

Методы тестирования многочастичных систем для беспроводной связи

В настоящее время многие поставщики услуг беспроводной связи стремятся повысить качество обслуживания и увеличить пиковые скорости передачи данных систем мобильной связи за счет применения многочастичных технологий LTE-Advanced. Однако разработка и проектирование систем связи на основе многочастичных технологий сопряжены с некоторыми трудностями. Для решения этих проблем можно использовать многочастичные синхронизированные измерительные системы, которые поддерживают масштабирование и возможность применения общих ресурсов для запуска и синхронизации.

Шери Де-Томаси (Sheri DeTomasi)

Введение

Сегодня люди все чаще пользуются беспроводными устройствами для доступа к электронной почте и социальным сетям, управления банковскими операциями и загрузки видео. Для выполнения этих операций потребителям нужна высокая скорость передачи данных и обеспечение мобильным устройством целостности сигнала. На многих современных рынках услуг связи лидирующее положение занимают технологии LTE и LTE-Advanced, а стандарты 5G находятся на этапах раннего исследования и утверждения. В сотовой связи широкое распространение получает технология LTE-Advanced, позволяющая удовлетворить требования пользователей до начала развертывания сетей 5G. Сегодня многие поставщики услуг беспроводной связи стремятся повысить качество обслуживания и увеличить пиковые скорости передачи данных систем мобильной связи за счет применения многочастичных технологий LTE-Advanced. Кроме того, многочастичные технологии применяются в других стандартах беспроводной связи, таких как 802.11n и 802.11ac, а также для повышения емкости системы за счет увеличения числа антенн в передатчике, приемнике или в обоих этих устройствах. В частности, многочастичные технологии применяются для повышения эффективности использования спектра и увеличения пиковых скоростей передачи данных. Сегодня широкое применение находят такие технологии, как разнесение каналов, пространственное мультиплексирование и формирование диаграммы направленности.

Разнесение каналов

В данном методе несколько антенн в приемнике или передатчике используются для повышения помехоустойчивости сигнала или улучшения способности приемника корректно принимать передаваемые данные. Разнесение каналов можно реализовать за счет применения нескольких антенн на стороне передатчика, ведущего передачу на один приемник, либо за счет разнесения антенн на стороне приемника; в этом случае одно

устройство ведет передачу на несколько приемных антенн. Обе эти многочастичные конфигурации помогают повысить помехоустойчивость системы связи в тех случаях, когда в канале наблюдается малое отношение сигнала к шуму (с/ш).

Пространственное мультиплексирование

В системах MIMO (Multiple Input Multiple Output — «несколько входов, несколько выходов») на стороне приемника и передатчика используются две и более антенн. Эта технология применяется для повышения пространственной эффективности. Благодаря MIMO независимые и отдельно кодируемые информационные сигналы (потoki данных) передаются по каждой из нескольких антенн передатчика. На стороне приемника данные отдельных антенн объединяются так, чтобы минимизировать ошибки и оптимизировать скорость передачи. MIMO используется во многих высокоскоростных беспроводных технологиях связи, таких как LTE, LTE-A, WiMAX и WLAN 802.11n/ac. Метод пространственного мультиплексирования повышает пространственную эффективность и скорость передачи данных для одного пользователя.

Многочастичная технология MIMO представляет собой разновидность пространственного мультиплексирования, которую можно применять для одновременной передачи данных нескольким пользователям в одном и том же частотном диапазоне. Этот метод повышает скорее эффективность системы, а не скорость передачи данных для одного пользователя.

Управление лучом или формирование диаграммы направленности

При наличии обратной связи в канале используется несколько антенн для направленной передачи сигнала в сторону конкретного приемника. Один и тот же сигнал одновременно передается с двух и более пространственно разнесенных антенн. Амплитуды и фазы в лучах настраиваются так, чтобы несколько передаваемых сигналов усиливались или ослаблялись в точке приема. При

сложении когерентных или синфазных сигналов они суммируются и создают определенную диаграмму направленности. При синфазном сложении сигналов в приемную антенну поступает гораздо больше энергии, что улучшает качество сигнала и повышает отношение сигнала к шуму в приемнике. Преимуществами при использовании схемы с управлением лучом являются лучшая селективность и ослабление помех за счет большего усиления и улучшения отношения с/ш.

Предполагается, что в 5G будут применяться именно многоантенные системы с многопользовательским формированием диаграммы направленности, которые используют сотни антенн на базовой станции, одновременно взаимодействующих с несколькими абонентскими устройствами. Эта технология называется также сверхбольшой системой ММО.

Проблемы тестирования многоантенных систем и их решение

Разработка и проектирование систем связи на основе многоантенных технологий сопряжены с некоторыми трудностями. С ростом числа антенн сильно возрастает сложность тестов для испытания системы по сравнению с предшествующими конфигурациями. Помимо этого, тестирование многоантенных систем порождает новые проблемы.

Синхронизация

Одна из трудностей — необходимость одновременного анализа работы нескольких передающих или приемных трактов; при этом ММО требует синхронизации измерений по нескольким каналам. В приложениях с формированием диаграммы направленности весьма важно обеспечить точную синхронизацию между каналами и соблюсти когерентность для выполнения точных измерений сдвига фаз между каналами.

Для решения указанных проблем можно использовать многоканальные синхронизированные измерительные системы, которые поддерживают масштабирование и возможность применения общих ресурсов для запуска и синхронизации. Для этого отлично подходят контрольно-измерительные решения в формате PXI, поскольку они позволяют наращивать число каналов, а также обеспечивают синхронизацию по времени и фазе для поддержки тестов ММО и формирования диаграммы направленности.

Если учесть все сигналы, которые нужно синхронизировать в системе с несколькими измерительными приборами, то синхронизация сигналов или каналов может оказаться весьма сложной задачей. Обычно для синхронизации всех тактовых сигналов используется основной опорный сигнал. В случае, показанном на рис. 1, управляющий опорный сигнал передается по одной из линий запуска PXI на все ведомые модули. Когда все каналы находятся в состоянии готовности, главный блок формирует сигнал запуска, и все модули запускаются по следующему фронту тактовой частоты 10 МГц. Этот метод гарантирует синхронизацию всех операций запуска, в результате чего захват или воспроизведение данных будет начинаться одновременно по всем каналам.

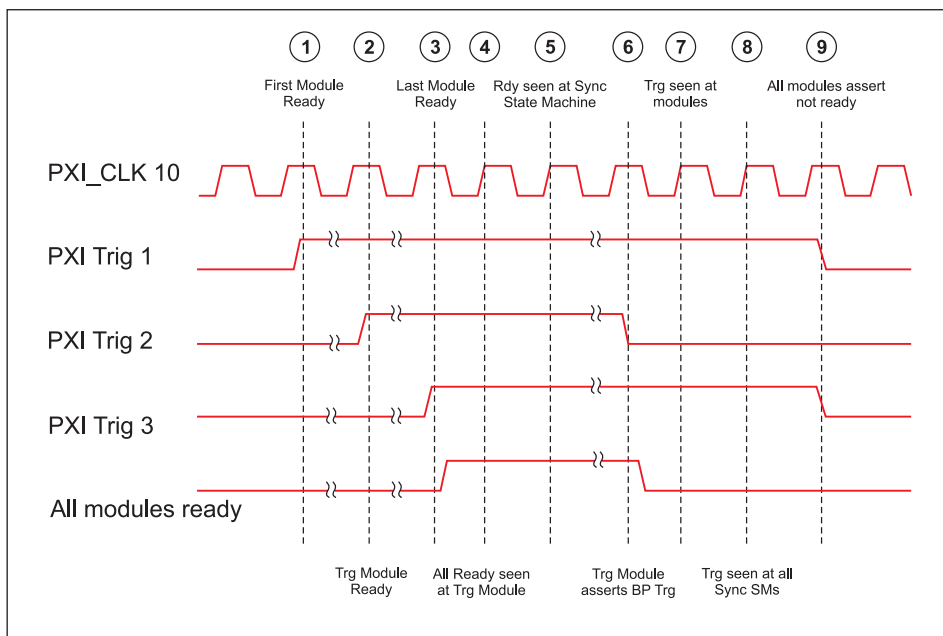


Рис. 1. Применение главного опорного сигнала для синхронизации захвата или воспроизведения данных

Фазовый сдвиг

Общая тактовая частота обеспечивает согласование по времени, но не когерентность. Это может породить проблемы в приложениях формирования диаграммы направленности, поскольку они используют сдвиг по фазе и амплитуде для формирования луча. Когерентность каналов обычно нужна для имитации реальных условий передачи или измерения. Два сигнала называются когерентными, если они имеют постоянный сдвиг фаз в любой момент времени. Если каждый канал генерации или измерения сигнала формируется отдельным генератором сигналов, то каждый канал будет обладать собственными фазовыми характеристиками. Это затрудняет получение постоянного сдвига фаз между несколькими каналами.

Стабильный сдвиг фаз между генерируемыми сигналами или измерительными каналами можно получить с помощью модульных приборов, которые обеспечивают когерентность каналов. Один из методов достижения

истинной когерентности заключается в применении общего для всех каналов гетеродина, что гарантирует одинаковые фазовые характеристики всех каналов. Благодаря общему гетеродину все преобразователи частоты (ПЧ) анализаторов и все модуляторы источников сигнала будут иметь общие фазовые характеристики, включая погрешность фазы, что позволяет корректно измерять характеристики ВЧ-трактов с учетом постоянной фазы и постоянного сдвига фаз между каналами (задержки в тракте каждого измерительного прибора) (рис. 2). Такой подход позволяет корректно складывать несколько сигналов в фазе или противофазе.

Калибровка

В измерительной системе важно учитывать разность амплитуд и фаз в каналах. Без калибровки может наблюдаться некоторое снижение точности результатов. Применение калибровки для коррекции без баланса гарантирует, что любые измеренные

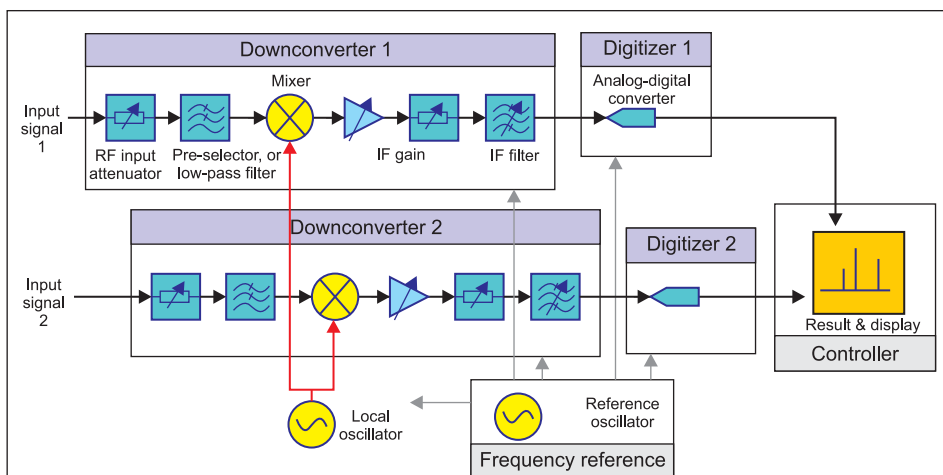


Рис. 2. Применение общего гетеродина для достижения когерентности многоканальных анализаторов

изменения порождены тестируемым устройством, а не измерительным оборудованием. Коррекция выполняется путем измерения разности значений контрастируемых величин между каналами и применения соответствующей регулировки. Это можно сделать путем поочередной генерации известного опорного сигнала в каждом канале-источнике, подачи его на все каналы анализатора и измерения результатов. На рис. 3 показано влияние калибровки на точность диаграммы направленности.

Многоантенные технологии все активнее применяются в современных беспроводных коммуникационных системах и будут еще шире использоваться в коммуникационных системах 5G. Инженерам необходимо разрабатывать контрольно-измерительные системы для сложных многоканальных систем. Модульные измерительные приборы позволяют решить эти проблемы за счет наращиваемого числа каналов, межканальной синхронизации, когерентности и других функций, предлагая нужные средства для существующих и перспективных измерительных систем.

Компания Keysight предлагает синхронизированные по времени и когерентные многоканальные модульные контрольно-измерительные решения, включающие векторные генераторы сигналов (VSG) и векторные анализаторы сигналов (VSA), которые используют общий гетеродин, позволяют наращивать число каналов и могут использоваться для тестирования сложных многоантенных систем MIMO и систем с синтезированной диаграммой направленности. ■

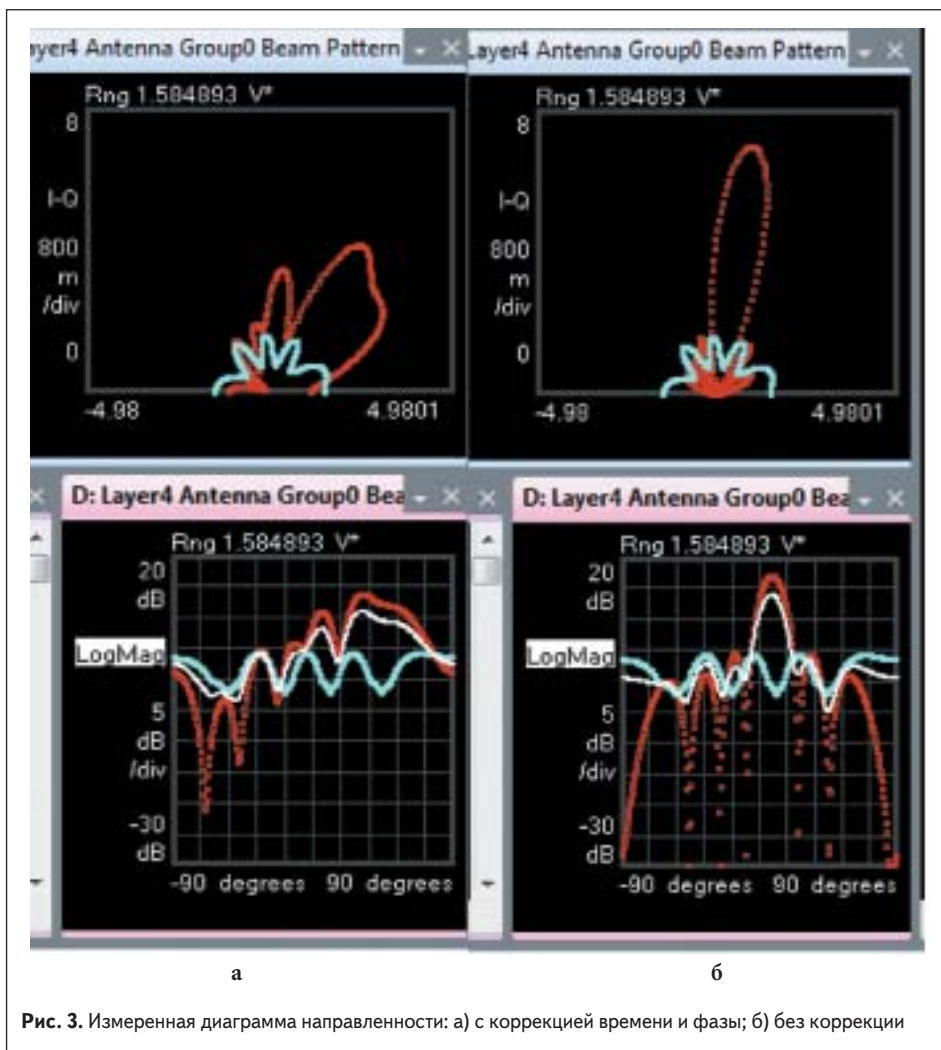


Рис. 3. Измеренная диаграмма направленности: а) с коррекцией времени и фазы; б) без коррекции