

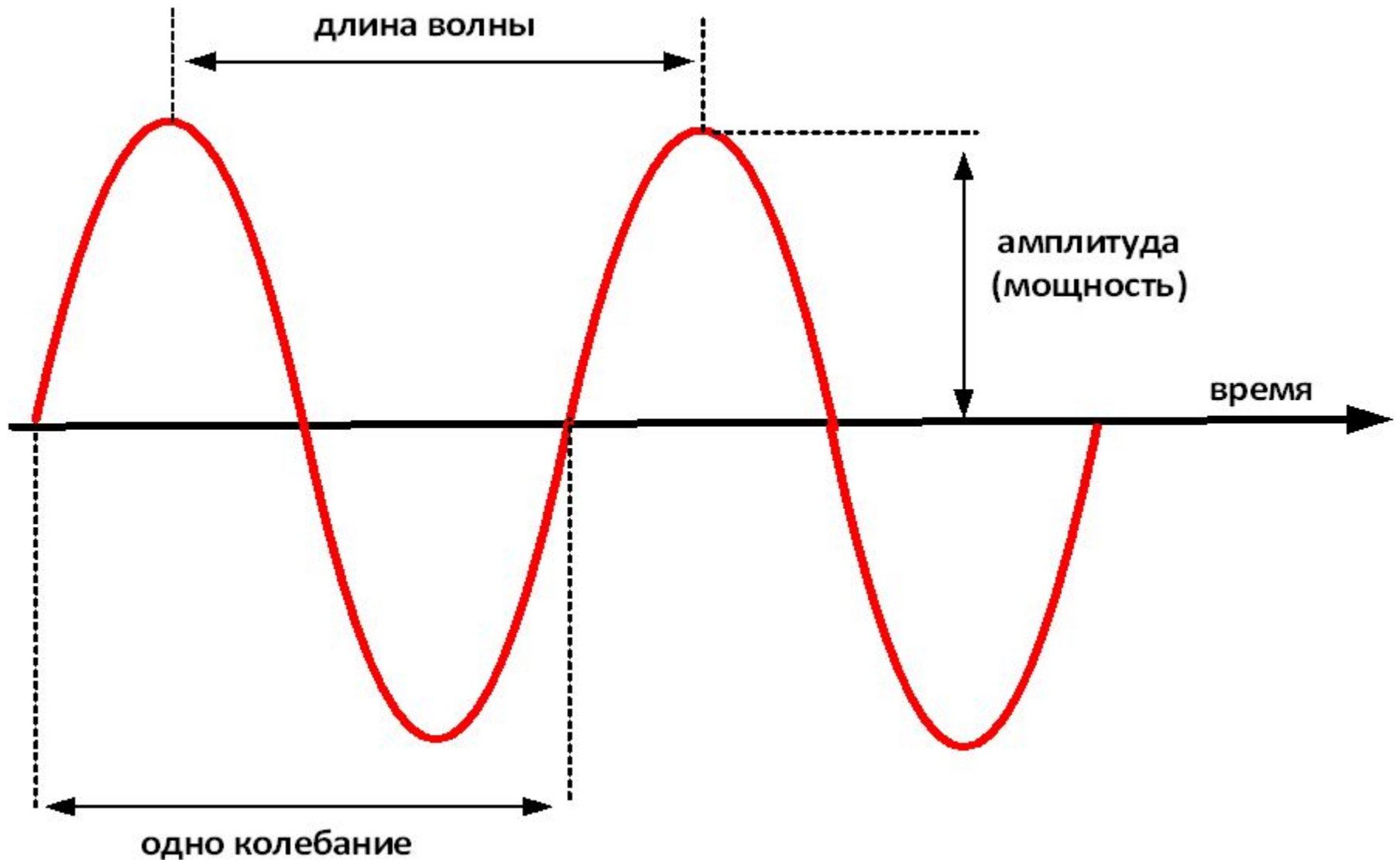
Обзор и классификация систем подвижной радиосвязи

План лекции

1. Методы множественного доступа
2. Принципы построения сетей подвижной
сотовой связи
3. Сети подвижной сотовой связи

Принципы распространения радиоволн

3



Диапазоны радиоволн

Сверхдлинные "СДВ" – частотой 3 – 30 кГц, с длиной волны 100 - 10 км;

Длинные "ДВ" – частотой 30 – 300 кГц, с длиной волны 10 - 1 км;

Средние "СВ" – частотой 300 – 3000 кГц, с длиной волны 1000 - 100 м;

Короткие "КВ" – частотой 3 – 30 МГц, с длиной волны 100 - 10 м;

Ультракороткие "УКВ", включающие:

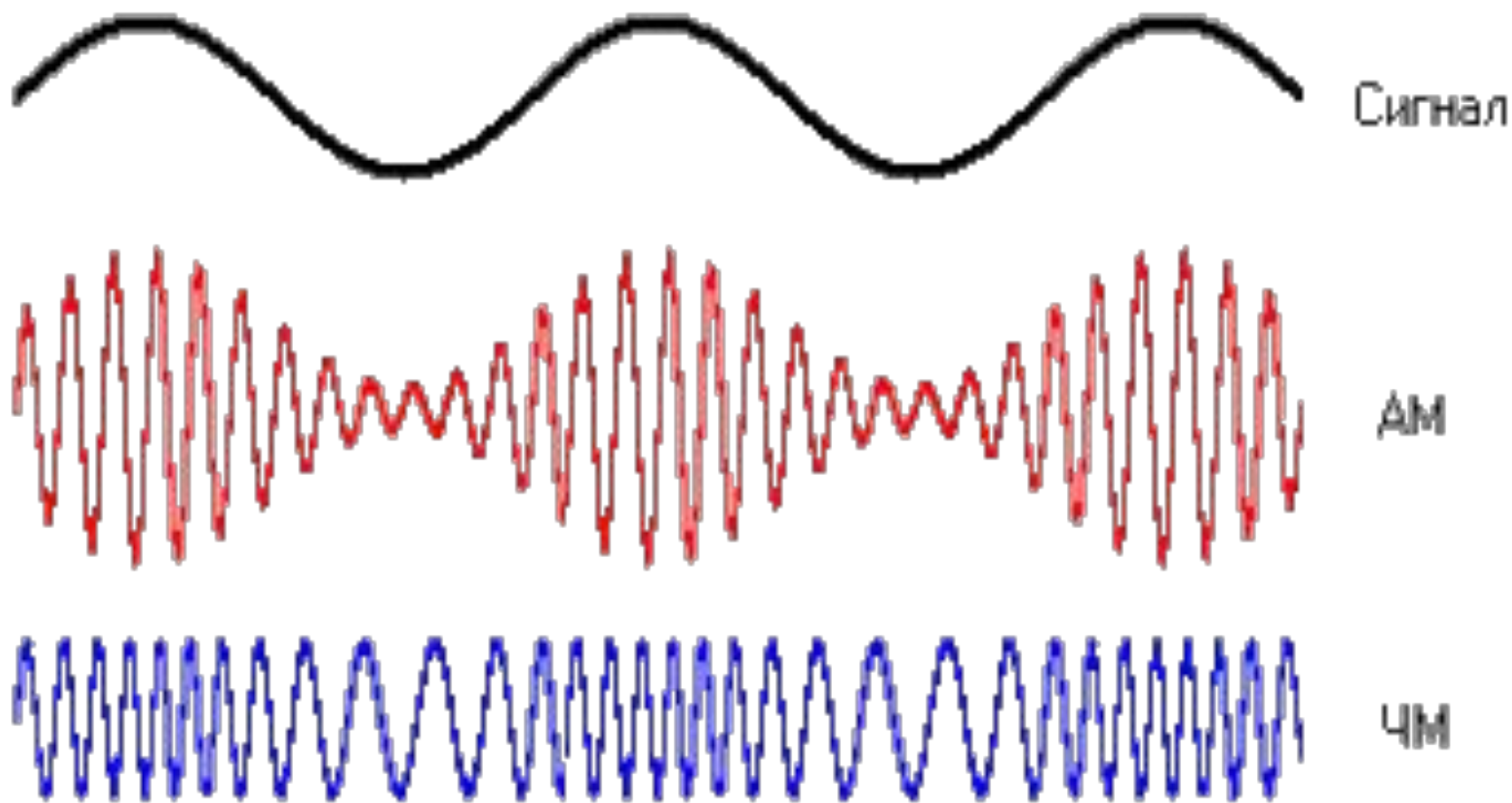
- *метровые "МВ"* с частотой 30 – 300 МГц, с длиной волны 10 - 1 метра;

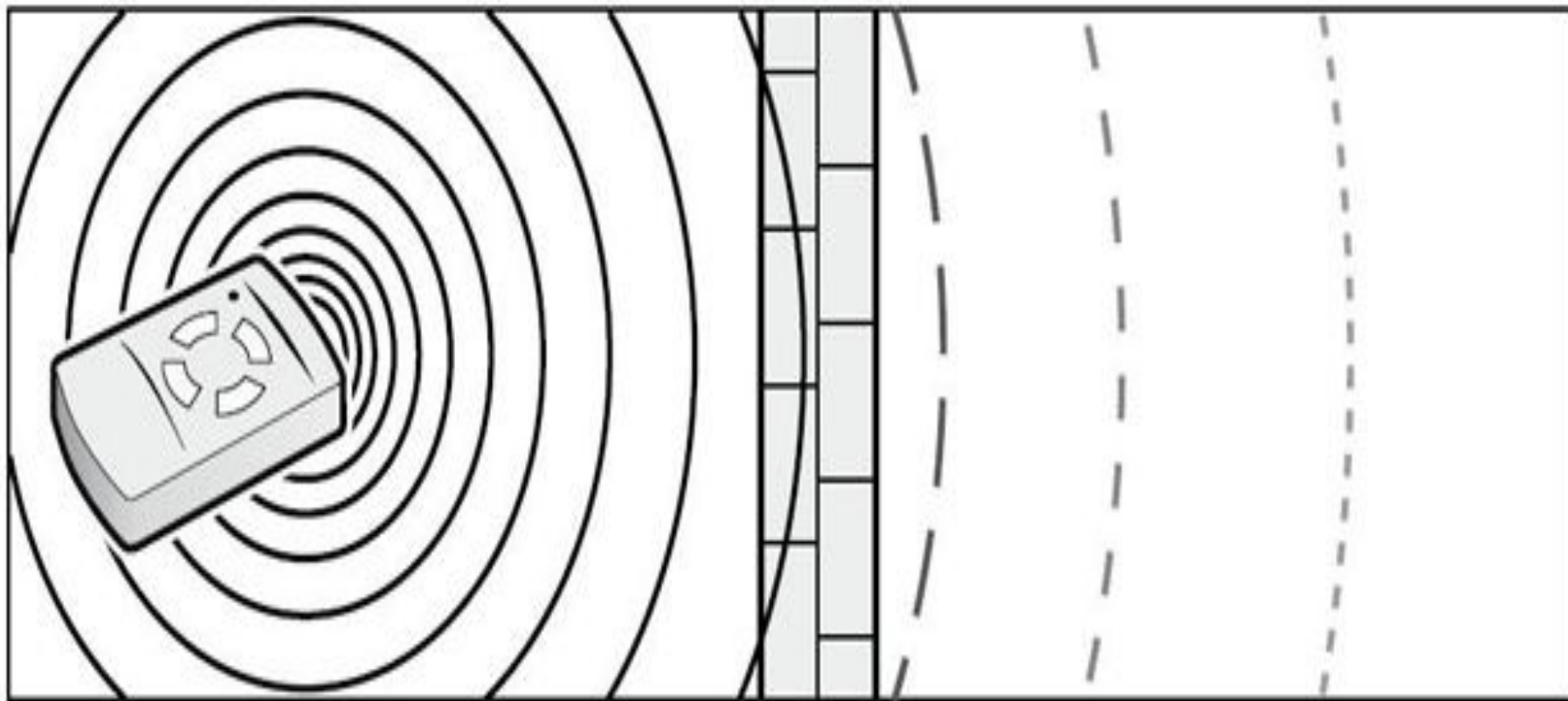
- *дециметровые "ДМВ"* с частотой 300 – 3000 МГц, длина волны 10 - 1 дм;

- *сантиметровые "СМВ"* с частотой 3 – 30 ГГц, с длиной волны 10 - 1 см;

миллиметровые "ММВ" с частотой 30 – 300 ГГц, длина волны 10 - 1 мм;

Модуляция радиоволн



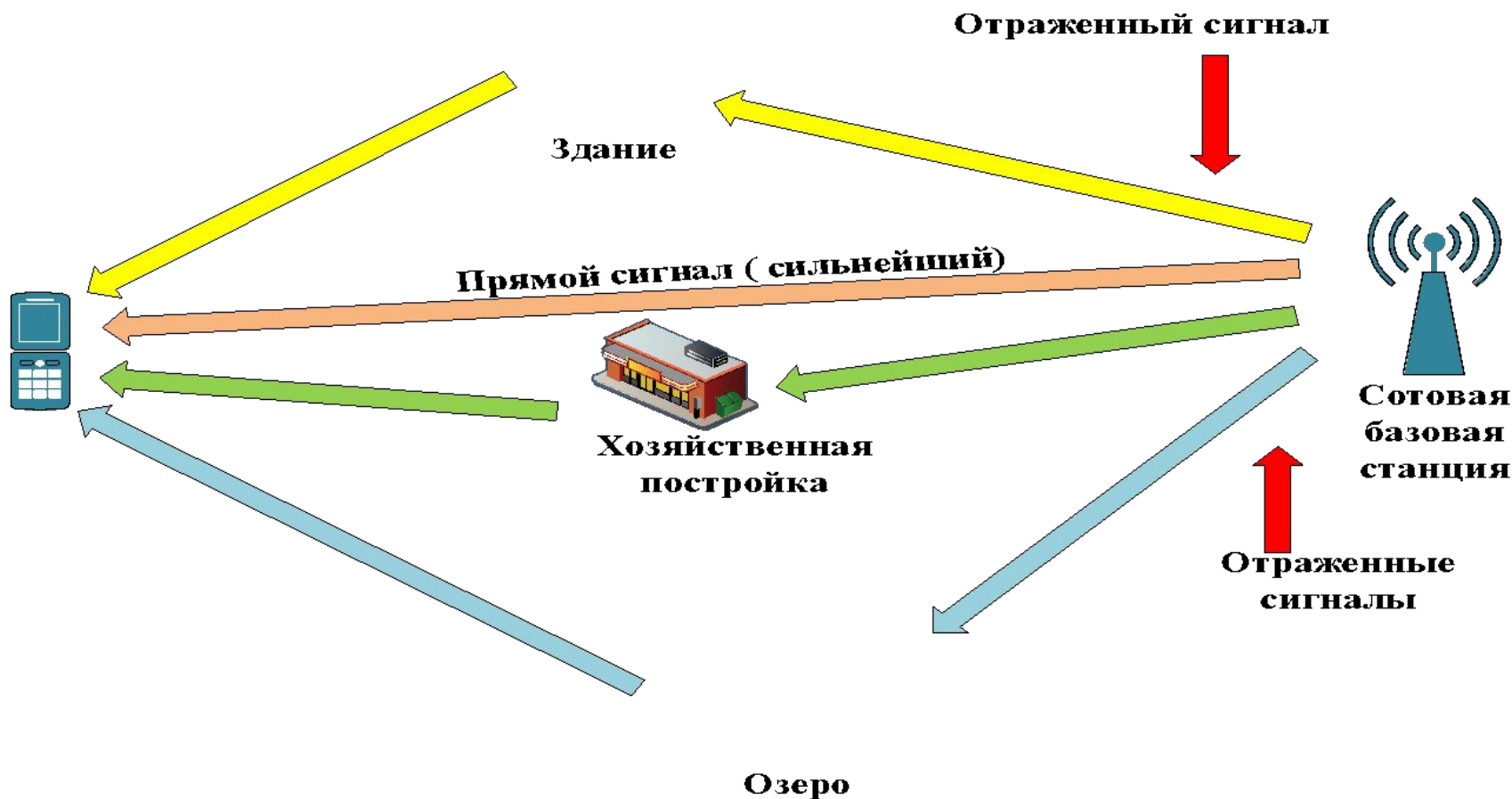


Способы уменьшения поглощения радиосигнала: использование антенн с большим коэффициентом усиления; использования более мощных передатчиков для обслуживания той же самой территории, уменьшение расстояния между базовыми станциями.

Ослабление сигнала из-за дальности

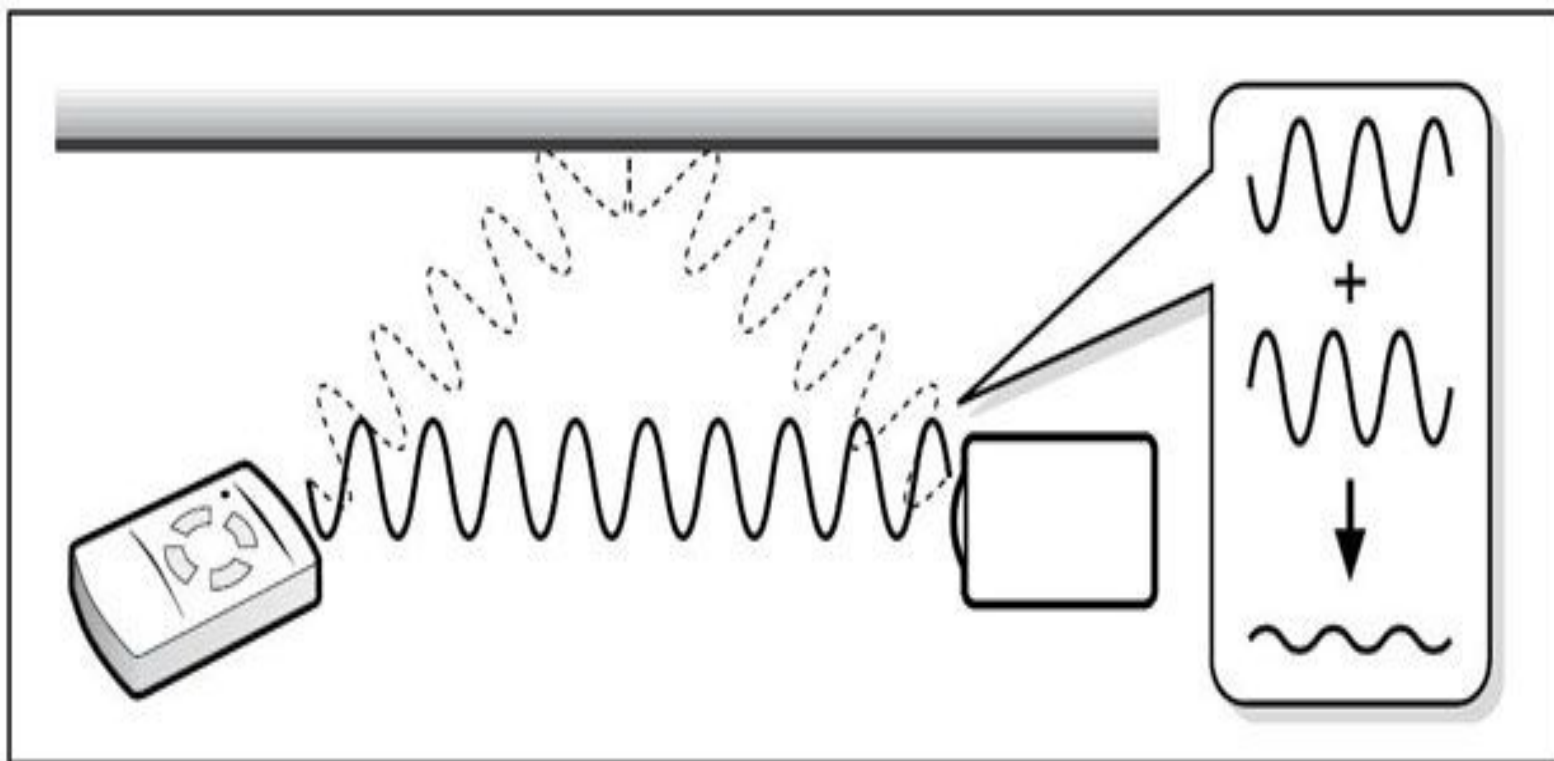
- Радиосигнал проходя через воздух постепенно утрачивает свою мощность. Чем больше частота радиосигнала, тем выше его ослабление, т.е. сигнал с базовой станции, работающей на частоте 1800 МГц, слабеет быстрее, чем сигнал от базовой станции, работающей на частоте 900 МГц. Поэтому для первых ставят большее количество базовых станций. Длина волны для этого стандарта примерно равна 17 см.

Затухание Релея



Сигнал, излучаемый базовой станцией, многократно отражается от физических объектов, создавая множество сигналов между базовой станцией и мобильным телефоном. Такое ослабление может происходить и на обратном пути, когда сигнал излучается телефоном. Отраженный сигнал соединяется с прямым сигналом. Усилив его или ослабив.

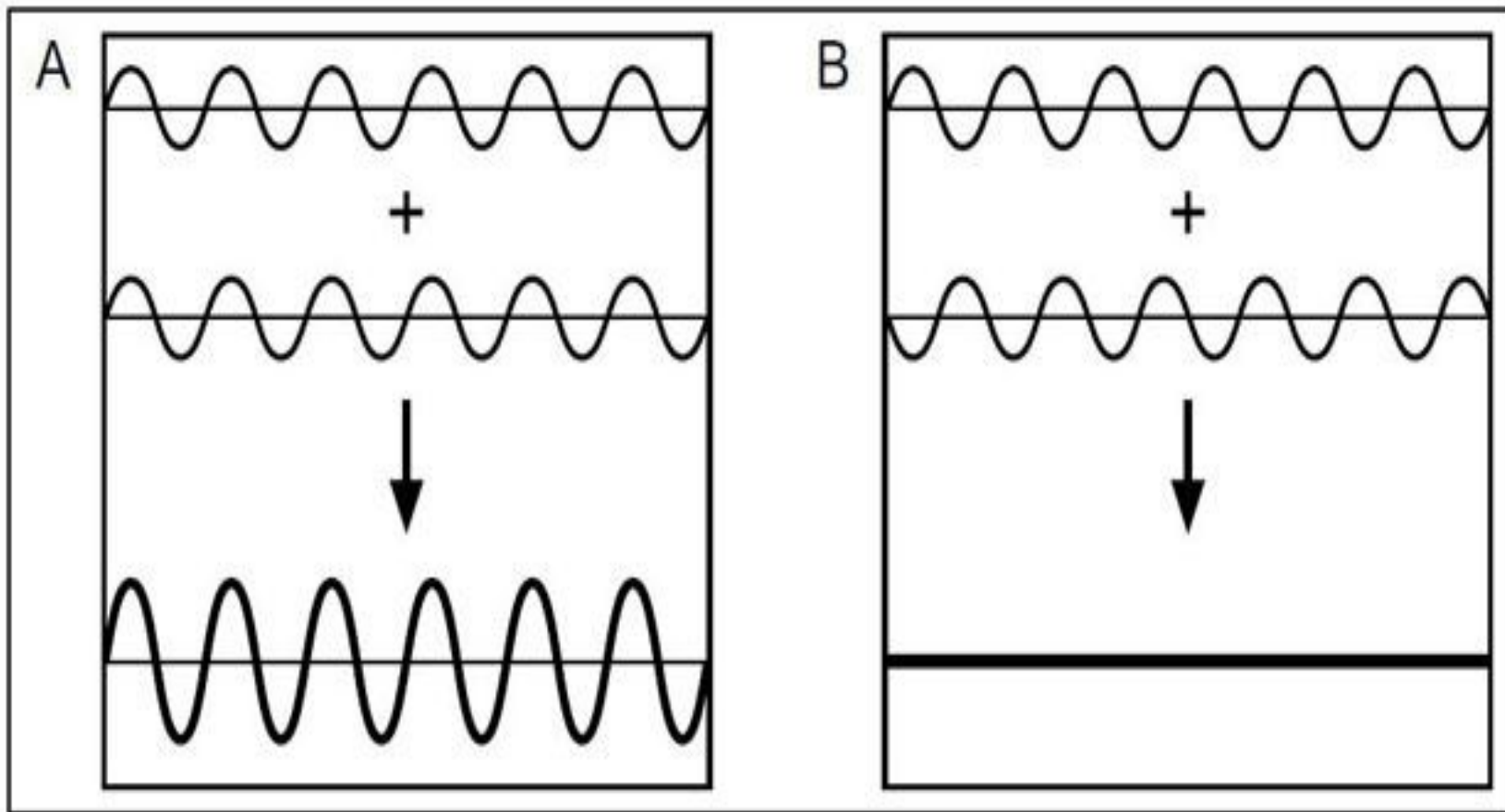
Разветвление сигнала из-за предметов, находящихся на пути сигнала к антенне.



Смещенное наложение может также произойти по причине отражения от поверхности. Если фазы у сигнала одной частоты совпадают, то происходит усиление сигнала, если нет, то ослабление.

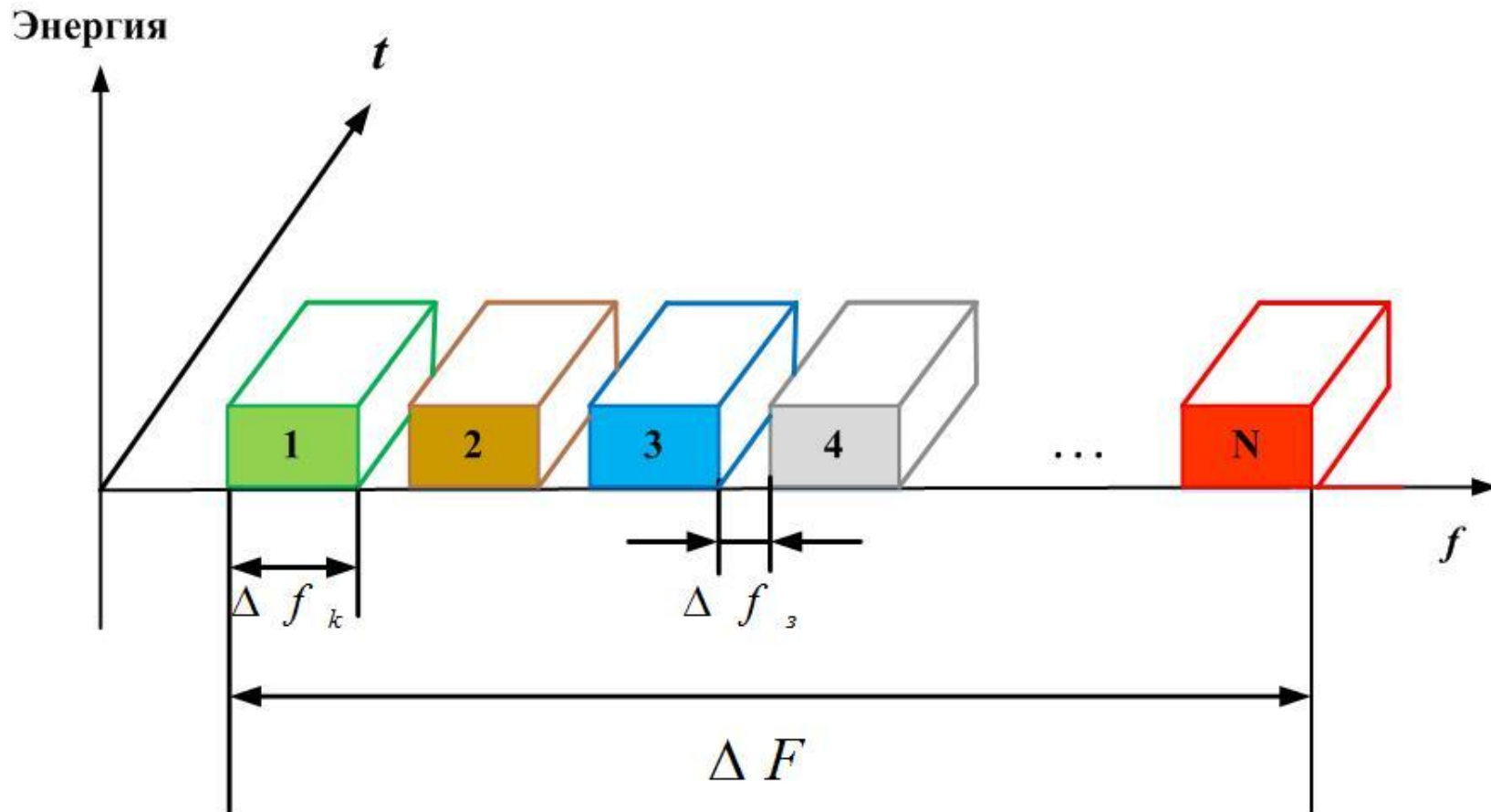
Результат сложения двух сигналов одной частоты

1
0



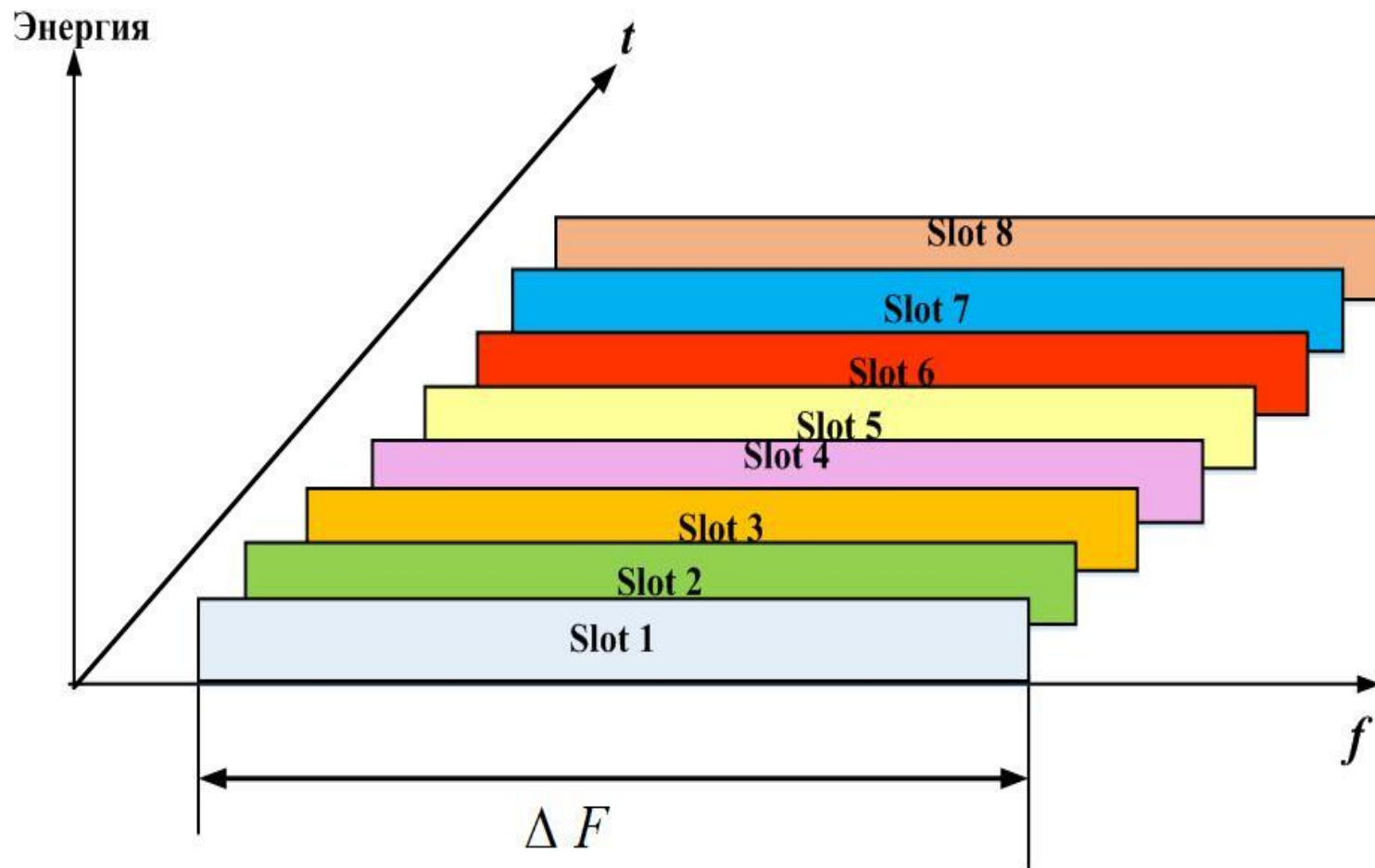
Результат сложения двух сигналов одной частоты, но с различными фазами, изменяется от максимального значения (когда фазы приходящих колебаний совпадают) до минимального (когда фазы этих сигналов противоположны).

Множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA)



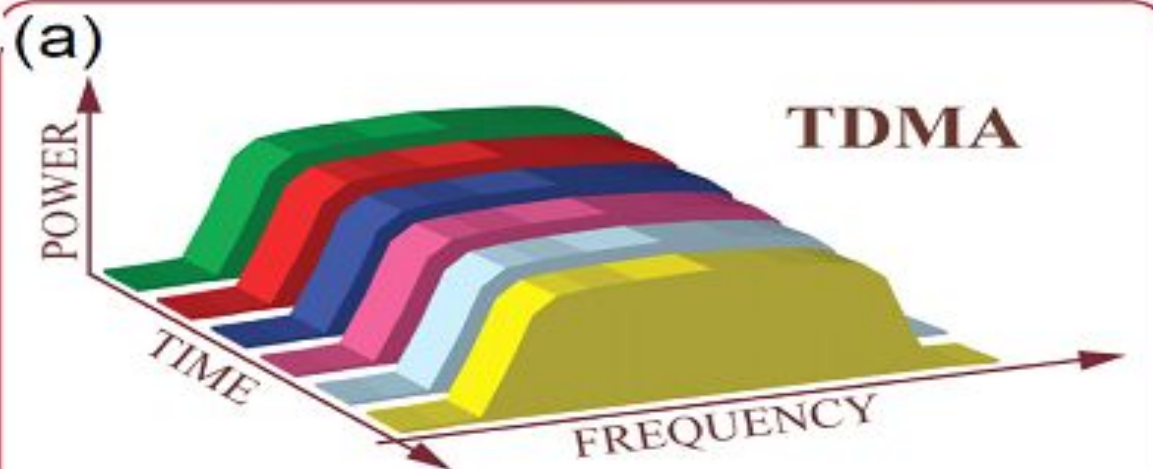
При использовании FDMA не требуется синхронизация между каналами, так как каждый канал не зависит от остальных. Недостаток метода — недостаточно эффективное использование полосы частот.

Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)



Каждый частотный канал разделяется по времени между несколькими пользователями, т.е. частотный канал по очереди предоставляется нескольким пользователям на определенные промежутки времени. Основная единица времени называется **кадром (frame)**. Каждому пользователю для передачи выделяется ограниченный ресурс времени (**time slot**).

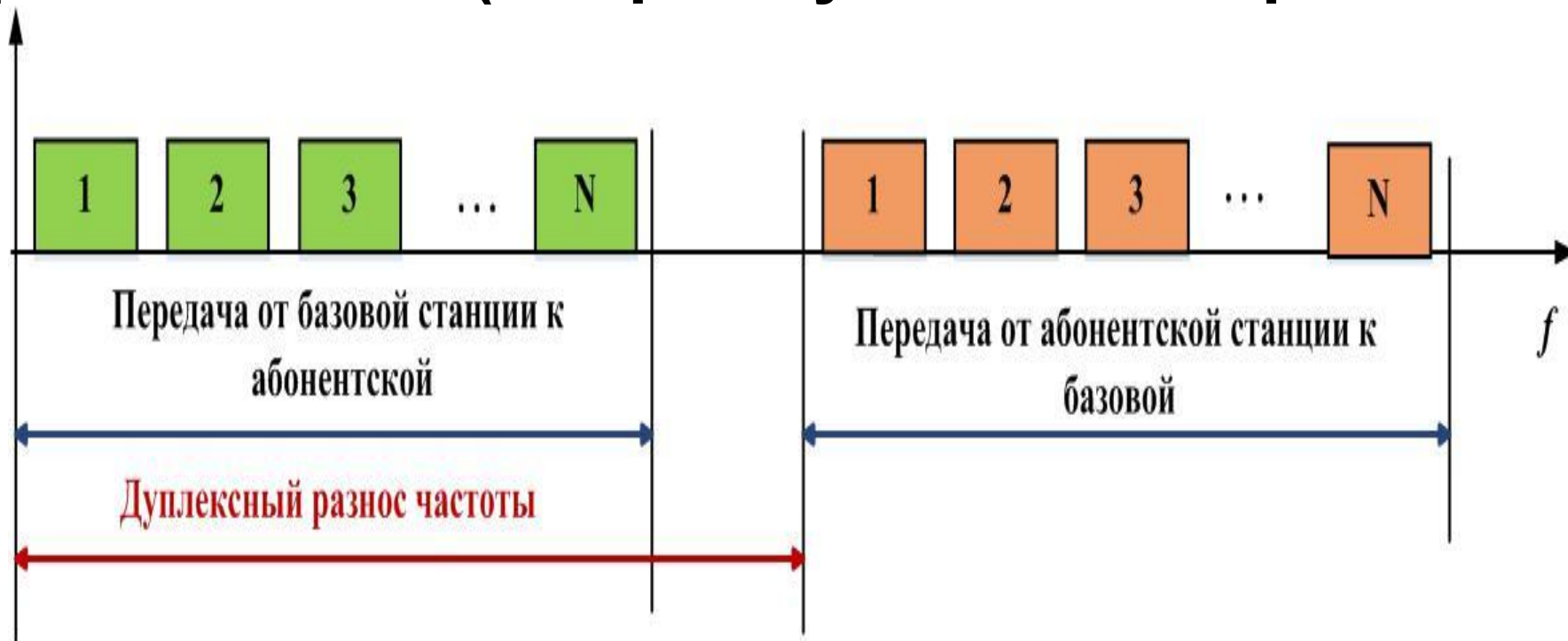
Сравнение методов TDMA и FDMA



Если в кадре имеется M временных интервалов, то скорость передачи через один временной интервал должна быть в M раз выше, чем такая же скорость для одного абонента. Следствием этого факта является расширение спектра сигнала в M раз по сравнению с непрерывным. Поэтому спектр сигнала TDMA оказывается намного шире спектра сигнала FDMA. **Метод TDMA** требует наличие защитных временных промежутков между блоками данных, занимающими соседние временные интервалы, что также уменьшает его спектральную эффективность



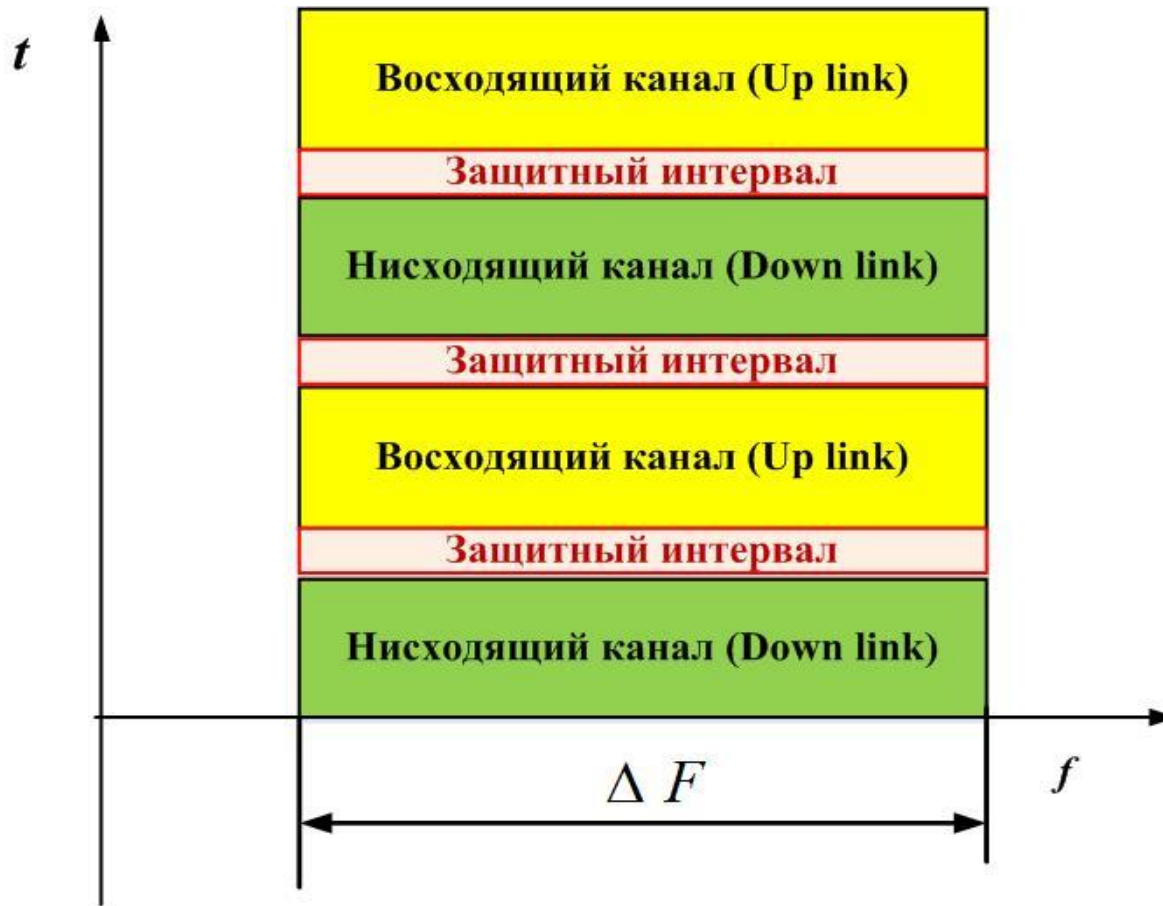
Метод дуплексной передачи с частотным разделением (Frequency Division Duplex – FDD)



Поскольку информационные потоки передаются в обоих направлениях, то передача происходит по двунаправленному или **дуплексному каналу**. Необходимо решить задачу двунаправленного обмена информацией. При (**FDD - Frequency Division Duplex**) весь спектр делится между двумя противоположными направлениями. В стандарте GSM используется доступ **TDMA/FDMA с FDD**. Спектры различных направлений передачи не должны перекрываться, а разделяющий их частотный диапазон может использоваться другими системами.

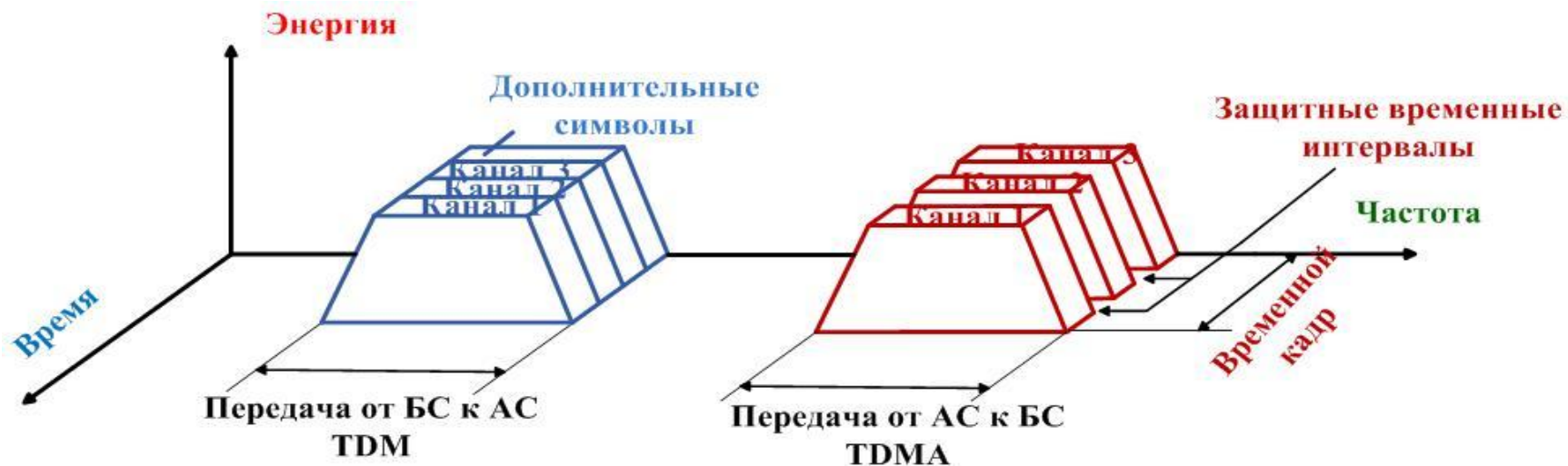
Метод дуплексной передачи с временным разделением (Time Division Duplex – TDD)

1
5

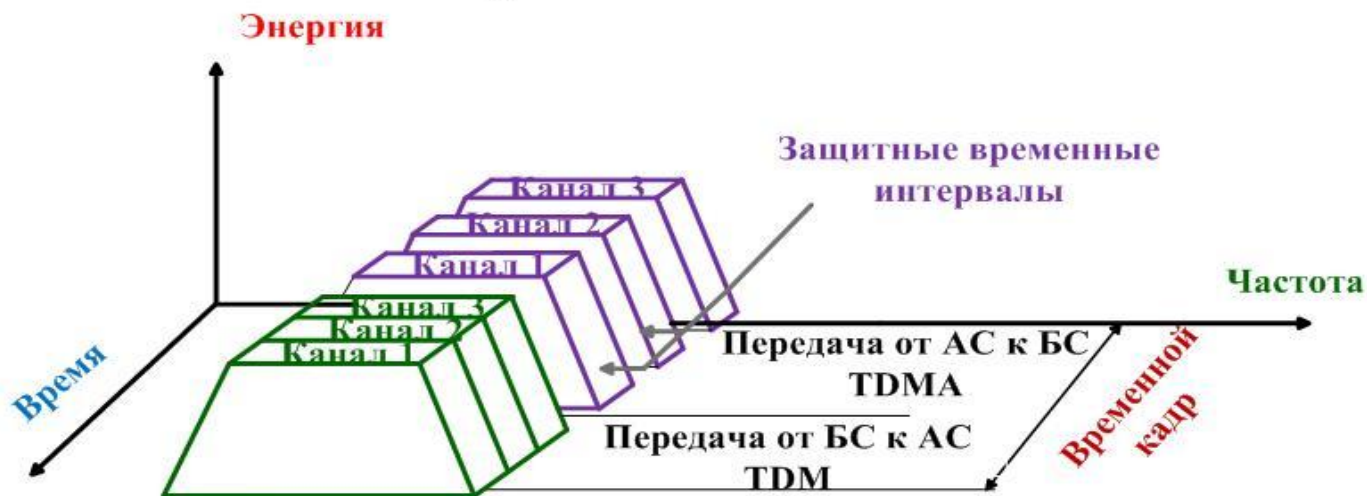


Весь частотный диапазон системы используется для передачи данных в обоих направлениях. Для организации дуплексной связи временной кадр делится на 2 части: первая для передачи от БС к АС, а вторая от АС до БС. Для переключения направления передачи применяется защитный временной интервал.

Организация TDMA - доступа с частотным и временным дуплексом

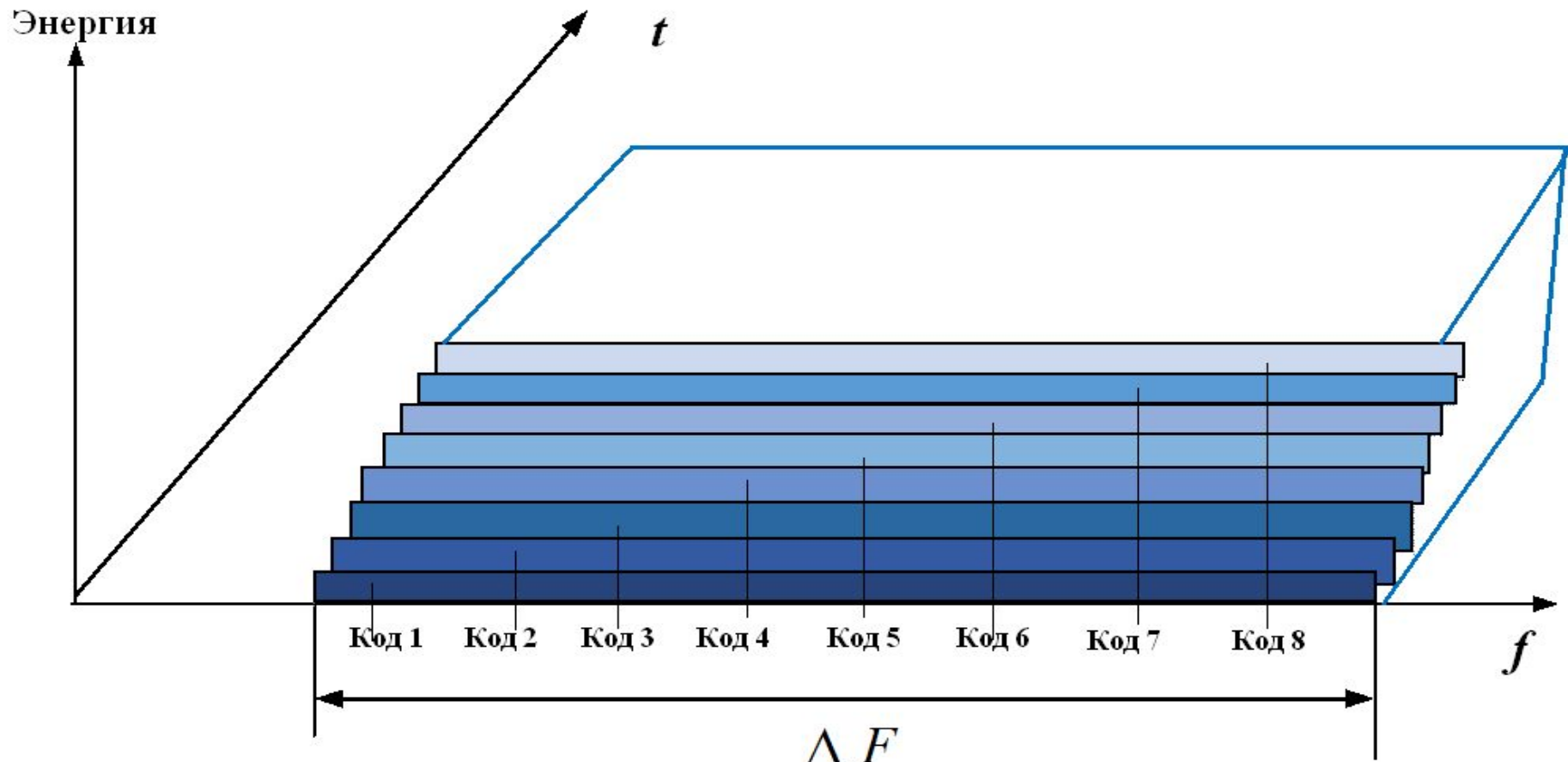


а)



б)

Множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA)



Большая группа пользователей (например от 30 до 50), одновременно используют общую относительно широкую полосу частот – не менее 1 МГц. Метод CDMA может быть реализован только в цифровой форме. Если выбирать расширяющие коды таким образом, чтобы их взаимная корреляция была равна нулю, то можно выделить сигнал нужного абонента из смеси сигналов различных пользователей.

Примеры комбинаций, используемых в системах подвижной связи

1. **GSM** – TDMA/FDMA с FDD.
2. **DECT** - TDMA/FDMA с TDD,
3. **UMTS WCDMA FDD** – CDMA с FDD.
4. **UMTS WCDMA TDD** – TDMA/CDMA с TDD.

Дуплексная передача с частотным и временным разделением каналов используется в комбинации с различными методами множественного доступа.

Множественный доступ с пространственным разделением каналов

Методы SDMA (*Space Division Multiple Access – SDMA*) реализуют направленные свойства антенн и их способность раздельного приема сигналов, действующих в общей полосе частот в одно и тоже время с разных направлений. В основе SDMA лежит использование антенных решеток с остронаправленными лепестками диаграммы направленности, управляемыми с помощью электроники. Если абонентов разделяет большое угловое расстояние, то они могут использовать одни и те же частотные каналы, временные интервалы, коды комбинации – в зависимости от основного способа многостанционного доступа, применяемого в системе.

Преимущества: борьба с замиранием, снижение уровня помех, улучшение энергетики радиолинии.

Применяются в системах сотовой связи 3G, LTE, Wi-Fi. В настоящее время реализована технология MIMO обработки сигналов со многими выходами (передатчиками) и входами (приемниками). Она позволяет увеличить количество активных абонентов в одной полосе частот в несколько раз по сравнению с методами CDMA, TDMA, FDMA или увеличить скорость передачи информации от абонента в 2 – 4 раза

Принципы построения сетей подвижной сотовой связи

Первый мобильный телефон

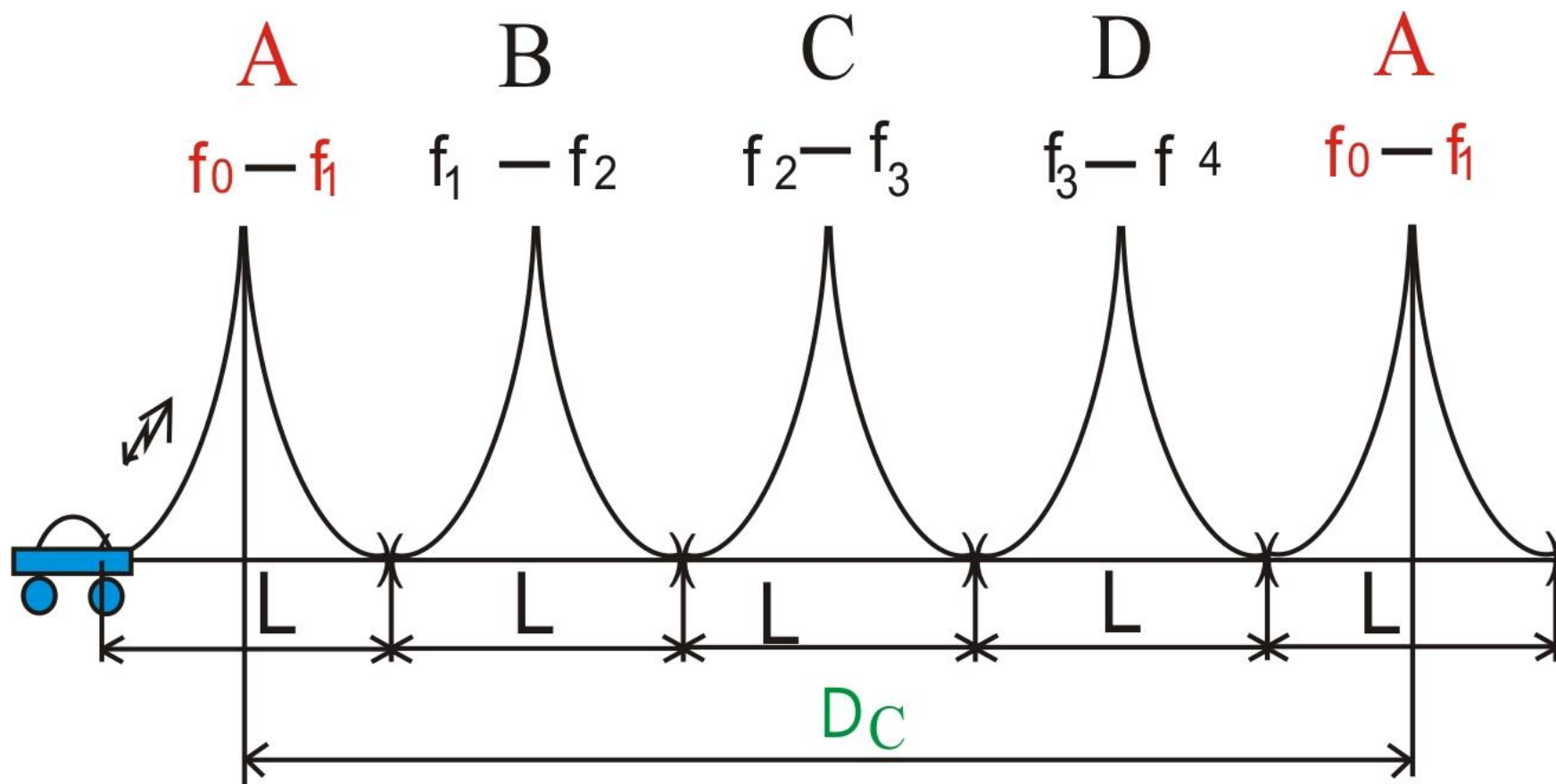
2
1

Мартин Купер изобрел первый мобильный телефон в 1973 году. Он весил 2 кг, основная доля массы из этих двух килограммов был аккумулятор. И даже, несмотря на это, время его жизни хватало на 20 минут. Первый звонок был совершен с улицы Нью-Йорка. Стоимость одного мобильного телефона по тем временам была – 10 000\$.



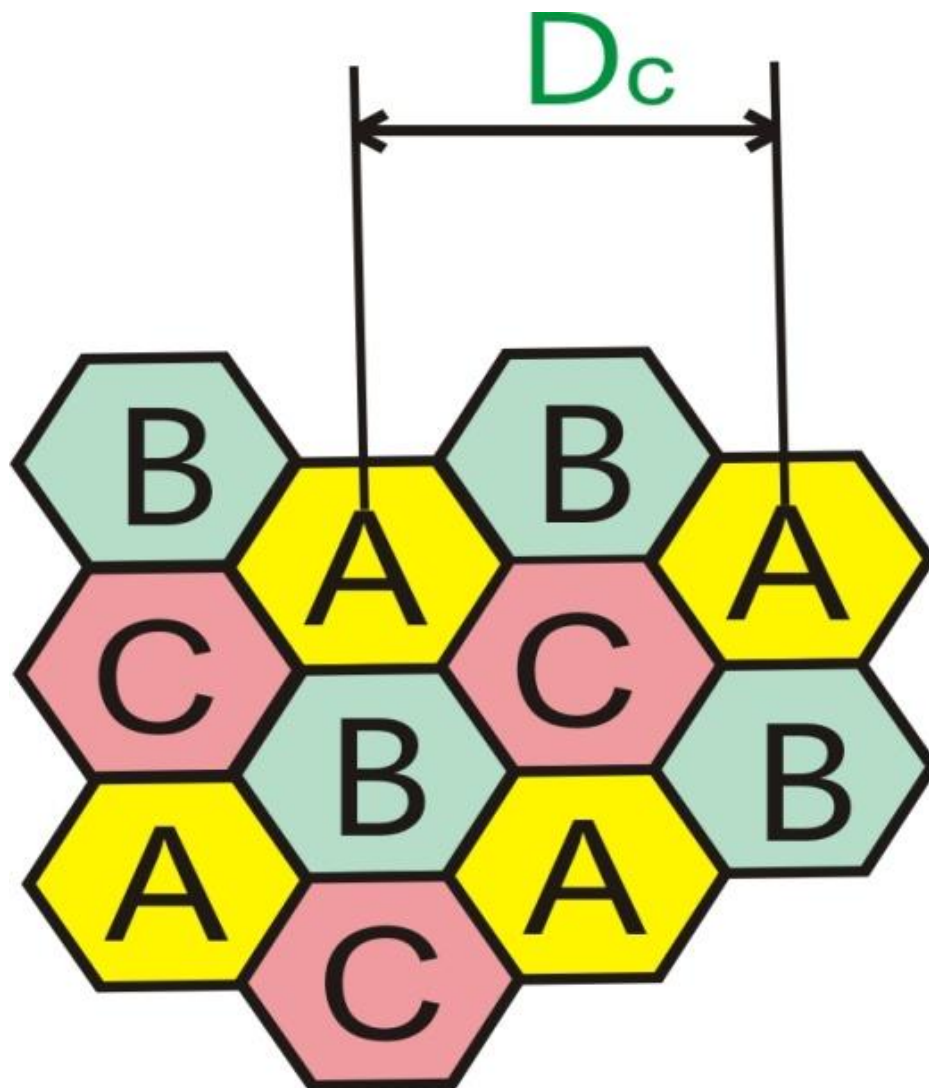
Принцип повторного использования частот в одном измерении

2
2

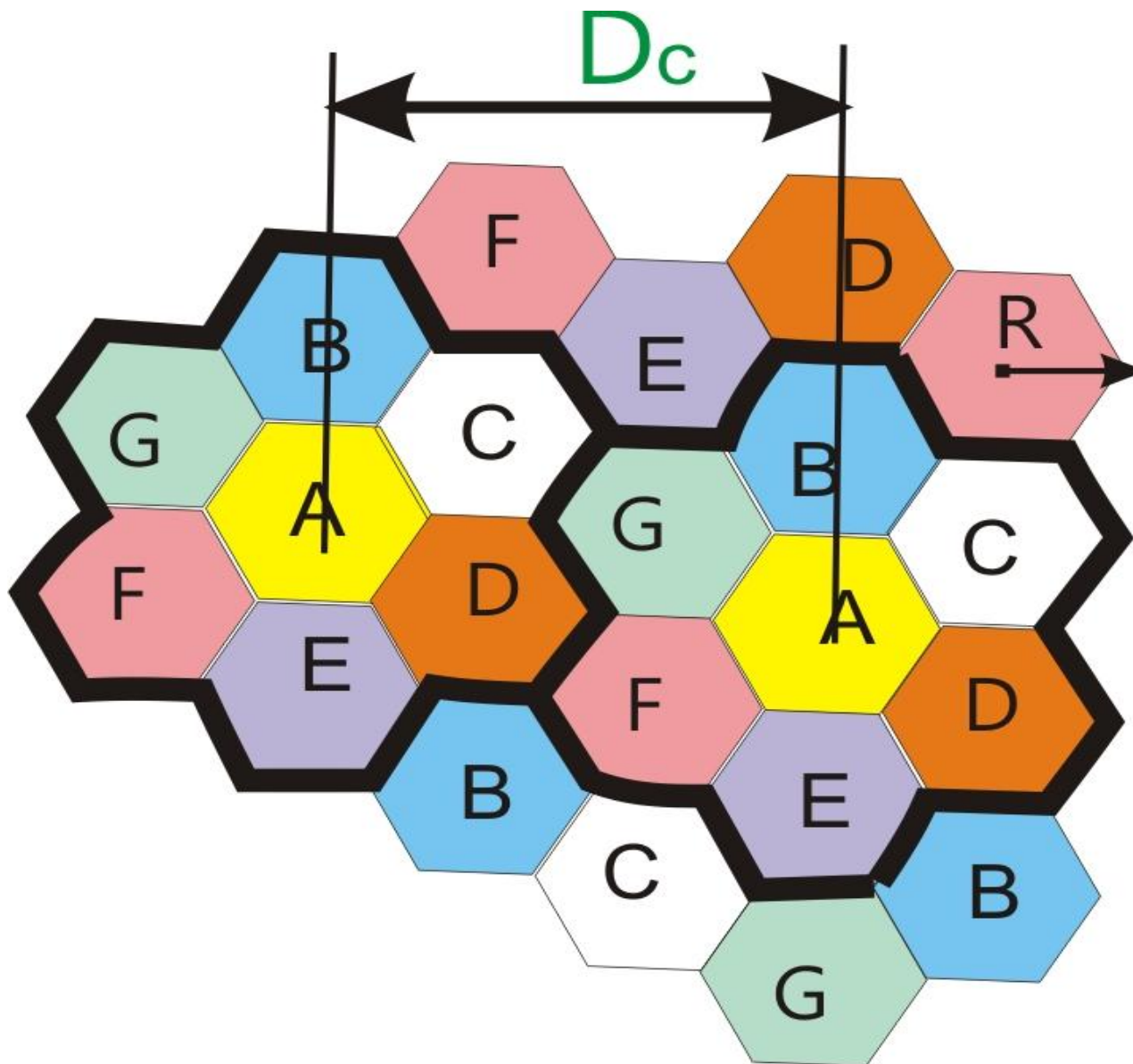


Для работы системы необходимо поддержание определенного отношения амплитуды сигналов частот, используемых на данном отрезке, к амплитуде сигналов этих же частот, используемых на других отрезках трассы (**отношения сигнал/помеха**). Расстояние между центрами отрезков, в которых используются одинаковые полосы частот называется диаметром сети D , а расстояние, равное половине кратного отрезка $R=l/2$ – радиусом действия антенны.

Принцип повторного использования частот на плоскости

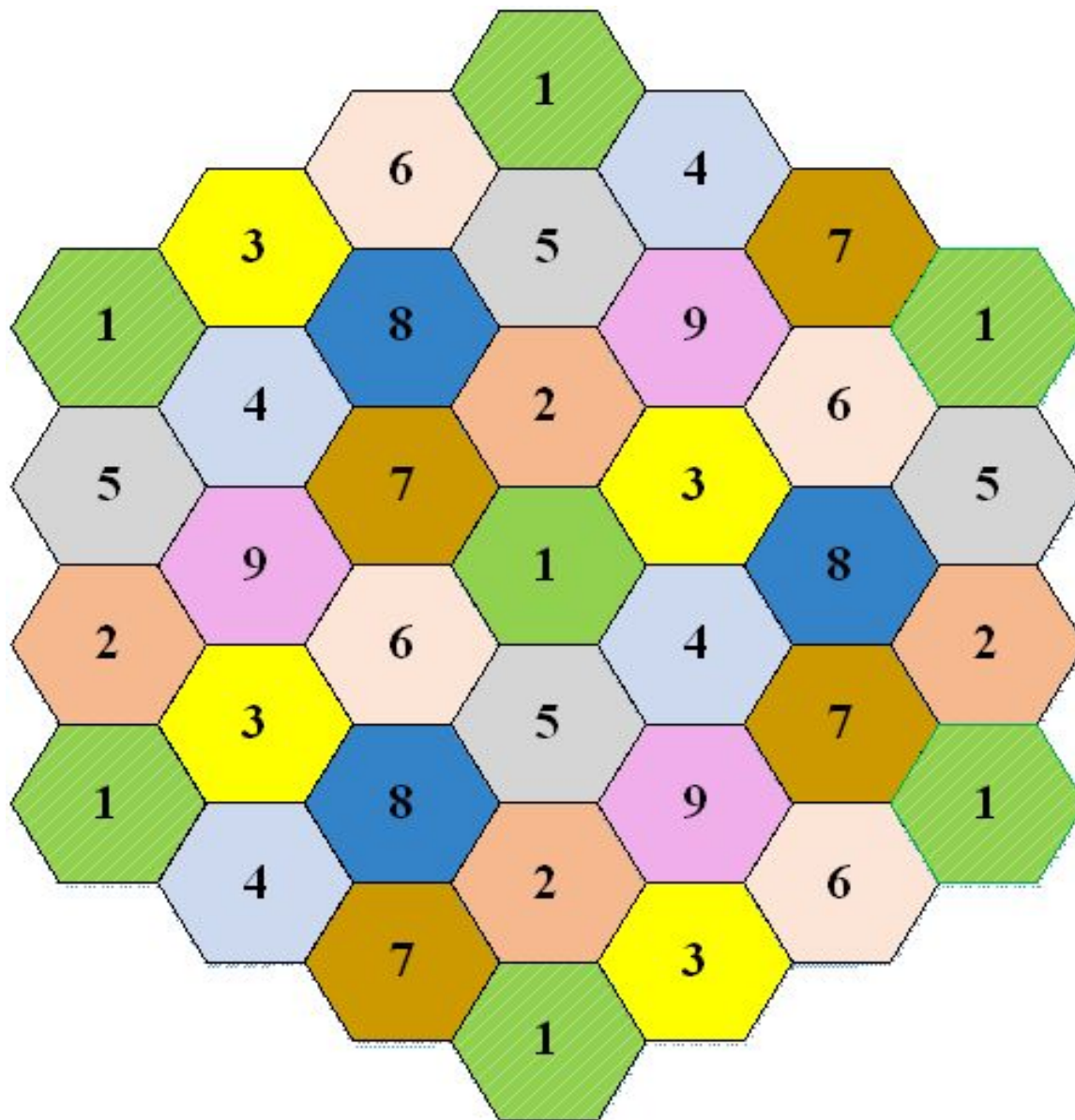


Построение семиэлементного кластера

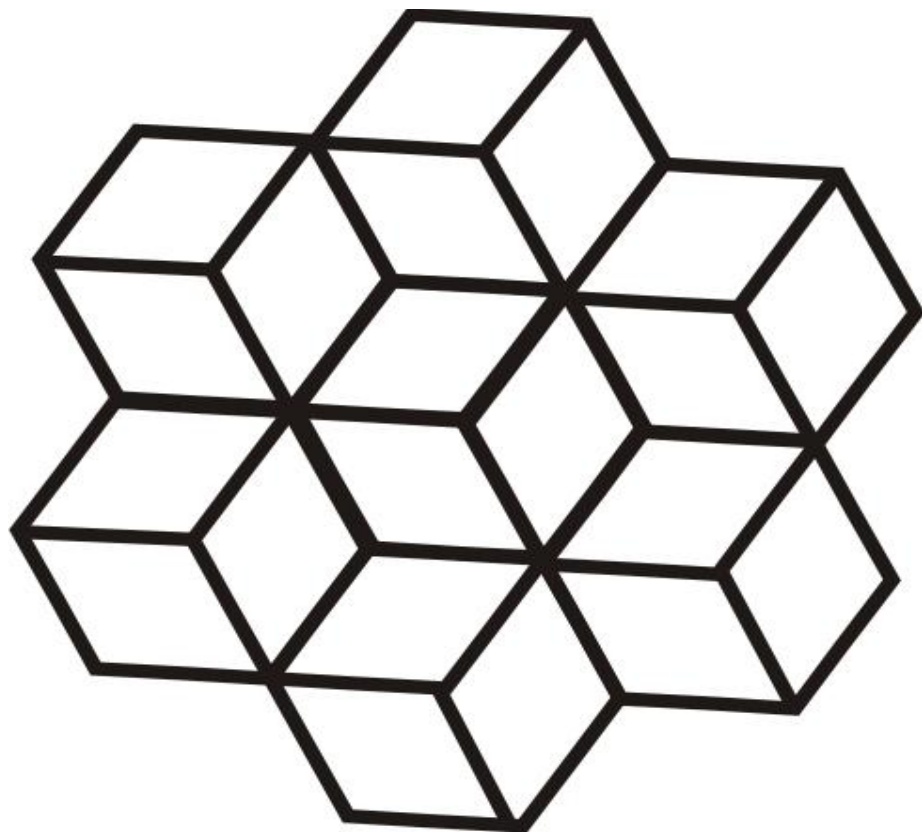


Построение девятиэлементного кластера

2
5

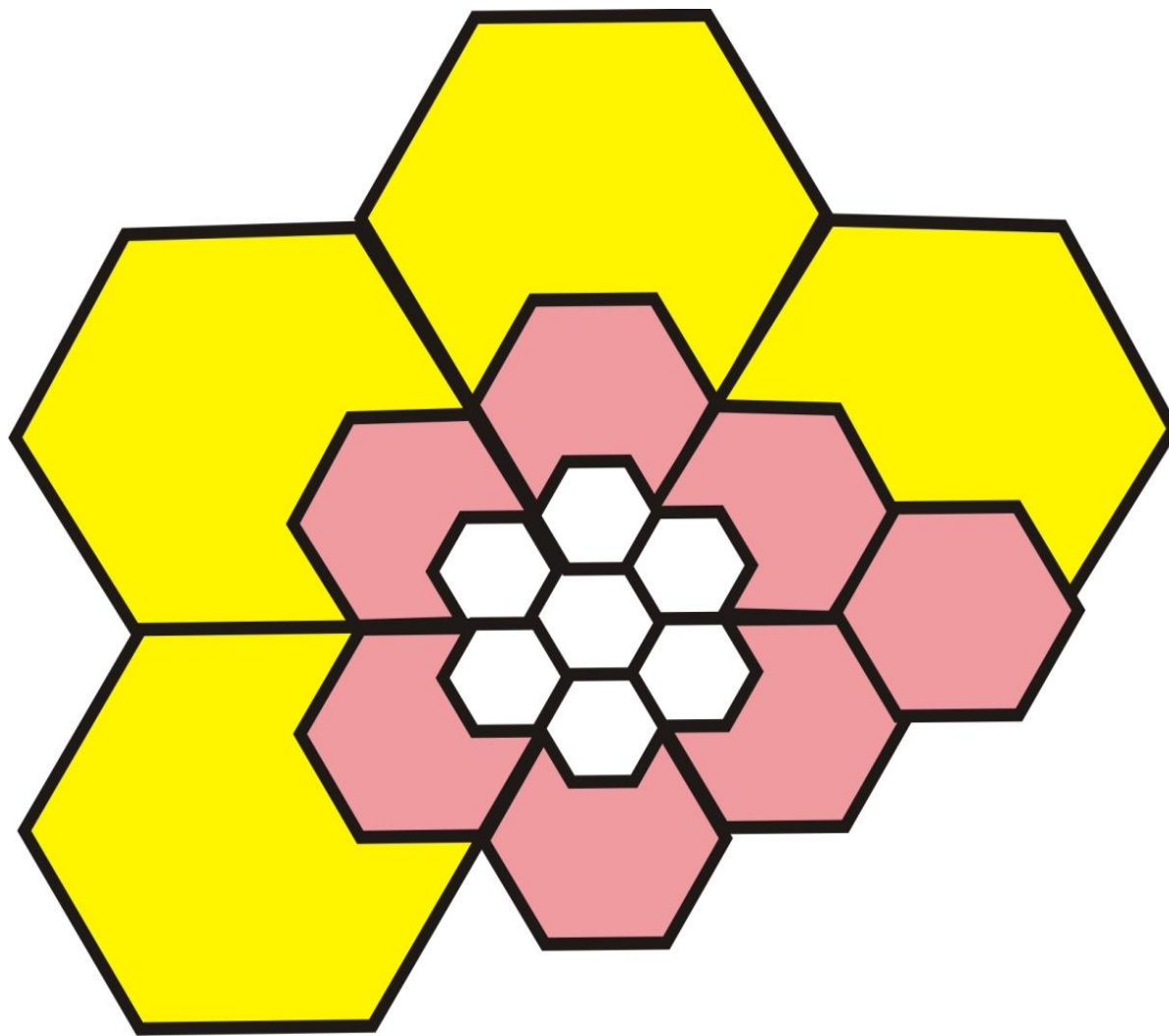


Семиэлементный кластер с трехсекторными антеннами



В цифровых СПСС вместо всенаправленных антенн кругового действия используются антенны с шириной диаграммы направленности 120° , или 60° . При этом шестиугольная ячейка разбивается на 3 или 6 секторов, в каждом из которых используется своя полоса частот. Применение секторных антенн является эффективным способом снижения уровня соканальных помех. В секторе направленной антенны сигнал излучается в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении уменьшается до минимума.

Использование ячеек меньших размеров в центре города



Одним из путей повышения емкости СПСС является дробление сот, т.е. переход в районах с повышенной нагрузкой сотам меньшего диаметра, при том же коэффициенте повторного использования частот. Число базовых станций при этом увеличивается, а мощность их излучения снижается. В районах с пониженной нагрузкой соты наоборот укрупняют.

Эволюция стандартов СПСС

К первому поколению СПСС относятся *аналоговые системы*

- **AMPS** – диапазон 800 МГц в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии.
- **NMT – 450, NMT – 900** – диапазоны 450 и 900 МГц, известный как «скандинавский стандарт».

NTT – диапазон 800, 900 МГц, использовался в Японии.

Ко второму поколению СПСС относятся *цифровые системы*

GSM – 900 ,GSM – 1800 (DCS-1800)

D-AMPS (IS-54) промежуточный стандарт, позволяющий совмещать работу аналоговой и цифровой систем в одном и том же диапазоне **IS-95** , основанный на CDMA.

GSM – 1900 – американский стандарт системы GSM .

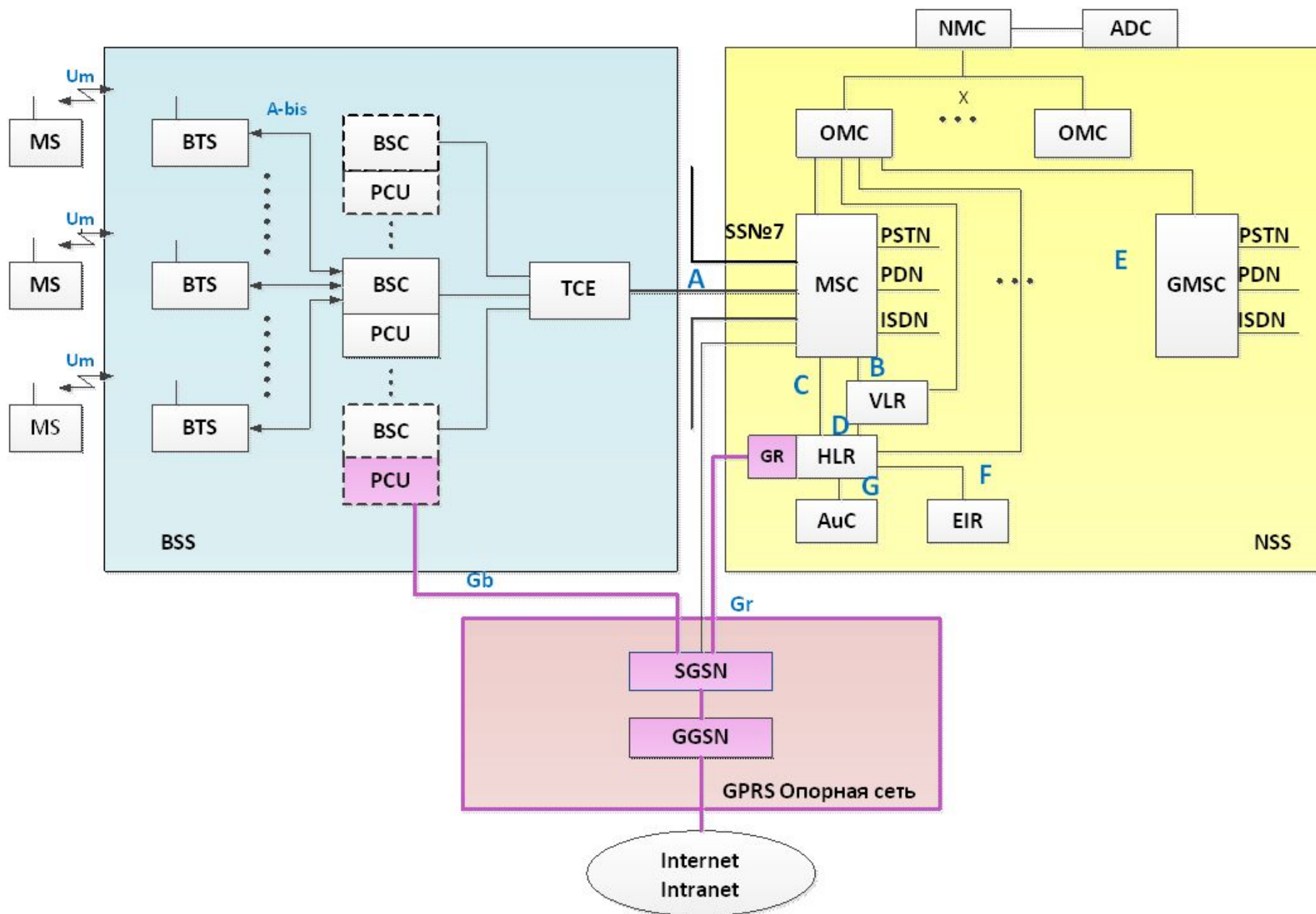
К третьему поколению СПСС относятся системы *широкополосного доступа :*

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) разработал ETSI.
используется технология широкополосного многостанционного доступа с кодовым разделением (WCDMA)

CDMA 2000 – используется в США и Японии

Архитектура сети стандарта GSM

2
9



Функции мобильной станции

1. Передача данных и речи
2. Частотная и временная синхронизация с сетью
3. Анализ мощности сигнала и качества соединения с целью осуществления ПО
4. Контроль изменения местоположения
5. Устранение негативного влияния многолучевости
6. Отображение коротких сообщений

Идентификация МС

- **постоянный ID мобильного терминала**
 - International Mobile Equipment Identity (**IMEI**)
- **для администрирования в сети GSM**
 - International Mobile Subscriber Identity (**IMSI**)
 - Temporary Mobile Subscriber Identity (**TMSI**)
 - Mobile Station International ISDN Number (**MSISDN**)
 - Mobile Station Roaming Number (**MSRN**)

Функции BTS и BSC

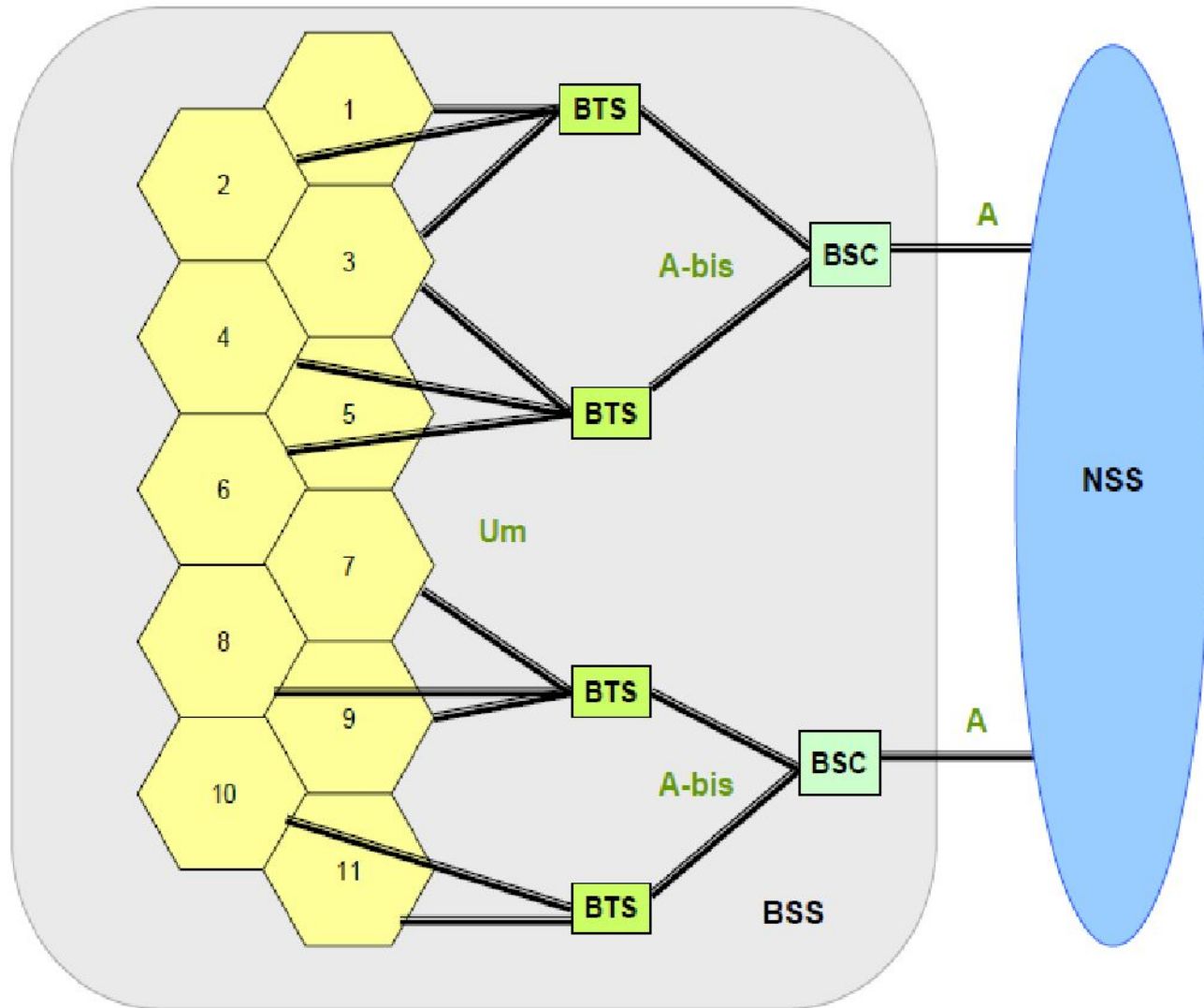
Функции базовой станции (BTS)

- канальное кодирование, шифрование, перемежение, модуляция и передача радиосигналов
- декодирование, дешифрование, деперемежение, демодуляция и прием радиосигналов
- поддержка полускоростного и полноскоростного кодирования речи
- измерение качества канала связи в направлении Uplink

Функции контроллера базовых станций (BSC)

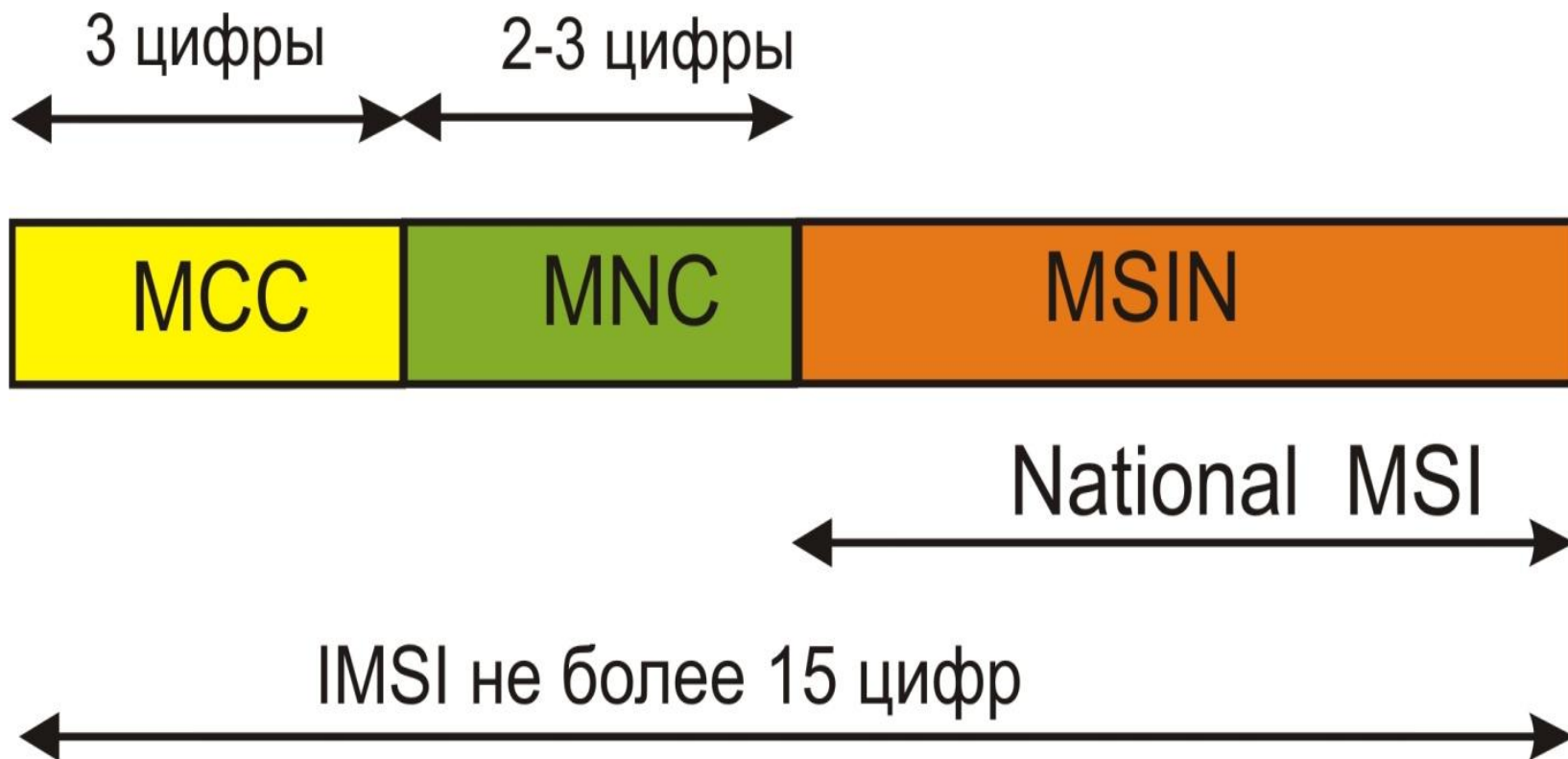
- управление радиоресурсами подчиненных БС
- осуществление внутризоновой ПО
- установление и управление соединением по радиоканалу
- управление мощностью излучения
- формирование сигналов частотной и временной синхронизации для БС
- измерение времени задержки сигналов от МС
- предоставление интерфейса связи с ОМС

Принципы построения базовой подсистемы BSS



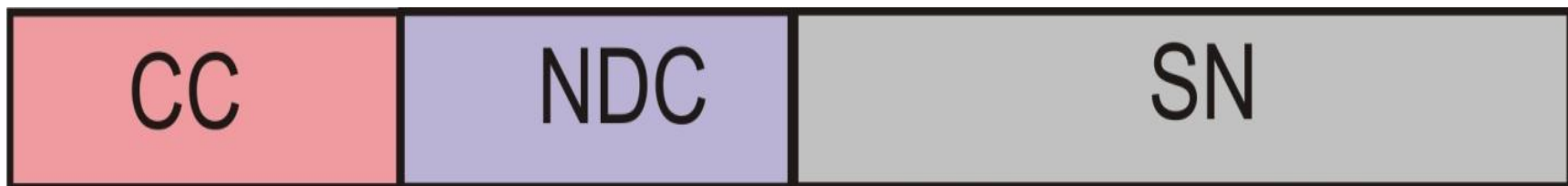
Идентификаторы в сетях GSM

Структура номера IMSI



По **IMSI (International Mobile Subscriber Identity)** происходит идентификация абонента через радиозэфир и через всю сеть. IMSI хранится в SIM, в HLR и в обслуживающем VLR. MCC (Mobile Country Code) - код страны, на территории которой находится домашняя сеть мобильного абонента; MNC (Mobile Network Code) - определяет домашнюю сеть мобильного абонента; MSIN (Mobile Station Identification Number) - (максимально 10 знаков) - определяет самого абонента.

Структура идентификатора MSISDN



National mobile number

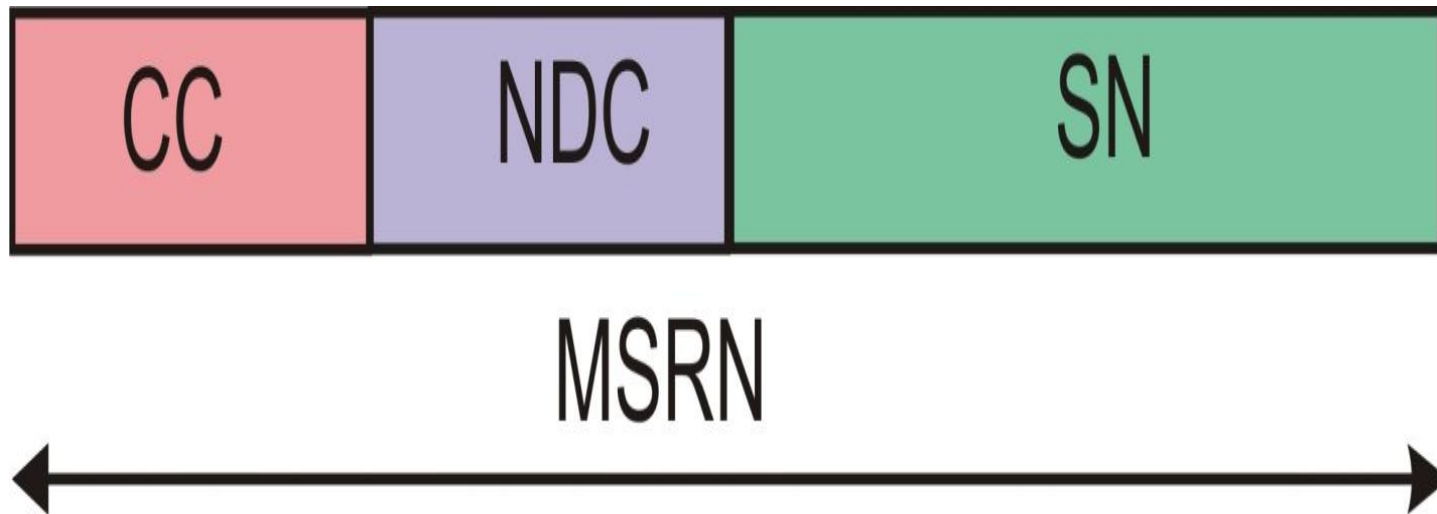


International Mobile Station ISDN number



Номер абонента (Mobile Station ISDN number - MSISDN) уникально определяет мобильного абонента в номерном плане сети PSTN. Данный номер набирается при установлении входящего соединения к абоненту сети мобильной связи. **CC** (Country Code) - код страны, **NDC** (National Destination Code) - национальный код пункта назначения, **SN** (Subscriber Number) – номер абонента. На мобильных сетях применяется закрытая система нумерации. Для нумерации СПСС в России выделены негеографические коды NDC (DEF), которые начинаются с цифры 9.

Структура идентификатора MSRN



Mobile Station Roaming Number (MSRN) - временный сетевой номер, назначаемый в течение установления соединения для MS, находящейся в роуминге. MSRN является индикатором местоположения. Он похож на MSISDN и состоит из трех частей: **CC** (Country Code) - код страны, **NDC** (National Destination Code) - национальный код пункта назначения, **SN** (Subscriber Number) – номер абонента, который в данном случае обозначает адрес обслуживающего MSC/VLR.

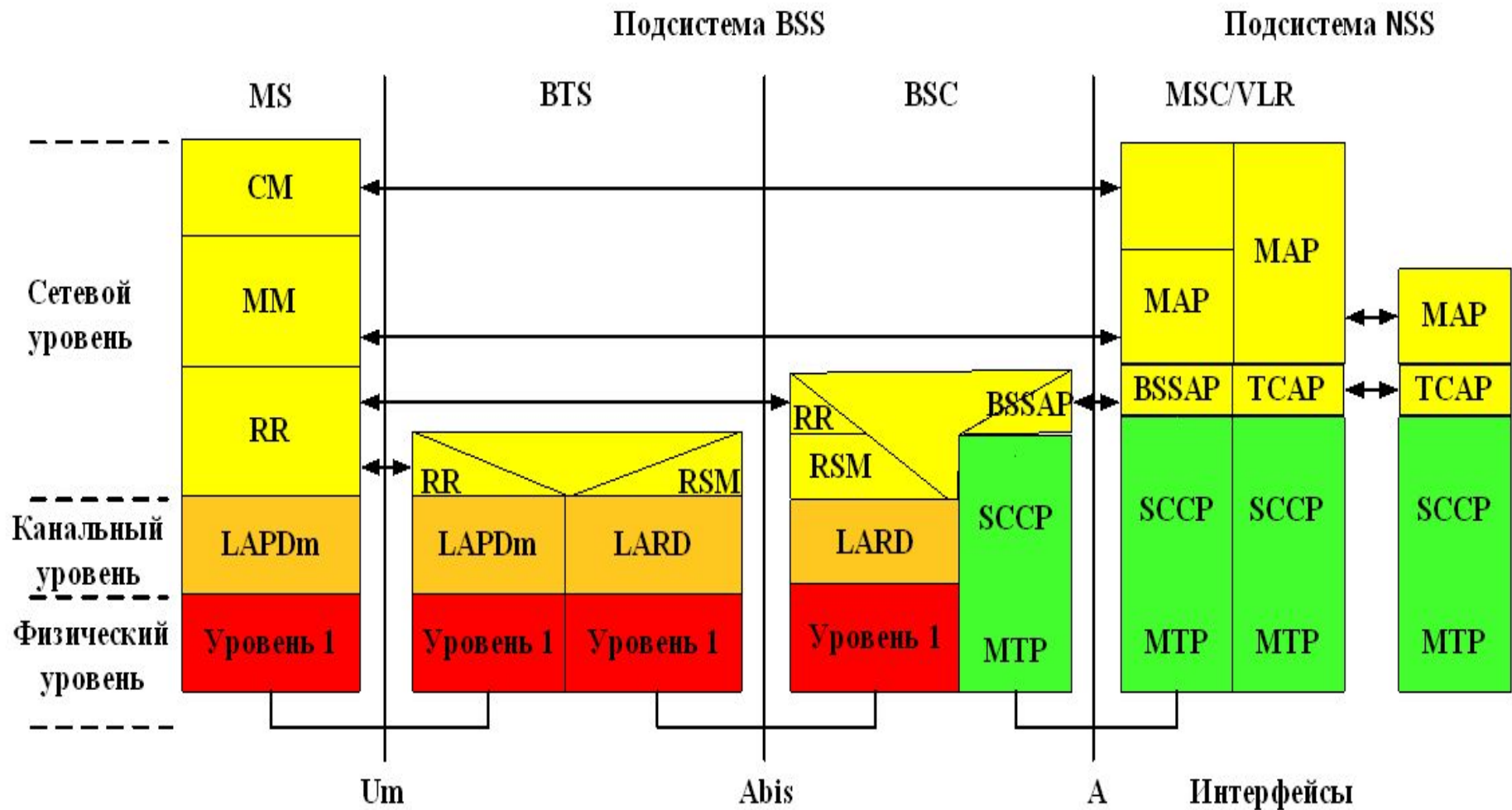
Сигнализация в сетях GSM

Эталонная модель OSI в стандарте GSM

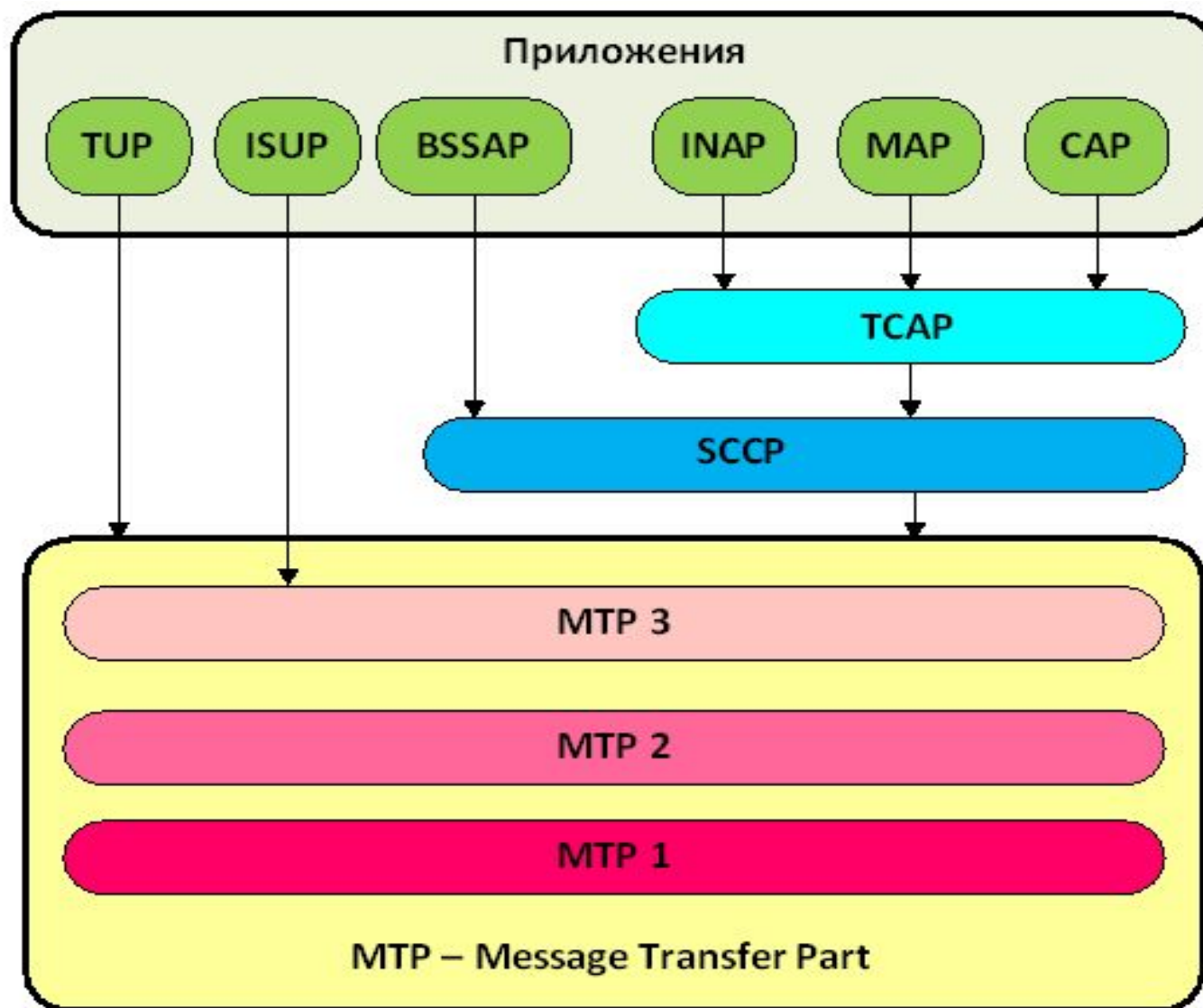


Иерархическая структура протоколов сети стандарта GSM

3
5

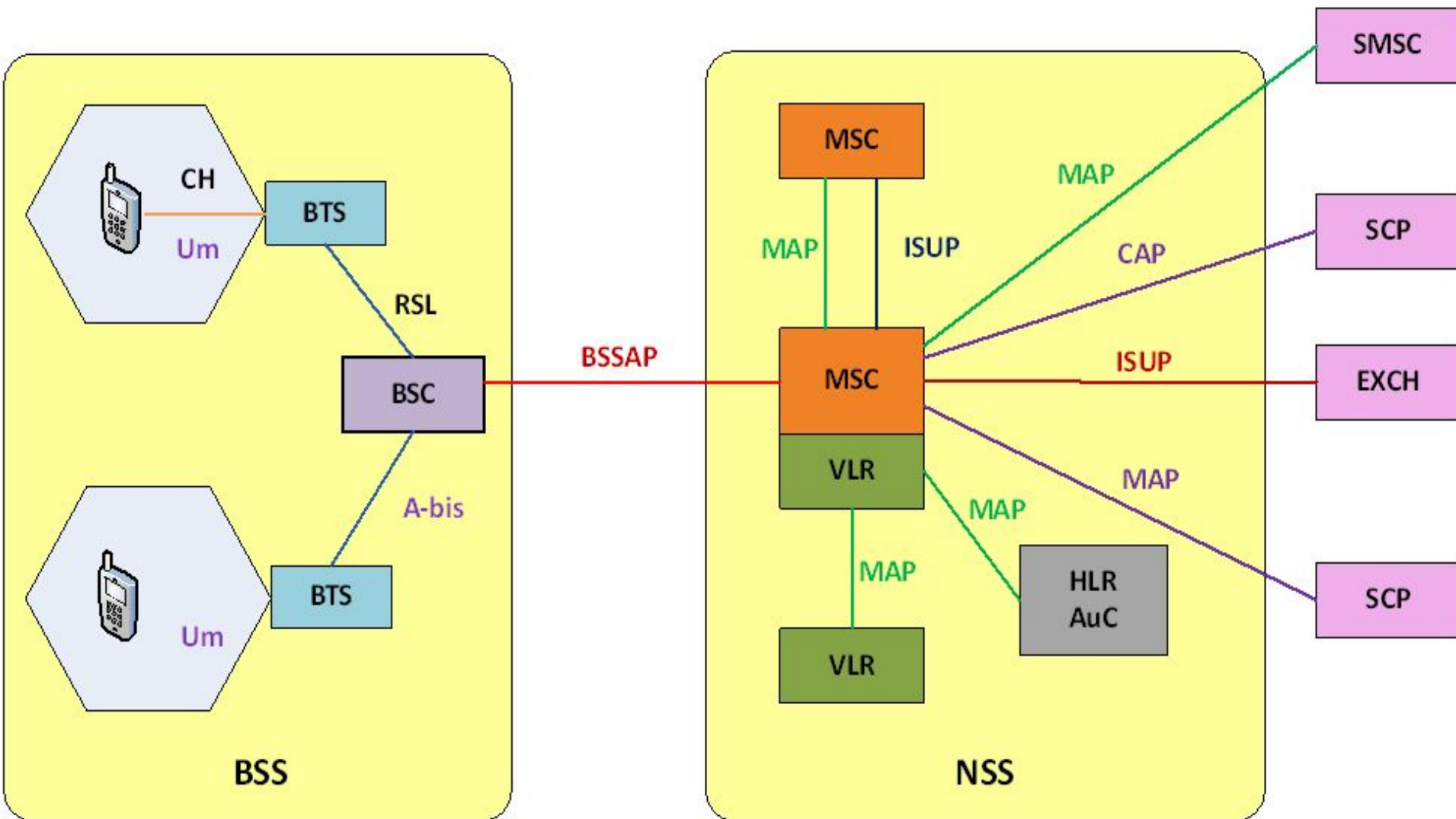


Стек протоколов системы сигнализации ОКС №7

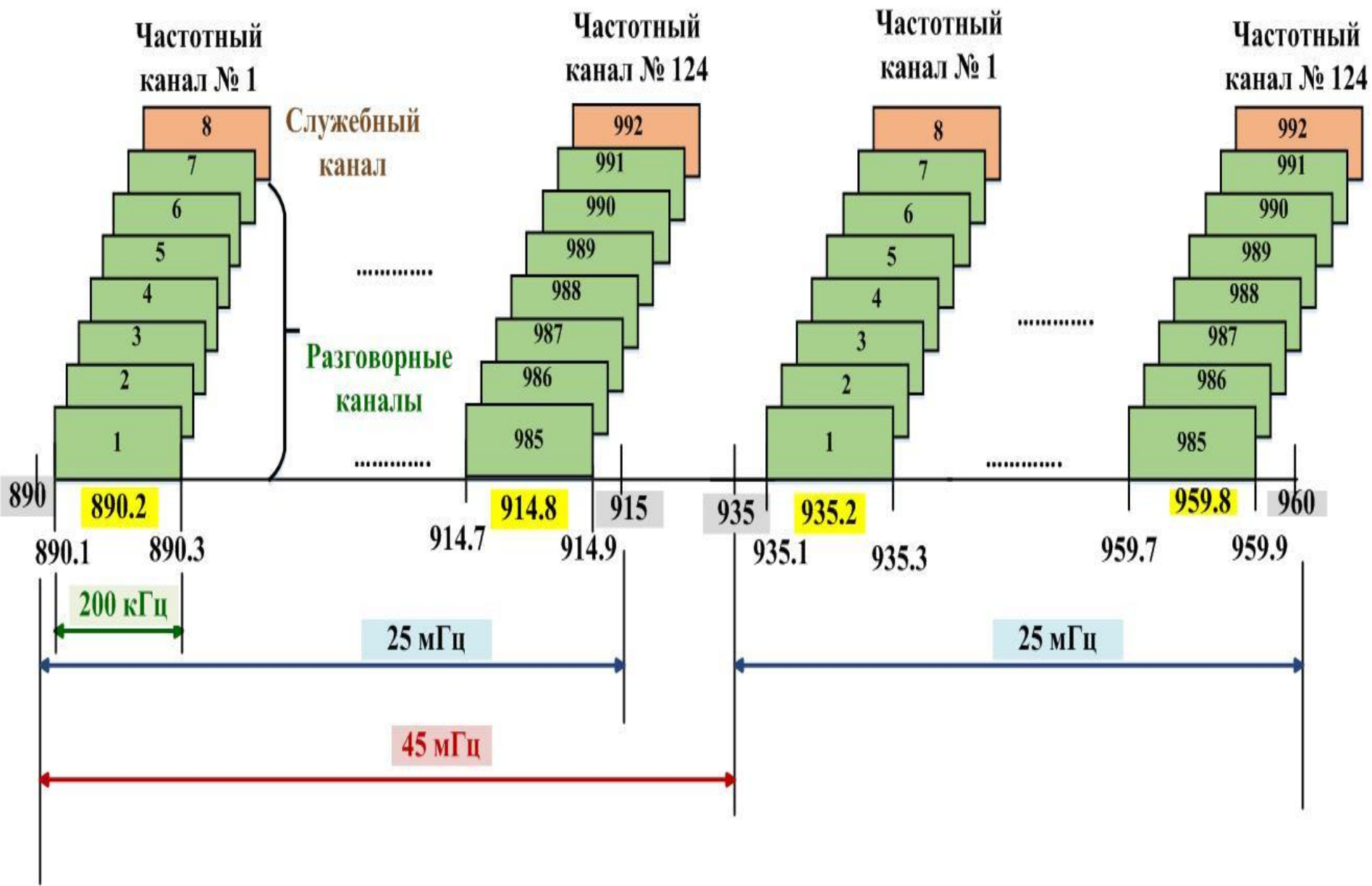


Протоколы передачи сигнальной информации в сети стандарта GSM

3
7



Частотный план стандарта GSM-900



Частотный план стандарта GSM-900

$F_1(n)$ – номер частотного канала в полосе 890-915 МГц,

$F_2(n)$ - номер частотного канала в полосе 935-960 МГц,

Средняя частота от **MS до BTS** определяется по формуле:

$$F_1(n) = 890 + 0,2n \text{ МГц.}$$

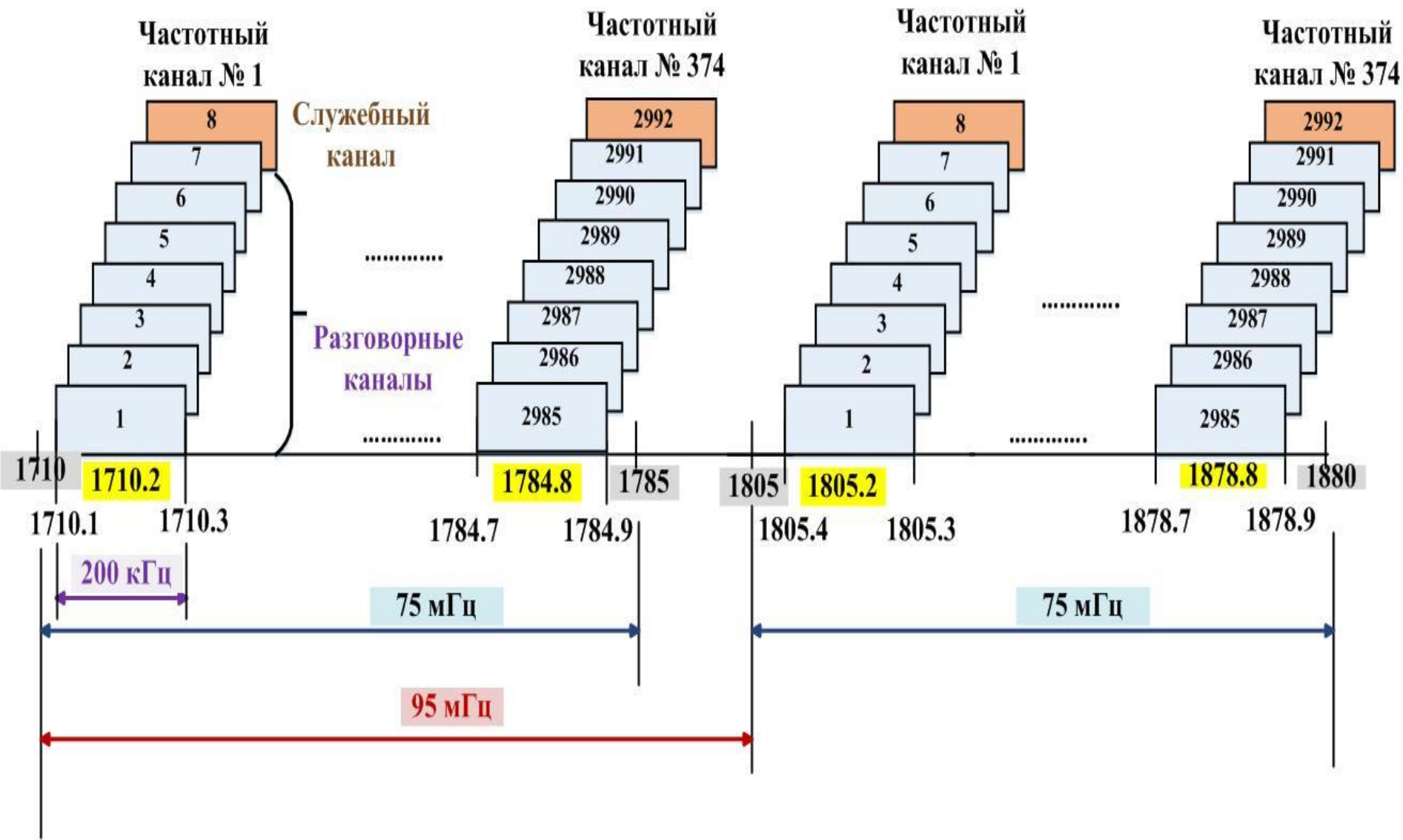
Средняя частота от **BTS до MS**, выраженная в МГц равна:

$$F_2(n) = 935 + 0,2n \text{ МГц или } F_2(n) = F_1(n) + 45 \text{ МГц.}$$

Номера временных каналов на данной частоте

определяются следующим образом: $T_n = 8(n-1) \div 8n-1.$

Частотный план стандарта GSM-1800 (DCS-1800)



Частотный план стандарта GSM-1800 (DCS-1800)

$F_1(n)$ – номер частотного канала в полосе 1710-1785 МГц,

$F_2(n)$ – номер частотного канала в полосе 1805-1880 МГц,

Средняя частота от **MS до BTS** определяется по формуле:

$$F_1(n) = 1710 + 0,2n \text{ МГц.}$$

Средняя частота от **BTS до MS**, выраженная в МГц равна:

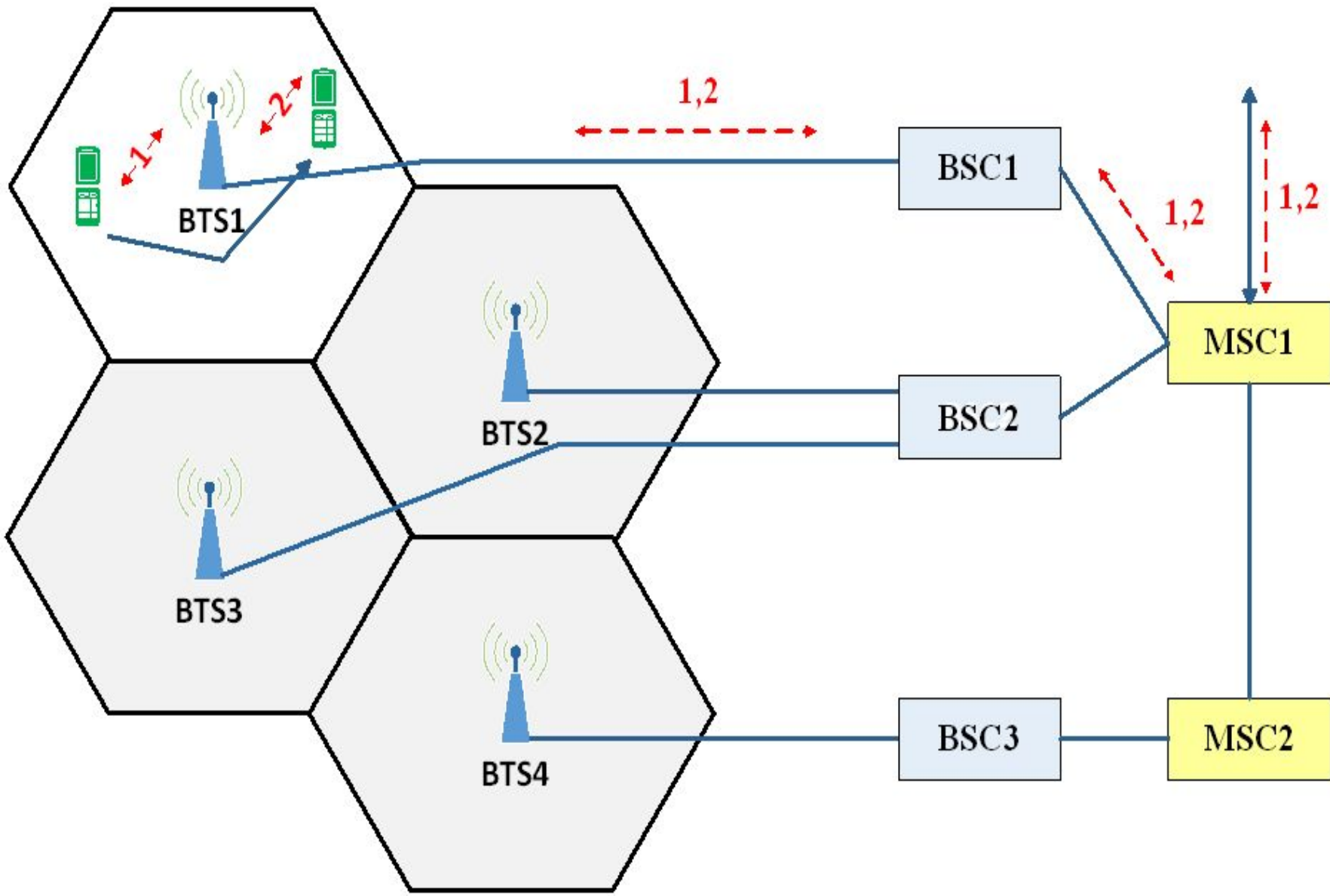
$$F_2(n) = 1805 + 0,2n \text{ МГц или } F_2(n) = F_1(n) + 95 \text{ МГц.}$$

Номера временных каналов на данной частоте

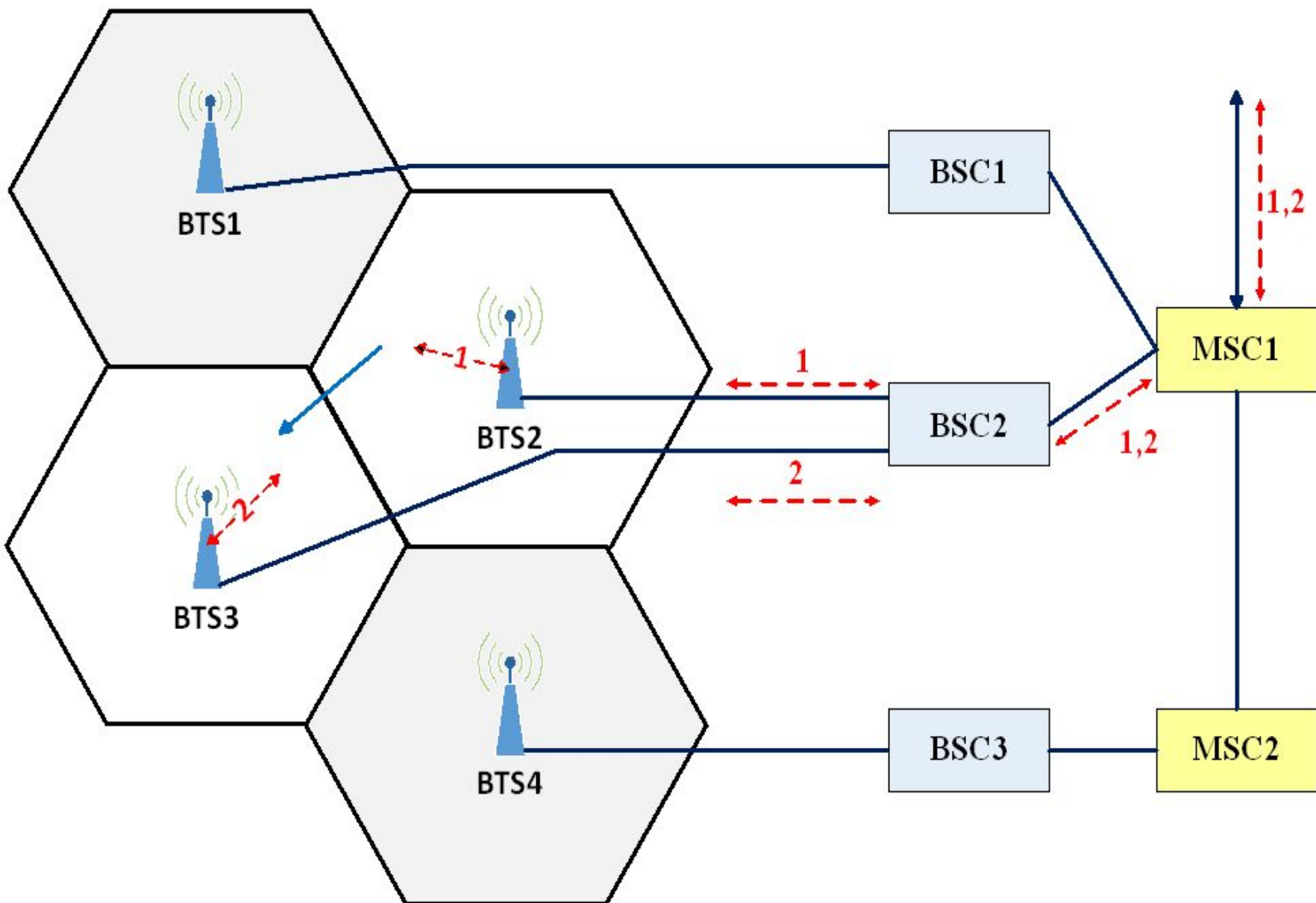
определяются следующим образом: $T_n = 8(n-1) \div 8n-1$.

Хэндовер в сетях GSM

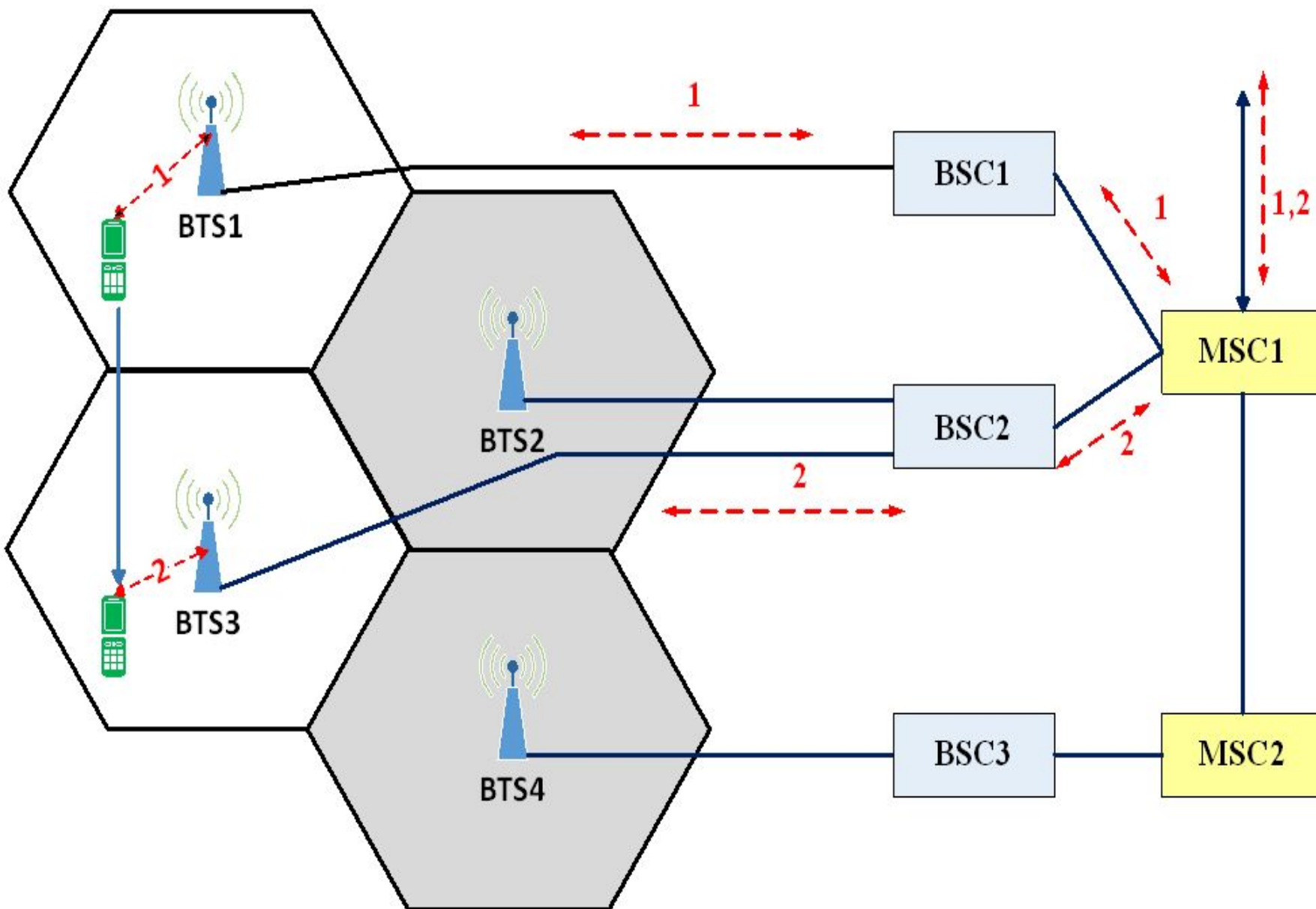
Внутрисотовый хэндовер



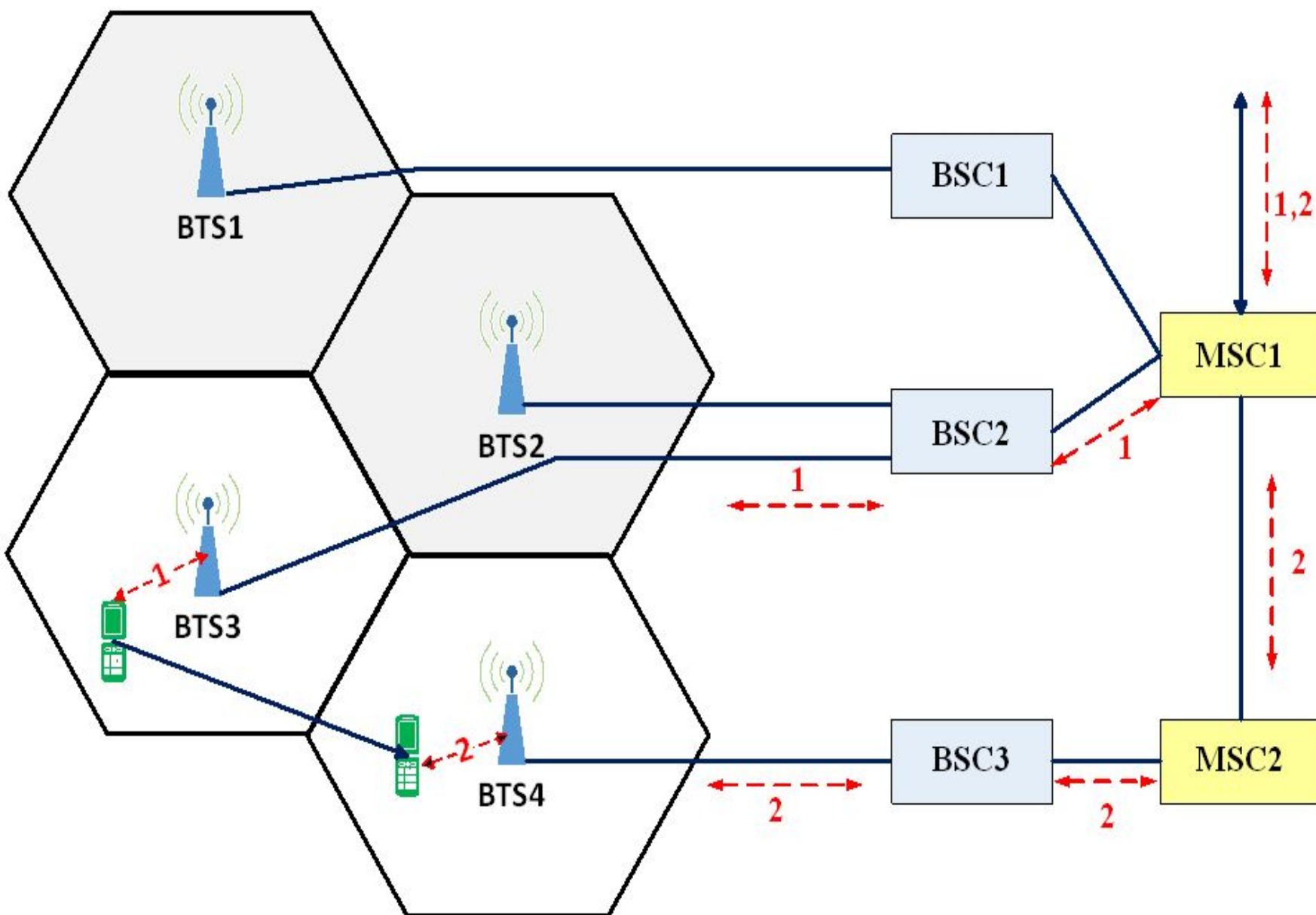
Межсотовый хэндовер в зоне обслуживания одного BSC



Межсотовый хэндовер в зоне обслуживания одного MSC

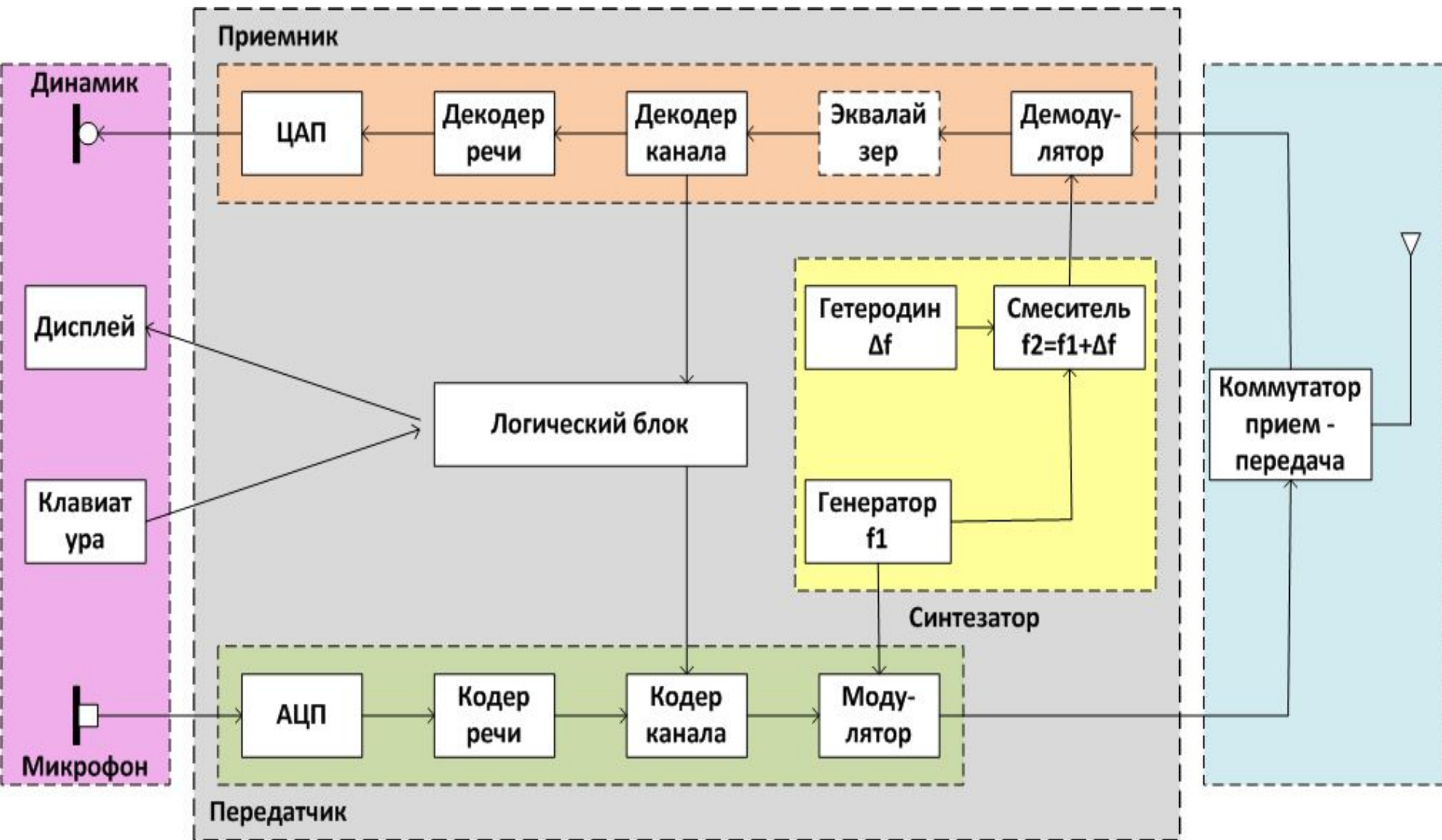


Межсотовый хэндовер в зоне обслуживания разных MSC



Блок-схема подвижной станции

4
6



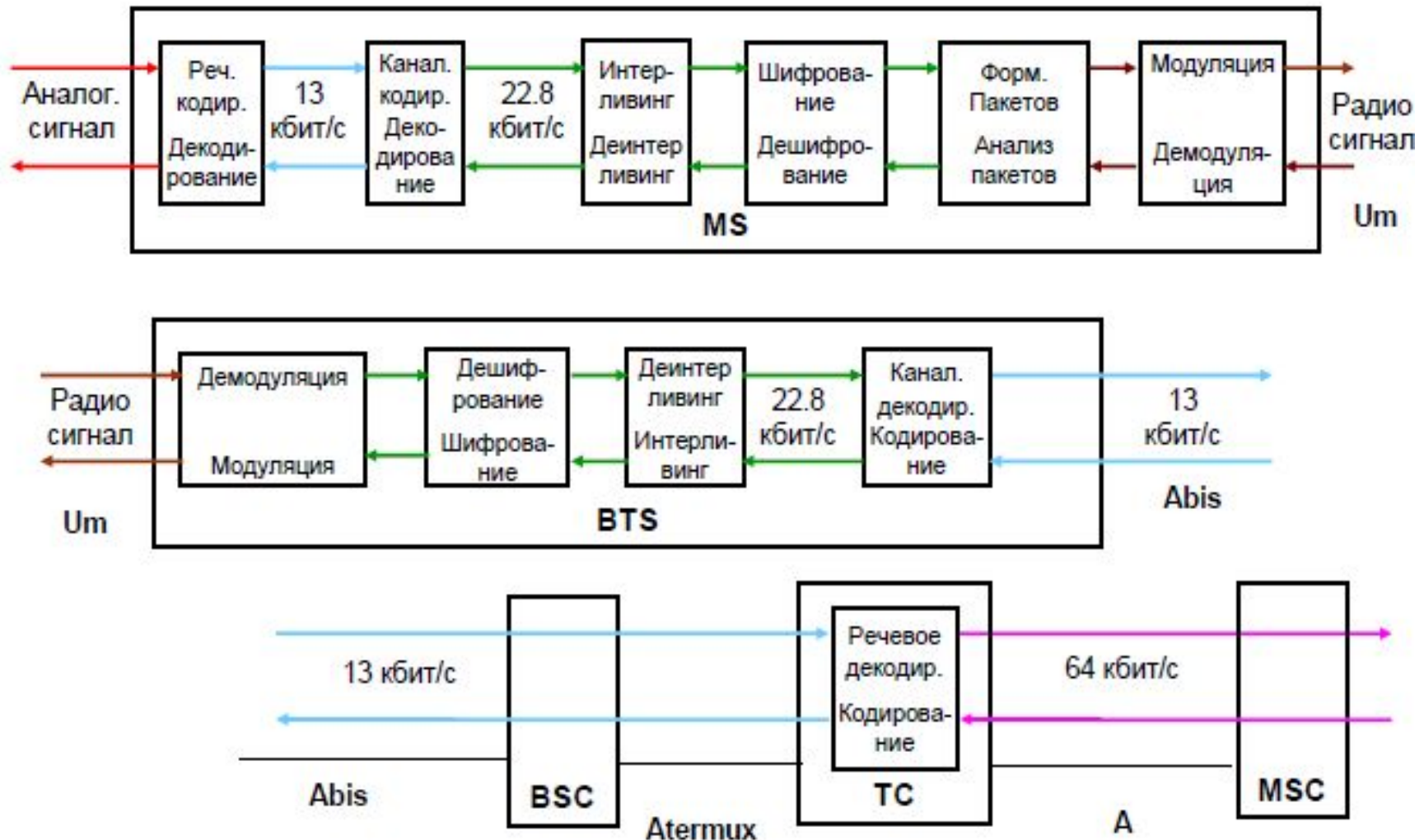
Приемо - передающий блок

Антенный блок

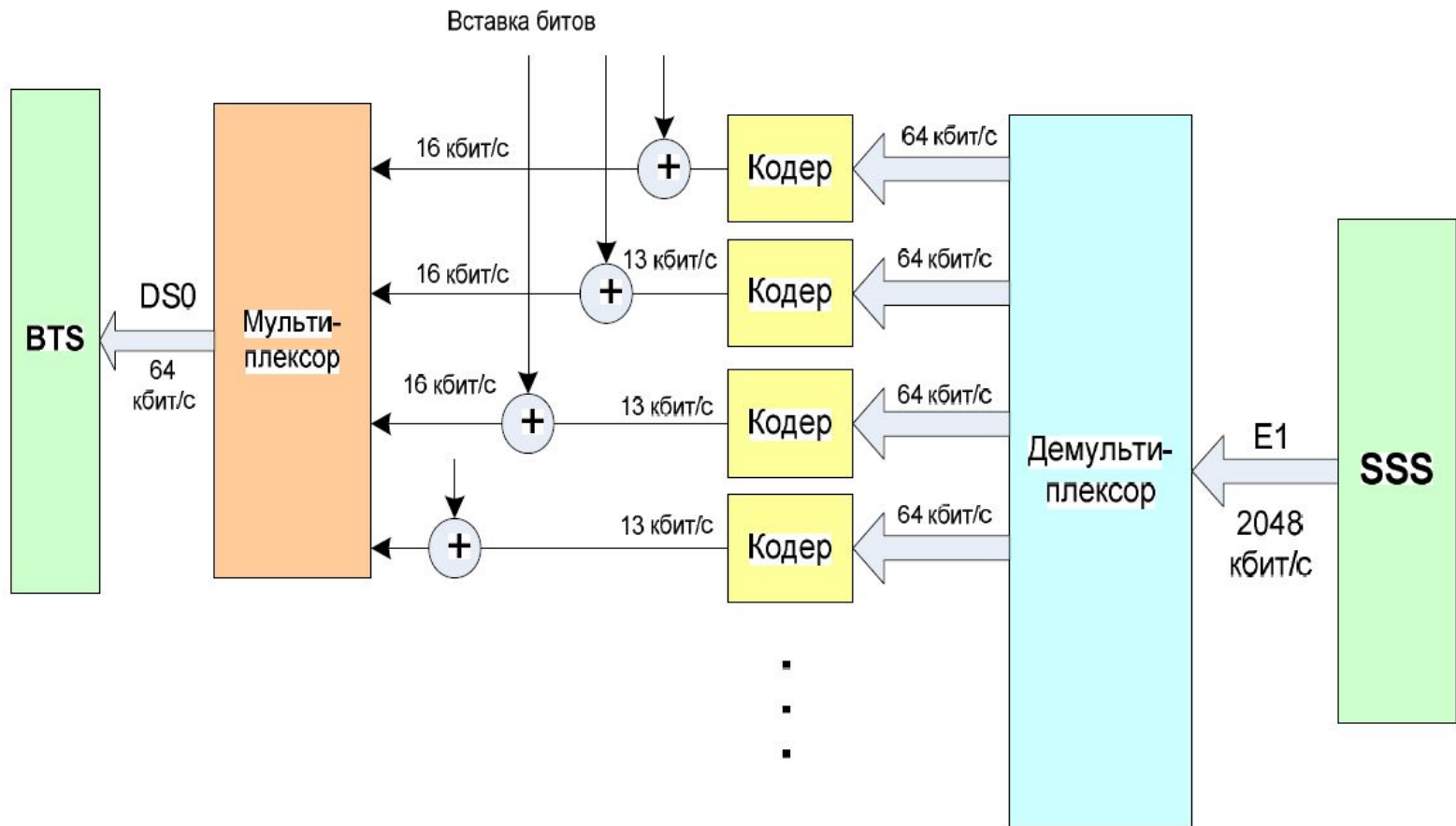
Блок
управления

Обработка речевого потока

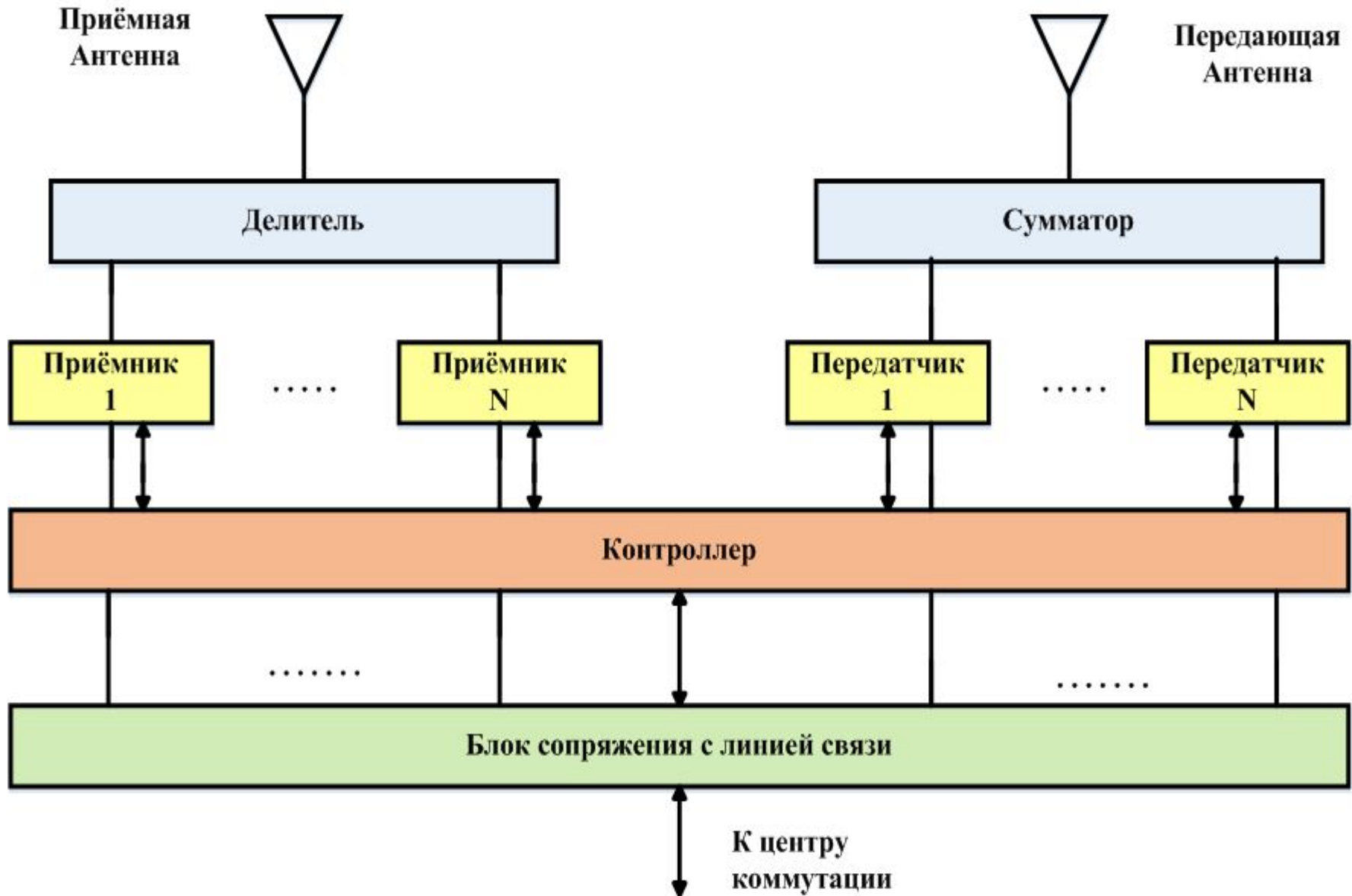
4
7



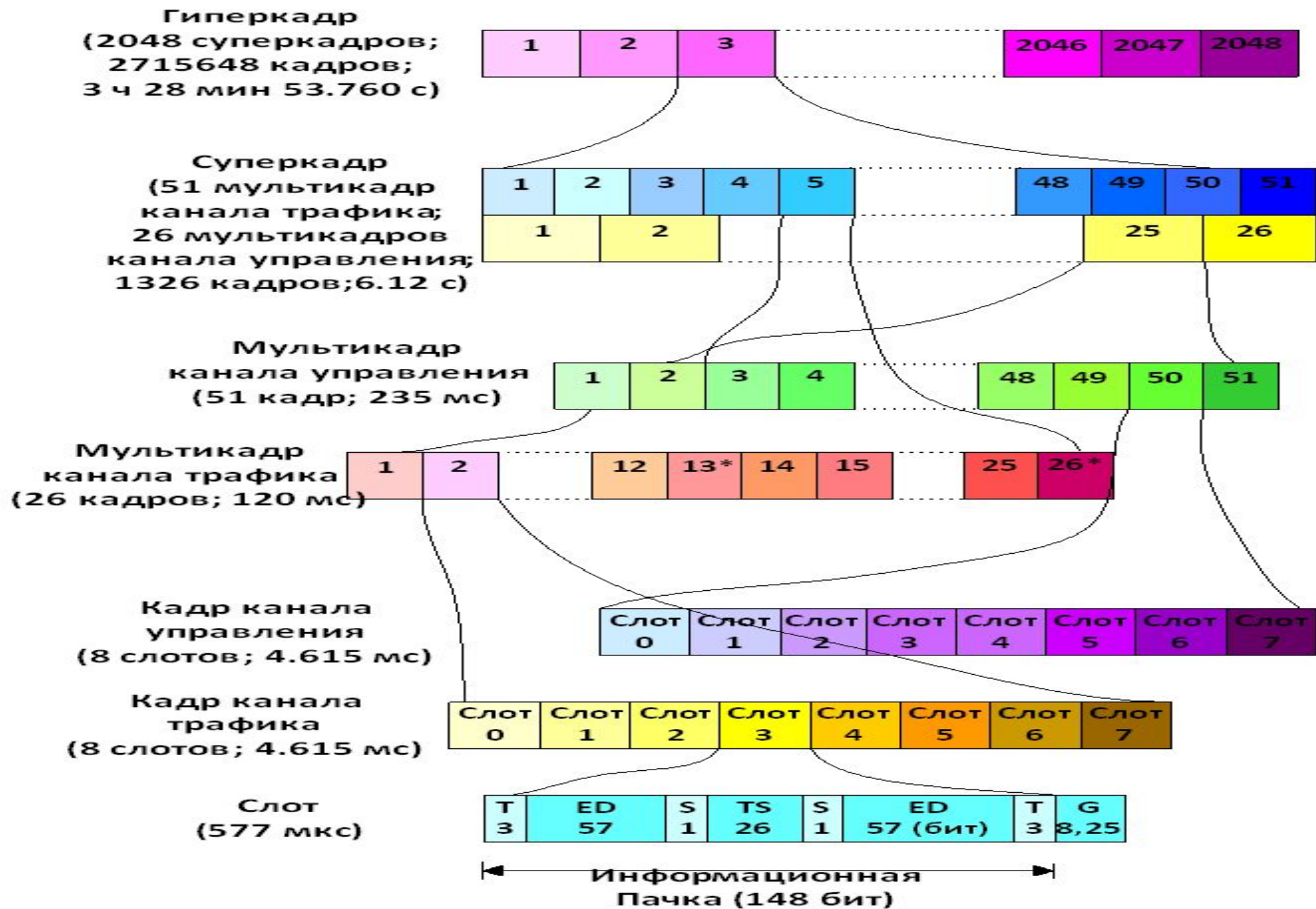
Структурная схема транскодера



Блок схема базовой станции



Структура эфирного интерфейса системы GSM



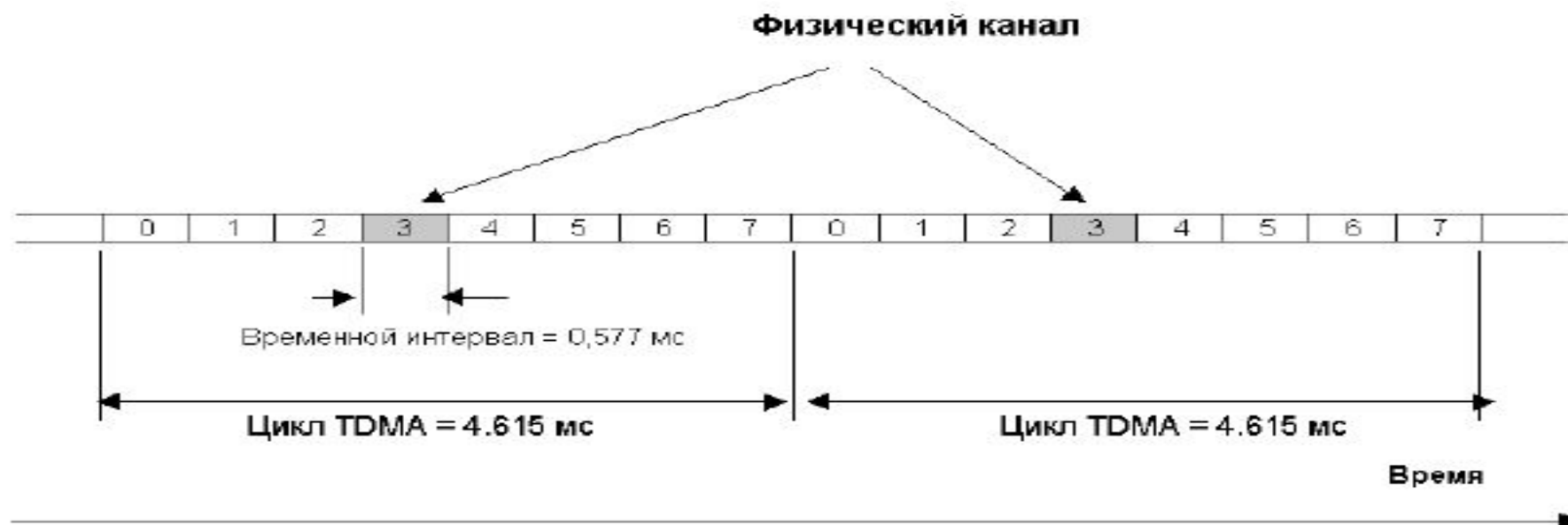
Частотные, физические и логические каналы

5
0

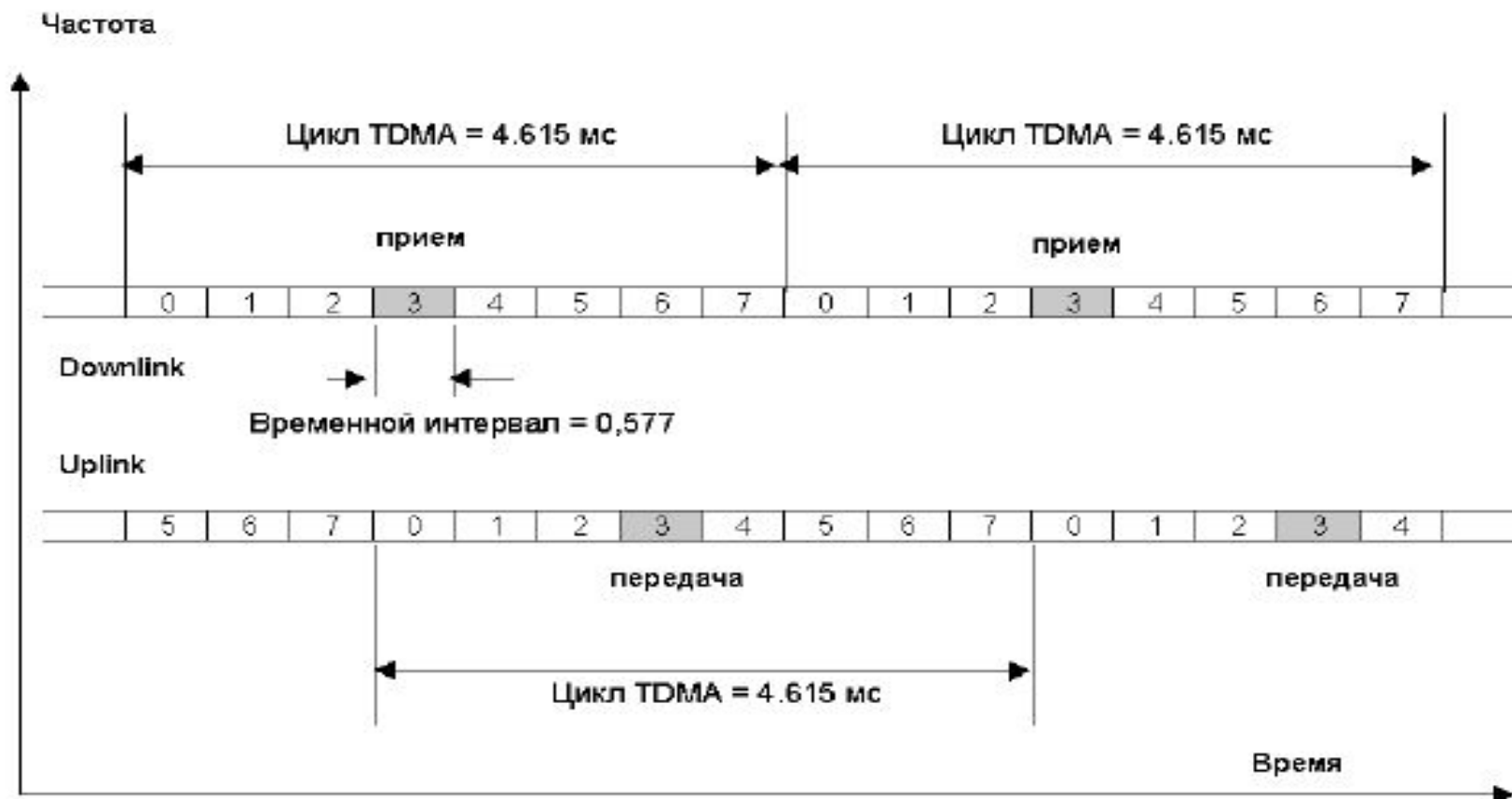
Частотные каналы - это полоса частот, отводимая для передачи информации одного канала связи. Один частотный канал в стандарте GSM занимает 2 полосы - одну под прямой, а другую под обратный канал связи

Физический канал в системе с TDMA это временной слот с определенным номером.

Логические каналы различаются по виду информации, передаваемой по физическому каналу. В физическом канале может быть реализован один из двух видов логических каналов - **канал трафика** или **канал управления**.



Временной сдвиг между направлениями



MS не может одновременно передавать и принимать информацию. Поэтому временные интервалы приема и передачи сдвинуты относительно друг друга на 3 временных интервала.

Каналы управления

Канал управления - CCH (Control Channel)

Вещательные каналы
управления - BCCH
(Broadcast Control Channels)

Общие каналы
управления - CCCH
(Common Control Channels)

Назначаемые каналы
управления - SDCCCH
(Standalone Dedicated
Control Channels)

Совмещенные каналы
управления - ACCH
(Associated Control Channels)

Канал
коррекции
частоты - FCCH
(Frequency
Correction
Channel)

Канал
синхрони-
зации - SCH
(Synchroni-
zation
Channel)

Канал
общей
информа-
ции

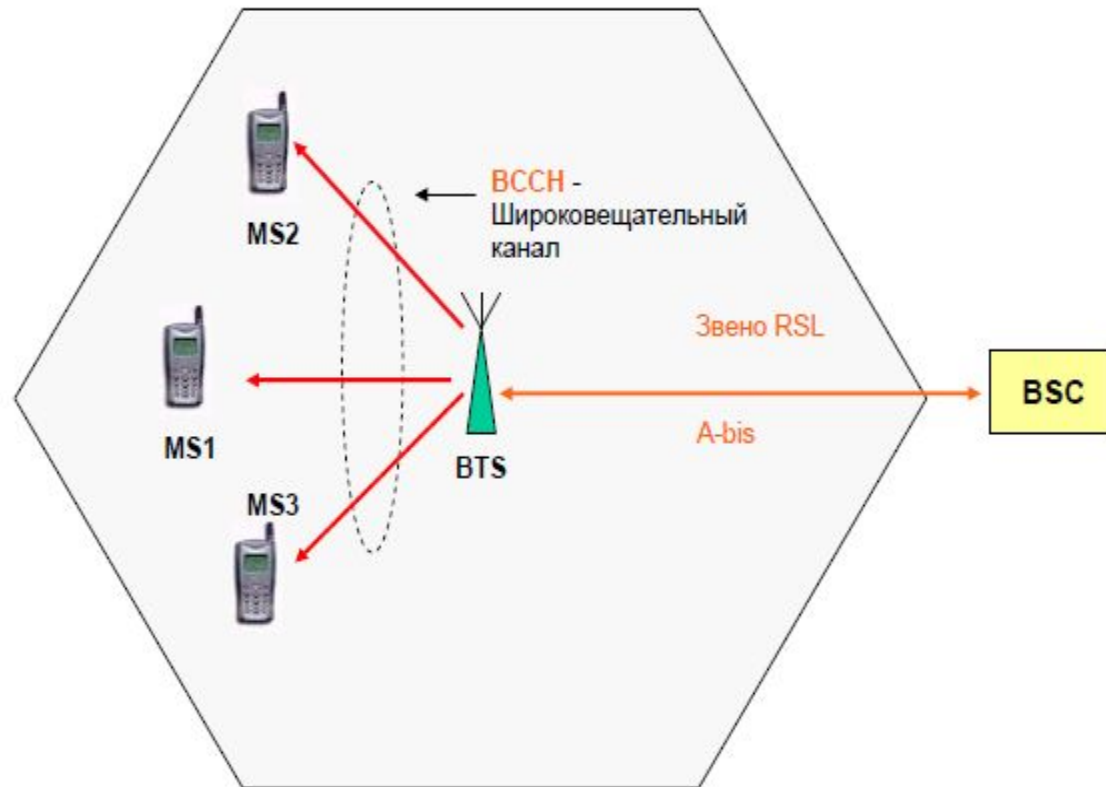
Канал
вызова
PCH-
(Paging
Channel)

Канал
разрешения
доступа -
AGCH
(Access
Grant
Channel)

Канал
случайного
доступа -
RACH
(Random
Access
Channel)

Медленный
совмещенный
канал
управления -
SACCH (Slow
Associated
Control Channel)

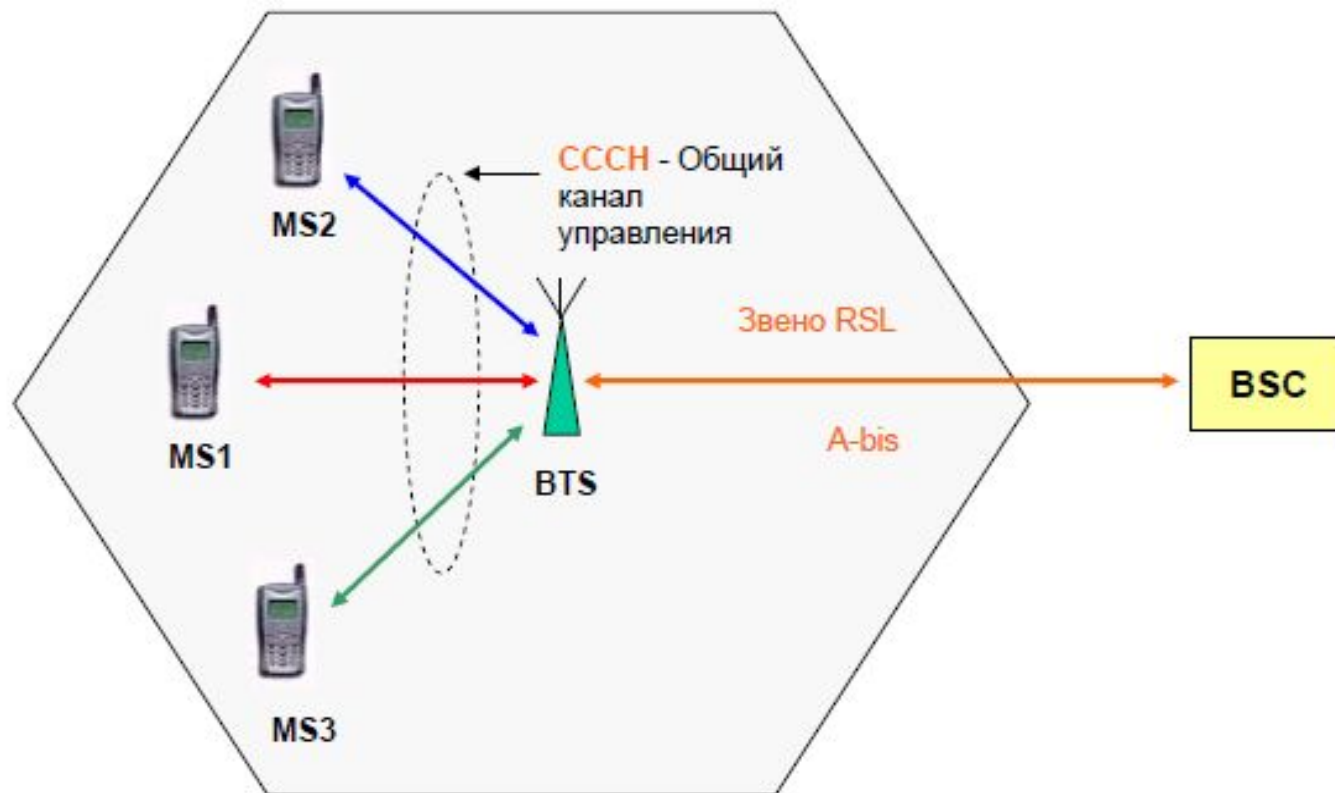
Быстрый
совмещенный
канал
управления -
FACCH (Fast
Associated
Control Channel)



Широковещательные каналы управления BCCH предназначены для передачи информации от BTS к MS в вещательном режиме, т.е. без адресации к какой-либо конкретной MS. К ним относятся: **канал коррекции частоты FCCH (Frequency Correction Channel)** - для подстройки частоты MS под частоту BTS, **канал синхронизации SCH (Synchronization Channel)** - для кадровой синхронизации подвижных станций, а также **канал общей информации**, по которому поступает информация об организации ячейки.

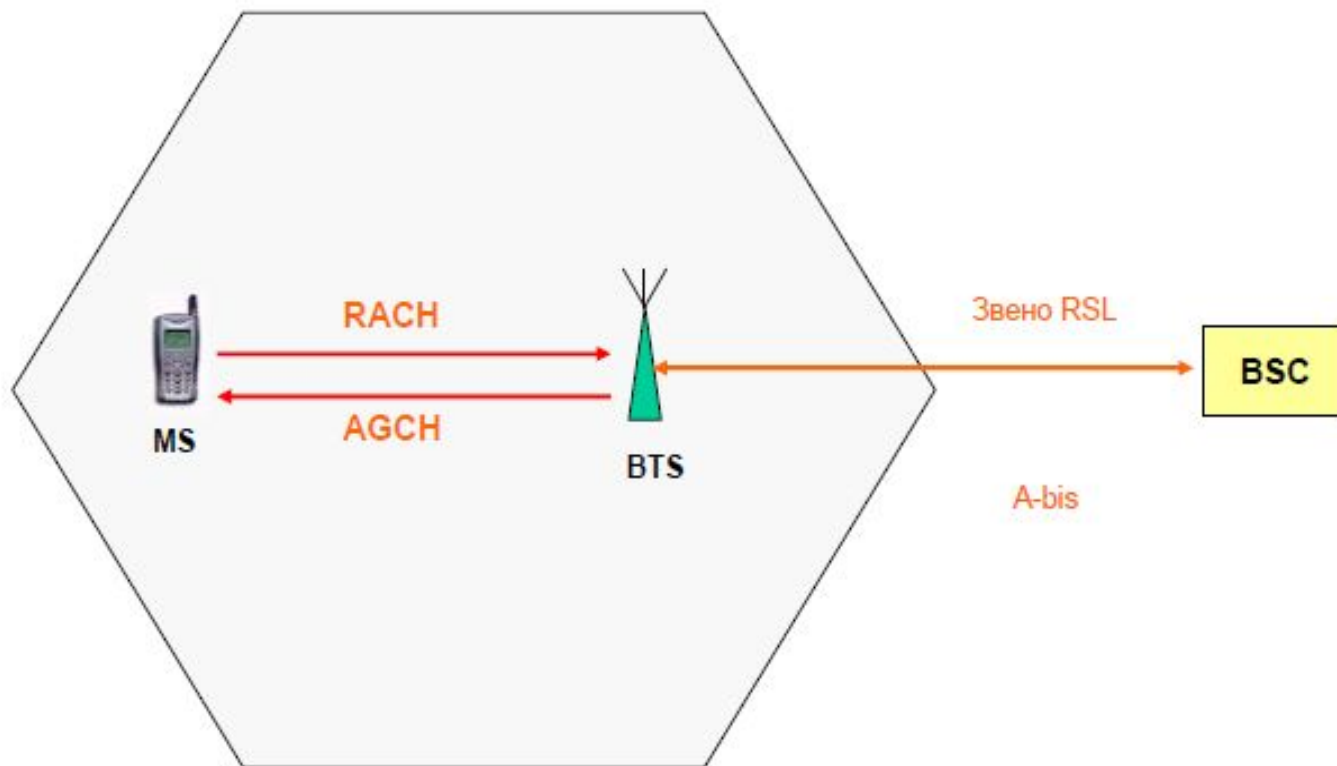
Общие каналы управления (CCCH)

5
4



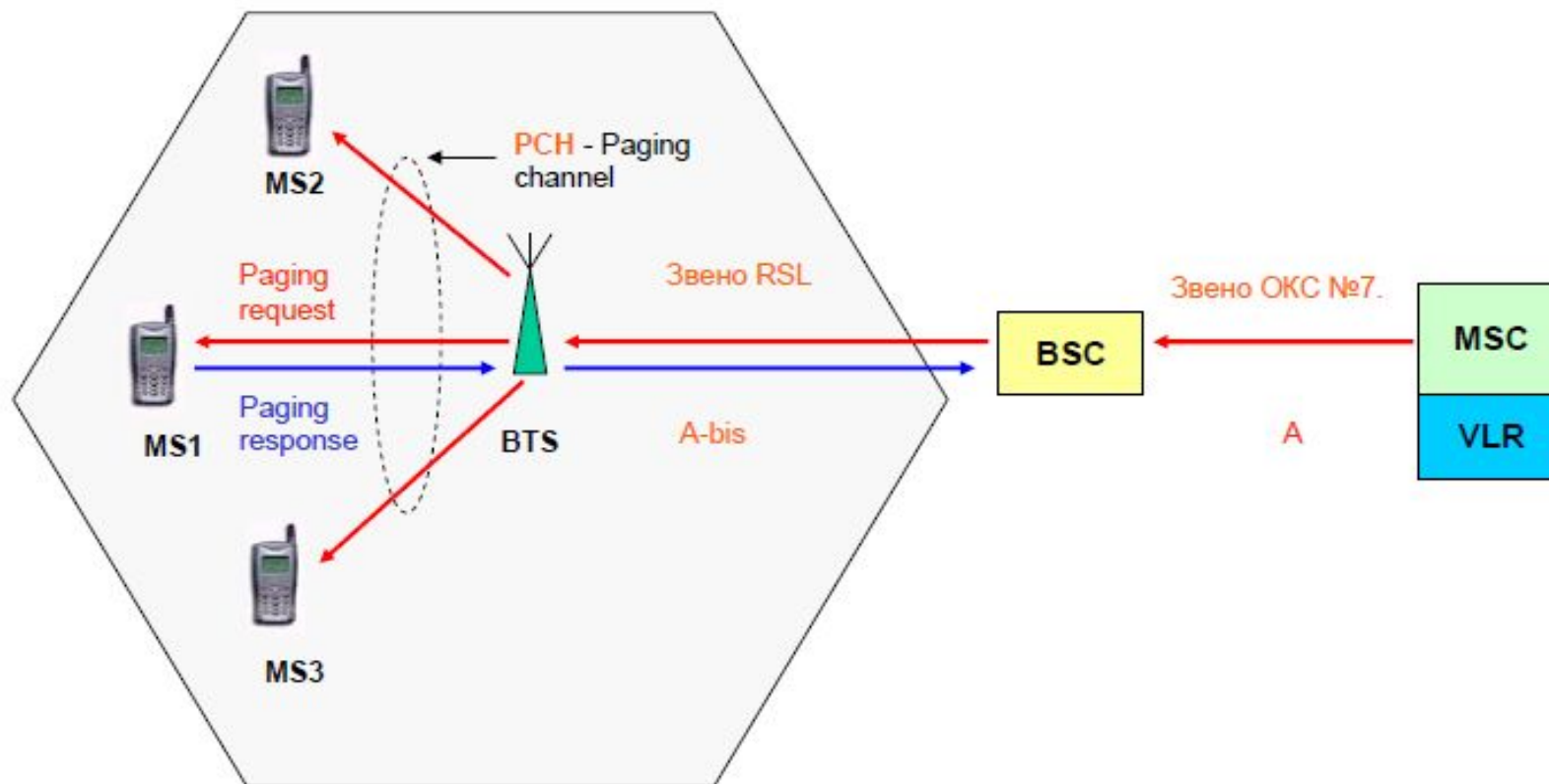
Информация, передаваемая по этим каналам, относится к определенной MS. Каналы CCCH включают: **канал вызова PCH (Paging Channel)** для вызова BTS подвижного абонента; **канал разрешения доступа AGCH (Access Grant Channel)** для назначения закрепленного канала управления, который передается от BTS к MS; **канал случайного доступа RACH (Random Access Channel)** для выхода с MS на BTS с запросом о назначении выделенного канала управления. При этом прием информации не сопровождается подтверждением.

Начальная процедура установления соединения



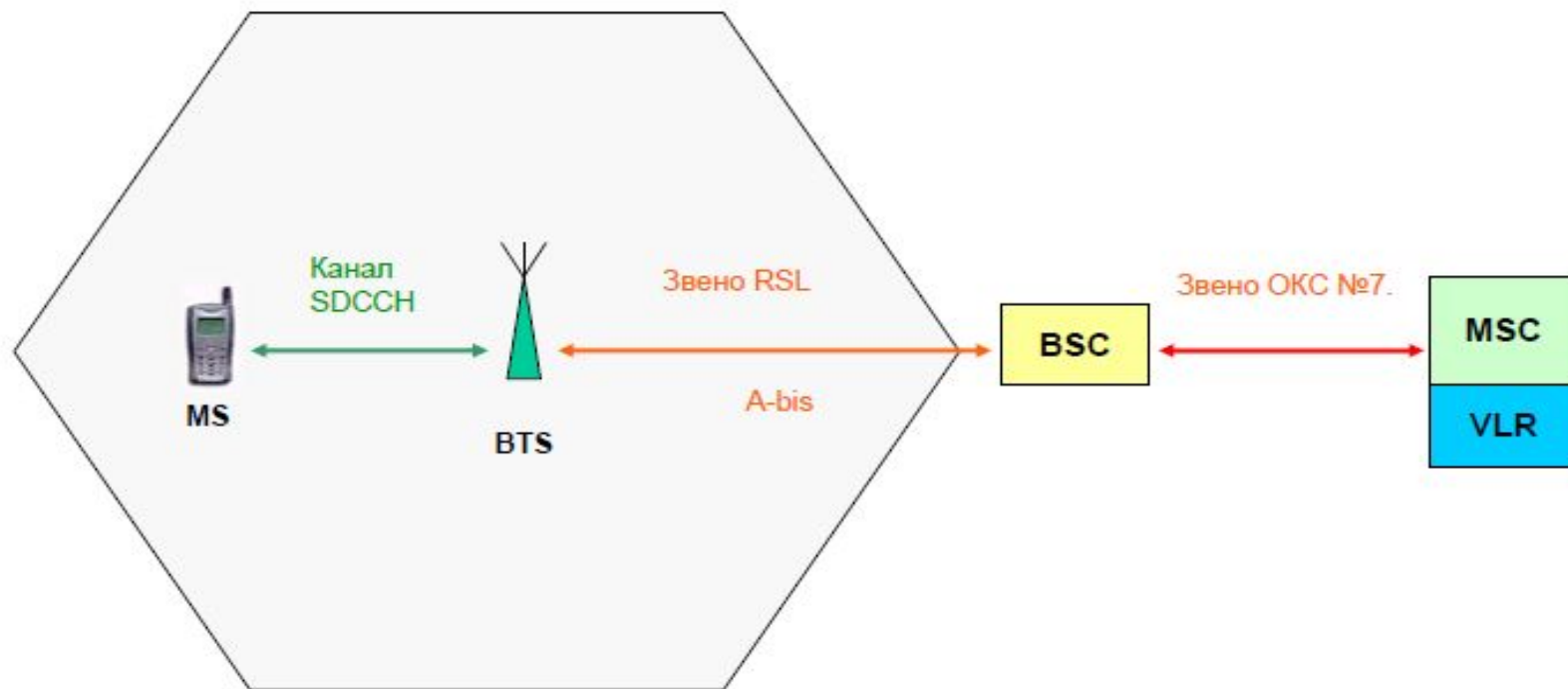
Если MS нужен канал управления, то она посылает запрос в сеть по каналу случайного доступа - **RACH** на предоставление сигнального канала. Это процедура называется **начальным доступом (Initial Access)**. По каналу разрешения доступа **AGCH** сеть посылает информацию о предоставленном канале управления. Они относятся к общим каналам управления (CCCH).

Канал пейджинга



Предусмотрена специальная процедура установления соединения – **paging**. Сеть посылает запрос на установление соединения (Paging Request) по каналу пейджинга (**PCH**), содержащий идентификатор вызываемой MS всем MS, находящимся в ячейке. Вызываемая MS должна ответить командой Paging Response. Запрос пейджинга поступает от MSC.

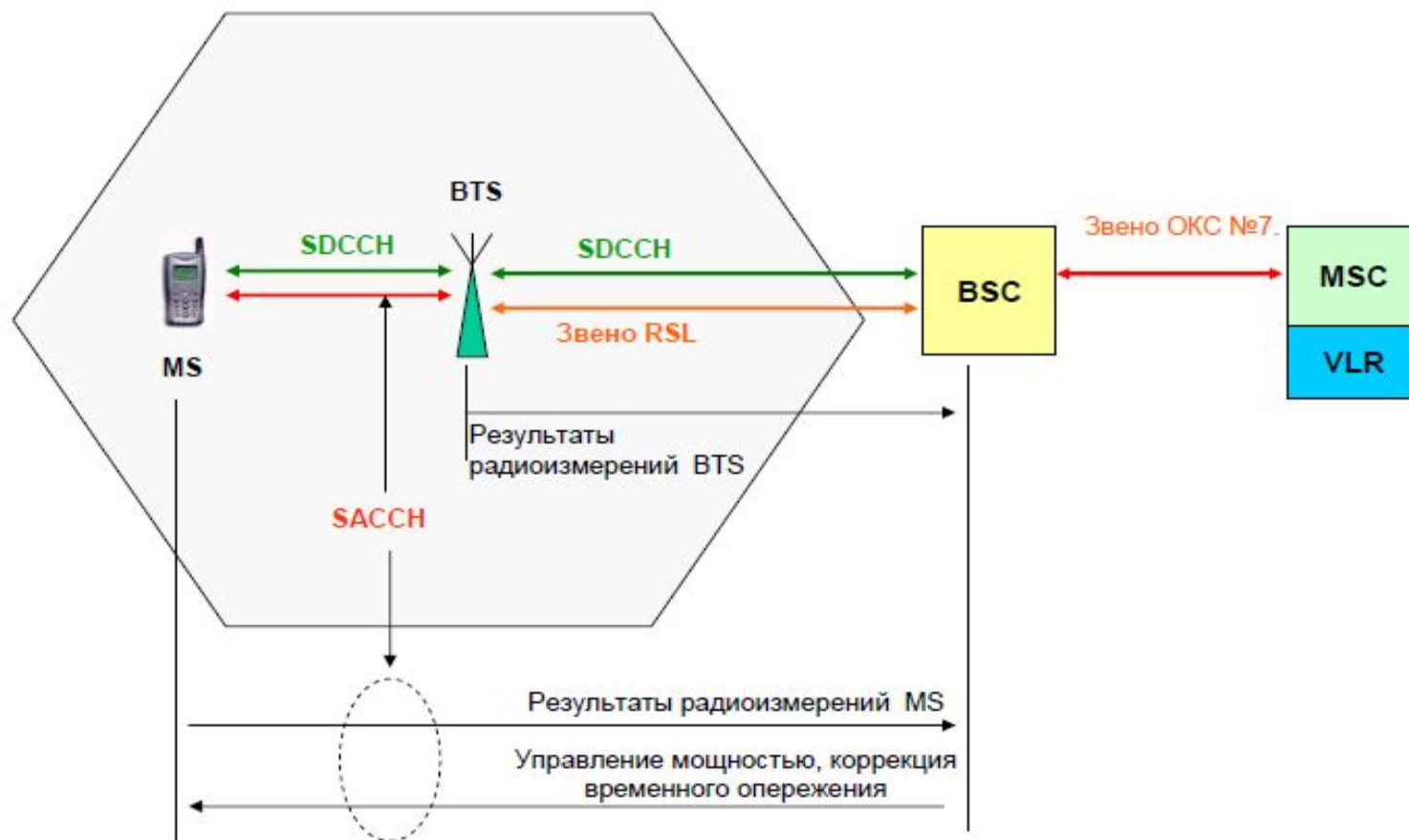
Назначаемые каналы управления - SDCCH



Канал SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel) - основной сигнальный канал, назначаемой сетью на определенное время, по которому MS обменивается сигнальной информацией с сетью. Эти каналы используются для обмена сигнальной информацией между MSC и MS. При этом на радиointерфейсе сигнальная информация передается по каналу SDCCH, между BTS и BSC - по звену RSL, между BSC и MSC – по звену OKC №7.

Совмещенные каналы управления-ACCH

5
8



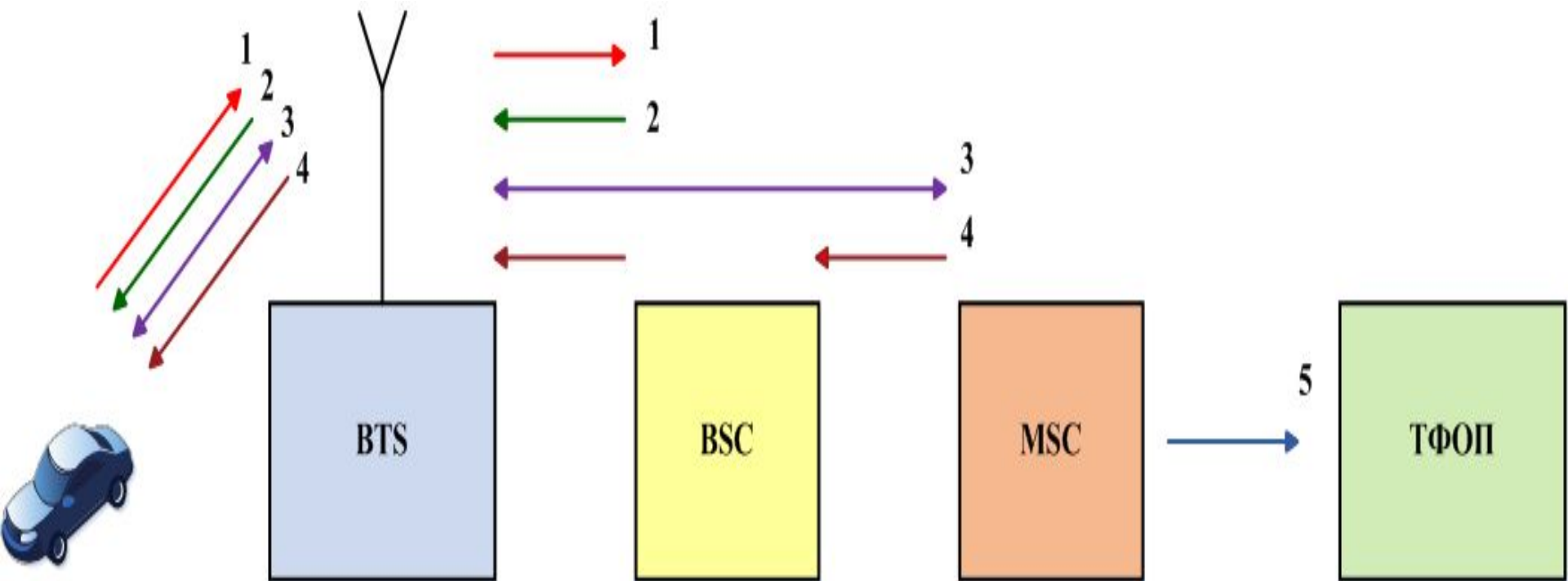
Включают в себя медленный совмещенный канал управления **SACCH (Slow Associated Control Channel)** и быстрый совмещенный канал управления **FACCH (Fast Associated Control Channel)**. По ним передается служебная информация, необходимая MS для поддержания обмена по предоставленным ей каналам трафика и основному сигнальному каналу - SDCCH.

Размещение служебных каналов в радиоинтерфейсе стандарте GSM

Каналы трафика (**TCH**) и совмещенные каналы управления (**ACCH**) являются дуплексными каналами. Вещательные каналы (**BCCH**) и общие каналы управления (**CCCH**) являются симплексными каналами и размещаются в нулевом слоте кадров управления эфирного интерфейса.

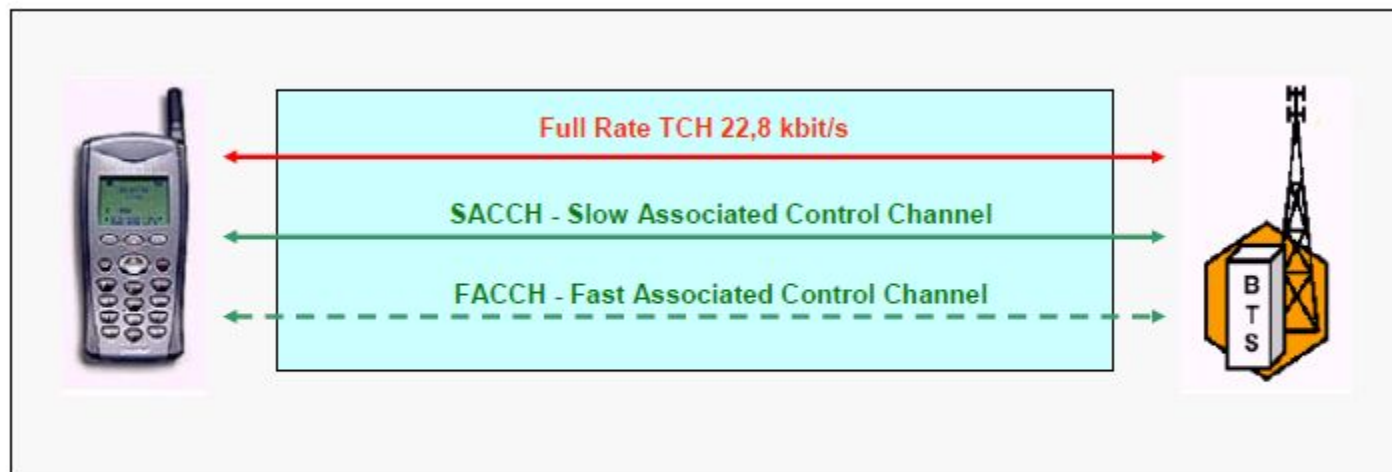
Сообщения канала **RACH** могут быть переданы в нулевом слоте любого кадра в пределах 51-кадрового мультикадра канала управления. Сообщение RACH передается подвижной станцией раз в 235 мс, т.е. в одном из кадров мультикадра.

Схема установления связи



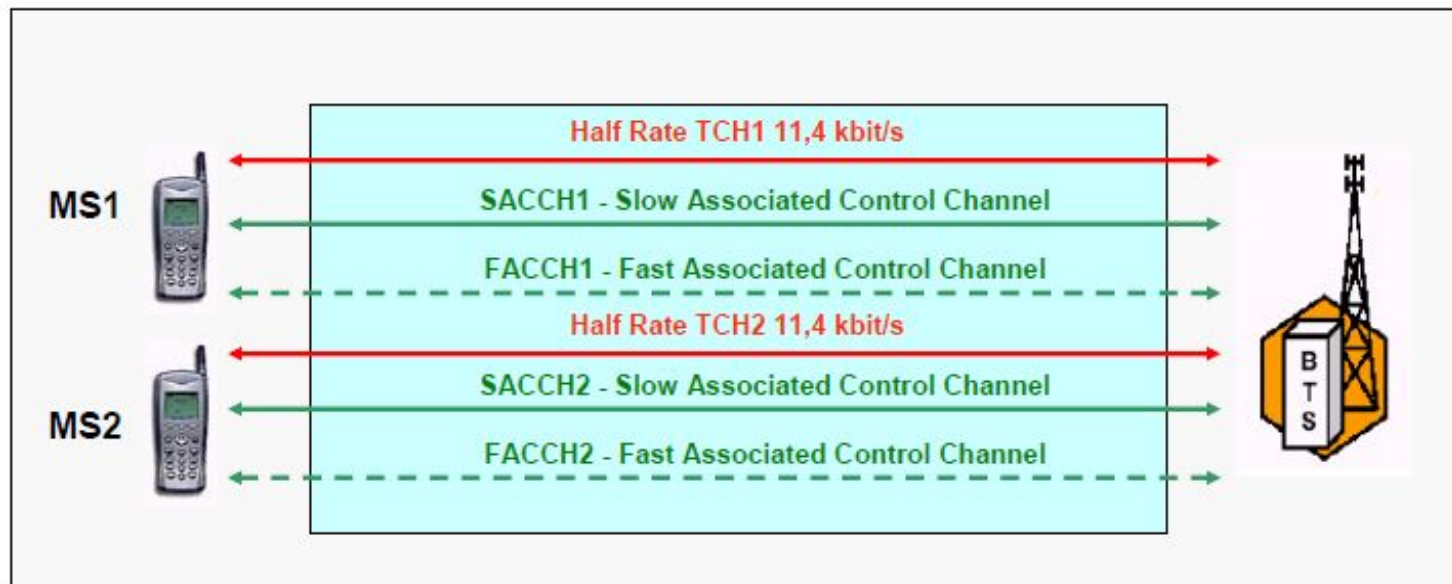
1. MS через канал случайного доступа (RACH) запрашивает выделенный закрепленный канал управления (SDCCH) для установления связи.
2. BSC через канал разрешения доступа (AGCH) назначает канал SDCCH.
3. MS через канал SDCCH проводит аутентификацию и выдает запрос на вызов.
4. MSC выдает команду на назначение канала трафика (TCH).
5. MSC выдает вызываемый номер на стационарную телефонную сеть и после ответа вызываемого абонента завершает соединение.

Полноскоростной канал трафика



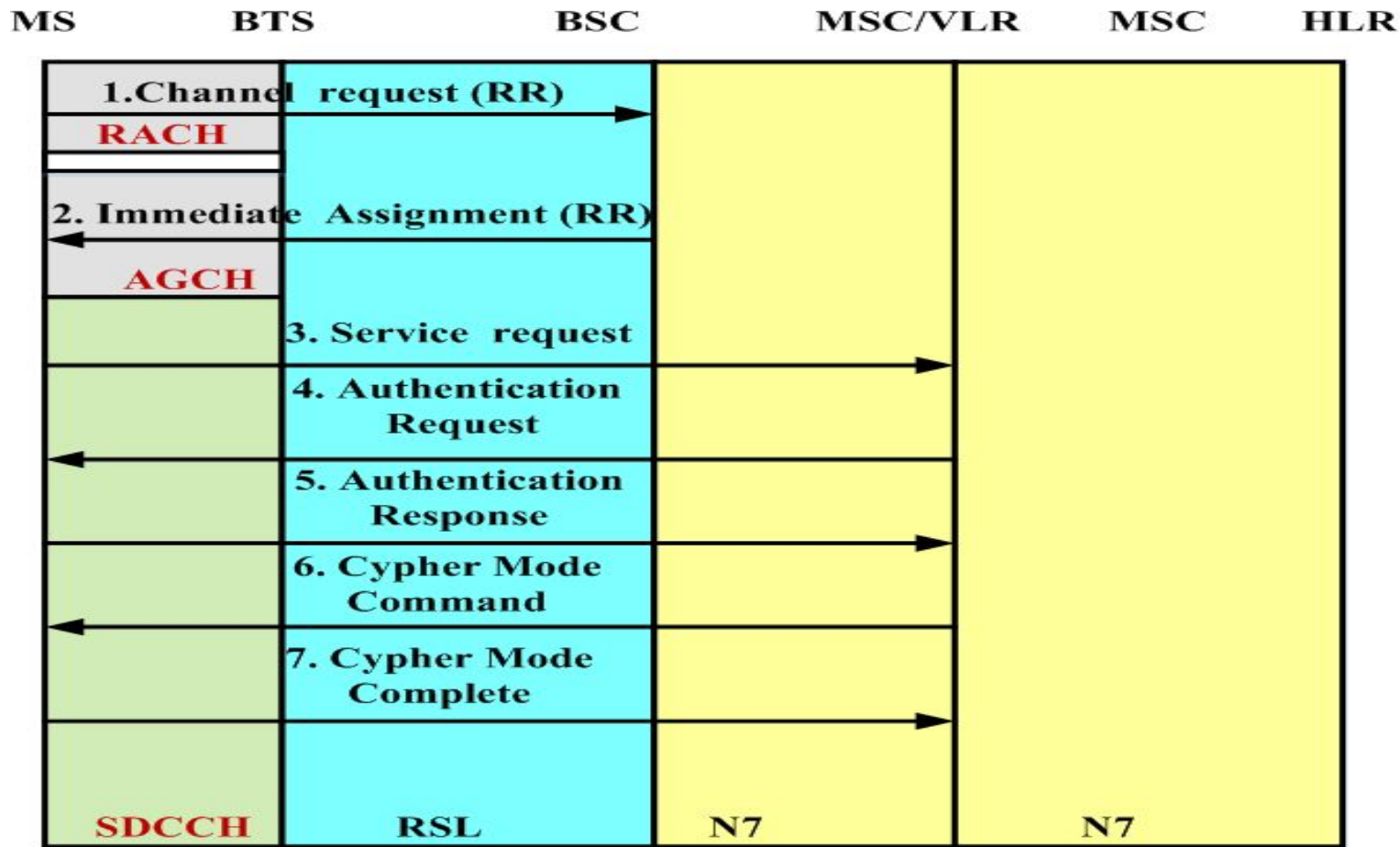
В этом случае на один физический TCH канал отображаются три логических канала – Full Rate TCH и два дополнительных сигнальных канала: SACCH и FACCH.

Полускоростной канал трафика



В одном физическом канале располагаются два полускоростных логических канала трафика (Half Rate TCH), информация по каждому из них передается со скоростью 11,4 кбит/с, а также два канала SACCH и два канала FACCH. В этом случае один физический канал трафика разделяется между двумя MS. Каждая MS использует свой полускоростной TCH, каждый MS использует свой собственный SACCH и FACCH

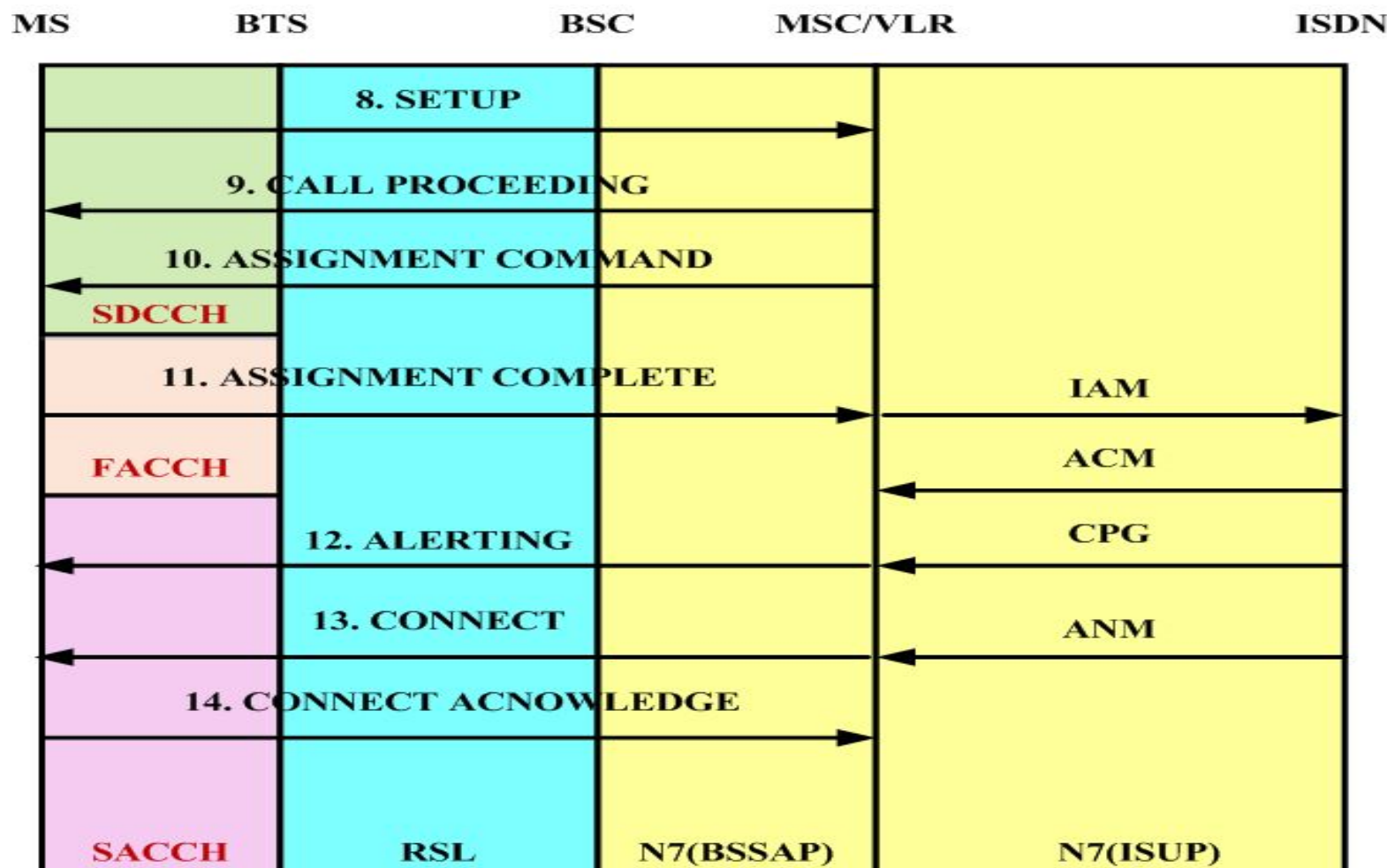
Сценарий обработки исходящего вызова (1)



1. MS запрашивает служебный канал (используя общий канал RACH).
2. BSC представляет канал SDCCH по общему каналу управления AGCH.
3. По каналу SDCCH MS передаёт сообщение на обслуживание.
4. VLR даёт команду на выполнение аутентификации.
5. MS передаёт ответ аутентификации. 6. Передается команда начать шифрование
7. MS подтверждает начало шифрования.

Сценарии обработки исходящего вызова (2)

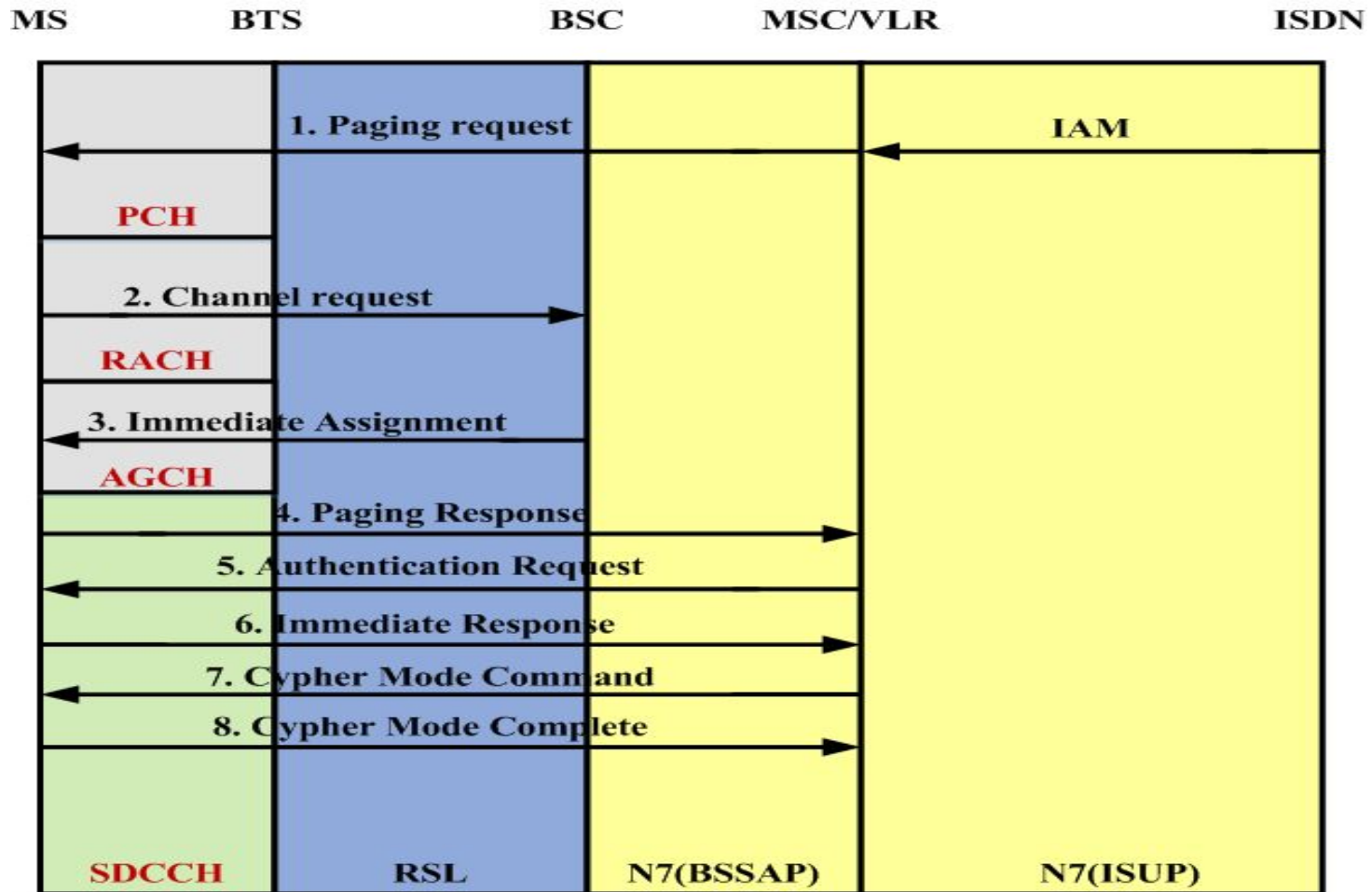
6
4



8. MS передаёт сообщение SETUP передавая адрес вызываемого абонента.
9. Сеть подтверждает установление соединения, передавая CALLPROCEEDING.
10. Сеть предоставляет MS канал трафика.
11. MS по вещательному каналу FACCH подтверждает получение канала трафика.
12. Сеть получает сообщение ISUP CPG–CALL PROGRESS. На MS идет ALERTING
13. Сеть получает сообщение ANM. 14. MS подтверждает установление соединения

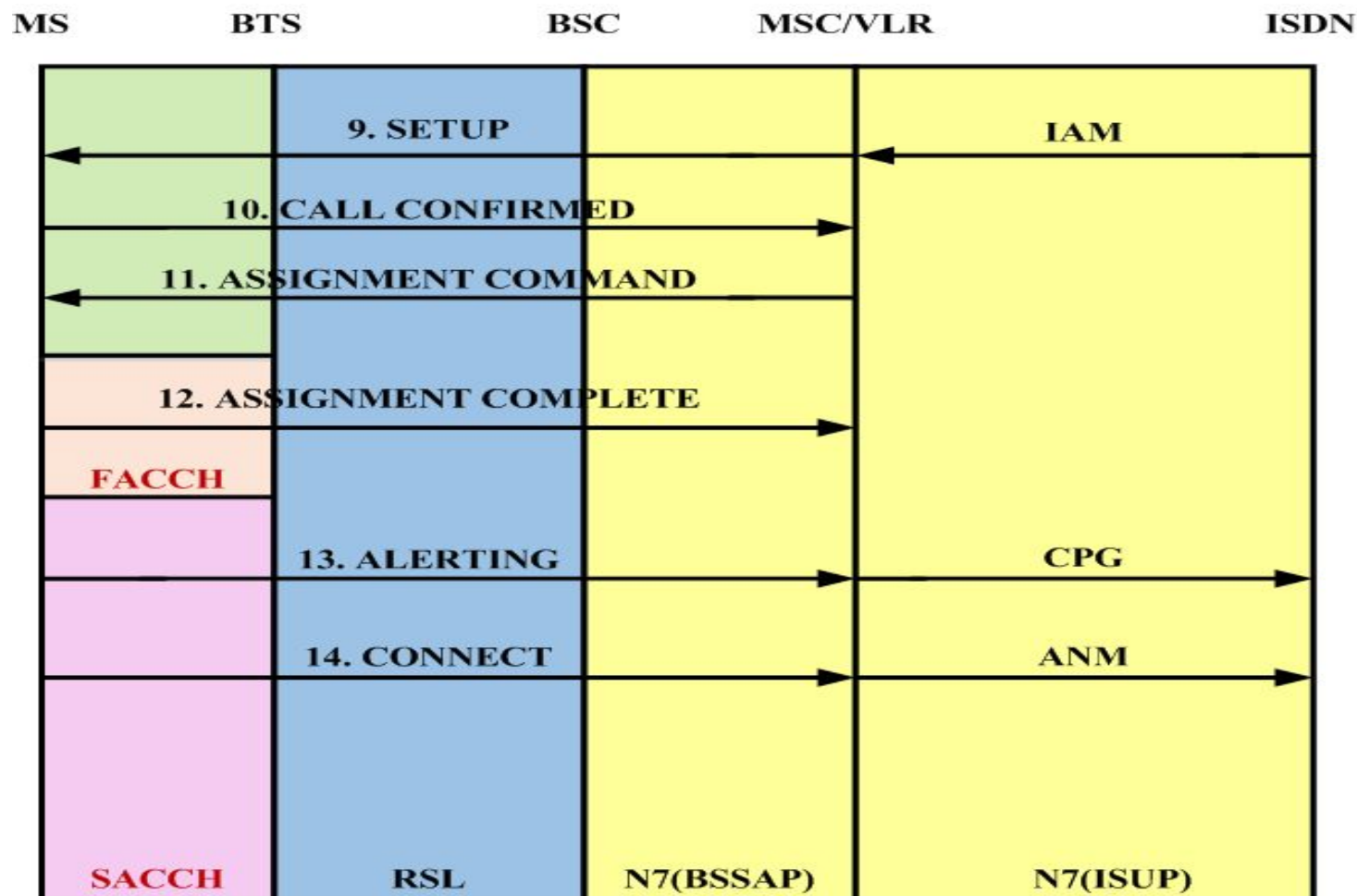
Обработка входящего вызова (1)

6
5



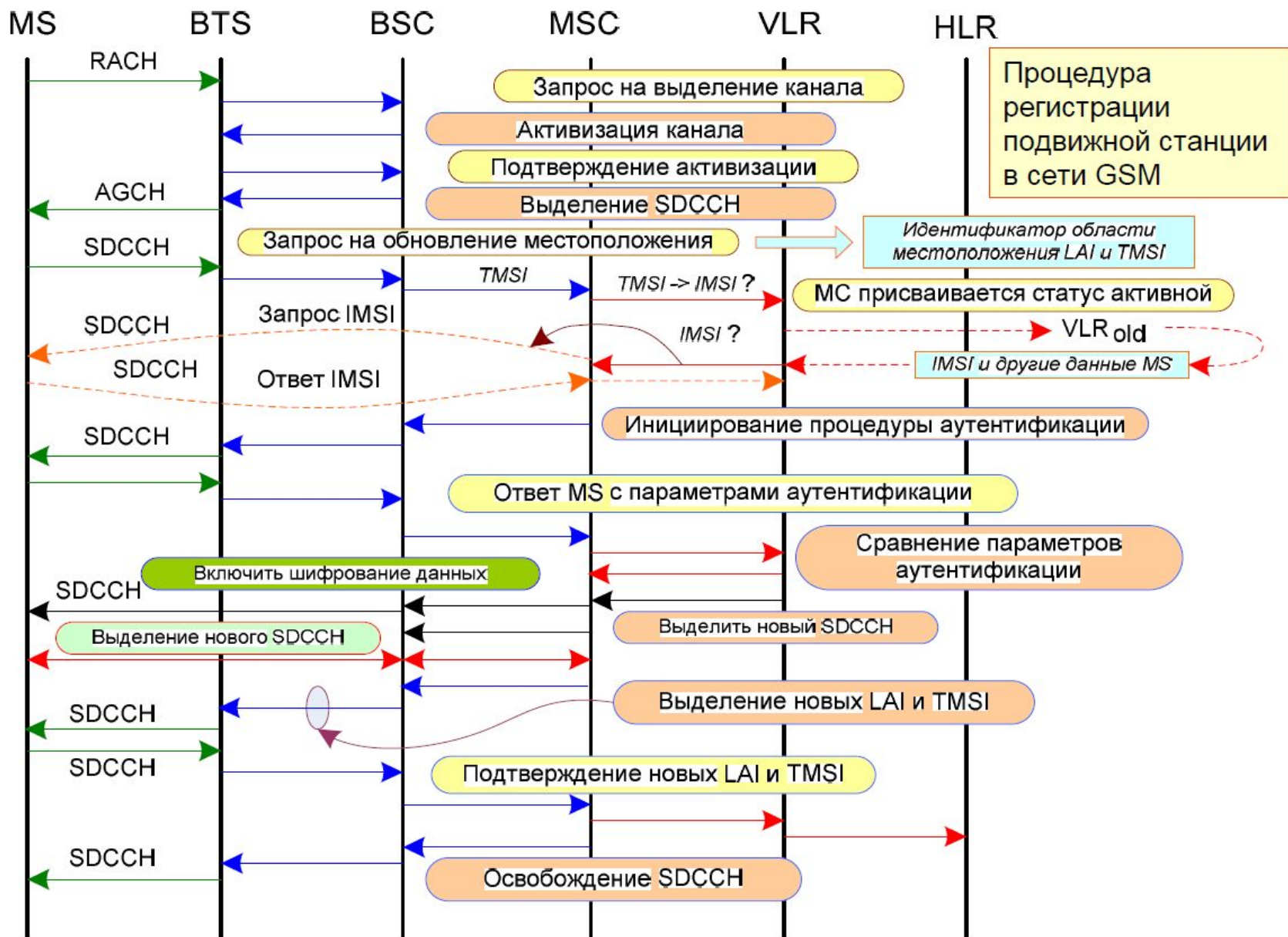
1. На MSC поступает сообщение IAM.MSC, получая, от VLR информацию о вызываемой MS, выполняет пейджинг, который передается по общему каналу PCH
2. Вызываемая MS запрашивает служебный канал по общему каналу RACH.
3. BSC представляет канал SDCCH. 4. По каналу SDCCH MS передаёт ответ.
5. VLR даёт команду на выполнение аутентификации. 6. MS передает ответ на аутентификацию. 7,8. Команда начать шифрование и ее подтверждение.

Обработка входящего вызова (2)

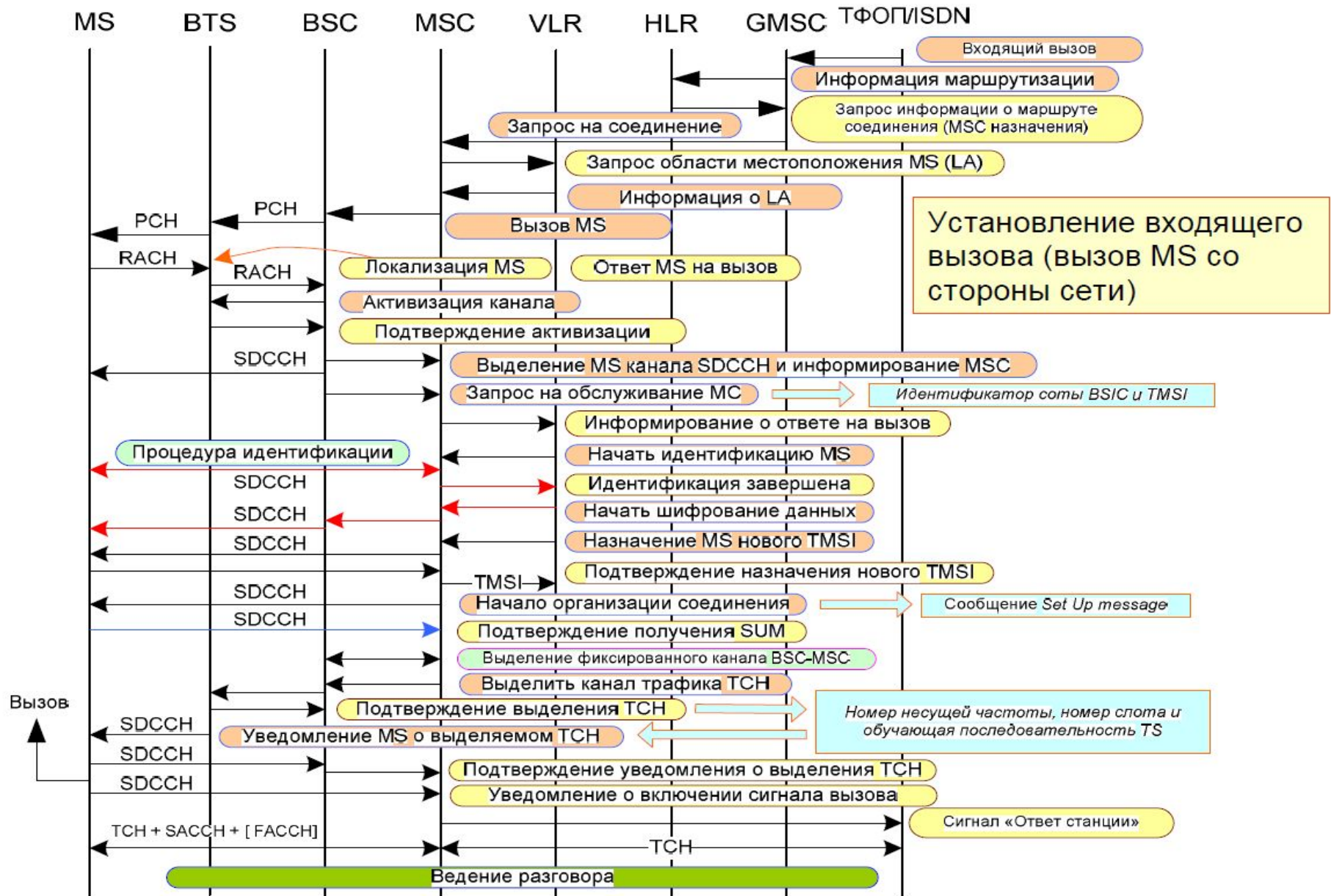


9. MSC даёт команду на установление соединения. 10. MS подтверждает установление соединения. 11. BSC выбирает канал трафика (TCH) и передает информацию о нем MS. 12. MS по каналу FACCH, передает подтверждение присвоения канала TCH. 13. MS передаёт сообщение ALERTING, подтверждая передачу сигнала вызова, сеть передает сообщение ISUP CPG – Call Progress. 14. MS передаёт сигнал ответа абонента CONNECT сеть передаёт ISUP - ANM.

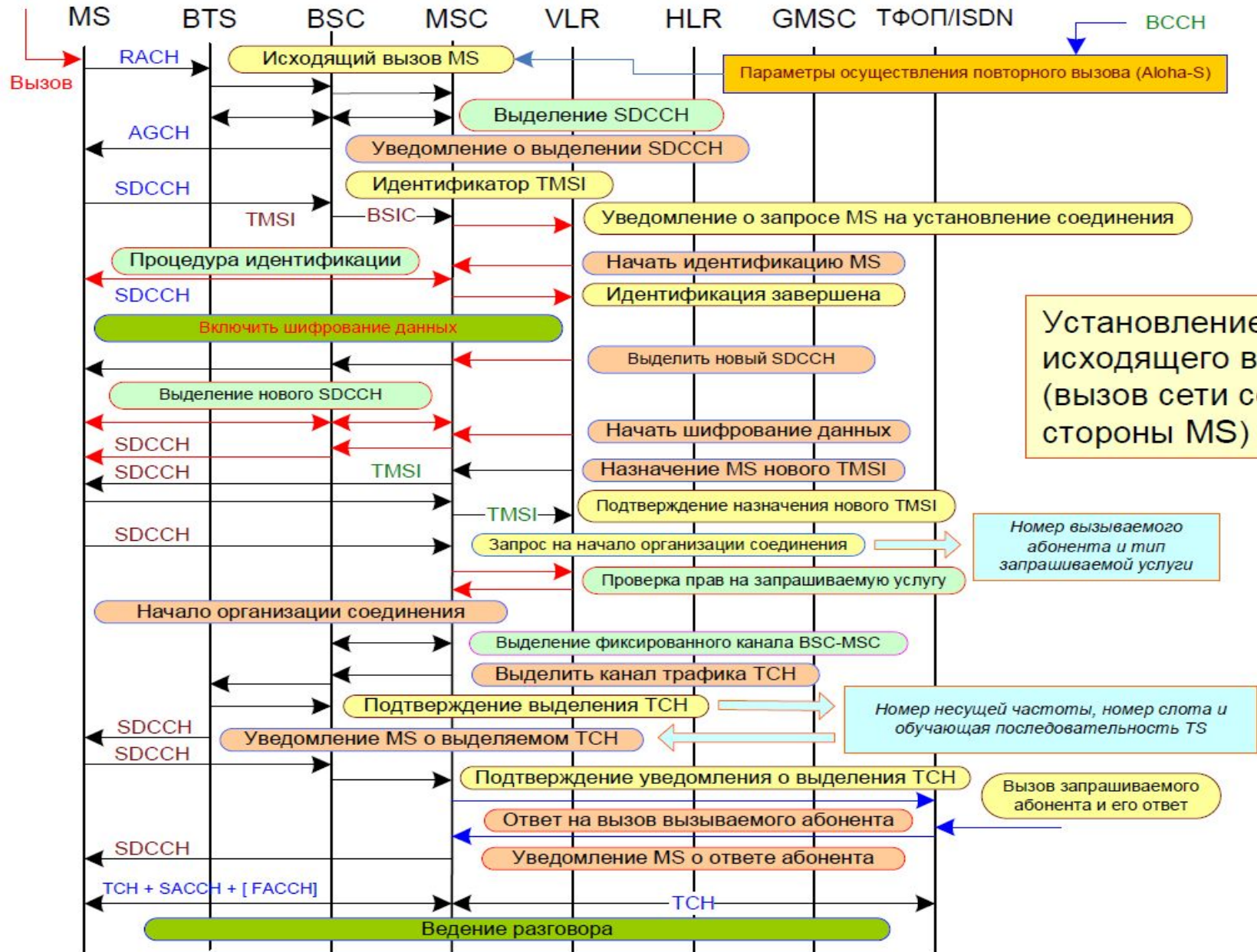
Регистрация подвижной станции



Установление входящего соединения



Исходящий вызов



Планирование сотовой системы связи

Анализ трафика и радиопокрытия

1. Составление бизнес-плана. Оценка стоимости проекта
2. Оценка пропускной способности
3. Оценка радиопокрытия
4. Определение вероятности отказа обслуживания, качества связи
5. Доступные частоты
6. Распределение абонентов по зоне обслуживания

Составление номинального плана сети

1. Распределение частот. Определение количества БС.
2. Расчет радиопокрытия
3. Расчет интерференции
4. Формирование кластера
5. Составление карты номинального плана

Выбор объектов под размещение БС

1. Привязка к сетке номинального плана
2. Определение типа объекта, места размещения антенны
3. Пространственное разнесение антенн
4. Место размещения оборудования
5. Питание БС, прокладка транспортной сети
6. Договор с арендодателями

Составление проекта

1. Составление окончательного плана
2. Составление файлов для загрузки параметров сети в BSC

Строительство системы

1. Монтаж и настройка система
2. Запуск в тестовую эксплуатацию
3. Проведение тестов

	GSM 1800		GSM 900	
	Радиус соты, км	Расстояние между BS, км	Радиус соты, км	Расстояние между BS, км
Город	2.7	4.0	3.7	5.6
Пригород	5	7.5	8.1	12.2
Открытая местность	22	33	27	41

Спасибо за внимание