

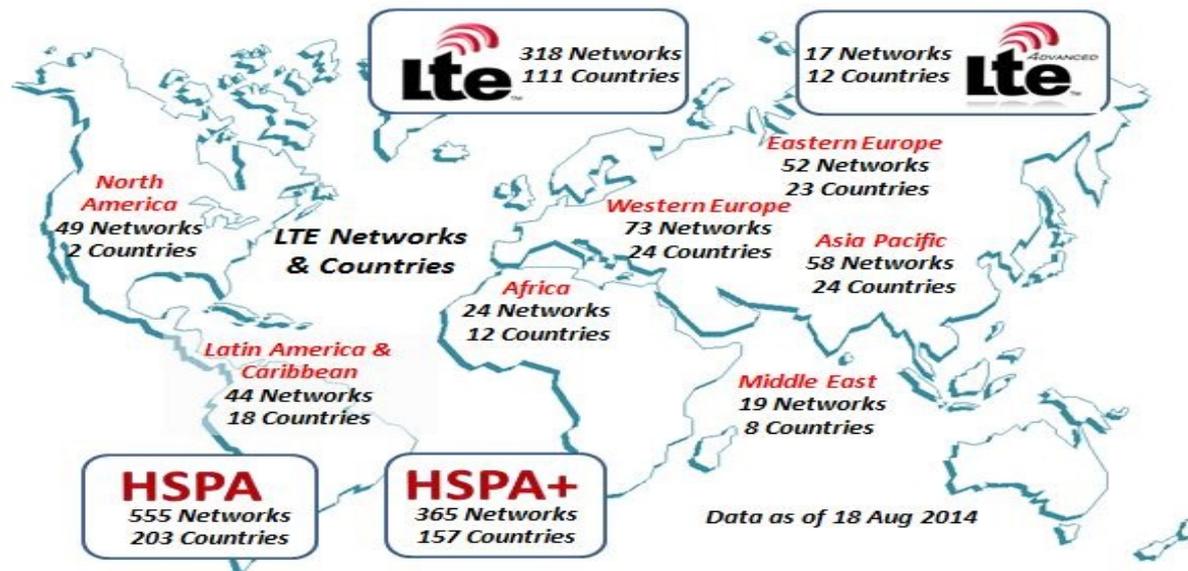


на шаг вперед

АГРЕГИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЧС – БУДУЩЕЕ СЕТЕЙ ИМТ

Скрынников В.Г., эксперт ОАО «Мобильные ТелеСистемы», член-корреспондент РАЕН,
кандидат технических наук

Региональный обучающий семинар МСЭ для стран СНГ
«Перспективы развития инфокоммуникаций: технологии и вопросы регулирования сектора».
23- 24 сентября 2014 года, г. Астана, Республика Казахстан



Коммерческие сети LTE-Advanced

Страна/оператор	Статус сети LTE-Advanced	Агрегируемые полосы частот
Австралия (Telstra)	C агрегированием частот, 300 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 20 МГц B28 (700 МГц)
Нидерланды (KPN)	C агрегированием частот, 150 Мбит/с	B3 (1800 МГц)+; B20 (800 МГц)
Россия ("МегаФон")	C агрегированием частот, 300 Мбит/с	20 МГц B7 (2600 МГц)+; 20 МГц B7 (2600 МГц)
Саудовская Аравия (STC)	TDD	B40 (2300 МГц)
Сингапур (SingTel)	C агрегированием частот, 300 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 20 МГц B7 (2600 МГц)
США (AT&T)	C агрегированием частот	B4 (1700 МГц)+; B17 (700 МГц)
США (Sprint)	C агрегированием частот (FDD/TDD)	B25 (1900 МГц)+; B26 (850 МГц)+; B41 (2600/TDD)
Франция (Bouygues Tel)	C агрегированием частот, 225 Мбит/с	15 МГц B3 (1800 МГц)+; 15 МГц B7 (2600 МГц)
Франция (Orange)	C агрегированием частот, 225 Мбит/с	10 МГц B20 (800 МГц)+; 20 МГц B7 (2600 МГц)
Чехия (O2 Czech Republic)	C агрегированием частот, 185 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 10 МГц B20 (800 МГц)
Чехия (T-Mobile)	C агрегированием частот, 225 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 10 МГц B20 (800 МГц)
Швейцария (Swisscom)	C агрегированием частот, 300 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 20 МГц B7 (2600 МГц)
Ю. Корея (LG U Plus)	C агрегированием частот	20 МГц B5 (850 МГц)+; 20 МГц B1 (2100 МГц)
Ю. Корея (KT)	Тестовые испытания (три полосы частот)	B5 (850 МГц)+; B1 (2100 МГц)+; B7 (2600 МГц)
Ю. Корея (KT)	C агрегированием частот	10 МГц B3 (1800 МГц)+; 10 МГц B8 (900 МГц)
Ю. Корея (SK Telecom)	C агрегированием частот, 225 Мбит/с	20 МГц B3 (1800 МГц)+; 20 МГц B7 (2600 МГц)
Япония (KDDI)	C агрегированием частот	B1 (2100 МГц)+; B18 (850 МГц)

По оценкам Международной ассоциации производителей оборудования для мобильных сетей GSA (*Global mobile Suppliers Association*), пик запуска новых сетей LTE в мире пришелся на 2012 год, в течение этого года их количество увеличилось втрое. В 2013 году развитие сетей LTE перешло из количественной в качественную фазу, а в ближайшие несколько лет начнется этап активного внедрения новой более прогрессивной технологии LTE-Advanced, в большей мере отвечающей требованиям современного рынка. По состоянию на конец июля 2014 года в сети с технологией LTE-Advanced инвестировали 69 операторов.



на шаг впереди

РАДИОЧАСТОТНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ IMT

Идентифицированные полосы радиочастот для UMTS/HSPA+

Класс (номер) полосы частот	Полоса Uplink (UL) (передача АТ, прием БС), МГц	Полоса Downlink (DL) (передача БС, прием АТ), МГц
I	1920—1980	2110—2170
II	1850—1910	1930—1990
III	1710—1785	1805—1880
IV	1710—1755	2110—2155
V	824—849	869—894
VI	830—840	875—885
VII	2500—2570	2620—2690
VIII	880—915	925—960
IX	1749,9—1784,9	1844,9—1879,9
X	1710—1770	2110—2170
XI	1427,9—1447,9	1475,9—1495,9
XII	699—716	729—746
XIII	777—787	746—756
XIV	788—798	758—768
XV	Зарезервировано	Зарезервировано
XVI	Зарезервировано	Зарезервировано
XVII	Зарезервировано	Зарезервировано
XVIII	Зарезервировано	Зарезервировано
XIX	830—845	875—890
XX	832—862	791—821
XXI	1447,9—1462,9	1495,9—1510,9
XXII	3410—3490	3510—3590
XXV	1850—1915	1930—1995
XXVI	814—849	859—894

Идентифицированные полосы радиочастот для LTE

Класс (номер) полосы частот	Полоса Uplink (UL) (передача АТ/прием БС), МГц	Полоса Downlink (DL) (передача БС/прием АТ), МГц	Дуплекс
1	1920—1980	2110—2170	FDD
2	1850—1910	1930—1990	FDD
3	1710—1785	1805—1880	FDD
4	1710—1755	2110—2155	FDD
5	824—849	869—894	FDD
6 ¹	830—840	875—885	FDD
7	2500—2570	2620—2690	FDD
8	880—915	925—960	FDD
9	1749,9—1784,9	1844,9—1879,9	FDD
10	1710—1770	2110—2170	FDD
11	1427,9—1447,9	1475,9—1495,9	FDD
12	699—716	729—746	FDD
13	777—787	746—756	FDD
14	788—798	758—768	FDD
15	Зарезервировано	Зарезервировано	FDD
16	Зарезервировано	Зарезервировано	FDD
17	704—716	734—746	FDD
18	815—830	860—875	FDD
19	830—845	875—890	FDD
20	832—862	791—821	FDD
21	1447,9—1462,9	1495,9—1510,9	FDD
22	3410—3490	3510—3590	FDD
23	2000—2020	2180—2200	FDD
24	1626,5—1660,5	1525—1559	FDD
25	1850—1915	1930—1995	FDD
26	814—849	859—894	FDD
27	807—824	852—869	FDD
28	703—748	758—803	FDD
29	Не определено	717—728	FDD ²
30	2305—2315	2350—2360	FDD
31	452,5—457,5	462,5—467,5	FDD
...			
33	1900—1920	1900—1920	TDD
34	2010—2025	2010—2025	TDD
35	1850—1910	1850—1910	TDD
36	1930—1990	1930—1990	TDD
37	1910—1930	1910—1930	TDD
38	2570—2620	2570—2620	TDD
39	1880—1920	1880—1920	TDD
40	2300—2400	2300—2400	TDD
41	2496 2690	2496 2690	TDD
42	3400—3600	3400—3600	TDD
43	3600—3800	3600—3800	TDD
44	703—803	703—803	TDD

1. Полоса 6 неприменима.
2. Полоса DL соединяется с внешней полосой UL

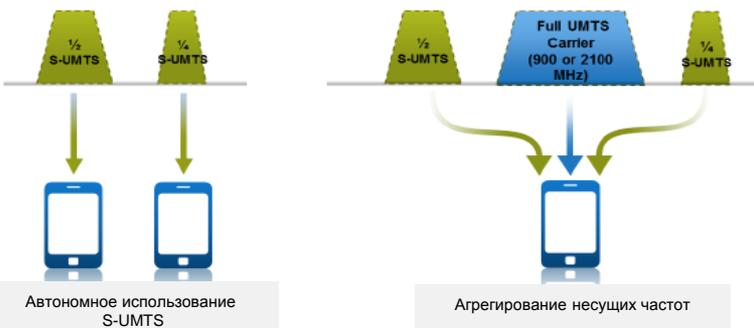


на шаг впереди

СТАНДАРТЫ 3GPP В ОБЛАСТИ АГРЕГИРОВАНИЯ СПЕКТРА

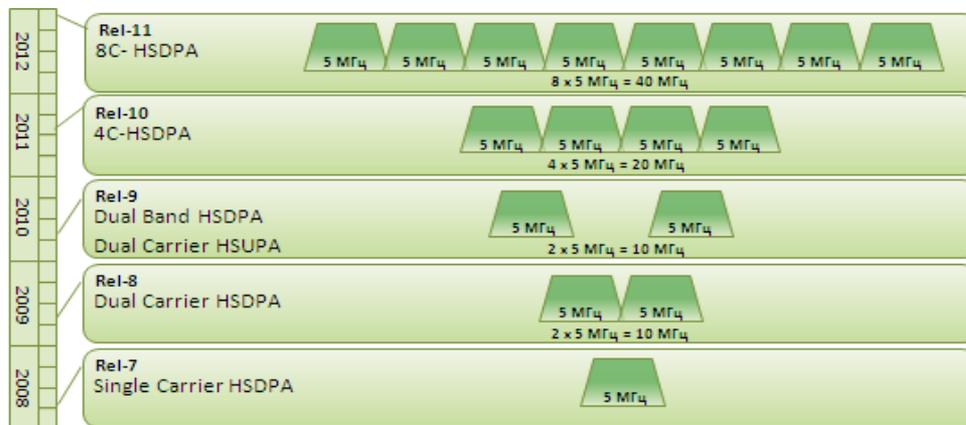
UMTS/HSPA+

HSPA+	LTE-Advanced
TS 25.104 (2013 г.)	TR 36.815 (2010 г.)
TS 25.327 (2013 г.)	TR 36.808 (2013 г.)
TR 25.864 (2011 г.)	TS 36.133 (2013 г.)
	TS 36.300 (2013 г.)
	TR 36.823 (2013 г.)
	TR 36.833- (1—03, 1—07, 1—23, 1—27, 1—38, 1—39, 1—41, 2—03, 2—04, 2—07, 2—23, 2—25, 4—04, 5—41)
	TR 36.847 (2013 г.)
	TR 36.850 (2013 г.)
	TR 36.851 (2013 г.)
	TR 36.853 (Rel-12 в разработке)
	TR 36.860 (2013 г.)



(a)

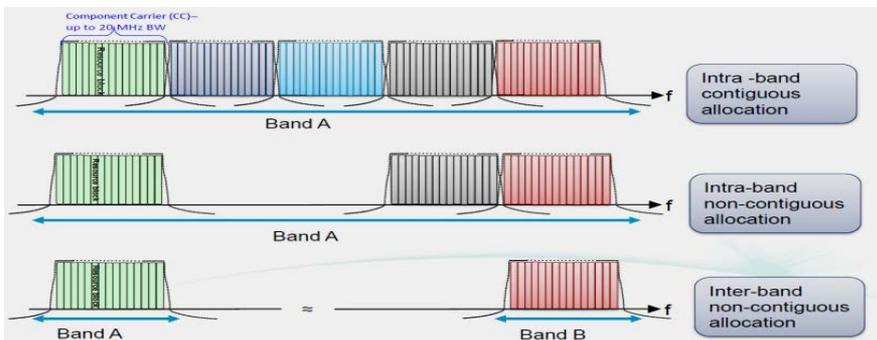
(b)



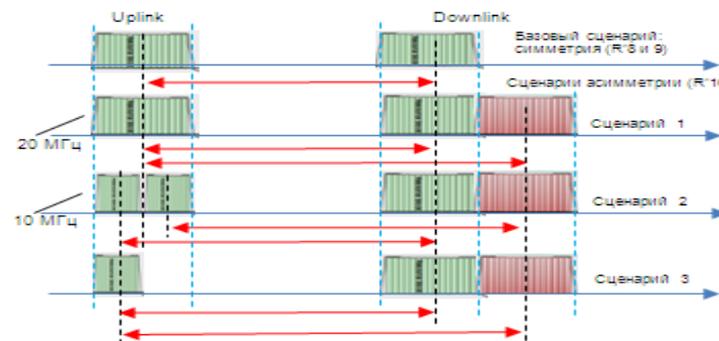
LTE-Advanced



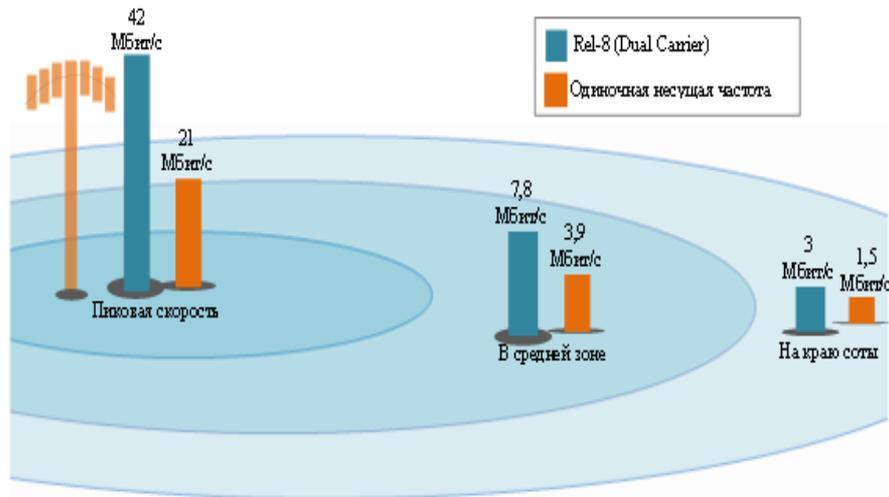
Виды агрегирования полос радиочастот



Асимметрия частотных компонент



Предельно достижимые скорости передачи данных в HSPA+



Конфигурации агрегирования DB-DC-HSDPA

Конфигурация DB-DC-HSDPA	Полоса А	Полоса В	Rel 3GPP
1	I (2100 МГц)	VIII (900 МГц)	Rel-9
2	II (1900 МГц)	IV (1,7/2,1 ГГц)	Rel-9
3	I (2100 МГц)	V (850 МГц)	Rel-9
4	I (2100 МГц)	XI (1500 МГц)	Rel-10
5	II (1900 МГц)	V (850 МГц)	Rel-10

Конфигурации агрегирования 4C-HSDPA для разных полос частот

Конфигурация 4C-HSDPA*	Полоса А	Полоса В	Количество комбинируемых несущих частот	Rel 3GPP
I-3	I (2100 МГц)	Не определена	3	Rel-10
II-3	II (1900 МГц)	Не определена	3	Rel-11
II-4	II (1900 МГц)	Не определена	4	Rel-11
I-2—VIII-1	I (2100 МГц)	VIII (900 МГц)	2+1	Rel-10
I-3—VIII-1			3+1	
I-2—VIII-2			2+2	
I-1—VIII-2			1+2	Rel-11
I-1—V-2			1+2	
I-2—V-1	II (1900 МГц)	IV (1,7/2,1 ГГц)	2+1	Rel-10
I-2—V-2			2+2	
II-1—IV-2			1+2	
II-2—IV-1			2+1	Rel-11
II-2—IV-2			2+2	
II-1—V-2	II (1900 МГц)	V (850 МГц)	1+2	Rel-11

Конфигурации агрегирования несмежных несущих частот в общей полосе

Конфигурации 4C-HSDPA (общая полоса)	Полоса	Количество комбинируемых несущих частот	Защитная полоса между блоками несущих частот, МГц	Rel 3GPP
I-1—5—1	I (2100 МГц)	1+1	5	Rel-11
I-2—5—1		2+1	5	
I-3—10—1		3+1	10	
IV-1—5—1	IV (1,7/2,1 ГГц)	1+1	5	
IV-2—10—1		2+1	10	
IV-2—15—2		2+2	15	
IV-2—20—1		2+1	20	
IV-2—25—2		2+2	25	



на шаг впереди

АГРЕГИРОВАНИЕ СПЕКТРА В LTE-Advanced

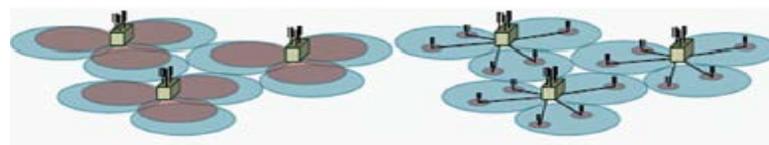
Конфигурации агрегирования в общей полосе частот (Rel-10/11)

Intra-band Carrier Aggregation				
Конфигурации	Номер полосы	Частоты, МГц	Дуплекс	Rel 3GPP
1	1	1920—1980/ 2110—2170	FDD	Rel-10
2	38	2570—2620		Rel-11
3	40	2300—2400	TDD	Rel-10
4	41	2496—2690		Rel-11

Конфигурации агрегирования в разных полосах частот для FDD (Rel-11)

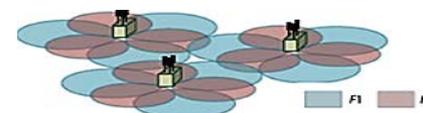
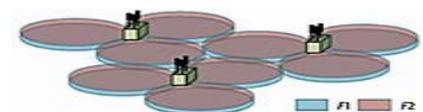
Inter-band Carrier Aggregation				
Конфигурации	Номера полос	Частоты, МГц	Инициатор	
1	1+5	1920—1980/2110—2170 824—849/869—894	Не определен	
2	1+18	1920—1980/2110—2170 815—830/860—875	KDDI	
3	1+19	1920—1980/2110—2170 830—845/875—890	NTT DoCoMo	
4	1+21	1920—1980/2110—2170 1447,9—1462,9/1495,9—1510,9	NTT DoCoMo	
5	2+17	1850—1910/1930—1990 704—716/734—746	AT&T	
6	3+5	1710—1785/1805—1880 824—849/869—894	SK Telecom	
7	3+7	1710—1785/1805—1880 2500—2570/2620—2690	TeliaSonera	
8	3+8	1710—1785/1805—1880 880—915/925—960	KT	
9	3+20	1710—1785/1805—1880 832—862/791—821	Vodafone	
10	4+5	1710—1755/2110—2155 824—849/869—894	AT&T	
11	4+7	1710—1755/2110—2155 2500—2570/2620—2690	Rogers Wireless	
12	4+12	1710—1755/2110—2155 699—716/729—746	Leap	
13	4+13	1710—1755/2110—2155 777—787/746—756	Ericsson	
14	4+17	1710—1755/2110—2155 704—716/734—746	AT&T	
15	5+12	824—849/869—894 699—716/729—746	US Cellular	
16	5+17	824—849/869—894 704—716/734—746	AT&T	
17	7+20	1710—1755/2110—2155 704—716/734—746	Orange (Huawei)	
18	8+20	880—915/925—960 832—862/791—821	Vodafone	
19	11+18	1427,9—1447,9/1475,9—1495,9 815—830/860—875	KDDI	

Возможные сценарии агрегирования в LTE-Advanced Скоординированное и распределенное агрегирование



Сценарии агрегирования

Сценарий	Агрегирование	Рис.
1	Скоординированное: агрегируются две частотные компоненты (F1 и F2) из одной полосы частот, обеспечивая одинаковую зону покрытия	а
2	Скоординированное: агрегируются две частотные компоненты (F1 и F2) из разных полос, принадлежащих разным диапазонам низких (F1) и высоких (F2) частот. Компонента F1 обеспечивает более широкое покрытие, а F2 — более высокую пропускную способность	б
3	Скоординированное: агрегируются две частотные компоненты (F1 и F2), но с разными направлениями излучения (разными антеннами) из разных полос частот. При этом улучшается качество покрытия и пропускная способность на границе соты. Может использоваться в интересах ЭМС	в
4	Нескоординированное: агрегируются две частотные компоненты (F1 и F2) из разных полос, принадлежащих разным диапазонам низких (F1) и высоких (F2) частот. Компонента F1 обеспечивает более широкое покрытие в макросоте, а F2 — более высокую пропускную способность в Small Cell (Hotspot)	г
5	Аналогично сценарию 2, но предполагает применение ретрансляционных узлов Relay Node [9] на одной из частотных компонент для расширения зоны покрытия в отдельных направлениях. Может также использоваться в интересах ЭМС	д

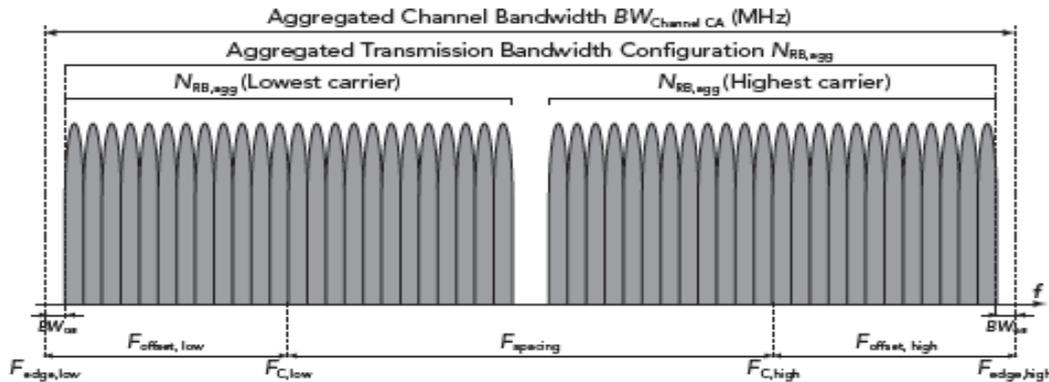




на шаг впереди

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Основные понятия



Классы агрегированных полос

Bandwidth Class	Aggregated Transmission Bandwidth Configuration	Maximum number of CC	Aggregated Bandwidth Equivalent
A	$N_{RB,agg} \leq 100$	1	Up to 20 MHz
B	$N_{RB,agg} \leq 100$	2	Up to 20 MHz
C	$100 < N_{RB,agg} \leq 200$	2	20 MHz to 40 MHz
D	$200 < N_{RB,agg} \leq [300]$	For Further Study	
E	$[300] < N_{RB,agg} \leq [400]$		
F	$[400] < N_{RB,agg} \leq [500]$		

Конфигурации агрегирования

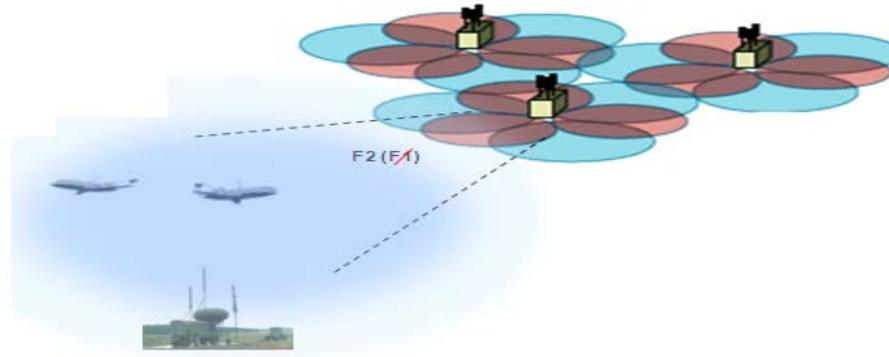
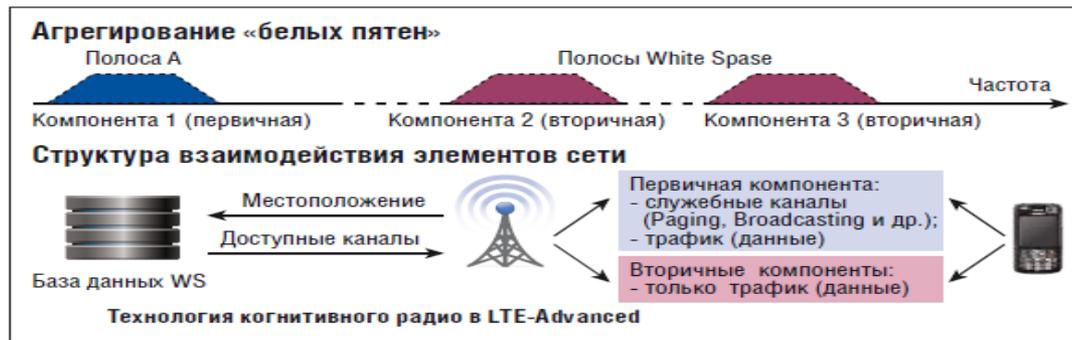
CA Configuration	E-URTA Bands	50RB+100RB (10 MHz + 20 MHz)	75RB + 100RB (15 MHz + 15 MHz)	75RB + 100RB (15 MHz + 20 MHz)	100RB + 100RB (20 MHz + 20 MHz)	Maximum aggregated bandwidth (MHz)	Bandwidth combination set
CA_1C	1		Yes		Yes	40	0
CA_7C	7		Yes		Yes		
CA_38C	38		Yes		Yes		
CA_40C	40	Yes	Yes		Yes	40	0
CA_41C	41	Yes	Yes	Yes	Yes	40	0

CA Configuration	E-URTA Bands	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	Maximum aggregated bandwidth (MHz)	Bandwidth combination set
CA_1A-5A	1				Yes			20	0
	5				Yes				
CA_1A-18A	1			Yes	Yes	Yes	Yes	0	0
	18			Yes	Yes	Yes	Yes		
CA_1A-19A	1			Yes	Yes	Yes	Yes	0	0
	19			Yes	Yes	Yes	Yes		
CA_1A-21A	1			Yes	Yes	Yes	Yes	35	35
	21			Yes	Yes	Yes	Yes		
CA_2A-17A	2			Yes	Yes				
	17			Yes	Yes				
CA_3A-5A	3				Yes	Yes	Yes	30	0
	5			Yes	Yes				
	3				Yes				
CA_3A-7A	3			Yes	Yes	Yes	Yes		
	7				Yes	Yes	Yes		
CA_3A-20A	3			Yes	Yes	Yes	Yes		
	20			Yes	Yes				
CA_4A-12A	4	Yes	Yes	Yes	Yes				
	12			Yes	Yes				
CA_4A-13A	4			Yes	Yes	Yes	Yes		
	13			Yes	Yes				
CA_4A-17A	4			Yes	Yes			20	0
	17			Yes	Yes				
CA_7A-20A	7				Yes	Yes	Yes		
	20			Yes	Yes				

Категории абонентских устройств

RB = Resource Block

3GPP Release	UE Category	Max DL Throughput	Maximum DL MIMO Layers	Maximum UL Throughput	Support for UL 64 QAM
8	1	10.3 Mbps	1	5.2 Mbps	No
8	2	51.0 Mbps	2	25.5 Mbps	No
8	3	102.0 Mbps	2	51.0 Mbps	No
8	4	150.8 Mbps	2	51.0 Mbps	No
8	5	299.6 Mbps	4	75.4 Mbps	Yes
10	6	301.5 Mbps	2 or 4	51.0 Mbps	No
10	7	301.5 Mbps	2 or 4	102.0 Mbps	No
10	8	2998.6 Mbps	8	1497.8 Mbps	Yes

Обеспечение ЭМС за счет агрегирования спектра

Когнитивный принцип в системах LTE




на шаг впереди

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

E-mail: skvg@mts.ru
моб.: +7 (916) 641 3517