

Текст на русском языке
(Документ 1С/139-Е)

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПЕРЕСМОТРУ РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-R SM.1880

Измерение занятости спектра

Вводные замечания

Своим вкладом Дос. 1С/83 от 12 февраля 2014г. Российская Федерация предложила изменения в тексте Рекомендации МСЭ-R SM.1880 «Измерение занятости спектра», направленные на внесение большей ясности в данной достаточно сложной сфере. Собрание РГ 1С в июне 2014г., в ожидании дополнительных вкладов по данной тематике, решила опубликовать представленный материал от имени РГ 1С в Дос. 1С/119, Annex 1, от 23 июня 2014г., с тем, чтобы вернуться к обсуждению этой тематики на следующем собрании РГ 1С в июне 2015г.

Во время обсуждения Дос. 1С/83 на собрании РГ 1С в июне 2014г., среди прочего, было высказано мнение, что представленный материал слишком велик и детален для довольно краткого текста Рекомендации МСЭ-R SM.1880. Было предложено подумать над возможностью его разделения на две части: основные положения внести в Рекомендацию МСЭ-R SM.1880, а оставшиеся пояснения – в Отчет МСЭ-R SM.2256 «Измерения и оценка занятости спектра».

На тот случай, если РГ 1С на своем собрании в июне 2015г. согласится с таким разделением материала, в данном вкладе предлагается та его часть, которую предлагается внести в Рекомендацию МСЭ-R SM.1880. Часть, предлагаемая для внесения в Отчет МСЭ-R SM.2256, представлена в Документе 1С/.....(RUS-2).

Предложение

Предлагаемый проект пересмотра Рекомендации МСЭ-R SM.1880 представлен в Приложении¹.

¹ Attachment

ПРИЛОЖЕНИЕ²

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1880-1

Измерение и оценка занятости спектра³

(2011–20.....)

Сфера применения

Хотя автоматическое измерение занятости спектра не может полностью заменить визуальные наблюдения, оно вполне подходит для большинства случаев. Занятость частотного канала и занятость полосы частот должны иметь достаточный уровень точности, для того чтобы их можно было, в случае необходимости, сравнить или объединить. Используя соответствующий способ и надлежащий метод можно добиться более эффективного использования существующего оборудования.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что растущий спрос на службы радиосвязи требует максимально эффективного использования радиочастотного спектра;
- b) что эффективное управление использованием спектра может осуществляться удовлетворительно только в том случае, если лица, управляющие использованием спектра надлежащим образом информированы о фактическом использовании спектра и тенденциях в спросе на спектр;
- c) что результаты измерений занятости спектра послужат важным вкладом для:
 - выделения и присвоения частот;
 - проверки жалоб, касающихся блокирования канала;
 - определения степени эффективности использования спектра;
- d) что информация, полученная из баз данных частотных присвоений, не отражает степень загрузки каждого частотного канала;
- e) что некоторые администрации присваивают ту же самую частоту нескольким пользователям для совместного использования;
- f) что желательно сравнить результаты измерений, проведенных разными странами в приграничных районах или, например, в полосах воздушной или морской подвижных служб;
- g) что в настоящее время администрации используют оборудование для автоматического контроля, включая соответствующие методы анализа записей, а также возможность оценки некоторых параметров, которые представляют значительную ценность при обеспечении более эффективного использования спектра;
- h) что при разработке автоматизированной системы сбора данных о занятости спектра для использования их при управлении использованием спектра необходимо определить параметры, которые должны быть измерены, связь между этими параметрами, а также частоту проведения измерений, при которой обеспечивается статистическая достоверность данных;
- j) что процедуры и методы измерения должны быть гармонизированы, с тем чтобы облегчить обмен результатами измерений между разными странами;

² ATTACHMENT

³ Spectrum occupancy measurements and evaluation

к) что успешное объединение или сочетание данных контроля зависит не только от формата данных, в котором они хранятся, но также от среды и технических условий, в которых эти данные собираются,

признавая,

а) что в разных странах используются различные принципы и методы измерений занятости частотного канала;

б) что существует конкретный метод получения точных данных о занятости частотного канала и что такие данные, как правило, ложатся в основу для формирования занятости полос частот,

рекомендует,

1 чтобы для измерений занятости спектра использовались процедуры и методы измерения, определенные в Приложении 1;

2 чтобы в качестве руководства по измерению занятости спектра также использовался Отчет МСЭ-R SM.2256 и действующий Справочник по радиоконтролю МСЭ, а соответствующее оборудование отвечало требованиям, упомянутым в этом Справочнике;

3 чтобы использовался общий формат данных, то есть основанный на строке файл ASCII, полученный на основе формата данных радиоконтроля (RMDF), в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1809.

Приложение 1

1 Введение

В настоящем Приложении описываются измерения занятости частотного канала, проводимые с использованием приемника или анализатора спектра. Для каждого частотного шага запоминается уровень сигнала. С помощью постобработки определяется процент времени, в течение которого сигнал превышает определенный пороговый уровень. Пример процедуры такой постобработки представлен в Отчете МСЭ-R SM.2256 (Приложение 1). У различных пользователей канала зачастую возникают разные значения напряженности поля в приемнике. Это дает возможность вычислить и представить занятость, создаваемую различными пользователями.

2 Определения

Измерения занятости частотного канала: Измерения каналов, которые необязательно разнесены на одинаковое расстояние между каналами и, возможно, распределены по нескольким различным полосам частот, производимые для определения того, является ли канал занятым или нет. Цель состоит в том, чтобы измерить как можно больше каналов за возможно короткое время.

Интервал между повторными измерениями: Время, затрачиваемое на просмотр всех предназначенных для измерения каналов (заняты они или нет) и возвращение к первому каналу.

Время наблюдения: Время, необходимое системе для выполнения требуемых измерений в одном канале. Это время включает любые затраты на обработку, например сохранение результатов в память/на диск.

Максимальное число каналов: Максимальное число каналов, которые могут быть просмотрены в течение интервала между повторными измерениями.

Продолжительность передачи: Средняя продолжительность отдельной радиопередачи.

Время накопления данных⁴: Временной интервал, для которого рассчитывается отдельная оценка занятости⁵. Обычно имеет протяженность в 5 или 15 минут.

Длительность контроля: Общее время, в течение которого производятся измерения занятости.

Предварительно установленный пороговый уровень измерения: Если сигнал принимается с уровнем напряженности, превышающим пороговый уровень, канал считается занятым.

Час наибольшей нагрузки: Самый высокий уровень занятости канала в течение 60-минутного периода.

3 Требования

3.1 Оборудование

Без изменений

3.2 Соображения относительно выбора места расположения

Без изменений

3.3 Параметры, связанные со временем

Без изменений

3.4 Точность и уровень статистической достоверности

~~Между точностью и интервалом между повторными наблюдениями отсчитывает линейная зависимость. В случае измерений 100 каналов с достижимым на практике интервалом между повторными измерениями в 1 с, число каналов может быть увеличено до 1000 с интервалом между повторными измерениями в 10 с без чрезмерного воздействия на уровень достоверности/точность.~~

~~Между занятостью и числом выборок существует линейная зависимость, необходимая для достижения требуемого уровня достоверности. Чем ниже занятость, тем больше потребуется выборок.~~

~~В таблице 1 предлагается сравнение независимых выборок, то есть наиболее простого случая, не использующих центральную предельную теорему, и зависимых выборок, использующих цепи Маркова первого порядка, которые мало отличаются от более сложных математических моделей.~~

~~На рисунке 1 показано количество требуемых независимых выборок в сравнении с занятостью спектра при 10% относительной точности и 95% уровне достоверности.~~

⁴ Integration time

⁵ Individual occupancy estimate

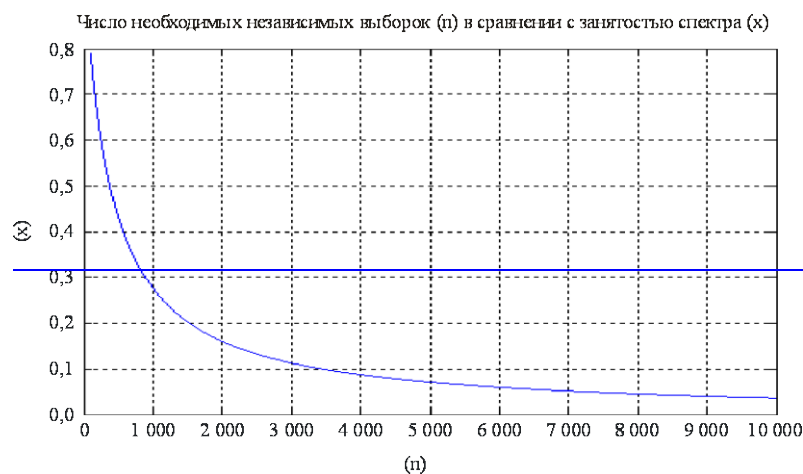
ТАБЛИЦА 1

Число зависимых и независимых выборок, необходимых для достижения 10% относительной точности и 95% уровня достоверности для различного процента занятости (предполагается что период выборки равен 4 с)

Занятость (%)	Число необходимых независимых выборок	Число необходимых зависимых выборок	Количество часов, необходимое для выборки
6,67	5 368	16 641	18,5
10	3 461	10 730	12
15	2 117	6 563	7,3
20	1 535	4 759	5,3
30	849	2 632	2,9
40	573	1 777	2,0
50	381	1 182	1,3
60	253	785	0,9
70	162	466	0,2

РИСУНОК 1

Число необходимых зависимых и независимых выборок в сравнении с занятостью спектра при 10% относительной точности и 95% уровне достоверности



SM.1880-01

3.4 Точность, уровень статистической достоверности и необходимое число выборок

На практике, результатом сбора и обработки данных при измерениях занятости радиоканала (или полосы частот) является не само истинное значение занятости SO , а её оценка⁶ – случайная величина, значения которой в различные периоды накопления данных могут существенно отклоняться от SO . При этом качество измерений занятости характеризуется абсолютной точностью

Код поля изменен

Код поля изменен

⁶ Estimate

Δ_{SO} , определяющей сколь большие отклонения оценок от истинного значения SO считаются допустимыми, и достоверностью (доверительной вероятностью), указывающей с какой минимальной вероятностью оценки занятости обязаны попадать в интервал от $(SO - \Delta_{SO})$ до $(SO + \Delta_{SO})$, который называют доверительным интервалом. Иногда границы доверительного интервала удобнее задавать в виде $SO \cdot (1 \pm \delta_{SO})$, где $\delta_{SO} = \Delta_{SO} / SO$ – предельно допустимая относительная погрешность оценивания.

Код поля изменен

Код поля изменен

Код поля изменен

Код поля изменен

Код поля изменен

Код поля изменен

Даже в случаях, когда за время накопления данных аппаратура мониторинга обеспечивает лишь небольшое количество выборок данных, расчет оценки занятости будет давать некоторые значения, в той или иной степени характеризующие занятость радиоканала. Однако подобные оценки будут соответствовать истинному значению занятости SO лишь в среднем по большому числу периодов накопления данных, а отдельные оценки могут значительно отклоняться от SO . С другой стороны, если использовать аппаратуру, способную за время накопления данных произвести значительно большее, чем это реально необходимо, число выборок, то точность и достоверность измерений окажутся избыточно большими при чрезмерных затратах вычислительных ресурсов. Итак, измерения целесообразно производить при некотором оптимальном числе выборок.

Код поля изменен

Код поля изменен

Для обеспечения достаточно точных и достоверных измерений при экономном использовании вычислительных ресурсов, необходимо принимать во внимание следующее.

Точность и достоверность оценок занятости определяются не только числом выборок, получаемых за время накопления данных, но также и характером наблюдаемых в радиоканале сигналов. Самые высокие требования к числу накапливаемых выборок и к быстродействию аппаратуры мониторинга возникают при наличии в анализируемых радиоканалах преимущественно импульсных сигналов, имеющих длительность менее тысячной доли от времени накопления данных. Такой вид анализируемых сигналов характерен и для задачи измерения занятости полосы частот. Применительно к каналам с импульсными сигналами количество выборок, необходимых для точных и достоверных измерений, определяется, при прочих равных условиях, реальным уровнем занятости канала, как это следует из Таблицы 1.

Если же в радиоканале наблюдаются протяженные сигналы, то необходимое количество выборок зависит в первую очередь от среднего числа сигналов, наблюдаемых в канале за время накопления данных, и обычно заметно меньше, чем для случая импульсных сигналов. Рекомендации по оценке занятости в каналах с протяженными сигналами можно найти в Приложении 1 Отчета МСЭ-R SM.2256.

ТАБЛИЦА 1

Количество выборок, необходимое для достижения не более чем 10% относительной погрешности δ_{SO} , либо 1% абсолютной погрешности Δ_{SO} при 95% уровне достоверности

Код поля изменен

Код поля изменен

Занятость канала, %	Требуемая относительная погрешность $\delta_{SO} = 10\%$		Требуемая абсолютная погрешность $\Delta_{SO} = 1\%$	
	Результирующая величина абсолютной погрешности, %	Число необходимых независимых выборок	Результирующая величина относительной погрешности, %	Число необходимых независимых выборок
1	0,1	38047	100,0	380
2	0,2	18832	50,0	753
3	0,3	12426	33,3	1118

<u>4</u>	<u>0,4</u>	<u>9224</u>	<u>25,0</u>	<u>1476</u>
<u>5</u>	<u>0,5</u>	<u>7302</u>	<u>20,0</u>	<u>1826</u>
<u>10</u>	<u>1,0</u>	<u>3 461</u>	<u>10,0</u>	<u>3 461</u>
<u>15</u>	<u>1,5</u>	<u>2 117</u>	<u>6,7</u>	<u>4900</u>
<u>20</u>	<u>2,0</u>	<u>1 535</u>	<u>5,0</u>	<u>6149</u>
<u>30</u>	<u>3,0</u>	<u>849</u>	<u>3,3</u>	<u>8071</u>
<u>40</u>	<u>4,0</u>	<u>573</u>	<u>2,5</u>	<u>9224</u>
<u>50</u>	<u>5,0</u>	<u>381</u>	<u>2,0</u>	<u>9608</u>
<u>60</u>	<u>6,0</u>	<u>253</u>	<u>1,7</u>	<u>9224</u>
<u>70</u>	<u>7,0</u>	<u>162</u>	<u>1,4</u>	<u>8071</u>
<u>80</u>	<u>8,0</u>	<u>96</u>	<u>1,3</u>	<u>6149</u>
<u>90</u>	<u>9,0</u>	<u>43</u>	<u>1,1</u>	<u>3459</u>

Погрешности измерений для разных значений занятости и разного числа обрабатываемых выборок данных можно также оценить с помощью графика, приведенного на рисунке 1. В левой верхней части этого рисунка размещается затененная запретная зона, указывающая, что оценивать занятость по столь малому количеству выборок не рекомендуется из-за неприемлемого возрастания погрешности.

Если для малых величин занятости производить оценку, ограничивая допустимую абсолютную погрешность, а для больших величин занятости – ограничивая допустимую относительную погрешность, то количество выборок, необходимое для обеспечения достоверности измерений, существенно сокращается (см. величины, выделенные в Таблице 1 жирными цифрами). Увеличение при этом относительной погрешности оценивания для малых значений занятости с практической точки зрения вполне допустимо, поскольку абсолютная погрешность оценивания является малой.

Целесообразность использования такого подхода ярко проявляется в тех случаях, когда занятость в подлежащих контролю радиоканалах существенно различается и классическое требование об ограничении допустимой относительной погрешности во всем диапазоне значений занятости влечет необходимость использования более чем 10^4 выборок для каналов с занятостью менее 4% и допустимость использования менее чем 500 выборок для каналов с занятостью от 50% и выше. В подобных случаях более практичным оказывается универсальное использование достаточно большого фиксированного количества выборок. Например, при оценке занятости по 3600 выборкам (что соответствует взятию отсчетов 4 раза в секунду за период 15 минут), погрешность измерений будет ниже 10% относительной погрешности для каналов с занятостью, превышающей 10%, и ниже 1% абсолютной погрешности для каналов с занятостью менее 10% (см. Рисунок 1). При использовании 1800 выборок вместо 3600 абсолютные погрешности оценок увеличиваются в $\sqrt{2} \approx 1,41$ раз, однако остаются достаточно малыми, а потому для не слишком быстродействующей аппаратуры радиоконтроля измерение занятости по 1800 выборкам также можно считать практически допустимым. Более подробную информацию можно найти в Отчете 2256-1*.

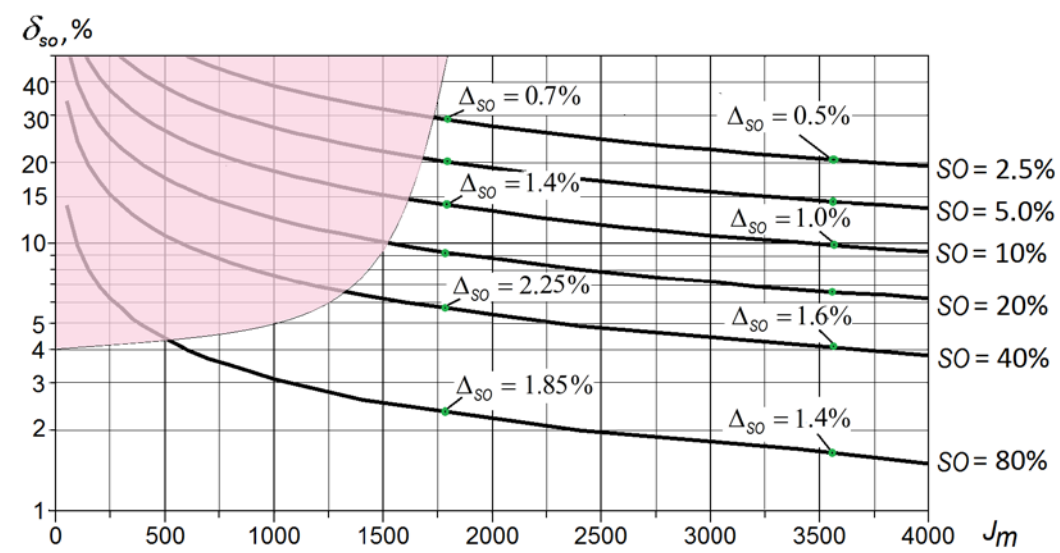
Код поля изменен

* Измененном в соответствии с предложениями, представленными в Документе 1С/.....(RUS-2).

РИСУНОК 1
Зависимость относительной погрешности оценок занятости ($\delta_{SO}, \%$)
от количества накопленных выборок (J_m) при 95% уровне достоверности
для каналов с импульсными сигналами

Код поля изменен

Код поля изменен



3.5 Соображения, касающиеся измерений занятости

Без изменений

3.6 Представление и анализ собранных данных

Без изменений