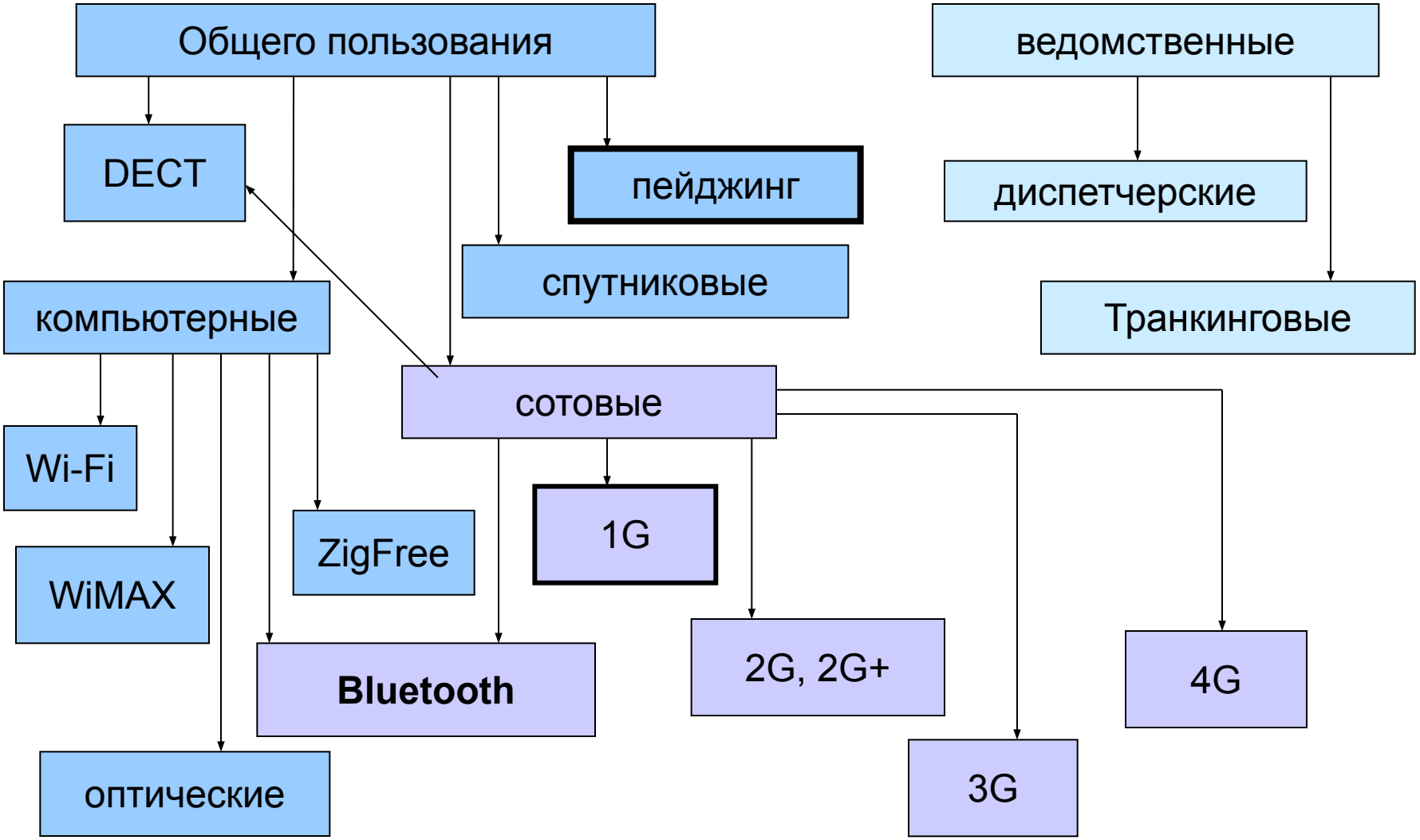
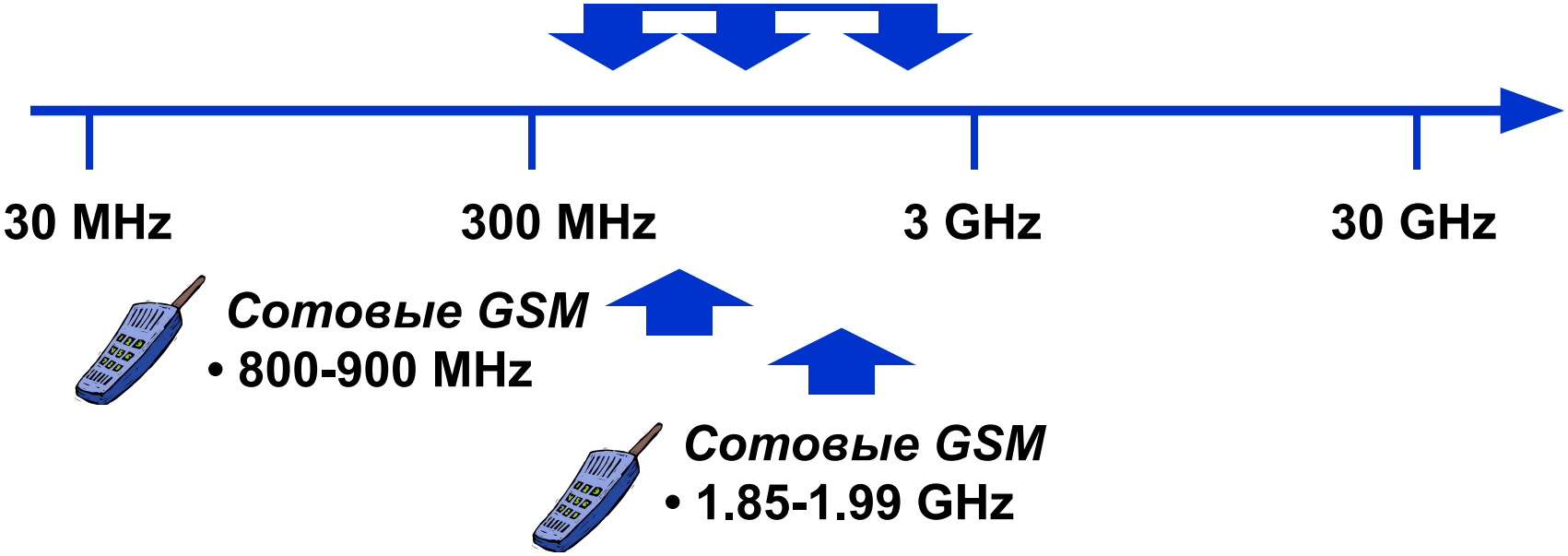
Некоторые беспроводные сети связи, в основном сотовые

Классификация беспроводных сетей



Распределение частотного диапазона (1)

Сотовые сети 3G
746-794 MHz, 1.7-1.85 GHz, 2.5-2.7 GHz



Распределение частотного диапазона (2)

Беспроводные LAN (IEEE 802.11b/g)
- **2.4 GHz**

Беспроводные LAN (IEEE 802.11a)
- **5 GHz**

30 MHz **300 MHz** **3 GHz** **30 GHz**

Bluetooth
- **2.45 GHz**

LMDS
27.5-31.3 GHz

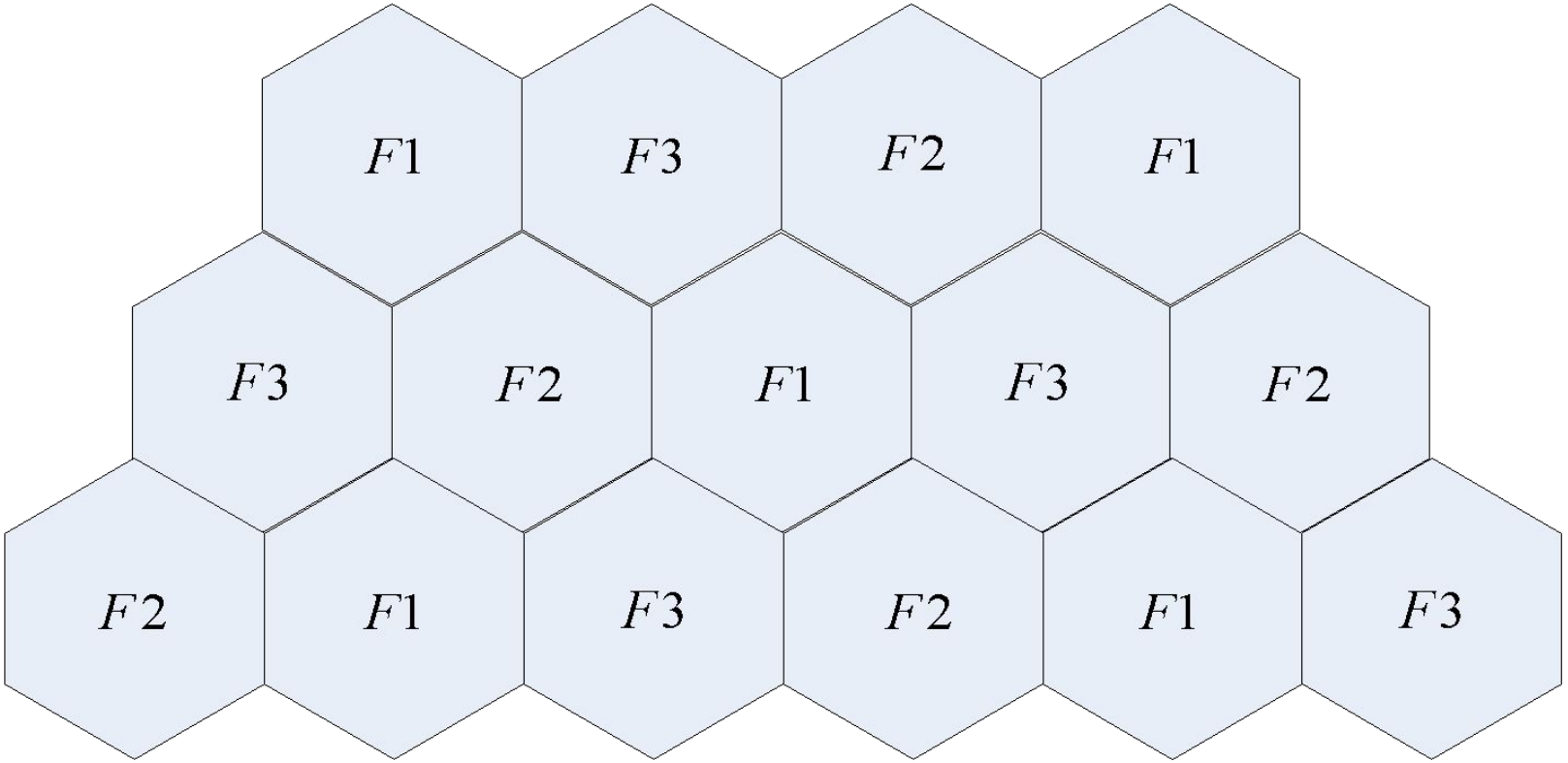
Сотовые сети связи

- 1G: аналоговые сети. Идея: покрытие пространства «сотами» (зонами действия одной базовой станции) и организация кластеров сот. Поддерживали только телефонию. Стандарты: NMT, AMPS.
- 2G: цифровые сети с коммутацией каналов. Используется метод доступа с временным разделением каналов. В основе также лежит сотовая структура. Поддерживают телефонию и передачу данных. Для организации более быстрого доступа может использоваться GPRS (2G+).Стандарты: GSM, D-AMPS, PDC.
- 3G: цифровые сети с коммутацией каналов/пакетов. Используется широкополосный метод доступа с кодовым разделением каналов, поддерживают передачу мультисервисного трафика. Стандарты: CDMA, WCDMA, cdma2000, i-mode и т.д.
- 4G: цифровые сети с коммутацией пакетов. Находятся в стадии разработки ☺

Стандарт GSM

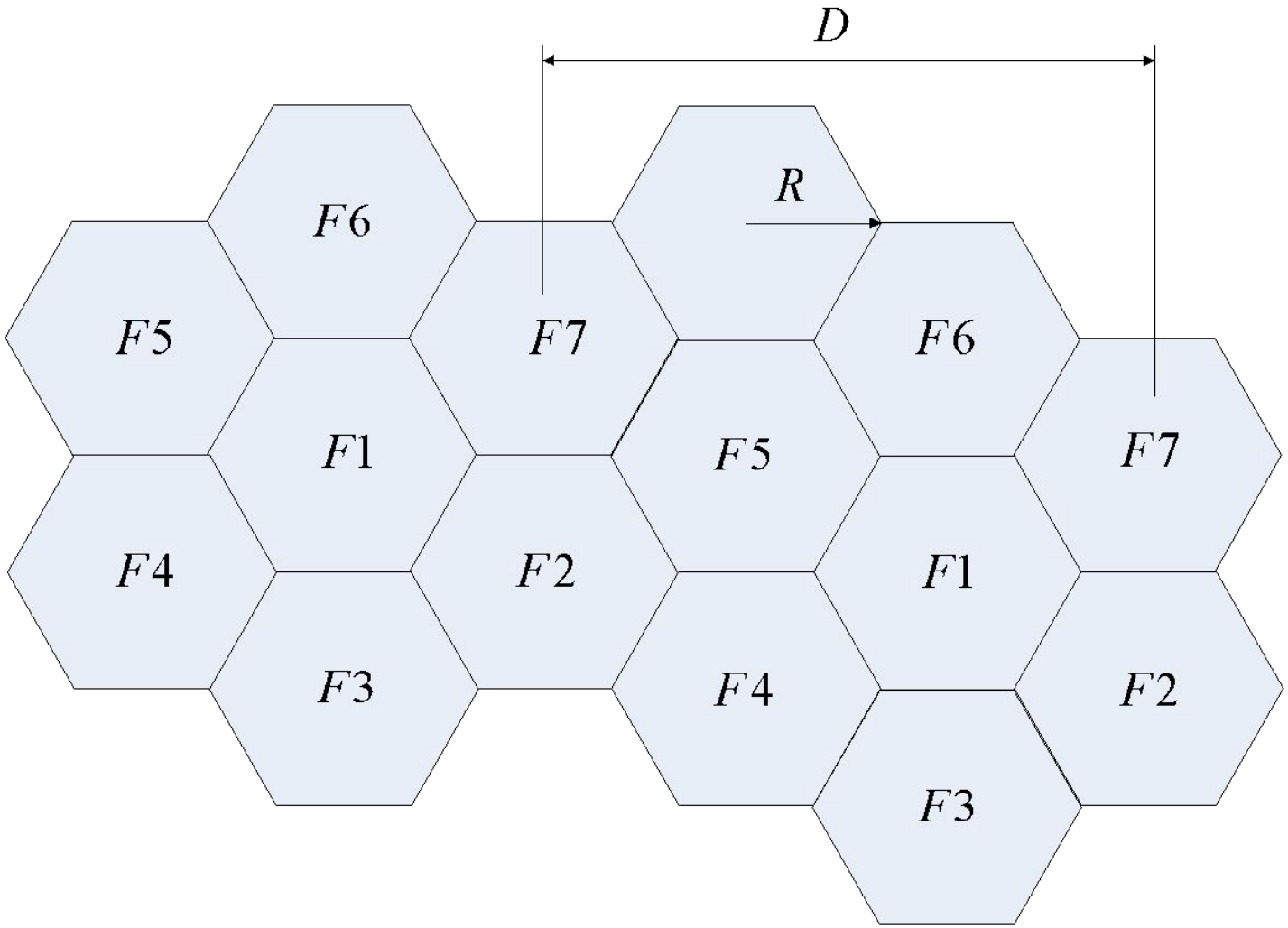
- В 1980 г. стандартизирован диапазон 900 МГц, позже – 1800 и 1900 МГц.
- Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)
- Структура кадров: 8 временных позиций на 124 несущих.
- Защита от ошибок:
  - Блочное и сверточное кодирование с перемежением.
  - Переключение рабочих частот в процессе сеанса связи (217 скачков в с.)
- Скорость кодека: 13 кбит/с
- Максимальное количество базовых станций: 16
- Радиус соты: до 35 км

Примеры сотовой топологии (1)



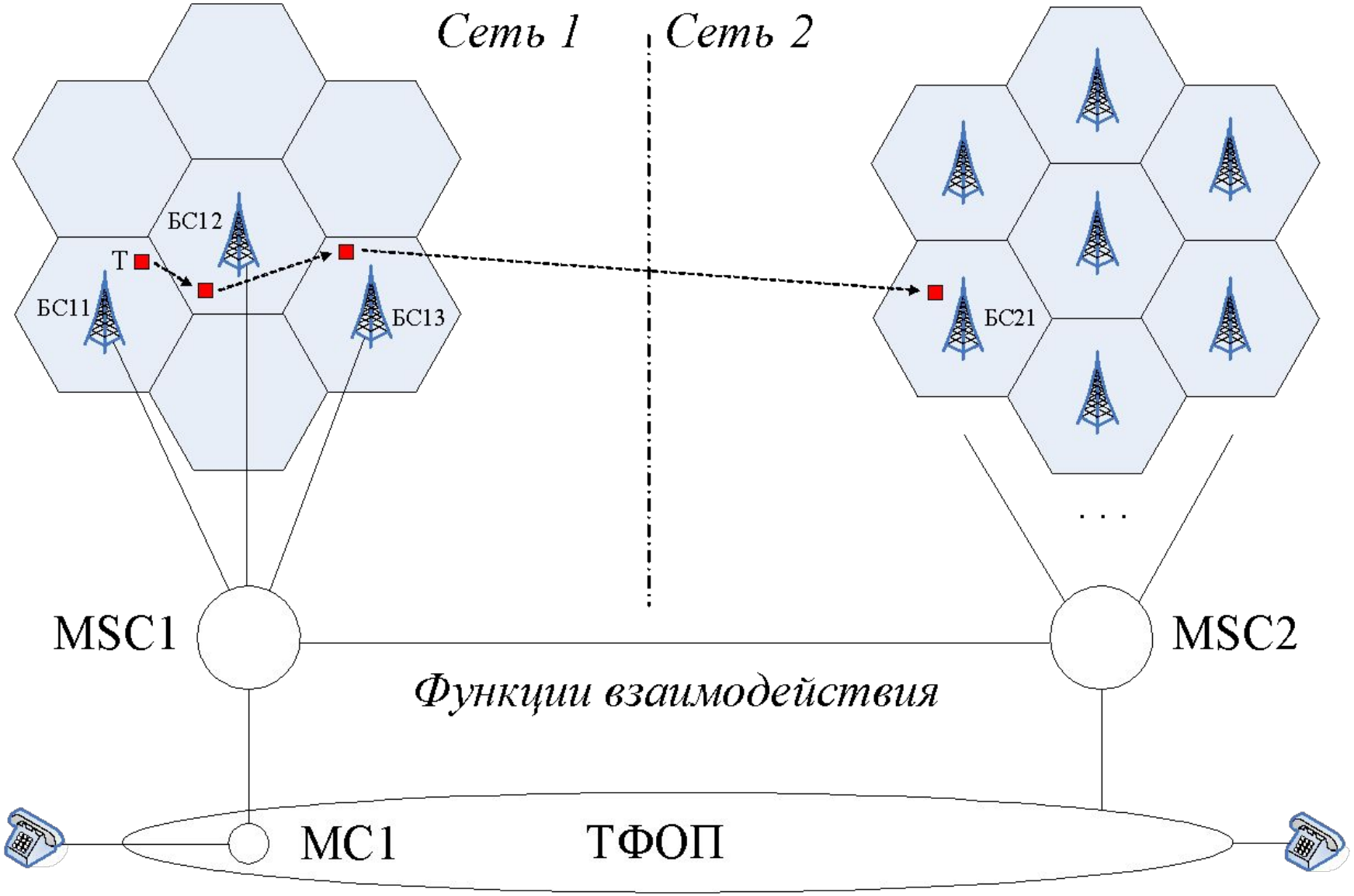
Используется три диапазона частот.

Примеры сотовой топологии (2)



Используется семь диапазонов частот.

Модель сети сотовой связи



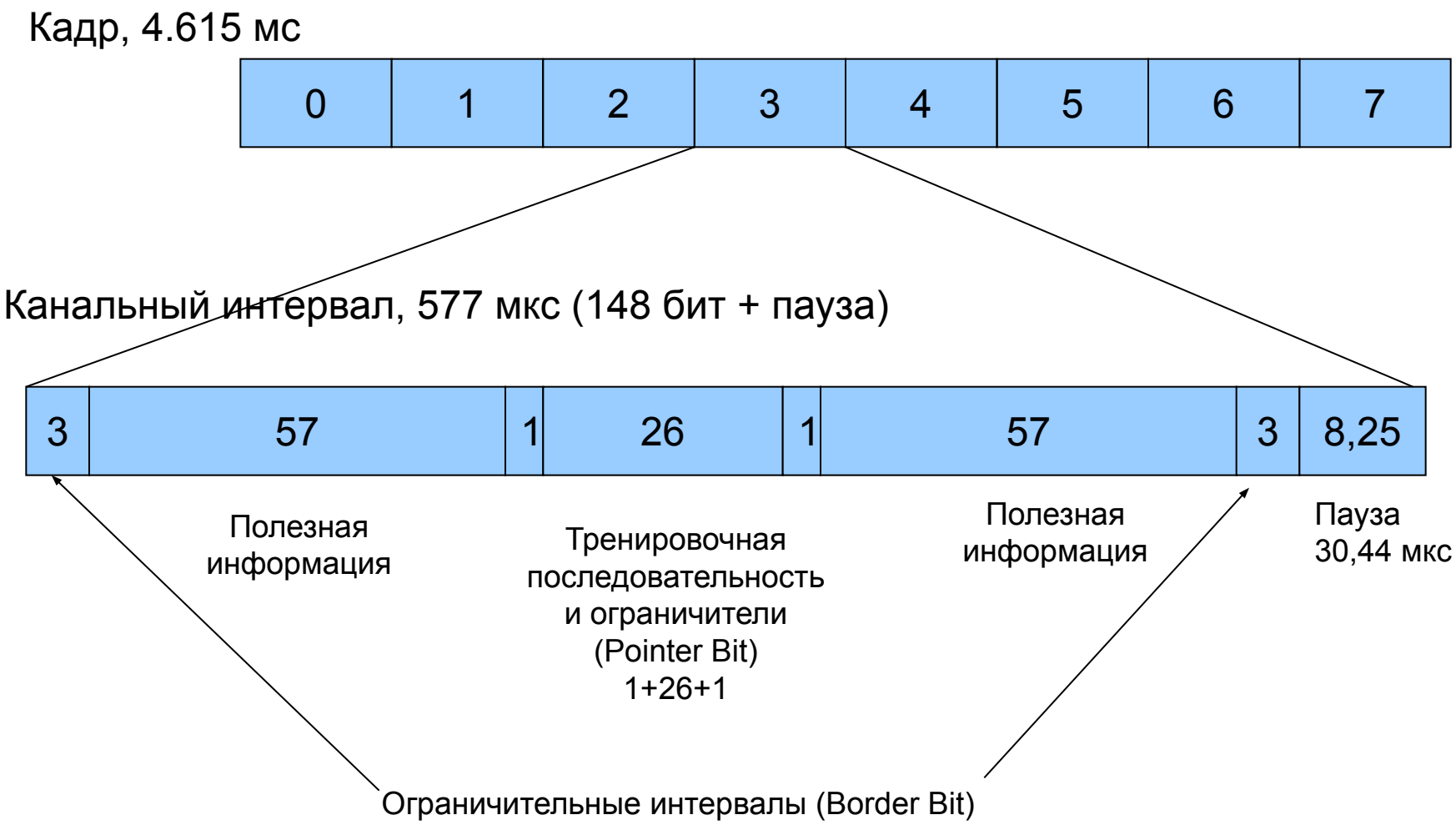
Разделение частот

- Для диапазона 900Мгц:
  - Частота ПС на передачу (нисходящий канал): 890-915 МГц
  - Частота ПС на прием (восходящий канал): : 935-960 МГц
  - Дуплексный разнос частот: 45 МГц
  - Базовая станция поддерживает до 16 частотных каналов.

- Для диапазона 1800 МГц:
  - Частота ПС на передачу (нисходящий канал): : 1710-1785 МГц
  - Частота ПС на прием (восходящий канал): : 1805-1880 МГц
  - Дуплексный разнос частот: 95 МГц
  - Базовая станция поддерживает до 16 частотных каналов.

Используется частотный метод дуплексирования каналов (FDD)

Временное разделение (TDMA) в GSM



Расширения GSM

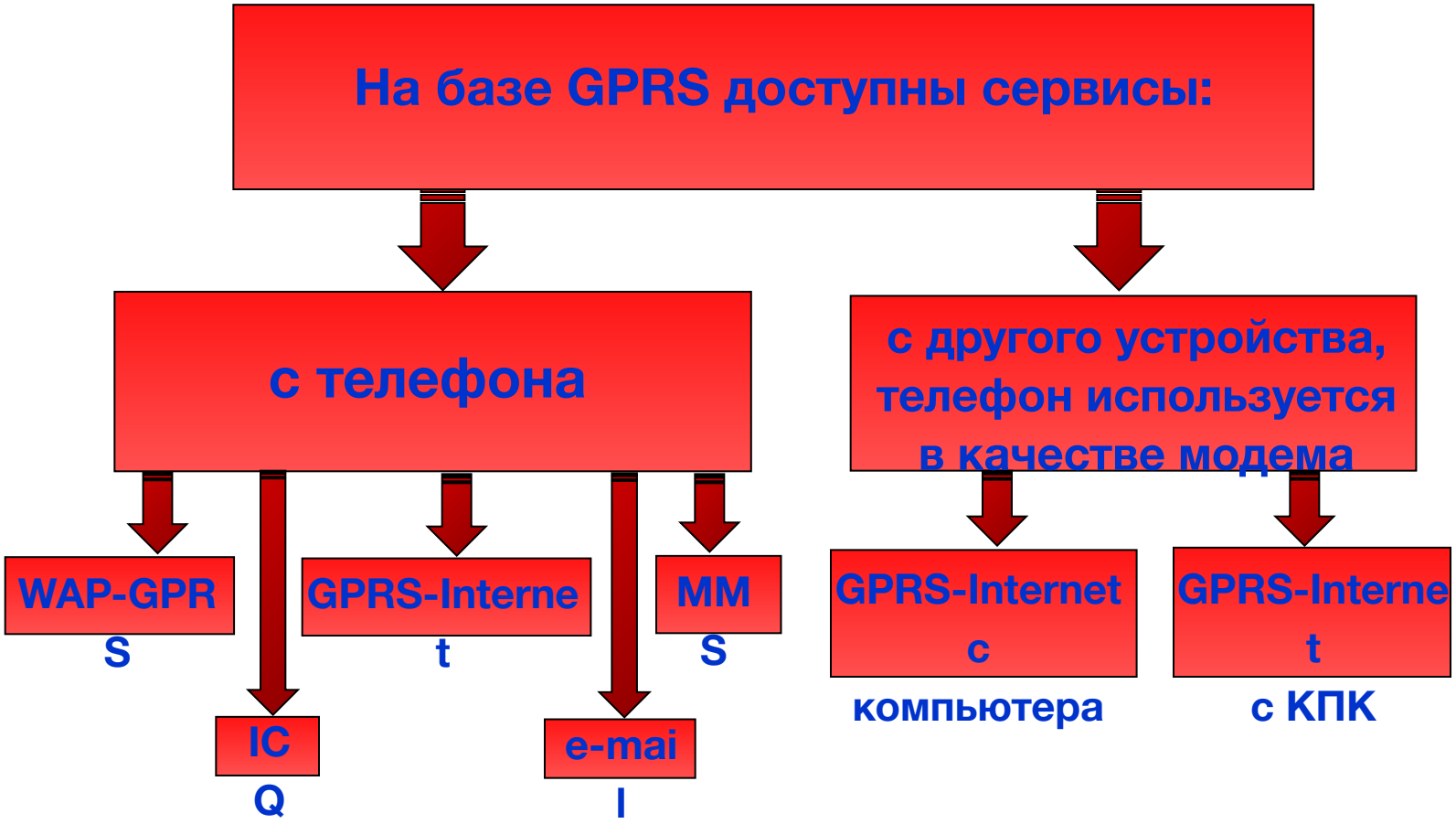
- GPRS (General Packet Radio Service): позволяет пользователю производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями.
  - **Идея:** информация собирается в пакеты и передаётся через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы. Скорость зависит от загрузки сети голосовым трафиком.

  Теоретический максимум скорости в GPRS составляет 171,2 Кбит/с

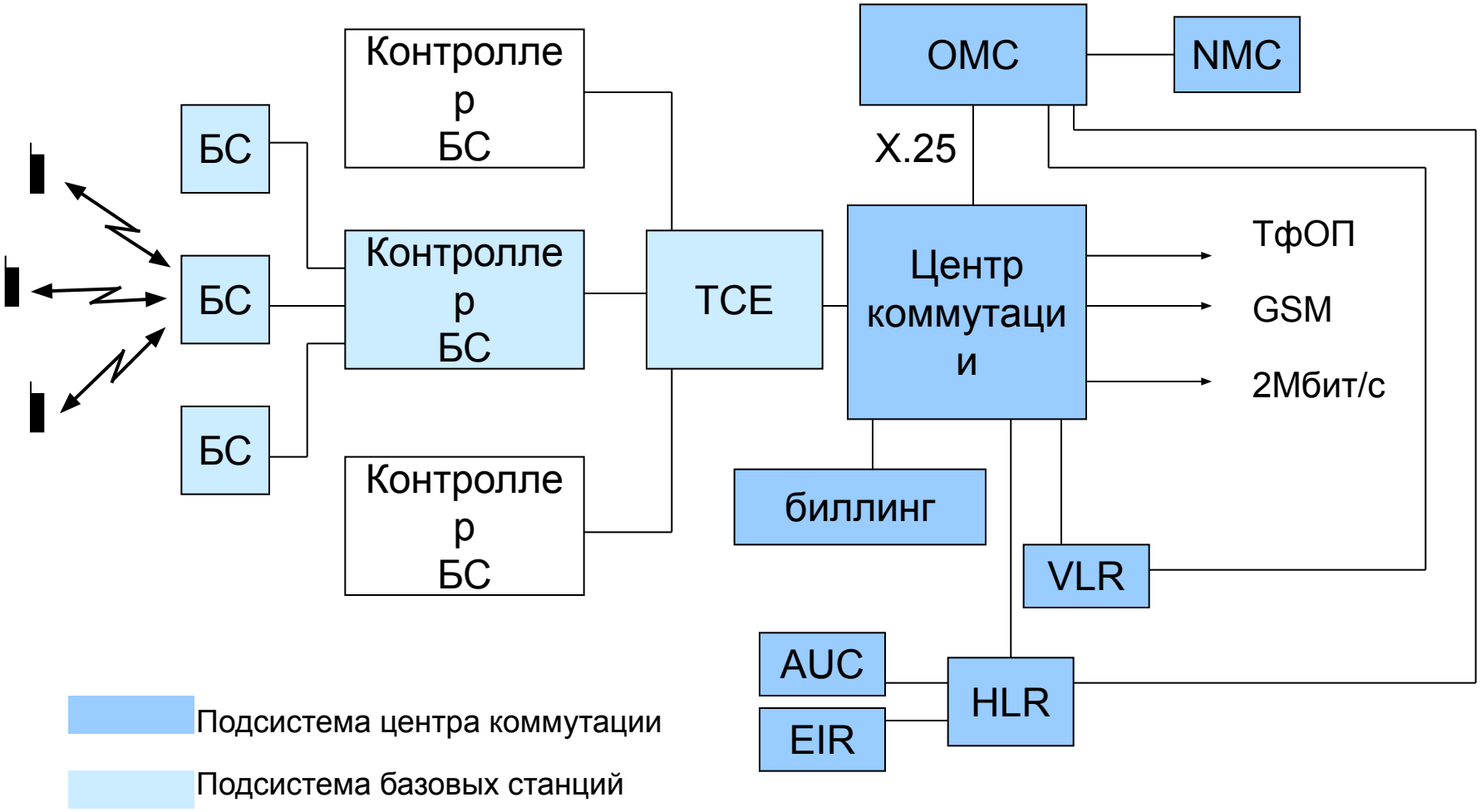
  EDGE (Enhanced Data-Rates For GSM Evolution) – это логическое продолжение GPRS, обеспечивающее большую пропускную способность канала и более высокую скорость передачи данных – до 236,8 Кбит/сек

- EDGO (Enhanced Data rates for Global Evolution): относится как к 2G, так и к 3G в зависимости от реализации и скорости:
  - ECSD - ускоренный доступ в Интернет по каналу CSD (Circuit Switched Data – канал GSM, один временной интервал поддерживает скорость канала 9.6 кбит/с)
  - EHSCSD - по каналу HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data – скорость канала до 14.4 кбит/с)
  - EGPRS - по каналу GPRS
- **Идея:** использует метод модуляции 8PSK, позволяющий увеличить скорость до 48 кбит/с на слот.

Схема использования услуг на базе GPRS



Структурная схема сети GSM



- Центр коммутации обслуживает группу сот и является интерфейсом между сотовой сетью и другими сетями (как сотовыми, так и ТфОП и проч.). Обеспечивает маршрутизацию и управление вызовами. Контролирует эстафетную передачу при передвижении абонента из соты в соту. Сигнализация ОКС№7, связь между регистрами посредством X.25, базовые станции соединены между собой транспортными сетями (SDH или ATM).
- БС – базовая станция. Подсистема БС регистрация местоположения и передача управления.
- Контроллер БС – передача вызовов в сотах для БС его зоны. Вызовы на другие БС идут через центр коммутации.
- ТСЕ – транскодер, обеспечивает преобразование речевого сигнала 64 кбит/с в 13 кбит/с (речевой шлюз).

- OMC – центр эксплуатации и технического обслуживания, обеспечивает:
  - Контроль и управление сетью
  - Оценку качества работы сети
- NMC – центр управления сетью на сетевом уровне, обеспечивает:
  - Эксплуатацию и техническое обслуживание (через OMC)
  - Управление трафиком
  - Сигнализацию (ОКС№7)
  - Диспетчер при аварийных ситуациях
- HLR – регистр положения. Хранит данные об абонентах (IMSI и абонентский номер). Использует распределенную структуру хранения информации. Функции:
  - Опознание IMSI и аб.N
  - Проверка параметров подлинности
  - Контроль за составом услуг связи
  - Роуминг
  - Таблица маршрутизации

- VLR – регистр перемещения. Обеспечивает контроль за перемещением абонента. Содержит информацию о контроллере БС, в зоне действия которой находится абонент. Содержит данные об абоненте из HLR на время пребывания абонента в данной зоне.
- EIR – регистр идентификации оборудования. Содержит списки идентификаторов аппаратов (IMEI, хранится в аппарате, отправляется в сеть вместе с SRES). Позволяет отслеживать несанкциони-рованное использование аппаратов с сети
- AUC – центр аутентификации. Содержит IMSI, обеспечивает работу механизмов аутентификации абонента.
  - Формирует ключи и алгоритмы аутентификации
  - Проверяет полномочия абонента
  - Осуществляет доступ к сети связи

Аутентификация абонента

- Для каждого абонента формируются:
  - IMSI: идентификатор в данной сети
  - Ki: ключ аутентификации
  - Ai: алгоритм аутентификации

Эти данные записываются и хранятся на SIM!

- Процедура проверки:
  - Сеть передает случайный параметр RAND.
  - При получении RAND аппарат абонента производит процедуру вычисления: SRES=Ki□[RAND], где □- оператор аутентификации алгоритма Ai.
  - БС также производит процедуру вычисления SRES согласно параметрам, хранящимся в AUC.
  - Аппарат абонента отсылает в сеть значение SRES.
  - Сеть сравнивает значение SRES полученное от абонента и вычисленное на станции. При совпадении значений абонент подключается к сети.

Сети 3G

- CDMA – множественный доступ с кодовым разделением каналов (Code-Division Multiple Access).
- Поддерживает широкий ряд технологий
- Три вида кодового разделения каналов: методом прямой последовательности (DS), частотных скачков (FH), временных скачков (TH). Основным стал DS.
- Обеспечивает высокую помехоустойчивость, качество связи и скрытность информации за счет особенностей алгоритмов.

Принцип кодового разделения каналов методом DS

- Логические каналы формируются за счет расширения спектра сигнала последовательностями Уолша:
  - каждая из последовательностей представляет собой строку матрицы Адамара
  - все строки матрицы и их инверсия ортогональны

$$A_{2n} = \begin{bmatrix} A_n & A_n \\ A_n & -A_n \end{bmatrix}$$

Пример формирования последовательностей Уолша

Матрица Адамара 1го порядка $A_1 = [1]$

Матрица Адамара 2го порядка $A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

Матрица Адамара 4го порядка $A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$

Последовательности Уолша:

Канал1: 1,1,1,1
Канал2: 1,0,1,0
Канал3: 1,1,0,0
Канал4: 1,0,0,1

Алгоритм передачи в нисходящем канале (от абонента)

- Защитное сверточное кодирование (на вход подаются данные со скоростью до 9.6 кбит/с).
- Повторитель (повторение до 8 раз в зависимости от условий связи).
- Перемежение (защита от групповых ошибок)
- Маска длинного кода (или идентификатор мобильной станции: 42-разрядное число).
- Модуляция последовательностями Уолша (каждый бит перемножается на 64-разрядную последовательность).
- QPSK-модулятор (фазовая модуляция может быть 4х или 8ми позиционной).

Развитие стандартов 3G

- CDMA – семейство стандартов с 1995 г. Развитие получил IS-95 (cdmaOne):
  - скорость до 14,4 кбит/с,
  - 64 канала
  - радиус соты до 20 км
  - Поддержка базовой станцией до 45 фиксированных и до 25 подвижных абонентов.
- Подразумевает эволюционный путь развития – технологии cdma2000, EV-DO, WCDMA (основная идея та же самая).

WCDMA (UMTS)

- Поддержка разноса каналов: частотный FDD WCDMA и временной TDD WCDMA.
- для FDD WCDMA
  - Работа как в синхронном, так и асинхронном режиме
  - Поддержка скорости до 2 Мбит/с для малоподвижных абонентов и до 384 кбит/с для подвижных
  - Частотный диапазон 5 МГц

- для TDD WCDMA
  - Совмещает временное разделение дуплексных каналов, временное мультиплексирование каналов и кодовое мультиплексирование каналов.
  - Интегрируется с GSM (поддержка протоколов верхних уровней и сигнализации)
  - Поддерживает скорости до 2 Мбит/с
  - Радиус соты до 40 км
  - Скорость движения абонента до 120 км/ч.

Перспективы сотовой связи (1)

Сети, подобные тем, которые используют стандарт GSM, относятся ко второму поколению систем мобильной связи – 2G. Разработанная ETSI идеология UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) определяет набор стандартов для универсальной системы мобильной связи. Она относится к поколению 3G. Концепция UMTS создавалась для поддержки мультимедийных услуг. Для нее выделен частотный диапазон 2 ГГц. Сети 3G уже введены рядом европейских Операторов в коммерческую эксплуатацию.

Ряд специалистов считает, что более перспективно направление, связанное с поколениями 4G и 5G. Соответствующие сети позволяют довести скорость обмена информацией до 100 Мбит/с. Предполагается, что сети 4G могут быть введены в коммерческую эксплуатацию уже в 2010 году. Существенно то, что поколения 4G и 5G ориентированы на сеть следующего поколения, что очень важно с точки зрения максимальной интеграции фиксированной и мобильной связи.