

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1825

Руководство по техническим параметрам и методикам проведения исследований совместного использования частот, относящихся к системам сухопутной подвижной службы

(Вопрос МСЭ-R 7/8)

(2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации содержится руководство по выполнению исследований совместного использования частот, относящихся к системам сухопутной подвижной службы. В ней установлен список параметров, которые характеризуют систему, для содействия проведению исследования совместного использования частот, предоставляется информация о методиках, которые могут использоваться для анализа совместного использования частот, связанного с сухопутной подвижной службой, и описываются методы ослабления помех, которые могут улучшить совместное использование частот. В Рекомендации содержится также список соответствующих Рекомендаций, Отчетов и Справочников МСЭ-R.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что технические характеристики систем сухопутной подвижной службы могут изменяться;
- b) что существует возможность внедрения систем или служб новых типов в полосах, используемых сухопутной подвижной службой;
- c) что типичные технические и эксплуатационные характеристики систем, работающих в полосах, распределенных сухопутной подвижной службе, должны определять возможность внедрения систем новых типов;
- d) что необходимы процедуры и методики для анализа совместимости систем, работающих в сухопутной подвижной службе, и систем в других службах,

отмечая

- a) список соответствующих Рекомендаций, Отчетов и Справочников, перечисленных в Приложении 3,

рекомендует

- 1 использовать список параметров, приведенный в Приложении 1, в качестве руководства по характеристикам систем сухопутной подвижной службы, подходящих для применения в исследованиях совместного использования частот;
- 2 применять методики, содержащиеся в Приложении 2, для исследования совместного использования частот системами сухопутной подвижной службы (совместное использование частот внутри службы) и системами сухопутной подвижной службы и системами других служб (совместное использование частот службами).

Приложение 1**Технические параметры систем сухопутной подвижной службы для исследований совместного использования частот****1 Введение**

Для любого исследования совместного использования частот требуется располагать характеристиками систем, которым необходимо совместно использовать спектр. В разделе 2 содержится список параметров, величины которых должны характеризовать ту или иную систему для проведения исследований совместного использования частот.

2 Общий список параметров

Желательно, чтобы в исследованиях совместного использования частот применялись характеристики сухопутной подвижной службы, приведенные в таблице ниже. Однако следует отметить, что не все параметры ниже соответствуют каждой системе сухопутной подвижной службы и, как таковые, могут отсутствовать в соответствующих стандартах. В результате необходимо внимательно относиться к определению соответствующих параметров и их значений для исследований совместного использования частот конкретными системами.

Общие параметры Полоса частот (МГц) Тип передачи Тип развертывания (например, сотовое ...) Метод доступа Число секторов Коэффициент повторного использования частоты Число антенн на сектор Тип антенных систем Минимальные потери из-за переходного затухания между расположенными в одном месте антеннами (дБ)	Система Ширина полосы канала (кГц) Тип модуляции Метод дуплекса Типичный КОБ или SINAD (отношение сигнала к шуму и искажениям) или FER (коэффициент ошибок при формировании кадров)
Передатчик Выходная мощность (Вт) э.и.м. или э.и.и.м. (дБВт или дБм) Необходимая ширина полосы канала (кГц) ACLR (коэффициент утечки по соседнему каналу) или маска внеполосных излучений Коэффициент усиления антенны (дБд или дБи) Высота антенны (м) Диаграмма направленности излучения Поляризация антенны	Приемник Коэффициент шума (дБ) Ширина полосы фильтра ПЧ (кГц) Чувствительность (дБм) Внеканальная чувствительность: – ACS (чувствительность по соседнему каналу) – Блокирующие характеристики (внутри полосы и вне полосы) Критерии защиты Ослабление побочных сигналов интермодуляции (дБ) Коэффициент усиления антенны (дБд или дБи) Высота антенны (м) Диаграмма направленности излучения Поляризация антенны

В зависимости от типа системы дополнительные характеристики для исследований совместного использования частот могут включать:

- размер соты или зону покрытия;
- угол наклона вниз;
- потери в фидере (если уже не учтены в коэффициенте усиления антенны);
- требуемые скорости передачи данных;
- диапазон мощности передачи, обусловленный управлением мощностью;
- целевые отношения С/Ш для линий вверх и вниз;
- модель распространения (см. применимые Рекомендации серии Р, перечисленные в Приложении 3).

Приложение 2

Методики совместного использования частот, относящегося к системам, работающим в сухопутной подвижной службе

1 Введение

Первым шагом в любом исследовании совместного использования частот является описание среды, конфигурации и условий, касающихся анализируемых систем.

Следует рассмотреть два типа условий: анализ внутри полосы в случае, когда системы совместно используют ту же полосу частот, и анализ в соседней полосе в случае, когда нежелательные излучения одной системы могут воздействовать на радиоприемники, работающие в соседней полосе.

В Разделе 2 описаны методики, которые могут применяться для анализа совместного использования частот, связанного с сухопутной подвижной службой, а в параграфе 3 – методы ослабления помех, которые могут применяться при некоторых условиях в целях улучшения возможности совместного использования спектра системами.

2 Методики для исследований совместного использования частот

Существуют две базовые методики для исследований совместного использования частот в сухопутной подвижной службе: методика бюджета линии и метод Монте-Карло.

2.1 Методика бюджета линии

Максимально допустимый уровень эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (э.и.и.м.) мешающего сигнала может быть определен путем использования следующего простого уравнения:

$$EIRP_{MAX} = I_{MAX} - G_R(\theta) + L_P + L_R,$$

где:

- $EIRP_{MAX}$: максимально допустимая плотность э.и.и.м. мешающего устройства (дБм/В_{REF}), для которой необходимо выбрать эталонную ширину полосы В_{REF};
- I_{MAX} : максимально допустимый нормированный уровень помех на входе приемника (дБм/В_{REF});
- $G_R(\theta)$: усиление антенны испытывающего действие помех приемника в направлении мешающего сигнала (дБи);
- L_P : потери при распространении между передающей и приемной антеннами (дБ), которые могут быть комплексным членом, зависящим от факторов окружающей среды, некоторые из которых могут изменяться во времени (например, замирания);
- L_R : вносимые потери (потери между антенной приемника и входом приемника) (дБ). Если значение этой величины отсутствует, то можно допустить, что оно равно 0 дБ.

2.2 Метод Монте-Карло

Метод Монте-Карло способен обеспечить любой желаемый уровень математической точности и статистические справедливость и достоверность для расчетов вероятности помех в отношении системы радиосвязи любого вида. Точность и статистические справедливость и достоверность ограничены следующим:

- a) степенью точности описания математической(ими) моделью(ями) рассматриваемых сценариев помех; и
- b) числом проб, осуществленных для расчета того, присутствуют ли помехи или нет.

В методе Монте-Карло используются случайно создаваемые значения для неопределенных переменных, основанные на распределениях вероятности, применимых к этим переменным. Метод объединяет большое число случаев независимых переменных и создает статистические результаты. Особое преимущество использования моделирования по методу Монте-Карло состоит в возможности создания статистического распределения прогнозируемого уровня суммарных помех (т. е. интегральной функции распределения), которое учитывает неопределенности существенных элементов модели суммарных помех, таких как плотности развертывания мешающих устройств/систем, коэффициенты использования и др. Поэтому данная методика особенно полезна, когда требуется оценка вероятности того, что превышен определенный уровень мощности суммарных помех.

Методика моделирования по методу Монте-Карло была разработана в МСЭ-R в качестве статистического средства для исследований совместимости служб радиосвязи. Обзор этой методики содержится в Отчете МСЭ-R SM.2028-1. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R М.1634 описано использование метода Монте-Карло для исследования совместимости с подвижной службой.

В методике моделирования Монте-Карло в отношении сухопутных подвижных служб предполагается, что приемник, испытывающий действие помех, работает среди группы источников помех, равномерно распределенных случайным образом.

Уровень полезного сигнала в приемнике, испытывающем действие помех, может быть рассчитан исходя из мощности передачи, усиления антенн и потерь на трассе. Влияние каждого источника помех на приемник, испытывающий действие помех, определяется с использованием мощности передачи, усиления антенн, потерь на трассе, характеристик нежелательного излучения передатчика, блокирования приемника и разноса частот.

Для некоторых служб считается, что помеха имеет место в том случае, когда результирующее отношение C/I меньше защитного отношения.

3 Способы ослабления помех

Настоятельная необходимость эффективного использования радиочастотного спектра часто означает, что радиосистемы эксплуатируются как можно ближе друг к другу в радиочастотном пространстве. Для того чтобы такая работа не снижала надежность данных радиосистем, могут использоваться способы ослабления помех.

Ослабление уменьшает помехи и, таким образом, снижает их воздействие на предполагаемую связь. Поэтому при правильном использовании ослабление помех содействует совместному использованию того же частотного пространства различным оборудованием и пользователями.

Возможные способы ослабления могут быть подразделены на четыре основных типа:

- SPEC: методы, относящиеся к техническим характеристикам;
- PERF: качество работы оборудования (поставщик, повышающий качество работы оборудования);
- SESS: проектирование места расположения в одном месте;
- DEPL: связь между местами расположения при развертывании.

Ниже приведен список различных существующих способов ослабления частот. Не все способы применимы ко всем типам систем, например, экранирование места расположения может быть целесообразно для фиксированных систем, но не может быть использовано для подвижных терминалов. Аналогично, применение некоторых из этих способов является целесообразным на обоих концах мешающей линии, тогда как другие способы могут применяться только к мешающему передатчику или приемнику, испытывающему действие помех.

Выбор места расположения – выбор места расположения для сведения к минимуму возможных помех. (SESS, DEPL)

Физическое экранирование – использование природного ландшафта, зданий, специальных ограждений для создания препятствий распространению сигнала в нежелательных направлениях. (SESS)

Разнос антенн – связь между двумя антеннами, находящимися в том же месте расположения, может быть снижена путем разнеса антенн в вертикальном направлении, горизонтальном направлении или путем взаимного разнеса на несколько метров. (SESS)

Ориентация антенны – ориентация антенны направленной фиксированной системы в сторону от других радиосистем. Физические ограничения, связанные с геометрией системы, часто лимитируют гибкость в отношении ориентации антенны. (SESS, DEPL)

Наклон антенны – специальный случай ориентации антенны, когда диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости и наклон вниз антенны могут использоваться для формирования покрытия и, таким образом, снижения помех вне зоны обслуживания. Применяется, в частности, к базовым станциям систем, однако влияния на покрытие могут сделать этот способ нежелательным во многих случаях. (SESS, DEPL)

Сложение разнесенных сигналов – способ когерентного сложения сигналов нескольких антенн для создания усиления. (SESS)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При сложении разнесенных сигналов все элементы антенн используются для каждого пользователя во все моменты времени, создавая диаграмму направленности антенны, которая динамически корректируется в зависимости от условий распространения.

Кроссполяризация – кроссполяризация может использоваться для установления селективности, составляющей до 25–30 дБ. (DEPL)

Координация частот – координация выбора частот для соседних систем так, чтобы уменьшить потенциальные помехи. (DEPL)

Синхронизированное временное разделение – ослабление, достигаемое путем обеспечения синхронизации передачи и приема систем, работающих в соседних полосах, с целью недопущения ситуаций, когда та или иная система работает на передачу в течение временного интервала, в котором система, действующая в соседней полосе, осуществляет прием. (DEPL)

Фильтрация в передатчике и приемнике – фильтрация является идеальным способом для недопущения создания помех в случае их создания или приема в соседнем канале. (PERF)

Интеллектуальные антенны – интеллектуальная антенная система сочетает многочисленные элементы антенны и возможность обработки сигналов в целях автоматической оптимизации диаграммы направленности излучения и/или приема в зависимости от среды сигнала. Выгода от использования интеллектуальных антенн в отношении совместного использования частот обусловлена тем, что РЧ энергия, излучаемая антенными решетками, ниже по сравнению с обыкновенными антеннами при той же э.и.м. и сосредоточена в ограниченных конкретных областях соты, а не в широких секторах. (SPEC, PERF)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Двумя главными категориями интеллектуальных антенн, основанными на выборе стратегии передачи, являются адаптивные антенны и антенны с коммутируемыми лучами.

Способы динамической селекции каналов – для каждой передачи радиосистема потенциально может использовать один из ряда расположенных в полосе каналов. Радиосистема прослушивает все эти каналы для определения того, какие из них заняты, и динамически выбирает канал для соответствующего использования. Такие способы включают, например, динамическую частотную селекцию или механизмы обнаружения и недопущения. (SPEC)

Способы статической селекции каналов – перед передачей радиосистема осуществляет прослушивание на предопределенном(ых) подканале(ах) для определения того, подходит ли канал для передачи. Такие способы включают, например, механизм "прослушай перед началом передачи" или другие статические механизмы обнаружения и недопущения. (SPEC)

Скачкообразная перестройка частоты – использование скачкообразной перестройки частоты означает, что радиосистема будет использовать конкретную частоту только в течение небольшого периода времени, таким образом, помехи будут создаваться или приниматься только кратковременно,

и маловероятно, что они будут мешать работе системы. Динамическая скачкообразная перестройка частоты является следующим шагом, при котором из последовательности скачков исключаются каналы, если они используются другой системой. (SPEC)

Способы расширения спектра – как определено в Рекомендации МСЭ-R SM.1055, средняя энергия передаваемого сигнала распределена в полосе частот, которая гораздо шире информационной полосы частот. Эти способы включают, например, расширение спектра со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS) и непосредственное расширение спектра псевдослучайной последовательностью (DSSS). (SPEC)

Адаптивное управление мощностью – системы, использующие адаптивное управление мощностью, осуществляют передачу, используя мощность, достаточную только для прохождения сигнала. Это сводит к минимуму общую радиомощность, которая, возможно, может создавать помехи другим системам, и позволяет системам адаптироваться к плохим условиям путем временного увеличения уровня передаваемой мощности. (SPEC)

Адаптивная модуляция – изменение схемы модуляции на схему более низкого порядка может позволить системе и далее работать в присутствии помех, несмотря на некоторые потери в ее пропускной способности. (SPEC)

Частотное разнесение – разнесенный прием, при котором несколько радиоканалов используются при соответствующих частотных разнесах. (SPEC)

Коэффициент заполнения, временное разделение – ослабление помех достигается путем временного разделения, так чтобы различные передатчики не осуществляли передачу одновременно. (SPEC)

Различные технические решения для ослабления помех могут обеспечивать разный уровень ослабления помех в устройствах одного типа по сравнению с устройствами другого типа. Уровень ослабления может зависеть от используемой технологии и часто – от сочетания технических требований.

Приложение 3

Справочные документы

1 Введение

В настоящем Приложении содержится список справочных документов, относящихся к исследованиям совместного использования частот в сухопутной подвижной службе

2 Примеры Рекомендаций и Отчетов МСЭ-R, в которых содержатся характеристики и критерии защиты для систем подвижных служб

В следующих Рекомендациях и Отчетах МСЭ-R представлены характеристики подвижных систем, применяемых в исследованиях совместного использования частот. Могут также применяться другие Рекомендации и Отчеты.

- Рекомендация МСЭ-R M.1808 – Технические и эксплуатационные характеристики сухопутных подвижных систем (стандартных и с автоматическим перераспределением каналов), работающих в распределениях подвижной службе ниже 869 МГц, для применения в исследованиях по совместному использованию частот.
- Рекомендация МСЭ-R M.1823 – Технические и эксплуатационные характеристики цифровых систем сотовой сухопутной подвижной связи для использования в исследованиях совместного использования частот.
- Отчет МСЭ-R M.2116 – Характеристики систем широкополосного беспроводного доступа, работающих в сухопутной подвижной службе, для применения в исследованиях совместного использования частот.

- Рекомендация МСЭ-R М.1801 – Стандарты на радиointерфейсы для систем широкополосного беспроводного доступа, включая подвижные и кочевые применения, в подвижной службе, работающей на частотах ниже 6 ГГц.
- Отчет МСЭ-R М.2039 – Характеристики систем IMT-2000 для анализа совместного использования частот/помех.

3 Критерии защиты

- Рекомендация МСЭ-R М.1739 – Критерии защиты для систем беспроводного доступа, включая локальные радиосети, функционирующих в подвижной службе, в соответствии с Резолюцией 229 (ВКР-03), в полосах частот 5150–5250 МГц, 5250–5350 МГц и 5470–5725 МГц.
- Рекомендация МСЭ-R М.1767 – Защита сухопутных подвижных систем от наземных цифровых систем видео- и аудиовещания в совместно используемых полосах частот ОВЧ и УВЧ, распределенных на первичной основе.

4 Распространение

Рекомендации МСЭ-R серии Р: Р.452, Р.1238, Р.1406, Р.1407, Р.1411, Р.1546 и др. и Справочник МСЭ-R – Распространение радиоволн в диапазонах ОВЧ/УВЧ для сухопутной подвижной службы.

5 Методики/исследования совместного использования частот

- Рекомендация МСЭ-R М.1634 – Защита от помех наземных систем подвижной службы с использованием моделирования по методу Монте-Карло применительно к совместному использованию частот.
- Отчет МСЭ-R SM.2028-1 – Методика моделирования по методу Монте-Карло для использования в исследованиях совместного использования частот и совместимости различных радиослужб или систем.

6 Способы ослабления помех

- Отчет МСЭ-R М.2045 – Способы ослабления помех для рассмотрения сосуществования в полосе частот 2500–2690 МГц технологий радиointерфейсов IMT-2000 на основе дуплексной передачи с временным разделением и дуплексной передачи с частотным разделением, работающих в соседних полосах и той же географической зоне.
- Рекомендация МСЭ-R М.1652 – Динамическая частотная селекция (ДЧС) в системах беспроводного доступа (СБД), включая локальные радиосети в целях защиты службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц.
- Отчет МСЭ-R М.2040 – Принципы адаптивных антенн и ключевые технические параметры.

7 Другие Рекомендации

- Рекомендация МСЭ-R М.1797 – Словарь терминов, относящихся к сухопутной подвижной службе.
