

Лекция 4. Тестирование телекоммуникационных протоколов

Тестирование качества работы и совместимости компонентов современной телекоммуникационной сети приобретает большее значение в последние годы.

Как уже упоминалось выше, для устойчивого и бесперебойного функционирования систем связи с подвижными объектами операторам связи в течение различных фаз жизненного цикла сети необходимо производить тестирование телекоммуникационных протоколов.

Протоколом является согласованная система правил и процедур, которая дает описание принципа взаимодействия множественных объектов. Протоколы являются языком, на котором коммутационные узлы, станции и другие телекоммуникационные устройства общаются в сети.

Для определения протоколов Международной организацией стандартизации ISO разработана семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection).

В этой модели более низкий уровень всегда предоставляет услуги более высокому.

Взаимодействие между разными уровнями одной системы осуществляется посредством примитивов, а взаимодействие между одноименными уровнями разных систем посредством протоколов (рис. 6).

Совокупность всех этих протокольных уровней называется стеком протоколов.

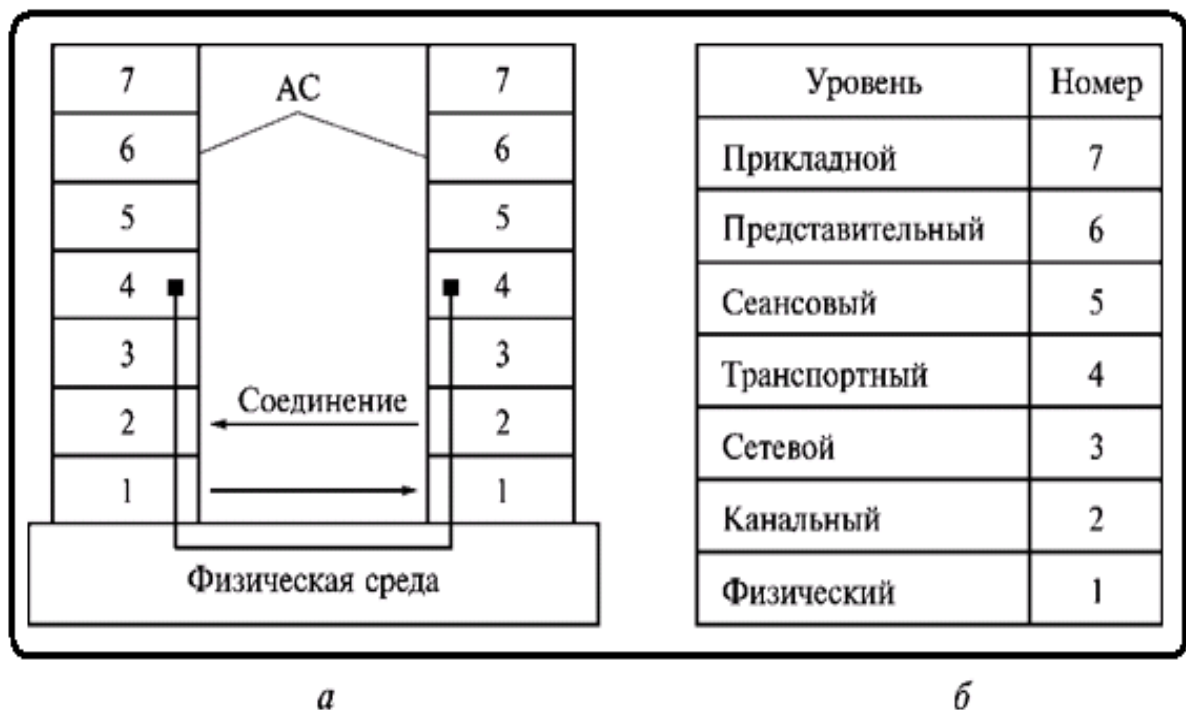


Рис.6 – семиуровневая модель OSI:

а – основные элементы сети;

б – семиуровневая архитектура взаимодействия

Тестирование систем связи

Глобальной целью данных измерений при тестировании систем связи является повышение скорости передачи данных и емкости сети посредством точных настроек мощности, обеспечивающих низкий уровень внеканального излучения и хорошее качество сигнала. Эти характеристики позволяют снизить количество случаев обрыва связи (dropped call rate), блокирования вызовов (blocked call rate) и повысить уровень обслуживания клиентов.



Рис.7 – Пример рабочего места оператора при драйв-тесте системы связи

Персонал, обслуживающий соты, или инженеры по РЧ связи могут выполнять измерения по эфиру ОТА (Over the Air) для проверки покрытия и качества сигнала передатчика без отключения соты (рис.7). В случае неоднозначности результатов эфирных измерений можно непосредственно подключиться к базовой станции для проверки качества сигнала и мощности передатчика. Совершенствование оборудования тестирования позволило компании R&S создать компактные легкие драйв тест сканеры TSME, показанные на рис.8. До 4 таких сканеров, помещающихся в рюкзаке R&S®TSME-Z3, позволяют на ходу протестировать даже системы 4×4 MIMO.



Рис. 8. Использование компактных TSME драйв-тест сканеров,
производимых компанией R&S

Лекция 4. Измерения зоны покрытия радиосистем. Картографирование

Опции применяемых при тестировании современных программных продуктов для измерения зоны покрытия наземных мобильных радиосистем (например, LMR Master™ Land Mobile Radio Modulation Analyzer) в сочетании с использованием приемников GPS позволяют измерять и записывать ключевые параметры качества сигнала наземных мобильных радиосистем – производить картографирование покрытия системы (Coverage Mapping). Все точки получения (снятия) данных сопровождаются координатами, полученными с помощью приемника GPS, информацией о времени и сохраняются в память примерно каждые две секунды.

Для аналоговых систем на карту могут быть нанесены такие параметры как:

- индикатор уровня принятого сигнала (RSSI);
- суммарный коэффициент гармонических искажений (THD);
- отношение сигнала к шуму и искажениям передатчика (SINAD).

Для цифровых наземных мобильных радиосистем на карту наносятся данные:

- о коэффициенте битовых ошибок (BER);
- о качестве модуляции или величине вектора ошибки (Error Vector Magnitude) модуляции;
- об индикаторе уровня принятого сигнала (RSSI) (рис.9);
- о коэффициенте мощности по соседнему каналу (ACPR).

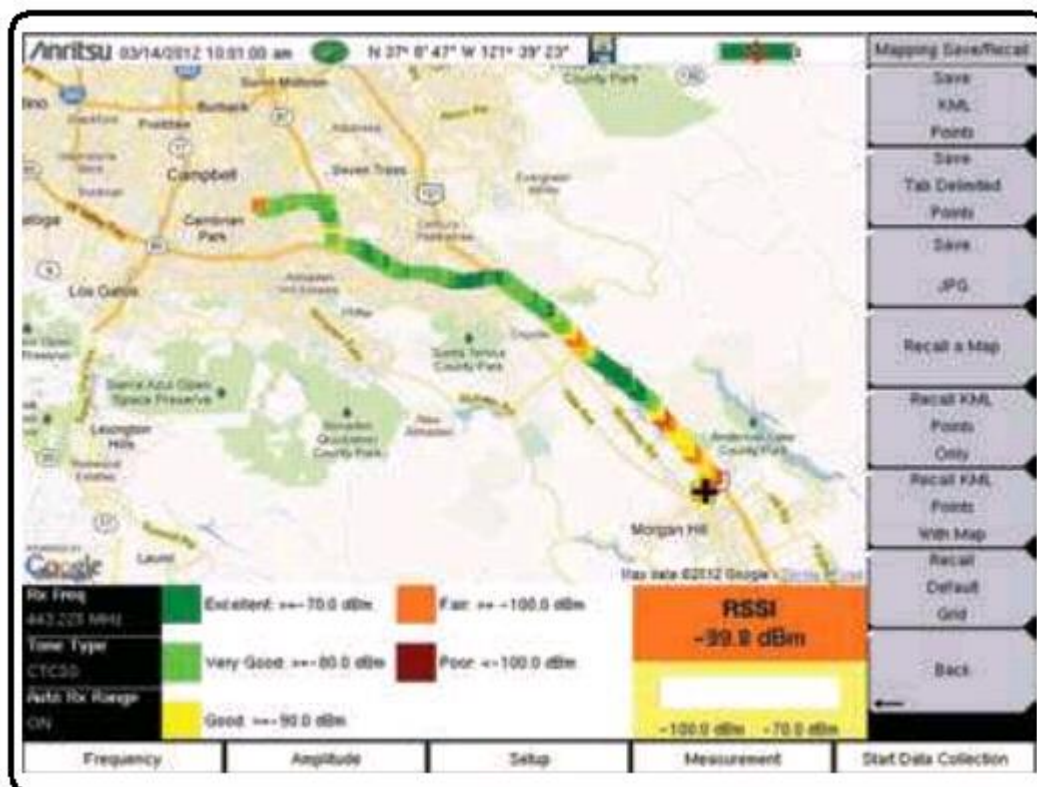


Рис.9 – Картографирование уровня принятого сигнала в заданной местности

Опциональная функция анализатора наземных мобильных радиосистем Master S412E картографирования зоны покрытия позволяет отобразить результаты измерения на карте с указанием информации, полученной от приемника GPS. Точки данных отображаются с использованием цветовой кодировки на основании параметров сортировки, определенных пользователем для выбранного типа измерения с учетом битовых ошибок – BER (рис.10).

С помощью опциональной функции картографирования зоны покрытия LMR Master позволяет генерировать файл сервиса Google Earth в формате KML с указанием величин BER, Modulation Fidelity или EVM, RSSI, THD или SINAD, отображаемых с помощью цветных кнопок. Также данная опция обеспечивает формирование табличного текстового файла для просмотра в электронных таблицах, с использованием пользовательских скриптов, или

для импорта в предоставляемое сторонними разработчиками программное обеспечение для расчета радиопокрытия..

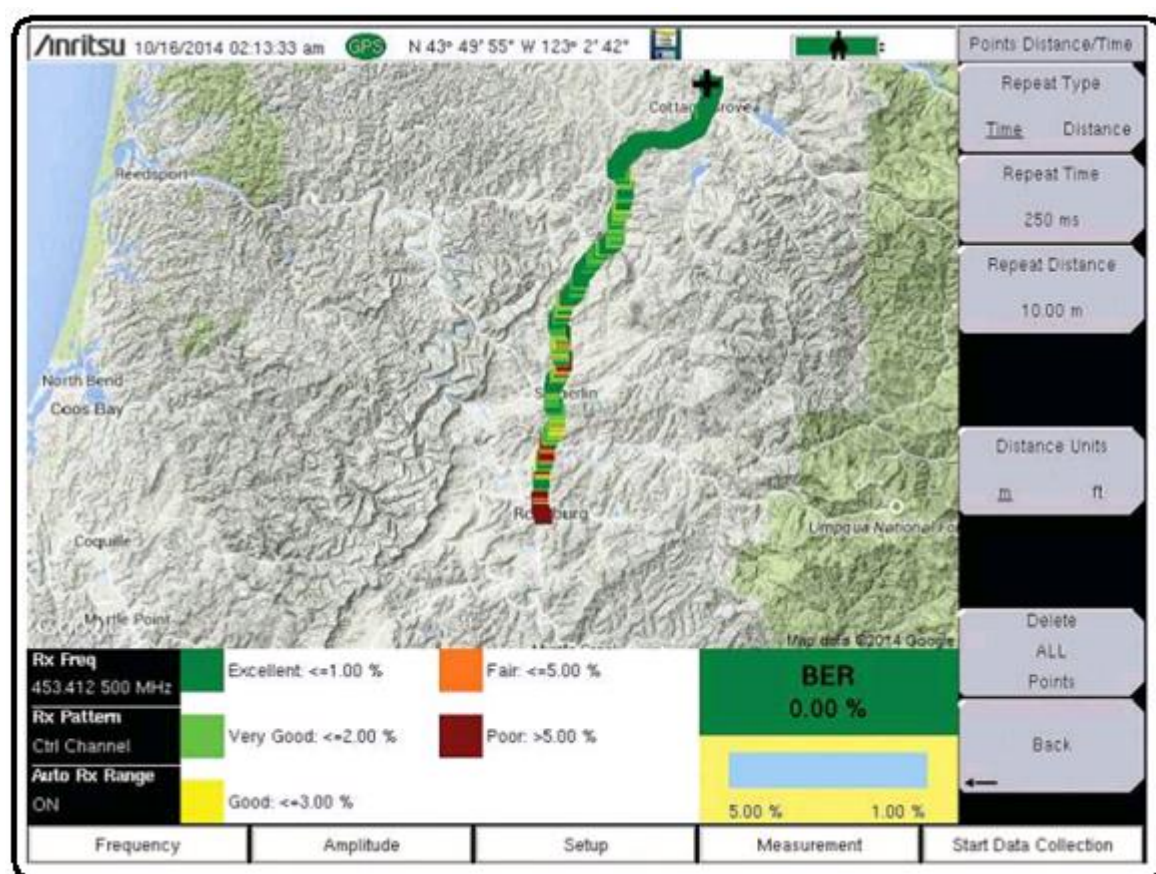


Рис.10 – Картографирование коэффициента битовых ошибок (BER)

Два файла могут быть экспортированы: текстовый файл с разделением табуляцией для импорта в электронные таблицы и пользовательские скрипты для анализа, или файл в стандартном формате KML для просмотра с помощью программ для работы с географическими данными и картами, например, Google Earth. В случаях, когда сигнал GPS недоступен, LMR Master позволяет пользователю импортировать план этажа или другую карту и с помощью сенсорного экрана с высоким разрешением записывать точки данных.

Значение индикатора мощности принятого сигнала RSSI, сохраняемого в память, является средним примерно 50000 отдельных измерений в секунду, выполняемых за период измерения. Значение модуля вектора ошибки.

модуляции или качества модуляции (Modulation Fidelity) служит хорошим индикатором уровня многолучевости в измеряемом сигнале.

При измерении характеристик канала без отключения, схема канала управления позволяет измерять частоту ошибок сообщения и оценивает коэффициент битовых ошибок на основании анализа коррекции ошибок в прямом направлении на данных канала управления. Шаблон Voice (Voice pattern) позволяет оценить BER в реальном речевом трафике на основании анализа данных коррекции ошибок в прямом направлении, устраняя необходимость в отключении наиболее важных систем для проведения анализа и позволяя проверять качество покрытия без перебоев в работе.

Примером программного обеспечения, используемого при сетевом тестировании, может служить аппаратно-программный комплекс SAM-CV 1000, предлагаемый немецкой компанией decontis GmbH. Комплекс является экономически эффективным решением на основе использования ноутбука, приемника GPS и оборудования РФ. Это превращает общий ноутбук в мощный инструмент для измерения покрытия и драйв-тестов (рис.11). SAM-1000 CV позволяет сетевым операторам выполнять измерения покрытия поля для DVB-T и DVB-T2 вещания.



Рис. 11 – Комплект оборудования SAM-CV 1000
для тестирования покрытия DVB-T/-T2

Во время тест-драйва SAM-CV 1000 собирает РЧ измерения от одного или более РЧ входов, а также GPS данные о текущем местоположении. Посредством одного SAM-CV 1000 оператор сети может получить покрытие для нескольких каналов DVB-T/-T2 или для нескольких каналов физического уровня DVB-T2 с помощью всего лишь одного тест-драйва.

Все соответствующие измерения РЧ параметров всех обработанных РЧ каналов наряду с одновременно объединенными географическими координатами и другими метаданными хранятся в файлах данных, основанных на расширяемом языке разметки XML (eXtensible Markup Language (рис.12).

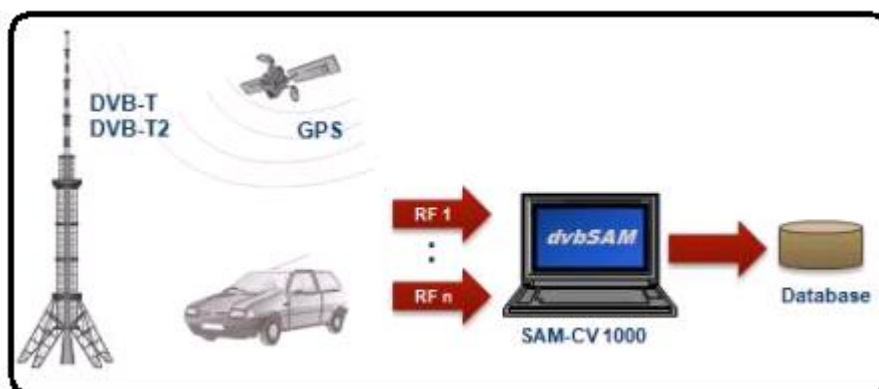


Рис.12 – Процедура драйв-теста покрытия для DVB-T и DVB-T2 стандартов телевидения

Записанные данные могут быть оценены и отображены на карте с помощью сервиса Google Earth. Место каждой точки измерения окрашивается на карте цветом, который указывает на то, является ли приемлемым значение РЧ параметра (OK) или близким к сконфигурированным пороговым значениям порога предупреждения WARNING или порога ошибки ERROR. Зеленые метки означают, что определенный РЧ параметр находится в пределах пороговых значений.

Желтый цвет меток свидетельствует о том, что конкретный РЧ параметр приближается к порогу предупреждения, но все еще приемлем.

Смена желтого цвета красным означает переход определенным РЧ параметром порога предупреждения и приближение к порогу ошибок, который все еще не достигнут. Метки красного цвета означают, что определенный РЧ параметр пересек порог ошибок. Такая визуализация позволяет очень просто оценить записанные РЧ параметры визуально по всей области (рис.13).

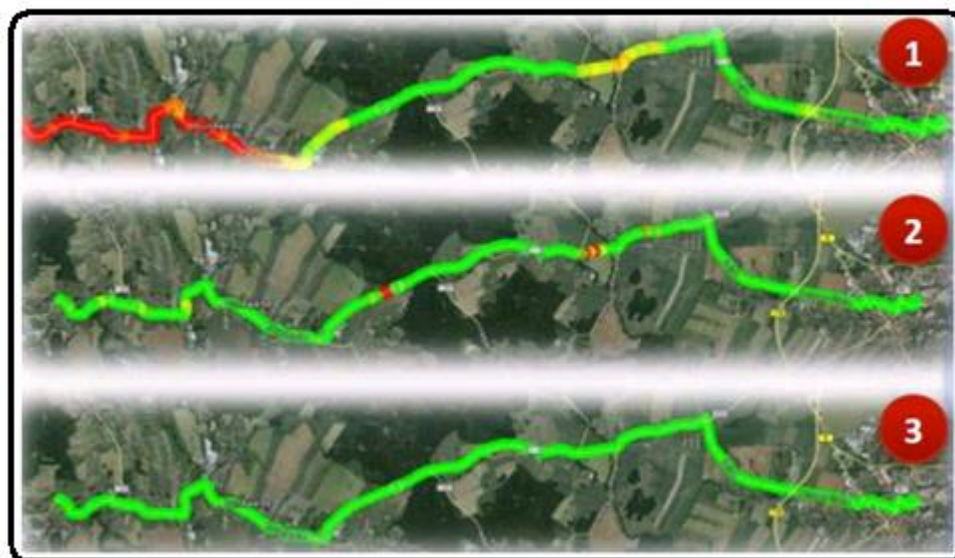


Рис.13 – Примеры сформированной карты при измерении уровня принимаемого сигнала Rx Level (1), коэффициента битовых ошибок после применения алгоритма Витерби (2), коэффициента пакетных ошибок PER (3)

При изменении выбора необходимого РЧ параметра отображения карты немедленно обновляются. Доступные параметры включают в себя:

- уровень принимаемого сигнала(RX Level), дБм;
- отношение несущая/шум(Carrier Noise Ratio), дБ;
- коэффициент битовых ошибок BER до декодера Витерби и BER после декодера Витерби,
- коэффициента ошибок модуляции MER, дБ;
- коэффициент ошибок по пакетам (Packet Error Ratio), %;
- коэффициент ошибок по кадрам (Frame Error Ratio) DVB-T2 %.

С помощью ПО Map Master из комплекта LMR Master пользователи имеют возможность конвертировать имеющиеся изображения с картами в

формат, совместимый с LMR Master. После преобразования, на карту можно нанести данные об индикаторе мощности принятого сигнала и коэффициенте мощности по соседнему каналу, полученные с помощью LMR Master (рис.14).

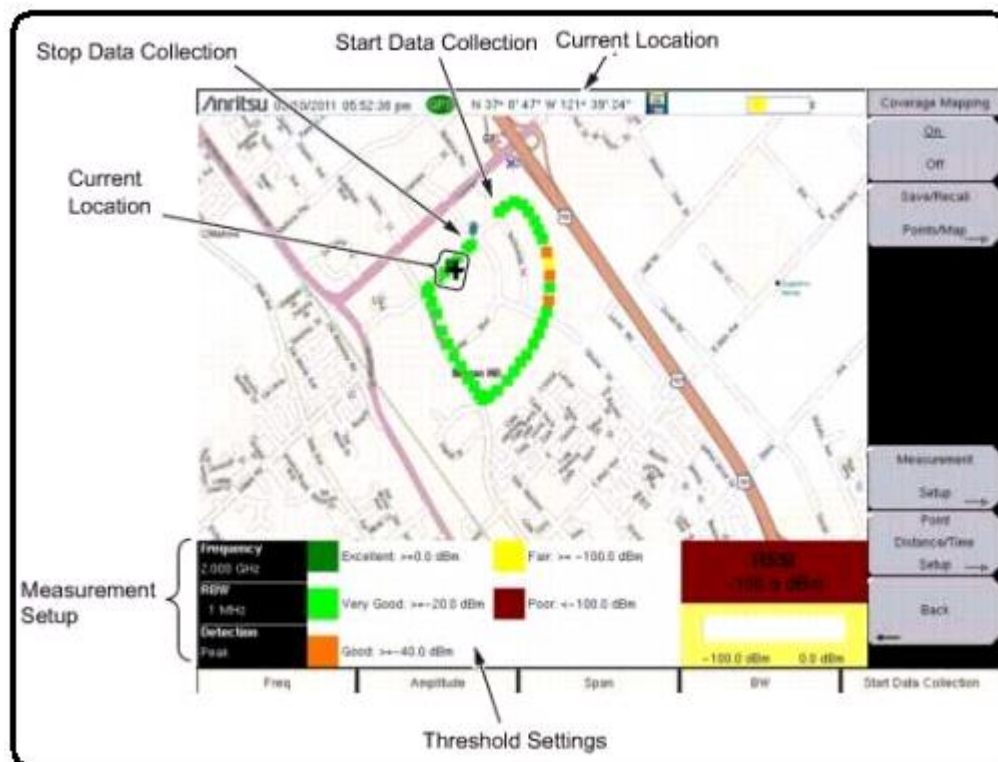


Рис.14 – Опция «Картографирование зоны покрытия» обеспечивает выполнение измерения RSSI и ACPR одного канала с применением пользовательской карты и привязкой данных GPS

При наличии карт с координатами GPS можно воспользоваться опциональным приемником GPS для привязки результатов измерения к месту их получения. В случае измерений в помещениях, без использования GPS, привязка результатов измерения к конкретному месту осуществляется простым прикосновением к экрану (рис.15). Карты с результатами измерений можно экспортировать через встроенный USB порт как файлы JPEG или Google Earth KML.

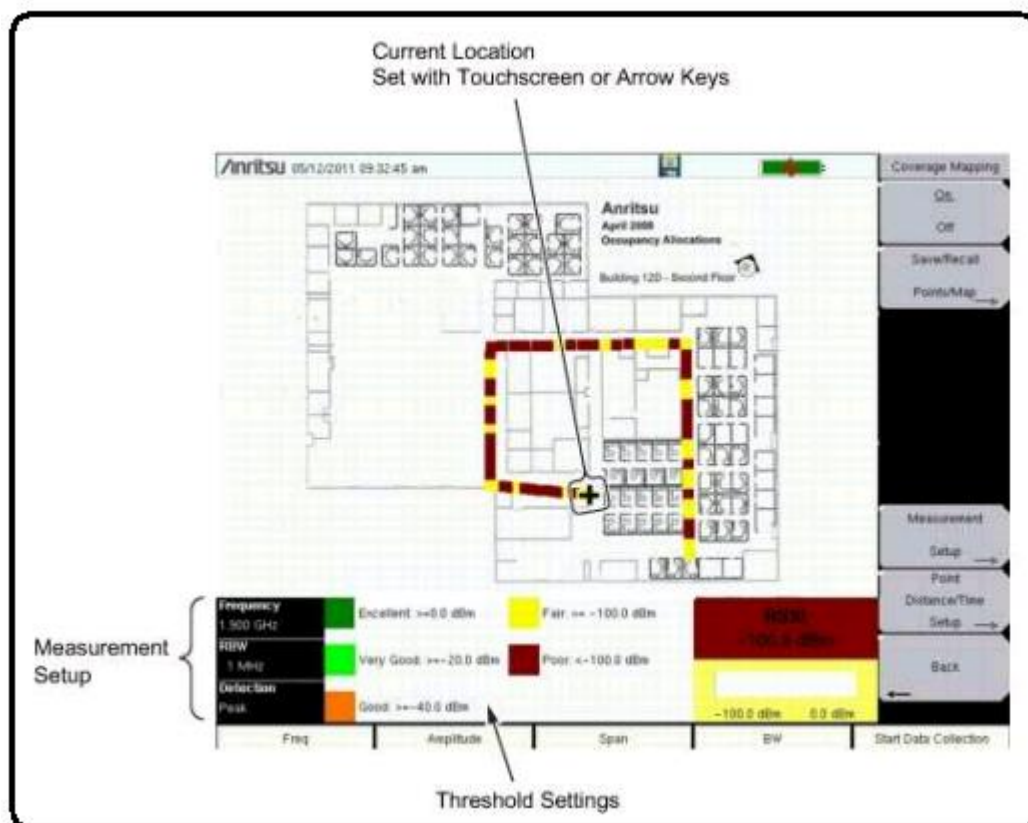


Рис.15 – Пример карты покрытия в помещении (Indoor Coverage Mapping)