

Международный союз электросвязи

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SM.1708-1
(09/2011)

**Измерения напряженности поля
вдоль маршрута с регистрацией
географических координат**

Серия SM
Управление использованием спектра



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2018 г.

© ITU 2018

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1708-1*

**Измерения напряженности поля вдоль маршрута
с регистрацией географических координат**

(2005-2011)

Сфера применения

Ввиду увеличения количества сетей подвижной связи, в которых используются разные типы модуляции и методы доступа, существенное значение для обеспечения эффективного использования спектра приобретают измерения напряженности поля вдоль маршрута с регистрацией географических координат.

Ключевые слова

Цифровое вещание, метод измерения, контроль за использованием спектра.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что увеличивается количество сетей подвижной связи, в которых используются разные типы модуляции и методы доступа;
- b) что для обеспечения эффективного использования спектра администрациям необходимо знать величину радиоохвата этих сетей;
- c) что прогнозирование значений напряженности поля требует поддержки с помощью практических измерений, осуществляемых в процессе радиоконтроля;
- d) что измерения напряженности поля для подвижной связи иногда оказываются единственным способом определения величины радиоохвата больших площадей;
- e) что регламентарным органам может потребоваться проверить, соответствует ли условиям лицензии развертывание сети в отношении охвата;
- f) что администрациями используются различные методы измерения напряженности поля для подвижной связи,

признавая,

- a) что необходимо принять общие процедуры измерений, с тем чтобы достичь взаимного признания результатов измерений заинтересованными сторонами,

рекомендует,

- 1** чтобы для измерений напряженности поля вертикально поляризованных сигналов вдоль маршрута использовался метод, описанный в Приложении 1.

* В 2018 и 2019 годах 1-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла поправки редакционного характера в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1.

Приложение 1

1 Общие положения

Фактические значения напряженности поля под влиянием местных условий приема могут существенно отличаться от их прогнозируемых значений, и поэтому их следует проверять с помощью измерений для определения радиоохвата больших площадей заданным уровнем напряженности поля.

Результаты измерений должны регистрироваться вместе с данными об их географических координатах для определения местонахождения измерительных пунктов и для нанесения на карту результатов, собранных на наиболее доступных дорогах в рассматриваемой зоне.

Иногда вместо измерения фактической напряженности поля возникает потребность в измерении выходного напряжения на антенне пользователя (для типичной антенны исследуемой службы) для оценки величины радиоохвата.

Системы цифровых сетей (типа GSM, DCS1800 и UMTS или DAB, DVB-T) чувствительны к влиянию принимаемых отраженных сигналов. В этом случае, кроме измерения уровня сигнала, для оценки эксплуатационных характеристик системы необходимо также измерять качество приема с помощью определения коэффициента ошибок по битам (КОБ) или импульсной характеристики канала. Если использовать автоматические вызовы, такие измерения можно проводить на работающих цифровых сетях без внесения какого-либо отрицательного воздействия.

Для измерения вдоль маршрута требуется непрерывная передача.

2 Результаты измерений напряженности поля в подвижной связи

Напряженность поля вдоль маршрута подвержена сильным флуктуациям под действием отраженных сигналов. Результат отдельного измерения может соответствовать минимальному или максимальному уровню отражения, и на него также влияют выбранная высота приемной антенны, время года, погодные условия, наличие растительности и уровень влажности на окружающей местности, которые делают его неточным.

При учете приведенных выше факторов воспроизводимые результаты измерений напряженности поля можно рассчитать из большого числа необработанных показаний с помощью их статистической обработки.

3 Расчет напряженности поля

Зная выходное напряжение антенны (обычно измеряемое в дБ(мкВ)), к.п.д. антенны и ослабление сигнала с выхода антенны на трассе, уровень напряженности поля можно рассчитать с помощью следующего уравнения:

$$e = v_o + k + a_c,$$

где:

e : составляющая напряженности электрического поля (дБ(мкВ/м));

v_o : выходное напряжение антенны (дБ(мкВ));

k : к.п.д. антенны (дБ(м⁻¹));

a_c : ослабление сигнала с выхода антенны на трассе (дБ).

При использовании определенных измерительных приемников можно получать результаты измерений напряженности поля непосредственно в дБ(мкВ/м), предварительно записав в память приемника суммарную величину к.п.д. антенны и ослабления сигнала на трассе.

4 Измерительные антенны

В процессе измерений высота измерительной антенны выбирается равной 1,5–3 м. Полученные результаты считаются относящимися к высоте 3 м.

5 Установки для измерительного приемника

5.1 Динамический диапазон

Рабочий динамический диапазон измерительного приемника должен быть ≥ 60 дБ.

5.2 Функции детектора и значения ширины полосы пропускания для различных типов сигнала

Ширина полосы пропускания приемника должна быть достаточно большой для приема сигнала вместе с основными частями спектра модуляции. Тип детектора следует выбирать в зависимости от характеристик и режима модуляции измеряемого сигнала.

Примеры типов сигнала	Минимальная ширина полосы пропускания (кГц)	Функция детектора
Амплитудная модуляция с двойной боковой полосой	9 или 10	С линейным усреднением
Амплитудная модуляция с одной боковой полосой	2,4	Пиковый
Радиовещательный сигнал с частотной модуляцией	120	С линейным (или логарифмическим) усреднением
Несущая телевизионного сигнала	120	Пиковый
Сигнал GSM	300	Среднеквадратичный
Сигнал DAB	1 500	
Сигнал DVB-T		
Системы: 6 МГц 7 МГц 8 МГц	6 000 7 000 8 000	
Сигнал TETRA	30	
Сигнал UMTS	4 000	
Узкополосная радиосвязь с частотной модуляцией		С линейным (или логарифмическим) усреднением
Разнос каналов 12,5 кГц	7,5	
20 кГц 25 кГц	12 12	

GSM: Глобальная система подвижной связи.

DAB: Цифровое звуковое радиовещание.

DVB-T: Наземное цифровое телевизионное вещание.

TETRA: Наземное транкинговое радио.

UMTS: Универсальная система подвижной электросвязи, специальная технология в рамках системы IMT-2000.

6 Скорость автомобиля

Скорость автомобиля (V) должна соответствовать длине волны одновременно измеряемой совокупности сигналов с различными частотами и допустимому кратчайшему времени измерения для измерительного приемника:

$$V \text{ (км/ч)} \leq \frac{864}{f \text{ (МГц)} \times t_r \text{ (с)}}$$

Здесь t_r – минимальное время, определяемое техническими характеристиками приемника, которое требуется для возврата на данную частоту.

7 Необходимое число точек измерения и интервал усреднения

Для статистической оценки (метод Ли)* число контрольных точек должно быть выбрано таким образом, чтобы результаты представляли процесс медленного изменения напряженности поля (эффект длительного замирания), а также в большей или меньшей степени отражали местные (мгновенные) особенности (эффект кратковременного замирания) распределения напряженности поля сигнала.

Для получения доверительного интервала в 1 дБ вокруг фактического среднего значения контрольные точки надо выбирать для каждых $0,8 \lambda$ (длина волны) на интервале усреднения в 40λ (50 измеренных значений в пределах 40 длин волн).

8 Системы навигации и определения местоположения

8.1 Система исчисления пути

Расстояние от начальной точки рассчитывается с помощью импульсного датчика расстояния, укрепляемого на ведомом колесе измерительного автомобиля, а курсовую информацию дает механический гироскоп. Точность определения местоположения зависит от точности регистрации начальной точки и расстояния, пройденного измерительным автомобилем.

8.2 Глобальные системы определения местоположения

Коммерческие глобальные системы определения местоположения (GPS) могут предоставлять данные о местоположении с точностью лишь в несколько метров, но они не работают с приемлемой точностью в туннелях, на узких улицах или в долинах. Тем не менее предпочтительным методом для определения местоположения при измерениях напряженности поля являются системы GPS.

Точности стандартной системы GPS вполне достаточно для измерения охвата вещанием телевизионной станции или радиостанции.

Для испытания цифровой микросотовой системы в городских районах требуется точность определения местоположения в несколько метров.

8.3 Комплексная навигационная система

Такая система представляет собой сочетание указанных выше систем. Такие навигационные системы, не требуя ручного вмешательства оператора, непрерывно предоставляют данные о времени и местоположении, сведения о курсе и точке на маршруте.

9 Сбор и обработка данных

С помощью приведенных ниже методов измерения и оценки можно получить среднее значение, максимальные/минимальные пиковые значения, статистическую оценку или вероятность превышения уровня для собранных результатов.

9.1 Сбор результатов измерений без обработки данных (необработанные данные по напряженности поля)

Вследствие меняющегося влияния замираний и отражений отдельные результаты измерений оказываются невоспроизводимыми, и поэтому они не могут непосредственно отражать значение напряженности поля в измерительной точке. При необходимости необработанные данные можно в дальнейшем обработать (см. пп. 9.2.1 и 9.2.2).

* Mr William C.Y. Lee, *Mobile communications design fundamentals*, ISBN: 0-471-57446-5

9.2 Сбор результатов измерений с обработкой данных

Этот метод позволяет с помощью статистической обработки существенно сократить объем регистрируемых необработанных данных.

9.2.1 Усредненные значения

Некоторые измерительные приемники могут осуществлять внутреннюю классификацию результатов измерений в пределах заданных пользователем интервалов. Пользователь может выбирать интервалы для оценки с числом измеренных выборок до примерно 10 000, но каждый отдельный интервал должен содержать не менее 100 значений.

На жестком диске сохраняются только среднеарифметические значения для заданного числа результатов измерений, и эти данные указываются на окончательной карте радиоохвата.

9.2.2 Классификация результатов по вероятности превышения уровня

В процессе измерений результаты классифицируются по вероятности превышения в интервале 1–99%. Эти процентные значения определяют вероятность превышения соответствующего уровня напряженности поля. Типичные значения вероятности составляют 1; 10; 50; 90 и 99%. Для исследования распространения радиоволн лучше пользоваться медианным значением – 50%.

Следует отметить, что приемнику требуется несколько миллисекунд для оценки с целью классификации, и в течение этого периода импульсы включения игнорируются и новые данные измерений не выдаются.

10 Представление данных

С помощью встроенного монитора процессорного контроллера, цветного монитора внешнего ПК, принтера или графопостроителя можно представлять данные следующими способами:

10.1 Представление необработанных данных в виде таблицы

Преимущества: Дается подробная информация о местных явлениях замираний. Эти результаты можно преобразовать в любую форму, удобную для просмотра результатов, с помощью математической или статистической обработки.

Недостатки: Слишком большой объем данных. Отдельные результаты не могут быть повторены.

10.2 Построение диаграмм в прямоугольных координатах

Графическое представление обработанных данных напряженности поля выполняется в прямоугольных координатах в зависимости от расстояния с указанием рассчитанных медианных значений.

Преимущества: Этот метод обеспечивает быстрое получение удобных для просмотра результатов по распределению и местоположениям с уровнем напряженности поля ниже заданного порогового значения.

Недостатки: Трудно соотнести результаты с точным местом измерения.

10.3 Отображение на картах

На карте дорог представляют цветными линиями обработанные уровни напряженности поля (например, в масштабе 10 дБ(мкВ/м)) или вероятность превышения уровня (между 1 и 99%).

Выборный масштаб карты должен соответствовать размеру исследуемой зоны, охватываемой радиосигналами, и требуемому разрешению обработанных результатов напряженности поля. В зависимости от масштаба карты представляемые интервалы могут включать кратные значения интервалов усреднения. Разрешение представляемых результатов следует выбирать так, чтобы можно было отображать местные особенности без использования слишком широкой гаммы цветных линий.

Если требуется представлять интервалы усреднения с более высоким разрешением (например, при представлении результатов для микросотовой связи), система должна обладать способностью изменять масштаб карты при использовании ею.

Если во время измерений одновременно регистрируют две серии данных (например, уровни напряженности поля и КОБ), то целесообразно представлять их вместе с помощью двух параллельных цветных линий вдоль нанесенных на карту дорог.

Преимущества: Результаты измерений можно объединять при наличии точной точки измерения. Этот метод обеспечивает быстрое получение удобных для просмотра результатов по распределению и получению уровней напряженности поля ниже заданного порогового значения.

Недостатки: Разрешение для интервала на карте может быть больше, чем для интервала обработки. Поэтому местные характеристики уровня напряженности поля могут быть завышены.
