



# Contents

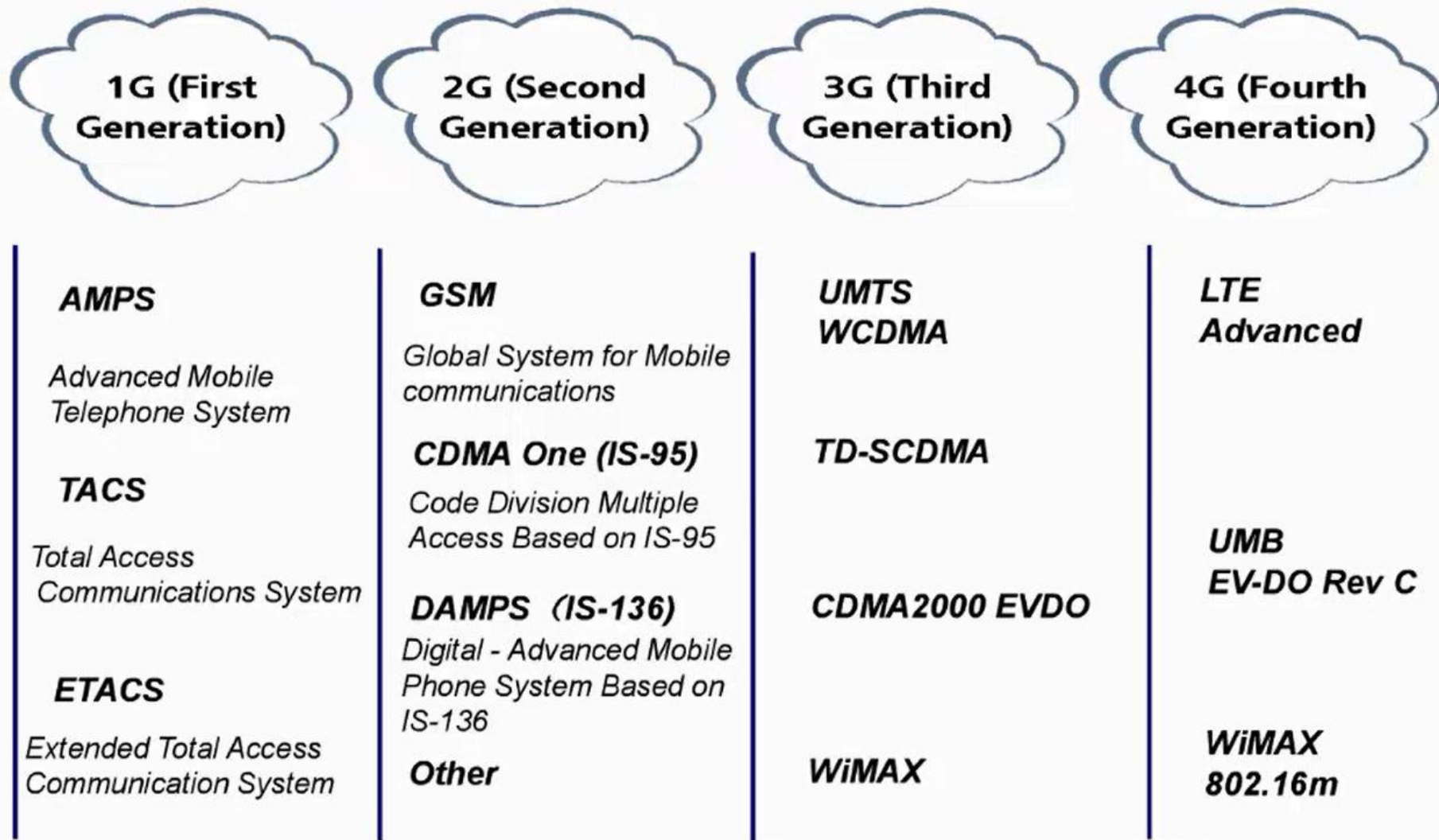
## **1 Архитектура сети**

### **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

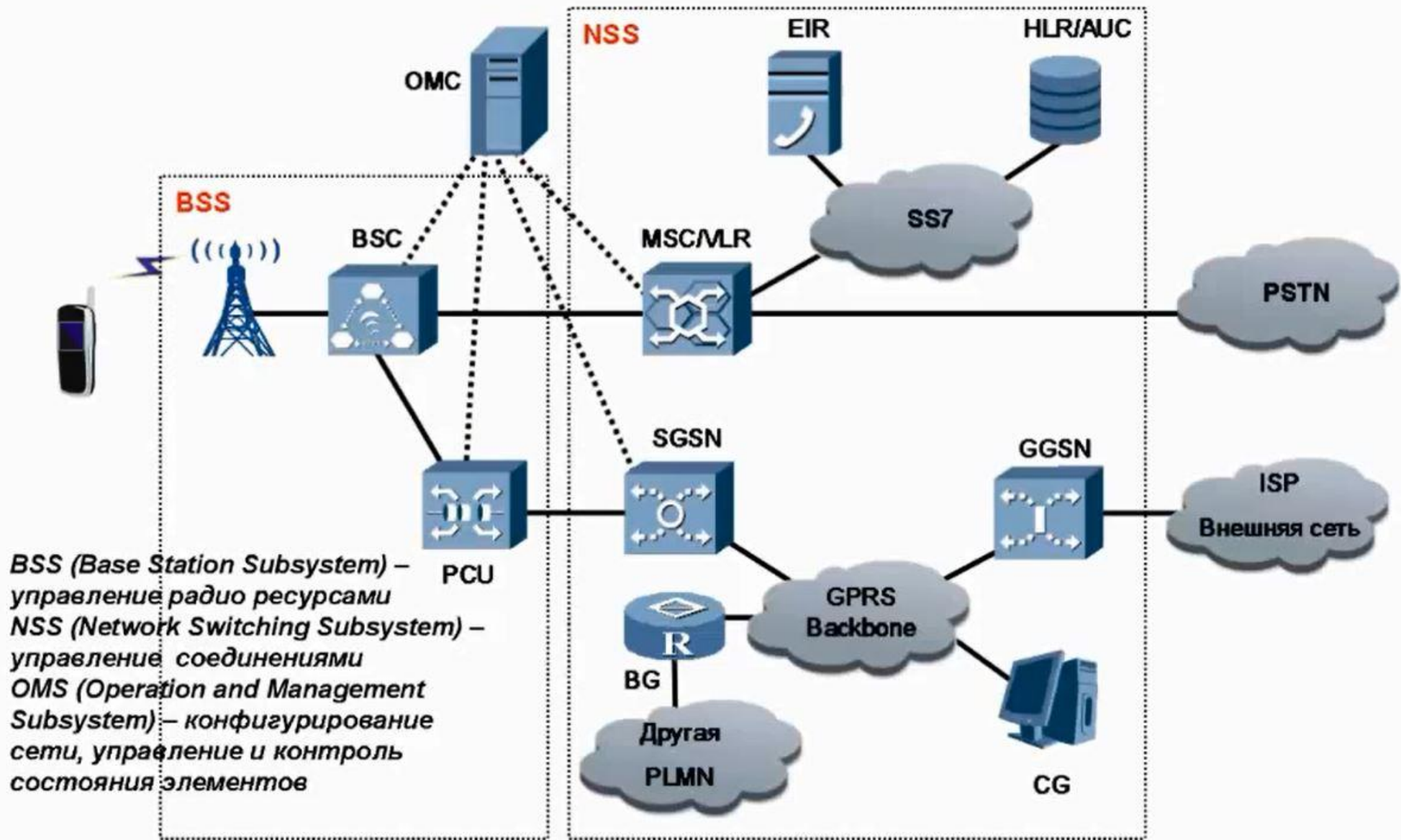
**1.2 Архитектура сетей 2G**

1.3 Архитектура сетей 3G

1.4 Архитектура сетей 4G

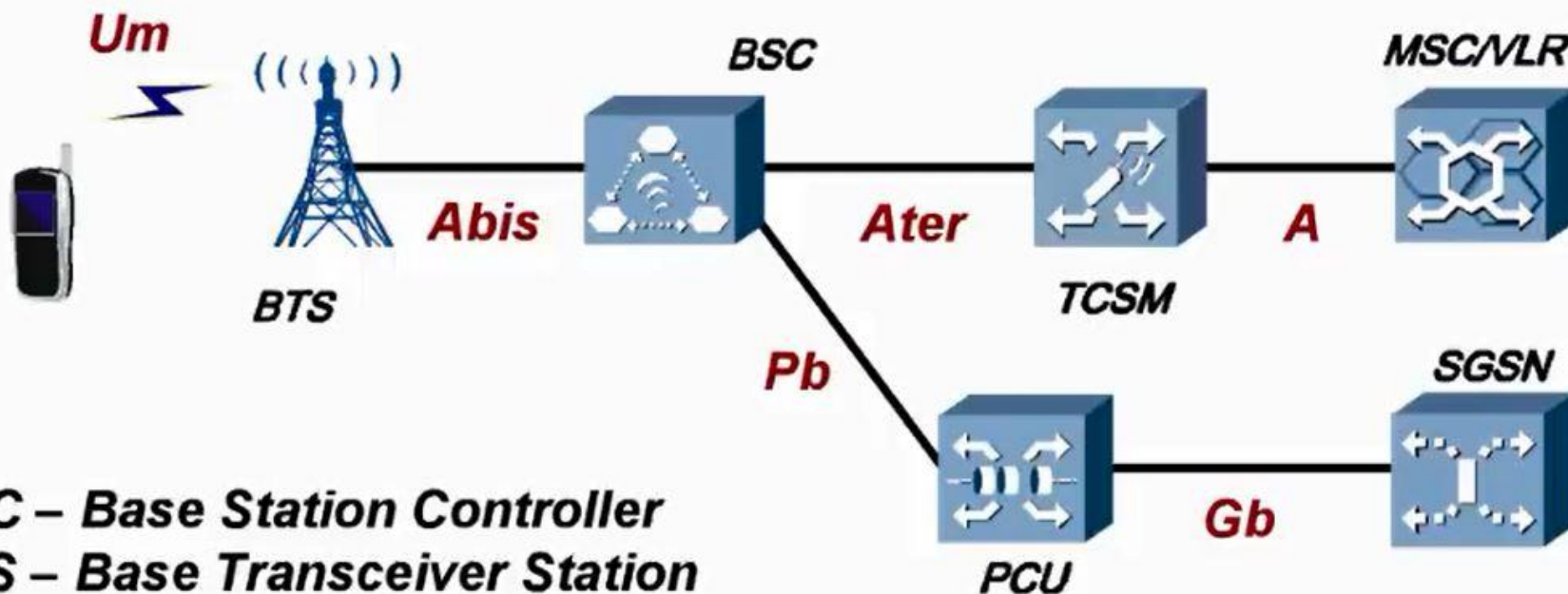
1.5 Архитектура комплексной сети

# Структура сетей GSM/GPRS (2G)



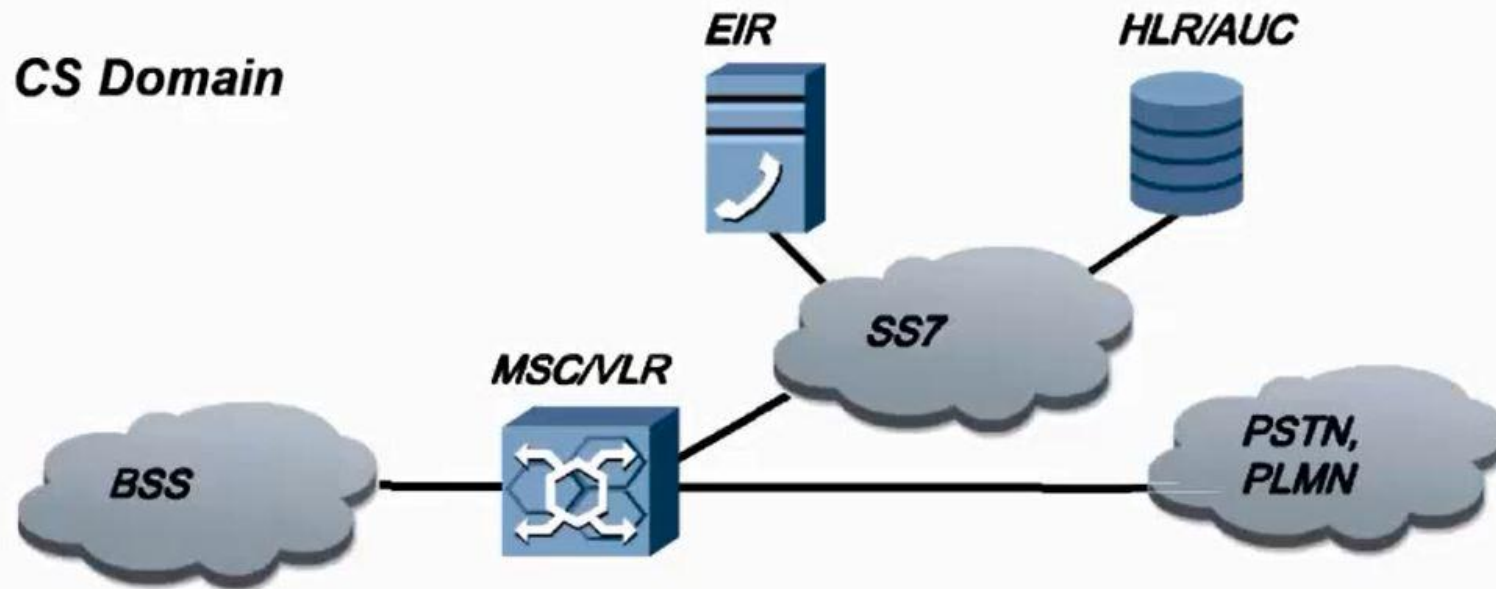


# Интерфейсы BSS



**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**

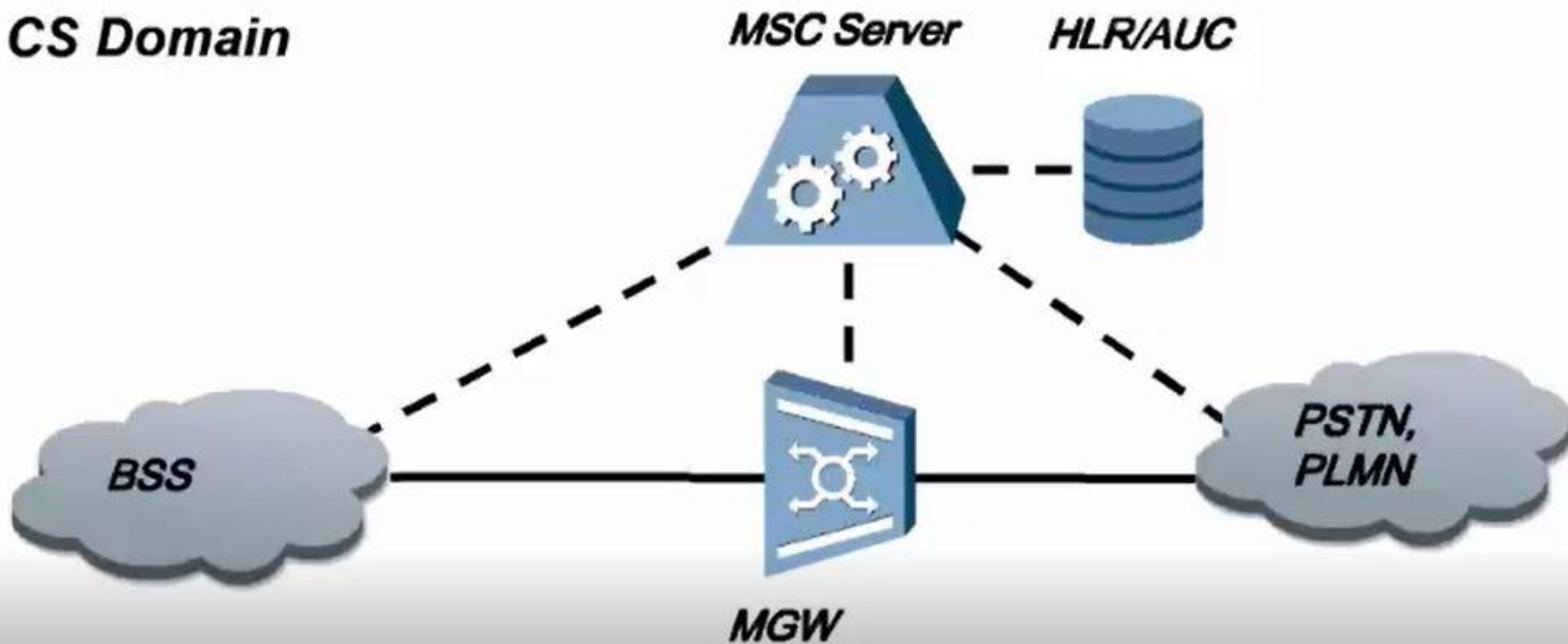
**Visitor Location Register – VLR**

**Equipment Identity Register – EIR**

**Authentication Center – AUC**

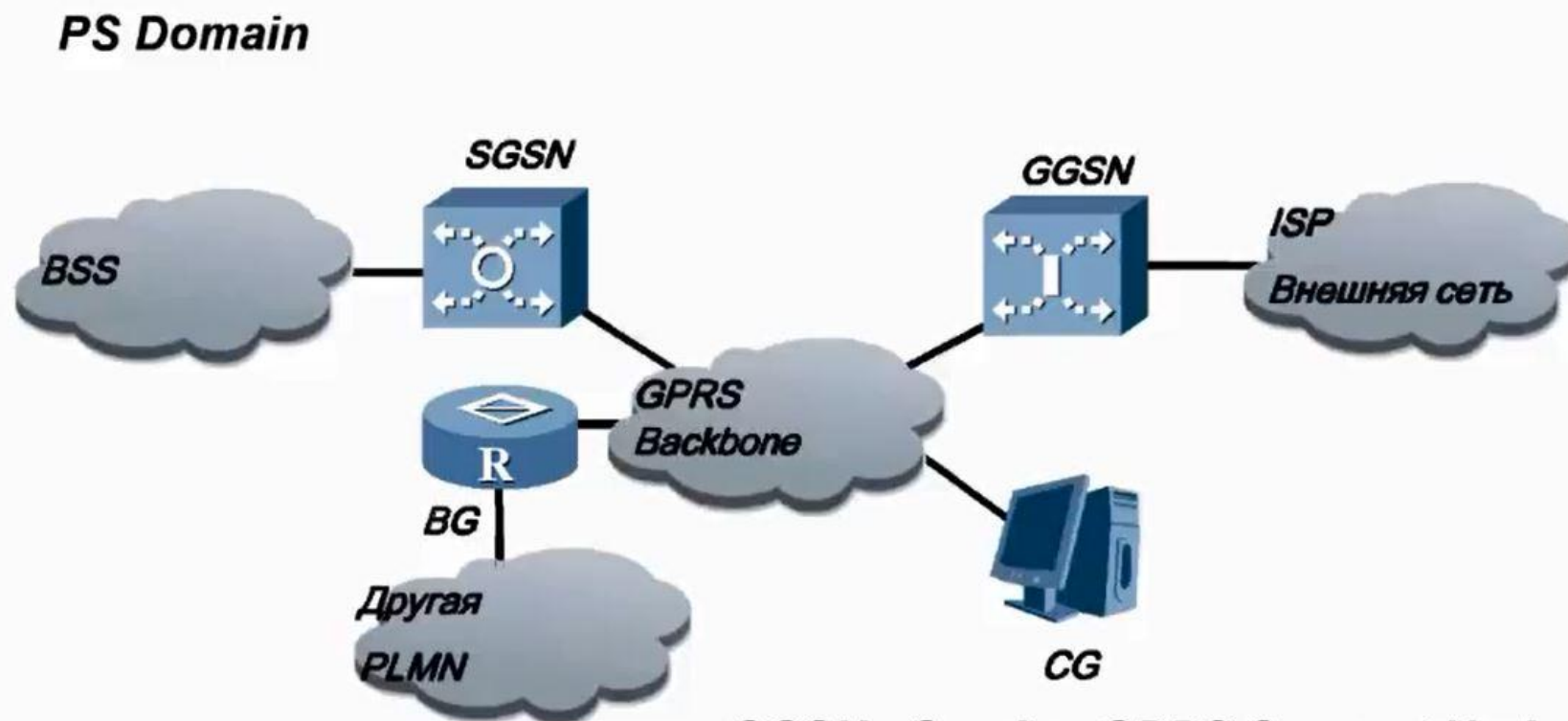
# Элементы подсистемы NSS (3GPP R4)

*CS Domain*



**MGW – Media Gateway**

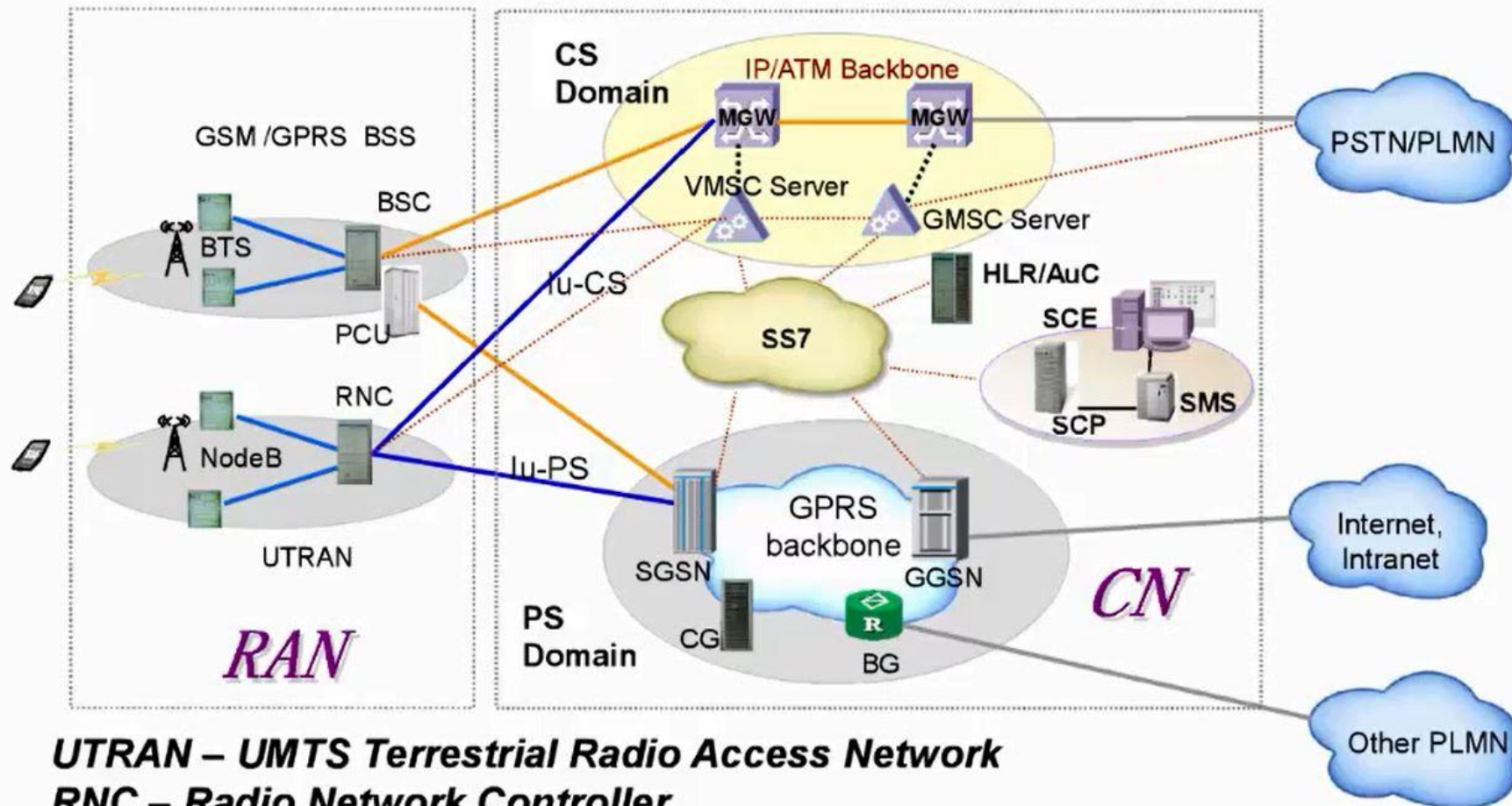
# Элементы подсистемы GPRS



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



# Структура сети UMTS (3G)

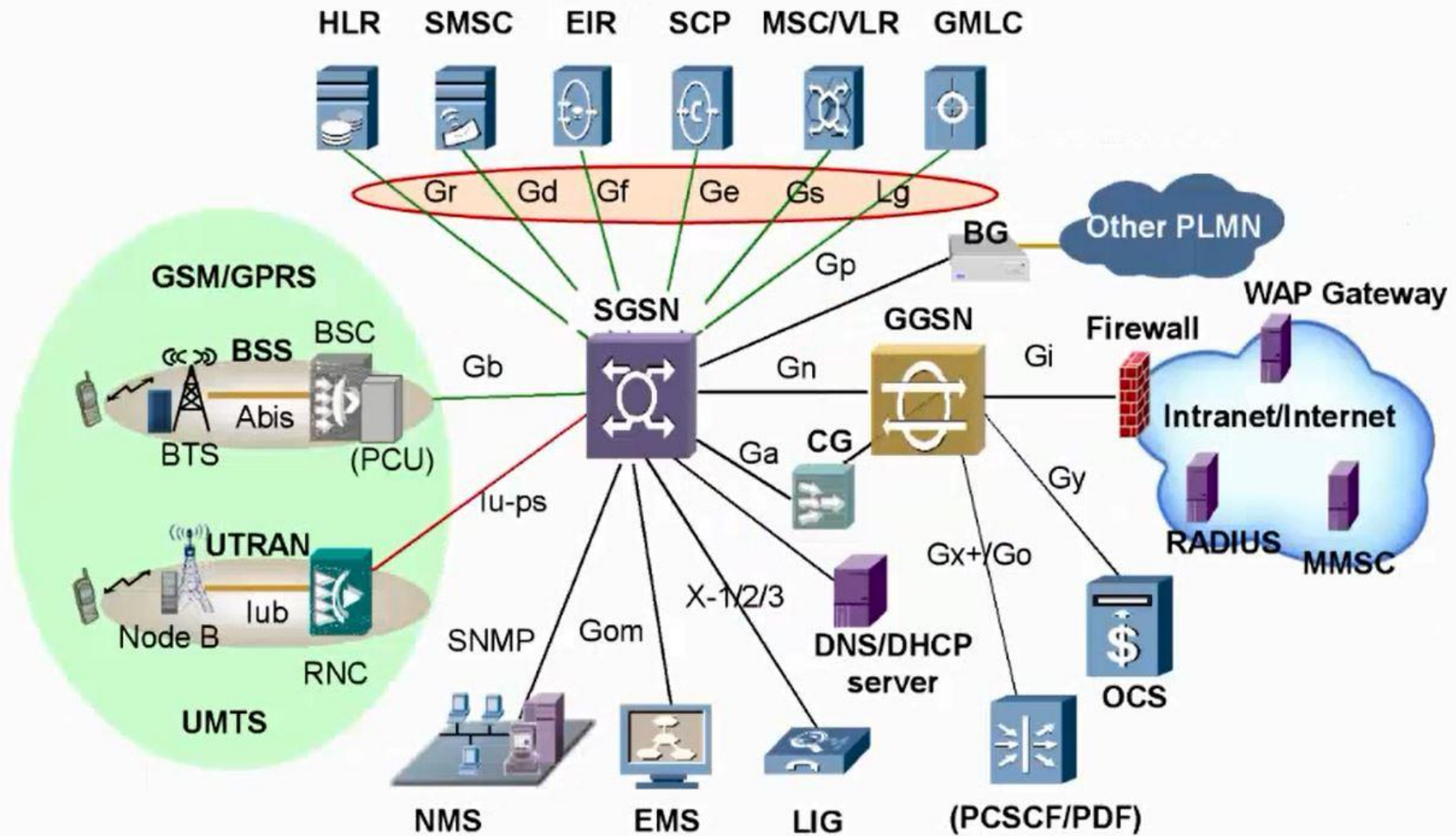


**UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network**

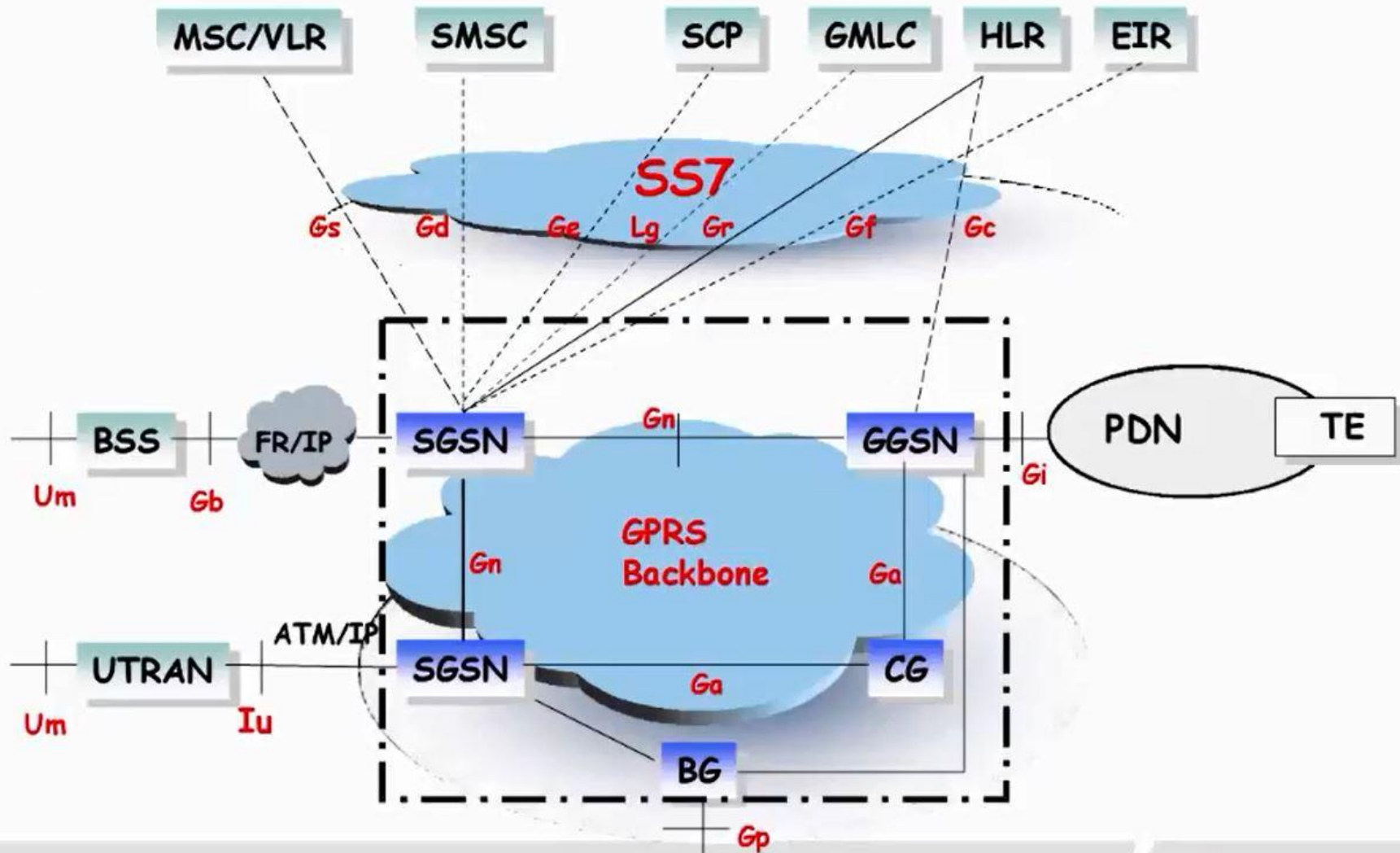
**RNC – Radio Network Controller**

**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

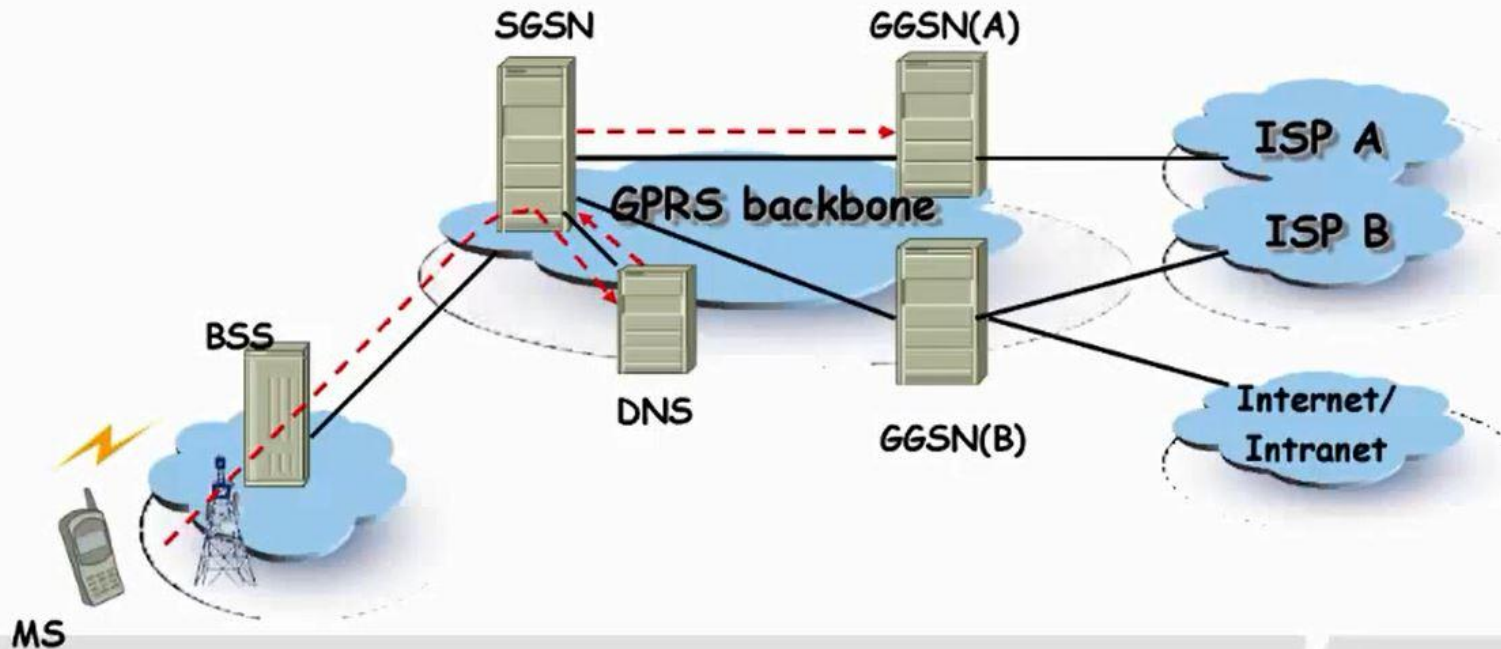
## Функции HLR/AuC

- 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



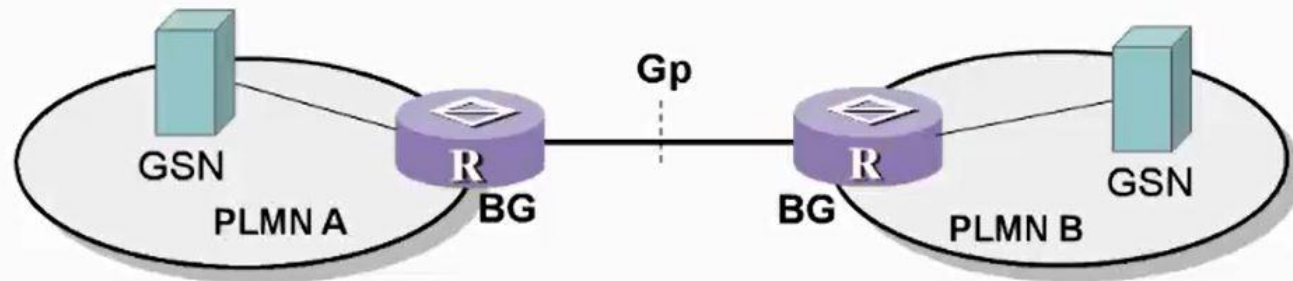
# Функции DNS

- 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

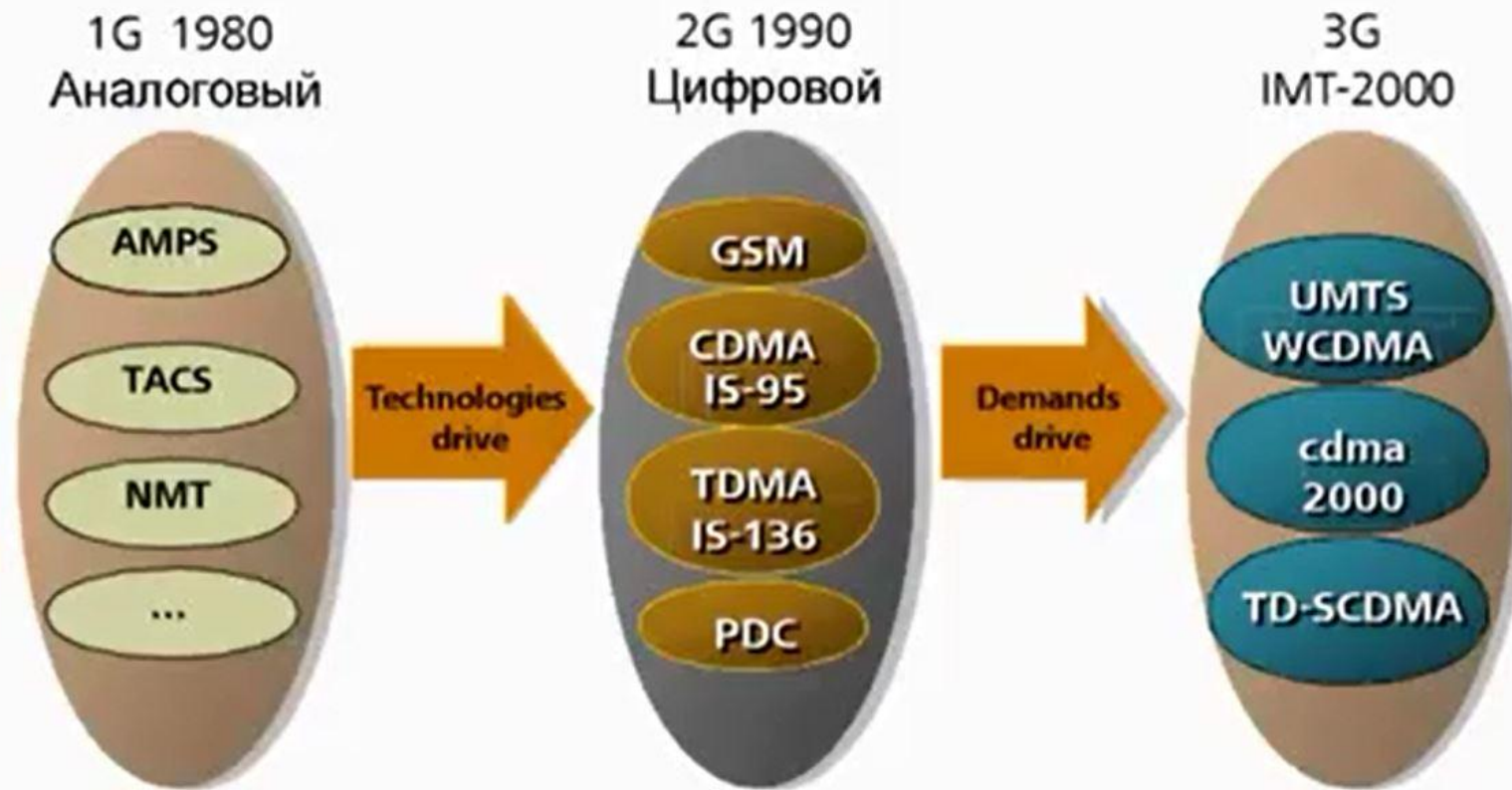




## Содержание

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





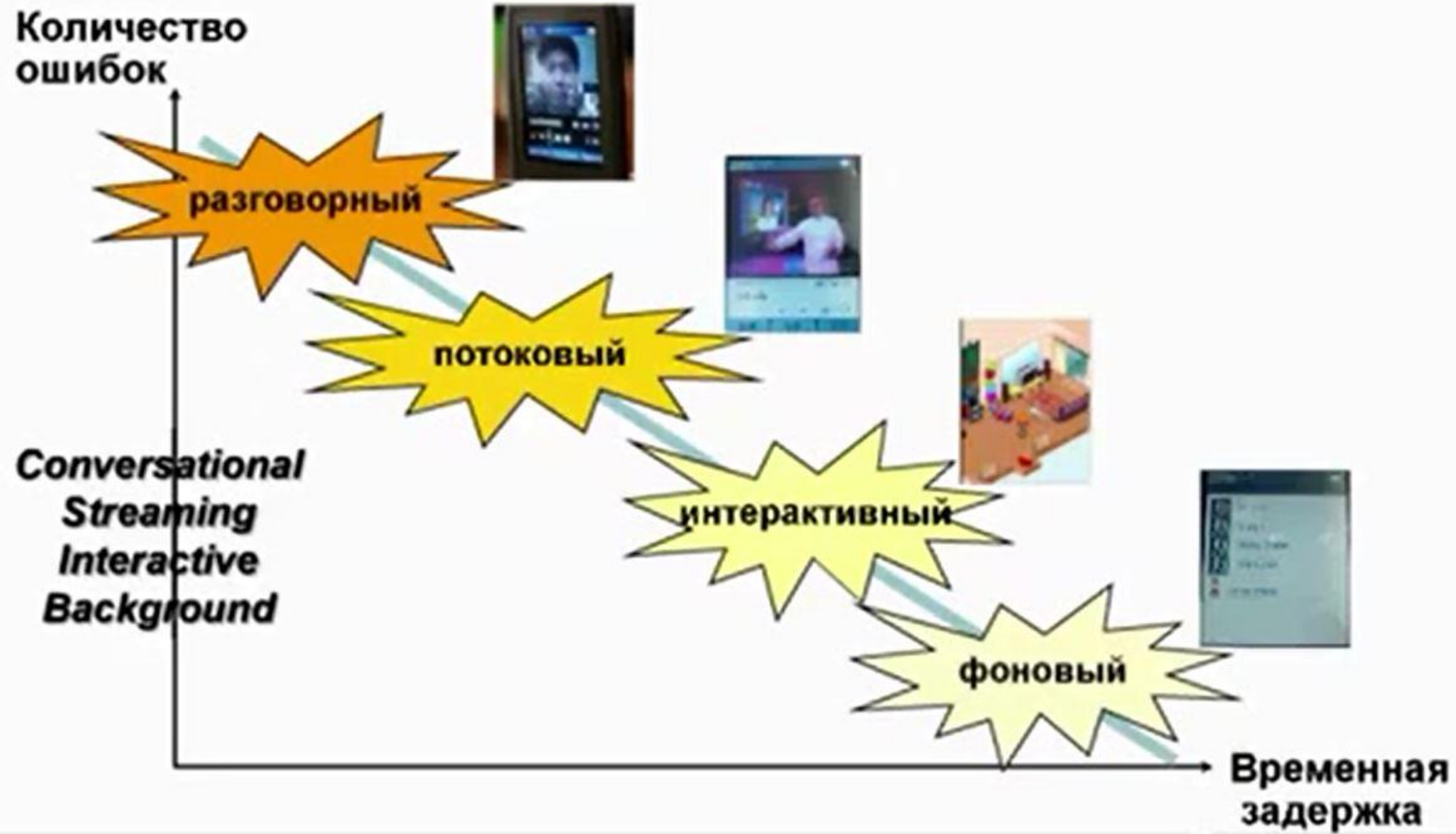
## Развитие сетей 3G

- 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

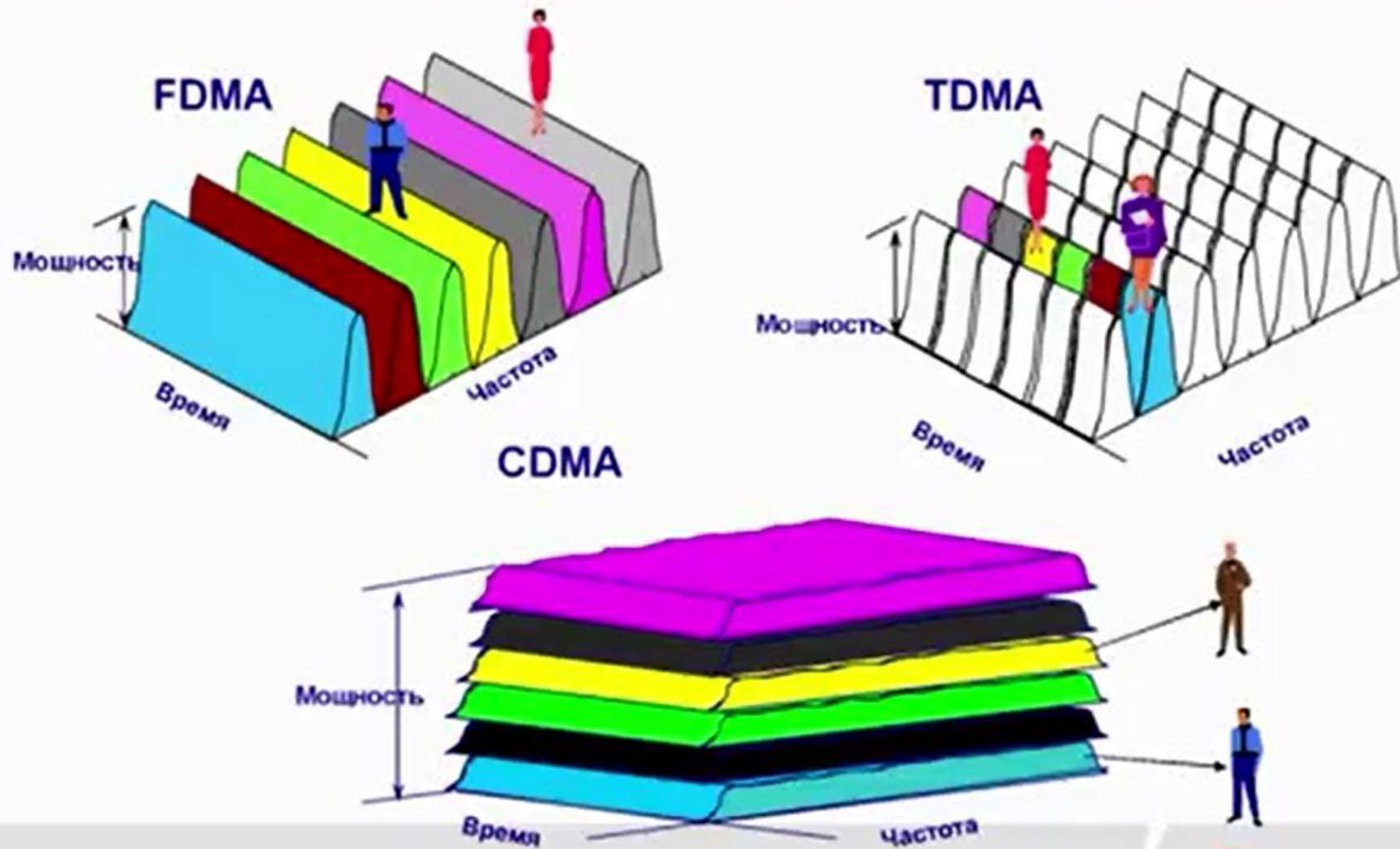




# Технологии множественного доступа и дуплексного разнесения

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

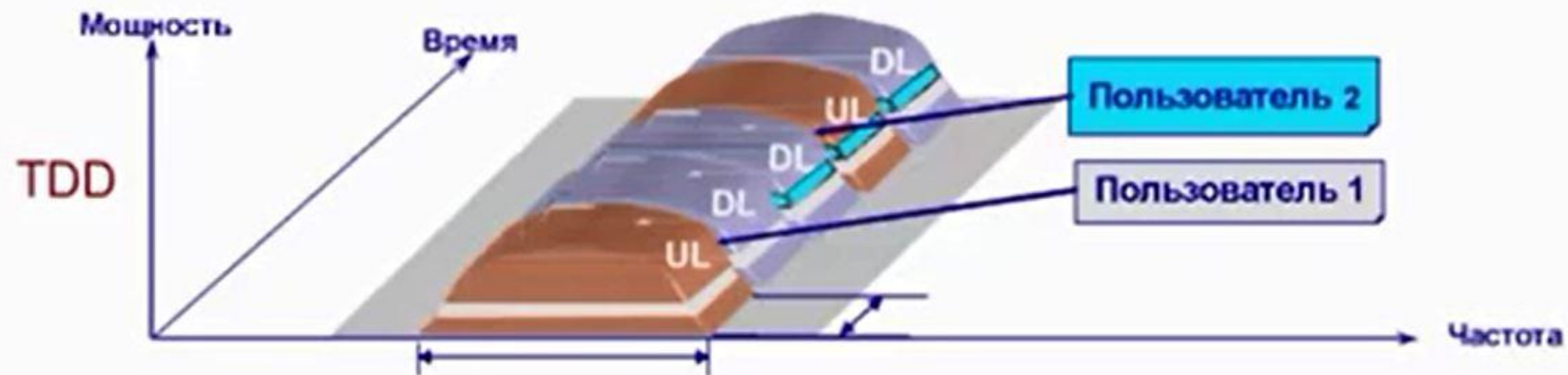
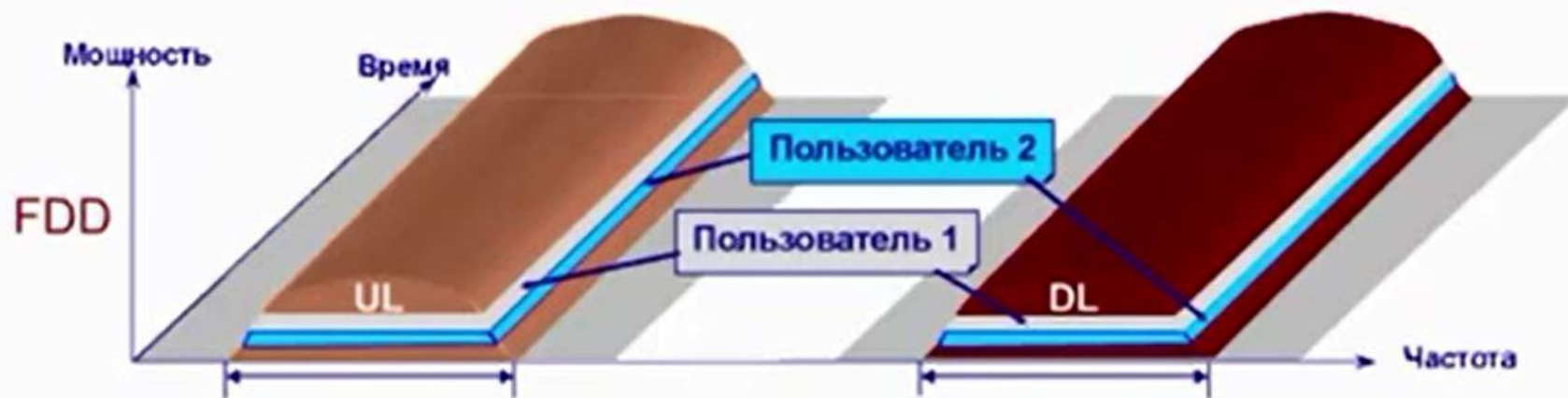
# Технология множественного доступа



# Технологии множественного доступа и дуплексного разнесения

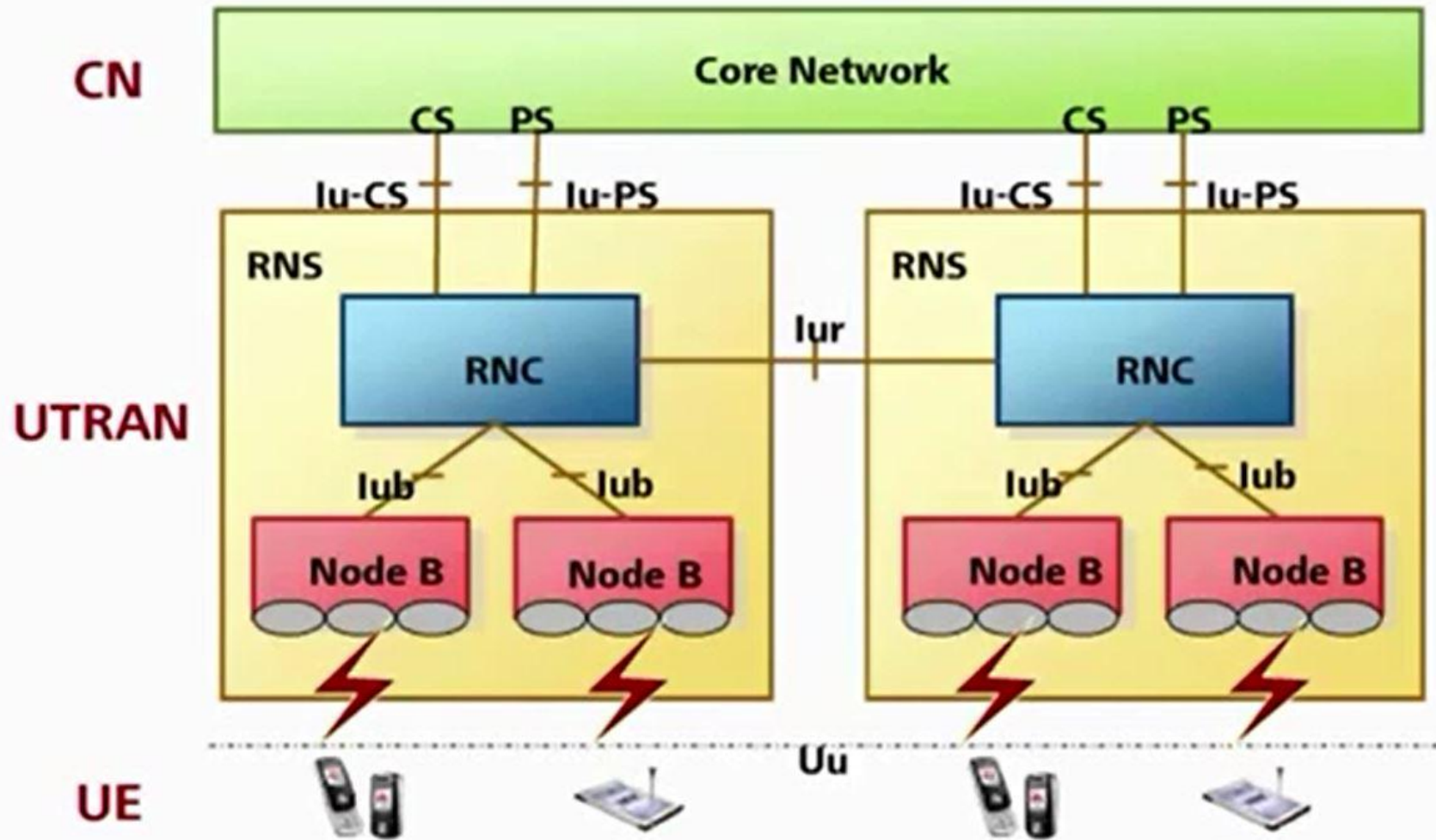
- Технологии разнесения:
  - Дуплексное разнесение по частоте (FDD)
  - Дуплексное разнесение по времени (TDD)

# Технология дуплексного разнесения

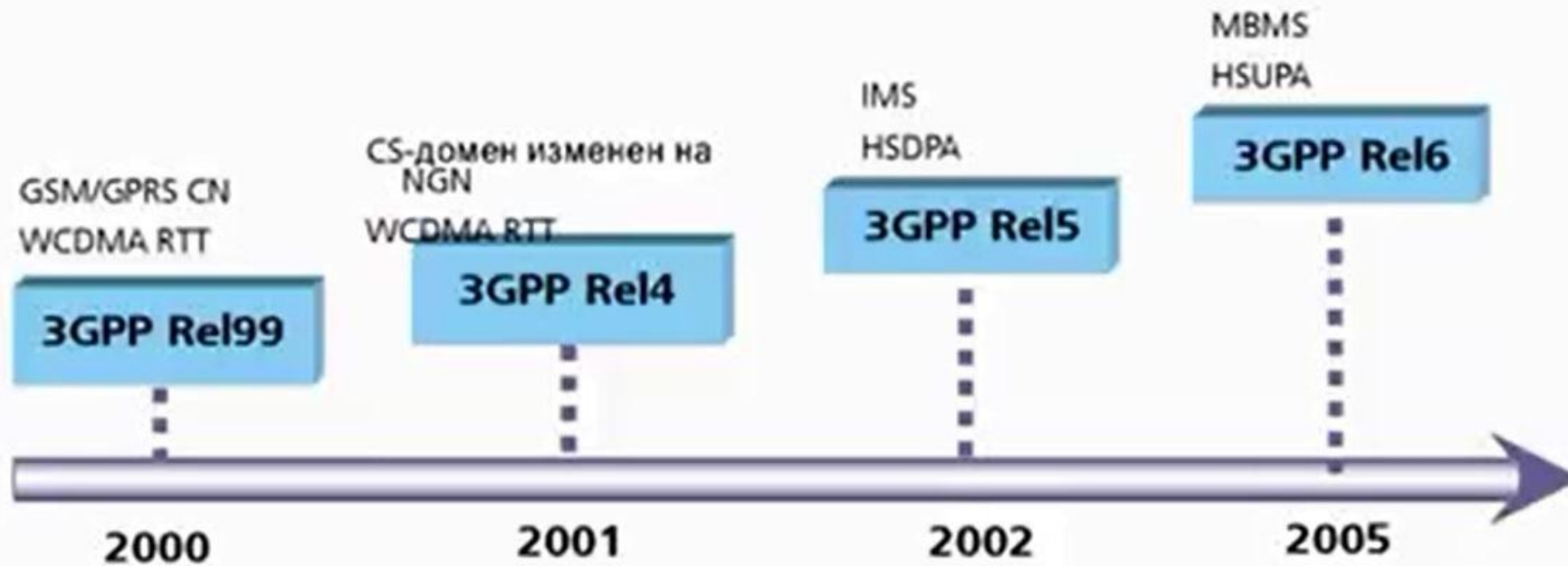




# Архитектура сети WCDMA



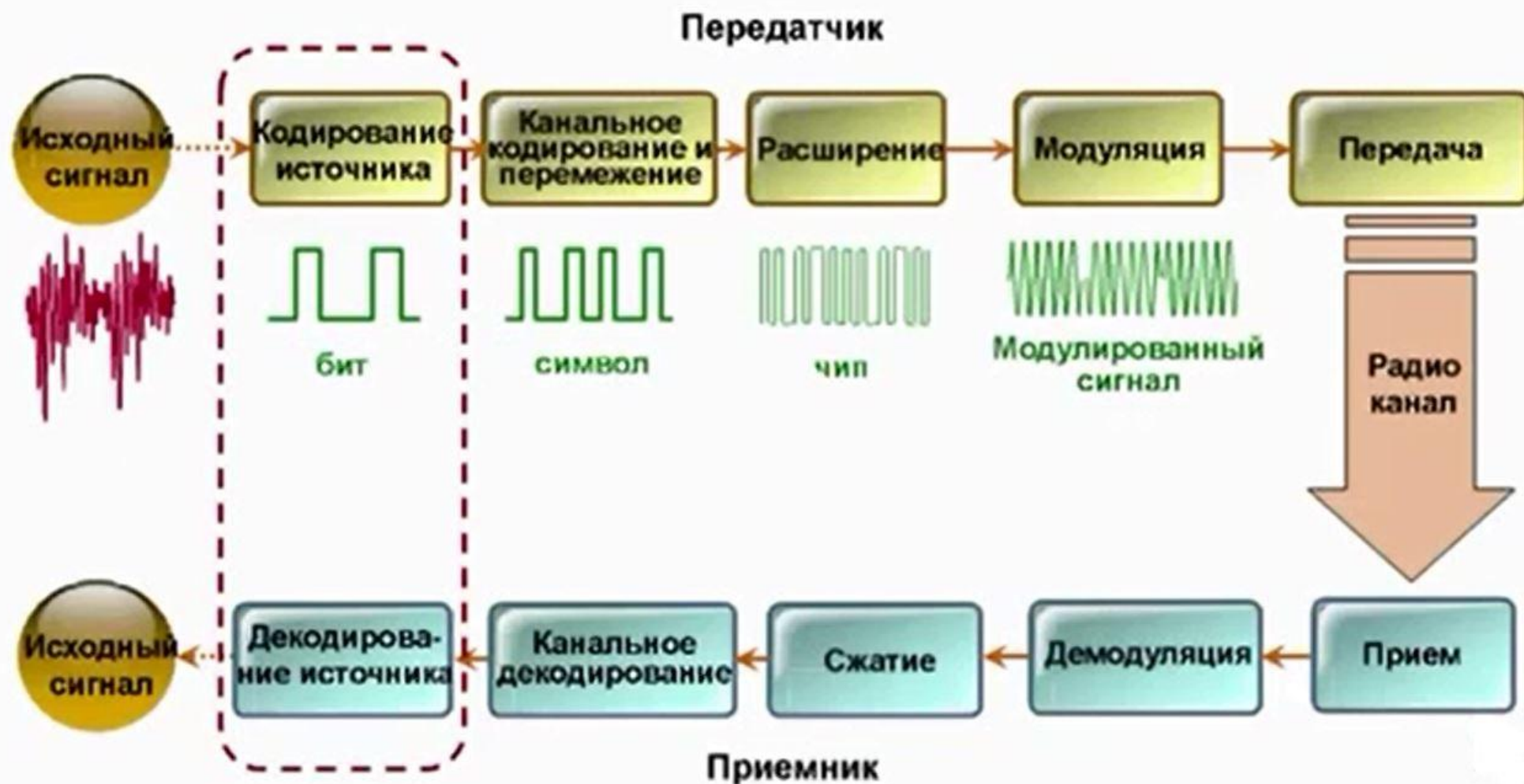
# Этапы развития сети WCDMA



# 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.

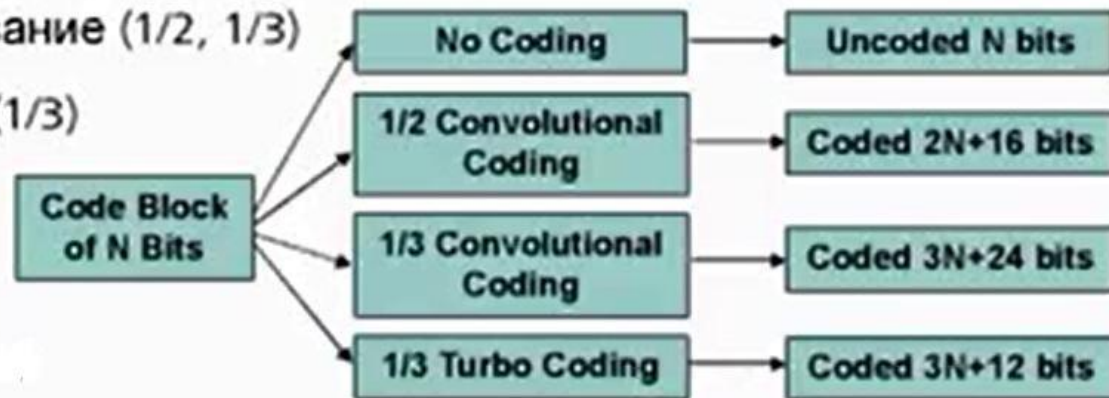
CODEC	Bit Rate (kbps)
AMR_12.20	12.2 (GSM EFR)
AMR_10.20	10.2
AMR_7.95	7.95
AMR_7.40	7.4 (TDMA EFR)
AMR_6.70	6.7 (PDC EFR)
AMR_5.90	5.9
AMR_5.15	5.15
AMR_4.75	4.75

# 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

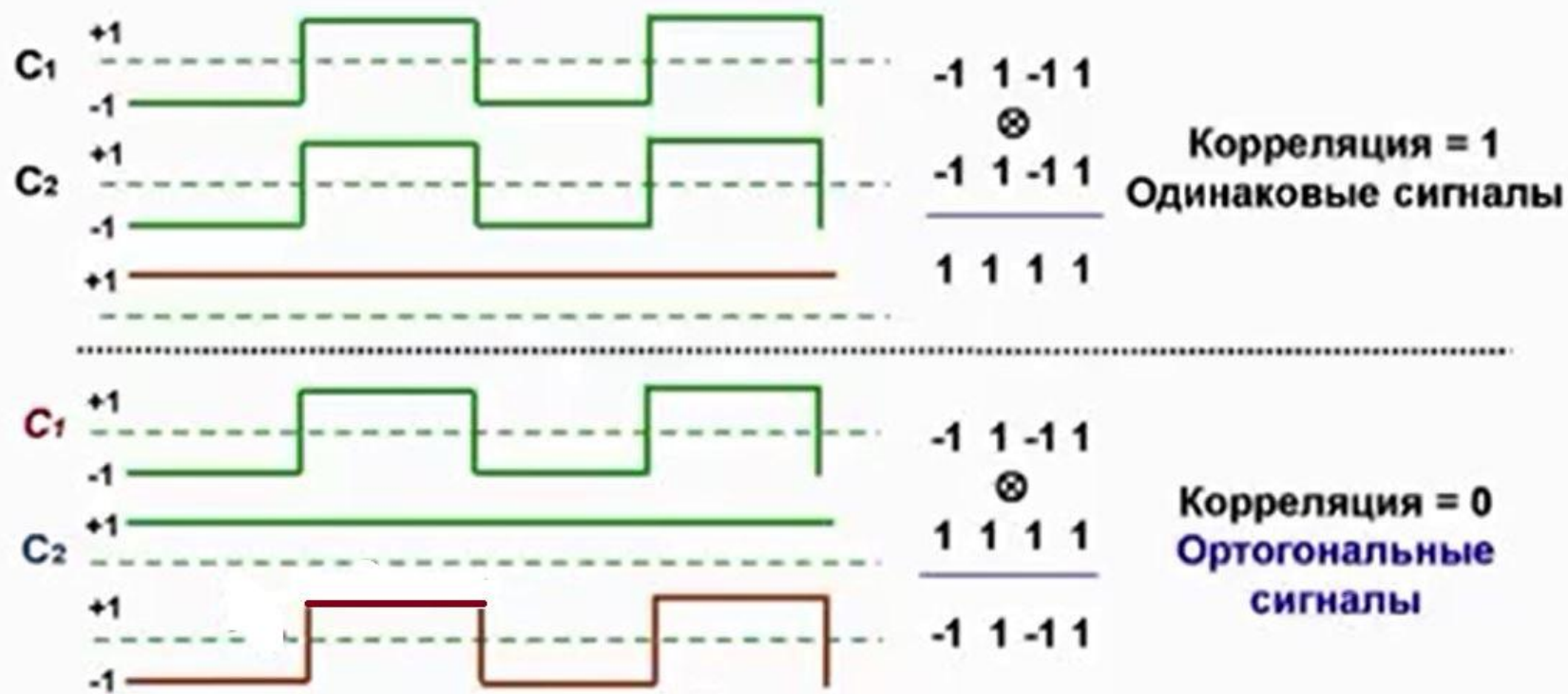
# Канальное кодирование

- 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:





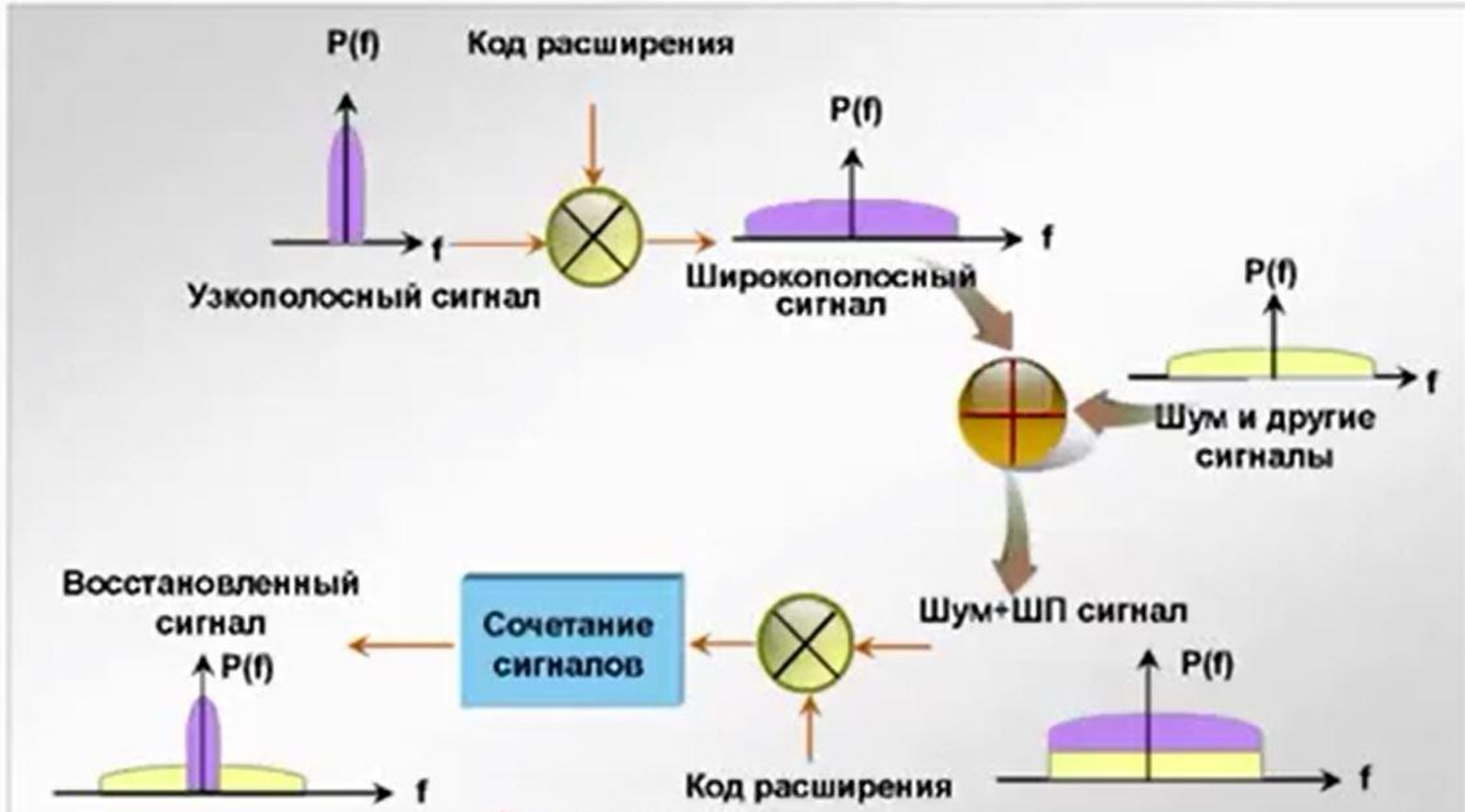
## Кодирование с использованием ортогональных кодов

<b>UE1:</b>				
<b>UE2:</b>				
<b>C<sub>1</sub>:</b>	<b>+1 -1 +1 -1</b>	<b> </b>	<b>+1 -1 +1 -1</b>	
<b>C<sub>2</sub>:</b>	<b>+1 +1 +1 +1</b>		<b>+1 +1 +1 +1</b>	
<b>UE1 × c<sub>1</sub>:</b>	<b>+1 -1 +1 -1</b>		<b>-1 +1 -1 +1</b>	
<b>UE2 × c<sub>2</sub>:</b>	<b>-1 -1 -1 -1</b>		<b>+1 +1 +1 +1</b>	
<b>UE1 × c<sub>1</sub> + UE2 × c<sub>2</sub>:</b>	<b>0 -2 0 -2</b>		<b>0 +2 0 +2</b>	

## Декодирование с использованием ортогональных кодов

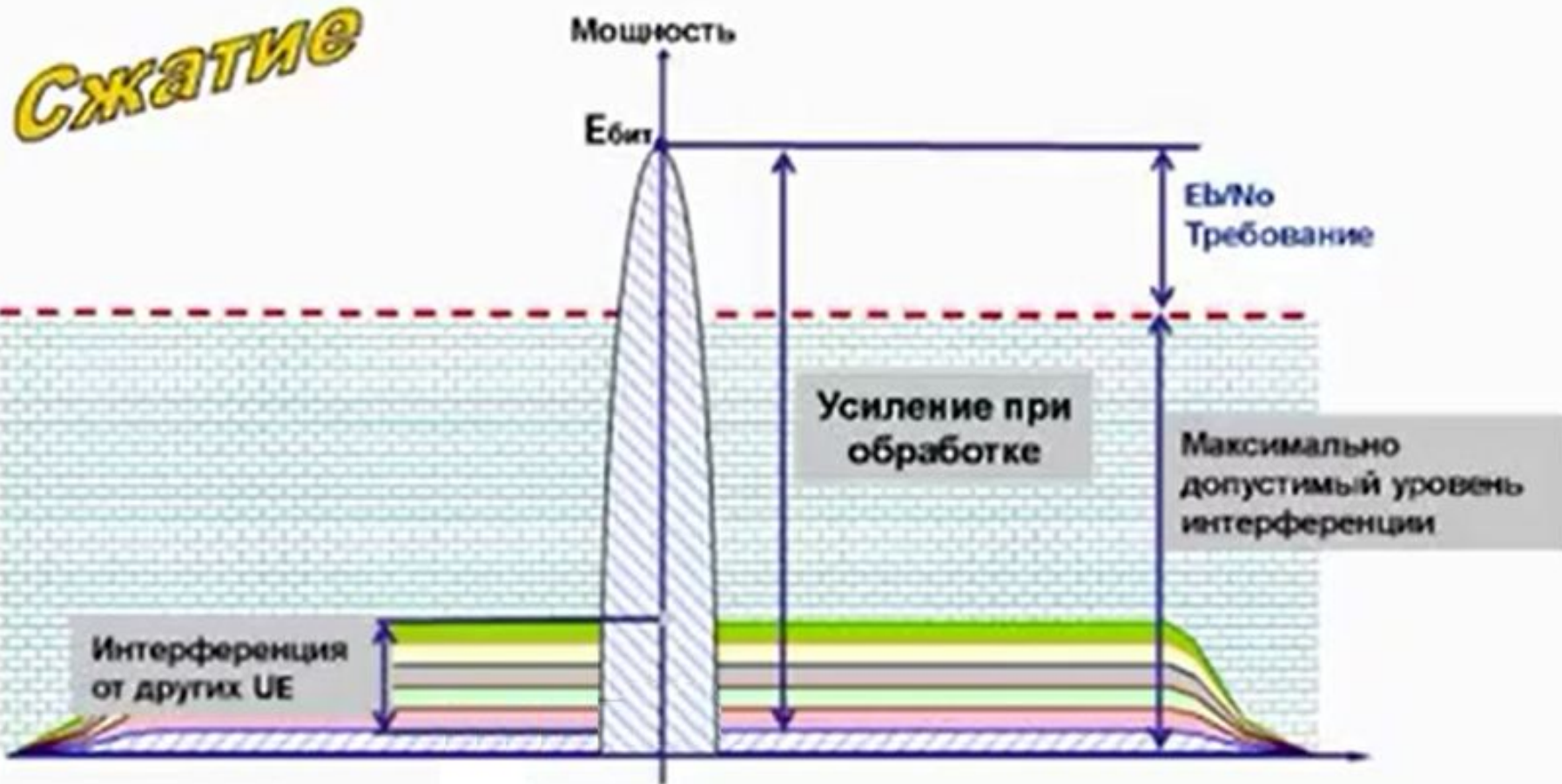
<i>UE1</i> $XC_1 + UE2$ $XC_2$ :	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
<i>UE1</i> Сжатие кодом $c_1$ :	+1 -1 +1 -1	+1 -1 +1 -1
Результат сжатия:	0 +2 0 +2	0 -2 0 -2
Суммарное значение:	+4 (означает +1)	-4 (означает -1)
<i>UE2</i> Сжатие кодом $c_2$ :	+1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1
Результат сжатия:	0 -2 0 -2	0 +2 0 +2
Суммарное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

# Спектр частот после Расширения/Сжатия



# Спектр частот после Расширения/Сжатия

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





## Усиление при обработке

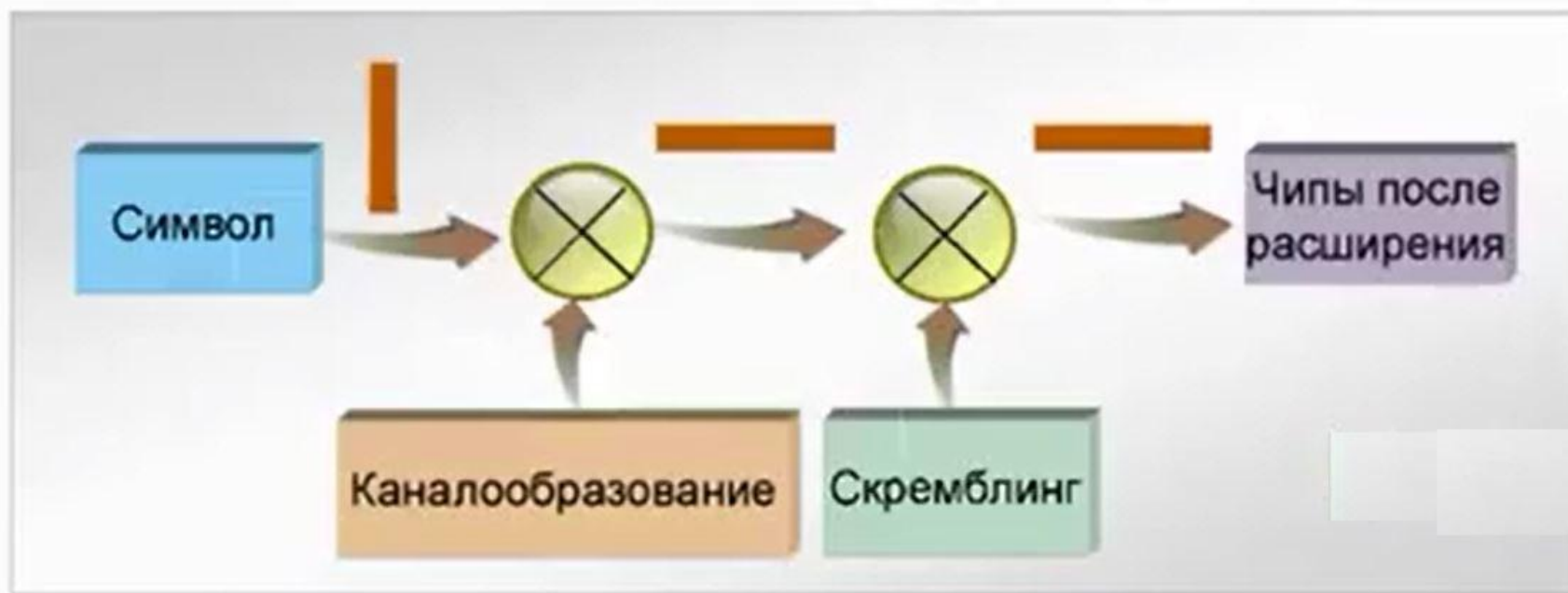
- Усиление при обработке (Process Gain)

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

- 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

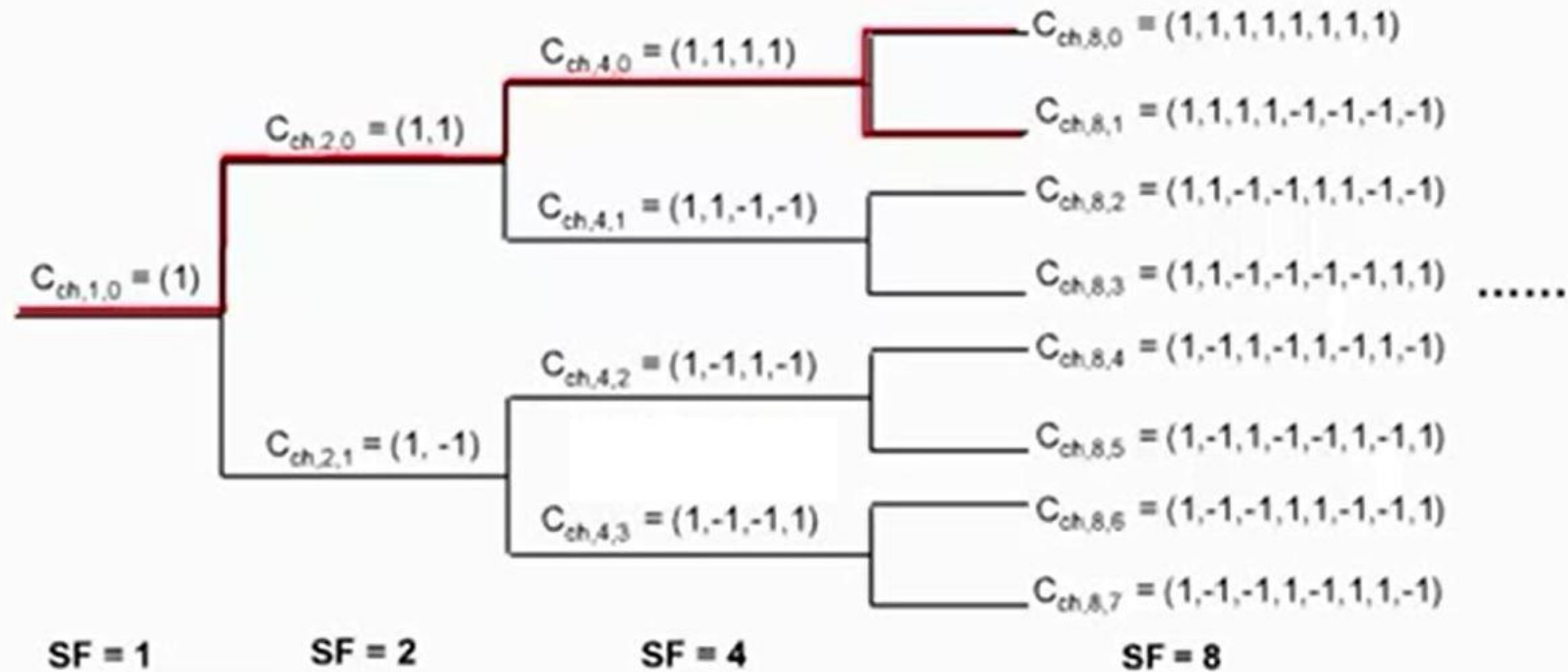
# Технология расширения

- 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

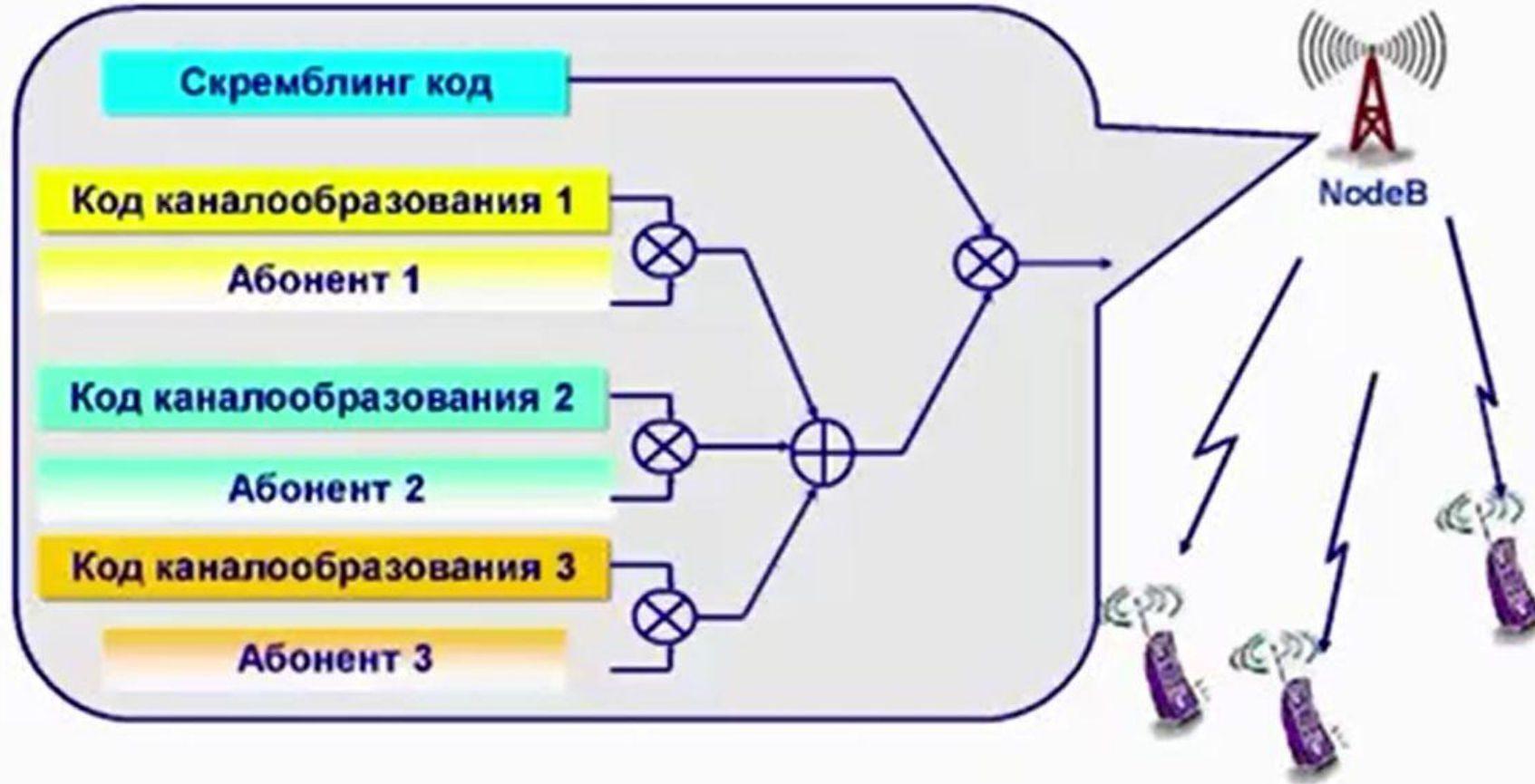
- Скремблинг коды: последовательность кодов GOLDa
- Для кодирования данных в uplink используется  $2^{24}$  скремблинг кодов, которые назначаются контроллером радиосети (RNC) для каждого UE при присвоении выделенного канала
- В downlink используется 512 первичных скремблинг кодов (primary scrambling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

# Группы первичных скремблинг кодов



# Мультиплексирование

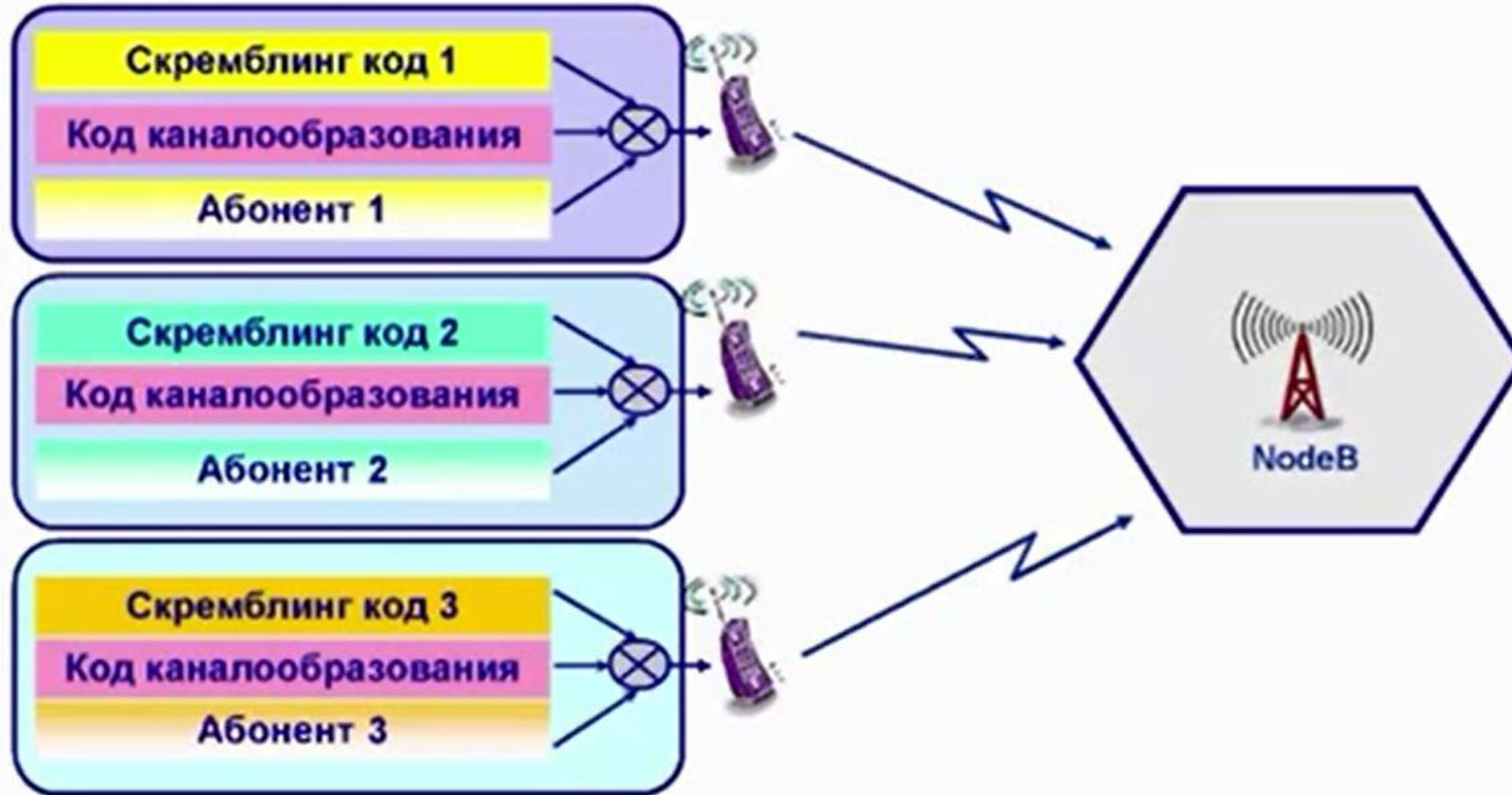
- Передача данных в Downlink



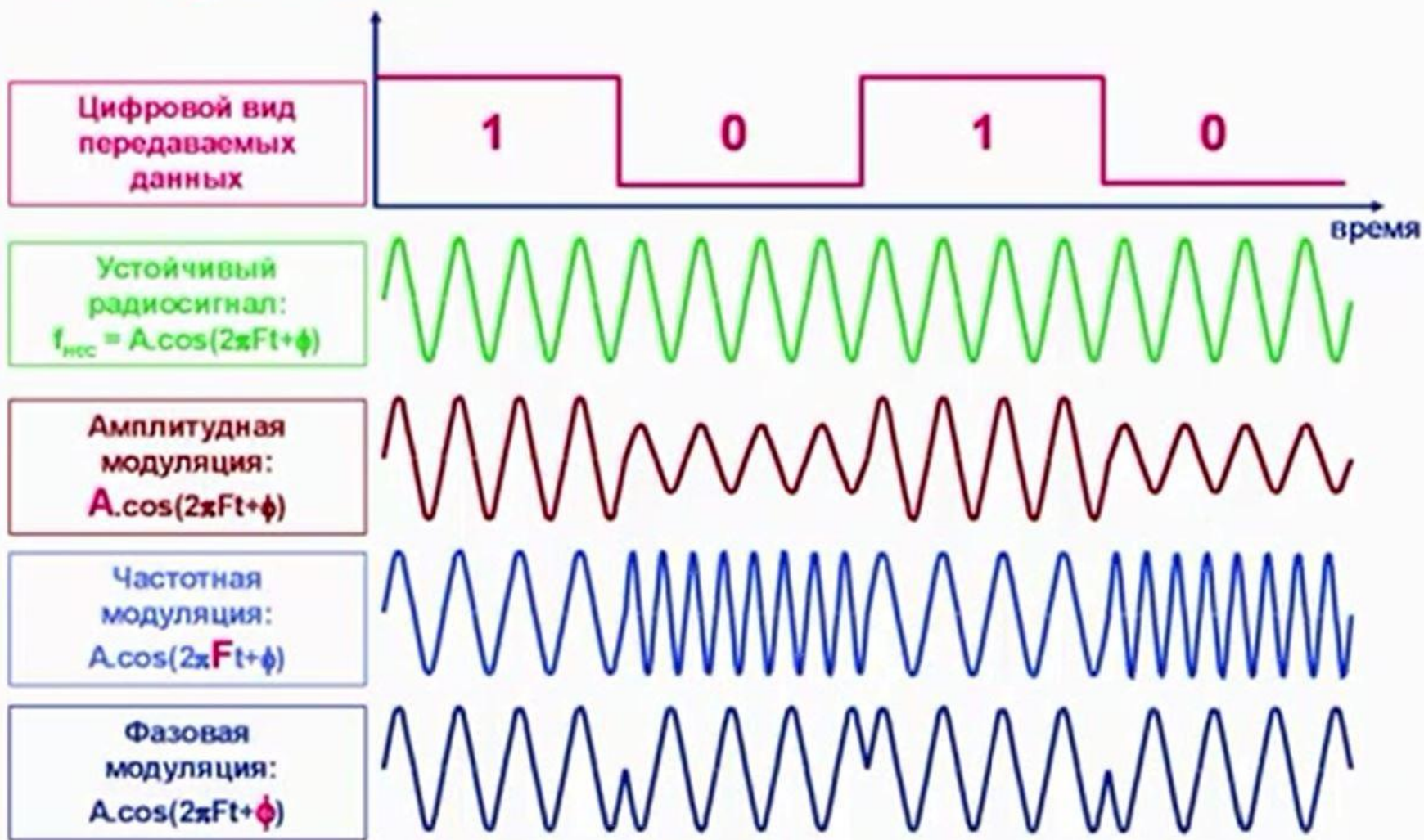


# Мультиплексирование

- Передача данных в Uplink

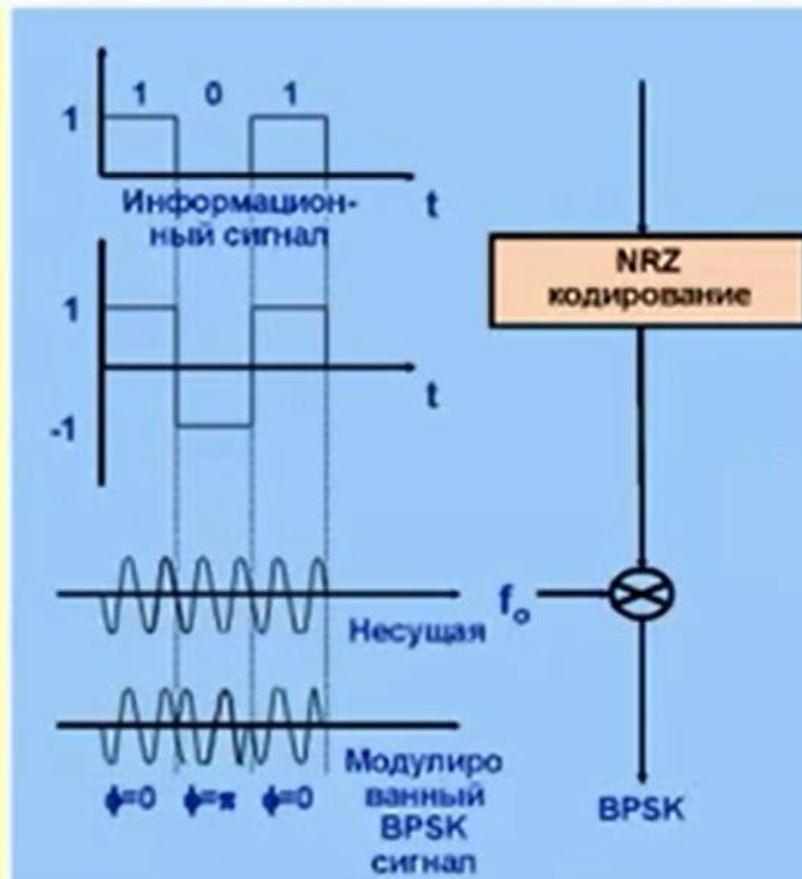
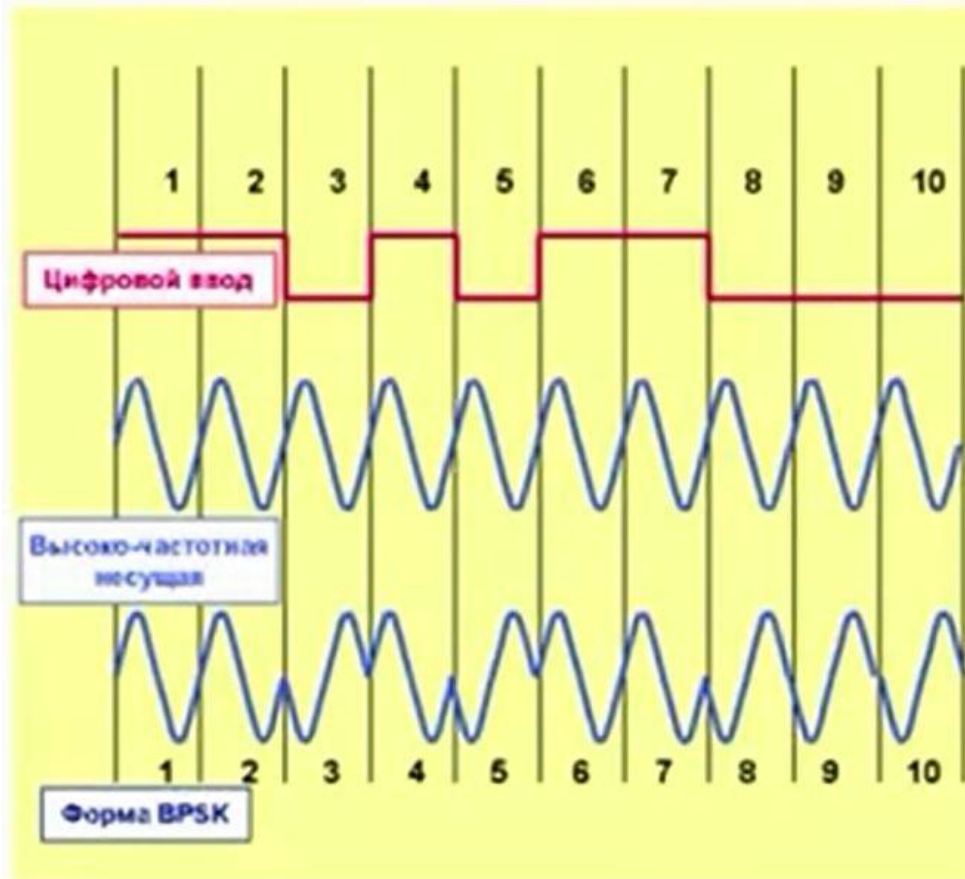


# Модуляция



# Модуляция

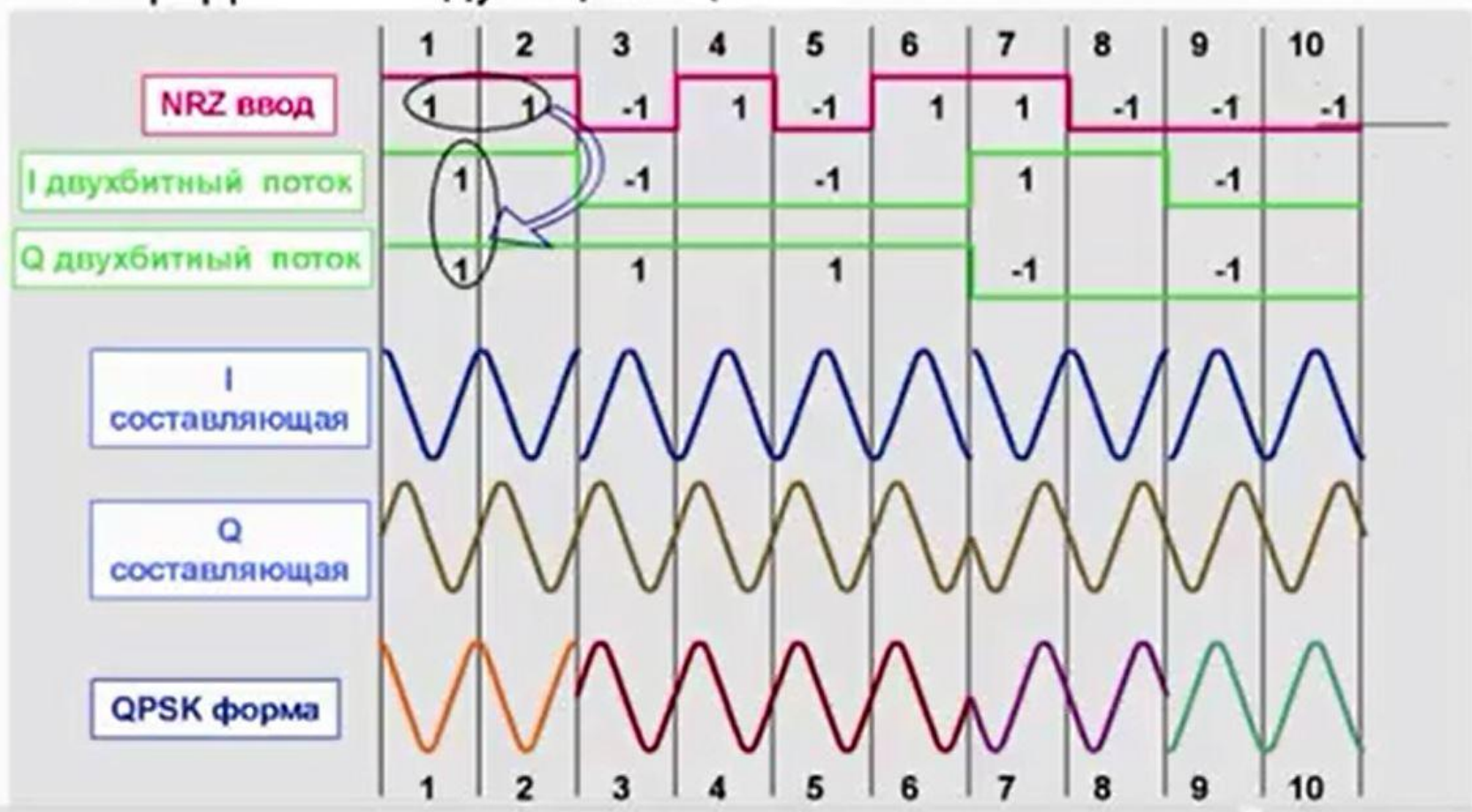
- Цифровая модуляция - BPSK





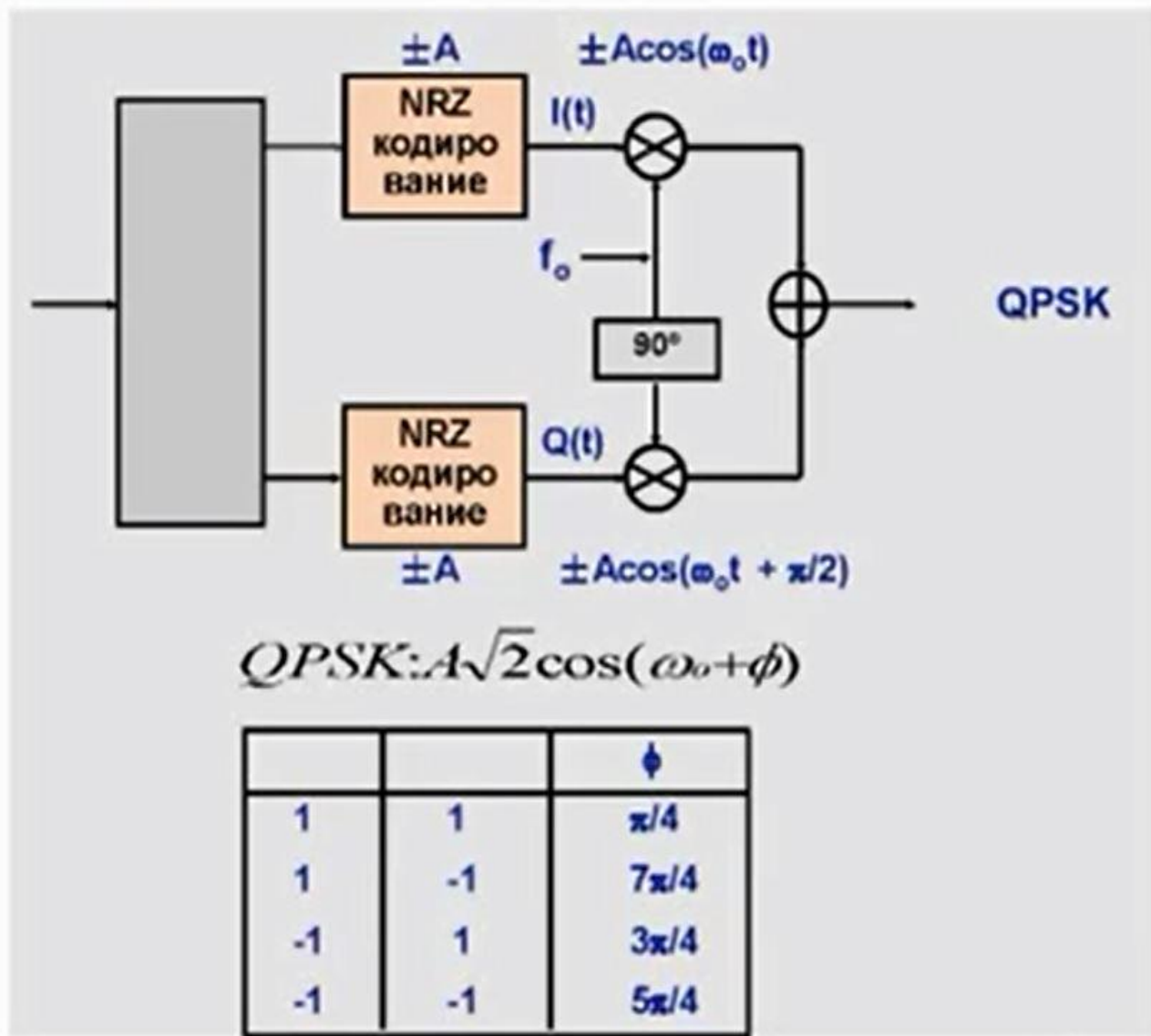
# Модуляция

- Цифровая модуляция - QPSK



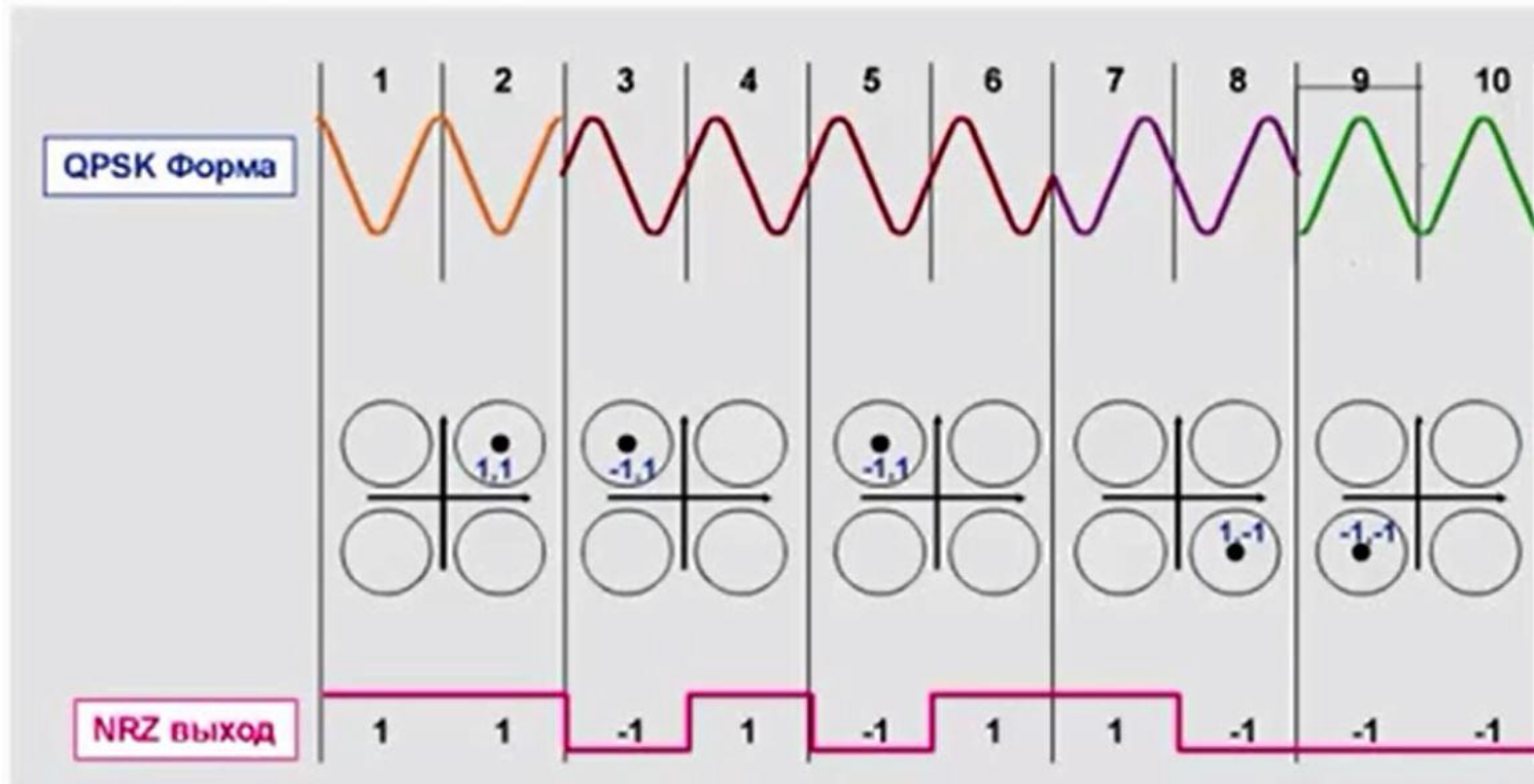


# Модуляция



# Демодуляция

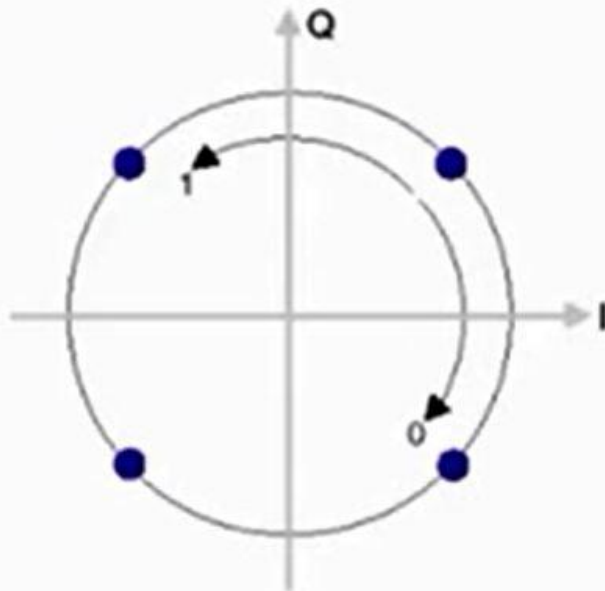
- QPSK Диаграмма



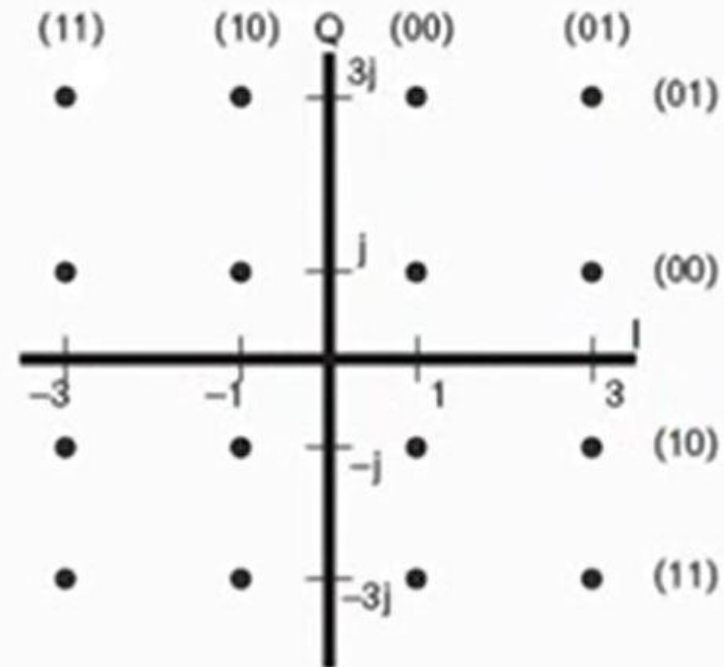
# WCDMA Модуляция

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

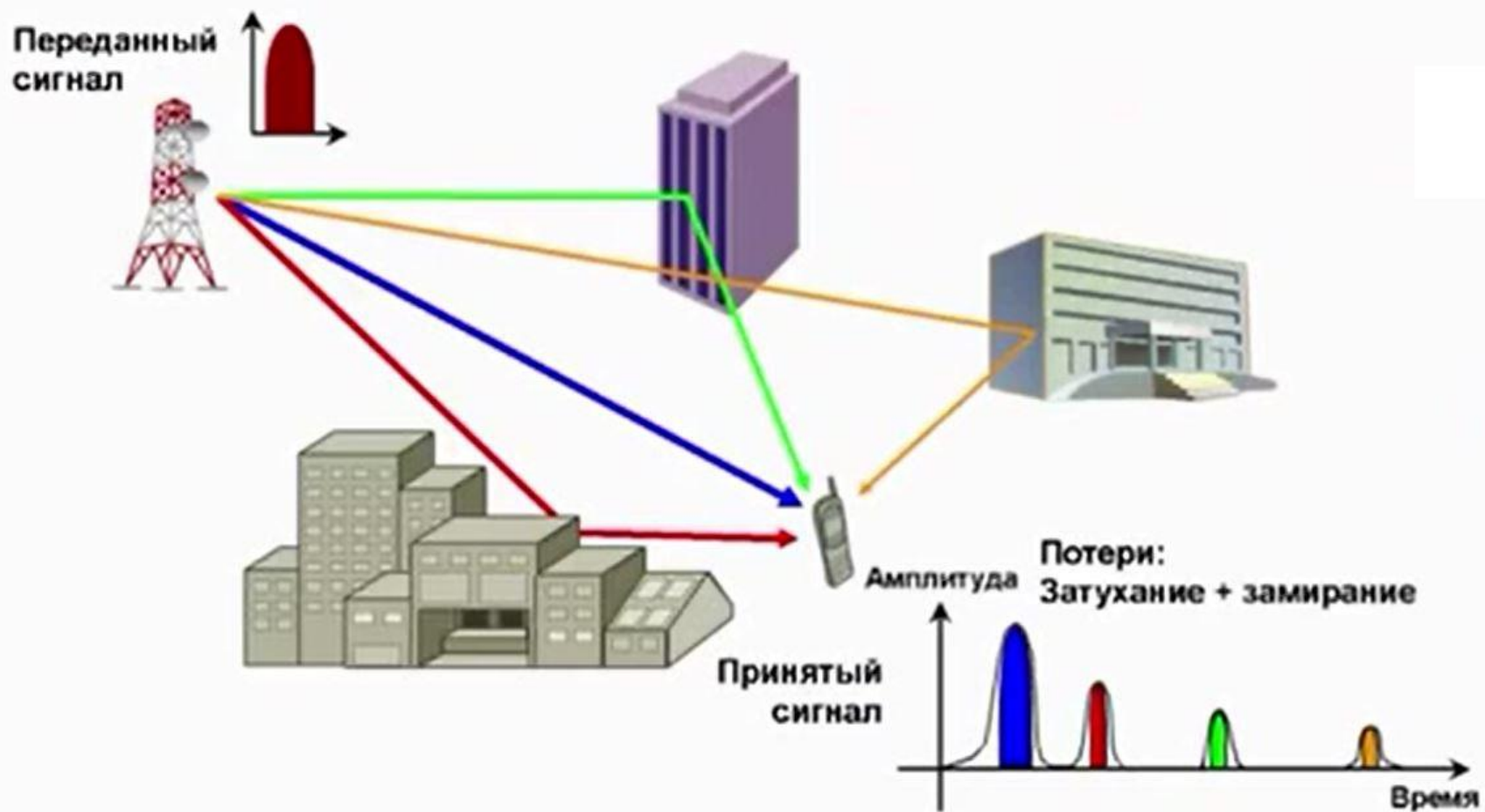
R99/R4: QPSK



HSDPA: QPSK or 16QAM



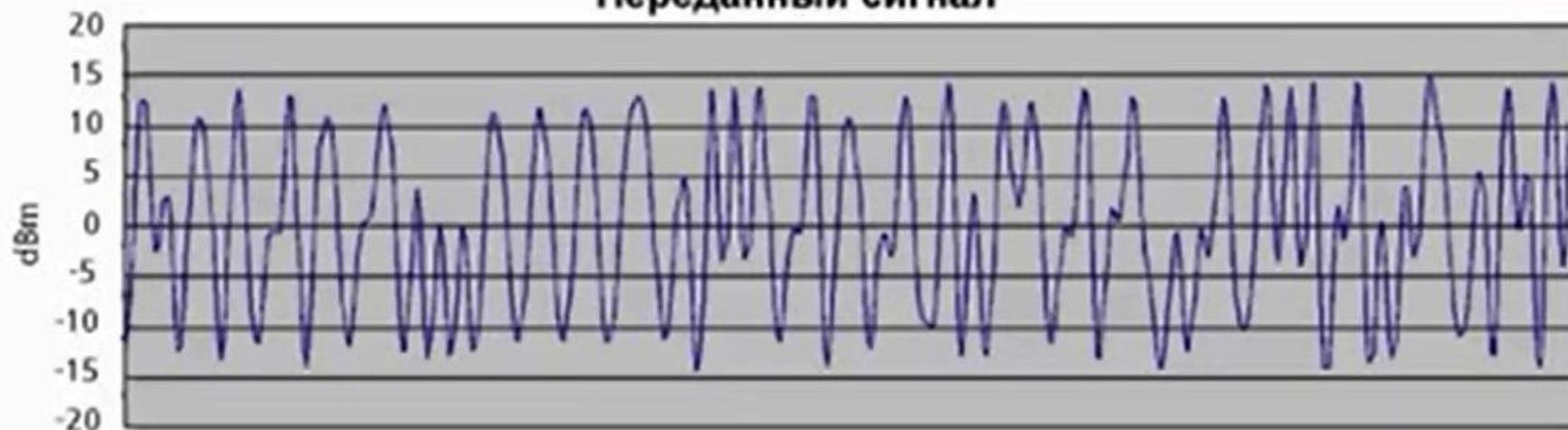
# Распространение радиоволн



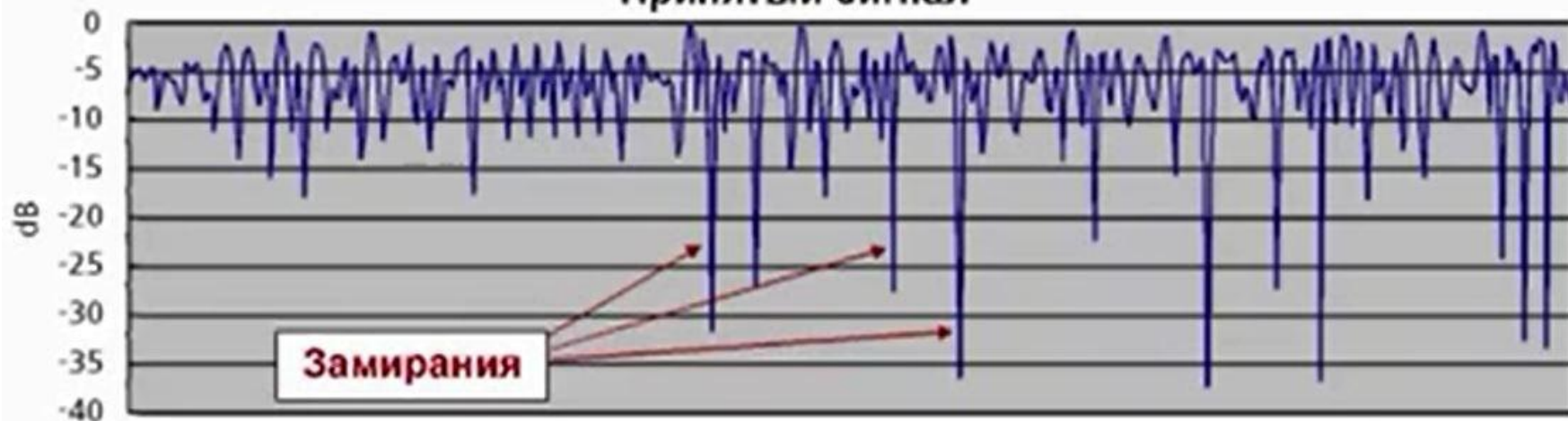


# Распространение радиосигнала

Переданный сигнал

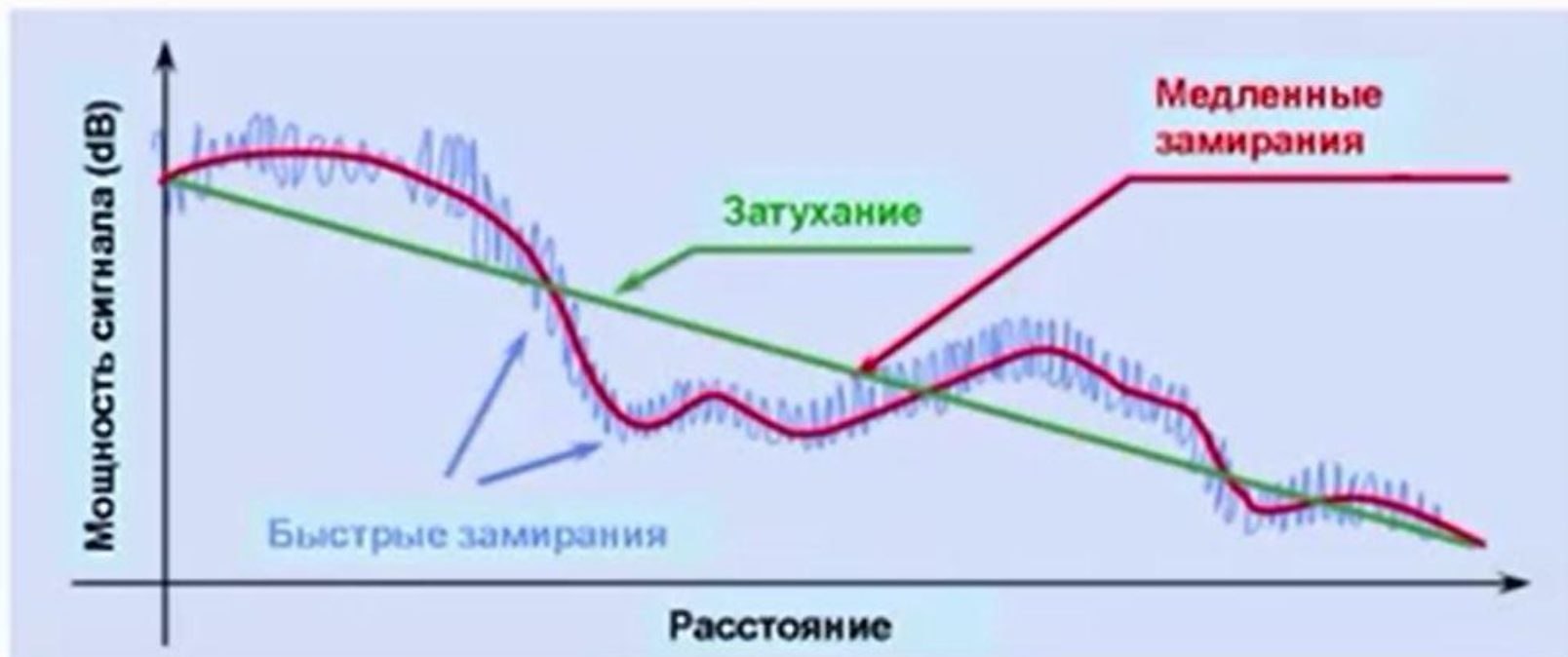


Принятый сигнал



# Замирания

- Типы замираний
  - Медленные замирания
  - Быстрые замирания



# Разнесение

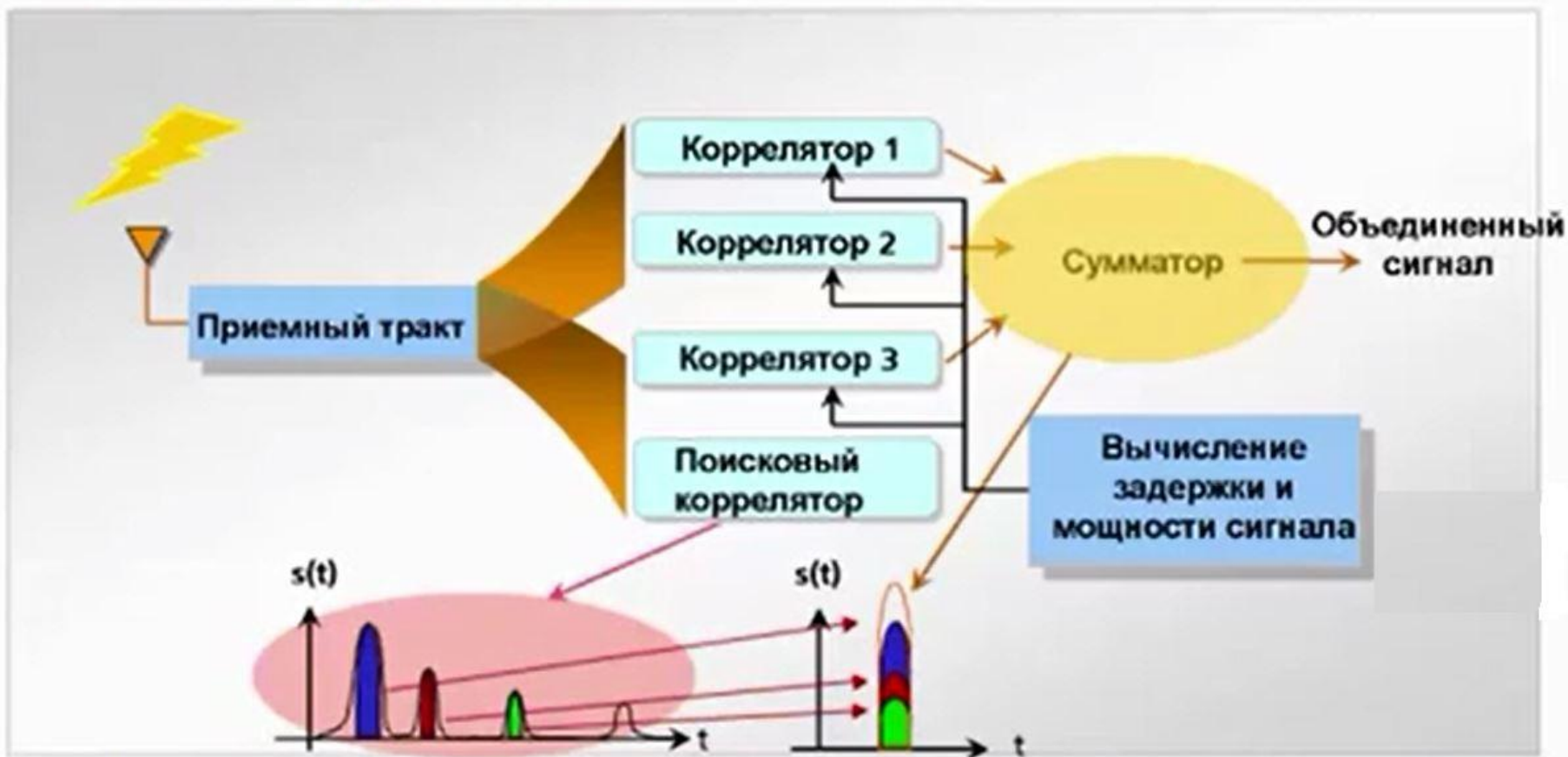
- Разнесение используется для получения некоррелированных сигналов
  - Позволяет ослабить влияние замираний
    - Быстрые замирания вызваны многолучевым распространением волн
    - Медленные замирания вызваны затенением сигнала
  - Повышает надежность связи
  - Увеличивает покрытие и емкость

# 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)**