

Решение проблем LTE-Advanced

В настоящее время ведутся активные работы по подготовке к коммерческому запуску сетей мобильной связи четвертого поколения (4G) и технологии 3GPP (Консорциум по стандартизации) разработал стандарты для технологий мобильной связи третьего поколения Long Term Evolution (LTE*) в целях их модернизации. Развитие стандарта LTE продолжается, и его последний вариант называется LTE-Advanced ("Усовершенствованная технология LTE"). Благодаря внесенным в него улучшениям, в частности, увеличению скорости передачи данных до 1 Гбит/с, LTE-Advanced соответствует требованиям стандарта Международного союза электросвязи (МСЭ) для технологий радиосвязи четвертого поколения 4G/LTE-Advanced.

Спецификация LTE-Advanced впервые была представлена в декабре 2010 года как Release 10 стандарта 3GPP. В нее добавлены несколько функций, которые способствуют увеличению скорости передачи данных и улучшению спектральной эффективности восходящего канала, а именно, агрегация несущих, расширенный множественный доступ в восходящем канале, а также усовершенствованная технология ви-

дения с множественным входом и множественным выходом (Multiple Input, Multiple Output – MIMO). Эти возможности значительно усложняют используемую сегодня технологию LTE (классы R/9), которая уже включает в себя волны пропускания нескольких каналов, различные схемы передачи данных для восходящего и нисходящего каналов, передачу в режиме частотного (FDD) или временного (TDD) дуплекса, а также MIMO. Оборудование, поддерживающее стандарты LTE и LTE-Advanced, должно будет в течение ближайших нескольких лет сосуществовать с системами сотовой связи 2G и 3G, поэтому на первый план выйдут проблемы совместимости.

В приведенной ниже таблице сравнены цели и показатели скорости передачи данных и спектральной эффективности для стандартов LTE, LTE-Advanced и IMT-Advanced. Стоит отметить, что значение высокой скорости передачи данных 1 Гбит/с, установленное в требованиях МСЭ, может быть достигнуто в LTE-Advanced при использовании режима 4x4 MIMO и только при радиусе шири 70 МГц. С точки зрения спектральной эффективности равен 8/9 LTE удовлетворяет требованиям МСЭ для 4G

временными только к нисходящему каналу, но не к восходящему. Высокая величина спектральной эффективности для LTE-Advanced существенно выше поставленной, установленной в требованиях МСЭ, но подтверждение строгим требованиям более высокой скорости характеристики в LTE. Однако усовершенствованная технология близка к требованиям МСЭ.

Новые возможности LTE-Advanced (релиз 10)

Новые возможности, заложенные в LTE-Advanced (релиз 10), позволяют повысить производительность, но, вместе с тем, и выделяют ряд проблем для разработки новых беспроводных сетей и оборудования для них.

Агрегация несущих

Для обеспечения высокой скорости передачи данных в нисходящем канале на уровне 1 Гбит/с требуется более широкая полоса пропускания, чем это определено в действующем стандарте. В настоящее время LTE поддерживает ширину полосы пропускания канала до 20 МГц, и, следовательно, его спектральная эффективность может быть немного улучшена по сравнению с объек-

Целевые показатели для стандартов LTE, LTE-Advanced и IMT-Advanced

Показатель	Подкатегория	3GPP LTE (релиз 8)	3GPP LTE-Advanced (релиз 10)	ITU IMT-Advanced
Максимальная скорость передачи данных	Нисходящий канал	300 Мбит/с	1 Гбит/с	1 Гбит/с для низкой мобильности 100 Мбит/с для высокой мобильности
	Восходящий канал	75 Мбит/с	500 Мбит/с	
Максимальная спектральная эффективность (бит/с/Гц)	Нисходящий канал	16,3 (4x4 MIMO)	30 (до 8x8 MIMO)	15 (4x4 MIMO)
	Восходящий канал	4,32 (SC-FDM SISO)	15 (до 4x4 MIMO)	6,75 (2x4 MIMO)
Спектральная эффективность нисходящего канала сотовой связи (бит/с/Гц), 3 км/час, расстояние между станциями 500 м	2x2 MIMO	1,68	2,4	
	4x2 MIMO	1,87	2,6	2,6
	4x4 MIMO	2,67	3,7	
Спектральная эффективность нисходящего канала на границе соты (бит/с/Гц), 5 процентов, 12 пользователей, расстояние между станциями 500 м	2x2 MIMO	0,06	0,07	
	4x2 MIMO	0,06	0,09	0,075
	4x4 MIMO	0,06	0,12	

*LTE в переводе означает "Долгосрочное развитие"

технические цели были достигнуты. Поэтому для активного повышения скорости передачи данных необходимо расширение полосы пропускания канала. В спецификации LTE-Advanced установлен верхний предел полосы пропускания 100 МГц, с которыми изначально задумывали на уровне 40 МГц. Поскольку покрытие услуг связи в целом 100 МГц недоступны для большинства операторов, 3GPP допускает создание более широкой полосы путем объединения смежных и несмежных частотных ресурсов. Таким образом, при использовании абонентского оборудования (смартфонов и других беспроводных устройств), которое поддерживает работу нескольких приемопередатчиков, спектр одной полосы частот может быть добавлен к спектру другой. На рис. 1 приведен пример объединения смежных и несмежных ресурсов.

Следует, что при реализации агрегации ресурсов основная проблема предвидится на уровне абонентского оборудования, которое теперь должно контролировать одновременно несколько приемопередатчиков. Наличие одновременно работающих нескольких передатчиков способствует созданию крайне сложной обстановки в эфире с точки зрения борьбы с паразитными сигналами и взаимовытеснения.

Последний взаимосвязанный доступ в беспроводном канале

Восходящие каналы в виде действующих стандартов LTE построены на основе единой технологии многоканального доступа с частотным разделением и одной несущей (SC-FDMA), в которой применяется техника мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM) совместно с новым значением отношения пикового и среднего уровней мощности (PAPR), присущим системам с одной несущей. В технологии SC-FDMA осуществляется распределение ресурсов по отдельным блокам спектра, что обеспечивает гибкость дисперсификации в восходящем канале LTE-Advanced впервые использована схема кластерной SC-FDMA, обеспечивающая частотно-кадровую дисперсификацию комбинированно ресурсом для увеличения пропускной способности канала. Кроме того, с целью увеличения времени задержки доступа совместно дисперсификация физических ресурсов восходящего канала управления (PUSCH) и физических ресурсов общего канала (PUSCH).

Кластерный SC-FDMA обеспечивает соответствие требованиям по спектральной эффективности в восходящем канале при сохранении обратной совместимости с ныне действующими системами LTE. Это со-

блюдает увеличение значения PAPR, что, в конечном итоге, может привести к проблемам с линейностью передатчика, а наличие спектра раздельной несущей повышает вероятность генерации неуправляемых паразитных сигналов в канале от соседнего канала.

Ускоренное развитие технологии передачи MIMO

Для увеличения скорости передачи данных для одного пользователя в абонентском оборудовании по спектральной эффективности в спецификации LTE-Advanced предусмотрено до восьми передатчиков в абонентском канале (при этом необходимо наличие восьми приемников в абонентском оборудовании), что позволяет обеспечить в беспроводном канале пространственное мультиплексирование (MIMO). Абонентское оборудование поддерживает до четырех передатчиков, что дает возможность осуществлять в беспроводном канале передачу в рамках вплоть до 4x4, если в базисной станции имеется четыре приемника.

Режим MIMO позволяет увеличить количество антенн в системе, при этом антенны MIMO должны быть диверсифицированы. Основной проблемой для разработчиков будет проектирование многополосных антенн MIMO с хорошим показателем диверсификации, способных функционировать в ограниченном объеме абонентского оборудования LTE-Advanced. Для прогнозирования фактически параметров получения усовершенствованного варианта MIMO в условиях действующей сети требуются новые методы, поэтому консорциум 3GPP изучает способы беспроводного (эфирного) тестирования LTE-Advanced.

Перспективные возможности Release 10 и последующих релизов

Консорциум 3GPP рассматривает и другие функции, расширяющие возможности LTE-Advanced, но не столь важные для обеспечения соответствия требованиям 3GPP.

Координированный многоканальный доступ и прием (CoMP)

Эта разновидность технологии MIMO позволяет повысить скорость передачи дан-

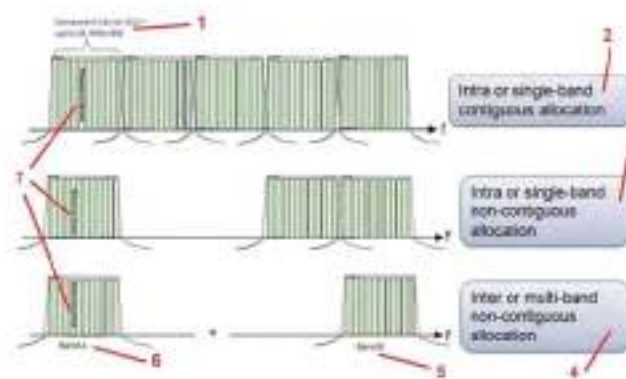


Рис. 1. Сценарии объединения ресурсов: 1 – континуируемая несущая с полосой до 20 МГц; 2 – интраполосная агрегация смежных несущих; 3 – интраполосная агрегация несмежных несущих; 4 – интерполосная агрегация несмежных несущих на разных диапазонах; 5 – диапазон B; 6 – диапазон A; 7 – дисперсный блок

ния, качество связи на границе зоны и общую производительность всей системы. Передача CoMP не должна быть физически самодовольна, она должна между собой распределены этим высокоскоростной передачи данных и могут обмениваться полезной информацией.

Реализация

Внутренние ретрансляторы получают, усилители и свое передает сигналы исходящего и входящего канала, что позволяет расширить зону покрытия сети LTE. Более совершенные системы ретрансляции позволяют использовать оптимизированную инфраструктуру, обеспечивающие пропуск трафика. Основное целью использования ретрансляторов является повышение качества связи в условиях городской застройки и в центре помещений, улучшение сигнала "мертвых" зон, а также расширение зоны покрытия в сельской местности.

Другие предложения

Будущие технологии должны будут поддерживать гетерогенные сети, которые объединяют макро-, микро-, пико- и фемтосети, а также ретрансляторы и районы узлы. Продолжится работа по развитию передовых методов управления ресурсами, включая расширение возможностей новых саморегулирующихся сетей (SON). В спецификации LTE-Advanced получат свое дальнейшее развитие фемтосети и "домашние" базовые станции (eNB), как средство повышения эффективности сетей и увеличения скорости инфраструктуры.

Решение проблем тестирования LTE-Advanced

Внедрение стандарта LTE-Advanced несет за собой значительное усложнение как системы в целом, так и отдельных устройств в частности. Производители потребуются некоторые время, чтобы как-то приспособиться на это изменение. Вместе с тем, операторы беспроводной связи стремятся к улуч-



Рис. 2. Используя программу анализа объектов VSA, инженеры разработчики могут определить характеристики до пяти компонентов несущих одновременно

шению спектральной эффективности, а непрерывно повышающийся спрос на информацию постоянно подталкивает их к увеличению скорости передачи данных. С публикацией спецификации LTE-Advanced разработчики хотят изучить новые возможности, что, в свою очередь, заставит производителей коммерчески ориентированного оборудования улучшить свою продукцию, оснащая приборы новыми измерительными функциями. В этом плане хорошие примеры являются спецификацией LTE-Advanced компании Agilent, которая была серьезно усовершенствована и теперь позволяет разработчикам исследовать действительные образцы системы LTE-Advanced MIMO 8x8, которые построены на основе обширной библиотеки, включающей более 170 наборов модулирующих сигналов в лабораторных условиях. Разработчики системы и аппаратура могут проверить свои новые проекты относительно образца, а также загрузить тестовые наборы (векторы) непосредственно в прибор для обеспечения одновременной и непрерывной проверки аппаратуры продукта.

Программное обеспечение Agilent

Signal Studio и Vector Signal Analysis (VSA, Векторный анализ сигналов) поддерживает создание и анализ сигналов, соответствующих стандарту LTE-Advanced. Инженеры-конструкторы могут определить характеристики как отдельной, так и до пяти одновременно включенных компонентов несущих одновременно, включая параметры и шаблоны результатов измерений для каждой из них (рис. 2).

Для модернизации усовершенствованного входящего канала инженеры могут проверить и оптимизировать системы кодового доступа SC-FDMA и одновременно – каналы контроля (PUSCH) и передачи данных (PUSCH). Благодаря этим возможностям инженеры могут начать испытания на физическом уровне реализации LTE-Advanced в своих устройствах.

По мере продвижения LTE-Advanced во всем мировом рынке, средства измерения также будут развиваться. В них будут добавляться новые возможности, обеспечивающие тестирование на соответствие стандарту, проведение испытаний в процессе производства и проверку при развертывании системы.