



Contents

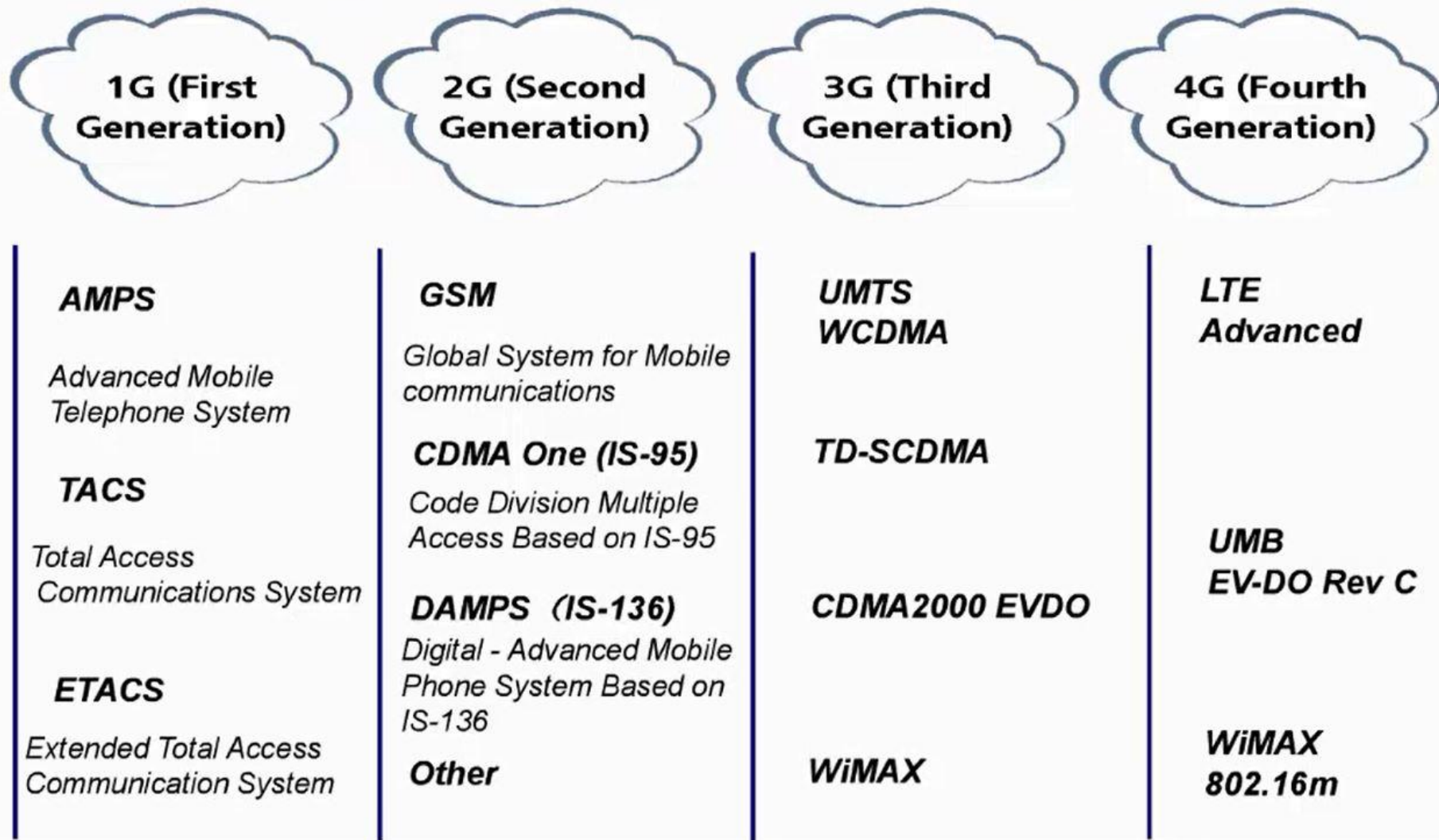
1 Архитектура сети

1.1 Эволюция сетей сотовой связи

1.2 Архитектура EPS

1.3 Стеки протоколов на интерфейсах

Эволюция сетей сотовой связи





Contents

1 Архитектура сети

1.1 Эволюция сетей сотовой связи

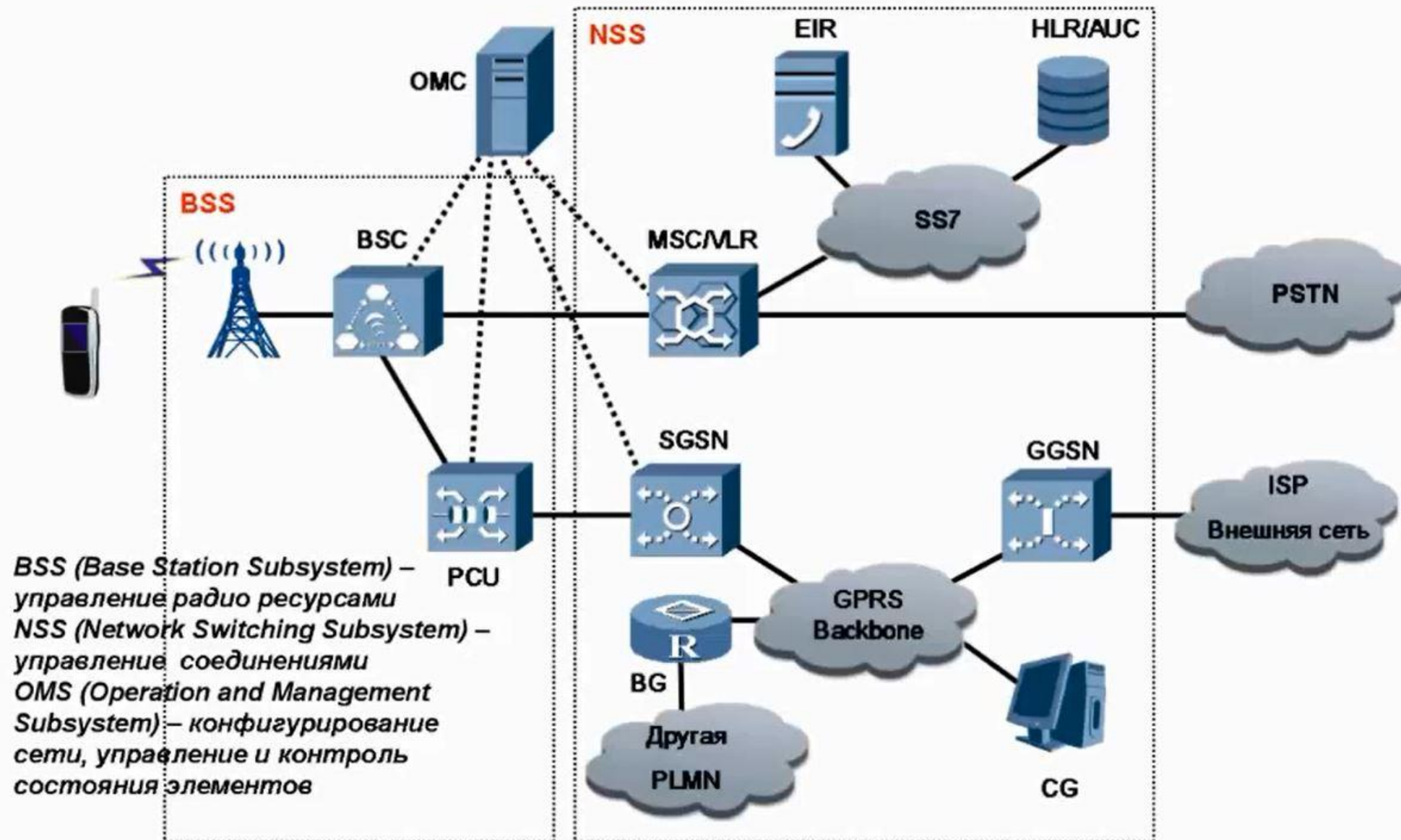
1.2 Архитектура сетей 2G

1.3 Архитектура сетей 3G

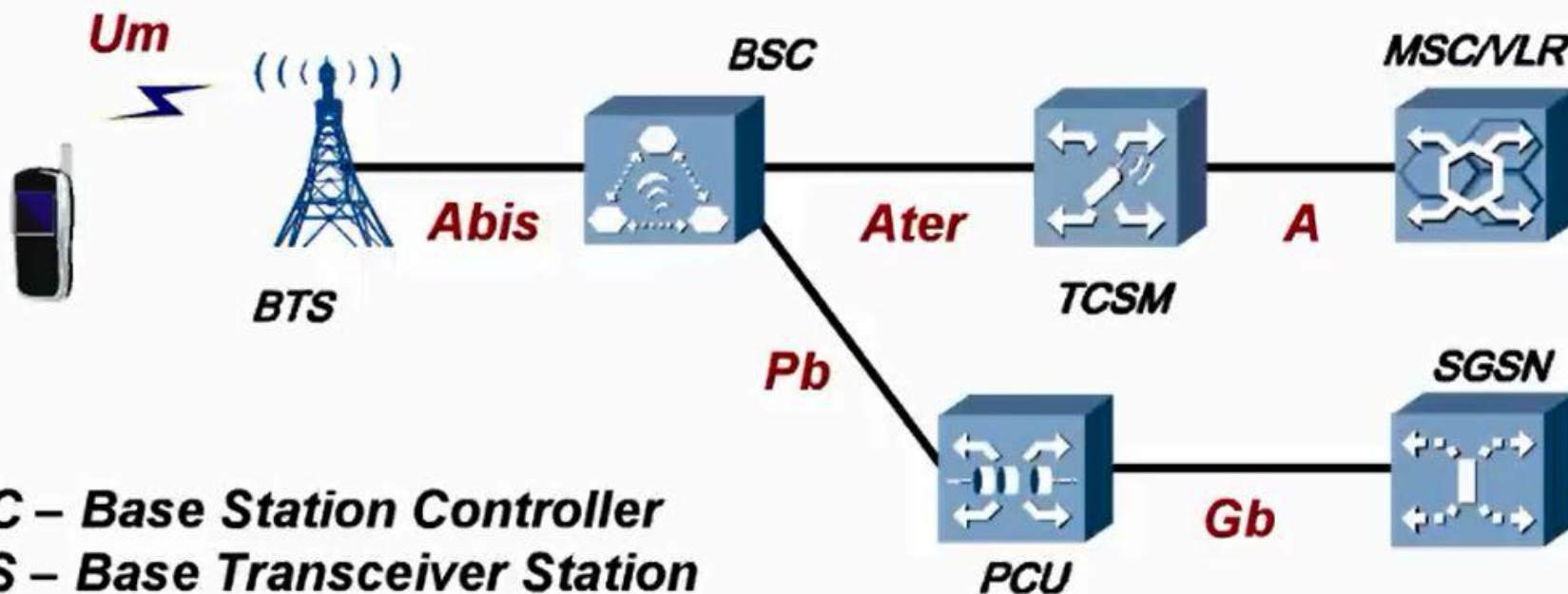
1.4 Архитектура сетей 4G

1.5 Архитектура комплексной сети

Структура сетей GSM/GPRS (2G)

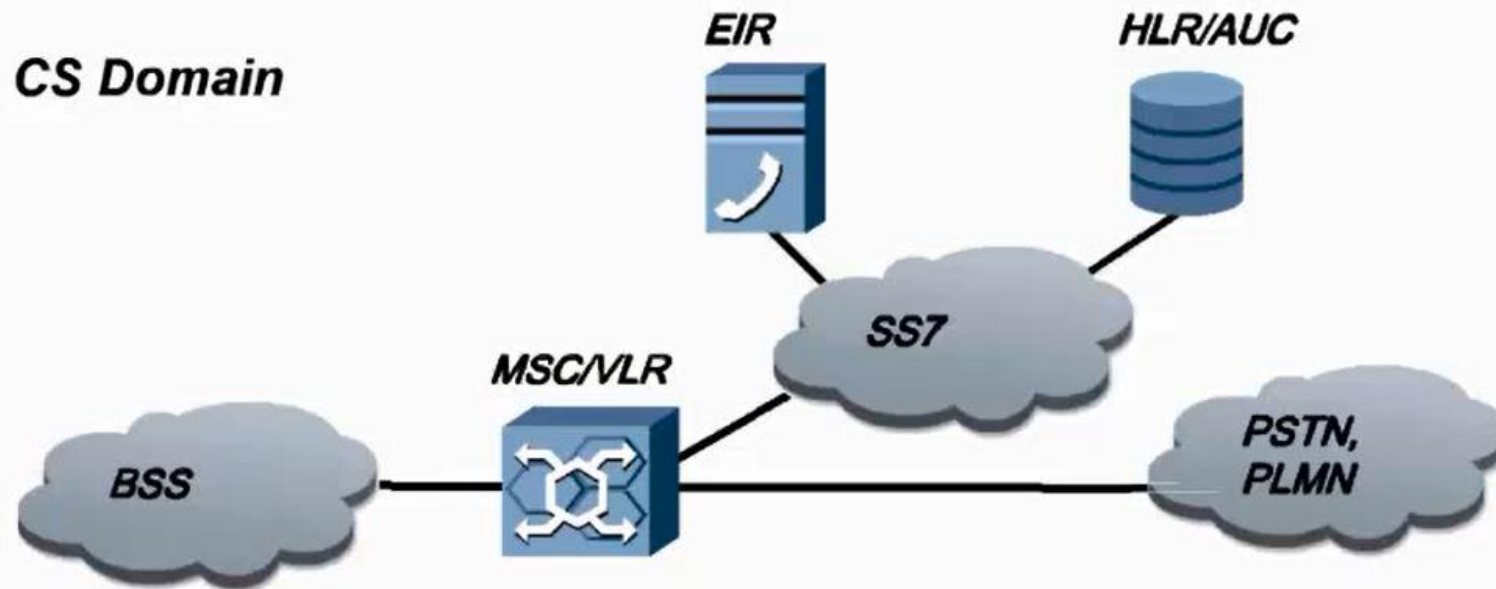


Интерфейсы BSS



BSC – Base Station Controller
BTS – Base Transceiver Station
PCU – Packet Control Unit
TCSM – TransCoder & SubMultiplexor

Элементы подсистемы NSS (3GPP R99)



3GPP – 3G Partnership Project (в настоящее время разрабатывает все новые стандарты GSM/GPRS/EDGE--UMTS/WCDMA/TD-SCDMA--LTE/SAE)

Mobile-service Switching Center – MSC

Home Location Register – HLR

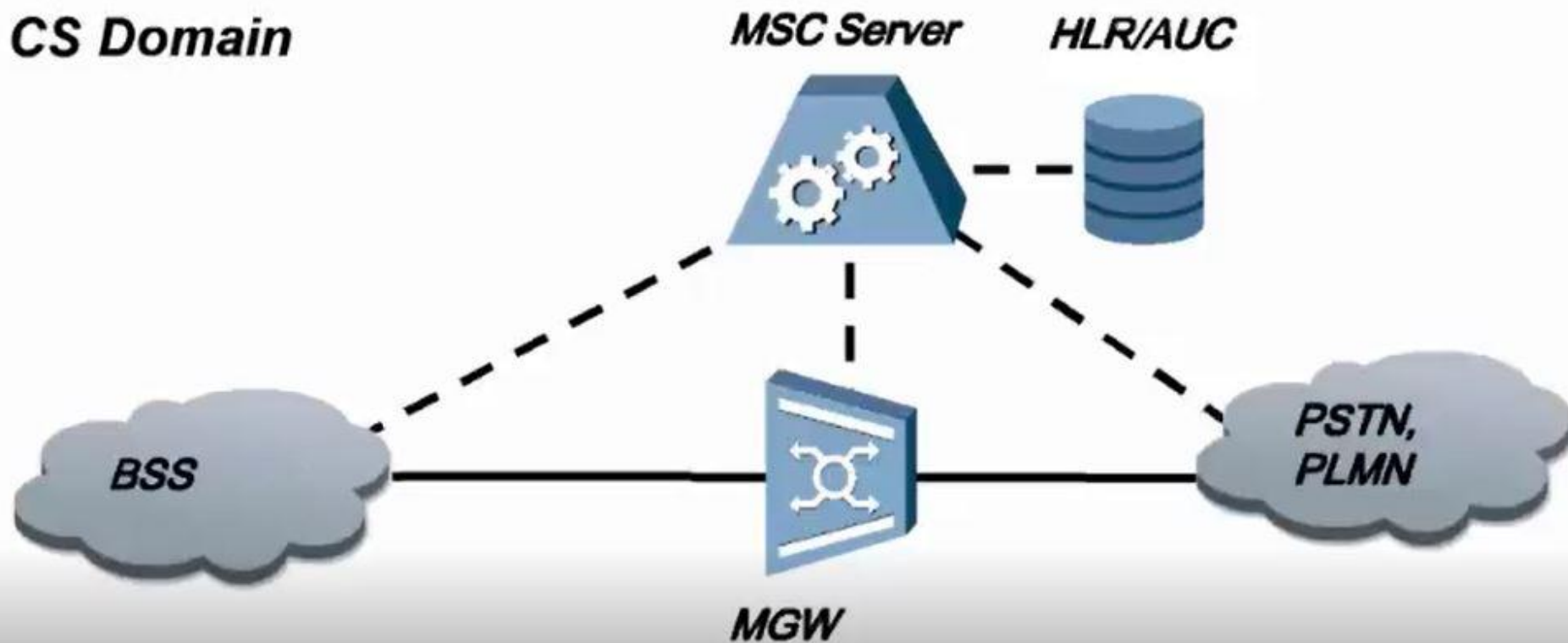
Visitor Location Register – VLR

Equipment Identity Register – EIR

Authentication Center – AUC

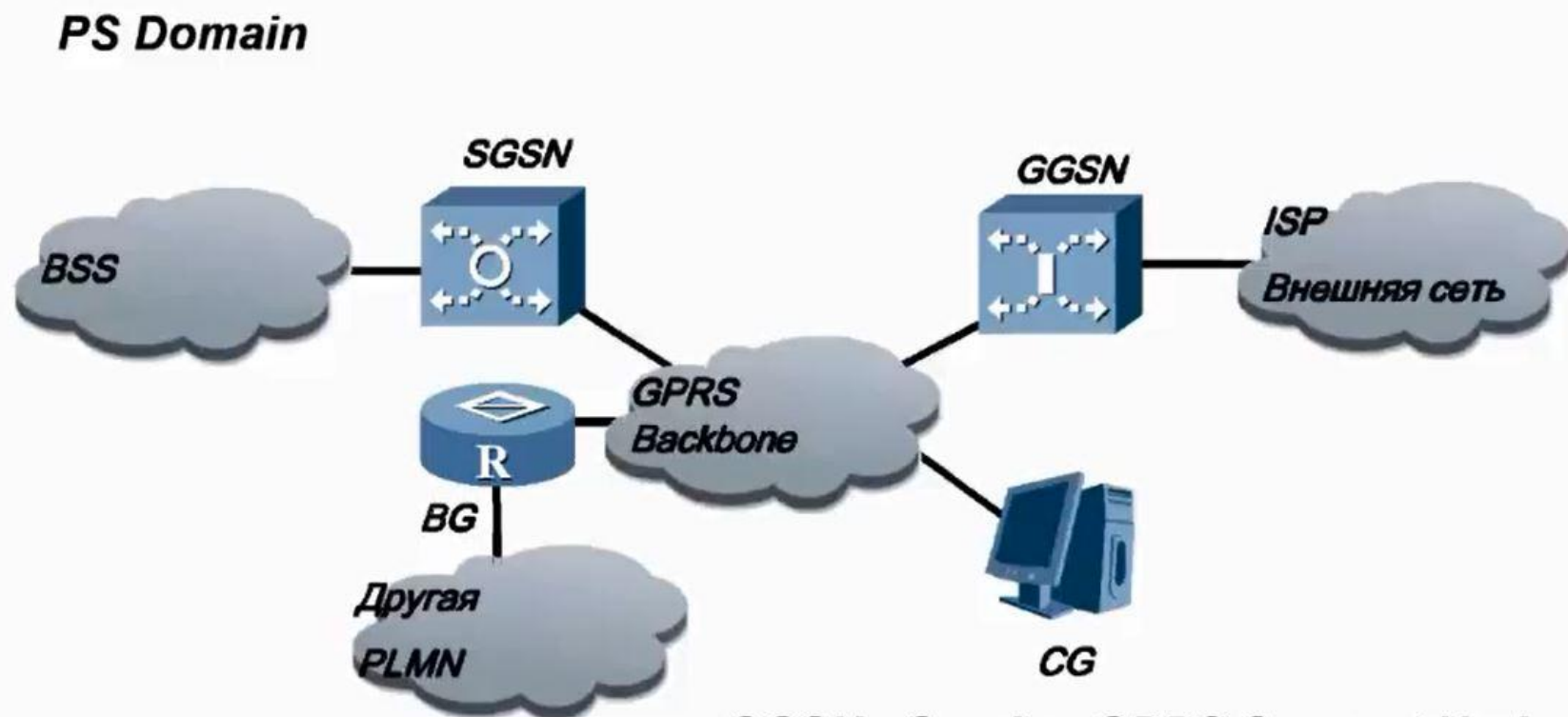
Элементы подсистемы NSS (3GPP R4)

CS Domain



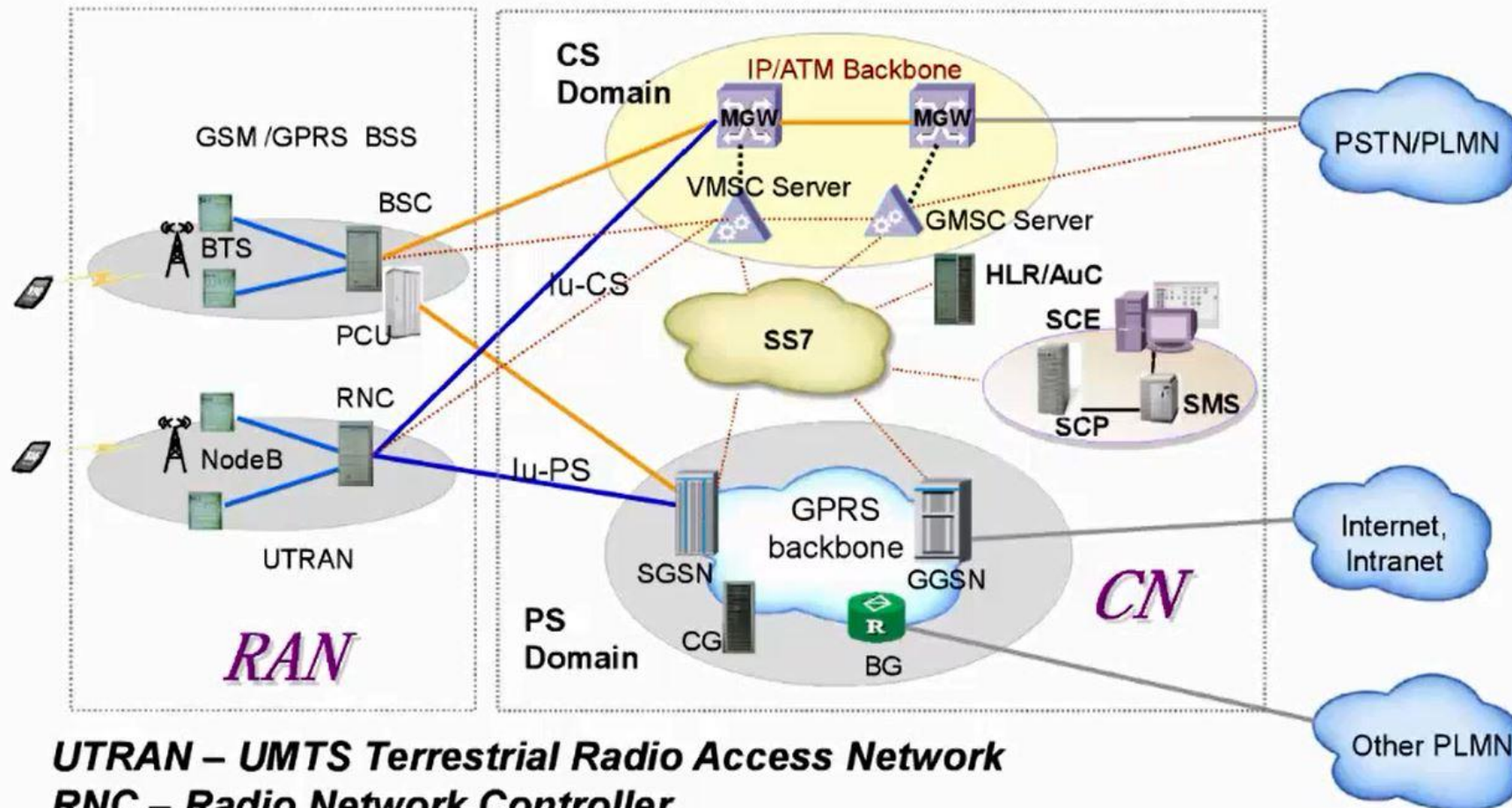
MGW – Media Gateway

Элементы подсистемы GPRS



SGSN - Serving GPRS Support Node
GGSN - Gateway GPRS Support Node
BG - Border Gateway
CG - Charging Gateway

Структура сети UMTS (3G)

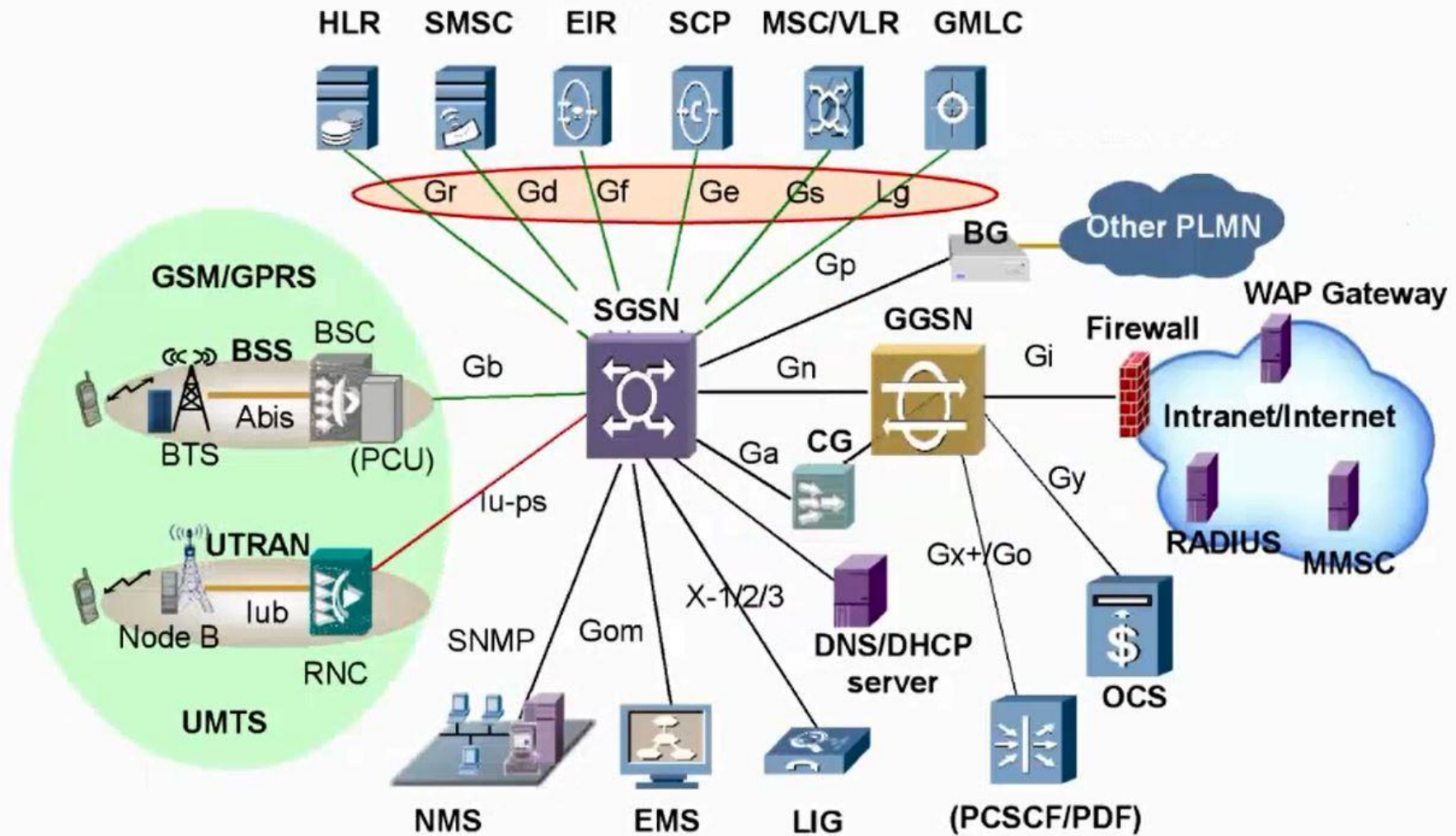


UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

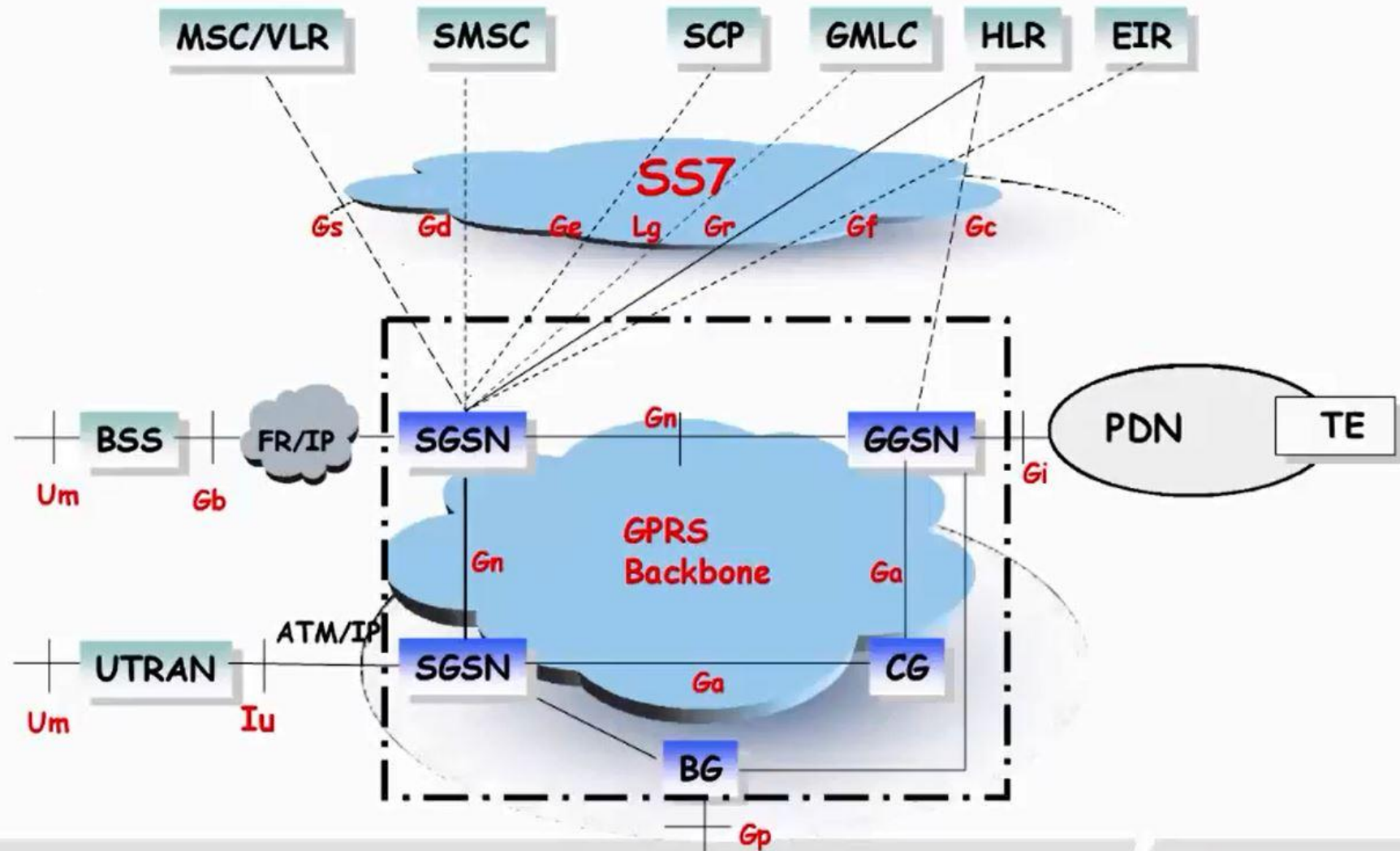
RNC – Radio Network Controller

NodeB – Узел B – базовая станция UMTS

GPRS/UMTS PS Network (3G)



GPRS/UMTS PS Network Structure



GPRS Network Structure

- Abbreviations:
 - GPRS: General Packet Radio Service
 - BSS: Base Station Subsystem
 - UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
 - SGSN: Service GPRS Support Node
 - GGSN: Gateway GPRS Support Node
 - CG: Charging Gateway
 - BG: Border Gateway
 - PDN: Packet Data Network

Функции SGSN

- Mobility management Управление мобильностью
 - MM - Отслеживание зоны нахождения абонентской станции.
- Session management Управление сессиями
 - SM – Управление контекстом PDP – протокола пакетных данных (то есть установление сессии, назначение и изменение параметров, прекращение сессии).
- Routing and transfer packets – Маршрутизация и передача пакетов
- Charging – Генерация биллинговых записей (CDR -Call detail record – когда и в какой cote сколько трафика абонент скачал)

Функции GGSN

- Управление сессиями
 - Определение параметров качества сервиса и ширины полосы.
 - Выделение IP- адреса
- Маршрутизация и передача пакетов
- Charging – Ведение биллинговых записей
 - GGSN can generate, store, convert and send CDRs.

Функции CG

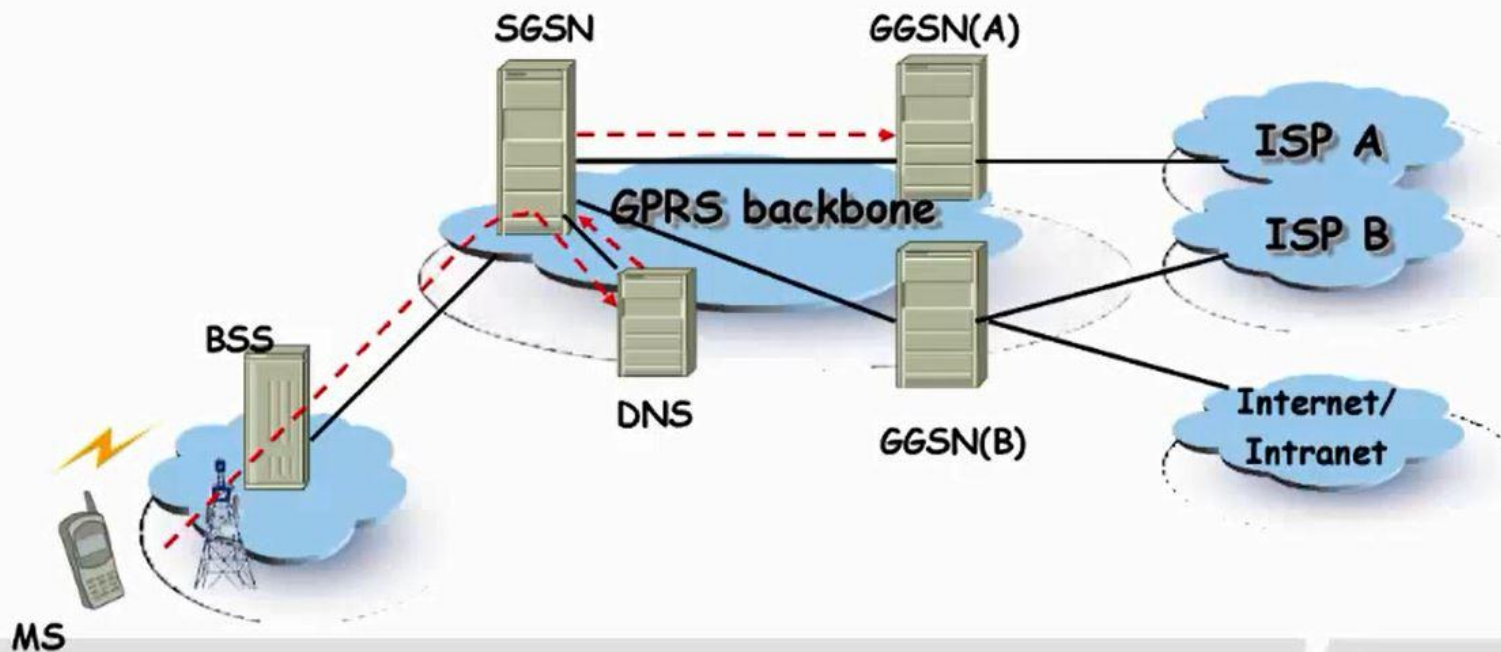
- Сбор GPRS CDRs
- Временное хранение GPRS CDRs
- Предварительная обработка GPRS CDRs
- Передача GPRS CDRs биллинговому центру

Функции HLR/AuC

- Сохранение и обновление данных об абонентах GPRS и подписанных услугах
- Аутентификация (генерация триплетов/пентиплетов)
- Сохранение информации о местонахождении абонента
 - Сохранение и обновление SGSN Id и адреса для каждого "своего" пользователя GPRS
 - Фиксация Удаления пользователя GPRS из SGSN
 - Отметка о доступности или недоступности пользователя

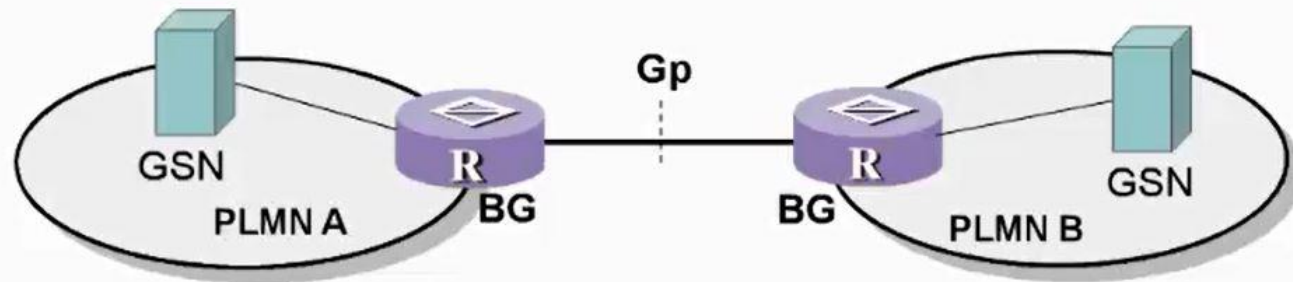
Функции DNS

- Выявление по APN -> GGSN IP в процедуре активации PDP-контекста
- Выявление по RAI -> SGSN IP в процедуре обновления RA
- Выявление по RNCID -> SGSN IP при переводе абонента в другой RNC (UMTS)



Функции BG

- BG : border gateway between – обеспечивает маршрутизацию и безопасную передачу данных (через туннелирование) в другие PLMN.
- BG поддерживает протоколы;
 - Security protocol (безопасность) : IPSEC and firewall;
 - Routing protocol (маршрутизация) : BGP

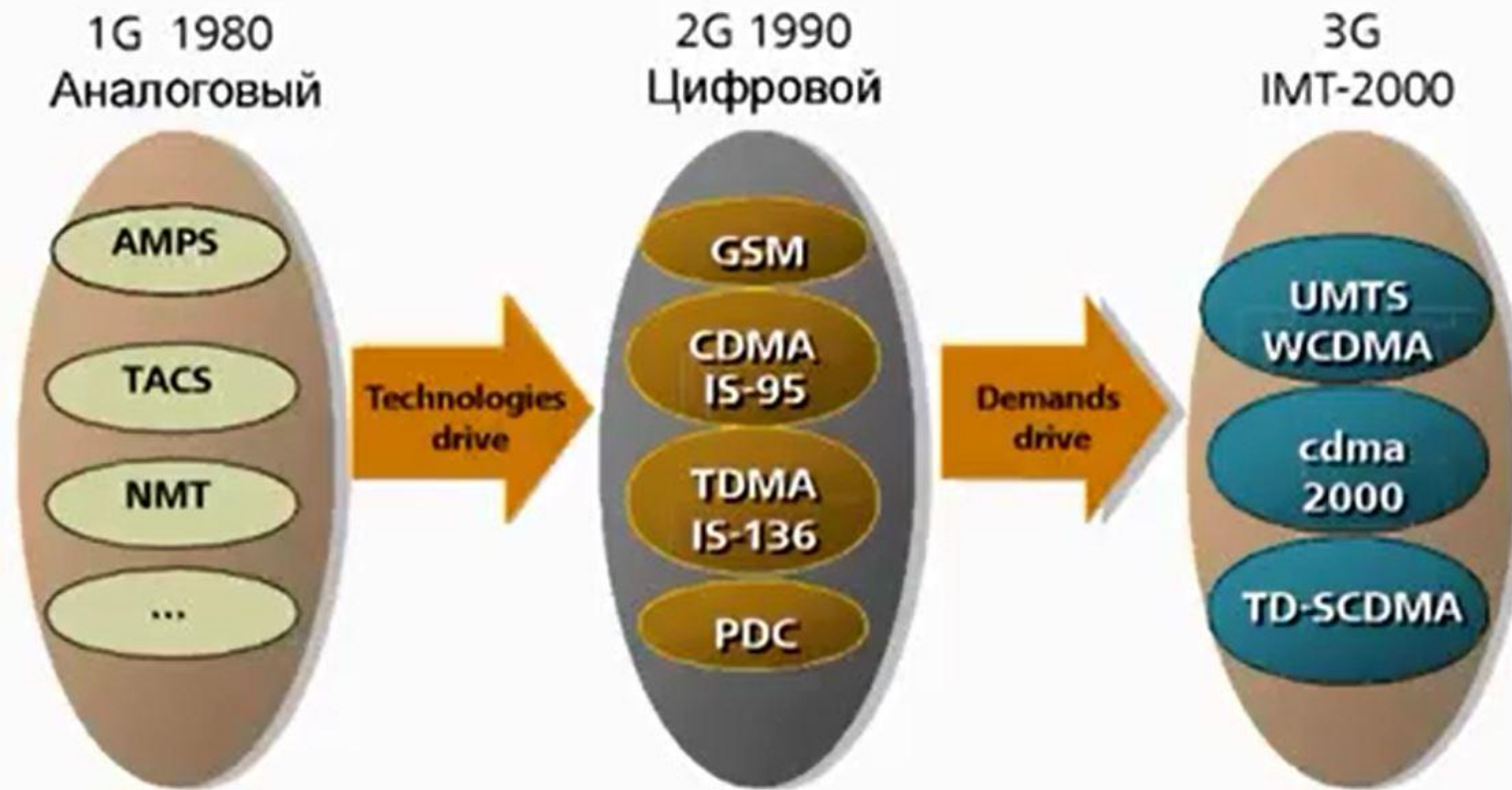




Содержание

1. 3G-Обзорный курс
2. Принципы технологии CDMA
3. Архитектура сети WCDMA и стек протоколов
4. Радиоинтерфейс технологии WCDMA
5. Интерфейсы сети UTRAN
6. WCDMA – что называется каналами

Различные сервисы и технологии



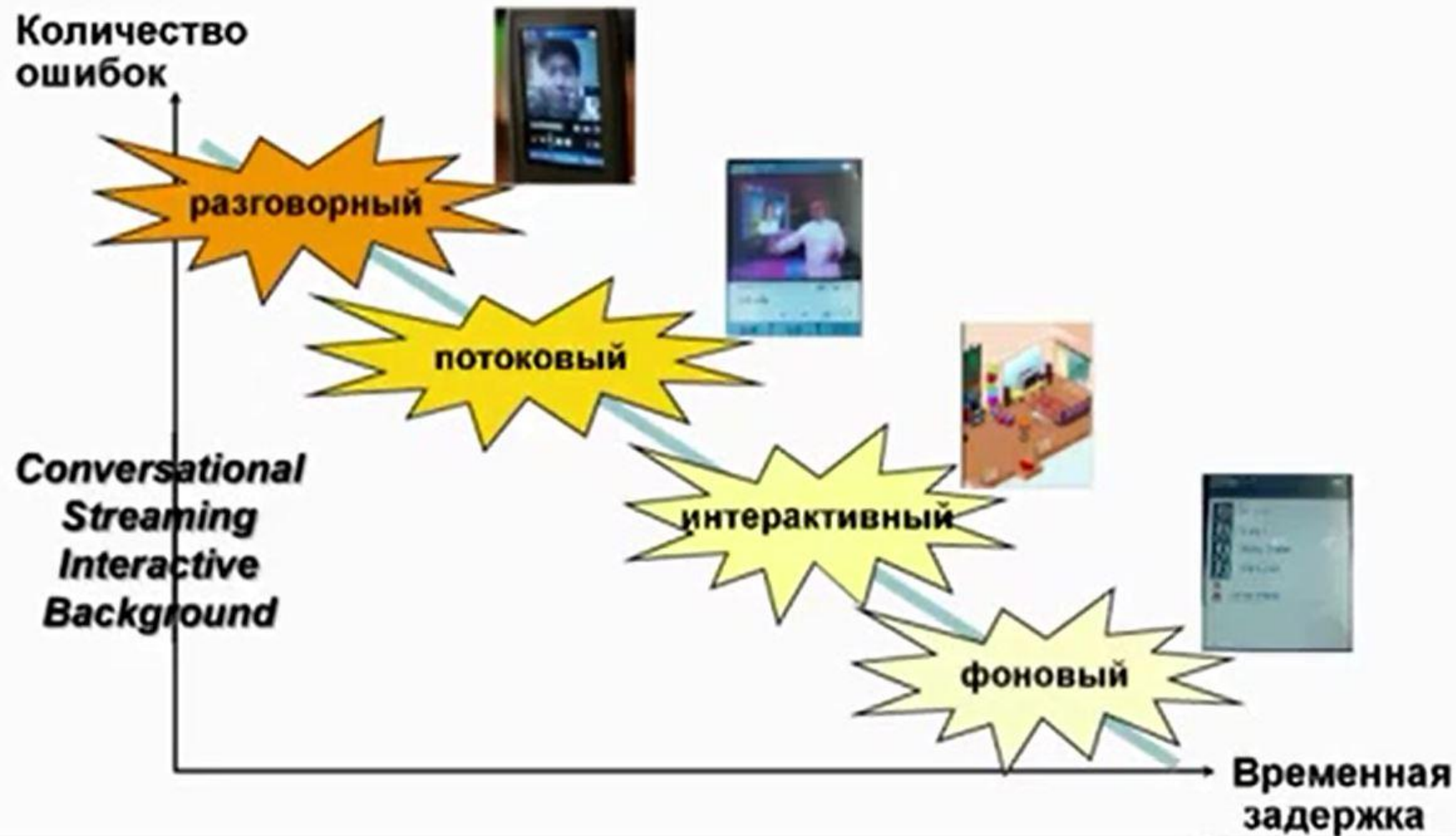
Развитие сетей 3G

- IMT-2000: общее наименование систем мобильной связи третьего поколения
 - Впервые сети сотовой подвижной связи третьего поколения 3G были представлены в 1985 году. В 1996 переименованы в IMT-2000
 - Введение в коммерческую эксплуатацию: начало 2000-х
 - Рабочая частота: около 2000Мгц
 - Максимальная скорость доступа: до 2000Кб/с

Частоты в WCDMA

- Основная полоса
 - 1920 ~ 1980 МГц / 2110 ~ 2170 МГц
- Дополнительные полосы используемые в некоторых странах:
 - 1850 ~ 1910 МГц / 1930 МГц ~ 1990 МГц (США)
 - 1710 ~ 1785 МГц / 1805 ~ 1880 МГц (Япония)
 - 890 ~ 915 МГц / 935 ~ 960 МГц (Австралия)
 - ...
- Номер частотного канала = центральная частота × 5:
 - Номера частотных каналов в UL: 9612 ~ 9888
 - Номера частотных каналов в DL: 10562 ~ 10838

3G сервисы



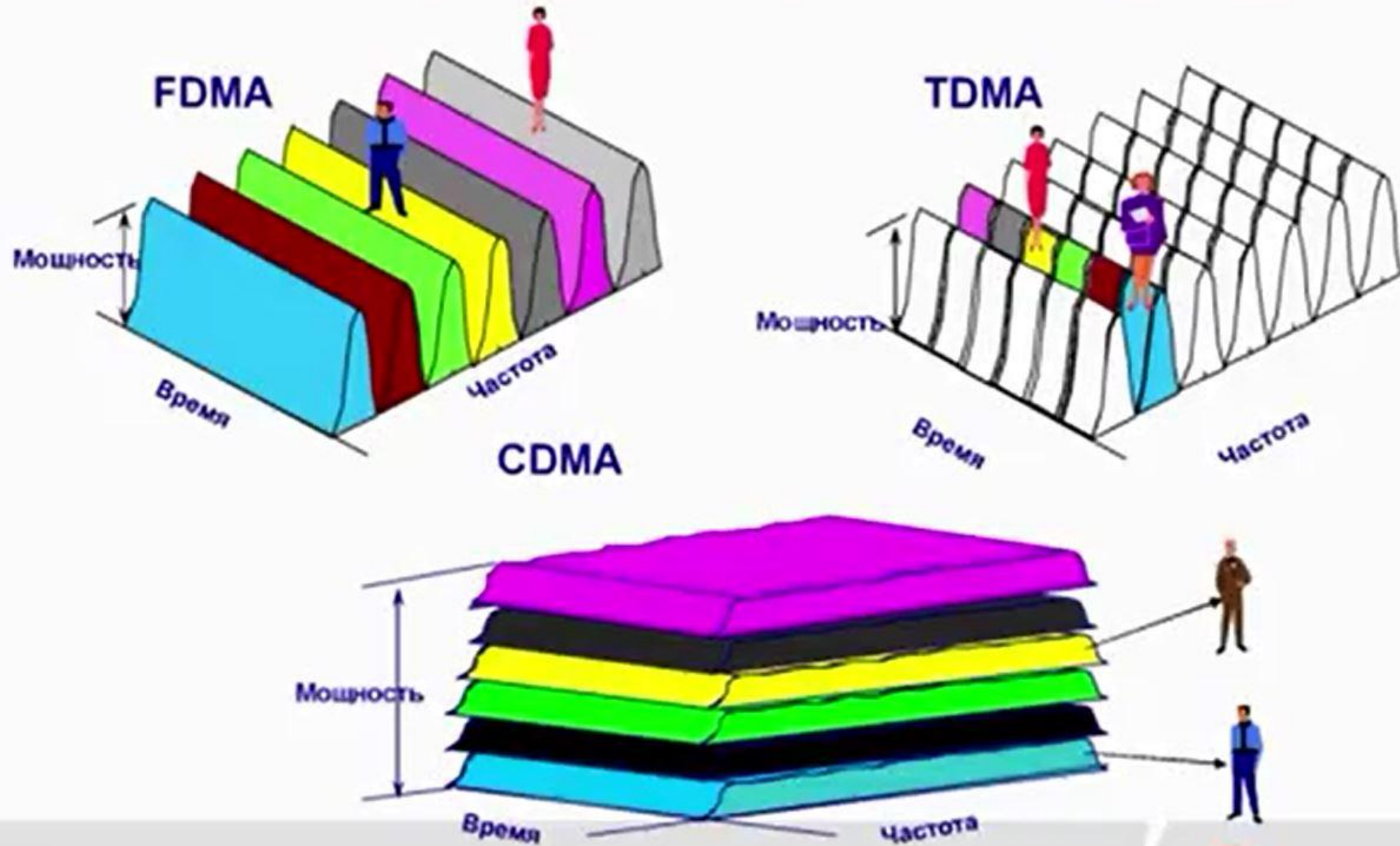
CDMA – ядро технологии 3G



Технологии множественного доступа и дуплексного разнесения

- Технология множественного доступа
 - Множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA)
 - Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)
 - Множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA)

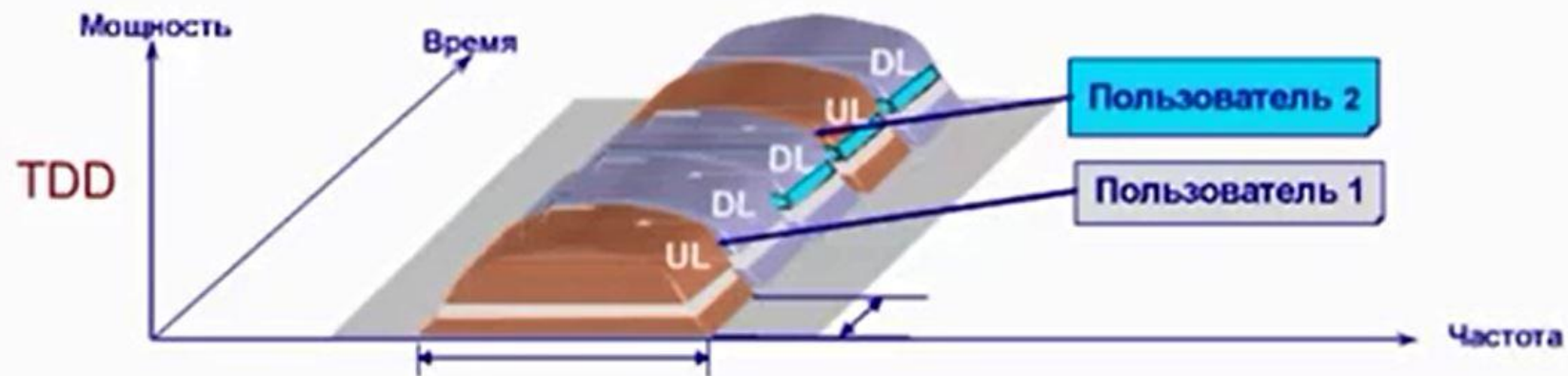
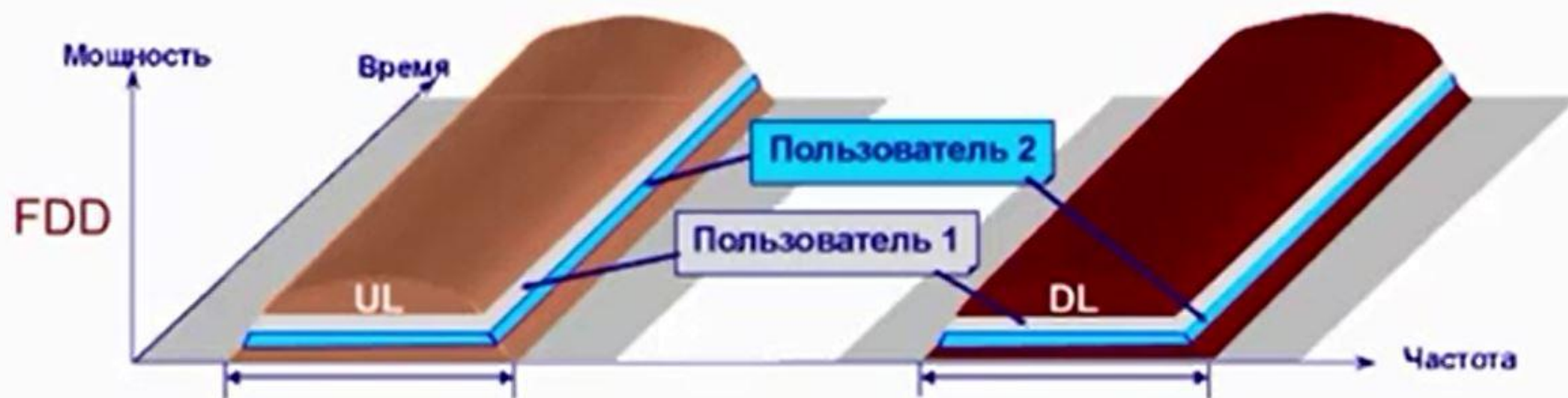
Технология множественного доступа



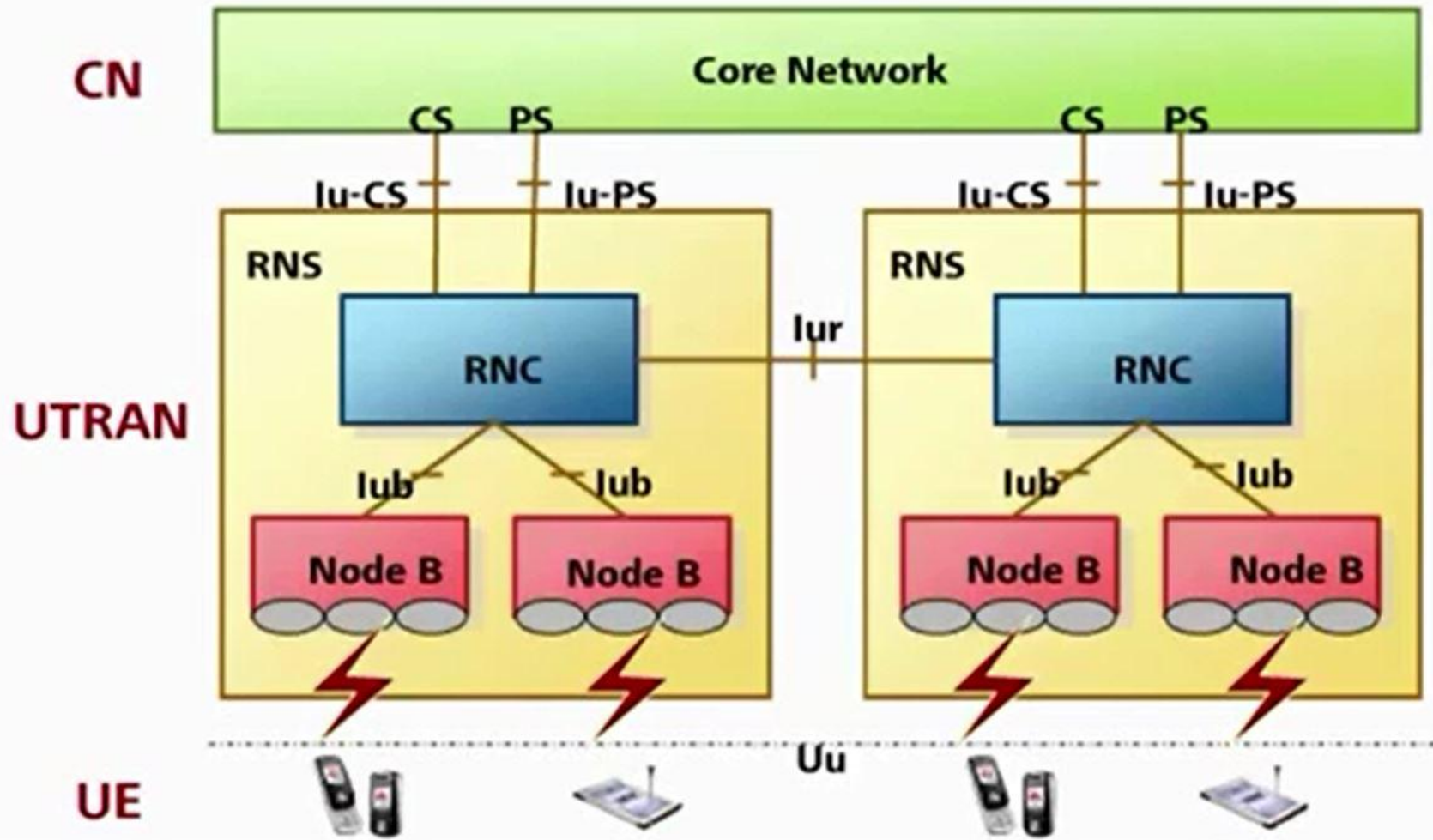
Технологии множественного доступа и дуплексного разнесения

- Технологии разнесения:
 - Дуплексное разнесение по частоте (FDD)
 - Дуплексное разнесение по времени (TDD)

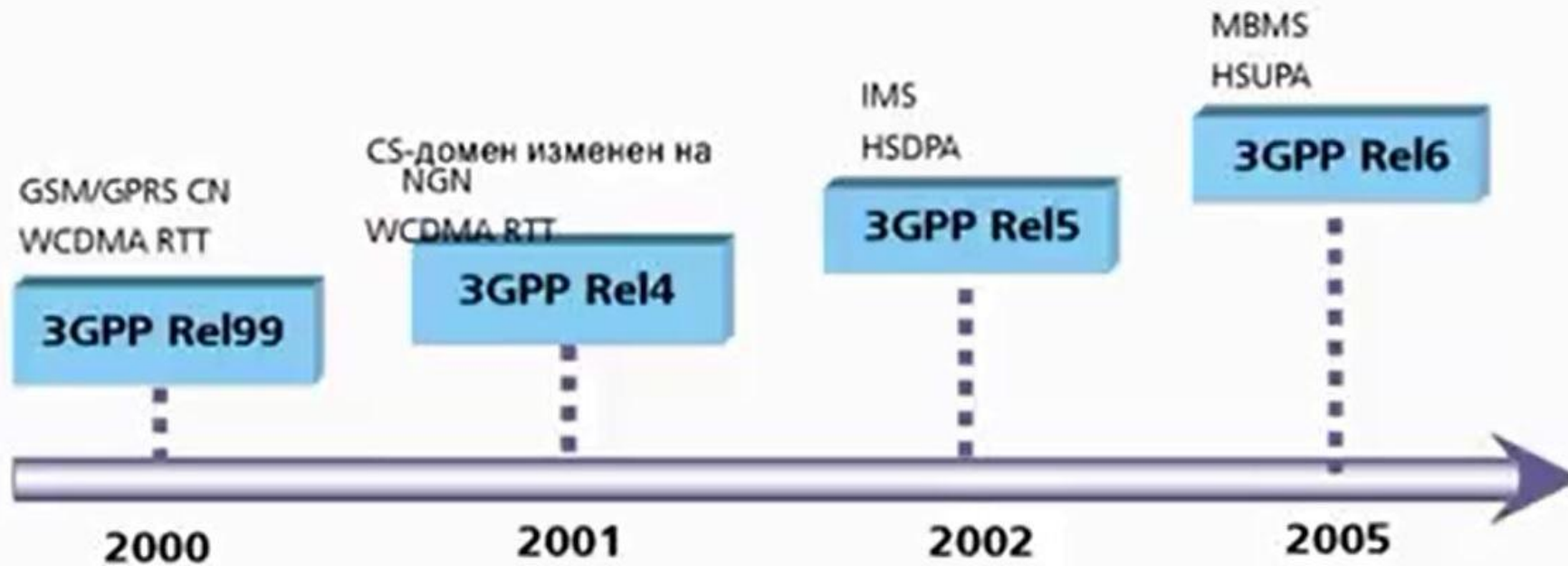
Технология дуплексного разнесения



Архитектура сети WCDMA



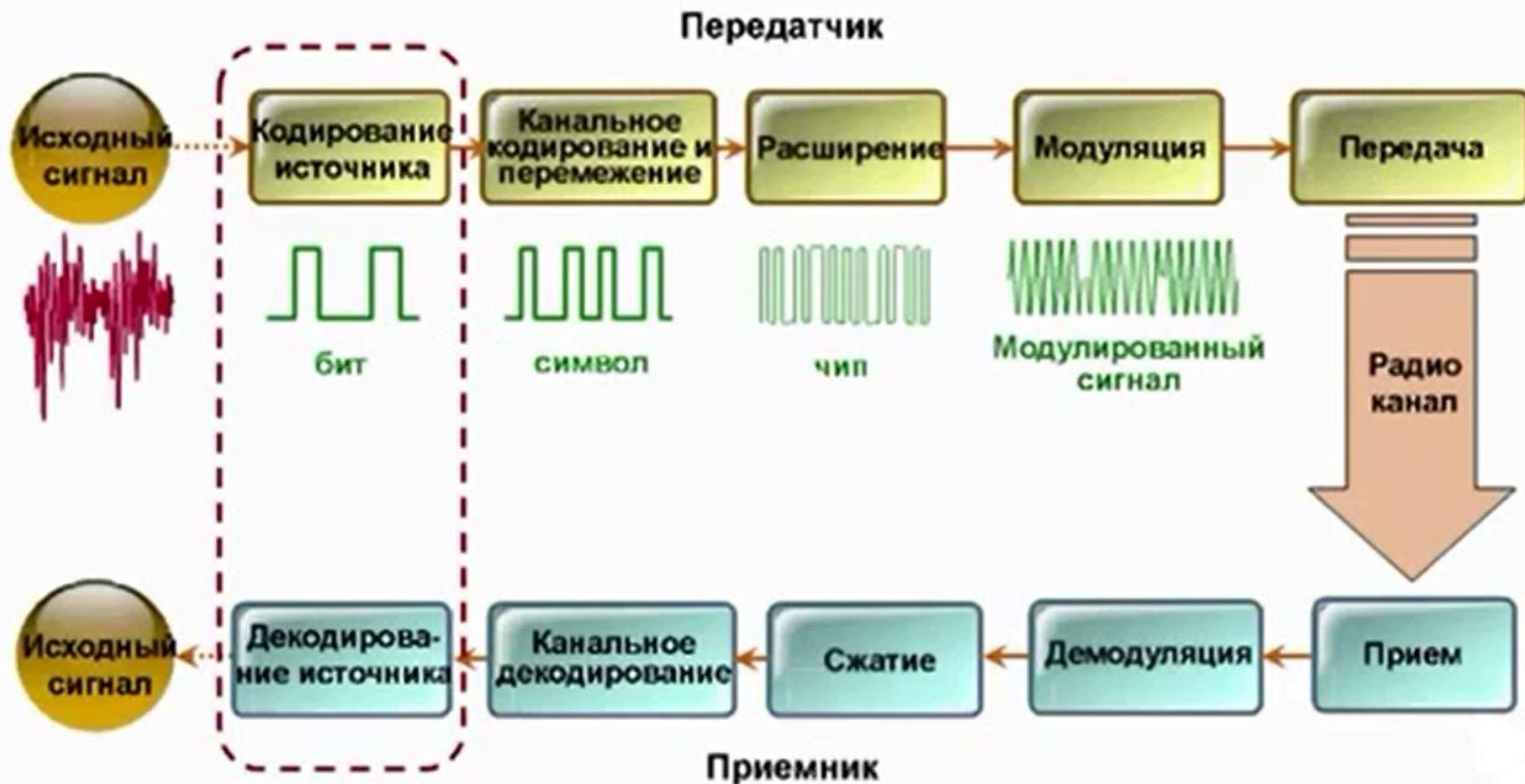
Этапы развития сети WCDMA



Этапы развития сети WCDMA

- Особенности релиза R6
 - Появление технологии MBMS
 - Появление технологии HSPA, позволяющей передавать данные от абонента с пропускной способностью до 5,76МБ/с
- Особенности релиза R7
 - Появление технологии HSPA+, использующей более более высокую скорость модуляции и появление технологии MIMO
 - Максимальная скорость в DL: 28МБ/с, максимальная скорость в UL: 11МБ/с.
- Особенности релиза R8
 - Появление технологии LTE (Long term evolution)
 - Появление в WCDMA технологии агрегации (объединения) несущих (CA -Carrier Agregation). Максимальная скорость до 42 Мбит/с.
- Особенности релиза R10 – агрегация до 4-х несущих в разных полосах (до 168Mbps)
- Особенности релиза R11 – стандартизация хэндовера 3GPP – WiFi .

Процедура обработки вызова в WCDMA



Кодирование источника

- AMR (Adaptive Multi-Rate) кодек
- Голосовой трафик
 - Интегрированный речевой кодек с 8 скоростями кодирования
 - Скорость кодирования контролируется сетью радиодоступа и зависит от загрузки сети и качества голосового соединения
- Видеотелефония
 - Кодек H.324 используется для кодирования видеозвонка в CS домене
 - Включает: видеокодек, голосовой кодек, протоколы данных, мультиплексирование и т.д.

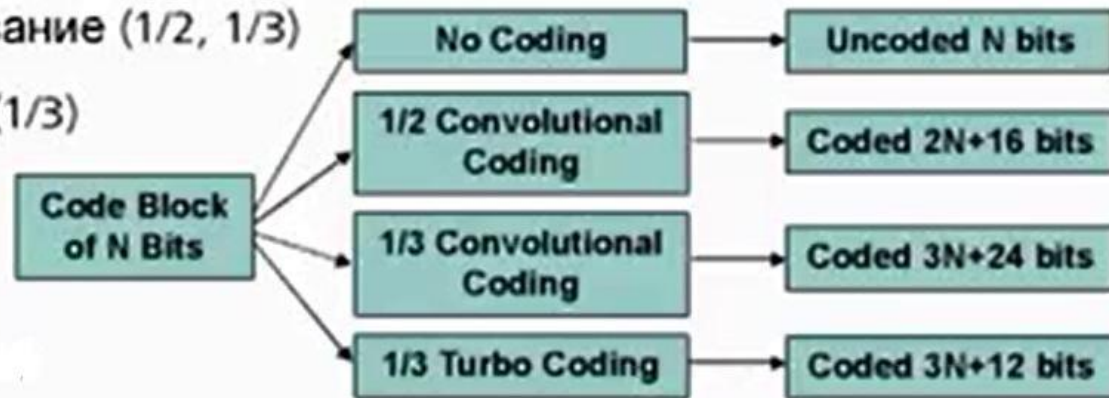
CODEC	Bit Rate (kbps)
AMR_12.20	12.2 (GSM EFR)
AMR_10.20	10.2
AMR_7.95	7.95
AMR_7.40	7.4 (TDMA EFR)
AMR_6.70	6.7 (PDC EFR)
AMR_5.90	5.9
AMR_5.15	5.15
AMR_4.75	4.75

Кодирование блока - CRC

- Кодирование блока используется для обнаружения не исправленных ошибок после коррекции ошибок
- CRC (cyclic redundancy check) схема определения ошибок передачи данных, используемая в кодировании блока
- Добавление битов CRC перед канальным кодированием и проверка этого кода после канального декодирования на приемной стороне

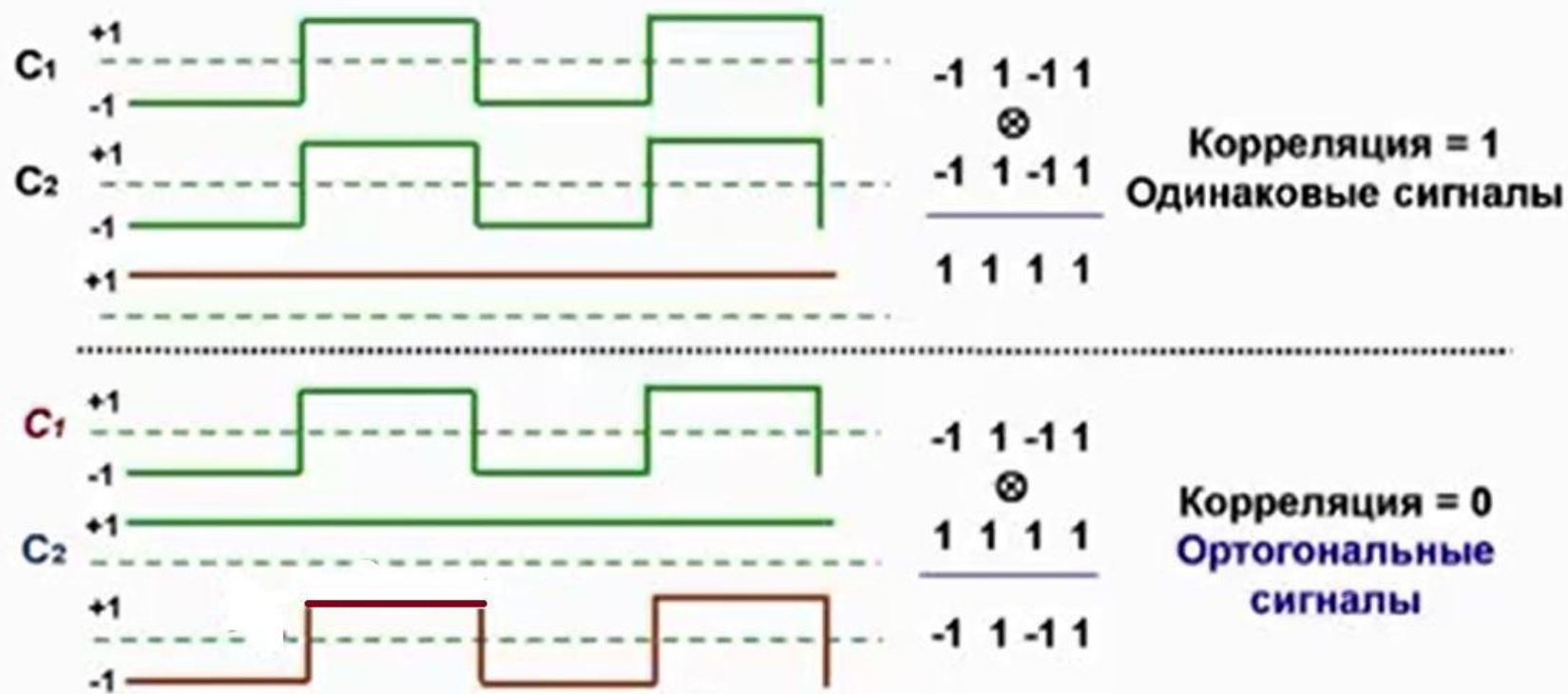
Канальное кодирование

- Вносимый эффект
 - Повышение корреляции между символами для наилучшего восстановления сигнала после интерференции
 - Обеспечивает наилучшую коррекцию ошибок на приемнике, но увеличивает задержку
- Типы
 - Без кодирования
 - Сверточное кодирование (1/2, 1/3)
 - Турбо кодирование (1/3)



Корреляция

- Корреляция – степень похожести двух случайных сигналов.
- Одинаковые и противоположные сигналы:



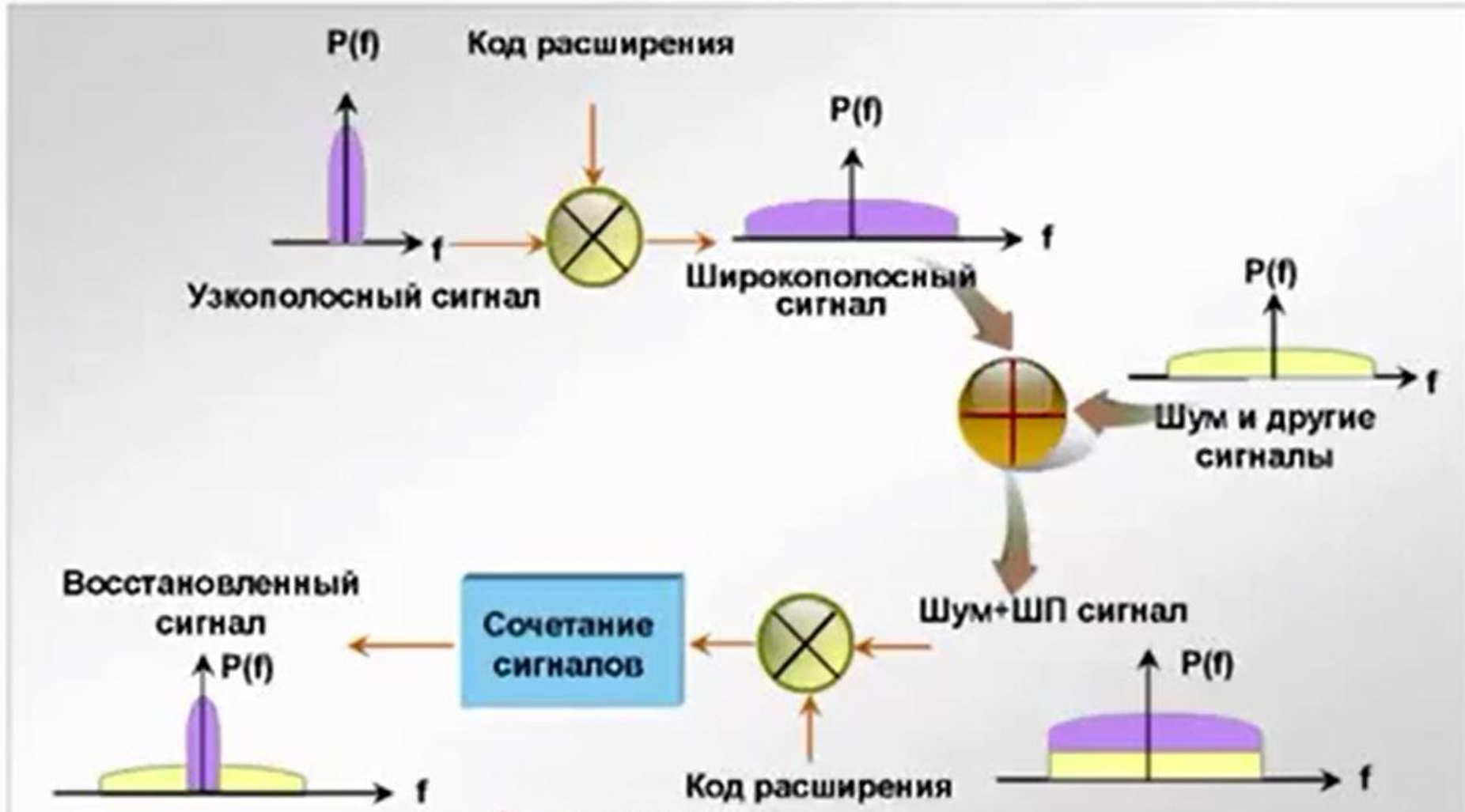
Кодирование с использованием ортогональных кодов

UE1:				
UE2:				
C₁:	+1 -1 +1 -1	+1 -1 +1 -1		
C₂:	+1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1		
UE1 × c₁:	+1 -1 +1 -1	-1 +1 -1 +1		
UE2 × c₂:	-1 -1 -1 -1	+1 +1 +1 +1		
UE1 × c₁ + UE2 × c₂:	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2		

Декодирование с использованием ортогональных кодов

<i>UE1</i> $XC_1 + UE2$ XC_2 :	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
<i>UE1</i> Сжатие кодом c_1 :	+1 -1 +1 -1	+1 -1 +1 -1
Результат сжатия:	0 +2 0 +2	0 -2 0 -2
Суммарное значение:	+4 (означает +1)	-4 (означает -1)
<i>UE2</i> Сжатие кодом c_2 :	+1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1
Результат сжатия:	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
Суммарное значение:	-4 (означает -1)	+4 (означает +1)

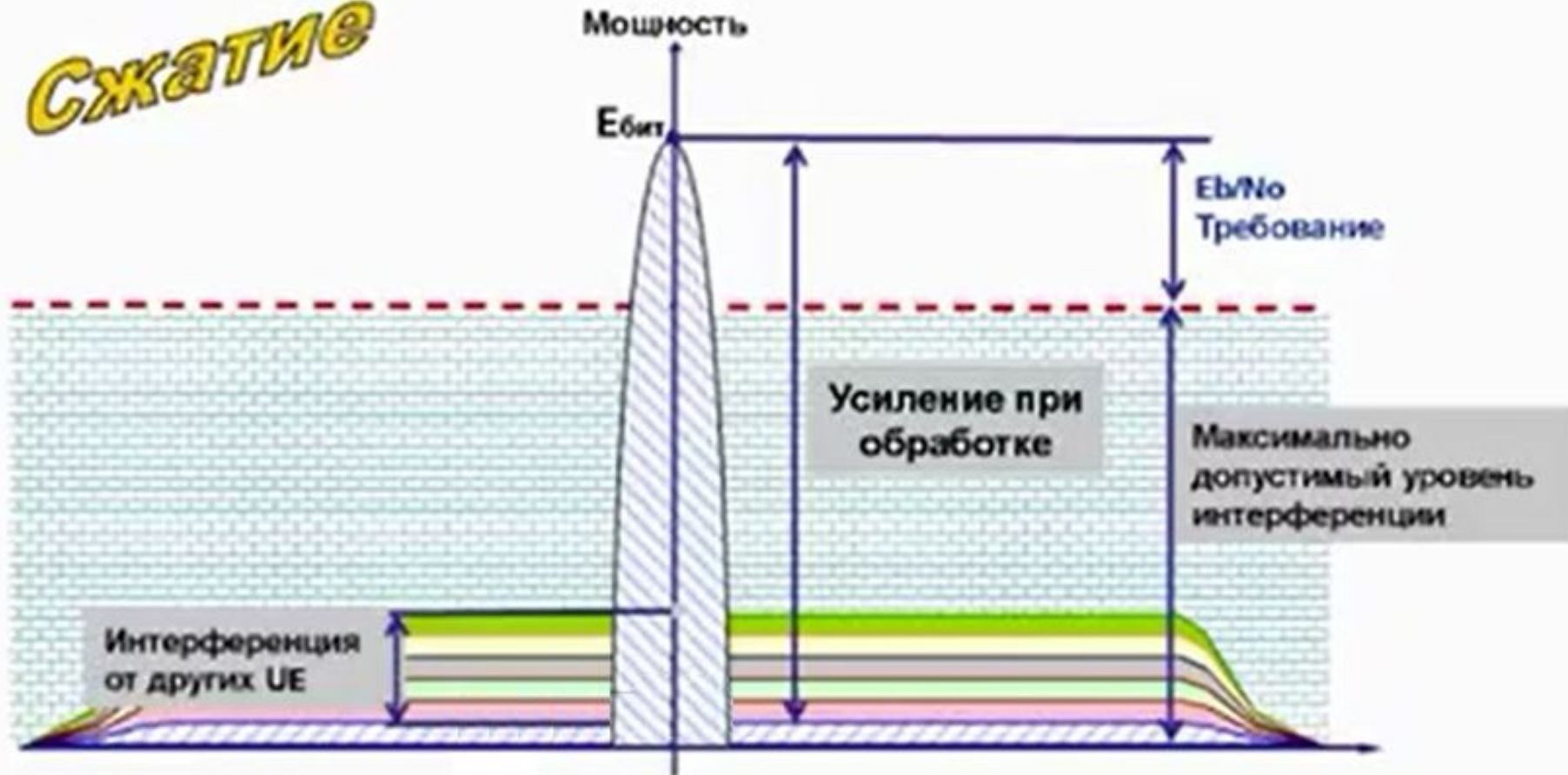
Спектр частот после Расширения/Сжатия



Спектр частот после Расширения/Сжатия

$$E_b / N_0 = E_c / N_0 \times P_G$$

СЖАТИЕ



Усиление при обработке

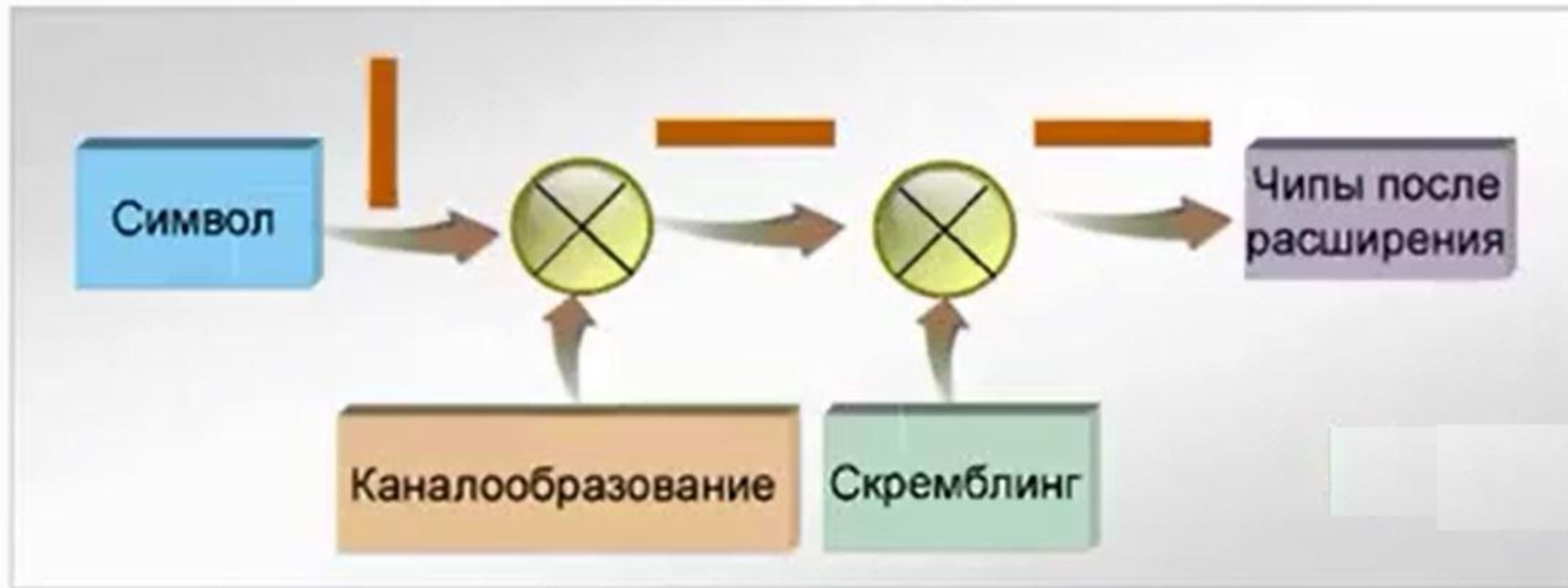
- Усиление при обработке (Process Gain)

$$Process\ Gain = 10 \log\left(\frac{chip\ rate}{bit\ rate}\right)$$

- Process gain для каждого типа сервиса отличается.
- Чиповая скорость, определяется шириной выделяемого спектра (для WCDMA = 3.84MChip/s; для CDMA 2000 1X = 1.2288 Mchip/s)
- Битовая скорость определяется скоростью передачей абонентских данных и зависит от сервиса (например, набор скоростей для голоса AMR). Если битовая скорость увеличивается, Process gain уменьшается и, следовательно, UE необходимо увеличивать мощность передачи для этого сервиса -> уменьшается зона покрытия и наоборот

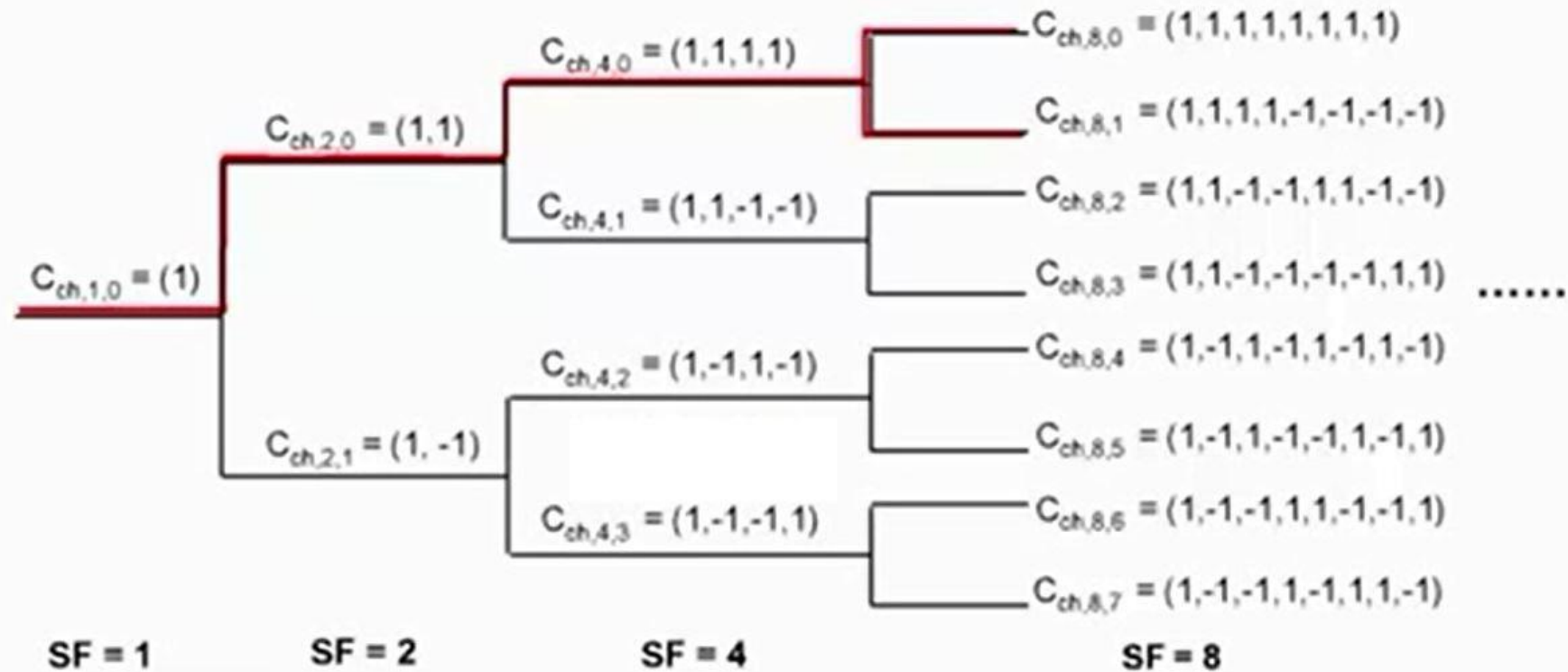
Технология расширения

- Расширение состоит из двух этапов:
 - Каналообразование - преобразование символов в чипы
 - Скремблинг – шумоподобное кодирование расширенного сигнала



Коды каналообразования

- OVSF коды (Orthogonal Variable Spreading Factor) используются в качестве кодов каналообразования



Коды каналообразования

- $SF = \text{chip rate} / \text{symbol rate}$
(**spreading factor = коэффициент расширения**)
 - Высокая скорость данных → низкий коэффициент расширения (SF)
 - Низкая скорость данных → высокий коэффициент расширения (SF)

Радиоканал	SF	Радиоканал	SF
Голос 12.2 UL	64	Голос 12.2 DL	128
Данные 64 Кб/с UL	16	Данные 64 Кб/с DL	32
Данные 128 Кб/с UL	8	Данные 128 Кб/с DL	16
Данные 144 Кб/с UL	8	Данные 144 Кб/с DL	16
Данные 384 Кб/с UL	4	Данные 384 Кб/с DL	8

Назначение скремблинг кодов

- Скремблинг коды используются для разделения передатчиков
 - В downlink, скремблинг коды используются для разделения сот, работающих на одной частоте
 - В uplink, скремблинг коды используются для разделения абонентов, работающих на одной частоте

Скремблинг коды

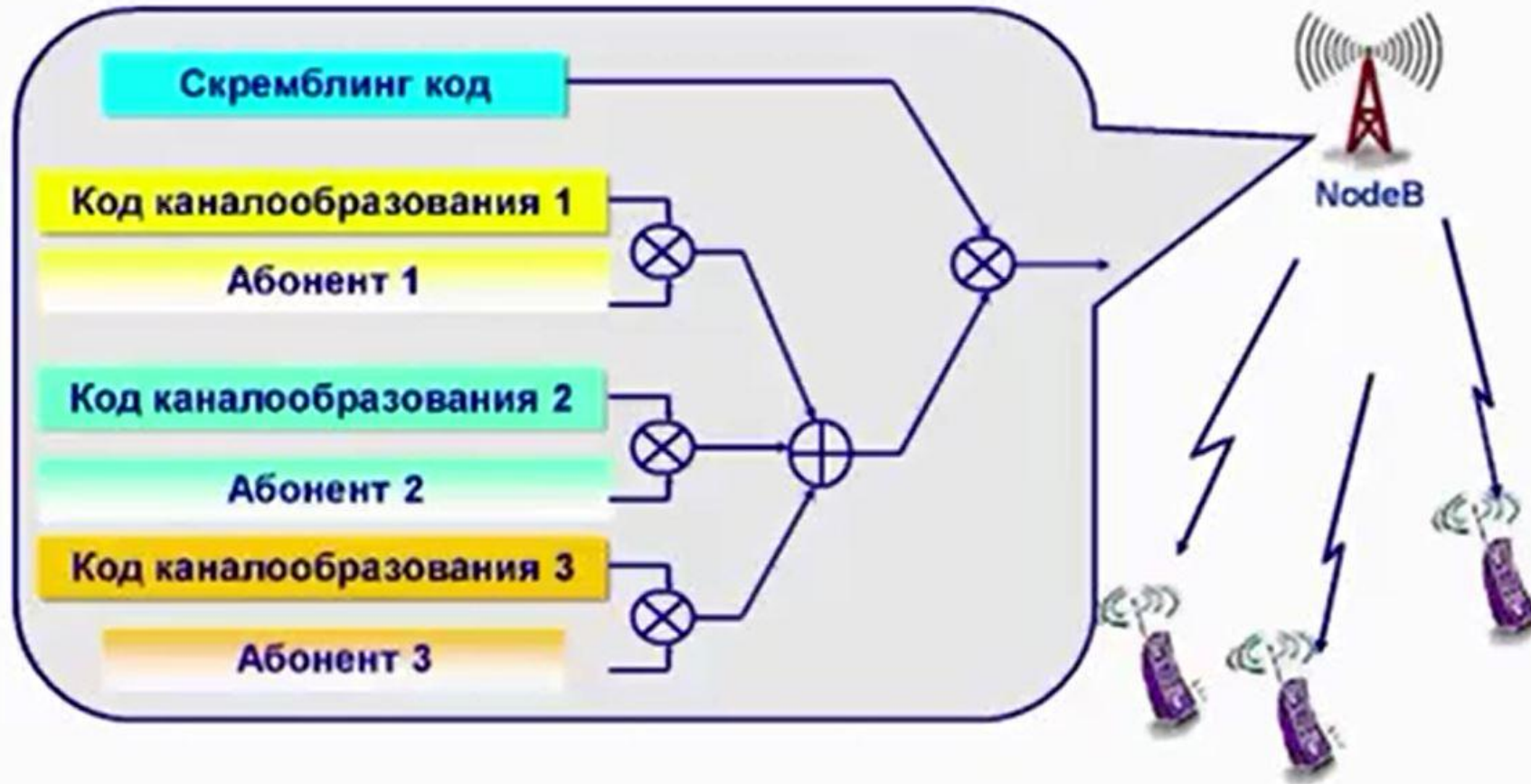
- Скремблинг коды: последовательность кодов GOLDa
- Для кодирования данных в uplink используется 2^{24} скремблинг кодов, которые назначаются контроллером радиосети (RNC) для каждого UE при присвоении выделенного канала
- В downlink используется 512 первичных скремблинг кодов (primary scrambling codes - PSC), планируемых Оператором и назначаемых при конфигурации соты. Соседние соты на той же частоте должны иметь разные PSC

Группы первичных скремблинг кодов



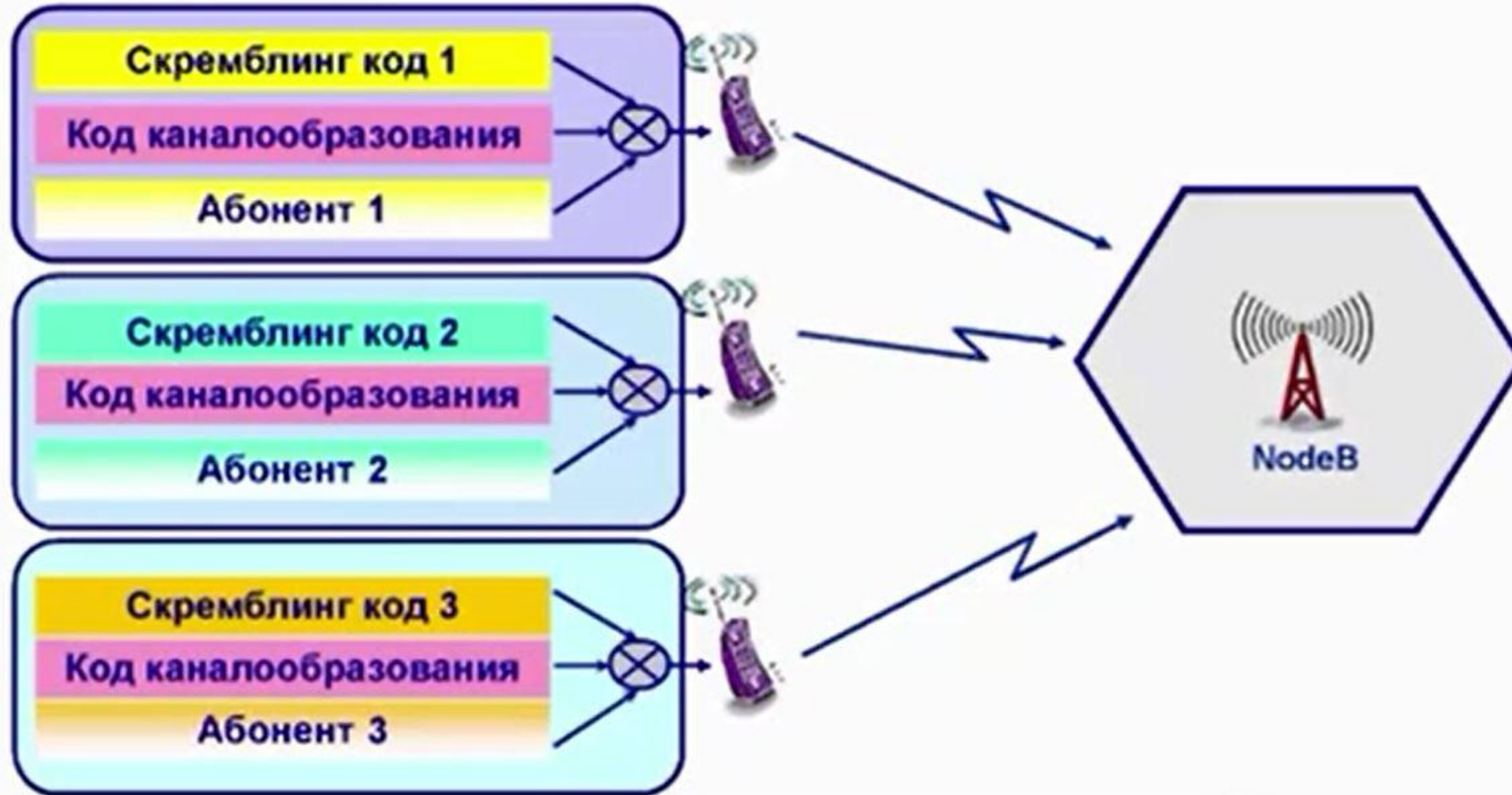
Мультиплексирование

- Передача данных в Downlink

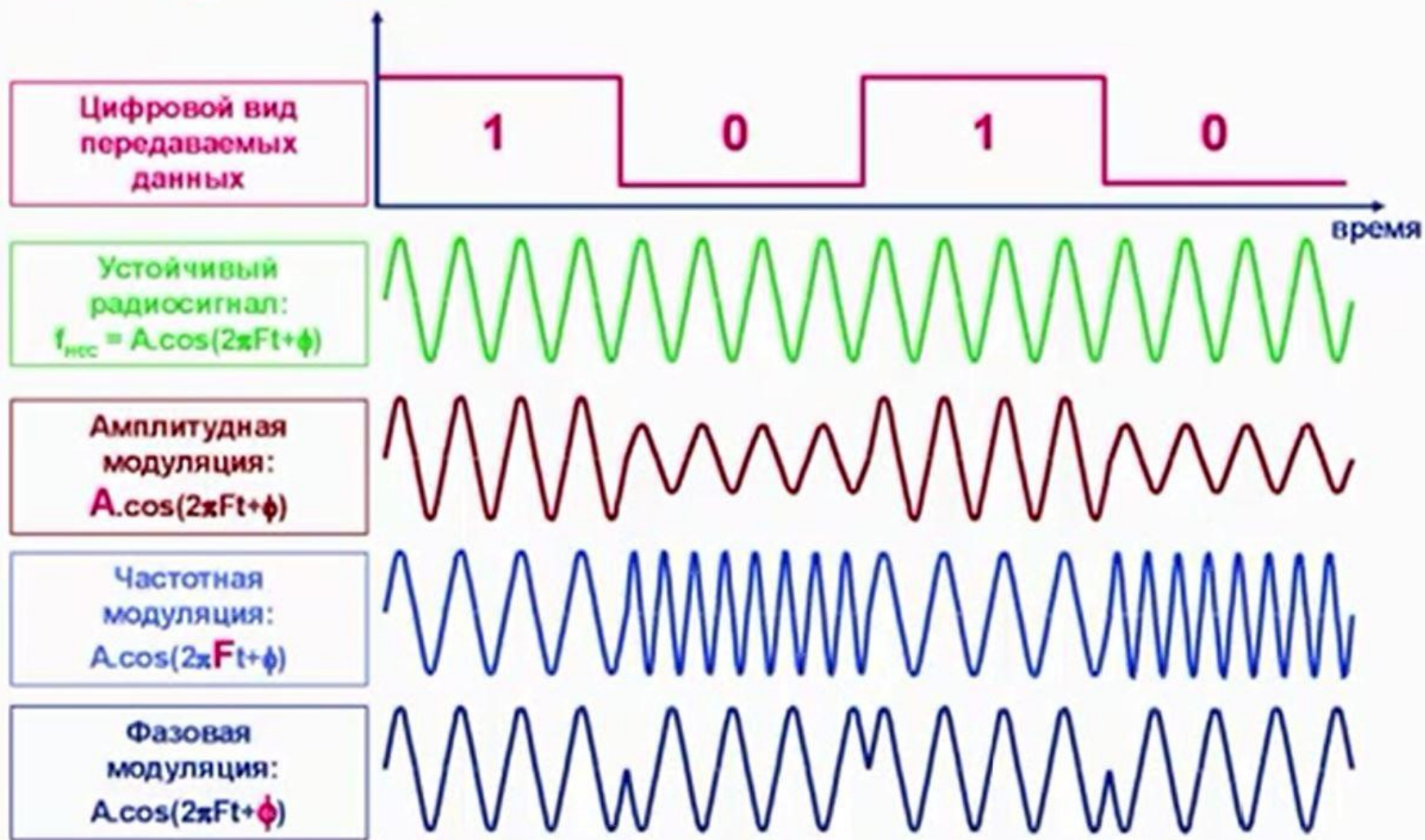


Мультиплексирование

- Передача данных в Uplink

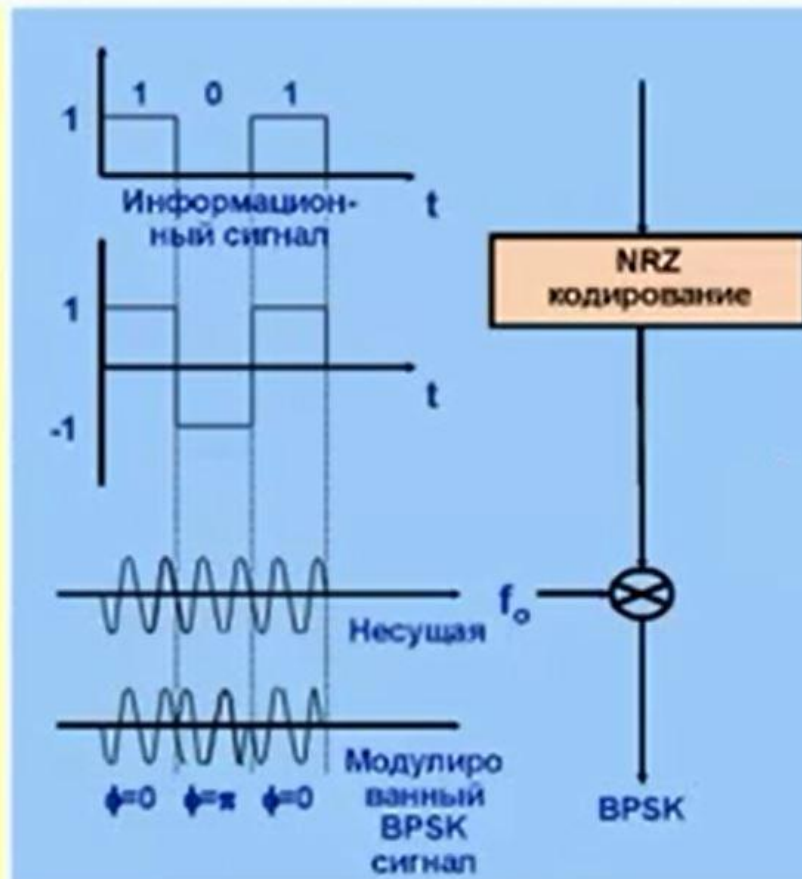
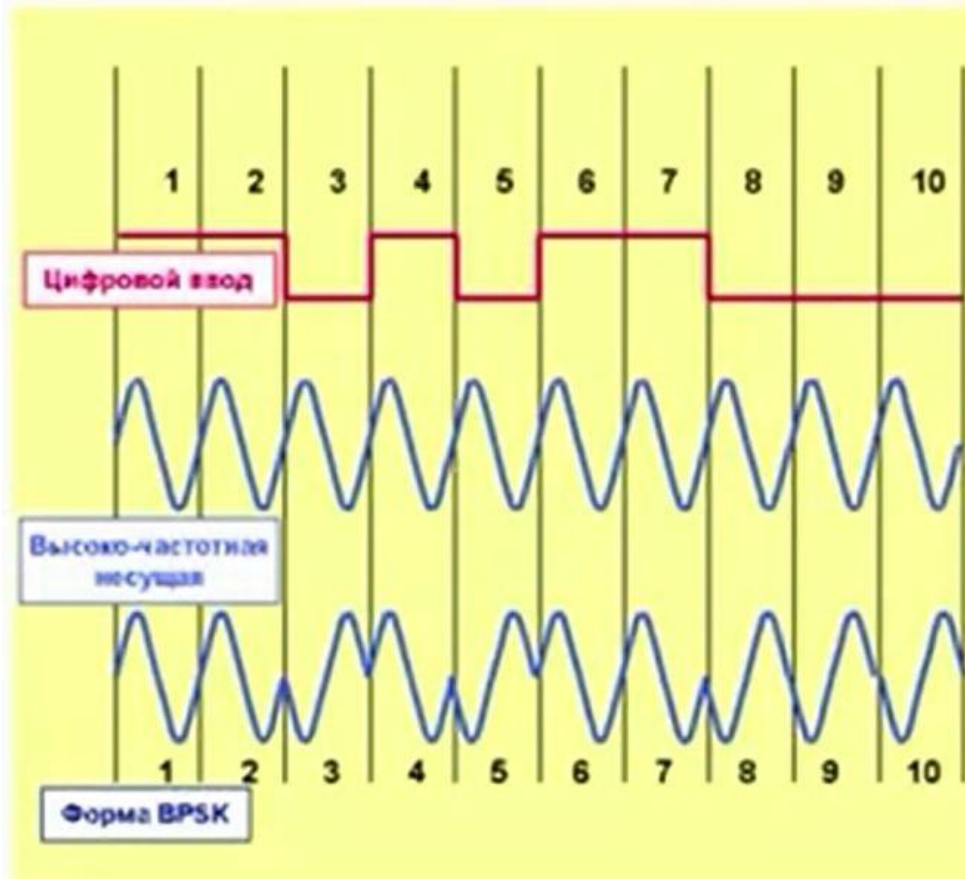


Модуляция



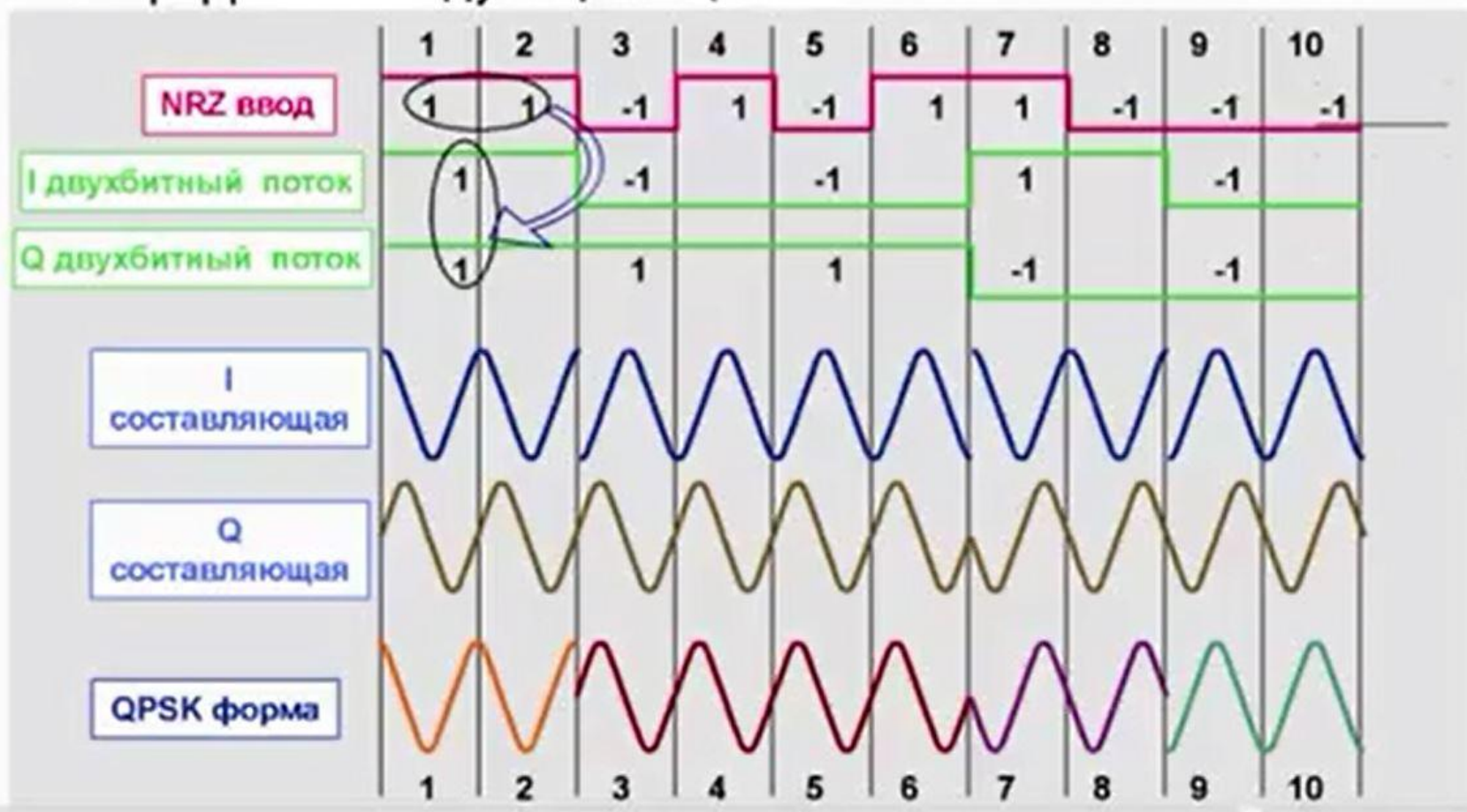
Модуляция

- Цифровая модуляция - BPSK

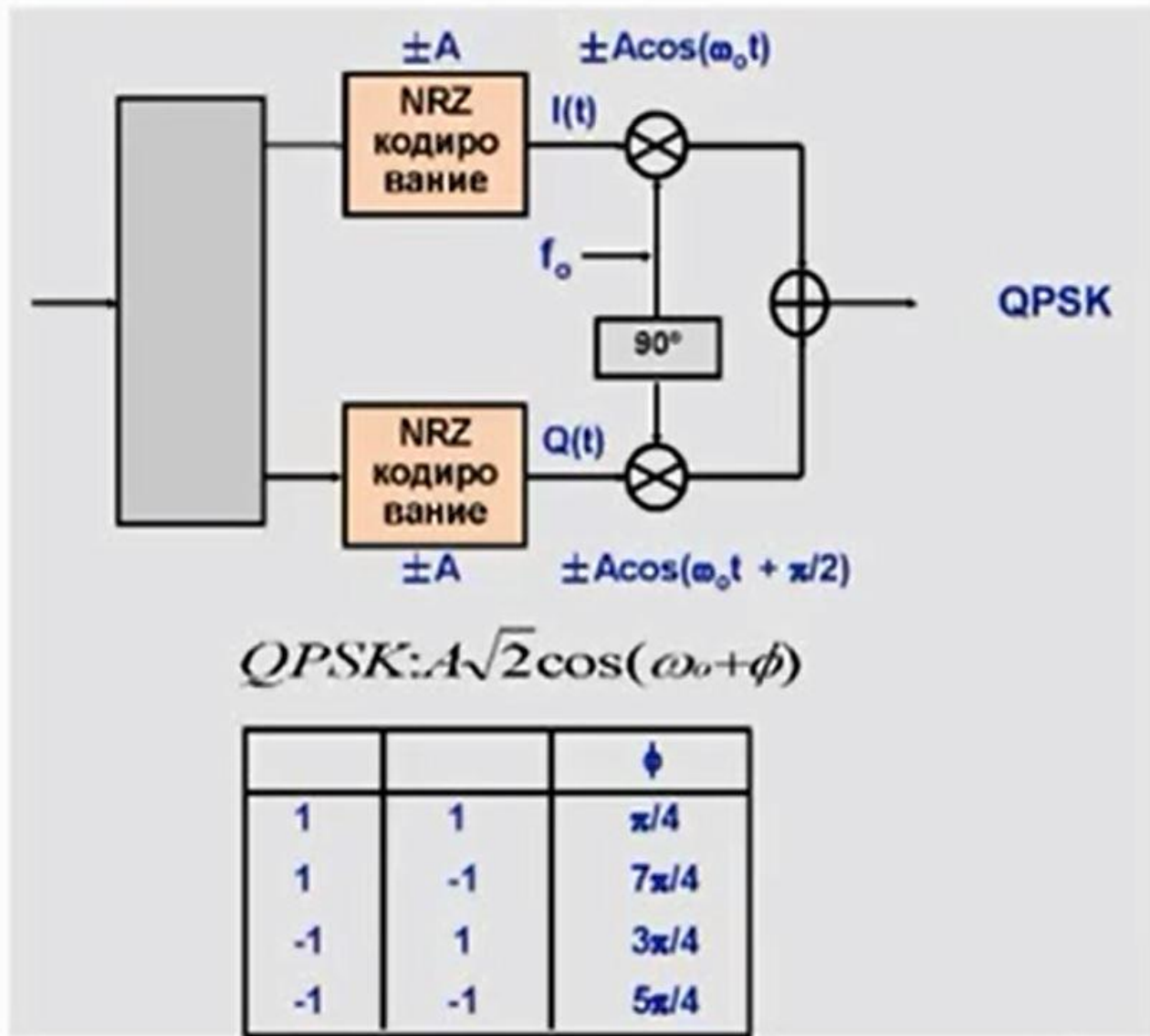


Модуляция

- Цифровая модуляция - QPSK

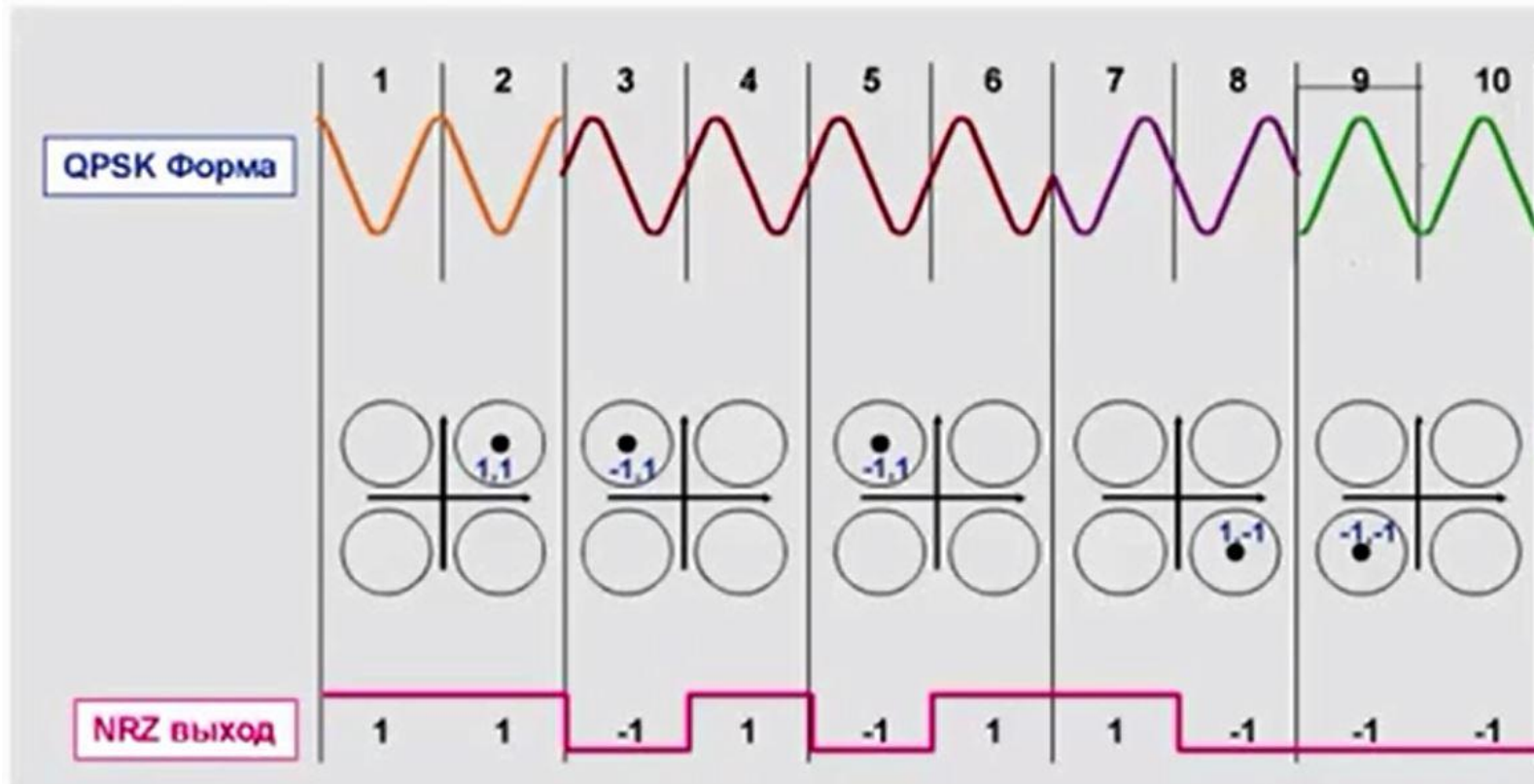


Модуляция



Демодуляция

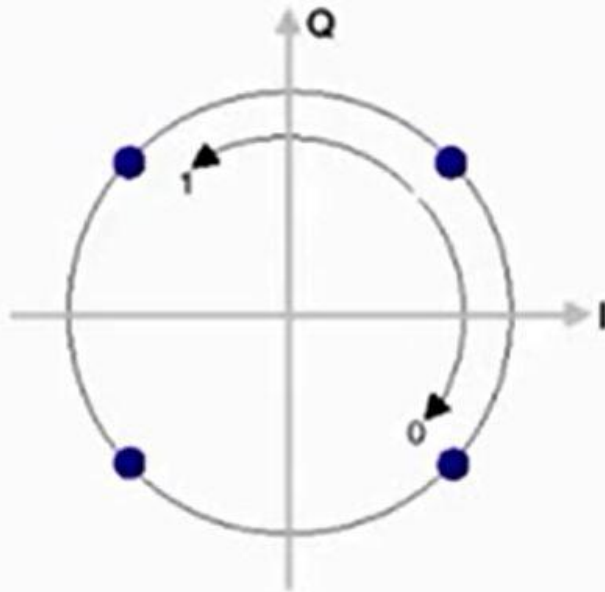
- QPSK Диаграмма



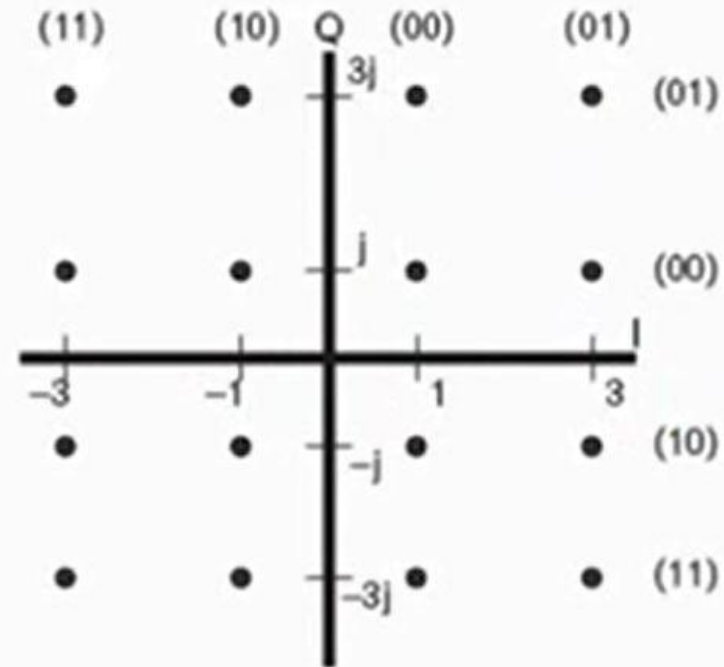
WCDMA Модуляция

- Различные способы модуляции позволяют передавать данные с различной скоростью по радиоинтерфейсу

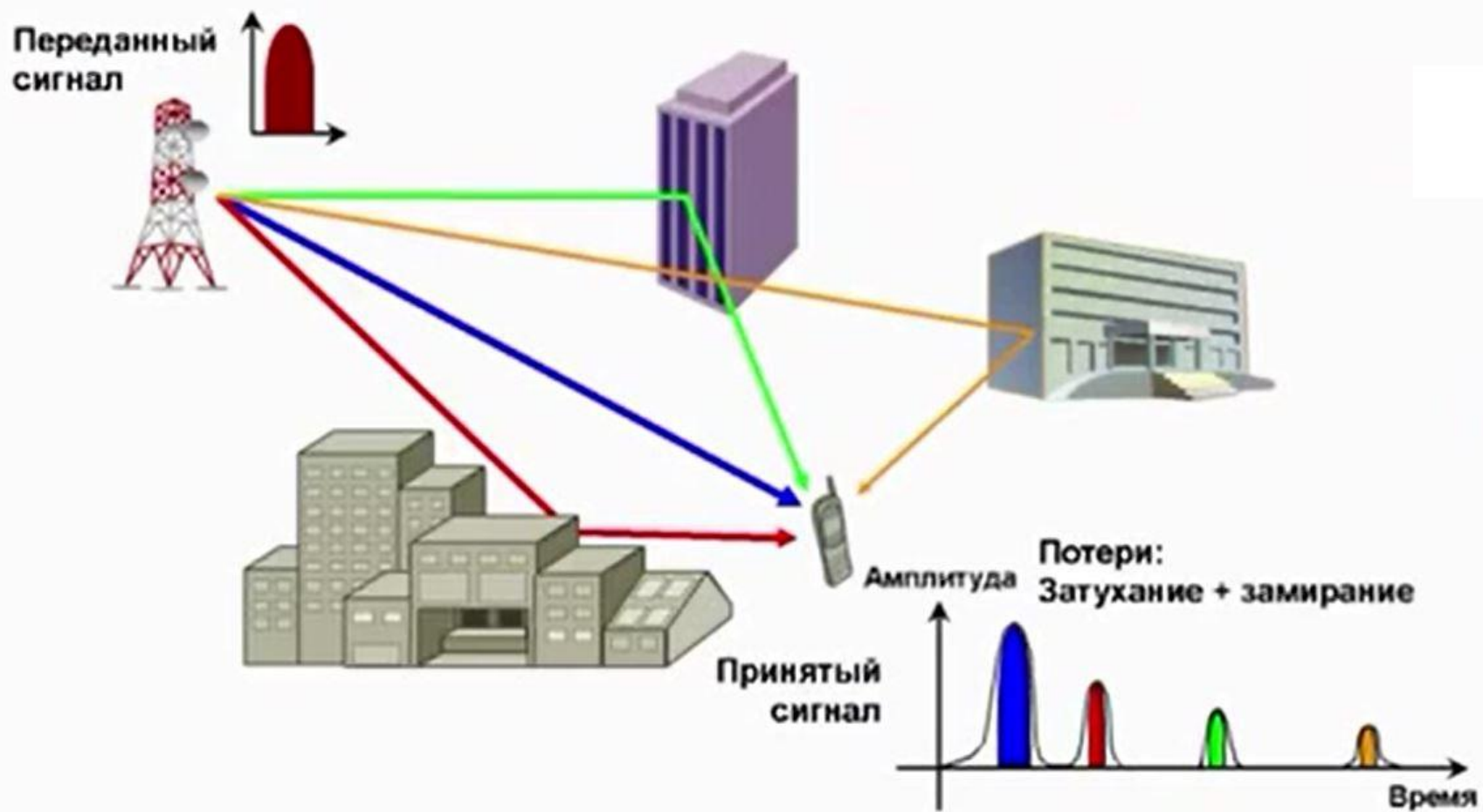
R99/R4: QPSK



HSDPA: QPSK or 16QAM

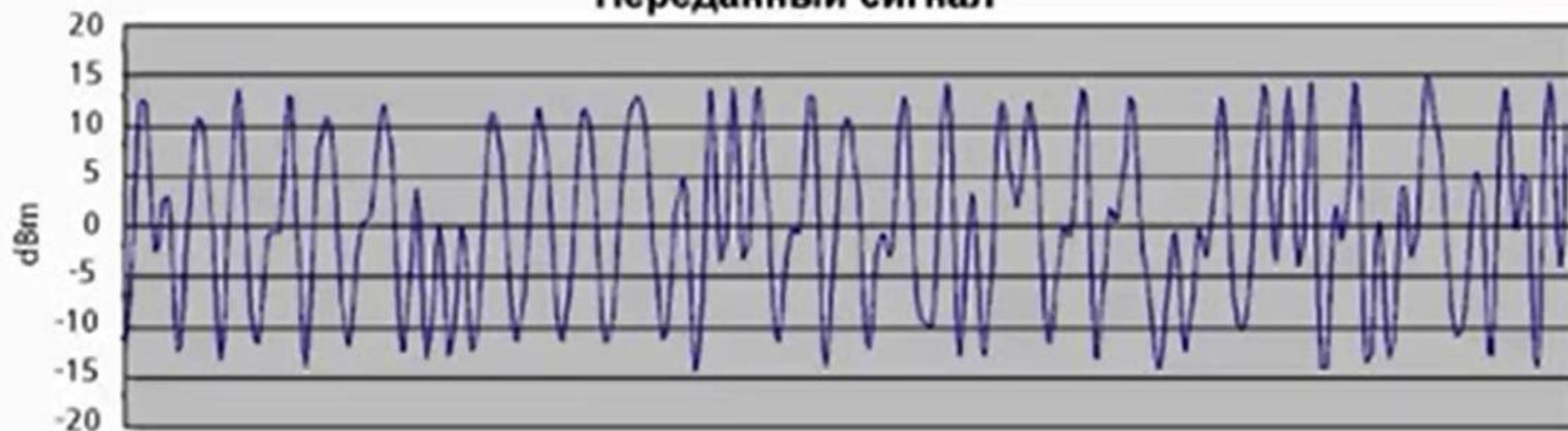


Распространение радиоволн

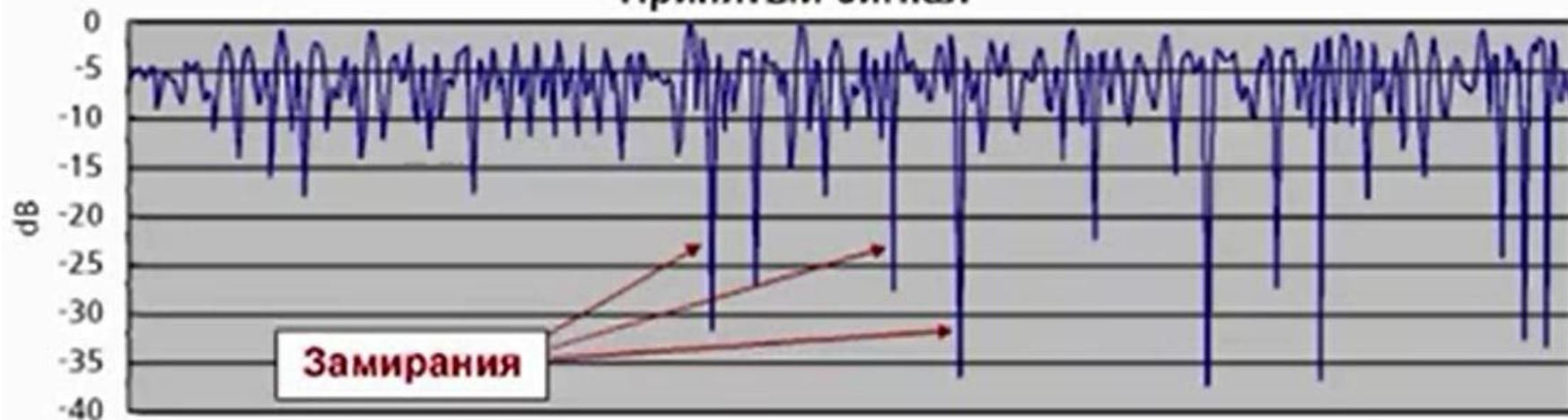


Распространение радиосигнала

Переданный сигнал

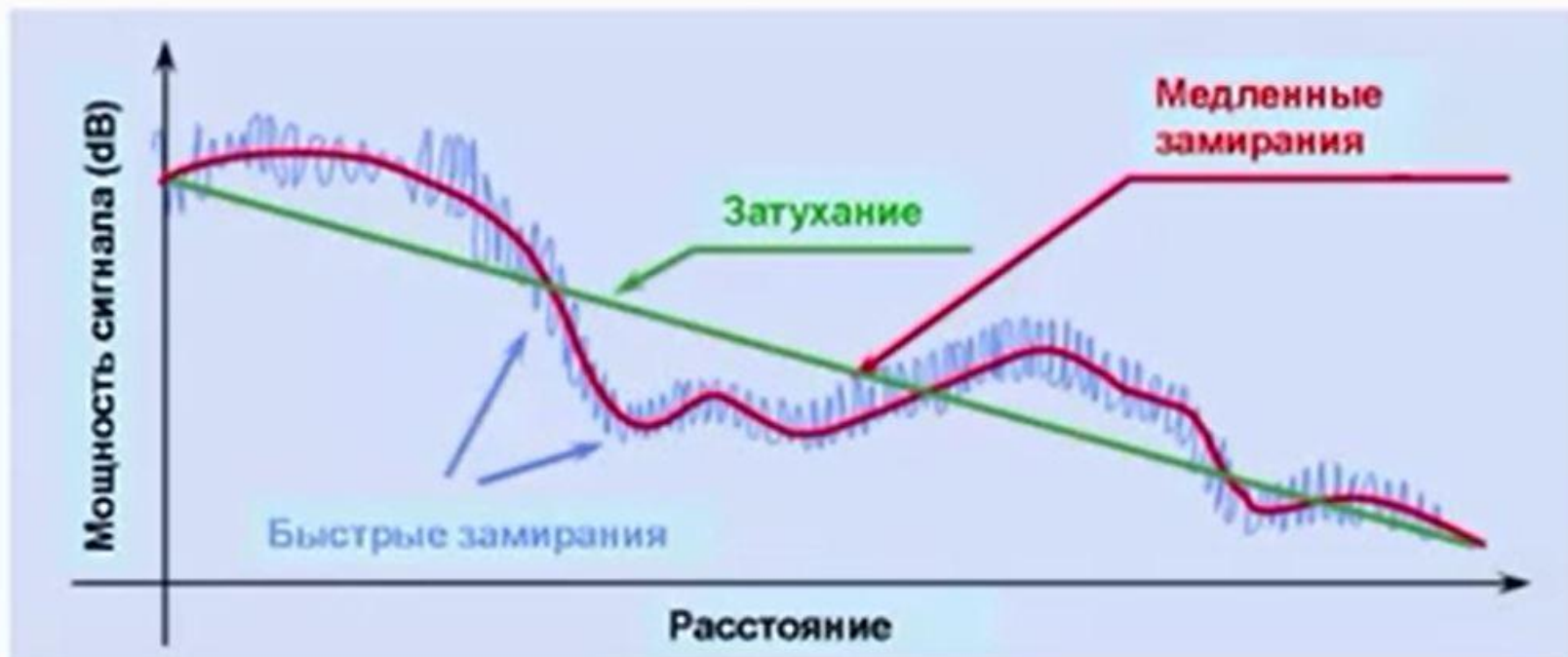


Принятый сигнал



Замирания

- Типы замираний
 - Медленные замирания
 - Быстрые замирания



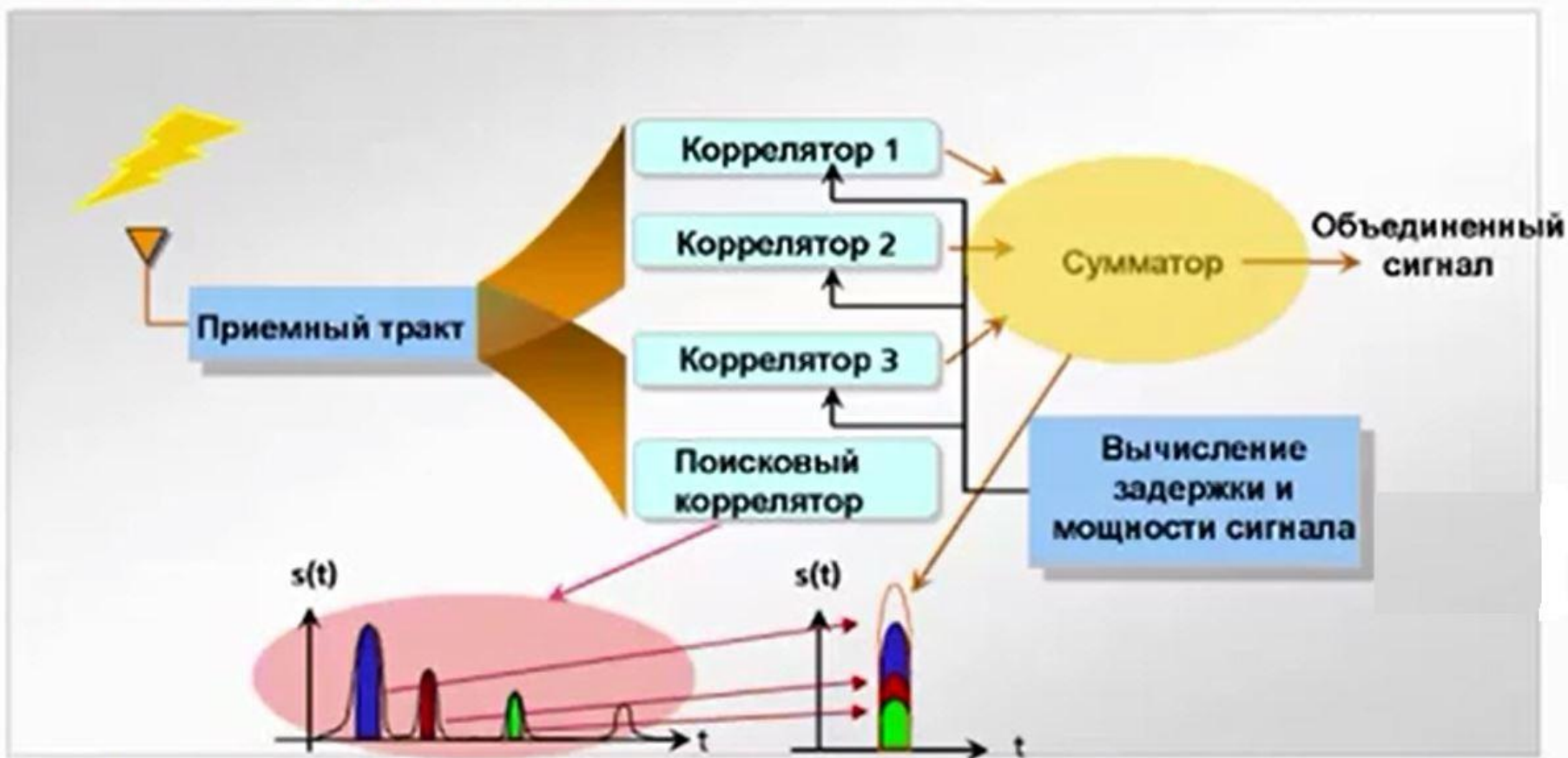
Разнесение

- Разнесение используется для получения некоррелированных сигналов
 - Позволяет ослабить влияние замираний
 - Быстрые замирания вызваны многолучевым распространением волн
 - Медленные замирания вызваны затенением сигнала
 - Повышает надежность связи
 - Увеличивает покрытие и емкость

Типы разнесений

- Временное разнесение
 - Канальное кодирование, Перемежение
- Частотное разнесение
 - Пользовательский сигнал распределен на всей полосе частотного спектра
- Пространственное разнесение
- Поляризационное разнесение

RAKE Приемник



RAKE приемник помогает бороться с быстрыми замираниями, вызванными многолучевым распространением волн, и увеличить качество приема
В WCDMA приемники UE должны иметь возможность декодировать не менее 6 сигналов (то есть должно быть не менее 6 корреляторов данных)