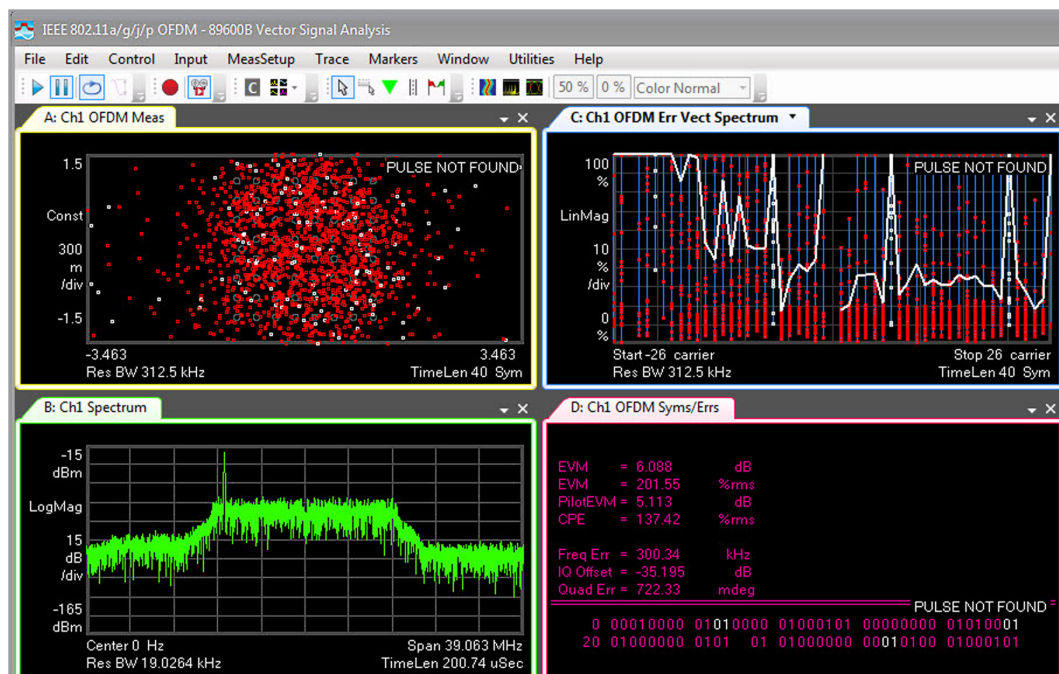


Keysight Technologies

Потоковая передача данных, анализ и воспроизведение сигналов эфирной обстановки в аэрокосмических и оборонных приложениях

Рекомендации по применению



Введение

В идеальном мире приёмники использовали бы фильтры с крутым срезом частотной характеристики, усилители и смесители никогда не искажали бы сигналы, центры управления всегда координировали бы использование радиочастотного спектра, а термин “джем” использовался бы только за завтраком или на музыкальных фестивалях. Но поскольку наш мир далек от идеального, нам приходится иметь дело с помехами.

Помехи могут быть непреднамеренными или преднамеренными. Непреднамеренные помехи являются частью радиочастотной среды. Сотовые телефоны, беспроводная связь, беспроводные телефоны, наземное телевидение, медицинская электроника и многое другое — всё это вносит свой вклад. Преднамеренные помехи создаются специально, чтобы нарушить работу приёмника.

Основное внимание при последующем обсуждении мы уделим преднамеренным помехам, а также противодействию нежелательным сигналам.

Предлагаемый процесс включает четыре шага:

- Захват сигнала в полевых условиях
- Анализ его в лаборатории
- Моделирование и воспроизведения сигнала
- Разработка способов его устранения

Поскольку такие помехи являются перемежающимися и кратковременными, для захвата сигнала помехи, возможно, потребуется производить запись данных в течение секунд, минут или даже часов. Для обеспечения полной картины во время анализа захват данных должен быть непрерывным, без промежутков.

Все это можно реализовать с помощью системы, в которой используются серийно выпускаемые аппаратные и программные средства компаний Keysight Technologies и X-COM Systems. Система ускоряет обработку терабайтов данных и проведение детального анализа. Она также сохраняет первоначальное качество сигнала на протяжении всего процесса — захвата, анализа, моделирования и воспроизведения. Поскольку все элементы системы выпускаются серийно, данное техническое решение обеспечивает прослеживаемые характеристики и предполагает использование приборов и программного обеспечения (ПО) для решения характерных задач.

Проблема

Обычно преднамеренные помехи излучаются для достижения конкретной цели: нарушение связи, активное радиоэлектронное подавление РЛС, а также дезориентация или нарушение работы приёмника, который подвергается воздействию помех, иными методами. Поскольку такие сигналы являются одновременно перемежающимися и кратковременными, часто бывает трудно обнаружить или установить источник помех.

В рамках этого сценария задача состоит в том, чтобы захватить и проанализировать полный набор спектральных данных, содержащий сигнал помехи. Для этого часто требуется проводить сбор спектральных данных в течение секунд, минут или часов,

в результате могут быть потрачены гигабайты или терабайты дискового пространства.

В большинстве случаев решение проблемы выделения требуемого объёма памяти является, пожалуй, наименее сложной частью решаемой задачи. Гораздо сложнее наладить непрерывный сбор высококачественных данных. После того как огромный объём данных собран и сохранён, следующий шаг - точное определение одного или нескольких сигналов помех. Получение значимой информации о каждом сигнале во временной, частотной, модуляционной областях - основа точного и глубокого анализа сигналов помех.

Решение

Идея, заложенная в основу предлагаемого технического решения, заключается в том, что захваченный сигнал является информацией. Чем быстрее и точнее Вы извлечёте значимую информацию о сигнале, тем лучше проанализируете его влияние на систему, для которой он является помехой, и тем скорее разработаете и развернёте меры радиоэлектронного подавления.

Структурная схема предлагаемого технического решения показана на рисунке 1. Как было указано ранее, система охватывает основные этапы процесса: захват, анализ, моделирование и воспроизведение сигналов.

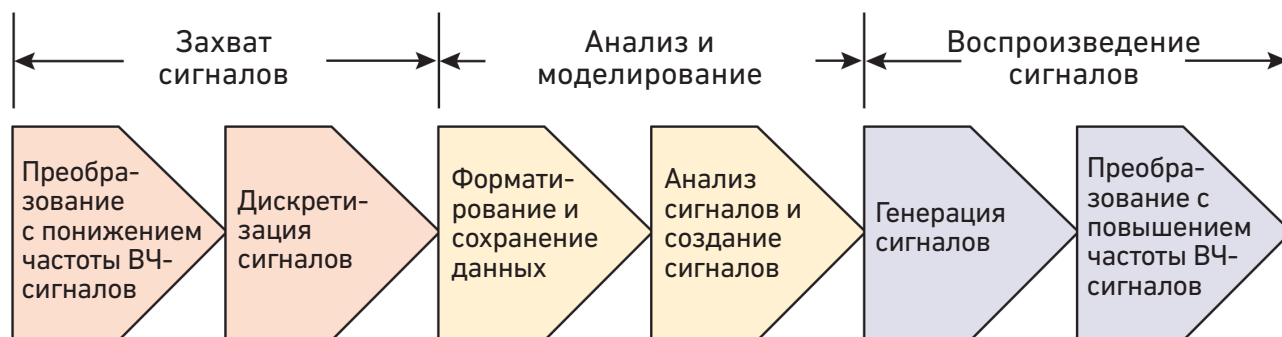


Рисунок 1. Процесс обработки данных на структурной схеме системы поддерживает преобразование захваченных данных помехи в полезную информацию

Захват и анализ сигналов

Для захвата и анализа сигналов используются три аппаратных компонента: анализатор сигналов, регистратор данных и внешнее хранилище данных. Они представлены на левой и центральной секциях рисунка 2.

Анализатор сигналов серии X компании Keysight: на схеме показан анализатор сигналов высшего класса PXA. В зависимости от требований к производительности, Вы также можете использовать анализаторы сигналов MXA или EXA. Использование анализатора сигналов серии X в качестве предварительного преобразователя с понижением частоты и дискретизатора сигнала ПЧ помогает максимально сохранить качество сигнала с самого начала процесса.

Регистратор данных IQC5000A компании X-COM: на вход регистратора поступает поток цифровых IQ-выборок от анализатора сигналов. IQC5000A форматирует IQ-данные, помечает их в соответствии с событиями внешних маркеров, добавляет метки времени и GPS перед отправкой в хранилище данных.

Хранилище данных компании X-COM: данное устройство может быть сконфигурировано для использования внутренних возможностей хранения данных до 2 Тбайт или внешних устройств хранения данных до 8 или 16 Тбайт данных.

С помощью программных компонентов данного технического решения могут быть выполнены различные функции постобработки

ПО анализа сигналов Spectro-X компании X-COM: основные возможности включают предварительную обработку больших массивов данных и локализацию подозрительных сигналов. Spectro-X включает поисковые системы для идентификации и выявления характерных особенностей сигналов, а также возможности вырезания и сохранения фрагментов сигнала для их последующего воспроизведения в ПО 89600 VSA.

ПО 89600 VSA компании Keysight: лидирующее в отрасли программное обеспечение векторного анализа сигналов (VSA) обеспечивает несколько видов представления самых сложных сигналов для их более глубокого исследования. Встроенные возможности 89600 VSA включают поддержку более 70 стандартов и типов сигналов и позволяют осуществлять анализ модуляции на уровне битов.

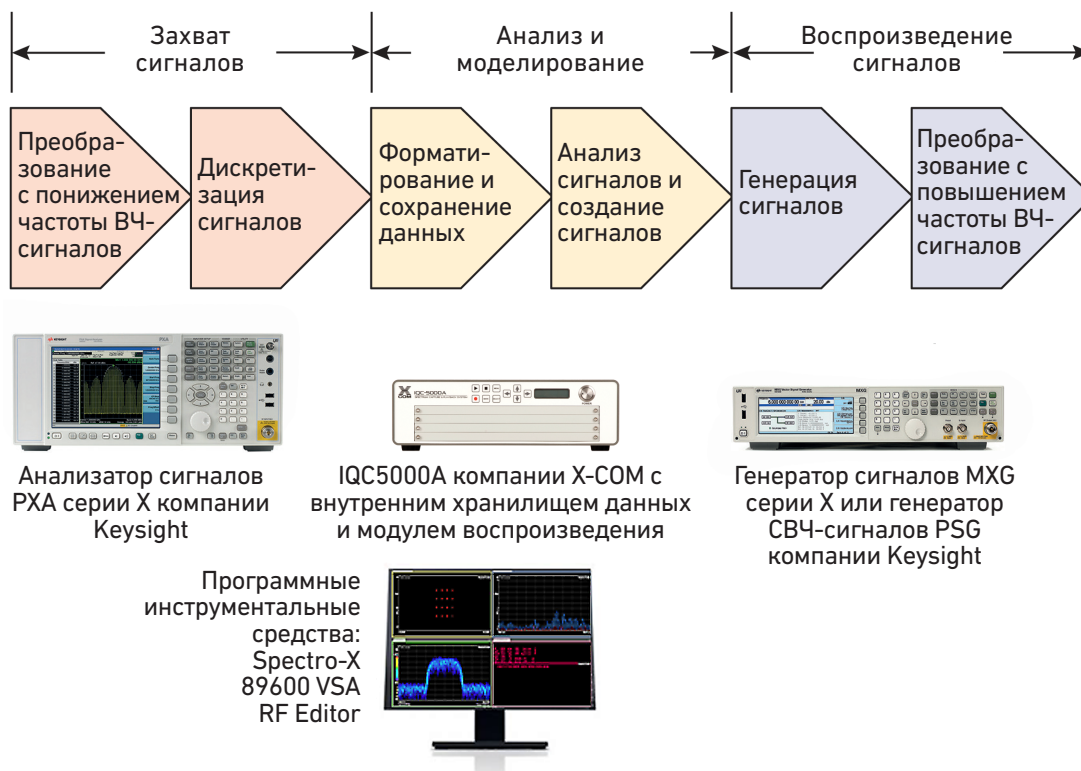


Рисунок 2. Сочетание серийно производимых аппаратных и программных компонентов обеспечивает захват данных с высоким качеством, анализ, моделирование и воспроизведение сигналов.

Моделирование и воспроизведение сигналов

Для моделирования и воспроизведения сигналов система включает программное обеспечение формирования сигналов, генератор модулирующих сигналов и векторный генератор сигналов. Они показаны в нижней и правой частях рисунка 2.

RF Editor компании X-COM: это ПО можно использовать для создания сценариев генерации

сигналов, включающих записанные файлы. Функции RF Editor включают: вырезание, совмещение, преобразование, фильтрацию и зацикливание сигналов. Полученные сигналы можно загрузить в IQC5000A для воспроизведения.

Модуль воспроизведения IQC5000A компании X-COM: этот генератор модулирующих сигналов используется для

управления входами IQ-модуляции векторного генератора сигналов.

Векторный генератор сигналов компании Keysight: примерами являются модели серий PSG, EXG и MXG. Векторный генератор сигналов преобразует сигналы IQ-модуляции с повышением частоты и служит в качестве эфирного источника сигналов.

Результаты: захват и анализ сигналов

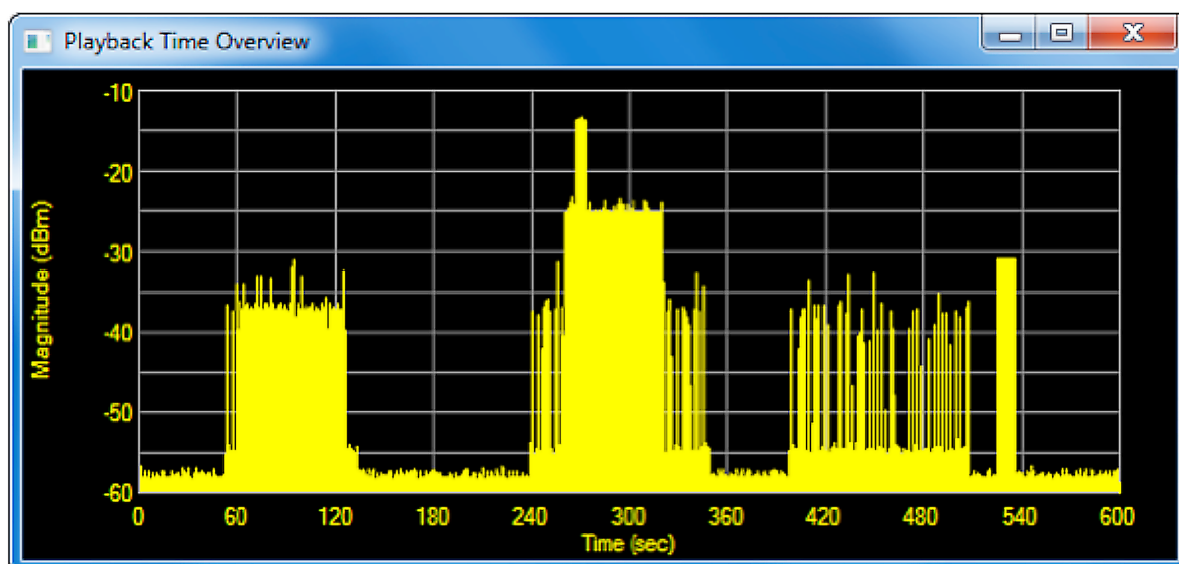


Рисунок 3. Визуальный контроль захваченных спектральных данных выявил четыре диапазона, вызвавших интерес.

Изучение реальных результатов анализа помех поможет продемонстрировать возможности данного технического решения. Первоначальный сбор данных был выполнен анализатором сигналов PXA с использованием полосы анализа 40 МГц и потоковой передачи данных в регистратор данных IQC5000A и хранилище данных объемом 2 Тбайта. Непрерывный захват данных, продолжавшийся 10 минут, потребовал 120 Гбайт дискового пространства для записи данных.

Извлечение информации из сигналов помех

С целью выявления интересующих сигналов помех для визуального

контроля захваченных данных было использовано ПО Spectro-X. Обзорное измерение зависимости амплитуды сигнала от времени для полного 600-секундного захвата данных выявило четыре непохожих диапазона потенциально интересной активности (рисунок 3).

Быстрый анализ диапазона между примерно 400 и 500 секундами показал, что в это время передавались сигналы стандарта 802.11b Wi-Fi. Этот диапазон был оставлен без внимания, а инструменты поиска Spectro-X были сконцентрированы на трех оставшихся диапазонах интенсивной активности: с 50 до 140, с 230 до 350 и с 510 до

540 секунды. Анализ в частотной области выявил следующее:

- Диапазон 1: приблизительно между 50 и 140 секундами наблюдалось всего 137000 активностей сигналов на несущей частоте.
- Диапазон 2: приблизительно с 230 до 350 секунды работал передатчик IEEE 802.11g, и, кроме того, присутствовал неизвестный сигнал, который отчетливо виден на рисунке 3. Неизвестный сигнал присутствовал примерно в течение пяти секунд.
- Диапазон 3: приблизительно с 510 до 540 секунды было 20000 возникновений сигналов произвольной несущей частоты.

Внимательное рассмотрение диапазона 2 дает интересные представления сигнала в формате спектрограммы и спектра послесвечения, как показано на рисунке 4. В окне спектрограммы (сверху) две пачки помех внедряются в спектр упорядоченного сигнала несущей частоты.

Функция стандартного поиска ПО Spectro-X была использована для идентификации упорядоченного сигнала несущей частоты, который, предположительно, был сигналом стандарта 802.11g. Как показано на рисунке 5, параметры поиска включают доверительную границу (в данном случае установлена на 40 процентов), вероятный тип стандарта (в данном случае установлен на 802.11a/g) и интересующий временной диапазон в пределах захваченных данных (установлен с 250 до 300 секунды).

Доверительная граница помогает выявить сигналы, которые похожи на сигналы предполагаемых стандартов связи. Это значение определяется относительно идеального сигнала стандарта

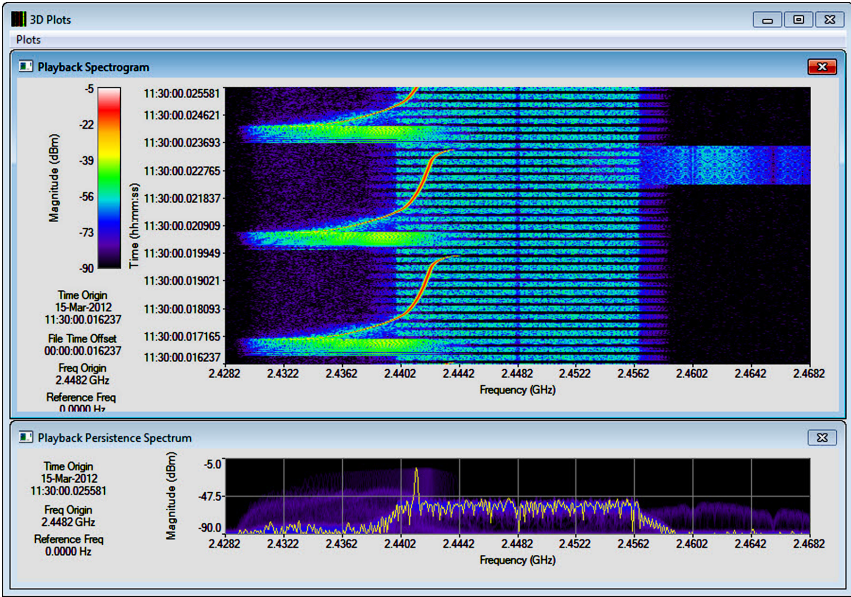


Рисунок 4 - На спектрограмме (вверху) предположительный (подозрительный) сигнал помехи внедряется в часть спектра упорядоченного сигнала несущей частоты.

беспроводной связи и определяет требуемый уровень корреляции между опорным и захваченным сигналами. Индикация значения менее 100 процентов информирует о том, насколько серьезно помеха влияет на сигнал, подвергающийся её воздействию.

В данном случае функция поиска обнаружила более 92000 образцов сигналов, имеющих

сходство с опорным сигналом стандарта 802.11g.

Как и ожидалось, здесь были диапазоны, в которых наблюдалась серьезная деградация сигнала, когда возникал сигнал помехи. Как показано на рисунке 6, корреляция снижалась с более чем 80 процентов до менее чем 50 процентов.

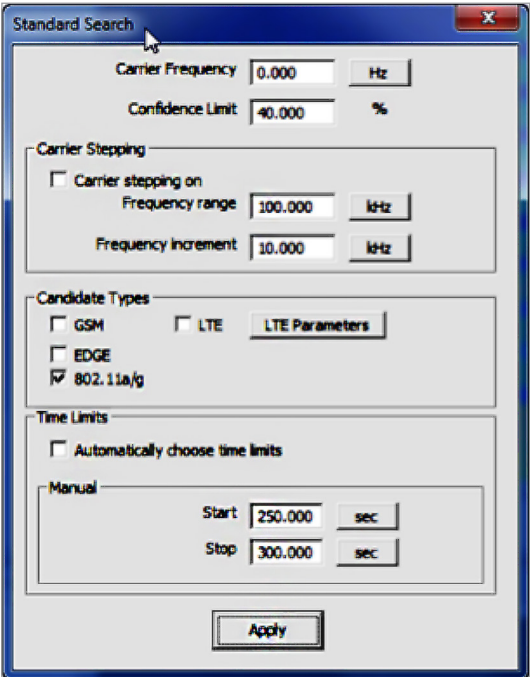


Рисунок 5. Диалоговое окно функции стандартного поиска Standard Search используется для выбора параметров, таких как возможный вариант стандарта беспроводной связи и требуемый уровень корреляции.

Carrier Frequency	Start Time	Confidence (%)	Standard
0.0000 Hz	267.720321 sec	86.28	802.11a/g
0.0000 Hz	267.720597 sec	86.16	802.11a/g
0.0000 Hz	267.720873 sec	86.14	802.11a/g
0.0000 Hz	267.721149 sec	86.07	802.11a/g
0.0000 Hz	267.721424 sec	67.14	802.11a/g
0.0000 Hz	267.721435 sec	40.76	802.11a/g
0.0000 Hz	267.721701 sec	85.44	802.11a/g
0.0000 Hz	267.721977 sec	83.71	802.11a/g
0.0000 Hz	267.722253 sec	83.48	802.11a/g
0.0000 Hz	267.722365 sec	40.14	802.11a/g
0.0000 Hz	267.742401 sec	87.14	802.11a/g
0.0000 Hz	267.742677 sec	87.02	802.11a/g
0.0000 Hz	267.742952 sec	82.98	802.11a/g
0.0000 Hz	267.743121 sec	50.52	802.11a/g
0.0000 Hz	267.749594 sec	42.51	802.11a/g
0.0000 Hz	267.749853 sec	87.27	802.11a/g
0.0000 Hz	267.750129 sec	82.91	802.11a/g
0.0000 Hz	267.750241 sec	40.49	802.11a/g
0.0000 Hz	267.753717 sec	47.97	802.11a/g
0.0000 Hz	267.753993 sec	45.58	802.11a/g
0.0000 Hz	267.754269 sec	45.43	802.11a/g
0.0000 Hz	267.756798 sec	41.36	802.11a/g
0.0000 Hz	267.757029 sec	87.90	802.11a/g
0.0000 Hz	267.757305 sec	80.84	802.11a/g

Рисунок 6. Сводка результатов поиска выявляет диапазоны с высокой и низкой корреляцией.

Для каждого диапазона, где наблюдалась слабая корреляция, полученные результаты были изучены с использованием окна спектрограммы (рисунок 7). Это позволило точно локализовать 5-секундный промежуток, когда действовала помеха.

Соответствующие IQ-данные затем были экспортированы в ПО 89600 VSA для детального анализа. До возникновения помехи все основные показатели качества модуляции были хорошими, как показано на рисунке 8. Когда помеха становилась активной, её воздействие становилось катастрофическим: пилот-сигналы и несущие частоты полезной нагрузки были полностью искажены сигналом помехи, воздействовавшим на процесс передачи (рисунок 9).

Возможности данного технического решения

Этот сценарий имел место в интернет-кафе. Источником непреднамеренных помех была микроволновая печь, которая нарушала Wi-Fi-соединения каждый раз, когда сотрудники разогревали кондитерские изделия или бутерброды.

Несмотря на то, что это была относительно простая ситуация, предложенная процедура так же хорошо работает в случаях, когда помехи влияют на радиосвязь, телеметрические линии, управление дальними полётами, радиотехническую разведку (SIGINT), взаимодействие устройств в системе и т. д. Эта процедура также поддерживает три наиболее распространенных сценария использования: запись сигнала в полевых условиях и воспроизведение в лаборатории, запись сигнала в лаборатории и воспроизведение в лаборатории, создание сигнала в лаборатории и воспроизведение на полигоне.

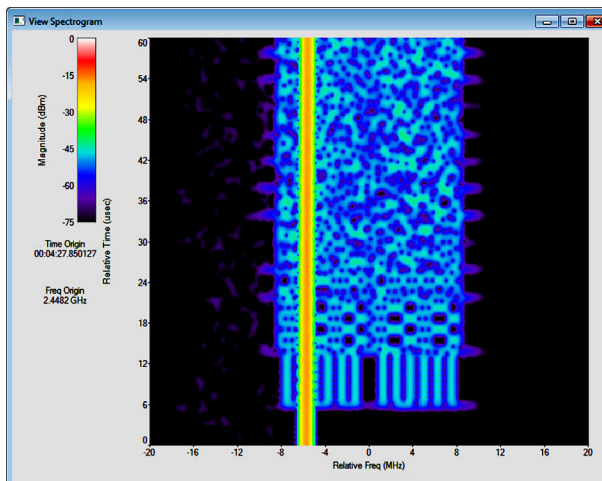


Рисунок 7. Окно спектрограммы ПО Spectro-X, отображающее промежуток времени 60 мкс (сверху вниз) показывает нарушение помехой эталонной последовательности (3-11 мкс) и полезной нагрузки (11 мкс и выше) сигнала стандарта 802.11g.

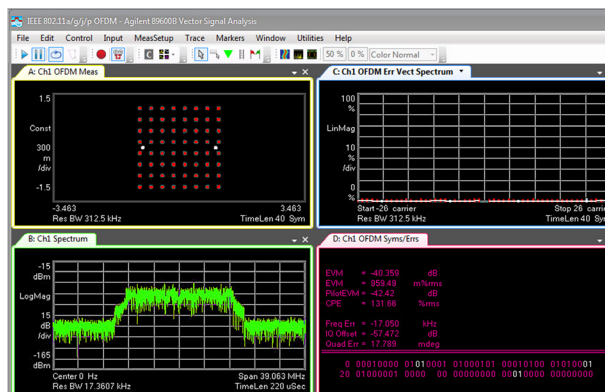


Рисунок 8. До возникновения помехи: диаграмма созвездия сигнала формата OFDM (слева сверху), модуль вектора ошибки EVM (справа сверху) и спектр (слева снизу) в норме.

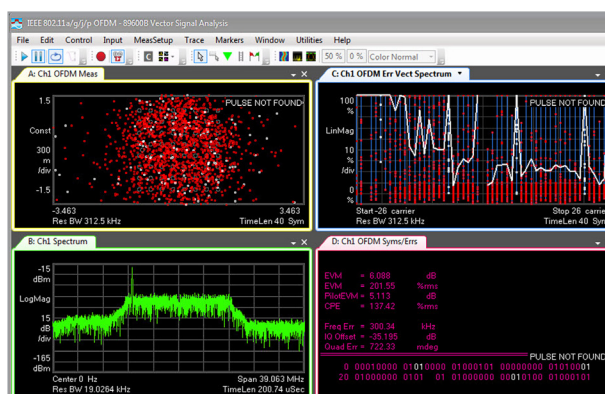


Рисунок 9. Помеха активна: диаграмма созвездий сигнала формата OFDM (слева сверху) разрушена, модуль вектора ошибки EVM (справа сверху) выглядит неустойчивым, и в частотном спектре (слева снизу) присутствует большой пик (внизу слева).

Заключение

Различные типы помех могут повлиять на работу критически важных оборонных систем. Таким образом, для разработчиков важно иметь средства для анализа ситуаций, связанных с ВЧ-помехами, с помощью которых можно было разобраться, что на самом деле произошло в спектре электромагнитного излучения. Извлечение полезной исследовательской информации о ВЧ-помехах является первым шагом в разработке успешных стратегий и технических решений по уменьшению их влияния.

Как показано в данном документе, компании Keysight и X-COM совместно разработали специализированные системы измерения и анализа, которые обеспечивают высокое качество сигналов в широком диапазоне частот и возможность длительного непрерывного захвата данных. После захвата эти сигналы можно детально исследовать на предмет обнаружения определенных типов помех. Эти сигналы также могут быть обработаны с помощью ПО для моделирования альтернативных сценариев постановки помех. Кроме того, записи могут быть в полном объеме переданы для использования при моделировании электромагнитной окружающей среды (ЕМЕ) и тестовании на совместимость.

Литература

- Брошюра: X-Series Signal Analysis (анализаторы сигналов серии X), номер публикации 5990-7998EN
- Брошюра: PXA X-Series Signal Analyzer N9030A (анализатор сигналов PXA серии X N9030A), номер публикации 5990-3951EN
- Брошюра: 89600 VSA Software (программное обеспечение векторного анализа сигналов 89600 VSA), номер публикации 5990-6553EN
- Описание технического решения: RF Interference Troubleshooting (поиск и устранение проблем, связанных с ВЧ-помехами), номер публикации 5990-9511EN
- Описание технического решения: RF Interference Analysis (анализ ВЧ-помех), номер публикации 5990-9243EN
- Описание технического решения: Spectrum Management Solutions (технические решения по управлению использованием спектра), номер публикации 5990-9089EN
- Рекомендации по применению: Capturing Events of Long Duration or High Data Volume (захват событий большой продолжительности или большого объема данных), номер публикации 5990-7734EN



Keysight Solutions Partner Program

Компания Keysight и её партнёры по техническим решениям работают совместно, чтобы помочь пользователям решать их уникальные проблемы, связанные с разработкой, производством, развёртыванием или поддержкой оборудования. Дополнительная информация об этой программе, наших партнёрах и предлагаемых ими технических решениях приведена на сайте: www.keysight.com/find/solutionspartner

X-COM Systems

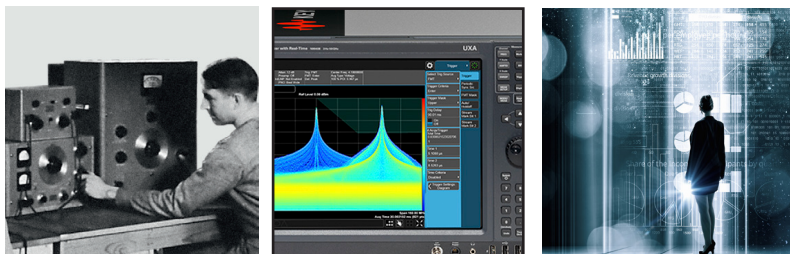
Компания X-COM Systems разрабатывает технические решения для записи, анализа и воспроизведения ВЧ-сигналов, необходимые при решении задач разработки систем, имитации сигналов и тестирования.

Информация о продуктах, приложениях и услугах компании Keysight Technologies приведена на сайте: www.keysight.com

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированная подборка только нужной вам информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES
Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами

www.keysight.com/find/ad

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб.,
52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286 (Звонок по России
бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр

Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская наб.,
52,

стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-16-10-14)



www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.

Сертифицировано DEKRA на соответствие
стандарту ISO 9001:2015

Система управления качеством