

# Системы и сети подвижной радиосвязи

Лекция №6

# 6 Системы и сети подвижной радиосвязи

6.1 Развитие и классификация систем подвижной радиосвязи

6.2 Особенности построения и функционирования систем сотовой связи

6.3 Спутниковая связь

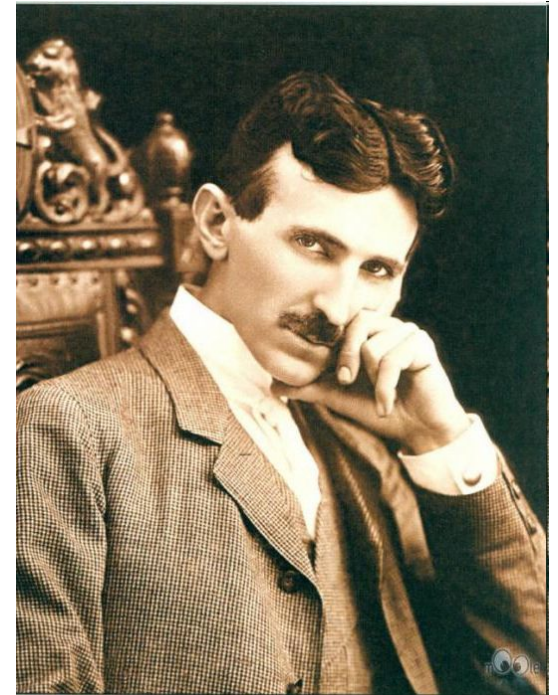
# 6.1 Развитие и классификация систем подвижной радиосвязи



Попов А. С.  
1859–1905



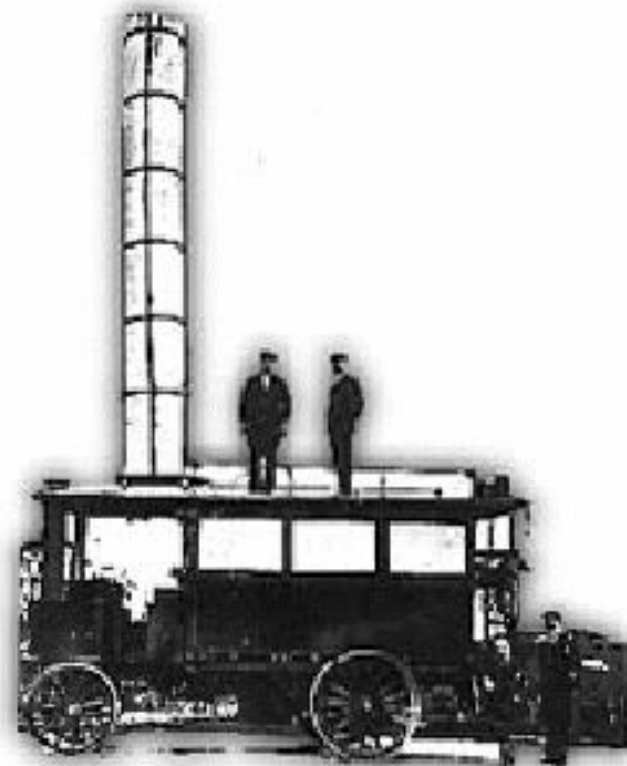
Гульельмо Маркони  
(1874-1937)

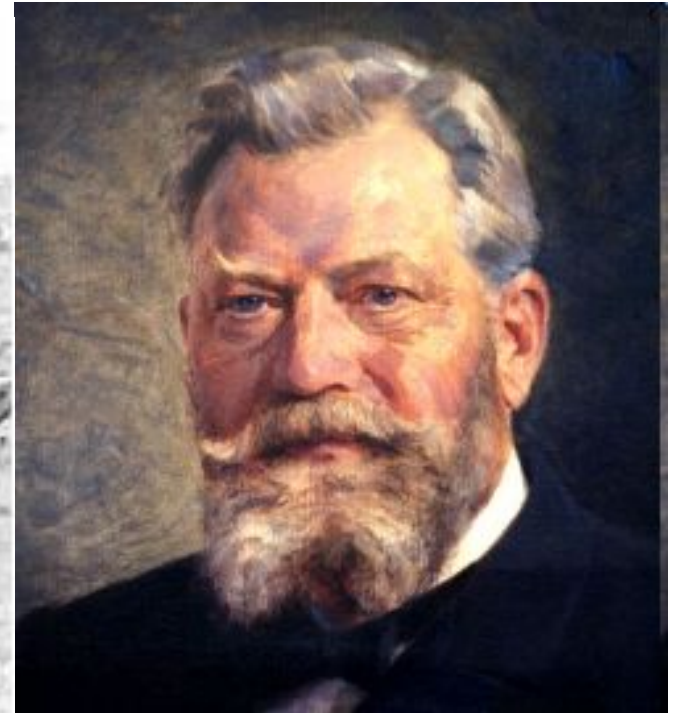


Никола Тесла  
1856 - 1943

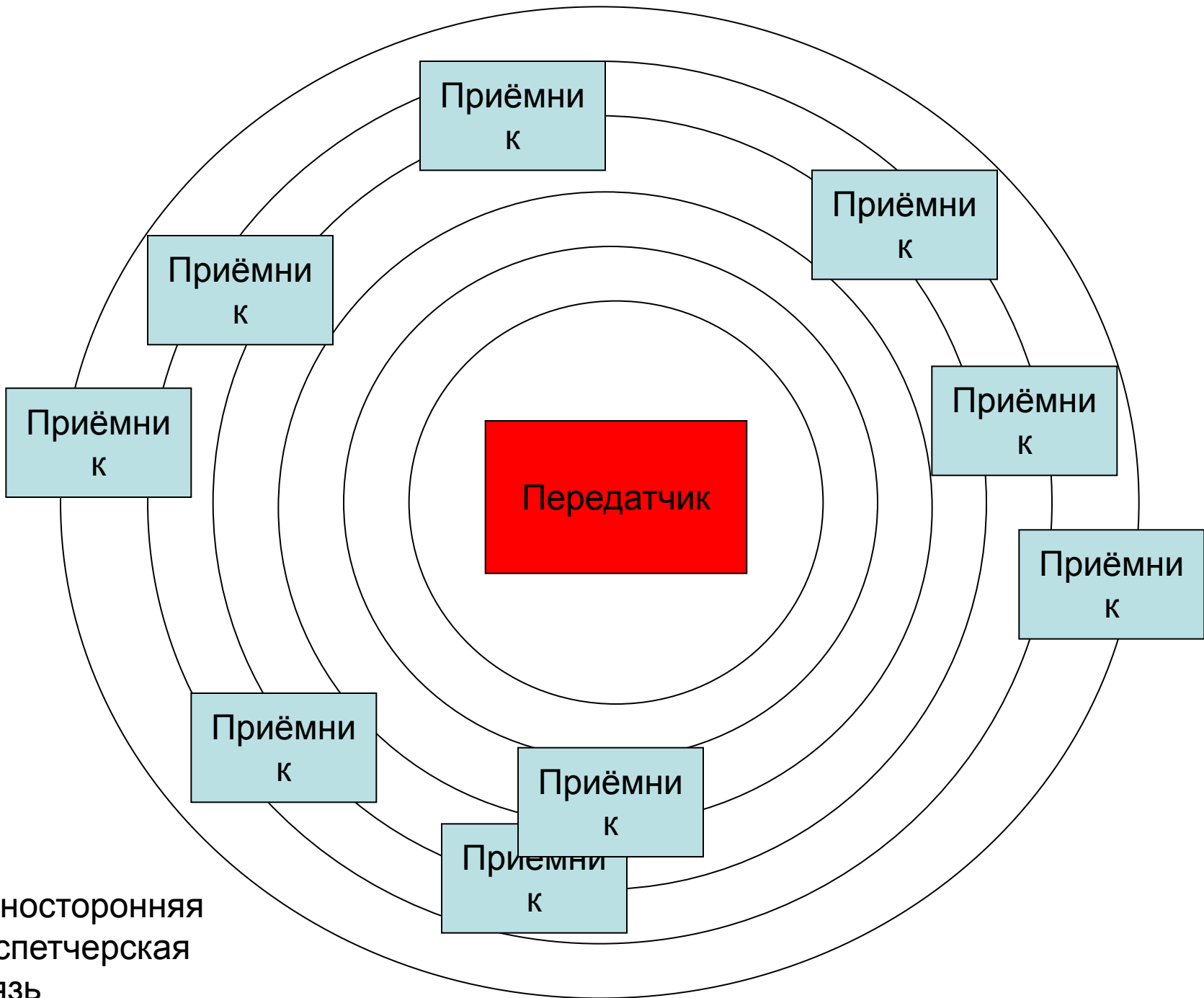
# Шаг первый - автоМОБИЛА

До начала XX века передатчики и приемники радиосигналов обычно устанавливали либо на зданиях и сооружениях, либо на морских судах. Однако в 1901 году Гульельмо Маркони установил приемо-передающее устройство на паровой автомобиль марки «Торникрофт», тем самым, положив начало развития подвижной наземной радиосвязи. Конечно, сконструированный Маркони аппарат, умел работать только с азбукой Морзе, да только во время остановки, так как при движении приходилось опускать в горизонтальное положение используемую устройством цилиндрическую антенну, но все равно это был первый маленький шаг к настоящей мобильности.

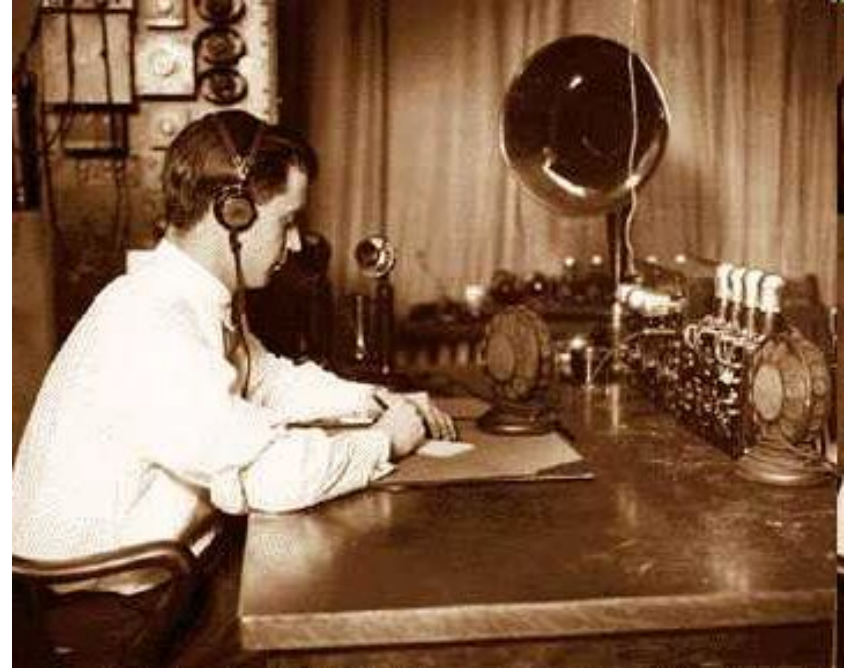




В 1910 году Ларс Магнус Эрикссон, путешествуя с женой в автомобиле, придумал способ всегда оставаться на связи. Он цеплялся специальными «удочками» за телефонные провода и звонил оператору с обычного аппарата.



Односторонняя  
диспетчерская  
связь

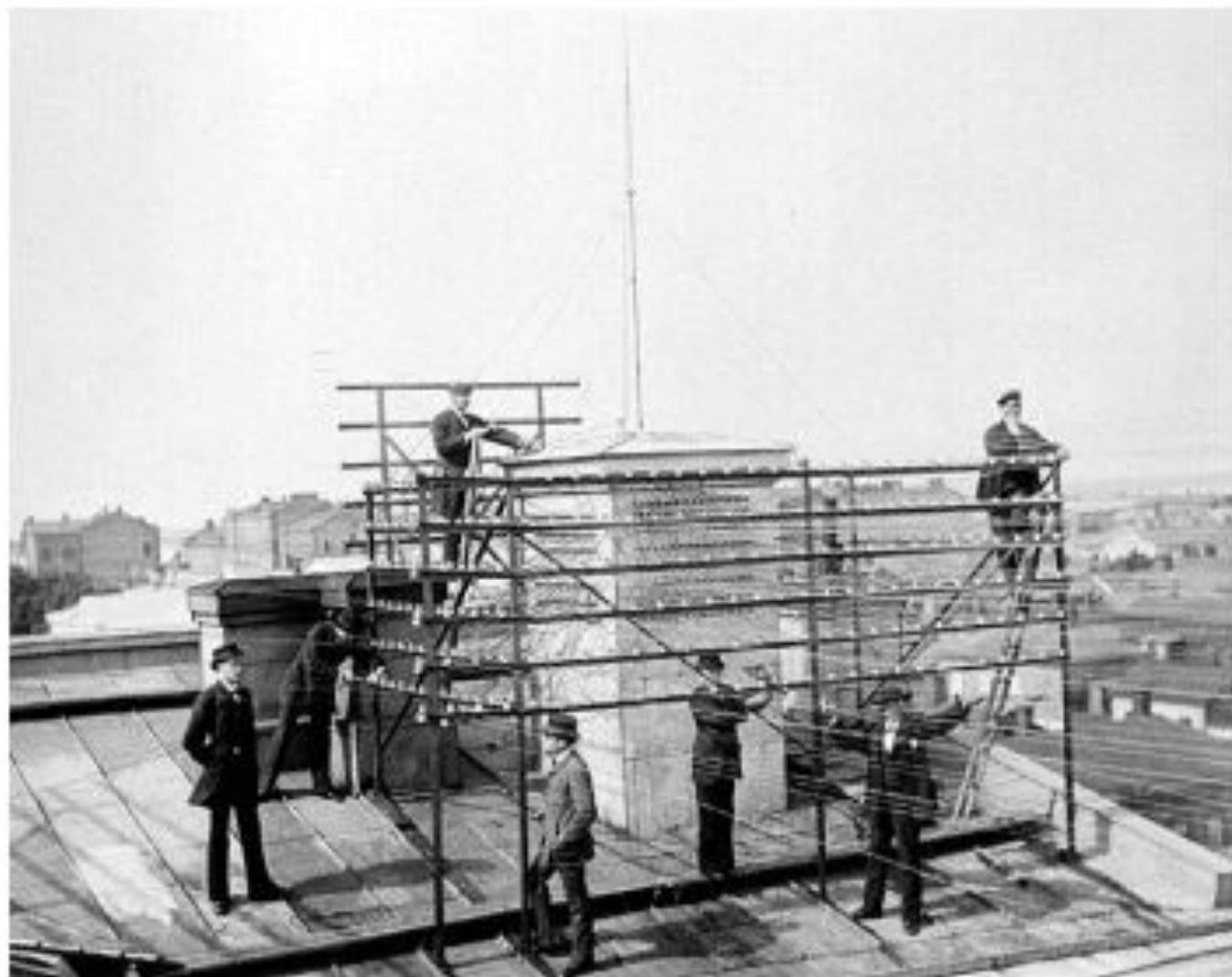


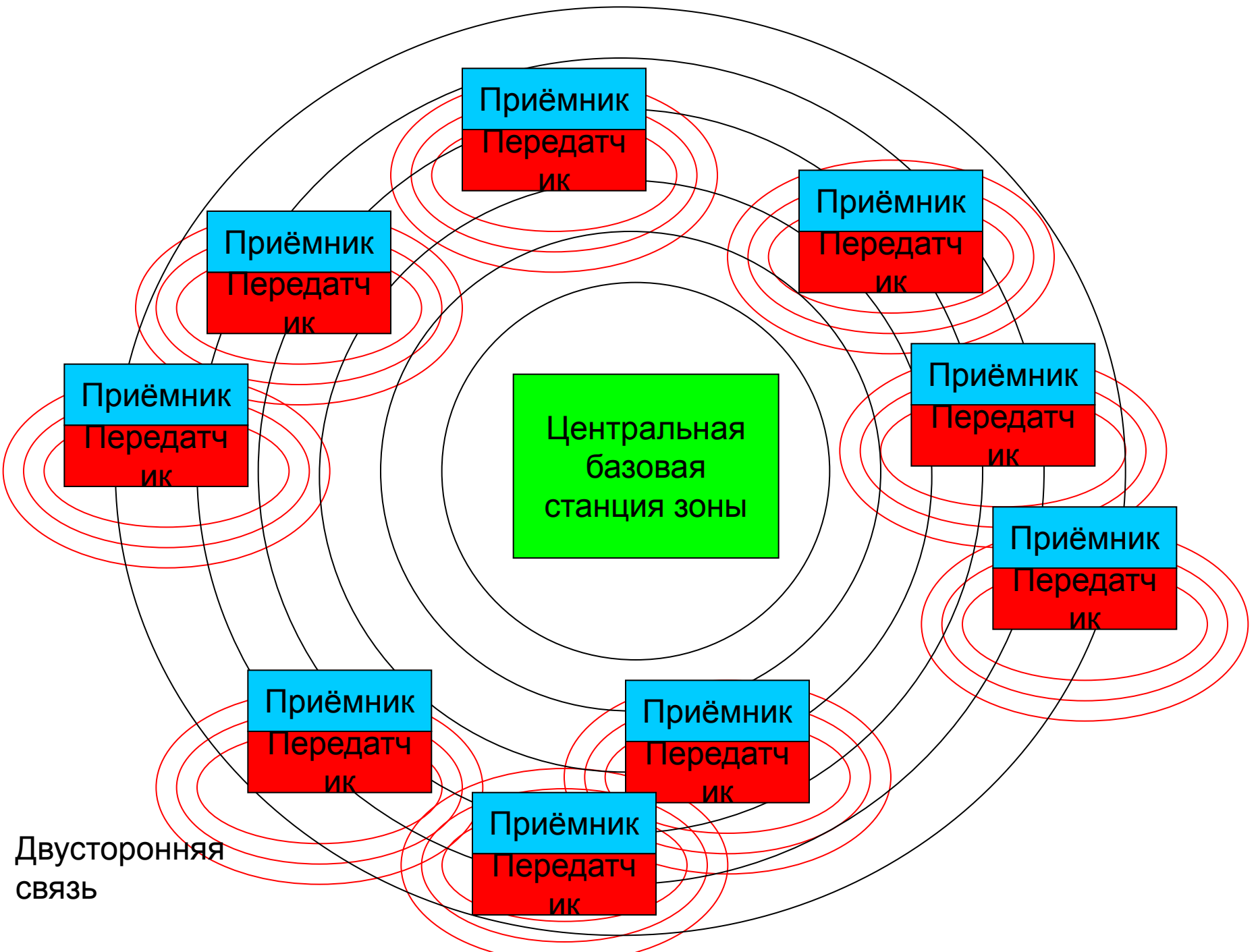
Первой зафиксированной в истории системой подвижной связи стала сеть диспетчерской односторонней связи, созданная в 1921 году для полиции города Детройта, США. При этом приёмники располагались на автомашинах. Основой этой системы была азбука Морзе. Связь односторонняя: – полицейские диспетчеры вызывали автомобиль по радиосвязи, а полицейские связывались с участком по обычному проводному телефону. Рабочей частотой системы были 2 МГц. Фактически, диспетчерская система телеграфной подвижной связи это ничто иное, как прообраз пейджинговой связи.



Несмотря на то, что связь была односторонней, эффективность работы повысилась в несколько раз. В 1922 году патрульные передали в участок описание пропавшего мальчика. Благодаря этому он был найден за несколько часов. Перехват преступников на автомобилях стал настолько слаженным, что мафия еще долго обходила Детройт стороной. На фото слева: «Форд» («Модель Т») с антенной на крыше. На фото справа: диспетчер.







Двусторонняя  
связь

1924 год. Первый автомобильный радиотелефон от Bell Laboratories с двусторонней связью.



В **1933** г. полиция Нью-Йорка начала использовать систему **двусторонней** подвижной телефонной радиосвязи также в диапазоне **2 МГц**.

В **1934** г. Федеральная комиссия связи США выделила для телефонной радиосвязи 4 канала в диапазоне 30...40 МГц, и в **1940** г. телефонной радиосвязью пользовались уже около 10 тысяч полицейских автомашин. Во всех этих системах использовалась амплитудная модуляция. **Частотная модуляция** начала применяться с **1940** г. и к **1946** г. полностью вытеснила амплитудную.

**Первый общественный** подвижный радиотелефон появился в **1946** г. (Сент-Луис, США; компания Bell Telephone Laboratories), в нём использовался диапазон **150 МГц**.

В **1955** г. начала работать 11-канальная система в диапазоне 150 МГц, а в **1956** г. – 12-канальная система в диапазоне 450 МГц. Обе эти системы были **симплексными**, и в них использовалась **ручная коммутация**.

**Автоматические дуплексные** системы начали работать соответственно в **1964** г. (150 МГц) и в **1969** г. (450 МГц).

**Первые попытки применения сетей профессиональной двухсторонней связи, построенной по зонному принципу, выявили ряд проблем:**

- 1) Мощность передатчика ЦС (БС) зоны и подвижных абонентских станций должна быть соизмеримой.
- 2) Наращивание абонентской ёмкости (увеличение числа пользователей).
- 3) Решение первых двух проблем приводит к повышению уровня перекрёстных помех, создаваемых передатчиками различных зон (систем) для других средств радиосвязи.

# Зависимость дальности связи от мощности передатчика

- Дальности связи пропорциональна корню четвёртой степени мощности передатчика.

$$r \sim \sqrt[4]{P}$$

- Это означает, что для увеличения дальности связи в два раза, потребуется увеличить мощность передатчика в шестнадцать раз! Но при наличии посторонних факторов, помех – это цифра становится ещё больше.

$$2 \cdot r \sim \sqrt[4]{16 \cdot P}$$

# Пути решения проблем

```
graph TD; A[Пути решения проблем] --> B[Возврат к принципам односторонней радиосвязи (системы персонального радиовызова, пейджинговые системы)]; A --> C[Принцип совместного использования частотных каналов (транкинг)]; A --> D[Переход от зонных сетей к сотовым сетям];
```

Возврат  
к принципам  
односторонней  
радиосвязи  
(системы  
персонального  
радиовызова,  
пейджинговые  
системы)

Принцип  
совместного  
использования  
частотных  
каналов  
(транкинг)

Переход  
от зонных  
сетей  
к сотовым  
сетям

# Пути решения проблем

```
graph TD; A[Пути решения проблем] --> B[Возврат к принципам односторонней радиосвязи (системы персонального радиовызова, пейджинговые системы)]; A --> C[Принцип совместного использования частотных каналов (транкинг)]; A --> D[Переход от зонных сетей к сотовым сетям];
```

Возврат  
к принципам  
односторонней  
радиосвязи  
(системы  
персонального  
радиовызова,  
пейджинговые  
системы)

Принцип  
совместного  
использования  
частотных  
каналов  
(транкинг)

Переход  
от зонных  
сетей  
к сотовым  
сетям



# Системы радиопоиска подвижных абонентов

- Британская фирма MULTI-TONE
- 1956 г. Лондон
- to page - вызывать







Односторонняя  
диспетчерская  
связь

**Пейджинговые системы** (системы персонального радиовызова) - это системы **односторонней мобильной связи**, осуществляющие передачу коротких сообщений из центра системы, с пейджингового терминала, на абонентские приемники - пейджеры.

**Радиус зоны действия** пейджинговых систем может достигать **100 км**.

Наиболее распространенный тип сообщения - **буквенно-цифровое**, которое может содержать любой текст длиной до 100-200 символов.

Принятое сообщение отображается на дисплее пейджера, имеющем обычно от одной до восьми строк, по 12-20 символов в строке. Длинные сообщения отображаются по частям.

**Сообщение**, подлежащее передаче, **вводится** в систему **через телефонную сеть** - *голосом* через оператора *или с клавиатуры* персонального компьютера *или телефонного аппарата с тональным набором*.

Помимо сообщений, предназначенных отдельным абонентам или группам абонентов, в пейджинговых системах обычно имеется **общий информационный канал**, передающий сообщения о биржевых новостях, погоде, обстановке на дорогах и т.п.

Существенная особенность пейджинговой связи - асинхронная передача информации. Это значит, что сообщение передается не в момент его выдачи отправителем, а несколько позднее, в порядке очереди с аналогичными сообщениями других отправителей, хотя **задержка**, как правило, **невелика, не более нескольких минут**. Поэтому, в сочетании с краткостью сообщений, обеспечивается весьма эффективное использование канала связи, в результате чего **пейджинг оказывается технически проще и экономичнее сотовой связи**.



Еще одна особенность заключается в том, что сообщение может быть получено только в момент его отправки. Если в это время абонент недоступен (находится вне зоны действия системы или его пейджер выключен), то он уже никогда не получит переданное ему сообщение.



**Пейджинговые системы связи** делятся на группы в соответствии с пространственной структурой построения системы:

- одно мощное передающее устройство, размещенное на максимально возможной высоте;
- радиальная сеть передающих устройств с высотой антенны 90-130 м и мощностью в пределах 40-50 Вт.

Наряду с системами персонального радиовызова городского типа разработаны системы государственных и континентальных масштабов, использующие спутники.



## **Достоинства:**

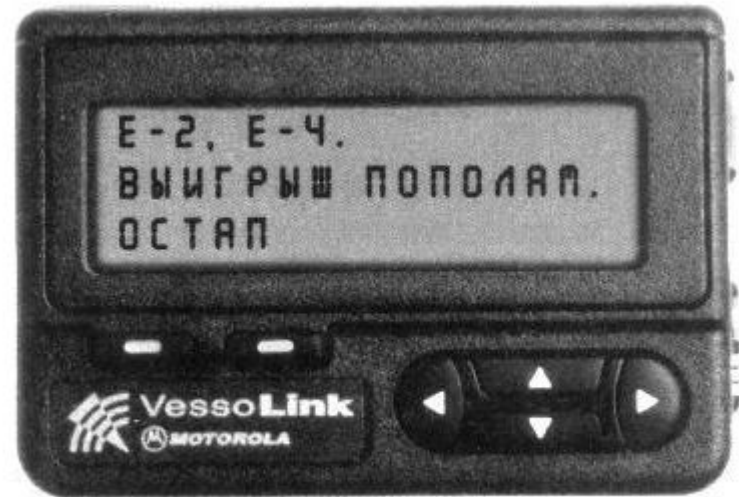
- невысокая цена на предоставляемые услуги;
- возможность получения сообщений через Internet;
- широкий диапазон объемов запоминаемых сообщений;
- использование пейджера для сокращения расходов по оплате сотовых телефонов (если использовать пейджер для входящей связи, а сотовый телефон - для исходящей).

## **Недостатки:**

- предоставляет возможность только односторонней связи;
- недоступность абонента, находящегося в определенных условиях, например в метро, при отсутствии информации о том, получил абонент сообщение или нет;
- ограничение количества повторов передачи сообщений у некоторых операторов;
- ограничение объема передаваемой информации.

# Первая в России сеть пейджинговой связи

- 1979 г. Москва
- 1993 г.



Пейджер

Первая в России сеть пейджинговой связи была закуплена у фирмы MULTITONE и **развёрнута в городе Москве в 1979 году в рамках подготовки к Олимпийским играм 1980 г.** Широкое внедрение пейджинговой связи началось только с осени 1993 г.

ОАО "Ижевский радиозавод" объявил о запуске в производство в октябрь-ноябре 2001 года первого российского пейджера под названием "Ли́ра" с встроенным FM-радиоприемником.

Технические подробности первого российского пейджера:

Диапазон частот 88-108 МГц;

Чувствительность: 10мкВ/м;

Дисплей: 2 строки по 16 символов;

Память: 60 сообщений;

Дата/время: есть;

Будильник: есть;

Предупреждение о скором разряде батарей: есть;

Сигнализация: 4 тоновых мелодии;

Питание: 2 батареи ААА;

Работа батарей: 250 часов в режиме пейджинга;

Размеры: 93x65x35;

Вес: 200г с батареями.

Технические характеристики радиоприемника:

Запоминание до 30 станций;

Автопоиск станций, а также ручную настройку на станцию с шагом 50 кГц;

Электронный регулятор громкости;

Гнездо для подключения стереофонических наушников;

Гнездо для подключения внешнего источника питания напряжением 3В.

В комплект вместе с пейджером входят стереофонические наушники.



Фотографии первого  
российского пейджера  
"Ли́ра РП-201С"



Фотографии первого  
русского пейджера  
"Ли́ра РП-201С"

Пейджинговая связь по сравнению с сотовой имеет ряд существенных **преимуществ**:

- дешевизна связи;
- **безопасность** (отсутствие передатчика в пейджере, есть только приемник), что не предполагает возможность пеленга местонахождения устройства.

С государственных позиций существенным преимуществом пейджинговой связи является **экономия частотного ресурса**. Так, например, в транкинговых и сотовых сетях одна частота (с шириной канала 25 кГц) имеет ресурс для обслуживания 25-50 абонентов, в пейджинге — 10-15 тысяч абонентов (в формате POCSAG) и 40-80 тысяч (FLEX).

# Пути решения проблем

```
graph TD; A[Пути решения проблем] --> B[Возврат к принципам односторонней радиосвязи (системы персонального радиовызова, пейджинговые системы)]; A --> C[Принцип совместного использования частотных каналов (транкинг)]; A --> D[Переход от зонных сетей к сотовым сетям];
```

Возврат  
к принципам  
односторонней  
радиосвязи  
(системы  
персонального  
радиовызова,  
пейджинговые  
системы)

Принцип  
совместного  
использования  
частотных  
каналов  
(транкинг)

Переход  
от зонных  
сетей  
к сотовым  
сетям

# Конвенциональные сети связи

Первые радиостанции профессиональной связи занимали на всё время эксплуатации выделенный им один частотный канал, или ещё один – резервный. При этом фактическое время использования канала для радиопереговоров составляло ничтожно малую долю от всего времени работы станции. Соответственно, другие радиостанции одного и того же частотного диапазона не могли занимать «чужие» каналы. Поэтому **абонентская ёмкость определялась как отношение выделенного диапазона частот к полосе частот, занимаемой каналом.** При дуплексной связи она обычно составляет 12,5 кГц. Нетрудно убедиться в том, что это отношение – весьма малая величина – **десятки или сотни абонентов, одновременно работающих в «эфире».**

# Принцип совместного использования частотных каналов (транкинг)

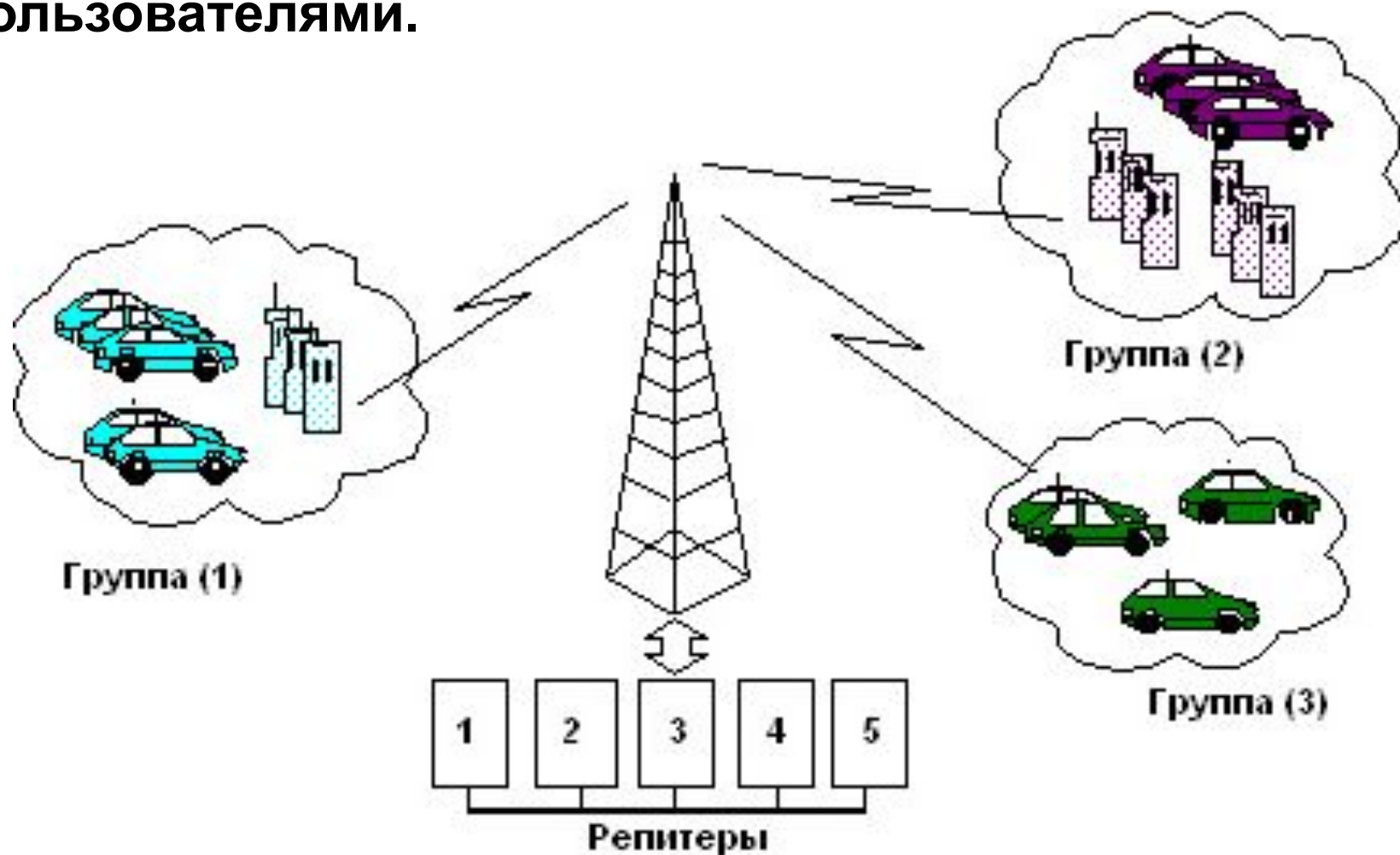
- Псевдотранкинговые сети связи
- Транкинговые сети связи

Одной из основных тенденций развития систем связи является поиск **наиболее эффективных путей использования частотного диапазона.**

Слово "транк" происходит от английского **trunk** – пучок, символ, в телефонии этот термин означает "магистраль".



**Транкинг – это совокупность каналов связи, автоматически распределяемых между пользователями.**



**Упрощенная схема транкинговой связи**

**В обычной системе** за группой пользователей "А" закреплен один канал А, за группой "В" – один канал В и т.д. Если пользователь из группы "А" обнаруживает, что канал А занят, то с этим ничего нельзя поделать, даже если канал В свободен. В результате этого пожарная машина или скорая помощь, оснащенная такой системой, приезжает на сорок минут позже, а милицейская не приезжает вообще, потому что ловить преступника уже поздно.

**В транкинговых системах** вместо одного канала, к которому обращается несколько пользователей, содержится **группа каналов**, доступных всем пользователям данной системы. Когда кто-либо из них захочет провести сеанс связи, он автоматически получает доступ к любому свободному каналу. По окончании соединения канал может быть автоматически предоставлен другому.

Существует **несколько базовых разновидностей транкинговых систем.**

# Без канала управления

В этом случае **свободный канал “помечается”** специальным сигналом – **маркером**. Центральная станция (ЦС) такой системы **периодически передает определенную последовательность**, автоматически распознаваемую станцией абонента. В случае вызова радиостанция занимает любой из свободных каналов. Все это происходит незаметно для пользователя.

К таким системам относятся SmarTrunk II фирмы "SmarTrunk System inc." и Larcer фирмы "CES".

# Без канала управления

**Достоинства** таких систем – это дешевое базовое и периферийное оборудование, простота установки и эксплуатации.

**Недостатки** этих систем:

- при увеличении количества каналов и загрузки системы существенно увеличивается время поиска свободного радиоканала для установления связи;
- время установления связи больше, чем у других систем;
- невозможность создания многозоновых систем;
- сокращенный набор функций и сервиса.

# С каналом управления

Присутствие канала управления сводит к минимуму время ожидания соединения. В этом случае система сама определяет наличие незанятых каналов и переключает на них станцию абонента.

Многие крупнейшие компании используют при построении сети **управление на основе выделенного канала**.

# С каналом управления

**Микропроцессорный блок управления контролирует все базовые станции в зоне обслуживания. Один из каналов выделяется для использования исключительно в целях управления и представляет собой своеобразное "руководящее звено" данной системы. Его основная функция – установление соединения между двумя абонентами сети.**

# Транкинговые сети связи

Системы транкинговой радиосвязи являются классом систем подвижной связи, ориентированным, прежде всего, на создание различных **ведомственных и корпоративных** сетей связи, в которых предусматривается активное применение **режима связи абонентов в группе**. Они широко используются силовыми и правоохранительными структурами, службами общественной безопасности, транспортными и энергетическими компаниями различных стран для обеспечения связи подвижных абонентов между собой, со стационарными абонентами и абонентами телефонной сети.



# Транкинговая связь

- 1963 г, СССР, сеть «Алтай»  
(функционировала 40 лет)
- 1995 г, РФ, при участии фирмы Nokia система «Алтай» была модернизирована - «РусАлтай». Диапазон 330МГц.  
Длина волны - 1м.
- 1979 г, США, «Проект 16», Моторола, связь для служб общественной безопасности.

Работа над системой автоматической мобильной связи, названной "**Алтай**", началась в **1958** году. В городе **Воронеж** в Воронежском НИИ связи (ВНИИС) были созданы **абонентские станции** (проще говоря, собственно телефоны) **и базовые станции** для связи с ними. **Антенные системы** были разработаны в **московском** Государственном Специализированном Проектном Институте (ГСПИ), там же, где рождалось советское телевидение. Над другими составляющими "Алтая" работали ленинградцы, а позднее присоединились предприятия из Белоруссии и Молдавии. Специалисты из разных частей Советского Союза объединили усилия, чтобы создать абсолютно уникальный на тот момент продукт — автоматическую мобильную связь.

"Алтай" должен был стать **полноценным телефоном**, устанавливаемым **в автомобиле**. По нему просто можно было говорить, как по обычному телефону (т.е. звук проходил в обе стороны одновременно, т.н. **дуплексный режим**). Чтобы позвонить на другой "Алтай" или на обычный телефон, достаточно было **просто набрать номер** — как на настольном телефонном аппарате, без всяких переключений каналов или разговоров с диспетчером.

Реализовать эту возможность при тогдашнем техническом уровне было непросто. **Цифровой связи**, разумеется, **еще не было**; голос передавался в эфире обычным образом. Но, кроме голоса, нужно было передавать специальные сигналы, с помощью которых система могла сама найти свободный радиоканал, установить связь, передать набираемый телефонный номер и т.д.

Это сейчас нам кажется естественным просто набрать номер на кнопках мобильного. А в 1963 году, когда в Москве была запущена опытная зона системы "Алтай", настоящий телефон в машине производил неизгладимое впечатление.

Разработчики постарались сделать его как можно более похожим на привычные аппараты: у "Алтая" была трубка, а в некоторых моделях — даже диск для набора номера. Впрочем, от диска вскоре отказались и заменили его кнопками, поскольку крутить диск в автомобиле оказалось неудобно.



# "Алтай". Телефон 60-х



[http://www.technoweb.ru/articles/technics\\_in\\_life/1177/](http://www.technoweb.ru/articles/technics_in_life/1177/)

Партийные и хозяйственные руководители пришли в восторг от новой системы. Автомобильные телефоны вскоре появились в **"ЗИЛах"** и **"Чайках"** верхних эшелонов советского руководства. За ними последовали и **"Волги"** директоров важнейших предприятий.

"Алтай" конечно не был полноценной сотовой системой. **Первоначально один город вместе с пригородами обслуживался всего лишь одной базовой станцией с шестнадцатью радиоканалами.** Но для небольшого количества высших начальников, которым была доступна мобильная связь, этого первое время хватало.

В системе использовался частотный диапазон 150 МГц — это частоты того же порядка, что и метровый диапазон телевидения. Поэтому антенна, установленная на высокой башне, позволяла обеспечить связь на расстоянии до десятков километров.

*Здание на Котельнической набережной. Три верхних этажа в 60-е годы были заняты аппаратурой системы «Алтай», обеспечивающей ЦК и Верховный Совет отличной мобильной связью.*





**Аналогичная система в США, IMTS** (Improved Mobile Telephone Service), была запущена в опытной зоне на год позже. А коммерческий ее запуск состоялся лишь в 1969 году. Между тем в СССР к 1970 году "Алтай" был установлен и успешно работал уже примерно в 30 городах!

**В описании системы IMTS есть такой абзац :**

«В 70-х и начале 80-х годов до начала использования сотовой связи существовали "списки ожидания", до 3-х лет, для желающих иметь мобильную связь. Потенциальные абоненты были вынуждены ждать, пока действующие абоненты отключатся от сети, чтобы получить телефонный номер и услуги сети мобильной связи.»

**Очереди! Списки! В США ☺**

Конечно, такие жесткие ограничения были вызваны ограниченным количеством радиоканалов. **Подобные системы не могли быть массовыми чисто по техническим причинам**, а не из-за чьего-то злого умысла.

Телефоны этой системы были очень дорогими (от 2 до 4 тысяч долларов) и минута разговора стоила от 70 центов до 1.2 доллара. Часто телефоны брались в аренду у компании, а не покупались.

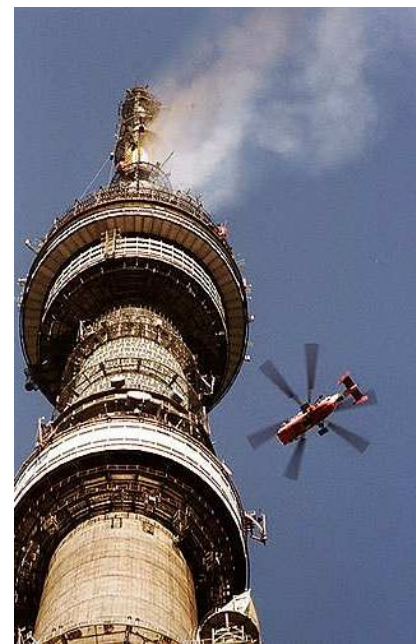


Телефон системы IMTS. Начало 70-х.

В 1970-е годы система "Алтай" активно развивалась. Были выделены новые радиоканалы (22 "ствола" по 8 каналов) в диапазоне 330 МГц - т.е. на чуть более длинных волнах, чем дециметровое телевидение, что позволяло обеспечивать немалую дальность и одновременно обслуживать больше абонентов. Благодаря применению первых микросхем абонентские станции становились все более компактными — хотя все же оставались автомобильными (можно было переносить телефон вместе с аккумуляторами в увесистом чемоданчике).

К середине 70-х, постепенно география распространения системы "Алтай" расширилась на 114 городов Советского Союза.

Особые работы по модернизации оборудования пришлось провести к **московской Олимпиаде 1980 года**. Более того, именно к **Олимпиаде базовая станция "Алтая" переселилась на Останкинскую телебашню**. До этого она занимала два верхних этажа высотного здания на Котельнической набережной.

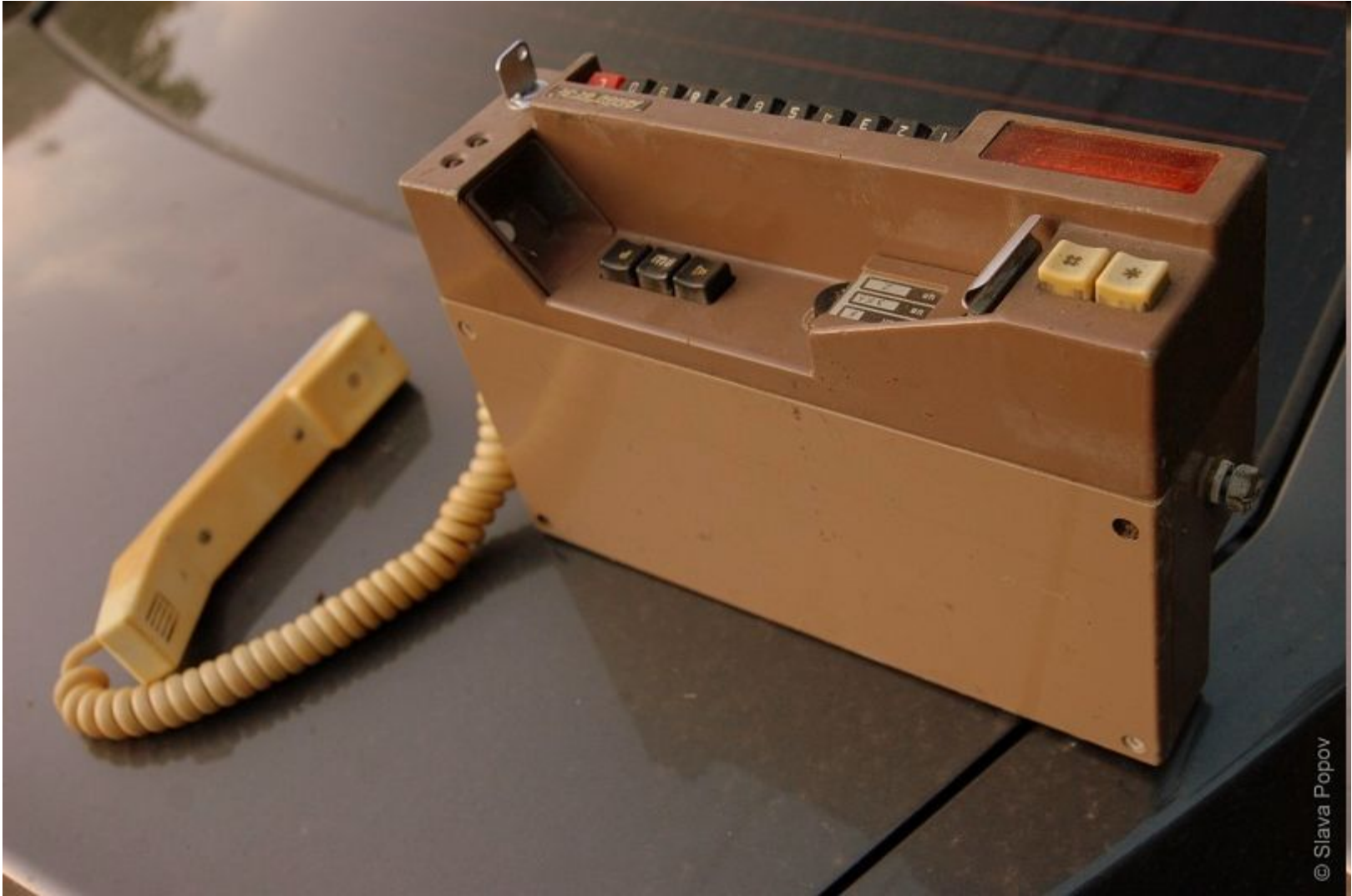




Здание на Котельнической набережной. Три верхних этажа в 60-е годы были заняты аппаратурой системы «Алтай», обеспечивающей ЦК и Верховный Совет отличной мобильной связью.



Мобильный телефон «Алтай-3М» 1980-х годов







На Олимпиаде-80 связь модернизированной системы "Алтай-3М" использовалась весьма широко и показала себя с лучшей стороны. Так, практически **все журналистские репортажи с соревнований проходили именно через "Алтай"**. Советские связисты стали победителями Олимпиады вместе с советскими спортсменами; олимпийских медалей, правда, им не досталось, но **Государственную Премию СССР получили многие ведущие разработчики**.

Впрочем, во время Олимпиады стали проявляться и ограничения "Алтая". Иногда журналисты жаловались на плохую связь; инженеры рекомендовали им немного переставить автомобиль, и все тут же налаживалось.

Всего же к началу 80-х годов число абонентов системы Алтай составляло **около 25 тысяч**.

Чтобы телефон без проводов стал массовым, требовалось дальнейшее развитие системы — в частности, переход к ныне привычному **использованию множества базовых станций, накрывающих соседние участки территории**. И советские инженеры были вполне готовы к этому развитию. К сожалению, не все зависело только от этой готовности.

# Пути решения проблем

```
graph TD; A[Пути решения проблем] --> B[Возврат к принципам односторонней радиосвязи (системы персонального радиовызова, пейджинговые системы)]; A --> C[Принцип совместного использования частотных каналов (транкинг)]; A --> D[Переход от зоновых сетей к сотовым сетям]; style D fill:#00FF00
```

Возврат  
к принципам  
односторонней  
радиосвязи  
(системы  
персонального  
радиовызова,  
пейджинговые  
системы)

Принцип  
совместного  
использования  
частотных  
каналов  
(транкинг)

Переход  
от зоновых  
сетей  
к сотовым  
сетям

# История сотовой связи

- 1946 г — в США, в городе Сент-Луис компания AT&T Bell Laboratories начала эксплуатацию опытного сервиса телефонной связи из автомобиля. В том же году в СССР Г. Шапиро и И. Захарченко провели успешные испытания автомобильного радиотелефона своей системы с дальностью действия до 20 км.
- 1947 г — сотрудники американской фирмы Bell Дуглас Ринг и Рей Янг предложили принцип шестиугольных ячеек для мобильной телефонии.



Copyright 2000 The Telecommunication Museum of Sweden  
[http://www.telemuseum.se/historia/mobtel/mobtfn\\_2e.html](http://www.telemuseum.se/historia/mobtel/mobtfn_2e.html)

История изобретения первого сотового телефона берёт своё начало в послевоенное время, именно тогда компания AT&T, а точнее исследовательская лаборатория **Bell Laboratories** (принадлежала она именно AT&T) впервые выступила с идеей создания мобильного телефона. Для 1947 г. это была смелая мысль, но разработчики изначально ограничились телефонами, предназначенными для монтажа только в автомобилях. Их можно понять - нельзя было представить, что кто-то будет способен таскать на себе **30-40-килограммовый телефон** (это без источника питания!). Уже в 50-е г. началась постепенная миниатюризация телефонов в машинах, они стали занимать меньше места. Уже в начале 70-х телефоны изрядно "похудели" и весили всего около 12-14 кг. При этом питание по-прежнему осуществлялось от бортовой сети автомашины.

В 1946 году в компании AT&T (American Telephone and Telegraph) Bell Labs (США) впервые додумались создать первый радиотелефонный сервис - нечто среднее между обычным телефоном и радиопередатчиком. Работал он по принципу: **либо уж говори, либо молчи**. Для разговора требовалось нажать на кнопку, а для того, чтобы слышать собеседника, ее отпустить. И это еще не все неприятные моменты.

Радиостанция весом около 12 кг занимала много места и размещалась в багажнике автомобиля, **пульт управления - в салоне, а антенна - на крыше, в которой прорезали большую брешь**.



Чтобы сделать звонок, сначала требовалось передать сигнал на АТС. А с входящими вызовами было еще больше мороки: для разговора приходилось **звонить на станцию и сообщать свой номер телефона**. Словом - сплошные неудобства, однако по тем временам новинка AT&T Bell Labs была едва ли не вершиной технической мысли.

Кое в чем ноу-хау сороковых годов было предтечей первого сотового аппарата. По крайней мере, уже тогда в истории наметился заметный крен в сторону небольшой революции в отрасли сотовых телефонов.

Трудно поверить, но в 40-х гг к идее переносного телефона отнеслись прохладно. Вплоть до 60-х никто толком не вкладывал деньги в этот бизнес - мало кто вообще верил в то, что можно создать сотовый телефон компактных размеров.









В то время компания Motorola была известна своими переносными радиостанциями и даже не помышляла о сотовых телефонах. Начало было положено, когда в компанию в **1954 г.** пришёл новый инженер, **Мартин Купер (Martin Cooper)**. Он был простым служащим и занимался разработкой новых портативных устройств: в **1967** его отдел создал **первые портативные рации для полиции Чикаго.**

Почти через 20 лет после начала своей карьеры в Motorola, Мартин Купер осознал, что может создать относительно небольшой сотовый телефон, правда, пока аппарат не имел такого названия.

Полевые испытания сотовой сети были назначены на **3 апреля 1973 г.** К этому дню на вершине 50-этажного Alliance Capital Building в Нью-Йорке (ранее здание называлось Burlington Consolidated Tower) была смонтирована базовая станция. Первый прототип БС мог обслуживать не более 30 абонентов и соединял их с наземными линиями связи.

Утром 3 апреля 1973 г Мартин Купер набрал номер Джоэла Энгела (Joel Engel), начальника исследовательского отдела Bell Laboratories, и произнес следующие слова: "Представь себе, Джоэл, что я звоню тебе с первого в мире сотового телефона. Он у меня в руках, а я иду по нью-йоркской улице". Несомненно, это был триумф - как Мартина, так и самой компании Motorola. Признание заслуг со стороны Bell Laboratories было одним из самых весомых подтверждений успеха.



Сам сотовый телефон назывался Dyna-Tac. Это была трубка весом около 1,15 кг и размерами 22.5x12.5x3.75 см. На передней панели было расположено 12 клавиш, из них 10 цифровых и две для отправки вызова и прекращения разговора. Никакого дисплея, никаких дополнительных функций - они увеличивают вес аппарата. Аккумулятор позволял общаться по Dyna-Tac целых 35 минут, но вот заряжать его приходилось чуть более 10 часов. Именно этот телефон утром 3 апреля взял в руки Мартин.



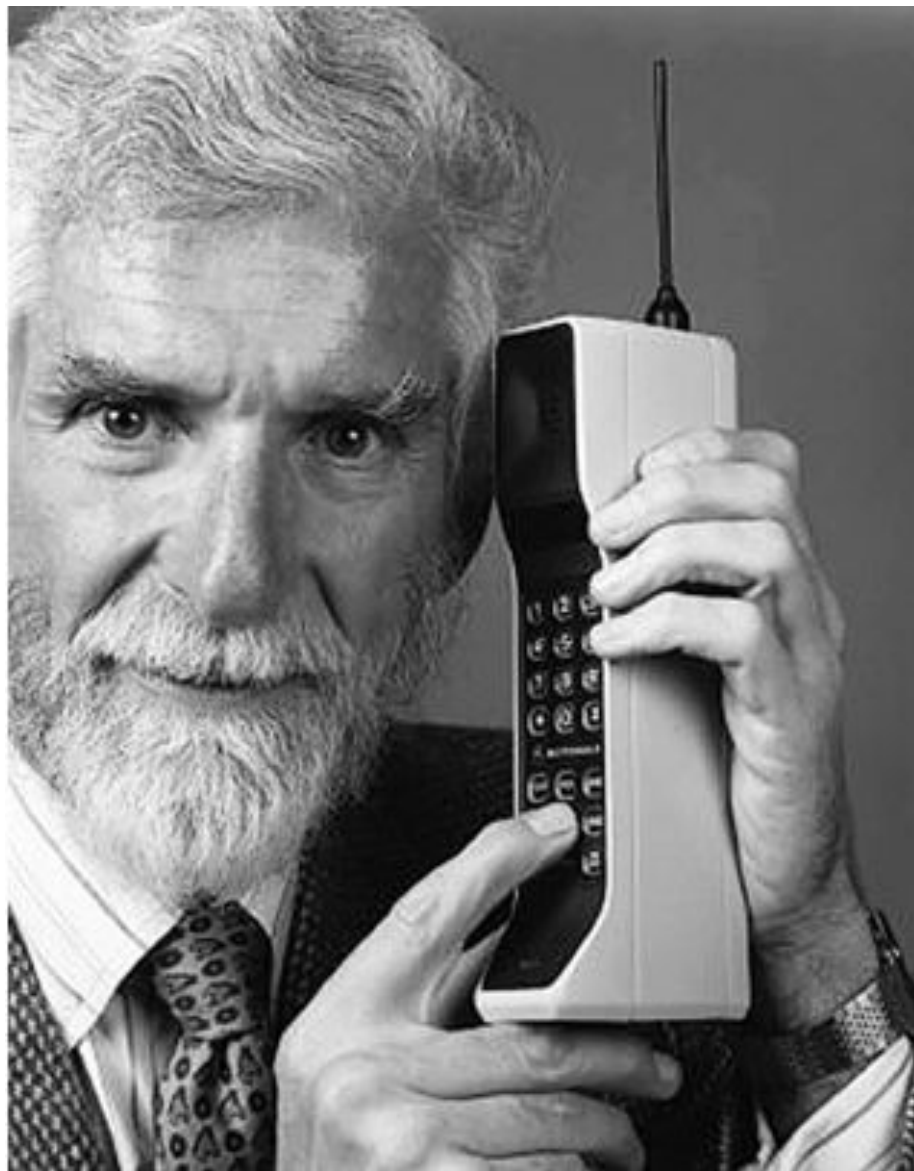
Изобретатель сотового телефонного аппарата Мартин Купер (фирма Motorola) с сотовым телефоном

Т.к. эксперимент прошёл успешно, Федеральная комиссия выделила частоты для частных компаний уже в начале следующего года. В течение нескольких лет появились первые коммерческие сети, и в начале 80-х они стали распространяться по миру. Мартин Купер возглавил отдел по разработке сотовых телефонов в своей родной компании, и покинул её лишь в 1983 году, чтобы основать своё дело.

13 июня 1983 компания Motorola выпустила первый коммерческий мобильный.



13 июня 1983 компания Motorola выпустила первый коммерческий мобильный.



Лишь спустя десять лет с момента, когда Мартин Купер сделал первый звонок по Dyna-Tac, сотовые трубки появились в свободной продаже.



13 июня 1983 компания Motorola выпустила первый коммерческий мобильный телефон DynaTAC 8000X. На разработку DynaTAC 8000X было потрачено более 10 лет и выделено более 100 миллионов американских долларов. DynaTAC 8000X весил 800 грамм, хранил 30 телефонных номеров, имел 1 мелодию и стоил 3995 американских долларов. В режиме разговора аккумулятора хватало почти на один час.

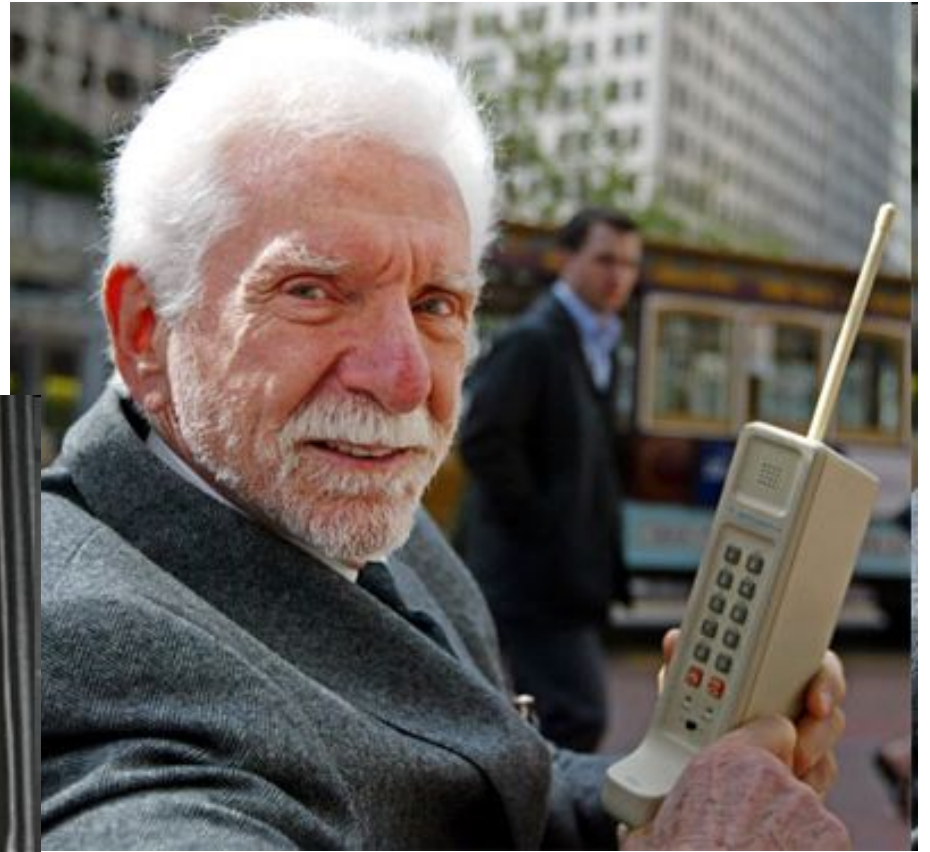


Компания Motorola первой начала массовый выпуск мобильных телефонов. Успех первого сотового телефона был ошеломляющим. Несмотря на столь высокую цену, стать обладателями DynaTAC 8000X мечтали тысячи американцев. Чтобы приобрести DynaTAC 8000X, необходимо было записываться в очередь и ждать чудо-телефон несколько месяцев.



Все долгие десять лет, вплоть до запуска первой коммерческой сети сотовой связи, Motorola старалась снизить вес телефона. В итоге многолетней «диеты» аппарат «похудел» до 450 грамм.







Рассказывая о создании первого мобильного, Купер говорит, что эквивалентная цена той первой трубки на сегодняшний день составляет \$1 млн. «Мы закрыли практически все разработки и направления в компании, чтобы бросить все силы на создание этой модели», говорит он.

Основной проблемой было «втиснуть» 2 тысячи деталей в компактное устройство, которое можно было бы носить. Даже модель телефона 1983 года ценой \$4000, созданную в современных условиях, Купер оценивает в \$10000. Другой проблемой стало создание инфраструктуры самой сети и грамотной реализации частотного диапазона. В то время Купер и его команда только надеялись, что мобильный телефон будет у каждого человека на земле. Они шутили, что в будущем, человек будет получать телефонный номер при рождении, и если абонент не отвечает, значит он умер.

Оценку Купером современных смартфонов наглядно демонстрирует его фраза, что руководство пользователя теперь весит больше чем сам телефон, а чтобы овладеть всеми его функциями нужно стать инженером. Тем не менее, пытаясь отследить современные тенденции в сотовой связи, Мартин меняет модель своего телефона каждые два месяца. В будущем, считает Купер, мобильный телефон будет представлять собой имплантат, внедренный под кожу пользователю, и обеспечивать связь с Сетью и вычислительной мощностью стационарных компьютеров. Дальнейшее развитие технологий мобильной связи должно по его мнению сделать жизнь людей лучше и безопаснее.

# Краткая история сотового телефона

1973 год. Первый звонок с сотового телефона (Motorola DynaTac), г.Нью-Йорк.

1977-1978 год. Начаты крупномасштабные испытания сотовых телефонов. Первым городом, где было принято решение создать сеть телефонных вышек, был Чикаго. Первая сеть была рассчитана на 2 тыс. абонентов. Поэтому 1978 год можно считать годом начала практического применения сотовой связи.

1979 год. Япония стала взять на вооружение американскую технологию и начала проводить испытания сотовой технологии.

1983 год. Впервые сотовые телефоны появились в свободной продаже. Первенцем стала модель Motorola DynaTAC 8000x.

1994 год. Финляндская компания Nokia создала первый телефон (Nokia 2110), способный передавать SMS-сообщения.

1996 год. Motorola создала первый "складной" телефон - Motorola StarTAC.

# Краткая история сотового телефона

1998 год. Создан первый телефон с функцией PDA - Qualcomm pdQ-800. Сотовые телефоны стали использоваться, как электронные записные книжки и устройство для хранения информации.

2000 год. Создан первый телефон, способный проигрывать музыкальные записи в формате MP3 - Samsung Uproar.

2002 год. В массовую продажу выходит первый сотовый видеофон - Nokia 3650. В том же году появился телефон, связанный со спутниковой глобальной системой позиционирования и навигации (GPS) - Kyocera 7135 Smartphone. Телефон Danger обладает полноценной компьютерной клавиатурой, позволяющей максимально комфортно набирать сообщения по электронной почте и вводить в телефон информацию.

2003 год. Впервые телефон (Sony Ericsson T616) оснащен интернет-браузером.



## Nokia Mobira Senator (1982)

Этот аппарат обеспечивал  
связь из автомобиля.

Первый телефон в сетях  
стандарта NMT-450.

Масса – 10 кг.



Трубки NMT-900 обладали гораздо меньшим, нежели, NMT-450, весом и не требовали от владельца наличия автомобиля или огромной горы мускул.



В 1986 в крупных городах Швеции был введен в действие стандарт NMT-900, призванный помочь NMT-450 с непрерывающимися перегрузками в сети. Но абоненты, желавшие пользоваться одним телефоном по всей стране, крайне негодовали, и нововведенную сеть пришлось свернуть.





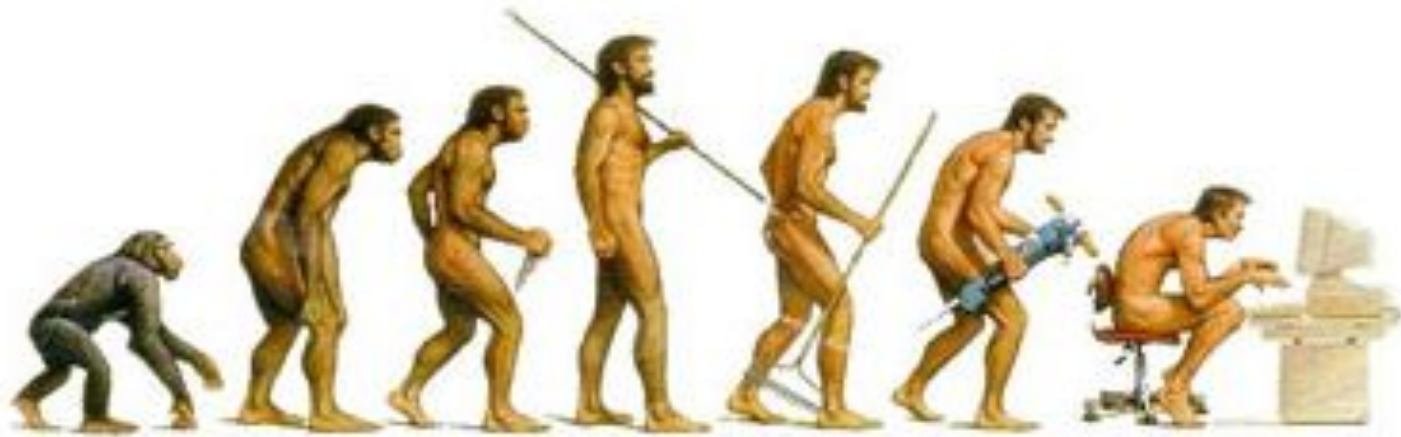


Самый первый мобильный телефон - модель Mobira Cityman от финского вендора Nokia, вышедший в 1987 году, был точным клоном первого мотороловского детища. Но со временем первую скрипку на рынке сотовых девайсов стала играть именно Nokia, хотя вначале финны были в числе аутсайдеров, а вот пыл Моторолы заметно угас.



Nokia Mobira Cityman 900 (1987)

Mobira Cityman 900 – первый телефон для сетей NMT-900. Стал знаменит, когда Михаил Горбачёв совершил звонок с него из Хельсинки в Москву, после чего, по информации Nokia, аппарат окрестили "Gorba". Масса практически не отличалась от первого изделия Motorola – 800 г, а продавался Cityman по \$6000.

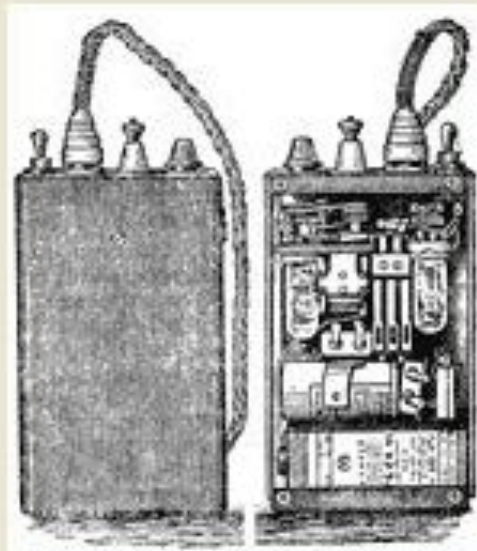




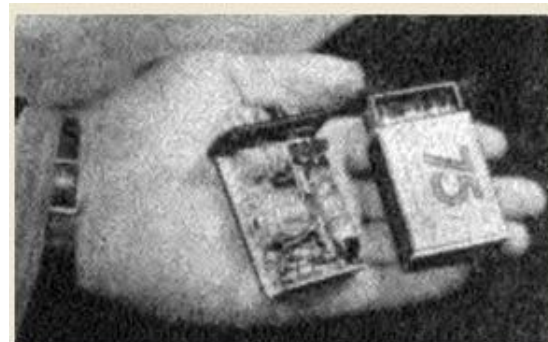
# Леонид Иванович Куприянович



Инженер Леонид Куприянович демонстрирует возможности мобильного телефона. "Наука и жизнь", 10, 1958 год.



Карманная рация Куприяновича 1955 года

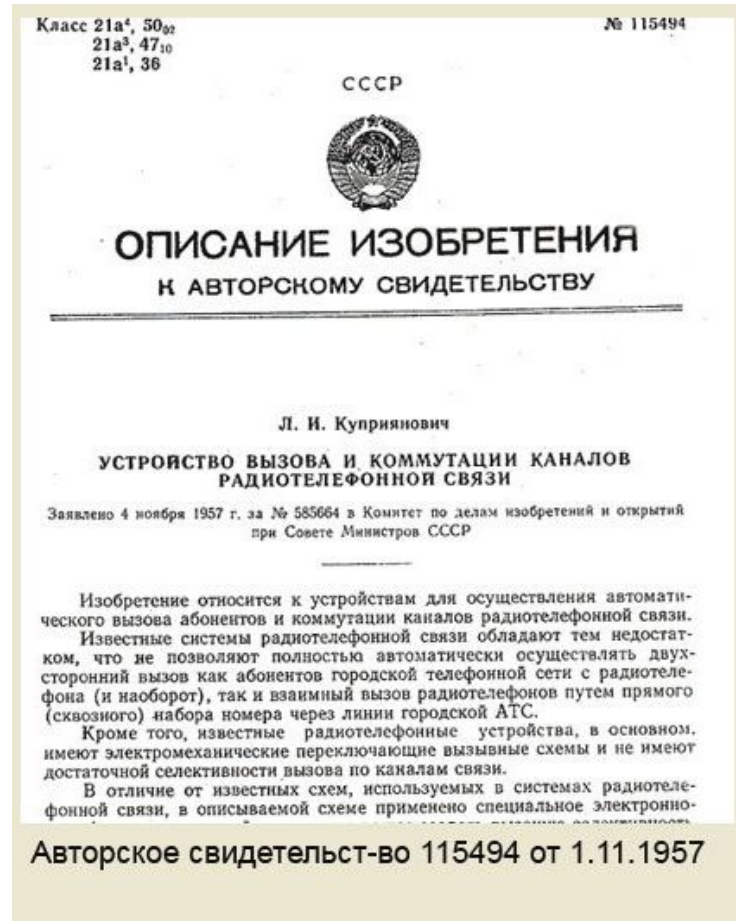


1957 год - рация со спичечный коробок



Наручная рация Куприяновича

# Леонид Иванович Куприянович

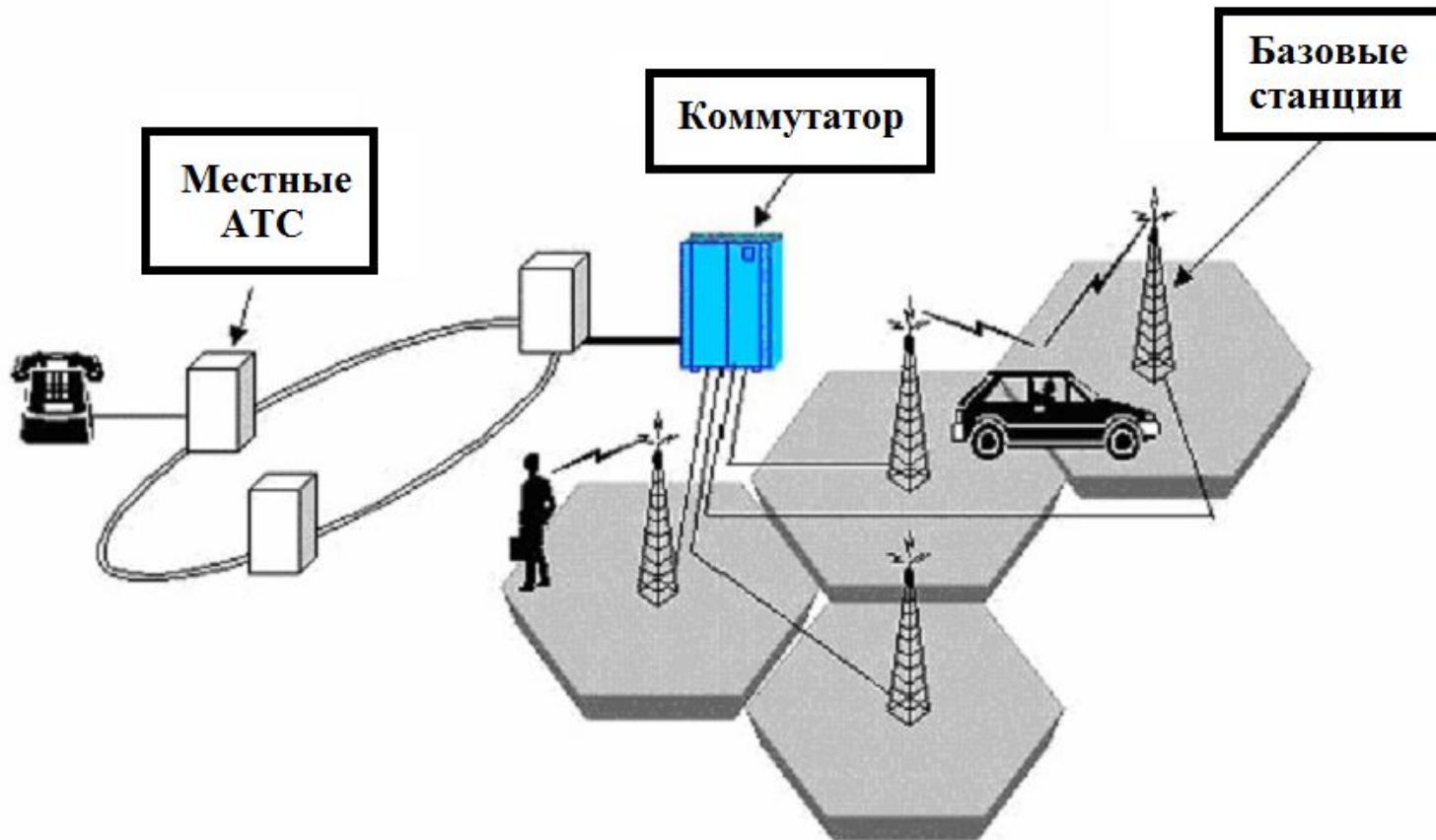


# Леонид Иванович Куприянович

- 1957 г — инженер Л. И. Куприянович из Москвы создал и публично продемонстрировал первый опытный носимый мобильный телефон ЛК-1 весом 3 кг, радиусом действия 20-30 км и временем работы без смены батарей 20-30 часов и базовую станцию к нему. Решения аппарата запатентованы (а.с. 115494 от 1.11.1957).
- 1958 г. — Л. И. Куприянович создает опытные образцы компактных мобильных телефонов весом всего 500 г (для сравнения, вес современных мобильных телефонов составляет в среднем 80 грамм) и размерами с папиросную коробку.



# Сети сотовой связи



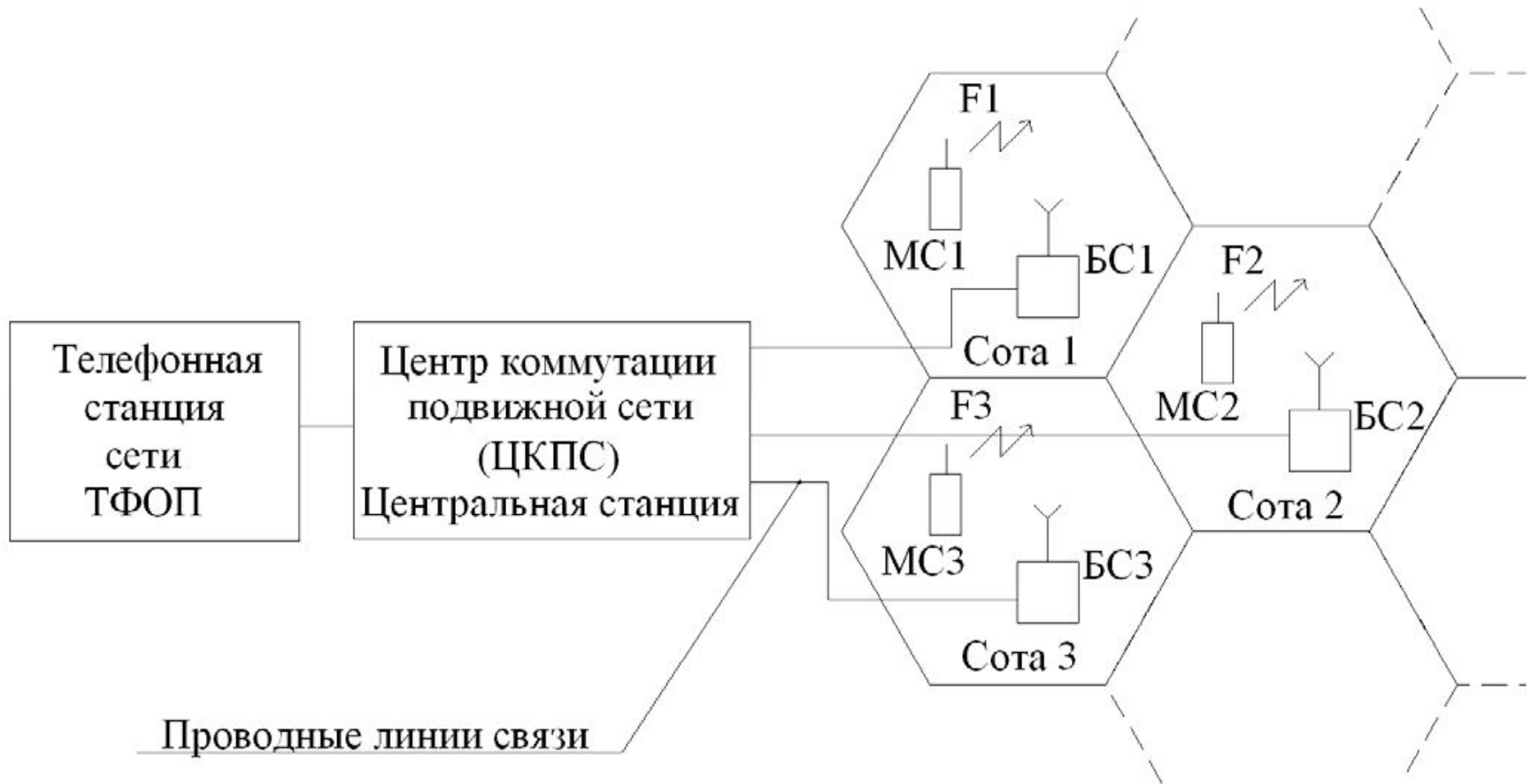
Впервые (в США) частоты для сотовой связи были выделены в городе Чикаго в 1974 году (полоса частот в 40 МГц в диапазоне 800 МГц). В 1978 году в этом диапазоне начала работать опытная сеть общественной радиотелефонной сотовой связи на 2 тысячи абонентов. С этого момента принято отсчитывать начало практического применения сотовой связи.

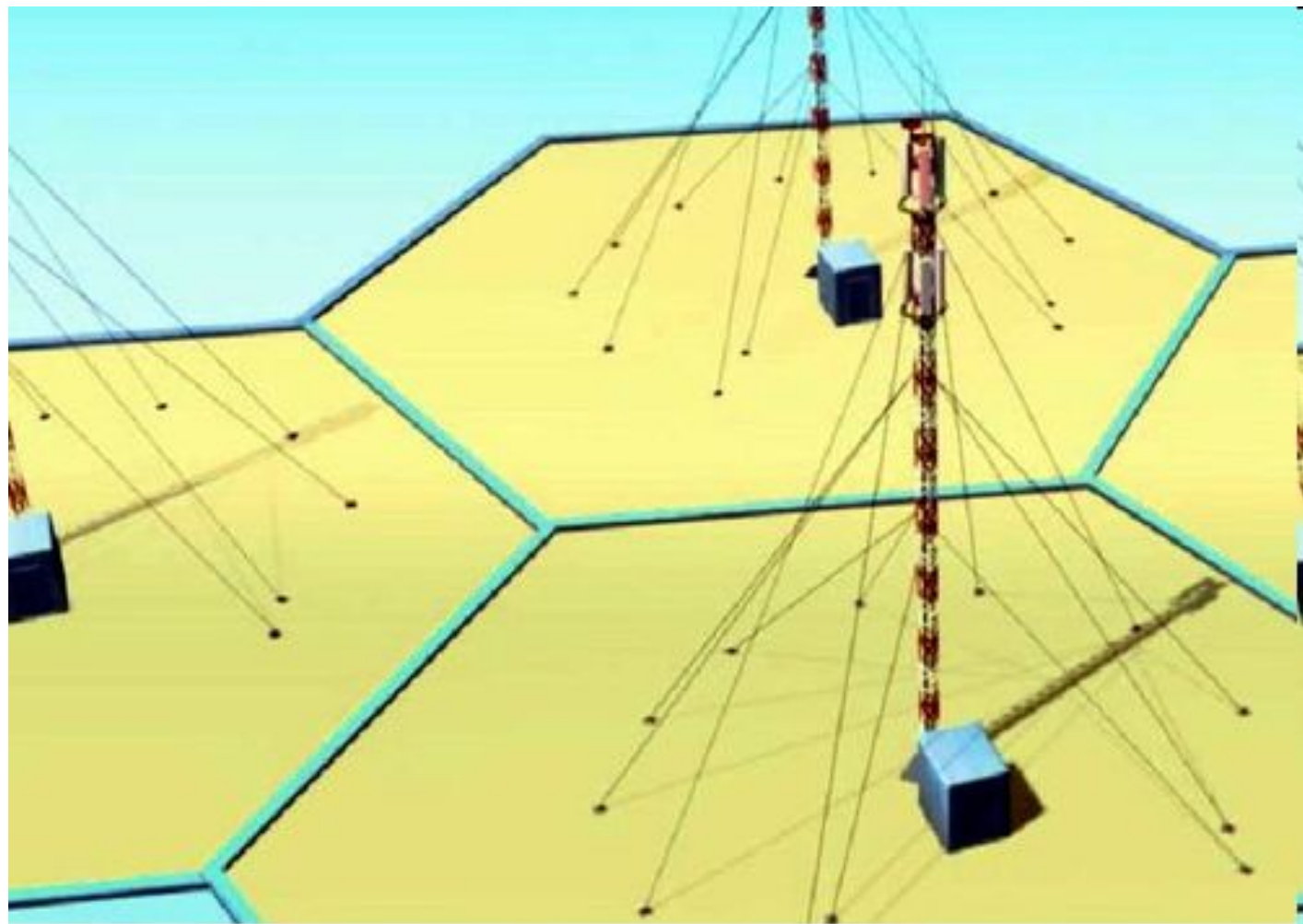
## 6.2 Особенности построения и функционирования систем сотовой связи

Концепция сотовой связи основана на трёх основных *принципах функционирования*:

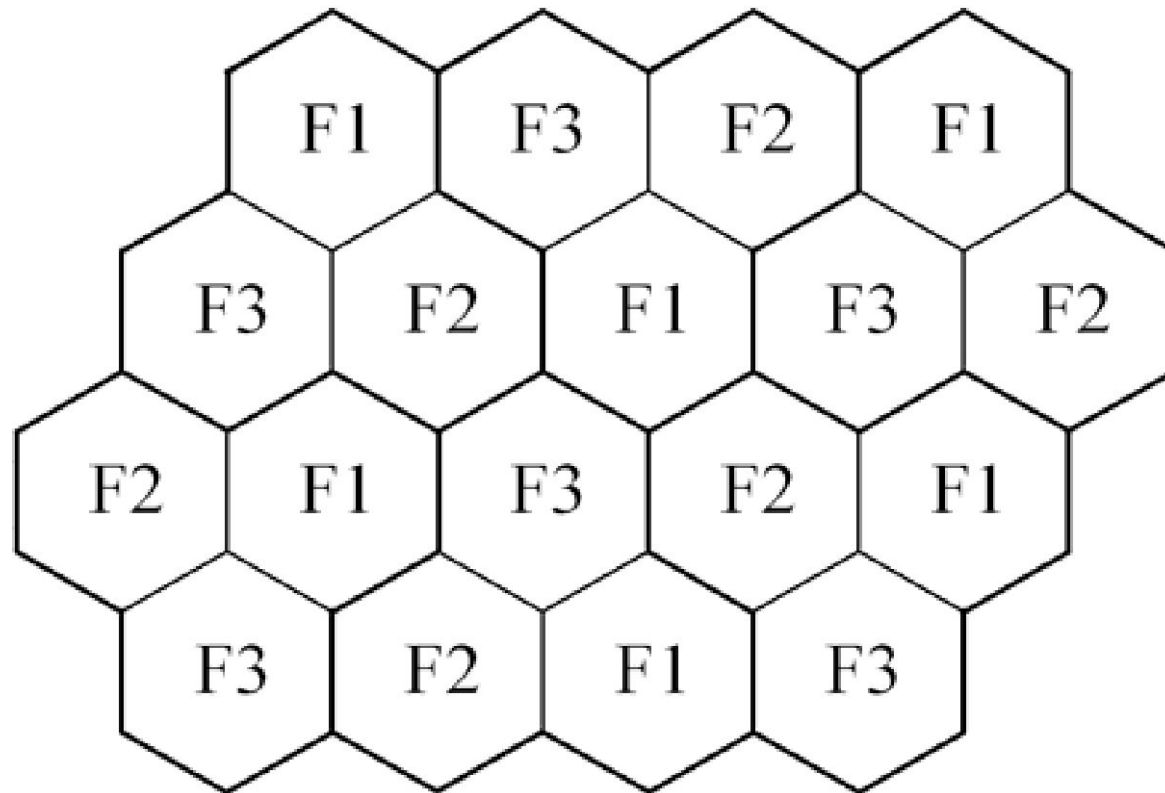
- 1) деление обслуживаемой территории на соты (cells);
- 2) повторное использование каналов (channel reuse);
- 3) способ организации связи – дуплекс.

# Структура сотовой сети





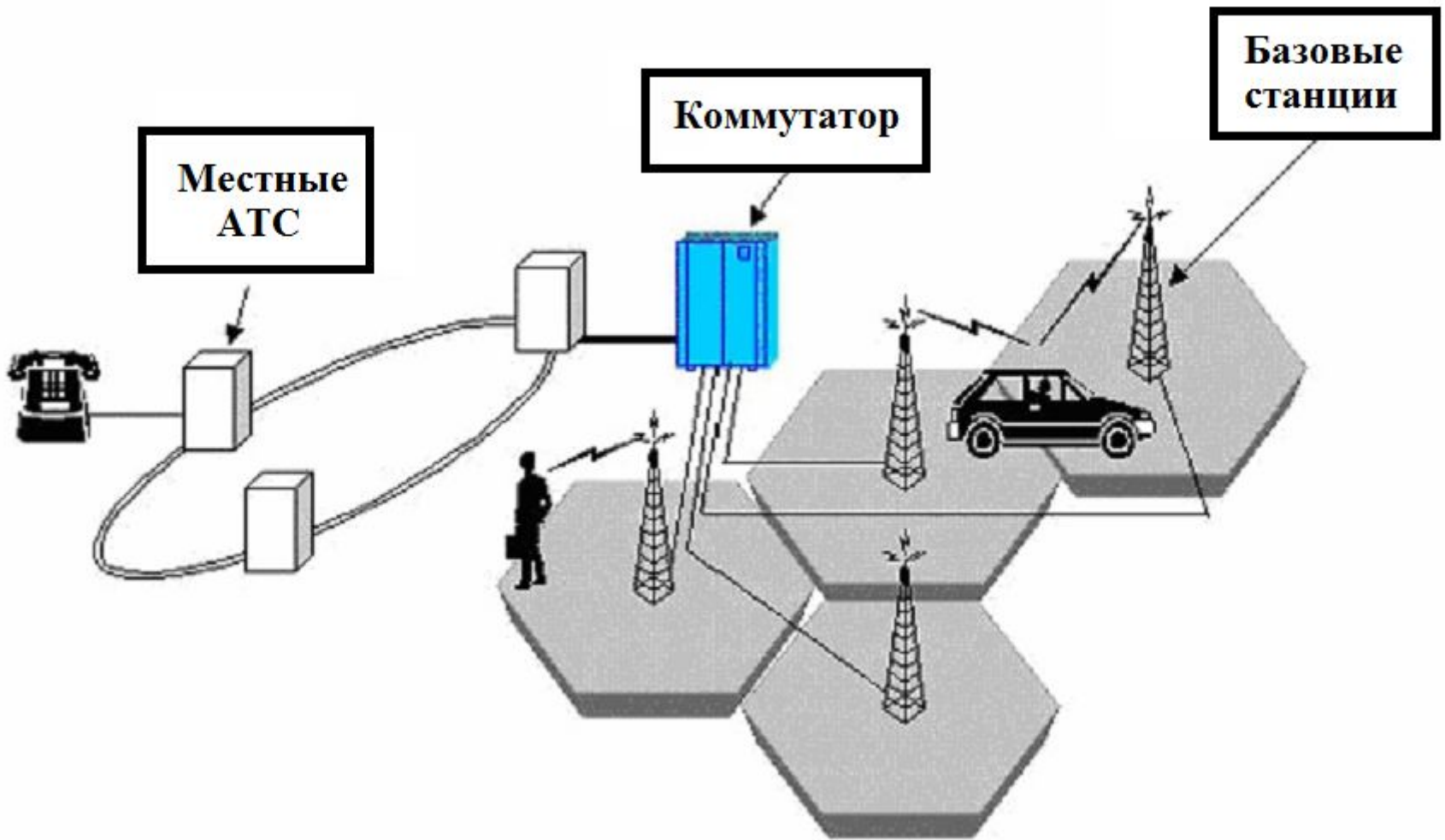
# Повторное использование каналов

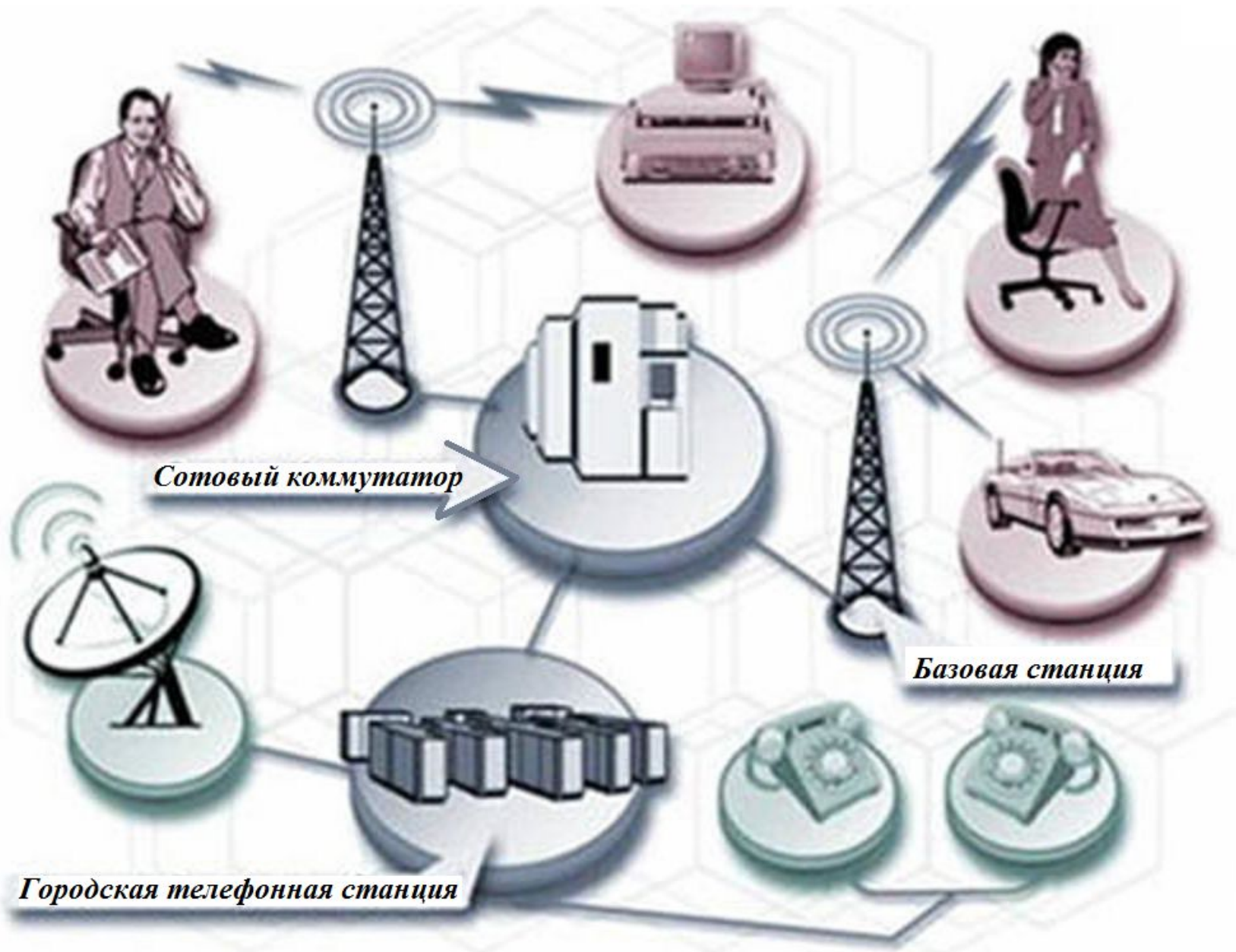


Связь между заданным значением защитного интервала  $D$ , радиусом шестиугольных ячеек  $R$  и необходимым числом каналов — размерностью кластера  $N$

$$D = R\sqrt{3N}$$

# Сети сотовой связи





*Сотовый коммутатор*

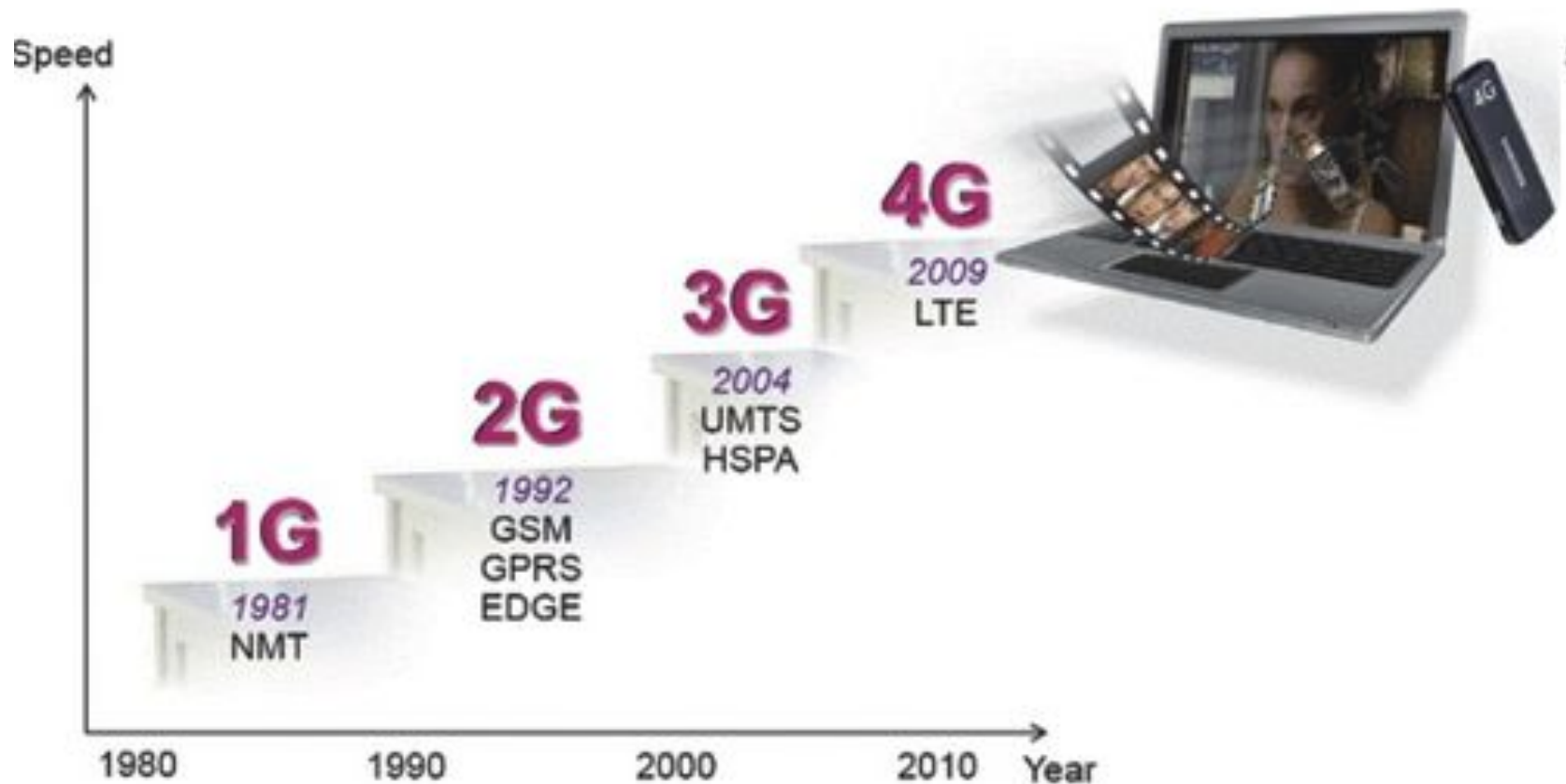
*Базовая станция*

*Городская телефонная станция*

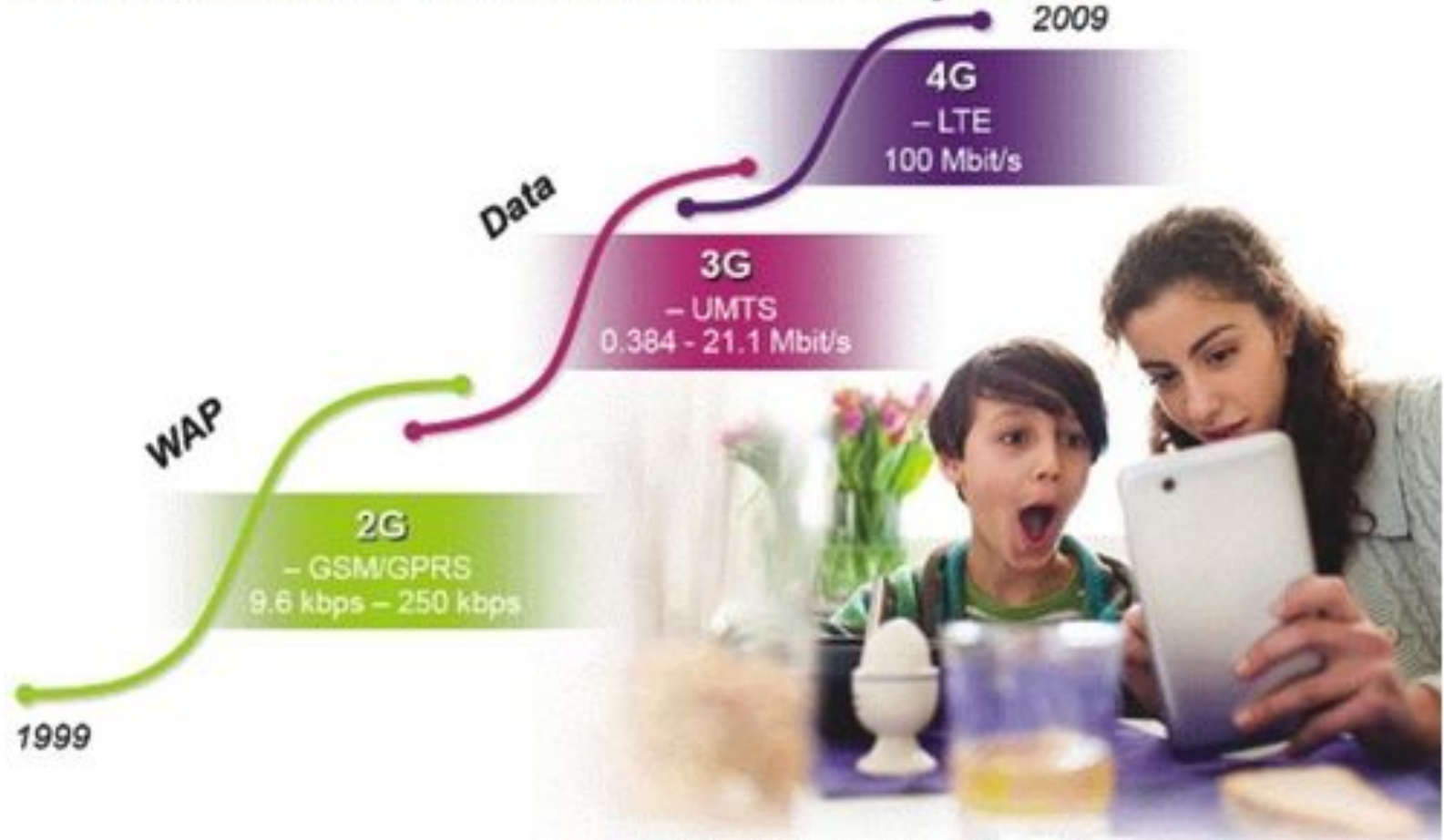


- NMT-450 (Nordic Mobile Telephone, 450 МГц)
- GSM (от названия группы Groupe Spécial Mobile, позже переименован в Global System for Mobile Communications, 900 МГц, 1800 МГц)
- CDMA (Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением).

# From 1G to 4G in less than 30 years



# Ten thousand times faster in 10 years

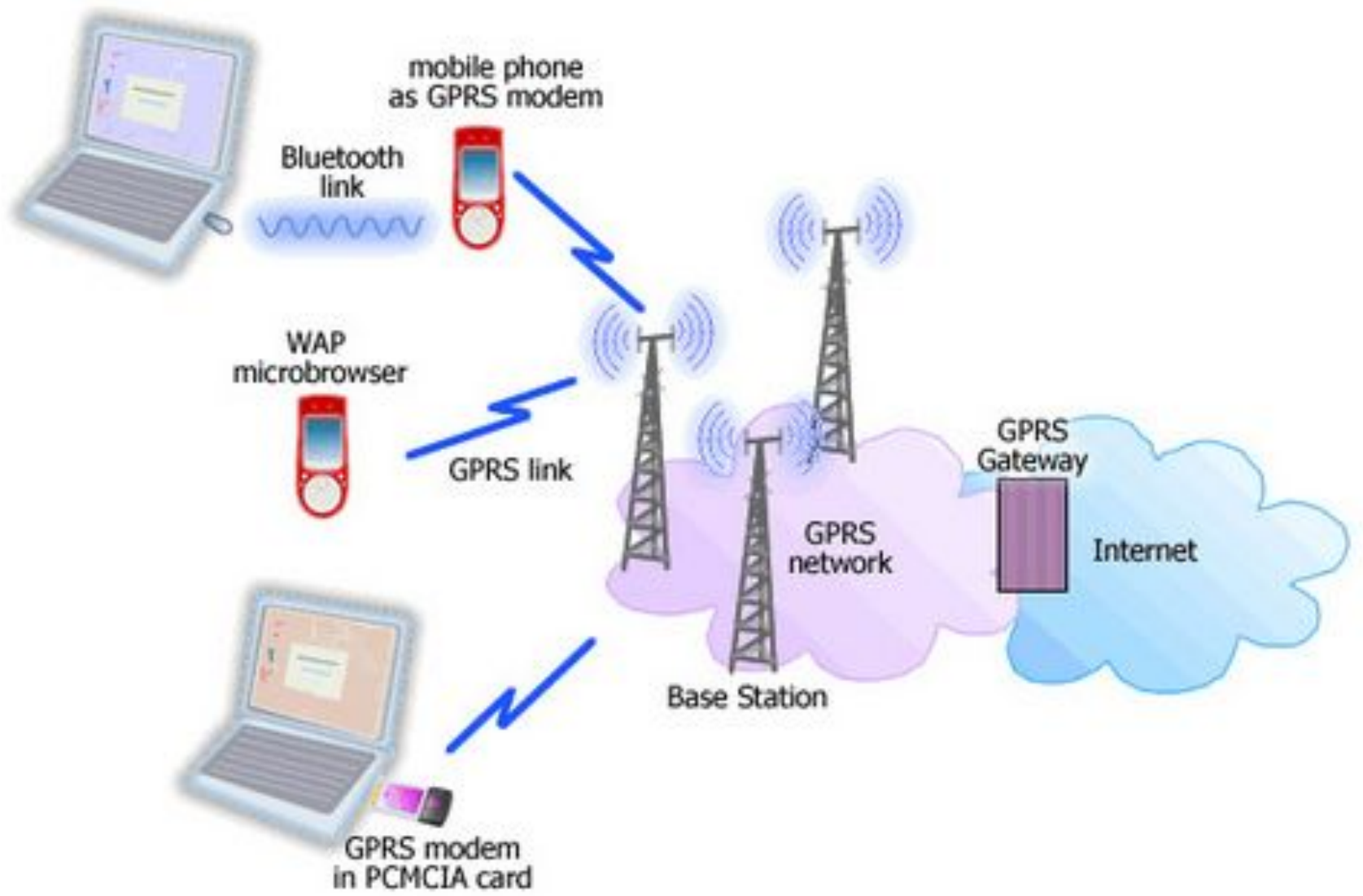


Для начала радиочастотная составляющая: всего в мире используется 4 рабочих диапазона: 900 МГц/1800 МГц (Европа и Азия) и 950 МГц/1900 МГц (обе Америки и часть Африки). Вся полоса частот доступная для мобильной связи (890 — 960 МГц для GSM900 и 1710 — 1880 МГц для GSM1800) разделена на два диапазона передачи и приема. Каждая из этих двух полос, в свою очередь, делится на каналы по 200 кГц шириной, таких каналов оказывается 124 шт. в стандарте GSM900 и 374 — в GSM1800 (именно это делает сети GSM1800 и GSM1900 более «вместительными»). Таким образом, каждый сеанс связи ограничен узкой полосой спектра, а значит и пропускной способностью.

Поскольку мощность передатчика телефона ограничена, качество покрытия сети зависит от плотности размещения базовых станций, каждая из которых обслуживает небольшую территорию. Несколько базовых станций объединяются в ячейку, часто представляемую в виде правильного шестиугольника. Совокупность таких ячеек на карте похожа на пчелиные соты. Отсюда и это вид связи получил свое название — сотовая связь. Размер каждой соты варьируется в зависимости от характера местности, характеристик используемого оборудования и прочих факторов и может быть от 400 м до 50 км.

Изначально сети GSM разрабатывались в расчете на то, что мобильные станции будут передавать/принимать весьма небольшой трафик (голосовая связь, SMS, факсы). Потребность в передаче больших потоков данных вынудило разработчиков внедрить в первоначальный стандарт новую подсистему — GPRS (General Packet Radio Service — пакетная радиосвязь общего пользования) — и добавить к первоначальной архитектуре еще один структурный элемент — GPRS Core Network.

Это позволило модернизировать существующие сети и предложить клиентам новые сервисы, связанные с передачей больших потоков цифровых данных: начиная с чтения e-mail мобильного доступа к социальным сетям и заканчивая различными онлайн-сервисами вроде информации о пробках на дорогах в реальном времени.



Сам по себе принцип работы GPRS прост: информация собирается в пакеты и передаётся через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы, что позволяет более эффективно использовать ресурсы сети GSM. Но, красота и гармоничность внедрения принципов GPRS в сети GSM сразу же накладывает свои ограничения: скорость передачи/приема данных ограничена возможностями сети GSM (ведь, по сути не было добавлено ничего нового, просто более эффективно используется то, что есть). А возможности GSM по передаче данных более чем ограничены: в системе GSM используется принцип временного разделения каналов с множественным доступом (TDMA — Time Division Multiple Access). Это значит, что на одном канале одновременно «сидит» несколько участников связи, информация (что «голос», что SMS) передается короткими пакетами и в едином потоке могут идти «вперемешку» пакеты разных участников сеанса связи, разделенные по времени, и разделяются они уже на принимающей стороне. Так вот, теоретический максимум (при условии, что весь канал занят передачей данных) составляет 171,2 кбит/с (как следствие тех самых 200 кГц/канал). Не много. Это фундаментальное ограничение, связанное с принципами работы сетей GSM и улучшить их без потери совместимости с существующими сетями и службами не представляется возможным. Проще построить сеть заново, уже с учетом современных требований.

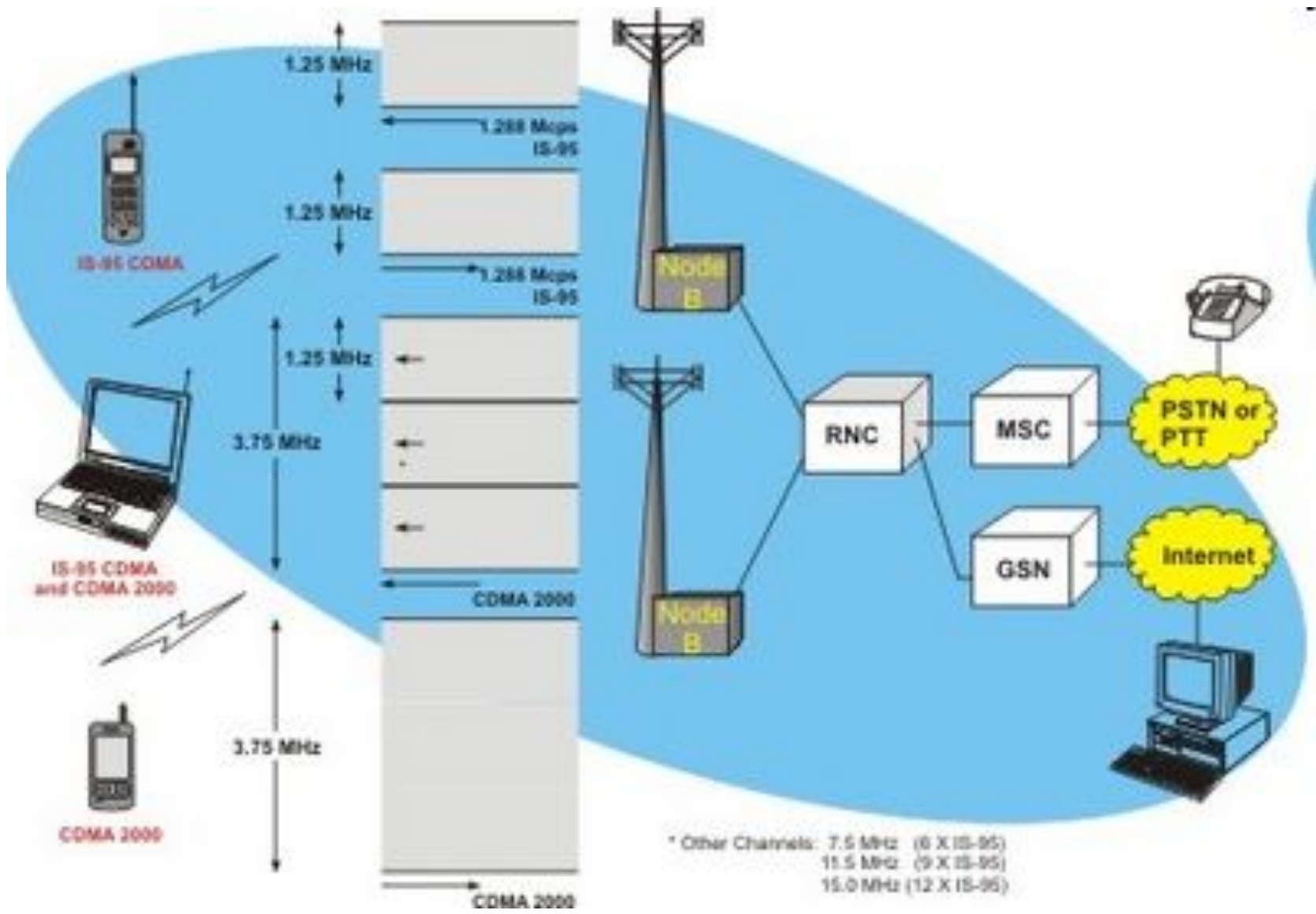
EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) - это надстройка уже над системой GPRS, которая позволяет добиться еще более высоких скоростей без существенной модернизации систем передачи данных оператора сотовой связи. Впрочем, модем или телефон должен обладать поддержкой EDGE на аппаратном уровне. EDGE подняла планку максимальной скорости до 474 кбит/с, однако на практике данная скорость недоступна. Типичное значение для российских сетей - около 128 кбит/с. Кстати, немногие знают, что максимальная скорость 474 кбит/с достаточна для передачи видеопотока низкого качества, что в идеальных условиях приближает EDGE к третьему поколению сотовой связи, на деле же, это уровень 2.5G, то есть улучшенное второе поколение.



# Дальнейшее развитие сетей сотовой связи (3G — UMTS)

Исходя именно из этого принципа, в районе 2001 года начались работы над сетями третьего поколения. И уже в 2002 году первые сети 3G начали работать в Японии и Южной Корее, а с конца 2003 года — и в США. Так что отличает сети 3G от старого GSM?

Прежде чем искать ответ на этот вопрос, стоит определиться, что такое 3G. Начать с того, что это скорее маркетинговый, нежели технический термин, а потому несколько расплывчатый. Стандартов сетей третьего поколения существует как минимум два: это принятый в США и ряде странах Юго-Восточной Азии стандарт CDMA2000 и, обосновавшийся в Европе UMTS/WCDMA. Общие принципы обоих форматов сходны и базируются на использовании технологии CDMA (Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением).



CDMA использует шумоподобные сигналы (ШПС) с расширенным спектром (что обеспечивает им помехозащищенность и высокую степень утилизации доступного канала связи). Технология мультимедиа с кодовым разделением каналов, в основе которой лежит ортогональное разделение сигналов, известна давно. В СССР первая работа, посвященная этой теме, называлась «Основы теории линейной селекции» была опубликована в сборнике ЛЭИС еще в 1935 году, а ее автором был Дмитрий Васильевич Агеев. А уже после войны в течение долгого времени технология CDMA использовалась в военных системах связи как в СССР, так и в США, поскольку обладала многими ценными для таких систем преимуществами. Технология с ортогональным кодовым разделением сигналов позволяет чрезвычайно эффективно использовать доступную полосу частот, добиваясь крайне высоких характеристик спектральной эффективности. А это означает, что используя ту же полосу частот, что и GSM сеть нового поколения на основе CDMA может обеспечить большую скорость передачи данных (или более надежную их передачу за счет использования помехоустойчивого кодирования с большой избыточностью).

Поскольку в России разворачиваются сети UMTS, на их примере мы и рассмотрим что такое 3G. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – Универсальная Мобильная Телекоммуникационная Система), – технология сотовой связи, разработана Европейским Институтом Стандартов Телекоммуникаций для внедрения 3G в Европе.

Как уже говорилось выше CDMA (и его широкополосная реализация WCDMA) обеспечивают более полную утилизацию канала связи, так что могут себе позволить выделение под каждого абонента сети более широкого канала: в отличие от GSM, UMTS выделяет для работы каждого телефона в сети каналы по 5 МГц шириной, что сразу же поднимает скорость теоретическую пиковую скорость обмена до 21 Мбит/с. Правда на практике используется максимальная скорость 7,2 Мбит/с, но и это уже совсем не плохо, особенно на фоне GPRS.

# Перспективные сети сотовой связи (4G)

На сегодняшний момент основные усилия разработчиков сосредоточены на стандарте LTE (Long Term Evolution – что можно перевести как «долгосрочная эволюция»). До недавнего времени одним из конкурентов на звание перспективного стандарта 4G выступал WiMAX, но сегодня ему отводится скорее роль нишевого решения для широкополосного беспроводного доступа.

LTE – технология построения сетей беспроводной связи поколения, следующего за 3G, на базе IP-технологий, отличающаяся высокими скоростями передачи данных (теоретическая скорость передачи данных 326,4 Мбит/с на приём, и 172,8 Мбит/с на отдачу, в международном стандарте прописана поддержка 173 Мбит/с на приём и 58 Мбит/с на отдачу). Соответствующий стандарт разработан и утвержден международным партнерским объединением 3GPP.

# Сравнение проводных и беспроводных сетей

<b>Проводные сети</b>	<b>Беспроводные сети</b>
Монтаж и пуск требуют много времени	Монтаж и пуск осуществляются быстро
Потери потенциальных доходов	Доходы начинают поступать раньше
Текущие сведения о размещении будущих абонентов критически важны и должны быть заранее известны	Точные сведения о размещении абонентов не имеют критического значения (важно знать плотность распределения абонентов на территории)
В некоторых местах организация проводных сетей затруднительна, легкость повреждения направляющих элементов сети	Радиосети идеально подходят для местности со сложным рельефом
Повышенные затраты на обслуживание	Пониженные затраты на обслуживание

# Сравнение проводных и беспроводных сетей

Во многих случаях окупаемость беспроводных сетей составляет 1–2 года. В то же время срок окупаемости проводных значительно выше. Проводные сети экономически нецелесообразны на местностях с малой плотностью населения, например в случае, когда требуется обеспечить телефонную связь с удаленным от райцентра пунктом.

## 6.3 Спутниковая связь

Не известно, когда точно была придумана система радиосвязи, использующая объекты, движущиеся над Землей, но вполне возможно, что произошло это в **1945** году. Именно тогда известный писатель-фантаст **Артур Кларк** придумал **геостационарный спутник связи** в виде гигантской платформы на орбите Земли, перемещающейся по ней синхронно с вращением планеты (на платформе размещалось оборудование, обеспечивающее передачу телефонных и телевизионных сигналов на всю планету). Научное сообщество высоко оценило столь гениальное предвидение и дало геостационарной орбите второе имя - Clarke Belt («орбита Кларка» или «пояс Кларка»).





Артур Чарльз Кларк  
1917 - 2008

# История спутниковой связи

В **1945** году в статье «Внеземные ретрансляторы» («Extra-Terrestrial Relays»), опубликованной в октябрьском номере журнала «Wireless World», **Кларк предложил идею создания системы спутников связи на геостационарных орбитах**, которые позволили бы организовать глобальную систему связи. Эта идея впоследствии была реализована. На вопрос, почему он не запатентовал изобретение (что было вполне возможно), **Кларк** отвечал, что **не верил в возможность реализации подобной системы при своей жизни**, а также считал, что подобная идея должна приносить пользу всему человечеству.

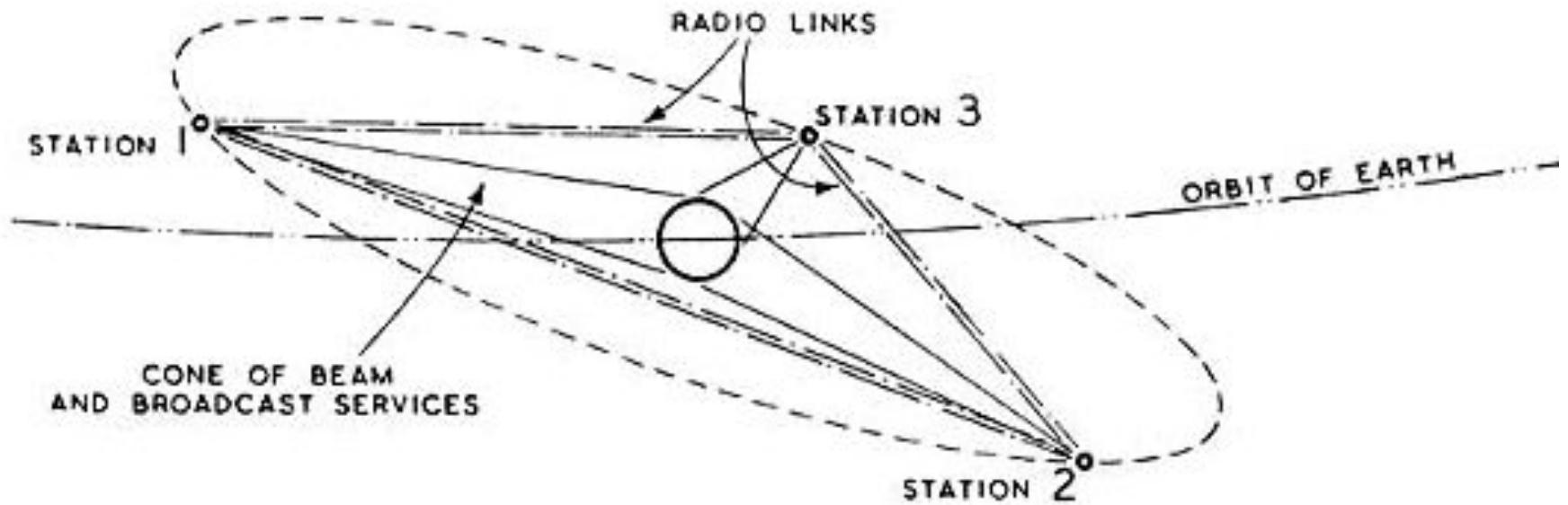


Схема организации системы глобальной связи через искусственные спутники Земли (ИСЗ), опубликованная Артуром Кларком в 1945 году

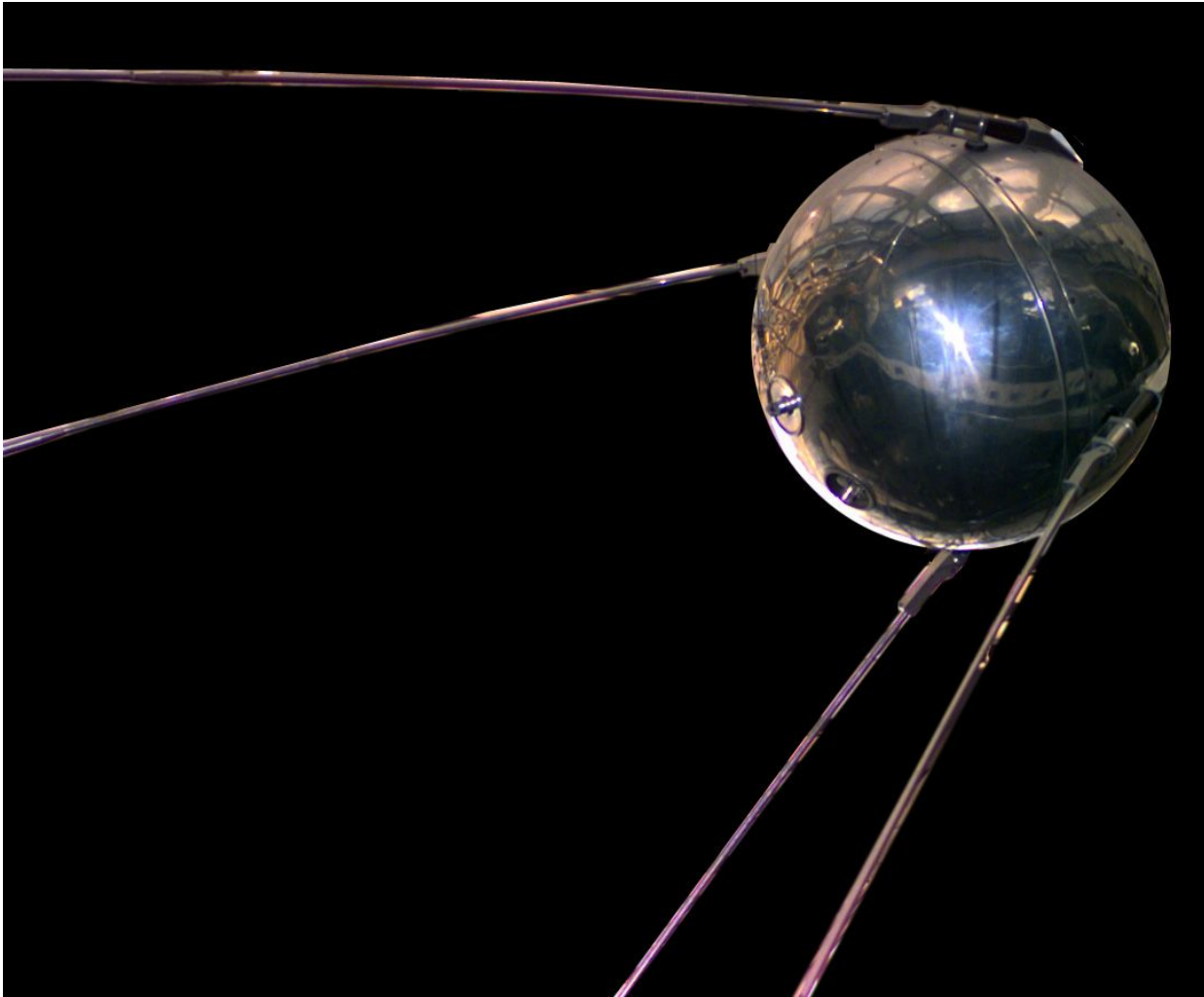
# История спутниковой связи

Спутники – беспилотные космические аппараты, летающие по орбите вокруг Земли. Они могут передавать телефонные разговоры и телевизионные сигналы в любую точку мира. Они также передают информацию о погоде и навигации.

В 1957 году в СССР был запущен «Спутник – 1» - первый в мире искусственный спутник Земли.

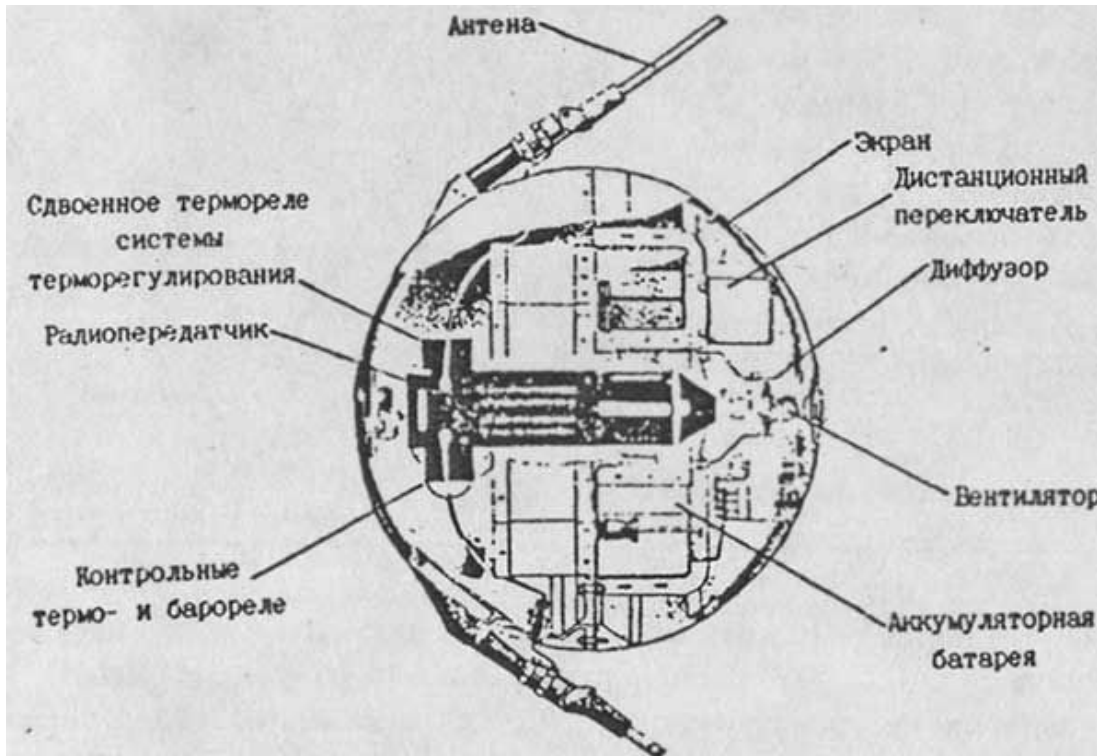
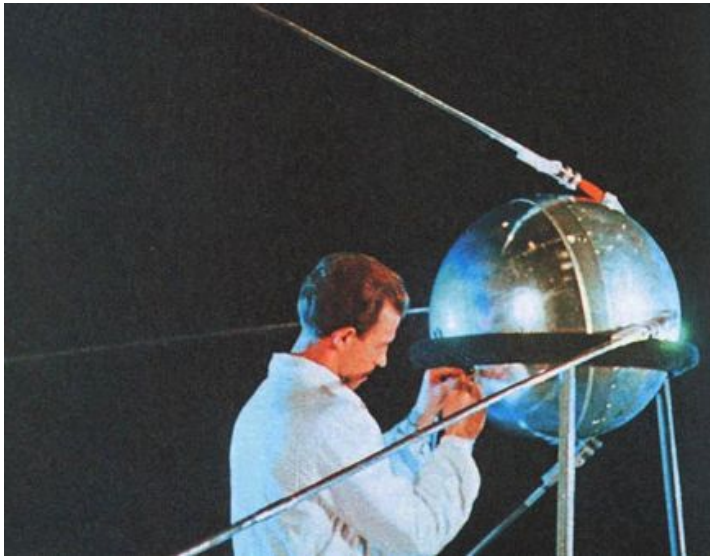
В 1960 г. В США были запущены спутники «Курьер» и «Эхо». Они передали первые телефонные разговоры между США и Европой.

В 1962г в США на орбиту вышел «Телстар» - первый телевизионный спутник. Он мог одновременно передавать 60 телефонных разговоров или одну телепрограмму.



**Спутник-1** — первый искусственный спутник Земли, советский космический аппарат, запущенный на орбиту 4 октября 1957 года.

**Задачи:** проверка расчетов и основных технических решений, принятых для запуска; ионосферные исследования прохождения радиоволн, излучаемых передатчиками спутника; экспериментальное определение плотности верхних слоев атмосферы по торможению спутника; исследование условий работы аппаратуры



Памятник создателям  
первого спутника  
(скульптор Семен  
Ковнер)  
г. Москва

# Спутник-1

- **Корпус спутника состоял из двух полусфер диаметром 58 см** из алюминиевого сплава со стыковочными шпангоутами, соединёнными между собой 36 болтами. Герметичность стыка обеспечивала резиновая прокладка. **В верхней полуболочке располагались две антенны, каждая из двух штырей по 2,4 м и по 2,9 м.** Так как спутник был неориентирован, то четырёхантенная система давала равномерное излучение во все стороны.
- Внутри герметичного корпуса были размещены: блок электрохимических источников; радиопередающее устройство; вентилятор; термореле и воздухопровод системы терморегулирования; коммутирующее устройство бортовой электроавтоматики; датчики температуры и давления; бортовая кабельная сеть. Масса: 83,6 кг.

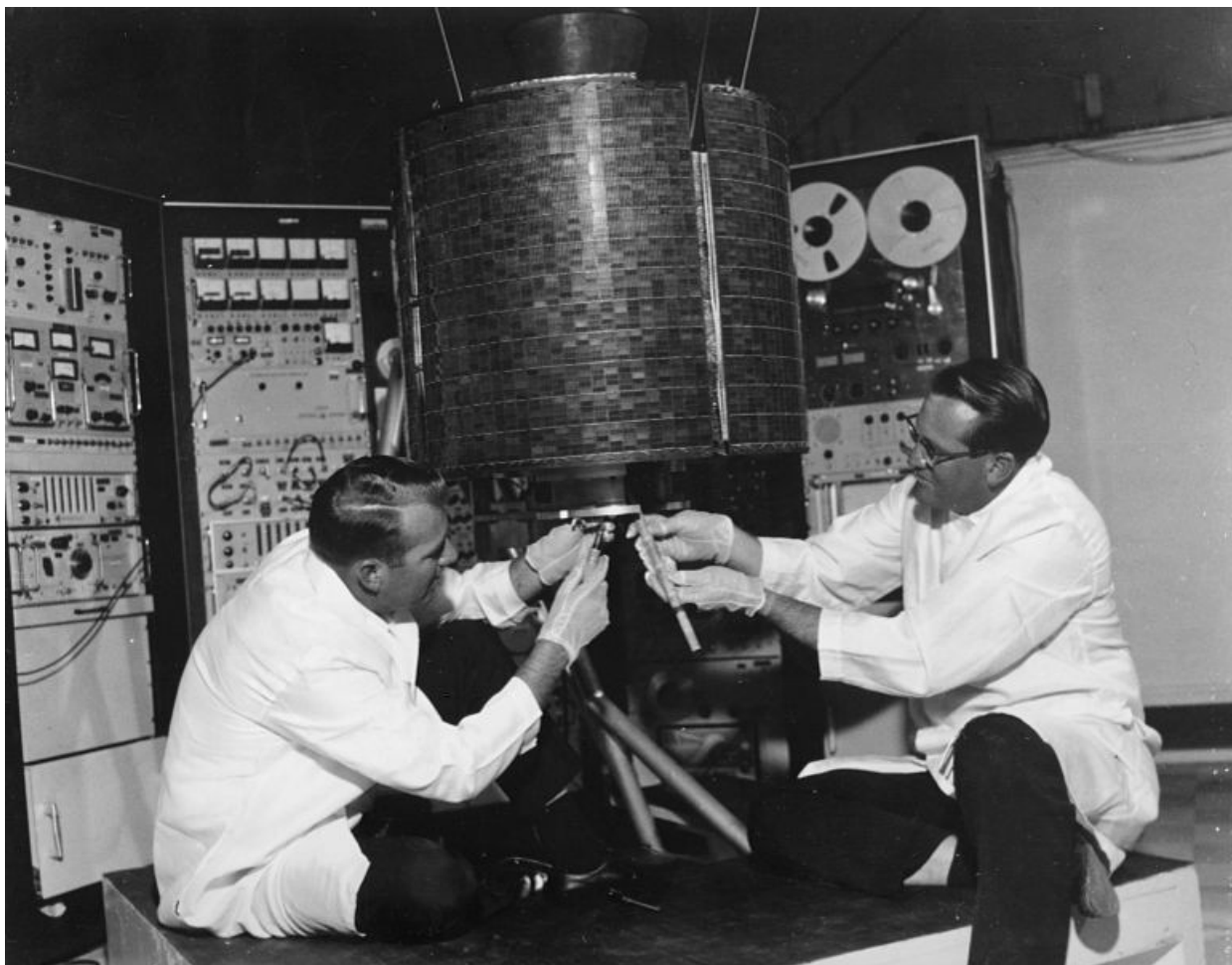


12 августа **1960** года специалистами США был выведен на орбиту высотой 1500 км надувной шар. Этот космический аппарат назывался «**Эхо-1**». Его металлизированная оболочка диаметром 30 м выполняла функции пассивного ретранслятора.



# История спутниковой связи

- 20 августа **1964** года 11 стран (СССР в их число не вошёл) подписали соглашение о создании международной организации спутниковой связи **Intelsat** (International Telecommunications Satellite organization). В рамках программы Intelsat первый коммерческий спутник связи **Early Bird** (англ. «ранняя пташка»), произведённый корпорацией COMSAT, был запущен 6 апреля **1965** года.
- По сегодняшним меркам спутник Early Bird (INTELSAT I) обладал очень скромными возможностями: обладая **полосой пропускания 50 МГц**, он мог обеспечивать до **240 телефонных каналов связи**. В каждый конкретный момент времени связь могла осуществляться между земной станцией в США и только одной из трёх земных станций в Европе (в Великобритании, Франции или Германии), которые были соединены между собой кабельными линиями связи.
- В дальнейшем технология шагнула вперед, и спутник INTELSAT IX уже обладал полосой пропускания 3456 МГц



**Early Bird (INTELSAT I)**



### Спутник связи Telstar-1

В 1962г в США на орбиту вышел «Телстар» - *первый телевизионный спутник*. Он мог одновременно передавать **60** телефонных разговоров или **одну телепрограмму**.

# История спутниковой связи

Первой успешной попыткой создать **систему мобильной спутниковой связи** стала международная система **Inmarsat**. Сама *идея такой системы* (поначалу она предназначалась только для обеспечения связи с морскими судами) была выдвинута еще в **1966** году. Однако ее реализация потребовала такой работы, что коммерческая **эксплуатация системы** была начата только в **1982** году. При этом стоимость, размеры и вес первых *абонентских комплектов* оборудования были столь велики, что они *могли размещаться только на очень крупных морских судах*.

В начале 90-х наступил новый этап в развитии систем мобильной спутниковой связи. А в качестве первой реальной системы персональной спутниковой связи можно назвать разработку совместной американо-канадской компании **Orbcomm**. Предельно снизив размеры, вес и стоимость спутников и их запуска, создатели системы сделали **мобильную связь доступной** для многих, и в **1995** году **Orbcomm** начала предоставлять услугу обмена данными и электронной почтой.

# Принцип действия

Любая система спутниковой связи состоит из 3-х основных элементов:

1. космического сегмента (спутники, вращающиеся на орбитах вокруг Земли),
2. наземных станций (служат для управления полетом спутников и передачи сигналов со спутников в наземные сети связи и обратно) и
3. абонентских терминалов.

Порядок работы спутниковых систем сходен с обычными сотовыми, где функции центральных коммутаторов выполняют наземные станции, а роль базовых станций играют спутники.



# СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

По типу используемых орбит спутниковые системы связи делятся на два класса:

1. со спутниками на геостационарной орбите (расстояние до поверхности Земли - около 36 000 км) и
2. негеостационарные.

**Достоинством геостационарной орбиты** является то, что угловая скорость вращения спутников на ней точно совпадает со скоростью вращения Земли, и каждый спутник оказывается как бы "висящим" над заданной точкой на экваторе. При этом один спутник может **охватывать связью примерно треть всей поверхности планеты**, за исключением полюсов.

Основные **недостатки геостационарных систем** обусловлены большой удаленностью спутников от Земли и проявляются в **сильном ослаблении принимаемых сигналов и в довольно большой их задержке при распространении - 0,24 с**, что становится заметным даже при обычном телефонном разговоре.

# Частотные диапазоны

- **Выбор частоты** для передачи данных от земной станции к спутнику и от спутника к земной станции **не является произвольным**. От частоты зависит, например, **поглощение радиоволн** в атмосфере, а также необходимые **размеры передающей и приёмной антенн**. Частоты, на которых происходит передача от земной станции к спутнику, отличаются от частот, используемых для передачи от спутника к земной станции (как правило, первые выше).
- Частоты, используемые в спутниковой связи, **разделяют на диапазоны**, обозначаемые буквами. К сожалению, в различной литературе точные границы диапазонов могут не совпадать. Ориентировочные значения даны в рекомендации ITU-R V.431-6.

# Частотные диапазоны

Название диапазона	Частоты (согласно ITU-R V.431-6)	Применение
L	1,5 ГГц (9 диапазон, ДМВ, УВЧ)	Подвижная спутниковая связь
S	2,5 ГГц (9 диапазон, ДМВ, УВЧ)	Подвижная спутниковая связь
C	4 ГГц, 6 ГГц (10 диапазон, сантиметровые волны, СВЧ)	Фиксированная спутниковая связь
X	Для спутниковой связи рекомендациями ITU-R частоты не определены. Для приложений радиолокации указан диапазон 8-12 ГГц.	Фиксированная спутниковая связь



# Частотные диапазоны

Название диапазона	Частоты (согласно ITU-R V.431-6)	Применение
Ku	11 ГГц, 12 ГГц, 14 ГГц (10 диапазон, сантиметровые волны, СВЧ)	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
K	20 ГГц (10 диапазон, сантиметровые волны, СВЧ)	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
Ka	30 ГГц (10 диапазон, сантиметровые волны, СВЧ)	Фиксированная спутниковая связь, межспутниковая связь

# Частотные диапазоны

Используются и **более высокие частоты**, но повышение их затруднено **высоким поглощением радиоволн** этих частот атмосферой. **Ku-диапазон** позволяет производить прием сравнительно **небольшими антеннами**, и поэтому используется в спутниковом телевидении (DVB), несмотря на то, что в этом диапазоне погодные условия оказывают существенное влияние на качество передачи.

Для передачи данных крупными пользователями (организациями) часто применяется **C-диапазон**. Это обеспечивает **более высокое качество приема**, но требует довольно **больших размеров антенны**.



Антенна для приема  
спутникового телевидения  
(Ku-диапазон)



C-диапазон



# Негеостационарные спутниковые системы

Негеостационарные спутниковые системы обычно используют круговые орбиты двух типов:

1. средневысотные (МЕО, высота - 5000 - 15 000 км) и
2. низкоорбитальные (LEO, высота - 500 - 2000 км).

При этом один МЕО-спутник способен охватить связью до 25% поверхности Земли, а для построения глобальной системы связи требуется около 10 искусственных спутников Земли (ИСЗ). Зона покрытия LEO-спутника значительно меньше - 3 - 7%, и глобальная система должна содержать уже порядка 50 ИСЗ.

Такой выбор орбит не прихоть разработчиков - он продиктован расположением в околоземном пространстве так называемых зон Ван Аллена - поясов заряженных частиц, удерживаемых магнитным полем Земли. Оборудование ИСЗ, расположенных вне указанных орбит, будет подвергаться сильной "бомбардировке" частицами и быстро выйдет из строя.

# Проблемы и перспективы

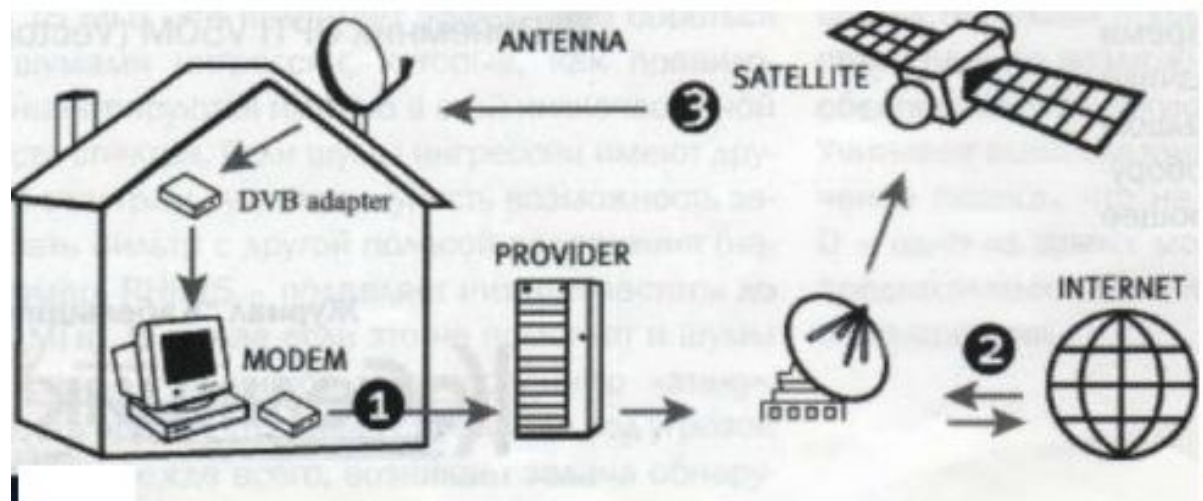
Общее количество спутниковых систем связи, заявлявшихся к реализации в последнее десятилетие, уже давно **исчисляется десятками**: EССО, Eclipso (приблизительный аналог отечественной системы "Орбита" со спутниками "Молния"), Archimedes, Odyssey, Celestri, Skybridge, SECOMS, Starsys, Voicespan, Astrolink, Cyberstar, KaStar, Spaseway, Teledesic и др. Существуют и проекты развертывания отечественных систем, среди которых наиболее известны "Сигнал", "Гонец", "Марафон", "Полярная звезда". Однако большинство пока так и остается на различных стадиях "бумажного" проектирования. И по вполне объективным причинам.

Все геостационарные системы первых поколений не позволяли сделать **абонентский аппарат малогабаритным** (наилучший результат - формат ноутбука). Это позволяют достигнуть системы на низкоорбитальных ИСЗ, но здесь возникает другая проблема. Технически такие системы сегодня вполне реализуемы, они обеспечивают устойчивую связь с помощью малогабаритных абонентских трубок. Но **стоимость создания и эксплуатации системы**, содержащей десятки спутников, весьма **высока**, что не позволяет установить **низкие цены на обслуживание**.

# Проблемы и перспективы

Возникает порочный круг:

1. в развитых странах (где такие цены могли бы быть допустимы) спутниковая связь не нужна, так как практически вся территория уже охвачена сотовыми сетями.
2. Там же, где у спутниковой связи фактически нет конкурентов (в "заповедных уголках" Африки, Азии и т. п.), отсутствуют платежеспособные потребители.



# Проблемы и перспективы

Но оценивая перспективы спутниковых систем мобильной связи, нельзя исключить и то, что они могут получить широкое распространение.

Пример тому - система **Thuraya** (произносится **Турайя**), также использующая геостационарный ИСЗ. Она была введена в эксплуатацию только в конце 2000 года. Реализованные в ней последние научные достижения (особо мощные передатчики и антенная решетка диаметром более 12 м с цифровым управлением, обеспечивающая одновременное формирование до 300 остронаправленных лучей) позволили предоставлять услуги мобильной связи с помощью **малогабаритных радиотелефонов**, подобных обычным сотовым, весом всего около 200 г.

# Радиотелефоны Thuraya



Спутниковый  
телефон SQ-2520  
180г



Спутниковый  
телефон SQ-2510  
150г



# Спутниковый телефон Inmarsat



**Спасибо за внимание!**