

**Семинар по технологиям широкополосной мобильной связи  
Москва, 3 – 5 марта 2014**

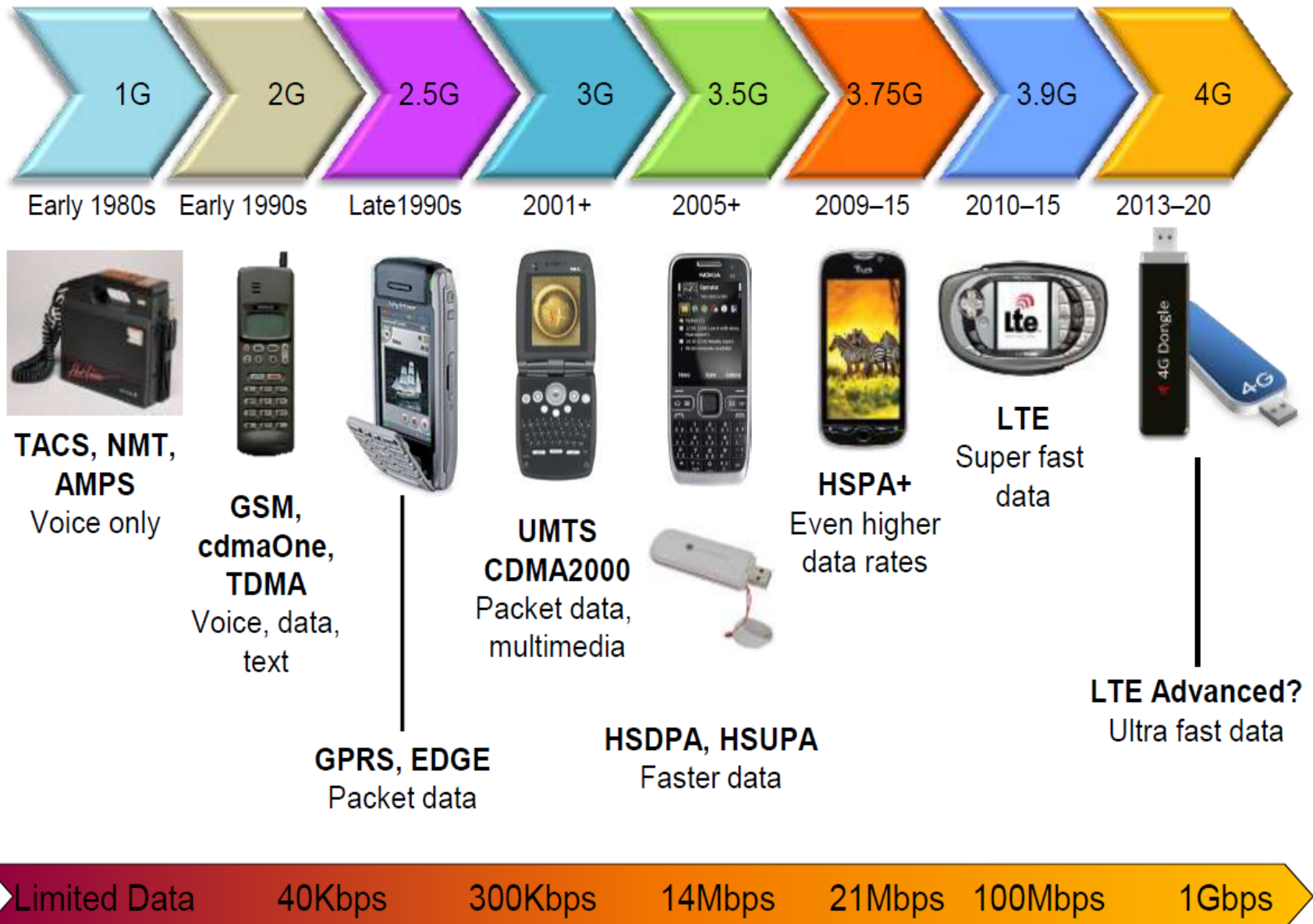
# **Широкополосная мобильная связь от 3G до LTE-advanced**

**Н. Н. Васильев  
Бюро радиосвязи, Международный Союз  
Электросвязи**

# Содержание презентации

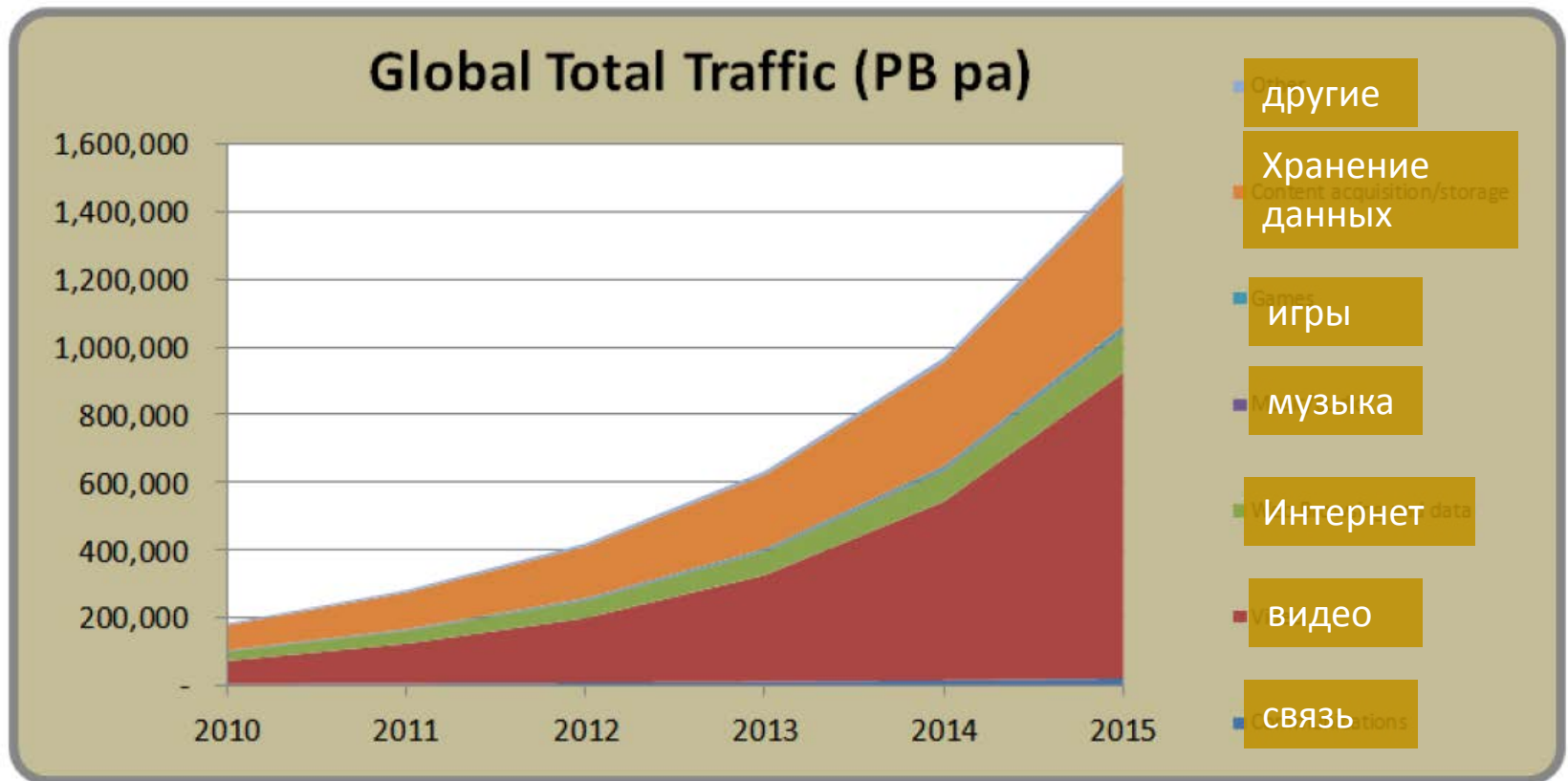
- Эволюция мобильной связи
- 3G как начало широкополосной мобильной связи
- Обзор технологий UMTS HSDPA/HSUPA
- Характеристики стандарта HSPA+
- LTE и LTE-Advanced
- Динамика развертывания сетей широкополосной мобильной связи

# История мобильной связи



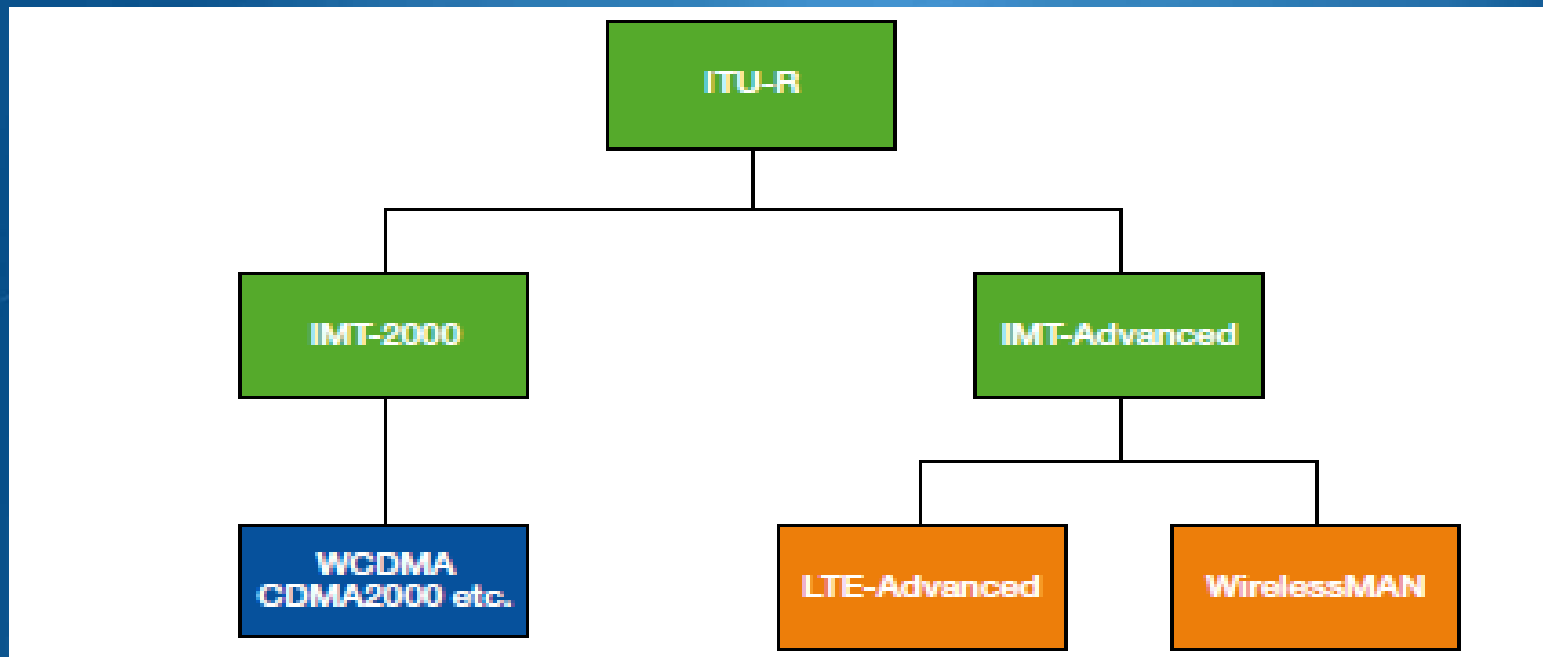
# Рост глобального трафика

- Объемы передачи данных быстро увеличиваются, отчасти стимулируемые появлением смартфонов, планшетов и других устройств



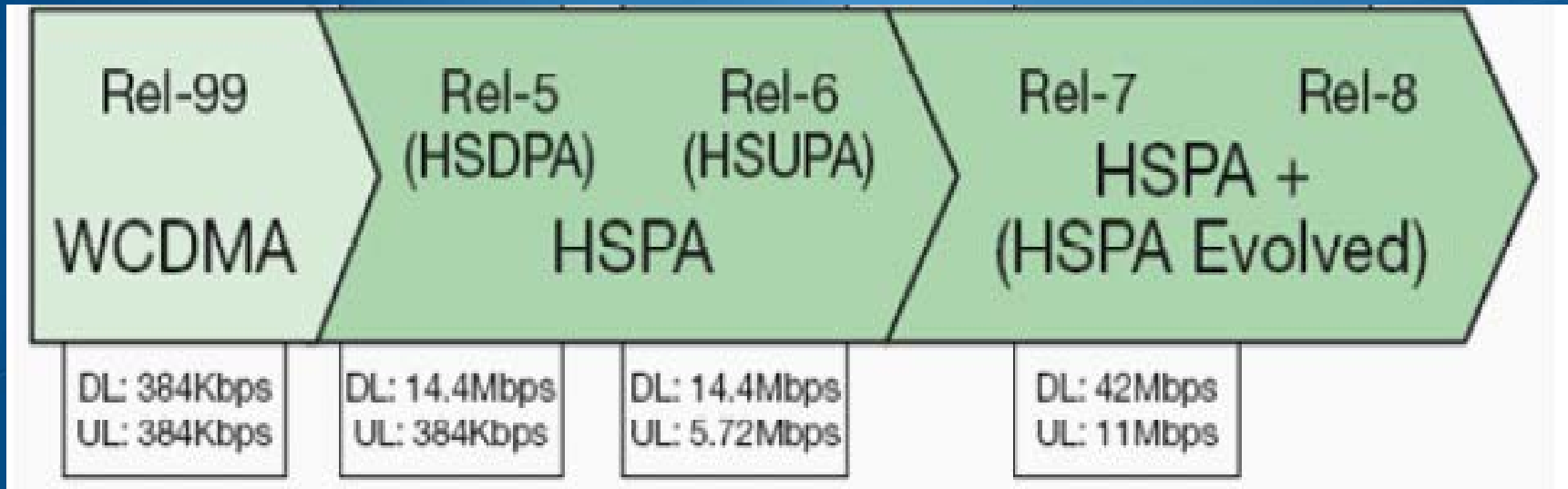
# Деятельность МСЭ по стандартизации

- МСЭ утвердило семейство стандартов **IMT-2000** и **IMT-Advanced**
- **IMT-2000** (3G): UMTS/W-CDMA, CDMA-2000, WiMAX
- **IMT-Advanced** (4G) включает 2 стандарта:
  - LTE-Advanced
  - WirelessMAN
- Термин **IMT** включает **IMT-2000** и **IMT-Advanced**



# Роль 3GPP

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) — партнерская организация разрабатывающая спецификации для широкополосной подвижной связи
- В 3GPP входят 6 стандартизирующих организаций Японии, Китая, Кореи, США и Европы
- 3GPP публикует спецификации в форме релизов, например Релиз 99 (1999) содержит стандарт WCDMA (UMTS и CDMA-2000)
- 3GPP разработал стандарты 3G и 4G (WCDMA, HSPA, LTE)

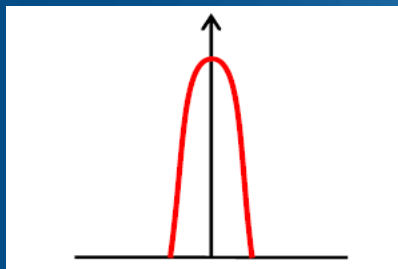


# 3G – начало широкополосной мобильной связи

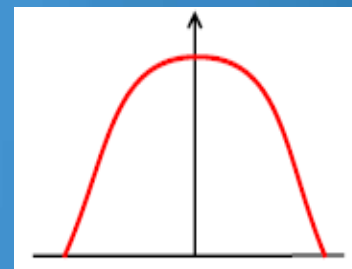
- Существующая широкополосная моб. связь начинается с 3G
- Требования к 3G определены в стандарте МСЭ **IMT-2000**
- Общие требования:
  - Увеличенная ширина полосы канала
  - Пакетирование
  - Эффективный радио доступ
  - Скорости: до 2 мбс (внутри помещений), 384 кбс (город), 144 кбс (сельская местность)
- Виды передаваемой информации/услуги:
  - Голосовая связь, передача сообщений
  - Интернет, интрасети, email, телеметрия
  - Видео (RT, NRT), игры, скачивание музыкальных файлов



# Радиоканал UMTS



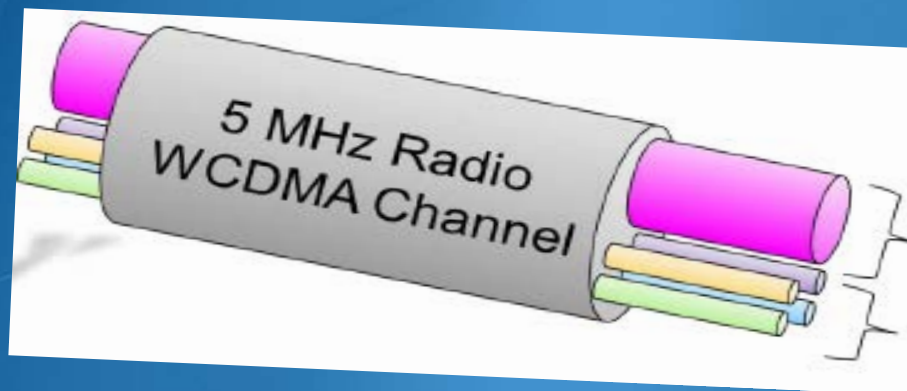
**GSM/GPRS**  
узкополосный  
канал



**UMTS**  
широкополосный  
канал



**Node B**



Канал данных  
Голосовые каналы

- Релиз 99 представляет собой W-CDMA (широкополосный доступ с кодовым разделением каналов)



# HSDPA/HSUPA

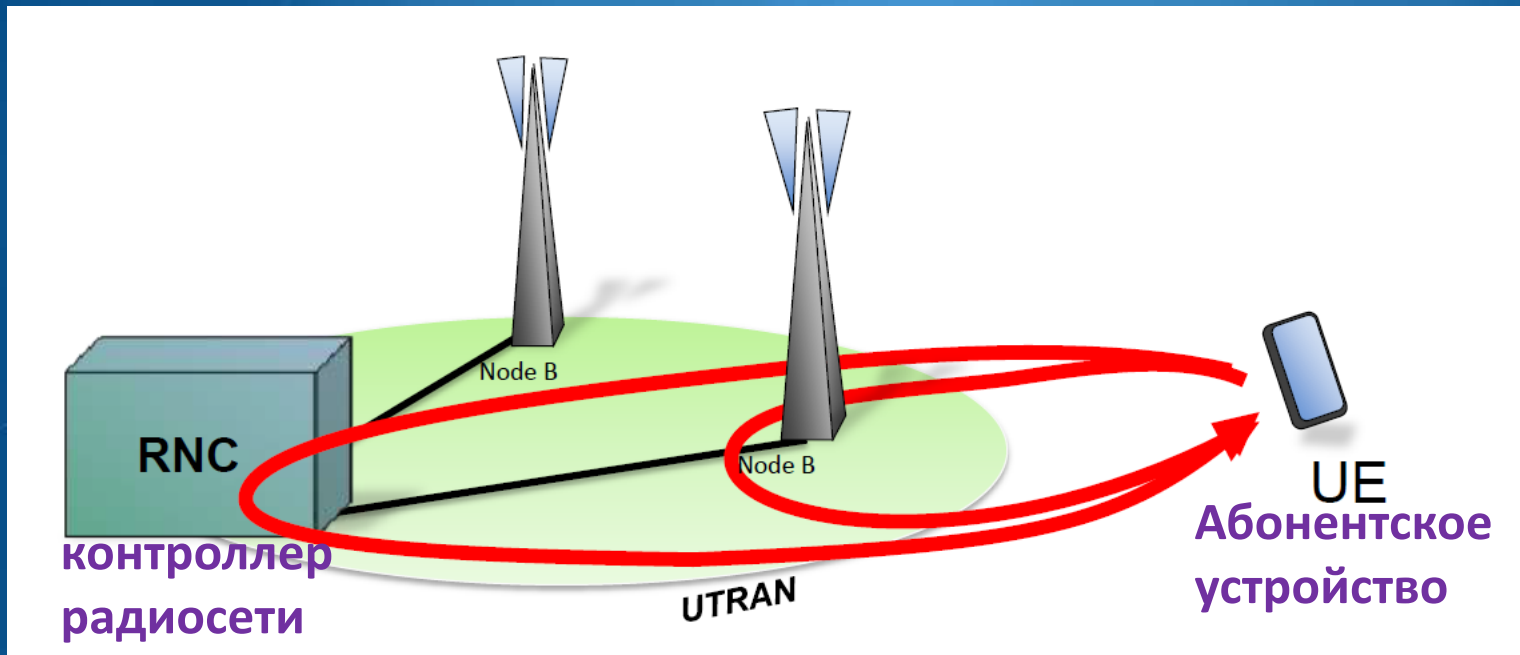
- Технология HSDPA/HSUPA = 3.5G High Speed Downlink/Uplink Packet Access(высокоскоростная пакетная передача данных, линия вниз/вверх ) содержит новые разработки для увеличения емкости, эффективности и уменьшению задержки сигнала



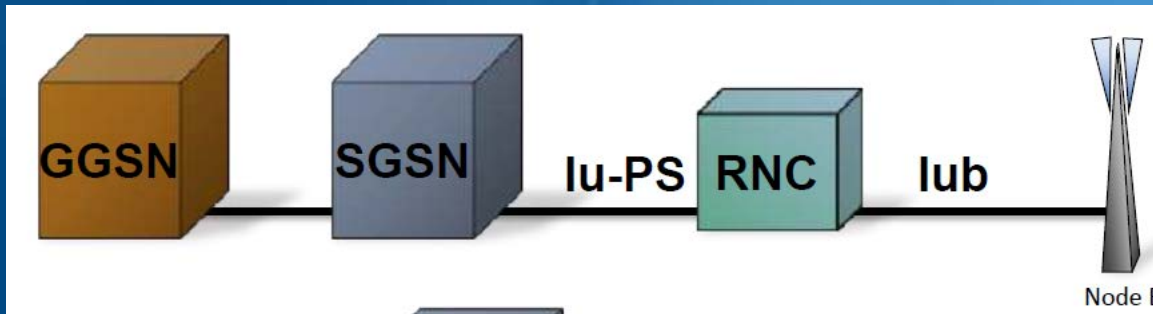
- HSDPA начинается с Релиза 5 (2002), HSUPA – Релиз 6
- HSDPA/HSUPA - высокоскоростной канал (5x в сравнении с UMTS)
- Технология использует новое, более эффективное мультиплексирование, адаптивная модуляция и кодирование
- Вводится модуляция 16QAM

# Уменьшение задержки сигнала в HSDPA/HSUPA

- Релиз R99 – повторная передача сигнала с ошибкой происходит на контроллере радиосети (RNC)
- Релиз R5 - повторная передача сигнала с ошибкой происходит на базовой станции
- Задержка уменьшилась с 150 мсек (UMTS) до 100 мсек - поддержка услуг в реальном времени

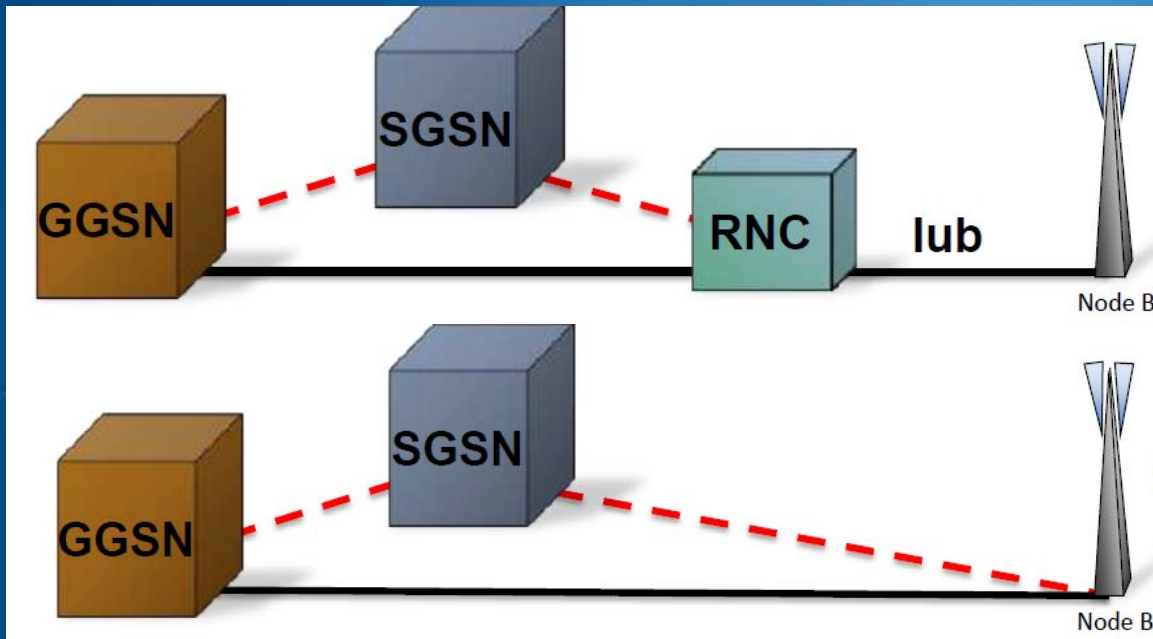


# Эволюция сети



R5 стандартная архитектура

SGSN (*Serving GPRS Support Node*) - узел обслуживания абонентов  
GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) - шлюз с внешними сетями (Internet)



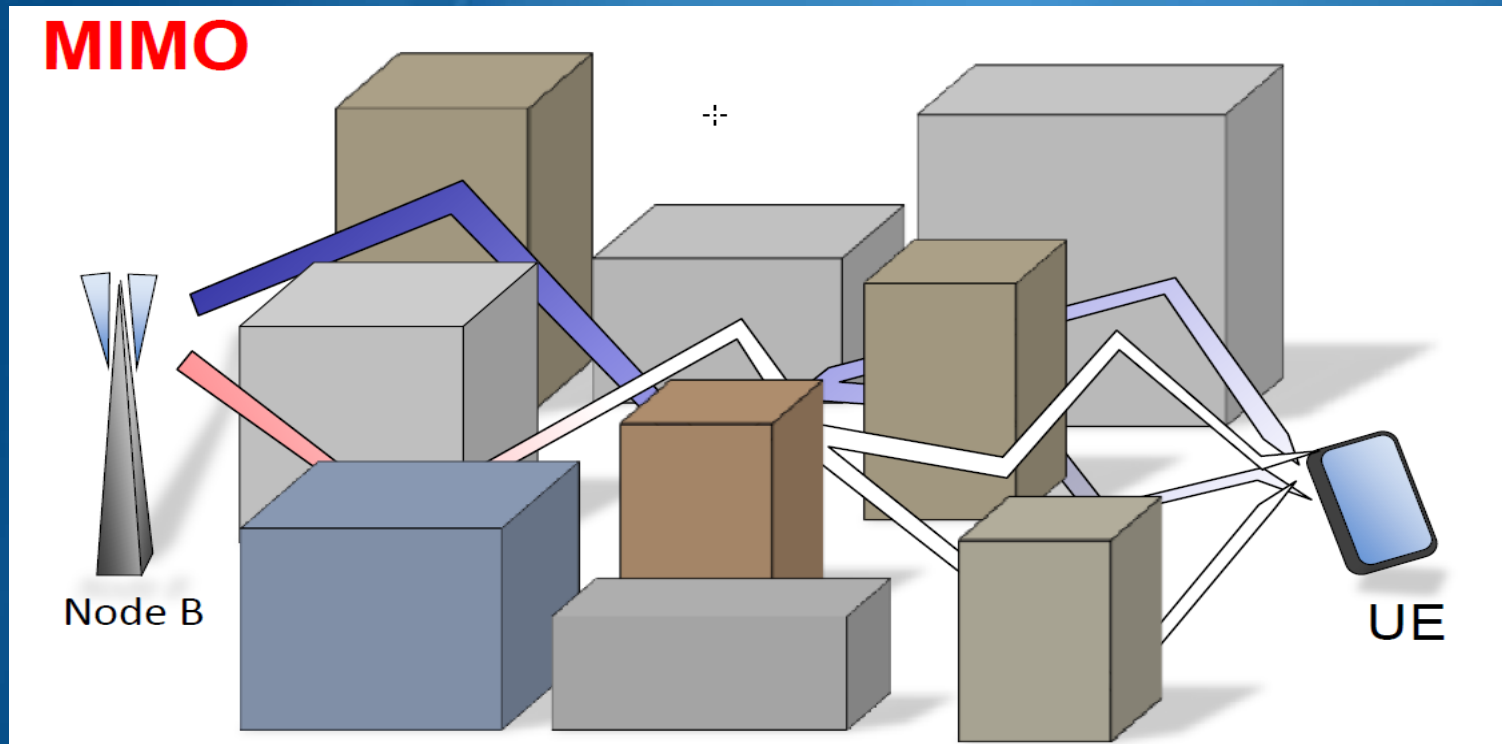
R6 прямой тоннель

R7 прямой тоннель,  
функции RNC -> в БС

# Технология HSPA+

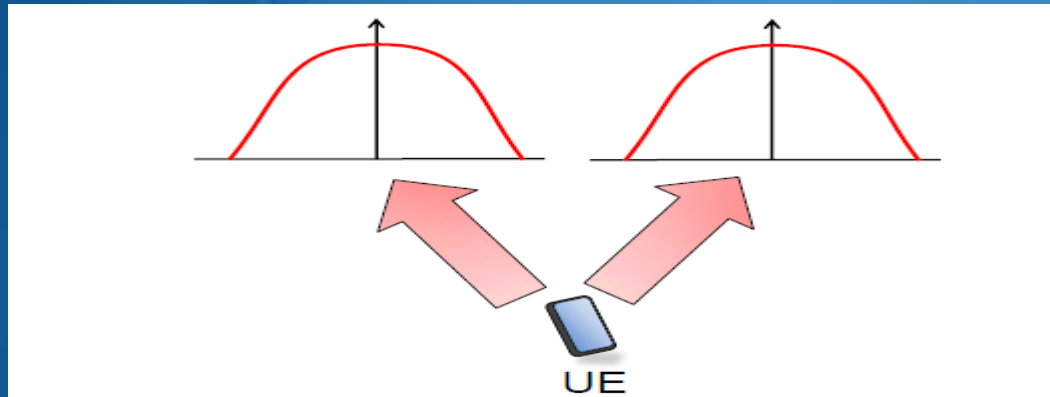
- HSDPA + HSUPA = HSPA
  - максимум 14.4 Мбсек на линии вниз
  - максимум 5.76 Мбсек на линии вверх
- HSPA+ (эволюция HSPA = Релиз 7= 3.9G)
  - максимум 21.6 Мбсек – 42 Мбсек на линии вниз
  - максимум 11.6 Мбсек на линии вверх
- Характеристики HSPA+
  - Использование прямого туннеля
  - Модуляция высокого уровня (16QAM и 64QAM)
  - Антенны MIMO (multiple input, multiple output) (2x2)
  - Режим CDMA с множественными поднесущими (МС- CDMA)
  - Поддерживает голос и СМС, услуги вещания

# MIMO в радио интерфейсе HSPA,



- Применяется только на линии вниз: 2 передающие антенны на базовой станции и 2 антенны на приемнике
- Пространственное мультиплексирование увеличивает скорость передачи данных (до 2х увеличения емкости)
- Работает в городских условиях

# Концепция сложения несущих



- Абонентское устройство обычно работает на одной частоте
- Техника сложения несущих позволяет использовать несколько частотных каналов для 1 устройства
- Могут использоваться как соседние каналы, так и каналы других диапазонов
- Результат: увеличение скорости, например:
  - HSPA+ с одной несущей и MIMO – 42 Мбс
  - HSPA+ с множественными несущими и MIMO - 84 Мбс



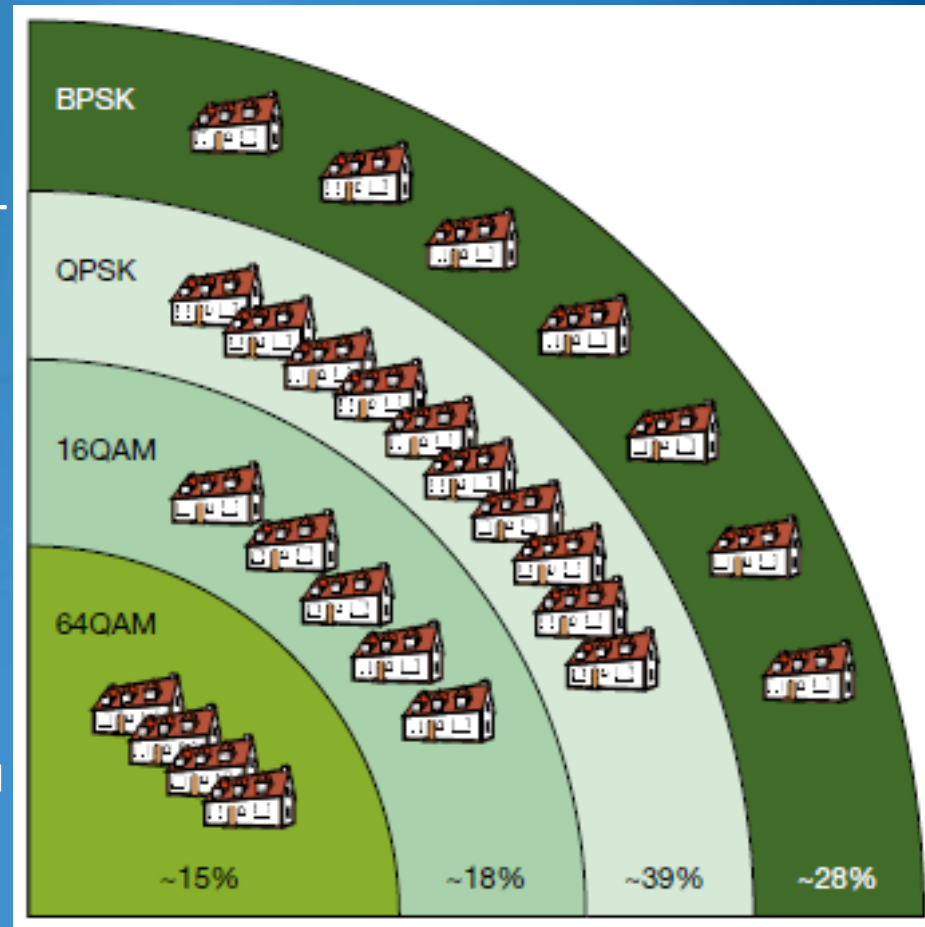
# Характеристики LTE (3.9G - Релиз 8)

- Изменяемая ширина канала: 1.4, 3, 5, 10,15 и 20 МГц
- Модуляция высокого уровня, адаптивная модуляция и кодирование (QPSK, 16QAM and 64QAM)
- Помехоустойчивый тип доступа OFDMA на линии вниз
  - Использование мульти-несущих
  - Качественный прием при многолучевом распространении
  - OFDMA сочетается с новыми типами антенн
- Эффективный тип доступа SC-FDMA на линии вверх
  - Удовлетворительный прием в многолучевом распространении
  - Определенная сложность декодирования сигнала на eNB
  - SC-FDMA эффективнее OFDMA с мощностной точки зрения
- Новые антенны: MIMO 2x2, 4x4, формирования луча антенны
- Скорости передачи: 100 Мбс вниз, 50 Мбс вверх
- Совместимость с сетями GSM и UMTS



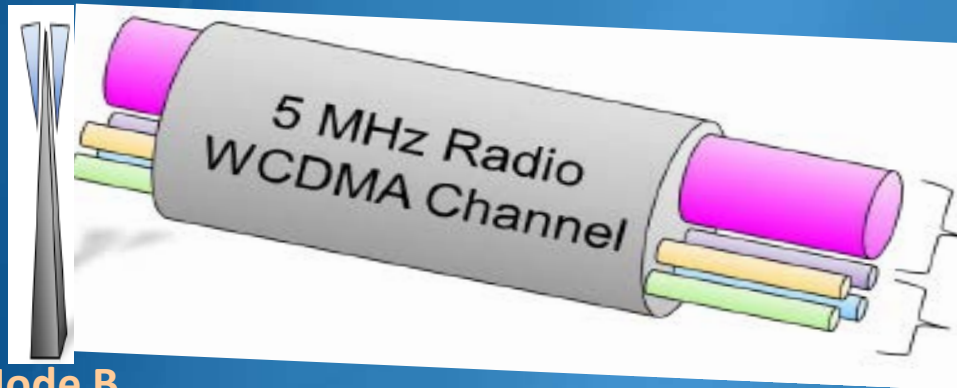
# Адаптивная модуляция и кодирование

- На качество сигнала влияют шумы, помехи, эффекты распространения
- Адаптивная модуляция позволяет оптимизировать скорость/качество сигнала
- Выбор модуляции в зависимости от условий в канале связи
- Модуляция высокого уровня 16QAM and 64QAM (высокая скорость) в ближней зоне
- Простые помехоустойчивые типы (QPSK) используются на краю зоны обслуживания



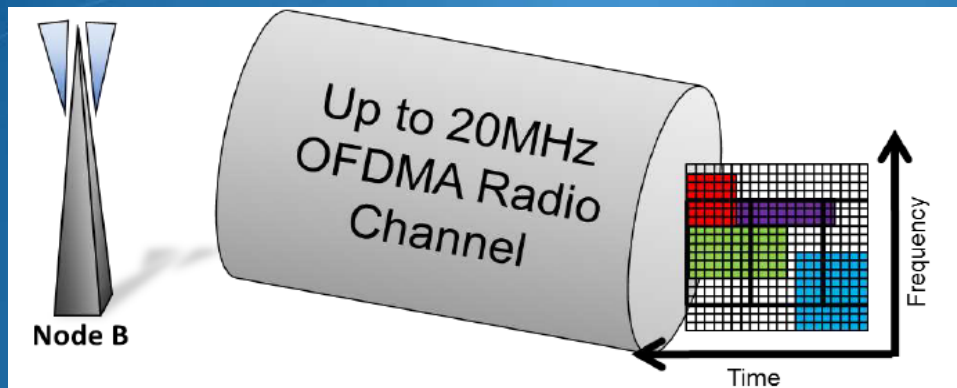
# Преимущества радиоканала LTE

- Емкость HSPA ограничена каналом 5 МГц



Node B

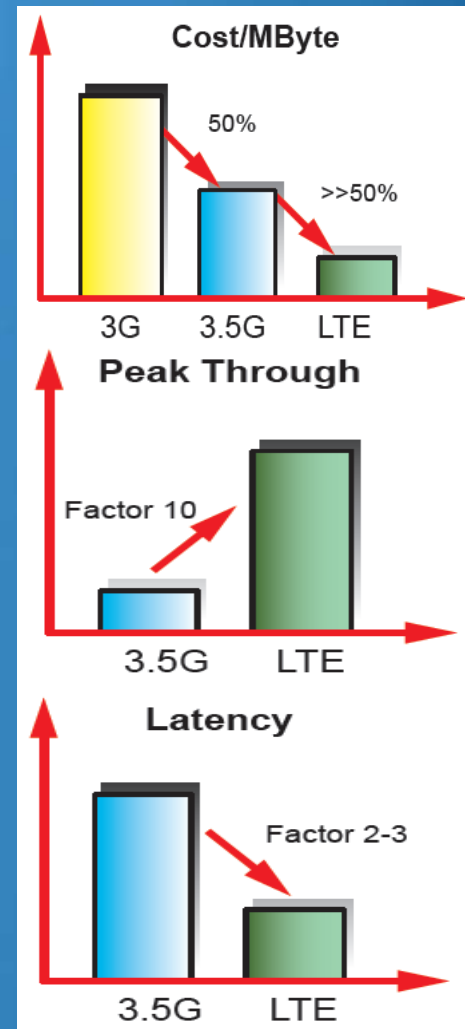
- Емкость LTE обеспечивается каналом до 20 МГц, эффективным доступом OFDMA, антеннами MIMO и с формированием луча



Node B

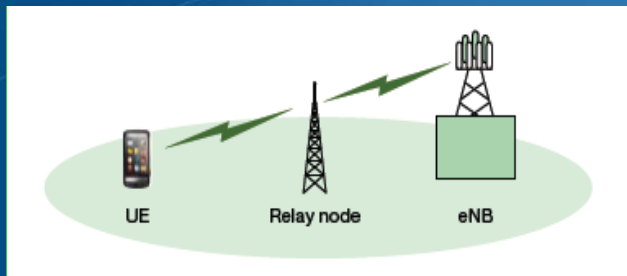
# Сравнительные характеристики 3G и LTE

- Значительное снижение стоимости передачи 1 Мб информации
- Почти 10х увеличение скорости передачи данных
- 2х – 3х уменьшение задержки сигнала

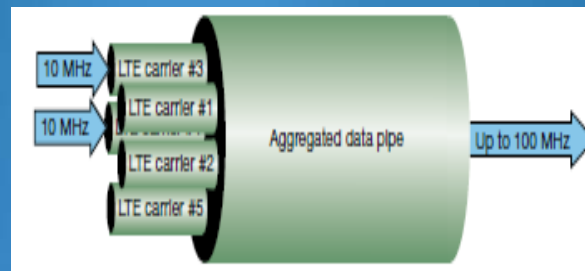


# LTE-Advanced (4G)

- Опубликован в Релизе 10 (2010)
- Пиковые скорости: 1 Гбс (линия вниз), 0.5 Гбс (линия вверх)
- Увеличенная спектральная эффективность и работа на краю зоны покрытия
- Основные черты:
  - Доступ OFDMA/ SC-FDMA
  - 4x4 MIMO
  - Турбо кодирование (коррекция ошибок)
  - Использование ретрансляторов
  - Технология суммирования несущих (каналы до 100 МГц)



ретрансляторы



суммирование несущих

# Сравнительные характеристики стандартов

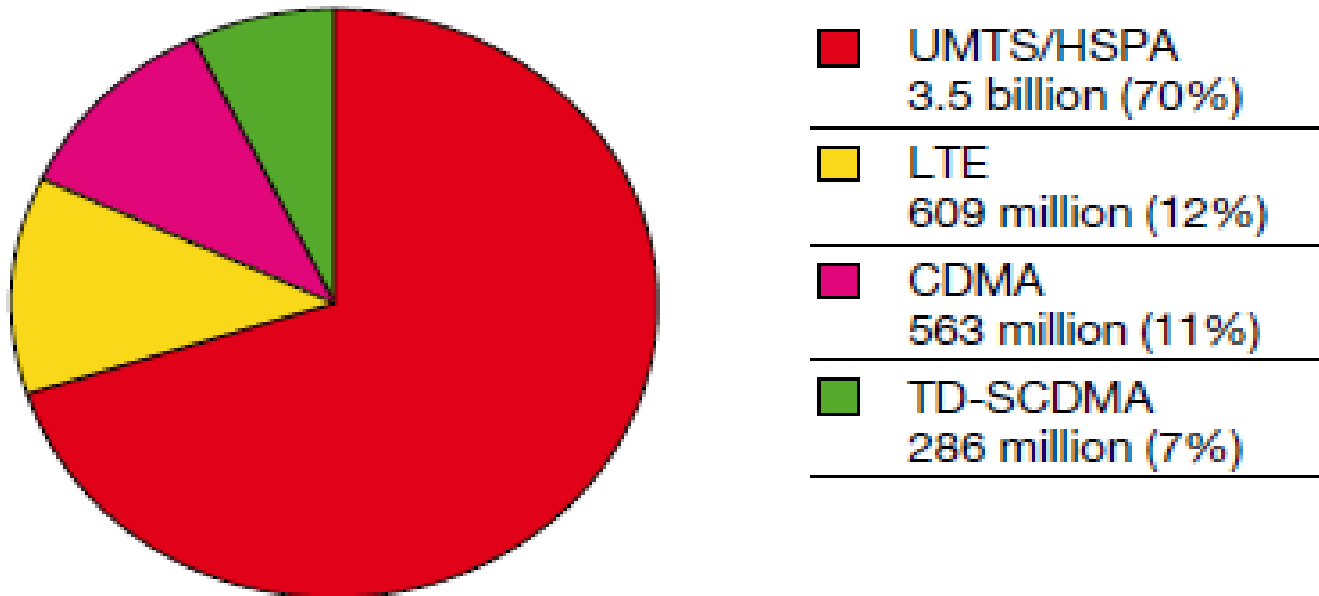
Характеристики	WCDMA (UMTS)	HSPA	HSPA+	LTE	LTE-Advanced (IMT-Advanced)
Максимальная скорость на линии вниз, <u>Бсек</u>	384 <u>К</u>	14 М	28 М	100 М	1 Г
Максимальная скорость на линии вверх, <u>Бсек</u>	128 <u>К</u>	5.7 М	11 М	50 М	500 М
Задержка (полный круг)	150 <u>мсек</u>	100 <u>мсек</u>	50 <u>мсек</u>	10 <u>мсек</u>	менее 5 <u>мсек</u>
Релиз 3GPP	99/4	5/6	7	8	10
Год начала развертывания	2003/4	2005/8	2008/9	2009/10	
Метод одновременного доступа	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/ SC-FDMA	OFDMA/ SC-FDMA

# Статистика по внедрению сетей (на февраль 2014)

- Развертывание мобильного ШПД: 532 сети HSPA в 203 стране
  - 84% поддерживают скорости не менее 7.2 Мбсек
  - 338 (63%) сетей в 148 странах используют HSPA+
- Внедрение LTE
  - 508 операторов инвестировали в LTE в 144 странах
  - 268 сетей в эксплуатации в 100 странах, включая 28 сетей TDD
- Абонентская база (3-й квартал 2013)
  - 1 373 млн пользователей WCDMA, включая HSPA
  - 157.7 млн пользователей LTE
- Производство абонентских устройств: 1360 устройств LTE
  - 705 новых устройств в 2013
  - 533 типа смартфонов
- Доминирующий диапазон частот - 1800 МГц (44% сетей)

# Технологии широкополосной подвижной связи к 2016

## Технологии широкополосной подвижной связи к 2016





***Спасибо за внимание!***