



Contents

1 Архитектура сети

1.1 Эволюция сетей сотовой связи

1.2 Архитектура EPS

1.3 Стеки протоколов на интерфейсах

Эволюция сетей сотовой связи

1G (First Generation)	2G (Second Generation)	3G (Third Generation)	4G (Fourth Generation)
AMPS <i>Advanced Mobile Telephone System</i>	GSM <i>Global System for Mobile communications</i> CDMA One (IS-95) <i>Code Division Multiple Access Based on IS-95</i>	UMTS WCDMA TD-SCDMA CDMA2000 EVDO	LTE Advanced UMB EV-DO Rev C
TACS <i>Total Access Communications System</i>	DAMPS (IS-136) <i>Digital - Advanced Mobile Phone System Based on IS-136</i>	WiMAX	WiMAX 802.16m
ETACS <i>Extended Total Access Communication System</i>	Other		



Contents

1 Архитектура сети

1.1 Эволюция сетей сотовой связи

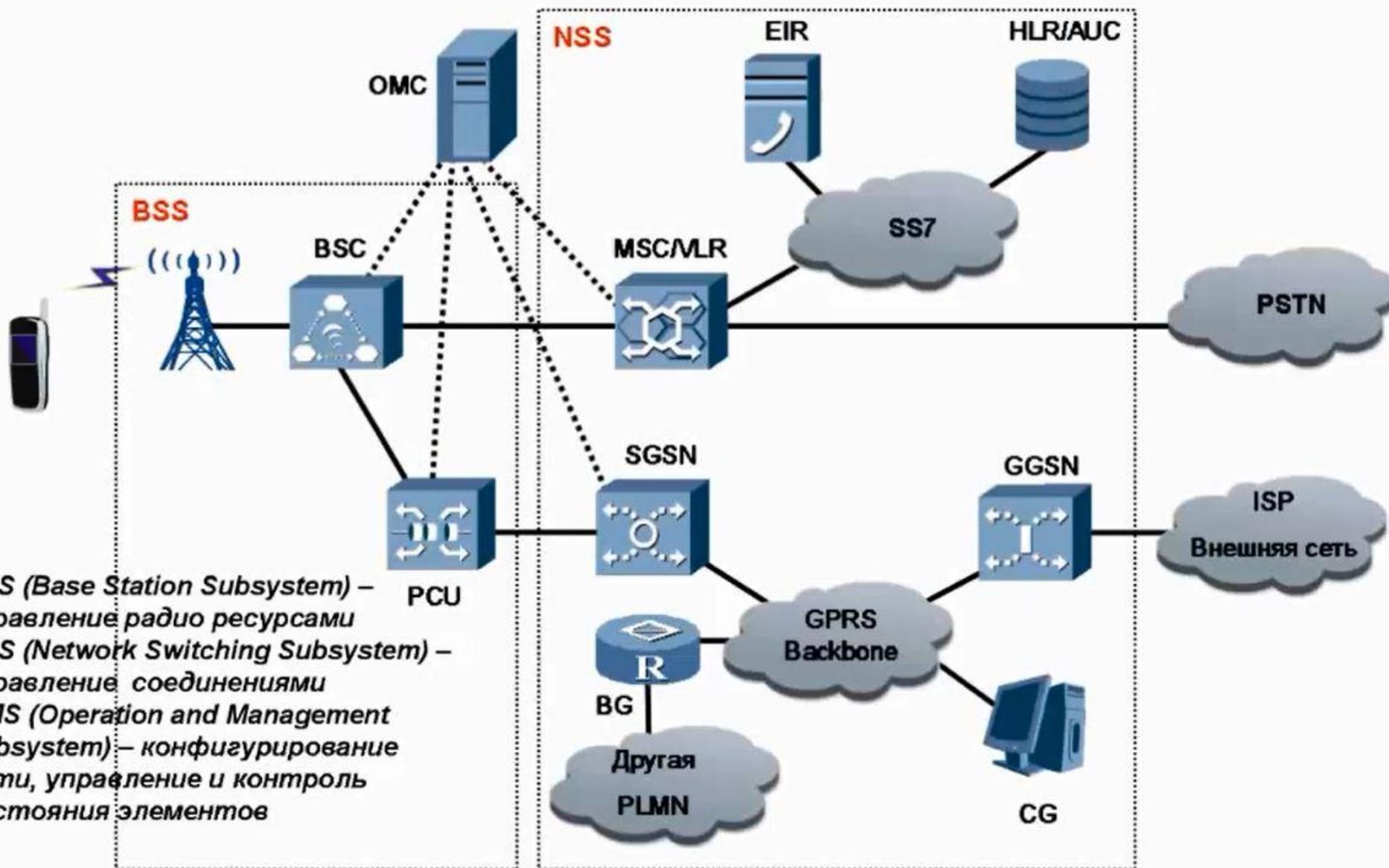
1.2 Архитектура сетей 2G

1.3 Архитектура сетей 3G

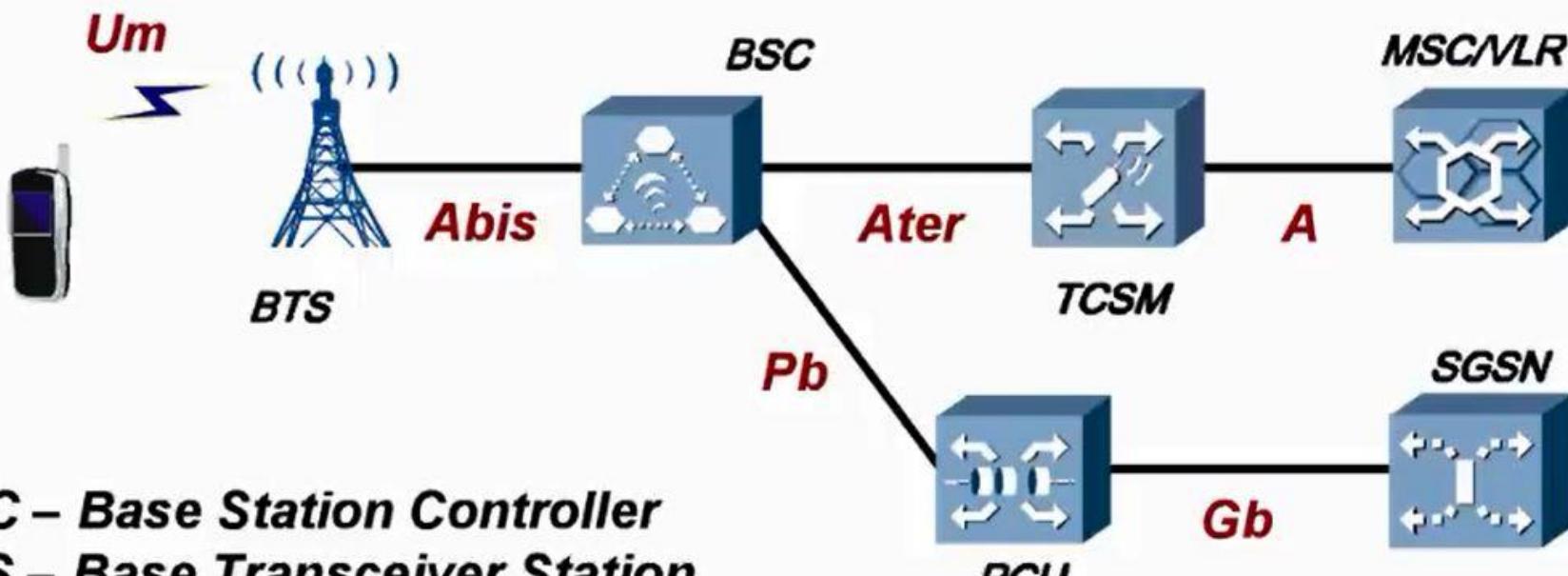
1.4 Архитектура сетей 4G

1.5 Архитектура комплексной сети

Структура сетей GSM/GPRS (2G)



Интерфейсы BSS



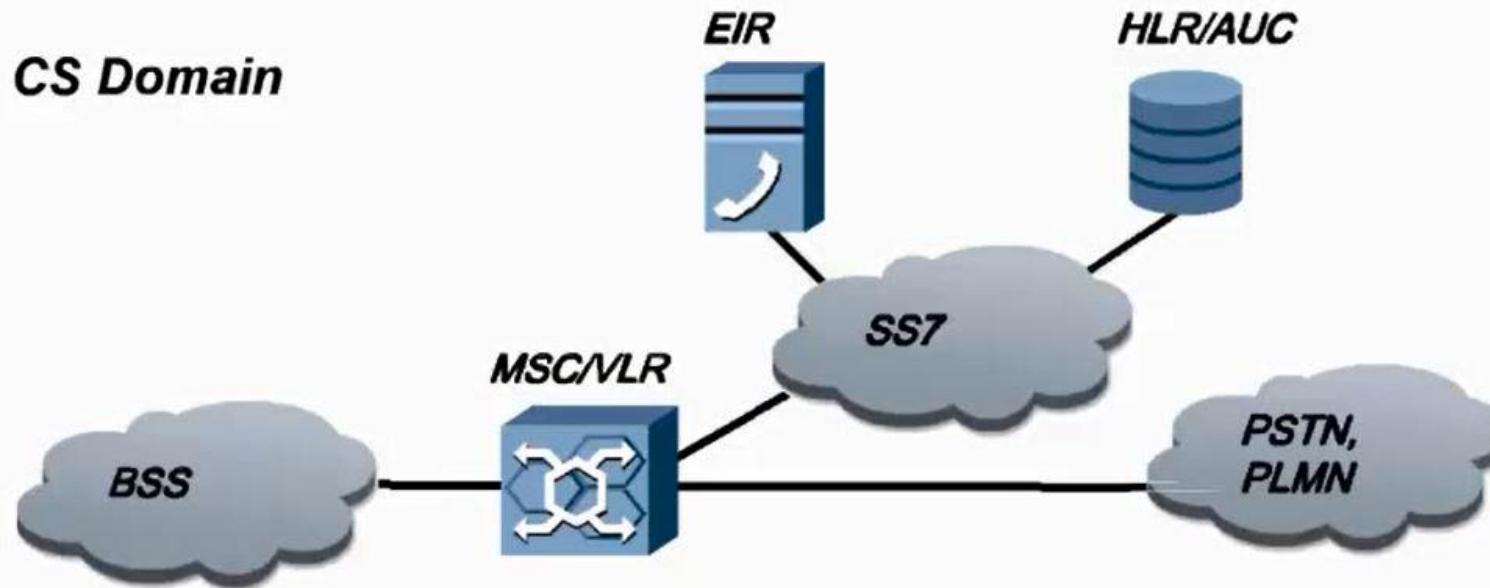
BSC – Base Station Controller

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

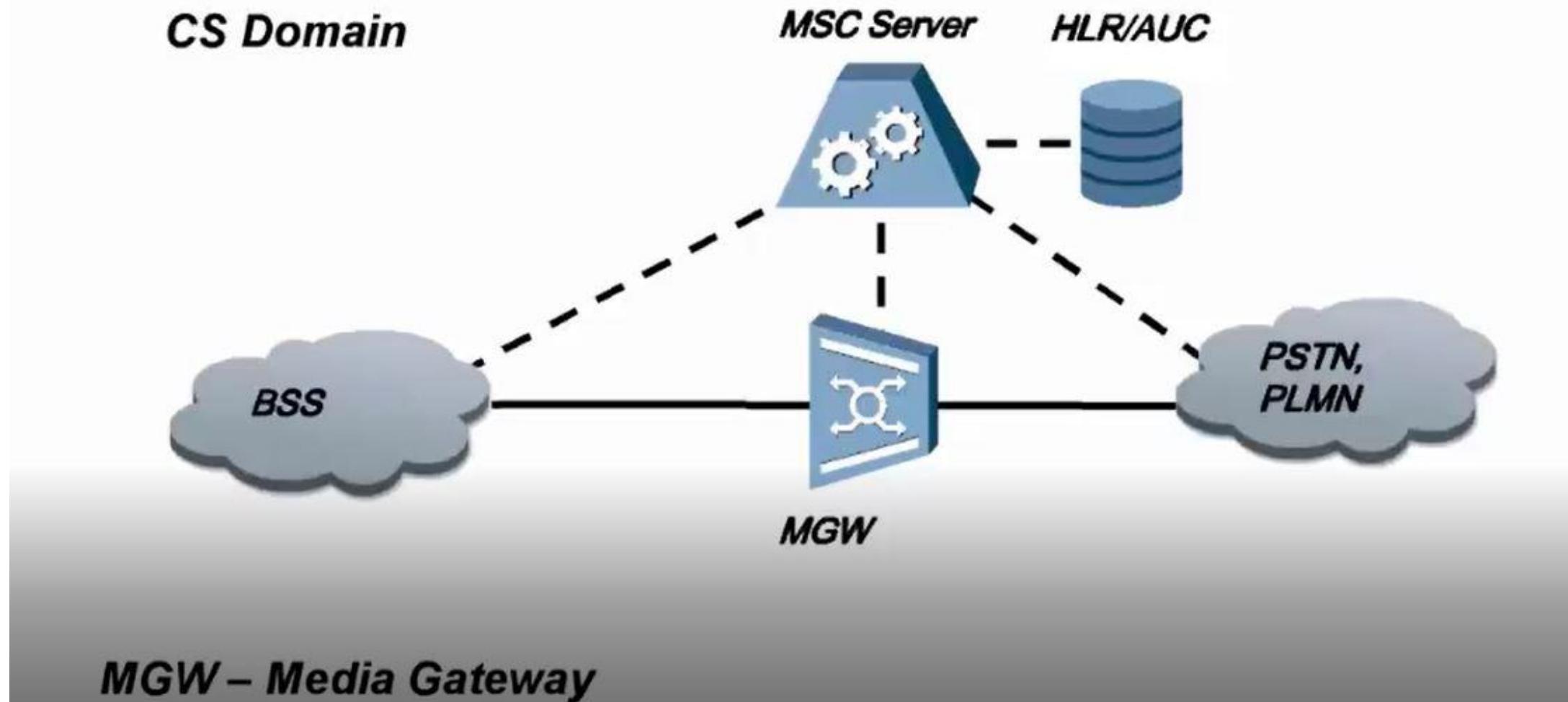
Home Location Register – HLR

Visitor Location Register – VLR

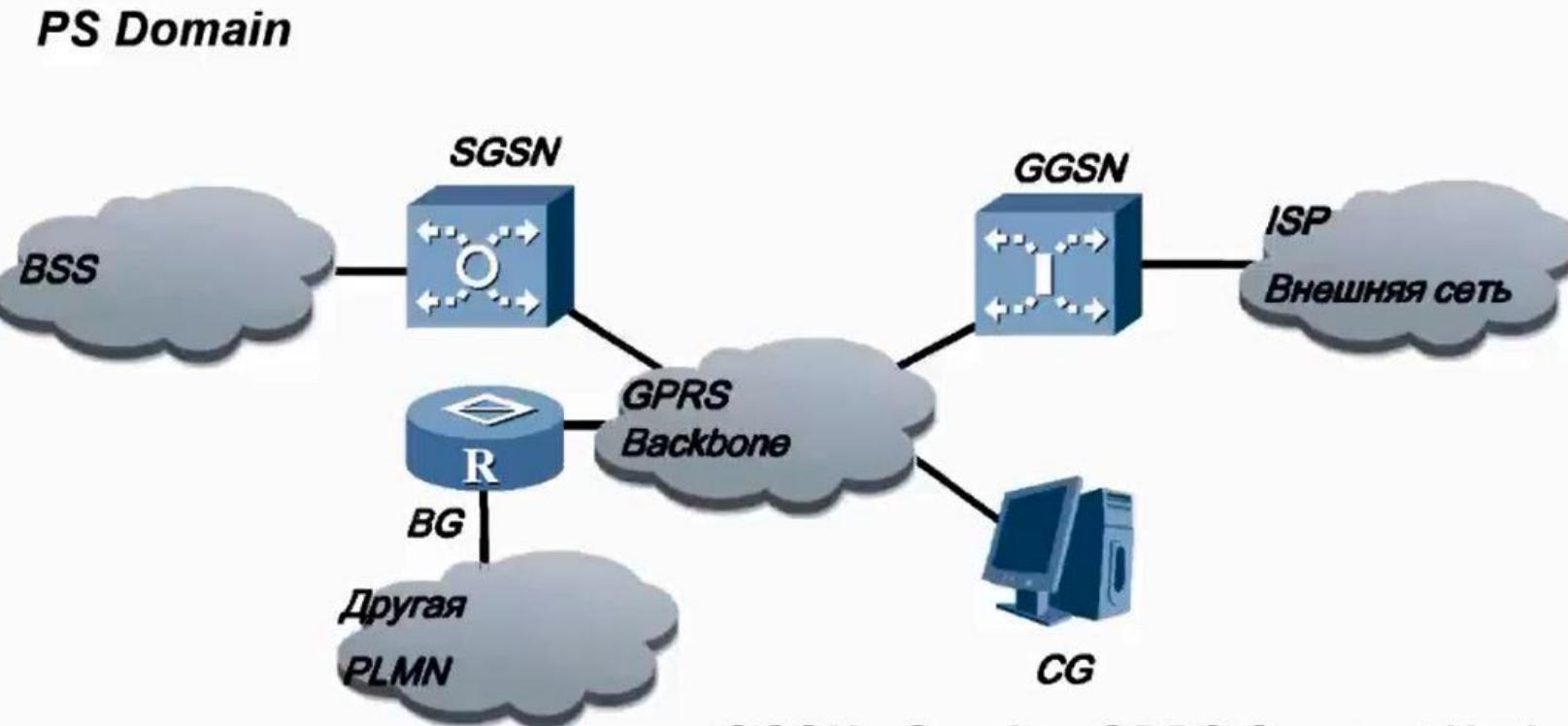
Equipment Identity Register – EIR

Authentication Center – AUC

Элементы подсистемы NSS (3GPP R4)

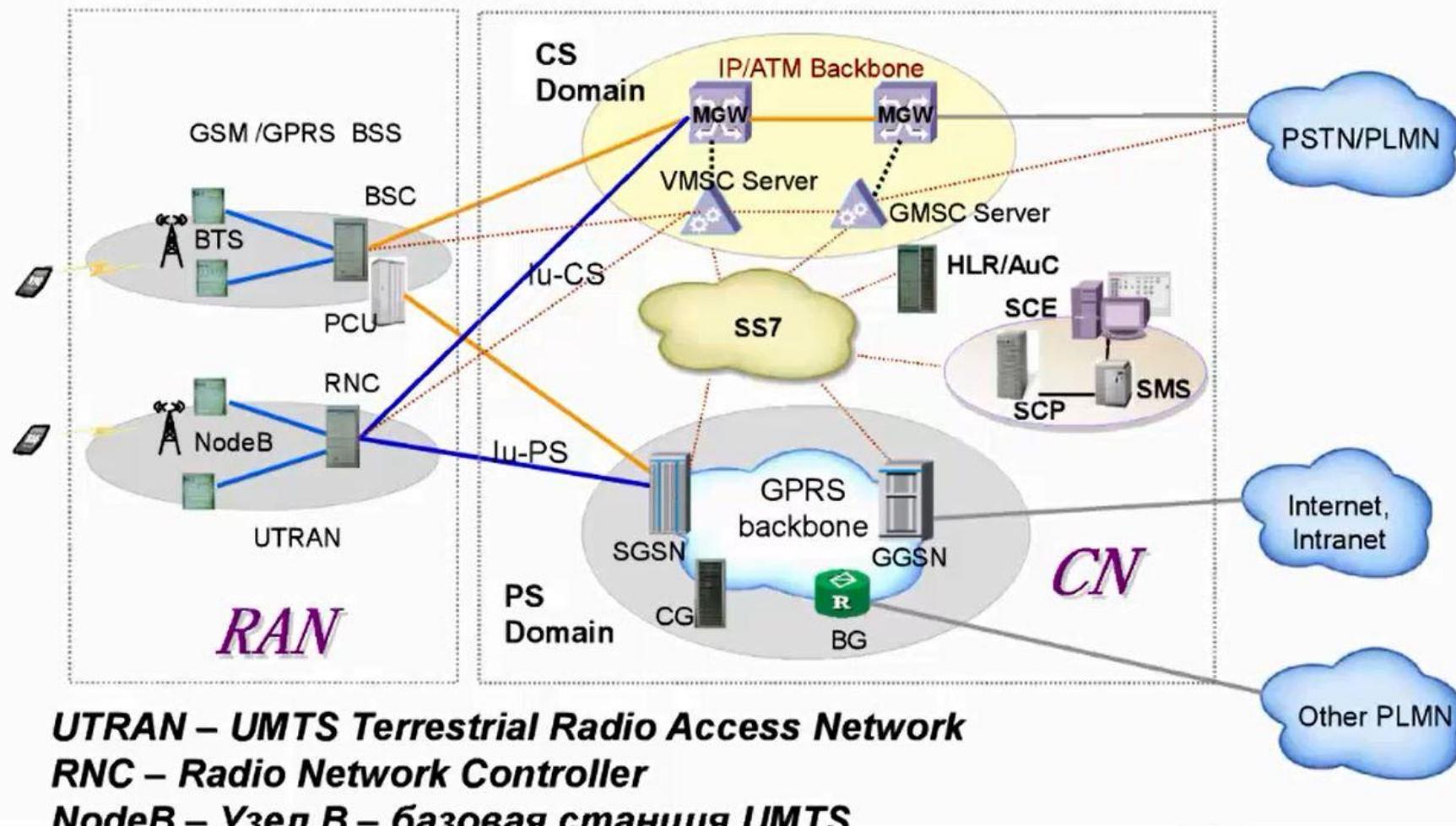


Элементы подсистемы GPRS

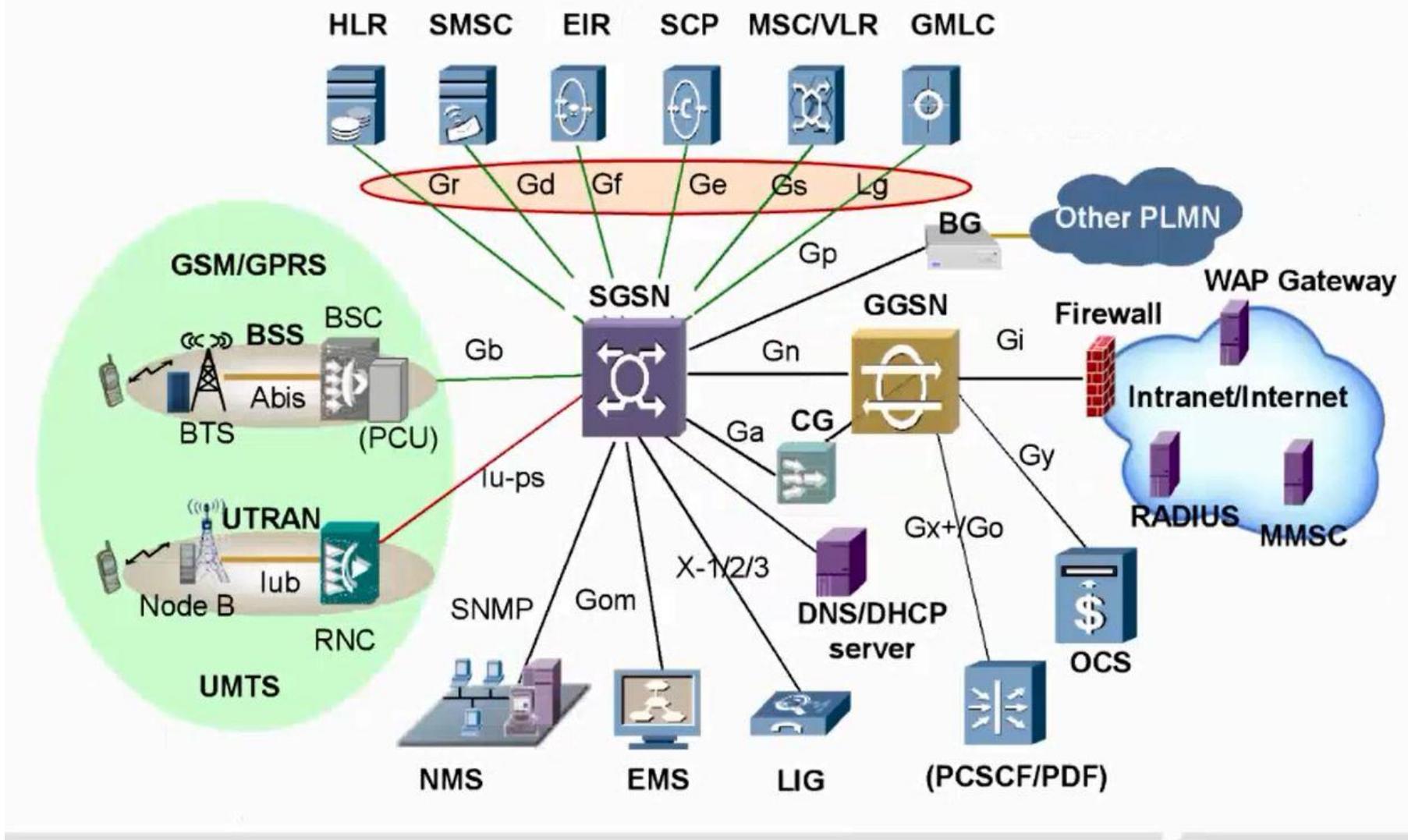


SGSN - Serving GPRS Support Node
GGSN - Gateway GPRS Support Node
BG - Border Gateway
CG – Charging Gateway

Структура сети UMTS (3G)

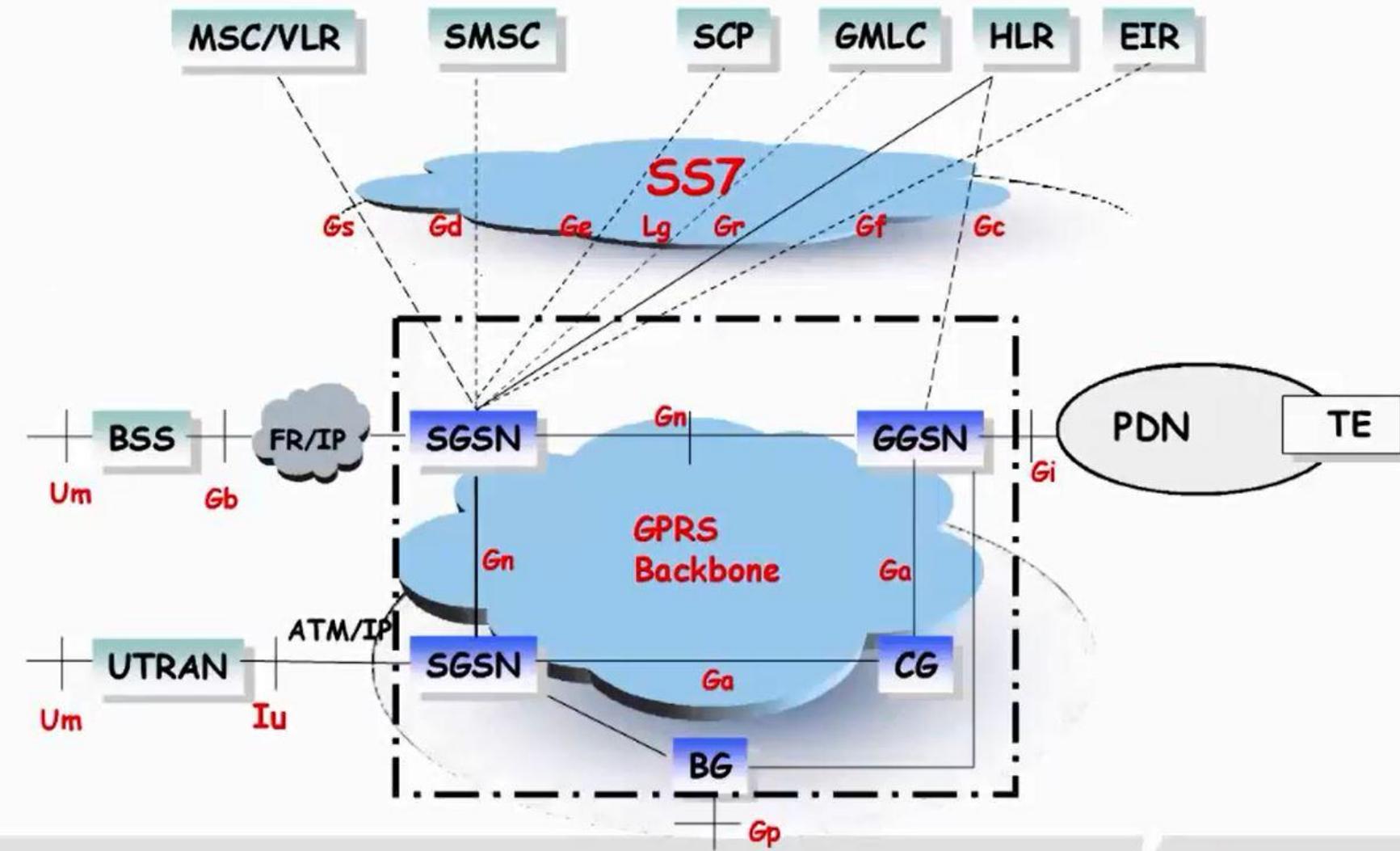


GPRS/UMTS PS Network (3G)





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 соте 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

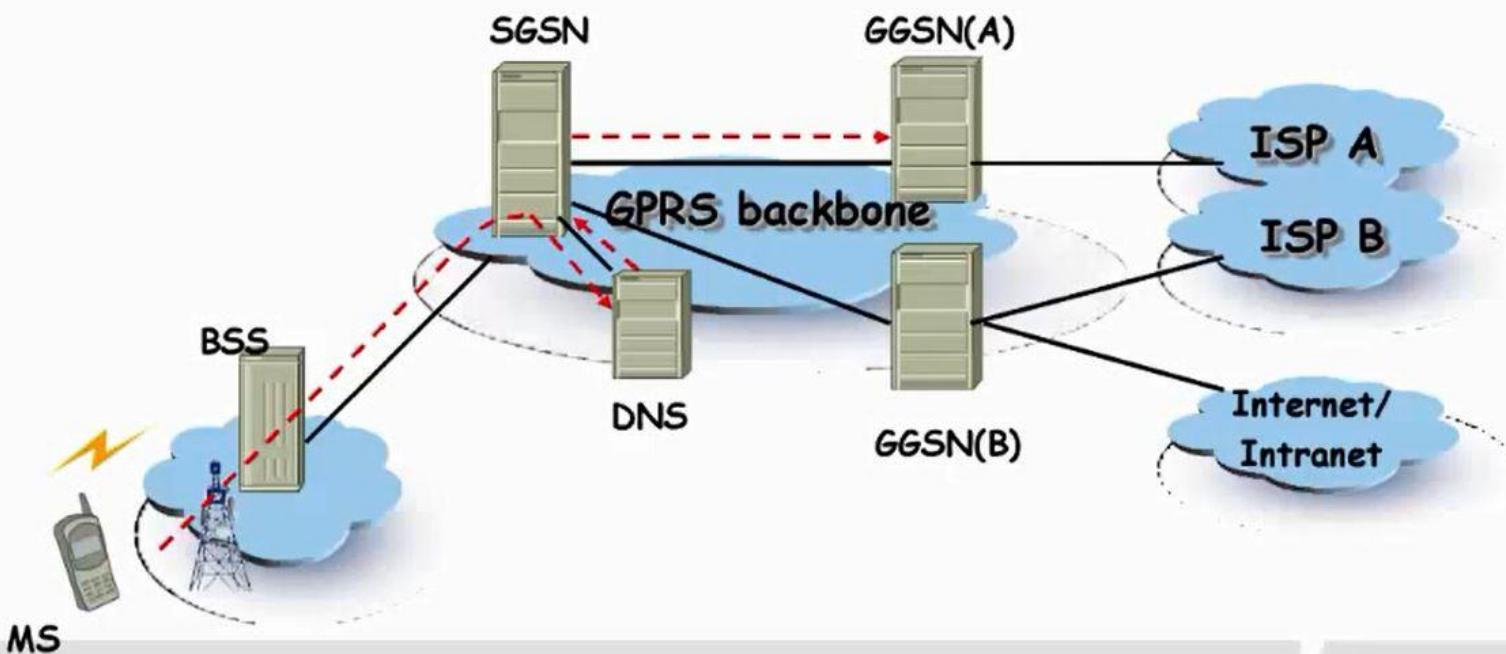
- Сбор GPRS CDRs
- Временное хранение GPRS CDRs
- Предварительная обработка GPRS CDRs
- Передача GPRS CDRs биллинговому центру

ФУНКЦИИ HLR/AuC

- Сохранение и обновление данных об абонентах GPRS и подписанных услугах
- Аутентификация (генерация триплетов/пентиплетов)
- Сохранение информации о метонахождении 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

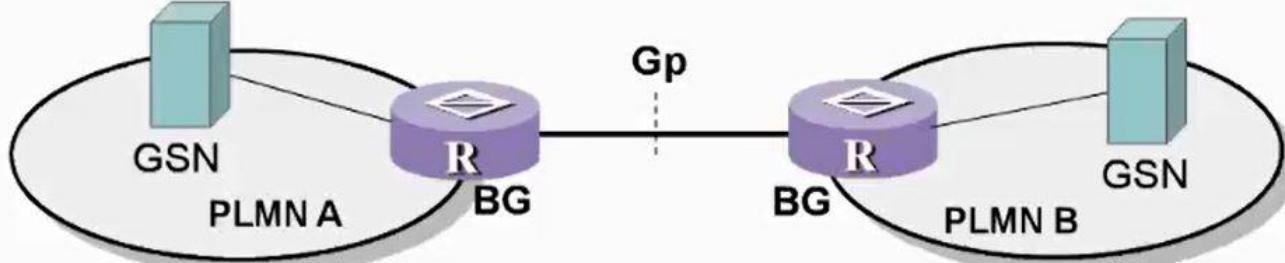
ФУНКЦИИ DNS

- 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



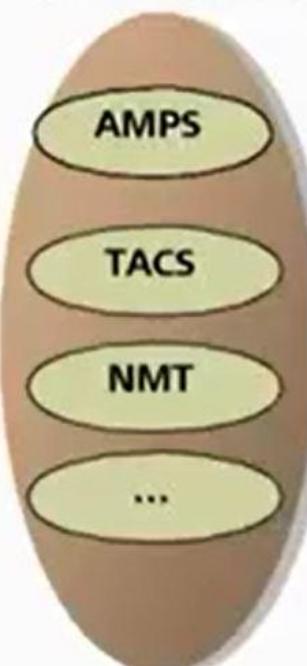


Содержание

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

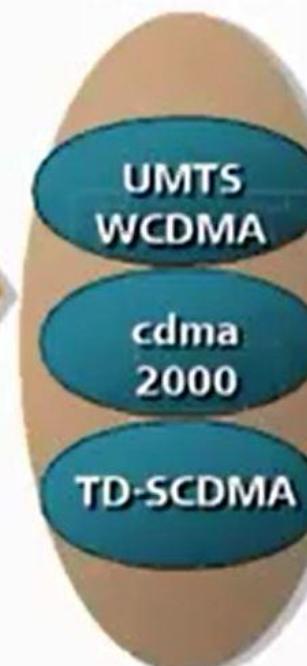
1G 1980
Аналоговый



2G 1990
Цифровой



3G
IMT-2000



Technologies drive

Demands drive

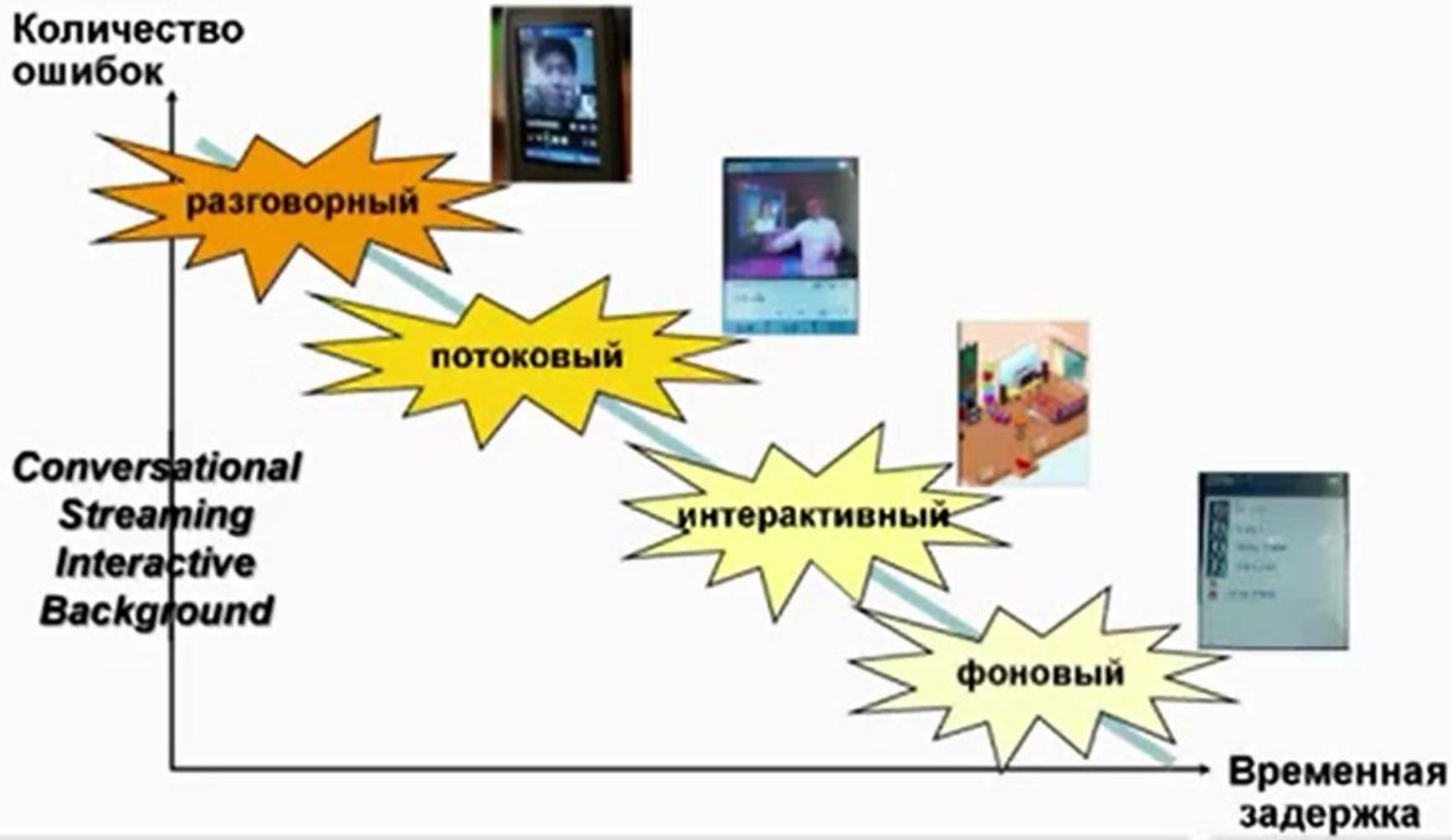
Развитие сетей 3G

- 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



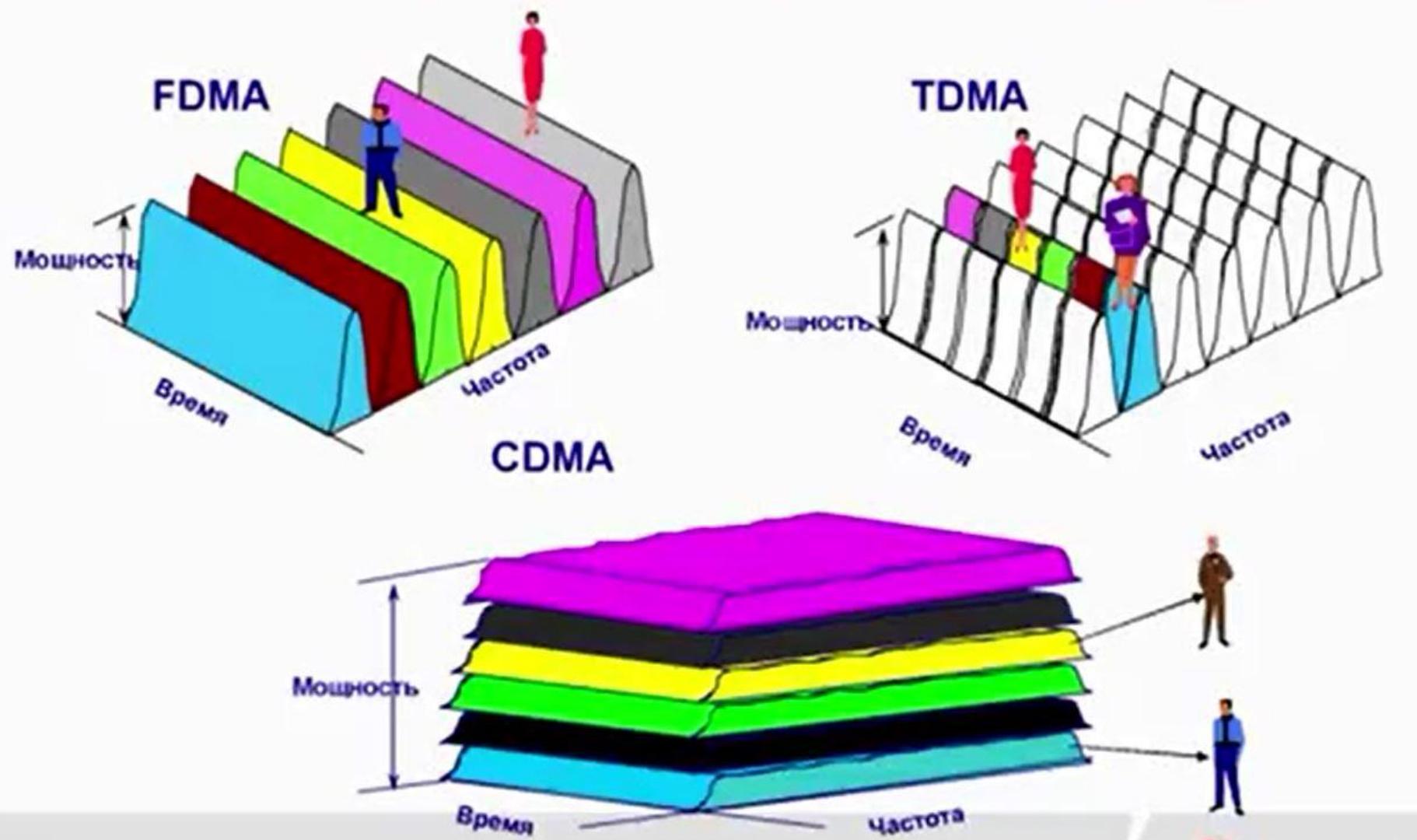
CDMA – ядро технологии 3G



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)

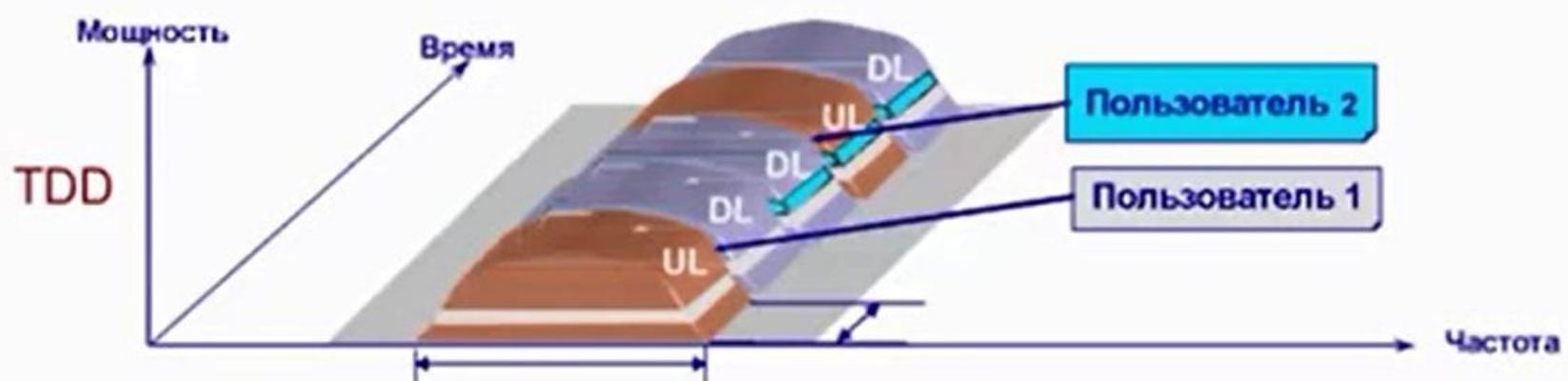
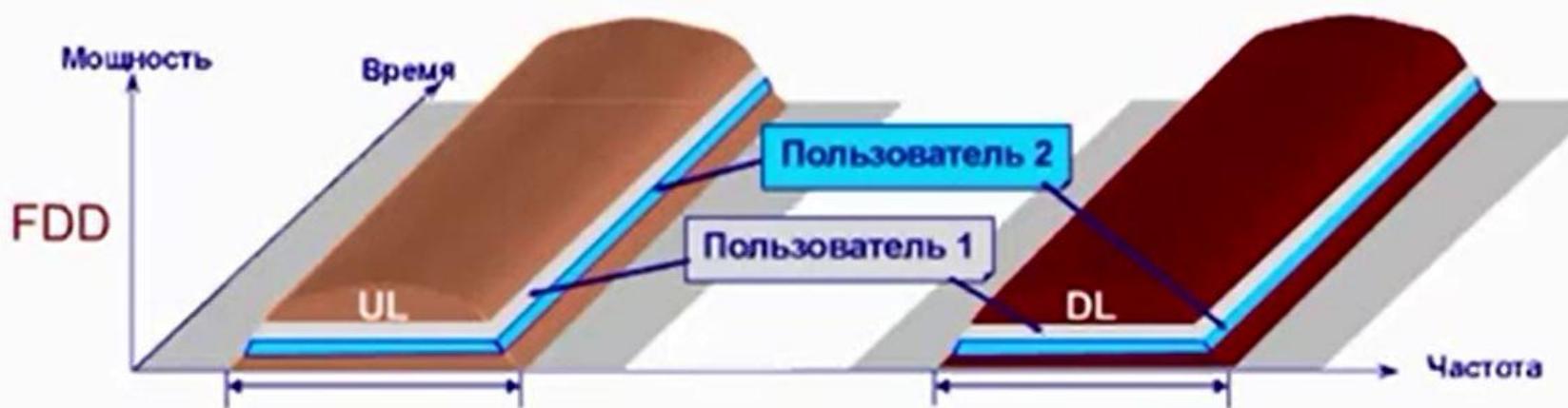
Технология множественного доступа



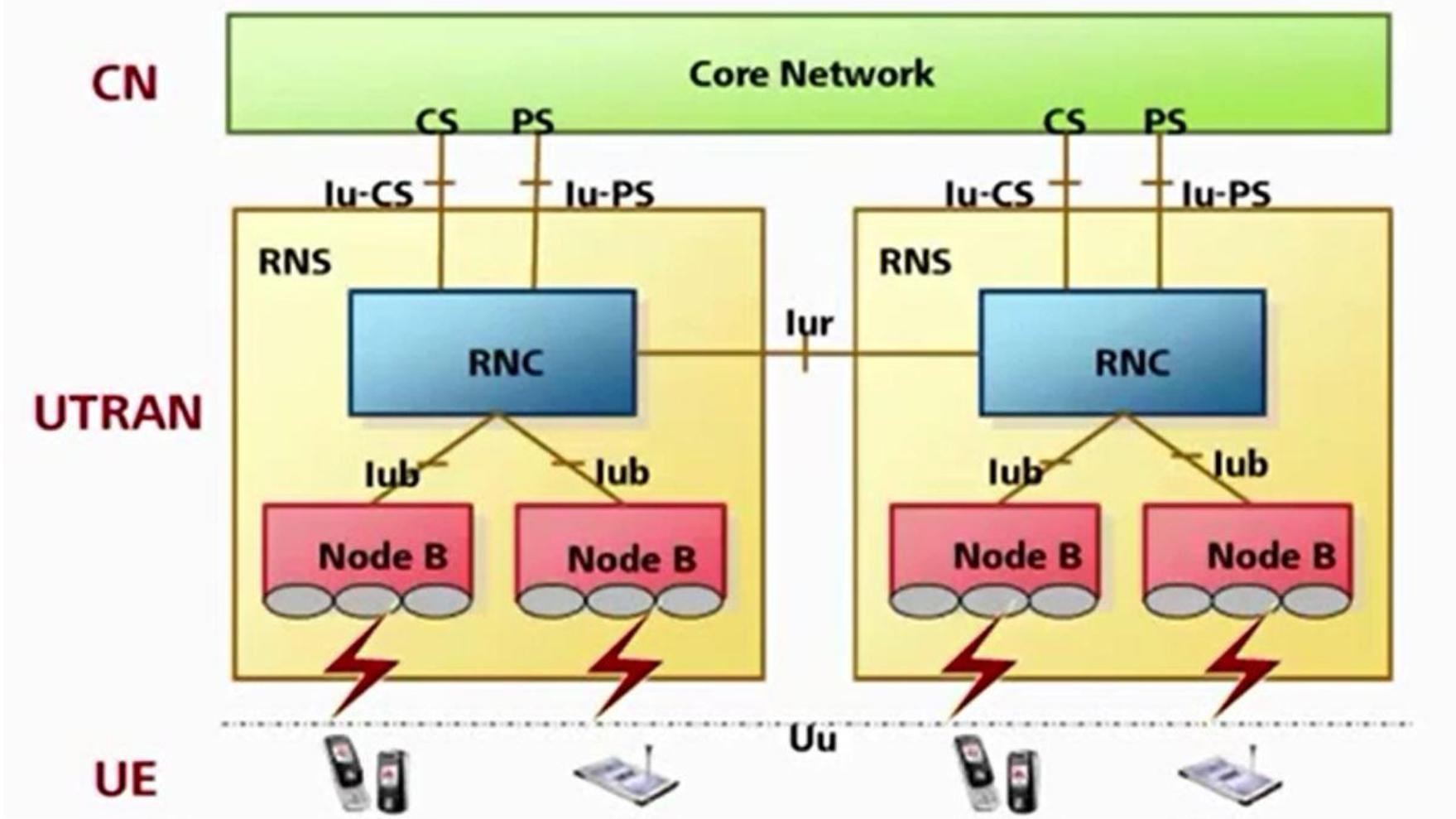
Технологии множественного доступа и дуплексного разнесения

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

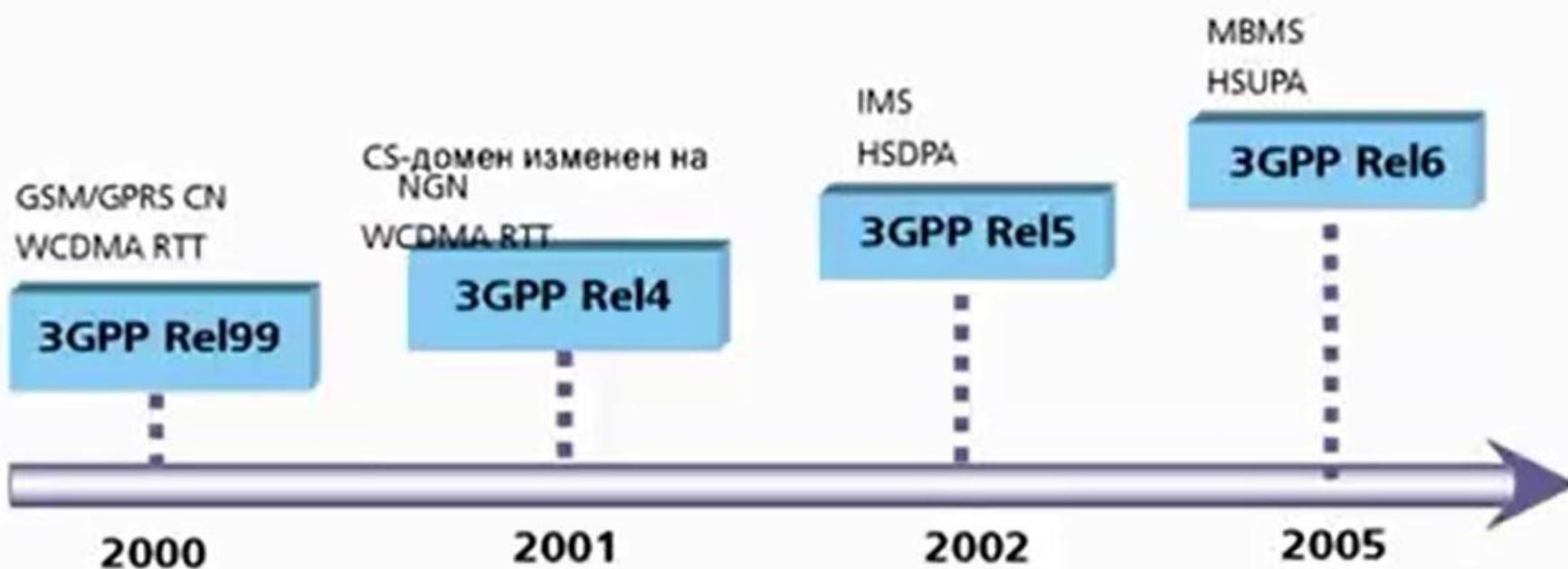
Технология дуплексного разнесения



Архитектура сети WCDMA



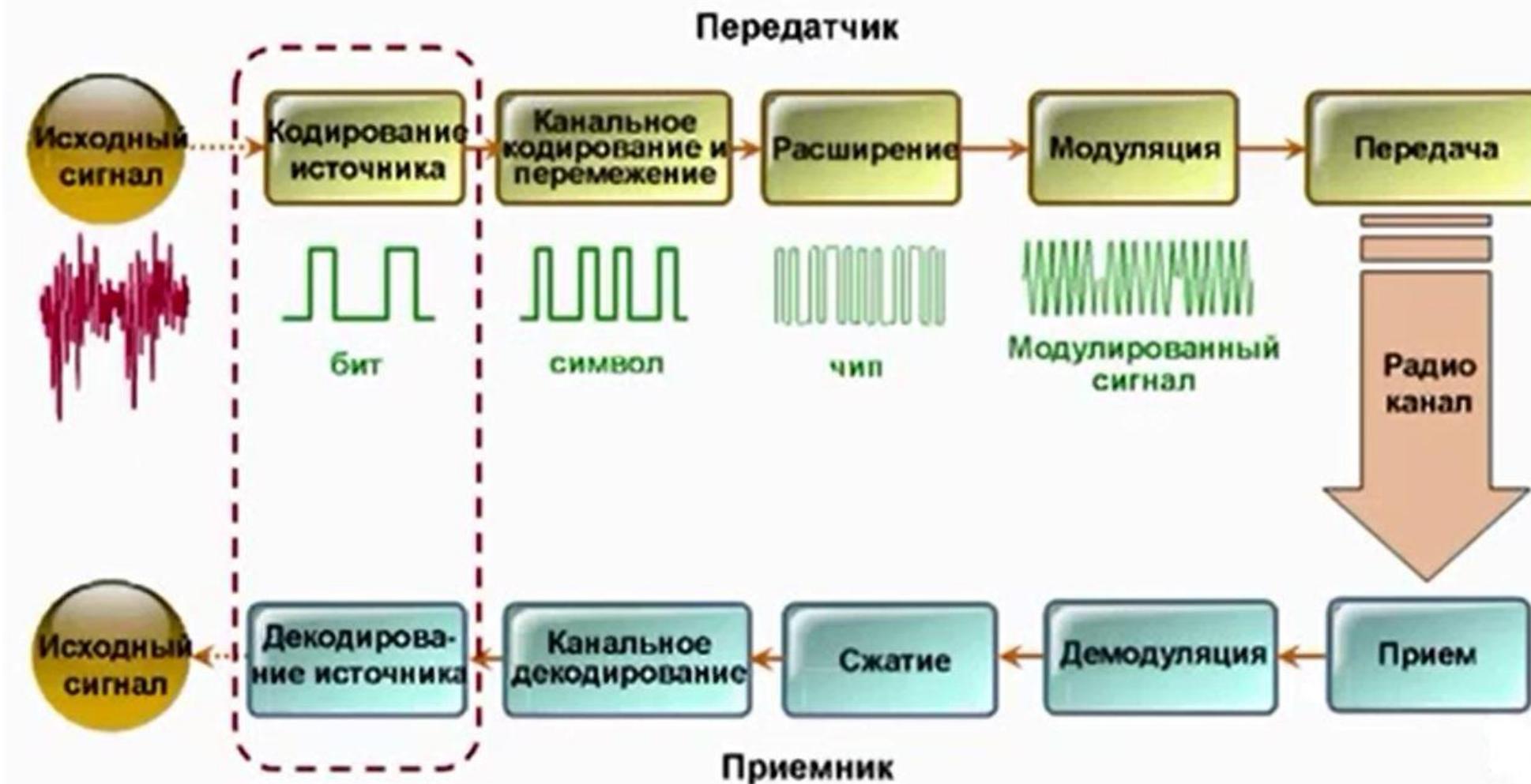
Этапы развития сети WCDMA



Этапы развития сети WCDMA

- Особенности релиза R6
 - Появление технологии MBMS
 - Появление технологии HSUPA, позволяющей передавать данные от абонента с пропускной способностью до 5,76МБ/с
- Особенности релиза R7
 - Появление технологии HSPA+, использующей 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 Aggregation). 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: видеоиздек, 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

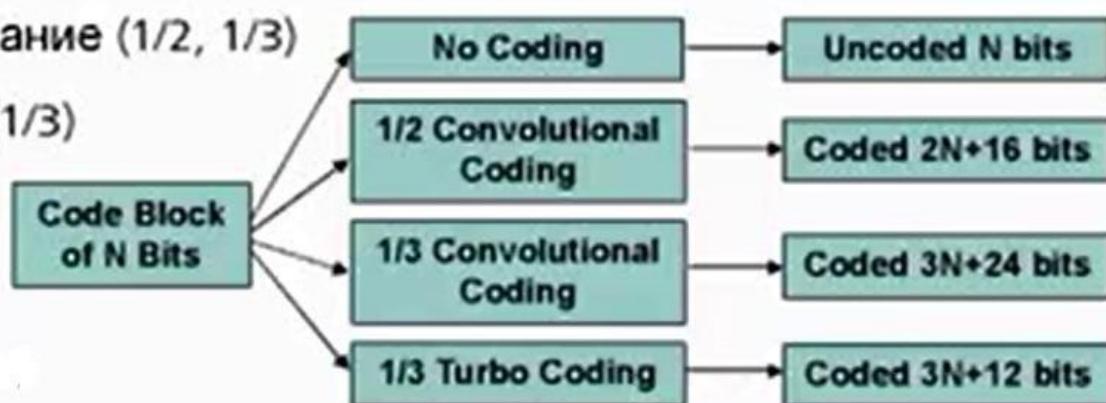
- Кодирование блока используется для обнаружения не исправленных ошибок после коррекции ошибок
- CRC (cyclic redundancy check) схема определения ошибок передачи данных, использующаяся в кодировании блока
- Добавление битов CRC перед канальным кодированием и проверка этого кода после канального декодирования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

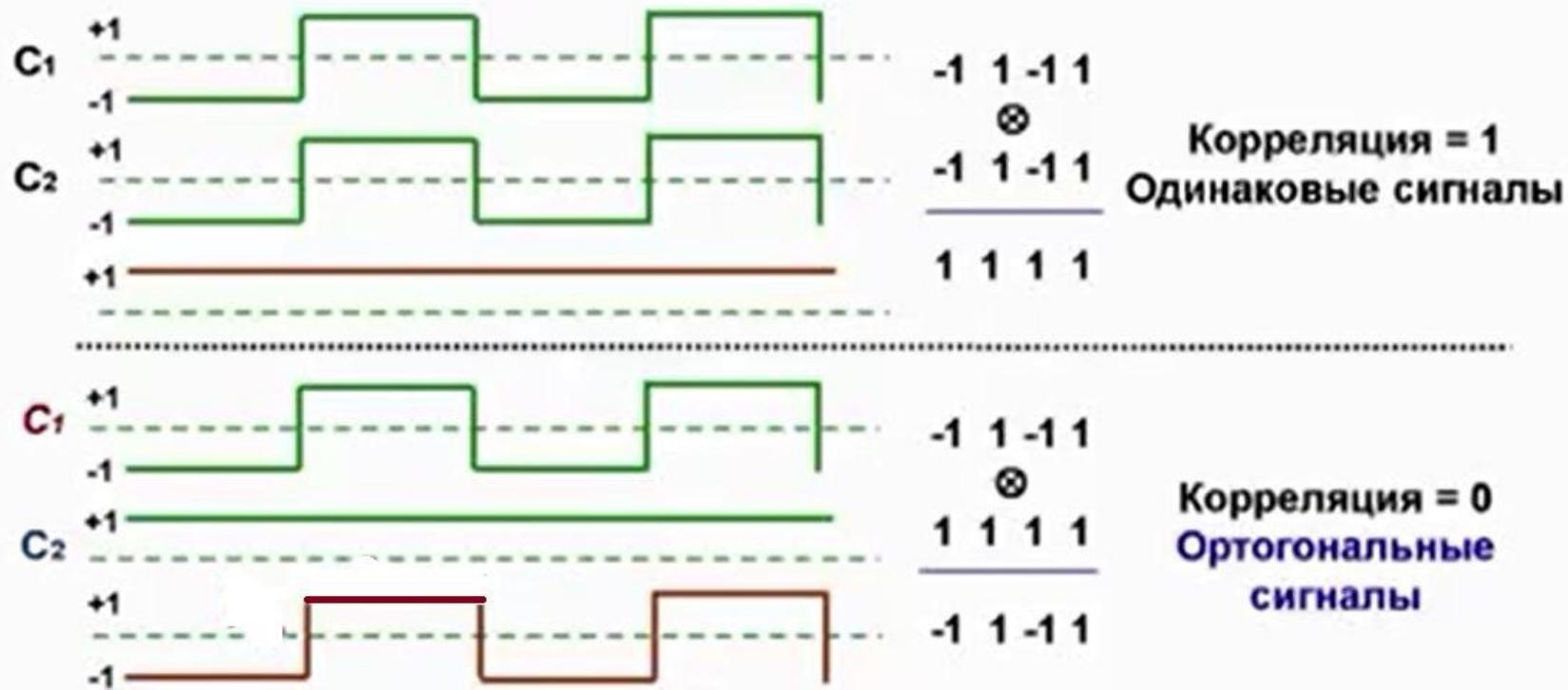
- Типы

- Без кодирования
- Сверточное кодирование ($1/2$, $1/3$)
- Турбо кодирование ($1/3$)



Корреляция

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



Кодирование с использованием ортогональных кодов

UE1:



UE2:



c_1 :

+1 -1 +1 -1 | +1 -1 +1 -1

c_2 :

+1 +1 +1 +1 | +1 +1 +1 +1

UE1 $\times c_1$:

+1 -1 +1 -1 | -1 +1 -1 +1

UE2 $\times c_2$:

-1 -1 -1 -1 | +1 +1 +1 +1

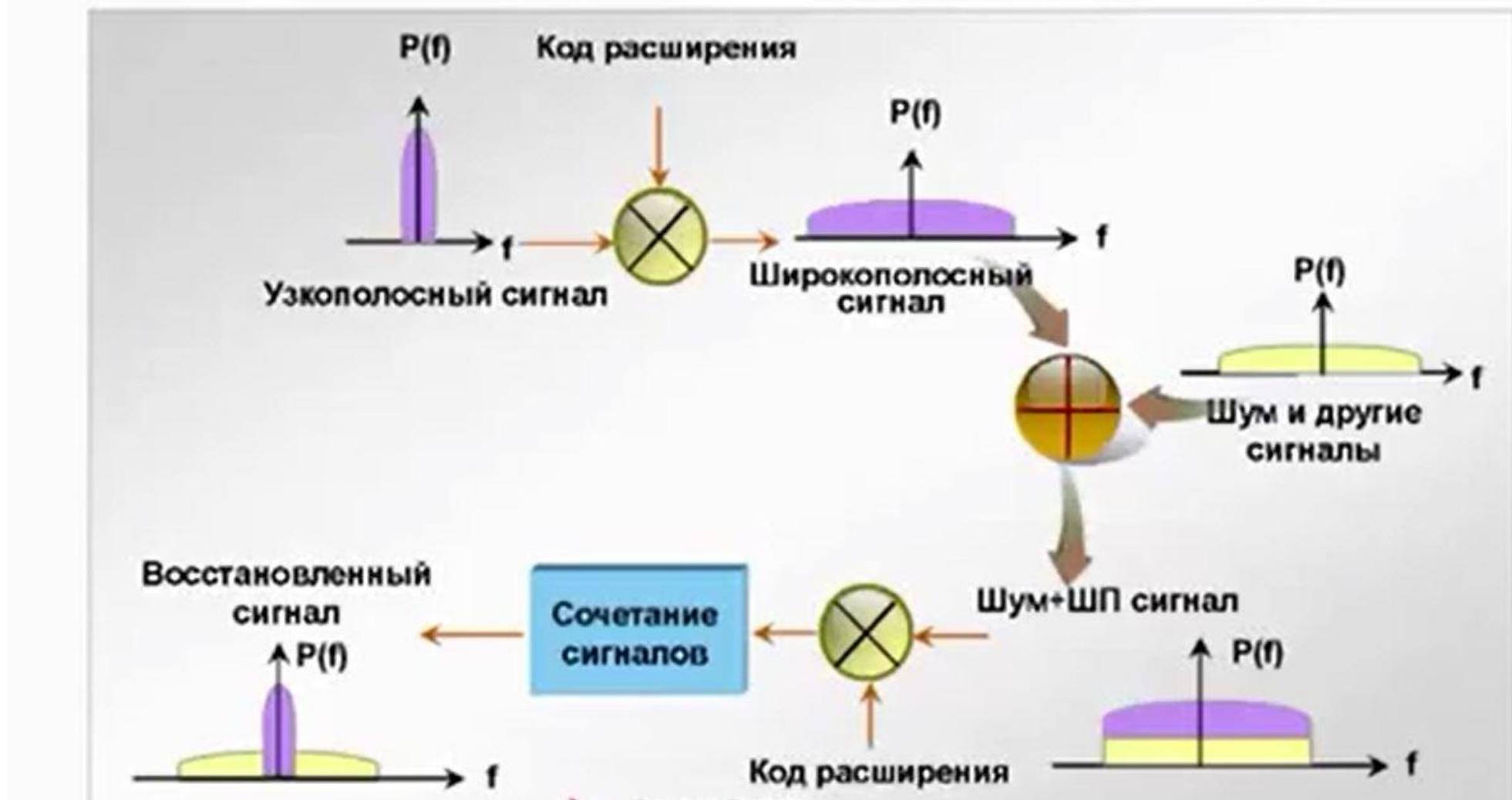
UE1 $\times c_1 +$ UE2 $\times c_2$:

0	-2	0	-2	0	+2	0	+2
---	----	---	----	---	----	---	----

Декодирование с использованием ортогональных кодов

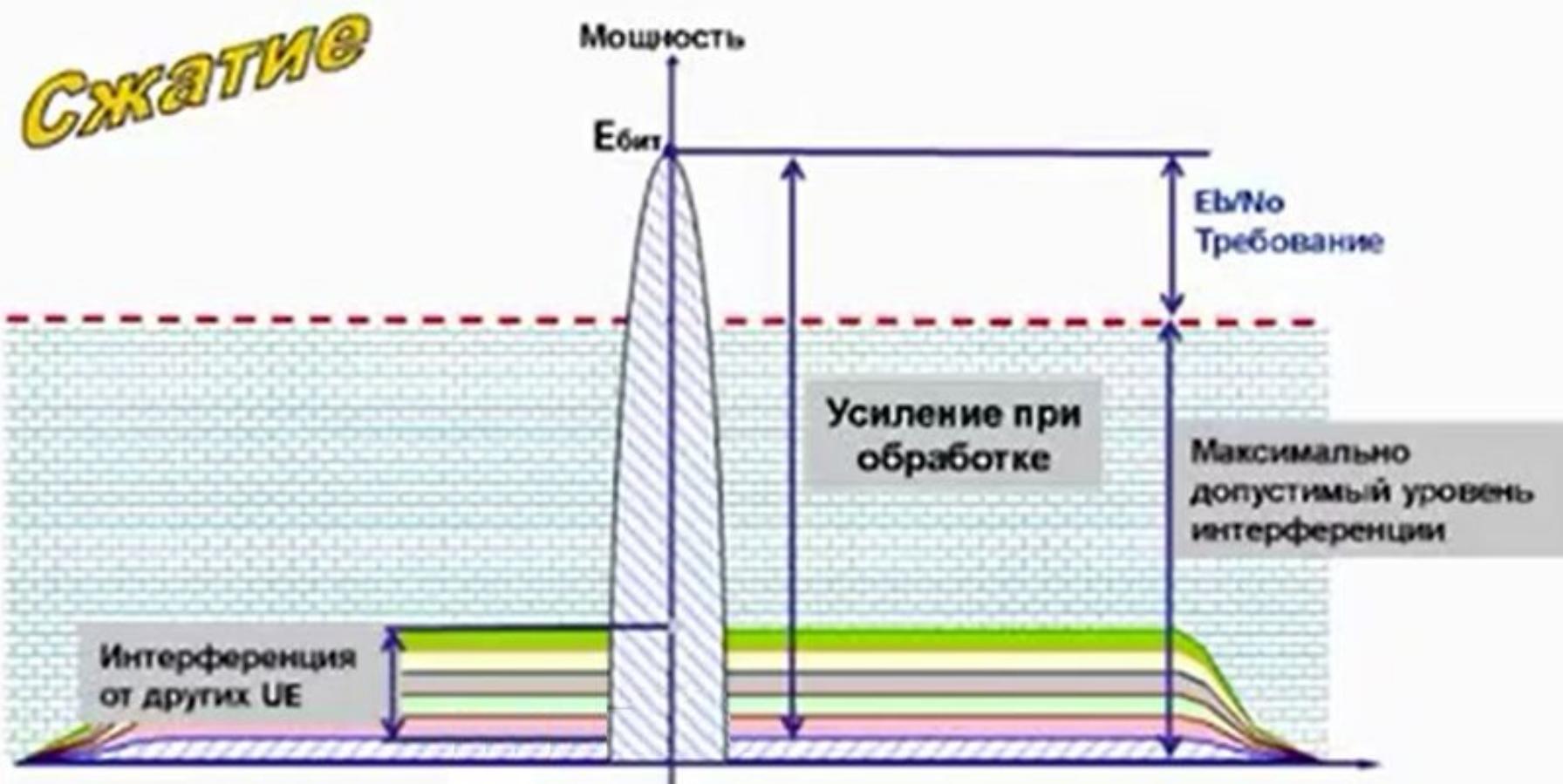
<i>UE1</i> $\times C_1 + UE2 \times C_2$:	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
<i>UE1 Сжатие кодом c1:</i>	+1 -1 +1 -1	+1 -1 +1 -1
<i>Результат сжатия:</i>	0 +2 0 +2	0 -2 0 -2
<i>Суммарное значение:</i>	+4 (означает +1)	-4 (означает -1)
<i>UE2 Сжатие кодом c2:</i>	+1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1
<i>Результат сжатия:</i>	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
<i>Суммарное значение:</i>	-4 (означает -1)	+4 (означает +1)

Спектр частот после Расширения/Сжатия



Спектр частот после Расширения/Сжатия

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



Усиление при обработке

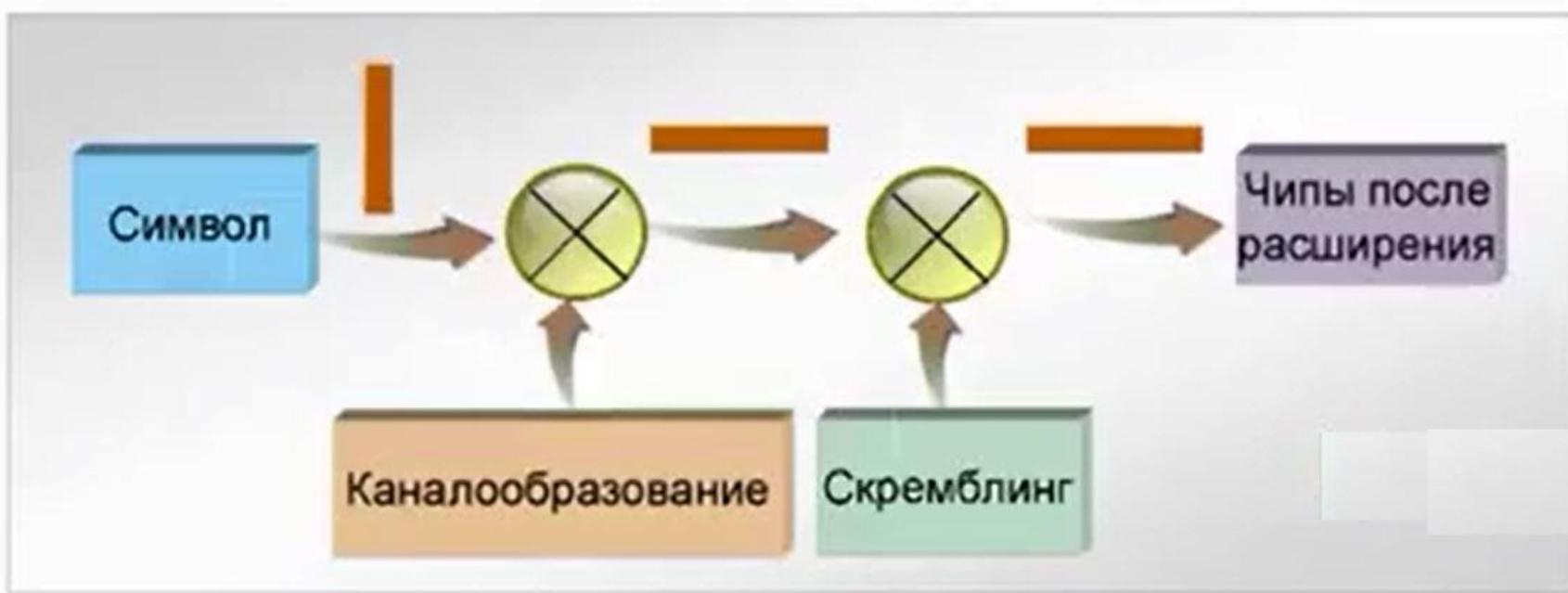
- Усиление при обработке (Process Gain)

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

- 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

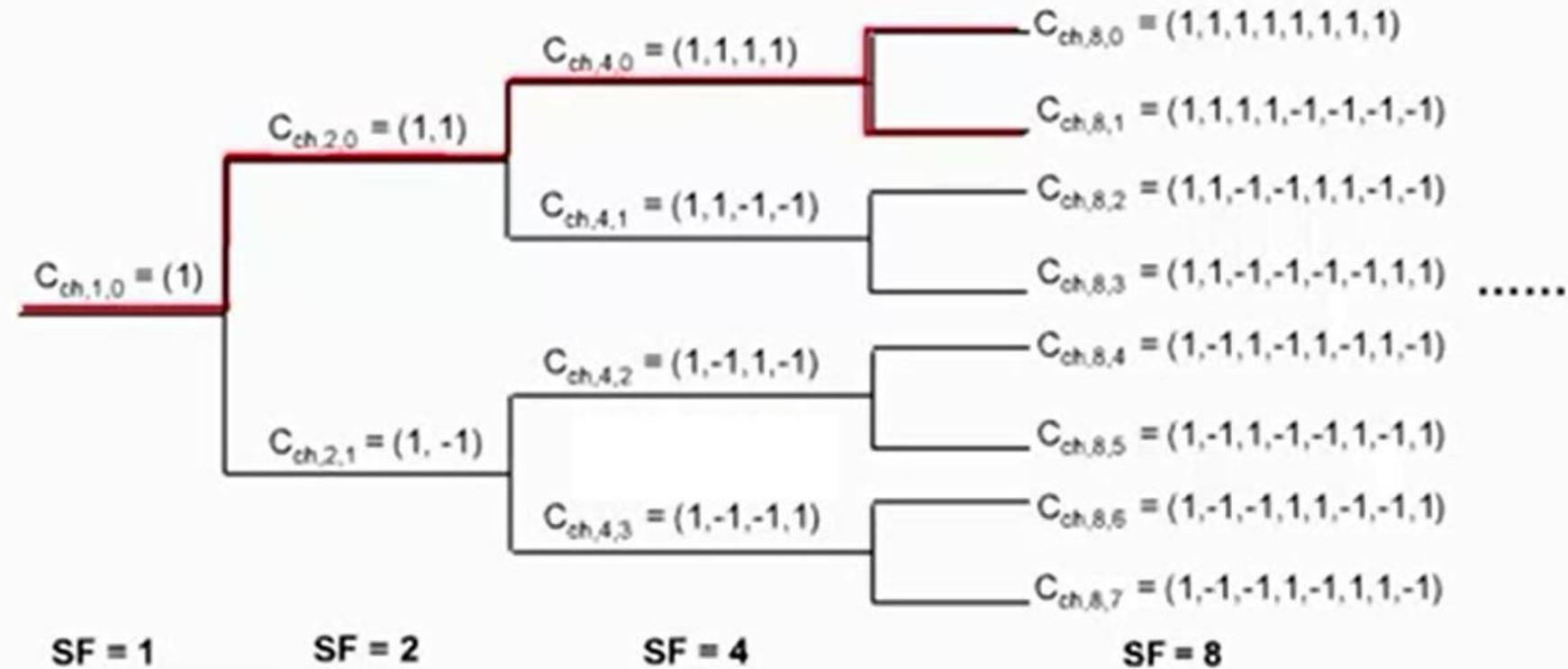
Технология расширения

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



Коды каналаобразования

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



Коды каналаобразования

- SF = chip rate / 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

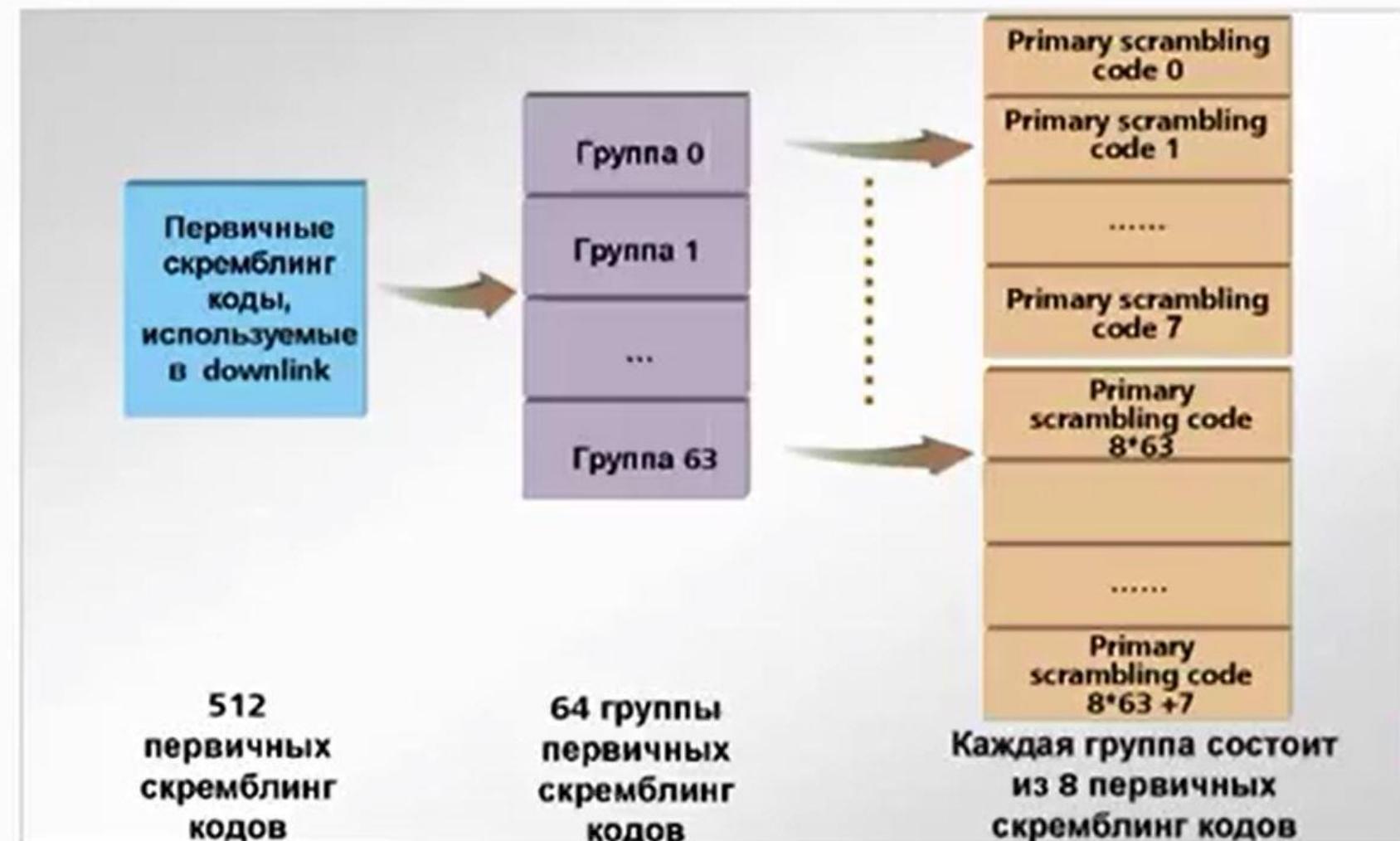
Назначение скремблинг кодов

- 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

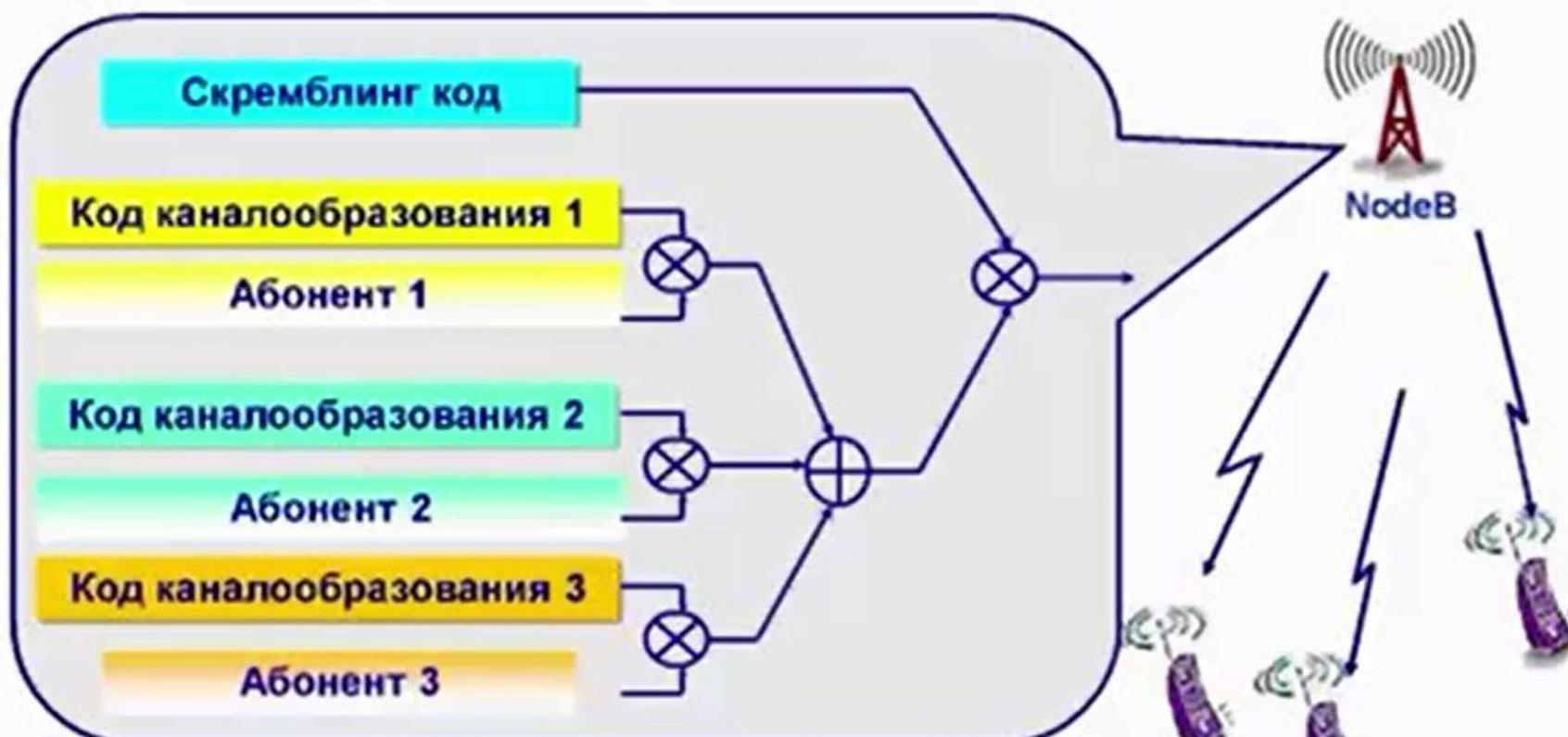
- Скремблинг коды: последовательность кодов GOLDa
- Для кодирования данных в uplink используется 2^{24} скремблинг кодов, которые назначаются контроллером радиосети (RNC) для каждого UE при присвоении выделенного канала
- В downlink используется 512 первичных скремблинг кодов (primary scrambling codes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

Группы первичных скремблиング кодов



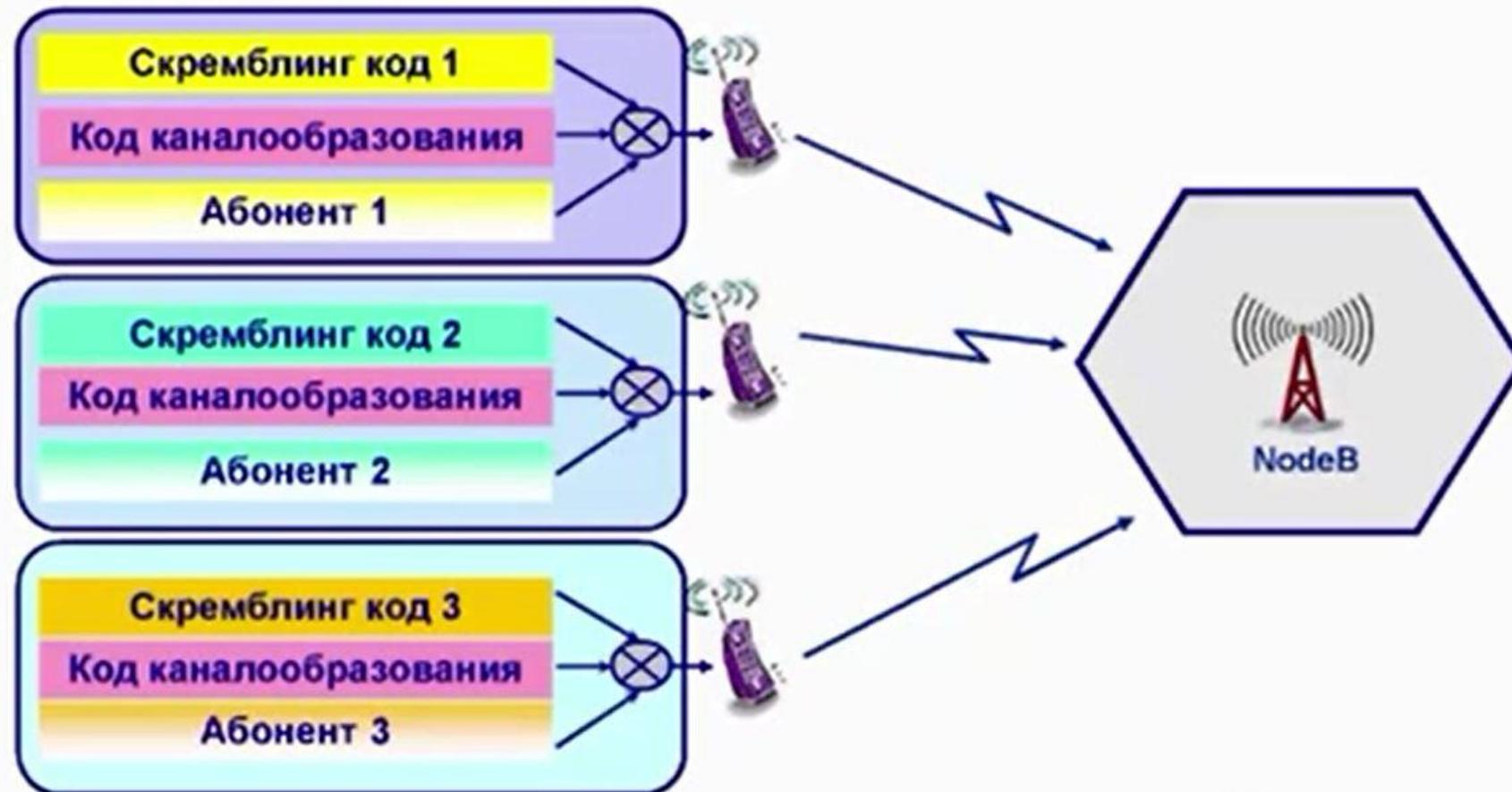
Мультиплексирование

- Передача данных в Downlink

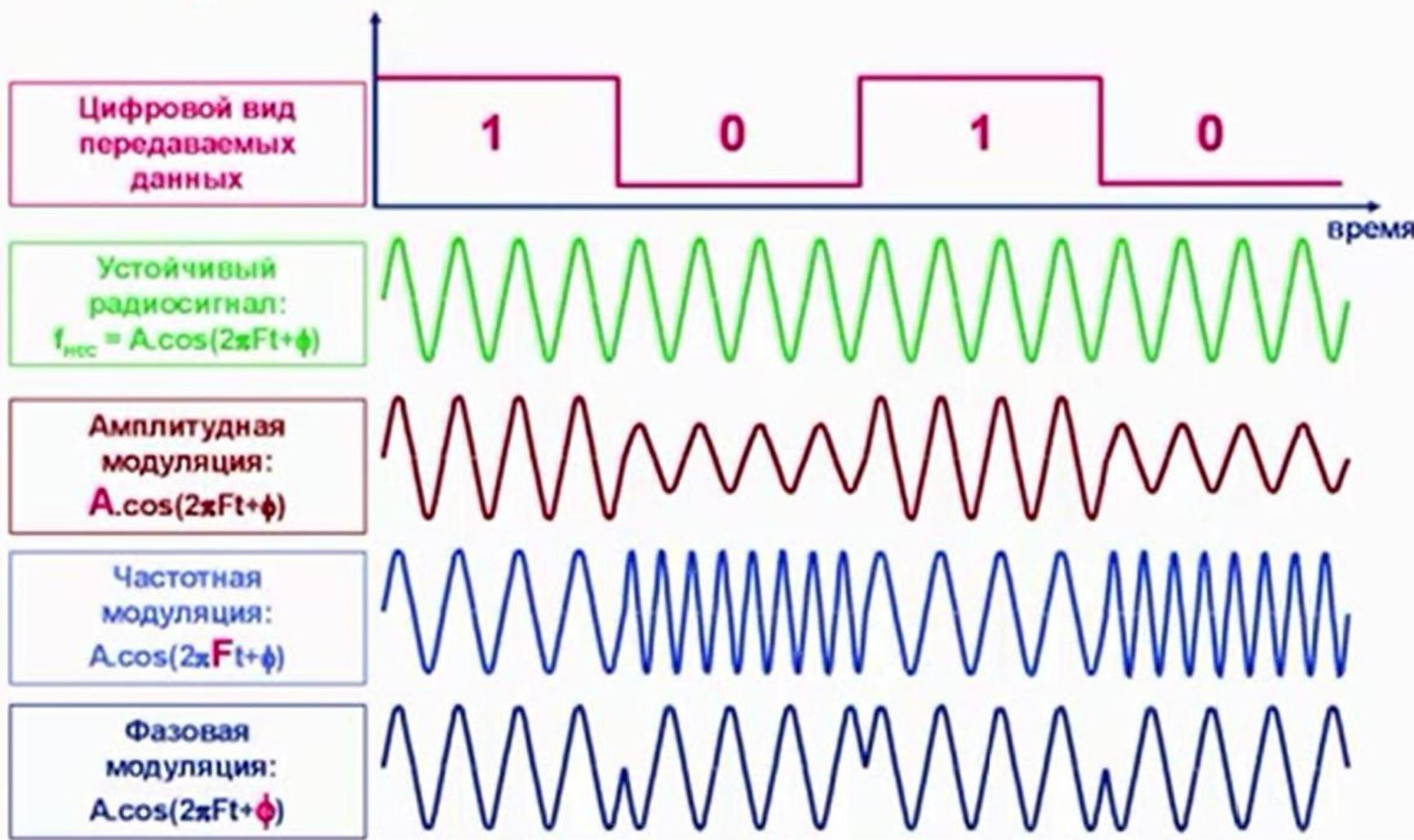


Мультиплексирование

- Передача данных в Uplink

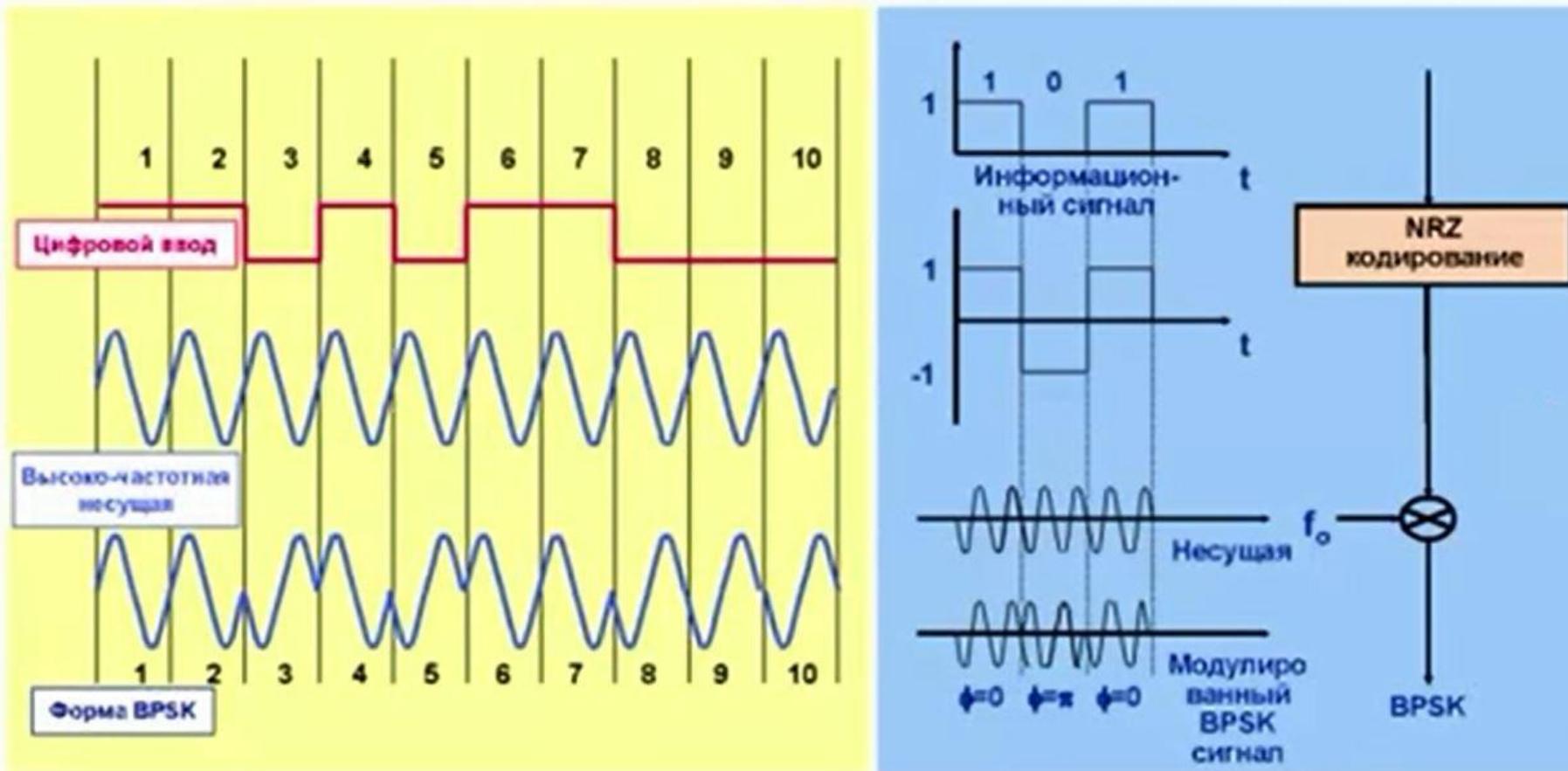


Модуляция



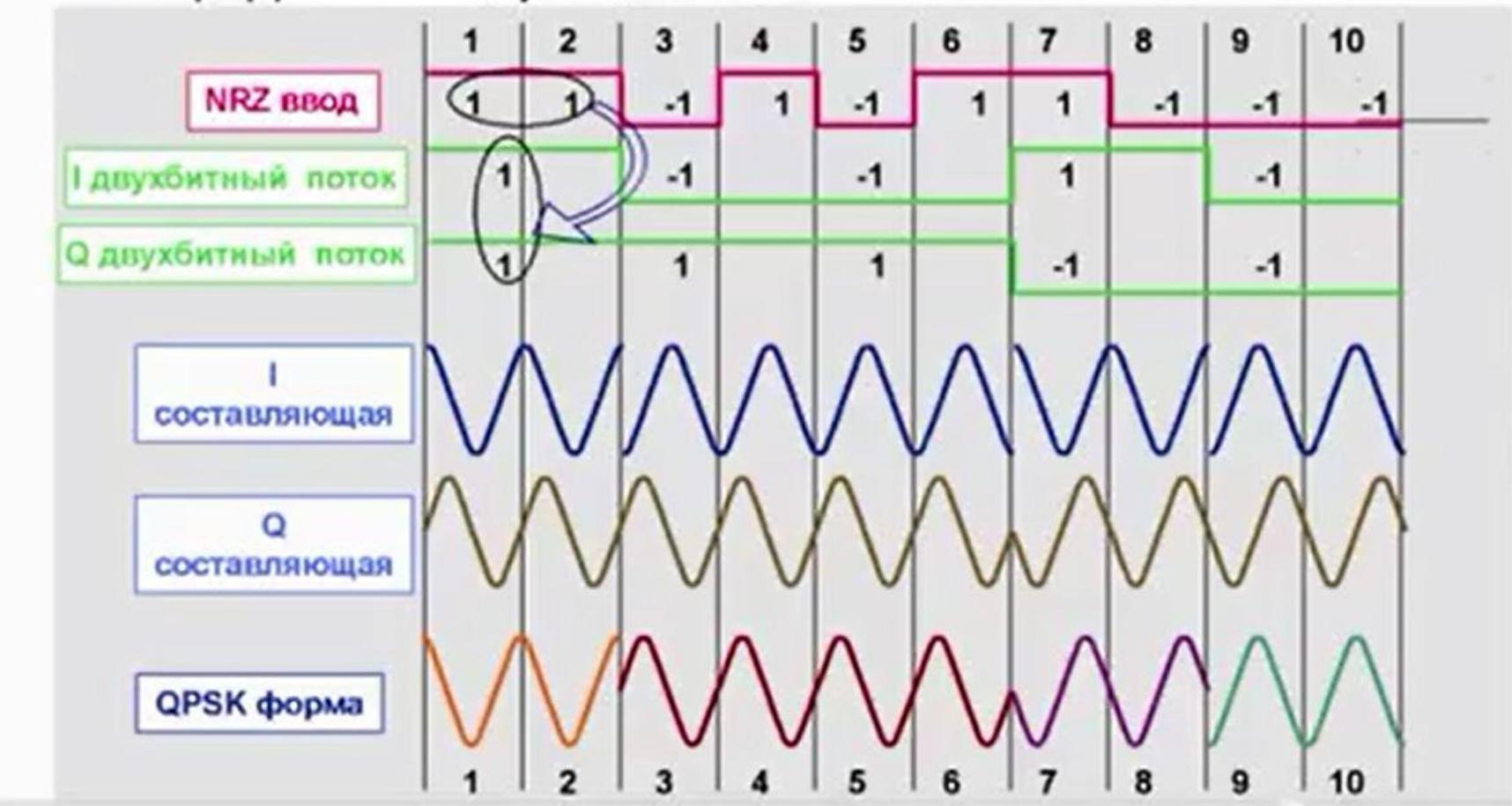
Модуляция

- Цифровая модуляция - BPSK

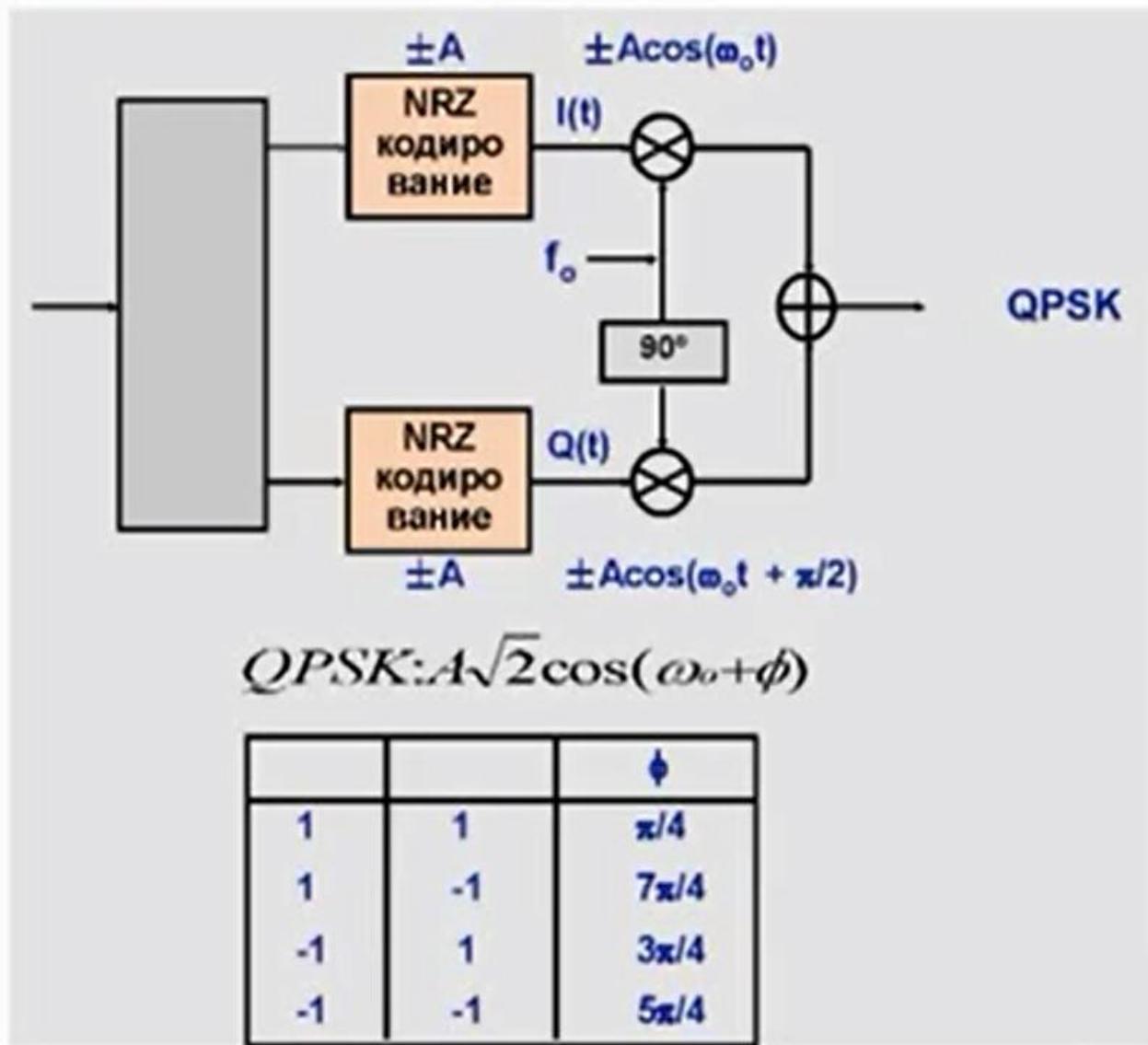


Модуляция

- Цифровая модуляция - QPSK

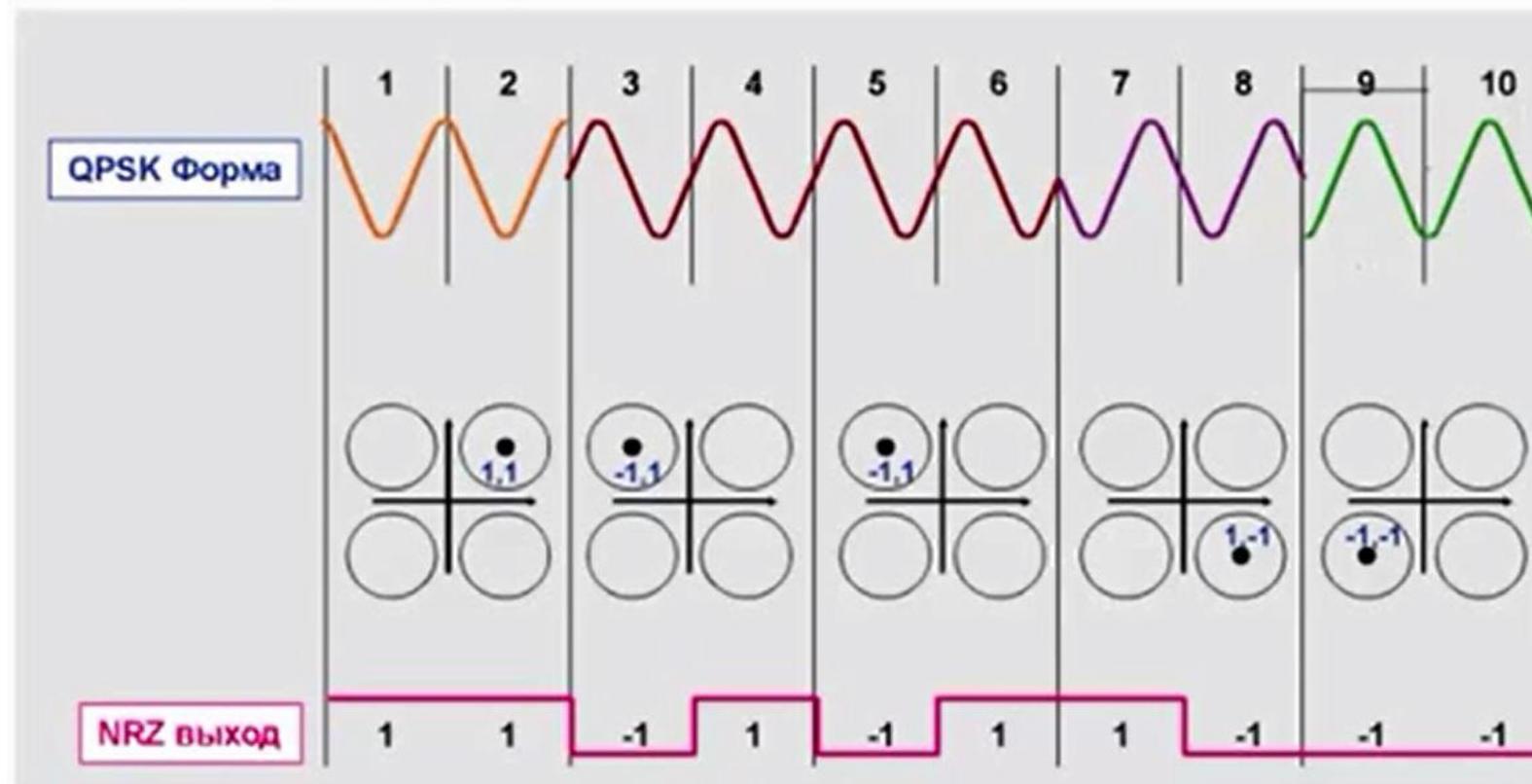


Модуляция



Демодуляция

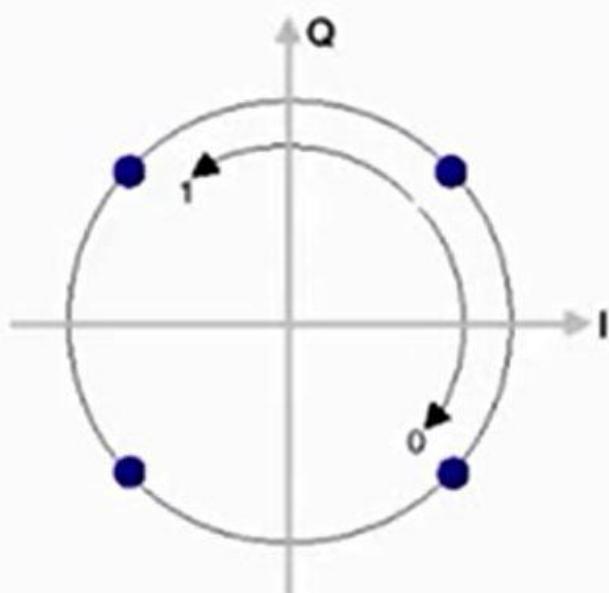
- QPSK Диаграмма



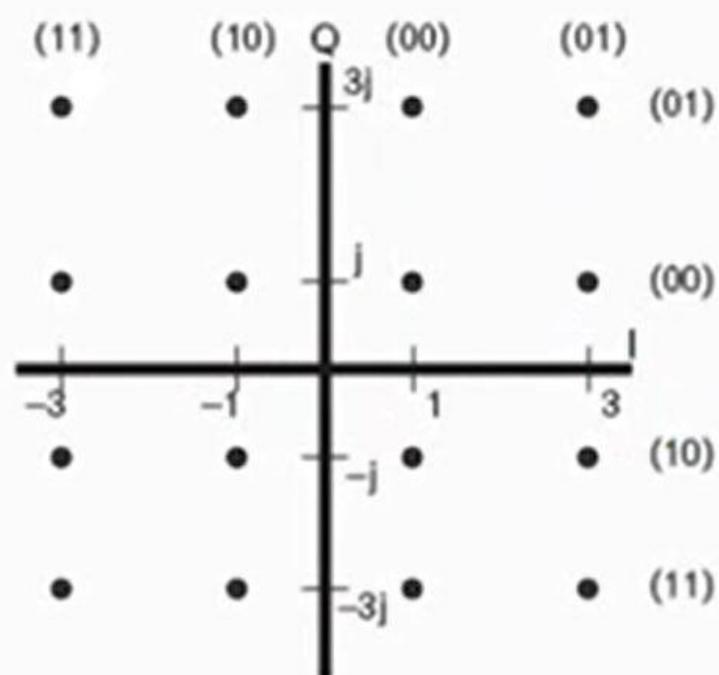
WCDMA Модуляция

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

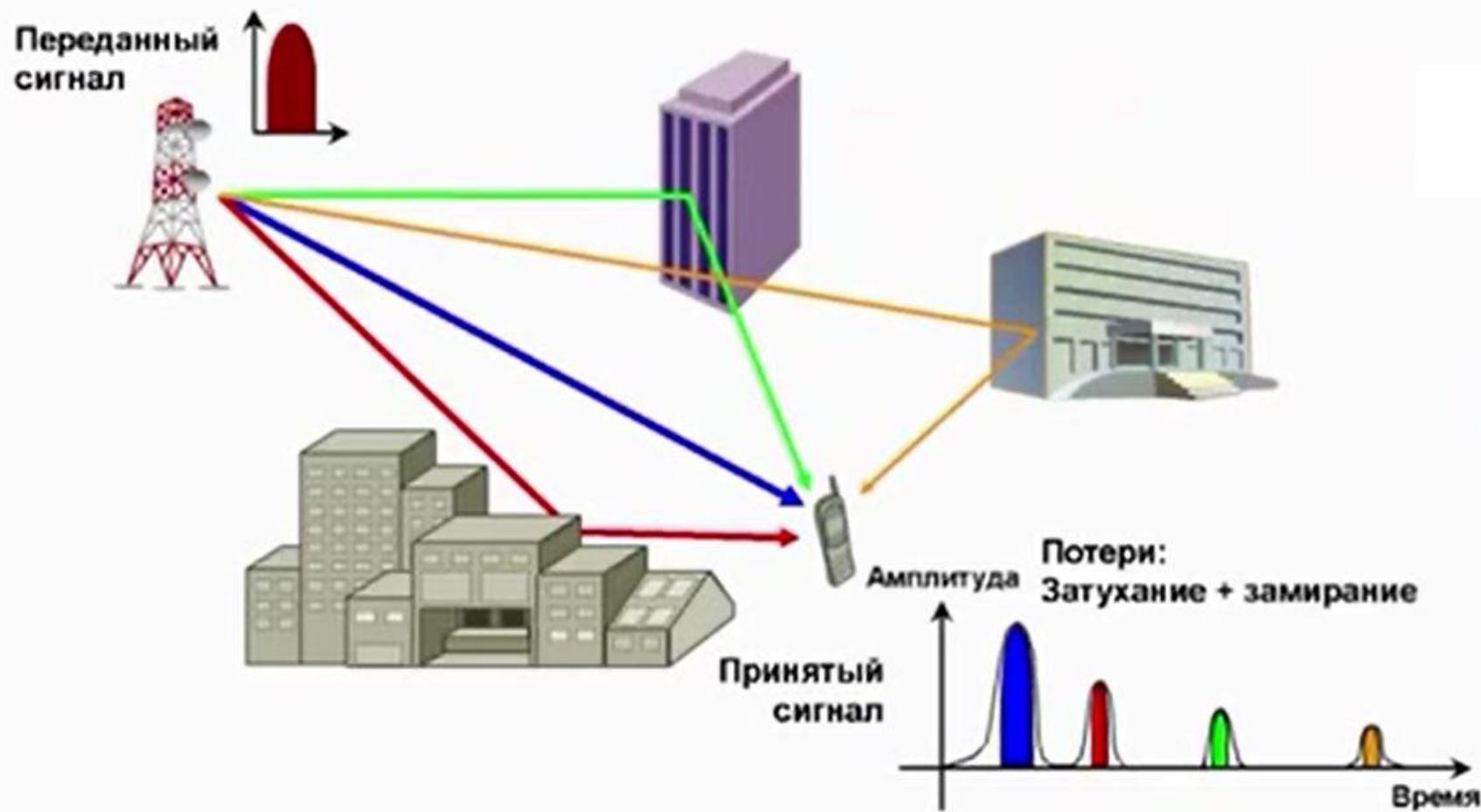
R99/R4: QPSK



HSDPA: QPSK or 16QAM



Распространение радиоволн

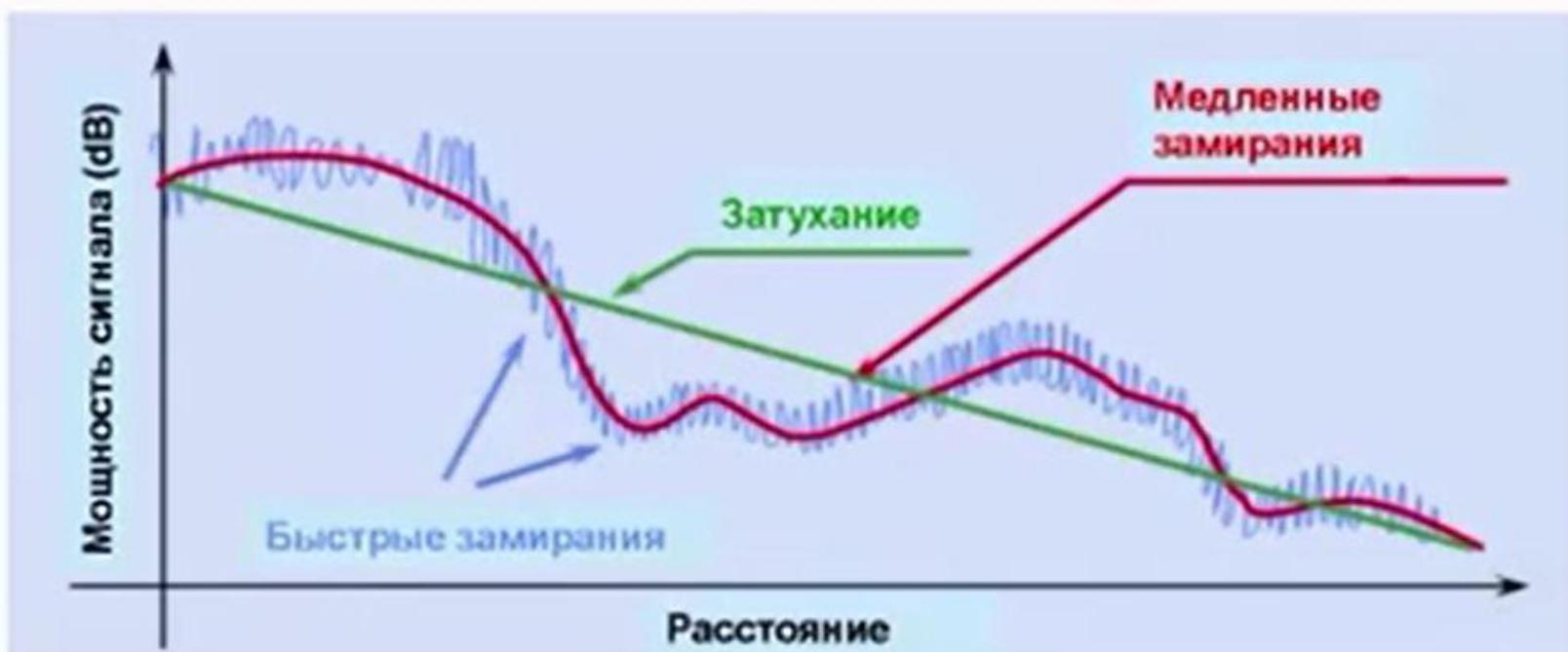


Распространение радиосигнала



Замирания

- Типы замираний
 - Медленные замирания
 - Быстрые замирания



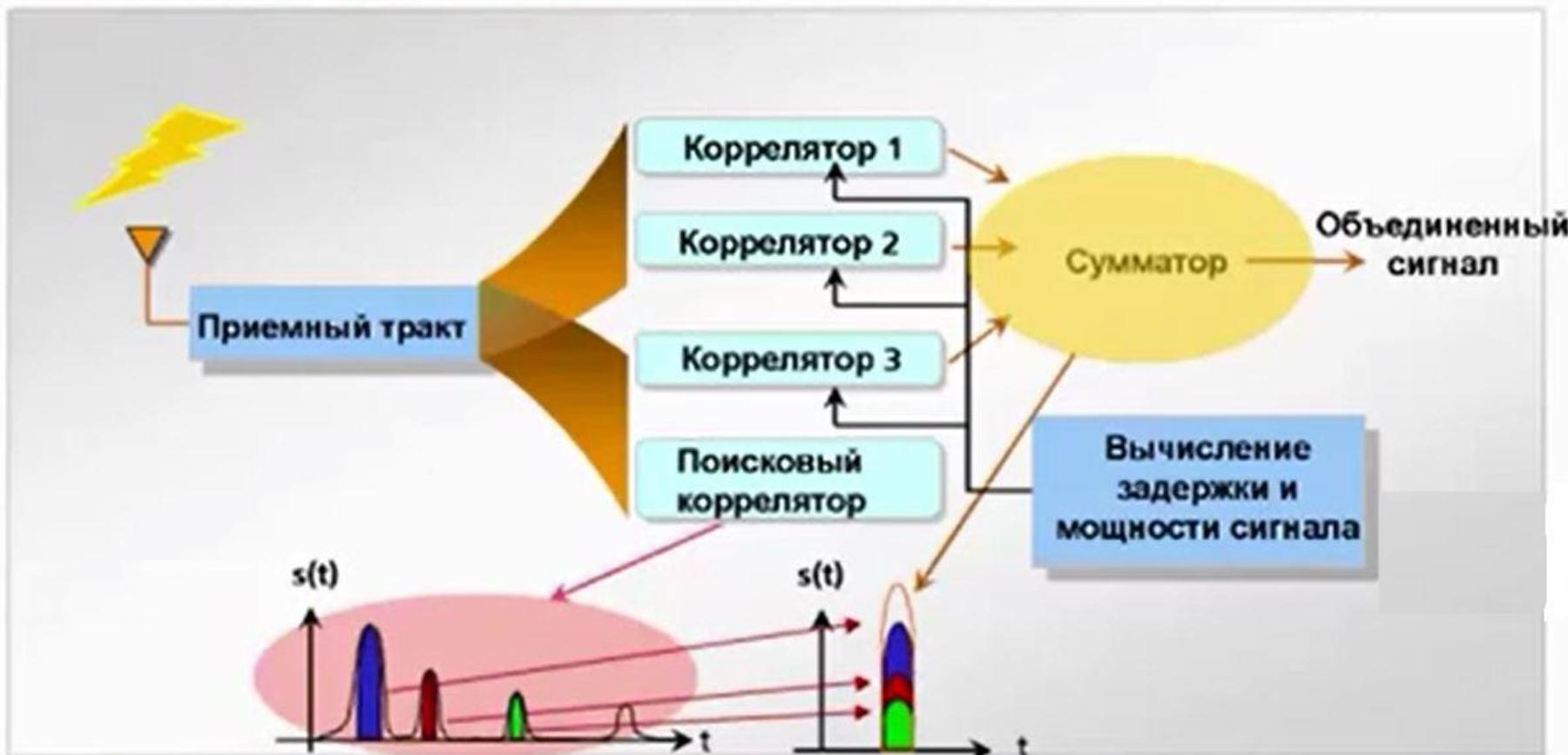
Разнесение

- 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)