

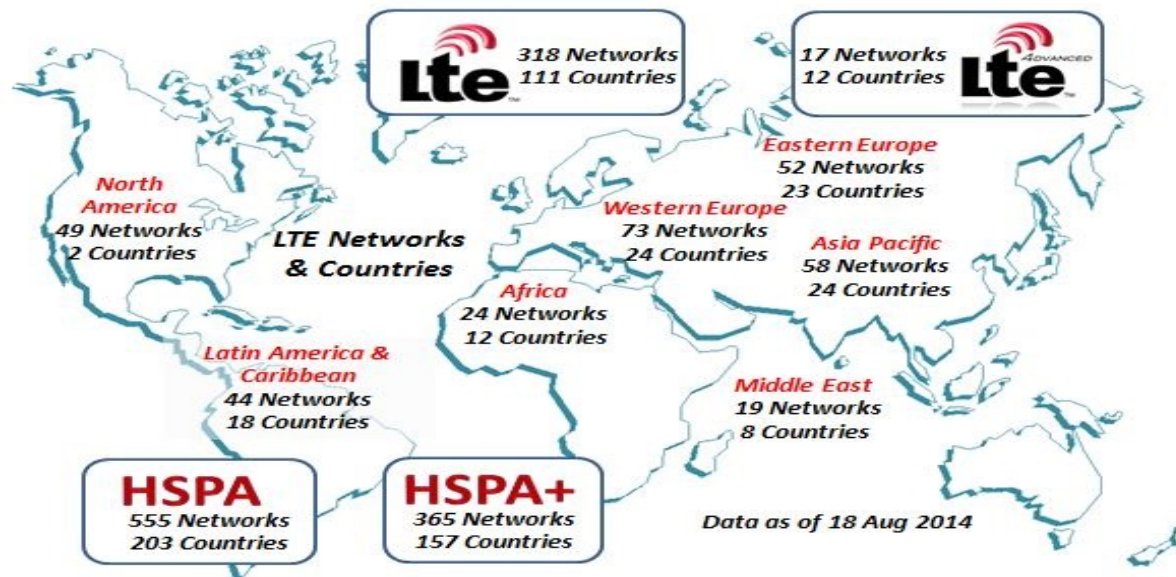


на шаг впереди

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

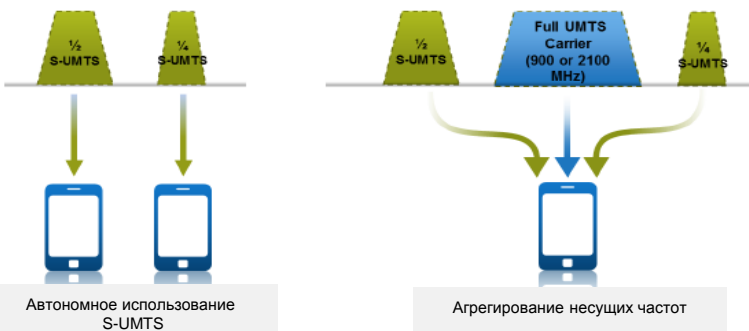


на шаг впереди

СТАНДАРТЫ 3GPP В ОБЛАСТИ АГРЕГИРОВАНИЯ СПЕКТРА

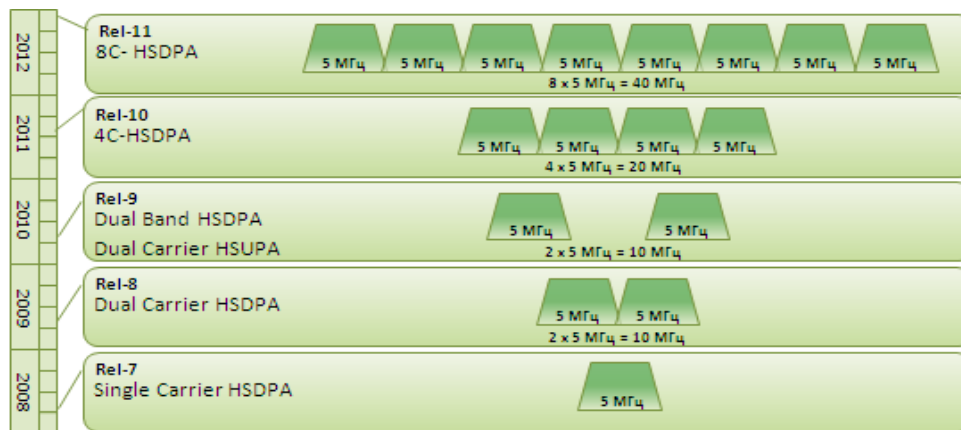
UMTS/HSPA+

| 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)

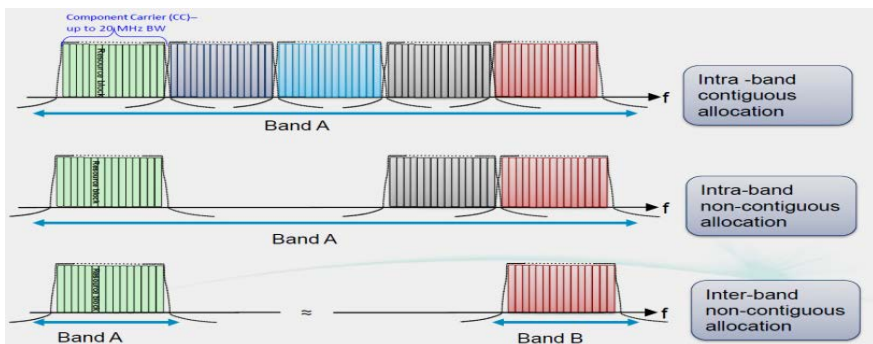
(b)



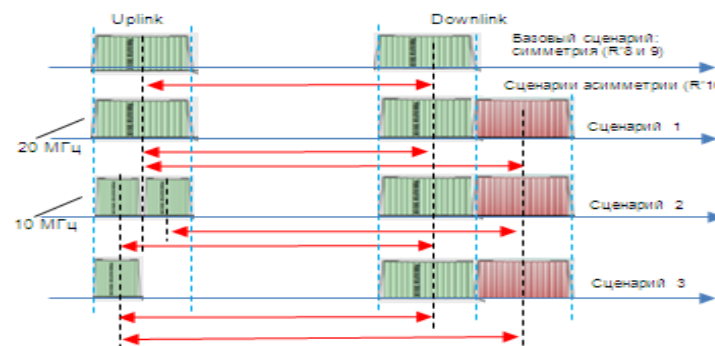
LTE-Advanced



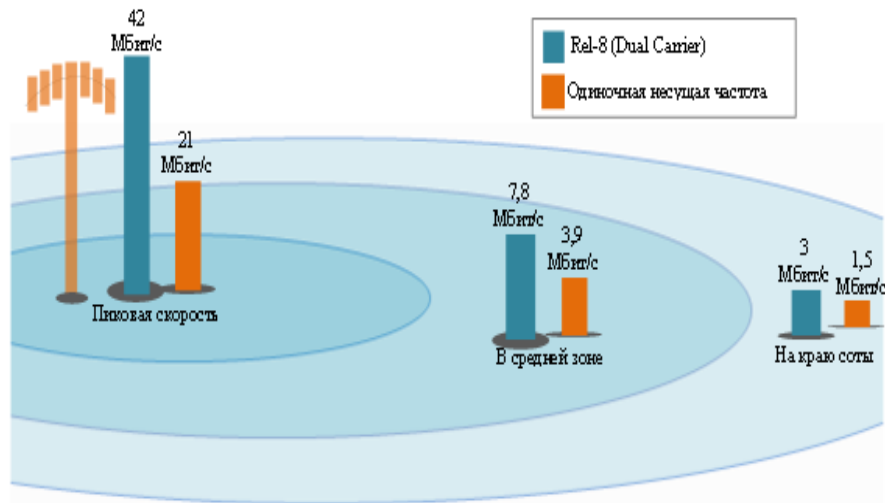
Виды агрегирования полос радиочастот



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 |
| I2—VIII-1 | I (2100 МГц) | VIII (900 МГц) | 2+1 | Rel-10 |
| I-3—VIII-1 | | | 3+1 | |
| I2—VIII-2 | | | 2+2 | |
| I-1—VIII-2 | | | 1+2 | Rel-11 |
| I-1—V-2 | | | 1+2 | |
| I2—V-1 | II (1900 МГц) | IV (1,7/2,1 ГГц) | 2+1 | Rel-10 |
| I2—V-2 | | | 2+2 | |
| II-1—IV-2 | | | 1+2 | |
| II-2—IV-1 | | | 2+1 | |
| II-2—IV-2 | II (1900 МГц) | IV (1,7/2,1 ГГц) | 2+2 | Rel-11 |
| II-1—V-2 | | | 1+2 | |

Конфигурации агрегирования несмежных несущих частот в общей полосе

| Конфигурация 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

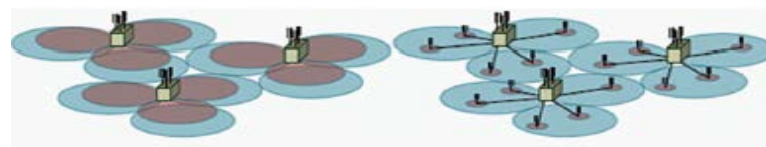
Конфигурации агрегирования в общей полосе частот (Rel-10/11)

| 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)

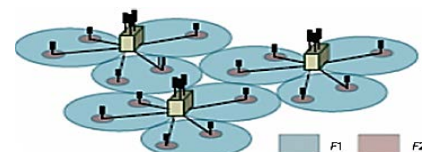
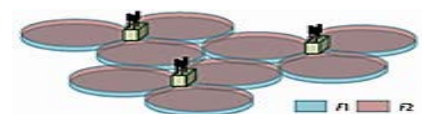
| Inter-band Carrier Aggregation | | | | |
|--------------------------------|--------------|--|-----------------|--|
| Конфигурации | Номера полос | Частоты, МГц | Инициатор | |
| 1 | 1+5 | 1920—1980/2110—2170 824—849/869—894 | Не определен | |
| 2 | 1+18 | 1920—1980/2110—2170 815—830/860—875 | KDDI | |
| 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 |

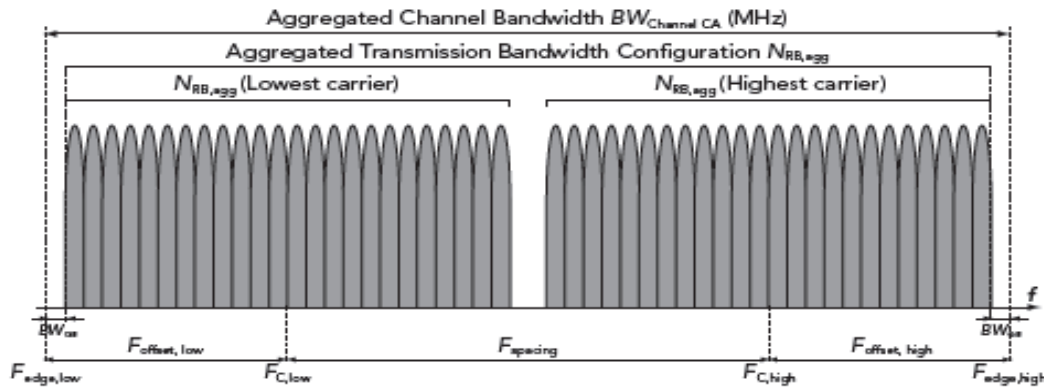




на шаг впереди

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Основные понятия



Классы агрегированных полос

| UE Bandwidth Class (TS36.101 r11) | | | |
|-----------------------------------|---|----------------------|---------------------------------|
| 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

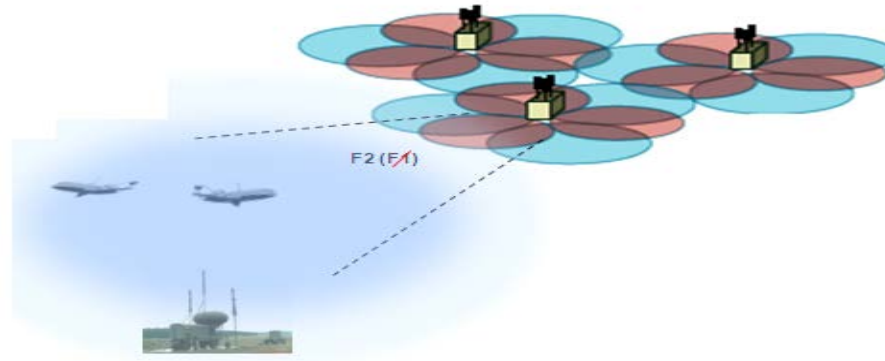
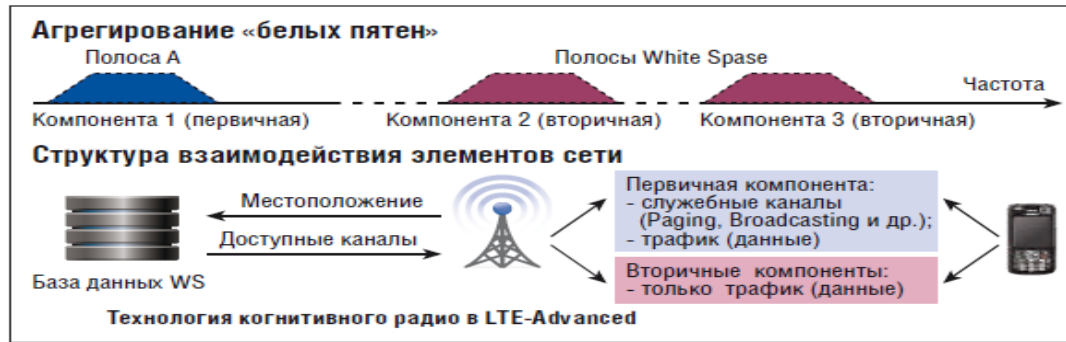
| CA Configuration / $N_{RB,agg}$ | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| CA 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 operating / Channel bandwidth | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|------------------------------------|---------------------------|
| 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