

Усовершенствование тестирования

непрерывно развивающихся беспроводных локальных сетей WLAN

Ю Кевин (Yu Qian (Kevin))

Мы сами создали информационную лавину, которая обрушилась на мир, поскольку хотим, чтобы наше оборудование было постоянно подключено ко всем доступным для него сетям. Наше желание участвовать в общемировом обмене данными привело к появлению множества устройств, которые должны соединяться между собой: компьютеров, смартфонов, планшетов, принтеров, игровых консолей, медиасерверов, сканеров и многих других. А появление предсказанного некоторыми компаниями Интернета вещей, который объединит к 2020 году до 50 млрд беспроводных устройств, повлечет дальнейший рост требований к пропускной способности сетей. По прогнозам, большая часть этих потребностей будет удовлетворена за счет применения оборудования, основанного на стандарте беспроводных сетей 802.11.

Стандарт IEEE 802.11 предусматривает спецификации по управлению доступом к среде (MAC) и спецификации для физического уровня (PHY), позволяющие реализовать взаимодействие по беспроводной локальной сети. Этот стандарт, созданный и поддерживаемый комитетом стандартизации IEEE LAN/MAN (IEEE 802), представляет собой основу для создания беспроводных продуктов, использующих технологию Wi-Fi, принадлежащую Альянсу Wi-Fi.

Если обратиться к Ассоциации по вопросам стандартизации IEEE, то сейчас действует один ее стандарт, обозначенный как IEEE 802.11 с указанием года публикации. В настоящее время текущей опубликованной версией является IEEE 802.11-2012. Стандарт обновляется путем уточнений, созданных рабочими группами (TG). Они выпускают документы, наименование которых состоит из цифр 802.11 и строчной буквы, обозначающей название группы. И хотя каждое уточнение официально аннулируется при его включении в очередную версию стандарта, промышленность предпочитает упоминать эти уточнения в спецификациях выводимых на рынок продуктов, поскольку они четко характеризуют возможности изделий. Поэтому

на рынке каждое уточнение (например, 802.11ac) становится общеупотребительным признаком различия функциональных возможностей. За обновление стандарта 802.11 отвечает рабочая группа «т». При создании новой версии группа TGm вносит в прежнюю версию стандарта все опубликованные уточнения. Кроме того, TGm разъясняет опубликованные документы и интерпретирует их для отраслей промышленности. Альянс Wi-Fi представляет собой торгово-промышленное объединение, владеющее товарным знаком Wi-Fi, под которым продается и на соответствие которому сертифицируется большая часть продуктов.

Интеграция интерфейсов WLAN в постоянно расширяющийся ассортимент продуктов, таких как камеры высокого разрешения и умные телевизоры, порождает потребность в более быстрых и параллельных подключениях. Широкое применение WLAN в промышленной среде позволило упростить кабельную разводку и снизить затраты, а также поднять уровень безопасности и качества. Чтобы обеспечить «постоянное подключение повсюду» в мире людей и в Интернете вещей, технологии стандарта IEEE 802.11 проникли в нишевые приложения, заняли свободные участки спектра и продолжают завоевывать новые области применения. Помимо исходных диапазонов частот 2,4 и 5 ГГц и недавно добавленного диапазона 3,6 ГГц, в настоящее время действуют следующие уточнения, расширяющие диапазон частот: 802.11r для беспроводных сетей транспортных средств, 802.11af для использования свободных участков телевизионного диапазона, 802.11ah для работы в диапазоне ниже 1 ГГц, 802.11ac (5 ГГц) и 802.11ad (60 ГГц) для сетей со сверхвысокой пропускной способностью, поддерживающих приложения с расширенными возможностями.

Однако устройства должны отвечать не только международному стандарту 802.11, но и местным регламентам. Для обозначения географических областей с определенными нормативными и законодательными требованиями IEEE использует термин «регион».

Разные страны устанавливают различные допустимые уровни мощности, допустимое время занятия канала и разные доступные каналы. Коды регионов определены для США, Канады, Европы, Японии и Китая. Большинство сертифицированных устройств по умолчанию принадлежат к региону 0, что соответствует минимальным допустимым настройкам, то есть уровень мощности устройства не превышает допустимого уровня для любой страны, а используемые частоты разрешены во всех странах. Зачастую изготовители намеренно затрудняют внесение изменений в региональные настройки или вообще делают это невозможным, чтобы оборудование конечного пользователя не конфликтовало с нормами местного законодательства.

В соответствии с постоянно растущими запросами потребителей были разработаны два уточнения, направленные на достижение очень высокой пропускной способности. Спецификация 802.11ac описывает повышение скорости и пропускной способности сетей общего назначения, определенных в 802.11n (скорость передачи не менее 290 Мбит/с в одном пространственном потоке и до 6,9 Гбит/с в нескольких пространственных потоках в существующем диапазоне 5 ГГц). Физический уровень обратно совместим со спецификацией 802.11n и представляет собой расширенную реализацию последней, но с большим числом клиентских устройств. Характеристики физического уровня 802.11ac указаны в таблице.

Обратите внимание, что два изменения заключаются в дополнительной возможности использования модуляции более высокой плотности 256 QAM и в увеличении числа пространственных потоков (когда отдельные каналы приема/передачи используются для передачи разных данных, которые объединяются после приема). Оба этих изменения направлены на повышение пропускной способности за счет расширения возможностей физического уровня. В качестве дополнительных возможностей добавлены значительно более широкие полосы каналов, 160 МГц

Таблица. Основные характеристики IEEE 802.11ac и обязательные дополнения к 802.11n

Функция	Обязательно	Дополнительно
Полоса канала, МГц	20; 40*; 80*	160*; 80+80*
Длина преобразования БПФ, точек	64; 128*; 256*	512*
Число поднесущих/пилот-сигналов	52/4; 108/6*; 234/8*	468/16*
Типы модуляции	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	256 QAM*
Поддерживаемые схемы кодирования и модуляции	0-7	8 и 9*
Пространственные потоки и MIMO	1	2-8 формирование диаграммы направленности передачи, STBC, многопользовательский MIMO (MU-MIMO)*
Режим работы/формат PPDU	Очень высокая пропускная способность/высокая пропускная способность	

Примечание: * – обязательные и дополнительные отличия от 802.11n.

и 80+80 МГц, к реализации которых должны стремиться разработчики интегральных схем и устройств. Что касается изготовителей контрольно-измерительного оборудования, новые модели и средства генерации и анализа сигналов должны включать сценарии с разнесенными частотными диапазонами, а также поддерживать полосу модуляции 160 МГц на частоте 5 ГГц. Используемые для проектирования и разработки передатчиков современные векторные анализаторы сигналов (VSA) должны уметь демодулировать, анализировать и отображать беспроводные сигналы с двумя частотными блоками, модуляцию OFDM, а также поддерживать до 8 потоков данных MIMO, определенных в стандарте. На рис. 1 можно увидеть результаты демодуляции, отображающие каждый из восьми передаваемых потоков MIMO, и сводную таблицу результатов.

Приемник должен восстанавливать несколько одновременно принимаемых сигналов, соответствующим образом их демодулировать и декодировать. Генераторное оборудование, необходимое для разработки приемников, должно отвечать тем же требованиям к частоте, полосе и многопотоковости, что и передатчик. Кроме того, оно должно имитировать все возможные ситуации, соответствующие

максимально неблагоприятным условиям, включая воспроизводимое детерминированное динамическое затухание каждого тракта MIMO и сценарии интерференции, чтобы гарантировать разработку приемника в соответствии с наихудшим случаем, возможным при реальном использовании. Для создания необходимого канала MIMO нужен модульный многоканальный генератор сигналов или до 8 отдельных генераторов, а также дополнительные генераторы для создания помех.

В то время как 802.11ac является расширением существующей спецификации 802.11n, 802.11ad представляет собой совершенно новое уточнение для сверхвысокоскоростных приложений очень малой дальности. 802.11ad — это обратно совместимое расширение стандарта IEEE 802.11-2012. Оно расширяет определения MAC и физического уровня (PHY) в соответствии с необходимостью поддержки беспроводного обмена данными на малой дальности (менее 10 м) между специализированными устройствами со скоростью до 7 Гбит/с в нелицензируемом диапазоне 60 ГГц с полосой модуляции 2 ГГц. Это уточнение выпущено рабочей группой TGad в сотрудничестве с Альянсом Wireless Gigabit (WiGig). В 2013 году Альянс WiGig и Альянс Wi-Fi объединились, в результате чего разработку технологии WiGig и методов ее сертификации теперь ведет Альянс Wi-Fi. Рекомендации Международного союза электросвязи (ITU-R) определяют глобальное распределение каналов и соответствующую спектральную маску для сигнала 802.11ad, которая содержит четыре канала шириной 2,16 ГГц с центральными частотами 58,32 ГГц, 60,48 ГГц, 62,64 ГГц и 64,80 ГГц соответственно. Оборудование, работающее в этом диапазоне, по умолчанию использует глобально доступный канал 2. В качестве опций в спецификации описаны многоантенные конфигурации с управляемой диаграммой направленности. Управление диаграммой направленности может использоваться для обхода небольших препятствий, таких как люди или предметы интерьера, блокирующие прямую передачу. Кроме того, спецификация 802.11 поддерживает переключение сеансов связи между диапазонами 2,4; 5 и 60 ГГц.

Основные отличия новых систем беспроводной связи заключаются в более широкой полосе модуляции и в физической конструкции

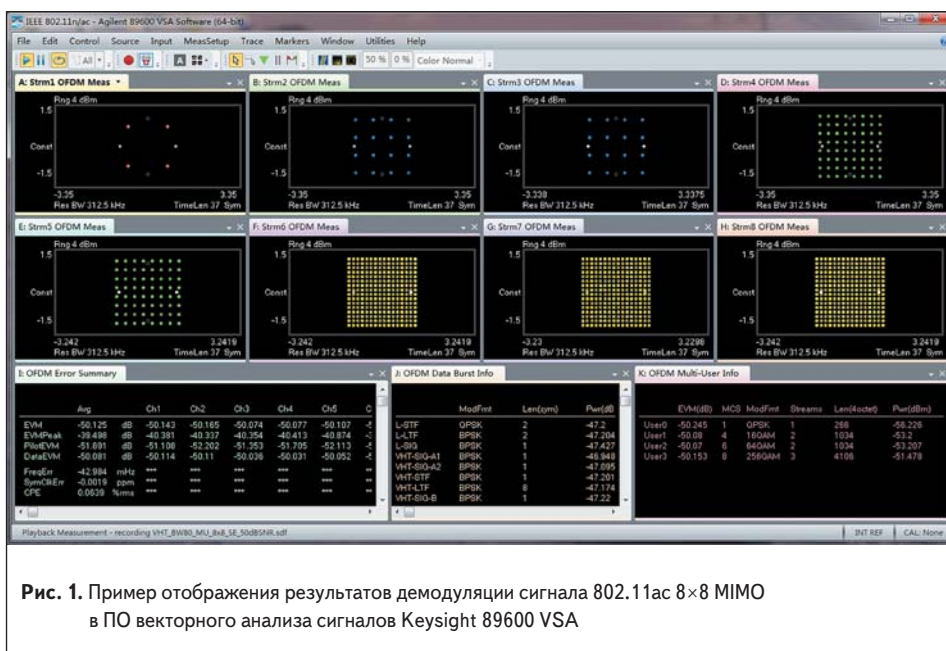
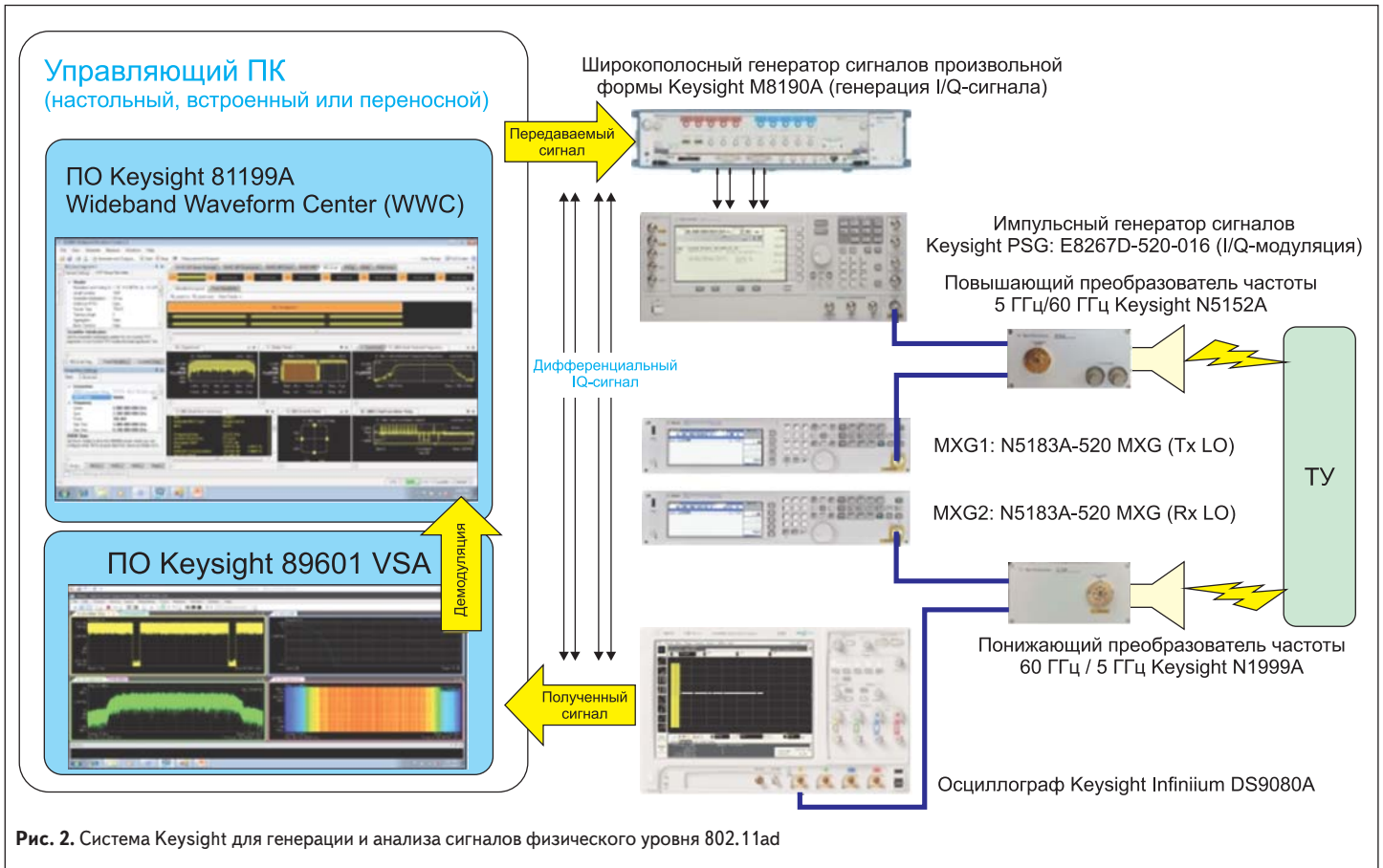


Рис. 1. Пример отображения результатов демодуляции сигнала 802.11ac 8x8 MIMO в ПО векторного анализа сигналов Keysight 89600 VSA



устройств, в которых антенна соединяется непосредственно с ВЧ-компонентами, в силу чего к ним невозможно подключить тестирующее оборудование напрямую. Показанная на рис. 2 система тестирования от Keysight¹ объединяет все оборудование, необходимое для разработки приемников и передатчиков, в одно программно-аппаратное решение, предлагающее функции

генерации и анализа сигналов в широкополосных приложениях в диапазоне 60 ГГц. Вместо физического соединения с тестируемым устройством (ТУ) применяется калиброванная рупорная антенна. Кроме того, систему можно использовать с библиотеками Keysight SystemVue для анализа и сравнения реальных измерений с результатами моделирования.

Стандарт беспроводных сетей 802.11 продолжает развиваться. Потребность в надежных, а в некоторых случаях и критически важных соединениях заставляет разрабатывать устройства, отвечающие требованиям новых приложений. Комплексные возможности проектирования и тестирования крайне важны и для успешной разработки и внедрения новых уточнений стандарта, и для их принятия корпоративными и конечными пользователями. ■

¹ С 01 августа 2014 Группа электронных измерений Agilent Technologies стала независимой компанией Keysight Technologies.