

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R BS.1514-2
(03/2011)

**Система цифрового звукового
радиовещания в диапазонах
радиовещания ниже 30 МГц**

Серия BS
Радиовещательная служба (звуковая)



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R BS.1514-2

Система цифрового звукового радиовещания в диапазонах радиовещания ниже 30 МГц

(Вопрос МСЭ-R 60/6)

(2001-2002-2011)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации дается описание характеристик различных систем цифрового наземного звукового радиовещания, используемых в настоящее время в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах, и содержится призыв к производителям радиоприемников разрабатывать портативные, многодиапазонные, поддерживающие несколько стандартов цифровые радиоприемники, предназначенные для приема излучений не только в полосах средних и коротких волн, но также в других полосах, предназначенных для непосредственного приема населением передач звукового радиовещания.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что во всем мире существует возрастающая потребность в надлежащих средствах радиовещательной передачи высококачественных монофонических или стереофонических звуковых программ на автомобильные, переносные и стационарные приемники;
- b) что слушатели передач в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах еще не имеют возможности пользоваться преимуществами цифрового звукового радиовещания;
- c) что цифровое наземное звуковое радиовещание в этих диапазонах дает возможность предоставлять слушателям новые и более качественные услуги;
- d) что слушатели будут пользоваться преимуществами наличия единого всемирного стандарта наземной радиовещательной передачи цифровых звуковых сигналов;
- e) что существующая в некоторых странах перегрузка диапазонов ниже 30 МГц, предназначенных для наземного звукового радиовещания, служит причиной высокого уровня помех и ограничивает возможное количество передаваемых программ;
- f) что радиовещательные организации в основном опираются на использование этих диапазонов в связи с присущими им благоприятными условиями распространения, в частности для потребностей покрытия больших территорий;
- g) что для упрощения перехода от аналогового к цифровому звуковому радиовещанию способом, обеспечивающим непрерывность обслуживания, в дополнение к решениям, предусматривающим лишь цифровое радиовещание, может потребоваться решение, связанное с одновременной (комбинированной аналоговой и цифровой) передачей звуковых радиовещательных программ;
- h) что в Рекомендации МСЭ-R BS.1348 по требованиям к обслуживанию для цифрового звукового радиовещания в этих диапазонах указывается ряд требований, которые концентрируют внимание системных разработчиков в нескольких странах на решении проблемы существующих в настоящее время недостаточно высоких показателей качества приема и помехоустойчивости звуковых сигналов и на предоставлении новых услуг;
- j) что вслед за призывом МСЭ-R о внесении предложений, в котором запрашиваются описания систем и результаты лабораторных и полевых испытаний, два Члена Сектора МСЭ-R передали на рассмотрение документацию о двух различных системах наземного цифрового звукового радиовещания для использования в диапазонах ниже 30 МГц;
- k) что в Приложениях 1 и 2 приведены краткие функциональные проектные характеристики двух предложений, упомянутых в пункте j) раздела *учитывая*, а ссылки на дополнительные подробности приводятся в Дополнении 1;
- l) что каждая из сторон, предложивших свои системы, предоставила результаты лабораторных и полевых испытаний, упоминаемых в Дополнении 1, для опытных образцов оборудования, и что в Приложениях 4 и 5 приведено краткое изложение этих результатов испытаний, согласованных с определенными в Приложении 3 критериями оценки,

учитывая далее,

- а) что в настоящее время в различных районах мира для предоставления услуг радиосвязи в разных полосах частот используются другие цифровые радиосистемы и что для различных систем иногда требуются различные фильтры ПЧ в целях обеспечения расширенных функциональных возможностей, позволяющих, например, осуществлять одновременно прием аналоговых и цифровых передач, а также стереофонических передач;
- б) что такое многообразие систем и применений может дезориентировать конечных пользователей; это может также привести к появлению на рынке радиоприемников, предназначенных для приема только некоторых цифровых радиосистем;
- с) что наилучшим интересам потребителей, в частности тех, кому необходимо также использовать радиоприемники во время путешествия, отвечало бы наличие на рынке приемников, которые могли бы принимать сигналы всех цифровых радиосистем, применяемых в настоящее время или предлагаемых для применения;
- д) что некоторые интерактивные средства массовой информации, такие как интернет, позволяют совершенствовать программное обеспечение, используемое для декодирования и представления звуковых программ, и было бы весьма полезно, если бы такими возможностями обладали и цифровые радиоприемники; это также позволило бы учитывать конкретные потребности пользователей с ослабленным слухом и престарелых пользователей,

рекомендует,

1 чтобы в полосах ВЧ между 3 и 30 МГц:

- системные характеристики, описанные в Приложении 1 (дополнительные подробности приводятся в Дополнении 1), которые удовлетворяют требованиям по обслуживанию согласно Рекомендации МСЭ-R BS.1348 и соответствуют Вопросу МСЭ-R 60/6, входили в состав единой общей системы цифрового звукового радиовещания, которая должна использоваться в полосах радиовещания в соответствии с положениями Статьи 12 Регламента радиосвязи;
- любой процесс внедрения цифрового звукового радиовещания в этих полосах частот включал системные характеристики, описанные в Приложении 1;

2 чтобы в полосах радиовещания ниже 3 МГц:

- системные характеристики, описанные в Приложениях 1 и 2 (дополнительные подробности приводятся в Дополнении 1), которые удовлетворяют требованиям по обслуживанию согласно Рекомендации МСЭ-R BS.1348 и соответствуют Вопросу МСЭ-R 60/6, входили в состав систем цифрового звукового радиовещания, которые должны использоваться в этих полосах радиовещания; и
- любой процесс внедрения цифрового звукового радиовещания в этих полосах частот включал системные характеристики, описанные в Приложении 1 или Приложении 2;
- администрации, желающие внедрить системы цифрового звукового радиовещания в полосах радиовещания ниже 3 МГц, удовлетворяющие некоторым или всем требованиям, изложенным в Рекомендации МСЭ-R BS.1348, должны использовать данные из таблицы 1 для оценки относительных преимуществ выбираемых ими систем,

предлагает производителям радиоприемников разработать

1 экономически рентабельные, переносные, многодиапазонные, поддерживающие несколько стандартов радиоприемники, предназначенные для приема звуковых программ, посредством ручного или предпочтительно автоматического выбора, всех различных аналоговых и цифровых радиовещательных систем, используемых в настоящее время во всех соответствующих полосах частот;

2 цифровые радиоприемники, позволяющие загружать программы обновлений для некоторых из своих функций, таких как декодирование, навигация, возможности управления и т. д.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Пересмотренный вариант этой Рекомендации, после его принятия и утверждения, должен быть, при необходимости, доведен до сведения ИСО/МЭК/ТК 100.

ТАБЛИЦА 1

Таблица соответствия требованиям МСЭ для систем DRM и ИВОС

Характеристики систем	Степень важности	В проекте		Статус испытаний			Ожидаемый срок завершения		
		DRM	ИВОС	DRM		ИВОС	DRM		ИВОС
				СВ	КВ	СВ	СВ	КВ	СВ
1 <i>Стандартное требование системы</i> а) Цифровой приемник должен работать на глобальной основе	A	Да	Да	FUL	FUL	NYT			07/2002
2 <i>Возможность постепенного перехода от аналогового к цифровому режиму приема</i> а) Одноканальный режим (аналоговые и цифровые передачи совместно используют один канал) б) Многоканальный режим (аналоговые и цифровые передачи занимают отдельные каналы)	A A	Да Да (если администрация разрешает такую работу)	Да Да (если администрация разрешает такую работу)	FUL FUL	UND FUL	FUL NYT		07/02	
3 <i>Передача данных</i> а) Аудиосигналы и данные, т. е. возможность передачи данных б) Обеспечение возможностей управления доступом и скремблирования	B C	Да Да (нерешенный вопрос)	Да Да (нерешенный вопрос)	FUL NYT	FUL NYT	FUL UND		03/03 03/03	07/02
4 <i>Требования к показателям приема аудиосигналов</i> а) Улучшение качества приема аудиосигналов по сравнению с качеством эквивалентных аналоговых систем б) Монофонический прием многоязычных или двух разных программ	A B	Да Да	Да Нет	FUL NYT	FUL NYT	FUL		07/02 07/02	

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Характеристики систем	Степень важности	В проекте		Статус испытаний			Ожидаемый срок завершения		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
				CB	KB	CB	CB	KB	CB
с) Возможность стереофонического приема	В	Да (псевдостерео в полосе 9 или 10 кГц)	Да	FUL	FUL	FUL			
d) Различие в динамической битовой скорости передачи аудиосигналов и данных (гибкая передача данных)	В	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
e) Возможность ступенчатого (с небольшим шагом) выбора битовой скорости и поддержка более высокой битовой скорости по сравнению со скоростью, достижимой на дату внедрения системы	В	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
5 Эффективность использования спектра									
a) Одна частота для географически разнесенных или размещенных на одной станции передатчиков	В	Да	Да	FUL	FUL	NYT			12/02
b) Соответствие ширины полосы РЧ канала и разноса между каналами с данными МСЭ	А	Да	Да (все цифровое)	FUL	FUL	UND			03/02
с) Потенциал помех не больше, чем для эквивалентной амплитудной модуляции	А	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
d) Чувствительность к помехам не больше, чем для эквивалентной амплитудной модуляции	А	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
6 Надежность обслуживания									
a) Улучшение надежности приема	А	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
b) Существенно пониженная чувствительность к замираниям	А	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
с) – автоматическая коммутация частот в приемнике	А	Да	Да	NYT	NYT	NYT	12/02	12/02	07/02
– бесшумная автоматическая коммутация частот в приемнике	С	Да	Да	NYT	NYT	NYT	12/02	12/02	07/02

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Характеристики систем	Степень важности	В проекте		Статус испытаний			Ожидаемый срок завершения		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
				СВ	КВ	СВ	СВ	КВ	СВ
d) Прием на автомобильные, переносные и стационарные приемники	A	Да	Да	FUL	FUL	FUL			07/02
e) Быстрая настройка	A	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
f) Постепенное ухудшение эксплуатационных характеристик	B	Да (различные режимы + UEP)	Да (смешанный режим)	UND	UND	FUL			
g) Сохранение зоны покрытия	A	Да	Да	FUL	UND	FUL		07/02	
h) Хороший прием внутри помещения	A	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
7 <i>Служебная информация для выбора настройки</i>									
a) Упрощенный выбор услуг посредством использования данных, связанных с программами, для выбора радиовещательной организации и программного контента	B	Да (предусмотрено в данном стандарте)	Да	NYT	NYT	NYT	12/02	12/02	07/02
8 <i>Соображения, касающиеся систем передачи</i>									
a) Использование существующих современных передатчиков, способных работать в цифровом и аналоговом режимах	A	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
b) Экономия энергии в случае охвата одной и той же зоны обслуживания при обеспечении той же надежности обслуживания	C	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
c) Соответствие побочных и внеполосных излучений нормам МСЭ	A	Да	Да	FUL	FUL	FUL			
9 <i>Соображения, касающиеся приемников</i>									
a) Сложность системы не должна приводить к повышению стоимости приемников	A	Да (набор микросхем разрабатывается, апробирован на базе DSP)	Да (набор микросхем, продемонстрированный на выставке CES2002)	UND	UND	FUL	12/02	12/02	

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Характеристики систем	Степень важности	В проекте		Статус испытаний			Ожидаемый срок завершения		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
				СВ	КВ	СВ	СВ	КВ	СВ
b) Сложность системы не должна повышать низкую потребляемую мощность батарейных приемников	В	Да (технология с использованием микросхем это допускает)	Да	UND	UND	UND	06/03	06/03	06/03
10 <i>Переменный компромисс</i> а) Возможность выбора параметров системы в зависимости от требования радиовещательной организации	В	Да	Да	FUL	FUL	FUL			

Ни в системе А, ни в системе В не закончено проведение испытаний в ДВ диапазоне. Однако результаты, полученные в СВ диапазоне, вероятно, являются характерными и для ДВ диапазона. Единственным узким местом может быть ширина полосы РЧ антенны.

DSP: Цифровая обработка сигнала.

FUL: Испытания проведены в полном объеме, поэтому ничего не нужно указывать в графе "Ожидаемый срок завершения".

NYT: Испытания еще не проводились.

UEP: Неравномерная защита от ошибок.

UND: В процессе выполнения.

Приложение 1

Краткое описание системы Всемирного цифрового радио (DRM)

1 Основные особенности системного проектирования для рынков, которые должны обслуживаться системой DRM

Система DRM – это гибкая система цифрового звукового радиовещания (ЦЗР) для использования в полосах частот ниже 30 МГц, предназначенных для наземного радиовещания.

Важно сознавать, что бытовой радиоприемник в ближайшем будущем должен быть способен декодировать все наземные передачи или какие-либо из них, а именно: цифровые узкополосные (для РЧ < 30 МГц), цифровые с большей шириной полосы (для РЧ > 30 МГц) и аналоговые для НЧ, СЧ, ВЧ диапазонов и ОВЧ/ЧМ диапазона. Система DRM будет являться важной составной частью приемника. Представляется маловероятным, чтобы в бытовом радиоприемнике, предназначенном для приема наземных передач в цифровом режиме, были исключены возможности приема передач в аналоговом режиме.

В бытовом радиоприемнике система DRM обеспечит возможности приема цифровых радиосигналов (звуковых программ; данных, связанных с программами; других данных и неподвижных изображений) во всех диапазонах радиовещания ниже 30 МГц. Эта система может функционировать в независимом режиме, но, как отмечалось выше, будет скорее составлять часть более сложного приемника – подобно большинству современных приемников, обладающих возможностями аналогового приема в диапазонах АМ и ЧМ вещания.

Планируется, что система DRM будет использоваться в каналах шириной 9 или 10 кГц, или шириной, кратной этим значениям. Детальные различия в отношении того, какая часть имеющегося битового потока для этих каналов используется для передачи звуковых программ, для защиты от ошибок и их коррекции, а также для передачи данных, зависят от выделенного диапазона частот (НЧ, СЧ или ВЧ) и от планируемого использования (например, посредством земной волны, ионосферной волны на короткие расстояния или ионосферной волны на большие расстояния). Другими словами, возможно достижение компромиссов, с тем чтобы система могла соответствовать разнообразным потребностям радиовещательных организаций по всему миру. Как указывается в следующем разделе, когда будут приняты регуляторные процедуры для использования каналов с шириной полосы более 9/10 кГц, качество приема аудиосигналов в системе DRM и общий объем битового потока могут существенно повыситься.

В системе DRM в качестве основного устройства цифрового кодирования используется усовершенствованное кодирование аудиосигналов (AAC), дополненное технологией копирования спектральных полос (SBR). SBR улучшает воспринимаемое качество приема аудиосигналов методом совершенствования верхней частоты полосы групповых частот при использовании информации о более низких частотах в качестве управляющих сигналов (ориентира). Для кодирования и модуляции каналов наряду с перемежением во времени и упреждающей коррекцией ошибок (FEC) применяется система OFDM/QAM, при использовании многоуровневого кодирования (MLC) на основе сверточного кода. Для получения информации о выравнивании каналов в приемнике используются опорные пилот-сигналы. Комбинация этих методов приводит к повышению качества приема аудиосигналов и более устойчивому приему в пределах планируемой зоны покрытия по сравнению с аналогичными показателями применяемой в настоящее время системы АМ вещания.

Система хорошо функционирует при неблагоприятных условиях распространения, таких, например, которые встречаются при многолучевом распространении ионосферных ВЧ волн на большие расстояния, а также при более простых ситуациях распространения посредством земных волн на СЧ. В последнем случае чаще всего используются алгоритмы кодирования источников AAC и SBR, позволяющие получить намного более высокое качество приема аудиосигналов по сравнению с качеством, которое можно достичь в АМ вещании, поскольку применяется минимальное количество случаев коррекции ошибок. Для многих условий распространения на ВЧ необходимость обеспечить высокую степень эксплуатационной надежности приводит к снижению качества приема аудиосигналов по сравнению с цифровым вещанием на СЧ; тем не менее качество приема аудиосигналов все же выше, чем у осуществляемых в настоящее время АМ передач.

Данная конструкция позволяет использовать систему DRM в пределах одночастотной сети (ОЧС).

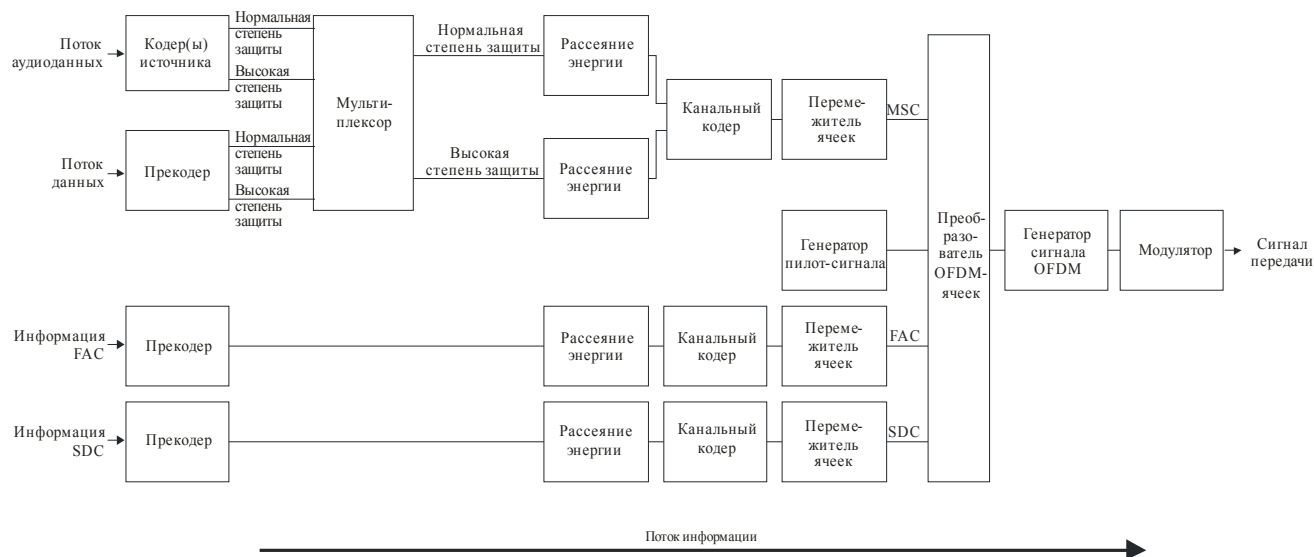
Она также обеспечивает возможность автоматического переключения частот, что весьма важно для радиовещательных организаций, которые передают одни и те же сигналы на различных частотах передачи. Например, эта процедура обычно выполняется крупными ВЧ радиовещательными организациями, использующими АМ вещание для повышения вероятности появления по меньшей мере одного сигнала с хорошим качеством в планируемой зоне приема. Система DRM может дать возможность подходящему приемнику автоматически выбрать наилучшую частоту для той или иной программы без каких-либо усилий со стороны слушателя.

2 Краткое описание системы DRM

2.1 Общая конструкция

РИСУНОК 1

Блок-схема входной информации передатчика



MSC: основной служебный канал

BS.1514-01

На рисунке 1 показан общий поток информации различных классов (аудиосигналы, данные и т. д.) от блоков кодирования в левой части рисунка до блоков возбудителя передатчика системы DRM в правой части. Хотя на рисунке отсутствует схема приемника, она будет отображать процесс, обратный тому, который представлен на данном рисунке.

В левой части рисунка указаны два класса входной информации:

- кодированные аудиосигналы и сигналы данных, которые объединяются в главном сервисном мультиплексоре;
- информационные каналы, которые не проходят через мультиплексор и известны под названиями канала быстрого доступа (FAC) и канала описания услуг (SDC); назначение этих каналов рассматривается в п. 2.3.

Кодер источника аудиосигналов и предварительные кодеры данных обеспечивают преобразование входных потоков в соответствующий цифровой формат. Цифровые потоки с выхода этих устройств могут содержать две части, требующие двух различных уровней защиты от ошибок в последующем канальном кодере.

Мультиплексирование комбинирует уровни защиты для всех услуг передачи данных и аудиосигналов.

Рассеяние энергии (скремблирование) обеспечивает детерминистское, избирательное дополнение битов в целях снижения вероятности того, что систематические кодовые комбинации приведут к нежелательной регулярности в передаваемом сигнале.

Канальный кодер добавляет избыточную информацию как средство для исправления ошибок и определяет преобразование цифровой кодированной информации в QAM-ячейки. Данная система позволяет по желанию радиовещательной организации передавать две категории "битов", причем одна категория защищена в большей степени, чем другая.

Переमेжение ячеек распределяет последовательные QAM-ячейки в последовательность ячеек, квазислучайным образом разделенных по времени и частоте, для того чтобы обеспечить дополнительный элемент устойчивости при передаче аудиосигналов в каналах, параметры которых изменяются от времени и частоты.

Генератор пилот-сигнала вводит информацию, которая дает возможность в приемнике получать сведения о выравнивании каналов, позволяя тем самым выполнять когерентную демодуляцию сигнала.

Преобразователь OFDM-ячеек объединяет различные виды ячеек и размещает их на частотно-временной сетке.

Генератор сигнала OFDM преобразует каждое множество ячеек с одинаковым временным индексом в представление сигнала в соответствующей временной области, содержащее множество несущих. Затем из этого представления сигнала во времени можно получить полный символ OFDM во временной области, вводя интервал защиты в виде циклического повторения части сигнала.

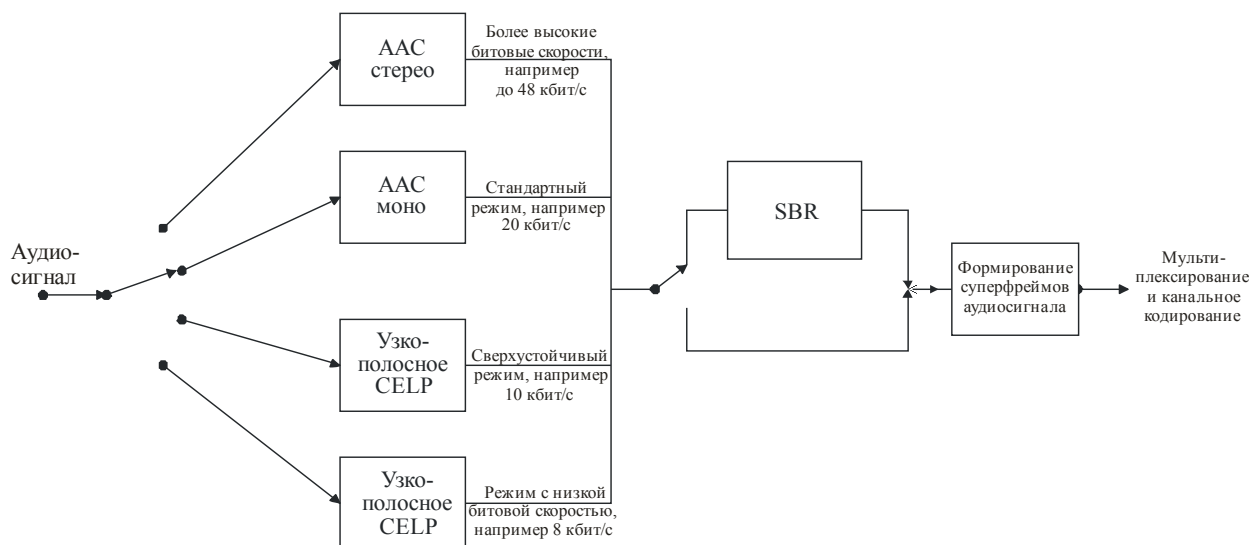
Модулятор преобразует цифровое представление сигнала OFDM в аналоговый сигнал, который будет передаваться в эфире с помощью передатчика и антенны. Это действие включает преобразование с повышением частоты, цифроаналоговое преобразование и фильтрацию, для того чтобы излучаемый сигнал соответствовал требованиям, предъявляемым МСЭ-R к спектру.

В случае работы нелинейного передатчика большой мощности сигнал вначале разделяется на амплитудные и фазовые составляющие (это операция может быть успешно выполнена в цифровой области), а затем рекомбинируется (с помощью действия самого передатчика) перед окончательным излучением.

2.2 Кодирование источника аудиосигналов

РИСУНОК 2

Общее представление о кодировании источника



CELP: кодирование с линейным предсказанием

Доступные для DRM системы варианты кодирования источника показаны на рисунке 2. Все эти варианты, за исключением одного, указанного в верхней части рисунка (AAC стерео), предназначены для использования в существующих каналах с разносом 9/10 кГц для звукового радиовещания на частотах ниже 30 МГц. Вариант CELP обеспечивает кодирование речи с относительно низкой битовой скоростью, а в варианте AAC используется подмножество стандартизованных вариантов MPEG-4 для низких битовых скоростей (т. е. до 48 кбит/с). Эти варианты могут быть расширены с помощью того или иного метода увеличения ширины полосы, например SBR, обозначенным на рисунке. Характерные битовые скорости на выходе показаны на рисунке. Все они могут выбираться радиовещательной организацией.

Особое внимание обращается на то, чтобы кодированный аудиосигнал можно было сжать в суперфреймы с постоянной времени длительностью 400 мс. Процесс мультиплексирования и неравномерная защита от ошибок (UEP) для услуг передачи аудио/речи подвержены влиянию компонентов мультиплексирования и канального кодирования.

В качестве примера такой структуры рассмотрим путь прохождения сигнала AAC моно плюс SBR на рисунке 2. Для этого пригодны следующие характеристики:

Длительность фрейма:	40 мс
Частота дискретизации AAC:	24 кГц
Частота дискретизации SBR:	48 кГц
Диапазон частот AAC:	0–6,0 кГц
Диапазон частот SBR:	6,0–15,2 кГц
Средняя битовая скорость SBR:	2 кбит/с на канал.

В этом случае имеется базовый аудиосигнал шириной 6 кГц, который обеспечивает улучшенное качество приема по сравнению со стандартным AM вещанием, плюс дополнительное улучшение при использовании метода SBR, за счет чего полоса расширяется до 15,2 кГц. Для всех этих возможностей потребляется битовая скорость около 22 кбит/с. Поток битов на фрейм содержит часть хорошо защищенных данных AAC и SBR фиксированного размера, а также большую часть менее защищенных данных AAC и SBR переменного размера. Суперфрейм аудиосигнала с фиксированной длительностью 400 мс состоит из нескольких таких фреймов.

2.3 Мультиплекс, включающий специальные каналы

Как показано на рисунке 1, общий мультиплекс системы DRM состоит из трех каналов: MSC, FAC и SDC. MSC содержит данные о службах передачи аудиосигналов и данных. FAC предоставляет информацию о ширине полосы сигнала и других подобных параметрах, а также содержит информацию о выборе услуг для быстрого поиска программ. SDC несет информацию приемнику о том, как декодировать MSC, как найти альтернативные источники тех же данных и дает атрибуты услуг внутри мультиплекса.

Мультиплекс MSC может в общей сложности содержать данные по четырем службам, любая из которых может включать передачу аудиосигналов или данных. Наибольшая битовая скорость MSC зависит от полосы пропускания канала и используемого режима передачи. Во всех случаях поток данных разделяется на фреймы длиной 400 мс.

Структура FAC также основывается на использовании фреймов длиной 400 мс. В состав каждого фрейма FAC включаются параметры канала. Параметры служб переносятся в последовательных фреймах FAC – одна служба на фрейм. Далее приводятся названия параметров канала FAC: флаг базы/расширения, идентификация, занимаемый спектр, флаг глубины перемежения, режим модуляции, число служб, индекс реконфигурации и "зарезервировано для будущего использования". Эти параметры используют в общей сложности 20 битов. Параметрами служб в рамках канала FAC являются: идентификатор службы, краткий идентификатор, индикатор СА (условного доступа), язык, флаг аудио/данных и "зарезервировано для будущего использования". Указанные параметры используют в общей сложности 44 бита. (Подробные данные об этих параметрах, включая размер поля, приведены в спецификации системы.)

Периодичность фрейма SDC составляет 1200 мс. Не вдаваясь в подробности использования каждого из множества элементов внутри полей SDC, далее указываются их названия: описание мультиплекса, маркировка программ, параметры условного доступа, информация о частотах, информация о расписании частот, информация о применении, поддержка объявлений и переключения, определение районов покрытия, информация о текущем времени и дате, информация об аудиоканалах,

информация о повторении FAS и данные установления связи. В дополнение к передаче этих данных для обеспечения бесшовного переключения между альтернативными частотами используется периодическое введение элементов SDC в форму волны сигнала.

2.4 Канальное кодирование и модуляция

Используемая схема кодирования/модуляции представляет собой множество символов кодированной ортогональной FDM (COFDM) и сочетает OFDM с MLC на основе сверточного кодирования. Эти два основных компонента дополняются перемежением ячеек и предоставлением пилотных ячеек для мгновенной оценки канала, и все это вместе ослабляет влияние краткосрочных замираний, селективных или амплитудных.

В совокупности эта комбинация предоставляет отличные возможности для передачи и защиты сигнала в каналах с узкой (9/10 кГц) полосой в радиовещательных полосах частот на длинных, средних и коротких волнах. Кроме того, данная схема может эффективно использоваться на этих радиовещательных частотах в каналах с более широкой полосой пропускания, в случае если рассматриваемые частоты будут разрешены к применению в регуляторном отношении.

Что касается OFDM, то передаваемый сигнал состоит из последовательности символов, причем каждый символ включает защитный интервал – циклический префикс, обеспечивающий устойчивость в отношении разброса по задержке. Ортогональность связана с тем фактом, что в случае конструкции системы DRM каждый символ содержит примерно 200 поднесущих, разнесенных на 9/10 кГц таким образом, чтобы их сигналы не создавали помех друг другу (были ортогональными). Точное количество поднесущих и данные по другим параметрам зависят от используемого режима: передачи посредством земной волны, ионосферной волны и передачи с высокой устойчивостью к помехам.

QAM используется для модуляции, которая действует на каждую из множества поднесущих для передачи информации. Используются два основных созвездия QAM: 64-QAM и 16-QAM. Для повышения помехоустойчивости при передаче сигнализации (но не для MSC) вводится также режим QPSK.

Временной интервал перемежителя для ВЧ передачи находится в диапазоне 2,4 с, что поможет справиться с временными и частотно-селективными замираниями. Для частот в диапазонах НЧ и СЧ, где условия распространения благоприятнее, может применяться перемежитель с меньшим временным интервалом, равным 0,8 с.

В схеме многоуровневого сверточного кодирования будут использоваться скорости кодирования в диапазоне между 0,5 и 0,8, причем меньшая скорость относится к неблагоприятным условиям ВЧ распространения.

2.5 Соображения, относящиеся к передатчику

Возбудитель системы DRM может использоваться для воздействия на сигналы как линейных, так и нелинейных передатчиков. Ожидается, что обычным средством обслуживания радиовещательных организаций будут мощные нелинейные передатчики. Это аналогично нынешней практике, существующей для амплитудной модуляции с двумя боковыми полосами.

В связи с указанной потребностью в течение последних нескольких лет при применении системы DRM и других пилотных систем проводилась работа по определению того, каким образом эти нелинейные передатчики могут использоваться с узкополосными цифровыми сигналами. Полученные результаты были обнадеживающими, что подтверждается недавними полевыми испытаниями системы DRM.

Короче говоря, входной сигнал на передатчике класса С (нелинейное усиление) перед его завершающим усилением необходимо разделить на амплитудную и фазовую составляющие. Первая составляющая проходит через анодные цепи, а последняя – через сеточные цепи. Затем они объединяются с соответствующей синхронизацией по времени для формирования выходного сигнала передатчика.

Измерения спектральных характеристик выходного сигнала показывают следующее: энергия цифрового сигнала более или менее равномерно распределена в выделенном канале шириной 9/10 кГц; края характеристики крутые и быстро снижаются до уровня 40 дБ или менее относительно уровня спектральной плотности в пределах выделенного канала шириной 9/10 кГц, а уровни спектральной плотности мощности снижаются более низкими темпами за пределами полосы $\pm 4,5/5,0$ кГц от центральной частоты выделенного канала.

2.6 В эфире

По мере распространения РЧ сигнала цифровая фазовая/амплитудная информация этого сигнала искажается в различной степени. В некоторых ВЧ каналах имеют место проблемные ситуации, связанные с довольно быстрыми амплитудными замираниями; помехами из-за многолучевости, что приводит к частотно-селективным замираниям и большим разбросам задержки на трассе распространения, а также наведенным в ионосфере высоким уровням доплеровских сдвигов и доплеровских расширений.

Включенные в конструкцию системы DRM возможности защиты от ошибок и исправления ошибок в значительной степени ослабляют указанные негативные явления. Это позволяет приемнику точно декодировать передаваемую цифровую информацию.

2.7 Выбор, демодуляция и декодирование сигнала системы DRM в приемнике

Приемник должен быть способен определять, в каком конкретном режиме передается сигнал системы DRM, и соответствующим образом его обрабатывать. Эта операция выполняется путем использования множества вводных данных полей (указанных в п. 2.3) в рамках кодирования FAC и SDC.

После определения соответствующего режима (и его неоднократной проверки) осуществляется процесс демодуляции, обратный тому, который показан в верхней половине рисунка 1, изображающего диаграмму блоков передатчика.

Аналогичным образом приемник также информируется о том, какие службы присутствуют и, например, каким способом должно выполняться декодирование источника аудиослужбы.

Приложение 2

Действующая внутри диапазона и в совмещенном канале система цифрового звукового радиовещания (IBOC DSB) для работы на частотах ниже 30 МГц

1 Система IBOC DSB

Действующая внутри диапазона и в совмещенном канале система IBOC DSB предназначена для работы как в "гибридном", так и в "полностью цифровом" режиме. Режим работы зависит от радиовещательной частоты, существующей ситуации с использованием спектра и требований радиовещательной организации к службам. Гибридный режим работы позволяет одновременно передавать идентичный программный материал как в аналоговом, так и цифровом формате в пределах канала, занимаемого в настоящее время аналоговым сигналом. Полностью цифровой режим предоставляет расширенные возможности для работы в том же канале после удаления существующего аналогового сигнала или если данный канал в настоящее время не используется для аналоговых передач.

В систему IBOC DSB входят четыре основных компонента: кодек, который кодирует и декодирует аудиосигналы; схема кодирования с упреждающей коррекцией ошибок (FEC) и перемежения, обеспечивающая устойчивость за счет избыточности и разнесения; модем, который модулирует и демодулирует сигнал; и схема смешивания, обеспечивающая плавный переход от цифрового сигнала либо к существующему аналоговому сигналу в случае гибридной работы, либо к резервному цифровому сигналу в случае полностью цифровой работы.

Помимо улучшенного качества приема аудиосигналов система IBOC DSB также предоставляет услуги передачи данных. Существуют три основных вида услуг передачи данных в системе IBOC DSB: со специально рассчитанной фиксированной скоростью, регулируемой скоростью и гибкой переменной скоростью.

В случае услуг со специально рассчитанной фиксированной скоростью эта скорость устанавливается и не может изменяться радиовещательной организацией. В частности, служба данных по системе iDAB (IDS) постоянно предлагает комплект услуг по передаче данных в каналах с узкой полосой пропускания аналогично услугам, которые в настоящее время предоставляются системой радиовещательной передачи данных (RBDS). Служба IDS эффективно использует фиксированный объем емкости системы, сохраняя баланс для регулируемых уровней служб передачи аудиосигналов, четности и передачи других данных.

Службы с регулируемой скоростью работают на фиксированной скорости в течение предварительно определенного периода. Однако, в отличие от служб с фиксированной скоростью, радиовещательная организация имеет возможность регулирования скорости передачи данных, используя пропускную способность канала в интересах обеспечения качества приема аудиосигналов или помехоустойчивости. Например, битовая скорость кодированного аудиосигнала может быть снижена (определенными ступенями), чтобы увеличить пропускную способность канала данных за счет качества приема цифрового аудиосигнала.

Службы с гибкой переменной скоростью предлагают скорости передачи данных, которые увязаны с уровнем сложности кодированного цифрового аудиосигнала. Для аудиосигнала повышенной сложности требуется более широкая полоса пропускания, чем для простых сигналов. Аудиокодер измеряет в динамическом режиме уровень сложности аудиосигналов и соответствующим образом регулирует пропускную способность канала данных, не подвергая риску качество приема кодированного цифрового аудиосигнала.

1.1 Компоненты системы

1.1.1 Кодек

В системе IBOC DSB используется кодек AAC, дополненный SBR. Это обеспечивает высокое качество стереозвучания, "подобного ЧМ вещанию", в рамках ограничений ширины полосы, налагаемых на работу ниже 30 МГц. Для дальнейшего повышения надежности приема цифровых аудиосигналов за пределами тех возможностей, которые обеспечиваются схемами FEC и перемежения, применяются специальные методы маскирования ошибок с помощью аудиокодексов, маскирующих влияние ошибок во входном битовом потоке. Кроме того, формат битового потока аудиокодека обеспечивает гибкость, позволяя в будущем совершенствовать базовые методы кодирования аудиосигналов.

1.1.2 Методы модуляции

В системе IBOC DSB используется квадратурная амплитудная модуляция (QAM). QAM позволяет добиться эффективности использования полосы частот, достаточной для передачи аудиосигналов в стереорежиме с качеством, "подобным ЧМ вещанию", а также для обеспечения надлежащих зон покрытия в доступной полосе частот.

В системе применяется также подход с использованием большого числа несущих, называемый методом OFDM. OFDM – это схема, в которой множество QAM-несущих может быть уплотнено с ортогональным частотным разделением, так что между несущими не будет помех. В сочетании с FEC-кодированием и перемежением дополнительно повышается помехоустойчивость цифрового сигнала. Конечно, структура OFDM поддерживает методы FEC-кодирования, которые в максимальной степени повышают показатели работы в неоднородной помеховой среде.

1.1.3 Кодирование FEC и перемежение

Применение кодирования FEC и перемежения в системе передачи существенно повышает надежность передаваемой информации за счет тщательного добавления избыточной информации, которая используется в приемнике для исправления ошибок, появляющихся на трассе передачи. Передовые методы FEC кодирования были специально разработаны на основе детального изучения помех для надлежащего решения проблемы неравномерного характера распределения помех в рассматриваемых диапазонах частот. Кроме того, были разработаны специальные методы перемежения для распределения пакетных ошибок по времени и частоте, чтобы помочь декодеру FEC в его процессе принятия решений.

Серьезной проблемой, с которой сталкиваются системы, работающие на частотах ниже 30 МГц, является наличие заземленных проводящих структур, которые могут вызывать быстрые изменения по амплитуде и фазе, неравномерно распределенные по диапазону. Для исправления этой ситуации в системе IBOC DSB используются методы выравнивания, позволяющие сохранить на достаточном

уровне фазу и амплитуду цифровых несущих OFDM, чтобы надлежащим образом восстановить цифровую информацию. Комбинация методов усовершенствованного FEC кодирования, выравнивания каналов и оптимального перемежения позволяет системе IBOC DSB осуществлять надежный прием цифровых аудиосигналов в мобильной среде.

1.1.4 Смешивание

В системе IBOC DSB используется разнесение по времени между двумя независимыми передачами из одного и того же источника аудиосигналов для обеспечения устойчивого приема во время нарушений связи, типичных в мобильной среде. В гибридной системе аналоговый сигнал выполняет роль резервного сигнала, в то время как в полностью цифровой системе отдельный цифровой аудиопоток является резервным сигналом. Система IBOC DSB обеспечивает такую возможность за счет задержки резервной передачи на фиксированный временной интервал порядка нескольких секунд относительно основной аудиопередачи. Эта задержка оказывается полезной для реализации функции смешивания. В ходе настройки приемника функция смешивания позволяет осуществлять переход от мгновенно обнаруженного резервного сигнала до основного сигнала, когда тот будет обнаружен. Как только этап обнаружения сигналов заканчивается, функция смешивания позволяет перейти к резервному сигналу, если основной сигнал подвергается искажениям. Когда происходит сбой сигнала, приемник осуществляет беспрепятственное смешивание с резервным сигналом, который благодаря временному разнесению с основным сигналом не испытывает аналогичных сбоев.

Цифровые системы зависят от характеристик работы перемежителя по распределению ошибок во времени и сокращению количества сбоев. Как правило, более длинный перемежитель обеспечивает лучшую помехоустойчивость за счет времени захвата. Функция смешивания предоставляет средство для быстрого захвата сигнала во время настройки или повторного захвата, не ставя под угрозу все показатели системы.

1.2 Режимы работы

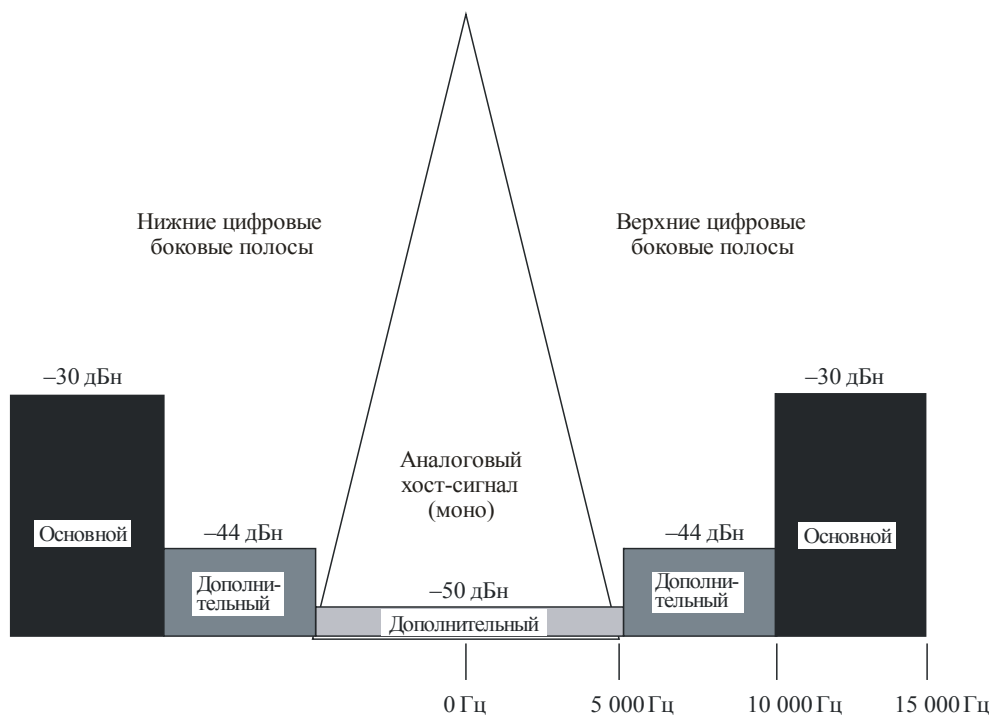
1.2.1 Гибридный СЧ режим

Как показано на рисунке 3, в форме волны для гибридного режима цифровой сигнал передается в боковых полосах по обе стороны от аналогового хост-сигнала, а также ниже аналогового хост-сигнала. Уровень мощности каждой поднесущей OFDM фиксируется относительно центральной несущей, как отмечено на рисунке 3. Несущие OFDM или цифровые несущие отстоят примерно на $\pm 14,7$ кГц от АМ несущей. Цифровые несущие прямо под спектром аналогового сигнала модулируются тем или иным способом, чтобы избежать помех с аналоговым сигналом. Эти несущие группируются в пары, причем пара состоит из двух несущих, расположенных на равном расстоянии по частоте от АМ несущей. Каждая пара называется дополнительной, а вся группа несущих называется дополнительными несущими. Для каждой пары модуляция, применяемая к одной несущей, является негативной сопряженной функцией, применяемой к другой несущей. В данном режиме работы на АМ несущей размещается совокупность несущих со сдвигом по фазе на 90° , сводя таким образом к минимуму помехи, создаваемые аналоговому сигналу, когда он обнаруживается детектором огибающей. Размещение на аналоговом сигнале дополнительных несущих со сдвигом по фазе на 90° также позволяет осуществлять демодуляцию дополнительных несущих в присутствии АМ несущей высокого уровня и аналогового сигнала. Цена размещения дополнительных несущих со сдвигом по фазе на 90° вместе с АМ несущими определяется тем, что информационный контент на дополнительных несущих составляет лишь половину от контента для независимых цифровых несущих.

Гибридный режим предназначен для станций, работающих на СЧ в зонах, где необходимо обеспечить рациональный переход от аналоговой системы к цифровой. Гибридный режим позволяет вводить цифровые услуги, не создавая вредных помех существующему аналоговому хост-сигналу.

Чтобы максимально повысить качество приема цифровых радиосигналов, в системе IBOC DSB используется многоуровневый кодек, в котором сжатый аудиосигнал разделяется на два отдельных информационных потока: основной и дополнительный. Основной поток обеспечивает прием базовой аудиоинформации, в то время как дополнительный обеспечивает более высокое качество и стереоинформацию. Кодирование FEC и расположение аудиопотоков на несущих OFDM предназначено для получения весьма устойчивого основного потока и менее устойчивого дополнительного потока. В гибридной системе основная информация размещается на несущих высокой мощности на расстоянии от ± 10 до ± 15 кГц от аналоговой несущей, в то время как дополнительная информация размещается на несущих OFDM на расстоянии от 0 до ± 10 кГц.

РИСУНОК 3
Спектральная плотность мощности системы IBOC DSB в гибридном СЧ режиме



BS.1514-03

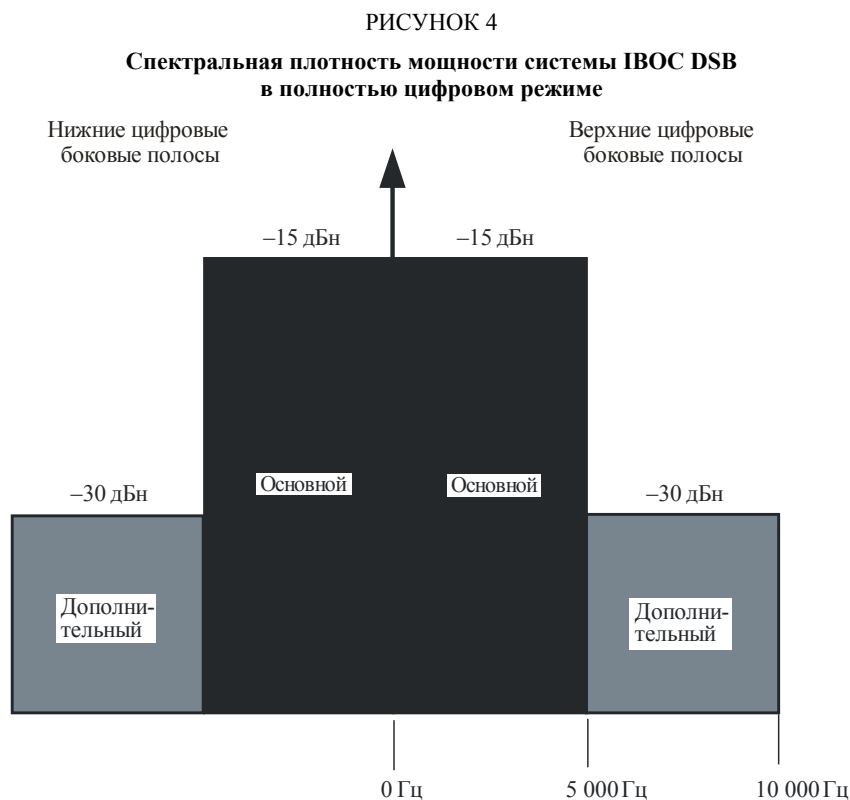
Для защиты основного аудиопотока от помех и ухудшения качества приема в канале система IBOC DSB использует форму канального кодирования со специальной возможностью пунктурирования исходного кода в различных перекрывающихся сегментах (т. е. в основной, резервной, нижней боковой и верхней боковой полосах). Каждый из четырех перекрывающихся сегментов сохраняет свою работоспособность в качестве хорошего кода. Сегменты нижней и верхней боковой полосы позволяют системе IBOC DSB работать даже в присутствии источника сильных помех в нижнем или верхнем соседнем канале, в то время как сегменты основной и резервной полосы позволяют быстро обнаружить систему IBOC DSB и обеспечить ее устойчивость к кратковременным сбоям, например к тем, которые вызываются заземленными проводящими структурами.

В гибридной системе пропускная способность основного аудиопотока составляет примерно 20 кбит/с, тогда как пропускная способность дополнительного аудиопотока добавляет примерно 16 кбит/с.

1.2.2 Полностью цифровой СЧ режим

Полностью цифровой режим предусматривает улучшенные показатели цифрового приема после отключения существующего аналогового сигнала. Радиовещательные организации могут делать выбор в плане осуществления полностью цифрового режима либо в зонах, где не существует аналоговых станций, подлежащих защите, либо после достаточно продолжительного периода работы в гибридном режиме для значительного проникновения цифровых приемников на рынок.

Как показано на рисунке 4, принципиальное различие между гибридным режимом и полностью цифровым режимом состоит в отключении аналогового сигнала и увеличении мощности несущих, которые ранее располагались под аналоговым сигналом. Дополнительная мощность полностью цифрового сигнала повышает устойчивость приема, а "ступенчатая" форма сигнала является оптимальной для работы в условиях сильных помех по соседнему каналу.



BS.1514-04

В полностью цифровой системе используются тот же многоуровневый кодек и те же методы FEC с идентичными скоростями (т. е. ~ 20 кбит/с для основного аудиопотока и ~ 16 кбит/с для дополнительного аудиопотока), которые использовались в гибридной системе. Это упрощает конструкцию приемника, который должен поддерживать обе системы.

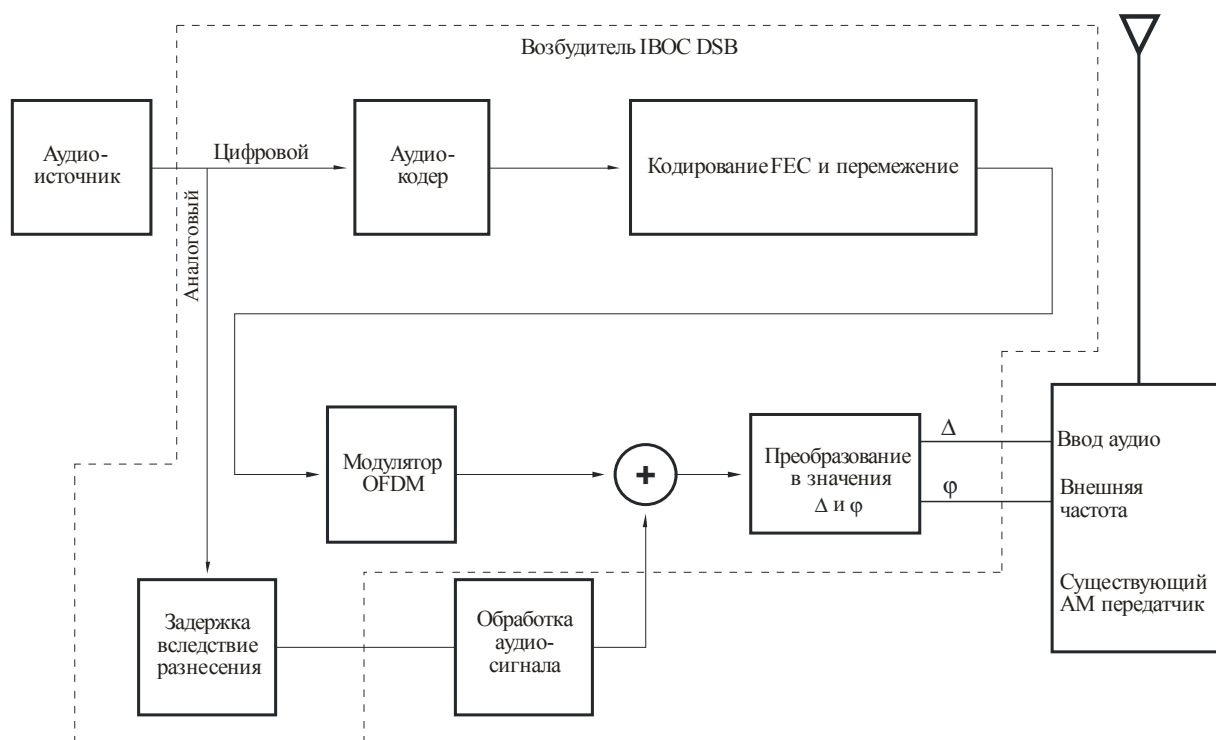
1.2.3 Формирование сигнала

На рисунке 5 показана функциональная блок-схема передатчика системы IBOC DSB в гибридном СЧ режиме. От источника входных аудиосигналов по студийной передающей линии монофонический сигнал L + R подается в аналоговый СЧ канал, а стереофонический аудиосигнал – в аудиоканал DSB. Канал DSB производит цифровое сжатие аудиосигнала в аудиокодере (кодере), причем результирующий битовый поток поступает на декодер FEC и перемежитель. Затем битовый поток объединяется в модемный фрейм и в модулированный сигнал OFDM, чтобы образовать спектр группового сигнала DSB. В аналоговый СЧ канал вводится задержка вследствие разнесения, которая проходит через существующий аналоговый аудиопроцессор станции и возвращается в возбудитель DSB, где она суммируется с цифровыми несущими. Этот сигнал групповой полосы преобразуется в значения магнитуды Δ и фазы ϕ для усиления в существующем аналоговом передатчике станции (см. Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В целях упрощения здесь были опущены некоторые подробности, такие как ввод данных и синхронизация.

Было показано, что некоторые твердотельные передатчики обладают частотными характеристиками, уровнем искажений и параметрами шума, которые достаточны для воспроизведения гибридных сигналов IBOC. Система работала в течение многих часов, используя выпускаемый в настоящее время передатчик с амплитудной модуляцией для передачи сигналов IBOC DSB.

РИСУНОК 5
Блок-схема передатчика IBOC DSB в гибридном СЧ режиме



BS.1514-05

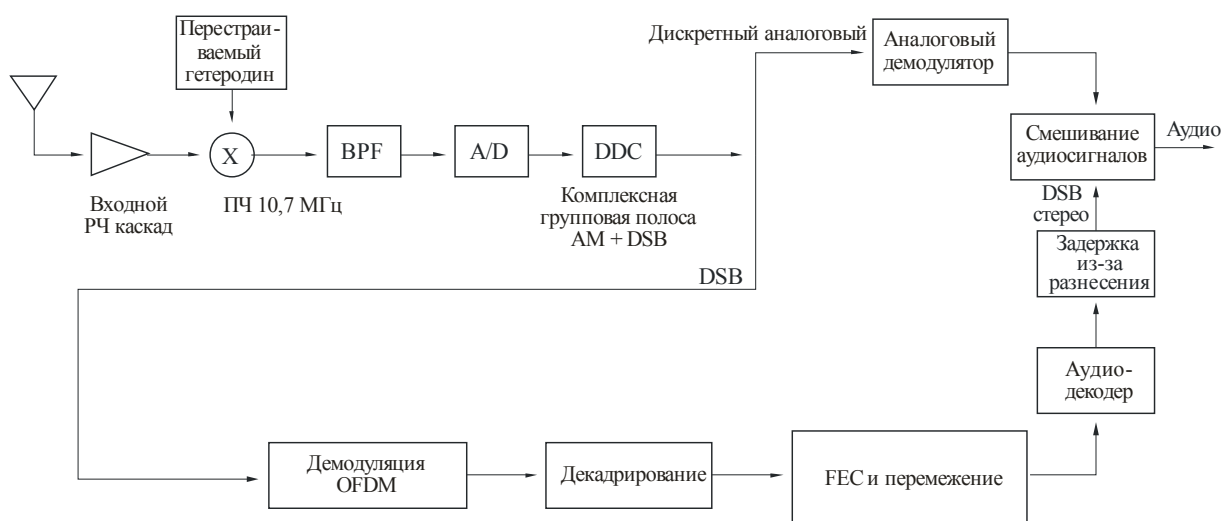
Аналогичный подход используется для полностью цифровой системы, работающей на СЧ. Однако в такой системе не существует аналогового канала передачи.

1.2.4 Прием сигнала

На рисунке 6 представлена функциональная блок-схема СЧ приемника IBOC. Сигнал принимается обычными входными РЧ каскадами и преобразуется в ПЧ способом, подобным существующим аналоговым приемникам. Однако, в отличие от типовых аналоговых приемников, сигнал фильтруется, преобразуется на ПЧ из аналога в цифру (A/D) и в цифровом виде преобразуется вниз в компоненты сигналов групповой полосы, совпадающих по фазе и сдвинутых на 90° . Затем гибридный сигнал разделяется на аналоговые компоненты и компоненты DSB. После этого аналоговый компонент демодулируется, чтобы создать цифровой дискретный аудиосигнал. Сигнал DSB синхронизируется и демодулируется в символы. Эти символы декадрируются для последующего обращенного перемежения и декодирования FEC. Результирующий битовый поток обрабатывается аудиодекодером для создания на выходе цифрового стереосигнала DSB. Этот аудиосигнал DSB задерживается на такой же интервал времени, на который аналоговый сигнал был задержан в передатчике. Функция смешивания аудиосигналов смешивает цифровой сигнал с аналоговым, если цифровой сигнал искажается, и используется также для быстрого захвата сигнала во время настройки или повторного захвата.

РИСУНОК 6

Блок-схема типичного приемника ИВОС в гибридном СЧ режиме



BPF: полосовой фильтр

DDC: цифровое преобразование вниз

BS.1514-06

Функция шумоподавления является составной частью приемника ИВОС и используется для улучшения цифрового и аналогового приема. В приемниках используются перестраиваемые схемы для отфильтровывания соседних каналов и интермодуляционных составляющих. Эти перестраиваемые схемы стремятся "закольцевать" или растянуть короткие импульсы в более длительные перебои. Шумоподавитель измеряет импульс и выключает РЧ каскады на время короткой длительности импульса, эффективно ограничивая влияние такого кольцевания на возможности прослушивания аналогового сигнала. Короткие импульсы оказывают минимальное влияние на цифровой поток данных и повышают возможность прослушивания аналогового сигнала (см. Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В целях упрощения здесь не показаны каналы данных и схема шумоподавителя.

Подобный подход используется для полностью цифрового режима, за исключением отсутствующих функций аналогового приема и демодуляции и смешивания аудиосигналов.

Приложение 3

Критерии оценки

Связь между Вопросом МСЭ-R 217/10 и основными критериями:

Исследования, которые решено провести в Вопросе МСЭ-R 217/10	Основные критерии
<i>решает</i> 1	1, 2, 3, 6, 8, 11, 12
<i>решает</i> 2	5, 8, 10
<i>решает</i> 3	1, 2, 3, 6, 8, 9, 11, 13
<i>решает</i> 4	4, 5, 8, 10
<i>решает</i> 5	6, 9, 13, 14
<i>решает</i> 6	7, 13, 14

Критерии оценки

- 1 Неискаженное качество приема аудиосигналов в кодеке
- 2 Надежность цепи передачи
- 3 Зона покрытия и постепенное ухудшение эксплуатационных показателей
- 4 Совместимость с новыми и существующими передатчиками
- 5 Соображения, касающиеся планирования каналов
- 6 Работа в одночастотной сети
- 7 Стоимость и степень сложности приемника
- 8 Помехи
- 9 Быстрая настройка и захват канала
- 10 Совместимость с существующими аналоговыми форматами
- 11 Эффективность использования спектра
- 12 Единый стандарт
- 13 Сопоставительный анализ с существующими АМ службами
- 14 Передача данных по вещательным каналам
- 15 Модульность.

1 Определения критериев оценки

Критерий 1 – Неискаженное качество приема аудиосигналов в кодеке

Измеренное субъективное восприятие кодированного сжатого аудиосигнала от базового источника входящего потока без наведенных шумов и других проблем, возникающих при передаче.

Критерий 2 – Надежность цепи передачи

Субъективное и объективное качество приема аудиосигналов в системе при реальных условиях фактической передачи и приема. Этот критерий учитывает особенности проектируемой системы, касающиеся формы сигнала модуляции, коррекции ошибок и т. д., для обеспечения удовлетворительных показателей работы при различных условиях распространения; эти условия распространения должны быть определены.

Критерий 3 – Зона покрытия и постепенное ухудшение эксплуатационных показателей

Расчетная фактическая зона покрытия для заданного уровня мощности в системе при различных условиях распространения. Зона покрытия будет определяться по тем сегментам поверхности, где декодированный сигнал приемлем для предполагаемого рынка.

Критерий 4 – Совместимость с новыми и существующими передатчиками

Способность эффективно передавать сигналы, создаваемые в системе, используя:

- существующие комбинации передатчиков и антенн с небольшими необходимыми изменениями оборудования или вообще без изменений;
- передающее и антенное оборудование, специально предназначенное для передачи таких сигналов;
- передающее и антенное оборудование, специально предназначенное для передачи таких сигналов, а также существующих аналоговых форматов.

Способность таких конфигураций работать с приемлемыми уровнями побочных излучений.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Многие радиовещательные организации пожелают или вынуждены будут использовать в течение продолжительного периода времени свои существующие аналоговые радиовещательные средства для передачи новых цифровых услуг.

Критерий 5 – Соображения, касающиеся планирования каналов

Действующие правила разделения каналов и учета помех будут изначально важными ограничивающими факторами, даже если соответствующие исследования и разработки позволят в будущем произвести определенные изменения с помощью надлежащих регуляторных процедур.

В связи с этим необходимо по крайней мере оценивать возможности системы в сравнении с существующими правилами, касающимися занятости полосы пропускания, внеполосных излучений, побочных излучений, влияния помех и т. д.

Критерий 6 – Работа в одночастотной сети

Необходимо оценивать способность любой новой системы работать как одночастотная сеть. Многие радиовещательные организации считают это желательным свойством системы.

Критерий 7 – Стоимость и степень сложности приемника

Необходимо рассмотреть возможности как базовых, так и усовершенствованных приемников. Стоимость приемника, очевидно, зависит и от других критериев – для каждого критерия и варианта потребуется примерная оценка стоимости.

Критерий 8 – Помехи

Субъективное и объективное качество приема аудиосигналов системы, работающей в условиях помех в совмещенном канале и по соседнему каналу от других цифровых или аналоговых источников. Этот показатель должен учитывать как способность сигнала преодолевать помехи в собственных зонах обслуживания, так и его возможности создавать помехи другим передачам вне этих зон.

Критерий 9 – Быстрая настройка и захват канала

Слушатели привыкли без задержки либо с небольшой задержкой включать или настраивать радиоприемник. Поэтому в системном проекте должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- легкость, с которой слушатель может выбирать желаемую станцию или сигнал;
- скорость подтверждения запроса касательно выбора или изменения канала;
- скорость аудиозахвата;
- перебои (если таковые имеются) в приеме аудиосигнала при переходе на альтернативный или более сильный источник желаемого сигнала.

Критерий 10 – Совместимость с существующими аналоговыми форматами

Во время переходного этапа от существующей аналоговой радиовещательной среды к будущей цифровой среде цифровые и аналоговые службы должны сосуществовать. Для упрощения этой ситуации необходимо рассмотреть некоторые вопросы:

- помехи в совмещенном канале и по соседним каналам (см. критерий 8, выше);
- способность радиовещательных организаций удерживать имеющихся слушателей аналоговых служб путем одновременной передачи вещательных программ в разных режимах в период формирования базы цифровых приемников;
- способность цифровой системы работать в рамках существующих регуляторных ограничений.

Критерий 11 – Эффективность использования спектра

Данная система должна обеспечивать более эффективное использование радиочастотного спектра по сравнению с существующими аналоговыми службами. Более эффективная в отношении спектра система будет предлагать эквивалентные характеристики в меньшей полосе пропускания или улучшенные характеристики в той же полосе пропускания.

Критерий 12 – Единый стандарт

Общепризнано, что любая система будет извлекать пользу из применения оптимизированных параметров в различных полосах частот или при различных условиях распространения; например, посредством земных или ионосферных волн.

Единый стандарт в то же время:

- будет использовать те же основные функциональные блоки (например, систему аудиокодирования), хотя, возможно, и с другими эксплуатационными параметрами (например, битовой скоростью) для различных условий распространения;
- позволит спроектировать приемник, который будет автоматически обеспечивать все режимы работы без излишнего дублирования функций.

Критерий 13 – Сопоставительный анализ с существующими АМ службами

Совокупность характерных измерений, которые должны быть проведены в существующих аналоговых системах, в целях возможного осуществления значимых сравнений с испытываемыми системами.

Критерий 14 – Передача данных по каналам радиовещания

Способность предоставлять дополнительные услуги передачи данных наряду или даже вместо аудиослужб. Такие услуги передачи данных могут быть или не быть связаны с аудиослужбами.

Критерий 15 – Модульность

Возможность постепенной адаптации к группированию каналов с большей полосой пропускания.

2 Определения характеристик, по которым должны проводиться испытательные измерения**2.1 E_b/N_0 при BER = 1×10^{-4}**

Пороговый уровень коэффициента ошибок по битам (BER), равный 1×10^{-4} , был определен для получения "прозрачного" канала передачи, обеспечивающего целостность аудиосигнала. Передаваемый сигнал настраивается так, чтобы уровень BER принятого сигнала после исправления ошибок был лучше показателя 1×10^{-4} , а затем производится измерение отношения E_b/N_0 .

В качестве альтернативного варианта измерение может производиться выше или ниже этого порогового уровня, а отношение E_b/N_0 при BER = 1×10^{-4} получается путем интерполяции.

2.2 Доплеровский сдвиг, доплеровское расширение и разброс по задержке

Доплеровский сдвиг, доплеровское расширение и разброс по задержке – это три встречающихся условия распространения, которые могут повлиять на прием:

- доплеровским сдвигом называется разность частот принимаемого и излучаемого сигналов, связанная с относительным движением между источником и приемником. Частотный сдвиг может быть также обусловлен распространением ионосферных волн;
- доплеровским расширением называется максимальная разность между доплеровскими сдвигами, когда по различным каналам передачи принимаются несколько сигналов;
- разбросом по задержке называется максимальная разность между моментами прихода сигналов в приемник, когда через различные каналы передачи принимаются несколько сигналов.

2.3 Помехи в совмещенном и соседних каналах (все комбинации)

Необходимо иметь значения защитных отношений для следующих случаев:

- цифровые сигналы мешают цифровым сигналам;
- цифровые сигналы мешают аналоговым сигналам;
- аналоговые сигналы мешают цифровым сигналам.

2.4 Синхронизация и доступ (захват сигнала)

Слушатель не хочет долго ждать, пока приемник синхронизируется с принимаемым сигналом, для того чтобы предоставить доступ к услуге. Поэтому необходимо измерять время между включением приемника и началом прослушивания программы.

2.5 Степень сложности/потребляемая мощность/стоимость приемника

Одним из наиболее важных соображений является стоимость производства бытового приемника, которая будет зависеть от степени сложности системы. Уровень сложности набора микросхем и вследствие этого его стоимость служат критерием выбора наилучшего способа реализации той или иной функции (демодуляции, канального декодирования, защиты от ошибок и т. д.).

2.6 Коэффициент полезного действия передатчика

Отношение средней мощности на выходе передатчика к средней мощности на его входе. Какой уровень мощности необходим для обеспечения такой же зоны покрытия, как и при аналоговой передаче?

2.7 Качество приема аудиосигналов при максимальной битовой скорости

В стандартном канале при использовании схемы с пониженной защитой от помех возможно вести передачи с наилучшим качеством приема аудиосигналов (максимальная битовая скорость, предназначенная для сжатого аудиосигнала).

2.8 Наилучшее качество приема аудиосигналов для иерархической системы

Для передачи данных (в том числе аудиоданных) можно использовать несколько схем защиты. Схема с наименьшей защитой обеспечит наиболее высокое качество приема аудиосигналов при наилучших условиях передачи.

2.9 Минимальное качество приема аудиосигналов для иерархической системы

Для передачи данных (в том числе аудиоданных) можно использовать несколько схем защиты. Схема с наибольшим уровнем защиты обеспечит наличие сигнала при наихудших условиях передачи.

2.10 Качество приема аудиосигналов для аналоговой модуляции

Передача цифрового сигнала не должна мешать передаче аналогового сигнала как в том же канале (одновременная передача вещательных программ), так и в соседних каналах (многоадресная передача или передача различного контента).

2.11 Кодирование речи

Некоторые радиовещательные организации в своих требованиях к выходной информации просят обеспечить одновременную передачу на нескольких языках (только речевой контент) с помощью специально разработанного способа кодирования речи. Необходимо удостовериться, что система способна предоставлять эту возможность радиовещания на нескольких языках.

2.12 Переход от АМ к цифровому вещанию

Предлагаемая система должна быть способна обеспечить плавный переход от полностью аналогового к полностью цифровому радиовещанию. Это включает возможности одновременной передачи вещательных программ, а также многоадресной передачи.

2.13 Сравнение с АМ для НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов

В любом случае цифровая система должна обеспечивать определенные улучшения по сравнению с аналоговой системой. Поэтому необходимо сравнивать все поддающиеся измерению параметры, такие как зона покрытия, надежность сигнала, доступность сигнала, качество приема аудиосигналов (ширина полосы, динамический диапазон, искажения и т. д.), во всех АМ диапазонах.

2.14 Реальная возможность одновременной передачи радиовещательных программ

Некоторые радиовещательные организации, имеющие только один доступный канал, будут вынуждены передавать одновременно и аналоговые, и цифровые сигналы (одновременная передача радиовещательных программ).

Приложение 4

Краткое описание характеристик (см. Примечание 1) системы DRM на основе критериев, содержащихся в Приложении 3

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В настоящем Приложении дается краткое описание характеристик системы DRM на основе результатов лабораторных и полевых испытаний, ссылки на которые приведены в Дополнении 1.

1 Неискаженное качество приема аудиосигналов в кодеке

В системе DRM используется кодирование источника AAC и CELP с опцией расширения AAC с помощью технологии SBR. За исключением данного расширения характеристики этих кодеков на используемых системой DRM битовых скоростях описываются в других документах. Измерения эксплуатационных характеристик включают субъективные эксперименты с прослушиванием на основе Рекомендации МСЭ-R BS.1284. В этой Рекомендации устанавливается 5-балльная шкала оценок от 1 ("плохо") до 5 ("отлично").

Неискаженное качество системы для AAC значительно выше такого же качества для аналоговой системы с двумя боковыми полосами. AAC на скорости 24 кбит/с достигает в качестве контрольной точки субъективного уровня прослушивания в 4,2 для музыки, тогда как неискаженная аналоговая модуляция позволяет достичь уровня менее 3 для такого же входного уровня аудиосигнала. Это обеспечивает значительное улучшение по сравнению с уровнем качества осуществляемых в настоящее время АМ передач. Расширение возможностей, осуществляемое с использованием AAC + SBR, дополнительно увеличивает эти различия в эксплуатационных характеристиках, что позволяет сравнивать данную систему с монофонической системой ЧМ вещания.

2 Надежность цепи передачи

Устойчивость системы DRM к помехам определяется при использовании различных условий распространения как в лаборатории, так и на местности.

Условия распространения смоделированные в лаборатории, основывались на результатах нескольких лет работы различных исследователей, наблюдавших за многолучевостью и другими явлениями. Учитывались также измерения распространения радиоволн, проведенные в начале 2000 года разработчиками системы DRM для различных ионосферных трасс распространения протяженностью от коротких расстояний до более 15 000 км. Все это обеспечивает возможность адекватного представления процесса распространения ионосферных волн в лабораторных моделях.

Последующие масштабные серии полевых испытаний были проведены в июле и августе с использованием прототипа системы DRM. Трассы распространения были подобраны таким образом, чтобы использовать их для разнообразных условий, которые будут встречаться во время обычного процесса радиовещательной передачи.

Что касается испытываемых линий, то и разброс по задержке, и частотная дисперсия могут быть проблемными явлениями для узкополосных сигналов OFDM. Вместе с тем в отношении завышенных значений доплеровского расширения или разброса по задержке ухудшения эксплуатационных характеристик системы не было обнаружено. Следовательно, можно предположить, что предельные значения конструкции системы не были превышены и подходят для поставленных целей.

Как говорится в разделе, посвященном полевым испытаниям, повторяющаяся последовательность испытаний включала стандартные аналоговые передачи с двумя боковыми полосами и ряд режимов цифровых передач. В этих цифровых режимах использовались различные уровни цифровой модуляции (16- и 64-QAM) и распределения битов при исправлении ошибок. Во всех случаях сигналы передавались в пределах полосы шириной 10 кГц для передач на коротких волнах и в пределах полосы шириной 9 кГц для передач на средних волнах. Поэтому для каждой трассы можно было сравнивать характеристики различных режимов друг с другом, а также с аналоговыми передачами.

Характеристики цифровых передач были значительно лучше соответствующих характеристик аналоговых передач в плане сохранения исходного качества приема аудиосигналов в условиях

влияния шума и многолучевости, которые зачастую делают аналоговый прием непривлекательным для слушателя.

Такая ситуация объясняется двумя главными причинами:

- цифровой сигнал может выдержать воздействие определенного уровня помех в совмещенном и соседних каналах, причем пороговые значения помех указываются в отчете о лабораторных испытаниях. Для отношений сигнал/помеха ниже этих пороговых значений качество приема аудиосигналов сохраняется полностью без каких-либо искажений;
- сигнал OFDM может весьма эффективно противостоять селективным замираниям и в сочетании с методами временного перемежения и исправления ошибок позволяет получить высокий уровень бесперебойной работы в условиях многолучевости такого рода, когда возникают помехи "самовозбуждения".

Как правило, когда в цифровом приемнике имеет место реальное пропадание сигнала, обнаруживаемое человеком, качество приема аналогового сигнала очень плохое.

3 Зона покрытия и постепенное ухудшение эксплуатационных показателей

Зона покрытия на средних волнах в условиях распространения посредством земной волны соответствовала расчетной; т. е. зона покрытия была по меньшей мере такой же, как для аналоговой модуляции при уровнях передаваемой мощности цифрового сигнала примерно на 5 дБ ниже мощности аналогового сигнала.

По причинам, описанным в п. 4, мощность цифрового сигнала должна поддерживаться на уровне примерно на 7 дБ ниже мощности аналоговых передач, в условиях типовых ситуаций, связанных с планированием каналов в диапазоне средних волн. Поэтому можно сделать вывод о том, что при использовании системы DRM в пределах диапазона средних волн ее возможности применительно к зоне покрытия будут аналогичны возможностям, которые в настоящее время существуют для аналоговых передач.

Полевые испытания на коротких волнах проводились с использованием номинальной мощности передатчика, рассчитанной для АМ последовательностей. Для цифровых последовательностей уровень средней мощности был на 10 дБ ниже пиковой мощности огибающей передатчика. Величина 10 дБ – это результат влияния пик-фактора, который является параметром системы DRM. Поскольку при работе в режиме АМ средняя выходная мощность, как правило, на 6 дБ ниже пиковой мощности огибающей, средняя выходная мощность системы DRM на 4 дБ ниже мощности в режиме АМ для сопоставимой ситуации.

Зона покрытия на коротких волнах рассчитывалась посредством использования данных об аналоговом и цифровом приеме, относящихся к полевым испытаниям, которые проводились в июле и августе 2000 года. Эти "точечные оценки" в пространстве/времени показывают, что эффективная зона покрытия с использованием конструкции системы DRM по меньшей мере такая же, как зона для аналогового приема, причем мощность цифровой передачи приблизительно на 4 дБ ниже по сравнению с аналоговой передачей.

Система DRM включает использование ряда режимов цифровой модуляции, позволяющих оператору систем передачи выбирать режим со степенью помехоустойчивости, наилучшим образом подходящей к ожидаемым условиям распространения. В приемниках будет предусмотрена возможность автоматического обнаружения используемого режима.

Последовательность испытаний включала использование двух уровней модуляции (64- и 16-QAM). Как и предполагалось, результаты показывают, что более устойчивый к помехам сигнал 16-QAM с добавленными функциями защиты от ошибок и исправления ошибок может дать лучшие результаты, чем сигнал 64-QAM, при более низких отношениях сигнал/шум и более неблагоприятных условиях распространения.

4 Совместимость с новыми и существующими передатчиками

Полевые испытания, проведенные с декабря 1999 года, включали использование четырех передатчиков класса С, одного линейного коротковолнового передатчика и одного линейного средневолнового передатчика. Передатчики класса С представляли трех различных производителей. Каждый из передатчиков был способен принимать и передавать сигнал OFDM.

Линейные передатчики могут принимать на своем входе сигнал OFDM, а также усиливать и напрямую передавать этот сигнал. Однако для нелинейных передатчиков требуется, чтобы сигнал OFDM формировался на выходе передатчика при подаче на его вход двух отдельных сигналов амплитуды и фазы. Для обеспечения правильного формирования сигнала OFDM две цепи прохождения сигналов через передатчик должны быть синхронизированы по времени, а это достигается за счет задержки амплитудного сигнала относительно фазного сигнала до его подачи на вход передатчика.

Спектр формируемого сигнала OFDM обладает примерно постоянной спектральной плотностью в пределах выбранного канала шириной 9 или 10 кГц. Уровень сигнала затем быстро падает на верхней и нижней границах ("склонах") спектра канала. Измеренный уровень спада во время испытаний составил 35 дБ, а для оптимизированных систем передачи этот уровень будет на 50 дБ ниже пикового значения.

Затухание на "склонах" спектра зависит от типа и проекта передатчика. Вообще наиболее быстрое затухание на краях достигается в самых современных нелинейных передатчиках, поскольку они имеют в своем составе модулятор с более широкой полосой пропускания (обычно используется твердотельный модулятор) и обладают более высокой линейностью. Это два наиболее важных фактора при определении передаваемой формы спектра.

5 Соображения, касающиеся планирования каналов

Этот критерий и критерий 8 (п. 8 – Помехи) тесно связаны друг с другом. Более подробное обсуждение приводится в п. 8.

На основе проведенных лабораторных измерений и анализа их результатов можно сделать вывод о том, что при надлежащем учете уровней цифровой мощности аналоговые и цифровые сигналы могут "сосуществовать" в одной полосе частот. Другими словами, защитные отношения таковы, что цифровой сигнал шириной 10 кГц может быть размещен внутри полосы частот диапазона коротких волн, а сигнал шириной 9 кГц – внутри полосы частот диапазона средних волн.

Существует несколько перспектив в пределах совокупности вещательных полос частот на коротких волнах, однако они должны быть тщательно изучены, в том что касается внедрения цифровой службы. В качестве примера, в дополнение к полученному разрешению на то, чтобы цифровой аудиосигнал занимал каналы, соседние с аналоговым сигналом, может оказаться желательным выделить часть поддиапазонов коротких волн для цифрового звукового вещания.

6 Работа в одночастотной сети

Испытаний в связи с данным критерием не проводилось, тем не менее, поскольку эта система основана на системе OFDM с защитным интервалом, она, безусловно, подходит для работы в одночастотной сети. За последние несколько лет эти возможности системы OFDM были продемонстрированы с другими системами и в других полосах спектра. Вместе с тем особая осторожность должна быть проявлена при планировании сети в целях обеспечения того, чтобы значения разности во времени задержки между всеми передаваемыми сигналами в направлении зоны обслуживания находились в пределах конструкции системы.

7 Стоимость и степень сложности приемника

По соображениям, связанным с потребительским маркетингом, предполагается, что возможность цифрового приема в этих полосах частот будет входить в состав приемника и не будет служить основой для отдельного, независимого приемника. Это расширение типового современного радиоприемника, который включает АМ и FM диапазоны.

Поэтому антенна, входные каскады, громкоговорители и корпус являются в некотором смысле многоцелевыми. Функциональные возможности цифрового сигнала в АМ диапазонах становятся элементом "добавленной стоимости" приемника. Сложность этого элемента определяется необходимостью цифровой обработки. Предполагается, что схема обработки системы DRM может разместиться в одном "чипе". В этом устройстве могут применяться разработки, сделанные в других областях цифрового вещания и передачи, чтобы использовать как можно больше общих элементов.

8 Помехи

Были проведены тщательные лабораторные испытания по установлению базовых положений для получения количественных данных по обычным переменным параметрам помех:

- в совмещенном и соседних каналах для режимов;
- цифровой-цифровой, аналоговый-цифровой и цифровой-аналоговый. (Подробные результаты испытаний и связанный с ними анализ представлены в Документе 6-6/6, 15 сентября 2000 года, стр. 19–37, п. 3.3.3.2.).

Основной результат испытаний заключается в следующем: необходимые защитные отношения, применимые к помехам сигналам DRM от аналоговых сигналов, аналоговым сигналам от DRM и между сигналами DRM, связаны с существующими защитными отношениями между аналоговыми сигналами таким образом, что можно использовать следующую процедуру. Сначала определяется допустимый уровень мощности существующей или гипотетической аналоговой передачи, который соответствует установленным критериям защиты аналоговых сигналов. Если эту аналоговую передачу затем заменить сигналом DRM, чей уровень мощности на 7 дБ ниже, то в этом случае другие существующие передачи не будут испытывать неприемлемых помех и не будут сами создавать таких помех. Эта простая процедура выведена по результатам масштабных измерений, ссылка на которые приведена в Дополнении 1 [4].

При этом можно отметить, что цифровые сигналы обладают несколько лучшей помехоустойчивостью, и поэтому им требуются меньшие уровни защитных отношений, чем в случае обеспечения защиты между аналоговыми сигналами.

9 Быстрая настройка и захват канала

Для приема сигналов на средних волнах, передаваемых посредством земной волны, требуется временное перемежение с задержкой лишь 800 мс. Поэтому для структуры сигнала с тремя различными каналами для сигнализации и передачи данных потребуется в среднем 1,6 с для захвата канала (до момента приема аудиосигнала).

При приеме сигналов на коротких волнах, передаваемых посредством ионосферных волн, используется временное перемежение с задержкой около 2,4 с, которое будет применяться к передаваемым данным в целях уменьшения искажений аудиосигнала, которые в противном случае будут создаваться вследствие меняющегося канала передачи. Из-за этой более длительной задержки перемежения и использования канала с более сложными условиями распространения среднее время захвата канала (до момента приема аудиосигнала) составит 3,6 с. Впрочем, логотип станции, передаваемый в секции данных сигнализации, может быть декодирован в течение, как правило, 1,6 с.

10 Совместимость с существующими аналоговыми форматами

Аспекты этого критерия рассматриваются в разделах 8, 11 и 15.

11 Эффективность использования спектра

Проектировщики системы DRM исходили из необходимости удерживать цифровой сигнал в пределах полосы пропускания выделенного канала. "Склоны" по краям спектральной характеристики выделенного канала очень крутые, и кривая спектральной плотности мощности быстро достигает уровня, более чем на 35 дБ ниже уровня в пределах выделенного канала. Эти показатели напрямую способствуют повышению эффективности использования спектра, поскольку сводят к минимуму помехи за пределами разнеса в 4,5/5 кГц от центральной частоты канала.

В настоящее время Справочный регистр МСЭ-R по сезонным передачам на коротких волнах включает несколько передач одной и той же программы в целевую зону для некоторых вещательных передач. Это делается для повышения возможностей хорошего приема сигналов. Цифровой сигнал с большей помехоустойчивостью должен в конечном счете уменьшить необходимость такого дублирования. Это станет основным фактором повышения эффективности использования спектра. Следует, однако, признать, что в подготовительный период к внедрению цифрового приема будет по-прежнему требоваться значительное количество аналоговых передач на коротких волнах, поскольку в наличии будет лишь небольшая база цифровых приемников. Таким образом, этот основной фактор повышения эффективности использования спектра, хотя он в действительности и будет иметь место, еще не станет реальностью в ближайшее время.

Что касается радиовещания на средних волнах и некоторых аспектов радиовещания на коротких волнах, то для определенных рынков привлекательна концепция одночастотной сети. Этот вариант представляет собой еще одну возможность повышения эффективности использования спектра, и, как упоминалось выше, он будет реализован только тогда, когда парк цифровых приемников в планируемой зоне вещания достигнет высокого уровня.

12 Единый стандарт

Система DRM включает разнообразные режимы работы для различных условий радиовещания. Она позволяет использовать единый стандарт, который должен быть указан для цифрового радиовещания в полосах частот ниже 30 МГц.

13 Сопоставительный анализ с существующими АМ службами

Как отмечалось в других частях настоящего краткого отчета, показатели системы DRM сравнивались с показателями системы АМ с двумя боковыми полосами в пределах одной и той же ширины канала.

14 Передача данных по каналам радиовещания

См. ссылку на краткое описание системы DRM и более подробные характеристики проекта системы, представленные в МСЭ-R в январе 2000 года. В них указывается диапазон возможных значений скорости передачи данных в системе DRM в рамках канала шириной 9/10 кГц. По существу, такая возможность, присущая этому проекту, является частью компромисса между качеством приема аудиосигнала, его устойчивостью к помехам и фактической емкостью для передачи данных по вещательным каналам. Эта система позволяет работать в диапазоне скоростей передачи данных, которые могут использовать от 0 до 100% чистой емкости передаваемых данных.

15 Модульность

Конструкция системы DRM также предусматривает применение средств, позволяющих использовать преимущества каналов с более широкой полосой, если в будущем такие каналы будут доступны. В частности, наличие каналов с шириной полосы 18/20 кГц существенно повысит качество приема аудиосигналов и возможности передачи данных.

Приложение 5

Краткое описание характеристик (см. Примечание 1) системы IBOC DSB на основе критериев, содержащихся в Приложении 3

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В этом Приложении дается краткое описание характеристик системы IBOC DSB на основе результатов лабораторных и полевых испытаний, ссылки на которые приведены в Дополнении 1.

1 Неискаженное качество приема аудиосигналов в кодеке

В системе IBOC DSB используется кодирование источника AAC с опцией расширения с помощью технологии SBR. Поскольку характеристики и качество AAC были надлежащим образом описаны в других документах, дополнительного анализа этого вопроса не предусмотрено.

2 Надежность цепи передачи

Система IBOC DSB включает большую избыточность в целях повышения надежности цепи. В цифровую систему входят абсолютно избыточные боковые полосы по обе стороны от аналогового сигнала. Это позволяет передавать идентичную цифровую информацию на каждой стороне существующего аналогового сигнала. Таким образом, потеря любой боковой полосы не приведет к полной потере сигнала. Такая структура системы особенно полезна для повышения уровня защищенности от помех в соседних каналах. Расположение несущих в системе также служит цели обеспечения более высокой надежности. В полностью цифровой системе цифровые поднесущие, непосредственно прилегающие к центральной несущей, образуют основные ("core") несущие и способны передавать цифровую информацию со скоростью 20 кбит/с. Внешние цифровые несущие на любой стороне, наиболее отдаленные от центральной несущей, образуют систему с дополнительными возможностями. При работе в расширенном режиме система способна передавать цифровую информацию со скоростью 36 кбит/с. Этот гибкий подход обеспечивает надежный прием как минимум основной информации, а в более благоприятных условиях – расширенного объема информации.

3 Зона покрытия и постепенное ухудшение эксплуатационных показателей

Полевые испытания системы IBOC DSB, проведенные в Цинциннати, Огайо, демонстрируют наличие обширной зоны покрытия гибридной СЧ системы. В целом было показано, что зона покрытия системы в полевых условиях простирается примерно на 90 км от передатчика. Уровень напряженности поля, при котором система зачастую начинает процедуру смешивания, т. е. перехода от цифрового к резервному аналоговому сигналу, составляет приблизительно 1 мВ/м. Сигнал не переходит обратно в цифровой режим уже при уровне поля, равном примерно 0,6 мВ/м. Поскольку система IBOC DSB включает аналоговый сигнал в качестве резервного и предусматривает бесшовное смешивание между цифровым и аналоговым сигналами, система всегда обеспечит покрытие, по меньшей мере такое же по величине, как предоставляемое существующим аналоговым сигналом. Испытания в Цинциннати подтверждают способность системы сохранять зону покрытия до тех пор, пока не пропадет зона покрытия аналоговыми сигналами. Испытания также подтверждают наличие сильного и помехоустойчивого цифрового сигнала для значительной части зоны покрытия системы.

В систему IBOC DSB также встроена функция смешивания для переключения приема сигналов в системе от цифрового к аналоговому режиму и обратно. При определенном коэффициенте ошибок модем постепенно переходит от цифрового к аналоговому сигналу для поддержания непрерывного покрытия. Эта функция смешивания расширяет зону покрытия двумя способами. Во-первых, она расширяет показатели покрытия в тех районах, где размеры зоны покрытия аналоговыми сигналами могут превышать соответствующие размеры для цифровых сигналов. Функция смешивания в сочетании с резервным аналоговым сигналом дает возможность расширять охват без появления искажений, вызывающих раздражение у слушателей. Во-вторых, функция смешивания служит средством для обеспечения постепенного ухудшения приема цифрового сигнала. Переход на аналоговый сигнал позволяет избежать "порогового эффекта", характерного для многих цифровых сигналов, когда потеря сигнала приводит к внезапному пропаданию зоны покрытия. Функция смешивания системы IBOC DSB предусматривает постепенное ухудшение эксплуатационных показателей как на краю цифровой зоны покрытия, так и в районах ближе к передатчику, где происходит искажение цифрового сигнала из-за ухудшения качества или воздействия помех.

4 Совместимость с новыми и существующими передатчиками

Система IBOC DSB испытывалась с использованием различных серийно выпускаемых передатчиков. В полевых испытаниях, проводившихся в Цинциннати, Огайо, использовался имеющийся на рынке передатчик. Аналогичные испытания проводились с использованием передатчиков от двух других производителей, причем все они показали полную совместимость с системой IBOC DSB. Почти все существующие производители передатчиков проанализировали характерные особенности системы IBOC DSB и пришли к выводу о совместимости системы с существующими и разрабатываемыми передатчиками.

5 Соображения, касающиеся планирования каналов

Система IBOC DSB, работающая в гибридном режиме, предназначена для обеспечения одновременной передачи аналогового и цифрового сигналов в одной полосе частот. Это не окажет влияния на существующую процедуру планирования каналов для СЧ сигналов с шириной полосы 9 кГц или 10 кГц.

6 Работа в одночастотной сети

Система IBOC DSB не испытывалась с использованием одночастотной сети. Тем не менее система OFDM легко адаптируется для работы в ОЧС, совместимой с другими введенными в эксплуатацию системами ОЧС.

7 Стоимость и степень сложности приемника

Система IBOC DSB объединяет возможности цифрового радиоприемника для работы как в СЧ диапазоне, так и в ОВЧ/ЧМ диапазоне. Это позволит производителям включать систему IBOC DSB для работы в диапазоне СЧ с издержками, лишь незначительно превышающими издержки, требуемые для цифрового радиоприемника ОВЧ/ЧМ диапазона. Такой подход будет соответствовать существующей стоимостной структуре для АМ/ЧМ радиоприемников.

8 Помехи

Система IBOC DSB предназначена для того, чтобы обеспечивать введение цифрового сигнала, одновременно снижая до минимума его влияние на существующие аналоговые сигналы. Результаты моделирования и испытания оборудования реальной системы демонстрируют способность системы противостоять помехам в совмещенном и соседних каналах.

9 Быстрая настройка и захват канала

Система IBOC DSB обеспечивает мгновенный захват канала и настройку. В систему включена функция смешивания основного цифрового сигнала с резервным аналоговым сигналом. При настройке на станцию приемник сразу же обнаруживает аналоговый сигнал. Затем система производит постепенное смешивание для перехода на полностью цифровую работу. Эта функция смешивания обеспечивает немедленный захват канала, а также дальнейшее использование быстрого захвата канала, которую слушатели привыкли ожидать при аналоговом радиовещании.

В полностью цифровом режиме быстрая настройка осуществляется посредством использования резервного цифрового сигнала. Этот сигнал может быть обнаружен не позднее чем через 0,2 мс, в зависимости от конкретной реализации системы.

10 Совместимость с существующими аналоговыми форматами

Система IBOC DSB предназначена для осуществления плавного перехода к внедрению цифрового радиовещания без необходимости выделения нового спектра частот или необходимости исключения аналоговых передач. Гибридная система обеспечивает полную совместимость цифровой передачи с аналоговым хост-сигналом, а также с цифровыми и аналоговыми сигналами станций совмещенного и соседних каналов. Возможность вести аналоговое и цифровое вещание в одном канале позволит радиовещательным организациям одновременно передавать вещательные программы в двух режимах в период перехода к цифровому вещанию. Это даст возможность радиовещательным организациям вводить цифровое вещание, не рискуя потерять существующую аудиторию, а регуляторным органам – принимать систему цифрового радиовещания без необходимости выделения новых частот или выдачи лицензий для новых станций.

11 Эффективность использования спектра

Способность системы IBOC DSB поддерживать цифровое вещание, не оказывая влияния на существующий аналоговый сигнал, является, по сути, эффективной мерой в отношении использования спектра. Используя существующие полосы пропускания СЧ передач, система IBOC DSB может предложить улучшенное качество приема аудиосигналов и более высокий уровень помехоустойчивости в добавление к показателям, обеспечиваемым существующими аналоговыми системами.

12 Единый стандарт

Система IBOC DSB обладает гибкостью для работы в различных режимах с целью удовлетворения потребностей слушателей в разных регионах. Кроме того, система IBOC DSB совместима с системой IBOC DSB в диапазоне ОВЧ/ЧМ. Таким образом, данная система может служить стандартом для DSB, работающего на частотах ниже 30 МГц.

13 Сопоставительный анализ с существующими АМ службами

Система IBOC DSB была испытана в полевых условиях в сравнении с существующими СЧ передачами в Соединенных Штатах Америки, ведущимися в том же канале, что и система IBOC DSB. Эти испытания продемонстрировали преимущества, предлагаемые системой IBOC DSB.

14 Передача данных по вещательным каналам

Система IBOC DSB предусматривает несколько вариантов для передачи данных по вещательным каналам. Конструкция системы допускает передачу данных, связанных с программой, в качестве замены существующих аналоговых служб передачи радиоданных. Система также обладает емкостью для передачи данных по вещательным каналам со скоростью от 4 до 16 кбит/с, в зависимости от условий в пределах зоны обслуживания. Конструкция системы обеспечивает достаточную гибкость, для того чтобы позволить радиовещательным организациям и далее расширять возможности передачи данных по вещательным каналам, в зависимости от достигнутого компромисса в отношении качества приема и помехоустойчивости аудиосигналов.

15 Модульность

Система IBOC DSB обладает достаточной гибкостью, для того чтобы использовать преимущества каналов с более широкой полосой, если в будущем такие каналы будут доступны.

Дополнение 1

Ссылки и литература

Призыв МСЭ-R о внесении предложений, упоминаемый в пункте к) раздела *учитывая*, и источник критериев оценки, указанных в Приложении 3:

[1] ITU-R Circular Letter 10/LCCE/39.

Два предложения в ответ на призыв о внесении предложений и содержащих функциональные проектные характеристики, как указано в пунктах к) и о) раздела *учитывая*:

[2] Document 10-6/10 (17 January 2000). DRM proposal for a digital radio system for application in the broadcasting bands below 30 MHz. (Source: DRM.)

[3] Document 10-6/12 (21 January 2000). IBOC DSB system for operation below 30 MHz. (Source: United States of America.)

Краткие описания систем и полные отчеты о результатах лабораторных и полевых испытаний, представленные двумя сторонами-авторами в ответ на призыв о внесении предложений и упомянутые в пунктах к) и р) раздела *учитывая* (Приложения 4 и 5 являются их сокращенными версиями):

[4] Document 6-6/6 (15 September 2000). Summary description of DRM system and laboratory and field tests. (Source: DRM.)

[5] Document 6-6/7 (11 October 2000). IBOC DSB system for operation below 30 MHz. (Source: United States of America.)

Другие относящиеся к рассматриваемой тематике документы МСЭ-R:

[6] Document 10/128, 11/206 (13 April 2000). System recommendation for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz.

[7] Document 10-6/17 (12 April 2000). Chairman's Report of TG 10/6 meeting held in Geneva, 25-27 January 2000.
