



Эволюция современных сетей мобильной связи 2G/3G/4G



Заместитель Генерального директора
ООО «АйКомИнвест» по
инновационным технологиям,
член Президиума РАЕН,
д.э.н., проф. Тихвинский В.О.

- ❑ Введение
- ❑ Создание и стандартизация технологий мобильной связи
- ❑ Партнерский проект 3GPP и Европейский институт стандартизации электросвязи ETSI как центры инноваций мобильной связи
- ❑ Эволюция и особенности развития технологий 2G
- ❑ Эволюция и особенности развития технологий 3G
- ❑ Будущее сетей поколений B4G - 5G

Все стандарты технологий мобильной связи построены на **принципах открытых стандартов**: доступность, ориентация на конечного пользователя, бесплатность использования, недискриминационность, возможность развития, отсутствие лицензий использования, инновационность.

Открытый стандарт — это стандарт или протокол, который равным образом доступен для чтения и использования без ограничений всем заинтересованным сторонам и который:

- ❑ не содержит компонентов или расширений, зависящих от форматов или протоколов, которые не попадают под определение открытого стандарта;
- ❑ не содержит правовых или технических положений, ограничивающих его использование любой заинтересованной стороной в любых схемах предпринимательства;
- ❑ разработан и дорабатывается в ходе процедур, не зависящих от конкретного поставщика и открытых для равноправного участия конкурентов и третьих сторон;
- ❑ доступен в большом количестве полных реализаций, выполненных конкурирующими поставщиками, или в виде полной реализации, в равной степени доступной всем сторонам.



Европейский орган стандартизации

**Штаб-квартира – г.София-Антиполис,
Франция**

**Существует 25 лет (создана в 1988г.),
в работе участвуют представители
более 60 Государств, 700+ членов
(май 2013 г.)**

**Постоянный персонал – около 100
человек**

Web адрес: <http://www.etsi.org>

- **Официально признанный ЕС как Европейский орган стандартизации и центр компетенции ИКТ**
- **Деятельность во всех областях ИКТ (технологии и услуги)**
- **Разработчик глобальных стандартов для ИКТ технологий и услуг (электросвязь, радиосвязь, вещание и связанные с ними области)**
- **Независимая некоммерческая организация, создана в 1988 г.**
- **Деятельность сертифицирована по ISO 9001:2000**
- **Организация с прямым участием ее членов**
- **700+ членов(компании и организации)**
- **Более 22 000 опубликованных отчетов и стандартов – доступны свободно!**

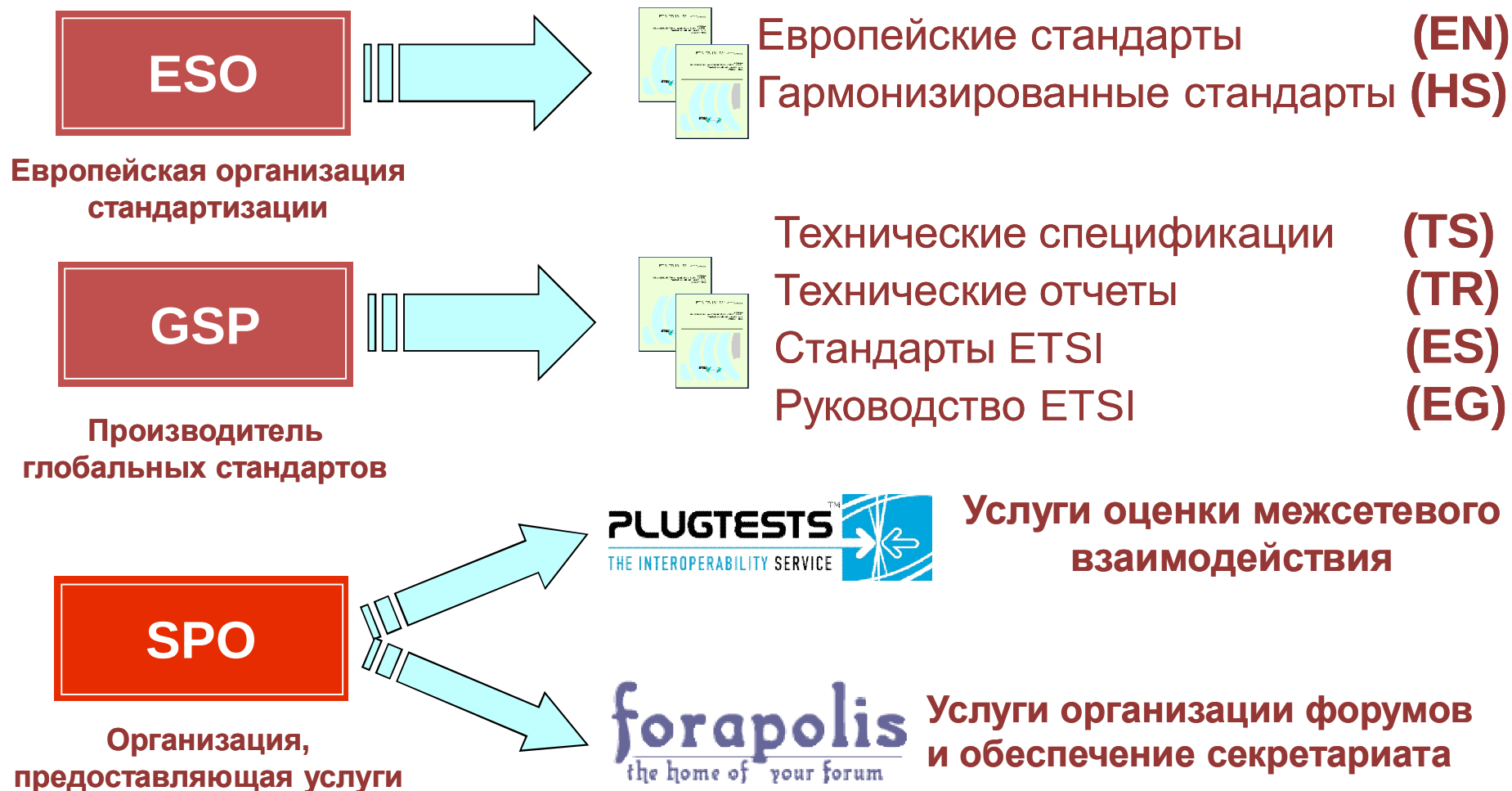


ESO: Европейская организация стандартизации: стандартизация технологий ИКТ для европейских нужд

GSP: Производитель глобальных стандартов : стандартизация на всемирной основе

SPO: Организация, предоставляющая услуги : услуги такие как тестирование межсетевого взаимодействия, управление международными форумами.

Три главных роли ETSI





Партнерский проект 3G

Создан в 1998 году (15 лет)

Объединил заинтересованных партнеров для стандартизации технологических решений для системы мобильной связи 3-го поколения с радиointерфейсом W-CDMA. Первоначально базировался на идеях эволюции сетей GSM для из семейства IMT-2000 выбранных МСЭ для развития 3G.

Организации-партнеры:

ARIB (Япония), CWTS (Китай), ETSI (Евросоюз), TTA (Корея), TTC (Япония), T1 (США)

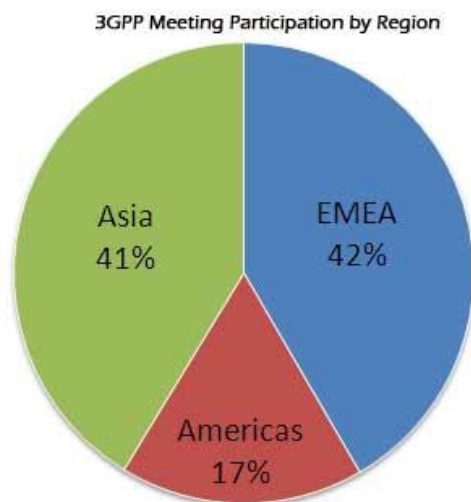
Партнеры, представляющие интересы рынка:

IMS Forum, GSA, GSMA, IPv6 Forum, UMTS Forum, 4G Americas, TD SCDMA Industry Alliance, InfoCommunication Union (ICU), Small Cell Forum, CDMA Development Group (CDG), Cellular Operators Association of India (COAI), NGMN Alliance (<http://www.3gpp.org>)

Члены Партнерского проекта 3GPP

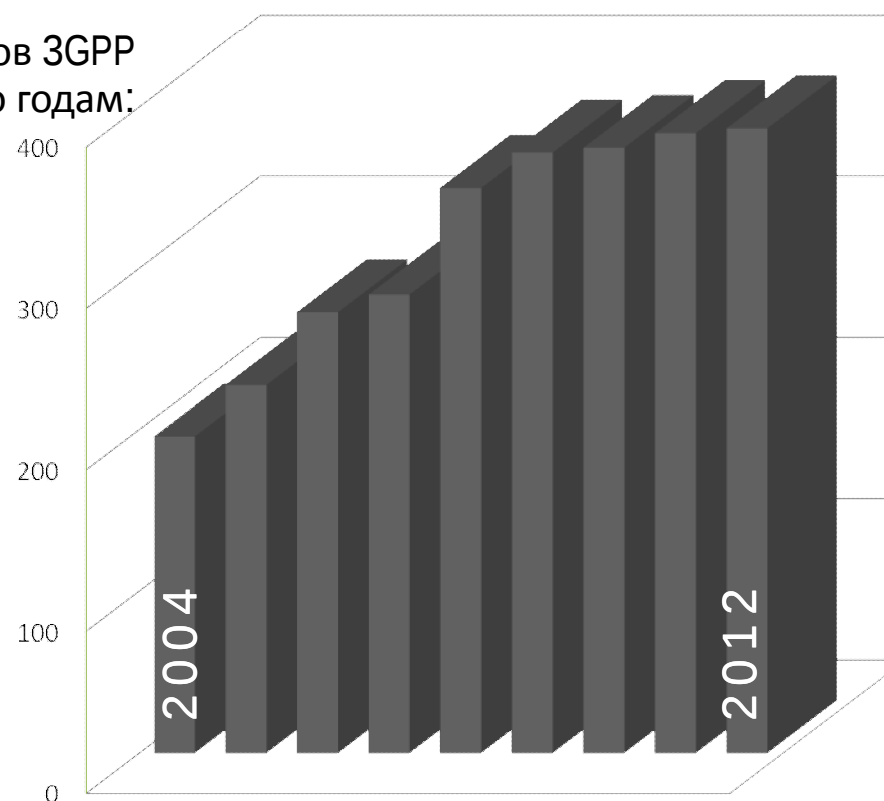
Количество членов Партнерского проекта 3GPP постоянно растет. На начало 2013 г. было 387 индивидуальных членов. В дополнение 17 компаний имели статус гостя, который подразумевает переход в статус индивидуальных членов в будущем

- 380+ компаний
- 150 собраний в год (вкл. W/Gs)
- 39 стран



Рост членов 3GPP

По годам:



Структура проектных групп Партнерского проекта 3GPP



Первое поколение сетей мобильной связи (1G)



Первое поколение сотовой связи включало следующие аналоговые системы и не было стандартизовано в глобальном масштабе:

AMPS (Advanced Mobile Phone Service — усовершенствованная мобильная телефонная служба, диапазон 800 МГц) — широко использовалась в США, Канаде, Центральной и Южной Америке, Австралии;

TACS (Total Access Communications System — общедоступная система связи, диапазон 900 МГц) — использовалась в Англии, Италии, Испании, Австрии, Ирландии;

NMT-450 и **NMT 900** (Nordic Mobile Telephone — мобильный телефон северных стран, диапазоны 450 и 900 МГц соответственно) — использовались в Скандинавии и во многих других странах включая Россию;

C-450 (диапазон 450 МГц) — использовались в Германии и Португалии;

RTMS (Radio Telephone Mobile System — мобильная радиотелефонная система, диапазон 450 МГц) — использовалась в Италии;

Radiocom 2000 (диапазоны 170, 200, 400 МГц) — использовалась во Франции;

NTT (Nippon Telephone and Telegraph system — японская система телефона и телеграфа, диапазон 800...900 МГц — в трех вариантах) — использовалась в Японии.

Технические характеристики сетей мобильной связи первого поколения (1G)



Базовые станции первого поколения имели высокую мощность – 20- 100 Вт

Мобильные станции первого поколения имели мощность - 3-5 Вт.

Для передачи информации различных каналов используются различные участки спектра частот — применяется метод множественного доступа с частотным разделением каналов (Frequency Division Multiple Access — FDMA).

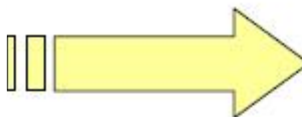
Ширина полосы частотных каналов в различных стандартах от 12,5 до 30 кГц.

Скорость передачи данных – 1,9 кБит/с

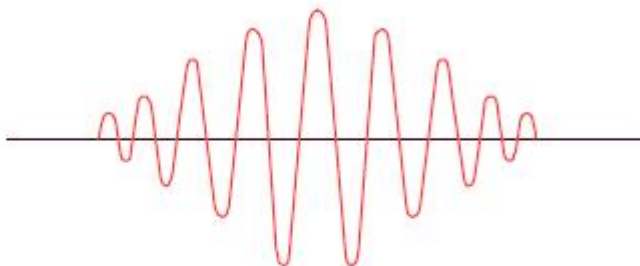


Переход к сетям мобильной связи 2G

1-е поколение (1G)
Аналоговые сети



2-е поколение (2G)
Цифровые сети



Ограничения 1G:
Емкость,
Совместимость
Качество услуг

1G cellular systems:

- AMPS since 1979
- NTT-MTS 1979
- NMT 1981
- TACS 1985
- C450 1985



Преимущества 2G:

Емкость,
Качество услуг
Международный роуминг
Размер и вес
Защита от мошенничества и шифрование
Передача данных и доп.услуги

2G cellular systems:

- GSM since 1992
- D-AMPS 1994
- PDC 1993/94
- IS-95 1995



GSM (Global System for Mobile Communication)

Разработка стандарта началась в 80-е годы. Стандарт GSM был разработан в ETSI (European Telecommunication Standard Institute) и утвержден в 1990 г. Это был первый открытый стандарт цифровой мобильной связи содержащий более 200 Технических спецификаций (рекомендаций), объединенных в 12 серий по функциональным аспектам.

GSM- 900 / E-GSM

GSM-900 был первым из выпущенных стандартов GSM (1990). Использовались полосы 2 x 25 МГц в диапазоне 900 МГц (890-915/935-960 МГц). Далее было выпущено расширение E-GSM (Extended GSM) в том же диапазоне и расширявшее частотный ресурс до 2 x 35 МГц (880-890/925-935 МГц) дополнительно. Ширина частотного канала 200 КГц. Вид модуляции сигнала - GMSK.

GSM-1800 (DCS-1800)

Первой опцией стандарта GSM стал стандарт DCS-1800 (Digital Cellular System) который был создан в 1991 г. и переименован в стандарт GSM-1800 в 1997 г. Для реализации стандарта GSM-1800 были использованы две полосы 2 x 75 МГц в диапазоне 1800 МГц (1710 – 1785/1805-1880 МГц).

Этапы создания GSM (2)



GSM1900 (PCS1900)

Начиная с 1995/96 г.г. началась адаптация стандарта GSM диапазоне 1900 МГц с полосой (2 x 60 МГц) для распределения частот в США и других стран американского континента (Район 2) под названием PCS1900 (Public Cellular System) и в 1997 г. стандарт был переименован в GSM1900.

GSM-R (Железнодорожный)

Основывается на стандарте GSM, стандарт GSM-R доработан под специфические требования и особенности связи на железных дорогах. В 1995 г. CEPT выделил 2 x 4 МГц в диапазоне 900 МГц (876-880/921-925 МГц) для GSM-R. Первая сеть GSM-R была запущена в 1998 г.

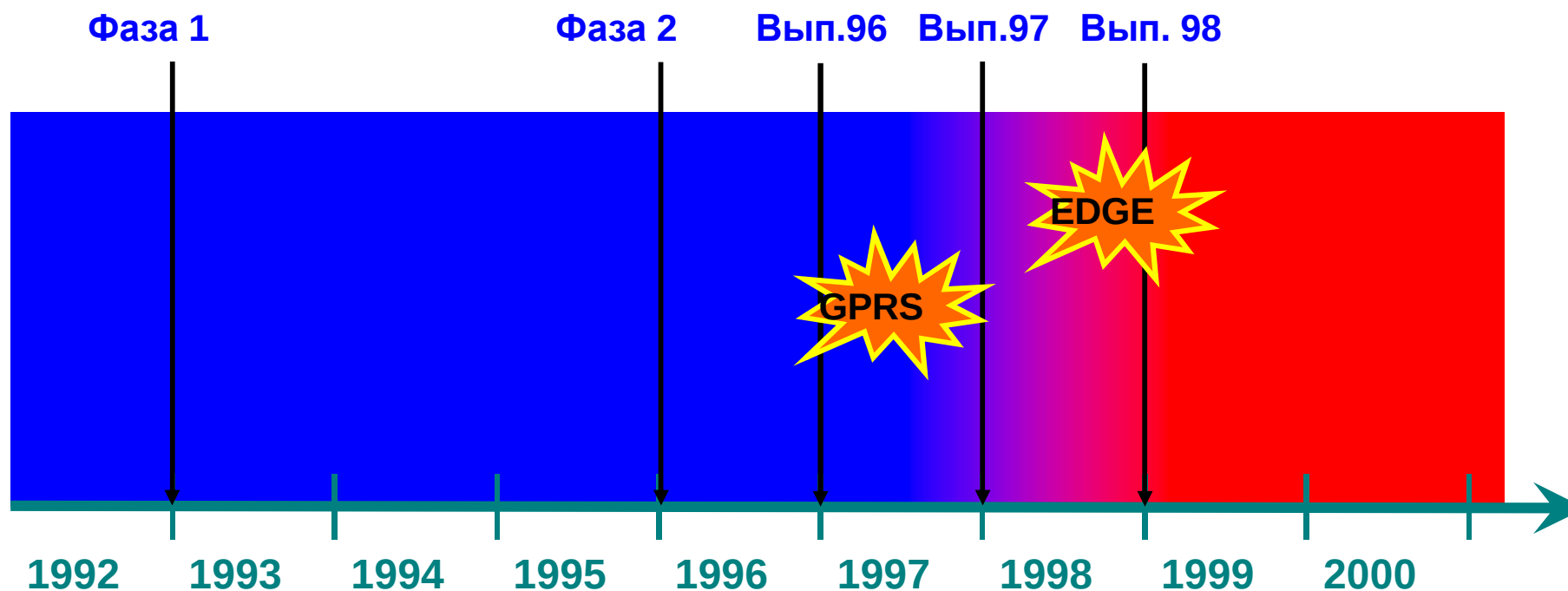
GSM450/GSM480

Исследования ETSI (1998) показали возможность использования GSM в диапазонах 450 и 480 МГц распределенных сетям NMT-450 и C-450 (1G). Необходимые изменения в стандарт GSM были внесены в соответствующий GSM Rel.99. GSM400 интересен для прибрежных, сельских и горных районов.

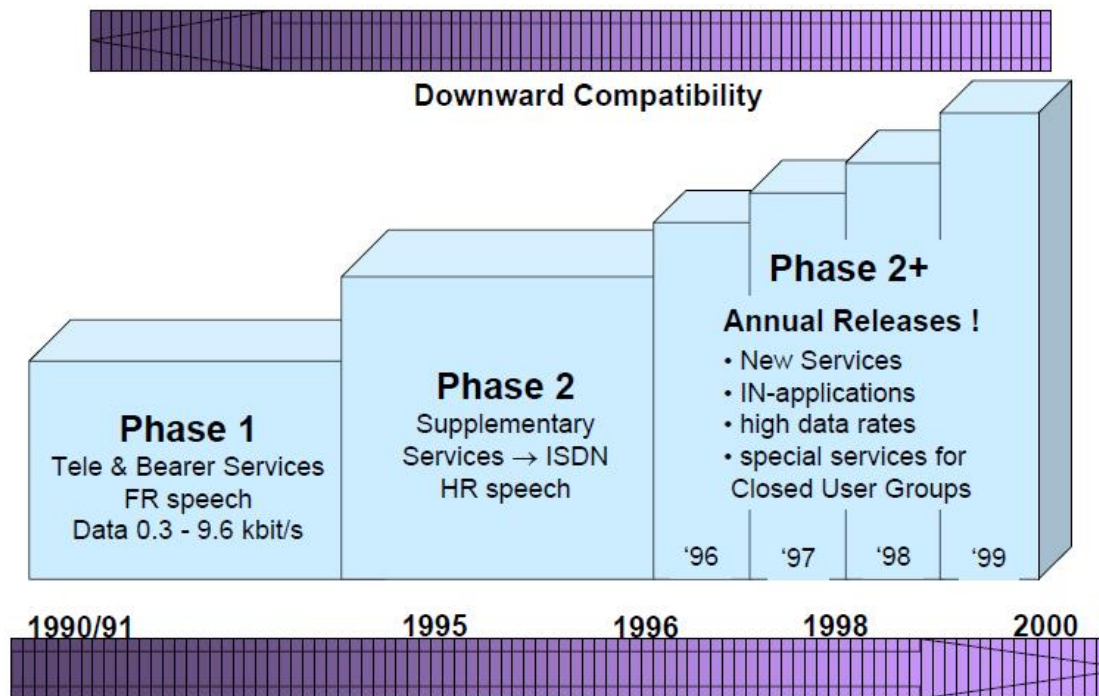
GSM850

Частоты, используемые D-AMPS были специфицированы для GSM-сетей, особенно в целях предоставления услуг передачи данных на основе EDGE.

Хронология появления Релизов и технологий GSM/GPRS/EDGE



Фазы развития стандарта GSM



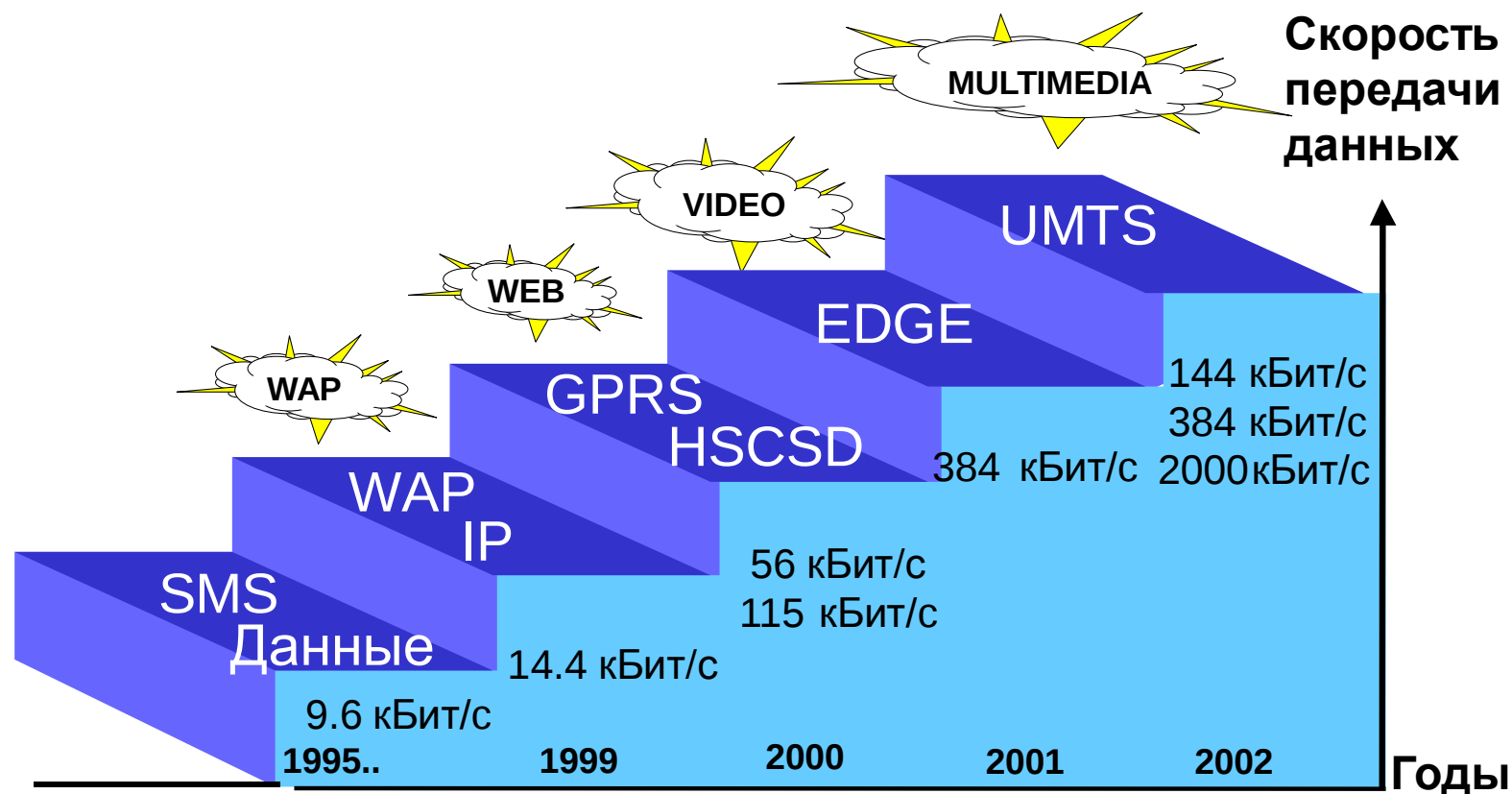
GSM Фаза 1

Стандарты GSM900 (1990) и DCS1800 (1991) определяют Phase 1. **Фаза 1** включала главные требования к цифровой сотовой сети. **Передача речи** (Full Rate Speech) являлась главной задачей и услугой. **Передача данных** осуществлялась со скоростями от 0.3 до 9.6 кБит/с. Использовалось несколько доп. услуг.

GSM Фаза 2. Завершена в 1995. Главное направление – доп.услуги и их совместимость с фиксированными сетями ISDN (Integrated Services Digital Network). Введение полускоростной передачи речи (Half Rate Speech), HSCSD – объединение 4-х временных слотов для увеличения скорости передачи данных до 57,6 кбит/с (14,4 кбит/с×4).

GSM Фаза 2+. Фаза началась с 1996г., включала создание доп.услуг, IN-приложения, услуги для групп пользователей. GPRS - передача данных по сети с коммутацией пакетов параллельно с передачей речи в режиме коммутации каналов и обеспечивает передачу данных со скоростью до 115 кбит/с. EDGE - передача данных со скоростью до 384 кбит/с.

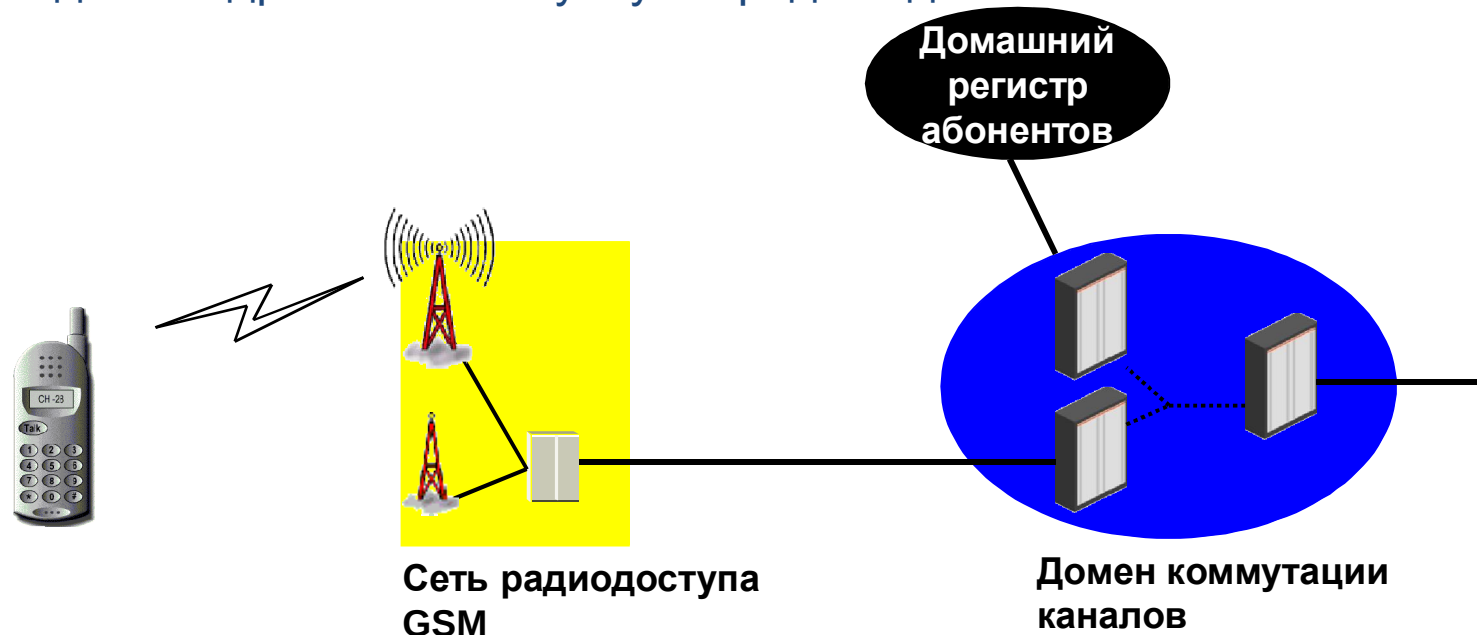
Возможности поддержки услуг мобильными сетями связи 2G



Базовая архитектура(GSM фазы 1 & 2)

Технология HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data) – высокая скорость передачи данных по коммутируемым каналам. Технология основана на объединении четырех временных слотов для увеличения скорости передачи данных до 57,6 кбит/с ($14,4 \text{ кбит/с} \times 4$). Модуляция GMSK. Ширина канала 200 кГц.

При использовании HSCSD увеличение скорости передачи данных одного абонента происходит за счет канальных ресурсов других абонентов. Эта технология была первым шагом в направлении увеличения скорости передачи для внедрения новых услуг передачи данных

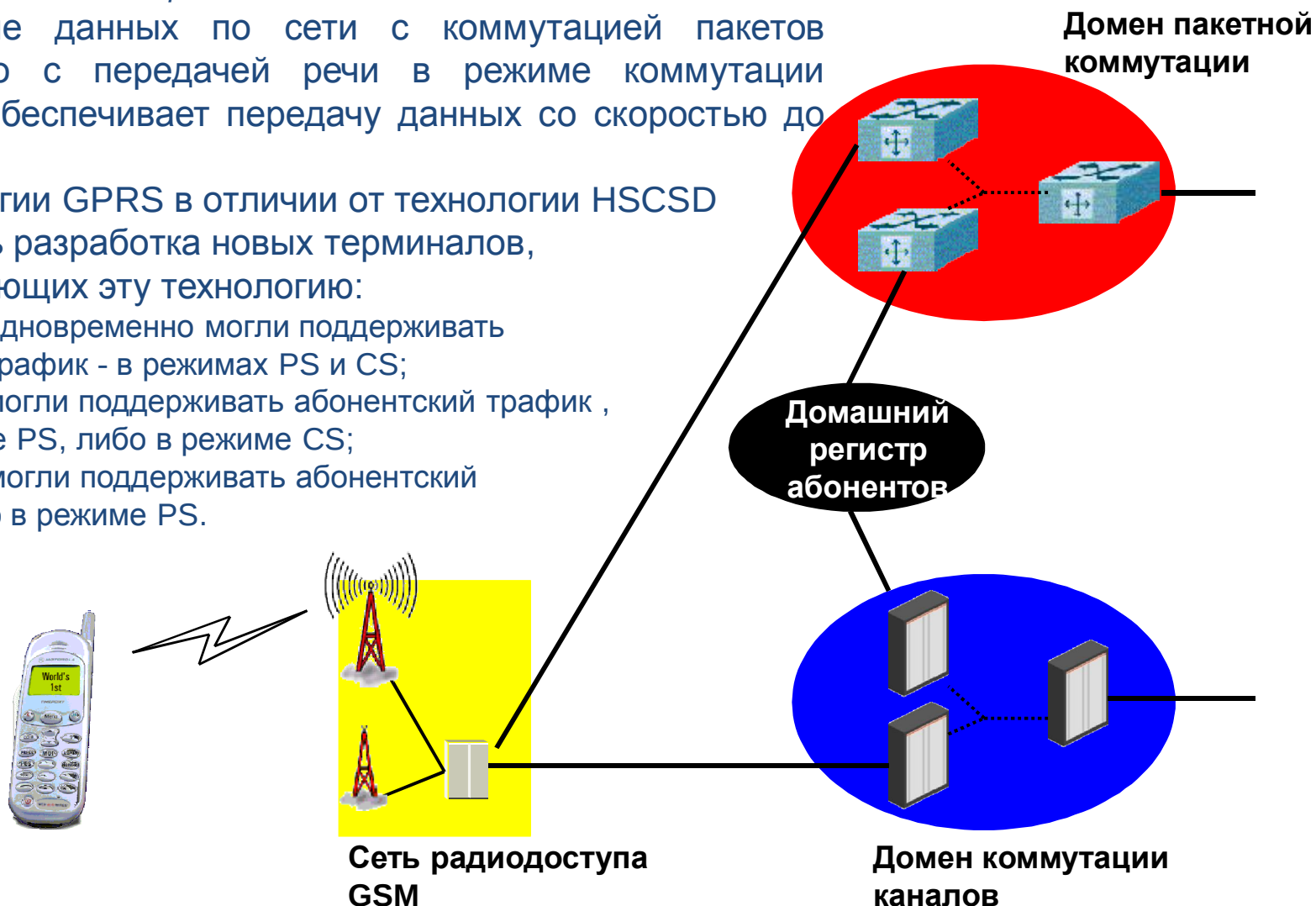


Базовая архитектура GSM (GPRS)

Технология GPRS (General Packet Radio Service) – пакетная передача данных общего назначения. Технология основана на передаче данных по сети с коммутацией пакетов параллельно с передачей речи в режиме коммутации каналов и обеспечивает передачу данных со скоростью до 115 кбит/с.

Для технологии GPRS в отличие от технологии HSCSD требовалась разработка новых терминалов, поддерживающих эту технологию:

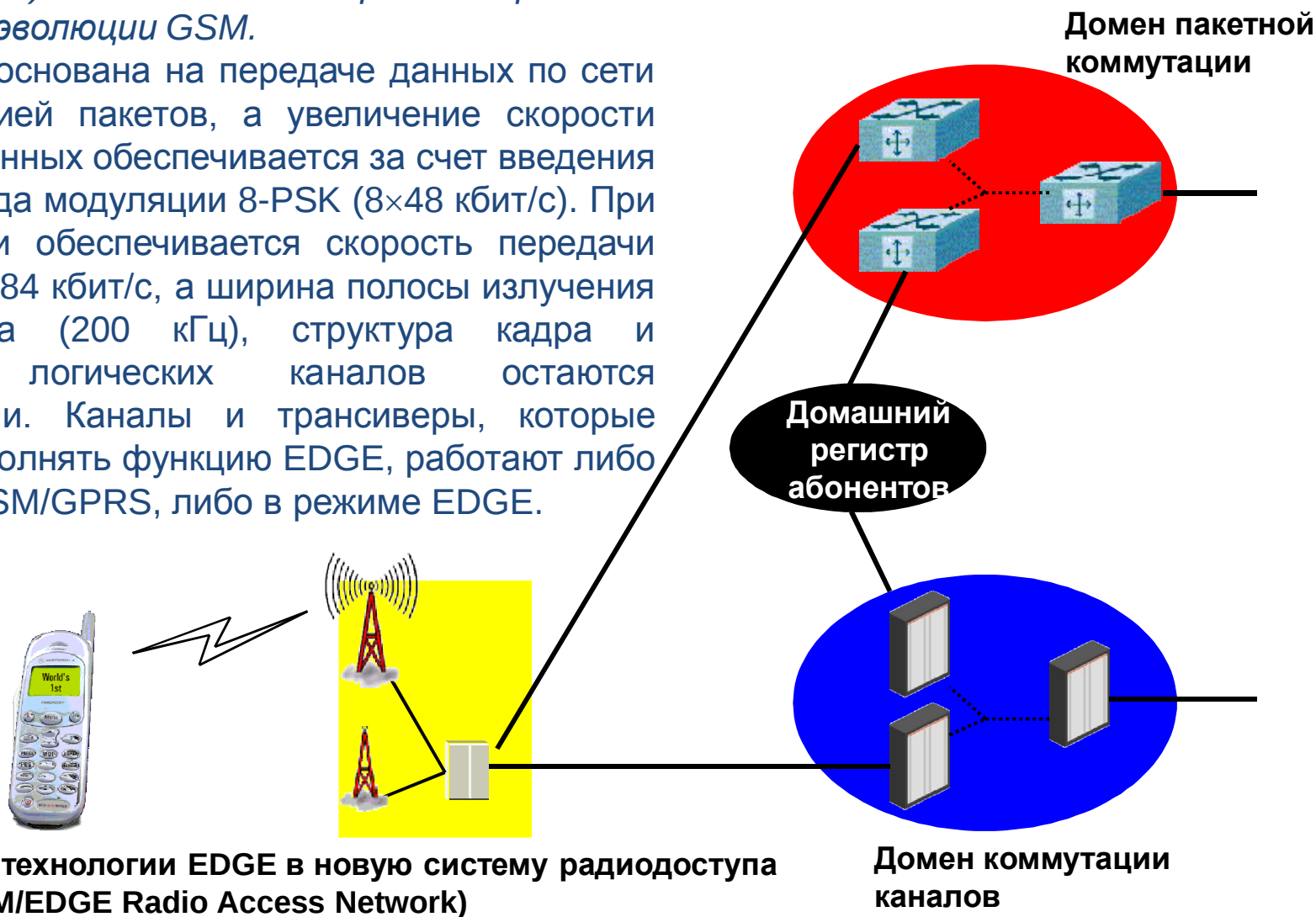
- АТ класса А одновременно могли поддерживать абонентский трафик - в режимах PS и CS;
- АТ класса В могли поддерживать абонентский трафик , либо в режиме PS, либо в режиме CS;
- АТ класса С могли поддерживать абонентский трафик только в режиме PS.



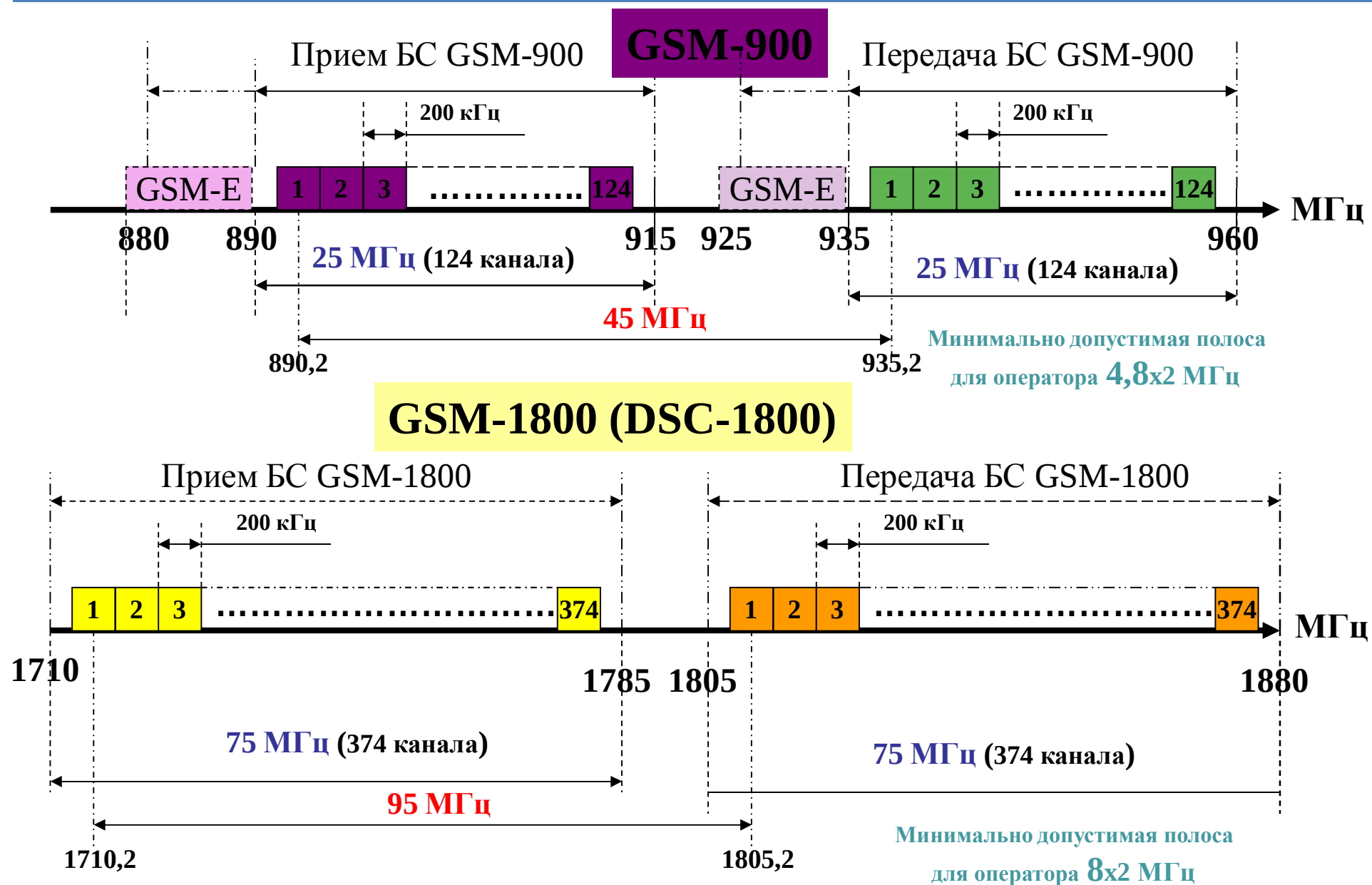
Базовая архитектура GSM (EDGE)

Технология EDGE (Enhanced Data Rates for the GSM Evolution) – повышенная скорость передачи данных для эволюции GSM.

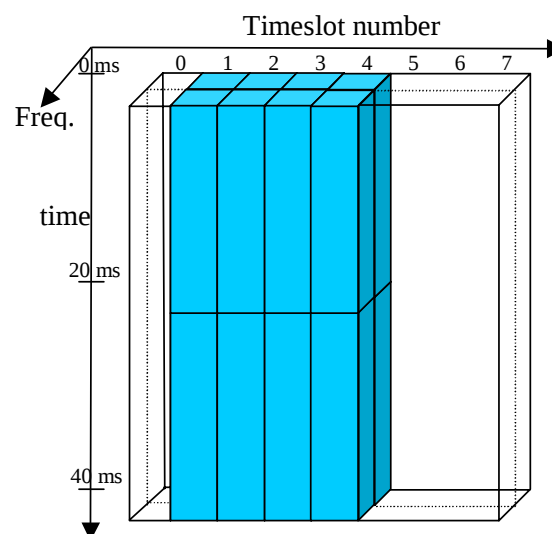
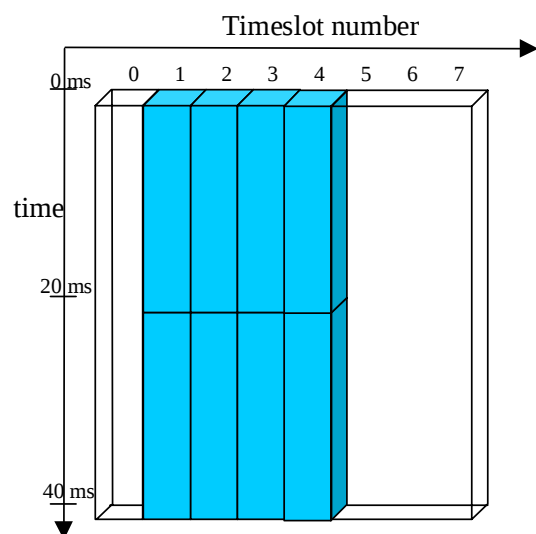
Технология основана на передаче данных по сети с коммутацией пакетов, а увеличение скорости передачи данных обеспечивается за счет введения нового метода модуляции 8-PSK (8×48 кбит/с). При этом в сети обеспечивается скорость передачи данных до 384 кбит/с, а ширина полосы излучения GSM-сигнала (200 кГц), структура кадра и структура логических каналов остаются неизменными. Каналы и трансиверы, которые должны выполнять функцию EDGE, работают либо в режиме GSM/GPRS, либо в режиме EDGE.



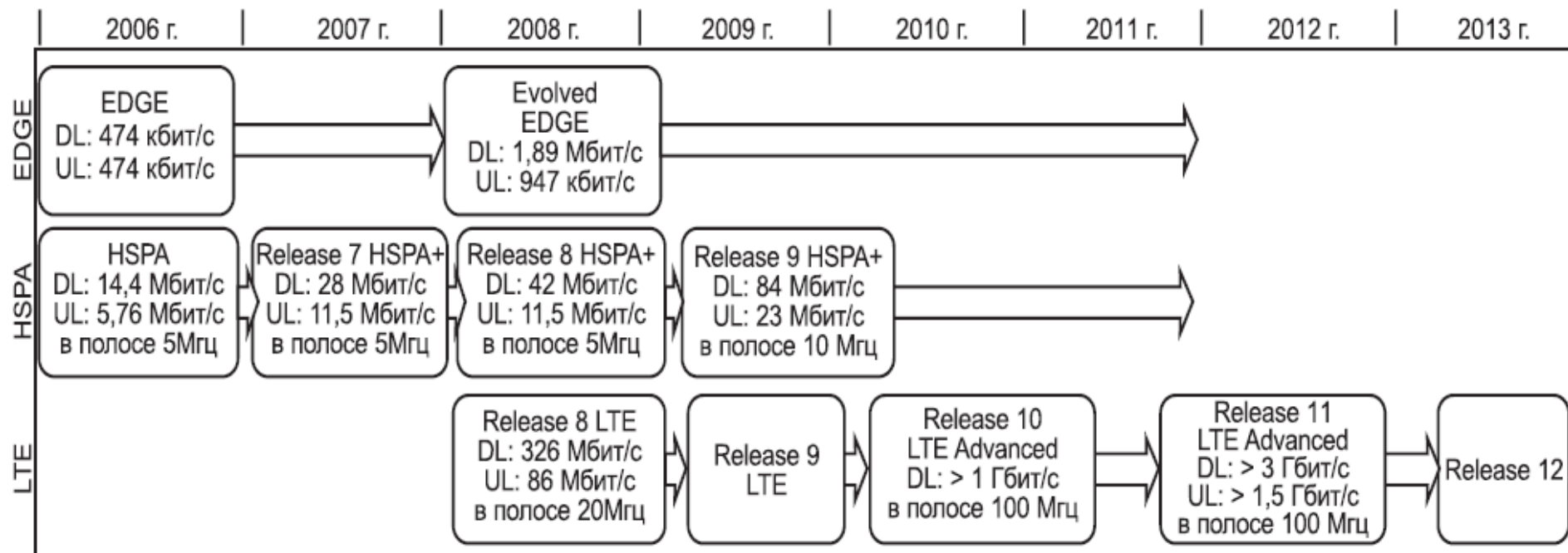
Частотные планы стандартов GSM-900/1800



Началом разработки Evolved EDGE считается выпуск в рамках деятельности Партнерского проекта 3GPP сборника технических требований Release 7 в котором был сформирован облик обновленного GSM(технология Evolved EDGE). Для технологии Evolved EDGE использованы сигналы с модуляцией 16 QAM (квадратурная амплитудная 16-ти уровневая) и 32 QAM.



Расширение возможностей технологии Evolved EDGE проведено на основе принципа мульти слотов, при котором используется распределение этих мульти слотов по параллельно передаваемым несущим частотам с разносом 600 кГц.

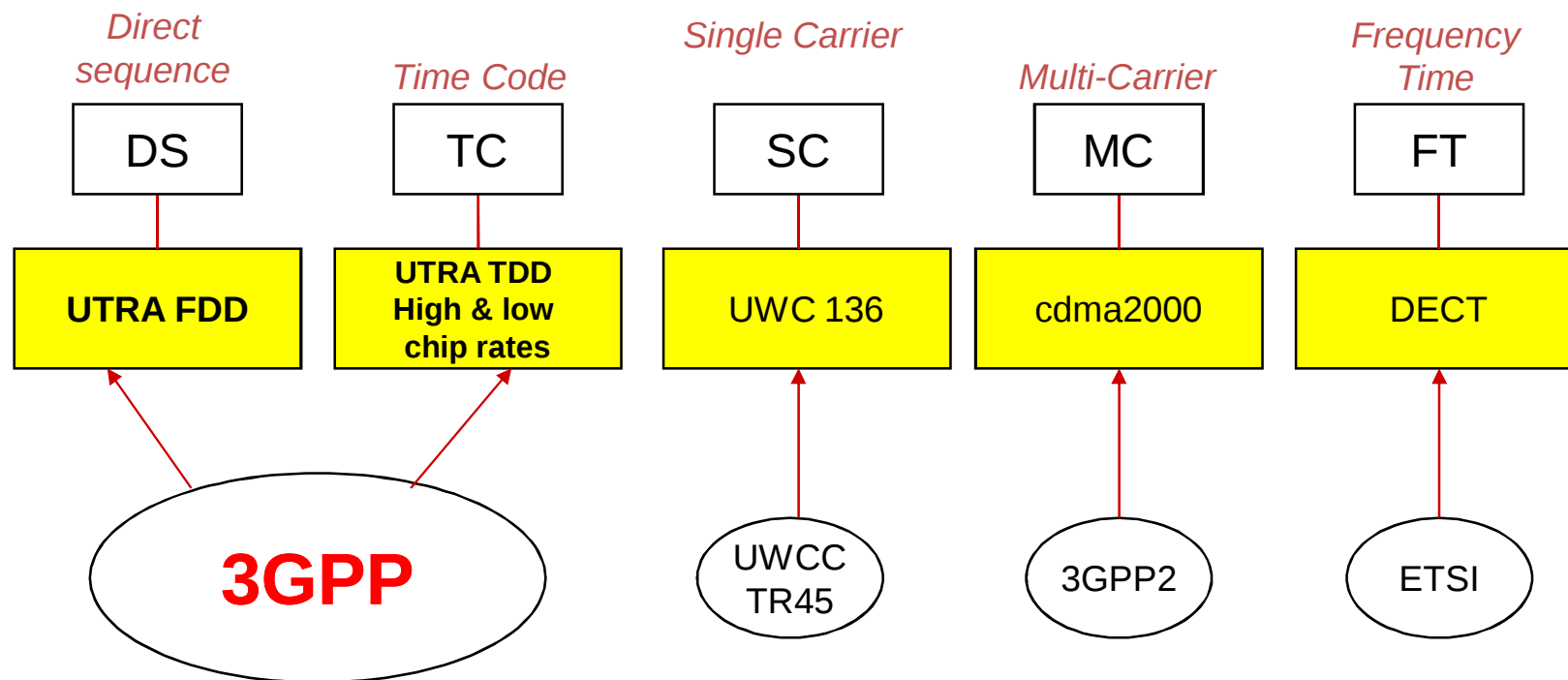


В развитии технологий наблюдается «Эффект лыжника». Кроме того, Каждая новая технология увеличивает на порядок скорость передачи информации в используемом частотном канале.

Всемирная административная радиоконференция (WARC-92) на своем заседании в 1992 году радиочастотный спектр для глобальной универсальной сети мобильной связи: 1885 - 2025 МГц/ 2100 - 2200 МГц

На Всемирной радиоконференции (WRC - 2000) в 2000 г. были также дополнительно распределены полосы частот: 1710 - 1885 МГц/2500 - 2690 МГц

Семейство IMT 2000 : ITU-R одобрило 5 видов радиointерфейсов



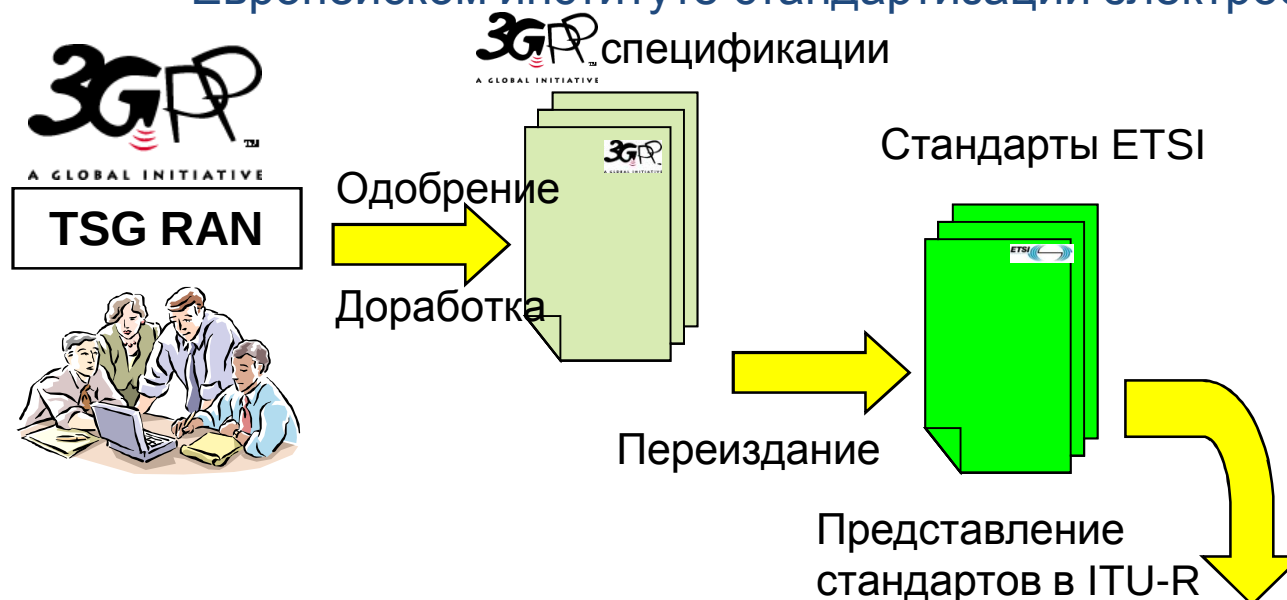
Появление UMTS и Партнерского проекта 3GPP



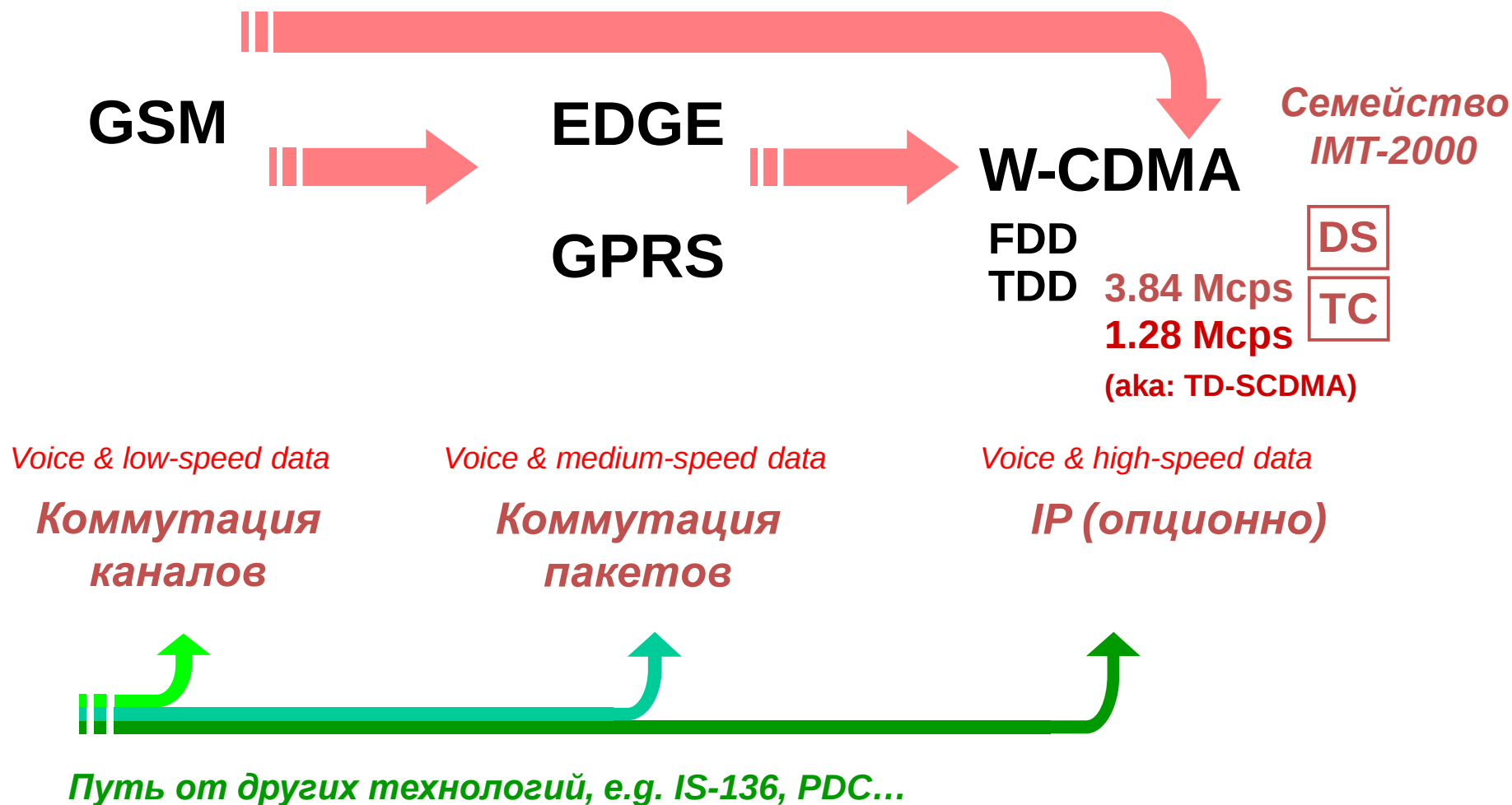
1992–1995 гг.: в ходе работ по проекту MoNet в рамках исследовательской программы RACE (Research in Advanced Communications in Europe) проводилось моделирование технологий и распределение функций между сетью радиодоступа и базовой сетью в сети 3G;

1995–1998 гг.: исследования продолжались в рамках программы ACTS (Advanced Communications Technology and Services) проекта Future Radio Wideband Multiple Access System (FRAMES);

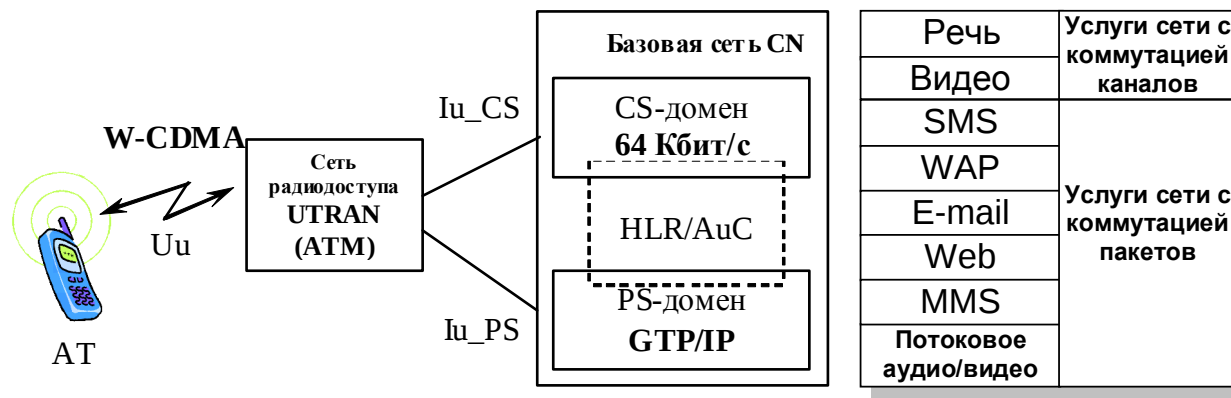
С 1998 г. по настоящее время: исследования сосредоточились в рамках партнерского проекта 3GPP (3G Partnership Project) при Европейском институте стандартизации электросвязи (ETSI).



Развитие технологий 3GPP от GSM/GPRS/EDGE к UMTS



Релиз 99 3GPP (UMTS)

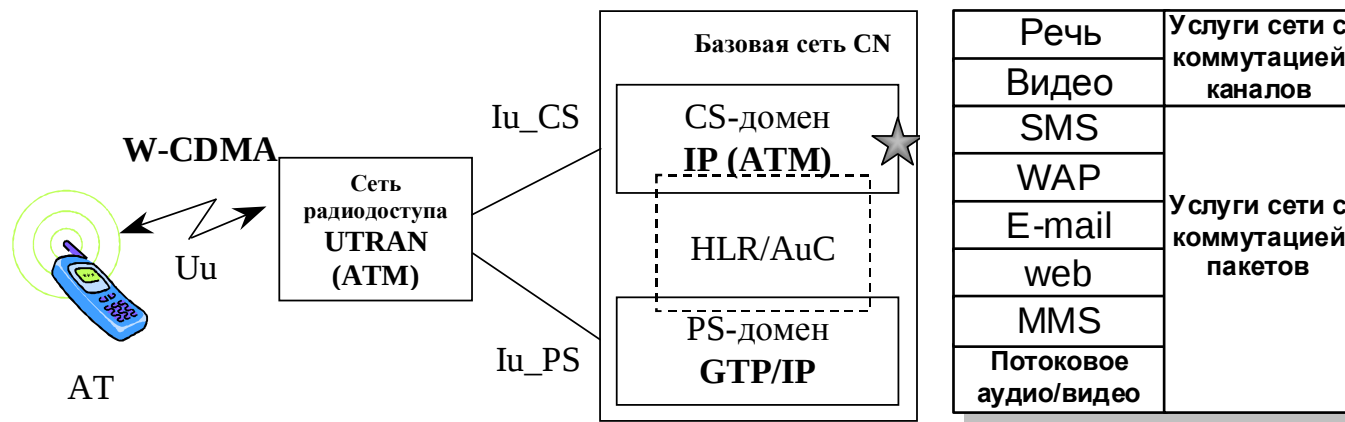


Система UMTS базировалась на сетевых доменах, обеспечивающих коммутацию каналов при работе с подсистемами сетей GSM последней версии, и на доменах, обеспечивающих пакетную коммутацию в базовой сети CN (Core Network) для подсистемы GPRS.

Базовая сеть CN системы UMTS традиционно включает в себя базу данных (регистр) местоположения абонентов HLR (Home Location Register), центр управления и коммутации MSC/VLR, совмещенный с базой данных роуминговых абонентов VLR (Visitor Location Register), шлюз GMSC (для управления соединениями с коммутацией каналов), узлы SGSN и GGSN (для управления соединениями с коммутацией пакетов), а также систему аутентификации и контроля доступа абонентов AuC (Authentication Center).

Скорость передачи домена базовой сети с коммутацией каналов (CS-домена) в UMTS составила 64 кбит/с, а домен с коммутацией пакетов (PS-домен) был построен на технологии IP-туннелирования с использованием протокола GTP (GPRS Tunnelling Protocol).

Релиз 4 3GPP (UMTS)



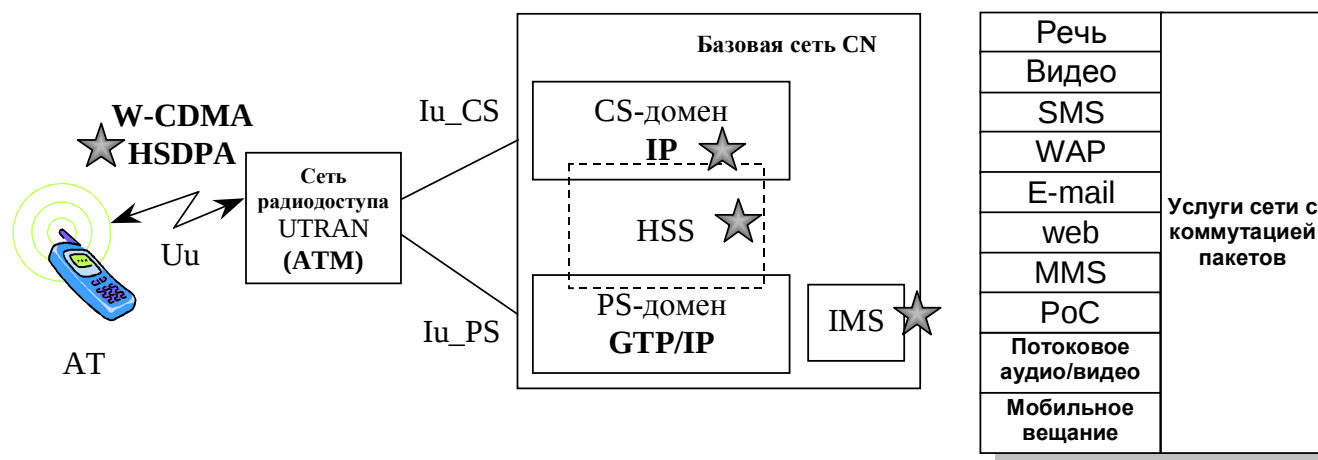
Release 4 был следующим сборником технических спецификаций стандарта UMTS. Его выпуск был вызван переводом CS-домена базовой сети на технологию IP и построением базовой сети IP/ATM.

Эти преобразования в принципах построения базовой сети CN потребовали эволюционного развития центра управления и коммутации MSC в двух направлениях.

Первое направление – разработка MSC-сервера, который управлял бы функциями соединения-вызова, сигнализации и мобильности центра управления и коммутации MSC.

Второе направление – разработка медиа-шлюза MGW (Media Gateway Function), управляющего потоками данных, создаваемых абонентами сети с использованием протокола GTP/IP (GPRS Tunneling Protocol).

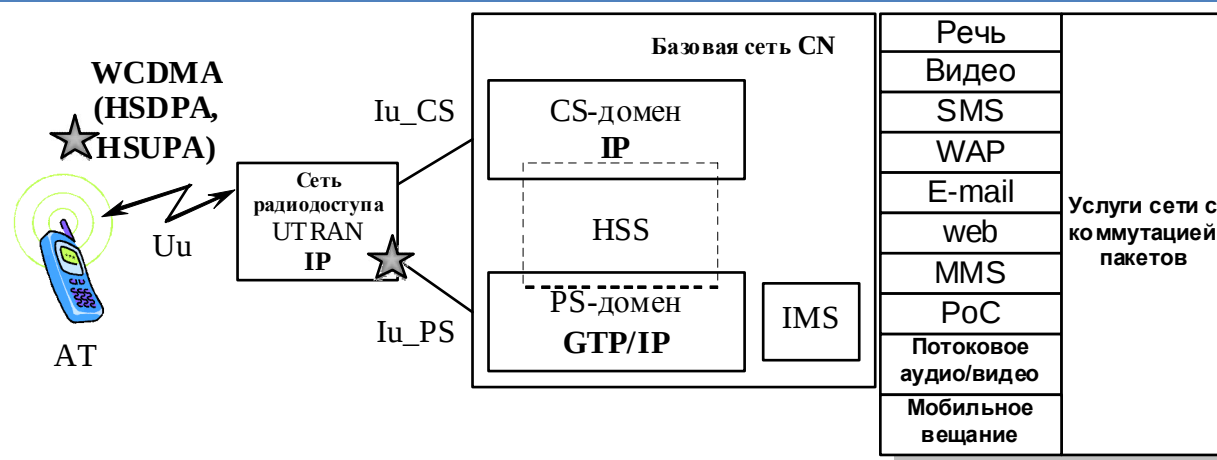
Релиз 5 3GPP (HSDPA)



Release 5 отразил заключительный этап создания базовой сети CN на IP-технологии в результате отказа от использовавшейся ранее технологии ATM для коммутации каналов CS-домена. В новой архитектуре системы UMTS предоставление мультимедийных IP-услуг в реальном масштабе времени обеспечивалось за счет включения еще одного PS-домена, называемого IMS (IP Multimedia Subsystem), в состав базовой сети CN.

Этот домен присоединялся к узлу GGSN и к медиа-шлюзу MGW и использовал протокол SIP (Session Initiation Protocol) как средство для установления сеансов передачи мультимедийных данных, поддерживающих мобильность абонентов и переадресацию вызовов. Другим изменением базовой сети CN, введенным техническими спецификациями Release 5, стала интеграция функций базы данных HLR и устройства аутентификации и контроля AuC в единый сервер домашних абонентов сети (Home Subscriber Server – HSS), который содержит информацию о каждом абоненте (прописанном в базе данных домашней сети) для управления вызовами и сеансами передачи данных.

Релиз 6 3GPP (HSUPA)

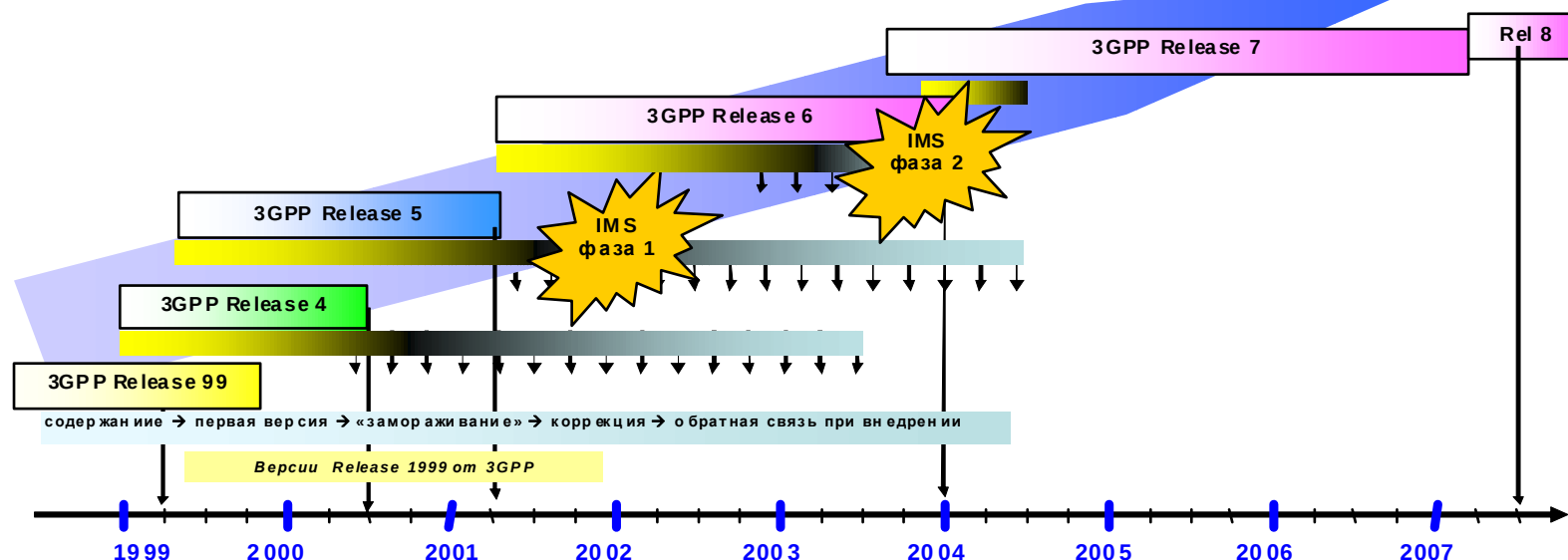


Release 6 представил технические спецификации, в которых были сформулированы требования к режиму высокоскоростной передачи данных в линии «вверх» HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) для первой и второй фаз развития подсистемы IMS базовой сети CN; кроме того, в ней получил дальнейшее развитие режим HSDPA.

Release 6 ввел ряд технологических новшеств:

- поддержку мультимедийного вещания MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service);
- адаптивные многоскоростные широкополосные кодеки AMR-WB+ (Adaptive Multi Rate-Wideband+codec), позволяющие передавать и принимать речь и музыку с уровнем качества CD;
- новые диапазоны частот 2100/1900/1800/900/800 МГц в абонентских терминалах и сети радиодоступа UTRAN;
- использование IP-технологии в цепочке «базовая сеть – сеть радиодоступа – абонентский терминал» (CN/RAN/Terminal).

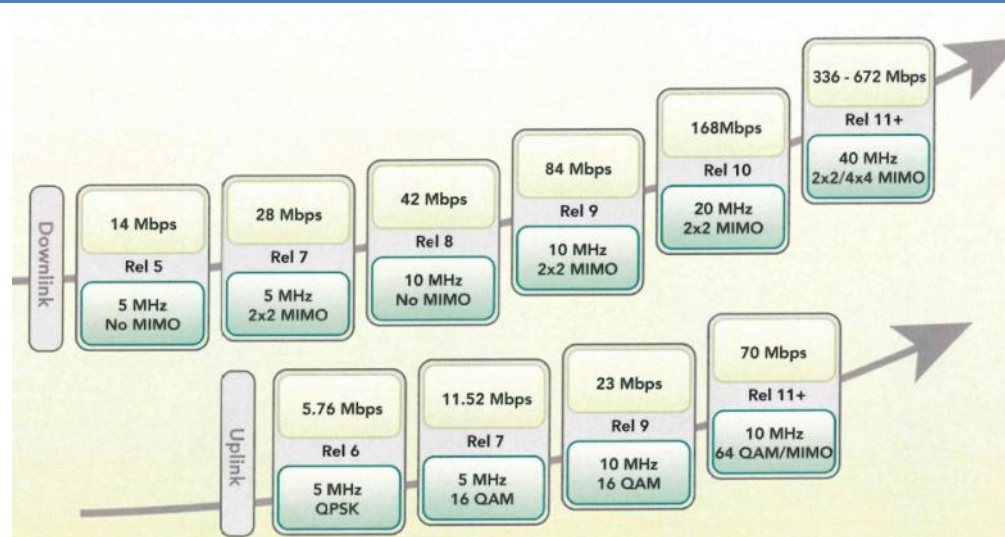
Релиз 7 3GPP (HSPA)



Release 7 представил вторую фазу развития технологии высокоскоростного радиодоступа для передачи данных в канале «вверх» HSUPA и усовершенствованную базовую сеть на платформе E-IMS (Enhanced IMS). Кроме того, в Release 7 были определены новые технические решения для UMTS:

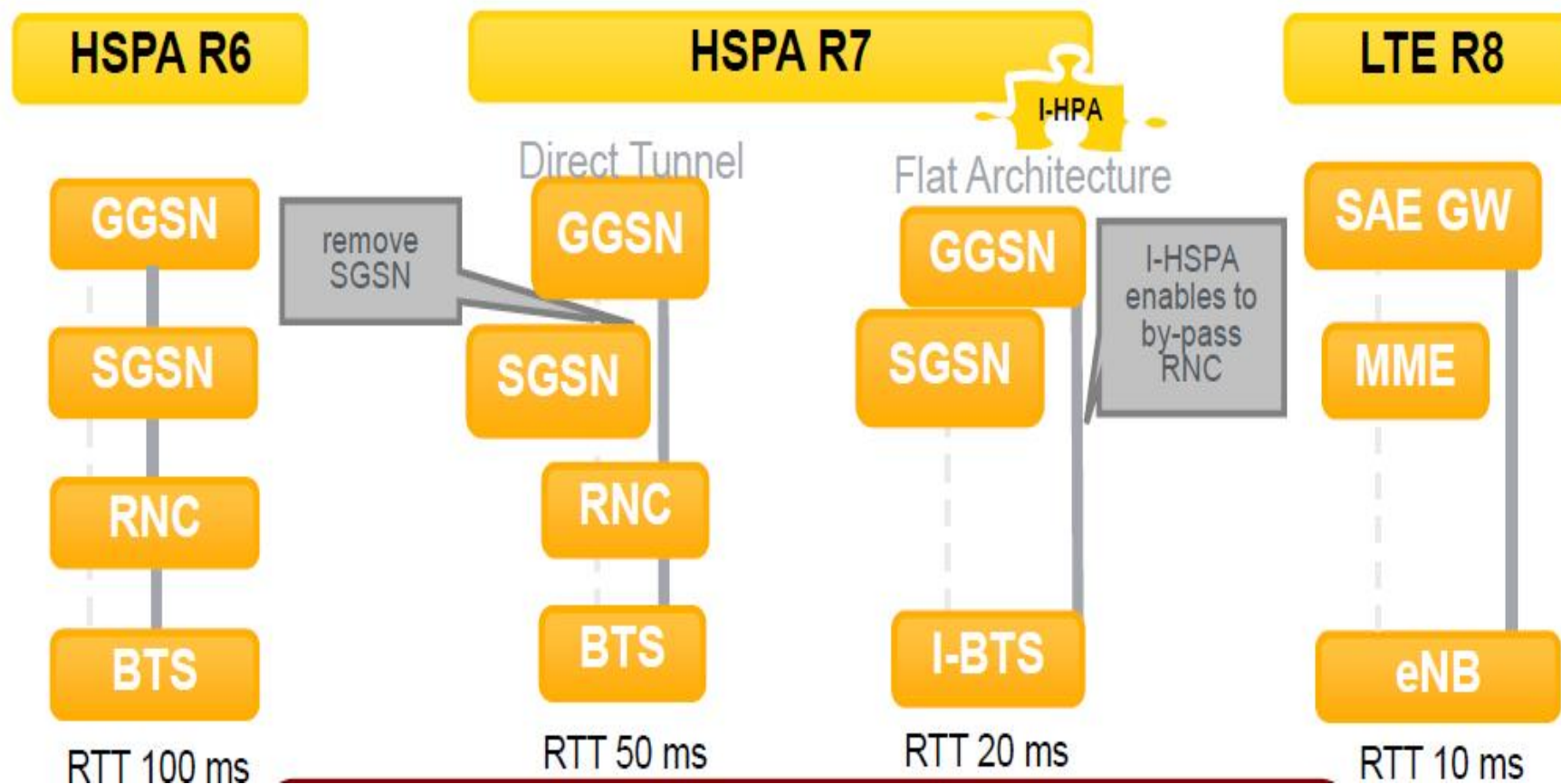
- высокоскоростной режим передачи данных на основе временного разделения каналов TDD (7,68 Мбит);
- общий доступ к интерфейсу A/Gb, позволяющий сетям мобильной связи интегрироваться при более сложных сценариях их использования, чем простое межсетевое подключение;
- повышенная функциональность модуля идентификации абонента USIM (UMTS Service Identity Module), позволяющая осуществлять загрузку специальных программ и данных на USIM;
- использование многолучевых адаптивных антенн, основанных на технологии MIMO (Multiple Input, Multiple Output, множественный вход, множественный выход) и повышающих пропускную способность радиоподсистемы (решение в начале работ по MIMO было перенесено из Release 6 в Release 7);
- различные сервисные приложения (мультимедийные услуги, услуги определения местоположения абонента, видео и речевые услуги).

Скорости передачи данных UMTS (HSUPA/HSDPA/HSPA/HSPA+/DC-HSUPA)



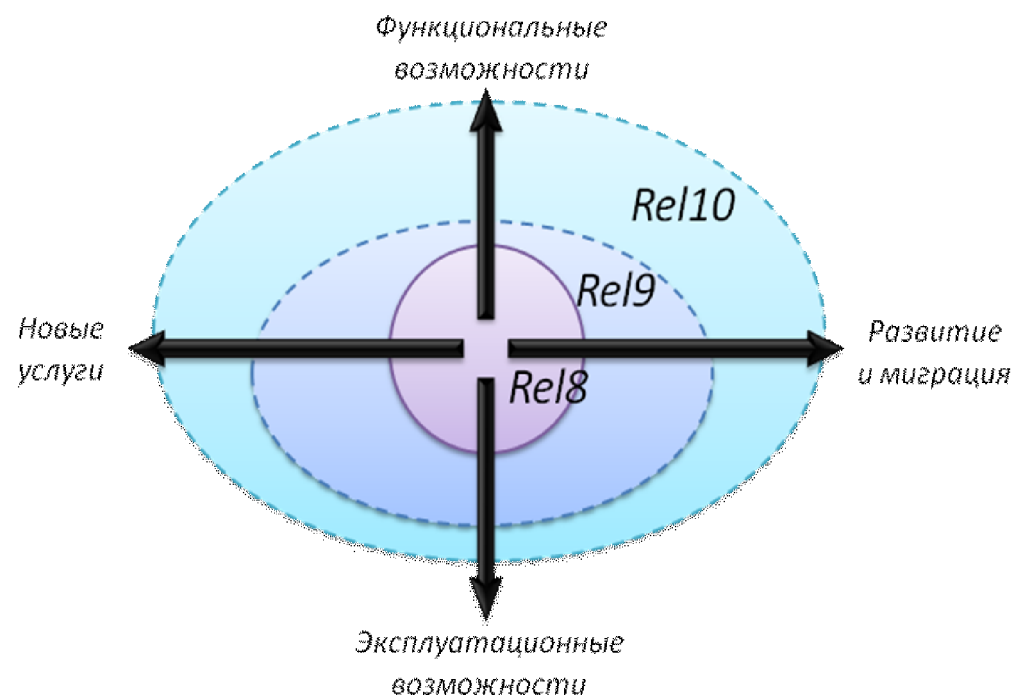
Rel.	Пиковая скорость, Мбит/с		Основные особенности/дополнения	
	DL	UL	RAN	CN
Rel' 99	2,048	2,048	Полоса сигнала 5 МГц, технология многостанционного доступа DS-CDMA (B>1, скорость манипуляции 3,84 МБод), метод дуплекса FDD, модуляция QPSK	PS-домен, CS-домен
Rel' 4	2,048 (1,28)	2,048 (1,28)	Определена новая ширина спектра сигнала 1,6 МГц, технология многостанционного доступа TD-SCDMA (B>1, скорость манипуляции 1,28 Бод), метод дуплекса TDD	В CS-домене определены MSC-Server (MSS), MGW
Rel' 5	14,4	2,048	Определена технология HSDPA с модуляцией QPSK, 16QAM	В PS-домене определены интерфейсы к подсистеме IMS, введена база данных HSS
Rel' 6	14,4	5,8	Определена технология HSUPA с модуляцией QPSK, 16QAM; Оптимизированы протоколы MAC-уровня Evolved HSDPA, введен кодек AMR-WB+	Концепция All-over-IP
Rel' 7	28	11,5	Определена технология MIMO с базовой конфигурацией 2x2 и использованием пространственно-временного кодирования STC; введена модуляция 64QAM в технологии Evolved HSPA	FMC, Enhanced IMS (Fixed Broadband Access)

Эволюция системной архитектуры технологии 3G к 4G



Направления совершенствования технологии LTE в релизах 3GPP

Номер релиза	Дата завершения разработки релиза	Исследуемые вопросы
Релиз 8	март 2009 г.	Спецификации системы LTE. Создание базовой сети SAE, полностью основанной на протоколе IP
Релиз 9	декабрь 2009 г.	Создание усовершенствованной версии базовой сети SAES (SAE Enhancements). Реализация сетевого взаимодействия с сетями WiMAX и LTE/UMTS
Релиз 10	март 2011 г.	Спецификация системы LTE Advanced и расширение функциональных возможностей LTE
Релиз 11	сентябрь 2012 г.	Расширение функциональных возможностей LTE Advanced
Релиз 12	середина 2014 г	Дальнейшее повышение пропускной способности и спектральной эффективности LTE Advanced



Релиз 8 дал старт работам над техническим обликом сетей мобильной связи LTE. Разработчики отказались от технологии радиointерфейса W-CDMA и перешли к более прогрессивной технологии OFDMA. Основными требованиями к новой системе, отразившимися в Release 8 (рис. 1.9), были: значительное повышение спектральной эффективности (доведения ее до 5 бит/с/Гц); увеличение пропускной способности в линии «вниз» до 100 Мбит/с при ширине полосы одного частотного канала 20 МГц (с возможностью его масштабирования: 1,4; 3; 5; 10; 15 МГц) и до 50 Мбит/с в линии «вверх», а также сокращение времени задержки передачи пакетов данных до 10 мс по сравнению с 80 мс при технологии HSDPA (Release 5) и упрощение архитектуры сети.

Основные усилия разработчиков Release 8 были направлены на:

- .физический уровень радиointерфейса (способы обеспечения гибкого использования каналов с изменяемой шириной полосы излучения/приема до 20 МГц, внедрение новых технологий модуляции сигналов OFDMA и многолучевых антенных технологий MIMO);
- .канальный и сетевой уровни радиointерфейса (оптимизация сигнализации);
- .архитектуру сети радиодоступа UTRAN (определение оптимальной сетевой архитектуры и функциональных отличий от узлов сети радиодоступа RAN).

Работы над Release 8 были прекращены в середине 2009 г..

Release 9 (совершенствование LTE)



Совершенствование функциональных возможностей LTE в **Release 9** заключалось:

- ❑ в реализации двухдиапазонной или многодиапазонной передачи данных в одном физическом канале MB;

- ❑ дальнейшем расширении возможностей сети радиодоступа E-UTRAN; внедрении новых сценариев высокоскоростной передачи данных.

В сети LTE Release 9 предусмотрели предоставление новых услуг **системой предупреждения о массовой опасности (Public Warning System — PWS)** в случае землетрясения, цунами, торнадо и др., введение системы контроля специальных услуг, дальнейшее развитие мультимедийных речевых услуг VoIP (IMS), широковещательных услуг MBMS, услуг определения местоположения абонентов (Location Base Services — LBS), услуг сетей «машина–машина» (M2M) на основе низкочастотных сетей LTE.

Новые сценарии развития сетей LTE основаны на внедрении диапазонов LTE/UMTS 3500 МГц, LTE/UMTS 800 МГц, LTE/UMTS 1500 МГц, введении ретрансляторов для режима 1,28 Мбит/с TDD, обеспечении совместной работы базовой сети SAE и подсистемы IMS этап 3, совершенствовании механизмов взаимодействия с внешними сетями радиодоступа Wi-Fi, WiMAX, CDMA2000 и др.

Релиз 10 (появление LTE Advanced)



В Релизе представлены основные требования к LTE Advanced, установленные Рекомендациями МСЭ-Р ITU-R M.[IMT.RSPEC] к сетям 4G:

- ❑ максимальная скорость передачи данных в линии «вниз» — до 1 бит/с, в линии «вверх» — до 500 LTMбит/с ;
- ❑ ширина канала в линии «вниз» до 100 МГц, в линии «вверх» — 60 МГц;
- ❑ максимальная эффективность использования спектра в линии «вниз» — 30 бит/с/Гц, в линии «вверх» — 15 бит/с/Гц (втрое выше, чем в LTE).

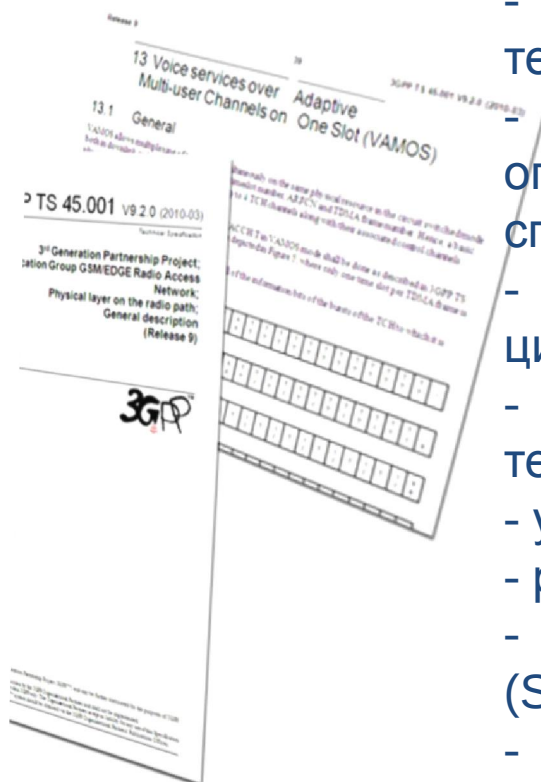
Для LTE Advanced используют: 1. совокупность компонентных несущих (CC) для создания радиоканалов с полосой, более чем 20 МГц (до 100 МГц); 2. асимметричное разделение полос пропускания между линией «вверх» и линией «вниз» в случае использования режима FDD; 3. гибридную технологию OFDMA и SC-FDMA для передачи данных в линии «вверх»; 4. гетерогенные сети HetNet и расширение возможностей координации внутрисотовых помех (eICIC).

Релиз 11 (совершенствование LTE Advanced)



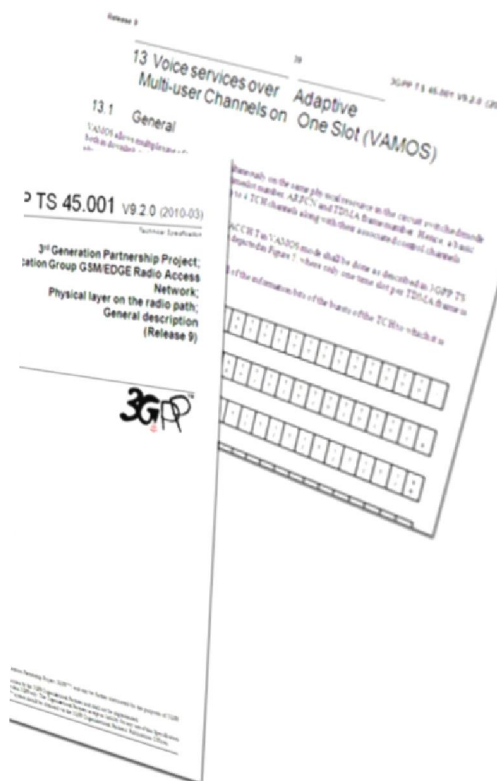
Релиз 11 направлен на улучшение технологии LTE Advanced по пути:

- дальнейшего увеличения каналов (числа антенн) для технологии MIMO в линии «вниз»;
- сочетания большинства частотных диапазонов, определенных для развития LTE Advanced при агрегации спектра;
- внедрение LTE Advanced в диапазоне 700 МГц (второй цифровой дивиденд);
- разработки низкостоимостных решений для абонентских терминалов M2M;
- улучшение покрытия сетей LTE Advanced;
- расширение возможностей услуг позиционирования;
- совершенствование системы самооптимизации сети (SON);
- совместное использование одних и тех же частотных каналов и диапазонов частот в обычных и гетерогенных сетях LTE Advanced;
- улучшение мобильной ретрансляции внутри сети за счет устройств, вмонтированных в транспортные средства.

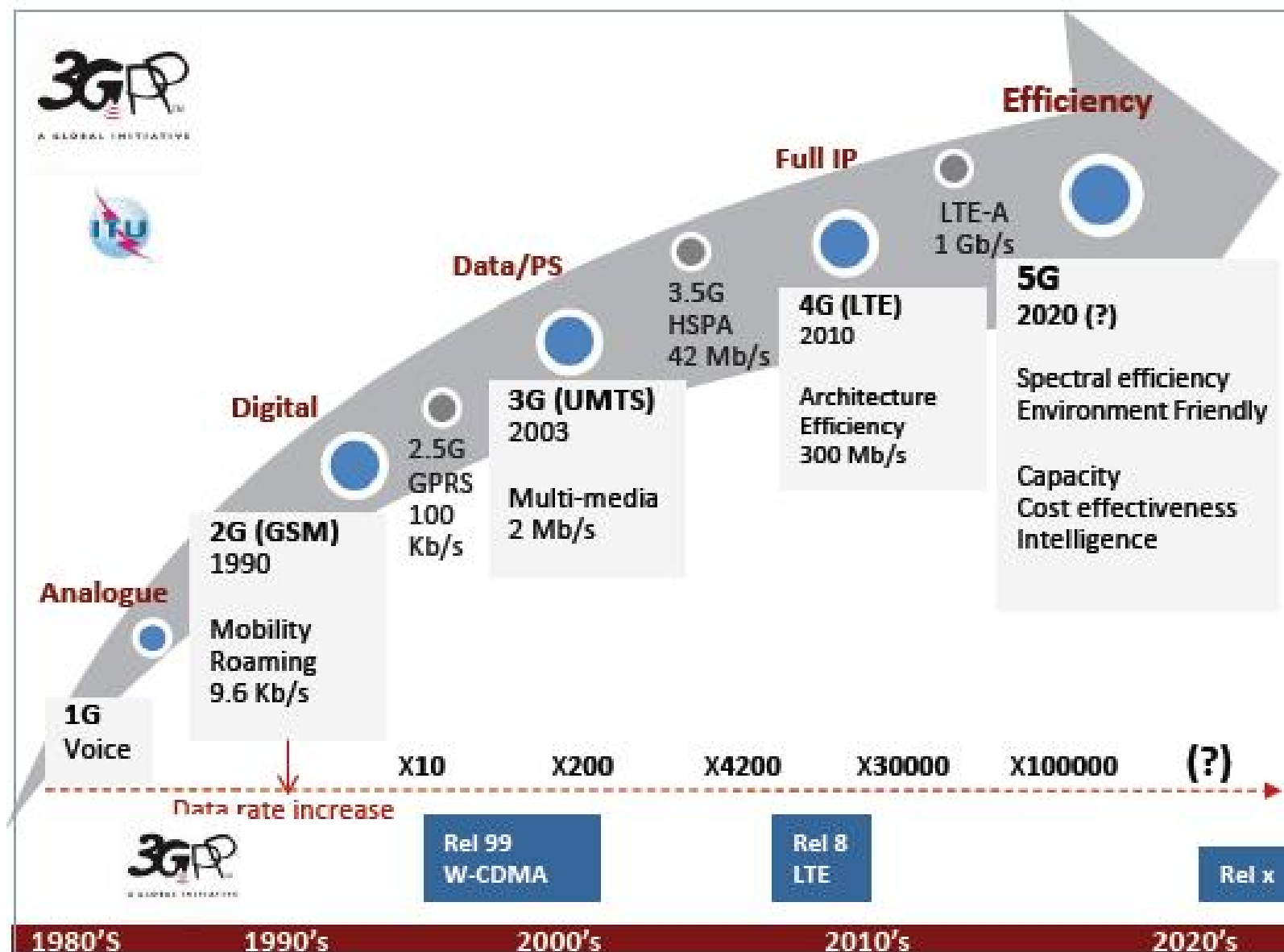


В Release 12 запланированы для реализации основные стратегические направления развития LTE Advanced, которые, направлены на:

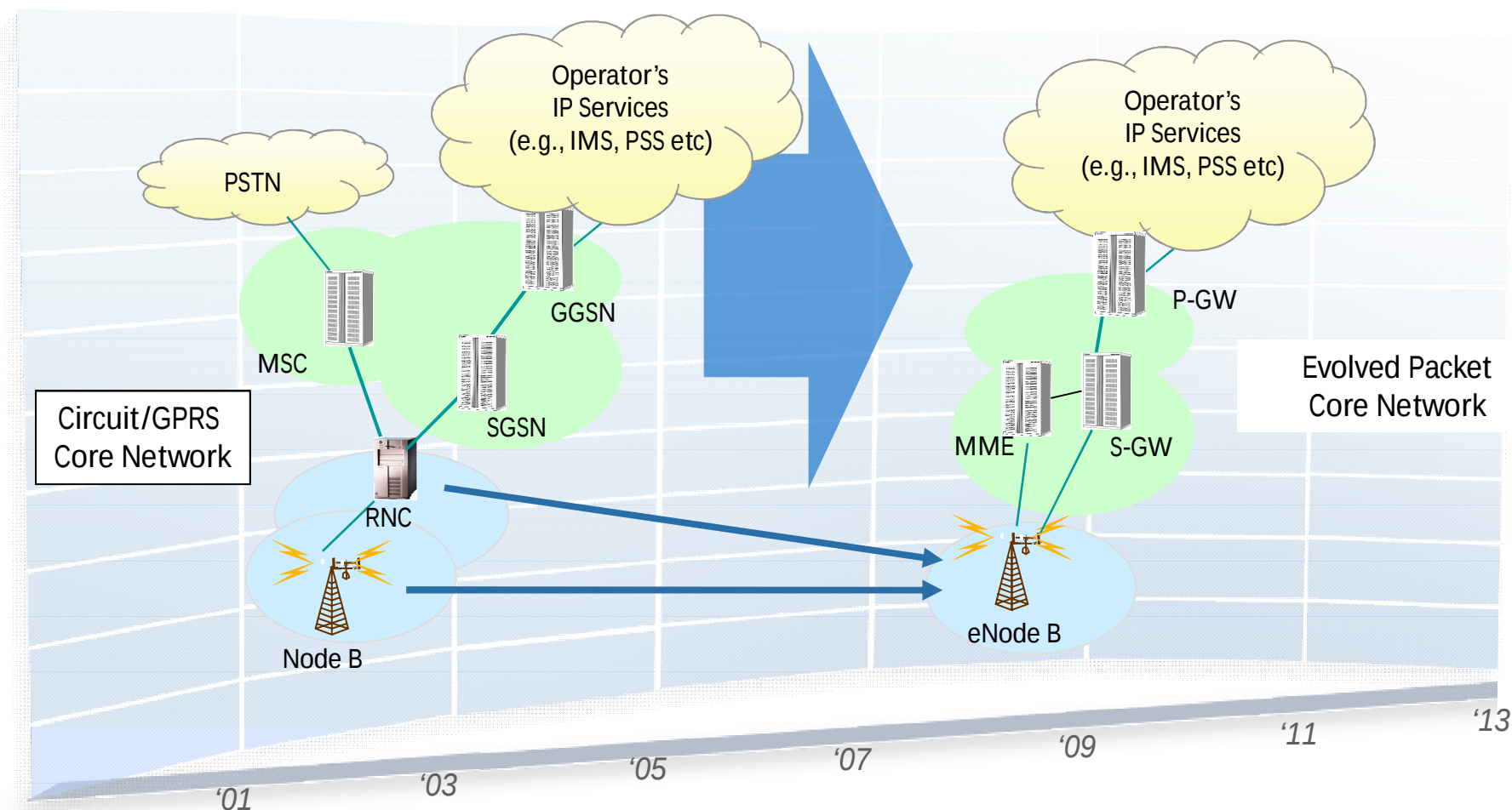
- ☐ резкое увеличение пропускной способности сети и спектральной эффективности (достижение границы Шеннона);
- ☐ гибкость и эффективное управление разнообразными смартфонами;
- ☐ отвод трафика (снижение нагрузки) с базовых станций сети радиодоступа с использованием нелицензируемых радиотехнологий (WiFi и др.);
- ☐ идентификация возможности использования диапазона LTE-450 (TS 36.101, TS 36.104, TR 36.840);
- ☐ Взаимодействие сетей 3GPP-WLAN на уровне сети радиодоступа;
- ☐ Использование малых сот для обеспечения работы гипер-уплотненных сетей.
- ☐ Внедрение 3D MIMO антенн;
- ☐ повышение энергоэффективности и энергосбережение сети.



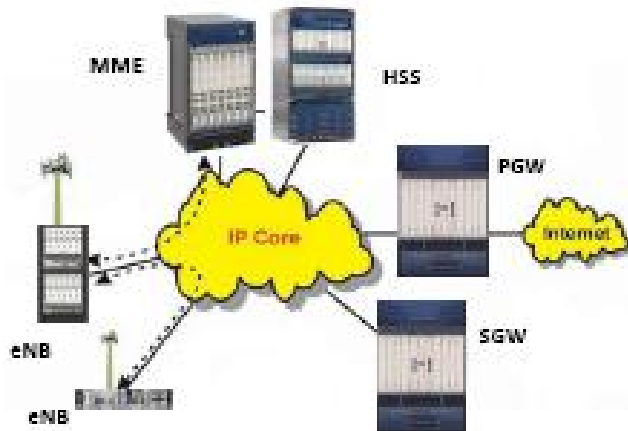
Эволюция современных сетей мобильной связи



Эволюция базовой сети мобильных сетей связи 3GPP



Особенности построения сетей LTE



Сеть LTE построена на основе двух важнейших компонентов:

- сети радиодоступа E-UTRAN;
- базовой сети SAE (System Architecture Evolution), также называемой сетью EPC (Evolved Packet Core).

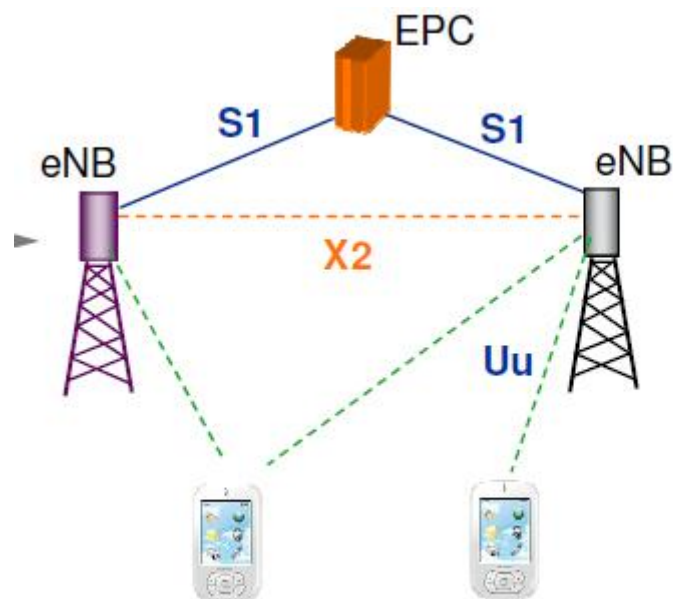
Сеть радиодоступа E-UTRAN состоит только из базовых станций eNB (evolved Node B) и осуществляет управление мобильностью при присоединении. Каждая eNB имеет интерфейс S1 с базовой сетью SAE.

Базовая сеть SAE содержит узлы MME/UPE, состоящих из логических элементов MME и UPE.

Логический элемент MME (Mobility Management Entity) отвечает за управления мобильностью абонентского терминала и взаимодействует с eNB при помощи протоколов плоскости управления C-plane (интерфейс S1-C).

Логический элемент UPE (User Plane Entity) отвечает за передачу данных пользователей по протоколам U-plane и взаимодействует с eNB посредством интерфейса S1-U.

Реализация концепции обеспечения бесшовной мобильности в сетях LTE



Технологически сети LTE реализуют концепцию «бесшовной» мобильности.

Мобильность как функция сети LTE предполагает:

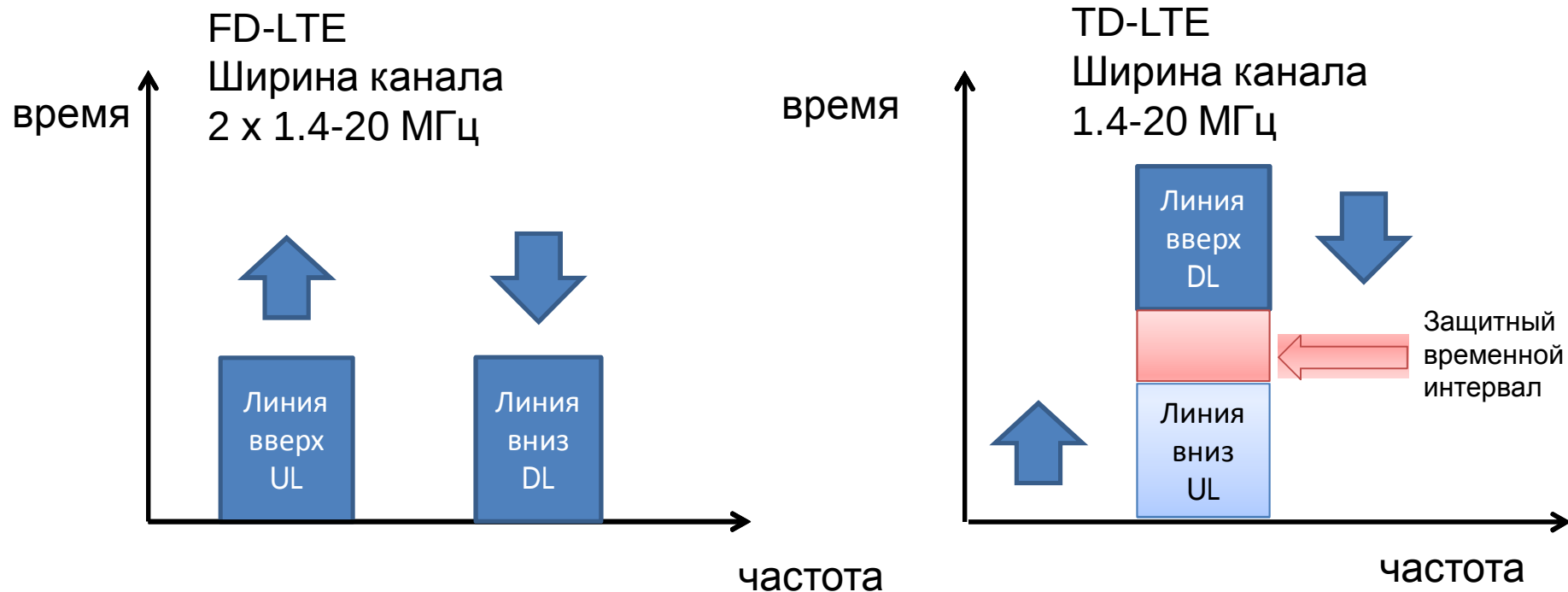
- Обеспечение дискретной мобильности (роуминг);
- Обеспечение непрерывной мобильности (хэндовер).

Так как сети LTE поддерживает процедуры хэндовера и роуминга со всеми существующими на рынке мобильными сетями 3GPP (GSM/UMTS/LTE) и non-3GPP (WiMAX, CDMA и т.д.), то абоненты, использующие абонентские терминалы LTE, могут иметь повсеместное покрытие для услуг мобильного широкополосного доступа.

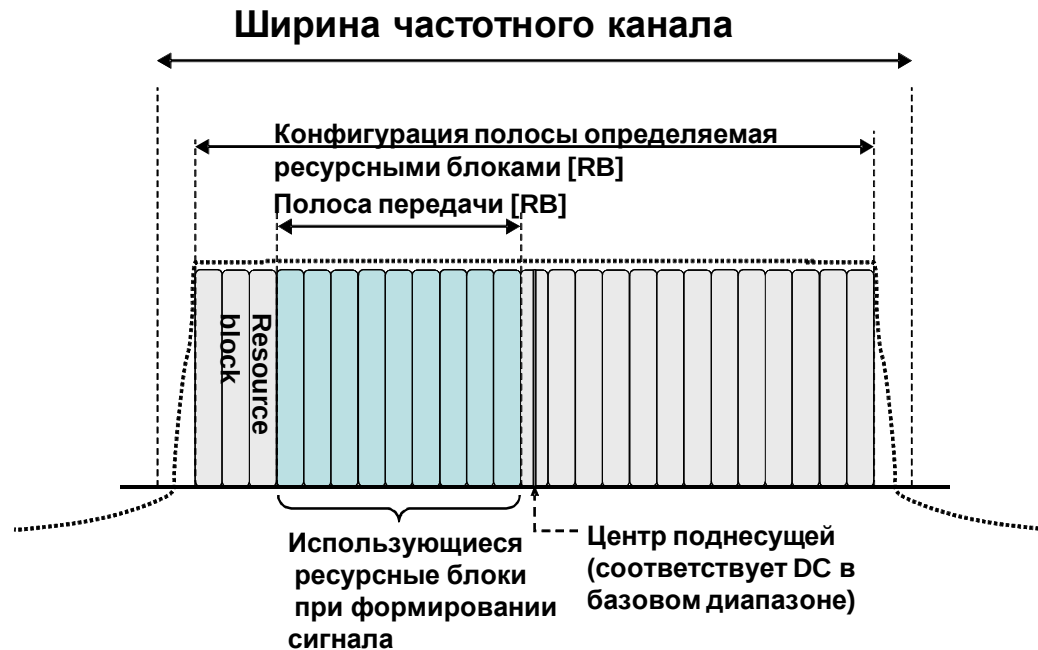
Процедуры поддержки мобильности терминалов (хэндовер) в сетях LTE, между сетями E-UTRAN и сетями радиодоступа 3GPP более ранних стандартов 3GPP (процедура inter-RAT Handover), а также между сетями LTE/3GPP и сетями радиодоступа не-3GPP реализованы с минимальной потерей пакетов данных в режиме реального времени (например, для приложений VoIP) и в режиме инвариантном ко времени (например, для просмотра web-ресурса).

Использование технологий FDD и TDD при построении сетей LTE

TD-LTE позволяет более эффективное использование спектра



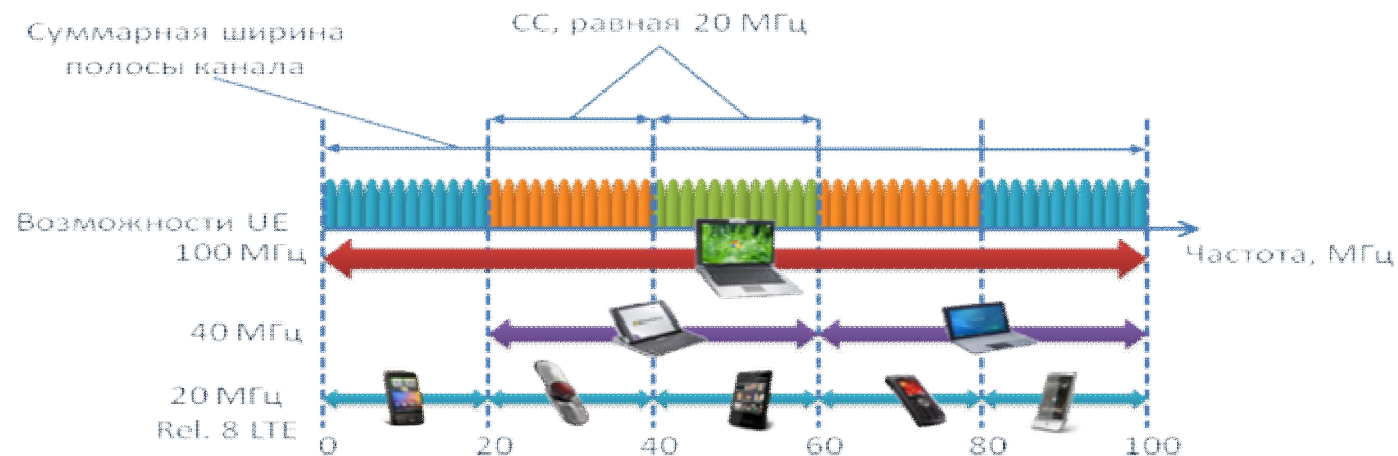
Формирование частотных каналов в сети LTE



Ширина канала BW_{Channel} [МГц]	1.4	3	5	10	15	20
Конфигурация передающих каналов – число ресурсных блоков N_{RB} системы LTE	6	15	25	50	75	100

Агрегация частотных каналов в сети LTE Advanced

№	Ширина полосы передатчика	Число и особенности использования компонентных несущих (CC)	Диапазон	Вид дуплекса
1	UL: 40 МГц DL: 80 МГц	UL: Прилегающие 2x20 МГц CC DL: Прилегающие 4x20 МГц CC	Диапазон 3,5 ГГц	FDD
2	100 МГц	Прилегающие 5x20 МГц CC	Диапазон 40(2,3 ГГц)	TDD
3	100 МГц	Прилегающие 5x20 МГц CC	Диапазон 3,5 ГГц	TDD
4	UL: 40 МГц DL: 80 МГц	UL: Не прилегающие 20 + 20 МГц DL: Не прилегающие 2x 20 + 2x 20 МГц	Диапазон 3,5 ГГц	FDD
5	UL: 10 МГц DL: 10 МГц	UL/DL: Не прилегающие 5 + 5 МГц	Диапазон 8(900 МГц)	FDD
6	80 МГц	Не прилегающие 2x 20 + 2x 20 МГц	Диапазон 38(2,6 ГГц)	TDD



Агрегация компонентных несущих в сети LTE Advanced в линии «вверх» будет выполняться для многочастотного сигнала образуемого как N x SC-FDMA - каналов в линии «вверх» и, как N x OFDMA - каналов в линии «вниз», где N- число компонентных несущих.

Характеристика сетей операторов FD-LTE

На текущий момент:

Коммерческая сеть в Екатеринбурге

План на начало 2014 г.:

Коммерческие сети в 8 регионах



Сеть Yota-Мегафон

На текущий момент:

- коммерческие сети в более чем 110 городах РФ

- более 10 000 БС

-План 2013 г.:

- коммерческие сети в 150 городах

- более 7500 БС

Вендер: Huawei

На текущий момент:

Коммерческая сеть в Москве
(более 500 БС в черте города)



План на начало 2014 г.:

Коммерческие сети в 7 регионах

Вендер : Ericsson

На текущий момент:

Коммерческая сеть в Москве
(1000 БС в черте города)



План 2013 г.:

Коммерческие сети в 15 регионах

Вендер: NSN

На текущий момент:

Коммерческая сеть в Сочи
Более 250 БС (в диапазонах 7/20)

План до конца 2014 г.:

Коммерческие сети в 8 регионах

Вендер: Huawei



Характеристика сетей операторов TD-LTE



Коммерческая TD-LTE сеть
Количество базовых станций

- план 2013 более 500 БС
- реально - около 100 БС
- Москва – 80% БС / МО – 20% БС



Коммерческая TD-LTE сеть
Количество базовых станций

- план 2013 - 2000 БС
- реально - около 1100 БС
- Москва – 700 БС / МО – 400 БС



Сеть в пред-коммерческом состоянии, запуск в мае 2013

План 2013: 40 городов, более 2000 БС, инвестиции – более \$100 млн.

План 2014: 165 городов.

Общие инвестиции \$2-3 млрд.

Вендеры: ALU и Huawei

83 региона РФ



■ Лицензионная территория



Сеть в тестовом состоянии, запуск в 2013

План 2012: 3000 БС
(перенесен на 2013)

План 2014: не определён

Вендер: Ericsson

39 регионов РФ



■ Лицензионная территория



Сеть в пред-коммерческом состоянии, запуск в 2кв 2013

Инсталлировано 180 БС

План 2014: дополнительно 200 БС

Вендер: NSN (производитель сетевого оборудования должен быть российский)

Чеченская республика



■ Лицензионная территория

Рыночные аспекты

- ❑ рыночные ожидания российских пользователей пока не полностью реализованы операторами LTE в части выбора терминального оборудования и функциональных характеристик
- ❑ услуги сетей LTE образуют узкий нарождающийся сегмент рынка услуг мобильной связи
- ❑ регуляторные барьеры для новых операторов TD-LTE сдерживают их активность на российском рынке
- ❑ Предложенные регулятором подходы к оплате спектра в России могут стать дестимуляторами развития и инвестирования для новых операторов (GF)

Технические аспекты

- ❑ внедрение операторами сетей TD-LTE общих сетей синхронизации позволит каждой использовать примыкающие (соседние) каналы в одном диапазоне
- ❑ базовые станции сетей LTE потребовали использование более широкополосных каналов для организации локальных транспортных сетей чем в 3G
- ❑ организация сплошного покрытия сетями LTE в диапазонах 2.3 и 2.6 ГГц потребовала высокой плотности БС
- ❑ существующие потери пакетов в мобильном бэкхоле сетей LTE снижает скорость передачи данных в RAN

Стратегия «нового миллиарда» и «Лёгкий» смартфон



«Лёгкий»
смартфон

=

Экран –
клавиатура
СТОИМОСТЬ
\$10-15

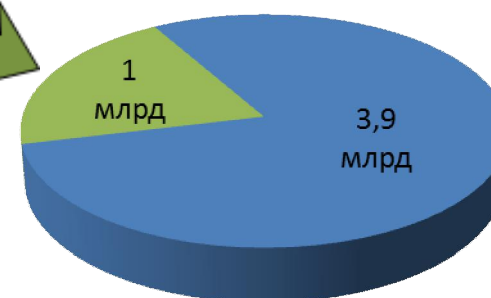
+

Радио
чипсет
СТОИМОСТЬ
\$3-5

Себестоимость компонентов смартфонов

	Дешёвый сегмент	Средний сегмент	Премиум сегмент
Стоимость экрана	10\$	30\$	50\$
Стоимость процессора	5\$	15\$	35\$
Стоимость чипсета	5\$	15\$	25\$
Стоимость остальных компонентов	15\$	65\$	90\$

Количество пользователей
мобильных сетей



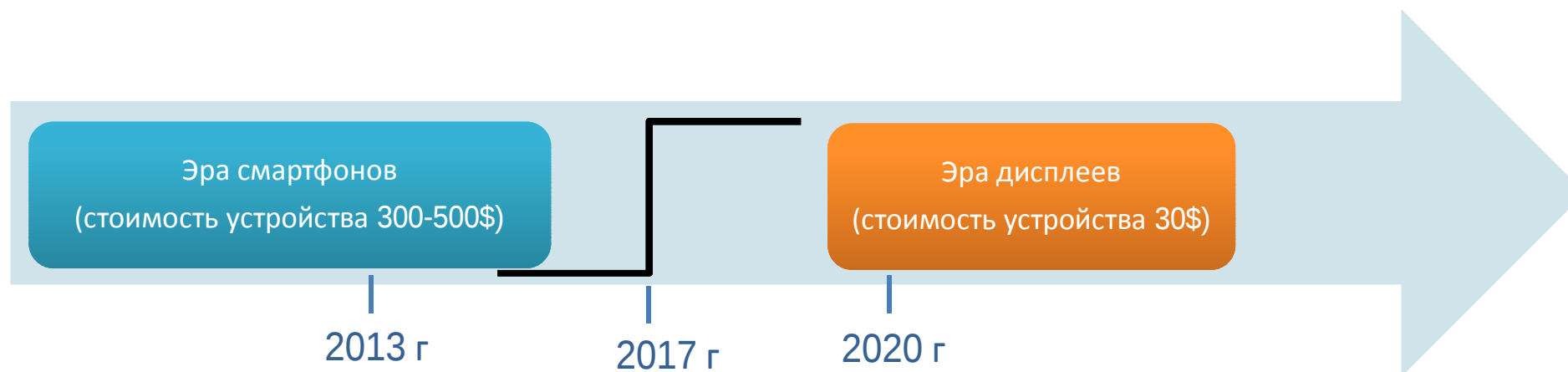
На начало 2013 г.

Каждые 24 часа мобильный Интернет пополняется 1,1 млн. пользователей. Суточная потребность этих пользователей превышает 2,5 Терабайт.

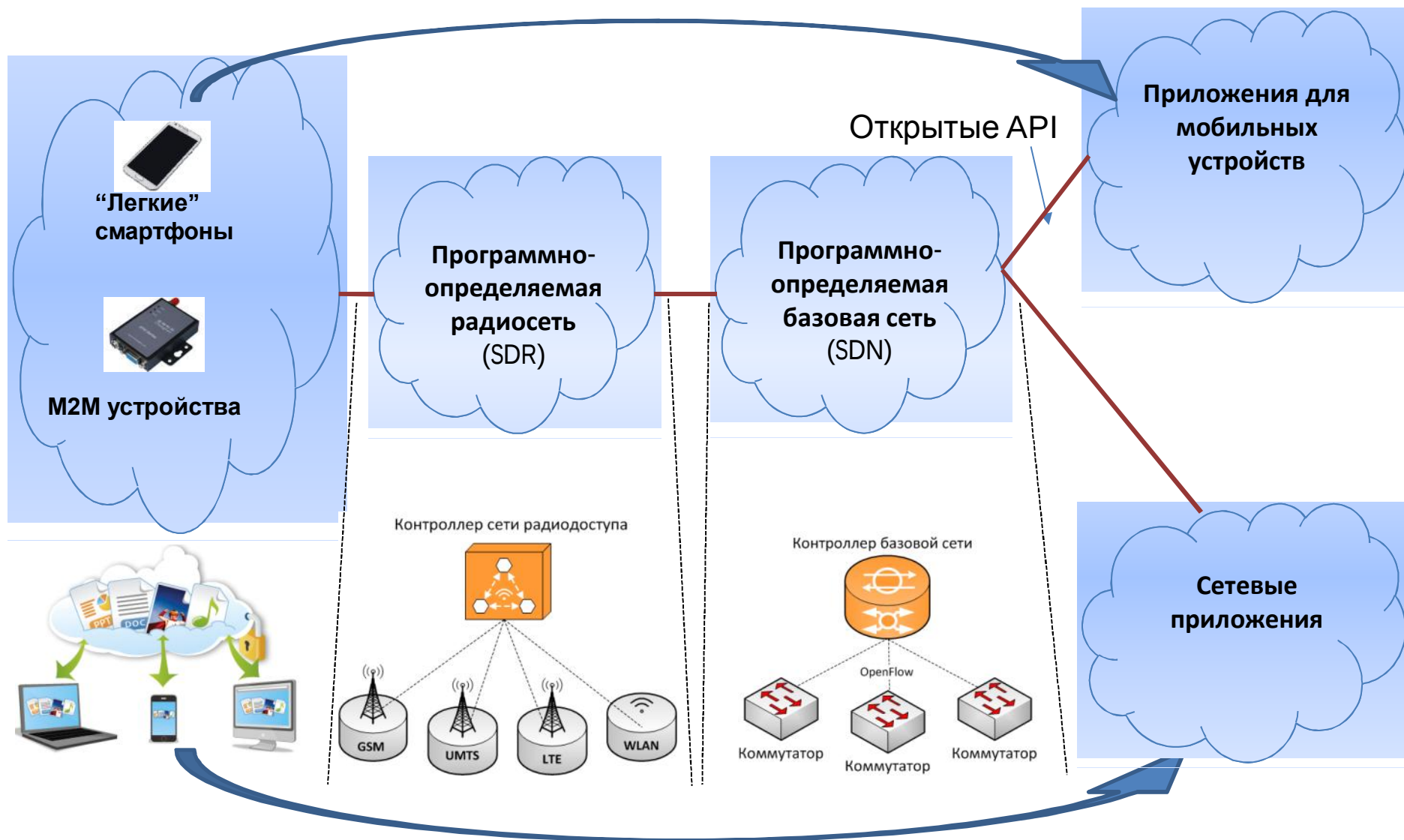
Более 50 млрд. устройств в сетях M2M в ближайшие семь лет потребуют присоединения к сетям LTE/LTE Advanced.

Мобильные и сетевые приложения реализуются на ЦОДах операторов, IT или сервис-провайдеров, и взаимодействуют с мобильной сетью через стандартные программные интерфейсы

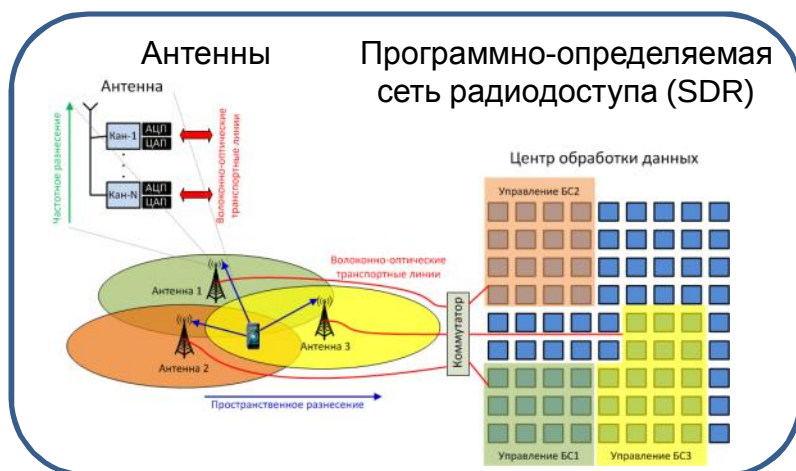
Эволюция мобильных устройств к эре экранов



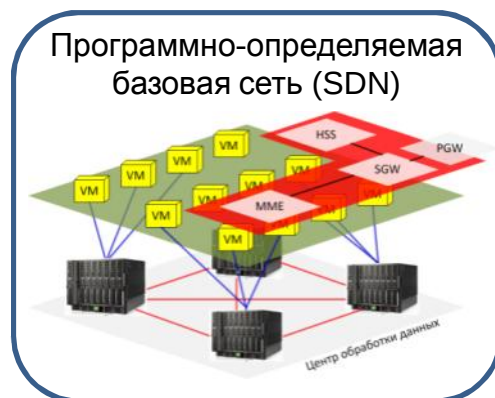
Перспективы применения облачных технологий в мобильных сетях LTE



Элементы облачных мобильных сетей LTE



Функции управления распределением радиоресурсов в сети радиодоступа LTE, а также распределение ресурсов сетей радиодоступа различных стандартов (GSM, UMTS, LTE) реализуются в виртуальной программной сети RAN на базе ЦОДа.



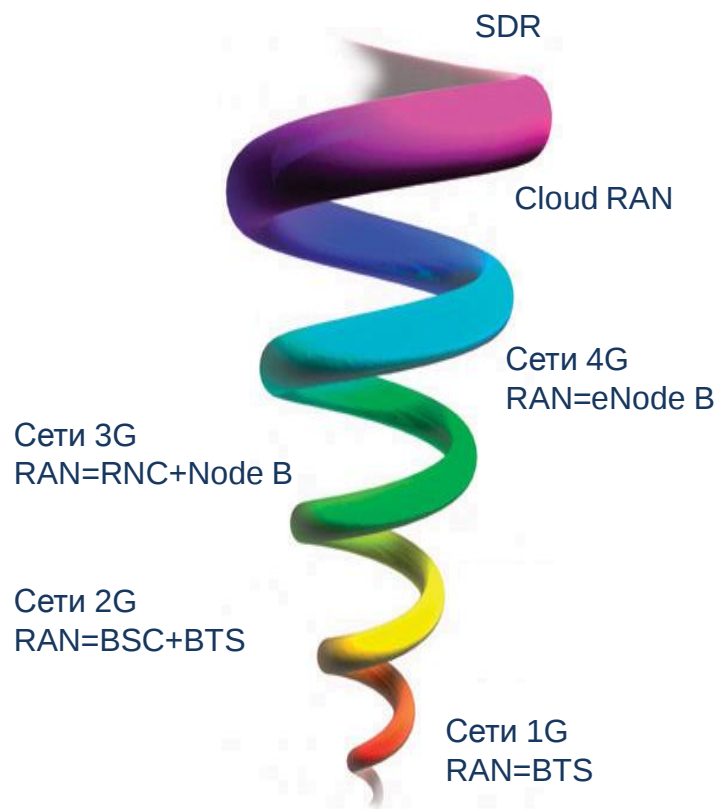
Все элементы базовой сети LTE (EPC) реализуются в виде программ на базе высоконадёжного ЦОДа. Управление сетью осуществляет единый контроллер в котором храниться информация о состоянии всей сети.



Мобильные и сетевые приложения реализуются на ЦОДах операторов, IT или сервис-провайдеров, и взаимодействуют с мобильной сетью через стандартные программные интерфейсы

Децентрализация
управления

Централизация
управления



Стратегические аспекты концепции Cloud RAN

- Снижение капитальных и эксплуатационных затрат на RAN (TCO)
- Снижение потребления электроэнергии в RAN
- Повышение спектральной эффективности RAN
- Поддержка нескольких стандартов RAN, на основе открытой платформы
- Повышение доходов за счёт новых услуг (TVO)
- Повышение качества обслуживания пользователей

Технические аспекты концепции Cloud RAN

- Изменение конструкции традиционной БС, с целью оставить на площадке БС только радио модуль (удаленную радиоголовку - RRH) с более низкими энергопотенциалами и энергопотреблением
- Интеграция антенны и радио модуля в едином устройстве
- Централизованное и гибкое управление сетью радиодоступа во всех диапазонах частот 3GPP
- Управление тысячами БС удалённо из единого ЦОД

Решение C-RAN Korea Telecom

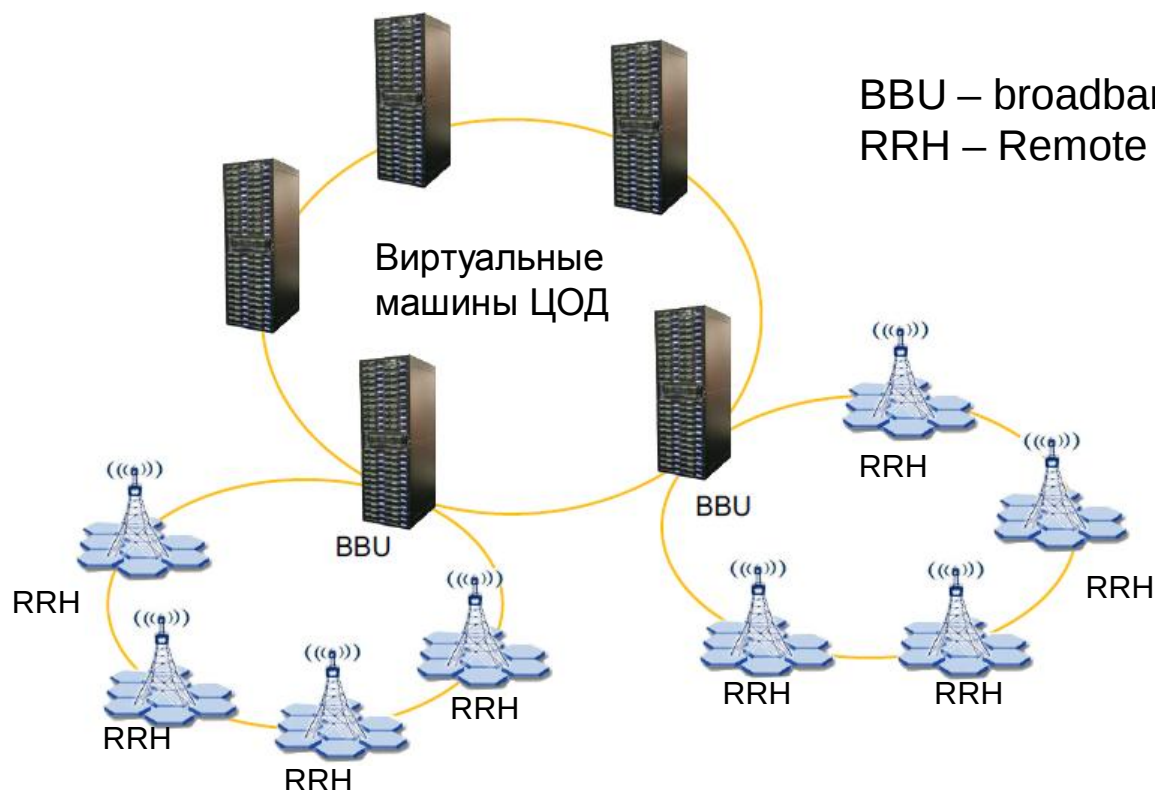
(Cloud Communications Center - CCC)

- Возможность управления до 144 БС с одной виртуальной машины
- Размещение до 1000 виртуальных машин в одном ЦОД

Решение C-RAN Huawei

(Cloud baseband - CBB)

- Возможность управления при помощи CBB до 1800 БС (RRH)
- Объединение в рамках CBB до 50 контроллеров BBU





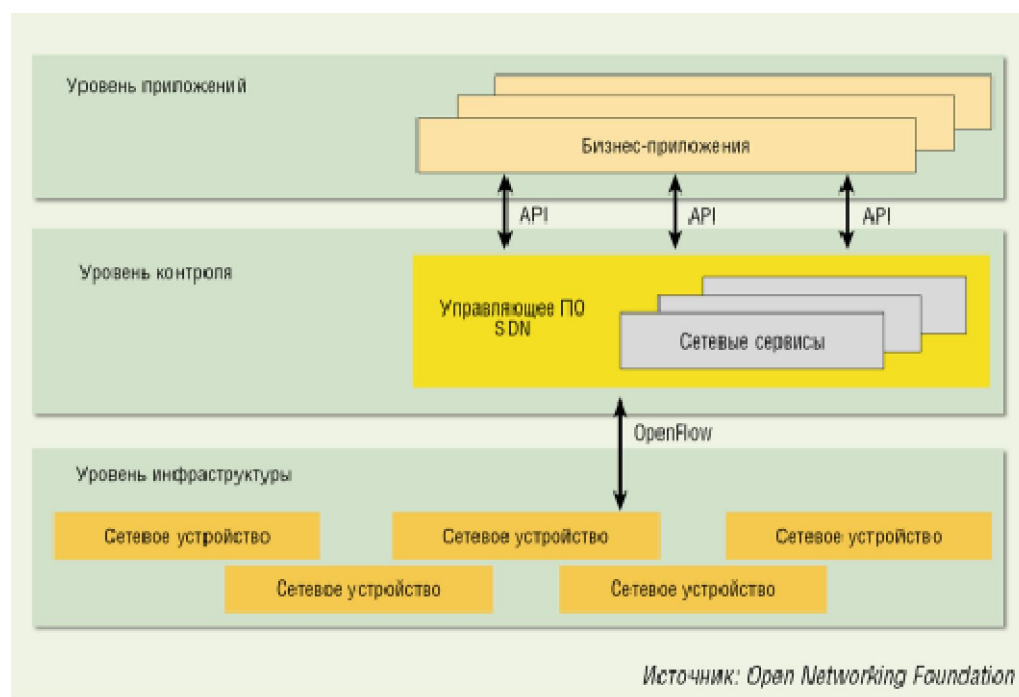
Концепция архитектуры SDN и протокола OpenFlow зародилась в Стэнфордском университете, исследовательской группе которого потребовалось создать тестовую среду для экспериментов с новыми сетевыми протоколами. Строить отдельную сеть было дорого, поэтому решили задействовать имеющуюся университетскую сеть, в которой с помощью прообраза SDN были выделены ресурсы для испытаний.

Весной 2011 года сформировали организацию Open Networking Foundation (ONF) с целью развития технологий SDN в целом и протокола OpenFlow

Сегодня членами ONF являются практически все основные поставщики сетевого оборудования, включая Alcatel-Lucent, Brocade, Ciena, Cisco, Dell, Ericsson, Extreme Networks, HP, Huawei, IBM, Infinera, Intel, Juniper Networks, Mellanox, Netgear, Nokia Siemens Networks, ZTE, а также лидеры рынка систем виртуализации VMware и Citrix.

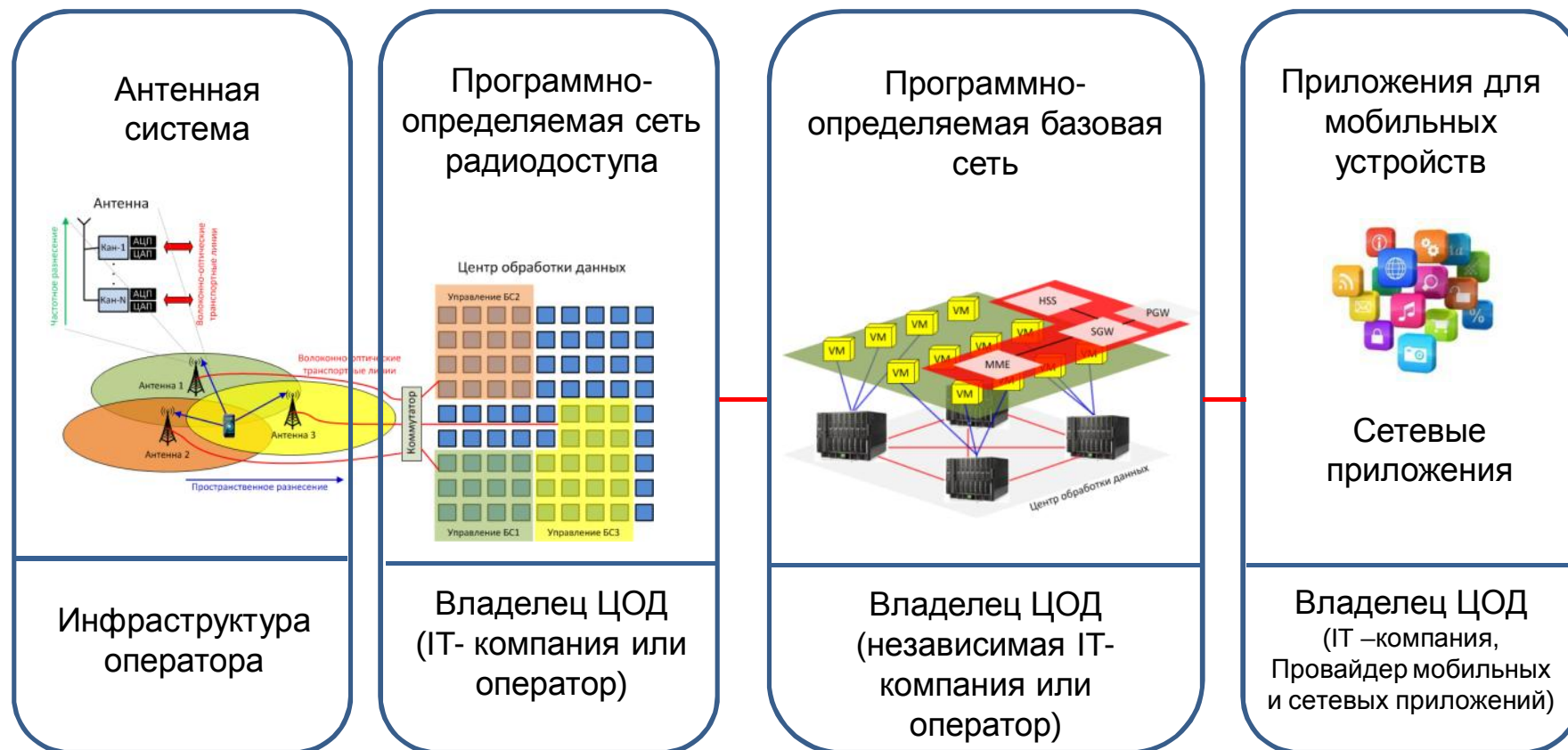
Главная идея SDN состоит в отделении функций передачи трафика от функций управления, включая контроль как самого трафика, так и осуществляющих его передачу устройств

В сети SDN функции управления трафиком вынесены из сетевых устройств на общий сервер управления (контроллер), на коммутаторах и маршрутизаторах оставлены только настройки по передаче трафика.



Основным элементом концепции SDN является протокол OpenFlow, который обеспечивает взаимодействие контроллера с сетевыми устройствами.

Благодаря контроллеру, вся сеть, состоящая из множества разнотипных устройств разных производителей, предстает для приложения как один логический коммутатор



Инфраструктурный оператор теряет свои позиции как обязательного собственника всей технологической инфраструктуры и становится собственником как программного обеспечения виртуальной инфраструктуры, так и оставшейся вне облака части инфраструктуры.

Все это потребует коренного пересмотра действующего регулирования отрасли и бизнес моделей мобильной связи.



1. Эволюция сетей от 2G к 4G (LTE) связана с повышением пропускной способности и скорости передачи данных от 9,6 кбит/с до 100 Мбит/с, что потребовало создания плоской архитектуры сетей с использованием облачных технологий, которые вызовут изменения правил регулирования в отрасли и бизнес-моделей, используемых операторами.
2. Внедрение концепции MMBV мульти технологического и мульти диапазонного построения сетей мобильной связи (MMBV) будет основываться на облачных технологиях: программно определяемых сетях радиодоступа (SDR) и базовых сетях (SDN), реализуемых на ЦОД не только инфраструктурных операторов связи.

