

## Конструктивные особенности устройств 3GPP LTE и проблемы тестирования

Исходная версия стандарта UMTS (UTRA) основана на технологии W-CDMA и постоянно расширяется — теперь в стандарт включен высокоскоростной пакетный доступ (HSPA). Редакция 8 стандартов 3GPP включает расширенную версию HSPA, а также E-UTRA, известный под названием «Проект долговременного развития» (LTE) — совершенно новый стандарт, использующий технологию OFDM. Обеспечивая более высокие скорости передачи данных, меньшие задержки, упрощенное построение сети на основе IP-протокола и более эффективное использование спектра, LTE обещает массу преимуществ — как абонентам, так и операторам. Однако для того, чтобы этот стандарт в полной мере проявил свои потенциальные возможности, необходимо сначала преодолеть некоторые конструктивные затруднения. К счастью, уже появились измерительные приборы, которые могут помочь в решении этих проблем.

Сэнди ФРЕЙЗЕР

### Предстоящие трудности

Завершение работы над основными спецификациями LTE запланировано на первую половину 2008 года. Первые спецификации тестов совместимости должны появиться к концу 2008-го. Первые работающие образцы абонентских устройств для полевых испытаний появятся, вероятно, в 2009–2010 гг. Для реализации этого достаточно плотного графика необходима ранняя доступность сложного контрольно-измерительного оборудования.

Сегодня, в результате всей проделанной работы по завершению редакции 8 стандарта UMTS (рис. 1), LTE перестал быть просто концепцией. Несмотря на эти успехи, вероятно,

одной из основных трудностей конструирования и тестирования ранних версий абонентского оборудования (UE) является многообразие вариантов построения LTE. Поддержка этих возможностей требует своевременного появления специального контрольно-измерительного оборудования для LTE. Такие решения можно использовать для различных тестов, в том числе таких как:

- Измерение параметров модулирующего сигнала. Характеристики современных устройств HSPA предъявляют высокие требования к мощности процессоров. Имеющиеся в настоящее время прототипы устройств HSPA обеспечивают необходимую скорость передачи данных только при питании от сети. LTE, обладая существенно

более высокими скоростями передачи, решает эту проблему еще острее.

Необходимая для поддержки LTE вычислительная мощность просто феноменальна, особенно для обработки и коррекции ошибок модулирующего сигнала. Поэтому тракты модулирующего сигнала будут, скорее всего, моделироваться на компьютерах, как со стороны абонентского оборудования, так и со стороны сети. Вероятно также появление имитаторов аппаратных протоколов с пониженной скоростью работы.

- Измерение параметров радиочастотного сигнала. В стандарте 3GPP TR 36.803 определено 11 парных диапазонов для дуплексного режима с частотным разделением (FDD) и 6 диапазонов для дуплексного режима с временным разделением (TDD). Эти же диапазоны определены для GSM и UMTS. В настоящее время специальная область спектра для LTE не выделена. Будет ли LTE существовать в одних диапазонах с системами W-CDMA и GSM, или все диапазоны будут целиком отданы ему? На данном этапе ясно лишь то, что ситуация со спектром LTE еще не определена. К сожалению, большое число комбинаций затрудняет изучение проблемы сосуществования, а также выработку результирующих требований и создание тестов. В свою очередь, отсутствие единого определенного диапазона LTE усложняет ранние этапы разработки по сравнению с однодиапазонными вариантами GSM и UMTS (W-CDMA).

Хотя диапазоны LTE еще не определены, ситуация с радиоинтерфейсами более ясна.



Рис. 1. Результаты проделанной работы

К тому времени, когда возникнет потребность радиочастотного тестирования мобильных устройств LTE, многое будет понятно на примере технологии WiMAX, использующей очень похожий принцип мультиплексирования с ортогональным разделением частот (OFDM) в нисходящем канале. Однако восходящие каналы LTE несколько отличаются от WiMAX, поскольку используют множественный доступ с частотным разделением с одной несущей (SC-FDMA) для снижения отношения пиковой мощности к средней мощности (PAPR). Это различие порождает весьма специфические потребности тестирования LTE. Так, например, тесты, основанные на требованиях к передатчику TR 36.803, необходимо будет доработать, чтобы устранить многие типичные искажения РЧ-сигнала, включая разбаланс I/Q, нелинейность ПА, фазовый шум задающего генератора и временную нестабильность дискретизации и смещения ПЧ/РЧ.

Другой новой проблемой, связанной с абонентским оборудованием LTE, является обработка восьми различных вариантов ширины канала, которая может изменяться от 1,4 до 20 МГц. Такая гибкость открывает новые широкие возможности, однако порождает трудности в описании внутриканальных и внеканальных характеристик, требует значительного видоизменения методов тестирования и затрагивает операционные аспекты, связанные с управлением радиоресурсами (например, выбор и повторный выбор соты, а также переключение между сотами).

Одним из последствий использования переменной ширины канала LTE и того факта, что в типичном случае абонентскому устройству выделяется подгруппа имеющихся блоков ресурсов канала, является необходимость определения предельных значений энергии, излучаемой абонентским устройством в неиспользуемых блоках ресурсов. Определения таких внутриканальных тестов и предъявляемые к ним требования все еще обсуждаются, однако общий принцип этого явления демонстрируется показанным на рис. 2 графиком, полученным с помощью векторного анализатора сигналов. В результате этого искажения возникает зеркальная составляющая выделенного блока ресурсов, расположенная по другую сторону центральной частоты на том же расстоянии от нее, что и основной блок. На верхнем графике показана мощность поднесущей, а на нижнем — амплитуда вектора ошибки (EVM) для каждой поднесущей.

Две другие серьезные проблемы относятся к уровню 2 LTE — это шифрование большого объема данных в протоколе конвергенции пакетов (PDCP) и длительность цикла обработки на уровне управления доступом к среде (MAC), которая равна 2 мс, что в шесть раз быстрее, чем для HSDPA. Следовательно, для выявления проблем в этих двух областях понадобится тестирование в условиях высокой пропускной способности.

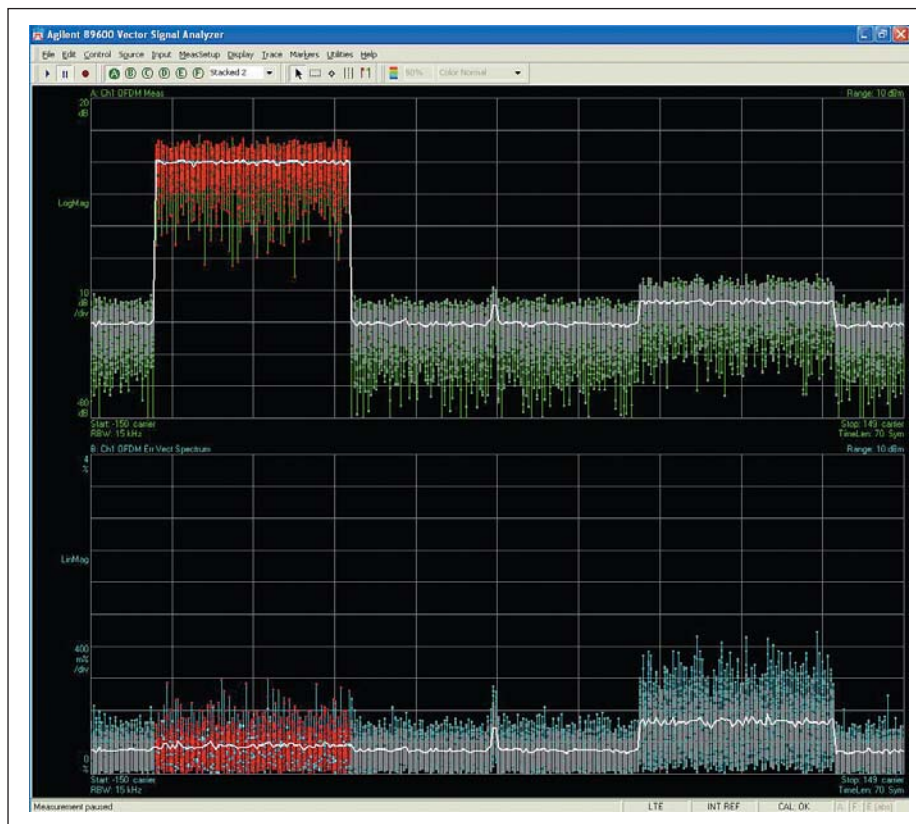


Рис. 2. Поврежденный сигнал OFDM, полученный за счет внесения разбаланса величиной 0,1 дБ в сигнал IQ передатчика

### Тестирование готовых устройств

В настоящее время нельзя создать измерительные решения для готовых устройств, например, имитаторы базовых станций с работающим в реальном времени стеком протокола или процедурные решения, основанные на применении скриптов, без значительного объема информации от производителей, которая должна закрыть пробелы в существующих спецификациях. Первые решения появятся через 6–12 месяцев, но пока работа над спецификациями не завершена, их придется постоянно модернизировать. В отличие от предыдущего поколения радиостандартов, появление тестов совместимости LTE ожидается в 2008 году — значительно раньше коммерческого предоставления самой услуги. Это должно уменьшить проблемы операционной несовместимости, которыми обычно сопровождается появление новых технологий, и означает, что производители контрольно-измерительного оборудования будут вынуждены предоставить свои решения значительно раньше, чем обычно. Это также приведет к перекрытию с завершающими этапами проектирования существующих измерительных решений для таких технологий, как HSPA+, EDGE Evolution и WiMAX.

Ранняя доступность спецификаций тестов совместимости поможет создать некоторые основные тесты и обеспечит операционную совместимость, но их будет недостаточно для обеспечения идеальной работы абонентского оборудования. Для соответствующего те-

стирования абонентского оборудования в условиях, близких к реальным, потребуется разработка большого числа функциональных тестов и методик проверки.

### Достижение высоких пиковых скоростей передачи данных

LTE должен обеспечить высокую пиковую скорость передачи данных — 50 Мбит/с от абонента к базовой станции и 100 Мбит/с от базовой станции к абоненту для одной антенны, с последующим поднятием до 170 Мбит/с. Эти значения являются предельными значениями, которые определяются конструктивными особенностями системы. Практические значения будут меньше и станут известны с определением технических характеристик абонентского оборудования. Тем не менее, даже на сильно сниженных скоростях передачи придется преодолеть много конструктивных и измерительных проблем.

Достижение пиковых скоростей передачи LTE требует применения технологии «несколько входов — несколько выходов» (MIMO). Характеристики производительности MIMO будут определены для нескольких состояний канала, и хотя эти условия выбираются весьма скрупулезно, они не будут соответствовать реальным условиям работы. Реальная производительность будет сильно зависеть от недокументированных характеристик антенны, особенностей поляризации, потерь, механических конфигураций, а так-

же от динамического состояния реального канала. К тому же на характеристиках антенны отрицательно сказывается необходимость поддержки нескольких частотных диапазонов. При таком числе переменных определить параметры радиointерфейса, которые обеспечили бы удовлетворительную работу абонентского оборудования, просто нереально. И сейчас, когда только ведется разработка тестов совместимости приемников ММО, не ясно, насколько эти простые тесты будут соответствовать реальной действительности. Тестирование ММО в реальных условиях станет возможным с появлением реальных сетей LTE. Впрочем, на пути создания первых имитаторов, воспроизводящих реальные условия работы сети, нас ожидают еще большие трудности.

### Заключение

Как и в любых других новых технологиях, проблемы тестирования LTE выглядят весьма значительными. Однако история показала, что зачастую эти трудности выглядят куда страшнее, чем они есть на самом деле. Например, пятнадцать лет назад разработчики вступили в борьбу за продвижение на рынок GSM, обладая значительно меньшими вычислительными мощностями, более слабыми инструментами проектирования и имитации и контрольно-измерительными приборами. Однако сейчас, в свете развития новых технологий, все это кажется достаточно простым. Видимо, так же все будет и с LTE.

Уникальные решения для LTE компании Agilent, получившие название “Connected

Solutions” (взаимосвязанные решения), объединяют генераторы и анализаторы (например, векторные генераторы сигналов ESG и MXG, анализатор сигналов Agilent MXA и анализатор спектра серии PSA) с системой автоматизированного проектирования (ADS) и ее библиотекой радиосигналов LTE, позволяя создавать всеобъемлющие измерительные решения для проектировщиков, работающих в сфере LTE. Эти измерительные решения — всего лишь начало разработки и верификации LTE. Создание протокола, тесты совместимости протокола и имитаторы сетей еще впереди. Конечно, LTE создает много проблем, но, вооружившись первыми контрольно-измерительными приборами, мы можем встретить этот стандарт достойно. ■