

# СЕТИ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Отличительные черты:

- подвижность абонентов,
- отсутствие проводного соединения между АТ и КС

Влияние СПС на личную жизнь и общество

Число абонентов в мире/России

Основные даты развертывания СПС в России

Системы сотовой (подвижной, мобильной) связи

# А. Беспшнуровые телефонные системы (конец 80-х гг.)

- радиоканал вместо проводов между телефонным аппаратом и трубкой
- функциональные возможности и качество связи обычного проводного телефона.
- Зона радиопокрытия базовой станции (БС) в силу малой мощности БС ограничивалась пространством офиса или квартиры.
- Наиболее известным стандартом беспроводной телефонии является разработанная ETSI *цифровая усовершенствованная беспроводная связь DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)*, сменившая беспроводные телефоны второго поколения *CT-2 (Cordless Telephony-2)*. Первые спецификации DECT были опубликованы ETSI в 1992 г., а в 1997 г. появился базовый профиль DECT, поддерживающий телефонную связь в диапазоне радиочастот 1880-1900 МГц.

## Б. пейджинговые системы

*Пейджинговые (paging) системы* - системы персонального радиовызова, обеспечивают одностороннюю связь от центральной базовой станции к мобильному абонентскому пейджеру, к которому пересылаются адресованные ему сообщения.

Сообщение имеет вид последовательности буквенно-цифровых символов.

## В. Транкинговые системы

- Основные области применения *транкинговых систем подвижной связи* – корпоративные и ведомственные сети, такси, милиция, аварийные службы, автомобильные компании и т.п. В этих системах выделяется определенное количество радиоканалов всем пользователям системы, радиоканал динамически выделяется каждому абоненту на время соединения. Первая такая советская транкинговая система радиотелефонной связи «Алтай» начала эксплуатироваться в середине 60-х годов прошлого века, набрав к концу 80-х годов более 20 тысяч абонентов.

- Наиболее распространенными аналоговыми профессиональными транкинговыми системами являлись системы стандарта MPT 1327, поддерживающие метод доступа к системе типа ALOHA
- Цифровые транкинговые системы TETRA (*Trans European Trunked Radio*) стандартизованы ETSI в начале 90-х годов и предусматривают передачу как речи, так и данных, обеспечивая более высокую спектральную эффективность по сравнению с аналоговыми транкинговыми системами, лучшее использование частот, более высокую скорость передачи данных, цифровое кодирование речи с возможностью шифрования.
- TETRA позволяет коммутировать каналы и пакеты, передавать короткие сообщения, получать доступ в Интернет, поддерживать услуги телеметрии, передачу данных и видеоинформации.

# Беспроводные компьютерные сети

- Как и в бесшнуровых телефонах, беспроводной доступ к локальным компьютерным сетям *WLAN (Wireless Local Area Networks)* имеет ограниченную зону покрытия и небольшую излучаемую мощность.
- Большинство WLAN работают в диапазоне нескольких ГГц.
- Широкое распространение, в том числе и в быту, приобрел *стандарт Bluetooth*. Устройства Bluetooth при малом радиусе действия (несколько м) встраиваются в персональные компьютеры, MP3-проигрыватели, фото- и видеокамеры, мобильные телефоны.
- Сети стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi) – a, b, g, n (до 50 м)

# Спутниковая связь

- 1947 г. – Артур Кларк
- В соответствии с этой теорией в СССР, а затем и в США уже в конце 50-х годов были запущены первые экспериментальные спутники связи. С тех пор на орбиту было выведено большое количество коммерческих спутников для поддержки телефонии общего пользования, а также телевидения.
- Первые спутники связи могли обслуживать лишь 240 телефонных каналов; сегодня с помощью спутниковой связи обслуживается значительная часть междугородного телефонного трафика и практически все телепередачи интервидения.

# История радиосвязи

- Опыты с передачей радиосигналов на расстояние – 1888 г.  
Генрих Герц
- Никола Тесла, Попов, Маркони
- В 20-х гг. - системы связи с АМ, затем – с ЧМ.
- Первые случаи применения мобильной радиосвязи с ЧМ - 40-е гг.
- Ограничения –  
ПС – малое число абонентов  
География местности  
Качество радиосвязи.  
Одна ЦС  
«Алтай»
- Появление сотовых систем – аналоговые (70-е гг.),  
цифровые (конец 80-хх гг.



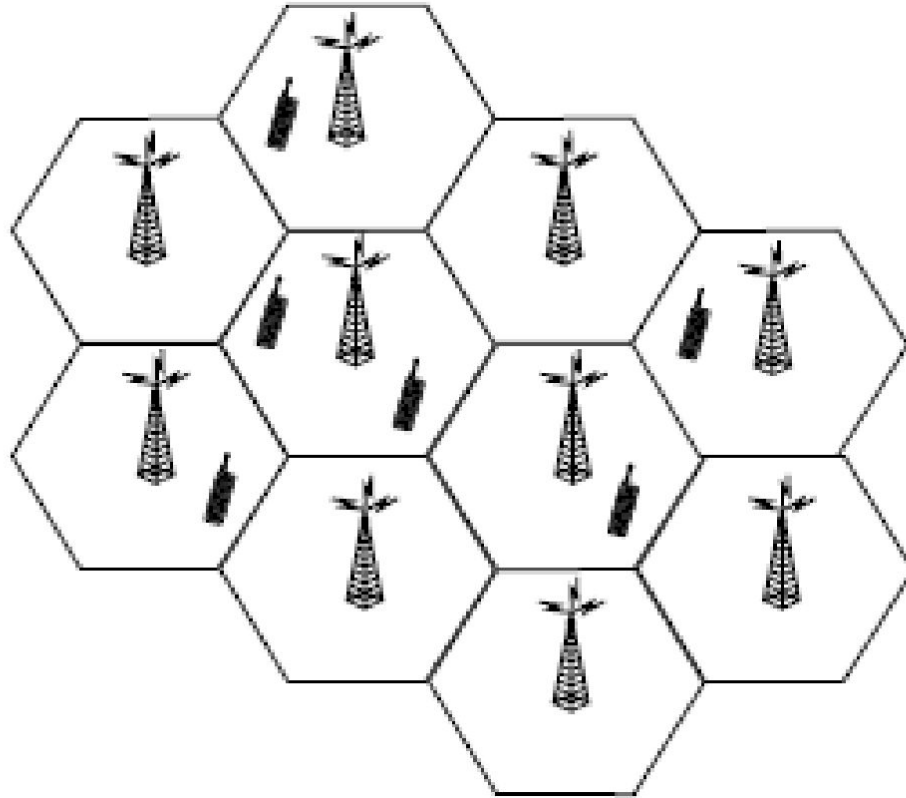
## 2. Принципы сотовых систем связи

- разделение области охвата мобильной радиосвязью на отдельные зоны, называемые сотами;
- наличие значительного количества радиопередатчиков (как минимум, по одному на соту) низкой мощности с небольшими зонами передачи сигналов;
- повторное применение частот в несмежных сотах, позволяющее повысить эффективность использования выделенного частотного диапазона;
- централизованное управление обслуживанием вызовов для обеспечения мобильной связи при перемещении подвижного абонента из соты в соту.

# Термины, используемые в СПС

- *cota (cellular)* - сеть разделена на ряд ячеек (сот), географических участков
- Каждой соте назначается частотный диапазон, который можно повторно использовать в других сотах.
- В каждой соте имеется своя *базовая станция BS (Base Station)*, которая содержит радиопередающее и радиоприемное оборудование и обеспечивает радиосвязь с теми мобильными телефонами, которые оказываются в данной соте.

# Соты в СПС



Радиус  $a$  окружности, описанной вокруг шестиугольника = длине стороны соты и расстоянию до каждой из вершин  
При такой сетевой конфигурации расстояние между центром ячейки и центром любой смежной ячейки равняется  $a\sqrt{3}$  а антенны граничащих с ней ячеек находятся на равных расстояниях друг от друга вне зависимости от направления перемещения мобильного абонента.

- Зона охвата соты зависит от ряда таких факторов, как мощность передатчика базовой станции, мощность передачи мобильного телефона, высота антенны базовой станции, топология местности.
- Кроме того, размеры сот варьируются и потому, что каждая сота может обслуживать только ограниченное количество сотовых телефонных аппаратов, *мобильных терминалов или мобильных станций (Mobile Station, MS)*, обычно – от 600 до 800
- Охват соты может лежать в пределах от всего лишь 100 метров до десятков километров.

- Несколько базовых станций подсоединены к контроллеру базовых станций *BSC (Base Station Controller)*, который содержит логику управления каждой из этих станций.
- Все BSC подсоединены к центру коммутации подвижной связи *MSC (Mobile Switching Center)*, который управляет установлением соединений к мобильным абонентам и от них.
- Поддерживаются функции хэндовера и роуминга.

# Хэндовер

(handover - передача полномочий)



- Мобильный терминал сам периодически измеряет уровень сигнала и качество сигналов, принятых как от обслуживающей этого абонента базовой станции, так и от соседних базовых станций, и передает в сеть соответствующие сообщения об измерениях.
- Сеть анализирует эти сообщения и принимает решение о том, нужно ли производить *хэндовер* между сотами. В зависимости от ситуации *хэндовер* может иметь место между двумя секторами одной и той же базовой станции, между двумя контроллерами BSC, между двумя центрами MSC, принадлежащими одному Оператору, или даже (при определенных условиях) между двумя сетями разных Операторов.

- *Хэндовер* означает переключение абонента с одного радиоканала на другой радиоканал без уведомления абонента об этом изменении.
- Когда интенсивность сигнала падает ниже заданного уровня, то проверяется, не принимает ли соседняя сота сигнал с большим уровнем, и если это так, обслуживание мобильного абонента переключается на эту соту.

- 4 типа хэндовера

#каналы в одной и той же ячейке;

#соты (BTS), находящиеся под управлением одного и того же BSC;

#соты, находящиеся под управлением различных BSC, но принадлежащие одному MSC;

#соты, находящиеся под управлением различных MSC.



# Роуминг

- **Роуминг** (англ. *roaming* – блуждающий, от англ. *roam* — бродить, странствовать) — процедура предоставления услуг мобильному абоненту вне зоны обслуживания «домашней» сети (либо базовой станции) абонента с использованием ресурсов другой (гостевой) сети. При этом абоненту не требуется заключать договор с принимающим оператором, а плата за услуги списывается с его счёта. При телефонном роуминге у абонента обычно сохраняется его телефонный номер.
- С технической точки зрения, обслуживание абонента сотовой сети базовой станцией, приписанной к другому коммутатору, уже является роумингом. Но чаще всего под роумингом подразумевают обслуживание в сети другого оператора. Такая услуга требует предварительной взаимной договорённости между операторами.

- Ручной роуминг
- Автоматический роуминг
- Типы роуминга

#Внутрисетевой (региональный) роуминг

#Национальный роуминг

#Международный роуминг (Европа – 900/1800 МГц, США – 850/1900 МГц; двухполосный телефон)

#Межстандартный роуминг (двухстандартный телефон)

# Контроль абонента

- Сеть отслеживает местонахождение абонента с некоторой точностью. Общее решение этой задачи состоит в следующем:
- Когда абонент первоначально включает свой мобильный терминал, это устройство самостоятельно посылает регистрационное сообщение к местному MSC. В состав этого сообщения входит уникальный идентификатор абонента.
- На основе этого идентификатора MSC может определить домашний регистр HLR, которому принадлежит абонент, и передать регистрационное сообщение в HLR, чтобы информировать его о том, какой MSC в данное время обслуживает абонента.
- После этого HLR передает сообщение отмены регистрации в тот MSC, который до того обслуживал этого абонента (если таковой имеется) и посылает подтверждение в новый обслуживающий MSC.

# Способы доступа к радиоканалам

- В первых СПС (аналоговых) - *множественный доступ с частотным разделением каналов FDMA (Frequency Division Multiple Access)*. При таком способе каждый канал занимает свою частотную полосу (например, 30 кГц) – 70-е гг.
- Цифровизация мобильной связи - *множественный доступ с временным разделением каналов TDMA (Time Division Multiple Access)*, при котором каждый канал разделен на временные интервалы (конец 80-х).
- Требования посылаются в короткие интервалы времени, называемые слотами запросов, а при коллизиях требования повторяются.
- Базовая станция выделяет свободные информационные слоты, сообщая их идентификаторы источнику и получателю.

- *Множественный доступ с кодовым разделением каналов CDMA (Code Division Multiple Access)*, при которой все абоненты одновременно используют одну и ту же частоту и один временной интервал
- Чтобы выделить сигнал определенного абонента из всех других сигналов, передаваемых на той же частоте, этот сигнал модулируется уникальной кодовой последовательностью.
- Чтобы извлечь сигнал на приемном конце, нужно знать используемую для него кодовую последовательность (компания Qualcomm, 1989 г.)

### 3. Международные и национальные стандарты в СПС

- Работа **ITU** в области мобильной телефонии велась в рамках программы *будущей системы наземной мобильной телефонной связи общего пользования (FPLMTS)*, которая затем была переименована в *международную систему подвижной связи IMT2000*.
- **ETSI** - В сфере мобильной связи Комиссия Евросоюза в 1985 году организовала европейскую программу исследований в области новейших технологий связи – программу *RACE* - создание стандарта *GSM (Global System for Mobile communication)* – 2G
- В рамках **RACE** - концепция универсальной системы мобильной связи *UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)* – 3G

- Эволюция стандартов мобильных сетей первого поколения через сети второго поколения к стандартам мобильных сетей третьего поколения 3G.
- 3GPP (Third Generation Partnership Project) – объединение нескольких региональных организаций стандартизации
- Преемственность работ по эволюции стандарта GSM из ETSI (GPRS - *General Packet Radio Service*, EDGE - *Enhanced Data rates for GSM Evolution*, и др.)
- Конвергенция фиксированных и мобильных сетей

### 3. Поколения сетей сотовой связи

#### А. Первое поколение 1G (аналоговые системы)

- *AMPS (Advanced Mobile Phone Service)* в диапазоне 800 МГц (США, 1983)
- *NMT-450 (Nordic Mobile Telephone System)* – в диапазоне 450 МГц (Скандинавия, 1981)
- *TACS (Total Access Communications System)* - в диапазоне 900 МГц (Англия, 1985)
- Размер соты в сетях 1G составляет обычно от 10 до 20 км
- Достоинства
- Недостатки – отсутствие систем защиты (прослушивание, клонирование, fraud), условия распространения аналоговых сигналов, неэффективное использование частотного диапазона



## **Б. Второе поколение – 2G (цифровые системы)**

- GSM - Global System for Mobile communications

Диапазон 900 МГц

1991г.

- D-AMPS – Digital AMPS (США, Япония)

Диапазон – 800 МГц

- CDMA – Code Division Multiple Access

Диапазоны – 800 и 900 МГц

GSM, CDMA – основные стандарты

## **В. Поколение 2,5G**

- GPRS - General Packet Radio Service
- EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution

# Г. Поколение 3G

- Переход на более ВЧ спектр (от 2ГГц)
- Требования по расширению услуг
- Необходимость ВСПД
- Первые рекомендации – IMT-2000 (1991) – скорость, диапазон частот, год введения сетей
- Результаты стандарта
- ITU (1999) –

#Wideband CDMA, WCDMA (Ericsson) - UMTS

#CDMA2000 - развитие IS-95 CDMA (Qualcomm)

#TD-SCDMA (time division-synchronous CDMA),

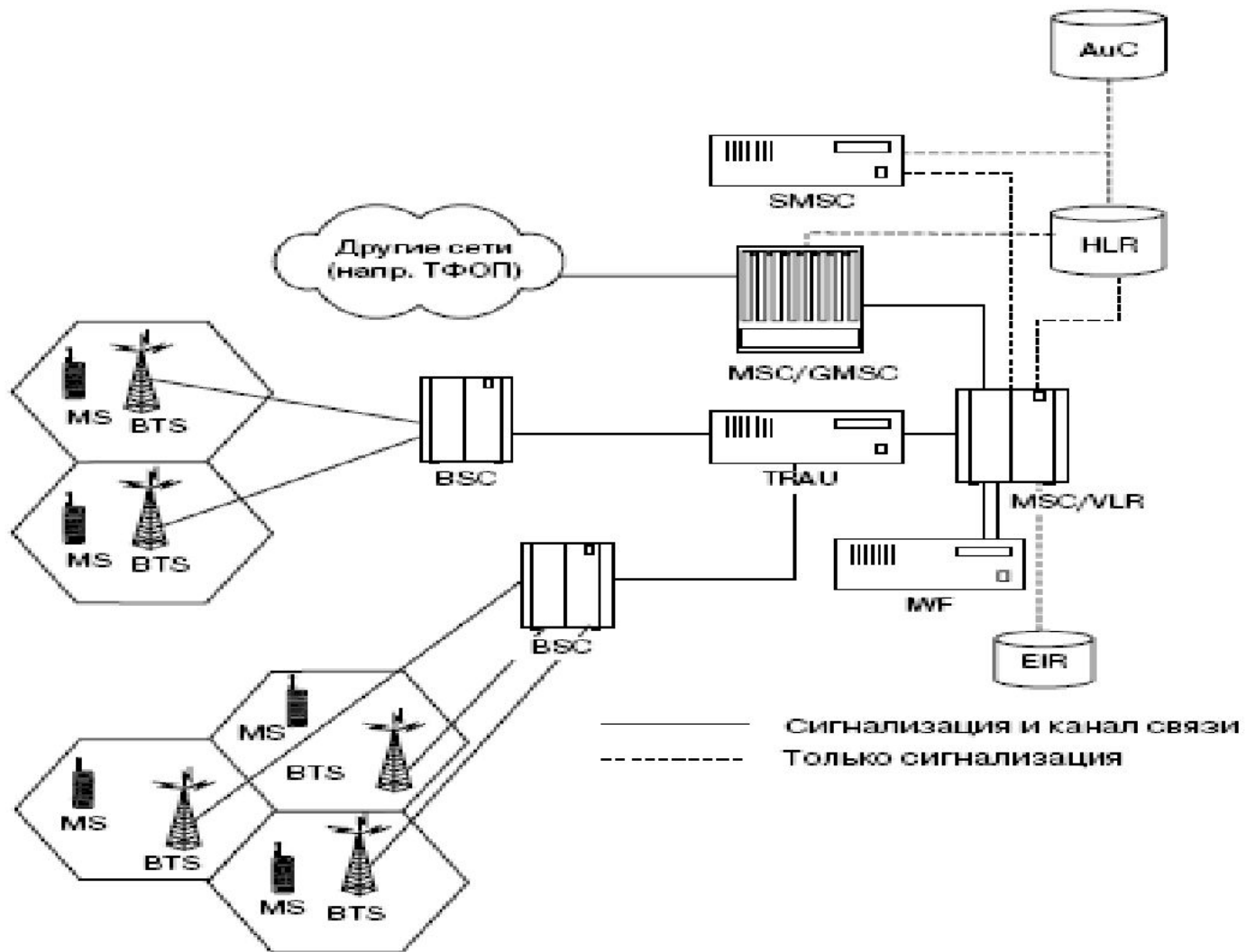
#UWC-136 (развитие IS-136)

#DECT.

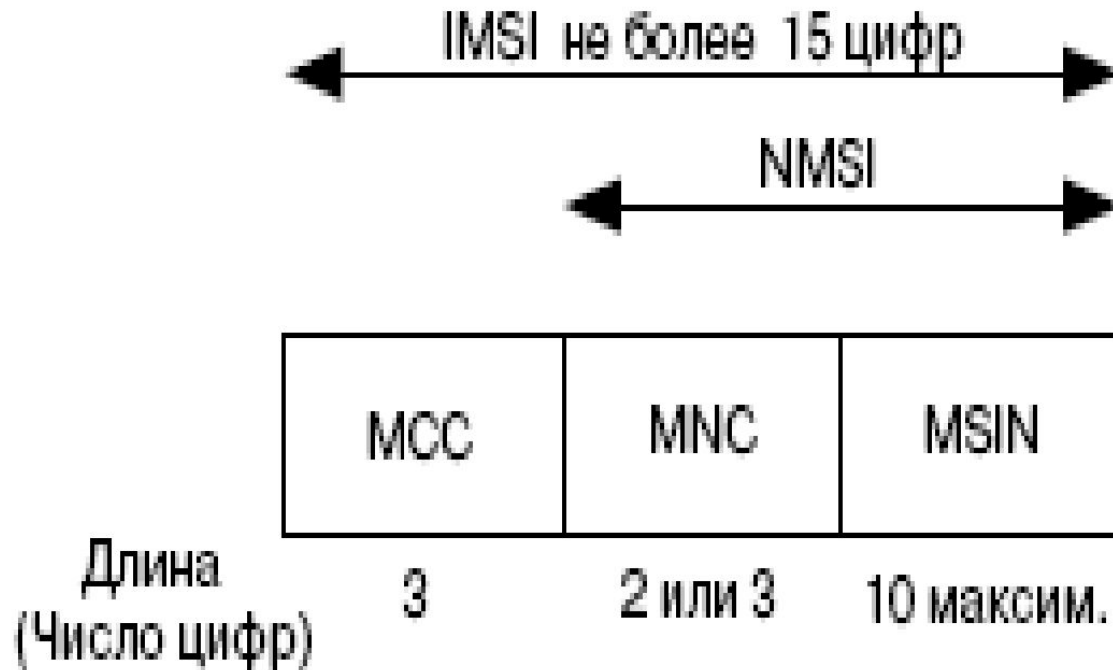
**Сегодня на роль единой претендуют первые две технологии**

# 4. Стандарт GSM

## Структурная схема сети GSM



# Нумерация в сетях GSM



**IMSI - International Mobile Subscriber Identity**

*MCC (Mobile Country Code)*

*MNC (Mobile Network Code)*

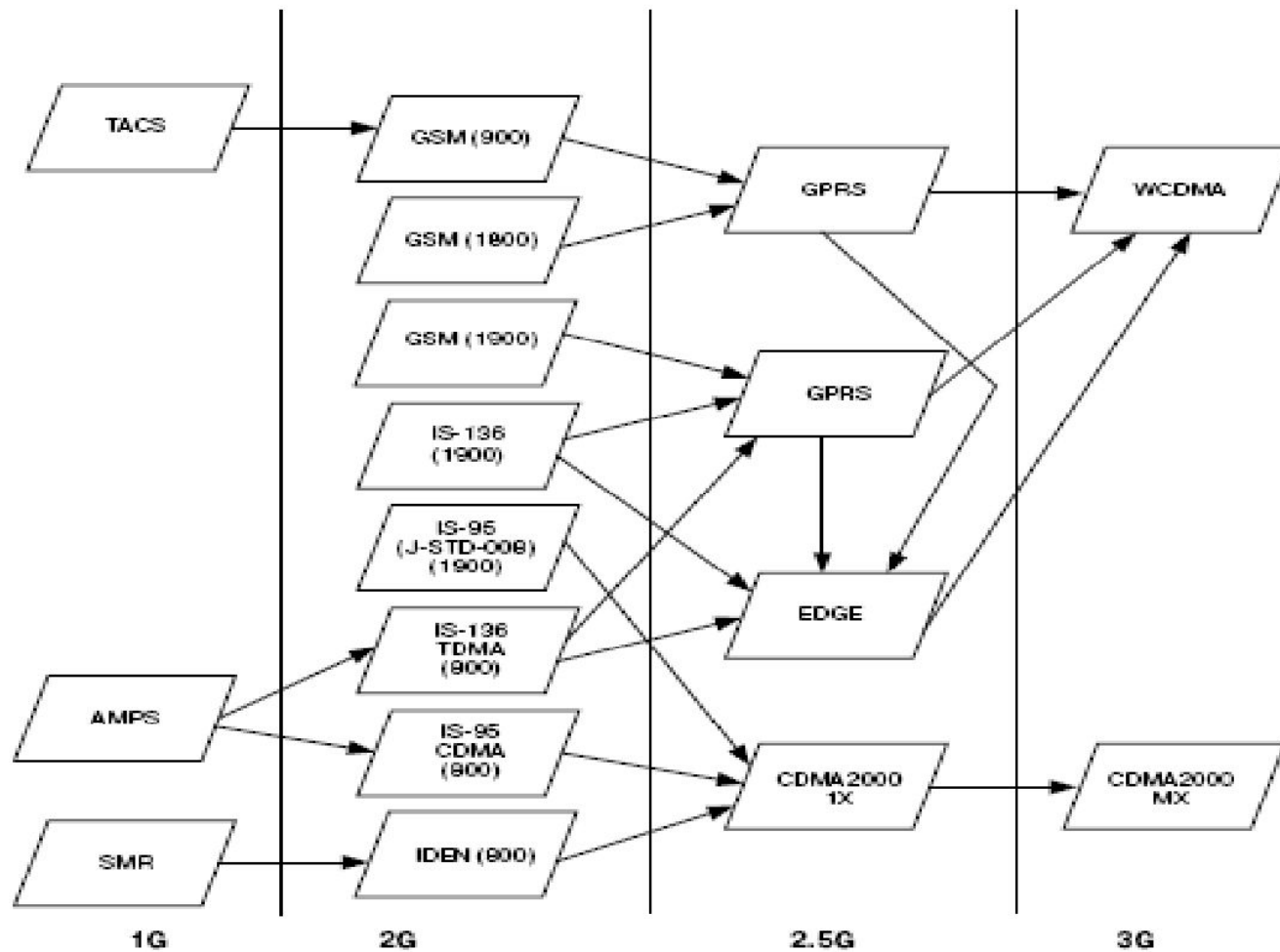
*MSIN (Mobile Station Identification Number)*

## Коды DEF

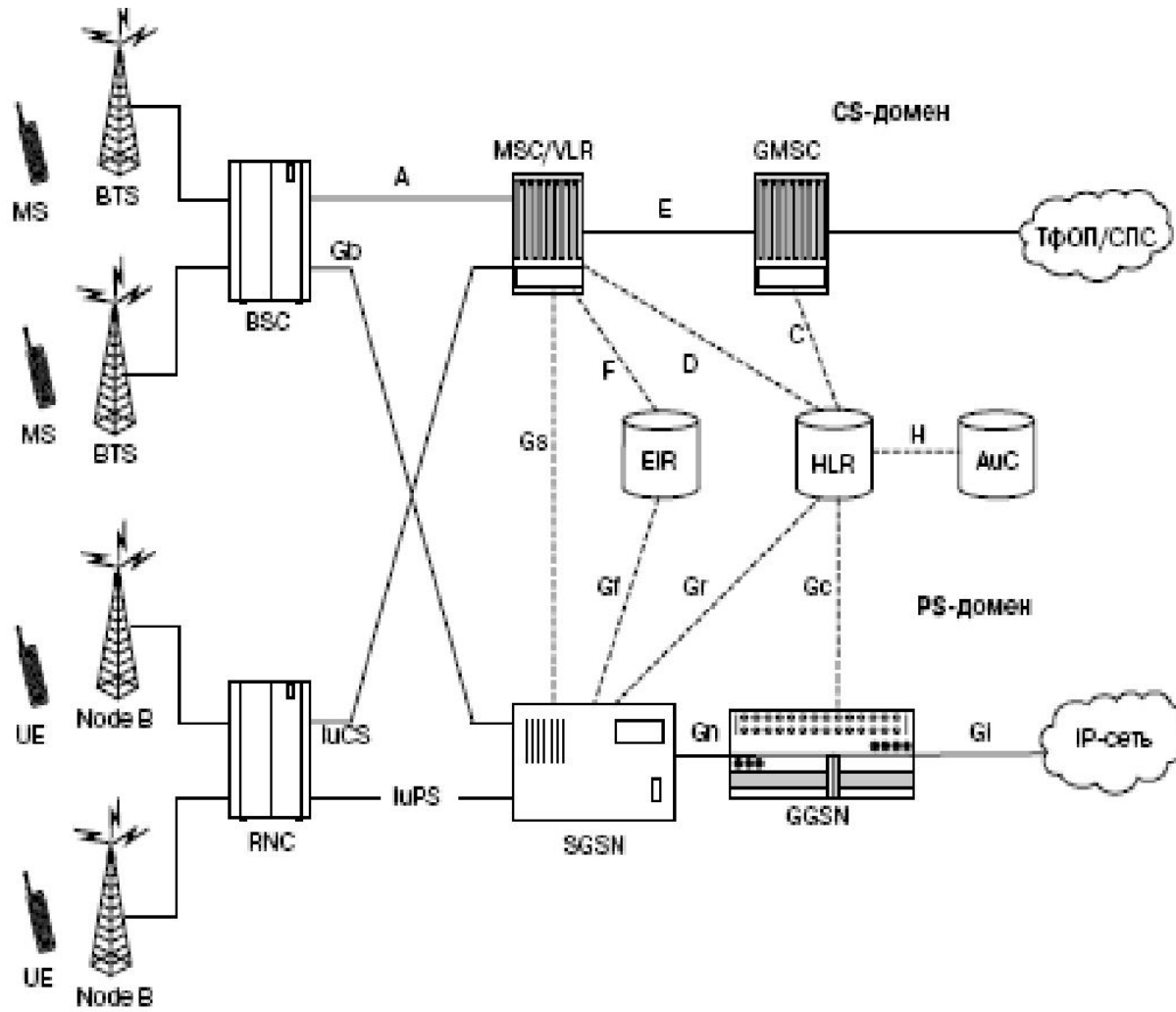
- Вымпелком (1997): 903, 905, 906, 909, 960 – 969, 970 – 979;
- Мегафон (1993): 920 – 929, 930 – 939;
- Мобильные ТелеСистемы (1994): 910 – 919; 980 – 989.

# 5. Сети 3G

## Эволюция к UMTS



# Структурная схема сети UMTS



- Стандарт IMT-МС-450 – Пример сетей третьего поколения (CDMA-450)
- Sky Link – Российская сеть (2003)
- Технология – CDMA 2000 1х

## Достоинства и недостатки

- Проблемы частотного спектра
- Россия: правительственные структуры - 22%,  
гражданские цели - 3%,  
совместное использование - 75%
- США: правительственные структуры - 29%,  
гражданские цели - 17%,  
совместное использование - 54%,
- Европа 4%, 51% и 45%



## 6. Поколение 4G

- Консорциум 3GPP утвердил стандарт LTE (Long-Term Evolution) Первые запуски LTE-сетей прогнозируются в 2010 г.
- Технология LTE - радиоинтерфейс OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access – множественный ортогональный доступ с частотным разделением каналов).
- Для LTE выделено 2 полосы частот.

#2ГГц

#760-870 МГц

- Скорости ПД – 100 Мбс/50 Мбс
- FDD, TDD
- 2007 г. – Nokia

# WiMAX

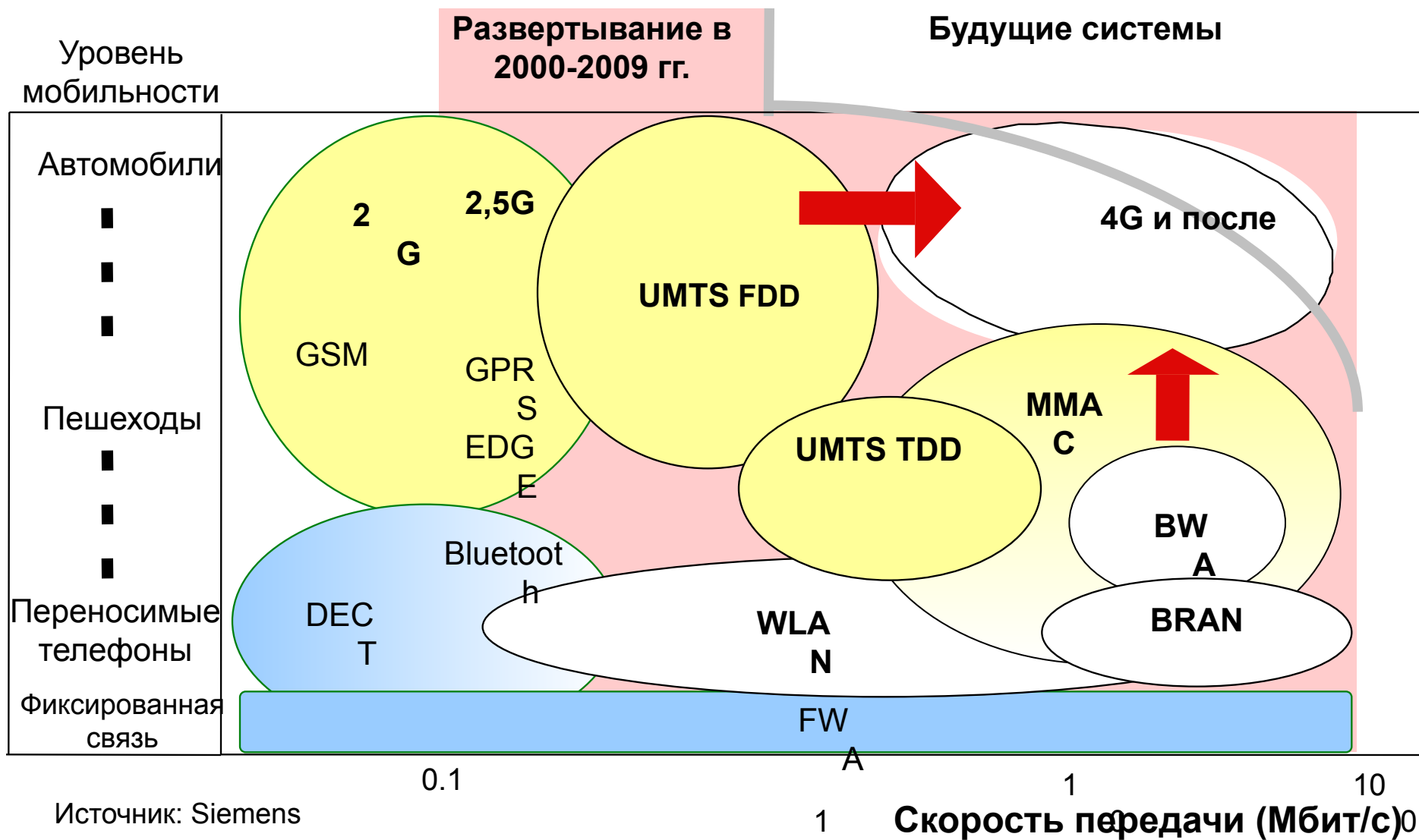
<b>Summary of 802.16 Radio Links</b>			
	<b>802.16</b>	<b>802.16a</b>	<b>802.16e</b>
<b>Spectrum</b>	10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	<6 GHz
<b>Configuration</b>	Line of Sight	Non- Line of Sight	Non- Line of Sight
<b>Bit Rate</b>	32 to 134 Mbps (28 MHz Channel)	≤ 70 or 100 Mbps (20 MHz Channel)	Up to 15 Mbps
<b>Modulation</b>	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	256 Sub-Carrier OFDM using QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	Same as 802.16a
<b>Mobility</b>	Fixed	Fixed	≤75 MPH
<b>Channel Bandwidth</b>	20, 25, 28 MHz	Selectable 1.25 to 20 MHz	5 MHz (Planned)
<b>Typical Cell Radius</b>	1-3 miles	3-5 miles	1-3 miles

Сети городского масштаба

WiMAX – Wi-Fi

- Цель WiMAX – поддержка широкополосного беспроводного доступа в сетях городского масштаба. Технология Wi-Fi обеспечивает связь в сотах диаметром до несколько сот метров, тогда, как WiMAX будет обеспечивать услуги на расстояниях несколько десятком км
- WiMAX и 3G
- Недостатки – USB-модемы и ноутбуки

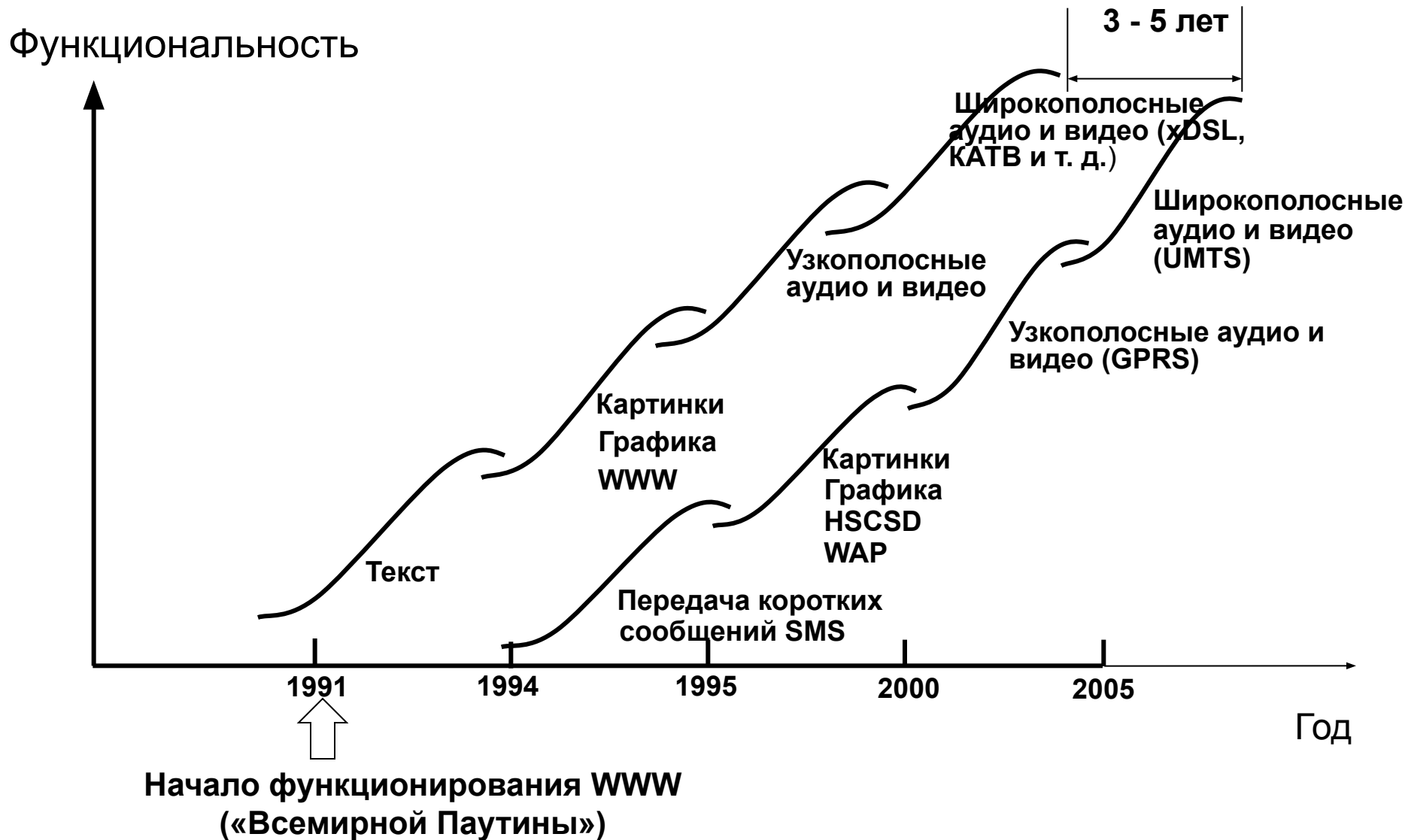
# Эволюция мобильных стандартов



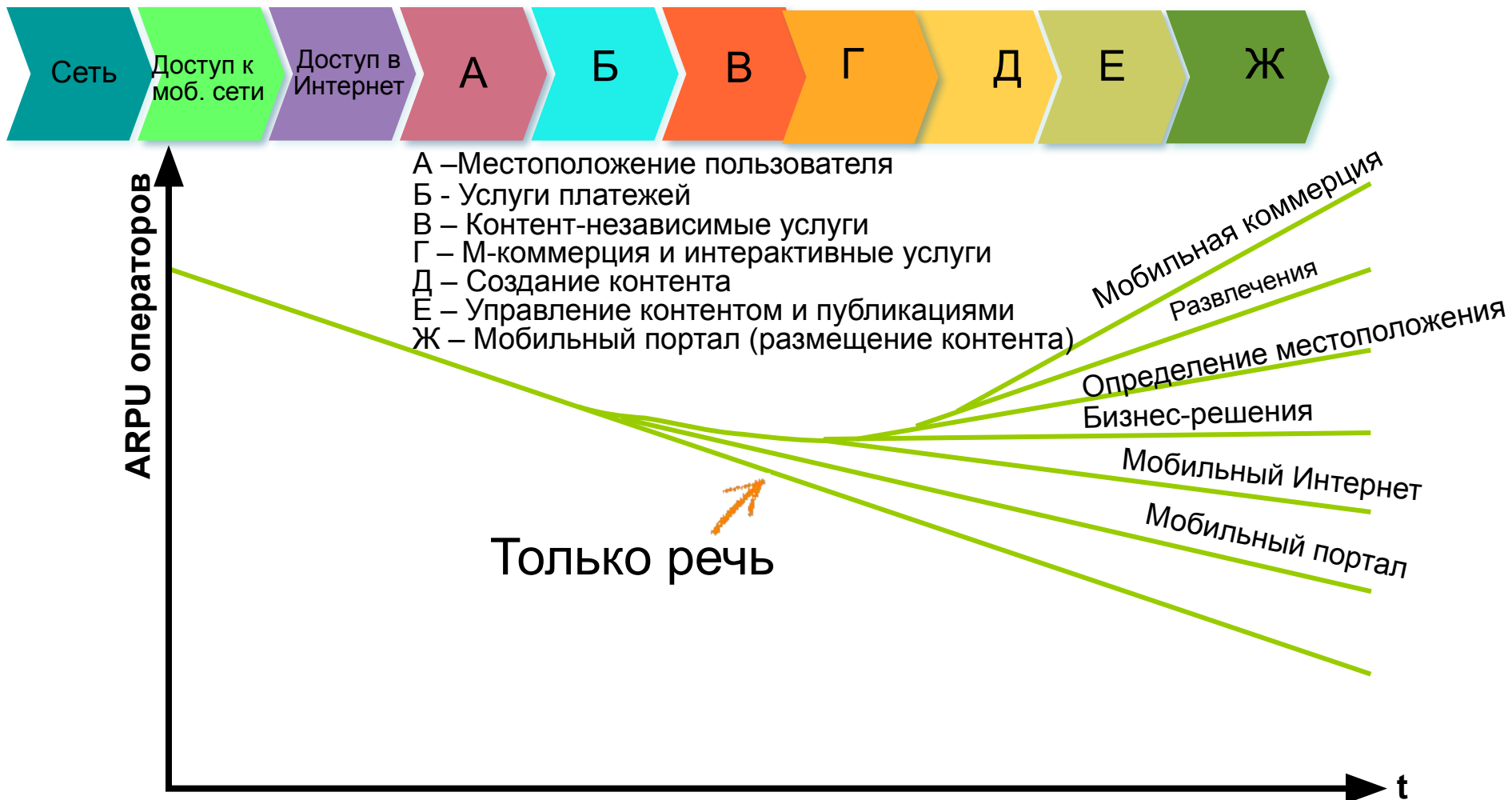
# Эволюция мобильных стандартов



# 7. Особенности развития мобильных услуг

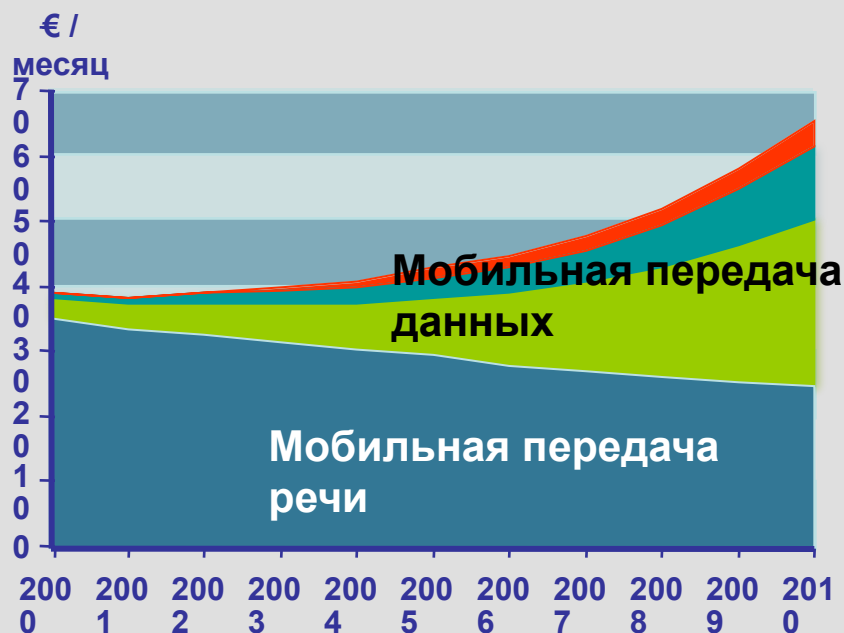


# Мобильные Приложения



# Доход от мобильных данных

Европейский средний доход от пользователя мобильной передачи речи и мобильной передачи данных



- ARPU от рекламы
- ARPU от моб. коммерции
- ARPU от событий / передачи данных
- ARPU от доступа / передачи речи

Средний доход от пользователя (ARPU) мобильной передачи данных

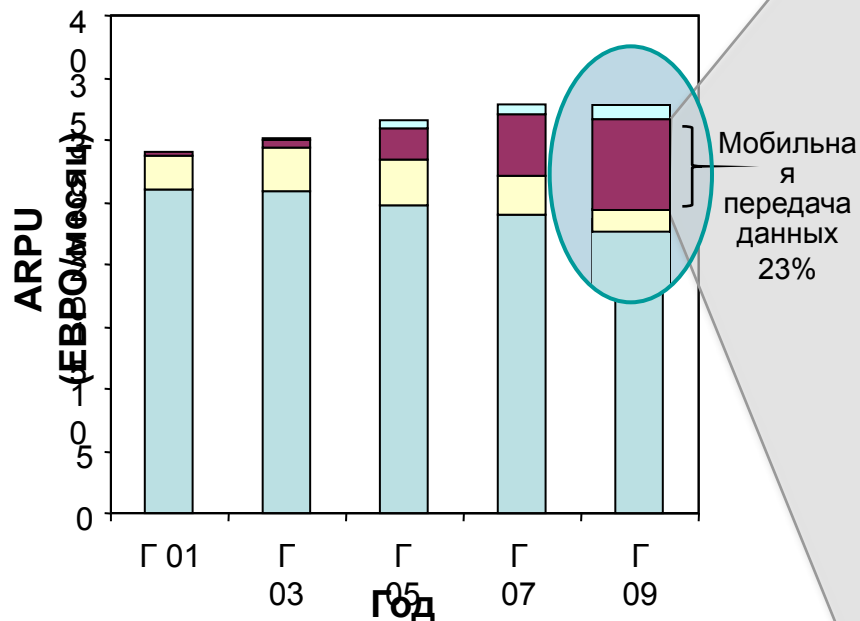
- ARPU от рекламы
  - Персонализированная
  - На основе местоположения
  - Активная и пассивная реклама
- ARPU от мобильной коммерции
  - Комиссия (как часть транзакций мобильной эл. коммерции)
- ARPU от событий / передачи данных
  - Плата за передачу данных
  - Плата по событиям

Источник: Credit Suisse First Boston, Siemens



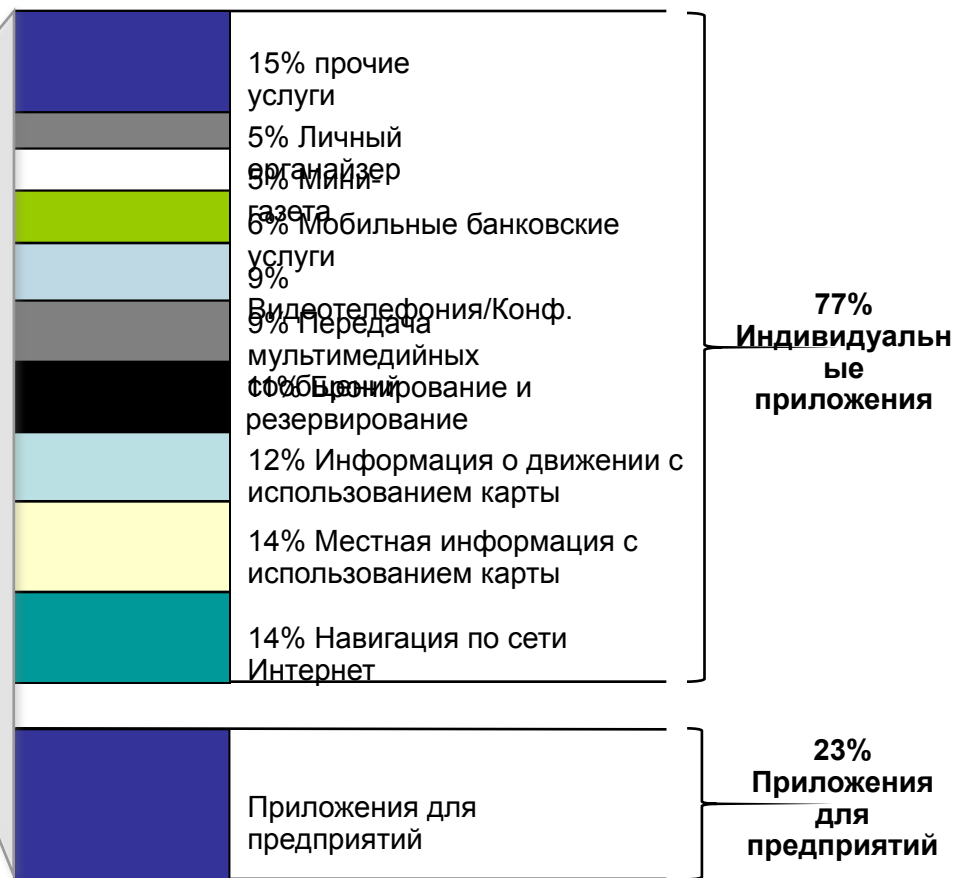
# Потенциал среднего дохода от пользователя мобильной связи

Западноевропейский  
ARPU  
(ЕВРО/месяц)



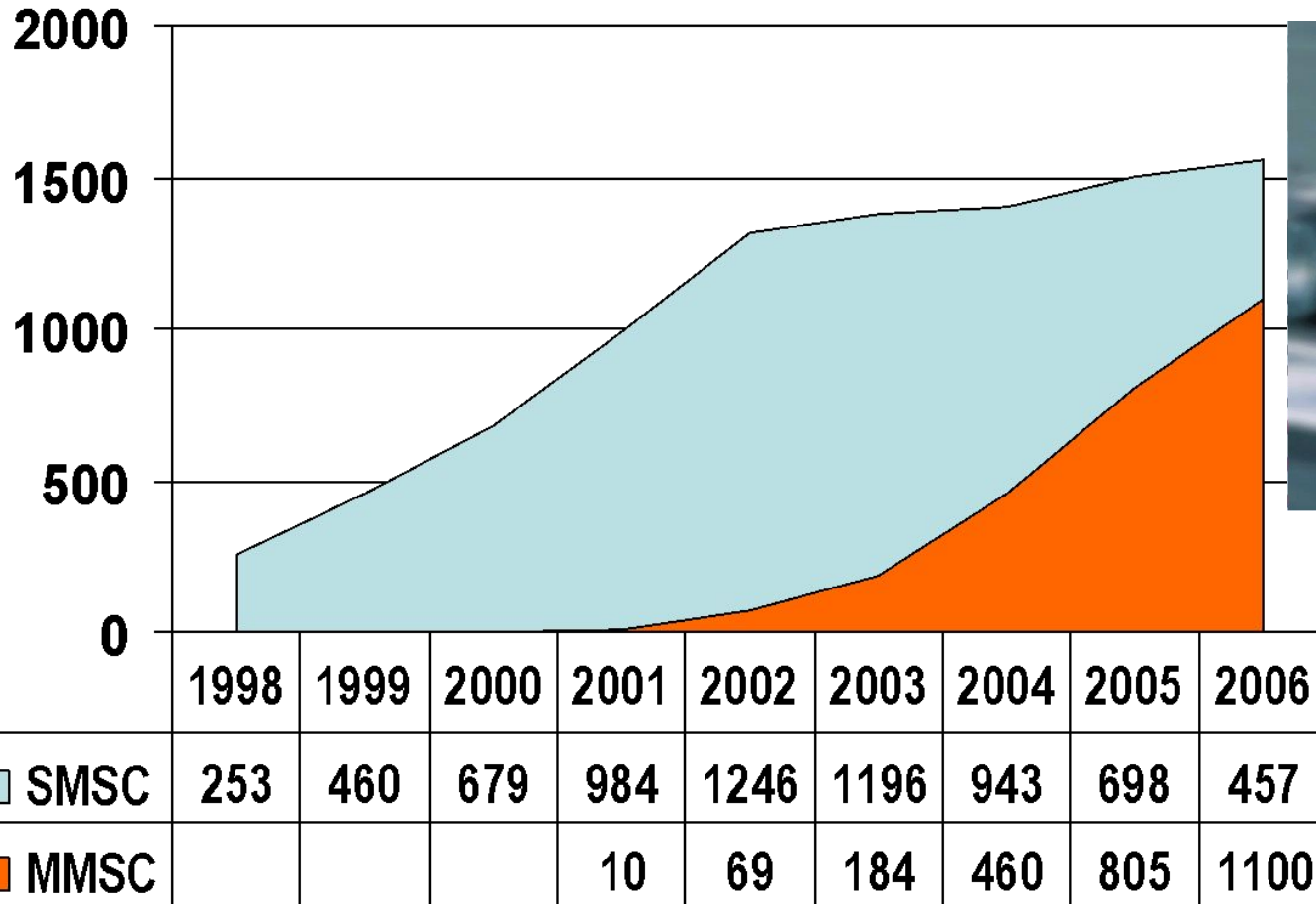
■ Речь  
■ SM  
■ Данные (без SMS)  
■ От аппарата на аппарат

Источник: Siemens



# Возрастающая важность мультимедийных приложений

- Доходы поставщиков SMSC/MMSC [млн. ЕВРО], по всему миру



## SMSC:

Центр коротких сообщений

## MMSC:

Центр мультимедийных сообщений

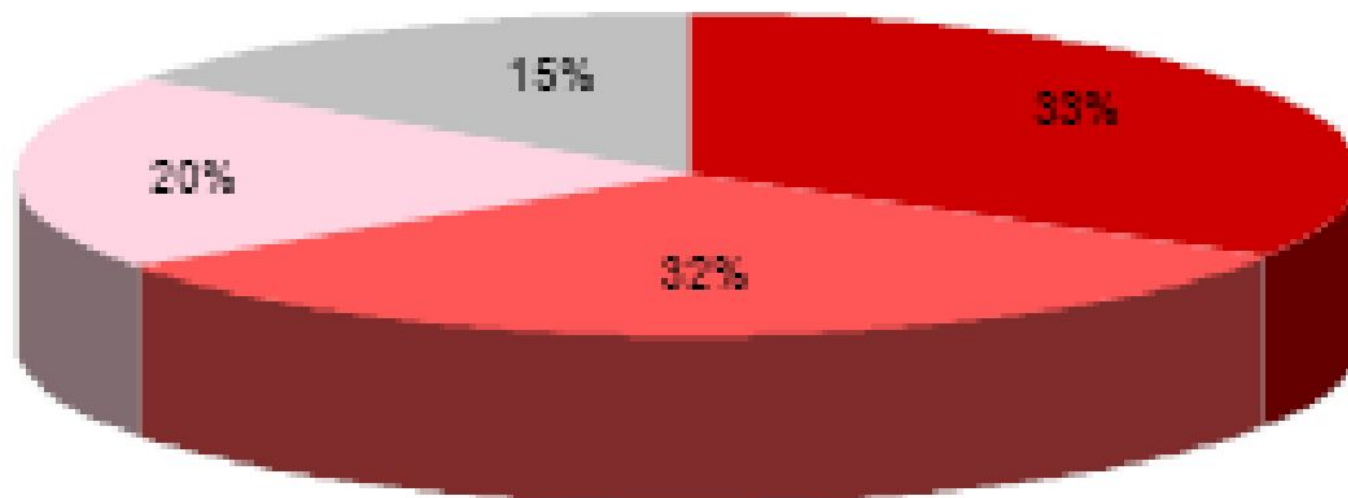
Источник: UBS Warburg, 01/02



# Мобильные сети в России

- Число действующих SIM-карт – 182 млн
- Уровень проникновения – 126%
- Вымпелком, МТС и Мегафон – 85%
- МТС – 65млн; Вымпелком – 48 млн; Мегафон – 44 млн
- Остальные игроки: Теле2 (2002), GSM1800
- 4 поколение – Скартел (Йота) и Комстар-ОТС

## Основные игроки рынка



■ МТС ■ Вымпелком ■ Мегафон ■ Остальные