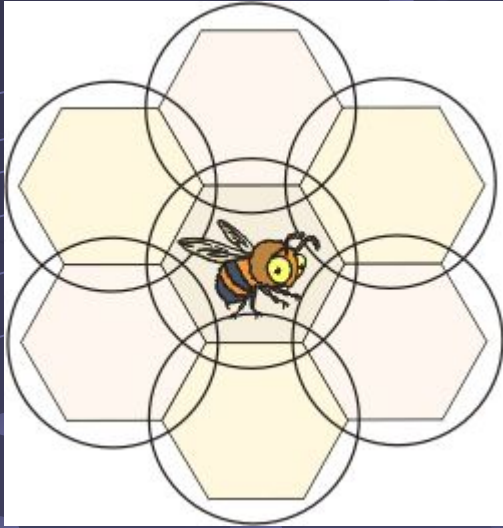




Сотовая связь

Системы сотовой связи



- Обеспечивают передачу информации между пунктами, по крайней мере, один из которых является подвижным
- Применение радиоканалов

Транковая связь

- Связь внутри некоторой группы, групповой вызов всем членам группы
- Наличие приоритетов
- Высокая скорость соединения
- Малая необходимость выхода в сети общего пользования
- Преимущественная передача данных
- Частое использование полудуплексной передачи
- Протоколы: МРТ-1327 (аналоговый), ТЕТРА (цифровой)

Технологии мобильной связи

- Пейджинг (930-932 МГц)
- Твейджинг
- Сотовая телефония
- Транкинг (trunking)

История сотовой связи

Первое поколение систем сотовой связи

- 1946 г. - в г. Сент-Луис (США) - первая система радиотелефонной связи
- середина 1940-х годов Bell Laboratories компании AT&T - идея разбиения всей обслуживаемой территории на *соты*
- Конец 70х годов - работы по созданию единого стандарта связи (Швеция, Финляндия, Исландия, Дания, Норвегия) – NMT-450 (Nordic Mobile Telephone)
- 1983 г. – США, Чикаго – сеть стандарта AMPS (Advanced Mobile Phone Service)
- 1985 г. – стандарт NMT-900
- 1985 г. – Великобритания – TACS (Total Access Communications System), 1987 г. – ETACS (Enhanced TACS)
- 1985 г. – Франция – Radiocom-2000

Аналоговые системы

Используется аналоговый способ передачи информации с помощью обычной частотной или фазовой модуляции, как и в обычных радиостанциях.

Недостатки:

- существует возможность прослушивания разговоров другими абонентами;
- отсутствуют эффективные методы борьбы с замираниями сигналов под влиянием окружающего ландшафта и зданий или вследствие передвижения абонентов.

Решение:

- расширение частотного диапазона;
- переход к рациональному частотному планированию.

История сотовой связи

Второе поколение систем сотовой связи

- 1982 г. CEPT создала *Groupe Special Mobile (GSM)* -> *Global System for Mobile Communications* -> 1990 г.
- 1989 г. Великобритания - «Сети персональной связи» — PCN (*Personal Communication Networks*)
- Америка - «Услуги персональной связи» — PCS (*Personal Communication Services*)
- 1990 г. Америка TIA (*Telecommunications Industry Association*) - национальный стандарт IS-54 (D-AMPS или ADC)
- Американская компания Qualcomm начала активную разработку CDMA (*Code Division Multiple Access*).
- 1991 г. в Европе - стандарт DCS-1800 (*Digital Cellular System*)
- 1991 г. в Японии - JDC (*Japanese Digital Cellular*)
- 1992 г. в Германии вступила в коммерческую эксплуатацию первая система сотовой связи стандарта GSM
- В 1993 г. в США был принят стандарт CDMA (IS-95)
- 1993 г. Великобритания - вступила в эксплуатацию первая сеть DCS-1800 One-to-One

История сотовой связи

Россия

- В Санкт-Петербурге, в Москве - системы стандарта NMT-450i - Sotel (1991 г.)
- 1994г.принятие концепции развития сетей сухопутной подвижной связи
- Провозглашение стандарта GSM в качестве одного из двух федеральных стандартов (NMT и GSM)
- Условия развития сетей CDMA в России определены приказом Министерства связи РФ № 18 от 24 февраля 1996 г.
- Первая сеть стандарта CDMA начала функционировать в Челябинске, затем Москва, С.-Пб.

Системы третьего поколения

- В Европе - UMTS (универсальная система подвижной связи)
- объединение функциональных возможностей существующих цифровых систем связи в единую систему третьего поколения FPLMTS (*Future Public Land Mobile Telecommunications System*)
- 2002 г. - требования к единой системе мобильной связи были сформулированы в рамках новой программы IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications*).

Способ доступа к радиоканалам

- **Случайный доступ**
(метод Алоха, назван так в связи с первым применением метода для связи между группой Гавайских островов). Применяется только при малых нагрузках. Его развитием стал метод МДКН/ОК , используемый в локальных и корпоративных сетях.
- По технологии CDMA
- По технологии TDMA

CDMA

- технология **Direct Sequence (Pseudo Noise) Spread Spectrum** (прямая последовательность (псевдошум) с широким спектром)
- выделяется своя кодовая комбинация
- возможность одновременной передачи в отведенной полосе частот нескольких сообщений с различными кодами СИМВОЛОВ

TDMA

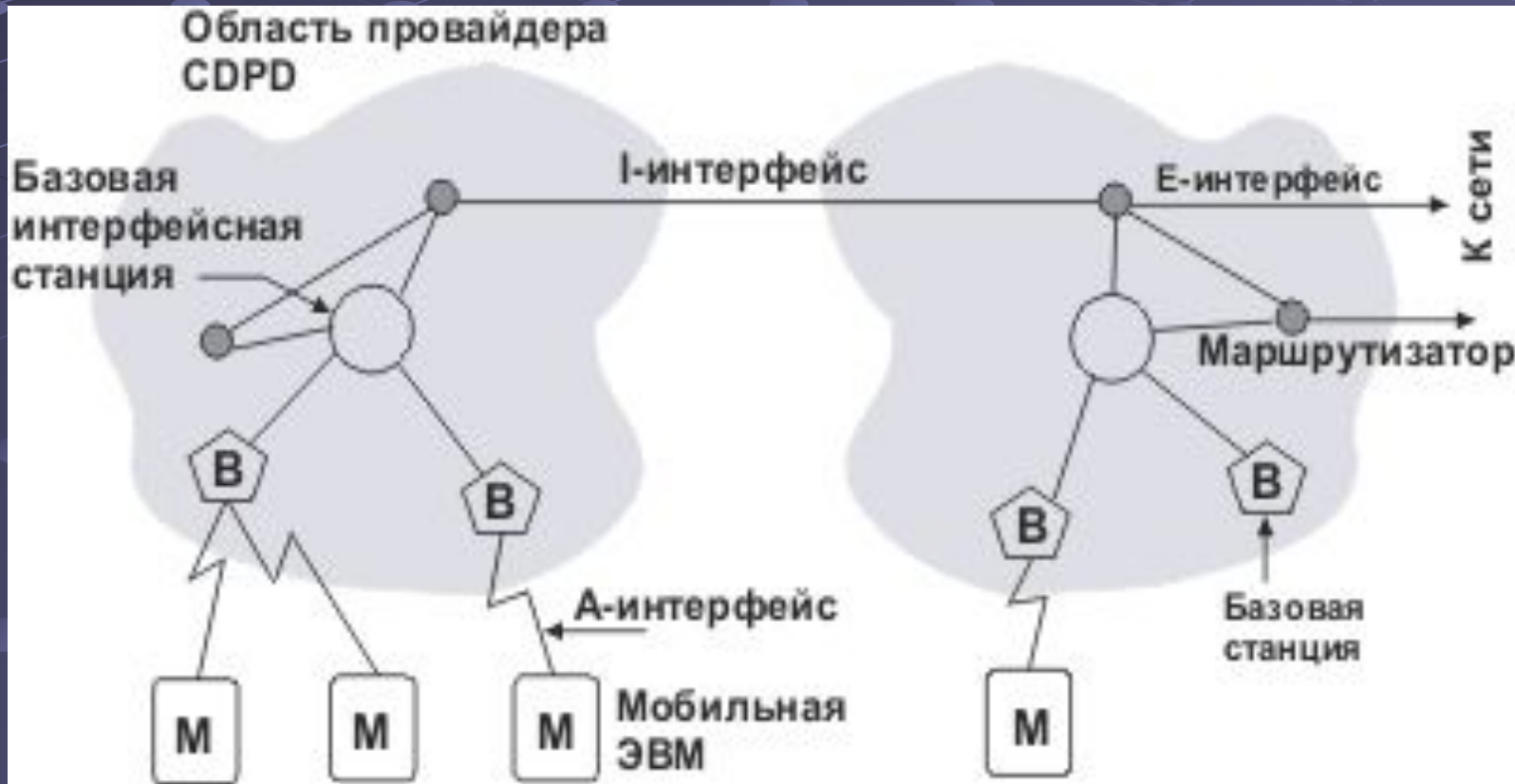
- Time Division Multiple Access
- псевдоодновременная передача нескольких радиосигналов в одной полосе частот

Стандарты сотовой связи

- CDPD (Cellular Digital Packet Data)
- DECT (1,8 – 1,9 ГГц)
- GSM
- и другие...

CDPD

- реализует стандартный протокол TCP/IP



NMT-450

- Аналоговая система связи
- Частотный диапазон 453 - 468 МГц
- Дальность прямой связи – несколько десятков км

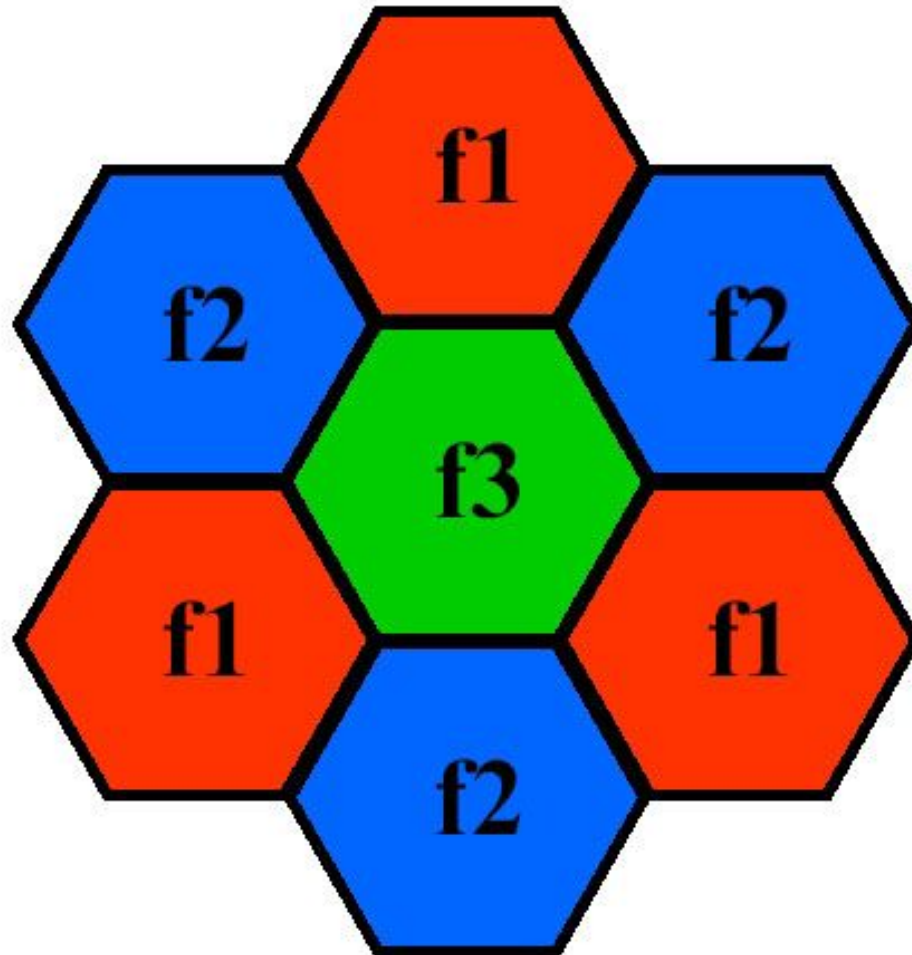
Недостатки:

- Низкая помехоустойчивость
- Дефицит каналов
- Трудность обеспечения защиты от прослушивания

Общие характеристики стандарта GSM

- Использование спектра частот подвижной связи в диапазоне 890-960 МГц
- Используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (NB TDMA)
- Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением
- Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот (SFH) в процессе сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду
- используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс
- Система синхронизации рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки 35 км
- Гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK)

Принцип повторного использования частот



Переносной телефон

- трубка - **ME** (Mobile Equipment - мобильное устройство) имеет **IMEI** (International Mobile Equipment Identity - международный идентификатор мобильного устройства)
- смарт-карта **SIM** (Subscriber Identity Module - модуль идентификации абонента) содержит **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity - международный идентификационный номер подписчика)

Структура сети GSM

- **BSS (Base Station Subsystem)** - подсистема базовых станций
- **NSS (SSS) (Network and Switching Subsystem)** - подсистема коммутации
- **OSS (Operation Subsystem)** - подсистема эксплуатации и технического обслуживания

Base Station Subsystem

- **BTS (Base Transceiver Station)** - базовые приемо-передающие станции
- **BSC (Base Station Controller)** - контроллер базовых станций
- **TRAU (Transcoding Rate Adapter Unit)** - транскодер

Функции BTS

- радиопокрытие;
- получение и передачу данных и служебной информации от/к мобильной станции;
- управление мощностью мобильной станции;
- контроль качества передачи информации и т.д.
- **коммутирующая функция**

BSC

- мощный компьютер, обеспечивающий управление работой базовых станций (BTS) и осуществляющий контроль работоспособности всех блоков базовой станции (BTS), а также отвечающий за процедуру handover (передача обслуживания мобильной станции от одной базовой станции к другой в режиме разговора).

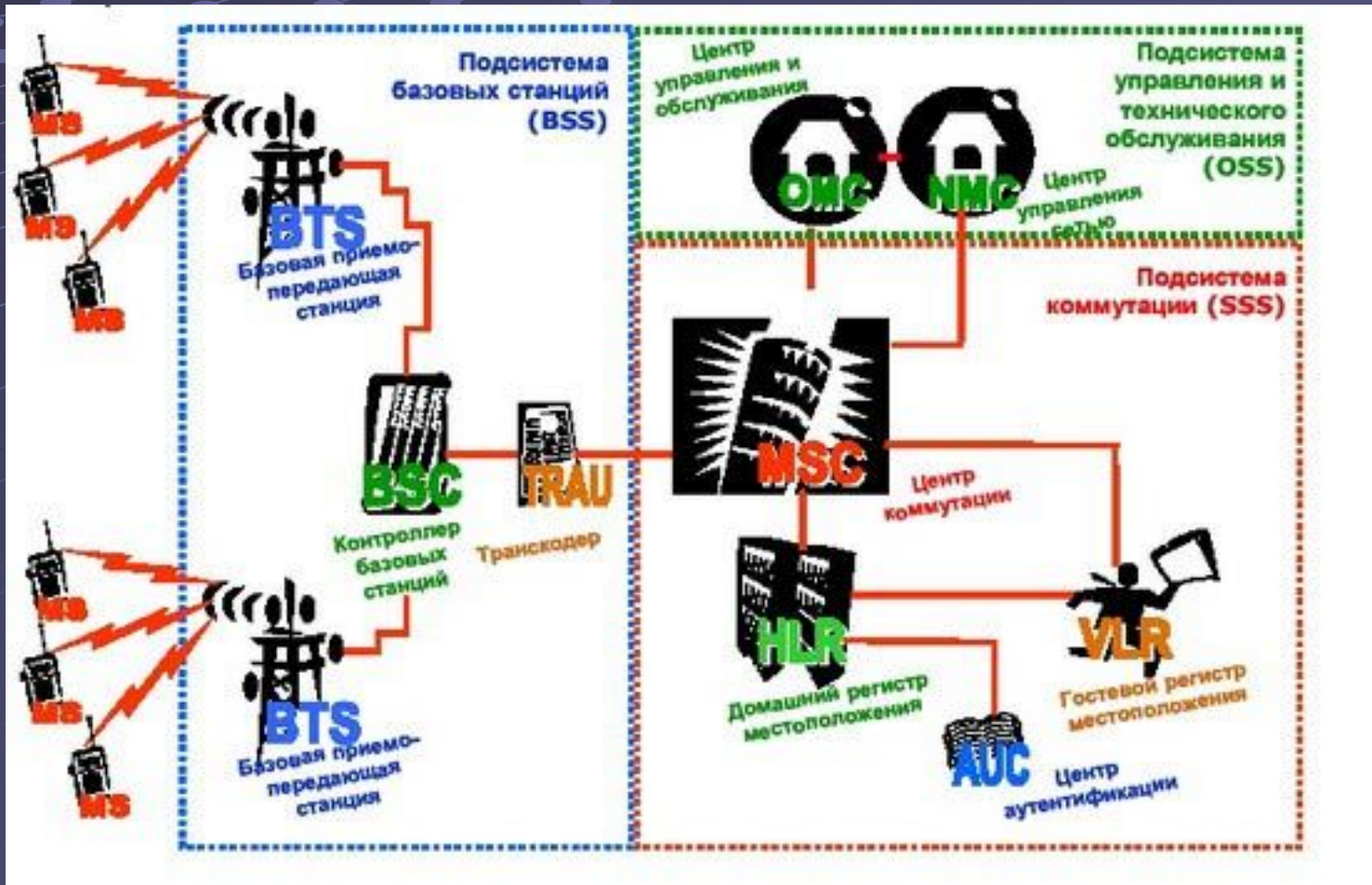
TRAU

Отвечает за преобразование скорости передачи данных между BSS и SSS.

Основная задача транскодера преобразовывать скорость из 16 кбит/с в 64 кбит/с, и наоборот.

Структура NSS (SSS)

- **MSC (Mobile Switching Center)** – центр коммутации;
- **HLR (Home Location Register)** – домашний регистр местоположения;
- **VLR (Visitor Location Register)** – гостевой регистр местоположения;
- **AuC (Authentication Center)** – центр аутентификации.



Основные назначения MSC

- маршрутизация (направление) сигнала, то есть анализ номера для исходящих и входящих вызовов;
- установление, контроль и разъединение соединений;
- формирование CDR-файлов (Call Data Recorder) для предоставления в биллинговую систему.

MSC осуществляет «мониторинг» мобильных станций, используя регистры

- **HLR (Home Location Register)** — домашний регистр местоположения
- **VLR (Visitor Location Register)** — гостевой регистр местоположения

Долгосрочные данные, хранимые в HLR и VLR

- Международный идентификационный номер подписчика (IMSI)
- Телефонный номер абонента в обычном смысле (MSISDN)
- Категория подвижной станции
- Ключ идентификации абонента (Ki)
- Виды обеспечения дополнительными услугами
- Индекс закрытой группы пользователей
- Код блокировки закрытой группы пользователей
- Состав основных вызовов, которые могут быть переданы
- Оповещение вызывающего абонента
- Идентификация номера вызываемого абонента
- График работы
- Оповещение вызываемого абонента
- Контроль сигнализации при соединении абонентов
- Характеристики закрытой группы пользователей
- Льготы закрытой группы пользователей
- Запрещенные исходящие вызовы в закрытой группе пользователей
- Максимальное количество абонентов
- Используемые пароли
- Класс приоритетного доступа

Временные данные, хранимые в HLR

- Параметры идентификации и шифрования
- Временный номер мобильного абонента (TMSI)
- Адрес реестра перемещения, в котором находится абонент (VLR)
- Зоны перемещения подвижной станции
- Номер соты при эстафетной передаче
- Регистрационный статус
- Таймер отсутствия ответа
- Состав используемых в данный момент паролей
- Активность связи

Временные данные, хранимые в VLR

- Временный номер мобильного абонента (TMSI)
- Идентификаторы области расположения абонента (LAI)
- Указания по использованию основных служб
- Номер соты при эстафетной передаче
- Параметры идентификации и шифрования

AuC

- - центр аутентификации формирует параметры для процедуры аутентификации и определяет ключи шифрования мобильных станций абонентов.
- Процедура аутентификации – процедура подтверждения подлинности абонента (действительности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) сети GSM.

Компоненты OSS

- **ОМС (Operation and Maintenance Centre)** — центр эксплуатации и технического обслуживания;
- **NMC (Network Management Centre)** — центр управления сетью.

Процесс определения подлинности абонента

$$SRES = K_i * RAND$$

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity-временный номер мобильного абонента)

При получении IMEI сетью, он направляется в EIR, где сравнивается с так называемыми "списками" номеров.

Разбиение сети на LA

- BTS - базовых станций (одна BTS - одна "сота", ячейка).
- BTS объединяют в группы - домены, получившие название LA (Location Area - области расположения).
- Каждой LA соответствует свой код LAI (Location Area Identity).

Алгоритм handover'a

Типы

- смена каналов в пределах одной базовой станции
- смена канала одной базовой станции на канал другой станции, но находящейся под патронажем того же BSC.
- переключение каналов между базовыми станциями, контролируруемыми разными BSC, но одним MSC
- переключение каналов между базовыми станциями, за которые отвечают не только разные BSC, но и MSC.

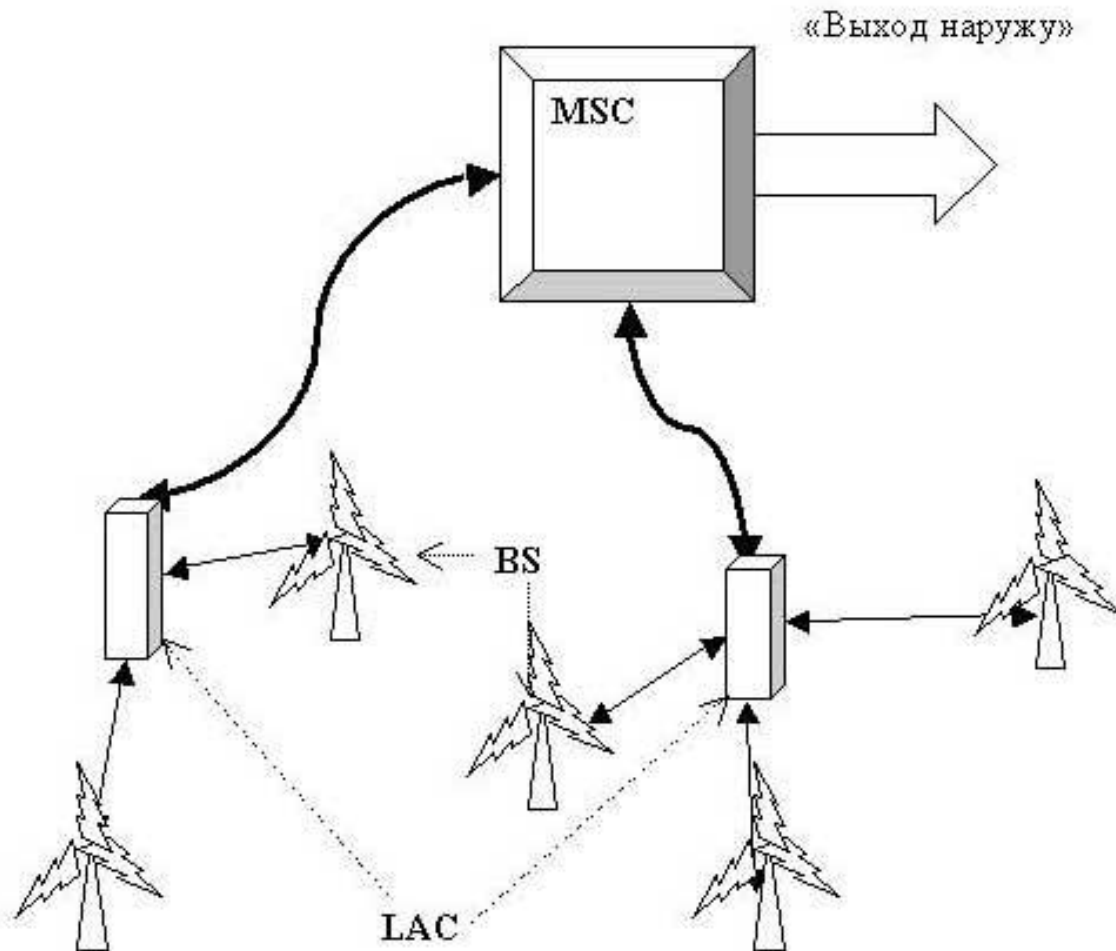
Алгоритм handover'a

Схемы

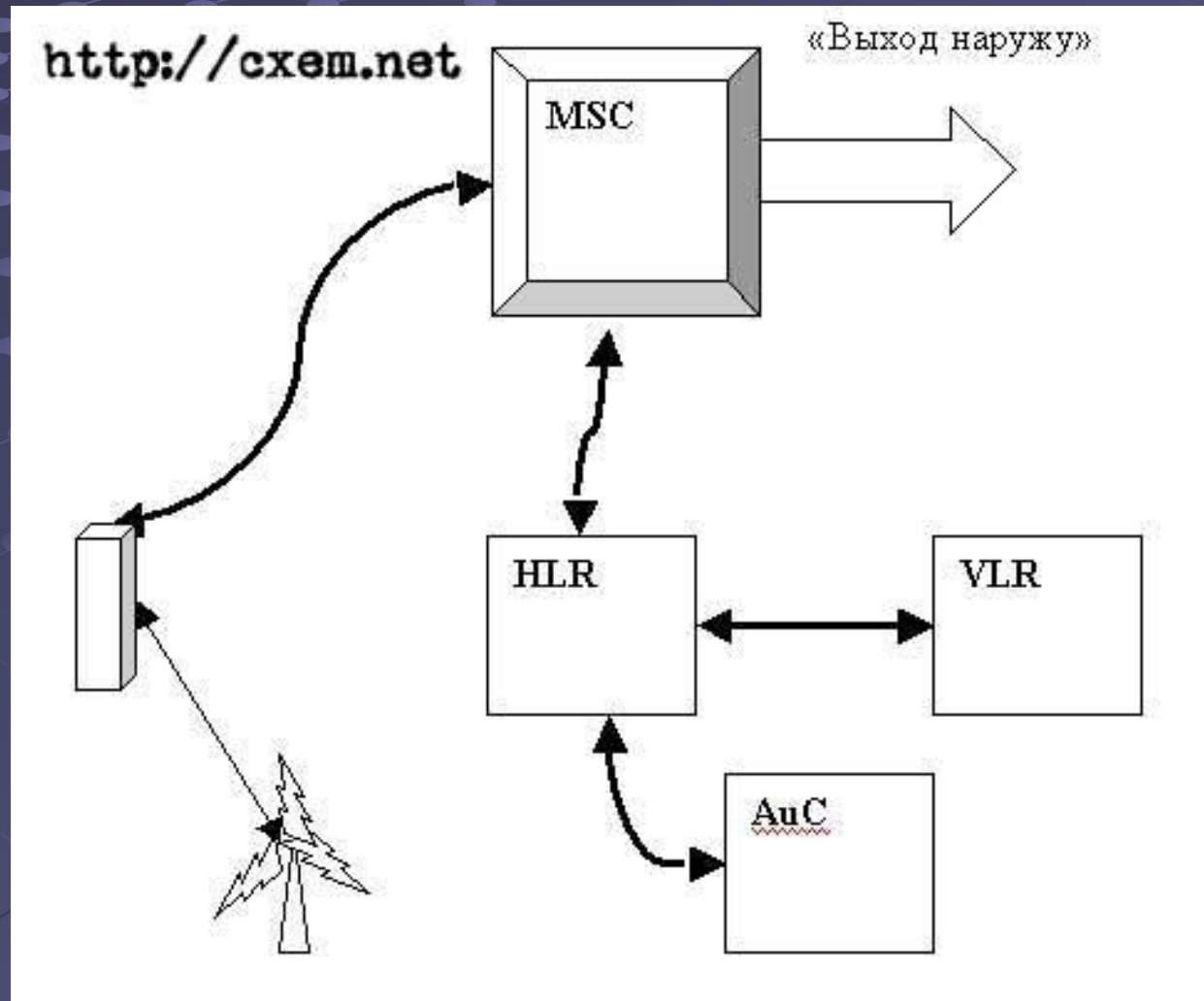
- **"Режим наименьших переключений"** (Minimum acceptable performance)
- **"Энергосберегающий режим"** (Power budget).

Маршрутизация входящих ВЫЗОВОВ

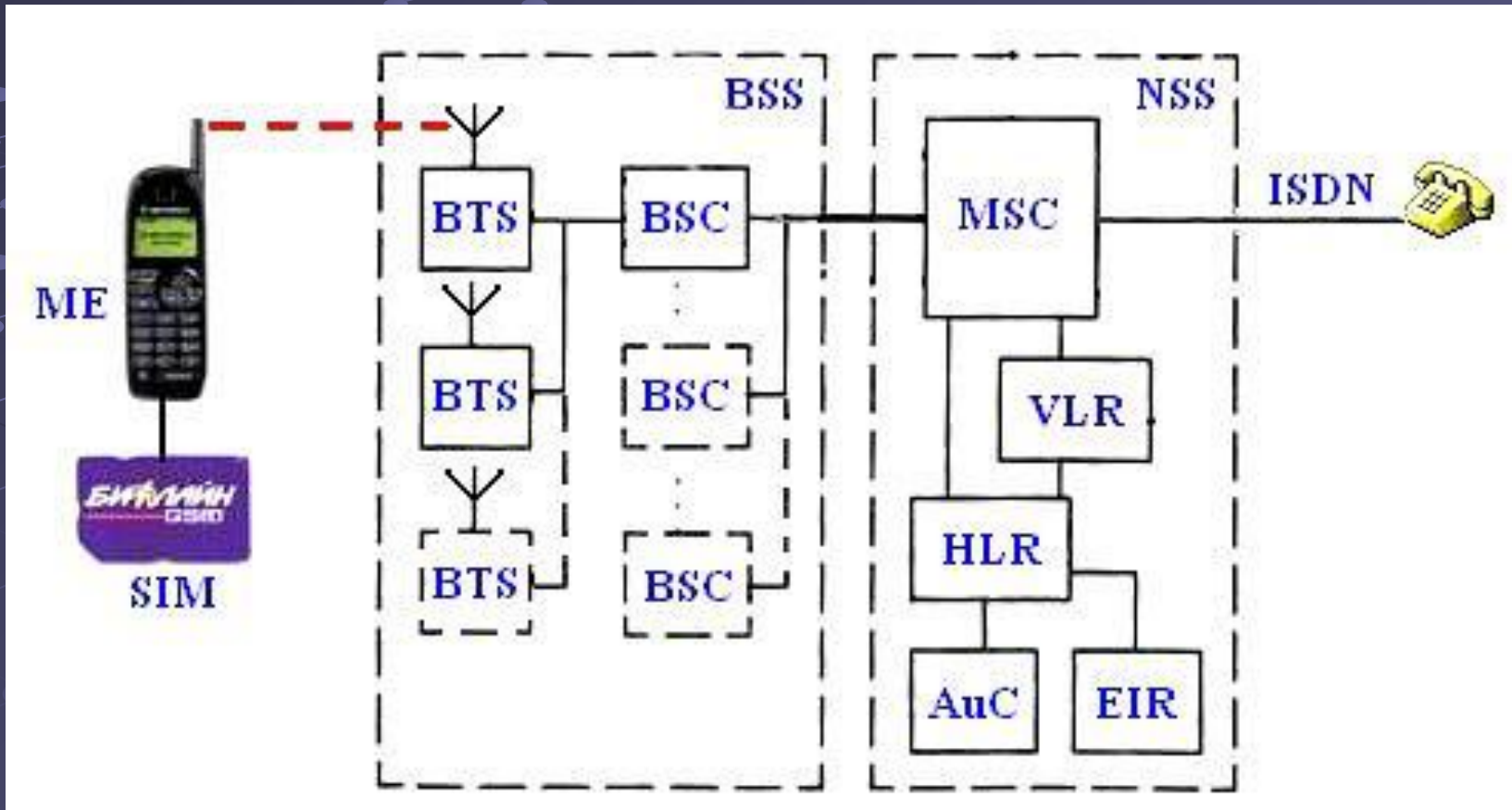
<http://схем.net>



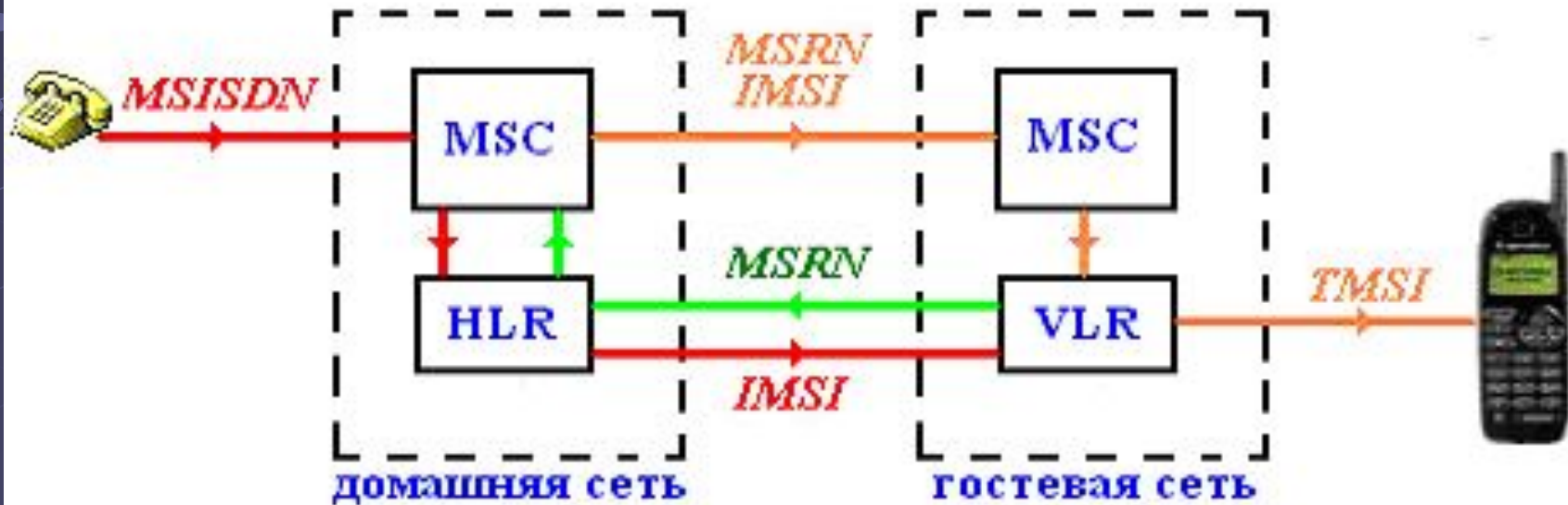
Маршрутизация входящих вызовов



Упрощенная архитектура сети GSM



Взаимодействие основных блоков сети при поступлении ВХОДЯЩЕГО ВЫЗОВА



Внешний вид антенн

Неперевершена якість
36°язку



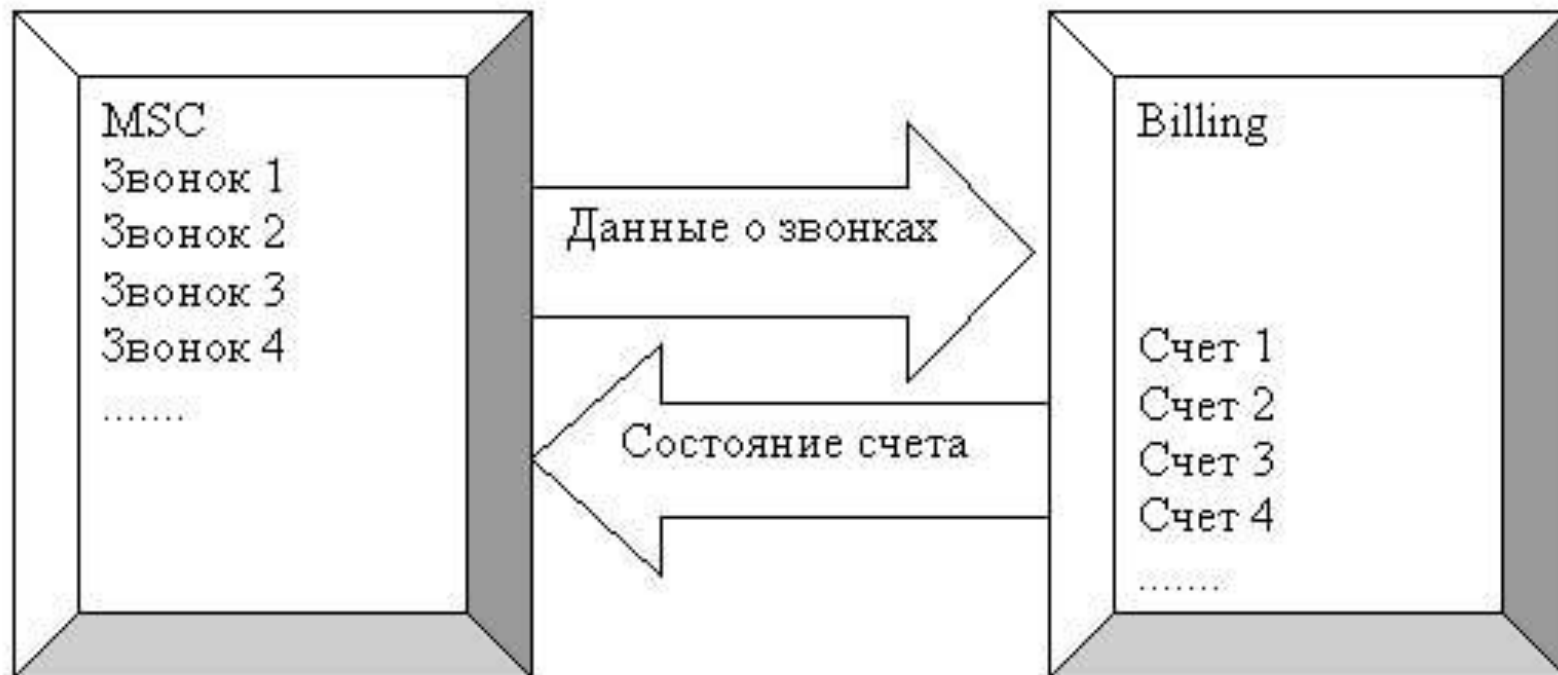
(надпись на картинке – «Непревзойденное качество связи»)



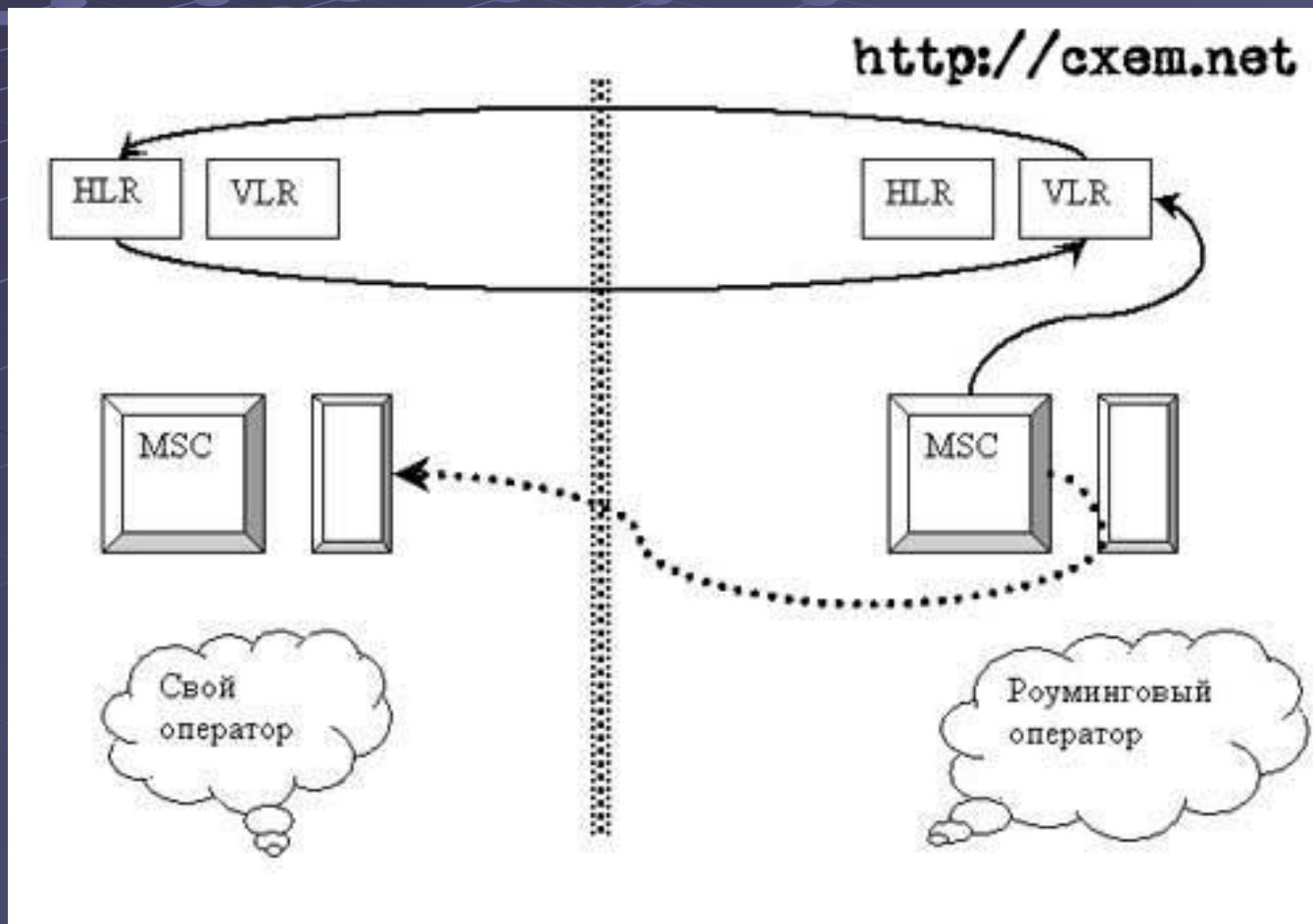
Основные диагностические сигналы об ошибке

Тип ошибки	Частота	Тип сигнала
Номер абонента занят	425 ± 15 Гц	500мс гудок, 500 мс пауза
Перегрузка сети	425 ± 15 Гц	200мс гудок, 200 мс пауза
Общая ошибка	950 ± 50 Гц 1400 ± 50 Гц 1800 ± 50 Гц	Тройной гудок (длительность каждой части 330 мс), 1 с пауза

Схема взаимодействия биллинга и коммутатора



Работа телефона в роуминге



Переадресация

