



# «Особенности использования радиочастотного спектра в сетях мобильной связи технологий LTE и LTE Advanced»



Заместитель Генерального директора по инновационным технологиям ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ»,  
Председатель отделения ИТТ РАЕН д.э.н., профессор Тихвинский В.О.



# Рассматриваемые вопросы

- **Внедрение и строительство сетей LTE**
- **Использование спектра сетями LTE в России**
- **Предпосылки создания LTE в России**
- **Создание опытных зон LTE**
- **Стандартизация технологий LTE и LTE Advanced**
- **Влияние на развитие сетей 3G**



# О Центре компетенции ОАО «Связьинвест» (ЦИТУ ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ»)

## Задачи Центра инновационных технологий и услуг

- Информационно-аналитические задачи мониторинга инновационных технологий (решений) и технико-экономический анализ результатов их внедрения в компаниях группы ОАО «Связьинвест»;
- Разработка предложений по технологической стратегии и единой технической политике развития компаний группы ОАО «Связьинвест»;
- Информационно-техническая поддержка федеральных проектов, направленных на развитие сетевой инфраструктуры компаний группы ОАО «Связьинвест» в рамках реализации единой технической политики, а также внедрение услуг и сервисных платформ федеральном уровне сетей компаний;
- Организация и проведение консультаций и обучения персонала компаний группы ОАО «Связьинвест» особенностям внедряемых инновационных технологий в сфере телекоммуникаций.



# Состояние рынка услуг мобильного БЩД LTE в мире



Первые LTE операторы, появившиеся в 2009 г. и в 2010 г.:

- **Verizon Wireless, CenturyTel, MetroPCS (США)** (полосы частот: 698-716 МГц/728-746 МГц, 777-787 МГц/746-756 МГц, 788-798 МГц/758-768 МГц);
- **TeliaSonera (Швеция) – 2,6 ГГц (Осло, Стокгольм)** (2x20 МГц в полосах частот 2500-2570 МГц/ 2620-2690 МГц) и 1800 МГц(БС - Huawei, модемы – Samsung, скорости - 50 МБит/с) ;
- **SmarTone-Vodafone (Гонг-Конг) – 900/1800 МГц (2x20 МГц в полосах частот 2500-2570 МГц/ 2620-2690 МГц) и 1800 МГц(БС - Huawei, модемы – Samsung, скорости - 50 МБит/с);**
- **China Mobile (Шанхай- выставка ЭКСПО-2010) – 2300-2400 МГц.**

Основная услуга – высокоскоростная широкополосная передача данных со скоростями 50-70 мБит/с. До настоящего времени в сетях не используется роуминг из-за различия в частотных диапазонах и отсутствия многомодовых абонентских устройств



# Потребности в дополнительном спектре для LTE (IMT-Advanced)

- Успехи 3GPP и ETSI в разработке и стандартизации UMTS, завершивших работы в рамках Release 8 (LTE - Long Term Evolution);
- Развитие мобильного WiMAX (IEEE 802.16e) как альтернативной технологии и возможности его конвергенции;
- Исследования, проведенные Сектором радиосвязи МСЭ-Р (отчет ITU-R Report M.2078 (IMT.ESTIMATE)), показали, что общая потребность в радиочастотном спектре к 2020 году может составить :
- 1280 МГц (низкий спрос рынка) и 1720 МГц (высокий спрос рынка) , включая, уже использующиеся полосы для мобильных сетей.



# Диапазоны частот LTE

## Полосы FDD(17)

№, диа-пазона	Частоты UL/DL, МГц	№, диа-пазона	Частоты UL/DL, МГц
1	1920-1980/2110-2170	11	1427.9-1452.9/ 1475.9 -1500.9
2	1850-1910/1930-1990	12	698 - 716/728-746
3	1710-1785/1805-1880	13	777 - 787 /746-756
4	1710-1755/2110-2155	14	788 -798/758-768
5	824-849/869-894	15	Зарезервирован
6 <sup>1</sup>	830-840/875-885	16	Зарезервирован
7	2500-2570/2620-2690	17	704 – 716/734-746
8	880-915/925-960	18	815 – 830/860-875
9	1749,9-1784,9/1844,9-1879,9	19	830 – 845/875-890
10	1710-1780/2110-2170		

## Полосы TDD(8)

Диапазон	Частоты ,МГц
33	1900 МГц –1920 МГц
34	2010 МГц –2025 МГц
35	1850 МГц –1910 МГц
36	1930 МГц –1990 МГц
37	1910 МГц –1930 МГц
38	2570 МГц –2620 МГц
39	1880 МГц –1920 МГц
40	2300 МГц –2400 МГц

**Источник:**  
**3GPP TS 25.104**  
**3GPP TS 25.105**



# Диапазоны частот LTE Advanced

## Полосы FDD(22)

№, диа-пазона	Частоты UL/DL, МГц	Диа-пазон	Частоты UL/DL, МГц
1	1920-1980/2110-2170	11	1427.9-1452.9/ 1475.9 -1500.9
2	1850-1910/1930-1990	12	698 - 716/728-746
3	1710-1785/1805-1880	13	777 - 787 /746-756
4	1710-1755/2110-2155	14	788 -798/758-768
5	824-849/869-894	17	704 – 716/734-746
6 <sup>1</sup>	830-840/875-885	18	815 – 830/860-875
7	2500-2570/2620-2690	19	830 – 845/875-890
8	880-915/925-960	20	832-862/791-821
9	1749,9-1784,9/1844,9-1879,9	21	1447.9 -1462.9 /1495.9 -1510.9
10	1710-1780/2110-2170	22	3410-3500/3510-3600

## Полосы TDD(9)

Диапазон	Частоты ,МГц
33	1900 –1920 МГц
34	2010 –2025 МГц
35	1850 –1910 МГц
36	1930 –1990 МГц
37	1910 –1930 МГц
38	2570 –2620 МГц
39	1880 –1920 МГц
40	2300 –2400 МГц
41	3400-3600 МГц

Источник:  
3GPP TS 25.104  
3GPP TS 25.105



## Особенности использования диапазона 700 МГц для сетей LTE

Полосы частот диапазона 700 МГц:

698-716 МГц/728-746 МГц (полоса 12);

777-787 МГц/746-756 МГц (полоса 13);

788-798 МГц/758-768 МГц (полоса 14)

704-716 МГц/734-746 МГц (полоса 17).

- Полосы предназначены для использования в Районе 2;
- Полосы 12-14 используются при создании сетей LTE в США, а полоса 17 не задействована для развития.
- Полосы 12-14, 17 поддерживают только режим FDD .





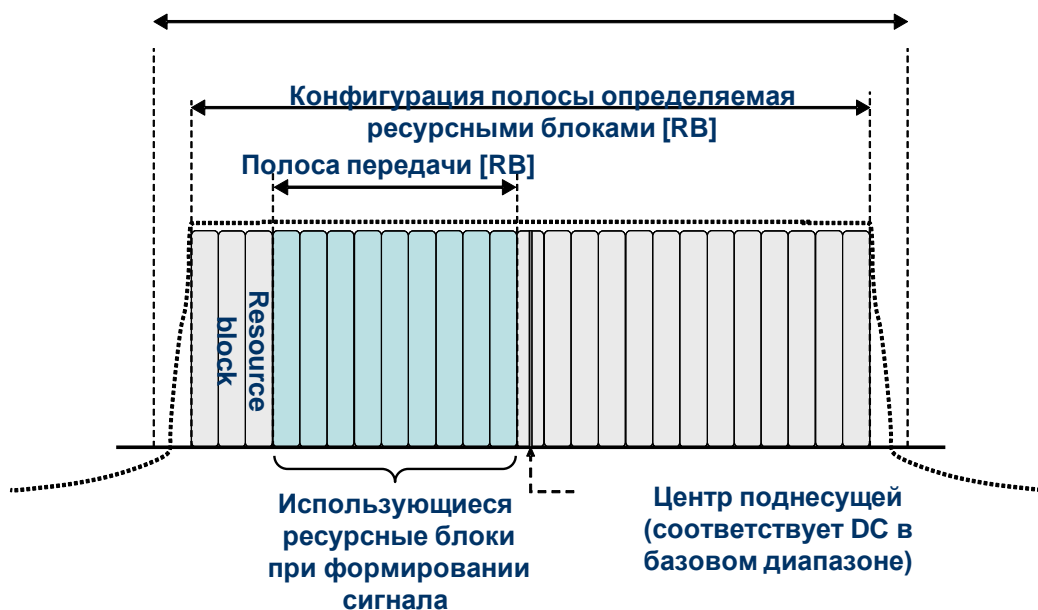
# Использование полос «цифрового дивиденда» для сетей UMTS/LTE

790-791	791-796	796-801	801-806	806-811	811-816	816-821	821-832	832-837	837-842	842-847	847-852	852-857	857-862
Защитная полоса	Линия вниз						Дуплексный интервал	Линия вверх					
1 МГц	30 МГц (6 блоков по 5 МГц)						11 МГц	30 МГц (6 блоков по 5 МГц)					

Особенности использования полосы «цифрового дивиденда» 790-862 МГц и частотного плана определены Решением ЕСС/DEC/(09)03 :  
инверсный FDD (обратные полосы передачи и приема) для снижения влияния абонентских терминалов (АТ) на РЭС цифрового ТВ не должны быть смешаны FDD и TDD в одном частотном плане;  
необходимость определения размера частотных блоков для LTE;  
необходимость определения шага сетки частот в Плане (1 МГц или 2 МГц);  
защитная полоса FDD (между дуплексными полосами) – более 10 МГц (лучше 12 МГц);  
требуются дополнительные фильтры для развязки каналов DL-UL (устранение перетекания мощности из-за близости дуплексных полос).



# Частотные каналы LTE



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



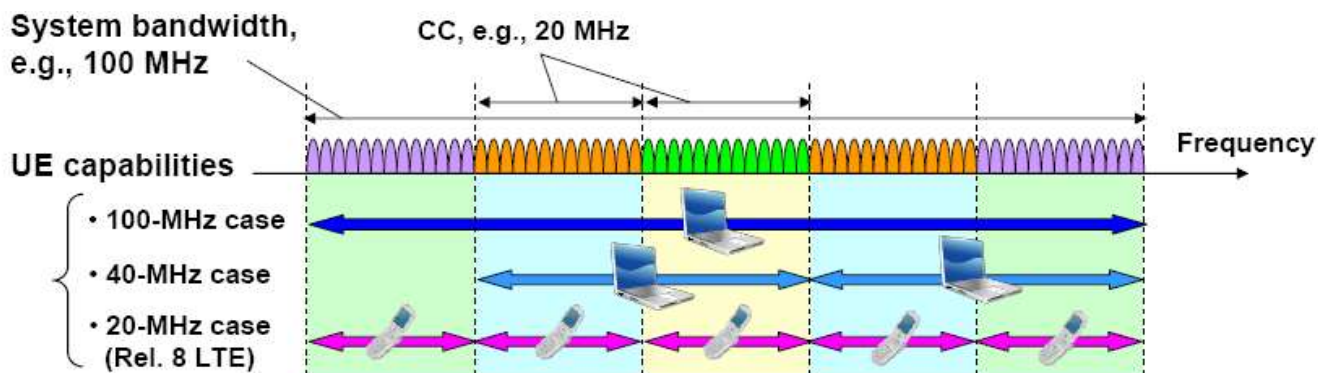
# Пиковые скорости передачи данных в LTE при разной ширине канала

Ширина канала, МГц	Пиковая скорость передачи данных, Мбит/с (без MIMO)		
	QPSK	16QAM	64QAM
1,4	1,83	4,9	5,5
3	5	9,17	13,76
5	7,6	15,3	22,9
10	15,3	30,6	45,9
15	22,9	45,9	68,8
20	30,6	61,2	91,7



# Сценарии использования частотных каналов 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





## Возможности различных диапазонов частот для внедрения сетей LTE в России

- Диапазон 900 МГц – доступный ресурс 35 МГц, используется как правило 2-4 операторами с полосами менее 10 МГц. Типовой сценарий возможного использования – каналы LTE с шириной 1,4 - 5 МГц.
- Диапазон 1800 МГц – доступный ресурс 75 МГц, используется как правило 2-4 операторами «второй волны GSM» с полосами более 10 МГц. Типовой сценарий возможного использования – каналы LTE с шириной 5 - 10 МГц.
- Диапазон 2100 МГц – доступный ресурс 60 МГц, используется как правило операторами UMTS с полосами более 10 МГц. Типовой сценарий возможного использования – каналы LTE с шириной 5 - 10 МГц.
- Диапазон 2600 МГц – доступный ресурс для режима FDD -70 МГц, определен как диапазон WAPECS и допускает использование других технологий. Типовой сценарий возможного использования – каналы LTE /FDD с шириной 5, 10, 15 МГц.



# Создание опытных зон LTE в мире



Страна	Оператор
Аргентина	Telefonica
Австралия	Optus
Бельгия	Telenet
Бразилия	Telefonica
Венгрия	Pannon
Венгрия	T-Mobile Hungary
Великобритания	O2(Telefonica)
Германия	O2(Telefonica)
Испания	Telefonica
Индонезия	Telkomsel

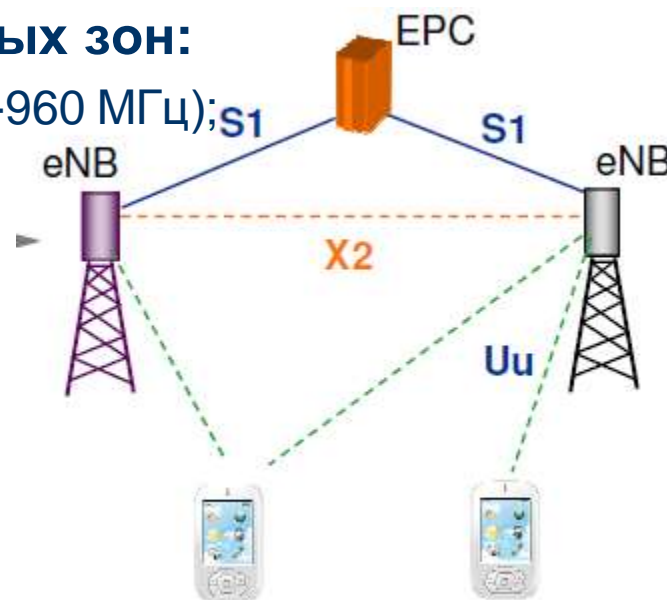
Страна	Оператор
Испания	Telefonica
Казахстан	ВымпелКом
Словакия	Q2(Telefonica)
Сингапур	SingTei
Украина	MTC
Филиппины	Globe Telecom
Филиппины	Smart
Франция	Bouygues Telecom
Чехия	Q2(Telefonica)
Чили	Movistar
Чили	Entel PCS



# Создание опытных зон LTE в России

Решением ГКРЧ № 10-06 от 19 февраля 2010 г. определены:

- **Субъекты РФ для развертывания опытных зон** (Ростовская, Свердловская, Костромская области, Приморский край);
- **Полосы радиочастот для опытных зон:**
  - 698-960 МГц (698-746/790-862/880-960 МГц);
  - 1710-2100 МГц;
  - 2300-2400 МГц;
  - 2500-2690 МГц.





# Итоги конкурса на использование полосы радиочастот 2300-2400 МГц



**Конкурс был проведен на основании Решения ГКРЧ от 19 августа 2009 г. № 09-04-05-1:**

Для создания сетей мобильного беспроводного доступа в полосе радиочастот 2300-2400 МГц было выделено 30 МГц для одного оператора связи;

На конкурс было выставлено 40 лотов по 40 субъектам РФ;

Создание сети мобильного беспроводного доступа должно проводиться с использованием оборудования отечественного производства с режимом TDD;

Победители конкурса ОАО «Вайнах Телеком» (Чеченская республика), ОАО «Сибирь Телеком» (Кемеровская область) и ОАО «Ростелеком» (38 субъектов РФ)





# Локализация оборудования LTE ведущих вендеров в России

Требования к Национальному (отечественному) производителю радиоэлектронной аппаратуры.

- Уровень локализации производства продукции не менее 40%. Перечень позиций предлагаемых к локализации при производстве продукции приведен в приложении № 1. Требования к уровню локализации с течением времени должны увеличиваться. Уровень локализации продукции предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$Ул = (1 - И/С) * 100\%, \text{ при этом } 0 < И < С$$

где: Ул - уровень локализации продукции;

И - валютная стоимость импортируемого сырья, материалов и комплектующих;

С - производственная себестоимость единицы продукции.

- Не менее 80% всего объема выпускаемой продукции, выраженного в рублях, должно приходиться на продукцию 85 группы кодов ТНВЭД.



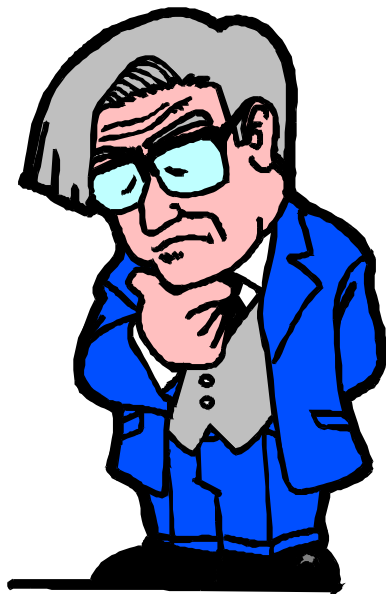
# Последствия внедрения оборудования LTE на сетях мобильной связи



- Необходимость модернизации транспортной сети ( от  $n \times E1$  на БС к Ethernet over PDH (Fast Ethernet) для увеличения пропускной способности до 100-120 Мбит/с в интерфейсе S1 (eNB-MME)
- Выделение частотного ресурса  $20 \text{ МГц} \times 3 = 60 \text{ МГц}$
- Трудности миграции от 3G: Полная замена сети радиодоступа LTE и базовой сети SAE (EPC)



# Что внедрять ? - LTE TDD vs. LTE FDD



- **LTE FDD:**

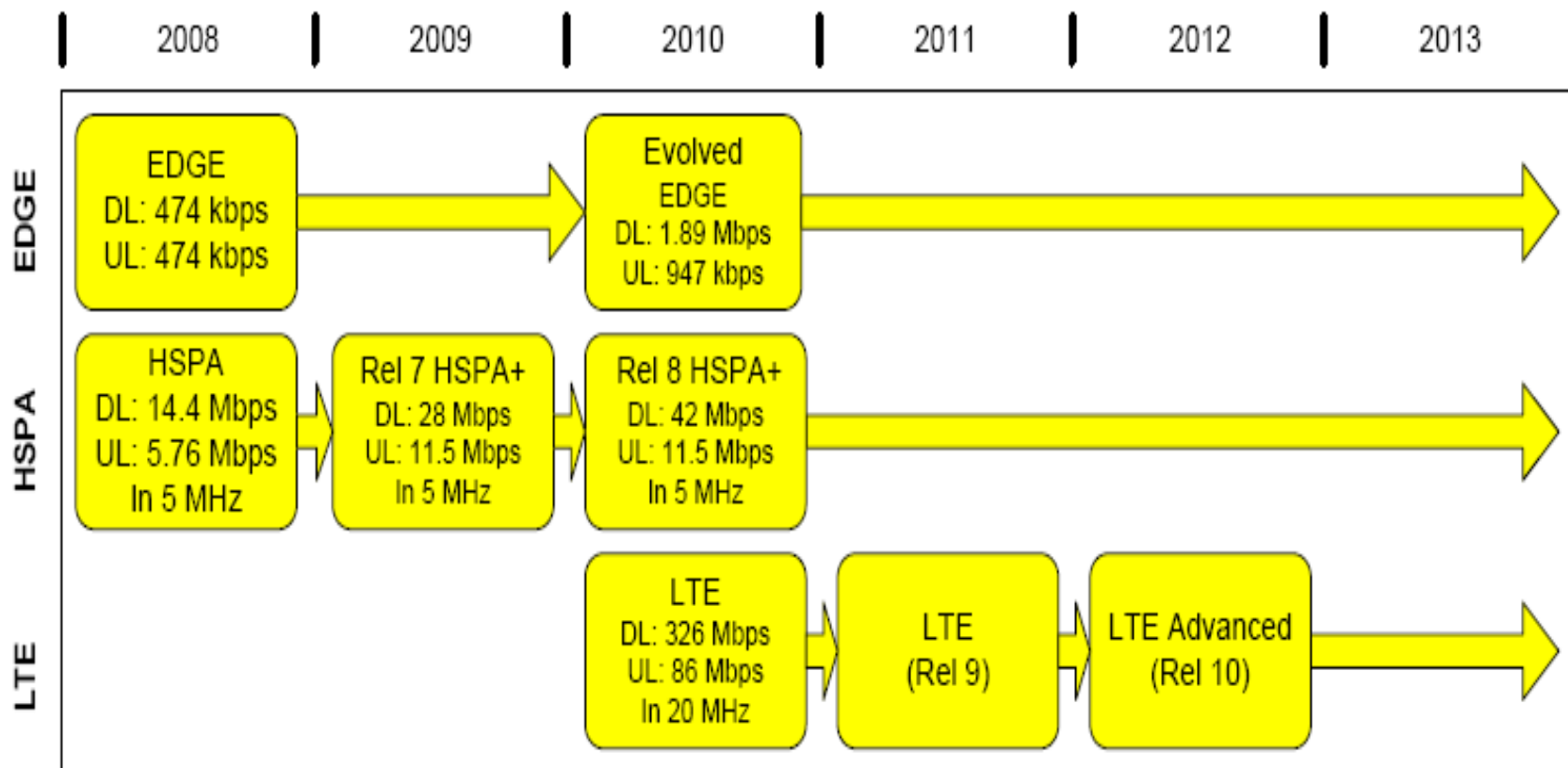
- простота передачи речи;
- легче реформировать традиционные диапазоны;
- более низкая задержка в сети;
- сложность в применении MIMO 4x4 и 4x8.

- **LTE TDD:**

- экономия спектра и платы за его использование;
- легче адаптировать к несимметричному трафику;
- более высока задержка в сети;



# Взаимосвязанное развитие 3G и LTE





# Основные производители и поставщики оборудования LTE



Анонсировано в ходе конгресса MWC-2010 строительство 59 сетей:

- Компания Alcatel-Lucent – 40 контрактов на создание сетей LTE в мире;
- Компания Ericsson – 5 контрактов на создание сетей AT&T (США), Verizon (США), TeliaSonera (Норвегия и Швеция), MetroPCS (США) и DoCoMo (Япония).
- Компания Motorola – выпустила базовую станцию WBR 700 для диапазонов 700 и 2600 МГц.
- Компания NEC – выпустила самую маленькую базовую станцию LTE.

# Абонентские терминалы LTE



**Анонсировано в ходе конгресса MWC-2010 несколько моделей:**

- **Компания Samsung** – первый в мире LTE ноутбук серии N150 с экраном 25 см; Модем, работающий в сетях LTE/FDD в Осло и Стокгольме в диапазоне 2.6 ГГц.
- **Компания HUAWEY** – заявила о выпуске в марте трехмодового LTE модема E398(чип-сет Qualcomm), позволяющего работу в сетях EDGE/HSPA/LTE
- **Компания Sequance** – планирует в мае выпустить модем для оператора China Mobile для сети LTE/TDD диапазона 2,3 ГГц.
- **ST-Ericsson** – планирует в второй половине года выпустить модем LTE/HSPA для оператора China Mobile



# Новая книга ЦИТУ ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ»



Рассмотрен опыт международного регулирования использования радиочастотного спектра для сетей LTE/UMTS с учетом гибкого подхода к управлению использованием спектра в Европе и политика технологической нейтральности EC WAPECS для беспроводных сетей связи. Изложены особенности построения радиоинтерфейса LTE и основные требования к функционированию радиоинтерфейса LTE, а также рассмотрена структура радиоинтерфейса E-UTRA при использовании технологий множественного доступа OFDMA и SC-FDMA. Показаны особенности построения архитектуры базовой сети SAE и входящих в нее функциональных элементов сети LTE, раскрыты вопросы управления радиоресурсами в сети LTE, адресации, идентификации и нумерации. Проанализированы возможности технологии MIMO, изложены основы использования пространственно-временного кодирования для технологии MIMO и принципы построения систем связи с антеннами MIMO. Рассмотрены вопросы взаимодействия сетей LTE с различными сетями мобильной связи GSM/UMTS/CDMA-2000, варианты присоединения и использования интерфейсов SAE/LTE. Изложены принципы нумерации и маршрутизации вызовов при установлении соединений в сети UMTS/IMS.



# Заключение

В России созданы предпосылки для развертывания сетей LTE, однако необходимо дальнейшее совершенствование нормативно-правовой базы отрасли.

Основными диапазонами первого этапа развития LTE в России станут диапазоны:

- 2300-2400 МГц ( Со стратегией использования непарной полосы TDD шириной 30 МГц);
- 2500-2690 МГц ( Со стратегией парной полосы FDD- UL: 2.5-2.57 ГГц/ DL: 2.62-2.69 ГГц).

Диапазоны 790-862 и 900/1800 МГц будут использоваться как дополнительные с приоритетом диапазона 900 МГц с позиций регуляторов и вендоров.

Приоритеты инвестиционной активности операторов в развитии 3G и 4G будут определяться технологическими успехами вендоров в реализации услуг и формировании спроса на эти услуги.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



**[www.giprosvyaz.ru](http://www.giprosvyaz.ru)**  
**[www.raenitt.ru](http://www.raenitt.ru)**

**GSM +7 926 6820606**  
**тел. +7 499 1924486**  
**[vtniir@mail.ru](mailto:vtniir@mail.ru)**  
**[v.tikhvinskiy@giprosvyaz.ru](mailto:v.tikhvinskiy@giprosvyaz.ru)**