Поиск интерференции с помощью портативного анализатора спектра R&S®FSH

Указания по применению

Приборы и опции:

- R&S®FSH
- R&S®FSH-K14
- R&S®FSH-K15
- R&S®FSH-K16

Эти методические рекомендации объясняют, как обнаружить, охарактеризовать, локализовать и задокументировать интерференцию в сетях мобильной связи с помощью анализатора спектра FSH.

Сначала объясняется, как использовать функции анализа спектра и интерференции на каждом шаге поиска интерференции. Данные объяснения проиллюстрированы примерами.

Затем описаны наиболее распространенные источники интерференции в сотовых сетях и даны рекомендации относительно того, как их идентифицировать.

Чтобы выполнить тесты, описанные в этих указаниях по применению, портативный анализатор спектра FSH должен быть оборудован направленной антенной и следующими опциями:

- FSH-K14 или -K15, для работы со спектрограммой
- FSH-K15, для определения местоположения методом триангуляции, использования тональной функции и анализа интерференции
- FSH-K16, для работы с функцией географической привязки
- R&S®HA-Z240 GPS-приемник, если не используются антенны R&S®HL300 или R&S®HE300

ROHDE&SCHWARZ

Указания по применению

Лаура Санчез, Фрэнк Брэмер
Пол Денисовски,
7/10/2014- 1EF89_V1.0

Содержание

1 Для чего необходим поиск интерференции? ... 3

2 Пошаговый алгоритм поиска интерференции ... 4

2.1 Обнаружение интерференционного сигнала ... 4

2.1.1 Работа с функцией спектрограммы ... 7

2.2 Характеристика интерференционного сигнала ... 9

2.2.1 Документирование результатов с R&S®FSH4View ... 11

2.2.2 Работа с анализатором интерференции ... 12

2.3 Определение местоположения источника интерференции ... 14

2.3.2 Загрузка карт и их установка на FSH ... 16

2.3.3 Работа с функцией триангуляции ... 17

2.3.4 Работа со звуковыми сигналами ... 22

2.3.5 Работа с функцией «сохранения события» и с функцией географической привязки ... 23

3 Основные источники интерференции ... 27

3.1 Шум и побочное излучение ... 27

3.2 Гармоники и интермодуляционные искажения ... 29

3.3 Двунаправленные усилители ... 30

3.4 Кабельная утечка ... 32

3.5 Нелицензированное или некорректное использование полосы частот ... 32

3.6 Генераторы помех и преднамеренная интерференция ... 33

4 Приложения ... 35

4.1 Полосы частот LTE ... 35

4.2 Полосы частот WCDMA/UMTS ... 37

4.3 Полосы частот GSM ... 38

5 Ссылки ... 39

6 Информация для заказа ... 40

1 Для чего необходим поиск интерференции?

Абоненты ожидают, что услуги мобильной связи будут доступны, надежны и будут иметь хорошую производительность с точки зрения качества речи и пропускной способности.

На основе этих критериев пользователи могут выбрать или изменить своего поставщика услуг (оператора мобильной связи). Поэтому поставщики услуг прилагают большие усилия, чтобы предоставить абонентам хорошее качество обслуживания.

В последнее время неоднократно выполнялось перераспределение частотного спектра (рефарминг) между государственными службами и коммерческими операторами, а также между различными радиотехнологиями. Это позволило выделить более широкий спектр и увеличить пропускную способность скорость передачи данных в новых сетях мобильной связи.

Например, полоса LTE 3 приблизительно 1800 МГц, ранее выделенная для GSM, во многих странах теперь используется для LTE. Полоса WCDMA 8 приблизительно 900 МГц ранее использовалась для GSM. LTE также использует полосы частот, которые были ранее выделены для аналогового телевидения в Европе (800 МГц) и США (700 МГц).

Новые технологии, такие как LTE/LTE-Advanced внедряются, чтобы обеспечить более высокие скорости передачи данных по более низким ценам по сравнению с такими старыми технологиями, как GSM, WCDMA.

Увеличение пропускной способности достигается за счет применения модуляции высшего порядка, например, 64-QAM в нисходящем канале и многоантенных технологий (MIMO). Однако во всех системах связи схемы модуляции высшего порядка обычно требуют «максимально чистой» радиосреды с более низким минимальным уровнем шума. Если уровень шума или помехи в сети поднимается, то сеть вынуждена применять модуляционные схемы более низкого порядка (16-QAM или даже QPSK), таким образом, значительно ухудшая пропускную способность и нивелируя другие преимущества использования LTE.

Интерференция влияет на возможность использовать системы беспроводной связи, начиная от умеренного снижения общей эффективности сети – например, немного уменьшается пропускная способность – вплоть до полного выхода сетей из строя, но большинство интерференционных проблем обычно приводят к промежуточным результатам.

Быстрое обнаружение, локализация и решение проблем интерференции являются важными компонентами в обеспечении оптимального качества связи.

2 Пошаговый алгоритм поиска интерференции

Перед проведением измерений интерференции, важно убедиться в том, что проблема действительно вызвана интерференцией, а не неправильным функционированием усилителей или других сетевых компонентов.

Нисходящая интерференция обычно возникает в собственной сети оператора. Внутренние интерференционные проблемы могут быть решены путем изменения наклона антенны или азимута затронутых секторов или с помощью дополнительной настройки некоторых параметров сети.

Нисходящая интерференция может быть вызвана также генераторами помех (т.е. преднамеренными помехами). На практике это очень редкое явление, его довольно трудно обнаружить, не выключая базовую станцию.

Внешняя интерференция – почти исключительно проблема восходящего канала, т.е. в частотном диапазоне, используемом мобильными телефонами для передачи в направлении базовой станции. Интерференция в восходящем канале, как правило, вызывает проблемы, потому что это ухудшает способность базовой станции «слышать» относительно слабые сигналы, посылаемые пользовательским оборудованием (UE).

Базовые станции обычно могут обнаружить присутствие интерференции в полосе частот линии «вверх», например, чрезмерно высокий уровень RSSI (обычно –100 дБмВт или выше) или низкие значения некоторых показателей качества (KPI), таких как пропускная способность и непрерывность соединения.

В LTE и восходящем канале WCDMA все мобильные телефоны передают на одной и той же частоте. Это делает восходящий канал особенно уязвимым для шума и интерференции, так как из-за высокого уровня помех могут возникнуть разрывы в покрытии.

Пример интерференции в восходящем канале сети WCDMA, вызванной нелицензированными телефонами DECT, будет показан в следующих разделах.

2.1 Обнаружение интерференционного сигнала

Первый шаг – движение в зоне обслуживания пораженных интерференцией секторов, пока интерференционный сигнал не будет обнаружен. FSH обычно подключается к всенаправленной антенне (например, R&S®TS95A16) на крыше измерительного автомобиля, но можно также использовать направленные антенны типа R&S®HL300, или собственные антенны.

При использовании в транспортном средстве для питания FSH применяется автомобильный адаптер R&S®HA-Z202, использующий стандартный источник питания в автомобиле (12 В).

Представление спектра в сочетании со спектрограммой помогает обнаруживать помехи, которые видны только иногда (излучаются непостоянно). На Рис.1 спектрограмма в нижней части дисплея показывает неустойчивую скачкообразную перестройку частоты помехи (красные точки).

Маркеры M1-M4 используются, чтобы разграничить различные частотные каналы.

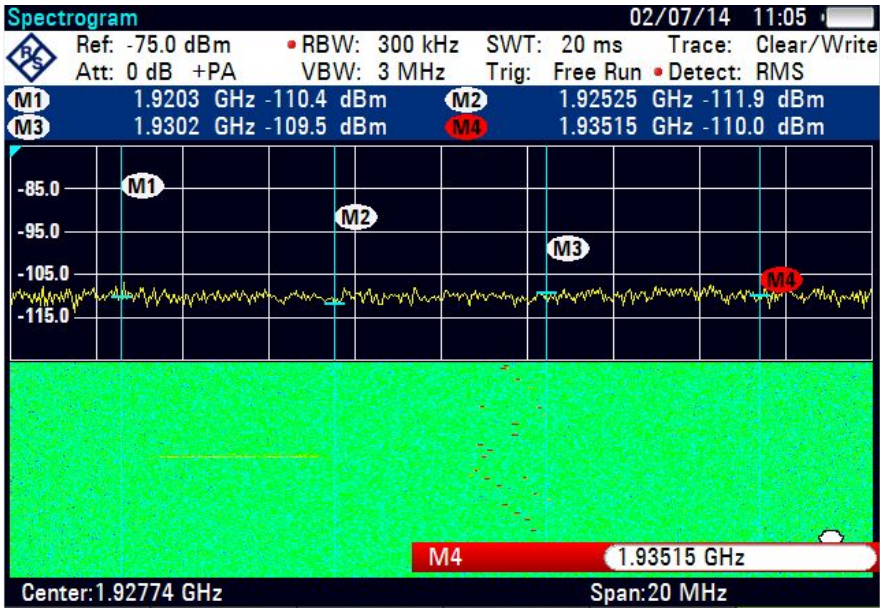


Рис.1 – Анализатор спектра и кривая спектрограммы показывают интерференционный сигнал в спектре UL (красные точки), с использованием детектора среднеквадратического значения(RMS)

Как только интерференционный сигнал был определен, передвигайтесь поближе к месту, в котором, как вы считаете, интерференционный сигнал становится сильнее, до тех пор, пока вы не сможете четко увидеть интерференционный сигнал. Рис.2 показывает ту же помеху, которая была на Рис.1, но с более близкого расстояния.

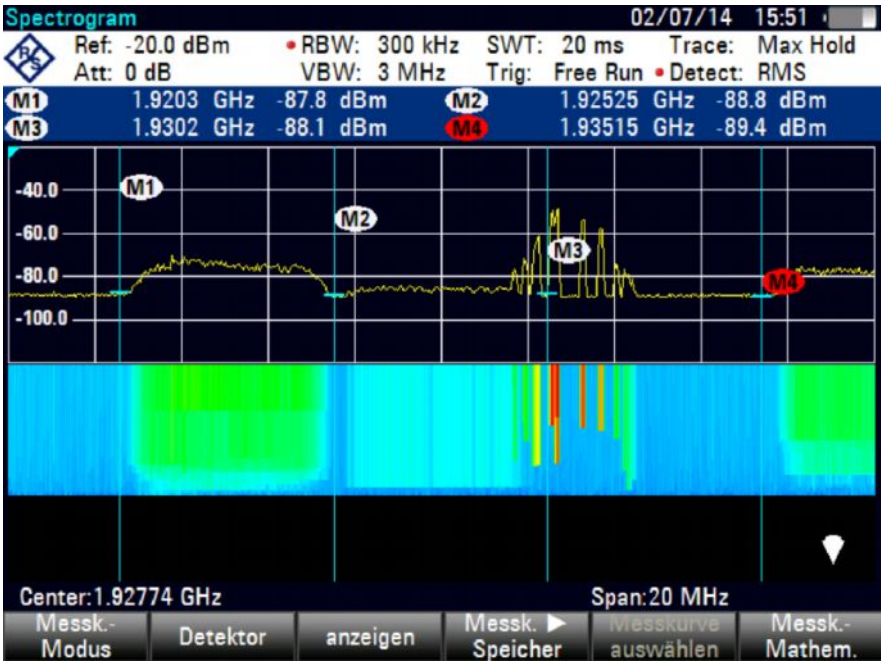


Рис.2 – Интерференционный сигнал в WCDMA полосы UL (право), вызов WCDMA (слева)

Фиксация максимумов кривой (Max Hold Trace) полезна для обнаружения сигналов малой длительности или поиска повышения уровня шума. На Рис.3 функция фиксации максимумов кривой показывает максимумы амплитуд сигналов на отображаемых частотах, указывая сигналы, которые в настоящее время не присутствуют.

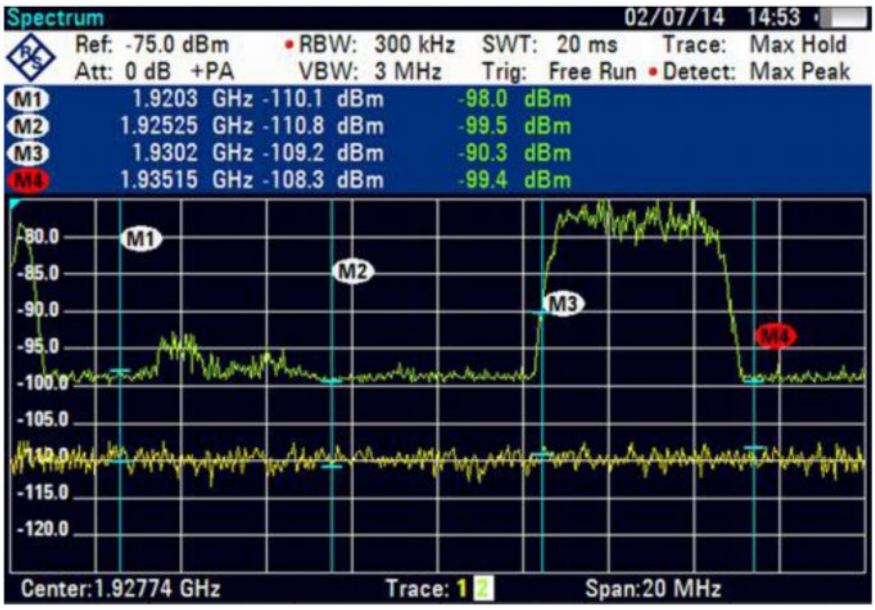


Рис.3 – Объединение кривых. Кривая 1: детектор RMS, кривая 2: максимальный пиковый детектор показывает, что уровень сигнала в восходящем канале увеличивается из-за телефонных вызовов.

Во время движения в зоне интерференции, если интерференционный сигнал сложно определить, убедитесь, что включен усилитель FSH, и выключен входной аттенюатор.

Иногда операторы используют полосовые фильтры, чтобы блокировать другие полосы, которые не представляют интереса. Это помогает уменьшить уровень шума и найти интерференционный сигнал становится легче.

Если интерференция не обнаружена на протяжении значительного времени, оператор должен подключить FSH к антенне BTS для измерения спектра, который принимает BTS, чтобы увидеть интерференционный сигнал.

Однако это обычно длительная процедура, и иногда необходима специальная авторизация, чтобы получить доступ к базовой станции.

В некоторых странах, подключение к базовой станции может быть сделано в качестве первого шага, чтобы перед проведением полевых измерений знать, как выглядит интерференционный сигнал.

В традиционной (макро-) архитектуре BTS, радиомодуль и антенная система соединены фидером, в этом случае обычно есть контрольный разъем. Однако многие сети используют удаленные радиомодули (RRH), в этом случае антенная система и радиомодуль расположены на мачте, и данные передаются по волоконно-оптическому каналу.

Некоторые удаленные радиомодули не имеют контрольного разъема и должны быть выключены для проведения измерений через антенну BTS. С другой стороны, RRH может быть труднодоступным (например, при установке на мачте). Т.е. во многих случаях отсутствует альтернатива, полевым измерениям в зоне обслуживания сектора и изучения относительно широкой полосы частот в поисках интерференционного сигнала.

2.1.1 Работа с функцией спектрограммы

С опциями FSH-K14 или FSH-K15 вы можете просмотреть результаты измерений в виде спектрограммы. Спектрограмма чрезвычайно полезна при поиске интерференции. Она позволяет наблюдать поведение сигнала в течение долгого времени и помогает обнаруживать пульсирующие или неустойчивые сигналы.

Спектрограмма показывает спектральную плотность в частотной и временной областях одновременно. Амплитуда выведена на экран как третья размерность, отображая различными цветами разные уровни мощности.

Вы можете установить цветовую схему, опорный уровень и диапазон для более удобного просмотра результатов.

Вы можете также скорректировать диапазон уровней с помощью функции «Автоматический диапазон спектрограммы» так, чтобы самая слабая часть сигнала была отображена на более нижнем уровне цветового спектра, а самая сильная часть сигнала – на верхнем.

Чтобы получить лучший результат, измените значение опорного уровня спектрограммы на уровень примерно равный максимальной измеренной мощности. Это устранит несущественные, очень низкие амплитуды.

По умолчанию опорный уровень спектрограммы не влияет на результат отображения спектра, и опорный уровень спектра (Амплитудное меню) не влияет на спектрограмму. Но, при необходимости, вы можете связать спектрограмму со спектром в меню «Настройки спектрограммы».

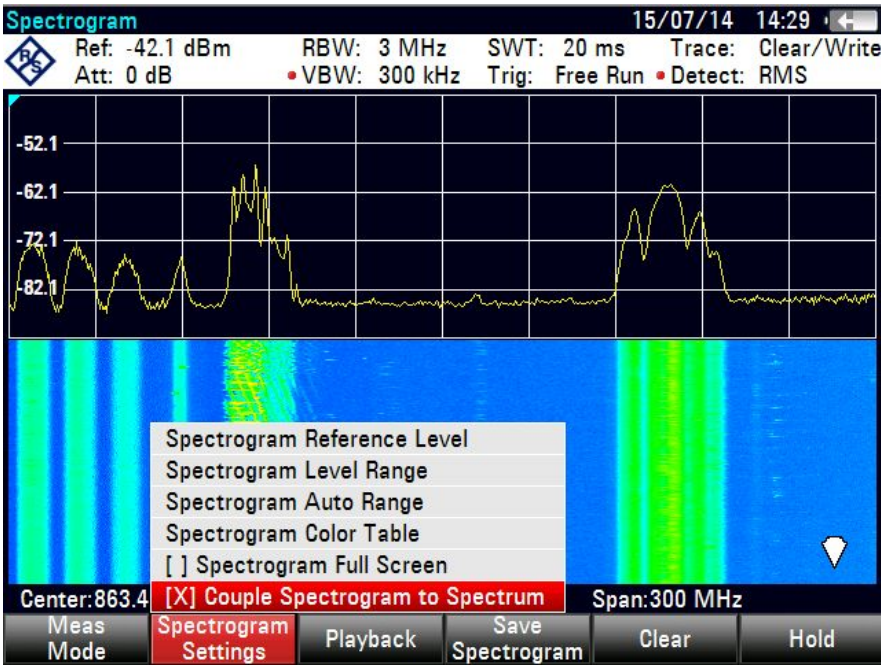


Рис.4 – Меню настройки спектрограммы

Спектрограммы могут быть сохранены и воспроизведены непосредственно на FSH или при помощи программного обеспечения R&S®FSH4View на ПК.

При воспроизведении спектрограммы FSH выводит на экран две временных шкалы, T1 и T2. Временные шкалы могут показывать абсолютные или относительные временные метки. Перемещая временные шкалы, можно просмотреть историю спектров, сохраненных в памяти.

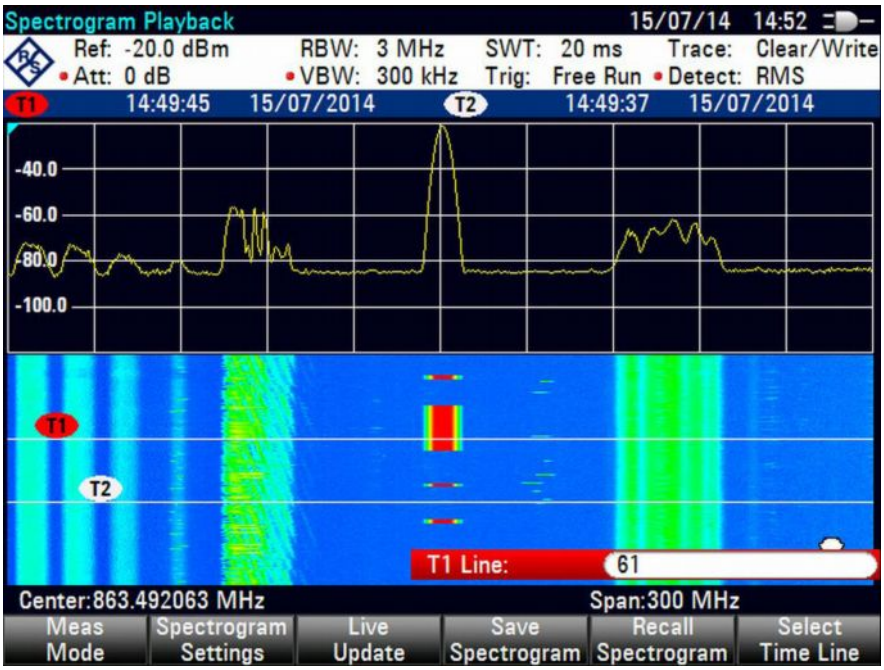


Рис.5 – Воспроизведение спектрограммы

Работа с функцией «сохранения события»

Спектрограмма и режим анализатора спектра могут также использоваться в сочетании с функцией «сохранения события».

«Сохранение события» – стандартная функция в FSH. Она позволяет автоматически сохранять наборы данных, снимки экрана и/или информацию о координатах /пеленге, когда определенное событие имеет место.

Например, функция «сохранения события» может быть сконфигурирована таким образом, чтобы сохранить данные измерений, если измеренное значение превышает верхнюю предельную линию или находится ниже нижней предельной линии. Есть три различных режима для обработки нарушений пределов измерений.

- Запуск при сбое: FSH начинает сохранять данные измерений, если они находятся вне заданных пределов.

- Остановка при сбое: остановка сохранения данных измерений, если они находятся вне заданных пределов.

- Сохранение только сбоя: сохранение только разверток измерений, которые фактически находятся вне заданных пределов.

Режим может быть задан в меню User Preference Setup (см. Рис.6).

Другие события и приложения функции «сохранения событий» описаны в разделе 2.3.5.

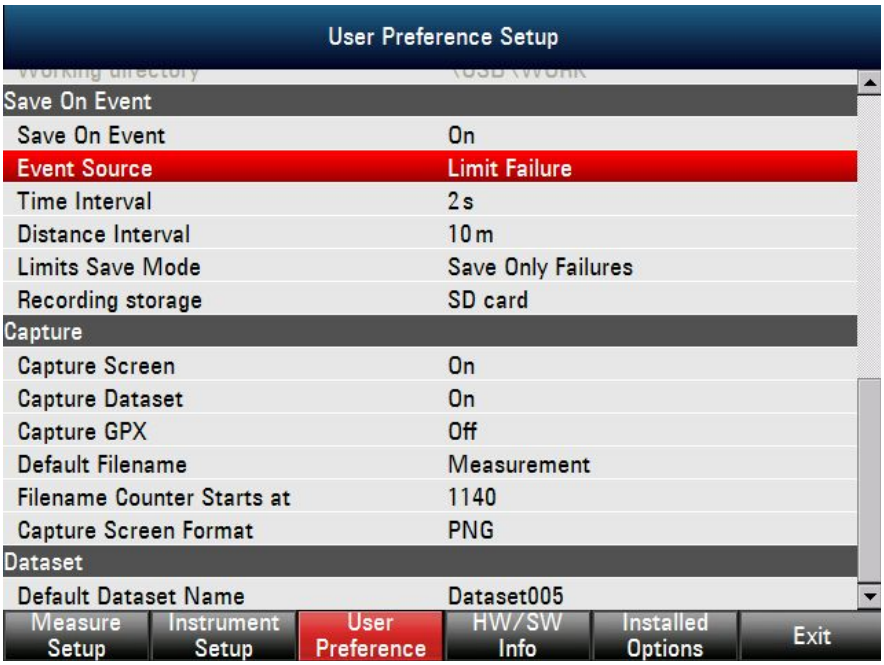


Рис.6 – Функция «Сохранения события» для случая нарушения пределов измерений в меню User Preference Setup

2.2 Характеристика интерференционного сигнала

Если уровень обнаруженного интерференционного сигнала достаточно силен, можно проанализировать его форму.

Анализатор спектра FSH в полосе обзора, равной 0 Гц, помогает анализировать характеристики интерференционного сигнала во временной области. Необходимо удостовериться, что весь сигнал находится в пределах выбранного разрешения полосы, уменьшая временные развертки таким образом, чтобы были видны различные компоненты сигнала.

На Рис.7 сигнал базовой станции DECT, ошибочно передающей в полосе частот UL WCDMA. Можно распознать импульсы сигнала, с интервалами 10 мс между ними.

В Европе телефоны DECT могут осуществлять передачу в диапазоне 1880 - 1900 МГц, тогда как телефоны DECT из США или Канады будут работать в диапазоне 1920 - 1930 МГц (таким образом, происходит наложение сигналов с европейской полосой UL WCDMA 1920 - 1980 МГц).

Телефоны DECT из США или Канады иногда ввозятся в Европу пользователями, не информированными о возможном нарушении такими телефонами качества услуг в сетях мобильной связи. В худшем случае (если источник интерференции размещен близко к базовой станции) это может даже полностью блокировать работу BTS WCDMA.

Интерференция в UL WCDMA, вызванная телефонами DECT, является основным источником интерференции в Европе. Другие основные источники интерференции описаны в разделе 3.

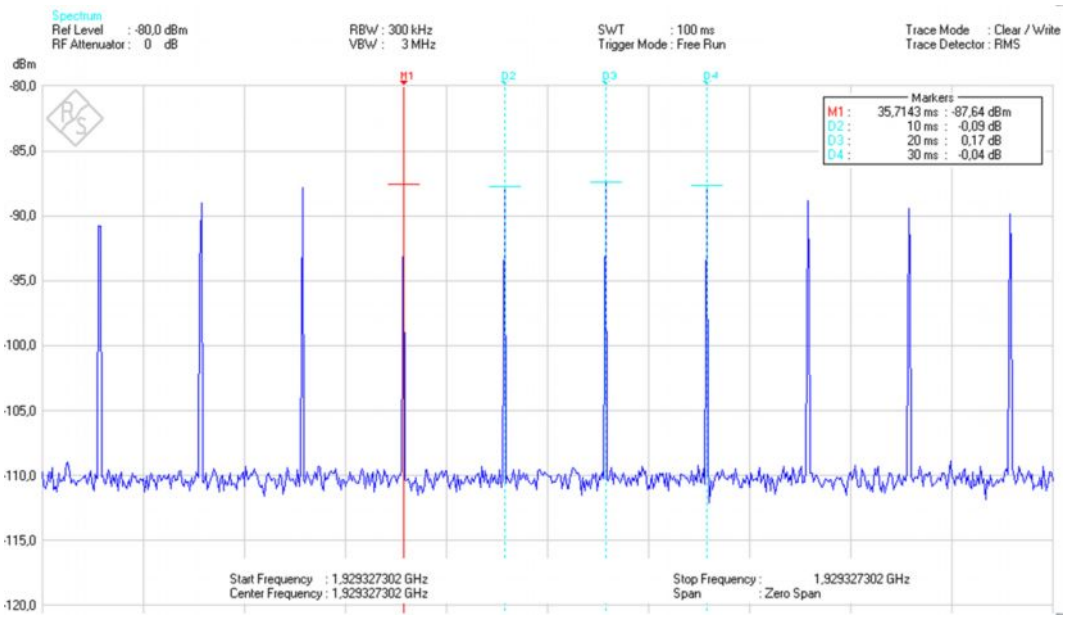


Рис.7 – Характеристика интерференционного сигнала в нулевой полосе обзора

Рис.7 Показывает пакет DECT, обнаруженный в нулевой полосе обзора. При измерении импульсных сигналов, как правило, применяется триггер. Если уровень запуска триггера в режиме запуска по видеосигналу (Video Trigger) составляет 66% от опорного уровня, то FSH инициирует измерение, если передний фронт пакета превышает эту 66% линию.

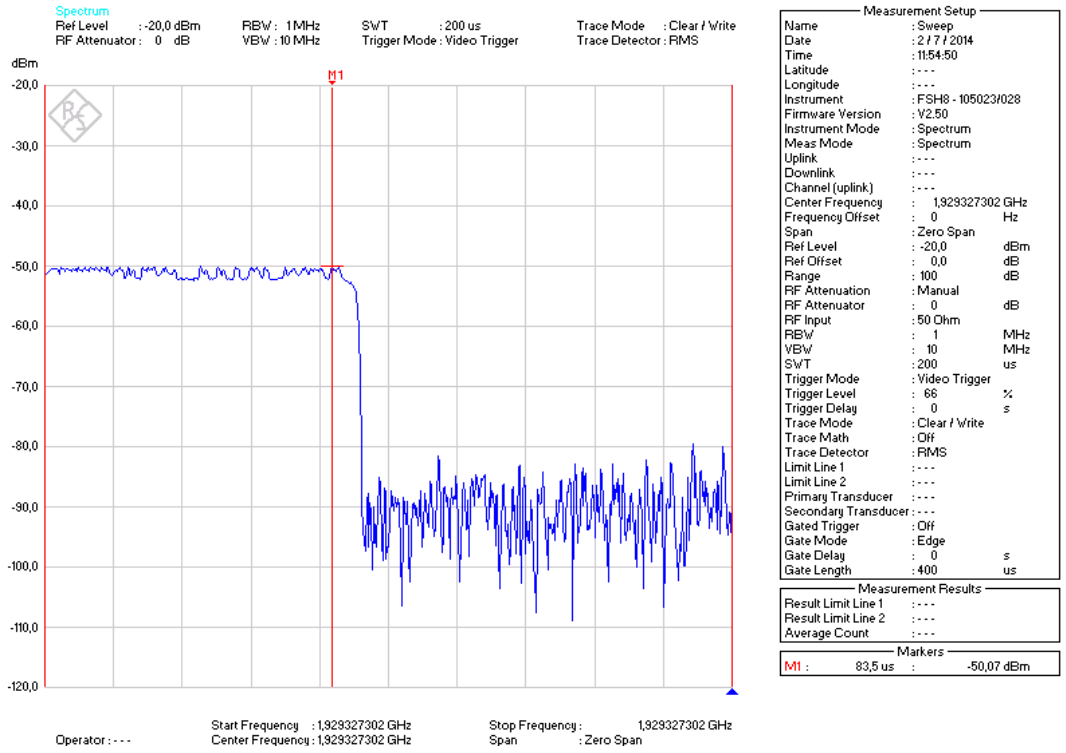


Рис.8 – Интерференционный сигнал во временной области (нулевая полоса обзора, время развертки 200 мс). Короткие пачки DECT.

2.2.1 Документирование результатов с R&S®FSH4View

Когда источник помех найден, результаты, возможно, потребуется довести до сведения государственных органов, ответственных за регулирование частотного спектра. С этой целью оператор сети должен задокументировать всю существенную информацию, связанную с случаем интерференции, такую как:

- Затронутый интерференцией элемент сети, т.е. сектор(а) или сота(ы) и ее адрес.
- Эффект интерференции, т.е. отклоненные вызовы, недоступность услуг.
- Когда это происходит: постоянно или в определенное время, в определенные дни.
- Интерферирующая полоса частот и частотные каналы.
- Измеренные уровни помех (частота, уровень, дата и время измерений).
- Предполагаемый источник интерференции: тип источника помех, расположение.

Кроме того, к отчету могут быть добавлены графики сигналов, приведенные на Рис.7, Рис.8, а также скриншоты карт.

Программное обеспечение R&S®FSH4View чрезвычайно полезно при редактировании и подготовке результатов измерений для отчета. Оно позволяет передавать файлы между прибором и ПК, и редактировать результаты измерений (редактировать/добавлять маркеры, предельные линии и т.д.). Также позволяет выполнить множество других задач, таких как генерация отчетов, создание шаблонов для предельных линий, таблиц каналов, моделей кабелей и т.д.

Кроме того, программное обеспечение R&S®FSH4View позволяет управлять FSH удаленно через локальную сеть (LAN) или с помощью USB-соединения с любого ПК на базе ОС Windows, используя удаленное приложение R&S®FSH4View.

R&S®FSH4View поставляется с FSH в стандартной комплектации и доступна для скачивания на сайте компании Rohde & Schwarz:

http://www.rohde-schwarz.com/en/software/fsh/

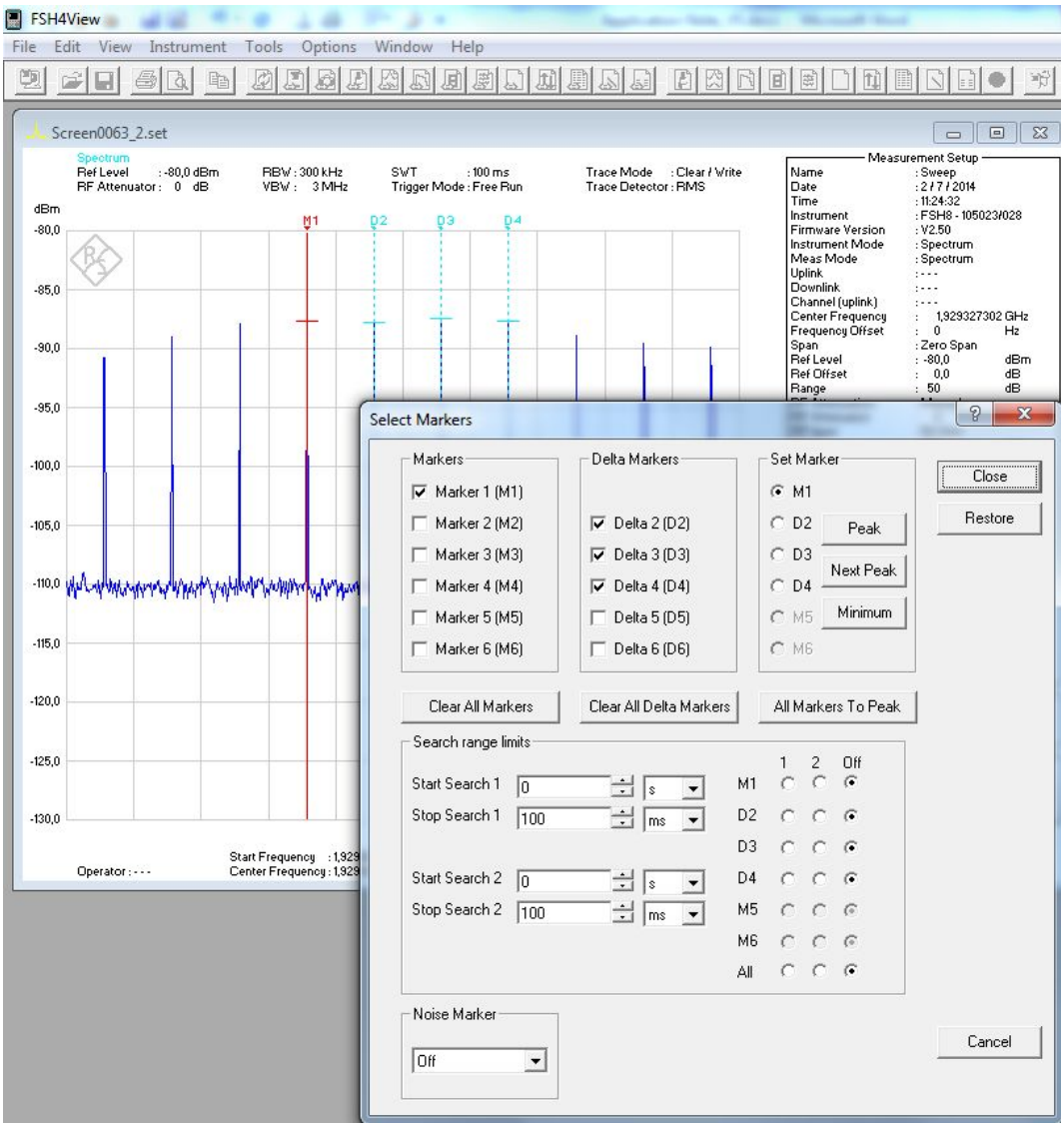


Рис.9 – Редактирование настроек измерений, с использованием R&S®FSH4View

2.2.2 Работа с анализатором интерференции

Анализатор интерференции (доступный с опцией FSH-K15) обеспечивает, в дополнение к спектрограмме и функциям отображения, возможность визуализировать и оценить спектр, подобно режиму анализатора спектра.



Рис.10 – Режим анализатора интерференции

Он также поддерживает такие измерения, как отношение сигнал/шум, отношение сигнал/помеха и математические операции с кривыми (Diff Mode).

Измерение отношения сигнал/шум (C/N) помещает два маркера на кривую. Первый маркер размещается на пиковом уровне мощности, который FSH воспринимает как уровень несущей. Второй маркер располагается на самом

низком уровне, который был измерен (минимальный пик). Разница между этими двумя уровнями сигнала – выводимое на экран отношение сигнал/шум.

Измерение отношения сигнал/помеха – это инструмент, используемый, чтобы определить, влияют ли на сигнал помехи от соседних каналов. Он помещает два маркера на кривую. Первый маркер размещается на уровне пиковой мощности (т.е. уровень сигнала). Второй маркер будет расположен на втором самом сильном уровне, который был измерен (следующий пик или помеха). Разница между этими двумя уровнями сигнала – отношение сигнал/помеха.

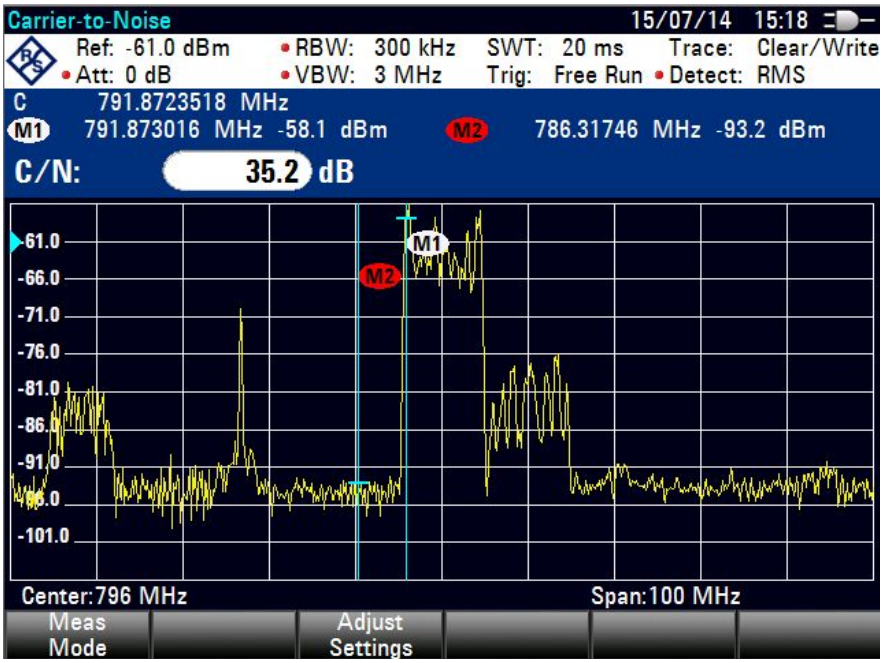


Рис.11 – Измерение отношения сигнал/шум

Анализатор интерференции также предоставляет быстрый способ для сравнения текущих результатов с предыдущими. При включении разностного режима (Diff mode), FSH сохраняет текущую кривую и будет вычитать эту кривую из кривых следующих разверток. Это упрощает обнаружение изменений в спектре (см. Рис. 12).

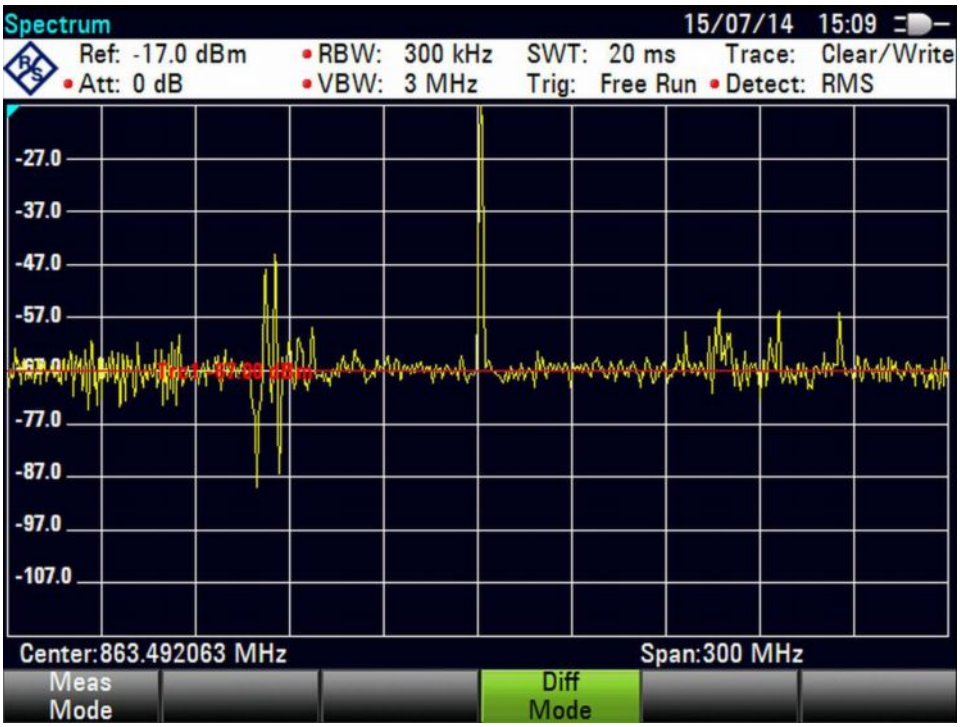


Рис.12 – Экран измерений Diff Mode

2.3 Определение местоположения источника интерференции

Как только сигнал интерференции был определен и охарактеризован, следующий шаг – найти его.

Теперь необходимо установить центральную частоту FSH на частоту помехи и передвигаться вокруг предполагаемого источника с FSH и направленной антенной.

В зависимости от среды, существуют различные методики определения местоположения источника интерференции и типы антенн, которые можно использовать.

Методика определения расположения источника интерференции: Городские районы с плотной застройкой

При использовании этой методики, необходимо передвигаться с FSH и направленной антенной в направлении увеличения уровня интерференционного сигнала, пока источник сигнала не будет обнаружен.

Чтобы определить направление источника сигнала, держите направленную антенну и медленно вращайтесь на месте (приблизительно 30 секунд для полного оборота), пытаясь определить направление, в котором происходит прием максимального уровня – в данном направлении необходимо передвигаться, чтобы найти источник помехи. Затем медленно двигайтесь в направлении источника помехи, слегка перемещая антенну из стороны в сторону.

Необходимо обязательно убедиться, что измеряемый сигнал прибывает непосредственно от источника помех, а не отражается от соседнего здания или других объектов, таких как автомобили.

Эта методика имеет смысл, если верно любое из следующих условий:

► Источник, с высокой степенью вероятности расположен поблизости или в помещении: нет необходимости во взятии пеленгов.

► Вы находитесь в городском районе с плотной застройкой, где высокие здания, расположенные близко друг к другу, вызывают многолучевое распространение. Yagi или планарные антенны обычно покрывают только одну полосу частот, но имеют меньшую ширину ДН и большее усиление, что помогает ускорить определение направления в густонаселенных городских районах.

Метод триангуляции: пригородные или сельские районы

В пригородных или сельских районах, функция отображения FSH позволяет триангулировать источник помехи, сужая область поиска.

Качество результатов измерений зависит от выбора исходных точек замера. Они должны быть подняты над уровнем окружающей местности и, в идеале, обеспечивать прямую видимость источника интерференционного сигнала. Поскольку расположение источника сигнала неизвестно, успешности триангуляции в условиях плотной городской застройки мешает ряд факторов, начиная с отражений сигнала от зданий. Эффекты многолучевого распространения, экранирования и замираний также искажают результаты измерений.

Периодические антенны, такие как R&S®HL300 или R&S®HE300 охватывают все полосы частот до 8 ГГц и 7,5 ГГц соответственно, что делает возможным измерение гармоник основного сигнала интерференции. Кроме того, они оснащены встроенным приемником GPS и электронным компасом, что позволяет FSH отображать положение пользователя и направление антенны.

Существует возможность сконфигурировать FSH так, чтобы он издавал аудио-сигнал при приеме интерференционного сигнала. Частота и уровень звукового сигнала будут расти с увеличением уровня интерференционного сигнала. Это позволяет найти направление излучения, не смотря постоянно на дисплей FSH.

Разделы 2.3.2 и 2.3.4 объясняют, как настроить триангуляцию и тональные функции в FSH.



Рис.13 – Локализация источника помех с FSH и направленной антенной R&S®HL300

2.3.2 Загрузка карт и их установка на FSH

Для использования любых функции на основе карт, необходимо загрузить и установить их на FSH. FSH поддерживает карты, предоставленные открытым проектом Street Maps (http://www.openstreetmaps.org).

Для загрузки карт на FSH применяется R&S®OpenStreetMap Wizard (OSM Wizard). OSM Wizard доступен для скачивания на домашней странице продукта FSH (http://www.rohde-schwarz.com/product/fsh.html).

OSM Wizard устанавливает соединение с базой данных Open Street Map, для чего необходимо подключение к Интернету. Чтобы выбрать интересующую вас область, переместитесь, перетащив карту и используя изменение масштаба с помощью кнопки +/-. Степень масштабирования регулируется от 1 до 18. Для загрузки карт нажмите кнопку Пуск. Используйте кнопку Обзор, чтобы указать папку назначения.

При сценарии, когда параметр «Current Zoomlevel» установлен на значение 10 и «Download Zoomlevel» выбран равным 14, для текущей области карты OSM будут сохранены на диске уровни масштабирования 10, 11 ,12, 13 и 14. Во избежание превышения ограничений по объемам загрузок, установленных открытым сервером Street Map, нельзя выбирать большие области карты и диапазоны глубины масштабирования. Например, если «Current Zoomlevel» установлен на значение 10, то значение параметра «Download Zoomlevel» может быть увеличено только до 14.

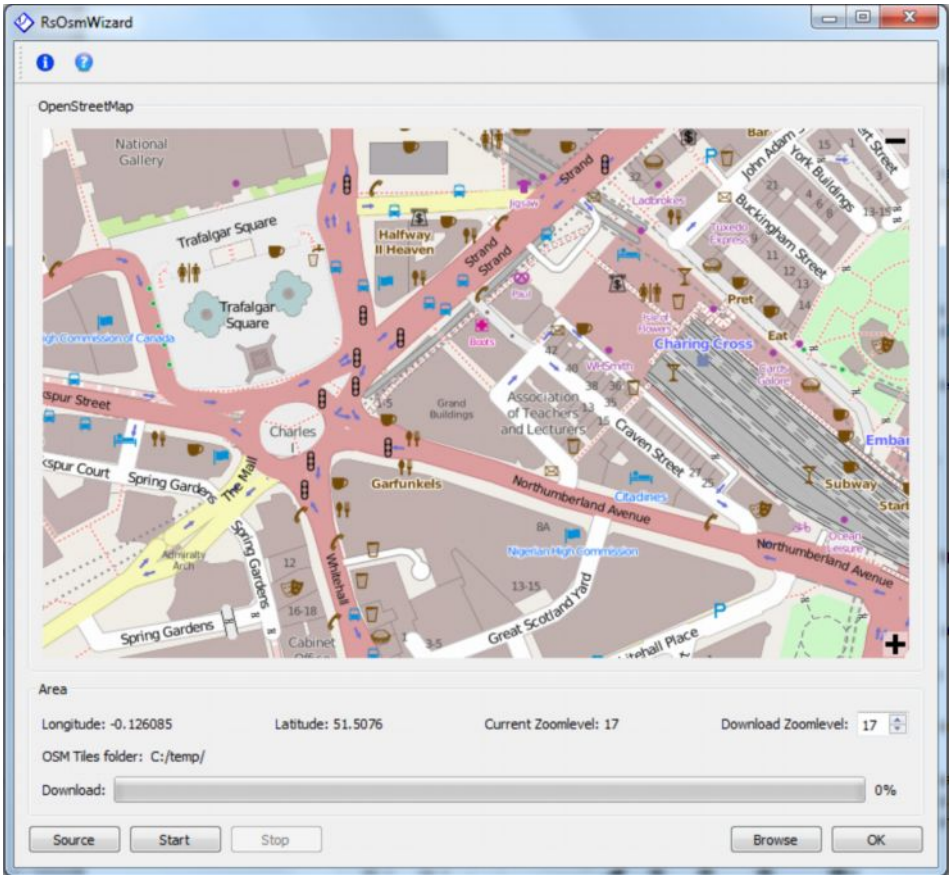


Рис.14 – OSM wizard с выведенной на экран картой OSM

После загрузки карт, необходимо установить их на SD-карту, которую можно использовать с FSH. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

► Войти в режим «Maps».

► Нажать клавишу MEAS.

► Нажать функциональную клавишу «Map».

FSH открывает меню, которое содержит все карты, которые сохранены на SD-карте (имена соответствуют именам папок для каждой загруженной области).



Рис.15 – Меню FSH Map с OSM картами, настройки отображения карты

Пункт меню Auto Select автоматически выбирает карту, которая больше всего соответствует вашему текущему расположению. Чтобы использовать автоматический выбор, необходим GPS-приемник.

В меню Setting можно настроить параметры, которые необходимо отобразить на экране. Если ни один элемент не был выбран, то FSH показывает только карту.

2.3.3 Работа с функцией триангуляции

С опцией FSH-K15 и направленной антенной, FSH способен произвести триангуляцию местоположения источника помех. Триангуляция основывается на измерениях, поступающих из различных точек. В идеале линии пеленга пересекаются в позиции источника сигнала.

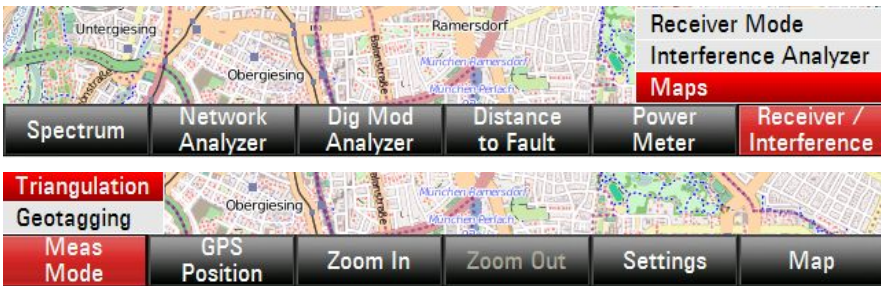


Рис.16 – Меню функции триангуляции

FSH выполняет триангуляцию, используя любую направленную антенну.

Если вы используете R&S®HL300 или R&S®HE300 (со встроенным GPS и электронным компасом), чтобы выполнить триангуляцию, настройте их в меню Instrument Setup (Рис.17):

► Присоедините кабель GPS/компаса R&S®HL300 к порту AUX на левой стороне FSH.

► Присоедините кабель GPS/компаса R&S®HL300 к разъему датчика мощности, расположенному в верхней части FSH.

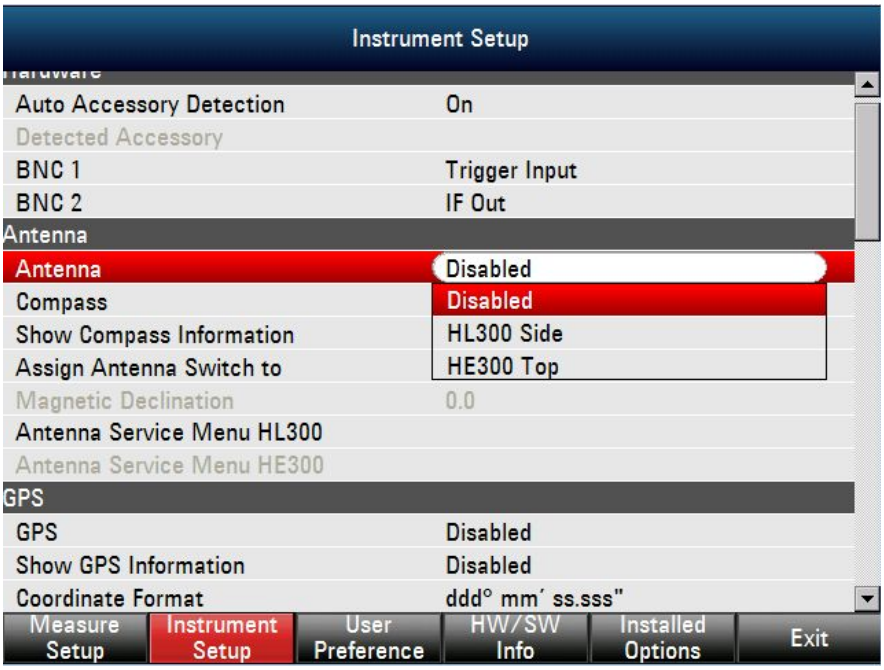


Рис.17 – Меню настройки антенны

Переключатель антенны R&S®HL300 можно настроить для проведения измерений (т.е. "Save Current GPS Position", настройка по умолчанию), или подключить к предусилителю FSH, как показано на Рис.18.

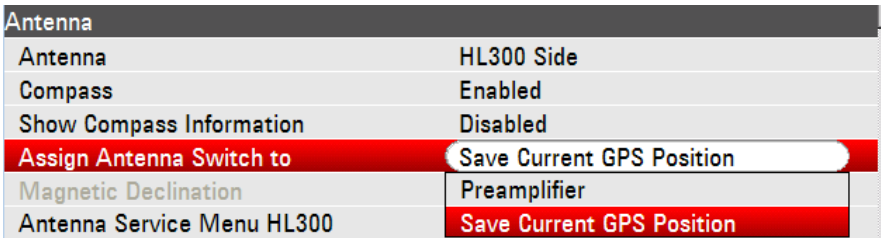


Рис.18 – Меню настройки FSH HL300

Чтобы использовать функцию триангуляции FSH, необходимо выбрать три измерения из различных точек с координатами GPS и информацией об азимуте и вывести их на карту.

Чтобы сделать измерение, установите центральную частоту FSH на частоту помехи.

Чтобы определить направление, откуда поступает сигнал, удерживайте направленную антенну и вращайтесь на месте, чтобы завершить полный круг в течении 30 сек, для того, чтобы получить общее представление о том направлении, откуда сигнал поступает с максимальным уровнем.

Если это возможно, необходимо повторить вращение в нескольких метрах от первой позиции, чтобы устранить любые вторичные максимальные уровни.

Направление, с которого передается максимальный уровень, должно быть определено точно. Даже отклонения в несколько градусов, особенно при работе с большими расстояниями, могут привести к серьезным ошибкам.

Приблизительно оценив значение максимального уровня интерференционного сигнала, перемещайте направленную антенну влево и вправо до появления на экране изменений значения уровня на +/- несколько децибел, чтобы как можно точнее определить направление максимального уровня. Сохраните позицию, когда направление максимального уровня будет определено.

Чтобы сохранить позицию переместите переключатель антенны R&S®HL300 назад и вперед, или нажмите кнопку «Save Current Position» (Сохранить текущее положение) в пункте меню GPS Position. В ближайшее время на экране FSH появится сообщение «Saving GPS Position» (Сохранение позиции GPS), указывая, что измерение было сохранено правильно.



Рис.19 – Измерения с помощью FSH и антенны R&S®HL300 в кобуре для переноски

При выполнении измерений с FSH и направленной антенной на протяжении длительного периода, мы рекомендуем использовать кобуру для переноски R&S®HA-Z222. В ее состав входит грудная обвязка, что исключает необходимость переноски FSH в руках и дождевик.

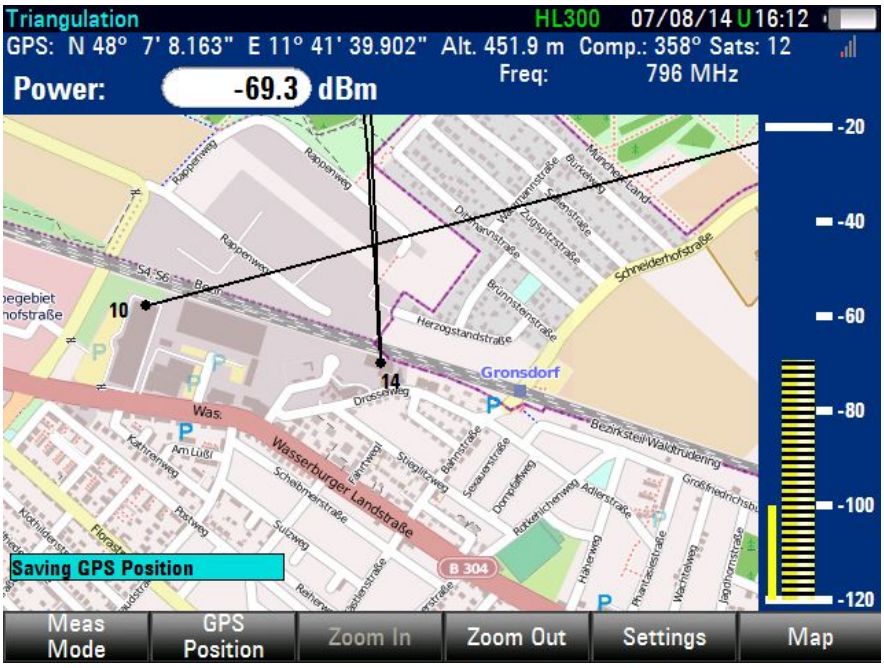


Рис.20 – Сообщение на дисплее триангуляции карты. Сохранение позиции GPS с пеленгом, с использованием переключателя R&S®HL300.

Если вы используете антенну R&S®HE300, чтобы сохранить позицию вы должны нажать кнопку «Save Current Position and Azimuth» (Сохранить текущее положение и азимут) в меню GPS Position. Переключатель на верхней части антенны R&S®HE300 включает только усилитель R&S®HE300.

Если используется любая другая антенна, кроме R&S®HL300 или R&S®HE300, то необходимости в ее настройке нет. Мы рекомендуем использовать GPS-приемник R&S®HA-Z240, он должен быть включен в меню «Instrument Setup» (Настройка инструментов). Чтобы сохранить измерения нажмите «Save Azimuth Only» (Сохранить только азимут). Это автоматически сохранит измерения с данными GPS позиции в FSH. Данные пеленга могут или быть введены вручную или выбираются с помощью поворотного переключателя.



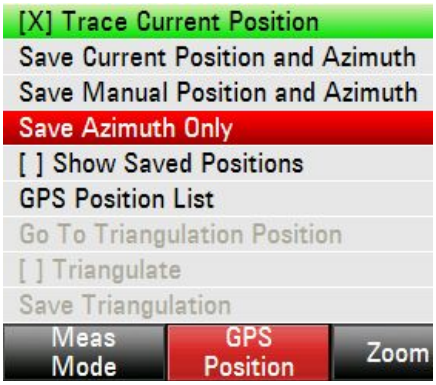


Рис.21 – Поворотный переключатель FSH и меню GPS Position

Метод триангуляции требует наличие, по крайней мере, двух, а лучше трех измерений из различных мест. Если использовать три измерения для триангуляции, то общий результат будет более точным, чем при использовании только двух измерений, и позволит избежать неоднозначности.

После сохранения измерений в разных точках, выберите три измерения из меню GPS Position List (Рис.22).



Рис.22 – Меню «Список GPS-позиций». Три позиции, выбранные для триангуляции.

Затем перейдите в меню GPS Position и нажмите «Triangulate».

FSH вычисляет точку пересечения выбранных линий пеленга, полученных в результате с измерений. Результат выводится на экран на карте как точка, обведенная кругом (Рис.23); радиус окружности отображается на экране. Круг указывает на область, в которой может находиться источник сигнала.

На Рис.23 точка и круг – синие, а измерительные линии пеленга – черные. Однако можно присвоить различный цвет результатам триангуляции и измерительным линиям.

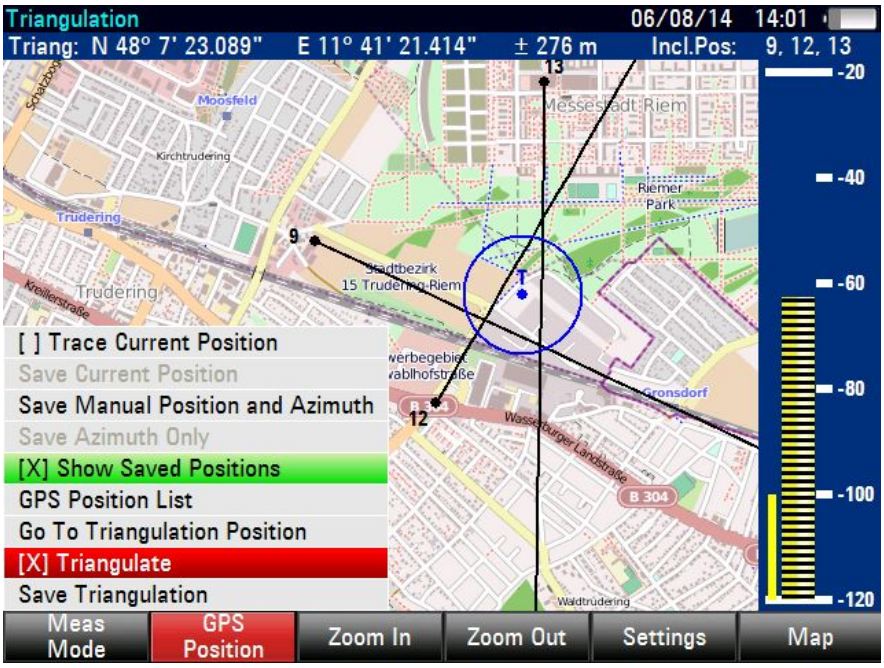


Рис.23 – Результаты триангуляции

Окружающая среда, тип антенны, выбор мест для измерений и точность определения направления максимального уровня влияют на точность триангуляции.

Результат триангуляции не прямое, физическое обнаружение источника сигнала, но он помогает сужать целевую область поиска. Поэтому для непосредственного определения источника сигнала может использоваться метод определения расположения.

2.3.4 Работа со звуковыми сигналами

FSH может быть настроен для воспроизведения звукового сигнала (или «тона»), когда он принимает интерференционный сигнал. Звуковой сигнал изменяет свои громкость и частоту в зависимости от уровня принимаемого сигнала.

Эта функция полезна для нахождения направления/пеленга, от которого приходит самый сильный сигнал, в этом случае нет необходимости постоянно смотреть на выведенный на экран уровень. При этом не имеет значения, используется метод определения расположения или метод триангуляции.

Чем выше измеренный уровень сигнала, тем выше частота тона.

Изменения уровня, происходящие во время вращения с антенной, могут быть услышаны, а также замечены (на дисплее).

Существуют различные параметры, которые необходимо установить для того, чтобы использовать эту функцию. Для оптимальной настройки тона, чтобы вы могли услышать колебания уровня сигнала, мы рекомендуем следующее:

Squelch level (бесшумный уровень): определяет уровень сигнала, при превышении которого звуковой сигнал начинает играть.

=> Установите довольно низкое значение Squelch level (т.е. примерно -90 дБмВт).

Tone threshold (тональный порог): у аудиосигнала есть определенная частота, которая связана с определенным уровнем сигнала. Поскольку принимаемый сигнал становится более сильным или более слабым, частота сигнала увеличивается или уменьшается. Вы можете определить порог основного тона при необходимости.

Тональный порог должен постоянно корректироваться, особенно когда используется метод определения расположения, потому что в идеале пользователь подходит к источнику сигналу ближе и ближе, в результате чего уровень полученного сигнала повышается. Тональный порог должен быть установлен так, чтобы FSH издавал звуковые сигналы, позволяя легко воспринимать даже небольшие изменения в уровне интерференционного сигнала.

=> Установите пороговый уровень Tone threshold как можно выше, чтобы вы могли услышать только очень низкий тон, и увеличьте порог, как только вы приблизитесь к помехе.

Tone gain (усиление тона): изменение интенсивности аудиосигнала (20 или 40 дБ на одну октаву)

=> Выберите значение Octave/20 dB, чтобы тон был более чувствителен к изменениям уровня сигнала.

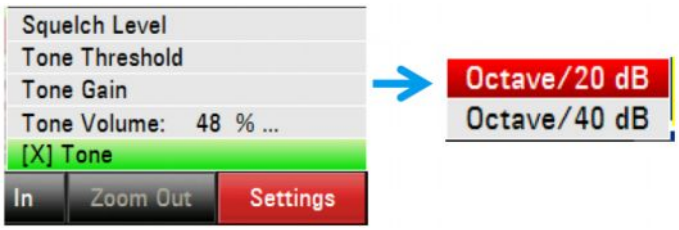


Рис.24 – Меню настройки тона

Мы рекомендуем использовать наушники при использовании тональной функции.

2.3.5 Работа с функцией «сохранения события» и с функцией географической привязки

Географическая привязка FSH (опция FSH-K16) сохраняет геометку (позицию и информацию об уровне) автоматически, когда ситуация соответствует определенным пользователем критериям. Этими критериями могут быть: уровень, расстояние или время. Основные приложения для этой функции:

- Анализ условий покрытия/интерференции в зоне обслуживания BTS (измерение мощности сигнала).
- Поиск помех: запись измерений на основе порогов по уровню, расстоянию или времени (сохранение по событию).
- Создание отчетов о расположении и документации техническими службами департамента эксплуатации BTS: сохранение собственной позиции на карте.

Результаты географической привязки могут быть просмотрены непосредственно на карте FSH или экспортированы в kmz файлы, которые будут выведены на экран в Google Earth.

Для использования этой функции FSH требует подключения любой антенны и опции GPS-приемника R&S®HA-Z240 (если не используются антенны R&S®HL300 или R&S®HE300).

Для автоматической записи измерений, FSH использует функцию «Сохранение события». Эта функция может быть активирована в меню Geotagging Setting. Зеленая «S» наверху экрана указывает, что функция «Сохранение события» активна и измерения зарегистрированы.

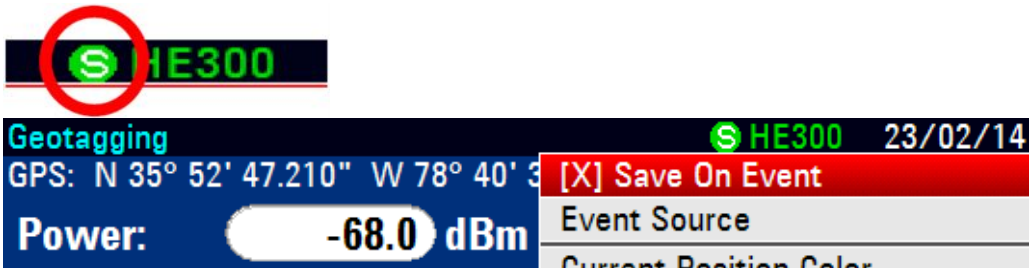


Рис.25 – Значок «Сохранения события»

Когда выбрано «Сохранение события», источник события должен быть определен. Источник событий можно задать в меню Setting (Настройки) в режиме геотегирования или в меню FSH User Preference Setup (Пользовательская настройка).

Есть четыре различных источника событий:

- Временной интервал – сохраняет измерение каждые x секунд.
- Предельный отказ – сохраняет измерение, если предельная линия нарушена.
- Интервал расстояния – сохраняет измерение после перемещения на заданном расстоянии.
- Каждая развертка – сохраняет измерение для каждой выполняемой развертки.

Географическая привязка определяет три полученных уровня мощности: хороший, средний и плохой. Значение для этих уровней и их цвета определяются пользователем.

Обратите внимание на то, что FSH сохраняет фактические измеренные значения – уровни покрытия используются только для определения того, как эти результаты будут выведены на экран (т.е. какие цвета использовать для каких уровней).

Цвета, используемые для представления текущего положения, а также хорошее, среднее и плохое покрытие, определяются пользователем. Это позволяет определить более высокие уровни сигнала (интерференции) – как красные, и низкие уровни сигнала (нормальный уровень шума) – как зеленые.

FSH может сохранять различные виды информации, когда происходит событие: снимок экрана (*.jpg или *.png), набор данных (*.set) для развертки, содержащей событие, запись в *.gpx файл (содержащий координаты GPS и информацию о пеленге), также возможны их комбинации.

Полученные данные хранятся в каталоге Save On Event Results (Сохранение результатов события) на SD-карте.

Удостоверьтесь, что SD-карта не заблокирована и имеет достаточное количество свободного места, для сохранения результатов измерения.

User Preference Setup	
Working directory	Public
Save On Event	
Save On Event	On
Event Source	Time Interval
Time Interval	10 s
Distance Interval	100 m
Limits Save Mode	Start On Failure
Recording storage	SD card
Capture	
Capture Screen	Off
Capture Dataset	Off
Capture GPX	On
Default Filename	Measurement
Filename Counter Starts at	0073
Capture Screen Format	PNG
Dataset	
Default Dataset Name	Dataset

Рис.26 – Настройки функции «Сохранение по событию» в меню настроек предпочтения пользователя

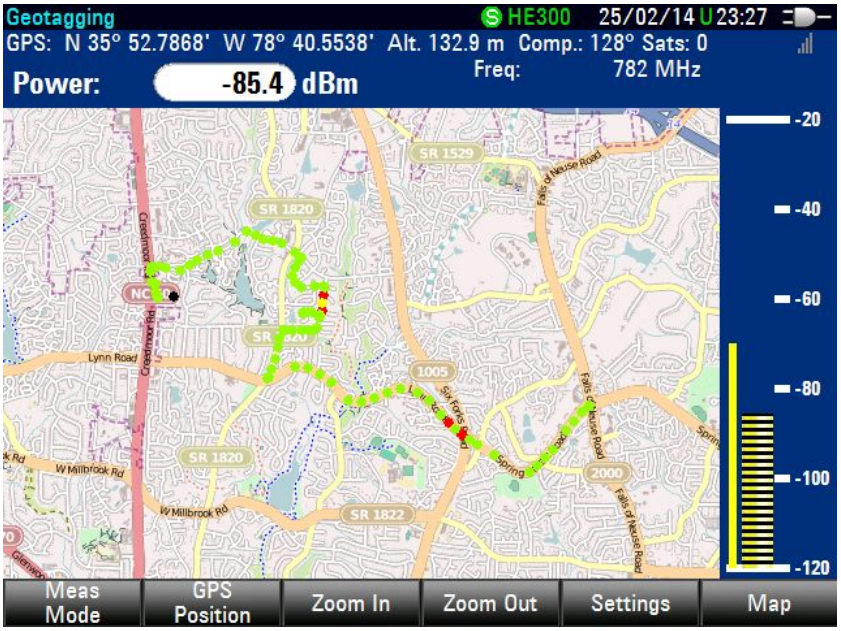


Рис.27 – Отображение карты FSH с результатами измерений геотеггинга

Стандартное программное обеспечение R&S®FSH4View предоставляет интерфейс, который позволяет экспортировать и просматривать свои зарегистрированные данные с Google Earth. Этот интерфейс преобразовывает файлы *.gpx в файлы *.kmz (необходимые Google Earth). Он также содержит плагин, который показывает измеренные уровни сигнала в позициях с координатами GPS, добавленными пользователем к *.gpx файлу:

► Сначала передайте файл GPX на ПК с помощью R&S®FSH4view .

► В R&S®FSH4view используйте функцию преобразования GPX. Убедитесь, что параметры настройки корректны, и нажмите кнопку «Save as KMZ» (Сохранить как KMZ), чтобы сохранить файл в формате Google Earth и экспортировать его в Google Earth.

Пожалуйста, обратитесь к разделу 2.2.1 для получения дополнительной информации о программном обеспечении R&S®FSH4view.

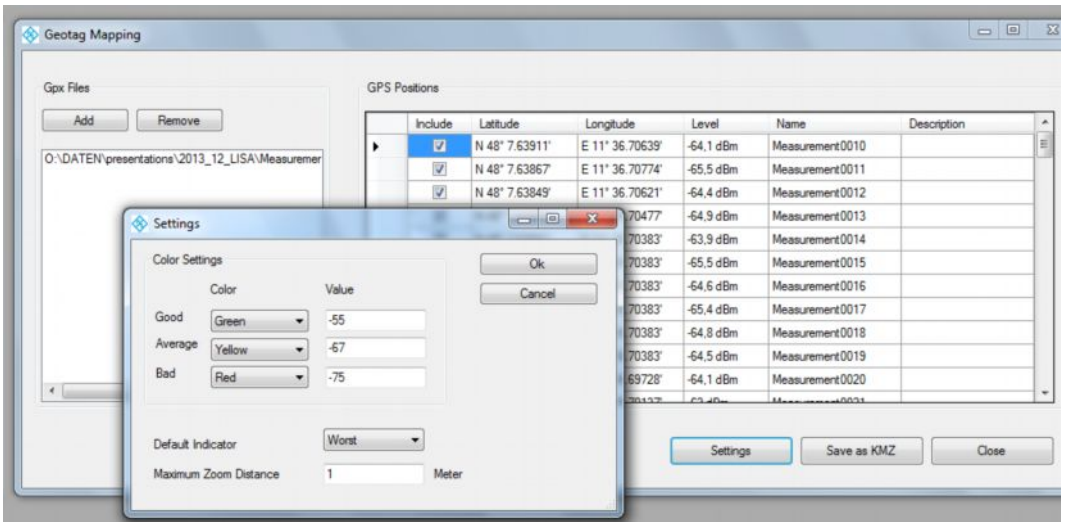


Рис.28 – Интерфейс экспорта Google Earth, с использованием программного обеспечения R&S®FSH4view

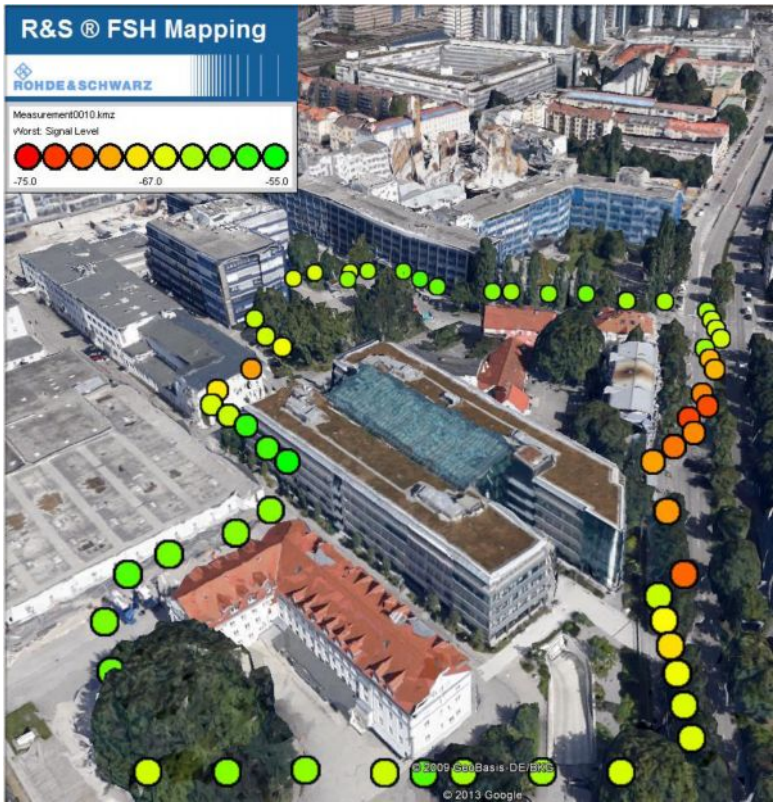


Рис. 29 – Результаты географической привязки, выведенные на экран Google Earth

3 Основные источники интерференции

Разнообразие источников интерференции почти бесконечно. Они варьируются в зависимости от страны и среды радиочастот.

Большое количество помех часто имеют общие характеристики. Осведомленность об этих часто повторяющихся источниках помех может сохранить значительное количество времени и усилий при исследовании интерференции.

В этом разделе описываются наиболее распространенные внешние источники интерференции в беспроводных сетях.

Для получения дополнительной информации обратитесь к Rohde & Schwarz Interference Hunting Learning Center: http://www.rohde-schwarz-wireless.com/IH/.

3.1 Шум и побочное излучение

Электрические источники шума, как правило, имеют большую ширину полосы сигнала (много МГц) и являются периодическими по частоте и/или по времени. Примеры – выбросы электродвигателей, сварочного оборудования, систем зажигания автомобиля, ворот с электроприводом, неисправных трансформаторов/балластов и т.д.

Электрический шум проявляется в виде скачков уровня шума или в виде широкой, случайной спектральной картины.

Шум от электронных источников, иногда также называемый «побочным излучением» или «возбуждением», обычно, имеет ширину спектра менее, чем один МГц и, как правило, является непрерывным, несмотря на то, что в некоторых случаях он может изменяться по частоте, т.е. колебаться или дрейфовать.

Большинство потребительской и коммерческой электроники может излучать побочное излучение на многочисленных частотах. Уровень этого излучения определяет, являются ли они действительно источниками интерференции.

Например, плазменный телевизор может генерировать неприемлемые уровни шумов, которые вмешиваются в восходящий канал сетей мобильной связи. Излучение спутниковых передатчиков в диапазоне ПЧ между 950 МГц и 2150 МГц, а также освещающие балласты и сетевые адаптеры – тоже являются источником помех.

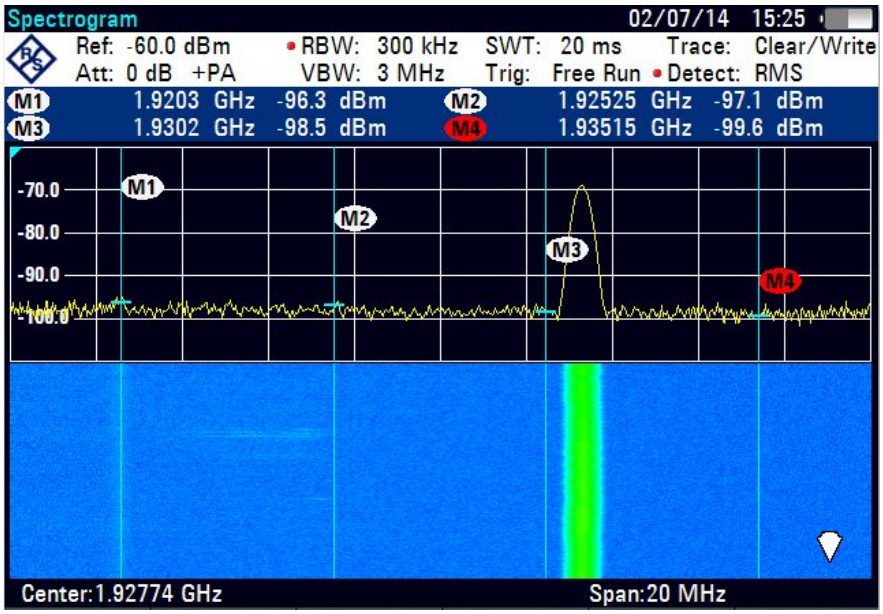


Рис.30 – Побочное излучение, сгенерированное источником питания на частоте 1,9311 МГц (WCMDA UL)

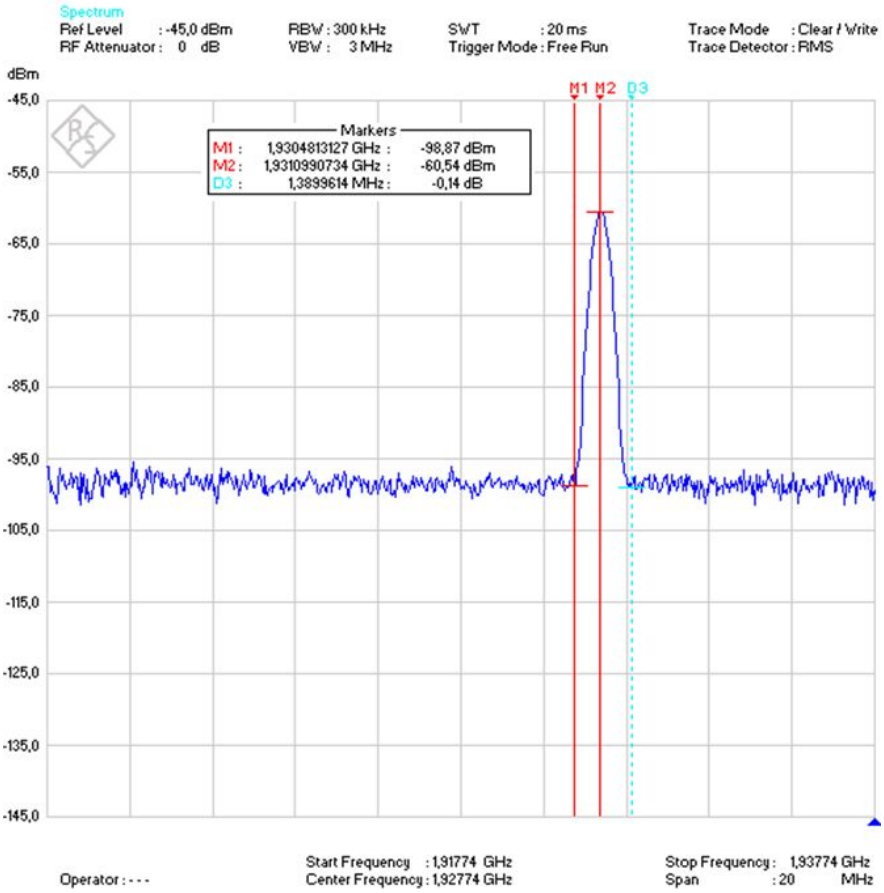


Рис.31 – Побочное излучение, сгенерированное источником питания на частоте 1,9311 МГц, шириной 1,38 МГц (WCMDA UL)

3.2 Гармоники и интермодуляционные искажения

Гармоники – нормальный побочный продукт почти всех передатчиков радиочастот. Гармоника – копия основного сигнала, возникающая на целых числах, кратных исходной частоте. Например, передатчик, работающий на частоте F=450 МГц, может произвести гармоники на частоте 2×f=900 МГц, 3×f=1350 МГц и т.д.

Несмотря на то, что уровень гармоник обычно уменьшается, когда частота увеличивается, многие узкополосные помехи оказываются гармониками сигналов, действующих на более низких частотах.

Рекомендуется всегда проверять, является ли узкополосная помеха гармоникой.

Так как основной сигнал всегда значительно сильнее, чем его гармоники, часто проще отследить сам основной сигнал.

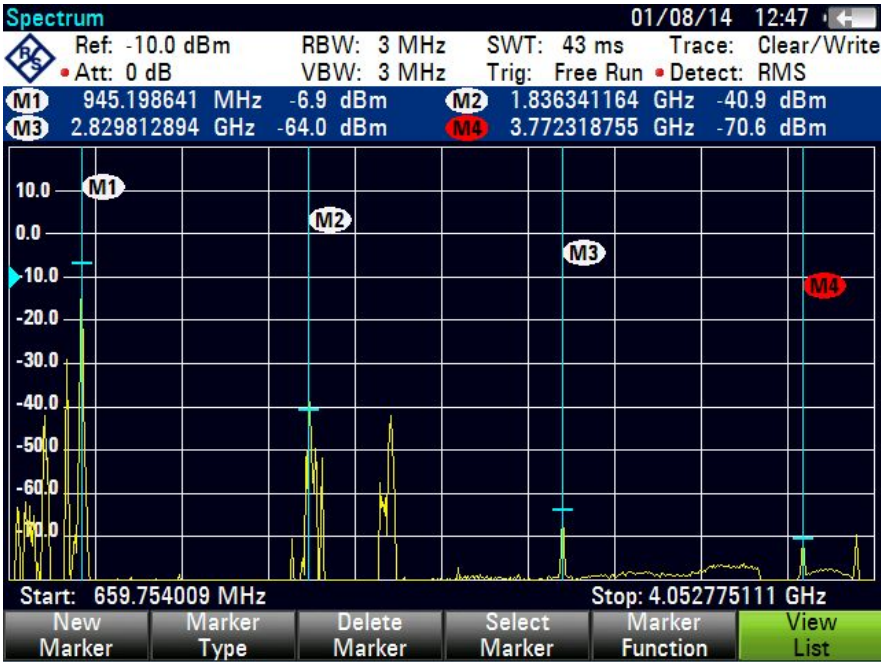


Рис.32 – Гармоники основной частоты на 945 МГц с гармониками на 1,83 ГГц, 2,82 ГГц и 3,77 ГГц

Интермодуляционные искажения вызываются двумя или более сигналами, появляющимися в нелинейной цепи. Полученные в результате сложения и вычитания основного и гармонических сигналов, продукты интермодуляции могут проявиться на частотах существенно удаленных от составляющих их сигналов.

Интерференция из-за интермодуляции может появиться, когда мощные передатчики совместно используют антенну, фидерную линию или систему башни. Это вызвано нелинейным поведением поврежденных коррозией металлов в радиочастотных трактах.

Дефектные компоненты, такие как старые антенны базовой станции GSM могут вызвать интермодуляцию в WCDMA UL, таким образом нарушив связь в затронутом интерференцией секторе. Эта проблема обычно решается заменой поврежденной антенны GSM.

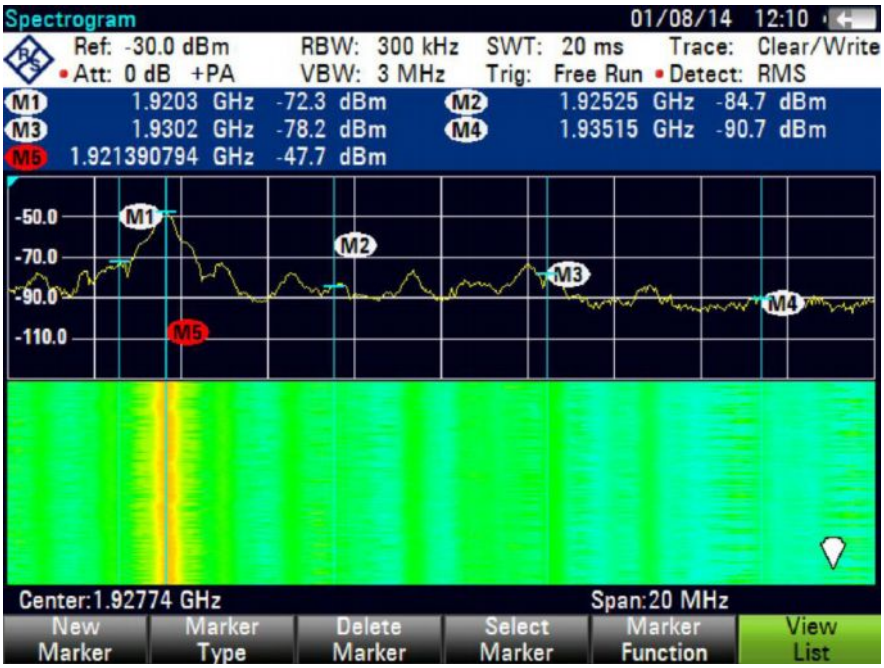


Рис.33 – Продукт интермодуляции мобильного телефона GSM 900 сигнализирует повторитель, вмешивающийся в восходящий канал WCDMA. M1 и M4 отмечают границы полос WCDMA

3.3 Двунаправленные усилители

Двунаправленные усилители (BDA – Bidirectional Amplifier , также называемые репитерами или усилителями сигнала мобильного телефона), являются устройствами, используемыми для улучшения покрытия сети мобильной связи в зданиях или в других областях с плохим приемом. Они работают, усиливая и ретранслируя нисходящие и восходящие сигналы сети мобильной связи, и не являются источником интерференции при правильной установке и настройке.

Они обычно вызывают интерференцию, когда есть недостаточное физическое разнесение между обслуживающей и донорскими антеннами, приводя к обратной связи, которая существенно увеличивает минимальный уровень шума по всей полосе частот восходящего канала (как правило, в диапазоне от 30 МГц до 40 МГц), или когда BDA неправильно функционирует.

Наличие маленькой Yagi или направленной антенны на крыше здания, а также панельных или купольного типа комнатных антенн, является хорошей визуальной подсказкой относительно присутствия двунаправленного усилителя.

Двунаправленные усилители трудно диагностировать, но это очень распространенный источник интерференции в полосах частот мобильной связи.

Нелицензированное использование таких устройств недопустимо во многих странах.

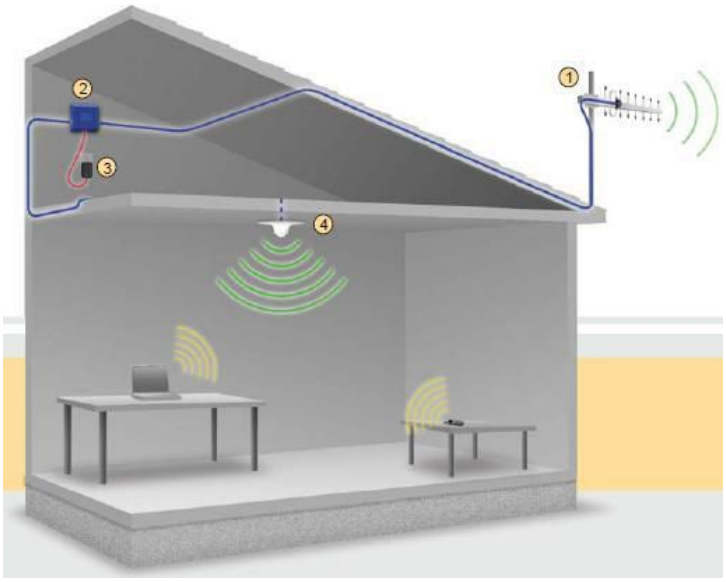


Рис.34 – Типичная установка двунаправленного усилителя

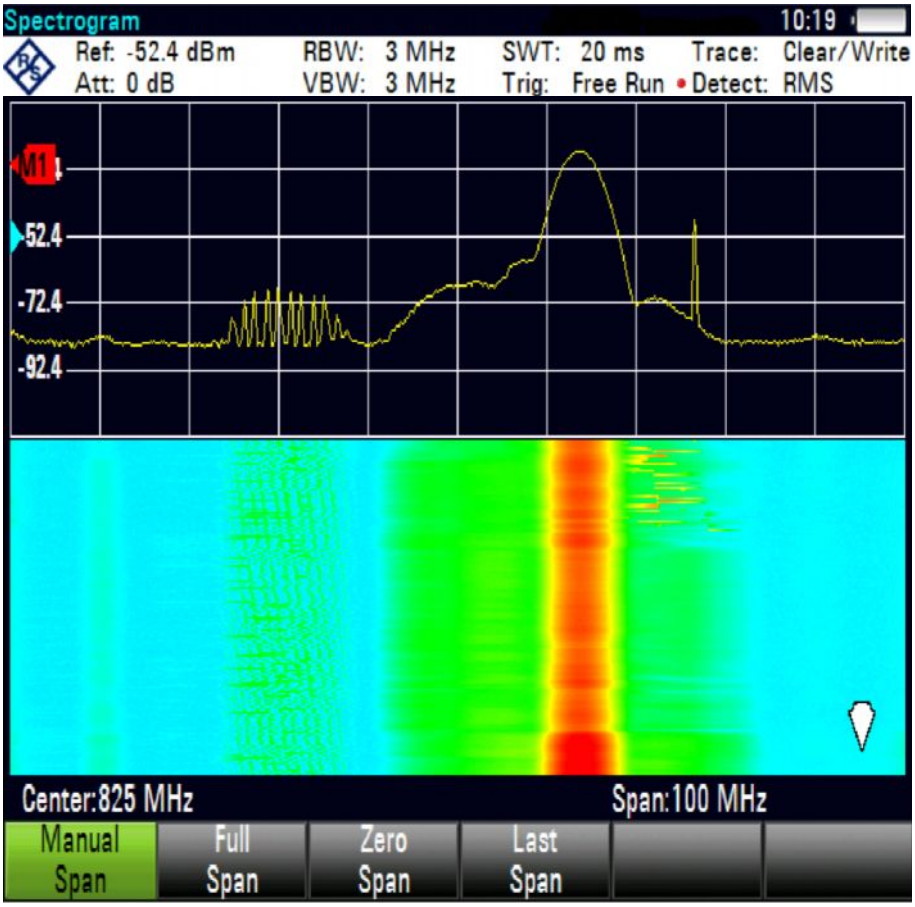


Рис.35 – Осциллограмма сигнала двунаправленного усилителя на частоте 800 МГц полосы LTE

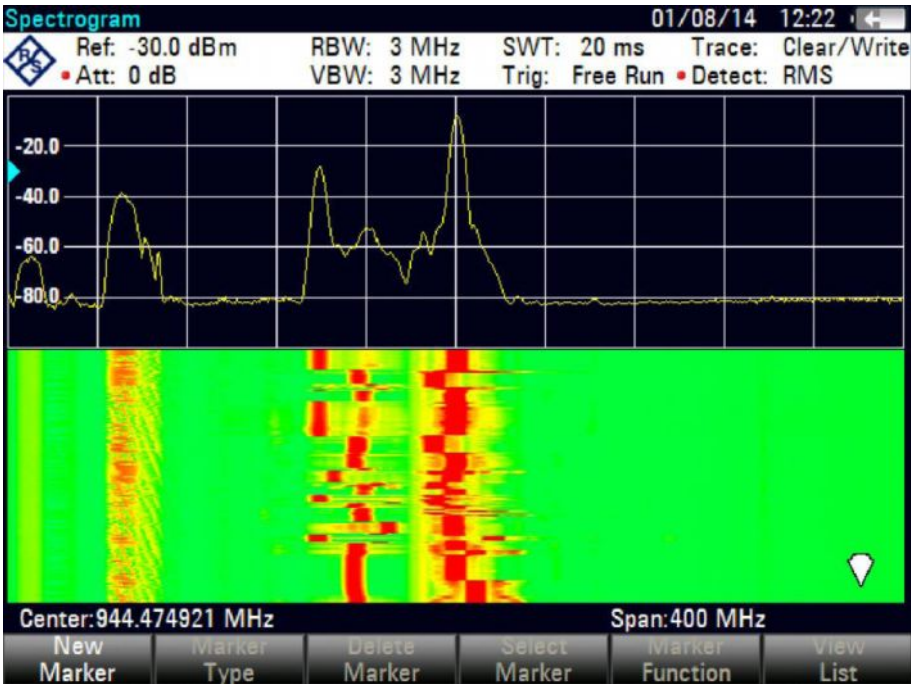


Рис.36 – Интерференционный сигнал репитера сигналов GSM 900

3.4 Кабельная утечка

Выход ВЧ сигнала на поверхность кабеля или кабельная утечка происходит, когда радиосигналы, используемые в системах кабельного телевидения, вырываются из экранированных кабелей и устройств, которые их передают. Так как частоты, используемые в системах кабельного телевидения, могут достигать 1 ГГц, существует перекрытие диапазонов со многими коммерческими, государственными и сотовыми системами связи. Наиболее распространенная причина кабельной утечки – наличие физических повреждений в кабельной инфраструктуре, таких как трещины/повреждения кабелей, дефектные стыковочные соединения, неплотно соединенные разъемы, неэкранированные усилители и т.п.

К счастью, кабельные утечки очень просто диагностировать из-за их регулярного, непрерывного характера в полосе шириной 6 МГц.

Кабельная утечка является очень распространенным источником помех в таких странах, как США, где провайдеры кабельного телевидения используют ту же полосу частот, что и сети стандарта LTE.

3.5 Нелицензированное или некорректное использование полосы частот

Этот вид интерференции может быть вызван применением передатчиков, разработанных для использования в странах с другим распределением частот, или следствием рефарминга спектра.

Нелицензированные передатчики, работающие на частоте около 1930 МГц, например DECT телефоны, привезенные из-за границы, могут передавать сигнал с мощностью до 250 мВт. Если нелицензированный телефон DECT используется около базовой станции WCDMA, для UE может стать невозможным увеличение мощности до значения, позволяющего обеспечить необходимое превышение уровня шума для связи с базовой станцией, т.е. установление голосового соединения и услуги передачи данных будут недоступны в зоне обслуживания данного сектора.

Интерференция в восходящем канале WCDMA, вызванная телефонами DECT, работающими в неправильной полосе частот, является распространенным источником интерференции в Европе. Разделы 2.1 и 2.2 показывают пример и объясняют, как обнаружить и охарактеризовать этот тип интерференции.

Некоторые полосы частот, ранее используемые для других служб, были переданы системам LTE или WCDMA. Однако устройства, работающие этих в диапазонах, еще существуют и вызывают интерференцию.

Беспроводные микрофоны часто используются клубами, организациями, школами, церквями и т.д., и чаще всего передают аналоговые, узкополосные ЧМ-сигналы. Проблемы могут возникнуть, когда эти микрофоны работают за пределами своих разрешенных частотных диапазонов. Беспроводной микрофон может также быть слишком мощным передатчиком для своего размера.

Демодуляция аудиосигналов – превосходный способ разыскать интерференцию от беспроводных микрофонов и другие узкополосные помехи.



Рис.37 – ЧМ модуляция беспроводного микрофона, работающего в полосе 800 МГц. Меню режима маркера.

3.6 Генераторы помех и преднамеренная интерференция

Существуют также случаи преднамеренной интерференции.

Преднамеренная узкополосная интерференция – это нелицензированные/пиратские аналоговые модулируемые речевые сигналы, обычно передаваемые в лицензированных диапазонах. Иногда эти сигналы могут иметь прерывистый характер, поэтому очень трудно определить местоположение их источника. Запись содержания таких передач очень важна, чтобы принять необходимые меры в соответствии с действующим законодательством.

Источники умышленных широкополосных помех, известные как генераторы помех, – это устройства, разработанные, чтобы ограничить или полностью устранить возможность использования определенного частотного диапазона за счет повышения минимального уровня шума до высокого уровня (обычно около –50 дБмВт в зоне поражения). Генераторы помех генерируют широкий, сильный, непрерывный сигнал, поэтому их относительно легко идентифицировать и найти.

Генераторы помех обычно разрабатываются, чтобы воздействовать на определенные услуги и технологии (GPS, Wi-Fi и т.д.) и/или частотные диапазоны (850 МГц, 1900 МГц и т.д.), но часто создают проблемы для услуг и частот далеко за пределами их целевого диапазона.

У генераторов помех обычно есть одна антенна, обеспечивающая «глушение» определенной полосы или технологии. Работающие от аккумулятора, передатчики помех обладают небольшими размерами, но имеют ограниченную зону действия (радиусом 10-25 метров). Более мощные генераторы помех обычно требуют питания переменным током и имеют тенденцию нагреваться (таким образом, вы должны искать устройства с вентиляторами и/или с большими теплоотводами). Передатчики помех могут также быть размещены в некоторых общественных местах, таких как кино, церкви и мечети, чтобы предотвратить использование мобильных телефонов.

4 Приложения

4.1 Полосы частот LTE

Полосы и частоты FDD LTE						
Номер диапа-зона	Диапазон частот Uplink (МГц)	Диапазон частот Downlink (МГц)	Ширина диапазона (МГц)	Дуплекс-ный разнос (МГц)	Запрещен-ная полоса (МГц)	Регион
1	1920 - 1980	2110 - 2170	60	190	130	Африка, Азия
2	1850 – 1910	1930 – 1990	60	80	20	Америка
3	1710 – 1785	1805 -1880	75	95	20	Африка, Америка, Азия, Европа, Средний Восток, Океания
4	1710 – 1755	2110 – 2155	45	400	355	Америка
5	824 – 849	869 – 894	25	45	20	Азия, Европа
6	830 – 840	875 – 885	10	35	25	
7	2500 – 2570	2620 – 2690	70	120	50	Америка, Азия, Европа, Средний Восток
8	880 – 915	925 – 960	35	45	10	Азия
9	1749.9 - 1784.9	1844.9 - 1879.9	35	95	60	Азия
10	1710 – 1770	2110 – 2170	60	400	340	
11	1427.9 - 1452.9	1475.9 - 1500.9	20	48	28	Азия
12	698 – 716	728 – 746	18	30	12	Америка, Океания
13	777 – 787	746 – 756	10	**-31**	41	Америка
14	788 – 798	758 – 768	10	**-30**	40	
15	1900 – 1920	2600 – 2620	20	700	680	
16	2010 – 2025	2585 – 2600	155	755	60	
17	704 – 716	734 – 746	12	30	18	Америка
18	815 – 830	860 – 875	15	45	30	Азия
19	830 – 845	875 – 890	15	45	30	Азия
20	832 – 862	791 – 821	30	**-41**	71	Африка, Азия, Европа, Средний Восток
21	1447.9 - 1462.9	1495.5 - 1510.9	15	48	33	Азия
22	3410 – 3500	3510 – 3600	90	100	10	
23	2000 – 2020	2180 – 2200	20	180	160	
24	1625.5 - 1660.5	1525 – 1559	34	-101.5	135.5	
25	1850 – 1915	1930 – 1995	65	80	15	Америка, Океания
26	814 – 849	859 – 894	30 / 40		10	Америка
27	807 – 824	852 – 869	17	45	28	
28	703 – 748	758 – 803	45	55	10	Азия
29	только DL	717 – 728	11			
30	2305 – 2315	2350 – 2360	10	45	35	
31	452.5 - 457.5	462.5 - 467.5	5	10	5	

Полосы и частоты TDD LTE			
Номер диапа-зона	Диапазон частот (МГц)	Ширина диапазона (МГц)	Регион
33	1900 – 1920	20	
34	2010 – 2025	15	
35	1850 – 1910	60	
36	1930 – 1990	60	
37	1910 – 1930	20	
38	2570 – 2620	50	Африка, Америка, Европа, Средний Восток
39	1880 – 1920	40	
40	2300 – 2400	100	Африка, Азия, Европа, Средний Восток, Океания
41	2496 – 2690	194	Америка, Азия
42	3400 – 3600	200	Европа, Средний Восток
43	3600 – 3800	200	
44	703 – 803	100	

Источники:

http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-frequency-spectrum.php

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_LTE_networks#General_information

4.2 Полосы частот WCDMA/UMTS

Номер диапазона	Диапазон частот (МГц)	Название диапазона	Регион
1	2100	IMT	Латинская Америка, Европа, Азия, Африка, Океания
2	1900	PCS A-F	Северная Америка, Латинская Америка
3	1800	DCS	Китай
			Азия
4	1700	AWS A-F	Северная Америка, Латинская Америка
5	850	CLR	Северная Америка, Латинская Америка, Азия Океания
6	800		
7	2600	IMT-E	
8	900	E-GSM / U-900	Латинская Америка, Европа, Азия, Африка, Океания
9	1700		Япония
10	1700	EAWS A-G	
11	1500	LPDC	Япония
12	700	LSMH A/B/C	США, Канада
13	700	USMH C	США, Канада
14	700	USMH D	США, Канада
17	700	LSMH B/C	США, Канада
19	800		Япония
20	800	EUDD	
21	1500	UPDC	
22	3500		
25	1900	EPCS A-G	США
26	850	ECLR	США

Источник: http://en.wikipedia.org/wiki/UMTS_frequency_bands

4.3 Полосы частот GSM

Система	Полоса	Диапазон частот Uplink (МГц)	Диапазон частот Downlink (МГц)	Номера каналов	Эквивалентная полоса UMTS/LTE	Регион
T-GSM-380	380	380.2–389.8	390.2–399.8	динамич.		
T-GSM-410	410	410.2–419.8	420.2–429.8	динамич.		
GSM-450	450	450.6–457.6	460.6–467.6	259–293	31	
GSM-480	480	479.0–486.0	489.0–496.0	306–340		
GSM-710	710	698.2–716.2	728.2–746.2	динамич.	12	
GSM-750	750	747.2–762.2	777.2–792.2	438–511		
T-GSM-810	810	806.2–821.2	851.2–866.2	динамич.	27	
GSM-850	850	824.2–849.2	869.2–894.2	128–251	5	Северная Америка, Латинская Америка
P-GSM-900	900	890.0–915.0	935.0–960.0	1–124		Европа, Средний Восток, Африка, Австралия, Океания, Азия и некоторые страны Латинской Америки
E-GSM-900	900	880.0–915.0	925.0–960.0	975–1023, 0-124	8	
R-GSM-900	900	876.0–915.0	921.0–960.0	955–1023, 0-124		
T-GSM-900	900	870.4–876.0	915.4–921.0	динамич.		
DCS-1800	1800	1,710.2–1,784.8	1,805.2–1,879.8	512–885	3	
PCS-1900	1900	1,850.2–1,909.8	1,930.2–1,989.8	512–810	2	Северная Америка, Латинская Америка

Источник: http://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands#GSM_frequency_usage_around_the_world

5 Ссылки

[1] R&S®FSH4/8/13/20 Operating Manual

[2] Rohde & Schwarz white paper: An Introduction to Interference Hunting, by Paul Denisowski

[3] R&S®PR100 Locating a Signal Source. Application brochure

[4] R&S®OSM Wizard User Manual

[5] DECT Technology

http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Enhanced_Cordless_Telecommunications

http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Enhanced_Cordless_Telecommunications

6 Информация для заказа

Наименование	Тип	Код заказа
Портативный анализатор спектра от 9 кГц до 3,6 ГГц, с предусилителем	R&S®FSH4	1309.6000.04
Портативный анализатор спектра от 9 кГц до 8 ГГц, с предусилителем	R&S®FSH8	1309.6000.08
Портативный анализатор спектра от 9 кГц до 13,6 ГГц, с предусилителем	R&S®FSH13	1314.2000.13
Портативный анализатор спектра от 9 кГц до 20 ГГц, с предусилителем	R&S®FSH20	1314.2000.20
Режим спектрограммы	R&S®FSH-K14	1304.5770.02
Анализатор интерференции (программная лицензия)	R&S®FSH-K15	1309.7488.02
Географическая привязка измерений к карте (программная лицензия)	R&S®FSH-K16	1309.7494.02
Портативная логопериодическая антенна, от 450 МГц до 8 ГГц	R&S®HL300	4097.3005.02
Активная направленная антенна, от 20 МГц до 7,5 ГГц с механическим компасом	R&S®HE300	4067.5900.02
Активная направленная антенна, от 20 МГц до 7,5 ГГц с GPS и электронным компасом	R&S®HE300	4067.5900.03
Рамочная антенна для R&S®HE300, от 9 кГц до 20 МГц	R&S®HE300-HF	4067.6806.02
Антенна GSM/UMTS/CDMA, с магнитным креплением 850/900/1800/1900/2100, разъем N-типа	R&S®TS95A16	1118.6943.16
GPS приемник	R&S®HA-Z240	1309.6700.03
Кобура для переноски, с грудной обвязкой и защитой от дождя	R&S®HA-Z222	1309.6198.00
Автомобильный адаптер питания 12 В	R&S®HA-Z202	1309.6117.00

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Представительство в Москве:

115093 Москва, ул. Павловская, 7, стр.1, этаж 5
тел. +7 (495) 981 35 60, факс +7 (495) 981 35 65
info.russia@rohde-schwarz.com
www.rohde-schwarz.ru

Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток
+49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка
1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка
+1-410-910-7988
customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан
+65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай
+86-800-810-8228 /+86-400-650-5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001

Certified Quality System
ISO 9001

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Mühldorfstraße 15 | D - 81671 München
Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 – 13777

www.rohde-schwarz.com