

# Сети сотовой подвижной связи GSM

# Поколения сетей сотовой связи

Поколение	1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Начало разработок	1970	1980	1985	1990	<2000	2000
Реализация	1984	1991	1999	2002	2006—2007	2008—2012
Сервисы	аналоговый стандарт	цифровой стандарт, SMS, передача данных со скоростью до 9,6 кбит/с	большая ёмкость, пакетная передача данных	ещё большая ёмкость, скорости до 2 Мбит/с	увеличение скорости сетей третьего поколения	большая ёмкость, IP-ориентированная сеть, поддержка мультимедиа, скорости до сотен мегабит в секунду
Скорость передачи	1,9 кбит/с	14,4 кбит/с	384 кбит/с	2 Мбит/с	3-14 Мбит/с	1 Гбит/с
Стандарты	AMPS, TACS, NMT	TDMA, CDMA, GSM	GPRS, EDGE (2.75G)	WCDMA, CDMA2000, UMTS	HSDPA	единый стандарт
Сеть	PSTN (Public Switched Telephone Network) =ТфОП	PSTN	PSTN, сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	Интернет

# 1 G

- **1. AMPS (Advanced Mobile Phone Service** — усовершенствованная подвижная телефонная служба) — аналоговый стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 825 до 890 МГц, разработанный в 70-х годах XX века для Северной Америки, затем распространившийся и в других странах.
- **2. NMT-450 (Nordic Mobile Telephone System)** — создается в 1981 г в Швеции, Норвегии, Дании и Финляндии, работает в диапазоне 450 МГц.
- Великобритания внедряет в 1985 г технологию **TACS (Total Access Communications System)** в диапазоне 900 МГц (модифицированная версия AMPS)

## 2G. GSM

- **В 1982 году** Конференция европейских почтовых и телекоммуникационных ведомств (Conference of European Posts and Telegraphs – CEPT) в целях изучения и разработки общеевропейской системы сотовой подвижной связи общего пользования создала рабочую **группу экспертов мобильной связи**, которая получила название GSM (Groupe Special Mobile).

# GSM: архитектура системы

Разрабатываемая система должна была удовлетворять перечисленным ниже **критериям**.

- Высокое качество передачи речи.
- Низкая стоимость оборудования и предоставляемых услуг.
- Поддержка новых услуг и оборудования.
- Совместимость с цифровой сетью с интеграцией служб (ЦСИС).
- Поддержка международного роуминга.
- Способность поддерживать портативное оборудование пользователя.

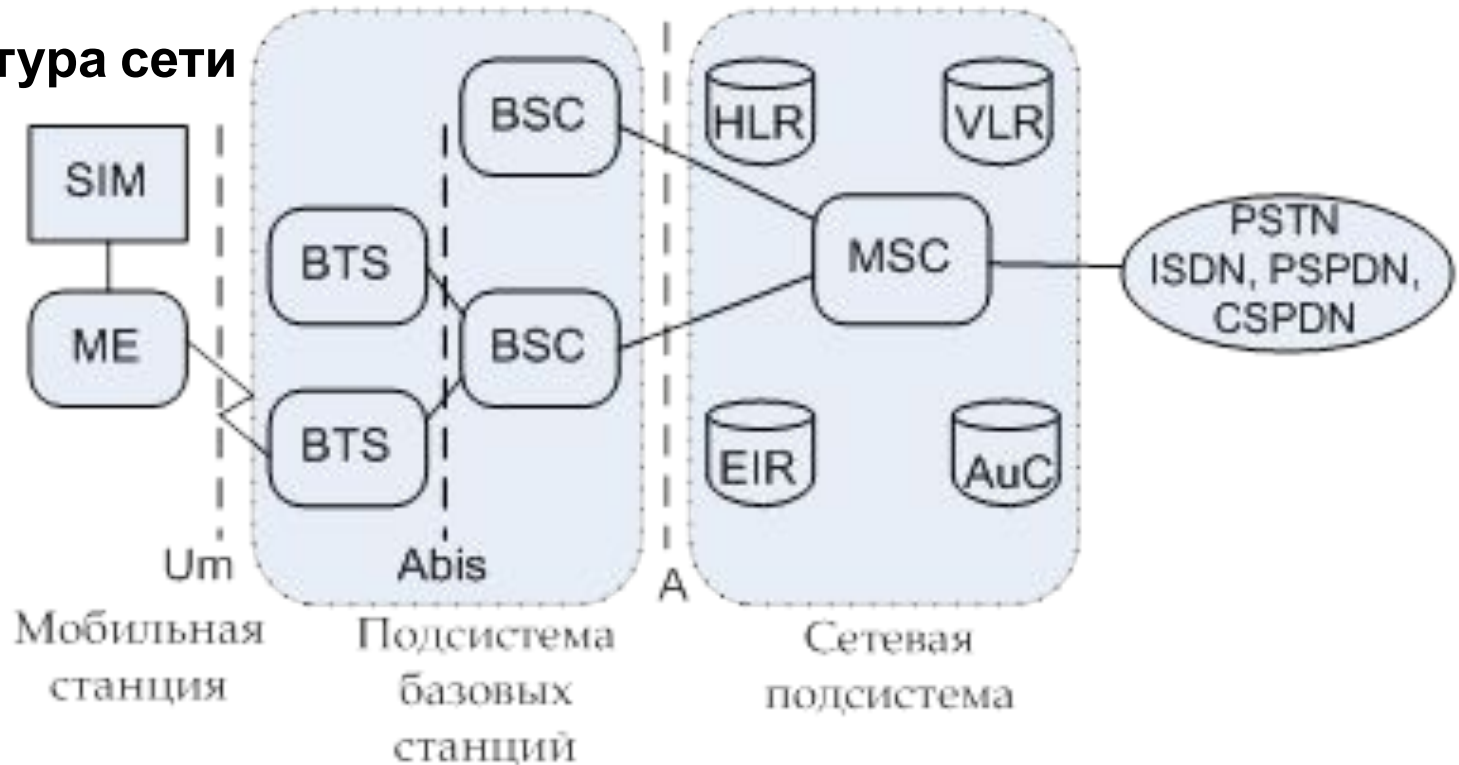
# GSM: архитектура системы

- В 1989 году разработка GSM перешла в Европейский институт стандартов электросвязи (European Telecommunication Standards Institute – ETSI),
- **В 1990 году были опубликованы спецификации первой фазы GSM.**
- К середине 1991 года стали поддерживаться коммерческие услуги GSM,
- В 1993 году функционировало уже 36 сетей GSM в 22 странах, и еще 25 стран выбрали направление GSM или поставили вопрос о его принятии. **Сети GSM внедрены либо планируются к внедрению почти в 60 странах Европы, Ближнего и Дальнего Востока, Африки, Южной Америки и в Австралии.**
- В настоящее время сети GSM работают во всех странах мира. **Акроним GSM приобрел новое значение - Global System for Mobile communications.**

# GSM: архитектура системы

Система состоит из трех подсистем: **подсистемы мобильной станции** (Mobile Station – MS), **подсистемы базовых станций** (Base Station Subsystem – BSS) и **сетевой подсистемы** (Network Subsystem – NS).

## Архитектура сети



# GSM: архитектура системы

## Мобильная станция

- SIM - модуль идентификации абонента;
- ME (Mobile Equipment) – мобильное устройство;

SIM-карта обеспечивает мобильность, позволяя пользователю получать доступ к услугам независимо от особенностей оконечной аппаратуры.

Включенная мобильная станция может находиться

- в активном режиме** (в это время через нее предоставляются телекоммуникационные сервисы),
- в пассивном режиме** (в это время услуги через нее не предоставляются, но идет обмен сигнальной информацией с базовой станцией).



# GSM: архитектура системы

- Мобильное устройство однозначно идентифицируется по международному опознавательному коду оборудования мобильной станции (**International Mobile Equipment Identity – IMEI**).
- SIM-карта, содержит в себе международный опознавательный код мобильной станции (**International Mobile Station Identity – IMSI**), который необходим для распознавания абонента системой, а также секретный код идентификации и другую информацию.
- Коды IMEI и IMSI являются независимыми, обеспечивая, таким образом, персональную мобильность. SIM-карту можно защитить от несанкционированного использования при помощи **PIN-кода (Personal Identification Number)**.

# GSM: архитектура системы

## Подсистема базовых станций

**BTS (Base Transceiver Station)** – базовая приемопередающая станция;

**BSC (Base Station Controller)** – контроллер базовой станции;

- Интерфейс Abis позволяет связывать компоненты, созданные различными производителями.
- На базовой станции размещаются радиопередатчики, которые поддерживают соединение с MS на территории данной соты.
- Контроллер базовой станции управляет радиоресурсами одной или нескольких базовых станций, контролирует предоставление радиоканала, регулировку частоты, управление перемещаемыми из соты в соту вызовами (хэндовер-вызовами) и является связующим звеном между мобильной станцией и центром коммутации мобильных услуг.

# GSM: архитектура системы

## Сетевая подсистема

•**MSC (Mobile services Switching Center)** - центр коммутации подвижной связи. Регистрация, авторизация, корректировка данных о местоположении, хэндовер и маршрутизация вызовов, поступающих абонентам в зоне *роуминга*

•**HLR (Home Location Register)** – домашний регистр местоположения абонентов. База данных, которая содержит всю административную информацию о каждом абоненте, зарегистрированном в данной сети GSM, а также данные о его местоположении в текущий момент. Один домашний регистр местоположения абонентов соответствует одной сети GSM, хотя он может быть реализован как распределенная база данных

•**VLR (Visitor Location Register)** - гостевой регистр местоположения абонентов. Содержит выборочную административную информацию из домашнего регистра местоположения абонентов с точностью до соты, необходимую для контроля вызовов и предоставления абонентских услуг для каждого мобильного абонента, находящегося в данный момент в географической зоне, контролируемой гостевым регистром местоположения абонентов.

# GSM: архитектура системы

## Сетевая подсистема

- **EIR (Equipment Identity Register)** – регистр идентификации мобильного устройства. База данных, содержащая перечень всех действующих мобильных устройств в сети. Код IMEI в базе EIR помечается как недействительный, если поступило сообщение о краже соответствующего мобильного устройства.

- **AuC (Authentication Center)** – центр авторизации. Защищенная база данных, которая хранит копии секретных кодов, записанных на SIM-карте каждого абонента и используемых для авторизации абонента и шифрования при передаче информации по радиоканалу.

- **Um, Abis, A** – интерфейсы взаимодействия между функциональными элементами

# GSM: роуминг

**Роуминг** – обслуживание мобильной станции местной сетью GSM, в случае, когда мобильный абонент находится за пределами собственной сети GSM.

**Сота** – основная географическая единица подвижной сети связи. У каждой соты существует в сети свой уникальный номер, называемый CGI (Cell Global Identity-глобальный идентификатор соты).

**Зона охвата наземной мобильной связи** – множество сот, обслуживаемых одним оператором. В регионе может быть несколько зон охвата, принадлежащих разным операторам, они могут перекрываться друг другом.



Рис. Географические зоны системы GSM

# GSM-900: радиоинтерфейс

## Радиочастоты для сигналов:

- Исходящие от абонента (**восходящие от MS к BS**) диапазон 890-915 МГц = всего 25 МГц
- Входящие к абоненту (**нисходящие от BS к MS**) диапазон 935-960 МГц = 25 МГц

**Канал дуплексный**, т.е. в одну и в другую сторону. Для того, чтобы сигналы не оказывали влияние друг на друга, существует разделение в спектре частот, которое называется дуплексным расстоянием, равным в **45 МГц**, например частота 890 МГц в восходящем канале будет соответствовать 935 МГц в нисходящем канале.

**Разнос несущих** – характеристика, равная частотному расстоянию между ближайшими каналами, которые используются для передачи сигналов в одном направлении. Во всех стандартах GSM это значение составляет **200 КГц**.

# GSM: множественный доступ

Из-за ограниченности радиоресурса разработан метод распределения радиочастот между максимально возможным числом пользователей.

В GSM выбрана комбинация **TDMA** и **FDMA**:

1) множественный доступ с временным разделением (Time-Division Multiple Access - TDMA) и

2) множественный доступ с частотным разделением (Frequency-Division Multiple Access - FDMA).

# GSM: множественный доступ

- Часть **FDMA** отвечает за разделение полосы в 25 МГц на 124 несущих частоты по 200 КГц.
- Для каждой базовой станции выделена одна или более несущих частот.
- Для эффективного покрытия рабочие частоты должны многократно повторяться в географически разных точках сети



# GSM: повторное использование частот

- Кластером называется группа сот, имеющих одинаковый частотный план расположения радиоканалов (в соседних сотах не могут быть использованы одинаковые частоты).

*Расстояние повторного использования частот (frequency reuse distance) — расстояние  $D$  между центрами двух удаленных сот, начиная с которого допускается повторное использование частот. В общем случае оно определяется по формуле  $D = \sqrt{3NR}$ , где  $N$  число ячеек в кластере;  $R$  — радиус ячейки*

Размер кластера  $N$  определяется по формуле

$$N = i^2 + ij + j^2,$$

где  $i, j$  — целые числа.

# GSM: повторное использование частот

## Частот

при  $i = 0, j = 1, N = 1;$

$i = 1, j = 1, N = 3;$

$i = 0, j = 2, N = 4;$

$i = 1, j = 2, N = 7;$

$i = 0, j = 3, N = 9;$

$i = 2, j = 2, N = 12;$

и т.д.

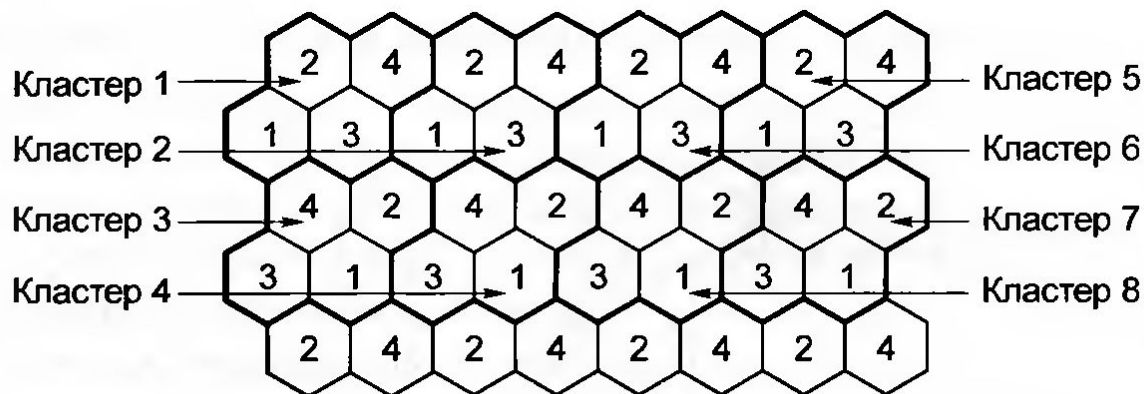


Рис. Повторное использование частот при 4-элементном кластере

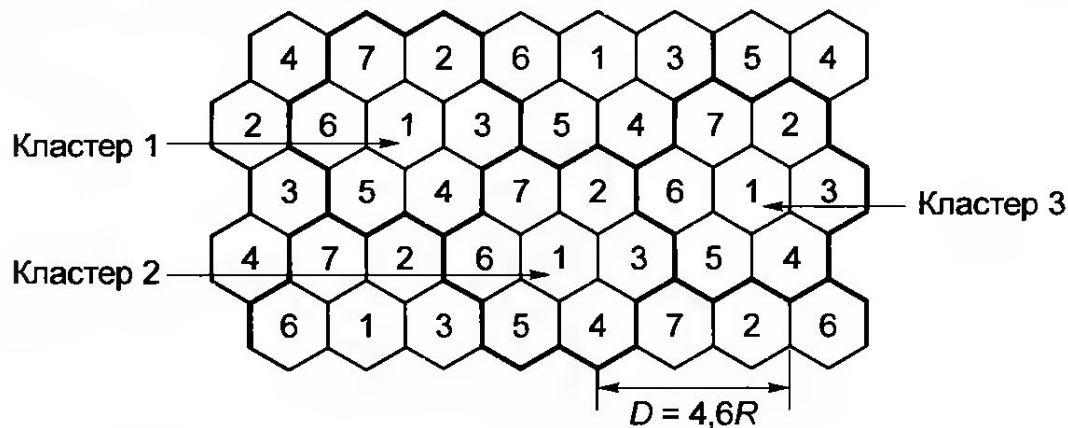
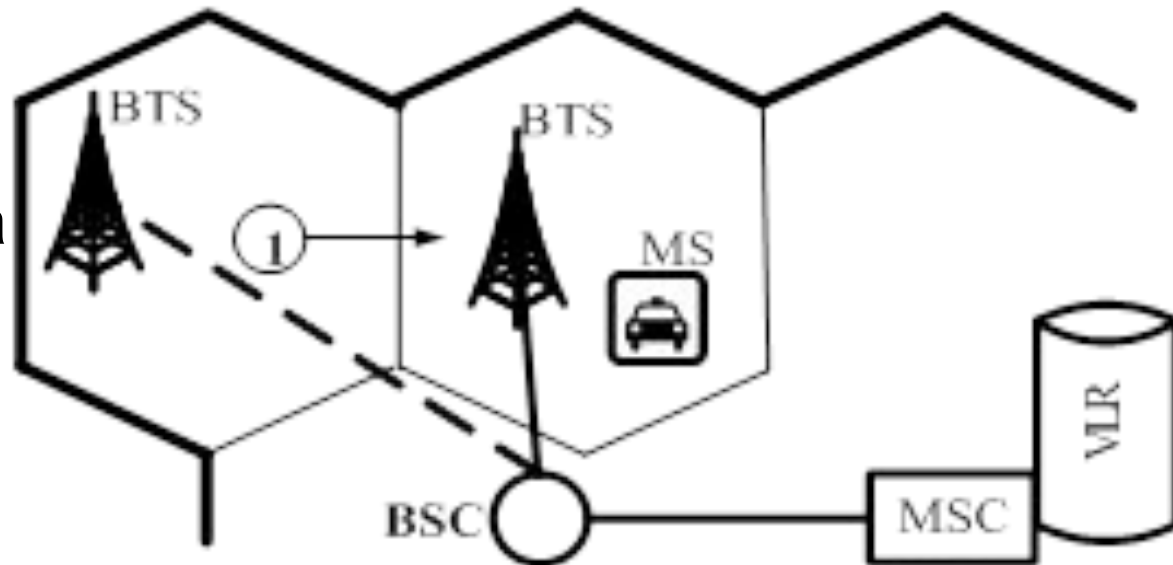


Рис. Повторное использование частот при 7-элементном кластере

# GSM: ТИПЫ ХЭНДОВЕРОВ

1. каналы принадлежат одной сети
2. базовые станции находятся под управлением одного контроллера базовых станций (BSC) (рис. а)

Рис. а. Схема хэндовера с одним BSC.



# GSM: ТИПЫ ХЭНДОВЕРОВ

3. базовые станции находятся под управлением разных контроллеров базовых станций (BSC), но принадлежат одному центру коммутации подвижной связи (MSC) (рис. б);

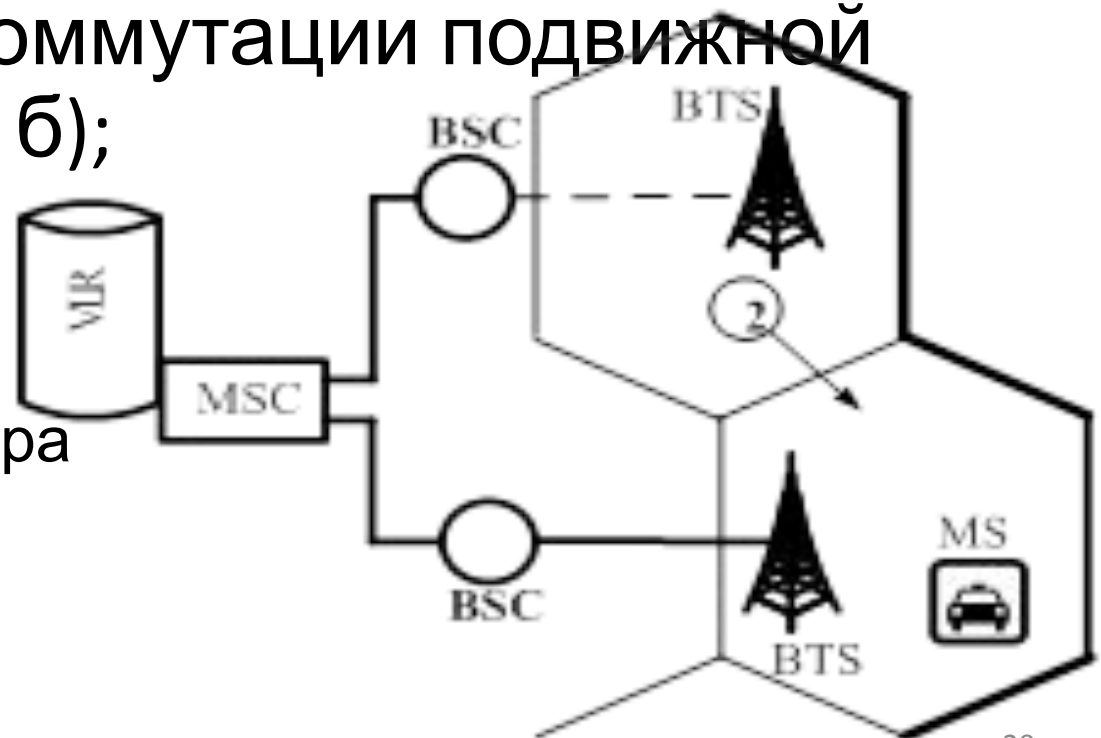


Рис. б. Схема хэндовера с двумя BSC

# GSM: ТИПЫ ХЭНДОВЕРОВ

4. базовые станции находятся под управлением разных центров коммутации подвижной связи (рис. в).

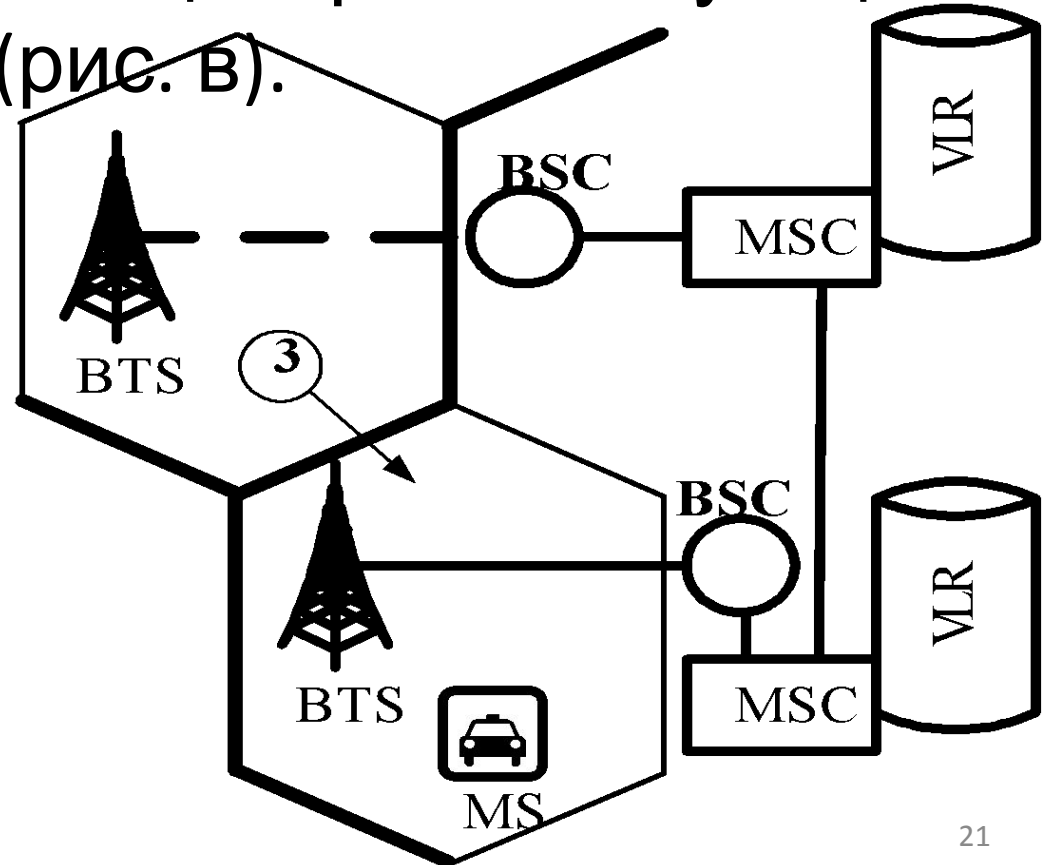


Рис. в. Схема хэндовера с двумя центрами коммутации подвижной связи

# GSM: управления мобильностью

- Дает возможность системе вычислить текущие координаты включенной MS для маршрутизации входящего вызова.
- MS самостоятельно оповещает систему о своем местоположении. MSC отправляет сообщения системы только в одну соту.
- Корректирует данные о местоположении абонента (IMSI-подключение [MS доступна, редактируются координаты MS] и IMSI-разъединение [MS не доступна, для нее не выделяются каналы и не рассылаются сообщения]).
- Обеспечивает безопасность, используя авторизацию пользователя и моб. устройства в сети.

# GSM: принципы передачи обслуживания

- В центре каждой соты находится BS, которая в пределах своей соты обслуживает все мобильные станции
- При ухудшении сигнала связи ухудшается качество обслуживания абонента. В этом случае необходим хэндовер - смена радиоканала без разрыва соединения
- Хэндовер может быть межсотовым (при пересечении границы соты) и внутрисотовым (в случае возникновения помех на радиоканале)

# GSM: принципы передачи обслуживания

Межсотовый хэндовер может быть **жестким** или **мягким**.

- **Мягкий хэндовер** - текущее соединение мобильного абонента, находящегося в зоне хэндовера, поддерживается двумя базовыми станциями одновременно, что уменьшает вероятность вынужденного разрыва соединения при передаче обслуживания между базовыми станциями смежных сот, однако уменьшает эффективность использования радиоканалов.

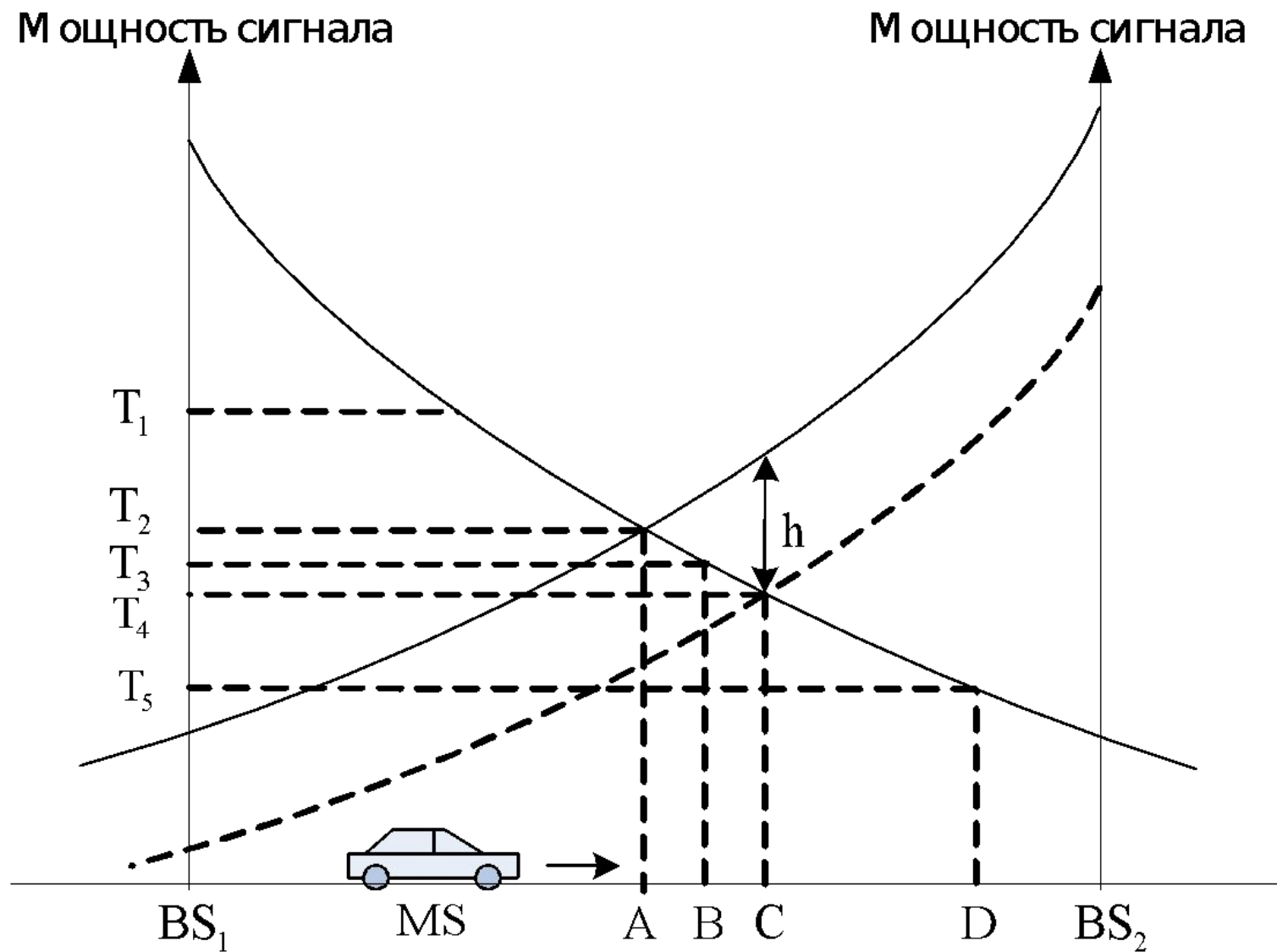
- **При жестком хэндовере** - вследствие использования в смежных сотах различных частотных диапазонов мобильная станция не может поддерживать связь с обеими базовыми станциями, поэтому связь с базовой станции соты, поддерживающей текущее соединение, обрывается до того, как обслуживание абонента передано базовой станции смежной соты. Жесткий хэндовер подразумевает освобождение старого радиоканала и последующее занятие нового радиоканала.



# GSM: процедура жесткого межсотового хэндовера

- **подготовка к хэндоверу** (поиск соседней соты, которая примет MS на обслуживание и выделит для нее радиоканал) и
- **попытка хэндовера**, которая может закончиться занятием нового радиоканала в соседней соте или блокировкой хэндовера в случае освобождения старого канала без занятия нового.

# GSM: инициация хэндовера



# GSM: методы инициации хэндовера

- 1) **Метод сравнения мощностей** . Отсутствует подготовка к хэндоверу. В каждый момент времени выделяется базовая станция с самым сильным уровнем мощности принимаемого сигнала. (мощности равны при пороге  $T_2$ )
- 2) **Метод порогового значения**. (Сравнивается 1 порог + сравнение мощностей)
- 3) **Метод гистерезиса**. Хэндовер осуществляется при условии, что уровень мощности сигнала от принимающей базовой станции выше уровня мощности сигнала от передающей базовой станции на некоторую величину гистерезиса (величина  $h$  на рис.).
- 4) **Комбинированный метод**. Этот метод объединяет метод порогового значения и метод гистерезиса.

# GSM: скорость передачи

Протокол	Скорость передачи данных к клиенту	Скорость передачи данных к оператору	Типичная фактическая скорость загрузки	Используемые диапазоны частот	Максимальное расстояние до базовой станции
GSM CSD	9,6 Кбит/с	9,6 Кбит/с	1 Кбайт/с	Стандартные для GSM 900/1800: 876–915МГц, 1850–1910(передача); 921–960МГц, 1930–1990МГц (приём)	Стандартное для GSM: 35км
GSM GPRS	80 Кбит/с	40 Кбит/с	7 Кбайт/с		
GSM EDGE	236.8 Кбит/с	118.4 Кбит/с	15 Кбайт/с		