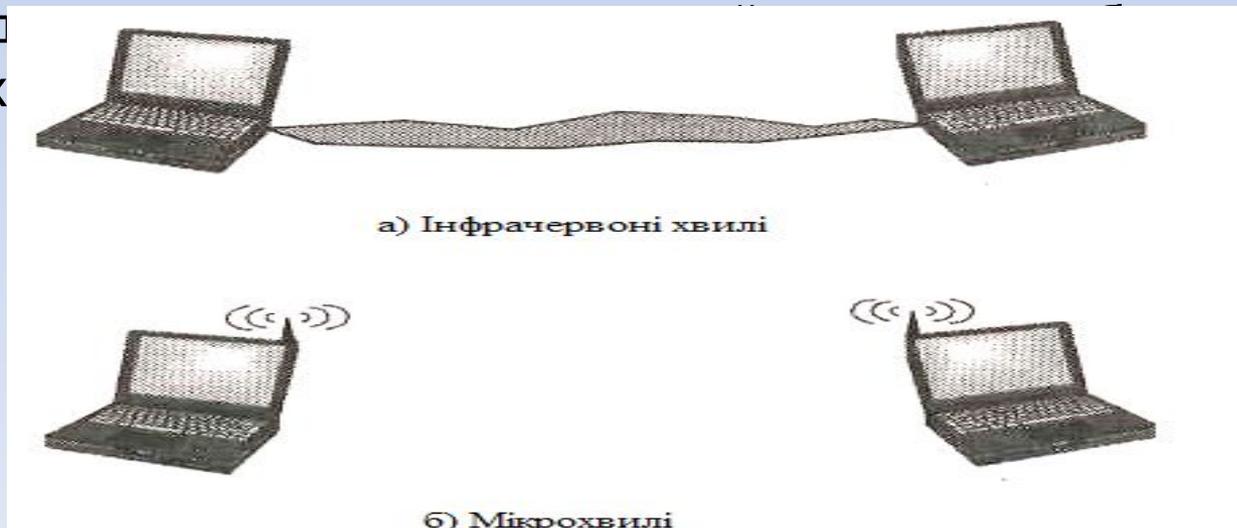


Безпроводна лінія зв'язку

Для передачи дискретной информации с помощью беспроводной линии связи необходимо модулировать электромагнитные колебания передатчика в соответствии с потоком передаваемых битов. Эту функцию осуществляет DCE-устройство (DCE — Data Communication Equipment — оборудование для коммуникации. Устройство является механизмом передачи информации, но не источником и не получателем. Пример: модем и др.)

## **Беспроводная связь используется для соединения двух компьютеров.**

Такая линия создает самый простой сегмент локальной сети, поэтому расстояния и мощности сигнала здесь принципиально другие. Для расстояний в пределах одного помещения могут использоваться как диапазон инфракрасных волн (такое соединение может быть образовано автоматически, как только порты двух компьютеров окажутся в пределах прямой видимости) так и диапазон радиоволн (такое соединение может быть образовано в пределах



# Связь одного источника и нескольких приемников

Схема беспроводного канала с одним источником и несколькими приемниками характерна для такой организации доступа, при которой многочисленные пользовательские терминалы соединяются с базовой станцией (Base Station, BS). Беспроводные линии связи для схемы одного источника и нескольких приемников используются как для фиксированного доступа, так и для мобильного.

Оператор связи использует высокую башню (возможно телевизионную), чтобы обеспечить прямую видимость с антеннами, установленными на крышах домов своих клиентов

Базовая станция обычно соединяется проводной связью с проводной частью сети, обеспечивая взаимодействие с пользователями других базовых станций или пользователями проводных сетей. Поэтому базовая станция также называется точкой доступа (Access Point, AP).

Важной проблемой мобильных линии связи является переход терминального устройства с одной соты в другую. Эта процедура, называемая эстафетной передачи, отсутствует при фиксированном доступе и относится к протоколам более высоких уровней, чем физический.

# Связь нескольких источников и нескольких приемников

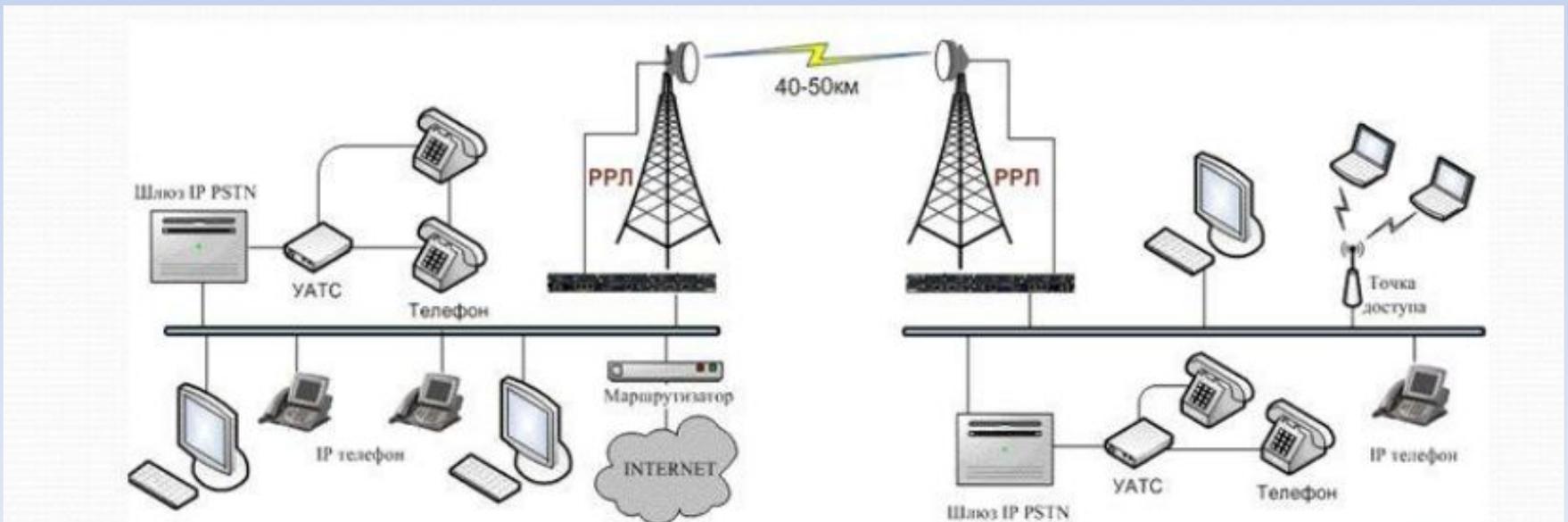
В случае схемы с несколькими источниками и несколькими приемниками беспроводная линия связи представляет собой общее электромагнитное среду, разделяемое несколькими узлами. Каждый узел может использовать эту среду для взаимодействия с любым другим узлом без обращения к базовой станции. Так как базовая станция отсутствует, то необходимо децентрализованный алгоритм доступа к среде

## Типы беспроводной связи

- Радиорелейные линии связи;
- Спутниковые линии связи;
- Мобильные линии связи.

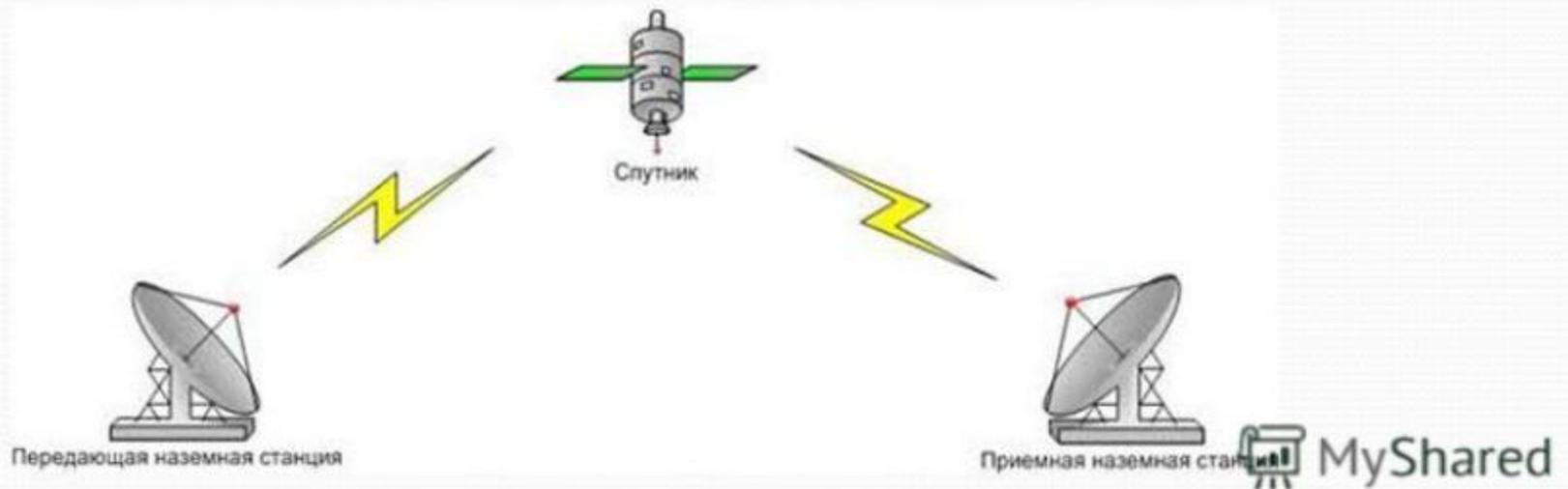
Радиорелейные линии связи состоят из последовательных станций, которые являются ретрансляторами радиоволн. Связь осуществляется в пределах прямой видимости, дальности между соседними станциями - до 50 км. Они помогают: оперативно наращивать возможности системы связи; организовывать многоканальные сети связи в регионах со слабо развитой (или отсутствующей) инфраструктурой связи; строить разветвленные цифровые сети в регионах, крупных городах; - Восстанавливать связь в районах стихийных бедствий или при спасательных операциях.

Преимущества: данные передаются на относительно большие расстояния. Главным недостатком является чувствительность к помехам



## • **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

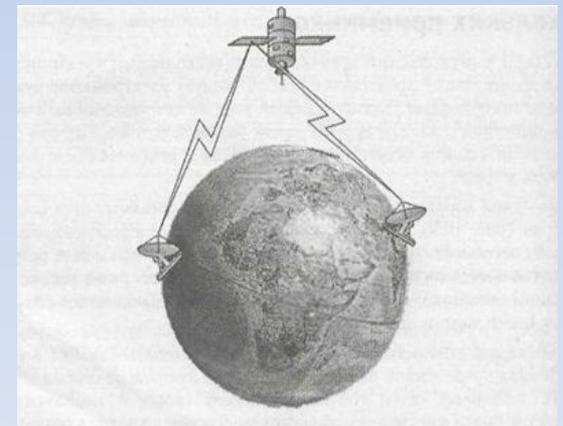


В данных сетях используют три основных типа спутников: геостационарные орбиты, средние или низкие орбиты. Спутники запускаются, как правило, группами. Разнесены друг от друга они могут обеспечить охват почти всей поверхности Земли.

Для таких линий связи нужна прямая видимость

Сегодня используется 3 типа спутников, отличающихся высотой над Землей:

- Геостационарные (Geostationary Orbit, GEO) - 35863 км;
- Средневысотные (Medium Earth Orbit, MEO) - 5000-15000 км;
- Низковысотные (Low Earth Orbit, LEO) - 100-1000 км.



**Геостационарный спутник** висит над определенной точкой экватора, и в точности соблюдает скорость вращения Земли. Геостационарные спутники обычно поддерживают большое количество каналов за счет наличия нескольких антенн. Антенны создают сигнал, который можно принимать с помощью сравнительно небольших наземных антенн, так называемых миниатюрных апертурной терминалов (Very Small Aperture Terminals, VSAT). Самый большой недостаток связан с большим удалением спутника от поверхности Земли. Это приводит к большим задержкам распространения сигнала; также по его круговой орбите также плохая связь для районов, близких к Северному и Южному полюсам.

**Среднеорбитальни спутники** обеспечивают диаметр покрытия от 10000 до 15000 км и задержку распространения сигнала 50 мс. Наиболее известной услугой, предоставляемой спутниками этого класса, является глобальная система навигации (GlobalPositioningSystem, GPS). GPS-это общая система определения текущих координат на поверхности Земли или в околоземном пространстве. GPS состоит из 32 спутников, сети наземных станций слежения за ними и неограниченного количества пользовательских приемников-вычислителей. По радиосигналам спутников GPS-приемники пользователей устойчиво и точно определяют координаты. Погрешности не превышают десятков метров. Этого вполне достаточно для решения задач навигации подвижных объектов.

Преимущества и недостатки низкоорбитальных спутников противоположные соответствующим качествам геостационарных спутников. Главное их достоинство - близость к Земле. Кроме того, их легче запускать. Основной недостаток - малая площадь покрытия, диаметр которой составляет всего около 8000 км.

### **Примеры систем низкоорбитальных спутников.**

В начале 90-х годов вместе с несколькими крупными партнерами Motorola начала проект Iridium, который имел достаточно амбициозную цель - создать всемирную спутниковую сеть, обеспечивает мобильную связь в любой точке земного шара. Спутники Iridium обладают значительным интеллектом, они могут, пользуясь специальными межспутниковыми каналами, передавать друг другу информацию и скоростью 25 Мбит / с. Поэтому телефонный вызов идет от спутникового телефона Iridium прямо на спутник, находящийся в зоне видимости. Затем этот спутник маршрутизирует вызов через систему промежуточных спутников того спутнике, который в данный момент ближе к абонента. Система Iridium представляет собой сеть с полным собственным стеком протоколов, который обеспечивает всемирный роуминг. Другой известной системой низкоорбитальных спутников является Globalstar. В отличие от Iridium 48 низкоорбитальных спутников Globalstar выполняют традиционные для геостационарных спутников функции - принимают телефонные звонки от мобильных абонентов и передают их ближайшей наземной базовой станции

## • 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).



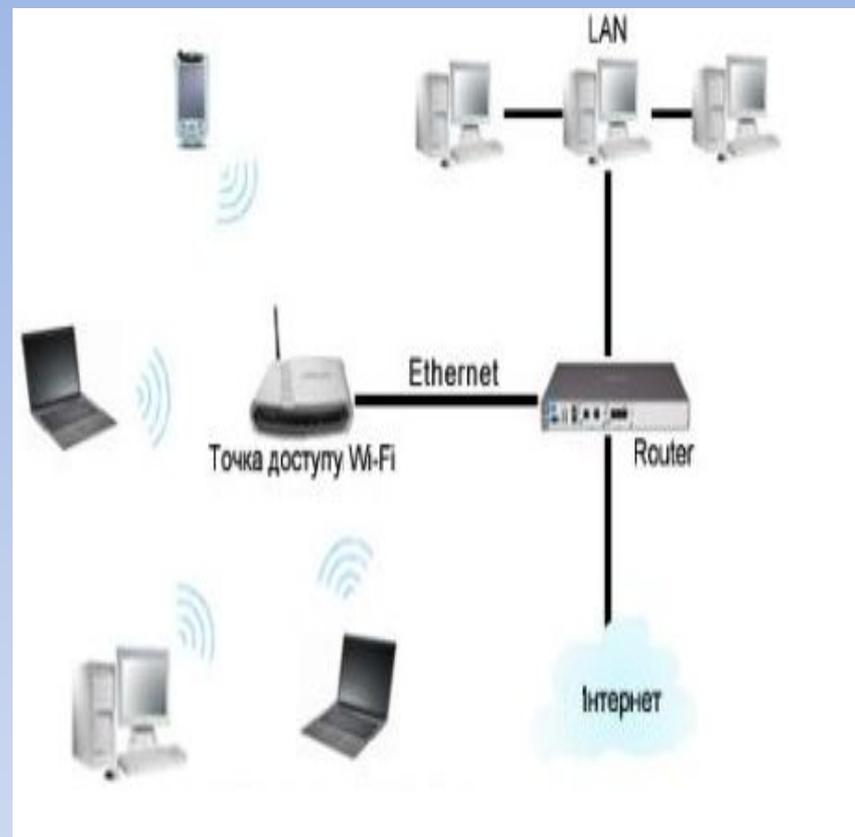
ОДТ-Л GSM - объектный диспетчерский терминал - лифтовый GSM  
УБДЛ-М - устройство безопасности и диагностики лифта  
УДЛ - устройство диагностики лифта  
ЦПРУ-С GSM - пункт радиоуправления контролируемый -  
модифицированный  
ЦПРУ-С - центральный пункт радиоуправления - сотовый

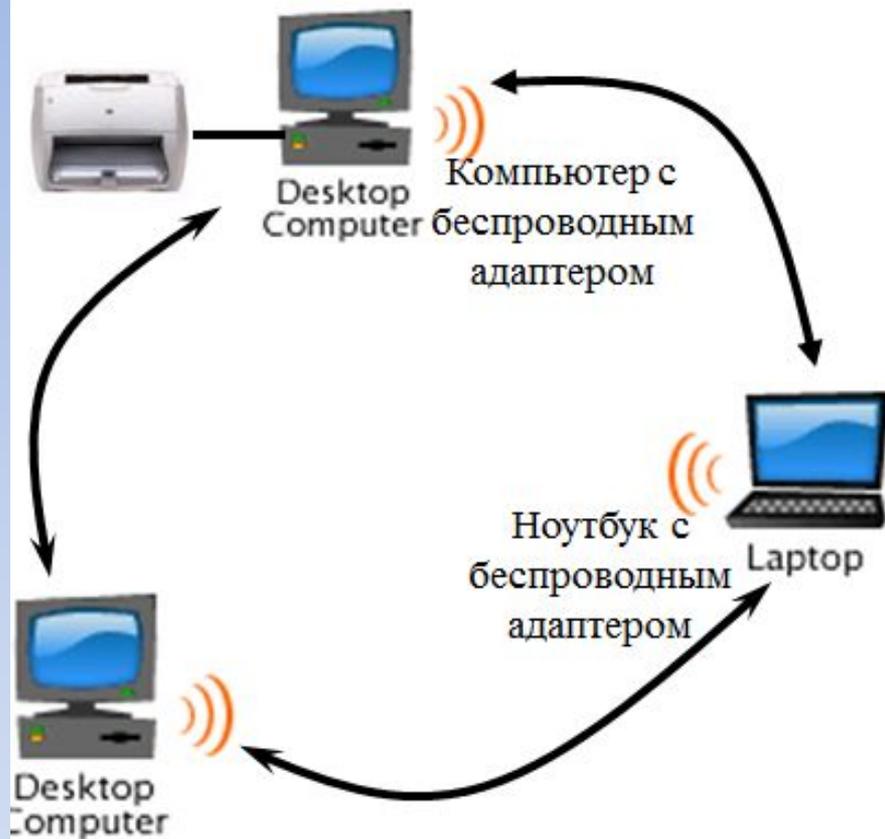
## Радиоканалы для локальных сетей.

Стандарт беспроводной связи для локальных сетей является технология Wi-Fi.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) - это современная технология беспроводного доступа в Интернет (802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n и т.д.), доступ в Интернет по технологии Wi-Fi осуществляется с помощью специальных радио- точек доступа (Access Point).

- .





**Ad Hoc режим:**  
одноранговое  
взаимодействие по типу  
«точка-точка», компьютеры  
взаимодействуют  
напрямую без применения  
точек доступа  
**802.11 Ad Hoc режим:**  
одноранговое  
взаимодействие в режиме  
совместимости с более  
ранним стандартом 802.11

## Инфраструктурный режим:

точки доступа обеспечивают связь клиентских компьютеров.

Точку доступа можно рассматривать как беспроводной концентратор.



В реальных условиях пропускная способность и площадь зоны покрытия сети зависят от помех, создаваемых другими устройствами, степени загрузки сети WiFi, наличия препятствий (и материалов, из которых они изготовлены) и прочих факторов. Многие клиентские утилиты, поставляемые производителями вместе с WiFi-адаптерами, а также утилиты операционной системы Windows, при подключении по Wi-Fi отображают именно «теоретическую» пропускную способность, а не реальную скорость передачи данных, вводя пользователей в заблуждение.

Как показывают результаты тестирования, максимальная реальная пропускная способность оказывается примерно в 3 раза ниже, чем та, что указана в спецификациях к устройству или к тому или иному стандарту IEEE группы 802.11 (стандарты технологии Wi-Fi):

Стандарты технологии WiFi	Максимально достижимая теоретически рассчитанная пропускная способность (Мбит/с)	Максимальная реальная скорость передачи данных (Мбит/с)
IEEE 802.11a	До 54	До 24
IEEE 802.11g	До 54	До 24
IEEE 802.11n	До 150	До 50
IEEE 802.11n	До 300	До 100

# Радиочастотный диапазон



- 802.11b и g используют диапазон 2.4 GHz, 802.11a использует 5GHz.
- Диапазоны разбиты на поддиапазоны (“каналы”).
- Используется скачкообразное изменение частоты. Это частично защищает от интерференции и многолучевого распространения сигнала.

В пределах прямой видимости беспроводная связь обеспечивается в радиусе до 300 метров от точки доступа.

В закрытых помещениях беспроводная связь обеспечивается в пределах 50 метров.

Скорость передачи данных для Wireless оборудования, поддерживающего стандарт 802.11b, не превышает 11 Мбит/с, а для оборудования, поддерживающего стандарт 802.11g, до 54 Мбит/с. Стандарт 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 600 Мбит/с. Для 802.11a скорость передачи данных - 54 Мбит/с.

- **Принцип действия Wi-Fi**
- Принцип работы беспроводной сети построен на использовании радиоволн, а сам обмен данными во многом напоминает переговоры с использованием радиосвязи:
- Адаптер беспроводной связи трансформирует информацию в радиосигнал и передает его в эфир через антенну.
- Беспроводной маршрутизатор принимает и делает обратное преобразование сигнала. Далее информация направляется в сеть Интернет по кабелю.
- Похожим образом осуществляется и прием информации. После получения информации из Интернета маршрутизатор преобразует ее в радиосигнал и отправляет через антенну на адаптер беспроводной связи устройства.
- Применяемые в сетях Wi-Fi приемники и передатчики напоминают устройства, используемые в сотовых телефонах и дуплексных портативных радиостанциях. Они передают и принимают радиоволны, а также преобразовывают цифровой сигнал в радиоволны и наоборот. Отличие устройств Wi-Fi от аналогичных устройств состоит в том, что они используют частоты 2,4 ГГц или 5 ГГц, которые существенно выше, что позволяет передавать больше данных

# Помехи

- Рабочая частота 2.4 ГГц



Радиоканалы WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - это коммерческое название международного стандарта беспроводной широкополосной передачи данных 802.16, разработанного Института инженеров в области электроники и электротехники (IEEE). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN. Стандарт **WiMAX** в отличие от других технологий радиодоступа, обеспечивает высокоскоростные соединения на больших расстояниях даже при отсутствии прямой видимости объекта, на отраженном сигнале.



# Характеристики стандарта 802.16

Дальность действия до 50 километров;

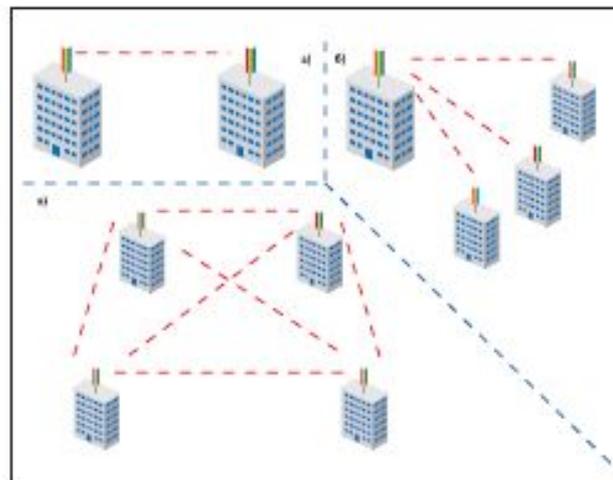
Охватываемый диапазон частот от 2 ГГц до 66 ГГц;

Максимальная скорость передачи данных на сектор: до 70 Мбит/с на сектор одной базовой станции. Типовая базовая станция имеет до 6 секторов;

- Технология WiMax – это сеть широкополосного беспроводного доступа, которая создается на территории целого города, а расстояние от приемника до базовой станции измеряется километрами. В свою очередь, локальные сети Wi-Fi становятся логичным продолжением сетей WiMAX.
- **Метод доступа** - используется технология множественного доступа с разделением по времени (TDMA), согласно которой базовая станция выделяет абонентским станциям временные интервалы, чтобы они могли передавать данные в определенной очередности, а не случайным образом.

- **Топология сети**

- Для соединения «точка–точка» (рис. 6а) используются две направленные друг на друга антенны; так строятся, например, радиорелейные линии передач, в которых расстояние между соседними релейными вышками может исчисляться десятками километров. При топологии «точка–многоточка» (рис. 6б) в центре «ячейки» помещается базовая станция со всенаправленной или секторной антенной, а все обслуживаемые ей абоненты снабжаются сфокусированными на нее направленными антеннами. Другой тип связи получится при использовании только всенаправленных антенн. В этом случае будет достигнута возможность соединения «каждого с каждым», или «многоточка–



# Принцип действия WiMAX

Несмотря на то что WiMAX – это радиотехнология, полностью обойтись без проводов не удастся даже в случае выбора мобильного режима.

Принцип действия сети на базе WiMAX очень похож на принцип работы сотовой связи.

Существуют абонентские станции, то есть базовые станции, пользовательское и прочее коммуникационное оборудование оператора, связанное с Интернетом. Базовые станции установлены на расстоянии нескольких (а то и десятков) километров друг от друга. Одна «перекидывает» сигнал другой в условиях прямой видимости в частотном диапазоне от 10 до 66 ГГц. По крайней мере одна базовая станция должна соединяться с сетью провайдера при помощи проводов. На практике же к проводной сети подсоединяют довольно много передатчиков, что позволяет повысить скорость прохождения данных и надежность всей системы.

Вся цепочка базовых станций соединяется на операторском конце с Интернетом по проводам. На другом конце этой линии, на расстоянии не более десяти километров от последней базовой станции, может находиться принимающая антенна пользователя.

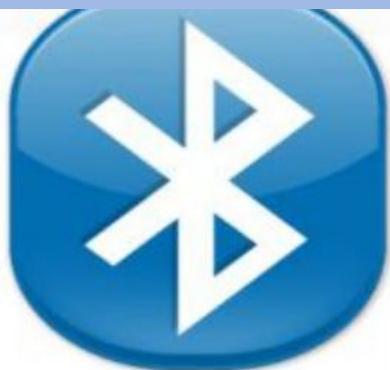
На эту антенну поступает сигнал с последнего передатчика. При этом используются более низкие частоты: 1,5–11 ГГц для фиксированного WiMAX и 2–6 ГГц для мобильной версии. Скорость прохождения данных от базовой станции к абонентскому устройству будет значительно ниже. Если вы используете стационарный вид связи, то максимально возможная скорость составит не более 75 Мбит/с, а при мобильном подключении и того меньше – 30 Мбит/с.

**Радиоканалы Bluetooth** - это технология передачи данных на короткие расстояния (не более 10 м), может быть использована для создания домашних сетей. Скорость передачи данных не превышает 1 Мбит / с. Bluetooth позволяет передавать как голос (со скоростью 64 Кбит / сек), так и данные.



Принцип действия также основан на использовании радиоволн. Радиосвязь осуществляется в свободном от лицензирования ISM-диапазоне (2,4-2,4835 ГГц). В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS). Данный метод прост в реализации, обеспечивает устойчивость к широкополосным помехам, к тому же имеет низкую стоимость затрат на комплектующие.

Суть его заключается в следующем: несущая частота сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду (выделяется 79 частотных каналов шириной в 1 МГц). Последовательность переключения между частотами для каждого соединения является псевдослучайной и известна только передатчику и приёмнику, которые каждые 625 мкс синхронно перестраиваются с одной несущей частоты на другую. Таким образом, достигается возможность работы рядом друг с другом нескольких пар однотипных устройств, которые не будут мешать друг другу.



## Технология Bluetooth

**Bluetooth Wireless Technology**- технология коротковолновой радиосвязи(2.4ГГц)

Упрощает взаимодействие сетевых устройств друг с другом, а также между сетевыми устройствами, компьютером и Интернетом. Технология Bluetooth не предназначена для передачи больших объемов данных .Оборудование Bluetooth работает в диапазоне 2.4 ГГц. Для передачи используется метод расширения спектра со скачкообразной перенастройкой частоты.

Суммарная пропускная способность сетей 780 Кбит/с.

**Плюсами** этой технологии являются:

- высокая скорость передачи данных на небольшие расстояния.

**Минусами** этой технологии является:

- может создавать помехи для сетей
- недостаточно защищенный протокол
- высокое энергопотребление

## PAIRING

Паринг (PAIRING) — или сопряжение. Процесс связи двух (или более) устройств с целью создания единой секретной величины (Kinit), которую они будут в дальнейшем использовать при общении. Перед началом процедуры сопряжения на обеих сторонах необходимо ввести PIN-код.

Обычная ситуация: два человека хотят связать свои телефоны и заранее договариваются о PIN-коде.

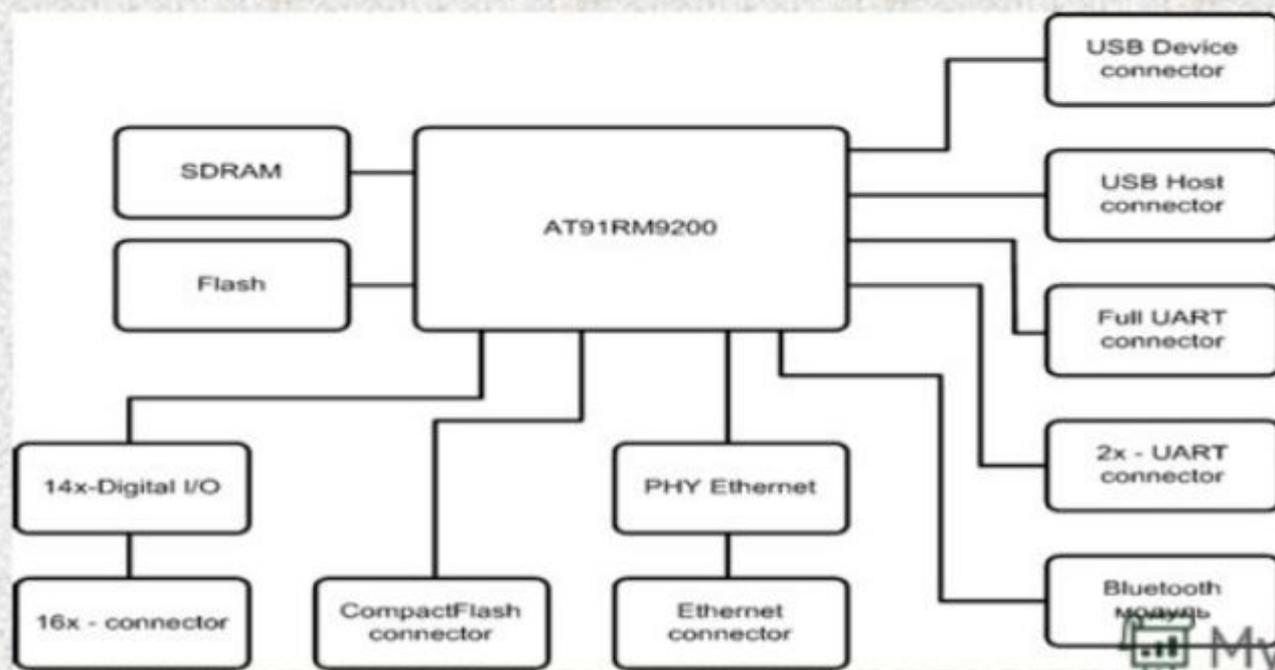


Радиосвязь Bluetooth осуществляется в ISM-диапазоне, который используется в различных бытовых приборах и беспроводных сетях. В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты.

Согласно этому методу, несущая частота сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду (всего выделяется 79 рабочих частот шириной в 1 МГц).



Последовательность переключения между частотами для каждого соединения является псевдослучайной и известна только передатчику и приёмнику, которые каждые 625 мкс (один временной слот) синхронно перестраиваются с одной несущей частоты на другую. Таким образом, если рядом работают несколько пар приёмник-передатчик, то они не мешают друг другу.



**Формат кадры Bluetooth— 366 бит:**

- **Поле данных занимает 240 бит.**

- **Код доступа (72 бита) используется для идентификации пикосети.** Каждое Bluetooth-устройство имеет глобально уникальный 6-байтовый адрес, поэтому для идентификации пикосети используется три младших байта уникального адреса главного устройства. Каждое устройство при формировании кадра помещает эти байты в поле кода доступа, дополняя их битами 1/3 для прямой коррекции ошибок. Если главное или подчиненное устройство получает кадр, содержащий неверный код доступа, то оно отбрасывает этот кадр, считая, что он, скорее всего, получен из другой пикосети.

- **Заголовок кадра (54 бита) содержит MAC-адрес, однобитовый признак подтверждения приема кадра, тип кадра, а также ряд признаков.** MAC-адрес состоит из трех битов, это временный адрес одного из семи подчиненных устройств, при этом адрес 000 является широкопередаточным. Информация заголовка также передается с помощью битов 1/3 алгоритма FEC.

