

# Радиальный и зонный принцип построения систем связи

**Радиальные системы** основаны на использовании одной центральной наземной радиостанции, имеющей значительный радиус действия (до 50-100 км).

При **радиально-зонной** структуре сети область обслуживания делится на зоны, в каждой из которых используется радиальный принцип передачи сигналов.

Радиальным сетям присущ **ряд недостатков**, среди которых:

- ограниченность зоны обслуживания (определяется допустимыми мощностями передатчиков);
- нерациональное использование имеющегося частотного ресурса (ограниченное количество каналов связи  $N$ );

$$N = \Delta F_C / \Delta F_K$$

$\Delta F_C$  – выделенный сети диапазон частот,

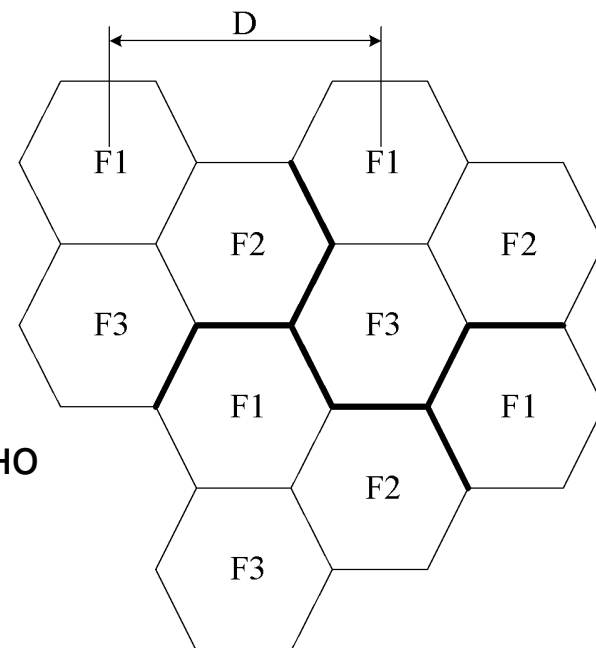
$\Delta F_K$  – полоса пропускания каждого канала.

- невозможность существенного увеличения числа обслуживаемых абонентов (увеличения каналов более чем  $N$  приведет к появлению взаимных помех).

# Сотовый принцип построения систем связи

**Сотовый принцип** построения радиосетей позволяет преодолеть ограничения на число каналов в условиях ограниченного частотного ресурса  $\Delta F_s$ . Его основой является **повторное использование частот** в смежных зонах (сотах) - в соседних ячейках системы используются разные полосы частот, а через несколько ячеек эти полосы повторяются вновь.

Такой принцип позволяет при **ограниченной общей полосе частот охватить** системой сколь угодно большую зону обслуживания и существенно **повысить емкость** системы.



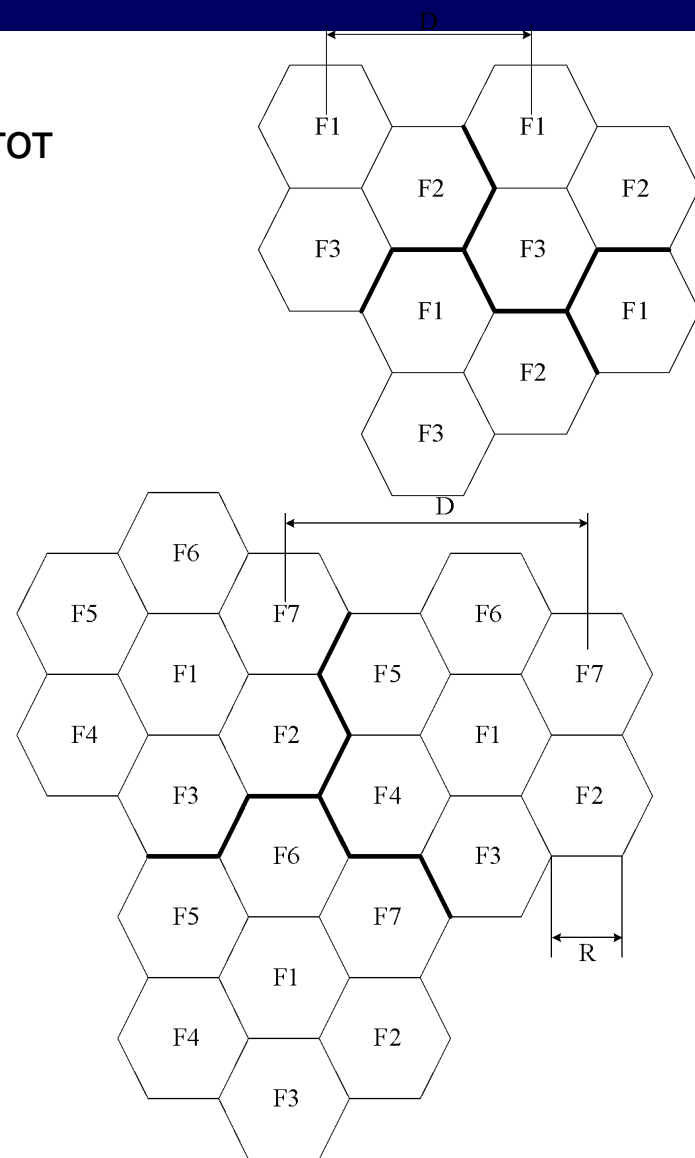
# Основные понятия Сотовых систем связи



**Кластер** - группа сот с различными наборами частот (3,7 и более).

**Соканальные помехи** – помехи от станций системы, работающих на одинаковых частотах, но в разных ячейках.

Для уменьшения уровня таких помех более выгодно использование кластеров с большим числом элементов (например, с размером, равным 7). На практике число сот в кластере может достигать пятнадцати.



# Основные понятия сотовых систем связи

**Общая ширина полосы, занимаемая системой:**

$$F_c = F_k N C$$

$F_k$  – ширина полосы частот одного канала СС;

$N$  – количество каналов, которое выделяется одной БС в кластере;

$C$  – размер кластера или количество БС в кластере.

**Число каналов связи в соте (или количество абонентов):**

$$N = F_c / (C F_k).$$

Параметр  $C$  – **частотный параметр** сотовой системы связи (ССС) или **коэффициент повторного использования частот**. Он определяет максимально возможное число каналов в соте (и в системе в целом).

# Основные понятия Сотовых систем связи

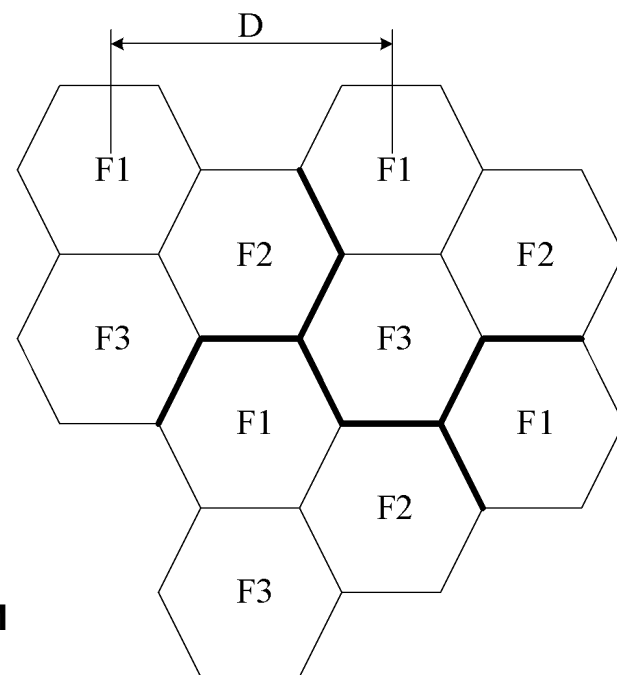


**Защитным интервалом  $D$**  называется расстояние между БС, на которых допускается повторное использование определенного выделенного набора частот.

В общем случае расстояние  $D$  между центрами ячеек связано с  $C$  отношением  $D=R \sqrt{3C}$ , где  $R$  – радиус ячейки.

Параметр  $q=D/R= \sqrt{3C}$  называется **коэффициентом уменьшения соканальных помех** или коэффициентом соканального повторения.

Величина защитного интервала  $D$  зависит от допустимого уровня помех и условий распространения радиоволн.



# Секторные антенны

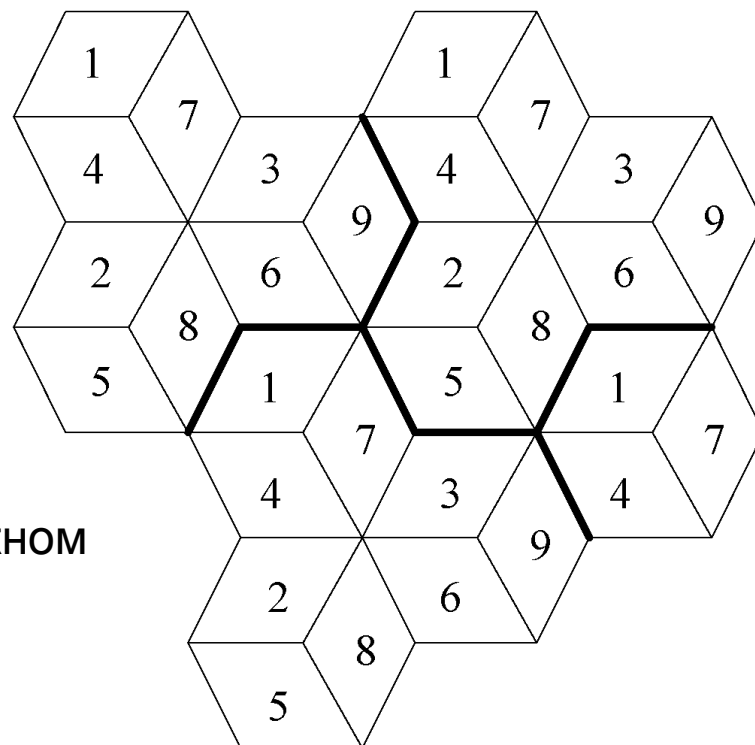


Использование в БС антенн с круговыми диаграммами направленности создает большой уровень соканальных помех.

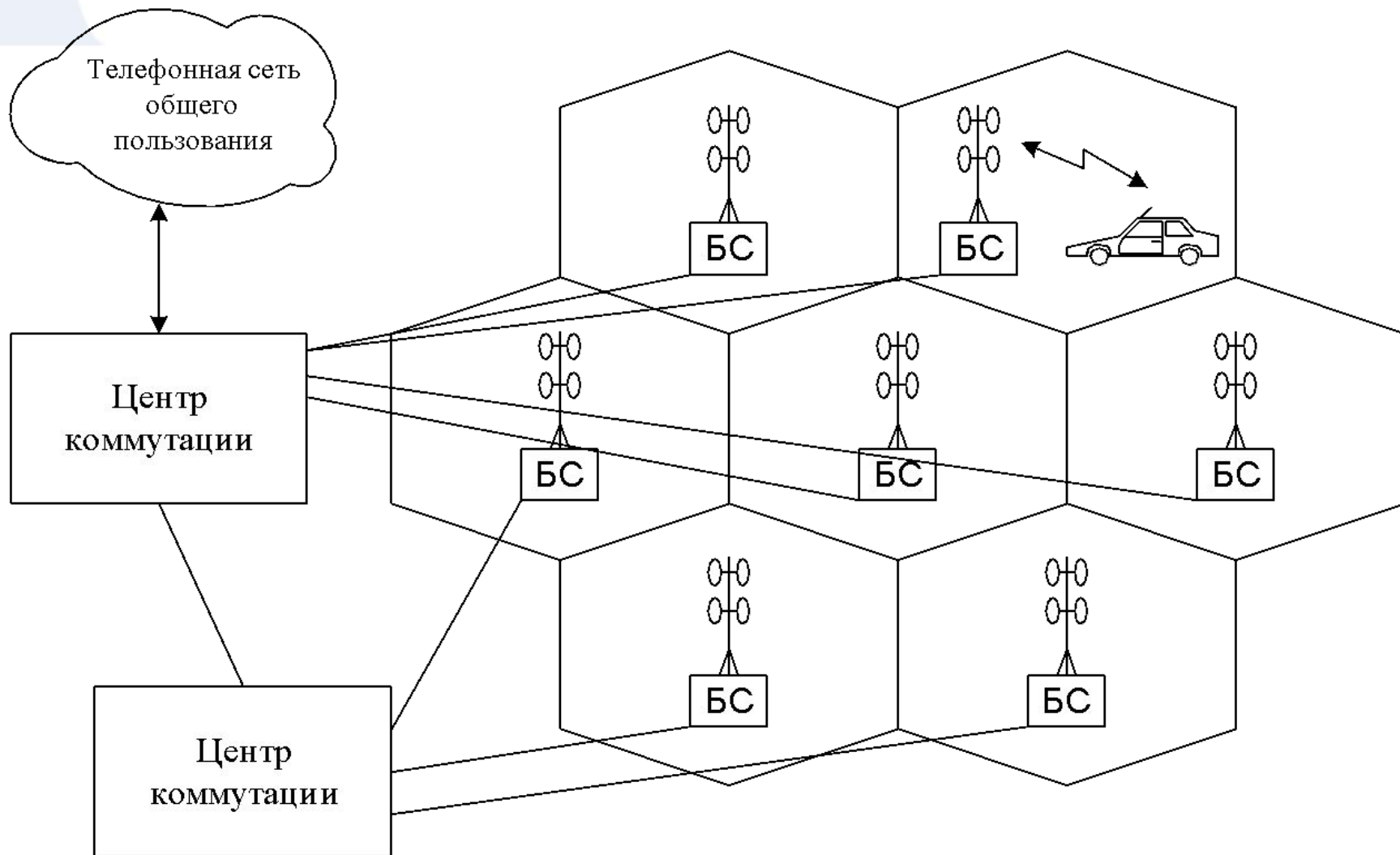
Снижение уровня помех обеспечивается использованием направленных секторных антенн с шириной ДН 120 или 60 градусов (на 3 или 6 секторов).

## Преимущества:

1. В секторе сигнал излучается в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается до минимума.
2. Деление сот на сектора позволяет чаще применять частоты в сотах повторно.



# Схема построения ССС



# Схема построения ССС



В центре каждой ячейки находится **БС**, которая обслуживает все АС в пределах своей зоны.

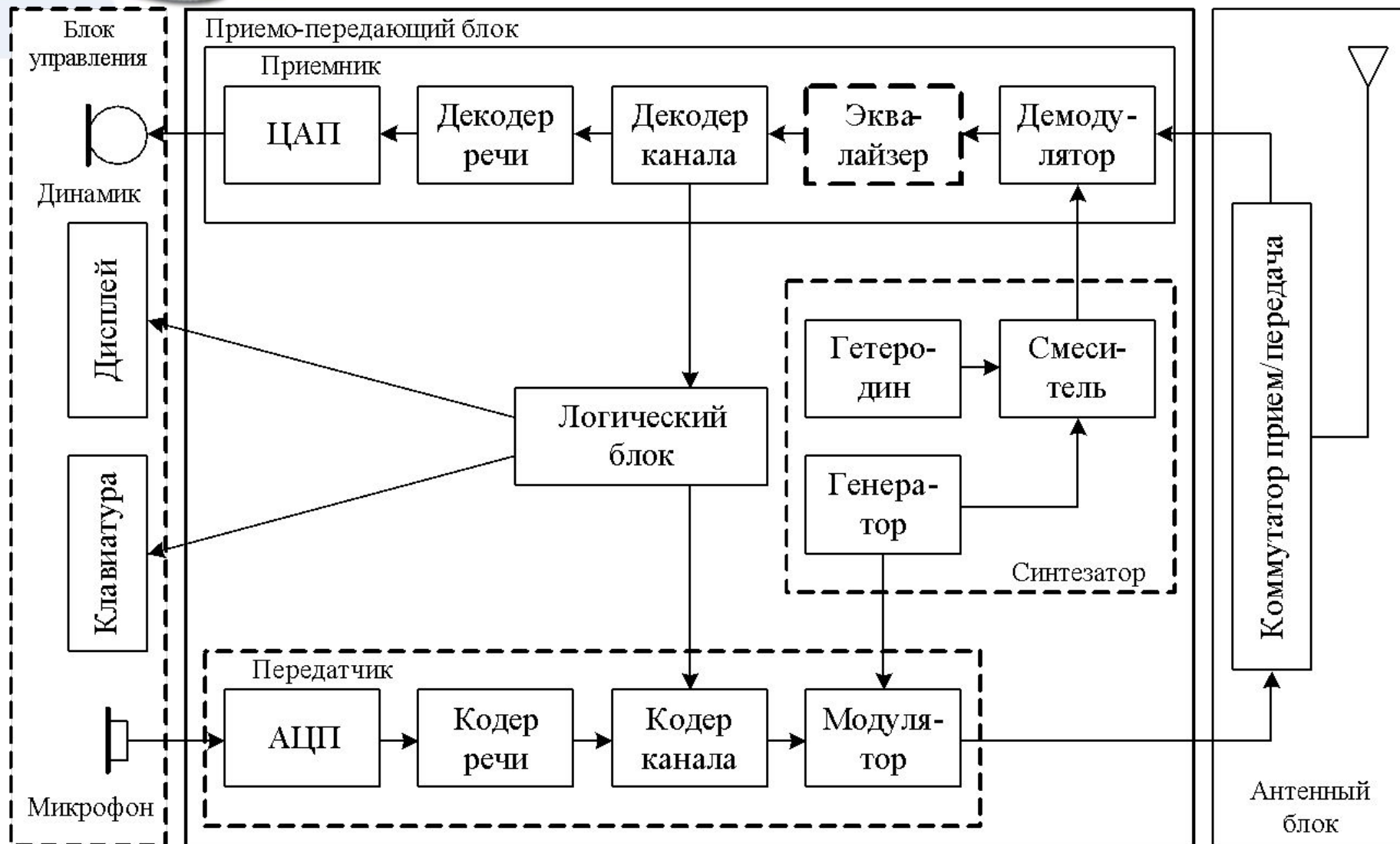
При перемещении абонента из одной зоны в другую происходит передача его обслуживания от одной БС к другой. Соответствующая процедура называется **хендовером**.

Все БС соединены с **центром коммутации (ЦК)** по выделенным проводным или радиорелейным каналам. С ЦК имеется выход на ТСОП.

Сотовые системы связи могут иметь один и более центров коммутации, что может быть обусловлено процессом развития системы или ограниченной емкостью коммутационной системы. В такой ситуации один из ЦК может называться головным, шлюзовым или транзитным.



# Устройство АС



# Устройство АС

**Блок управления** включает в себя микротелефонную трубку (микрофон и динамик), клавиатуру и дисплей.

**Приемопередающий блок** состоит из передатчика, приемника, синтезатора частот и логического блока.

В состав **передатчика** входят:

**АЦП** – преобразует сигнал с выхода микрофона в цифровой вид.

**Кодер речи** – осуществляет кодирование сигнала речи, т.е. его преобразование по определенным законам с целью сокращения избыточности сигнала.

**Кодер канала** – добавляет в цифровой сигнал, получаемый с выхода кодера речи, дополнительную (избыточную) информацию, предназначенную для защиты от ошибок при передаче сигнала по линии связи; кроме того, кодер канала вводит в состав передаваемого сигнала информацию управления, поступающую с логического блока.

**Модулятор** – осуществляет перенос информации кодированного видеосигнала на несущую частоту.

# Устройство АС

**Приемник** по составу соответствует передатчику, но с обратными функциями входящих в него блоков:

**Демодулятор** – выделяет из модулированного радиосигнала кодированный видеосигнал, несущий информацию.

**Декодер канала** – выделяет из входного потока управляющую информацию и направляет ее на логический блок; принятая информация проверяется на наличие ошибок, и выявленные ошибки исправляются.

**Декодер речи** – восстанавливает поступающий на него с кодера канала сигнал речи, переводя его в естественную форму, со свойственной ему избыточностью, но в цифровом виде.

**ЦАП** – преобразует принятый цифровой сигнал речи в аналоговую форму и подает его на вход динамика.

**Эквалайзер** – служит для частичной компенсации искажений сигнала вследствие многолучевого распространения; в некоторых случаях может отсутствовать.

# Устройство АС

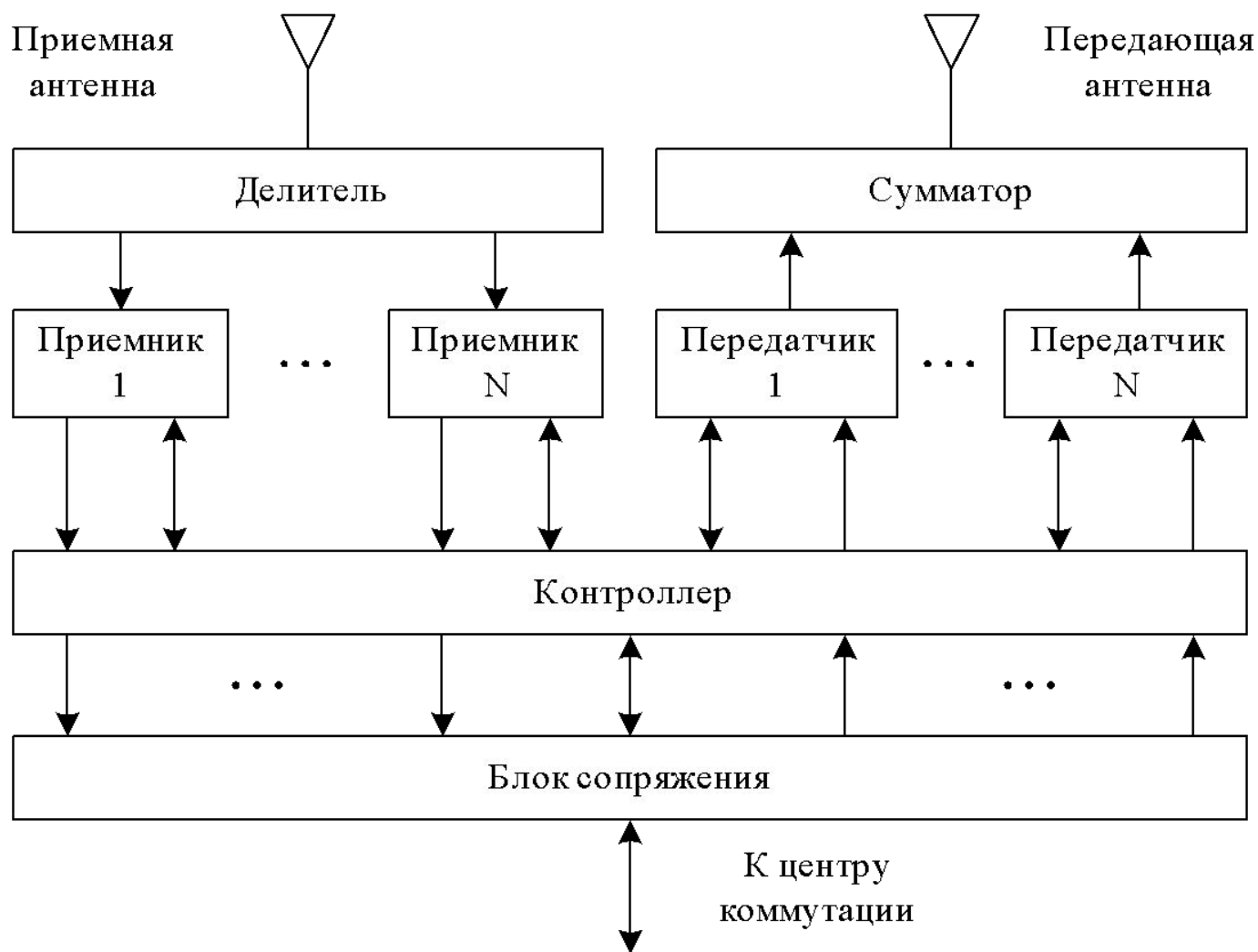
**Логический блок** – микрокомпьютер, осуществляющий управление работой АС.

**Синтезатор** – является источником колебаний несущей частоты, используемой для передачи информации по радиоканалу. Наличие **гетеродина** и **смесителя** обусловлено тем, что в ССС для передачи и приема используются разные участки спектра (дуплекс).

**Гетеродин** - генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала, т.е. он создаёт колебания вспомогательной частоты, которые в блоке смесителя смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты.

**Антенный блок** – включает в себя антенну (например, четвертьволновой штырь) и коммутатор прием/передача, который подключает антенну либо на выход передатчика, либо на вход приемника.

# Устройство БС



## Устройство БС

**Особенность** построения БС - **разделение приемных и передающих антенн, наличие нескольких приемников** и такого же числа **передатчиков**, которые позволяют вести одновременную работу на нескольких каналах с различными частотами.

Одноименные приемники и передатчики имеют общие перестраиваемые опорные генераторы, обеспечивающие их согласованную перестройку при переходе с одного канала на другой; конкретное число приемопередатчиков зависит от конструкции и комплектации БС.

Для обеспечения одновременной работы всех приемников на одну приемную антенну и передатчиков – на одну передающую антенну, между данными блоками устанавливается **делитель мощности** на  $N$  выходов (для приемной части) и **сумматор** на  $N$  входов (для передающей части).

## Устройство БС

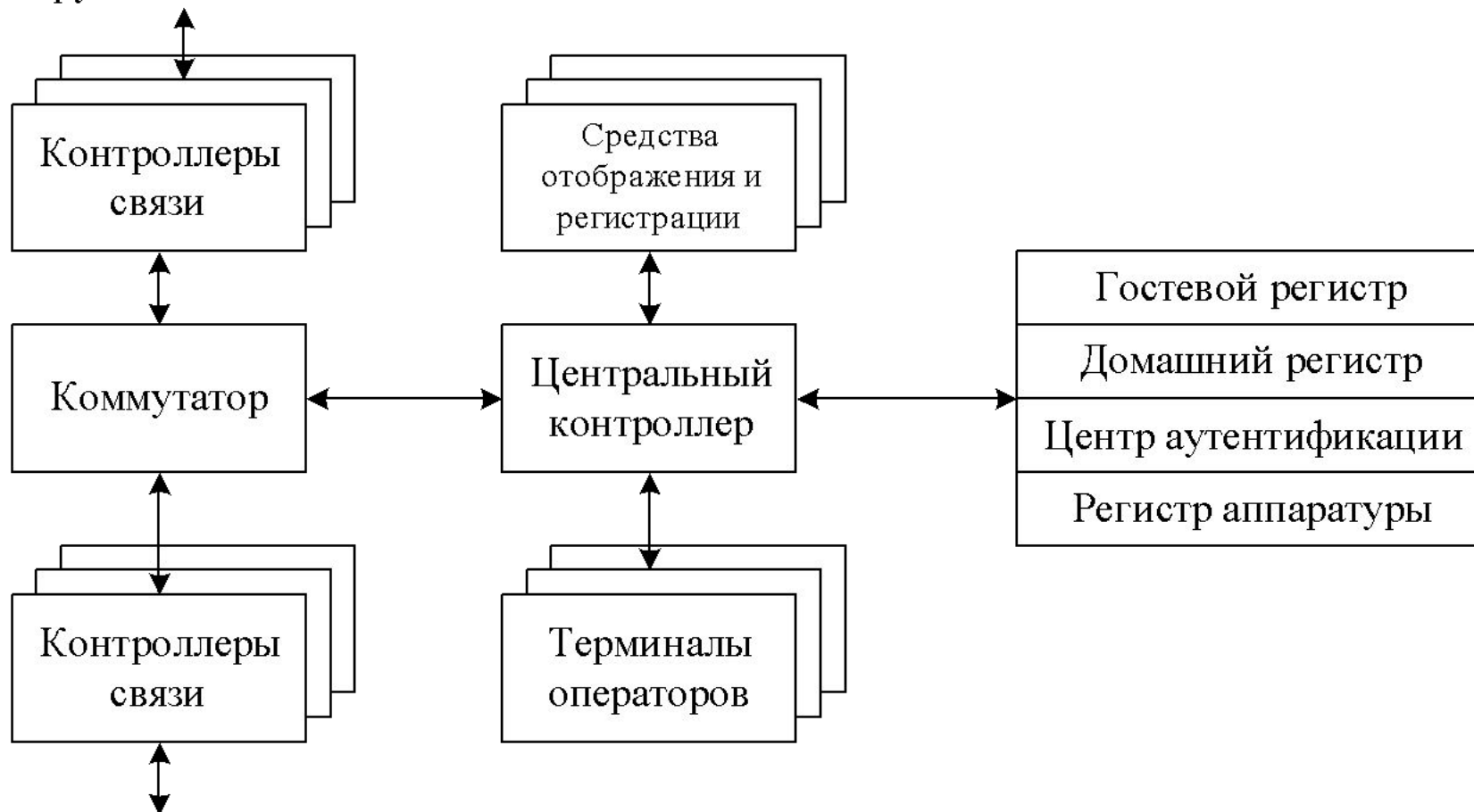
Приемник и передатчик имеют ту же структуру, что и в АС, за исключением того, что в них отсутствуют ЦАП и АЦП, т.к. и выходной сигнал передатчика, и входной сигнал приемника являются цифровыми.

Блок сопряжения с линией связи осуществляет упаковку информации, передаваемой по линии связи на центр коммутации, и распаковку принимаемой от него информации.

**Контроллер БС** (компьютер) осуществляет управление работой одной или нескольких станций, а также контроль работоспособности всех входящих в нее блоков и узлов. КБС обеспечивает передачу обслуживания при переходе АС между сотами (в зоне одного КБС), передачу вызовов между АС (в зоне действия одного контроллера). КБС также осуществляют радиоизмерения в каналах связи, регулирование мощности передатчиков АС и БС.

# Центр коммутации

К другим сетям связи



К базовым станциям



# Центр коммутации

**Центр коммутации (ЦК)** представляет собой автоматическую телефонную станцию ССС, которая обеспечивает все функции управления сетью.

## Назначение:

- осуществляет постоянное слежение за АС, организует их эстафетную передачу между БС, обеспечивая непрерывность связи при перемещении АС из соты в соту;
- производит переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей;
- на ЦК замыкаются потоки информации со всех БС, и через него осуществляется выход в другие сети связи – ТСОП, сети международной связи, спутниковой связи, другие сотовые сети.

В состав ЦК входит несколько **коммутаторов**. Каждый из коммутаторов подключается к линиям связи через соответствующие **контроллеры связи**, которые осуществляют промежуточную обработку потоков информации (упаковку/распаковку, буферное хранение).

## Центр коммутации

Управление работой ЦК и системы в целом производится от **центрального контроллера**. Работа ЦК предполагает участие операторов, поэтому в состав центра входят соответствующие **терминалы**, а также **средства отображения и регистрации информации**.

Важными элементами системы являются Базы Данных:

**Домашний регистр** содержит сведения обо всех абонентах, зарегистрированных в данной системе, и о видах услуг, которые могут быть им оказаны; фиксирует местоположение абонента для организации его вызова и регистрируется фактически оказанные услуги.

**Гостевой регистр** – содержит сведения об абонентах-гостях (роумерах), т.е. об абонентах, зарегистрированных в другой системе, но пользующихся в настоящее время услугами сотовой связи в данной системе.

**Центр аутентификации** – обеспечивает процедуры аутентификации абонентов и шифрования сообщений.

**Регистр аппаратуры** (иначе идентификации) – если он существует, содержит сведения об эксплуатируемых АС на предмет их исправности и санкционированного использования.

# Аналоговые стандарты ССС



## Аналоговые:

**AMPS** – аналоговый стандарт, используемый в США, Канаде, Центральной и Южной Америке (с 1983г.). Рабочие частоты для БС 869...894 МГц и для АС 824...849МГц, ширина полосы канала связи – 30кГц. В последствие замененный на **D-AMTS**, работающем на тех же частотах, но использующий полностью цифровые каналы управления.

**NMT** – скандинавская система мобильной связи, существует в двух вариантах NMT 450 (с 1981г.) и NMT 900 (с 1986г.).

**NMT 450**: диапазон частот для БС 463...467,5 МГц и для АС 453...457,5 МГц.

**NMT 900**: диапазон частот для БС 935...960 МГц и для АС 890...915 МГц.

Ширина полосы канала – 25 кГц.

# Стандарт GSM

**GSM** (Global System for Mobile Communication) – глобальная система мобильной связи. Стандарт **GSM 900** предусматривает работу БС в диапазоне 935...960 МГц и 890...915 МГц для АС при ширине канала связи 200кГц.

Совершенствование данного стандарта привело к освоению нового частотного диапазона 1800МГц, в котором благодаря более широкой рабочей полосе частот в сочетании с меньшими размерами сот удается строить сети значительно большей емкости.

**GSM 1800**: Частоты БС 1710...1785 МГц, АС 1805...1880 МГц, полоса канала связи 200 кГц. В США версия данного стандарта работает на частоте 1900МГц

## Каналы связи в GSM:

Полоса частот в 25 Мгц делится на полосы в 200 Кгц. Каждой БС соответствует своя полоса (или несколько полос). Абоненты полосы разделены во времени. Каждому абоненту соответствует один кадр. Восемь кадров объединяются во фрейм. 26 фреймов, в свою очередь, образуют мультифрейм, который повторяется циклически. Длина мультифрейма – 120 миллисекунд. На один кадр приходится 1/200 мультифрейма, т.е. около 0.6 миллисекунды.

# Множественный доступ в стандарте GSM

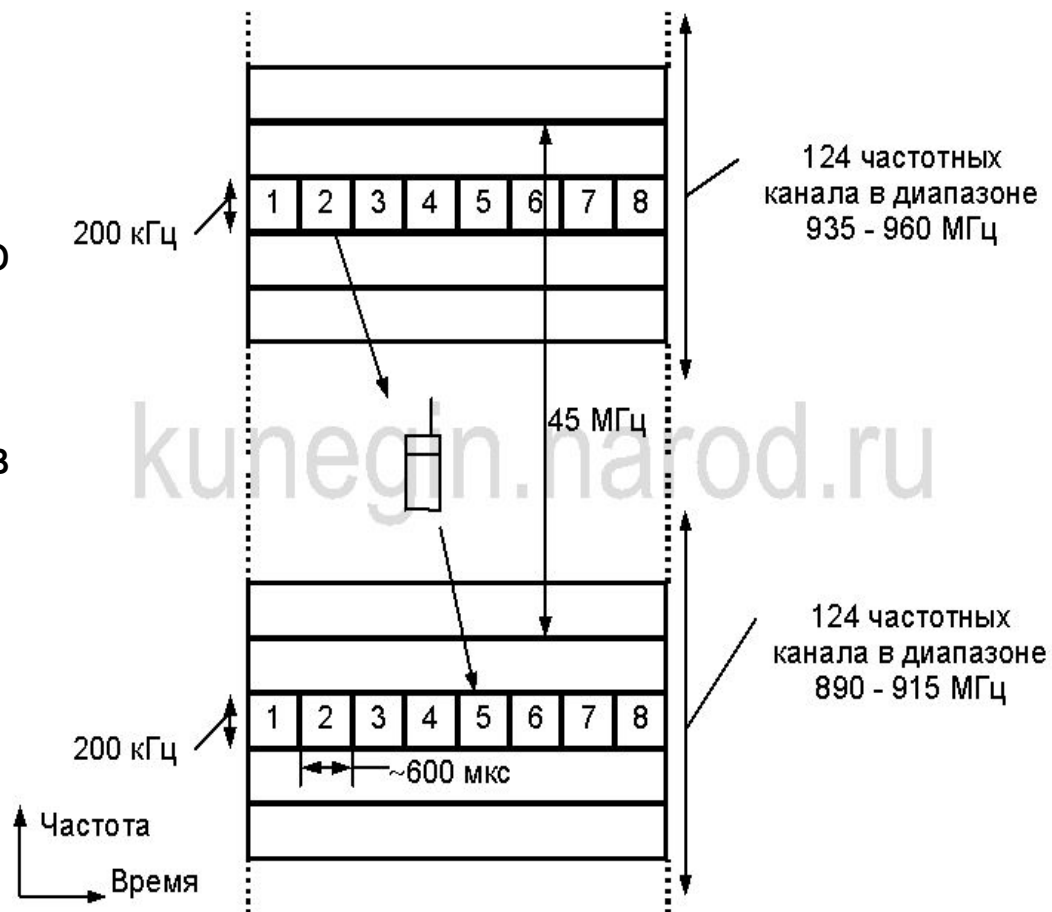
Системы GSM работают в диапазоне около 900 МГц, разбитом на два поддиапазона шириной по 25 МГц : 890..915 МГц (от АС к БС) и 935..960 МГц (от БС к АС) - используется организация дуплексной связи с частотным разделением (FDD).

Каждый частотный поддиапазон разбит на 124 частотных канала.

Ширина полосы каждого частотного канала - 200 кГц.

Речевой канал системы GSM использует пару частотных каналов с результирующим разносом 45 МГц.

Наличие разноса препятствует появлению переходных помех между направлениями приема и передачи.



# Множественный доступ в стандарте GSM

В каждом частотном канале данные передаются в 8 канальных интервалах (КИ), т.е. используется временное разделение каналов.

Восемь КИ объединяются в цикл, а 26 циклов - в повторяющийся циклически сверхцикл длительностью 120 мс.

Длительность КИ составляет около 600 мкс.

Конкретное портативное устройство ведет передачу сигнала базовой станции в одном из КИ.

В течении остальных КИ передача не ведется (передатчик "молчит").



# Преимущества и недостатки стандарта GSM



## Преимущества :

- Меньшие по сравнению с аналоговыми стандартами (NMT-450, AMPS-800) габариты АС, большее время работы от аккумулятора (достигается за счёт контроля уровня сигнала БС).
- Хорошее качество связи при достаточной плотности размещения базовых станций.
- Большая ёмкость сети, возможность большого числа одновременных соединений.
- Низкий уровень промышленных помех в данных частотных диапазонах.
- Улучшенная защита от подслушивания и нелегального использования (шифрование).
- Эффективное кодирование (сжатие) речи.
- Широкое распространение, большой выбор оборудования.
- Возможность роуминга.

## Недостатки:

- Искажение речи при цифровой обработке и передаче.
- Связь возможна на расстоянии не более 120 км от ближайшей базовой станции даже при использовании усилителей и направленных антенн. Для покрытия определённой площади необходимо большее количество передатчиков, чем в NMT-450 и AMPS.