|  |  |
| --- | --- |
| **Всемирная конференция радиосвязи (ВКР-15) Женева, 2–27 ноября 2015 года** |  |
| **МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ** |  |
|  |  |
| **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ** | **Дополнительный документ 2 к Документу 4(Add.1)-R** |
| **29 октября 2015 года** |
| **Оригинал: английский** |
| Директор Бюро радиосвязи | |
| ОТЧЕТ ДИРЕКТОРА О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕКТОРА РАДИОСВЯЗИ | |
| ЧАСТЬ 1. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЕКТОРА РАДИОСВЯЗИ  В ПЕРИОД МЕЖДУ ВКР-12 И ВКР-15 | |
| Дополнительная информация, относящаяся к Части 1 Отчета Директора | |

Отчет о ходе работы по разработке программных средств для определения соответствия негеостационарных спутниковых сетей фиксированной спутниковой службы ограничениям эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), содержащимся в Статье 22 Регламента радиосвязи,   
в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R S.1503-2

# 1 Введение

В разделе 2.2.3.5 Дополнительного документа 1 к Документу CMR15/4 (Часть 1 о деятельности Сектора радиосвязи в период между ВКР-12 и ВКР-15) содержится информация о выполнении Резолюции 85 (ВКР-03) (Применение Статьи 22 Регламента радиосвязи для обеспечения защиты геостационарных сетей фиксированной спутниковой службы и радиовещательной спутниковой службы от негеостационарных систем фиксированной спутниковой службы).

В этом дополнительном документе представлена дополнительная более подробная информация и состояние дел с разработкой программных средств для проверки э.п.п.м. в целях анализа негеостационарных систем фиксированной спутниковой службы (ФСС) в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R S.1503-2.

# 2 Краткая информация о ходе работ

Два варианта машины для расчета э.п.п.м. были разработаны двумя самостоятельными компаниями, выполняющими Рекомендацию МСЭ-R S.1503-2, включая дополнительные компоненты в этом обновлении, такие как улучшенная геометрии наихудшего случая и интеграция в программную среду БР, в частности, доступ к информации Приложения 4 о сетях НГСО ФСС, содержащейся в базе данных SRS, вместе с масками п.п.м. и э.и.и.м. и обработка этой информации.

Обе компании по производству программного обеспечения в настоящее время осуществляют проверку на наборе сценариев тестирования, включающих как эталонные системы НГСО, разработанные и изученные во время проверки программного обеспечения в соответствии с Рек. S.1503-1, так и новые тестовые сценарии, полученные от реальных спутниковых систем. Тестирование проходит удовлетворительно при надлежащем балансе между программными средствами для тестовых сценариев, проводившихся до настоящего времени. Текущая стадия проверки основана на наборе из шести определенных вариантов (см. Таблицу 1 в §3, ниже), охватывающих целый ряд типов группировок НГСО, полученных Бюро, а также средств для определения местоположений земных станций.

Хотя время прогона для некоторых крупных группировок НГСО было достаточно продолжительным, программное обеспечение могло управлять этими системами и функционировало успешно.

Выдача пробной версии программного обеспечения для проверки э.п.п.м. МСЭ/БР запланирована на 1 декабря 2015 года, а производственной версии − на 1 мая 2016 года.

# 3 Определенный объем работ, связанных с разработкой программного обеспечения для проверки э.п.п.м.

Два варианта машины для расчета э.п.п.м. были разработаны компаниями Transfinite Ltd и Agenium в соответствии первоначальными контрактами в 2010 году на основе Рекомендации МСЭ-R S.1503.

Впоследствии эта рекомендация была обновлена в 2013 году с изменениями, содержащимися в следующих документах:

• Документ РГ 4A/95 12 сентября 2012 года;

• Документ РГ 4A/229 26 апреля 2012 года;

• Документ РГ 4A/327 26 сентября 2013 года.

Основные изменения (за исключением редакционных и структурных изменений) между Рекомендациями МСЭ-R S.1503-1 и S.1503-2 сводятся к следующему:

Обновления для считывания данных

• Считывание дополнительных параметров для считывания из базы данных SRS

• Обеспечение процесса подбора для преобразования полей базы данных SRS в орбитальные параметры

• Обеспечение считывания нового формата масок п.п.м. и э.и.и.м.

• Обеспечение считывания местоположений конкретных земных станций (ЗС) из базы данных SRS

Обновления машины для расчета

• Внедрение возможности включать различные маски э.и.и.м. ЗС по широтам

• Внедрение возможности включать различные маски э.и.и.м. спутника по широтам

• Внедрение возможности включать различные маски п.п.м./э.и.и.м. между спутниками

• Внедрение возможности проводить расчеты ширины полосы масок п.п.м./э.и.и.м.

• Внедрение возможности для использования конкретной ЗС

• Обновление алгоритма для развертывания ЗС по плотности

• Обновление алгоритма, включающего выбор спутника НГСО для EPFD(up)

• Создание орбитальной модели для экваториальных сетей НГСО

• Определение разрешения для расчета угла альфа

• Обновление расчета временного шага

• Улучшение расчета продолжительности прогона

Геометрия наихудшего случая (WCG)

Геометрия наихудшего случая – это расположение земной станции ГСО и спутника ГСО, которое, как предполагает анализ, обусловит наибольшие значения э.п.п.м. единичной помехи для заданных входных сигналов.

• Новый алгоритм WCGA(down)

• Новый алгоритм WCGA(up)

• Новый алгоритм WCGA(IS)

Самое существенное изменение с точки зрения сложности связано с геометрией наихудшего случая (WCG).

Чтобы рассмотреть эти изменения, была проведена проверка в два этапа, внутренняя проверка, включающая проведение индивидуальных тестирований для каждого реализованного изменения, и внешняя проверка, которая должна проводиться между обоими программными обеспечениями э.п.п.м., чтобы гарантировать аналогичные результаты на основе следующих тестовых сценариев:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Форма орбиты | Эквато-риальная | Повторя-ющаяся | Местоположения ЗС | Процедура тестирования, основанная на |
| A | Круговая | Нет | Да | Типовое (по плотности) | Skybridge |
| B | Круговая | Нет | Нет | Типовое (по плотности) | Boeing |
| C | Круговая | Да | Нет данных | Типовое (по плотности) | O3b |
| D | Эллиптическая | Нет | Нет | Типовое (по плотности) | USCSID |
| E | Эллиптическая | Нет | Да | Типовое (по плотности) | (Создана) |
| F | Полярная с ограниченным покрытием | Нет | Да | Конкретное (точное местоположение) | CANPOL |

Бюро поручило Transfinite Ltd и Agenium обновить программное обеспечение для проверки э.п.п.м. в соответствии с Рекомендацией S.1503-2.

# 4 Отчет о ходе работ по выполнению Рекомендации S.1503-2

## 4.1 Обновления общего характера

В программном обеспечении были реализованы следующие функции:

• возможность для масок п.п.м./э.и.и.м. изменяться между спутниками;

• возможность для масок э.и.и.м. спутника/земной станции (ЗС) изменяться в зависимости от широты;

• использование нового алгоритма для развертывания ЗС по плотности;

• проведение расчетов для экваториальных НГСО;

• проведение расчетов для эллиптических НГСО;

• изменение в расчетах продолжительности временного шага/прогона;

• новые алгоритмы WCG;

• информация о масках п.п.м./э.и.и.м., полученная из базы данных SRS.

При реализации этих изменений особое внимание уделялось обеспечению того, чтобы код функционировал как можно более эффективно и использовал современные многоядерные ПК. Это имело важное значение, учитывая интенсивные вычислительные процессы в алгоритме WCG и влияние на время работы программного обеспечения.

Некоторые функции все еще требуют доработки и тестирования:

• возможность осуществления расчетов ширины полосы масок п.п.м./э.и.и.м.;

• возможность использования конкретной ЗС.

## 4.2 Внутренняя проверка

Изменения моделей орбиты

Изменения программного обеспечения были проверены в сравнении с эталонным тестовым сценарием и выяснилось, что они прекрасно согласуются.

Изменения в расчетах продолжительности временного шага/прогона

Изменения, внесенные в Рек. S.1503-2, во многих случаях привели к значительному увеличению количества временных шагов, которые должны быть выполнены для каждого прогона э.п.п.м., при значительном влиянии на время, необходимое для проведения каждого прогона.

Обновление WCG

Одно из основных изменений в алгоритме в Рек. МСЭ-R S.1503 состояло в расчете геометрии наихудшего случая (WCG). Новый алгоритм WCG в версии 2 признан гораздо более жизнеспособным по сравнению с версией 1 и определил альтернативные геометрии расположения спутника ГСО и земной(ых) станции(й). Это позволило получить статистические данные по э.п.п.м., показывающие в некоторых случаях более высокий процент времени для данного уровня э.п.п.м., что свидетельствует о том, что пересмотренный алгоритм работает эффективно.

Формат масок

Была проведена проверка для обеспечения того, чтобы программное обеспечение могло обрабатывать группировки НГСО, которые используют несколько масок э.п.п.м. и маски, зависящие от широты.

## 4.3 Внешняя проверка

Изменения моделей орбиты

Изменения в программном обеспечении были проверены с использованием тестовой программы. Результаты во многих случаях показывают прекрасную согласованность с разницей в менее, чем 1e-5.

Изменения в расчетах продолжительности временного шага/прогона

Временной шаг и количество временных шагов были сравнены и выяснилось, что оба программных обеспечения прекрасно согласуются друг с другом.

Развертывание земных станций

Месторасположения земных станций для сценариев UP были сравнены с местоположениями для соответствующих тестовых сценариев (следует отметить, что USCSID не генерирует прогоны UP). Имела место быть прекрасная согласованность.

Обновление WCG

Чтобы завершить тестирования в разумный период времени, во время их проведения был использован шаг фиксированной широты в 1 градус. Результаты показывают хорошую согласованность для различных тестовых сценариев. В настоящее время проводится работа над тем, чтобы ускорить расчеты WCG.

Типы E и F (см. Таблицу 1, ниже) еще предстоит полностью проверить.

Прогоны полного расчета

Достигнуто соответствие с требуемым уровнем в 0,1 дБ для тестовых сценариев A, B и C. Что касается тестовых сценариев D, E и F, то анализ продолжается и должен быть завершен к началу 2016 года.

## 4.4 Обновление формата XML для представления данных масок п.п.м./э.и.и.м.

Три маски, как это требуется в Приложении 4, являются обязательными для описания негеостационарной системы и изучения ее согласно Статье 22 и Приложению 5 РР: маска плотности потока мощности для линий вниз (A.14.c), маска эквивалентной изотропно излучаемой мощности для линий вверх (A.14.b) и межспутниковые линии (A.14.a).

После обновления Рекомендации МСЭ-R S.1503-2 Бюро обновило формат XML, который должен использоваться для представления данных маски XML. Подробное определение этих масок, описание их формирования и методика расчета приводятся в Рек. МСЭ-R S.1503-2.

Описание формата XML вместе с примерами представлено здесь:

<http://www.itu.int/ITU-R/go/space-mask-XMLfile/en>

Основное изменение заключается во введении элемента широты в маски э.п.п.м.

# 5 Вопросы для дальнейшего рассмотрения

## 5.1 Время расчетов

Для крупных земных станций с антеннами диаметром более 5 метров время расчетов может превышать несколько дней. Учитывая тот факт, что рассмотрение согласно Статье 22 должно быть обеспечено для всех диаметров антенн, общее время расчетов может достигать одной недели.

Если рассматривать последние представления спутниковых систем НГСО ФСС с большим числом спутников, достигающим нескольких тысяч, то время расчетов увеличится еще больше.

В настоящее время разработчики программного обеспечения изыскивают способы оптимизации алгоритмов, чтобы сократить время расчетов.

Вычислительная мощность также является важным фактором, изучаемым Бюро, включая приобретение дополнительного числа мощных серверов или использование облачных вычислений.

Один из подходов, позволяющих значительно сократить время расчета э.п.п.м., мог бы заключаться в защите больших земных станций с антеннами диаметром более 5 метров, которую можно было бы обеспечить на этапе координации таких ЗС, когда известно их конкретное местоположение.

## 5.2 Входные данные, требующиеся для проверки э.п.п.м.

Анализируя представления, полученные от администраций, для спутниковых систем НГСО ФСС, Бюро выяснило, что во многих случаях, информация, требуемая согласно Приложению 4 для рассмотрения э.п.п.м., оказывалась неполной.

В таблице, представленной ниже, содержится перечень отсутствующих или некорректно определяемых элементов:

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент данных Приложения 4 | Описание | Комментарий |
| A.4.b.6.a  A.4.b.6.a.1  A.4.b.6.a.2  A.4.b.6.a.3 | Максимальное число негеостационарных спутников, ведущих передачи на перекрывающихся частотах на конкретный пункт:  − соответствующее начало диапазона широт  − соответствующий конец диапазона широт | Информация, которая может быть представлена в отдельной таблице. Должны быть охвачены все диапазоны широт (от −90 до 90). |
| A.4.b.7.b | Среднее число взаимодействующих земных станций, ведущих передачу на перекрывающихся частотах, на км2 в пределах одной ячейки | Если представлены, часто определены в виде целого числа, что обычно не должно иметь место быть.  См. раздел 5.2.5 Рек. S.1503-2 об определении руководства. |
| A.4.b.7.c | Среднее расстояние в километрах между ячейками с одинаковыми частотами | См. раздел 5.2.5 Рек. S.1503-2 об определении руководства. |
| A.4.b.7.d.1 | Флаг, указывающий на тип зоны: является ли угол зоны исключения углом альфа [Y] или углом X [N] | Описание Приложения 4 подразумевает, что может существовать другой метод для установления зоны исключения. Однако, в Рек. S.1503-2 не содержится какая-либо методика для реализации других методов. Поэтому предлагается использовать угол альфа/X = 0. |
| A.4.b.7.d.2 | Ширина зоны исключения в градусах | См. A.4.b.7.d.1. |
| A.14.a | Маска(и) э.п.п.м. негеостационарной космической станции | Требуется для передающих лучей. |
| A.14.b | Маска(и) э.п.п.м. земной(ых) станции(й) | Требуется для земных станций в принимающих лучах. |
| A.14.c | Маска э.п.п.м. созданная негеостационарной космической станцией | Требуется для земных станций в принимающих лучах. |
| A.14.b.4 | Минимальный угол места, при котором любая взаимодействующая земная станция может вести передачу в направлении негеостационарного спутника | Требуется для земных станций в принимающих лучах. |
| A.14.b.5 | Минимальный угол разнесения между дугой геостационарной орбиты и направлением основного излучения взаимодействующей земной станции, при котором такая земная станция может вести передачу в направлении негеостационарного спутника | Требуется для земных станций в принимающих лучах. |

Все поля должны быть определены: в частности, минимальный угол места и размер зоны исключения требуются для расчета как WCG, так и э.п.п.м., при допустимом значении "0" для обоих. Следует отметить, что угол места − это минимальный угол, при котором может быть обеспечена активная связь между спутником и ЗС группировки спутников НГСО ФСС. Он может быть получен у ЗС и если линии вверх и линии вниз находятся в полосе, для которой в Статье 22 предусмотрены предельные значения э.п.п.м., то угол места должен быть для э.п.п.м. (вниз) тем же, что и для э.п.п.м. (вверх).

## 5.3 Документация

Во время разработки программного обеспечения для проверки э.п.п.м. разработчики определили дополнительные изменения, которые могут потребоваться для Рекомендации МСЭ-R S.1503-2. Эти изменения обычно носят уточняющий характер или относятся к улучшению характеристик и обеспечению согласованности между алгоритмом, реализованным в программных средствах, и алгоритмом, описываемым в Рек. S.1503-2.

Предлагаемые изменения представлены ниже для информации:



Следует отметить, что обновление Рекомендации МСЭ-R BO.1443-3 по сравнению с версией 2 носит редакционный характер и не оказывает влияния на расчет э.п.п.м.

# 6 Намеченные даты доставки программного обеспечения для проверки э.п.п.м. в соответствии с Рекомендацией S.1503-2

|  |  |
| --- | --- |
| Описание | Завершение/Дата доставки |
| • Разработка новой версии программного обеспечения для проверки э.п.п.м. на основе Рек. S.1503-2  • Доставка пробной версии БР | 6 ноября 2015 года  1 декабря 2015 года |
| • Внутренняя проверка программного обеспечения  • Внешняя проверка программного обеспечения | 31 ноября 2015 года  1 февраля 2016 года |
| • Окончательная оценка программного обеспечения, включая документальное оформление любых несоответствий в S.1503-2 и производственной версии, переданной БР | 1 апреля 2016 года |
| • Передача программного обеспечения администрациям | 1 июня 2016 года |

# 7 Заключение

Бюро считает, что дополнительная информация, представленная в настоящем документе, поможет в работе Конференции в отношении Резолюции 85 (ВКР-03), а также при рассмотрении общего вопроса совместного использования частот системами ГСО/НГСО.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_