

Производство оборудования 5G: решение проблем тестирования базовых станций

Джесси Кавазос (Keysight Technologies, Inc.)

Технологии 5G стремительно развиваются. В 2018 году были представлены первые чипсеты, а в этом году уже отмечено первое коммерческое внедрение базовых станций (gNB) и появление абонентских устройств. Новая технология охватила всю экосистему мобильной связи: от производства чипсетов и абонентских устройств до производителей сетевого оборудования и операторов связи. Но прежде чем операторы начнут получать прибыль от 5G, промышленность должна справиться с тем, что, вероятно, является самой большой проблемой этой технологии – с производственным тестированием.

Технология 5G буквально взорвала всю отрасль беспроводной связи – от научных исследований до практического применения – экспоненциальным ростом сложности. По большей части это было обусловлено применением таких технологий, как сверхбольшие системы MIMO (несколько входов и несколько выходов) и формирование диаграммы направленности, а также сдвигом рабочих частот в область миллиметрового диапазона. Однако производство является именно тем этапом жизненного цикла продукта, где теория проверяется практикой. Для того чтобы технология 5G достигла успеха, производители сетевого оборудования должны найти способы недорогого тестирования своей продукции, обеспечить высокое качество изделий при сокращении сроков производства и сохранить гибкость, позволяющую работать с сигналами с неравномерным уровнем, соблюдать новые требования к каналу связи и новым частотным диапазонам. Эти три фактора – рост сложности устройств, поиск радикальных способов снижения стоимости испытаний и ускорение продвижения товара на рынок – находятся в полном противоречии. Самой большой производственной проблемой производителей сетевого оборудования является одновременное преодоление этих препятствий на пути к победе в гонке 5G.

С появлением сверхбольших систем MIMO число каналов выросло до 16, 32, 64 и даже до 128, что значительно увеличило время тестирования и, как следствие, стоимость. Производители сетевого оборудования вынужде-

ны существенно повышать скорость тестирования, одновременно не допуская разрастания производственных площадей и обеспечивая масштабирование производственных испытаний.

В то же время частоты миллиметрового диапазона порождают проблемы энергетического баланса линий связи из-за больших потерь мощности на этих частотах и в связи с необходимостью тестирования по радиоэфиру, поскольку антенны подключаются непосредственно к ИС приёмопередатчика без промежуточного кабеля. Всё это приводит к сужению динамического диапазона. Выполнение точных измерений становится очень трудным. Для производителей сетевого оборудования жизненно важно снизить стоимость изготовления базовых станций, в то время как перечисленные проблемы требуют применения дополнительного оборудования, такого как камеры для тестирования по радиоэфиру и измерительные приборы с максимальными техническими характеристиками.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО РАДИОЭФИРУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

С появлением 5G и требований к увеличению полосы пропускания каналов производители сетевого оборудования были вынуждены покинуть привычный, но, увы, перегруженный спектр ниже 6 ГГц и перейти в свободные диапазоны более сложного миллиметрового спектра. Частоты ниже 6 ГГц, названные в стандарте 5G New

Radio (5G NR) частотным диапазоном 1 (FR1), разительно отличаются от печально известного миллиметрового диапазона 2 (FR2), простирающегося от 24,25 до 52,6 ГГц.

Менее загруженный, по сравнению с частотами ниже 6 ГГц, миллиметровый диапазон позволяет достичь нужных пользователям скоростей передачи данных за счёт расширения полосы канала, поскольку этот диапазон практически не используется другими приложениями. И хотя этот аспект очень привлекателен, о характеристиках распространения миллиметровых волн этого не скажешь. В связи с большей дифракцией, глубиной проникновения и потерями в атмосфере этим частотам свойственно высокое затухание, что снижает дальность передачи радиосигналов. Это вынуждает применять фазированные антенные решётки и исключает возможность реализации контрольных точек для подключения пробников. В результате технологии 5G привели к резкому переходу от контактных замеров к измерениям через эфир (известным также как тестирование по радиоэфиру).

В схемах тестирования по радиоэфиру дополнительное затухание на пути от тестируемого устройства (ТУ) до измерительного прибора снижает отношение сигнала к шуму (С/Ш), что ухудшает такие параметры, как модуль вектора ошибки (EVM) и относительный уровень мощности в соседнем канале (ACPR). Значение ACPR играет критически важную роль в минимизации помех, гарантируя, что излучение устройства не выходит за пределы назначенного ему канала.

Для компенсации потерь в миллиметровом диапазоне инженеры-исследователи могут использовать высококачественные СВЧ-приборы. В производственных условиях применение таких приборов может оказаться неоправданным и привести к значительному росту стоимости тестирования. Вероятно, вместо этого лучше применить узкополосное решение, объединяющее приборы более низкого частотного диапазона с внешним миллиметровым трансивером и позволяющее

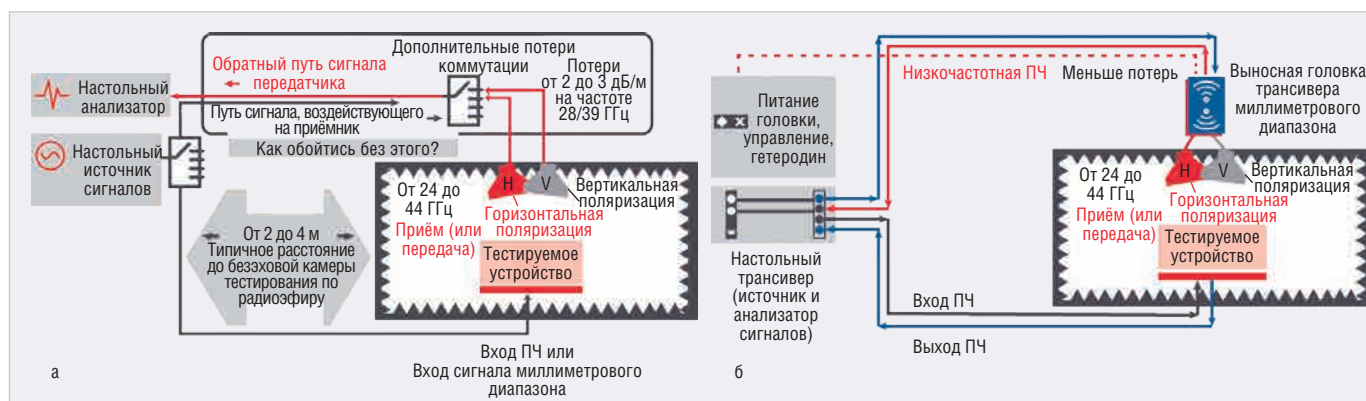


Рис. 1. Снижение вносимых потерь в процессе измерений по радиоэффру выносной приёмо-передающей головкой миллиметрового диапазона

сбалансировать стоимость и производительность. Это решение использует повышающее и понижающее преобразование частоты в измерительной плоскости, что снижает вносимые потери, обеспечивая нужные характеристики в существенно более широком диапазоне мощности. Такой подход позволяет создать значительно более экономичные и гибкие решения для производственного тестирования 5G на высоких частотах (см. рис. 1).

ПРИМЕНЕНИЕ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛА ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ И РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ

Частотные диапазоны 5G NR разбиты на несколько поддиапазонов, пронумерованных от 1 до 255 для FR1 и от 257 до 511 – для FR2. Максимальная полоса канала расширена до 100 МГц для частот до 6 ГГц и до 400 МГц – для частот миллиметрового диапазона. Такая ширина канала в 5-20 раз превышает ширину канала стандарта LTE, поскольку LTE, LTE-A и LTE-A Pro имеют максимальную полосу канала 20 МГц. Максимальная ширина агрегатированного канала в 5G NR тоже существенно расширена (почти в 2 раза по сравнению с LTE) и достигает 400 МГц для FR1 и 1,6 ГГц – для FR2 по сравнению со 100 МГц в LTE-A и 640 МГц в LTE-A Pro.

Для минимизации стоимости тестирования сетевого оборудования 5G производители должны оснастить рабочие места приборами, способными гибко работать с большим числом частот (включая миллиметровый диапазон) и более широкими каналами 5G NR. Масштабируемость приборов помогает ограничить занимаемое ими пространство и, следовательно, сократить площади производственных помещений и арендную плату за них.

Увеличение ширины канала предъявляет также особые требования к модулю вектора ошибки (EVM), равномерности АЧХ и динамическому диапазону, которые значительно труднее удовлетворить. Производителям сетевого оборудования нужны приборы, обладающие превосходными радиочастотными параметрами и амплитудно-частотными и фазо-частотными характеристиками на низких частотах, что необходимо для снижения отношения сигнала к шуму (С/Ш) в результате коррекции. Кроме того, не следует забывать и о других факторах, влияющих на точность измерений, таких как электронные компоненты, коммутаторы и кабели в измерительной системе, и не забывать измерять АЧХ тестовых оснасток, кабелей, разъёмов и смесителей. Всех этих проблем можно избежать, применив выносную излучающую головку.

МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ УСКОРЯЮТ ТЕСТИРОВАНИЕ МНОГОАНТЕННЫХ СИСТЕМ

Для повышения спектральной эффективности и расширения зоны покрытия стандарт 5G использует MIMO и концепцию формирования диаграммы направленности. В ходе проверки конструкции многоантенные радиочастотные системы усложняют схему тестирования и требуют больше времени для достижения необходимой синхронизации. На этапе производства главной целью является гарантия нормальной работы каждого канала. Поэтому все каналы тестируются индивидуально.

Производителям сетевого оборудования нужны контрольно-измерительные решения, обеспечивающие быстрое тестирование и способные масштабироваться по мере перехода от устройств 4G с числом портов от 4 до 8 к устройствам 5G с числом каналов 16, 32, 64 или 128. Им нужны решения, поддер-

живающие многоканальное и много-объектное тестирование, а также обеспечивающие высокую пропускную способность. Например, в векторном трансивере (VXT) компании Keysight векторный генератор сигналов (VSG) и векторный анализатор сигналов (VSA) интегрированы в одном двухслотовом модуле формата PXIe. 18-слотовое шасси PXI высотой 4 единицы (4U) допускает установку до восьми модулей VXT. Кроме того, программные и аппаратные ускорители повышают скорость тестирования во всех диапазонах мощности и частот для нескольких каналов и радиоформатов.

Выбирая контрольно-измерительные решения для производства устройств 5G, следует обращать внимание на эффективность их работы в промышленной среде, учитывая полосу генерации и анализа сигналов, выходную мощность, фазовый шум, точность по амплитуде, значения EVM и ACLR (коэффициент утечки мощности в соседний канал), наличие автоматических функций, особенности калибровки и занимаемое место (см. рис. 2).

СОКРАЩЕНИЕ РАЗРЫВА МЕЖДУ ВЕРИФИКАЦИЕЙ ПРОЕКТА И ПРОИЗВОДСТВОМ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ВЫХОДА НА РЫНОК

В процессе производства оборудования 5G инженеры сталкиваются с серьёзными техническими проблемами, ведущими в итоге к удорожанию и срыву сроков выхода продукции на рынок. Масштабируемость, компактность и высокие радиочастотные характеристики применяемых контрольно-измерительных решений критически важны для охвата обоих диапазонов FR1 и FR2, перехода к MIMO более высокого порядка и сокращения процента пропущенного брака. Однако общая стратегия, способная сократить раз-

рыв между интеграцией, верификацией проекта и серийным производством, может дать преимущество в борьбе за ускорение такого перехода. Общий интерфейс для программирования приложений (API) делает чудеса, облегчая интеграцию в производственные системы, а общее программное обеспечение помогает резко сократить трудоёмкость разработки, ускоряя выход на рынок. Кроме того, согласованные измерительные алгоритмы и общее оборудование могут обеспечить корреляцию данных на протяжении всего жизненного цикла продукта, позволяя сократить время перехода и ускорить диагностику проблем.

«КТО БОИТСЯ БЫТЬ ПОБЕЖДЁННЫМ, УВЕРЕН В ПОРАЖЕНИИ»

Цена проблем тестирования 5G далеко не шуточная. Большое число частотных диапазонов, большая полоса каналов и сложные многоантенные конфигурации могут существенно повысить затраты, потребовав применения более производительных приборов и увеличения времени тестирования. Но про-

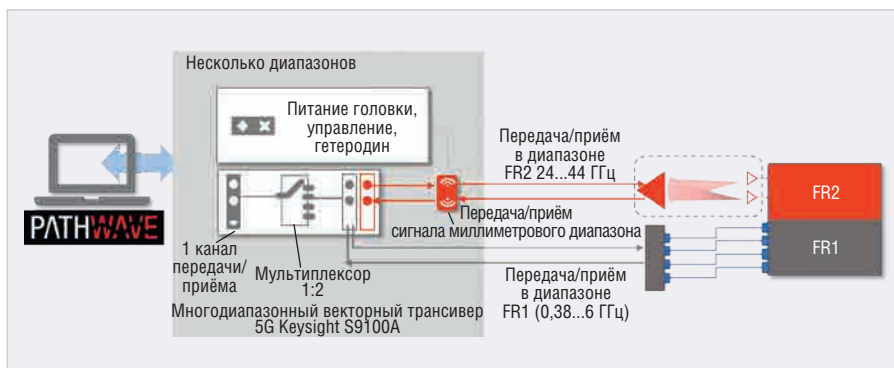


Рис. 2. Измерительная схема 5G NR для многодиапазонного тестируемого устройства с несколькими антеннами

изводители сетевого оборудования могут эффективно решить эти проблемы, установив партнёрские отношения с экспертами в области контрольно-измерительных технологий, способными предложить инновационные решения для преодоления технических сложностей стандарта 5G, одновременно контролируя их влияние на стоимость и время. Как сказал когда-то Наполеон Бонапарт: «Кто боится быть побеждённым, уверен в поражении». Не стоит позволять проблемам 5G тормозить продвижение к лидерству на рынке.

Дополнительная информация о проблемах и решениях для производственного тестирования 5G размещена на сайте компании Keysight Technologies [1]. Там же можно узнать больше о тестировании базовых станций в условиях крупносерийного производства [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-3659EN.pdf?id=3027259>.
2. <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-3334EN.pdf?id=3004723>. ©



Акционерное общество
Научно-производственный центр
«Электронные вычислительно-информационные системы» (АО НПЦ «ЭЛВЕЭС»)

**РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЕ
СТАТИЧЕСКОЕ ОЗУ**

1657PY2U

16 МБИТ, 17 НС



Реклама

+7 (499) 995-00-52
+7 (499) 731-19-61

market@elvees.com
www.multicore.ru



Электроника Транспорт 2020

14-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для пассажирского транспорта и транспортной инфраструктуры

Проводится в рамках Российской недели общественного транспорта www.publictransportweek.ru



27-29 МАЯ, МОСКВА
КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»
WWW.E-TRANSPORT.RU