

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1782-1
(09/2019)

Руководящие указания, касающиеся глобального широкополосного доступа в интернет через системы фиксированной спутниковой службы

Серия S
Фиксированная спутниковая служба



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 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, 2020 г.

© ITU 2020

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 S.1782-1

Руководящие указания, касающиеся глобального широкополосного доступа в интернет через системы фиксированной спутниковой службы*

(2007-2019)

Сфера применения

Для решения вопросов, поднятые на предыдущих Всемирных конференциях радиосвязи и Ассамблеях радиосвязи, в настоящей Рекомендации приведены руководящие указания по глобальному широкополосному доступу в интернет через системы фиксированной спутниковой службы. В первом Приложении рассматривается ряд общих вопросов, касающихся подходящих полос частот, и содержится общее описание архитектуры широкополосной спутниковой службы. Во втором Приложении описаны существующие и будущие спутниковые системы, обеспечивающие прямой глобальный широкополосный доступ к земным станциям с малыми антеннами, а также приведены характеристики систем и значения пропускной способности спутников. Следует отметить, что фиксированная спутниковая служба включает в себя сети и системы как ГСО, так и НГСО, поэтому в сферу применения настоящей Рекомендации входят и те, и другие.

Ключевые слова

Доступ в интернет, системы фиксированной спутниковой службы, широкополосный доступ.

Сокращения/гlossарий

ACM	Adaptive coding and modulation		Адаптивное кодирование и модуляция
DVB	Digital video broadcasting		Цифровое телевизионное радиовещание
DVB-S2	Second generation digital video broadcasting via satellite		Цифровое спутниковое телевизионное радиовещание второго поколения
DVB-S2X	Extension of second generation digital video broadcasting via satellite		Расширение цифрового спутникового телевизионного радиовещания второго поколения
ETSI	European telecommunications standards institute	ETSI	Европейский институт стандартизации электросвязи
FSS	Fixed-satellite service	ФСС	Фиксированная спутниковая служба
GSO	Geostationary-satellite orbit	ГСО	Геостационарная спутниковая орбита
HDFSS	High-density fixed-satellite service		Системы высокой плотности фиксированной спутниковой службы
HTS	High-throughput satellite		Спутник с высокой пропускной способностью
VHTS	Very high-throughput satellite		Спутник с очень высокой пропускной способностью

* Ожидается, что доступ к системам глобального широкополосного доступа в интернет, описанным в настоящей Рекомендации, будет предоставляться без какой-либо дискриминации.

Соответствующие рекомендации, отчеты и резолюции МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1709-1	"Технические характеристики радиointерфейсов для глобальных широкополосных спутниковых систем"
Рекомендация МСЭ-R S.1783-0	"Технические и эксплуатационные свойства, характеризующие применения высокой плотности в фиксированной спутниковой службе"
Резолюция МСЭ-R 69	"Развитие и развертывание международной электросвязи общего пользования, осуществляемой через спутник, в развивающихся странах"

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что спутниковая технология способна повысить доступность высокоскоростных интернет-услуг во всех странах;
- b) что Ассамблея радиосвязи 2015 года (AP-15) приняла Резолюцию МСЭ-R 69 и отметила вклад, который широкополосные спутниковые технологии могли бы внести в достижение Целей Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития, а также в сокращение цифрового разрыва, в особенности в сельских и отдаленных районах;
- c) что желательно определить технические и эксплуатационные характеристики систем фиксированной спутниковой службы (ФСС), которые могли бы упростить массовое производство окончательного оборудования пользователей по приемлемым ценам;
- d) что желательно оценить глобальную пропускную способность, которая может быть обеспечена в полосах частот, распределенных ФСС, системами, имеющими характеристики, определенные в пункте c) раздела *учитывая*;
- e) что определения в пункте c) раздела *учитывая* должны учитывать как возможность разработки систем специально для высокоскоростного доступа в интернет при помощи терминалов пользователей, так и тот факт, что некоторые существующие системы уже содержат оборудование для широкополосного доступа в интернет;
- f) что для широкополосного доступа в интернет через существующие системы ФСС используются земные станции различных размеров, разработанные также и для других применений и использующие другие полосы частот;
- g) что разработка стандартов для спутниковой технологии, упомянутой в пункте a) раздела *учитывая*, для интернет-применений содействует более широкому использованию спутниковой связи для доступа в интернет;
- h) необходимость оказания развивающимся странам помощи в развертывании и использовании спутниковой электросвязи для обеспечения устойчивого и приемлемого в ценовом отношении доступа к услугам международной электросвязи общего пользования с учетом Резолюции МСЭ-R 69 AP-15,

отмечая,

- a) что в Рекомендации МСЭ-R S.1783 описаны системы фиксированной спутниковой службы высокой плотности (HDFSS);
- b) что в Рекомендации МСЭ-R S.1709 описаны технические характеристики радиointерфейсов глобальных широкополосных спутниковых систем,

отмечая далее,

a) что частоты, распределенные ФСС, в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе могут использоваться для предоставления высокоскоростных интернет-услуг на глобальном уровне;

b) что развитие услуг широкополосной спутниковой связи приводит к росту в развивающихся странах благодаря таким электронным приложениям, как электронное здравоохранение, электронное обучение, электронное правительство, телеработа и доступ в интернет по месту жительства или на уровне сообщества, которые могут использоваться в качестве инструментов для достижения целей политики в области ИКТ,

рекомендует

1 чтобы информацию, содержащуюся в Приложениях, можно было использовать в качестве руководящих указаний по реализации глобального высокоскоростного доступа в интернет через системы ФСС;

2 чтобы информацию, содержащуюся в Приложениях, можно было рассматривать в качестве руководящих указаний по оказанию развивающимся странам помощи в разработке и развертывании услуг глобальной широкополосной связи, осуществляемой через спутник, в соответствии с пунктами 1 и 2 раздела *решает* Резолюции МСЭ-R 69 AP-15.

Приложение 1

Общие аспекты и характеристики глобального широкополосного доступа через системы ФСС

1 Аспекты использования полос радиочастот

Спутники с присущей им способностью осуществлять повсеместное покрытие большой территории, являются ключевым элементом обеспечения широкополосных соединений, в том числе в отдаленных и обслуживаемых в недостаточной степени районах.

За последние годы были развернуты многочисленные системы спутников с высокой пропускной способностью (HTS), которые работают в полосах 20/30 ГГц в фиксированной спутниковой службе (ФСС) и призваны обеспечивать широкополосные соединения непосредственно конечным пользователям через небольшие спутниковые пользовательские терминалы. Для обеспечения высокой пропускной способности и высокой эффективности использования спектра системы HTS используют большое количество точечных спутниковых лучей, что позволяет многократно повторно использовать частоты.

В полосах ФСС 20/30 ГГц, где обычно развертываются системы HTS, в верхней части полосы частот (19,7–20,2 ГГц Земля-космос и 29,5–30 ГГц космос-Земля) имеется 500 МГц спектра, который спутниковые службы не используют совместно с другими первичными службами в Таблице распределения частот МСЭ. Пользовательские терминалы, работающие в этих полосах, обычно могут развертываться повсеместно без необходимости индивидуальной координации спутниковых земных станций.

Вместе с тем для удовлетворения постоянно возрастающих потребностей в широкополосных соединениях необходимо, чтобы системы HTS использовали повсеместно распространенные терминалы конечных пользователей на частотах ФСС также в тех частях полос ФСС 20/30 ГГц, где спутниковые службы не имеют исключительного первичного распределения.

Удовлетворение постоянно возрастающих требований, предъявляемых к пропускной способности систем глобальной широкополосной связи, не ограничивается простым расширением использования полос 20/30 ГГц для повсеместно распространенных пользовательских терминалов. Планируемые в настоящее время системы HTS, ряд которых находятся на этапе сооружения, будут развертываться и работать в полосах ФСС 40/50 ГГц. Будущие системы HTS не только обеспечат фидерные линии станций сопряжения для систем, в которых пользовательские терминалы работают в полосах 30/20 ГГц, но и позволят развертывать повсеместно распространенные пользовательские терминалы, работающие в частях частотных полос ФСС 40/50 ГГц.

В нижеследующих разделах описаны подходы к регулированию как на уровне МСЭ/Регламента радиосвязи, так и на региональном и национальном уровнях, которые содействуют расширенному развертыванию повсеместно распространенных пользовательских терминалов.

1.1 Подходящие полосы частот

Термин "в краткосрочной перспективе" относится к полосам частот, в которых спутниковая технология уже разработана. В настоящее время это полностью справедливо для распределенных ФСС полос частот в диапазонах 4/6 ГГц, 11/14 ГГц и 20/30 ГГц и частично справедливо для распределений ФСС в диапазоне 40/50 ГГц. В Статье 5 Регламента радиосвязи (РР) имеются распределения частот для ФСС в диапазонах выше 50 ГГц, но маловероятно, что значительное развитие в этих полосах произойдет раньше, чем в долгосрочной перспективе, поэтому здесь эти полосы не рассматриваются.

В предварительных исследованиях полосы частот 4/6 ГГц для интересующего нас применения не рассматривались на том основании, что в дешевых терминалах предполагается использование очень маленьких антенн, для которых маловероятно усиление, необходимое для работы с обычно используемыми спутниками с широкими лучами. Более того, полосы 4/6 ГГц уже интенсивно используются, поэтому, даже если бы существовали спутники С-диапазона с точечными лучами, земным станциям с очень маленькими антеннами и, соответственно, широкими лучами было бы трудно использовать частоты совместно с существующими службами. Следовательно, полосы 4/6 ГГц далее в настоящем Приложении не рассматриваются.

Считается, что распределенные ФСС полосы в диапазоне 20/30 ГГц по своей природе будут в ближайшем будущем наиболее подходящими для широкополосного доступа в интернет через пользовательские терминалы, поскольку их длины волн согласуются с очень маленькими антеннами, технология достаточно хорошо разработана и интенсивность использования этой полосы пока еще относительно невелика. Кроме того, доступ в интернет физических лиц несовместим с используемыми до настоящего момента способами международного регулирования использования частот в подавляющем большинстве распределенных ФСС полос частот, то есть с необходимостью координации каждой земной станции. Вероятность того, что терминалы пользователей будут в огромных количествах свободно продаваться в розницу и устанавливаться в жилищах и офисах, делает необходимым введение режима регулирования, подобного режиму, который применяется в отношении так называемой исключительной полосы Ка (29,5–30 ГГц в направлении Земля-космос и 19,7–20,2 ГГц в направлении космос-Земля) и разрабатывается для систем фиксированной спутниковой службы высокой плотности (HDFSS) в дополнительных частях распределений ФСС.

Далее для удобства частично повторяется п. **5.516В** Регламента радиосвязи, на который ссылается ВКР-03 в своих рекомендациях по проведению исследования возможных глобальных широкополосных систем ФСС:

"Следующие полосы частот идентифицированы для использования в применениях фиксированной спутниковой службы высокой плотности:

17,3–17,7 ГГц	(космос-Земля) в Районе 1,
18,3–19,3 ГГц	(космос-Земля) в Районе 2,
19,7–20,2 ГГц	(космос-Земля) во всех Районах,
39,5–40 ГГц	(космос-Земля) в Районе 1,
40–40,5 ГГц	(космос-Земля) во всех Районах,
40,5–42 ГГц	(космос-Земля) в Районе 2,

47,5–47,9 ГГц	(космос-Земля) в Районе 1,
48,2–48,54 ГГц	(космос-Земля) в Районе 1,
49,44–50,2 ГГц	(космос-Земля) в Районе 1,
и	
27,5–27,82 ГГц	(Земля-космос) в Районе 1,
28,35–28,45 ГГц	(Земля-космос) в Районе 2,
28,45–28,94 ГГц	(Земля-космос) во всех Районах,
28,94–29,1 ГГц	(Земля-космос) в Районах 2 и 3,
29,25–29,46 ГГц	(Земля-космос) в Районе 2,
29,46–30 ГГц	(Земля-космос) во всех Районах,
48,2–50,2 ГГц	(Земля-космос) в Районе 2".

Однако, как это отражено в Заключительном отчете по Резолюции 9 ВКРЭ-14, утвержденном ВКРЭ-17, была четко отмечена потребность в более доступном спектре для работы пользовательских терминалов:

"Спутники, обладающие изначальными свойствами осуществлять повсеместное покрытие большой территории, являются ключевым элементом обеспечения широкополосных соединений, в том числе в отдаленных и обслуживаемых в недостаточной степени районах. За последние годы были развернуты многочисленные системы спутников с высокой пропускной способностью (HTS), которые работают на частотах диапазона Ка в фиксированной спутниковой службе (ФСС) для обеспечения широкополосных соединений непосредственно конечным пользователям через небольшие спутниковые пользовательские терминалы. Для обеспечения высокой пропускной способности и высокой эффективности использования спектра системы HTS используют большое количество точечных спутниковых лучей, что позволяет многократно повторно использовать частоты.

Среди частот ФСС диапазона Ка, где обычно развертываются системы HTS, имеется 500 МГц спектра, который спутниковые службы не используют совместно с другими первичными службами в Таблице распределения частот МСЭ. Пользовательские терминалы, работающие в этих полосах, обычно могут развертываться повсеместно без необходимости индивидуальной координации спутниковых земных станций.

Вместе с тем для удовлетворения постоянно возрастающих потребностей в широкополосных соединениях необходимо, чтобы системы HTS использовали повсеместно распространенные терминалы конечных пользователей на частотах ФСС также в тех частях диапазона Ка, где спутниковые службы не имеют исключительного первичного распределения".

В отчете также отмечается достигнутый на определенных региональных и национальных уровнях значительный прогресс в области выделения спектра сверх того, что указано в полосах, определенных для HDFSS в п. **5.516В** РР для спутниковых пользовательских терминалов, работающих в распределениях ФСС 20/30 ГГц.

И действительно, системы HTS и VHTS, которые в настоящее время разрабатываются и сооружаются, в основном предназначены для внедрения – там, где это возможно, – пользовательских терминалов HDFSS, работающих в диапазоне Ка за пределами указанных выше полос.

Отметим, что аналогичные соображения высказываются и в отношении эксплуатации пользовательских терминалов HDFSS, работающих в полосах 40/50 ГГц.

2 Возможные технические характеристики

В полосах 20/30 ГГц, для работы в которых до настоящего времени разрабатывалась большая часть спутников HTS, обеспечивающих широкополосный доступ в интернет на региональном и глобальном уровнях, достигнута действительно значительная техническая эволюция систем HTS.

Количество лучей на спутник увеличилось с 32 до сотен, так что сегодня обычным для многих установок HTS, работающих на частоте 20/30 ГГц, является значение порядка 200 и более лучей на спутник.

Чистая пропускная способность на спутник повысилась с пяти до многих десятков гигабит в секунду, так что для сегодняшних установок HTS характерно значение в сотни гигабит в секунду на спутник. Заглядывая лишь немного вперед, можно предположить, что планируемые к развертыванию системы VHTS, работающие на частоте 20/30 ГГц, часть из которых уже сооружается, скоро обеспечат пропускную способность в терабиты в секунду на один спутник ГСО/ФСС.

На современных спутниках, обеспечивающих широкополосную связь в полосе 11/12 ГГц, также наблюдаются соответствующие усовершенствования, и на будущих спутниках, работающих в полосах 40/50 ГГц, конечно же, будут применяться соответственно более совершенные технологии.

В нижеследующих разделах представлен актуальный обзор технических характеристик этих систем.

2.1 Спутниковые лучи

В таблице 1 приведены данные о размерах точечных лучей, которые либо доступны уже сегодня, либо, вероятно, будут доступны в ближайшем будущем. Параметры выбраны как базовые значения для формализации описания пользовательских каналов соответствующих спутниковых систем. Предполагается, что для удобства эксплуатации подсистемы спутниковых антенн будут разработаны так, чтобы в каждой паре антенн передающий и приемный лучи были бы одинаковой ширины и чтобы их зоны обслуживания располагались в одинаковых фиксированных положениях на поверхности Земли.

ТАБЛИЦА 1

Выбранные характеристики спутникового точечного луча

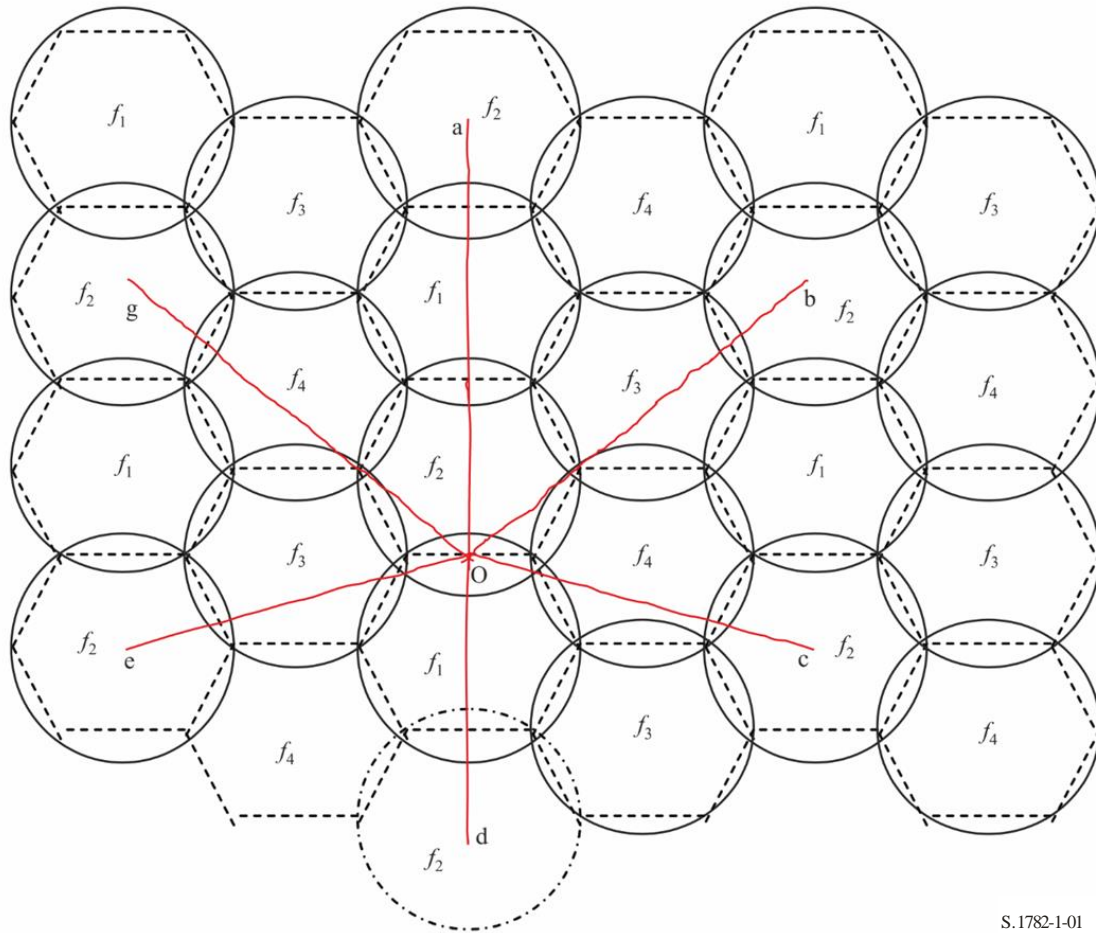
Диапазон частот ФСС	11/14 ГГц	20/30 ГГц	40/50 ГГц
Усиление в центре луча (дБи)	44–46	50–53	55–58
Ширина луча по уровню –3 дБ (градусы)	0,8–1,0	0,3–0,4	0,2
Количество (<i>n</i>) двуполярных лучей приема/передачи на одном спутнике	80–140	200–400	> 500

В свете развития технологии космических аппаратов последних лет разумно предположить, что будут созданы такие схемы подачи сигнала в антенну, которые компенсируют кривизну поверхности Земли, в результате чего все лучи, сформированные на данном спутнике, будут иметь круговые зоны обслуживания одинакового диаметра вне зависимости от направления наведения луча. Таким образом, за исключением случая наведения луча точно на подспутниковую точку, каждый луч будет иметь примерно эллиптическое сечение, а соотношение осей этого эллипса будет зависеть от направления наведения относительно направления на подспутниковую точку. Значения ширины луча по большой (φ_a) и малой (φ_b) осям будет таким, что $((\varphi_a) \cdot (\varphi_b))^{0.5} = (\varphi_0)$, где (φ_0) – это ширина (кругового) луча по уровню –3 дБ луча, наведенного в подспутниковую точку.

Для формирования непрерывного покрытия при помощи множества лучей с круговыми зонами обслуживания, можно предположить шестиугольную топологию перекрытия, показанную на рисунке 1.

РИСУНОК 1

Шестиугольная топология для зон обслуживания перекрывающихся спутниковых лучей



S.1782-1-01

На рисунке 1 показана топология для многократного использования частот "один к четырем", предполагается, что каждый луч имеет двойную поляризацию. Учитывая практически реализуемые значения крутизны спада и первых боковых лепестков, например описанные в Рекомендации МСЭ-R S.672, развязка между центром луча и ближайшей границей соседнего луча с той же частотой должна быть достаточной для обеспечения такого режима работы. Например, в точке "о" на границе одной из шестиугольных зон, обслуживаемой лучом с частотой f_2 , помехи, вносимые ближайшими лучами с той же частотой, можно рассчитать, зная внеосевые углы oa , ob , oc , od , oe и og с вершиной на спутнике. Из геометрии этой диаграммы получим:

$$oa = 5(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 2,165(\varphi_0)$$

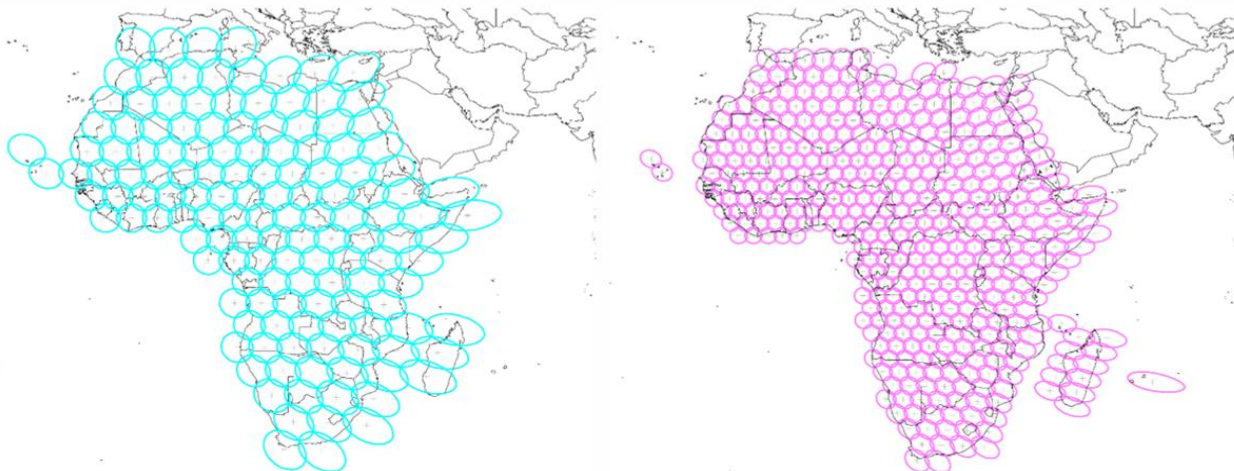
$$ob = og = (\{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2 + \{3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2)^{0,5} = 1,984(\varphi_0)$$

$$oc = oe = (\{(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2 + \{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2)^{0,5} = 1,561(\varphi_0) \text{ и}$$

$$od = 3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 1,299(\varphi_0).$$

РИСУНОК 2

Примеры размещения лучей на спутниках ФСС, которые могли бы предоставить высокоскоростной доступ в интернет, в полосах 11/14 ГГц и 20/30 ГГц



S.1782-1-02

Исходя из Рекомендации МСЭ-R S.672, в части простых круговых и эллиптических лучей видно, что, если усиление в первом боковом лепестке на 25 дБ ниже пикового усиления, то, предполагая, что значения э.и.и.м. в центре каждого луча одинаковы и что соотношение ко-поляризованных и кросс-поляризованных составляющих в каждом луче также равно 25 дБ, получаем, что отношение несущей к помехе, обусловленной многократным использованием частот, определяется выражением:

$$(C/I)_{FR} = -10 \log(7\{10^{-(25/10)}\}) = 16,5 \text{ дБ.}$$

Вполне возможно, что на практике значение $(C/I)_{FR}$ будет еще больше, поскольку маловероятно, что все шесть помех будут соответствовать пикам боковых лепестков.

Примеры областей обслуживания геостационарных спутников, имеющих распределения лучей, показанные в таблице 1, изображены на рисунке 2. Можно отметить, что общая зона обслуживания резко уменьшается обратно пропорционально частоте.

Приложение 2

Глобальный широкополосный доступ в интернет через системы ФСС нынешнего и следующего поколений

Пример глобального широкополосного доступа в интернет через систему ФСС, предназначенную для работающих в диапазоне Ка потребительских земных станций с малыми антеннами

1 Общие сведения

Следующий пример относится к использованию недорогих потребительских терминалов, разработанных для широкого применения. Это современные абонентские терминалы, работающие в диапазоне Ка и способные осуществлять передачу и прием во всем спектре диапазона Ка. Цель состоит в том, чтобы создать систему, обеспечивающую наилучшие экономические показатели в аспекте соотношения "стоимость/1 бит/с".

Предполагается, что используется звездообразная сетевая топология, терминалы передают сигнал на спутник в диапазоне Ка, сигнал ретранслируется на станции сопряжения в диапазоне Q, станции сопряжения передают в диапазоне V, а их сигналы ретранслируются на пользовательские терминалы в диапазоне Ка.

Этот подход предполагается реализовать в нескольких системах ФСС, которые в настоящее время находятся в стадии сооружения и должны вступить в строй в ближайшие два-три года.

2 Аспекты использования полос радиочастот

Что касается определения полос частот ФСС, подходящих для этого применения, то в данном случае предполагается использовать весь диапазон Ка:

- полосу 27,5–30,0 ГГц для передачи и
- полосу 17,3–20,2 ГГц для приема.

В соответствии с текущими исследованиями предполагается, что стало возможным совместное использование этих полос со службами ФС в отсутствие помех, поскольку терминалы обладают "когнитивными" функциями, благодаря которым они и система осведомлены об условиях помех.

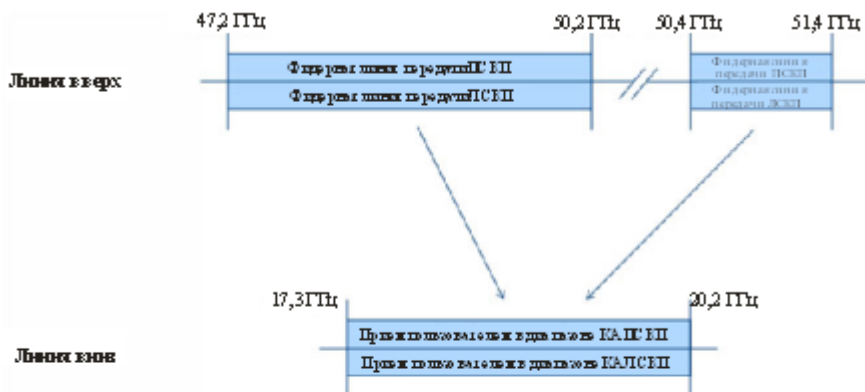
Чтобы обеспечить передачу на терминалы, а также с учетом высоких требований к полосе пропускания станции сопряжения используют диапазон V для передачи (фидер-спутник) и диапазон Q для приема (спутник-фидер):

- передача в полосах 47,2–50,2 ГГц и 50,4–51,4 ГГц (диапазон V);
- прием в полосе 37,5–40,4 ГГц (диапазон Q).

Такой частотный план показан на рисунке 3 для прямой линии связи (станция сопряжения – терминал пользователя), а на рисунке 4 – для обратной линии (терминал пользователя – станция сопряжения).

РИСУНОК 3

Частотный план прямой линии связи для широкополосного доступа в интернет через систему ФСС, предназначенную для работающих в диапазоне Ка потребительских земных станций с малыми антеннами



S.1782-1-03

РИСУНОК 4

Частотный план обратной линии связи для широкополосного доступа в интернет через систему ФСС, предназначенную для работающих в диапазоне Ка потребительских земных станций с малыми антеннами



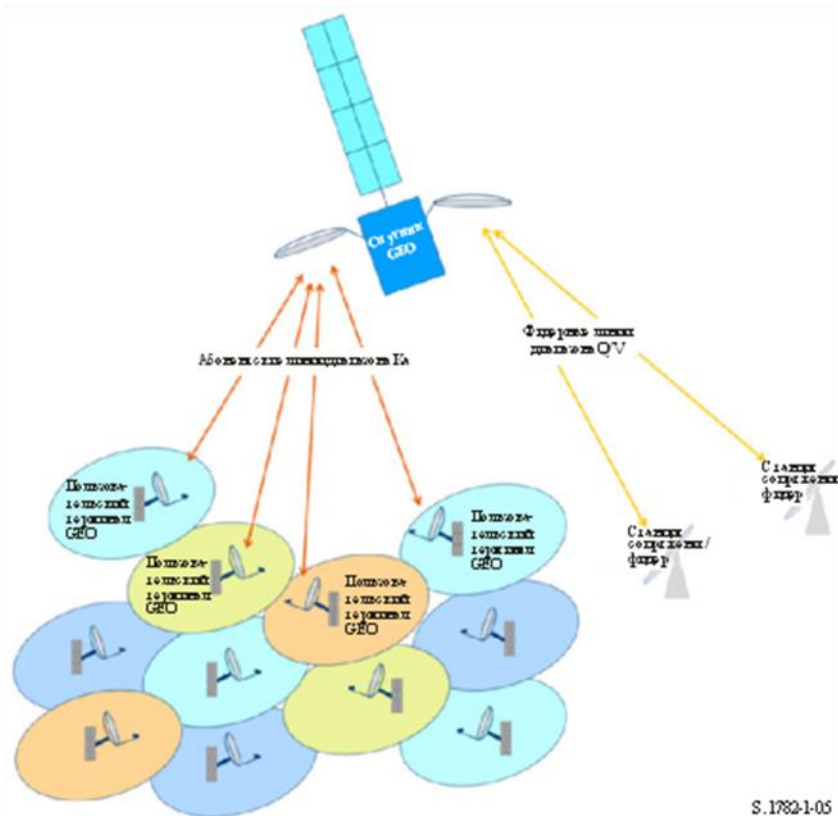
3 Возможные технические характеристики

3.1 Архитектура системы

Архитектура системы для этого примера показана на рисунке 5.

РИСУНОК 5

Пример архитектуры системы глобального широкополосного доступа в интернет через систему ФСС, предназначенную для работающих в диапазоне Ка потребительских земных станций с малыми антеннами



3.2 Спутниковые линии связи

Предполагается, что для несущих прямой линии связи между фидерными станциями и абонентскими станциями через спутник используется DVB-S2X – стандарт ЕТСИ расширения системы второго поколения для радиовещания, интерактивных служб, сбора новостей и других применений широкополосной спутниковой связи.

Предполагается, что для несущих обратной линии связи, линии вверх от абонентских станций к фидерным станциям, используется DVB-RCS2 – стандарт ЕТСИ для интерактивной спутниковой системы DVB второго поколения.

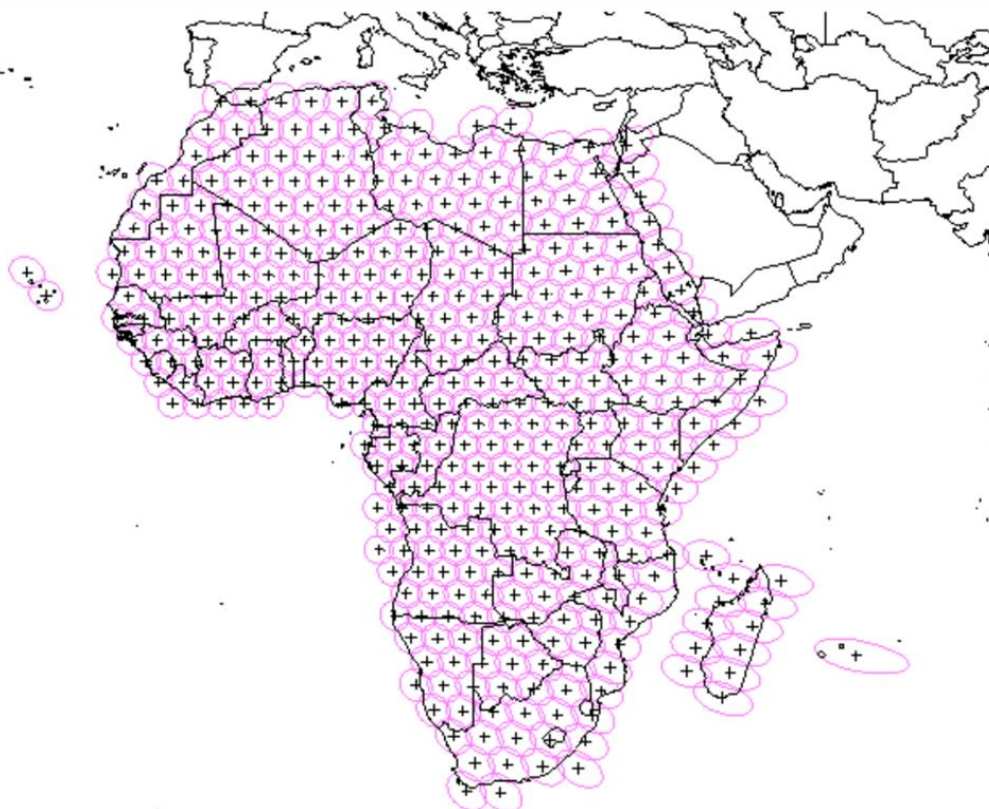
В обоих радиоинтерфейсах может использоваться адаптивное кодирование и модуляция (АСМ) для повышения эффективности каждой линии и минимизации ослабления в атмосфере, которое особенно ощутимо при использовании очень высоких частот, таких как диапазоны Ка, Q и V.

3.3 Охват

В качестве примера предлагается охват Африканского континента. Современные спутники могут обеспечивать приблизительно до 500 абонентских лучей, и этот пример основан на 420 пятнах, образованных тремя или четырьмя спутниковыми рефлекторами.

РИСУНОК 6

Пример охвата Африки широкополосным доступом в интернет через систему ФСС, предназначенную для работающих в диапазоне Ка потребительских земных станций с малыми антеннами



S.1782-1-06

3.4 Конфигурация полезной нагрузки спутника

В подсистеме спутниковых антенн могут использоваться схемы "Один канал передачи на луч" (один канал образует один точечный луч) или "Несколько каналов передачи на луч" (каждый точечный луч образуется несколькими каналами). Достигаются компромиссы между параметрами пропускной способности и объема полезной нагрузки. Ретранслятор может состоять из следующих подсистем:

- во входном каскаде используются МШУ/конвертеры во вполне классическом режиме;
- прозрачный цифровой процессор сигналов (DTP) обеспечивает связь между станциями сопряжения и абонентскими лучами и выбор частоты в каждом абонентском луче;
- в каскаде усиления могут использоваться либо ТWTA, размещенные в кольце резервирования антенной подсистемы с одним каналом на луч, либо SSPA, расположенные в непосредственной близости от каналов передачи в схеме с несколькими каналами на луч.

4 Пропускная способность спутника (C_s)

При предлагаемом количестве лучей пропускная способность спутника превысит 0,8 Тбит/с для прямой линии связи. Требования, предъявляемые к обратной линии связи, обычно ниже, тем не менее целевой показатель общей пропускной способности спутника превышает 1,0 Тбит/с.
