

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2405-0

(06/2017)

**Принципы, проблемы и вопросы
управления использованием спектра,
связанные с динамическим доступом
к частотным диапазонам посредством
радиосистем, использующих
КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Серия SM

Управление использованием спектра



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-Т/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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REP/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

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке исследовательской комиссией 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.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2405-0

Принципы, проблемы и вопросы управления использованием спектра, связанные с динамическим доступом к частотным диапазонам посредством радиосистем, использующих когнитивные технологии

(2017)

Сфера применения

В настоящем Отчете рассматриваются методы технической разработки спектра, а также принципы, проблемы и вопросы управления использованием спектра, которые могут обеспечить беспрепятственный динамический доступ к спектру посредством радиосистем, использующих технологии когнитивной радиосвязи (CRS). Основная цель настоящего Отчета – изучение общей структуры методов динамического доступа к спектру с использованием функциональных возможностей CRS и описание ряда актуальных проблем и вопросов, связанных с применением этих методов. Исследования, целью которых является внедрение динамического доступа к спектру для конкретных служб, работающих в определенных полосах частот, не входят в рамки настоящего Отчета. Исключением являются примеры, приведенные в целях иллюстрации конкретных вопросов.

Следует отметить, что CRS все чаще выступают в роли эффективного средства обеспечения защиты постоянно действующих служб в определенной полосе частот при использовании динамического доступа к спектру. В связи с этим в настоящем Отчете рассматриваются проблемы и связанные с ними вопросы, характерные для подготовительного процесса, который находится в зоне ответственности администраций.

В настоящем Отчете, разработанном в ответ на Резолюцию МСЭ-R 58-1, под динамическим доступом к спектру подразумевается использование участка спектра, который не задействован в определенное время в определенной географической зоне и может быть использован применениями радиосвязи, работающими в соответствии с Регламентом радиосвязи. Согласно Резолюции МСЭ-R 58, радиосистемы, использующие принципы и методы, описанные в настоящем Отчете, должны также обеспечивать защиту действующих служб, совместно использующих ту же полосу частот или работающих в соседних полосах.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1	Введение.....	5
2	Определение	6
3	Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R	6
4	Общие соображения по использованию динамического доступа к спектру с применением CRS	7
4.1	Доступные ресурсы спектра для использования динамического доступа к спектру с применением CRS	7
4.2	Технические и эксплуатационные характеристики систем CRS	7
4.3	Когнитивные технологии систем CRS	7
5	Общие соображения по основным сетевым элементам, обеспечивающим динамический доступ к спектру (DSA)	9
5.1	Определение географического местоположения с доступом к базам данных	9
5.2	Зондирование спектра.....	9
6	Вопросы и проблемы управления использованием спектра, связанные с DSA.....	9
6.1	Общие соображения по вопросам и проблемам управления использованием спектра, связанным с защитой существующих служб.....	9
6.2	Вопросы и проблемы управления использованием спектра, связанные с трансграничной координацией.....	12
6.3	Вопросы и проблемы, связанные с использованием технологии зондирования для измерения занятости спектра	12
6.4	Вопросы и проблемы, связанные с использованием частотного спектра для внедрения применений на основе DSA	12
	Приложение 1 – Модель когнитивной системы на основе базы данных определения географического местоположения.....	16
	Приложение 2 – Технологии зондирования.....	19
	Приложение 3 – Характеристики и/или критерии защиты для служб радиосвязи в случаях, если распределенные им полосы частот используются системами CRS.....	21
	Приложение 4 – Исследования по системам когнитивного радио в Европе	29
	Приложение 5 – Исследования, проведенные в Российской Федерации по временно неиспользуемому/незанятому спектру в полосах частот, распределенных радиовещательной службе	31
	Приложение 6 – Исследования динамического доступа к спектру посредством когнитивного радио в Китае.....	40
	Приложение 7 – Опыт ATDI в проведении расчетов TVWS	45

Стр.

Приложение 8 – Исследования конкретных ситуаций на примере Ботсваны	51
Приложение 9 – Исследования конкретных ситуаций на примере Филиппин	57
Дополнение к Приложению 9.....	62
Приложение 10 – Исследования конкретных ситуаций на примере Республики Корея.....	65
1 Введение.....	65
2 Последние законодательные меры	65
3 Экспериментальные проекты TVWS.....	66
4 Заключение	70

Сокращения и акронимы

ADC	Analog to Digital Converter	АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ACS	Adjacent Channel Selectivity		Избирательность по соседнему каналу
ARNS	Aeronautical Radio Navigation Service	ВРНС	Воздушная радионавигационная служба
BIH	Botswana Innovation Hub		Ботсванский инновационный центр
BOCRA	Botswana Communications Regulatory Authority		Государственный орган контроля связи Ботсваны
BS	Base Station		Базовая станция
BSS	Broadcasting Satellite Service	РСС	Радиовещательная спутниковая служба
<i>C/I</i>	Carrier to Interference		Отношение несущая/помеха
CCTV	Closed Circuit TV		Кабельное телевидение
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	СЕПТ	Европейская конференция администраций почт и электросвязи
CPE	Customer Premises Equipment or Customer Provided Equipment		Оборудование, устанавливаемое на площадях клиента, или оборудование, предоставленное клиентом
CRS	Cognitive Radio Systems		Системы когнитивного радио
dB	DeciBel	дБ	Децибел
dBd	dB relative to Dipole antenna	дБд	Децибел относительно дипольной антенны
dB _i	dB relative to Isotropic antenna	дБи	Децибел относительно изотропной антенны
dBm	dB relative to 1 milliwatt	дБм	Децибел относительно 1 мВт
dBr	dB Relative to peak		Децибел относительно пика
dBW	dB relative to 1 Watt	дБВт	Децибел относительно 1 Вт

DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial		Наземное цифровое телевизионное вещание
DFS	Dynamic Frequency Selection	ДЧС	Динамическая частотная селекция
DSA	Dynamic Spectrum Access		Динамический доступ к спектру
DSAD	Dynamic Spectrum Access Device		Устройство динамического доступа к спектру
DTT	Digital Terrestrial TV	ЦНТ	Цифровое наземное телевидение
ECC	Electronic Communications Committee (CEPT)	КЭСС	Комитет по электронным средствам связи (СЕПТ)
EESS	Earth Exploration-Satellite Service	ССИЗ	Спутниковая служба исследования Земли
e.i.r.p.	equivalent isotropically radiated power	э.и.и.м.	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность
e.r.p.	effective radiated power	э.и.м.	Эффективная излучаемая мощность
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	ЕТСИ	Европейский институт стандартизации электросвязи
FSS	Fixed-Satellite Service	ФСС	Фиксированная спутниковая служба
GBS	Global Broadband Solution		Глобальная система широкополосной связи
I/N	Interference to Noise		Отношение помеха/шум
ICT	Information and Communication Technologies	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
ID	IDentification		Идентификация
GPS	Global Positioning System		Глобальная система определения местоположения
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IMT	International Mobile Telecommunications		Международная подвижная электросвязь
IP	Internet Protocol		Протокол Интернет
LoS	Line of Sight		Прямая видимость
LTE	Long-Term Evolution		Долгосрочное развитие
MIMO	Multiple Input and Multiple Output		Многоканальный вход/ многоканальный выход
MSS	Mobile-Satellite Service	ПСС	Подвижная спутниковая служба
NLoS	Non Line of Sight		Вне прямой видимости
NRA	National Regulatory Authority	НРО	Национальный регуляторный орган
P-P	Point to Point	П-П	Связь пункта с пунктом
P-MP	Point to Multi Point	П-МП	Связь пункта со многими пунктами
PMSE	Program Making and Special Event		Оборудование для создания программ и специальных мероприятий
SNR	Signal to Noise Ratio		Отношение сигнал/шум
RDSS	Radio Determination-Satellite Service	ССРО	Спутниковая служба радиоопределения
RNSS	Radio Navigation-Satellite Service	РНСС	Радионавигационная спутниковая служба

RR	Radio Regulations (ITU)	PP	Регламент радиосвязи (МСЭ)
SRD	Short Range Device		Устройство малого радиуса действия
TVBD	TV Wide Space Band Device		Устройство, использующее белое пространство ТВ-спектра
TVWS	TV White Space		Белое пространство ТВ-спектра
USAID	U.S. Agency for International Development		Агентство США по международному развитию
VHF	Very High Frequency (30–300 MHz)	ОВЧ	Очень высокая частота (30–300 МГц)
VoIP	Voice over Internet Protocol		Передача голоса по протоколу Интернет
UHF	Ultra High Frequency (300–3,000 MHz)	УВЧ	Ультравысокая частота (300–3000 МГц)
W	Watt	Вт	Ватт
WAS	Wireless Access System	СБД	Система беспроводного доступа
WSD	White Space Device		Устройство, использующее белое пространство
WSDB	White Space Device Database		База данных устройств, использующих белое пространство
WRC	World Radiocommunication Conference (ITU)	ВРК	Всемирная конференция радиосвязи (МСЭ)

1 Введение

Растущий спрос на дополнительную пропускную способность и дополнительный спектр со стороны различных служб радиосвязи приводит к формированию все более сложной среды управления использованием спектра. Для решения этих задач зачастую необходимы инновационные методы управления использованием спектра, позволяющие обеспечить эффективное использование служб, распределенных в полосе частот, в том числе совместное использование ограниченных ресурсов спектра. В определенных условиях применение подходов на основе динамического доступа к спектру может способствовать эффективному использованию спектра. Однако для реализации динамического доступа к спектру необходимо решить ряд новых сложных задач, связанных с управлением использованием спектра. При решении этих задач могут использоваться инновационные функциональные возможности радиосистем, использующих когнитивные технологии.

В настоящем Отчете обсуждаются общие принципы управления использованием спектра и методы технической разработки спектра, которые могут применяться для упрощения динамического доступа к спектру посредством радиосистем, использующих когнитивные технологии. В Отчете также рассматриваются различные вопросы и соображения, которые необходимо решать для того, чтобы динамический доступ к спектру способствовал более эффективному использованию спектра, а также защищал службы радиосвязи в рабочей полосе частот и соседних полосах.

В настоящем Отчете под временно неиспользуемым/незанятым спектром понимается участок спектра в полосе, выделенный для использования одним или несколькими применениями, действующими на основании положений Регламента радиосвязи, и не используемый в данное время и на данной территории. В литературе неиспользуемые/незанятые участки спектра называют также спектральными пустотами (spectrum hole)¹.

¹ R. Tandra et al. "What is a Spectrum Hole and What Does it Take to Recognize One?" *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, no. 5, pp. 824–848.

В настоящем Отчете под динамическим доступом к спектру (DSA) понимается способность радиоустройства (возможно, с использованием когнитивных функций) работать во временно неиспользуемом/незанятом спектре и адаптировать или прекращать использование такого спектра по требованию других пользователей полосы.

Идентификация участков спектра, к которым может осуществляться динамический доступ, относится к компетенции администраций, а условия варьируются в индивидуальном порядке. Предполагается, что данные системы, использующие динамический доступ к спектру, работают в соответствии с Регламентом радиосвязи (PP) и Резолюцией МСЭ-R 58. Примеры применений, в которых используется динамический доступ к спектру, например использование белого пространства ТВ-спектра и вертикальное и горизонтальное совместное использование спектра, возможные благодаря технологиям CRS, приведены в Отчете МСЭ-R M.2330. Динамический доступ к спектру может поддерживаться, в частности, за счет использования функциональных возможностей устройства, сетевого элемента и/или внешнего сетевого объекта (например, базы данных).

При рассмотрении технических элементов, содержащихся в настоящем Отчете и относящихся к белому пространству ТВ-спектра, следует учитывать решения, принятые ВКР-12 и ВКР-15, согласно которым полоса частот 694–790 МГц распределена подвижной службе (см. пункт **5.317A** PP).

Резолюция 235 (ВКР-15)² решает предложить МСЭ-R в период после Всемирной конференции радиосвязи 2019 года и своевременно до Всемирной конференции радиосвязи 2023 года рассмотреть использование спектра существующими службами и исследовать их потребности в спектре в пределах полосы частот 470–960 МГц в Районе 1, в особенности потребности в спектре радиовещательной и подвижной, за исключением воздушной подвижной, служб; а также провести исследования совместного использования частот и совместимости, в зависимости от случая, в полосе частот 470–694 МГц в Районе 1 между радиовещательной и подвижной, за исключением воздушной подвижной, службами, принимая во внимание соответствующие исследования, Рекомендации и Отчеты МСЭ-R.

2 Определение

Определение системы когнитивного радио (CRS) (из Отчета МСЭ-R SM.2152)

Система когнитивного радио (CRS) – радиосистема, использующая технологию, позволяющую этой системе получать знания о своей среде эксплуатации и географической среде, об установившихся правилах и о своем внутреннем состоянии; динамически и автономно корректировать свои эксплуатационные параметры и протоколы согласно полученным знаниям, для достижения заранее поставленных целей; и учиться на основе полученных результатов.

3 Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Определение технических и эксплуатационных требований для динамического доступа к частотным диапазонам посредством радиосистем, использующих когнитивные технологии, в значительной степени зависит от служб радиосвязи, подлежащих защите, и требует проведения анализа в индивидуальном порядке.

Применимые Рекомендации и Отчеты МСЭ-R, касающиеся характеристик и/или критериев защиты для различных служб радиосвязи, могут быть определены при поддержке групп МСЭ-R, отвечающих за работу соответствующих служб. В качестве иллюстрации в Приложении 3 настоящего Отчета приведены некоторые Отчеты и Рекомендации МСЭ-R.

Следует также отметить Рекомендацию **76 (ВКР-12)** по развертыванию и использованию систем когнитивного радио.

² Пересмотр использования спектра в полосе частот 470–960 МГц в Районе 1 во время подготовки к Всемирной конференции по радиосвязи 2023 года.

4 Общие соображения по использованию динамического доступа к спектру с применением CRS

4.1 Доступные ресурсы спектра для использования динамического доступа к спектру с применением CRS

Количество участков спектра, доступных для CRS, зависит от таких факторов, как уровень защиты, предоставляемый действующим службам и связанным с ними применениям, а также технические и эксплуатационные характеристики систем CRS. Количество доступных участков спектра может зависеть от местоположения и изменяться с течением времени. Доступность существенно снижается, если системы CRS работают с высокими уровнями мощности, особенно в густонаселенных районах. Методика и примеры количественного определения временно неиспользуемого/незанятого спектра приведены в Приложениях.

4.2 Технические и эксплуатационные характеристики систем CRS

Описание технических и эксплуатационных характеристики систем CRS приведено в разделе 7 "Характеристики и технические и эксплуатационные требования высокого уровня" Отчета МСЭ-R M.2330. Дополнительные аспекты и технические проблемы технологии CRS в сетях IMT описаны в Отчете МСЭ-R M.2242 "Системы когнитивного радио, относящиеся к системам Международной подвижной электросвязи".

4.3 Когнитивные технологии систем CRS

Когнитивные технологии представлены и подробно описаны в Отчете МСЭ-R M.2225. В частности, представлены следующие технологии:

- a) технология получения знаний о своей среде работы в плане радиосвязи и о географической среде, о своем внутреннем состоянии и установившихся правилах, а также мониторинга шаблонов использования и пользовательских настроек. Это можно осуществить, например, посредством зондирования спектра, использования базы данных и/или получения информации, связанной с контролем и управлением;
- b) технология динамической и автономной корректировки своих эксплуатационных параметров и протоколов согласно полученным знаниям для достижения заранее поставленных целей, например более эффективного использования спектра; и
- c) технология обучения на основе результатов своей деятельности в целях дальнейшего повышения ее эффективности.

Кроме того, в Отчете МСЭ-R M.2330 описаны примеры высокоэффективных технологий, которые являются частью технологий CRS, позволяющих получать информацию, принимать решения, адаптироваться к текущей ситуации и накапливать опыт. В Отчете МСЭ-R M.2330 также определены и описаны технические характеристики и задачи, связанные с данными технологиями.

Согласно Отчетам МСЭ-R M.2225 и МСЭ-R M.2330, "в принципе, внедрение и развертывание систем CRS может осуществляться без обязательных внесений изменений в Регламент радиосвязи. Кроме того, следует отметить, что любая система службы радиосвязи, которая использует технологию CRS в заданной полосе частот, функционирует в соответствии с положениями Регламента радиосвязи, регулирующими использование этой полосы".

Как указано в Отчете МСЭ-R M.2225, отличительным признаком узла CRS служат три технические характеристики, приведенные в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

**Краткий обзор технических характеристик и возможностей систем CRS
в соответствии с Отчетом МСЭ-R M.2225**

Характеристика	Подход/метод	Описание
1. Получение сведений	Оценка качества радиолинии и сети	Узлы CRS могут отслеживать характеристики качества радиолиний и параметры качества сети с учетом типа применения
	Прослушивание беспроводного канала управления	Узлы CRS получают данные (например, информацию о радиолинии, операторах и доступных технологиях), переданные по заранее определенному каналу
	Зондирование спектра	Узлы CRS напрямую получают сведения об условиях радиосвязи, том числе о неиспользуемых участках спектра. К числу используемых методов относятся, в частности, детектирование согласованными фильтрами, обнаружение энергии и циклоstationарных сигналов
	Определение географического местоположения	Узлы CRS могут получать данные о своем местонахождении при помощи методов определения географического местоположения (см. пункт 5.1)
	Использование баз данных	Системы CRS могут обращаться к базам данных, содержащим, помимо прочего, информацию о доступных частотах, допустимых уровнях мощности передатчиков, рабочей среде (см. пункт 5.1)
	Совместная работа	Узлы CRS могут совместно друг с другом использовать полученные сведения
2a. Принятие решений	Централизованное	Для согласованного использования ресурсов узлами CRS в сценариях, где требуется конфигурация и оптимизация на глобальном уровне. Центральный объект (администратор сетевых ресурсов, базовая станция) получает от CRS некоторый объем информации и принимает решение об оптимизации на глобальном уровне
	Распределенное	Для принятия решений об изменении конфигурации системы CRS могут потребоваться несколько управляющих объектов (например, несколько базовых станций и ячеистая топология)
2b. Настройка рабочих параметров/ протоколов	Радио с программируемыми параметрами	Система CRS динамически и автономно изменяет свои рабочие параметры и/или протоколы путем изменения конфигурации для достижения заранее определенных целей. К таким параметрам относятся: – выходная мощность; – рабочая частота; – тип модуляции; – технология радиодоступа; – прочие параметры/протоколы
	Несколько аппаратных модулей	
3. Накопление опыта	–	Позволяет улучшать характеристики системы CRS путем использования накопленной информации о предыдущих действиях и их результатах

5 Общие соображения по основным сетевым элементам, обеспечивающим динамический доступ к спектру (DSA)

5.1 Определение географического местоположения с доступом к базам данных

Определение географического местоположения с доступом к базам данных предоставляет информацию о временно неиспользуемых/незанятых участках спектра, обеспечивая тем самым защиту существующих служб от вредоносных помех. Помимо информации о временно неиспользуемых/незанятых участках спектра базы данных могут также передавать требования к защите, связанные с использованием данных участков спектра в определенных местах, например в зонах с максимально разрешенной мощностью передачи, в зонах исключения и/или защитных зонах.

В Отчете МСЭ-R M.2330 представлены различные варианты реализации базы данных, такие как единая открытая база данных, несколько открытых баз данных и проприетарные закрытые базы данных. Кроме того, основные проблемы определения географического местоположения и доступа к базам данных описываются также с точки зрения обновления информации, управления базой данных, аспектов безопасности и конфиденциальности и функциональной совместимости доступа к базам данных в различных странах (например, проблемы трансграничной координации).

5.2 Зондирование спектра

Зондирование спектра – это технология обнаружения посторонних сигналов вблизи узла CRS, которая может использоваться для определения временно неиспользуемых/незанятых участков спектра. Зондирование спектра может применяться, в частности, в тех случаях, когда уровень обнаруженного сигнала достаточно высок и/или заранее известны тип/форма сигнала. В Отчете МСЭ-R M.2330 описываются различные методы зондирования, функциональные характеристики, относящиеся к воздействию различных методов зондирования спектра на других пользователей спектра, внедрение методов зондирования и, что не менее важно, проблемы, связанные с зондированием спектра в целом.

6 Вопросы и проблемы управления использованием спектра, связанные с DSA

В этом разделе представлен неполный перечень проблем, вопросов и проблем, связанных с использованием DSA во временно неиспользуемом/незанятом спектре, которые необходимо принимать во внимание при планировании внедрения подобного подхода к совместному использованию спектра.

6.1 Общие соображения по вопросам и проблемам управления использованием спектра, связанным с защитой существующих служб

Что касается всех видов применений радиосвязи, нормативная база для применений на основе DSA должна определяться в соответствии с положениями Регламента радиосвязи. С учетом того что DSA – это механизм, призванный упростить совместное использование спектра, применения на его основе должны работать в рамках служб радиосвязи, которым распределены полосы частот, и таким образом применяются процедуры, указанные в Статье 15 (Помехи).

Для этого необходимо, чтобы экспертные группы служб, подлежащих защите, проводили детальные исследования совместного использования частот и совместимости.

При проведении исследований совместного использования частот и совместимости должны учитываться не только помехи в совмещенном канале, но и помехи в соседних каналах. Определение "временно неиспользуемые/незанятые участки спектра" должно обязательно отражать оба варианта.

В зависимости от характера службы или применения радиосвязи, подлежащих защите, исследования совместимости представляют собой в целом сложную задачу. Некоторые из приведенных ниже примеров отражают ситуации, когда сценарий сосуществования усложняется и/или может потребовать большего внимания.

- 1) Полосы, распределенные службам радиосвязи, радионавигации, воздушной подвижной и воздушной подвижной спутниковой службам, обеспечивающим безопасность человеческой жизни: если бы устройства динамического доступа к спектру внедрялись в полосах частот, используемых применениями, обеспечивающими безопасность человеческой жизни, это создавало бы серьезный риск для безопасной и эффективной работы авиационных и морских служб. После введения устройств в эксплуатацию исправить сложившуюся ситуацию было бы уже довольно сложно.
Защита воздушных служб имеет критически важное значение для безопасной работы авиации. Даже минимальные уровни помех могут поставить под угрозу безопасность полетов воздушных судов. Некоторые средства аэронавигации передают только ту информацию, которая может приниматься пассивными приемниками, большинство из которых установлены на воздушных судах и обладают высоким уровнем мобильности в диапазоне высот и большой зоной прямой радиовидимости. Кроме того, в настоящее время разрабатывается новая технология – бистатическая радиолокация (см., например, Рекомендацию МСЭ-R M.1638-1), в которой передатчик и приемник географически разделены.
- 2) Полосы частот, распределенные линии вверх подвижной спутниковой службы и спутниковой службы радиоопределения: передающие земные станции ПСС являются мобильными по своей природе, поэтому использование базы данных для определения их местоположения представляется нецелесообразным. Кроме того, в полосах, распределенных в направлении Земля-космос, допустимыми помехами, позволяющими обеспечить защиту линий ПСС или ССРО, являются как отдельные, так и суммарные помехи, создаваемые всеми подобными устройствами, которые могут быть обнаружены спутниковым приемником. Следовательно, использование технологии зондирования также представляется нецелесообразным.
- 3) Полосы частот, распределенные линии вниз подвижной спутниковой службы и спутниковой службы радиоопределения: мобильность приемников служб ПСС и ССРО также является одним из факторов, затрудняющим практическое внедрение баз данных. Зондирование едва ли может служить подходящим решением в связи с тем, что сигналы, подлежащие обнаружению, передаются спутниковыми передатчиками. Не следует недооценивать сложности, связанные с внедрением системы, способной обнаруживать подобные спутниковые передачи. Кроме того, спутниковые системы охватывают обширные географические зоны, в которых приемники могут отсутствовать. Следовательно, наличие подобной системы может привести к тому, что любое применение, использующее динамический доступ к спектру в полосах частот спутниковой линии вниз, будет постоянно недоступно. Это явление может быть проиллюстрировано следующим примером: радионавигационная спутниковая служба (РНСС) обеспечивает глобальное покрытие; если устройство, использующее динамический доступ к спектру, будет оборудовано датчиком, который сможет надлежащим образом обнаруживать сигналы РНСС, это позволит сделать вывод только о том, что данные сигналы могут приниматься во всем мире. Таким образом, нельзя получить представление о том, насколько близко к устройству расположен приемник РНСС и могут ли передаваемые устройством сигналы создавать помехи для его работы.
- 4) Полосы частот, распределенные спутниковой службе исследования Земли (пассивной), службе космических исследований (пассивной) и радиоастрономической службе в случаях, когда применяется пункт 5.340: если будет разрешена передача сигналов в полосе частот, к которой применяется пункт 5.340, данное положение будет нарушено. Кроме того, поскольку, согласно пункту **5.340**, в таких полосах "передача любых сигналов запрещена", то к нежелательным излучениям систем, работающих в других полосах, применяются особые ограничения, если эти излучения могут повлиять на использование полос частот, подпадающих под действие пункта **5.340**.
- 5) Использование пассивных служб, которые не могут быть обнаружены посредством зондирования спектра в связи с отсутствием характеристик сигналов: в таких случаях для предотвращения несанкционированного динамического доступа к спектру могут применяться только средства определения географического местоположения. Сфера применения этих средств должна также охватывать распознавание зон радиомолчания и координационных зон, обеспечивающих защиту пассивных служб на региональном или национальном уровне, в том числе в полосах спектра, где пассивные службы не имеют распределенных им частот, но защищены на локальном уровне (см. Отчет МСЭ-R RA. 2259).

- 6) Полосы частот, распределенные спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (активной): может оказаться, что зондирование датчика службы ССИЗ (активной) системами, использующими динамический доступ к спектру, происходит слишком поздно, и система DSA не успевает прекратить передачу сигналов, чтобы предотвратить создание помех датчику системы ССИЗ (активной). Использование базы данных системами когнитивного радио во избежание возможных помех, создаваемых движущимися датчиками службы ССИЗ (активной), может представлять значительные трудности.
- 7) Некоторые применения космической радиосвязи, линии которых предназначены для передачи сигналов времени, обеспечения безопасности или критически важных задач, могут быть обнаружены только высокочувствительным оборудованием либо не ведут непрерывную передачу. Например, использование спектра для связи между космическими аппаратами службы космических исследований (дальний космос) и сверхчувствительными земными приемниками с очень большими антеннами (диаметром более 34 метров) не будет обнаружено датчиками сети применений на основе DSA. Следовательно, такой спектр может быть ошибочно идентифицирован как временно неиспользуемый/незанятый, так как в действительности он используется для поддержки критически важных задач и получения научных данных, которые могут быть потеряны при ухудшении качества связи.
- На критически важных этапах запуска и выведения на орбиту линии связи должны обеспечивать высокую готовность и бесперебойную работу, что позволит гарантировать безопасность и защиту экипажа, космического аппарата и операции в целом:
- стратегии зондирования;
 - применение баз данных определения географического местоположения;
 - механизмы совместного использования спектра различными системами, применяющими DSA.
- В Приложениях приведена информация, относящаяся к отдельным администрациям и районам.
- 8) В направлении Земля-космос передающие земные станции ФСС имеют комплексные лицензии и повсеместно развернуты в некоторых полосах частот, а следовательно, отсутствует централизованная база данных с записями о местоположении этих станций. Таким образом использование баз данных для определения местоположения этих станций невозможно. Кроме того, зондирование в общем смысле не поможет устройству DSA определить, сможет ли оно вести передачу, поскольку в полосах, распределенных в направлении Земля-космос, допустимые помехи от таких устройств, при которых может быть обеспечена защита линий связи ФСС и фидерных линий РСС, определяются и как одиночные, и как суммарные помехи. Поскольку суммарное количество устройств DSA, видимых спутниковым приемником, не поддается контролю, то невозможно контролировать и суммарный уровень помех. Следовательно, использование технологии зондирования также представляется нецелесообразным в полосах линии вверх ФСС (включая полосы ФСС, используемые для фидерных линий вверх РСС).
- 9) В направлении космос-Земля повсеместный характер служб ФСС и РСС в некоторых полосах частот вновь исключает возможность реализации решений на основе баз данных. Зондирование вряд ли может быть подходящим решением в целом из-за того, что сигнал, подлежащий обнаружению, исходит от передающих спутников и обладает очень низкой мощностью. Не следует недооценивать сложности, связанные с внедрением системы, способной обнаруживать подобные спутниковые передачи. Кроме того, даже в случае внедрения такой системы она была бы практически бесполезна, так как многие спутниковые системы охватывают обширные географические зоны, в которых приемники могут отсутствовать. Таким образом, даже если спутниковая передача может быть обнаружена устройством, использующим динамический доступ к спектру, это не дает реальной информации о возможности создания помех спутниковым приемникам.

6.2 Вопросы и проблемы управления использованием спектра, связанные с трансграничной координацией

Прежде чем администрации примут решение о внедрении DSA на своих территориях, необходимо обеспечить трансграничную координацию временно не используемого/незанятого спектра во избежание вероятных помех действующим службам в соседних странах. Рекомендация МСЭ-R SM.1049-1 предлагает метод управления использованием спектра, предназначенный для облегчения присвоения частот наземным службам в пограничных районах, однако по ряду причин этот метод не может быть в полной мере реализован применительно к DSA.

Объем временно неиспользуемого/незанятого спектра в определенном месте время от времени изменяется, в результате чего администрации сталкиваются с трудностями при описании частот, которые должны быть включены в соглашения, а также при определении частот, назначенных отдельным администрациям на эксклюзивной или преференциальной основе. Проблема еще более усложняется в том случае, если в зоне координации внедряются только зондирующие системы CRS (например, системы, которые не используют сетевые базы данных определения географического местоположения для получения требований по использованию частот), поскольку администрации не будут иметь информации о точных частотах, используемых этими устройствами.

В то же время некоторые основные принципы трансграничной координации, описанные в Рекомендации МСЭ-R SM.1049-1, действуют также в отношении динамического доступа к спектру (все администрации должны иметь равные права доступа к спектру). Для реализации этого принципа администрации могут согласовывать создание координационных зон, а также условия использования спектра для динамического доступа на двустороннем или многостороннем уровнях.

6.3 Вопросы и проблемы, связанные с использованием технологии зондирования для измерения занятости спектра

Семинар-практикум КЭСС на тему "Каким образом измерение занятости спектра может содействовать управлению использованием спектра" состоялся 15 января 2014 года в Майнце. Итоги семинара-практикума содержатся в Заявлении КЭСС по измерению занятости спектра³. Ниже приведена выдержка из заявлений СЕПТ/КЭСС:

"Результаты измерений занятости спектра, выполненные с использованием данного подхода в ограниченном числе фиксированных местоположений, могут лишь способствовать обнаружению возможных полос, которые могут быть идентифицированы для применений, использующих белое пространство. На основе результатов измерений не может быть принято решение о том, может ли конкретная частота использоваться в определенном месте, например, как часть динамического доступа к спектру или по отношению к базам данных определения географического местоположения".

Оборудование PMSE, SRD и RFID, а также спутниковые системы являются иллюстрацией того, почему отдельных недорогих датчиков недостаточно для отражения реальной ситуации в диапазоне частот от 30 до 6000 МГц. Для получения всестороннего представления об использовании спектра в больших городах потребуется большое количество фиксированных приемных станций или другие методы, такие как мобильные устройства сбора данных.

6.4 Вопросы и проблемы, связанные с использованием частотного спектра для внедрения применений на основе DSA

Вопросы, связанные с ресурсами спектра

Использование динамического доступа к спектру в заданной полосе частот, распределенной более чем одной службе на первичной или вторичной основе, не должно препятствовать будущему развитию других служб в этих полосах частот. Применения на основе DSA не должны влиять на доступность спектра и гибкость в отношении улучшения условий использования спектра, в которых работает первичная служба. В целом это означает, что на практическое осуществление и выдачу разрешений может повлиять изменение национальной политики в отношении распределения спектра для

³ <https://cept.org/ecc/groups/ecc/client/introduction/ecc-statement-on-spectrum-occupancy-workshop>

первичных пользователей. Необходимо также устранить риски (в особенности для основных предприятий отрасли), связанные с неопределенностью в отношении доступности спектра, как существующие на местном уровне, так и вызванные изменением в ресурсах спектра, распределенных первичным пользователям.

Ответственность национальных регуляторных органов (НРО) и сложность баз данных

Посредством управления базами данных администрации контролируют принятие решений в отношении: 1) эффективного внедрения на национальном уровне нормативной базы, разрешающей использование применений на основе DSA, с учетом рыночного спроса и надлежащей оценки влияния на издержки и выгоды; и 2) эффективной полосы частот, в которой может функционировать устройство, работающее под управлением применения на основе DSA.

Поскольку эксплуатация, поддерживаемая базами данных, – это новый подход к управлению использованием спектра, отсутствует накопленный опыт и четко определенная структура для управления базами данных. В процессе решения задачи НРО скорее всего должен рассмотреть следующие вопросы:

- Каким образом можно обеспечить, чтобы устройства получали услуги только от тех баз данных, которые одобрены НРО?
- Каким юридическим инструментом регулируется эксплуатация устройств?
- Какие обязательства берет на себя поставщик услуг базы данных?

Принятое решение и меры по ослаблению влияния помех между различными применениями на основе DSA будут зависеть от оценки риска, выполненной НРО. Например, при очень низкой плотности использования может оказаться целесообразным не предпринимать никаких шагов, поскольку вероятность помех будет низкой. Выбор наиболее подходящего решения является непростой задачей, поскольку из-за отсутствия четкого представления о сценариях возникновения помех существует высокий риск принятия неверных законодательных мер.

НРО должен участвовать в решении ряда задач, связанных с управлением базой данных, включая:

- сбор и обработку информации о действующих службах;
- расчет доступности спектра;
- выбор, утверждение и регламентирование баз данных либо, как вариант, управление базой данных.

На основе различных информационных потоков, связанных с управлением базами данных, НРО и операторы действующих служб столкнутся с расходами на сбор, статистическую обработку и обновление данных в отношении спектра, доступного для применений на основе DSA. НРО также будет нести затраты на создание и обновление алгоритма и контроль достоверности используемых баз данных третьих лиц. Предоставление доступа к спектру для такого применения не должно значительно увеличивать риск создания помех держателю лицензии при условии, что структура обеспечения сосуществования создана правильно; однако вероятно, что затраты на введение в действие разрешения для НРО возрастут, что связано с необходимостью обнаружения и устранения помех. Кроме того, поставщики услуг баз данных также понесут расходы, связанные с настройкой своих систем и ответами на запросы применений на основе DSA.

Наконец, администрациям следует должным образом учитывать проблемы, связанные с оценкой соответствия и введением в действие систем баз данных, которые будут служить основой для авторизации недорогих устройств на основе DSA, которые могут быть развернуты в больших количествах.

Вопросы, связанные с инструментом прогнозирования, упрощающим предоставление ресурсов спектра с использованием базы данных

Механизм расчета преобразует информацию о действующих службах, а также технические характеристики и местоположение устройства, использующего применение на основе DSA, в список разрешенных частот и соответствующие значения мощности передачи для устройств. Следует отметить, что по согласованию с национальной организацией по управлению частотами сам регуляторный орган может осуществлять некоторые функции преобразования, предоставляя базам данных наборы результатов в виде значений мощности и каналов, доступных для устройства,

использующего применение на основе DSA, во всех точках сетки, охватывающей страну. Для расчета мощности устройств, использующих применение на основе DSA, исходя из предварительно согласованных предельно допустимых помех, структуре обеспечения сосуществования в действительности может потребоваться большое количество сложных расчетов, зачастую с использованием данных, связанных с работой существующей службы.

Критически важным для НРО является условие, что база данных правильно выполняет процесс расчета, поскольку ошибки могут привести к возникновению помех действующим службам.

Согласованность общей архитектуры системы DSA

Взаимодействие между системами радиосвязи и базой данных должно быть четко сформулировано, а взаимосвязи между сетью зондирования и базой данных полностью разъяснены, включая ситуацию, когда происходит сбой связи и/или зондирования между устройством, использующим применение на основе DSA, и базой данных, а также самодиагностику для доступа к соответствующим функциям.

НРО должен проверять согласованность всей системы и не допускать отклонений от правил использования спектра (например, не допускать изменение мощности оборудования вручную, тем самым гарантируя, что устройство, использующее DSA, будет вести передачу только на территории страны, если оно успешно обнаружило базу данных определения географического местоположения, одобренную национальным регулирующим органом (НРО)...).

Проблемы предотвращения помех

Следует изучить использование смешанных моделей (систем, функционирующих с определенными рабочими параметрами (заданная мощность, определенные методы ослабления влияния помех, обеспечивающие внутреннее сосуществование...)) и/или базы данных определения географического местоположения, подлежащей определению (в то время как другие используют меньшую мощность и/или антенну/маску э.и.и.м. для соответствующих углов места), чтобы определить, можно ли разрешить использование таких смешанных моделей без создания помех действующим службам.

Правила, определяющие доступность спектра и соответствующие значения мощности передачи, устанавливаются НРО и вносятся в базу данных.

Проблема определения географического местоположения

Какие методы (например, Глобальная навигационная спутниковая система, служба определения местоположения по IP-адресу и система самоопределения местоположения) являются наиболее подходящими для точного определения местоположения каждого устройства (в частности, внутри помещений) и для обновления данных о местоположении?

Любой приемник GPS должен четко принимать сигнал GPS; соответственно определение местоположения внутри помещений вызывает очевидные трудности, так как для точного позиционирования требуется хороший сигнал GPS. Однако приемник GPS не может работать внутри помещения.

Кроме того, для некоторых администраций могут действовать положения законодательства, не позволяющие раскрывать информацию о точном местоположении оборудования.

Вопросы, касающиеся функционирования баз данных и систем

С какой периодичностью оконечные устройства сканируют базу данных? Все терминалы не могут осуществлять прослушивание одновременно. Таким образом оборудование не может в одно и то же время прекратить все передачи сигналов на канале. Обеспечивается ли время сканирования, достаточное для прекращения работы всех оконечных устройств, и не создаются ли помехи для действующих служб?

Кроме того, принимая во внимание, что многие пользовательские оконечные устройства питаются от батарей, частое сканирование базы данных влияет на энергопотребление. Существенно важно провести оценку, до какой степени эта процедура снижает автономность при работе пользовательского устройства от батареи (это может побудить некоторых пользователей внести изменения в конструкцию устройства).

Функциональные возможности зондирования

Целесообразно обеспечить, чтобы используемый метод зондирования соответствовал требованиям, определенным для защиты существующей службы. В противном случае следует также оценить влияние реализации этих требований на функционирование систем.

Выбор технологии зондирования имеет существенное значение для обеспечения надлежащего функционирования механизма. Какая технология зондирования является наиболее подходящей для этой цели?

Технология узкополосного зондирования [1], [2]	Преимущества	Недостатки
Обнаружение по мощности сигнала	<ul style="list-style-type: none"> – Некогерентный метод обнаружения, не требующий предварительной информации – Низкие затраты на вычисления 	<ul style="list-style-type: none"> – Невысокая эффективность при низком SNR – Невозможность установить различие между пользователями
Обнаружение по форме сигнала	<ul style="list-style-type: none"> – Сокращенное время измерения – Высокая надежность 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется предварительная информация
Циклостационарное зондирование	<ul style="list-style-type: none"> – Работает в районах с низким SNR – Устойчивость к воздействию помех 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется частичная предварительная информация – Высокие затраты на вычисления
Согласованная фильтрация	<ul style="list-style-type: none"> – Оптимальные характеристики при максимальном SNR – Низкие затраты на вычисления 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется предварительная информация от первичного пользователя – Увеличение сложности внедрения

Технология широкополосного зондирования [2]		Преимущества	Недостатки
Широкополосное зондирование по Найквисту	Стандартный АЦП	<ul style="list-style-type: none"> – Простая структура 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая частота дискретизации – Высокие затраты на вычисления
	Дискретизация с банком фильтров	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Высокий динамический диапазон 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая сложность внедрения
Широкополосное зондирование с субдискретизацией	Компрессионное зондирование	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Низкая стоимость обнаружения сигнала 	<ul style="list-style-type: none"> – Чувствительность к неправильному подбору модели
	Многоканальная субдискретизация	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Устойчивость к неправильному подбору модели 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется несколько каналов дискретизации

Приложение 1

Модель когнитивной системы на основе базы данных определения географического местоположения

Общие положения

База данных определения географического местоположения – это элемент автоматизированной системы управления использованием радиочастотного спектра для сетей связи, применяющих принцип когнитивного радио. База данных определения географического местоположения напрямую связывается с управляющими устройствами сетей когнитивного радио. База данных распределяет частотные каналы, контролирует параметры передачи когнитивных устройств и обеспечивает электромагнитную совместимость между когнитивным радио и другими радиоэлектронными устройствами, работающими в перекрывающихся или соседних полосах.

База данных определения географического местоположения должна содержать информацию о местонахождении и рабочих параметрах всех радиоэлектронных устройств в пределах рассматриваемой полосы частот или о каких-либо специальных ограничительных масках, используемых в тех случаях, когда определение местоположения или технических параметров защищенных радиоэлектронных устройств затруднено.

Функционирование базы данных определения географического местоположения может быть основано на матрице, содержащей информацию о наличии некоторых частотных каналов в каждой точке данной зоны для заданной полосы частот, что указывает на максимально допустимые технические параметры.

Формирование матрицы доступных каналов

Матрица доступных каналов формируется с использованием информации из базы данных регуляторного органа, которая содержит данные обо всех радиоэлектронных устройствах с действующими разрешениями и их спецификациях в объеме, достаточном для расчета электромагнитной совместимости.

Формирование матрицы может осуществлять отдельный сервер, расположенный удаленно от базы данных определения географического местоположения. В этом случае оператор базы данных определения географического местоположения получит матрицу доступных частотных каналов, но не будет иметь информации о конкретных радиоэлектронных устройствах и технических параметрах, которые использовались для формирования матрицы.

Принципы работы когнитивной системы, использующей базу данных определения географического местоположения



Зона покрытия базы данных определения географического местоположения может быть разделена на небольшие фрагменты заданного размера, или пиксели. Каждый пиксель содержит информацию о защищенных каналах. Исходя из этого, набор доступных каналов может быть определен с использованием уровня э.и.м. и других параметров, необходимых для работы когнитивных устройств. Количество доступных каналов в каждом пикселе может быть определено путем наложения данных о занятости спектра, получаемых от различных служб, поэтому нет необходимости хранить информацию о различных защищенных радиоустройствах. Достаточно знать только количество каналов на пиксель, свободных для когнитивных устройств.

Размер пикселя зависит от решений, принятых на этапе планирования при заполнении базы данных определения географического местоположения, но в большинстве случаев подходящим можно считать размер 200 м × 200 м. Данный размер пикселя оптимален, поскольку больший размер может привести к неэффективному использованию базы данных определения географического местоположения, то есть к сокращению доступного спектра, а меньший размер потребует большего объема вычислений и отправки устройству большого объема данных. Таким образом проблема сводится к рассмотрению ограничений на набор пикселей в целях определения каналов и уровней мощности, доступных для когнитивных устройств.

После получения данных о работающих радиоэлектронных устройствах количество доступных каналов заранее рассчитывается для каждого пикселя, в результате чего формируется матрица доступных каналов. Таким образом расчеты, производимые в режиме реального времени, существенно сокращаются.

По истечении определенного периода времени (установленного регуляторным органом) количество доступных каналов в каждом пикселе должно быть пересчитано, после чего заполняется новая матрица доступных каналов. Матрица доступных каналов хранится в базе данных определения географического местоположения.

Расчет доступного радиочастотного спектра



При расчетах могут использоваться различные модели распространения (см., например, Рекомендацию МСЭ-R P.1546 (свободное пространство, метод Хата и т. д.)). После вычисления мощности в заданном пикселе доступные каналы рассчитываются с учетом заданных пороговых значений. Если расчетная мощность ниже пороговой, то канал считается свободным; если значение мощности выше порогового значения, то канал считается занятым.

Исходные данные

При расчете матрицы доступных каналов в качестве исходных могут использоваться следующие данные.

- a) Данные о радиоэлектронных устройствах, работающих по лицензии:
 - идентификационный номер (ID) радиостанции или устройства;
 - тип передатчика;
 - местоположение (географические координаты);
 - существующие каналы (зарегистрированные каналы, используемые первичными пользователями);
 - мощность передачи, или э.и.м. лицензируемого устройства (данная информация необходима для расчета допустимого уровня мощности для вторичных устройств);
 - высота передающей антенны (для расчета потерь при распространении);
 - диаграмма направленности излучения передающей антенны;
 - регламент защиты существующих устройств, территории и т. д.
- b) Данные о других радиоэлектронных устройствах, таких как беспроводные микрофоны (такие устройства должны регистрироваться для обеспечения надлежащего функционирования всей системы когнитивного радио):
 - тип устройства (беспроводные микрофоны, камеры или другие типы вторичных устройств);
 - идентификационный номер устройства;
 - местоположение устройства;
 - используемые каналы;
 - мощность передатчика.
- c) Данные о когнитивных устройствах и устройствах, работающих на вторичной основе:
 - тип устройства (фиксированное или портативное/мобильное когнитивное устройство);
 - идентификационный номер устройства;
 - заводской номер;
 - местоположение устройства;
 - используемые каналы (каналы, в данное время используемые когнитивными устройствами).
- d) Нормативно-правовая информация:
 - идентификационный номер регулирующего органа;
 - используемые модели распространения и алгоритмы работы системы;
 - пороговые значения мощности, соответствующие свободному каналу;
 - ограничения, при которых эксплуатация когнитивных устройств должна быть прекращена.

Данные о доступном радиочастотном спектре

После вычисления доступных каналов для всех пикселей матрица доступных каналов сохраняется в базе данных определения географического местоположения. Если пользователю нужна информация о доступном спектре, оператор базы данных определения географического местоположения, имеющий прямой доступ к этим данным, предоставляет список доступных каналов без каких-либо вычислений в реальном времени с учетом местоположения пользователя. Этот список будет содержать следующую информацию:

- идентификатор пикселя или его географические координаты;
- количество доступных каналов (доступных для конкретного пикселя);
- допустимые технические характеристики когнитивных устройств, такие как максимально допустимая мощность излучения и срок действия предоставленной информации.

Если заданный диапазон частот распределяется между службами радиосвязи, матрицы доступных каналов рассчитываются для каждой радиослужбы, а затем суммируются.

База данных определения географического местоположения должна предоставлять выбор полос частот и спецификаций для когнитивных радиосистем, чтобы обеспечить возможность как их функционирования, так и работы других радиоэлектронных устройств в условиях отсутствия помех. Другие радиоэлектронные устройства (первичные пользователи спектра) имеют приоритет в использовании радиоканалов над когнитивными радиосистемами.

До того момента, когда когнитивное радиоустройство будет способно вести передачу, ему следует обратиться к базе данных определения географического местоположения и обменяться служебной информацией для получения списка доступных каналов – полос частот, которые могут использоваться когнитивным устройством без создания помех первичным пользователям.

Когнитивные устройства должны связываться с базой данных для настройки таких характеристик, как рабочая полоса частот, которая зависит от текущего времени и местоположения, а также от параметров передатчика.

Приложение 2

Технологии зондирования

1 Типы технологий зондирования

Технологии зондирования спектра подразделяются на узкополосные и широкополосные. Узкополосные технологии зондирования спектра нацелены на поиск доступных участков спектра в узком частотном диапазоне, который является достаточно узким для того, чтобы частотная характеристика канала могла считаться плоской. Широкополосное зондирование спектра позволяет найти большее количество доступных участков спектра в широком диапазоне частот и достичь более высокой распределенной суммарной пропускной способности.

В таблице A2-1 сгруппированы преимущества и недостатки традиционных узкополосных технологий зондирования спектра.

ТАБЛИЦА А2-1

Технология узкополосного зондирования [1], [2]	Преимущества	Недостатки
Обнаружение по мощности сигнала	<ul style="list-style-type: none"> – Некогерентный метод обнаружения, не требующий предварительной информации – Низкие затраты на вычисления 	<ul style="list-style-type: none"> – Невысокая эффективность при низком SNR – Невозможность установить различие между пользователями
Обнаружение по форме сигнала	<ul style="list-style-type: none"> – Сокращенное время измерения – Высокая надежность 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется предварительная информация
Циклостационарное зондирование	<ul style="list-style-type: none"> – Работает в районах с низким SNR – Устойчивость к воздействию помех 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется частичная предварительная информация – Высокие затраты на вычисления
Согласованная фильтрация	<ul style="list-style-type: none"> – Оптимальные характеристики при максимальном SNR – Низкие затраты на вычисления 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется предварительная информация от первичного пользователя – Увеличение сложности внедрения

Широкополосное зондирование спектра можно разбить на два основных типа – широкополосное зондирование по Найквисту и широкополосное зондирование с субдискретизацией. При зондировании первого типа цифровые сигналы обрабатываются с частотой равной или большей, чем частота Найквиста, а при зондировании второго типа цифровые сигналы обрабатываются с частотой меньшей, чем частота Найквиста.

В таблице А2-2 приведены преимущества и недостатки существующих широкополосных технологий зондирования спектра.

ТАБЛИЦА А2-2

Технология широкополосного зондирования [2]		Преимущества	Недостатки
Широкополосное зондирование по Найквисту	Стандартный АЦП	<ul style="list-style-type: none"> – Простая структура 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая частота дискретизации – Высокие затраты на вычисления
	Дискретизация с банком фильтров	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Высокий динамический диапазон 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая сложность внедрения
Широкополосное зондирование с субдискретизацией	Компрессионное зондирование	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Низкая стоимость обнаружения сигнала 	<ul style="list-style-type: none"> – Чувствительность к неправильному подбору модели
	Многоканальная субдискретизация	<ul style="list-style-type: none"> – Низкая частота дискретизации – Устойчивость к неправильному подбору модели 	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется несколько каналов дискретизации

2 Технология зондирования с использованием динамической частотной селекции

Динамическая частотная селекция (ДЧС) – это один из методов ослабления влияния помех для совместного использования спектра. Задача использования ДЧС в системах беспроводного доступа (СБД) состоит в обеспечении достаточной защиты радаров в диапазоне 5 ГГц.

Ниже приведен список Рекомендаций и Отчетов, касающихся применения ДЧС в системах беспроводного доступа:

- Рекомендация МСЭ-R М.1652 – Динамическая частотная селекция в системах беспроводного доступа, включая локальные радиосети в целях защиты службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц;
- Рекомендация МСЭ-R М.1461 – Процедуры определения потенциальных помех между радарными, работающими в службе радиоопределения, и системами в других службах;
- Рекомендация МСЭ-R М.1638 – Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарными радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц;
- Отчет МСЭ-R М.2034 – Влияние предъявляемых к радиообнаружению требований в отношении динамической частотной селекции на приемники систем беспроводного доступа в диапазоне 5 ГГц.

ДЧС выполняется посредством обнаружения помех от радиолокационных систем и недопущения работы в совмещенном канале. Обнаружение радаров необходимо при работе каналов, полоса пропускания которых частично или полностью находится в пределах частотных диапазонов 5250–5350 МГц или 5470–5725 МГц. Данное требование применяется ко всем типам устройств СБД независимо от типа связи между этими устройствами.

В таблице А2-3 приведены требования к ДЧС в отношении обнаружения, эксплуатации и отклика.

ТАБЛИЦА А2-3

Параметр	Значение
Пороговый уровень обнаружения ДЧС	–62 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. < 200 мВт и –64 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. от 200 мВт до 1 Вт, усредненной за 1 мкс
Время проверки доступности канала	60 с
Период незанятости	30 мин
Время переноса канала	≤ 10 с

Справочные документы

- [1] T. Yucek and H. Arslan, “A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, pp. 116-130, March 2009.
- [2] H. Sun, A. Nallanathan, C. Wang and Y. Chen, “Wideband spectrum sensing for cognitive radio networks: A survey,” IEEE Wireless Communications, vol. 20, pp. 74-81, April 2013.

Приложение 3

Характеристики и/или критерии защиты для служб радиосвязи в случаях, если распределенные им полосы частот используются системами CRS

Для иллюстрации ниже приведен список соответствующих Рекомендаций и Отчетов, касающихся характеристик и/или критериев защиты для различных служб радиосвязи.

1 Сухопутные подвижные и фиксированные службы

- Рекомендация МСЭ-R М.478 – Технические характеристики оборудования и принципы распределения частотных каналов в диапазоне от 25 до 3000 МГц для сухопутных подвижных ЧМ служб
- Рекомендация МСЭ-R М.1184 – Технические характеристики систем подвижной спутниковой связи в полосах частот ниже 3 ГГц для использования при разработке критериев совместного использования частот подвижной спутниковой службой и другими службами
(ПРИМЕЧАНИЕ. – Содержит технические характеристики систем, работающих в сухопутной подвижной спутниковой службе.)
- Рекомендация МСЭ-R F.1402 – Критерии совместного использования частот системами сухопутного подвижного беспроводного доступа и системами фиксированного беспроводного доступа, использующими те же типы оборудования, что и система подвижного беспроводного доступа
- Рекомендация МСЭ-R М.1450 – Характеристики широкополосных локальных радиосетей
- Рекомендация МСЭ-R М.1453 – Интеллектуальные транспортные системы – выделенная связь на короткие расстояния в диапазоне частот 5,8 ГГц
- 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
- 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.1808 – Технические и эксплуатационные характеристики традиционных и транковых сухопутных систем подвижной связи, работающих в распределениях подвижной службе ниже 869 МГц, для применения в исследованиях совместного использования частот
(ПРИМЕЧАНИЕ. – В разделе 2.1 Приложения 1 приведены критерии защиты для служб подвижной связи, которые следует использовать в исследованиях по совместному использованию частот: "отношение помеха/шум = –6 дБ следует использовать для определения воздействия помех на сухопутные системы подвижной связи, а для прикладных задач с более высокими требованиями к защите, такими как обеспечение безопасности и связь в чрезвычайных ситуациях (PPDR), можно использовать отношение помеха/шум, равное –10 дБ".)
- Рекомендация МСЭ-R М.1823 – Технические и эксплуатационные характеристики цифровых систем сотовой сухопутной подвижной связи для использования в исследованиях совместного использования частот
- Рекомендация МСЭ-R М.1824 – Характеристики систем внестудийного телевизионного вещания, электронного сбора новостей и внестудийного видеопроизводства в подвижной службе для применения в исследованиях совместного использования частот
- Отчет МСЭ-R F.2086 – Технические и эксплуатационные характеристики и применения широкополосного беспроводного доступа в фиксированной службе
- Отчет МСЭ-R М.2116 – Характеристики систем широкополосного беспроводного доступа, работающих в сухопутной подвижной службе, для применения в исследованиях совместного использования частот
- Отчет МСЭ-R М.2228 – Радиосвязь для усовершенствованных интеллектуальных транспортных систем (ИТС)
- Отчет МСЭ-R М.2242 – Системы когнитивного радио, относящиеся к системам Международной подвижной электросвязи

2 Подвижные спутниковые службы и спутниковые службы радиоопределения (ПСС и ССРО)

- Рекомендация МСЭ-R М.1039-3 – Совместное использование частот в полосе ниже 1 ГГц станциями подвижной службы и подвижными земными станциями негеостационарных подвижных спутниковых систем (Земля-космос), использующих многостанционный доступ с частотным разделением (МДЧР)
- Рекомендация МСЭ-R М.1184-2 – Технические характеристики систем подвижной спутниковой связи в полосах частот ниже 3 ГГц для использования при разработке критериев совместного использования частот подвижной спутниковой службой (ПСС) и другими службами
- Рекомендация МСЭ-R М.1318-1 – Модель оценки непрерывных помех со стороны радиоисточников, кроме источников в радионавигационной спутниковой службе, системам и сетям радионавигационной спутниковой службы, работающим в полосах 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц, 1559–1610 МГц и 5010–5030 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1787-1 – Описание систем и сетей радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля и космос-космос) и технические характеристики передающих космических станций, работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1901 – Руководство по Рекомендациям МСЭ-R, касающимся систем и сетей радионавигационной спутниковой службы, работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц, 1559–1610 МГц, 5000–5010 МГц и 5010–5030 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1902 – Характеристики и критерии защиты приемных земных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля), работающих в полосе частот 1215–1300 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1903 – Характеристики и критерии защиты приемных земных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля) и приемников воздушной радионавигационной службы, работающих в полосе 1559–1610 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1904 – Характеристики, требования к показателям качества и критерии защиты приемных станций радионавигационной спутниковой службы (космос-космос), работающих в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1905 – Характеристики и критерии защиты для приемных земных станций в радионавигационной спутниковой службе (космос-Земля), работающих в полосе частот 1164–1215 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1906 – Характеристики и защитные критерии приемных космических станций и характеристики передающих земных станций в радионавигационной спутниковой службе (Земля-космос), работающих в полосе частот 5000–5010 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.2030 – Модель оценки импульсных помех от соответствующих источников радиосигналов, кроме источников в радионавигационной спутниковой службе, системам и сетям радионавигационной спутниковой службы, работающим в полосах частот 1164–1215 МГц, 1215–1300 МГц и 1559–1610 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.2031 – Характеристики и критерии защиты приемных земных станций и характеристики передающих космических станций радионавигационной спутниковой службы (космос-Земля), работающих в полосе 5010–5030 МГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1091 – Опорные внеосевые диаграммы направленности для антенн земных подвижных станций, работающих в составе сухопутной подвижной спутниковой службы в частотном диапазоне 1–3 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R М.1229 – Требуемые рабочие характеристики для каналов цифровой воздушной подвижной спутниковой службы (ВПСС), работающей в полосах 1525–1559 МГц и 1626,5–1660,5 МГц, не входящей в состав ЦСИС

- Рекомендация МСЭ-R S.1427 – Методика и критерий для оценки помех от передатчиков наземной системы беспроводного доступа/локальной радиосети, создаваемых фидерным линиям негеостационарной подвижной спутниковой службы в полосе частот 5150–5250 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1454 – Предельное значение плотности э.и.м. и эксплуатационные ограничения для передатчиков RLAN или передатчиков других сетей беспроводного доступа для обеспечения защиты фидерных линий негеостационарных систем подвижной спутниковой службы в полосе частот 5150–5250 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1475 – Методика определения требуемых рабочих характеристик негеостационарных систем подвижных спутниковых служб, работающих в полосе 1–3 ГГц без разнесения спутников
- Рекомендация МСЭ-R M.1799 – Совместное использование частот подвижной службой и подвижной спутниковой службой в полосе частот 1668,4–1675 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.2046 – Характеристики и критерии защиты негеостационарных систем подвижной спутниковой службы, работающих в полосе 399,9–400,05 МГц

3 Другие службы

В Рекомендации МСЭ-R F.758 приведены критерии защиты и другие характеристики для фиксированной беспроводной службы в различных полосах частот.

Воздушная подвижная служба (на трассе)

- Рекомендация МСЭ-R M.1827* – Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушной подвижной (R) службы (ВП(R)С), ограниченной наземным применением в аэропортах, и к станциям воздушной подвижной службы (ВПС), ограниченной применениями воздушной безопасности (ВБ), в полосе частот 5091–5150 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2121 – Руководящие указания по проведению исследований совместного использования частот в ВП(R)С в полосе частот 960–1164 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2205 – Результаты исследований распределения ВПС(R)С в полосе 960–1164 МГц и распределения ВПС(R)С в полосе 5030–5091 МГц для обеспечения линий связи управления и связи, не относящейся к полезной нагрузке, для беспилотных авиационных систем (БАС)
- Отчет МСЭ-R M.2235 – Исследования совместного использования частот в воздушной подвижной службе (на трассе) в полосе частот 960–1164 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2171 – Характеристики беспилотных авиационных систем и потребности в спектре для обеспечения их безопасной эксплуатации в необособленном воздушном пространстве
- Отчет МСЭ-R M.2237 – Исследования совместимости для обеспечения линии (линий) связи управления и связи, не относящейся к полезной нагрузке, работающей (работающих) на линии прямой видимости, для беспилотных авиационных систем, предлагаемых в полосе 5030–5091 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2238 – Исследования совместимости для обеспечения линий связи управления и связи, не относящейся к полезной нагрузке, работающих на линии прямой видимости, для беспилотных авиационных систем, предлагаемых в полосе 5091–5150 МГц

Воздушная подвижная служба

- Рекомендация МСЭ-R M.1459 – Критерии защиты систем телеметрии воздушной подвижной службы и методы ослабления влияния помех для облегчения совместного использования частот геостационарной радиовещательной спутниковой и подвижной спутниковой службами в полосах частот 1452–1525 МГц и 2310–2360 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1828 – Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушных судов воздушной подвижной службы, ограниченной передачами телеметрии для летных испытаний в полосах около 5 ГГц

- Рекомендация МСЭ-R M.2089 – Технические характеристики и критерии защиты для систем воздушной подвижной службы в полосе частот 14,5–15,35 ГГц
- Предварительный проект новой Рекомендации МСЭ-R M.[AMS-CHAR-24]* – Технические характеристики и критерии защиты систем воздушной подвижной службы в полосах частот 22,5-23,6 и 25,25-27,5 ГГц
- Отчет МСЭ-R M.2118 – Совместимость предлагаемых систем воздушной подвижной службы и существующей фиксированной спутниковой службы в полосе частот 5091–5150 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2119 – Совместное использование частот системами телеметрии воздушной подвижной службы для летных испытаний и другими системами, работающими в полосах 4400–4 940 и 5925–6700 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2221 – Возможность работы ПСС в определенных полосах частот

Радионавигационная служба

- Рекомендация МСЭ-R M.1461* – Процедуры определения возможности возникновения помех между радаром службы радиоопределения и системами других служб
- Рекомендация МСЭ-R M.1796-2 – Характеристики и защитные отношения для наземных радаров службы радиоопределения, работающих в полосе частот 8500–10 680 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1851 – Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех

Воздушная радионавигационная служба

- Рекомендация МСЭ-R M.1461* – Процедуры определения возможности возникновения помех между радаром службы радиоопределения и системами других служб
- Рекомендация МСЭ-R M.1464* – Характеристики радиолокационных радаров и характеристики и критерии защиты для исследований совместного использования частот воздушными радионавигационными и метеорологическими радаром службы радиоопределения, работающими в полосе частот 2700–2900 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1584 – Метод определения координационных расстояний в диапазоне 5 ГГц между международными стандартными станциями микроволновой системы посадки, работающими в воздушной радионавигационной службе, и станциями, работающими в радионавигационной спутниковой службе (Земля-космос)
- Рекомендация МСЭ-R M.1638* – Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радаром радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1639 – Критерии защиты для воздушной радионавигационной службы в отношении суммарных излучений от космических станций в радионавигационной спутниковой службе в полосе частот 1164–1215 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1642 – Методика оценки максимальной суммарной эквивалентной плотности потока мощности на станции воздушной радионавигационной службы от всех систем радионавигационной спутниковой службы, работающих в полосе частот 1164–1215 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1830 – Технические характеристики и критерии защиты систем воздушной радионавигационной службы в полосе частот 645–862 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.2007 – Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе в полосе частот 5150–5250 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.2008-1 – Характеристики и критерии защиты для радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе в полосе частот 13,25–13,40 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R M.2013 – Технические характеристики и критерии защиты воздушных радионавигационных систем, не относящихся к ИКАО, работающих в диапазоне 1 ГГц

- Отчет МСЭ-R M.2112 – Совместимость/совместное использование частот обзорными радарными аэропорта и метеорологическими радарными, а также системами ИМТ в полосе 2700–2900 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1851 – Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех
- Рекомендация МСЭ-R M.2059 – Эксплуатационные и технические характеристики и критерии защиты радиовысотометров, использующих полосу частот 4200–4400 МГц

Морская радионавигационная служба

- Рекомендация МСЭ-R M.824 – Технические параметры радиолокационных маяков-ответчиков (РМ)
- Рекомендация МСЭ-R M.1176 – Технические характеристики усилителей радиолокационной цели
- Рекомендация МСЭ-R M.629 – Использование полос частот 2900–3100 МГц, 5470–5650 МГц, 9200–9300 МГц, 9300–9500 МГц и 9500–9800 МГц в радионавигационной службе
- Рекомендация МСЭ-R M.1461* – Процедуры определения возможности возникновения помех между радарными службами радиоопределения и системами других служб
- Рекомендация МСЭ-R M.1851 – Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех
- Отчет МСЭ-R M.2050 – Результаты испытаний, показывающие восприимчивость морских радионавигационных радаров к излучениям со стороны систем цифровой связи и импульсных систем в полосах частот 2900–3100 и 9200–9500 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1372 – Эффективное использование радиочастотного спектра радиолокационными станциями службы радиоопределения
- Отчет МСЭ-R M.2032 – Испытания, иллюстрирующие совместимость морских радионавигационных радаров и излучений радиолокационных радаров в полосе частот 2900–3100 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.2058 – Характеристики цифровой системы, называемой "Навигационные данные", которая предназначена для радиовещания информации, касающейся безопасности и охраны на море, в направлении берег–судно в диапазоне ВЧ морской службы

Радионавигационная служба

- Рекомендация МСЭ-R M.1227 – Технические и рабочие характеристики радаров ветрового профиля в полосах вблизи 1000 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1460* – Технические и рабочие характеристики и критерии защиты радаров радиоопределения в полосе частот 2900–3100 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1461* – Процедуры определения возможности возникновения помех между радарными службами радиоопределения и системами других служб
- Рекомендация МСЭ-R M.1462 – Характеристики и критерии защиты для радаров радиолокационной службы, работающих в полосе частот 420–450 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1463 – Характеристики и критерии защиты для радаров, работающих в службе радиоопределения в полосе частот 1215–1400 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1465* – Характеристики и критерии защиты для радаров, работающих в службе радиоопределения в полосе частот 3100–3700 МГц
- Рекомендация МСЭ-R M.1638* – Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарными радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц

- Рекомендация МСЭ-R M.1849* – Технические и эксплуатационные аспекты наземных метеорологических радаров
- Рекомендация МСЭ-R M.1851 – Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех
- Отчет МСЭ-R M.2013 – Радары профиля ветра
- Отчет МСЭ-R M.2112 – Совместимость/совместное использование частот обзорными радарными аэропорта и метеорологическими радарными, а также системами ИМТ в полосе 2700–2900 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2136 – Теоретический анализ и результаты испытаний, относящиеся к определению соответствующих критериев защиты от помех для наземных метеорологических радаров
- Рекомендация МСЭ-R M.1372 – Эффективное использование радиочастотного спектра радиолокационными станциями службы радиоопределения
- Рекомендация МСЭ-R M.1464* – Характеристики радиолокационных радаров и характеристики и критерии защиты для исследований совместного использования частот воздушными радионавигационными и метеорологическими радарными службы радиоопределения, работающими в полосе частот 2700–2900 МГц
- Отчет МСЭ-R M.2032 – Испытания, иллюстрирующие совместимость морских радионавигационных радаров и излучений радиолокационных радаров в полосе частот 2900–3100 МГц

ФСС и РСС

- Рекомендация МСЭ-R S.465 – Эталонная диаграмма направленности антенн земных станций фиксированной спутниковой службы для использования при координации и оценке помех в диапазоне частот от 2 до 31 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.466 – Максимально допустимый уровень помех в телефонных каналах геостационарной спутниковой сети фиксированной спутниковой службы, использующих частотную модуляцию и мультиплексирование с частотным разделением каналов, создаваемых другими сетями этой же службы
- Рекомендация МСЭ-R S.483 – Максимально допустимый уровень помех в телевизионном канале геостационарной спутниковой сети фиксированной спутниковой службы, использующей частотную модуляцию, создаваемых другими сетями этой службы
- Рекомендация МСЭ-R S.523 – Максимально допустимые уровни помех работе геостационарной спутниковой сети фиксированной спутниковой службы, ведущей передачу 8-битных ИКМ телефонных сигналов, создаваемых другими сетями этой службы.
- Рекомендация МСЭ-R S.524 – Максимально допустимые уровни плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемой земными станциями в геостационарных спутниковых сетях работающими в фиксированной спутниковой службе, ведущих передачу в полосах частот 6 ГГц, 13 ГГц, 14 ГГц и 30 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.728 – Максимально допустимый уровень плотности внеосевой э.и.и.м., создаваемой терминалами с очень малой апертуры (VSAT)
- Рекомендация МСЭ-R S.735 – Максимально допустимые уровни помех работе геостационарной спутниковой сети для HRDP, входящей в состав ЦСИС фиксированной спутниковой службы, создаваемых другими сетями этой службы на частотах ниже 15 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1323 – Максимально допустимые уровни помех работе спутниковой сети (ГСО/ФСС; НГСО/ФСС; фидерными линиями НГСО/ПСС) фиксированной спутниковой службы, создаваемых другими сетями ФСС одного направления, работающими на частотах ниже 30 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1426 – Агрегатные пределы плотности потока мощности на спутниковой орбите ФСС для передатчиков локальных радиосетей (RLAN), работающих в полосе частот 5150–5250 МГц, используемой совместно с ФСС (п. 5.447А РР)

- Рекомендация МСЭ-R S.1427 – Методика и критерий для оценки помех от передатчиков наземной системы беспроводного доступа/локальной радиосети, создаваемых фидерным линиям негеостационарной подвижной спутниковой службы в полосе частот 5150–5250 МГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1432 – Распределение допустимого ухудшения качества по ошибкам в гипотетических эталонных цифровых трактах фиксированной спутниковой службы (ФСС), возникающего из-за неизменных во времени помех, для систем, работающих на частотах ниже 30 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1528 – Диаграммы направленности излучения спутниковых антенн, работающих в фиксированной спутниковой службе на частотах ниже 30 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1587 – Технические характеристики земных станций на борту морских судов, ведущих связь со спутниками ФСС в полосах частот 5925–6425 МГц и 14–14,5 ГГц, распределенных фиксированной спутниковой службе
- Рекомендация МСЭ-R S.1711 – Улучшение качественных показателей протокола управления передачей по спутниковым сетям
- Рекомендация МСЭ-R S.1716 – Эксплуатационные характеристики и показатели готовности систем телеметрии, слежения и телеуправления в ФСС
- Рекомендация МСЭ-R S.1855 – Альтернативная эталонная диаграмма направленности для антенн земных станций, используемых со спутниками на геостационарной орбите в целях применения при координации и/или оценке помех в диапазоне частот от 2 до 31 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R S.1856 – Методики определения того, будет ли станция ИМТ, работающая в заданном местоположении в полосе 3400–3600 МГц, осуществлять передачу, не превышая пределы плотности потока мощности, приведенные в пп. 5.430А, 5.432А, 5.432В и 5.433А Регламента радиосвязи
- Рекомендация МСЭ-R ВО.652 – Эталонные диаграммы направленности для антенн земных станций и спутниковых антенн радиовещательной спутниковой службы в диапазоне 12 ГГц и для связанных с ней фидерных линий в диапазонах 14 ГГц и 17 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R ВО.792 – Защитные отношения по помехам для радиовещательной спутниковой службы (телевизионной) в диапазоне частот 12 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1213 – Эталонная диаграмма направленности приемной антенны земной станции для радиовещательной спутниковой службы в полосе частот 11,7–12,75 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1293 – Защитные маски и связанные с ними методы расчета помех радиовещательным спутниковым системам, использующим излучения цифровых сигналов
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1773 – Критерий оценки воздействия на радиовещательную спутниковую службу помех от излучений устройств без соответствующего распределения частот в Регламенте радиосвязи, которые создают основные излучения в полосах частот, распределенных радиовещательной спутниковой службе
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1776 – Максимальная плотность потока мощности для радиовещательной спутниковой службы в полосе частот 21,4–22,0 ГГц в Районах 1 и 3
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1898 – Значение плотности потока мощности, необходимое для защиты приемных земных станций радиовещательной спутниковой службы в Районах 1 и 3 от излучений станции фиксированной и/или подвижной службы в полосе 21,4–22 ГГц
- Рекомендация МСЭ-R ВО.1900 – Эталонная диаграмма направленности приемной антенны земной станции для радиовещательной спутниковой службы в полосе частот 21,4–22 ГГц в Районах 1 и 3
- Отчет МСЭ-R M.2109 – Исследования совместного использования частот системами ИМТ-Advanced и геостационарными спутниковыми сетями фиксированной спутниковой службы в полосах частот 3400–4200 МГц и 4500–4800 МГц
- Отчет МСЭ-R S.2199 – Исследования совместимости систем широкополосного беспроводного доступа (ШБД) и сетей фиксированной спутниковой службы (ФСС) в полосе 3400–4200 МГц

- Отчет МСЭ-R ВО.631 – Совместное использование частот радиовещательной спутниковой службой (звуковой и телевизионной) и наземными службами
- Отчет МСЭ-R ВО.634 – Измеренные защитные отношения сигнал-помеха для планирования систем цифрового наземного радиовещания

Приложение 4

Исследования по системам когнитивного радио в Европе

Перечень опубликованных материалов

Исследования СЕПТ, касающиеся технических и эксплуатационных требований к функционированию устройств, использующих белое пространство (WSD) в полосе частот 470–790 МГц, представлены в следующих отчетах: Отчет 159 КЭСС [1], Отчет 185 КЭСС [2] и Отчет 186 КЭСС [3].

ЕТСИ опубликовал материал EN 301 598 V1.1.1 (2014-04) по системам беспроводного доступа, работающим в диапазоне от 470 до 790 МГц.

В 2015 году СЕПТ/КЭСС был опубликован Отчет 236 КЭСС по руководящим указаниям о внедрении на национальном уровне нормативной базы по устройствам TV WSD, использующим базы данных определения географического местоположения.

КЭСС не утвердил и не планировал утверждать мероприятия по согласованию возможного использования полосы частот 470–790 МГц устройствами WSD.

Ниже представлены существующие службы/системы радиосвязи, рассматриваемые в технических исследованиях, с кратким содержанием соответствующих отчетов.

Существующие службы/системы радиосвязи

В вышеупомянутых отчетах анализируется защита следующих существующих служб/систем радиосвязи:

- наземная радиовещательная служба (BS), в том числе DVB-T;
- оборудование для производства программ и специальных мероприятий (PMSE), в том числе радиомикрофоны;
- радиоастрономическая служба (РАС) в полосе частот 608–614 МГц;
- воздушная радионавигационная служба (ВРНС) в полосе частот 645–790 МГц;
- подвижная служба (ПС) в полосе ниже 470 МГц и выше 790 МГц.

Краткое содержание вышеупомянутых отчетов КЭСС

Отчет 159 КЭСС [1], представляющий собой стартовую точку изучения CRS, посвящен исследованиям по совместимости устройств WSD и некоторых из существующих служб/систем радиосвязи, перечисленных выше. Основное внимание в этих исследованиях уделялось отдельным устройствам WSD на основе зондирования. В отчете перечислены сферы, требующие дополнительной проработки, а именно:

- сферы, связанные с характеристиками WSD;
- технические аспекты защиты радиовещательной службы;
- технические аспекты защиты оборудования PMSE;
- разработка и внедрение технических требований к использованию баз данных определения географического местоположения.

В продолжение этого в Отчете 185 КЭСС [2], дополняющем исследования, приведенные в Отчете 159 КЭСС [1], содержатся следующие материалы:

- a) классификация WSD и возможные методы установления фиксированных максимальных допустимых значений мощности для устройств WSD;
- b) аспекты совместного зондирования спектра в целях преодоления неблагоприятных условий для работы радиоканала, зависящих от местоположения;
- c) защита радиовещания – дополнительный анализ чувствительности основных параметров (вероятность охвата мест приема, оценка покрытия), а также характеристик приемников ЦНТ в присутствии устройств WSD;
- d) защита оборудования PMSE;
- e) защита ВРНС;
- f) влияние помех от WSD на подвижные службы, работающие в полосах, соседних с 470–790 МГц;
- g) некоторые примеры национальных исследований по спектру, потенциально доступному для устройств WSD.

В качестве дополнения к Отчету 185 КЭСС [2] был подготовлен Отчет 186 КЭСС [3], в котором анализировались технические и эксплуатационные требования в отношении эксплуатации устройств WSD с использованием базы данных определения географического местоположения, а именно:

- a) аспекты точности определения местоположения устройств WSD;
- b) общие принципы и эксплуатационные требования к устройствам WSD, работающим по принципу ведущий/ведомый;
- c) управление базой данных;
- d) примеры процесса преобразования в базе данных определения географического местоположения в целях защиты существующих служб/систем радиосвязи;
- e) аспекты комплексного использования зондирования и определения географического местоположения.

Следует отметить, что указанные отчеты предназначены в первую очередь в качестве руководящих указаний для администраций в рамках СЕПТ, которые могут планировать внедрение систем когнитивного радио в частотном диапазоне 470–790 МГц на национальном уровне.

Следует также отметить, что в рамках ЕТСИ ведется работа по унификации требований к базе данных определения географического местоположения и ее интерфейсам.

Справочные документы

- [1] ECC Report 159:
Technical and operational requirements for the possible operation of cognitive radio systems in the ‘white spaces’ of the frequency band 470-790 MHz.
- [2] ECC Report 185:
Further definition of technical and operational requirements for the operation of white space devices in the band 470-790 MHz.
- [3] ECC Report 186:
Technical and operational requirements for the operation of white space devices under geo-location approach.
- [4] ECC Report 236:
Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geolocation databases.

Приложение 5

Исследования, проведенные в Российской Федерации по временно неиспользуемому/незанятому спектру в полосах частот, распределенных радиовещательной службе

В настоящем Приложении содержится методика количественной оценки временно неиспользуемого/незанятого спектра, а также анализ одного из сценариев внедрения систем когнитивного радио. Методика основана на исследованиях, проведенных в Российской Федерации.

Полоса частот 470–790 МГц широко используется радиовещательной службой и является основным частотным ресурсом для внедрения и развития цифрового наземного радиовещания в Российской Федерации.

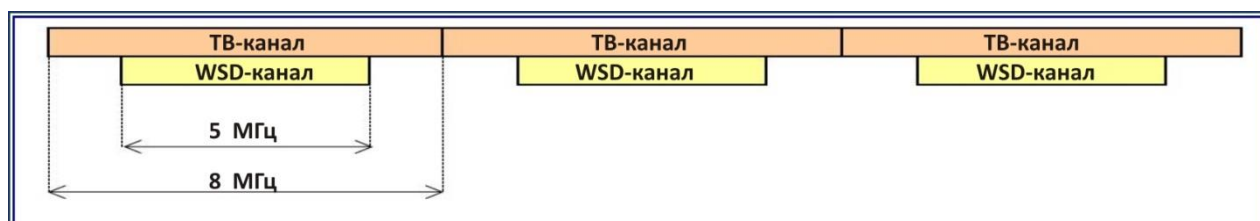
Оценка доступного частотного спектра как белого пространства для цифрового наземного телевизионного вещания в Российской Федерации была проведена для Архангельской области. При проведении оценки не принималось в расчет использование этих участков спектра системами ВРНС (645–790 МГц), вспомогательными службами радиовещания (SAB/SAP), службами кабельного вещания и, в некоторых случаях, станциями аналогового телевидения.

Методика количественной оценки временно неиспользуемого/незанятого спектра

В отношении методики оценки количества спектра, доступного для устройств, использующих белое пространство (WSD), приняты следующие допущения:

- принято в расчет одновременное использование полосы 470–694 МГц радиовещательной службой и устройствами, использующими белое пространство;
- в качестве критерия доступности выбрано снижение вероятности охвата мест приема цифрового телевидения на 1%;
- предполагается, что устройства WSD монтируются на высоте 30 м над поверхностью земли;
- использованы защитные коэффициенты для наихудшего случая из Рекомендации МСЭ-R BR.1368 для помех LTE (защита 90% кремниевых тюнеров и 0% вариантов полезной нагрузки для устройств WSD);
- модель распространения радиоволн – свободное пространство и стандартное отклонение 3,5 дБ при расстоянии до 80 м, Рекомендация МСЭ-R P.1546, и стандартное отклонение 5,5 дБ для большего расстояния;
- суммирование мешающих сигналов не учитывалось;
- в каждой точке учитывалась угловая разрешающая способность приемной антенны;
- для канала устройств WSD рассматривалась ширина полосы 5 МГц, а каналы WSD были распределены таким образом, что центральные частоты каналов WSD совпадали с центральными частотами телевизионных каналов (см. рисунок А5-1).

РИСУНОК А5-1
Сетка каналов ТВ и WSD



Расчет доступного спектра

На рисунке A5-2 приведена карта спектра, доступного в регионе для э.и.и.м., равной 20 дБм. Для региона характерны однородный рельеф, а также низкая плотность телевизионных станций и населенных пунктов, особенно в северной части.

На рисунке A5-3 представлена зависимость количества свободных каналов когнитивного устройства от процентной доли территории региона, для которой доступно данное количество свободных каналов. На рисунке A5-4 представлена зависимость количества свободных каналов от процентной доли населения, проживающего в регионе, для которой доступно данное количество свободных каналов.

РИСУНОК A5-2

Образец карты частотного спектра, доступного для устройств WSD с мощностью 20 дБм (100 мВ) в Архангельской области

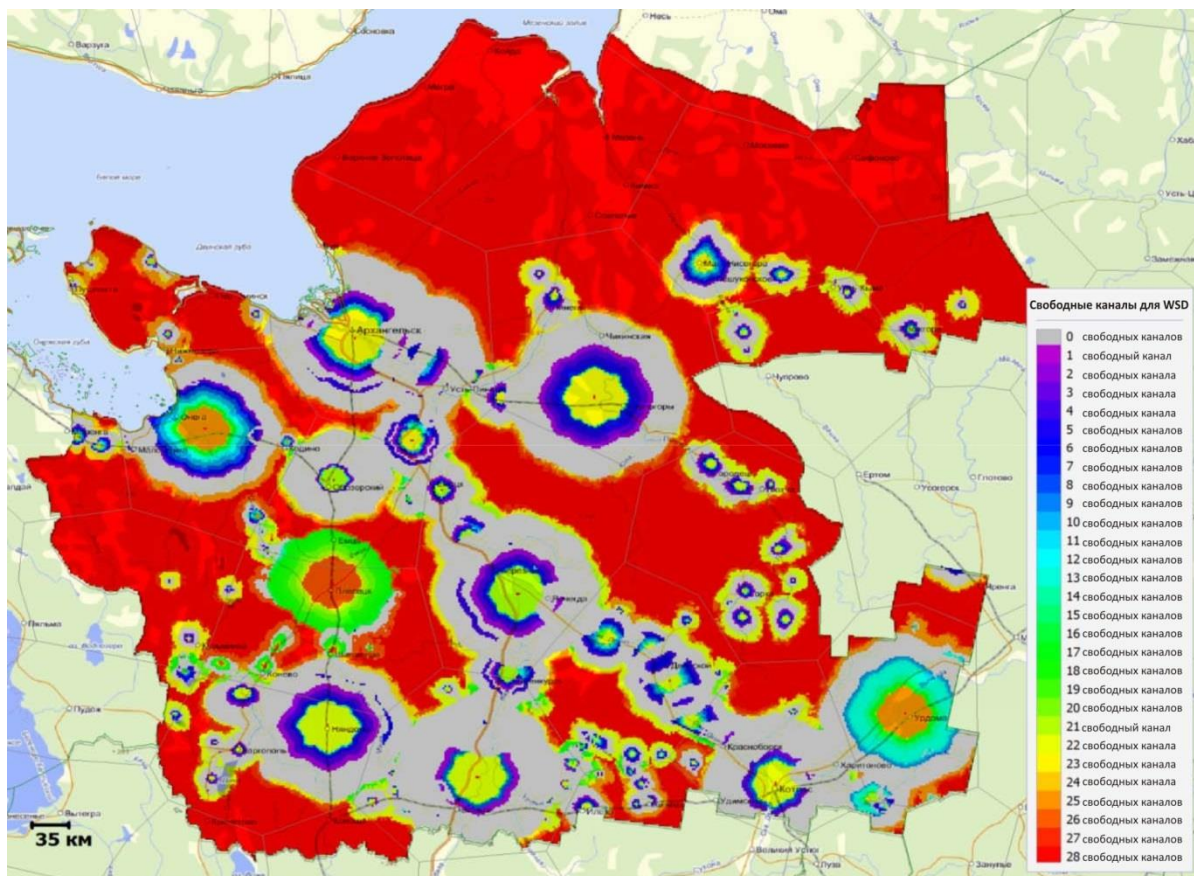


РИСУНОК А5-3

Результаты анализа каналов спектра, доступных для динамического распределения устройствам WSD, в зависимости от процентной доли пикселей, для которой доступно данное количество свободных каналов

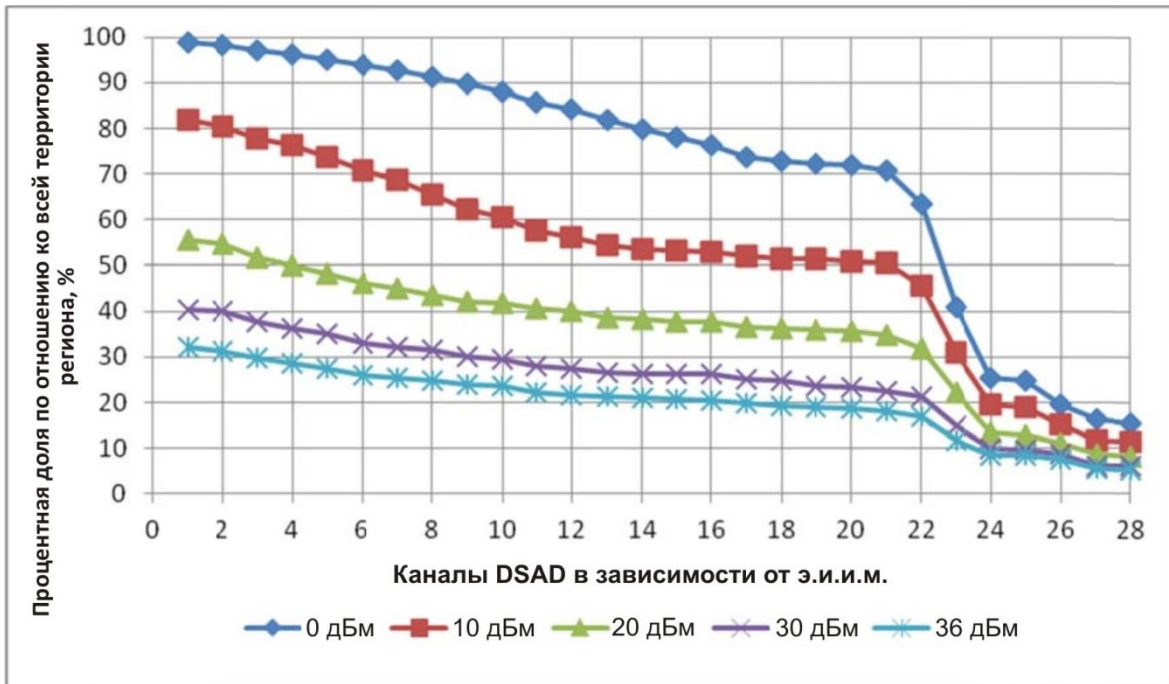
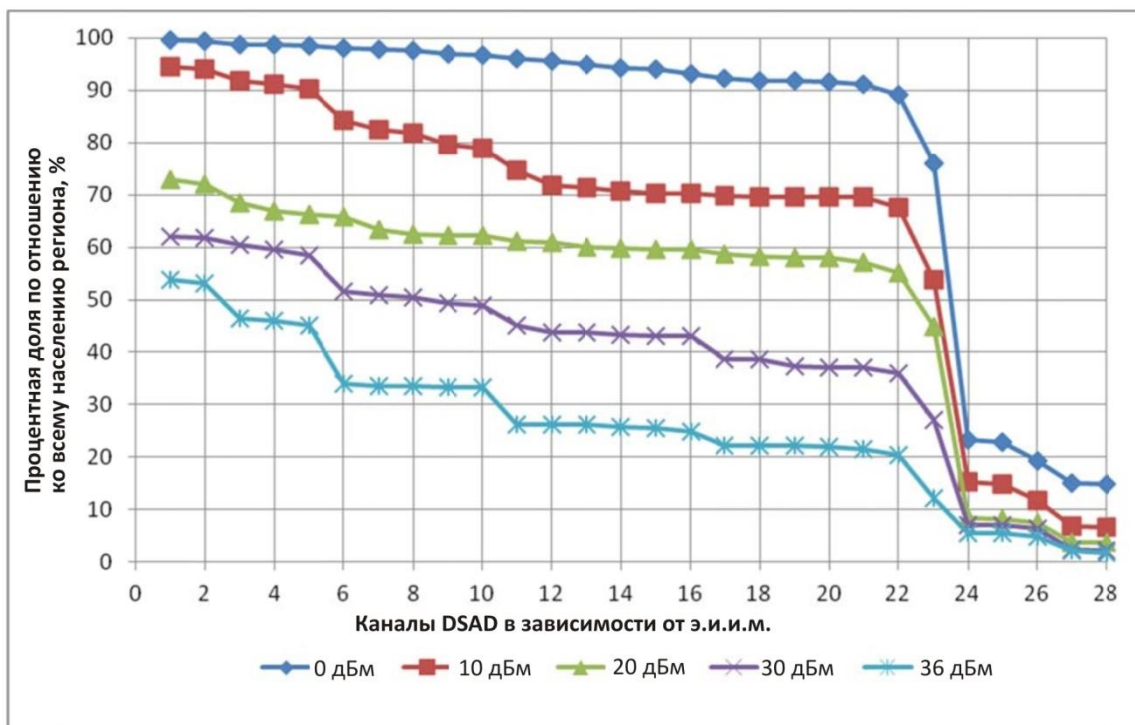


РИСУНОК А5-4

Результаты анализа каналов спектра, доступных для динамического распределения устройствам WSD, в зависимости от процентной доли населения, для которой доступно данное количество свободных каналов



Расчет доступного спектра для внедрения устройств WSD проводился в одном регионе Российской Федерации. Результаты расчетов показывают, что при использовании маломощных устройств WSD (э.и.и.м. 0 дБм) 20 каналов доступны для 90% населения региона, однако при использовании устройств WSD высокой мощности (э.и.и.м. 36 дБм) 20 каналов доступны только для 20% населения региона. Населенные пункты, в которых проживают эти 20% населения, расположены вблизи телевизионных станций.

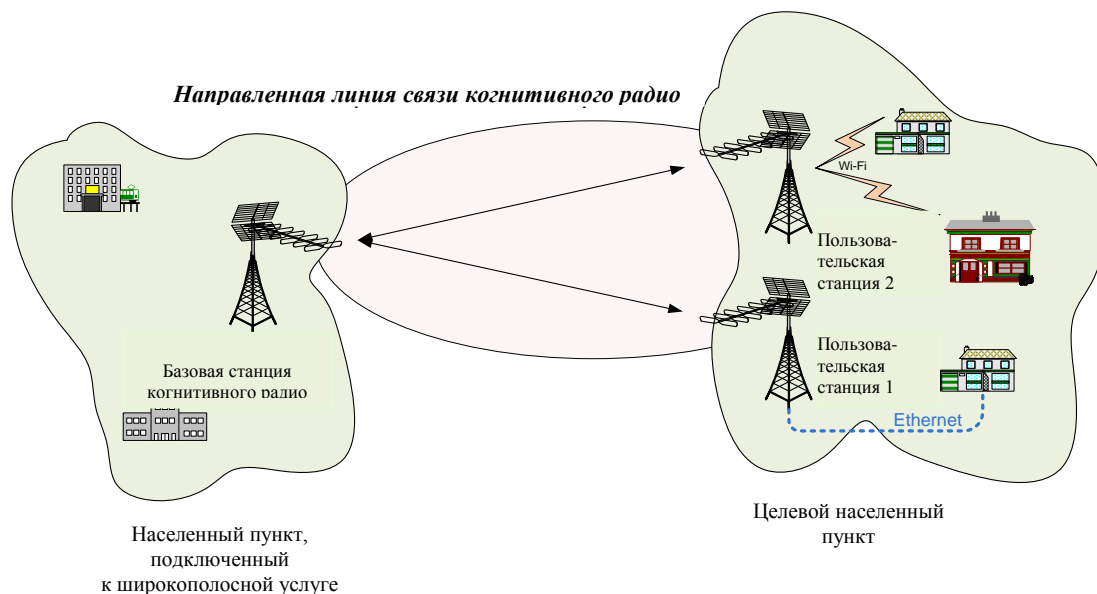
Следует отметить, что представленные расчеты не учитывали совокупные помехи от нескольких устройств WSD, что могло бы сократить количество спектра, доступного для устройств WSD.

Сценарии применения для линии радиосвязи пункта с пунктом (П-П)

Во многих небольших населенных пунктах Российской Федерации широкополосный доступ отсутствует. Типичным сценарием внедрения системы когнитивной радиосвязи в таких случаях является развертывание головной станции в населенном пункте с фиксированным широкополосным доступом к интернету, а пользовательских станций – в отдаленном населенном пункте. В этом случае как головная, так и удаленные станции могут использовать направленные антенны (см. рисунок А5-5).

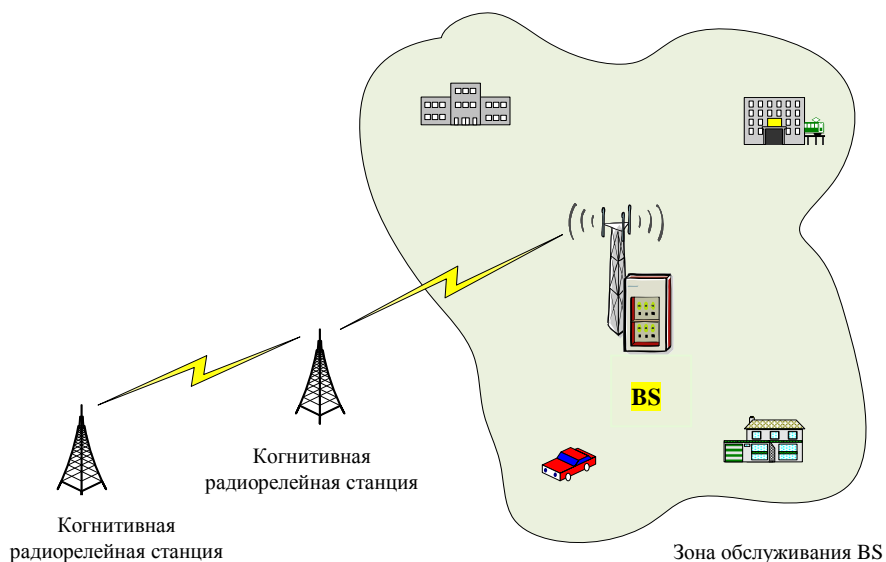
РИСУНОК А5-5

Линия связи П-МП между населенными пунктами, использующая направленные антенны, в полосе частот 470–686 МГц



В пределах населенного пункта в качестве пользовательских станций когнитивной радиосистемы могут быть установлены небольшие базовые станции LTE (микросоты) или широкополосные точки доступа Wi-Fi. Такая топология позволит установить постоянное соединение с сетями связи общего пользования через стандартные радиointерфейсы серийно выпускаемых абонентских устройств при использовании незанятого спектра в полосе 470–790 Гц. На рисунке А5-6 изображена многопролетная радиолиния, работающая на основе системы когнитивного радио.

РИСУНОК А5-6

**Радиорелейная линия между населенными пунктами,
работающая на основе когнитивной технологии**

Преимуществом данного варианта является отсутствие необходимости в специальном операторе услуг электросвязи. Аналогично радиосистемам, освобожденным от лицензии, за установку и эксплуатацию систем CRS отвечают либо сами пользователи, либо уполномоченная компания (в соответствии с правилами установки и эксплуатации CRS в Российской Федерации).

Для обеспечения отсутствия помех защищенным первичным радиосистемам в полосе радиовещания должны применяться остроуправленные антенны и соблюдаться допустимые значения излучаемой мощности. В таблице А5-1 приведены примеры расчета расстояния для радиолиний П-П и П-МП с использованием передатчиков малой и средней мощности и направленных антенн типа "волновой канал", аналогичных тем, которые применяются для приема наземного телевизионного вещания в полосе частот 470–790 МГц.

ТАБЛИЦА А5-1

Пример расчета расстояния для широкополосной/радиорелейной линии связи между населенными пунктами в диапазоне частот 600 МГц с использованием антенн для фиксированного приема, применяемых в телевидении

Расчет выполнен для параметров модуляции, аналогичных тем, которые применяются в DVB-T2

Параметр	Низкая мощность, большой радиус действия	Низкая мощность, средний радиус действия	Низкая мощность, малый радиус действия	Высокая мощность, большой радиус действия	Высокая мощность, средний радиус действия	Высокая мощность, малый радиус действия
Мощность передатчика, Вт	1	1	1	25	25	25
Усиление антенны, дБд	12	12	10	12	12	10
Высота антенны, м	10	10	10	10	10	10
Потери в фидере, дБ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
э.и.м., дБВт	9,5	9,5	7,5	23,5	23,5	21,5
Модуляция	QPSK	64-QAM	256-QAM	QPSK	64-QAM	256-QAM
Кодовая скорость	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Пропускная способность, Мбит/с	11	22	44,3	11	22	44,3
Минимальная напряженность поля для 70% мест, дБ(мкВ/м)	35,6	42,0	51,8	35,6	42,0	51,8
Максимальное расстояние для умеренно пересеченной местности (Рек. МСЭ-R P.1546-4)	6,8	5,0	2,8	13,6	9,9	5,7
Максимальное расстояние для трассы на прямой видимости (Рек. МСЭ-R P.1812-2)	9,1	6,6	5,2	33	20,1	14,7

Во время установки и настройки систем CRS необходимо обеспечить снижение помех телевизионному вещанию в полосе частот 470–790 МГц. Это может быть реализовано с помощью следующих мер:

- оптимизации местоположения и наведения антенн CRS;
- снижения излучаемой мощности систем CRS;
- принудительного запрета использования определенных радиоканалов для установленных систем CRS несмотря на разрешение, полученное от CR ACS (база данных определения географического местоположения);
- введения дополнительных частотно-избирательных фильтров в выходной каскад передатчика когнитивного радио.

Используя указанные меры подавления помех на месте установки оборудования, можно добиться максимально возможного эффекта в сложных случаях, например в дальней части зоны обслуживания службы телевидения или в зоне полутени, где уровень принимаемого сигнала наземного телевизионного вещания относительно низок. Это единственный способ установки, который позволяет добиться наилучших условий электромагнитной совместимости с телевидением.

В целях подтверждения целесообразности применения технологии в Московской области были проведены полевые испытания. Для защиты службы телевидения за основу была принята защита от помех системы цифровой модуляции, соответствующей COFDM 64-QAM при ширине полосы 8 МГц. В таблице А5-2 приведена минимальная напряженность поля для TVCH 40.

ТАБЛИЦА А5-2

Минимальная средняя напряженность поля DVB-T2 для TVCH 40

	<i>E_{min}</i> , дБ[мкВ/м]		
	50 %	70 %	95 %
Доля местоположений в процентах	50 %	70 %	95 %
QPSK (скорость кода 4/5)	32,3	35,2	41,4
16-QAM (скорость кода 4/5)	38,4	41,3	47,5
64-QAM (скорость кода 4/5)	44,0	46,9	53,0
256-QAM (скорость кода 4/5)	49,4	52,3	58,4

На рисунках А5-7 и А5-8 показаны возможные трассы для измерений (выделенные разным цветом). Моделирование выполняется согласно методике прогнозирования для трасс П-П, описанной в Рекомендации МСЭ-R P.1812. Были проведены также дополнительные расчеты с использованием методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R P.1546. При моделировании были учтены естественные препятствия на трассе и отражение сигналов от леса.

РИСУНОК А5-7

Потенциальные трассы для связи между населенными пунктами в Московской области

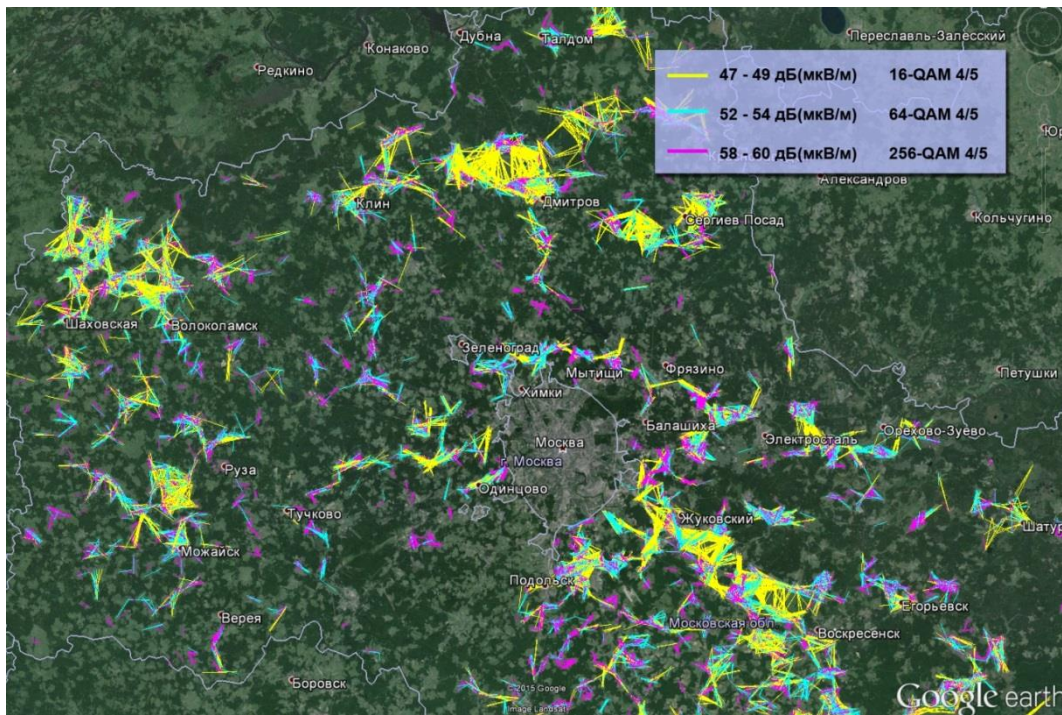
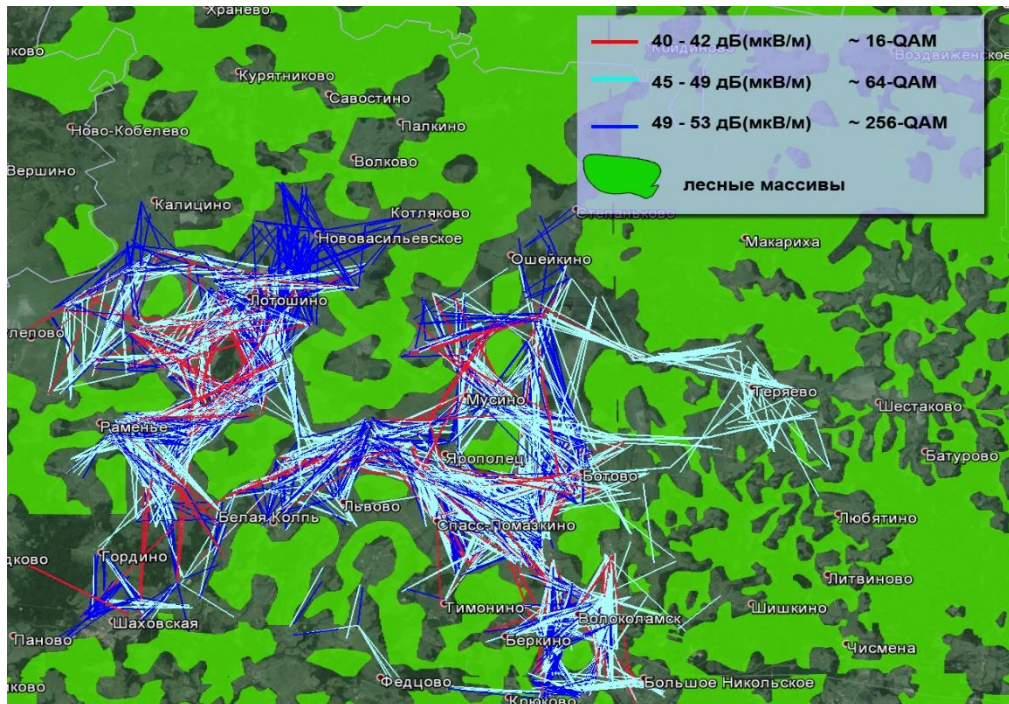


РИСУНОК А5-8

Потенциальные трассы для полевых испытаний в Московской области



Проведенные полевые испытания показали достаточный уровень сигнала в большинстве расчетных местоположений с небольшой высотой передающей/приемной антенны (10 м). Согласно результатам измерений максимально возможная скорость передачи данных составляет 48,27 Мбит/с (соответствует 256-QAM 4/5) при ширине полосы радиоканала 8 МГц. Расстояние между населенными пунктами

вдоль полузакрытой трассы составляет 8,6 км. Минимальная скорость передачи данных составляет 18,07 Мбит/с (соответствует 16-QAM 3/5). Данные получены для линии радиосвязи между населенными пунктами, расстояние между которыми составляет 11,1 км, вдоль полузакрытой трассы.

Измерения показали, что одной из основных предпосылок уверенного приема является процентная доля участков трассы распространения сигнала, на которых прямая видимость закрыта препятствиями. Все трассы, на которых количество участков прямой видимости превышало 50% (важное условие для распространения волн), обеспечивали уверенный прием сигнала. На других трассах, с преобладанием участков без прямой видимости между точками передачи и приема, как правило, прием сигнала отсутствовал. Следовательно, такие характеристики системы когнитивного радио, как диапазон и возможная скорость передачи данных, могут варьироваться в зависимости от типа помех.

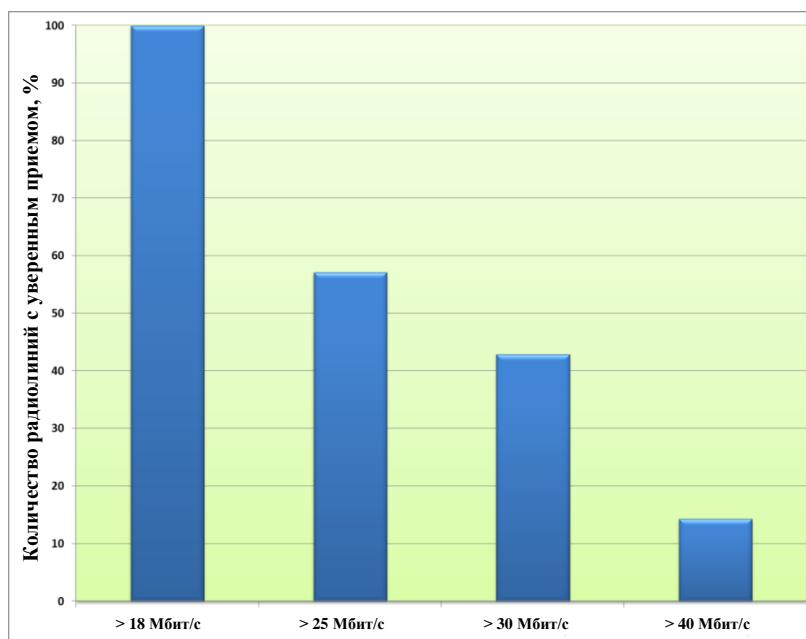
На рисунке А5-9 показана диаграмма распределения максимально достижимой скорости передачи данных при ширине полосы частот радиоканала 8 МГц. Столбцы диаграммы охватывают четыре диапазона скорости передачи данных:

- 1) свыше 18 Мбит/с;
- 2) свыше 25 Мбит/с;
- 3) свыше 30 Мбит/с;
- 4) свыше 40 Мбит/с.

На диаграмме представлен анализ всех возможных трасс между населенными пунктами на примере Московской области с учетом профиля трассы (типа отражений).

РИСУНОК А5-9

Зависимость максимально достижимой скорости передачи данных от количества линий радиосвязи



Количество радиолиний со стабильной скоростью передачи данных более 40 Мбит/с составляет примерно 14%, а скорость передачи данных 25–30 Мбит/с в среднем доступна для 50% радиолиний. Такая средняя скорость передачи данных достигается на расстояниях от 8 до 12 км.

Возможные технические параметры оконечных станций WSD приведены в таблице А5-3.

ТАБЛИЦА А5-3

Технические параметры WSD

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение
Мощность передатчика, Вт	0,1	25
Усиление антенны, дБд	5	14
Высота антенны, м	10	30
Потери в фидере, дБ	1	5
э.и.м., дБВт	8	27

Таким образом, на основе результатов исследований, проведенных в Российской Федерации, можно сделать следующие выводы.

- 1) Полоса частот телевизионного вещания имеет незанятый частотный ресурс, объем которого в значительной степени зависит от территории и характеристик систем когнитивного радио.
- 2) Незанятый спектр в радиовещательной полосе может использоваться системами П-П с динамическим доступом к ресурсу на основе базы данных определения географического местоположения с возможной скоростью передачи данных до 40 Мбит/с на расстояниях до 10–12 км для трасс с прямой видимостью между населенными пунктами при среднем качестве приема сигнала и до 18 км для трасс с прямой видимостью с приемом сигнала телевидения без помех. Однако для предотвращения создания непреднамеренных помех приему телевизионных сигналов необходимы специальные меры, в частности предварительное сетевое планирование.

Приложение 6**Исследования динамического доступа к спектру
посредством когнитивного радио в Китае**

Поскольку методы динамического доступа к спектру (DSA) с использованием когнитивного радио могут служить приемлемым решением проблемы нехватки ресурсов спектра и неэффективности использования спектра, в Китае проводятся исследования по управлению использованием спектра на основе методов DSA. В полосе 223–235 МГц развернуты пробные сети DSA-систем в целях дальнейшего развития технологий DSA и управления использованием спектра.

Распределение спектра в полосе 223–235 МГц

В Китае ресурсы спектра в диапазоне 223–235 МГц распределены для передачи данных в таких отраслях, как энергетика и горнодобывающая промышленность. Различные ресурсы спектра статически распределены отраслям по всей стране. Приложения, применяемые в промышленности, используют приемопередатчики в первую очередь для передачи данных, и развертывание приемопередатчиков для промышленного применения должно быть одобрено и зарегистрировано органом, регулирующим использование спектра.

Неэффективное использование спектра в полосе 223–235 МГц со статическим распределением спектра

Статическое распределение спектра приводит к неэффективному использованию спектра в полосе 223–235 МГц.

- 1) Характеристики применений, используемых в промышленности, таковы, что данные применений необходимо передавать лишь периодически. Зачастую ресурсы спектра, распределенные некоторым отраслям промышленности, временно не используются. При статическом распределении спектра эти неиспользуемые ресурсы спектра не могут использоваться другими отраслями.
- 2) При действующем статическом распределении спектра в любой географической области ресурсы спектра, распределенные одной отрасли, не могут использоваться другими отраслями. Однако некоторые отрасли промышленности в определенных регионах могут отсутствовать, поэтому на участках спектра, распределенных таким применениям, передача данных может не проводиться вообще. Тем не менее при статическом распределении спектра эти ресурсы не могут использоваться другими отраслями.

В таблице А6-1 показано использование спектра в полосе частот 223–235 МГц, распределенной некоторым отраслям промышленности в различных провинциях. Цветная ячейка в таблице означает, что участок спектра, распределенный отрасли, используется в данной провинции или городе, а пустая ячейка означает, что участок спектра не используется. Из таблицы А6-1 ясно, что ресурсы спектра, распределенные некоторым отраслям, в ряде регионов не используются.

ТАБЛИЦА А6-1

Использование спектра в полосе 223–235 МГц, распределенной некоторым отраслям промышленности в провинциях

Провинция	Отрасль 1	Отрасль 2	Отрасль 3	Отрасль 4	Отрасль 5	Отрасль 6	Отрасль 7
Цзянсу							
Шанхай							
Фуцзянь							
Тяньцзинь							
Синьцзян							
Чжэцзян							
Аньхой							
Хэнань							
Гуандун							
Цзянси							
Шэньси							
Нинся							
Хэбэй							
Внутренняя Монголия							
Пекин							
Юньнань							
Сычуань							
Хайнань							
Ганьсу							
Гуйчжоу							
Хунань							
Чунцин							
Гуанси							
Хубэй							
Шаньси							

Отрасль 1
Отрасль 2
Отрасль 3

Отрасль 6
Отрасль 7
Не используется

Растущие потребности в спектре, связанные с развитием отрасли

С развитием таких отраслей, как "умные" электросети и интеллектуальные нефтяные месторождения, характеристики отраслевых применений изменились, и сейчас они требуют большего объема ресурсов спектра для передачи данных. Однако в полосе частот 223–235 МГц ресурсов спектра недостаточно для того, чтобы соответствовать растущим потребностям в спектре отраслевых применений.

Применение DSA посредством когнитивного радио в полосе 223–235 МГц

Для полосы 223–235 МГц повышение эффективности использования спектра становится крайне важной задачей. В настоящее время рассматривается применение DSA в полосе 223–235 МГц, и с помощью технологии когнитивного радио временно неиспользуемый/незанятый спектр может быть обнаружен и распределен между отраслями для совместного использования. Соответственно повышается эффективность использования спектра в полосе 223–235 МГц и появляется возможность удовлетворить потребности отраслей в спектре.

Проблемы управления использованием спектра

С применением динамического доступа к спектру посредством когнитивного радио в полосе 223–235 МГц возникают новые проблемы, связанные с управлением использованием спектра.

- 1) **Гарантия бесперебойной передачи когнитивной информации в реальном времени**

Система, использующая DSA, должна правильно определять временно неиспользуемый/незанятый спектр, бесперебойно передавая когнитивную информацию в реальном времени. Для систем радиосвязи должна также правильно передаваться управляющая информация, например настройки канала связи.

В системе DSA, когда данные передаются в совместно используемом спектре, соблюдение данного требования позволит гарантировать бесперебойную передачу когнитивной информации или управляющей информации в реальном времени.
- 2) **Гарантия качества обслуживания**

При передаче данных различными службами действуют различные требования к качеству обслуживания (QoS). Например, при передаче некоторых типов важных служебных данных должны соблюдаться строгие требования по задержке. При использовании системы DSA соблюдение данных требований позволит гарантировать QoS при передаче важных служебных данных.

В действующей системе, не использующей DSA, управляющая информация и служебные данные передаются через ресурсы спектра, распределенные статически. Однако с введением системы DSA ресурсы, распределенные действующим системам, могут быть динамически обнаружены и использованы DSA-системой, в результате чего возможны помехи действующей системе. Следовательно, будет прервана передача управляющей информации и служебных данных действующей системы и гарантировать качество обслуживания будет невозможно.

Поскольку в работающих полосах частот функционирует не одна система, а больше, DSA-система может работать на частоте, соседней с другой DSA-системой или системой, не использующей DSA. Таким образом, необходимо обеспечить совместимость между системами, работающими в одной и той же полосе частот, что позволит избежать помех и гарантировать QoS для различных служб.
- 3) **Гарантия справедливого распределения совместно используемых ресурсов спектра между системами**

Для одновременной работы нескольких DSA-систем необходимо разработать схему, которая гарантировала бы справедливое распределение совместно используемых ресурсов спектра между системами с точки зрения времени использования ресурсов и их объема.

Выполняемые исследования по управлению использованием спектра

На данный момент для решения вышеупомянутых проблем были проведены исследовательские работы по управлению использованием спектра и методам технического обеспечения использования спектра. Исследования были в основном посвящены следующим вопросам.

- **Планирование использования спектра для применений систем DSA**

Для того чтобы гарантировать бесперебойную передачу когнитивной информации или управляющей информации систем в реальном времени, им необходимо распределить надлежащие ресурсы спектра, а также разработать критерии защиты этих ресурсов.

- Регламентирование совместного использования ресурсов DSA-системами
Для того чтобы гарантировать качество обслуживания (QoS) при передаче служебных данных и совместное использование ресурсов DSA-систем на справедливой основе, необходимо разработать правила использования общих ресурсов, в частности установить максимально допустимое время использования и количество одновременно используемых ресурсов спектра для каждой DSA-системы.
- Стандартизация эксплуатационных и технических характеристик устройств динамического доступа к спектру (DSAD)
Некоторые эксплуатационные и технические характеристики DSAD должны быть стандартизованы, что позволит обеспечить совместимость систем в рабочей полосе частот. К этим характеристикам относятся, в частности, РЧ-требования, вероятность обнаружения и время отсрочки передачи.

Испытания DSA в электроэнергетике

Для проведения испытаний разработана система DSA посредством когнитивного радио в полосе 223–235 МГц. Архитектура системы показана на рисунке А6-1. Система состоит из сети беспроводного доступа, базовой сети (CN), центра эксплуатации и технического обслуживания (ОМС) и платформы приложений. Сеть беспроводного доступа включает в себя когнитивные базовые станции и оконечные устройства когнитивного радио, которые используются для обнаружения временно неиспользуемых ресурсов спектра. Платформа приложений выполняет функцию статистики и анализа данных приложения.

РИСУНОК А6-1

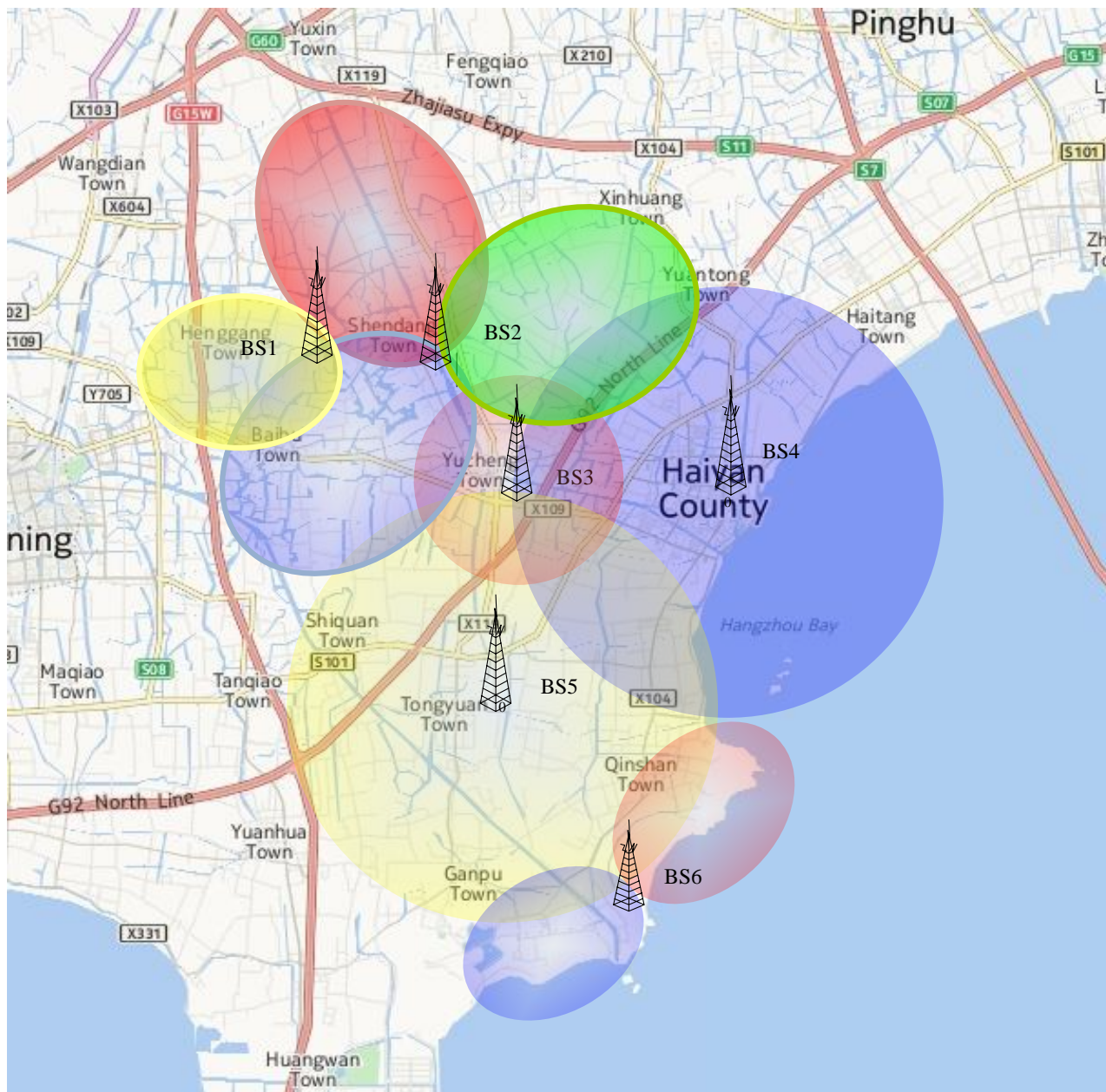
Архитектура DSA-системы, используемой для проведения испытаний



При создании и развитии "умных" электросетей в Китае для таких применений, как автоматизация распределения мощности и сбор данных о потребляемой мощности, требуется большее количество ресурсов спектра. Однако ресурсов спектра, распределенных электроэнергетической отрасли в полосе 223–235 МГц, недостаточно. В связи с этим в китайской провинции Чжэцзян была развернута пробная система динамического доступа к спектру посредством когнитивного радио для электроэнергетической отрасли; с помощью методов когнитивного радио может быть обнаружен неиспользуемый спектр и удовлетворены потребности в спектре применений "умных" электросетей. На рисунке А6-2 показана пробная сеть, развернутая в Хайяне, округе провинции Чжэцзян.

РИСУНОК А6-2

Пробная сеть, развернутая в Хайяне



В этой пробной сети может быть проведена проверка характеристик DSA-системы. Согласно результатам испытаний временно неиспользуемые ресурсы спектра могут быть обнаружены и использованы для электроэнергетических систем, использующих методы когнитивного радио. В сочетании с технологиями мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) и адаптивной модуляции и кодирования (AMC) эффективность использования спектра в полосе 223–235 МГц значительно повысилась – с 0,768 бит/с/Гц до 2,44 бит/с/Гц. В дальнейшем испытания будут проводиться и для спектра, совместно используемого несколькими системами DSA для разных отраслей промышленности.

Приложение 7

Опыт ATDI в проведении расчетов TVWS

1 Введение

Белое пространство ТВ-спектра (TVWS) – это свободные частоты ниже 1 ГГц, доступные для нелицензионного использования в некоторых странах в тех местах, где спектр не используется лицензированными службами, в основном службой телевизионного вещания. Полоса 470–790 МГц в настоящее время используется в Европе службой цифрового наземного телевидения (ЦНТ) и оборудованием для программ и специальных мероприятий (PMSE).

Далее в тексте приведены подробности методов моделирования сосуществования устройств, использующих белое пространство (WSD), и цифрового наземного телевидения (ЦНТ). В нем также представлена информация о механизмах формирования, эксплуатации и совместного использования баз данных устройств WSD, исходя из расчетов и анализа, проведенного на платформе ATDI.

РИСУНОК А7-1

Иллюстративный пример: УВЧ телевизионной полосы (470–790 МГц) и ее пользователи в Европе



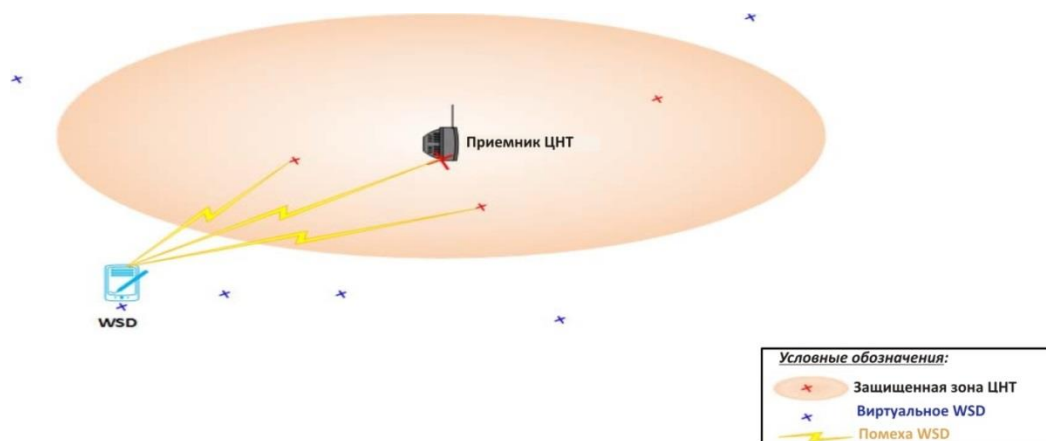
Метод, аналогичный описанному ниже, может быть использован для поиска доступных каналов на любой полосе частот, используемой какой-либо службой радиосвязи (изменение настроек расчета, заданных пользователем или полученных из стандартных таблиц); могут использоваться те же настройки.

2 Метод создания национальной базы данных WSD

Для создания национальной базы данных WSD ATDI предлагает решить следующие задачи.

РИСУНОК А7-2

Метод создания национальной базы данных WSD



- Расчет покрытия всех сетей ЦНТ. Для карт белого пространства ТВ-спектра (TVWS) и расчета помех предпочтение отдается детерминированной модели распространения. Эта модель также используется для проверки совместимости ЦНТ и WSD.
Совместимость проверяется во всех точках приема внутри зоны покрытия ЦНТ. Если WSD создает помехи приемнику ЦНТ на минимальной мощности, то местоположение WSD отклоняется.
- Необходимо также учитывать передатчики ЦНТ, работающие в других странах. Метод защиты приемников в других странах (присвоения и распределения) должен быть определен на основе порогового значения и/или расчета покрытия.
- Определение оборудования PMSE и свойств других систем, назначенных каналов...
- Определение возможных резервных каналов ЦНТ (для возможного мультиплексирования в будущем).
- Проверка покрытия и применение фильтра по населенным областям с использованием базы данных по населению.
- Расчет карты доступности TVWS с использованием помех, создаваемых устройствами WSD приемникам ЦНТ, для определения областей исключения. Расчеты выполняются для разностных частот до $n \pm 3$ канала (согласно спецификации ETSI EN 301 598 V1.0.0, таблица 3) и внеполосной области, для каждого класса устройств WSD, для каждого канала ЦНТ и для различных значений высоты антенны WSD. Для учета различных устройств WSD, ведущих передачу из одной и той же точки, может применяться запас помехоустойчивости.
- Создание бесплатных карт спектра, доступных в онлайн-режиме (с отображением количества доступных каналов в каждой точке) и содержащих следующую информацию: координаты каждой точки, доступные каналы и соответствующая разрешенная максимальная мощность.
- При добавлении новых WSD уровни помех перепроверяются; при этом значения мощности помех от новой группы устройств WSD и оборудования ЦНТ суммируются.
- Правило авторизации устройств WSD также должно быть четко определено: ограничения по услугам, обеспечение доступа, приоритет...
- Определение протоколов авторизованных WSD (открытое белое пространство) для удаленного запуска маршрутизаторов и мониторинга сети (качество обслуживания, трафик).

3 Обзор метода расчета TVWS

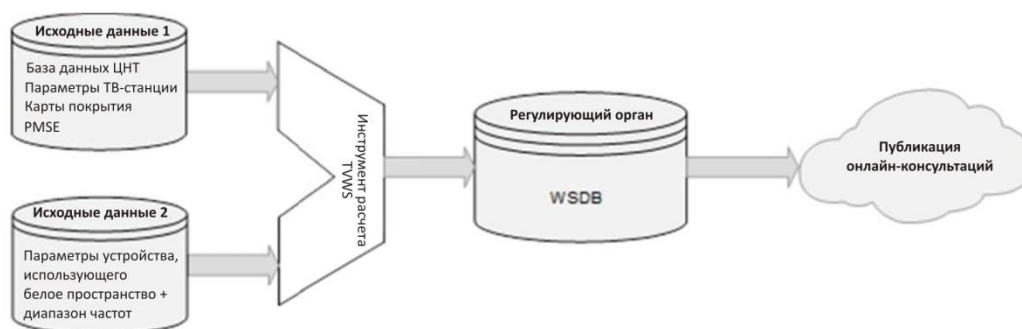
Основная цель – назначение частот устройствам WSD в пробелах покрытия ТВ-каналов. Метод заключается в идентификации областей доступности каждого ТВ-канала.

Метод подтверждения или отклонения авторизации подробно представлен на рисунке ниже. Платформа состоит из трех ключевых блоков:

- инструмента расчета TVWS;
- базы данных инструментов управления;
- издательского инструмента или специализированного веб-сайта.

РИСУНОК А7-3

Обзор платформы для управления устройствами WSD



4 Реализация расчета TVWS

4.1 Инструмент расчета TVWS

Инструмент планирования радиосвязи служит для расчета и оценки каналов, доступных в каждом пункте заданной области, на основе базы данных существующих станций ЦНТ. Это позволяет защитить эти области (назначения и распределения) от любых помех на основе порогового значения и/или расчета покрытия.

После расчета проводится резервное копирование необходимых данных и обновление нелицензированной базы данных устройств WSD (WSDB) для последующих запросов по WSD.

Исходными данными для проведения расчета являются параметры WSD, диапазон частот и идентификатор.

4.1.1 Исходные данные

Исходные данные включают в себя все параметры, необходимые для проведения расчетов и определения белого пространства ТВ-спектра. Эти данные включают в себя:

- параметры передачи ЦНТ и PMSE, расположение станций, уже рассчитанное покрытие...;
- запрос на каналы WSD с известными параметрами передачи (мощность, динамический диапазон, полоса частот...).

4.1.1.1 База данных станций ЦНТ и PMSE

Эта база данных содержит информацию обо всех станциях ЦНТ и PMSE, которым распределены частоты в заданном регионе и на национальном уровне. Таким образом, можно получить данные о характеристиках (излучаемая мощность, карты покрытия, местоположение, частоты, защитные коэффициенты...) каждого из известных передатчиков.

4.1.1.2 База данных WSD

База данных WSD (WSDB) содержит следующую информацию:

- координаты (долгота, широта или координаты X,Y) и высота антенны или высота главного WSD над уровнем моря;
- мощность;
- характеристики антенны – усиление и поляризация;
- класс оборудования;
- полоса частот, в которой может работать WSD.

Эта информация используется для настройки инструмента расчета покрытия белого пространства в соответствии с картографической средой и рельефом, моделью распространения и высотой антенны.

4.1.2 Предлагаемый метод расчета

Расчет, одобренный регуляторным органом, строится на основе:

- карт доступности TVWS;
- зон, подлежащих защите, для каждого канала ЦНТ;
- назначения каналов для WSD.

Эти расчеты выполняются для каждого канала ЦНТ. С их помощью можно также получить максимальную разрешенную мощность для каждого канала в зависимости от класса оборудования.

4.2 Инструмент управления базой данных WSDB

Результаты, полученные с использованием инструмента расчета, хранятся в базе данных WSDB, содержащей карты защищенных каналов, доступные каналы TVWS и значение максимальной мощности, выделенной для каждого канала. В ней также регистрируются уже авторизованные устройства WSD.

Регуляторный орган определяет порядок доступа к базе данных и распределения доступных каналов. Управление базой данных с помощью специального инструмента или выделенного для этой цели веб-сайта позволит совместно использовать доступные каналы в соответствии с критериями, определенными регуляторным органом.

4.3 Онлайн-доступ

После заполнения базы данных WSDB она может совместно использоваться в онлайн-режиме, что позволит пользователям/операторам WSD обмениваться информацией о доступных каналах TVWS внутри заданной зоны и выполнять официальный запрос на использование данного канала WSD на основе следующей информации:

- соответствие требованиям, квалификация и приоритет каналов WSD по типу и классу;
- список доступных каналов и максимальная выделенная мощность;
- список уже используемых каналов (на постоянной или временной основе, например для каких-либо служб PMSE).

Кроме того, существует возможность связаться с администратором базы данных для проверки выбранных каналов перед их использованием. Эта веб-платформа позволяет операторам объединять все запросы на использование каналов, созданные через формы онлайн-регистрации WSD, и периодически направлять их в регуляторный орган.

5 Регуляторный орган

В контексте управления WSD регуляторный орган определяет параметры, которые необходимо учитывать в инструменте расчета. Для повышения производительности и точности расчетов можно порекомендовать соблюдать нескольких правил. Эти параметры позволяют обеспечить совместимость между ЦНТ и WSD.

Рассматриваемые параметры:

- эталонная модель распространения;
- порог покрытия и расчет максимального расстояния;
- коэффициенты защиты для канала ЦНТ.

Регуляторный орган управляет базой данных (карты доступности TVWS в заданной зоне приведены на рисунке А7-5) напрямую или косвенно через оператора высшего уровня. Этот администратор WSDB также определяет сроки распределения каналов TVWS. Для этого регуляторный орган может разработать таблицу распределения частот, доступную для пользователей и в режиме онлайн. Ведение таблицы может быть поручено оператору.

РИСУНОК А7-4

Таблица с примером распределения каналов

		Защитный коэффициент C/I			
		PR1	PR2	PR3	PR4
Приоритет	N1	C11	C12	C13	C14
	N2	C21	C22	C23	C24
	N3	C31	C32	C33	C34
	N4	C41	C42	C43	C44

Доступный канал TVWS соответствует как уровню приоритета (N), так и данному коэффициенту защиты C/I. Например, частота может быть распределена службе с более низким приоритетом, только если на данный момент доступно более двух каналов. См. рисунок А7-5 с примером расчета доступных TVWS в заданном регионе.

6 Платформа ATDI для расчета TVSW

6.1 Обзор

Ниже описана архитектура платформы ATDI для управления TVWS, построенная на основе описанного выше метода.

РИСУНОК А7-5

Расчеты TVWS и управление с помощью инструментов ATDI

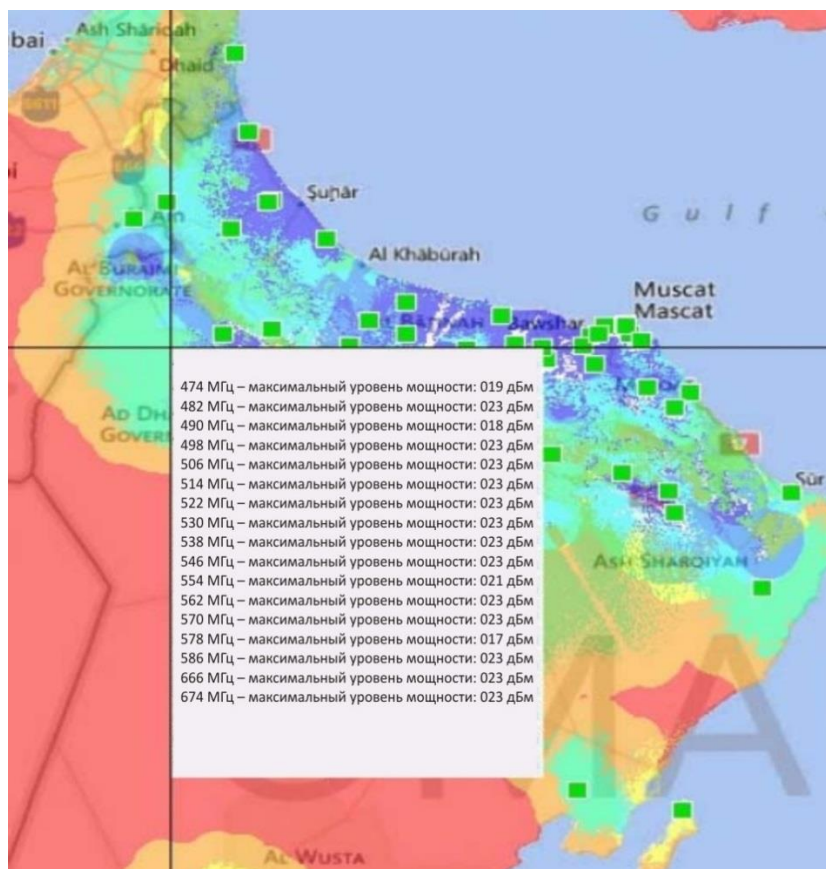


ICS telecom – это инструмент планирования радиосвязи, разработанный ATDI и используемый многими регуляторными органами и операторами по всему миру. Эта вычислительная платформа с настоящего момента включает в себя выделенные модули для расчета TVWS.

Например, для карты на 100 000 км² при разрешении 100 м время расчета с помощью обычного компьютера выпуска 2017 года составляет 15 минут на канал.

РИСУНОК А7-6

Доступные каналы с соответствующей максимальной мощностью



База данных системы управления ATDI, программа управления ICS, создана специально для регуляторных органов и органов управления использованием радиочастотного спектра. Этот инструмент позволяет распределять каналы и управлять ими путем создания правил. Программа управления ICS предлагает онлайн-услуги, что позволяет пользователям TVWS совместно использовать информацию. Все эти функции могут применяться при реализации любых технологий.

6.2 Резюме

Метод, предложенный ATDI, позволяет:

- в точности определять доступные каналы TVWS. Кроме того, этот же метод может быть использован для определения доступных каналов любой службой на любой полосе;
- распределять каналы с учетом правил, действующих в защищенных зонах;
- анализировать влияние вводимых в эксплуатацию систем WSD на другие службы в заданном регионе.

Подробная информация об инструментах, разработанных ATDI для расчета и управления TVWS, представлена на веб-сайте <http://www.atdi.com/white-space-device-calculation-and-database/>.

Приложение 8

Исследования конкретных ситуаций на примере Ботсваны

1 Введение

Медицинские учреждения во многих развивающихся странах не имеют достаточного доступа к широкополосной связи. Для решения этой проблемы Министерство здравоохранения Ботсваны и Регуляторный орган связи Ботсваны (BOCRA) совместно с Ботсванским инновационным центром (ВИН), Университетом Ботсваны, Агентством США по международному развитию (USAID), Университетом Пенсильвании, компанией Microsoft и Глобальной системой широкополосной связи (GBS) запустили экспериментальный проект по оказанию онлайн-медицинских услуг в регионах Ботсваны, не имеющих доступа к широкополосной связи и соответствующим специализированным медицинским услугам. Широкополосная связь предоставляется с применением динамического доступа к спектру (DSA) в неиспользуемых участках спектра по телевизионным каналам или в так называемом белом пространстве ТВ-спектра, или TVWS.

Данный экспериментальный проект служит примером совместного доступа к спектру, содействующего развитию здравоохранения; одна из целей проекта – содействие в информировании о выполнении задач Резолюции 9 ("проводить исследования конкретных ситуаций и собирать передовой опыт в области доступа к совместному использованию спектра частот на национальном уровне, в том числе DSA, и исследовать социально-экономические преимущества, получаемые вследствие эффективного совместного использования ресурсов спектра").

Если говорить о доступности TVWS в Ботсване, то существует значительный объем неиспользуемого и/или неприсвоенного спектра в диапазоне УВЧ, который может использоваться для обеспечения широкополосного доступа в режиме совместно используемого спектра, что значительно повышает эффективность использования ресурсов спектра и позволяет улучшить многие аспекты жизни народа Ботсваны, включая оказание услуг здравоохранения.

2 Задачи и целевые бенефициары программы

Цель проекта "Ботсвана TVWS" – реализация телемедицинской программы здравоохранения посредством услуг недорогой широкополосной связи дальнего действия на частотах TVWS. Эта программа позволит медицинскому персоналу консультировать пациентов в отдаленных местах, а основной задачей программы является увеличение потенциальных масштабов оказания медицинских услуг и охвата ими в Ботсване. Еще одной задачей программы является создание основы для содействия обеспечению недорогого доступа к интернету, что может способствовать развитию возобновляемых источников энергии, образования, здравоохранения, доступа к рынкам и расширению возможностей малого бизнеса на всей территории Ботсваны.

Целевыми бенефициарами программы являются больницы, клиники и пациенты, нуждающиеся в следующих услугах:

- скрининговые обследования в целях выявления рака шейки матки;
- дерматологические скрининговые обследования;
- скрининги и консультации в связи с ВИЧ;
- скрининги и консультации в связи с туберкулезом;
- лечение взрослых и детей;
- консультации терапевта.

Эти бенефициары будут проводить/проходить скрининги и консультации при помощи применений для видео-конференц-связи высокой четкости, работающих с 8-мегапиксельными камерами высокого разрешения в удаленных клиниках и больницах. Для проведения скринингов требуется формирование изображений высокой четкости, позволяющее правильно диагностировать и лечить такие распространенные болезни, как туберкулез. Изображения и видео передаются по широкополосным линиям с поддержкой TVWS на три удаленные площадки и прилегающие территории (на расстоянии передачи сигнала TVWS); затем видеопоток по транзитному интернет-соединению направляется непосредственно медицинскому персоналу в узле города Габороне или партнерам в Университете Пенсильвании для постановки диагнозов и назначения рекомендаций по лечению.

3 Географическое расположение объектов

Сеть построена вокруг центрального узла, трех региональных больниц и близлежащих клиник, каждая из которых испытывает недостаток в ресурсах здравоохранения и широкополосном доступе. Три региональные больницы служат базовыми станциями TVWS, которые охватывают сеть из семи дополнительных клиник в трех пунктах; всего на первом этапе проекта насчитывается десять мест (объектов).

- Узел в Габороне. Сетевым центром является узел системы, расположенный недалеко от Университета Ботсваны и Госпиталя принцессы Марины в Габороне. Центральный узел позволяет подключить сеть к высококачественному проводному интернет-соединению, которое обеспечивает четкую визуализацию пациентов в удаленных точках и оказывает консультационные услуги кафедры через телемедицинские применения и устройства.
- Узел 1 в Лобаце. Расположенный к юго-востоку от Габороне, узел в Лобаце обеспечивает хостинг для сети TVWS, которая будет в дальнейшем предоставлять широкополосные услуги клиникам, а в перспективе – и другим объектам на прилегающей территории. В этом учреждении будут проводиться скрининговые обследования в целях выявления рака шейки матки и дерматологические скрининговые обследования.
- Узел 2 в Франсистауне. Находящийся недалеко от северо-восточной границы с Зимбабве, узел во Франсистауне также подключен к TVWS и проводит скрининговые обследования в целях выявления рака шейки матки на первом этапе осуществления проекта. На втором этапе будут проводиться скрининговые обследования на туберкулез и ВИЧ, а также лечение взрослых и детей.

- Узел 3 в Мауне. Этот узел, расположенный в сельском районе к северо-западу от Ботсваны, будет подключен на втором этапе проекта для проведения скрининговых обследований шейки матки и скрининговых обследований на туберкулез и ВИЧ, предоставления медицинских консультаций для взрослых и детей, а также для терапевтического лечения.

4 Техническая архитектура

Транзитное подключение к интернету осуществляется через Ботсванские оптоволоконные сети (BoFiNet – оптовый поставщик национальной и международной инфраструктуры электросвязи), которые обеспечивают подключение к узлу в Габороне трех основных точек, где находятся базовые станции TVWS. Базовые станции подключаются к радиоустройствам TVWS, находящимся в местах расположения объектов и вокруг них. Целью первоначального развертывания прежде всего является обеспечение клиник радиоустройствами TVWS для подключения к сети, но со временем, скорее всего, будут охвачены и другие объекты, в частности правительственные учреждения и малые предприятия.

РИСУНОК А8-1
Техническая схема

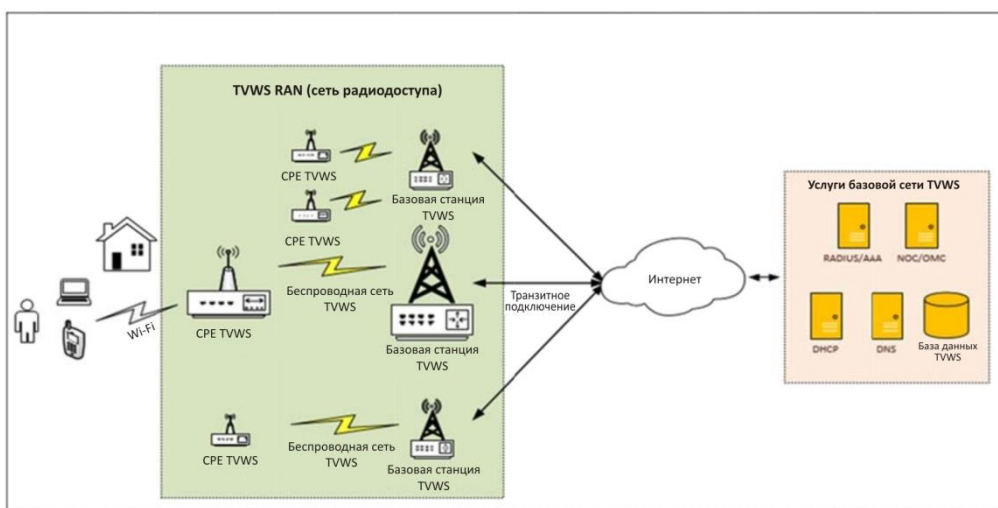


ТАБЛИЦА А8-1

Спецификации радиоустройств, использующих белое пространство ТВ-спектра

Спецификации радиоустройств	Радиоустройства, использующие белое пространство
Беспроводная среда	TDD OFDMA
Сетевые стандарты	Модифицированный и усовершенствованный 802.22
Поддерживаемые скорости передачи на уровне РНУ	12 режимов от 1,5 Мбит/с до 20 Мбит/с
Скорость передачи данных (сум. уровень 2 UL+DL при 6 МГц)	1 Мбит/с – 16 Мбит/с
Ширина канала	5,5 МГц (Северная и Южная Америка), 7,6 МГц (Европа и Африка)
Рабочие каналы	США – УВЧ-каналы 14–51 (470–698 МГц), Соединенное Королевство – УВЧ-каналы 21–68 (470–854 МГц)
Доступные параметры мощности передатчика	20 дБм (100 мВт) кондуктивная

ТАБЛИЦА А8-1 (окончание)

Управление питанием	Программируемое
Рабочие полосы частот	FCC УВЧ 400–1000 МГц
Чувствительность приемника	–98 дБм 3,5 дБ 2,7 Мбит/с (QPSK 1/2) –90 дБм 11,5 дБ 7,1 Мбит/с (16-QAM 2/3) –81 дБм 20,5 дБ 12 Мбит/с (64-QAM 3/4)
Типы модуляции	OFDM: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Антенны	Антенна PCB типа Bowtie, клиентская, интегрированная Вертикально поляризованная, ~0 дБи DV2E-панельная УВЧ-антенна, клиентская или базовая Вертикально поляризованная 2-элементная антенна, 6–9 дБи Логопериодическая базовая антенна Вертикально поляризованная антенна, 10 дБи

Спектр TVWS, используемый в проекте

- До шести УВЧ-каналов с шириной полосы 8 МГц используются в диапазоне 470–790 МГц.
- Три УВЧ-канала доступны в диапазоне 470–598 МГц.
- Три УВЧ-канала доступны в диапазоне 638–790 МГц.

ТАБЛИЦА А8-2

План каналов

Диапазон УВЧ-каналов	Диапазон частот	Всего каналов	Используемые каналы	Название доступного канала
Каналы 21–36	470–598 МГц	16	3	X1, X2, X3
Каналы 42–60	638–790 МГц	19	3	Y1, Y2, Y3

ТАБЛИЦА А8-3

План каналов и пропускной способности

Наименование и местоположение базовой станции	Местоположение дополнительных объектов	№ секторов (антенн/элементов)	Одновременно работающие пользователи (использующие 1,2 Мбит/с каждый)	Минимальная пропускная способность на одного пользователя (Мбит/с)*	Средняя пропускная способность по протоколу TSP на один канал (Мбит/с)	Общая пропускная способность (Мбит/с)	Мин. количество базовых радиостанций (BS)	Кол-во базовых радиостанций в одном секторе			Распределение каналов на одну базовую радиостанцию					
								A	B	C	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Госпиталь Athlone, ЛОБАЦЕ	Клиника Tsopeng	3	50	1,2–10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Мемориальный госпиталь Letsholathebe II, МАУН	Клиника Moeti Клиника Boseja Клиника в Мауне Клиника Sedie Клиника общего профиля в Мауне	3	50	1,2–10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Больница Nyangabwe/ФРАНСИСТАУН	Клиника Donga	3	50	1,2–10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3

* Минимальная пропускная способность варьируется в зависимости от радиочастотной обстановки (удаленность от точки, количество одновременно работающих пользователей). Расчет проведен для 3 Мбит/с за пределами линии прямой видимости и дальности до 10 км.

5 Финансирование

Экспериментальный проект финансируется с использованием модели партнерства между центром ВИН, компанией Microsoft, USAID, Университетом Пенсильвании и системой GBS. Каждая из сторон вносит взносы разной величины в натуральном выражении.

- Центр ВИН обязался покрыть расходы на поддержку сети в размере 435 949 долл. США.
- Компания Microsoft обязалась выделить 473 765 долл. США на покрытие расходов, включая разработку программного обеспечения, программу телемедицины, поставку телефонов Nokia для распределения среди местных медицинских работников и центров, а также настольных компьютеров с операционной системой Windows 8.1.
- USAID взяло на себя обязательство выделить средства на закупку сетевого оборудования для широкополосной связи, использующего белое пространство ТВ-спектра; оценочная стоимость оборудования составит 205 240 долл. США.
- Пенсильванский университет обязался совместно с медицинским персоналом в Ботсване проводить медицинские консультации в рамках программы телемедицины, софинансируемой экспериментальным партнерством.
- Система GBS взяла на себя обязательство разработать, построить и взять в управление сеть, использующую белое пространство ТВ-спектра (TVWS), позволяющую обеспечить доступ к широкополосной связи для госпиталей и больниц Министерства здравоохранения в Ботсване.
- Конечная цель проекта – достижение финансовой стабильности сети TVWS и сопутствующей программы предоставления медицинских услуг, которые в будущем перейдут на коммерческую модель и не будут требовать внешнего финансирования и взносов в натуральном выражении.

6 Законодательные аспекты

Регуляторный орган связи Ботсваны (BOCRA) предоставил полномочия ВИН в партнерстве с компанией Microsoft, Университетом Пенсильвании и Глобальной системой широкополосной связи провести испытание беспроводной широкополосной связи с использованием TVWS при соблюдении следующих условий:

- технологию разрешено использовать на вторичной основе, поэтому если первичным службам (радиовещанию) создаются какие-либо помехи, система TVWS должна быть немедленно отключена;
- испытательный период составляет 36 месяцев (3 года);
- диапазон частот, используемых объектами контролирующими органами, составляет 470–694 МГц;
- все используемое оборудование должно соответствовать типу, утвержденному BOCRA;
- испытания разрешается проводить во всей стране, в больницах и клиниках, а также в медицинских пунктах;
- каждые 6 месяцев необходимо составлять периодические отчеты о ходе проекта для BOCRA;
- тарифы, которые будут разработаны для заинтересованных пользователей, должны быть представлены на утверждение BOCRA;
- в случае если BOCRA разработает и утвердит основные принципы работы TVWS в общих чертах во время испытания, ВИН будет обязан действовать в рамках этих принципов;
- при необходимости Регуляторный орган может внести изменения в вышеперечисленные условия (включая введение дополнительных условий) по согласованию с партнерами.

7 Заключение

Широкополосные применения стали важным средством улучшения качества жизни для малообеспеченных групп населения развивающихся стран. В Ботсване широкополосный доступ путем совместного использования спектра в ТВWS помогает удовлетворить потребности граждан

страны в здравоохранении. От реализации программы телемедицины ожидаются значительные экономические и социальные выгоды; кроме того, в проект будет включена функция мониторинга и оценки для описания социально-экономического влияния на охватываемые группы населения.

Для того чтобы выйти за рамки экспериментального проекта и обеспечить устойчивое коммерческое развитие, ВОСРА поручено определять и осуществлять меры по дальнейшему продвижению этих инновационных решений путем внесения в регламент изменений, призванных закрепить общие принципы совместного использования спектра. Нормативное регулирование должно стимулировать предпринимателей к созданию дополнительных сетей не только для расширения удаленного доступа к медицинским услугам, но и для развития других полезных применений широкополосной связи на всей территории Ботсваны.

Приложение 9

Исследования конкретных ситуаций на примере Филиппин

1 Введение

Проект охватывает как минимум двадцать (20) общеобразовательных начальных и средних школ в Талибоне, Убайе и Тубигоне (в радиусе 10 километров) и в близлежащих барангах на побережье острова Бохоль и позволяет удовлетворять потребности в широкополосной связи программы Ecofish (Экологическая программа содействия рыбному хозяйству), целью которой является обеспечение устойчивого развития рыбного хозяйства посредством эффективного управления.

Задачей Управления информационно-коммуникационных технологий (ICTO) и Департамента науки и техники (DOST) Филиппин является развертывание базовой станции на существующих радиопередающих вышках ICTO-TELOF (Телекоммуникационное управление) и СРЕ в общеобразовательных начальных и средних школах в рамках некоммерческих пилотных проектов TVWS. Подключение по широкополосной связи в муниципалитетах Талибона, Тубигона и Убай на Бохоле предоставляет либо ICTO-TELOF, либо компании частного сектора. Однако большинство барангаев и школ, особенно в отдаленных районах и на близлежащих островах, по-прежнему не подключены к интернету из-за недостаточно развитой инфраструктуры "последней мили". Предполагается, что доступ к беспроводной широкополосной связи посредством технологии TVWS станет адекватным решением проблемы разрывов подключения на "последней миле" в этих районах.

2 Стратегии

Цель проекта – расширение зоны охвата широкополосной связью и включение в нее барангаев и школ в Талибоне, Тубигоне и Убайе в районе острова Бохоль, где услуги местных телефонных узлов ICTO-TELOF все еще предоставляются в недостаточном объеме или отсутствуют вовсе. Проект нацелен на обслуживание общеобразовательных начальных и средних школы в Талибоне, Тубигоне и Убайе (в радиусе 10 километров), а также в барангах, прилегающих к этим районам. Планируется также создание бесплатного общедоступного Wi-Fi-подключения, которое позволит удовлетворить потребности в широкополосной связи программы Ecofish (Экологическая программа содействия рыбному хозяйству), целью которой является обеспечение устойчивого развития рыбного хозяйства посредством эффективного управления. Помимо обеспечения доступа к широкополосной связи различных государственных служб в общеобразовательных школах, больницах и общественных электронных центрах (CeCs), целью экспериментального проекта, утвержденного в рамках плана DOST-ICTO, является также: 1) предоставление данных, необходимых для разработки и окончательного принятия наборов правил и положений для официального утверждения технологий TVWS в соответствии с национальными задачами; 2) оказание технической помощи партнерам проекта TVWS в доработке их продуктов и услуг в соответствии со спецификой филиппинского рынка; а также 3) оказание содействия поставщикам услуг, связанных с базами данных и подключением к TVWS путем предоставления им данных и накопленного опыта, необходимых для оказания ими услуг до предполагаемого внедрения на национальном уровне.

Что касается вышеупомянутого проекта, планируемая продолжительность реализации проекта использования белого пространства ТВ-спектра составит от одного до двух лет. ИСТО целенаправленно развернуло на Бохоле системы, работающие по технологии белого пространства, в связи с тем что во время землетрясения, произошедшего в этой провинции, связь была полностью отключена и люди в этом районе оказались изолированными от внешнего мира. Таким образом отсутствие связи в чрезвычайной ситуации сильно затруднило оказание помощи населению и возобновление работы частных и государственных учреждений. Системы, использующие белое пространство ТВ-спектра, были целенаправленно развернуты на площади, в муниципальном здании и правительственном центре, чтобы обеспечить бесплатное Wi-Fi-подключение, которое позволило жителям общаться с родными и близкими через социальные сети – Viber, Line, Skype и т. д. Технология белого пространства ТВ-спектра использовалась также в Таклобане, который серьезно пострадал от тайфуна "Хайян" ("Йоланда"). Управление информационно-коммуникационных технологий развернуло в этом районе системы, работающие в белом пространстве ТВ-спектра, чтобы расширить зону действия VSAT от регионального бюро DOST до Филиппинской высшей школы естественных наук (Pisay) в провинции Лейте и до испанской добровольческой организации Los Bomberos, где располагались центры эвакуации. Кроме того, белое пространство ТВ-спектра целенаправленно использовалось для расширения зоны покрытия интернет-сигнала от Smart Tower в Танауне, провинция Лейте, до административного здания и общественного электронного центра, что позволило жителям вести переписку по электронной почте и общаться с родными и близкими в стране и за рубежом. Мы размещаем системы электронного здравоохранения в правительственном центре, используя блок RX, который работает в белом пространстве ТВ-спектра.

Бохольский экспериментальный проект по использованию белого пространства ТВ-спектра охватывает следующую территорию: установленная базовая станция TVWS в Талибоне обеспечивает подключение в радиусе 10 км для пяти начальных и средних общеобразовательных школ и бесплатное Wi-Fi-подключение для членов Ecofish BFAR-USAID, близлежащих сельских медицинских пунктов (RHU), административных зданий барангаев и для населения; установленная базовая станция TVWS в Тубигоне предоставляет доступ в интернет посредством бесплатного подключения к сети Wi-Fi на городской площади, на рынке и в церкви, а также предоставляет доступ к широкополосной связи общественной больнице и близлежащим правительственным учреждениям; а установленная базовая станция TVWS в Убае, предполагаемыми бенефициарами которой должны стать 12 начальных школ и общественный электронный центр, предоставляет возможность установления связи с проектом Ecofish BFAR-USAID, сельскими медицинскими пунктами (RHU) и расположенными рядом со школами административными зданиями барангаев, а также предоставляет населению бесплатный доступ к публичным сетям Wi-Fi.

**РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПРОЕКТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЕЛОГО ПРОСТРАНСТВА
ТВ-СПЕКТРА В БОХОЛЕ**

<p>Базовая станция в Тубигоне</p>	<p>Установлены две (2) ведущие базовые станции/базовые станции канала с суммарной пропускной способностью 24 Мбит/с (12 Мбит/с на канал). Установлены три комплекта оборудования CPE в следующих местах: общественная больница Тубигона, предоставляющая подключение к сети различным правительственным учреждениям в правительственном центре Тубигона (PNP, DSWD, DOST, MCTC, TESDA), а также сельским медицинским пунктам в Тубигоне (RHU); универсальный тренажерный зал Тубигона с открытой сетью Wi-Fi, предоставляющей доступ для общественного рынка Тубигона, городской площади и церкви Тубигона; центральная начальная школа Тубигона с точкой доступа Wi-Fi</p>
-----------------------------------	---

РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПРОЕКТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЕЛОГО ПРОСТРАНСТВА ТВ-СПЕКТРА В БОХОЛЕ	
Базовая станция в Убае	<p>Установлены четыре (4) ведущие базовые станции/базовые станции канала с суммарной пропускной способностью 48 Мбит/с (12 Мбит/с на канал).</p> <p>Установлены тринадцать (13) комплектов оборудования СРЕ в следующих общеобразовательных начальных школах и общественных электронных центрах:</p> <p>Побласьон Касате Тапон Ачила Камамбуган Буд Катарунган Общественный электронный центр Карлос П. Гарсиа (C.P. Garcia) Типоло Каланггаман Сан-Исидро Тапал Сентинела Эмелда</p>
Базовая станция в Талибоне	<p>Установлены три (3) ведущие базовые станции/базовые станции канала с суммарной пропускной способностью 48 Мбит/с (~12 Мбит/с на канал). Установлено пять (5) комплектов оборудования СРЕ в следующих местах:</p> <p>высшая государственная школа Сан-Хосе начальная школа Сан-Педро в Талибоне начальная школа св. Нино в Талибоне начальная школа Гинубатан в Тринидаде административное здание барангая Пинамго в Буэн-Унидо</p>

В целях создания партнерства и привлечения финансирования DOST-ICTO подписали меморандум о договоренности с различными государственными учреждениями, поставщиками технологий и другими заинтересованными лицами, а именно: Национальной комиссией по электросвязи (NTC), Департаментом образования (DepEd), компанией Microsoft, компанией Nityo InfoTech, Федерацией международного кабельного телевидения и Ассоциацией электросвязи Филиппин (FICTAP), ABS-CBN, Ecofish, BFAR и USAID.

Что касается применений и услуг связи, правительство создало сеть на основе белого пространства ТВ-спектра, обеспечивающую оперативную наземную связь для пострадавших от стихийных бедствий и жертв тайфуна "Хайян". Сеть была создана в течение нескольких часов после стихийного бедствия, благодаря чему лица, имеющие в распоряжении такие устройства, как телефоны, ноутбуки и планшеты, незамедлительно получили доступ к двусторонней беспроводной передаче голоса и данных; создание такой сети обошлось менее чем в одну десятую часть стоимости альтернативных решений. Одной из задач проекта TVWS является подключение рыболовных хозяйств к сетям широкополосной связи, что позволяет местным органам власти получить прямой доступ к государственной системе регистрации, а муниципалитетам – оперативно выдавать рыболовам необходимые им идентификационные документы, сертификаты и лицензии. Полиция и другие государственные органы также получают прямой доступ к базе данных и могут следить за соблюдением правил лицензирования.

Проект TVWS был задуман как комплекс широкополосных сетей общественного пользования в сельской местности, используемых в следующих областях: 1) ИКТ для народного образования с использованием мультимедийных учебных программ, позволяющих повысить уровень обучения и упростить доступ к информации и оказываемым услугам; 2) телемедицина для сельских медицинских пунктов – подход, используемый для оказания первичной медико-санитарной помощи, упрощения доступа к специалистам и управления здравоохранением, а также повышения доступности

медицинской помощи в целом; 3) управление координацией LGU/NGA, доступ к электронным государственным услугам и широкое участие в общественной деятельности; 4) смягчение последствий стихийных бедствий и реагирование с использованием сбора данных по сенсорной сети и предоставления информации (раннее предупреждение); 5) торговля и промышленность с использованием электронного бизнеса – маркетинг, продажа, распространение, поддержка и т. д., а также повышение производительности и доступ к новейшим разработкам. Ниже приведены технические характеристики системы TVWS.

Технические характеристики TVWS	
Спецификации системы	
Полосы частот	630–750 МГц
Макс. PldB при 1,5 Мбит/с	+31 дБм
Ширина канала	20/10/5 МГц
Чувствительность приемника	–99 дБм
Скорость передачи данных	1,5–13,5 Мбит/с
Модуляция	QPSK и 16-QAM
Дальность	до 10,7 км
РЧ-интерфейс	ММСХ
Выходной интерфейс	32-битный miniPCI
Класс мощности	1,6 А при 3,3 В постоянного тока
Форм-фактор	3,3"х 2,3"х 0,5"
Рабочая температура	от –33 до +55 °С
Рабочая влажность	До 95% без конденсата

Установка и развертывание оборудования СРЕ проводились в координации с представителями школ, которые подключались к интернету через базовые станции. Поскольку регламент отсутствует, развертываемые системы предназначены в первую очередь для общественного пользования или для государственных учреждений, особенно государственных школ, не имеющих доступа к интернету, поскольку учащиеся остро нуждались в подключении к интернету для получения информации о текущих событиях, однако проблема заключается в том, что школы не подключены к линиям "последней мили", в связи с чем они не могут пользоваться интернетом. С помощью технологии белого пространства ТВ-спектра школы были обеспечены подключением к интернету (даже находящиеся в других барангях). Поскольку топология нашего региона очень раздроблена, использование волоконной оптики экономически нецелесообразно, за исключением применения радиостанций, находящихся на расстоянии 7–10 км друг от друга, которые используют белое пространство ТВ-спектра и другие схемы, обеспечивающие связь пункта со многими пунктами по линии прямой видимости и даже находящимися за морем/океаном, для покрытия распространяющегося по поверхности воды сигнала по линии прямой видимости и за ее пределами (см. рисунки А9-1 – А9-4 в Дополнении к настоящему Приложению 9).

3 Проблемы

Проблемы, возникающие в ходе реализации проекта, связаны с тем, что учителя, не осведомленные о преимуществах использования интернета, изначально были против проекта. В то же время местное население находится в нерешительности, особенно пожилые люди, поскольку они не знают о выгодах, которые связаны с использованием интернета. Этот проект принес пользу региону, создав центр, который стал местом притяжения людей, стремящихся получить доступ к интернету, а также социально значимой территорией общины.

4 Результаты

Основная выгода, полученная от проекта, – это предоставление бесплатного доступа к интернету в школах, возможность регистрации в сети для рыбаков, а также координация их деятельности с помощью VoIP, Skype и т. д. Люди, живущие недалеко от школ, также могут пользоваться доступом к интернету, когда он не используется школой, и территория, окружающая школу, становится социально значимой зоной. Лица, желающие пользоваться интернетом, приходят сюда для получения доступа к сети.

Наиболее ценный практический опыт, накопленный благодаря этому проекту, – возможность предоставления доступа к интернету для жителей по окончании уроков в школе, что позволяет рационально использовать пропускную способность в то время, когда доступом к интернету никто не пользуется. В то время когда школа не пользуется подключением к интернету, целесообразно предоставлять доступ жителям через бесплатное подключение Wi-Fi. Наряду с этим во время стихийных бедствий установленные системы помогают затронутым бедствием лицам и пострадавшим, которые не могут оплатить дорогостоящую связь на дальние расстояния, либо лицам, находящимся в центрах эвакуации, включая добровольцев, которые не могут позвонить по телефону из-за недоступности связи на дальние расстояния, бесплатно связаться с родными, используя технологию VoIP. Пользователи сети могут оказывать помощь, а также просить о помощи своих родственников в стране и за рубежом. Кроме того, они могут рассказать родным о своем положении, чтобы успокоить их.

5 Заключение

Экспериментальный проект использования белого пространства ТВ-спектра, развернутый в Талибоне, Тубигоне и Убае в провинции Бохоль, был особенно полезен для Департамента образования, который является заказчиком проекта. Проект обеспечивает бесплатное Wi-Fi-подключение для школьников и учителей как начальной, так и средней школы. От реализации данного проекта выиграли не только школьники и учителя, но и люди, живущие вблизи школ, так как по окончании уроков у них есть доступ к бесплатному Wi-Fi-подключению. Бесплатное Wi-Fi-подключение было также развернуто на муниципальной площади, в общественных больницах, в сельских медицинских пунктах и многофункциональном тренажерном зале, что позволило охватить рынок, площадь и церковь.

Системы, работающие в белом пространстве ТВ-спектра, были также развернуты в провинции Бохоль, в связи с тем что во время землетрясения, произошедшего в этом районе, связь была полностью отключена и люди в этом районе оказались изолированными от внешнего мира. Оказание помощи терпящим бедствие со стороны государственных служб было также затруднено из-за отсутствия связи. Эта технология также использовалась в пострадавшем от тайфуна "Хайян" и сильно разрушенном городе Таклобан для обеспечения наземной связью пострадавших от стихийного бедствия (что позволило им общаться с родственниками в стране и за границей), а также добровольцев, работающих в центрах эвакуации.

Благодаря технологии использования белого пространства ТВ-спектра, развернутой в Талибоне, Тубигоне и Убае в провинции Бохоль, сельские общины, а также школы и барангаи теперь имеют доступ к широкополосной связи, что будет способствовать экономическому развитию данных регионов.

Дополнение к Приложению 9

РИСУНОК 9-1

Покрытие территорий Талибона, Тубигона и Убая системами,
использующими белое пространство ТВ-спектра



РИСУНОК 9-2

Покрытие проекта TVWS в муниципалитете Талибон

Топология TVWS в Талибоне – провинция Бохоль (Висайские острова)



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ТЕХНИКИ
Управление информационно-коммуникационных технологий



РИСУНОК A9-3

Покрытие проекта TVWS в муниципалитете Тубигон

Топология TVWS в Тубигоне – провинция Бохоль (Висайские острова)



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ТЕХНИКИ
Управление информационно-коммуникационных технологий



РИСУНОК А9-4
Покрытие проекта TVWS в муниципалитете Убай

Топология TVWS в Убае – провинция Бохоль (Висайские острова)



**ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ТЕХНИКИ**
Управление информационно-коммуникационных технологий 

Приложение 10

Исследования конкретных ситуаций на примере Республики Корея

1 Введение

В последние годы наблюдается изменение стереотипов относительно управления использованием спектра, что связано с конвергенцией технологий радиовещания и связи, а также с резким ростом количества конвергированных применений. Поскольку ресурсы спектра являются для любой страны ценным нематериальным активом, а с развитием различных беспроводных технологий значимость частотных ресурсов выросла еще больше, многие страны активно развивают новые беспроводные технологии и проводят политику, способствующую повышению эффективности использования спектра. Несмотря на это, выделение новых полос частот для новых технологий путем перераспределения существующих частотных полос спектра является крайне сложной задачей и, следовательно, страны всего мира должны сосредоточиться на совместном использовании спектра.

Республика Корея решила внедрить технологию TVWS в полосе частот 470–698 МГц на частотах телевизионного вещания. Для достижения максимальной эффективности использования частотных ресурсов Корея ввела коммерческие услуги TVWS в полосе частот 470–698 МГц.

2 Последние законодательные меры

В 2010 году Корея объявила о планах внедрения технологии TVWS для подключения услуг Wi-Fi в сельской местности и обеспечения доступа к информации в музеях и на стадионах.

В 2011 году был представлен план использования белого пространства ТВ-спектра в полосе частот 470–698 МГц. Использование TVWS-применений включает такие области, как: 1) беспроводной интернет для сельских районов; 2) обеспечение доступа к информации для музеев, стадионов и других небольших территорий; 3) предотвращение и ликвидация последствий катастроф, например передача видео под землей при проведении спасательных работ и мероприятий по обеспечению безопасности; а также 4) предоставление экологической информации по использованию воды и энергии. На рисунке A10-1 показана полоса спектра TVWS в Корее.



Корея также разработала системы информационно-стратегического планирования (ISP) и сформировала на основе нелицензированного TVWS технические требования для построения базы данных TVWS, обеспечивающие защиту полосы частот 470–698 МГц, включая наземное ЦТВ и лицензированные беспроводные микрофоны.

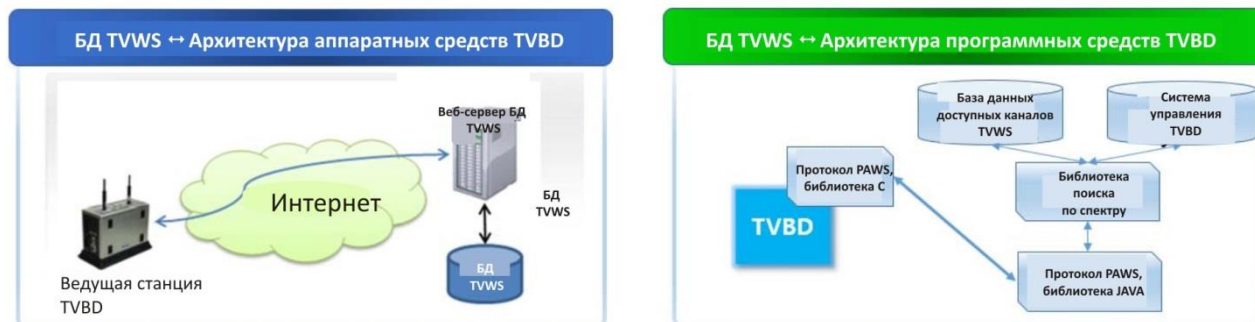
В 2013 году была создана база данных (БД) TVWS, позволяющая составить на основе местоположения списки доступных каналов TVWS для устройств TVBD (работающих в полосе TVWS) со встроенным GPS-приемником. Метод доступа к БД определения географического местоположения TVWS позволяет TVBD получать доступ к БД, передавать информацию о текущем местоположении и получать список доступных каналов в текущем местоположении из БД. Список каналов TVWS, доступных в Корее, содержится в системе поиска доступных каналов TVWS (доступно по адресу: <https://www.tvws.kr>).

В 2016 году правительство Кореи официально сообщило о разрешении использования TVWS без лицензии.

В апреле 2017 года был выпущен первый продукт TVBD, соответствующий регламенту; таким образом Корея начала предоставлять услуги TVWS на коммерческой основе.

РИСУНОК А10-2

Системы баз данных TVWS



Для защиты приема сигналов цифрового телевидения и беспроводных микрофонов в алгоритме БД TVWS, который учитывает тип TVBD, мощность передачи и высоту антенны, применялись расстояния разноса. На рисунке А10-2 представлены системы баз данных TVWS.

На доступных каналах в полосе частот от 470 до 698 МГц (телевизионные каналы с 14-го по 51-й) предлагаются два типа TVBD: фиксированные и портативные. Технические характеристики устройств TVBD представлены в таблице А10-1.

ТАБЛИЦА А10-1

Технические характеристики устройств TVBD

Тип устройства TVBD	Фиксированные	Портативные	
		Совмещенный/соседний канал с расстоянием разноса	Соседний канал без разноса
Режим работы	Совмещенный/соседний канал с расстоянием разноса	Совмещенный/соседний канал с расстоянием разноса	Соседний канал без разноса
Максимальная спектральная плотность мощности, подаваемая на антенну	1 Вт/6 МГц 12,2 дБм/100 кГц	100 мВт/6 МГц 2,2 дБм/100 кГц	40 мВт/6 МГц -1,8 дБм/100 кГц
Усиление антенны	6 дБи	0 дБи	0 дБи

3 Экспериментальные проекты TVWS

В 2011 году для определения потребности в технологии TVWS и получения обратной связи о технической осуществимости TVWS-применений. Корея провела опрос среди 200 организаций, включая органы местного самоуправления, государственные учреждения, вещательные компании и операторов электросвязи. По результатам проведенного опроса стало ясно, что наиболее целесообразно использовать TVWS-применения для создания подключения к Wi-Fi (46%), а в дальнейшем для оповещения о стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях (22%), информирования о дорожном движении и безопасности (13%) и эксплуатации "умных" электросетей (5%).

В том же году были проведены экспериментальные подключения к TVWS для Чеджу и внутренних территорий, что позволило определить модели услуг, подходящие для них. В результате были введены

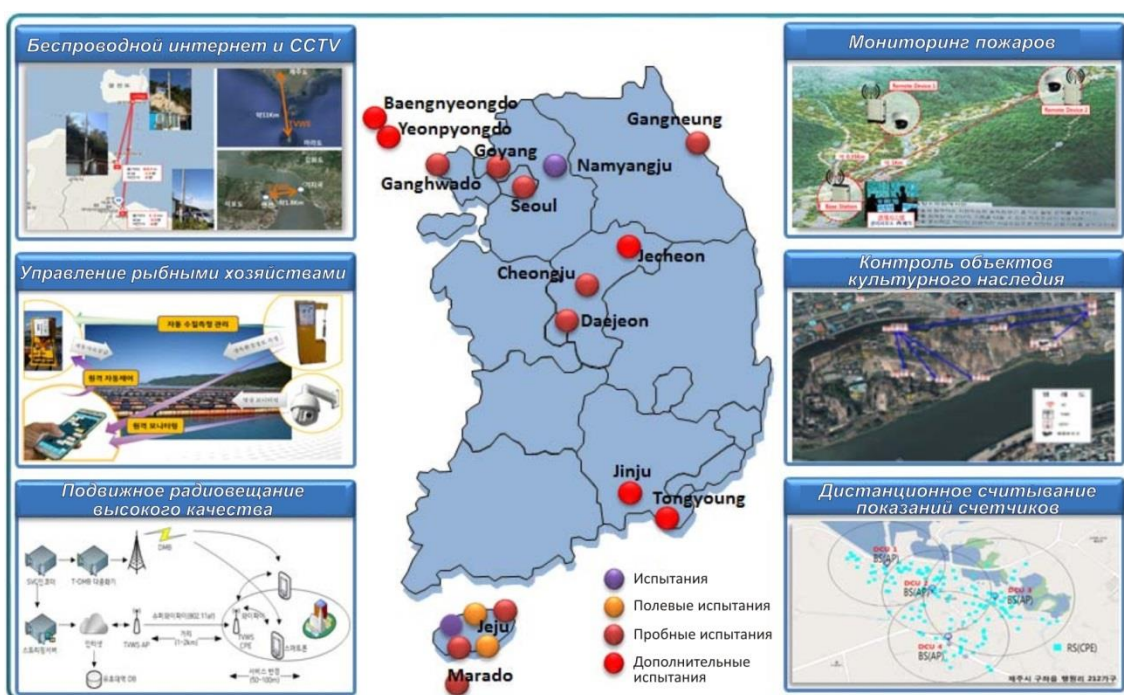
в действие следующие применения TVWS: в Чеджу – сеть Wi-Fi, а в Намъянджу – подземная передача видеоданных во время стихийных бедствий и аварий.

В 2013 году правительство Кореи выбрало пять консорциумов для расширения экспериментальных TVWS-проектов по стране. К их числу относятся следующие:

- 1) служба гибридного DMB высокого разрешения в Кояне;
- 2) беспроводной островной интернет-сервис и служба информации для туристов в Чеджу;
- 3) служба теленаблюдения, мониторинга пожаров и других стихийных бедствий в Каннине, Сеуле, Чхонджу, Тэджоне и Канхвадо;
- 4) проверка и анализ показаний электрических счетчиков домохозяйств, состоящих из одного человека, особенно домохозяйств пожилых людей и инвалидов, в Чеджу;
- 5) сеть доставки контента (CDN) для "умной" рекламы в Тэджоне.

На рисунке A10-3 представлены экспериментальные проекты TVWS.

РИСУНОК A10-3
Экспериментальные проекты TVWS



В 2014 году корейским производителям удалось разработать более современные и технически совершенные устройства TVBD.

В 2015 и 2016 годах местные власти подключили дополнительные экспериментальные услуги TVWS, которые включают в себя беспроводной доступ в интернет и услуги CCTV в таких отдаленных районах, как Чечхон и Пэннёндо, предоставление больших массивов данных по аквакультурам для управления рыбными хозяйствами в Тхоньёне и систему обнаружения пожаров для объектов культурного наследия в Чинджу.

Среди этих объектов – изолированная территория в Чечхоне, которая была отведена под строительство плотины и искусственного озера в 1985 году. Обособленность этого района сделала невозможным прокладку сети связи и установку электрооборудования. Благодаря производству солнечной энергии и сетям TVBD удалось обеспечить беспроводное подключение к интернету.

Сооружение сетей TVBD обошлось не слишком дорого. Их стоимость оказалась на 76% ниже, чем стоимость СВ, и на 95% ниже стоимости прокладки подводного кабеля связи.

Транзитное соединение TVWS для беспроводного интернет-подключения в удаленных районах Чечона представлено на рисунке А10-4. Характеристики и пропускная способность TVBD, необходимые для экспериментального проекта, приведены в таблицах А10-2 и А10-3 соответственно.

РИСУНОК А10-4

Транзитное соединение TVWS для беспроводного интернет-подключения в удаленных районах Чечона

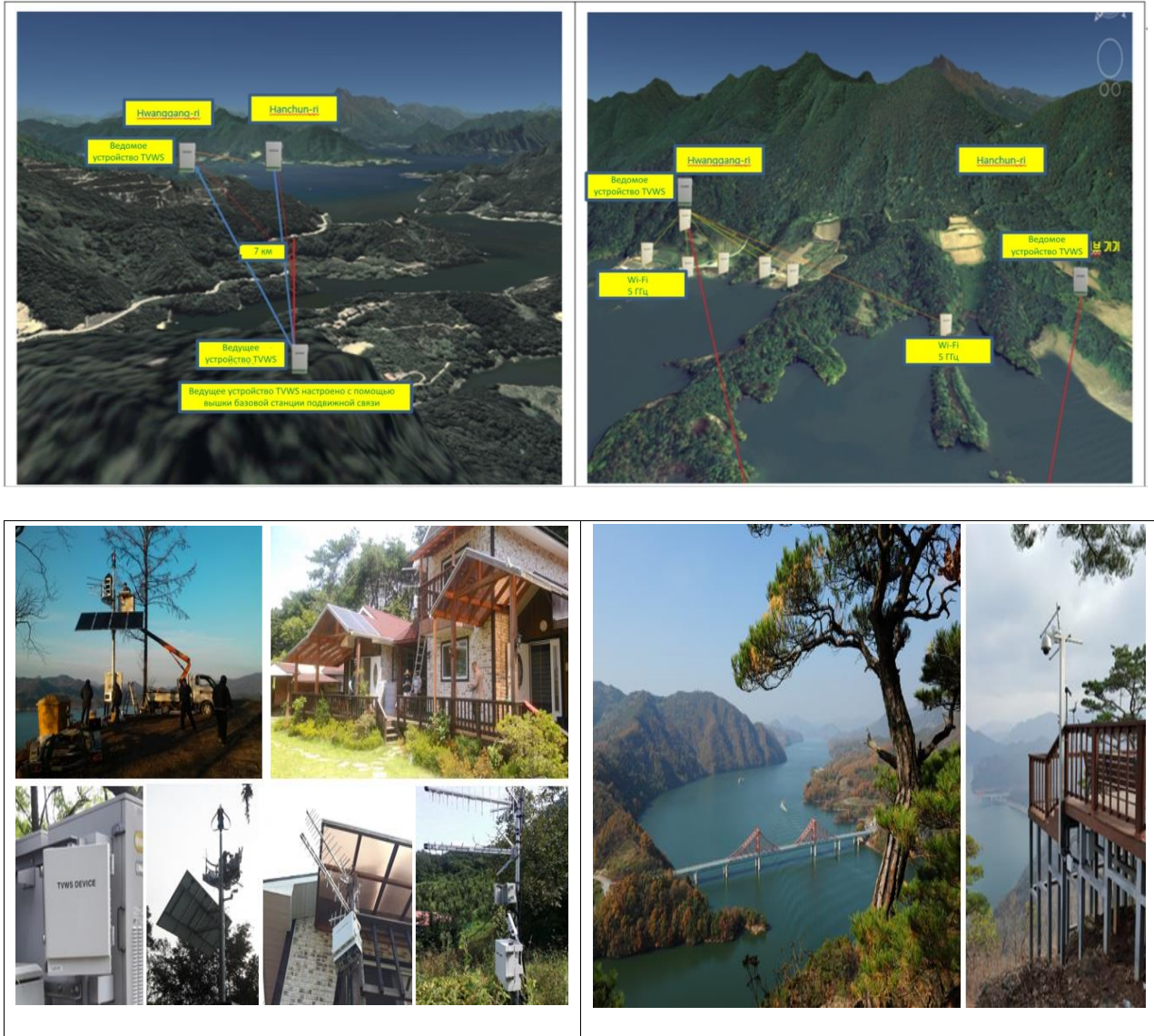
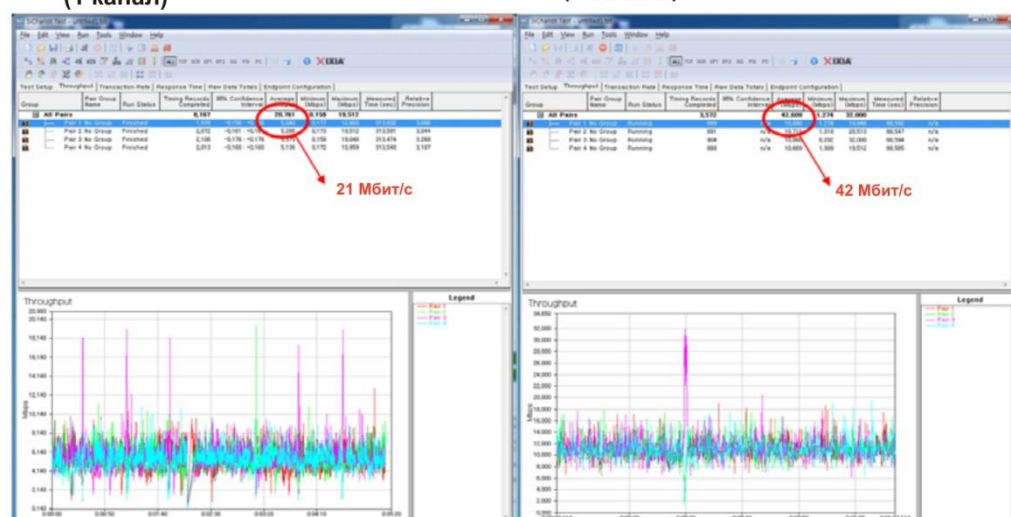


ТАБЛИЦА А10-2
Характеристики TVBD

Категория	Характеристика
Диапазон частот	470–698 МГц
Мощность передатчика	27 дБм/6 МГц, 30 дБм/12 МГц
Шаг регулирования мощности передатчика	1 дБ
Э.и.и.м. передатчика	36 дБм/6 МГц, 39 дБм/12 МГц
Спектральная маска передатчика	55 дБ
Макс. уровень приема	–40 дБм на несущую
MIMO	2 × 2 (вертикальная/горизонтальная)
Ширина полосы несущей	6 МГц или 12 МГц (соседний канал)
Многостанционный доступ	CSMA/CA
Модуляция	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Расстояние обслуживания	Свыше 7 км на линии прямой видимости
Максимальная пропускная способность	21 Мбит/с (6 МГц), 42 Мбит/с (12 МГц)
Интерфейс WAN/LAN	RJ-45
Напряжение питания	220 В
Размеры	310 × 440 × 140 мм

ТАБЛИЦА А10-3
Пропускная способность TVBD

- Ширина полосы пропускания 6 МГц (1 канал) Ширина полосы пропускания 12 МГц (2 канала)



Доступные каналы TVWS в различных регионах могут отличаться. Например, для фиксированных устройств TVBD в столичном регионе в среднем имеются три доступных канала, а в провинциях Кореи – в среднем семь каналов. Экспериментальный проект TVWS в Чечхоне продемонстрировал пропускную способность, равную 21 Мбит/с, по одному каналу TVWS (ширина полосы 6 МГц) на расстоянии 7 км от радиостанции, подключенной к сети общественного доступа, и пропускную способность 42 Мбит/с по двум соседним каналам связи (ширина полосы 12 МГц). Таким образом жители получили доступ к интернет-услугам и электронной торговле.

4 Заключение

В Корее полагают, что технология TVWS поможет решить проблему цифрового разрыва и сделать беспроводную широкополосную связь более доступной по всей стране. Это также подразумевает, что совместное использование спектра может восполнить нехватку частотных ресурсов и способствовать созданию современного цифрового общества, использующего наиболее передовые технологии связи.

Справочные документы

- [1] Basic plan to utilize TV white space, Dec. 2011, Korea (Rep. of).
 - [2] A Study on Plan of Use and Service Activation in TV White Space, Dec. 2011, Korea Radio Promotion Association (RAPA).
 - [3] A study on Regulation provision for Spectrum Common Use by Database access, 2013, Korea Radio Promotion Association (RAPA).
 - [4] ‘TVWS Workshop in Korea’, Nov. 2015, Korea Radio Promotion Association (RAPA).
 - [5] ‘Protection of Incumbent Services and Its Impact on Coverage of TV Band Device Networks in TV White Space’, Feb. 2016 ETRI Journal, Volume 38, Number 1.
-