

Рекомендация МСЭ-R BS.1548-8

(05/2025)

Серия BS: Радиовещательная служба (звуковая)

**Требования пользователей к
системам кодирования звуковых
сигналов для цифрового
радиовещания**

Предисловие

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

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

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <https://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: <https://www.itu.int/publ/R-REC/ru>.)

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

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

Электронная публикация
Женева, 2025 г.

© ITU 2025

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.1548-8

**Требования пользователей к системам кодирования звуковых сигналов
для цифрового радиовещания**

(Вопрос МСЭ-R 19-1/6)

(2001-2002-2006-2012-2013-2017-01/2019-10/2019-2025)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определены требования, относящиеся к использованию систем кодирования источника звука в звуковом радиовещании, включая телевидение. Рекомендация охватывает применения подачи, распределения и радиопередачи программ.

Ключевые слова

Звуковые сигналы, кодирование звуковых сигналов, радиовещание, цифровое радиовещание, звук, телевидение, кодек, усовершенствованная звуковая система, звуковой сигнал на основе каналов, звуковой сигнал на основе объектов, относящиеся к звуковым сигналам метаданные, модель определения аудиофайла (ADM)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что базовое качество звука и качество звукового стереофонического образа для звуковых систем для телевидения и звукового радиовещания должны быть максимально высокими, как правило, неотличимыми от исходного материала;
- b)* что требуемое качество звука для некоторых применений радиопередачи должно быть эквивалентно или лучше, чем качество ЧМ-аналоговых радиовещательных служб при хорошем приеме;
- c)* что следует уделить особое внимание возможностям взаимодействия и сетевым операциям, касающимся каналов передачи программ, как, например, линиям подачи и распределения программ;
- d)* что следует обратить особое внимание на взаимодействие с существующим потребительским многоканальным звуковым оборудованием, таким как матричные декодеры объемного звука и дискретные многоканальные декодеры;
- e)* что при внедрении многоканальной звуковой системы в существующей радиовещательной службе необходимо учитывать ее совместимость с существующими приемниками для продолжения обслуживания;
- f)* что в целом, учитывая многообразие применений для таких систем, следует ясно определить все технические, качественные и эксплуатационные требования;
- g)* что показатели работы систем кодирования звуковых сигналов в значительной мере зависят от конфигурации, в которой эксплуатируется такая система (битовая скорость, использование предварительного матрицирования, использование композитного кодирования и т. д.);
- h)* что, следовательно, радиовещательным организациям требуется информация, необходимая для установки всех доступных параметров кодирования для рекомендованных систем;
- i)* что чрезвычайно нежелательно внедрение несовместимых систем с аналогичными рабочими характеристиками;
- j)* что те радиовещательные организации, которые не начали предоставлять услуги, должны иметь возможность выбрать систему, которая бы наилучшим образом подходила к их применениям и которая была бы наиболее экономически эффективной,

отмечая,

- a) что в Рекомендации МСЭ-R BS.775 рассматривается многоканальная звуковая система с сопровождающим изображением или без него;
- b) что в Рекомендации МСЭ-R BS.2051 рассматриваются схемы расположения громкоговорителей и конфигурации каналов для усовершенствованной звуковой системы;
- c) что модель определения аудиофайла (ADM) в Рекомендациях МСЭ-R BS.2076, МСЭ-R BS.2094, МСЭ-R BS.2125 и МСЭ-R BS.2168 определяет метаданные звуковых форматов для производства;
- d) что в Рекомендации МСЭ-R BS.2127 определен алгоритм рендеринга для ADM;
- e) что в Рекомендации МСЭ-R BS.1196 рассматривается кодирование звуковых сигналов для цифрового радиовещания;
- f) что Рекомендация МСЭ-R BS.1283 является руководством по применению Рекомендаций МСЭ-R для субъективной оценки качества звука,

рекомендует,

- 1 чтобы системы кодирования звуковых сигналов для цифрового телевизионного и звукового радиовещания в применениях подачи и распределения программ удовлетворяли требованиям, перечисленным в Приложении 1;
- 2 чтобы системы кодирования звуковых сигналов для цифрового телевизионного и звукового радиовещания в применениях радиопередачи программ удовлетворяли требованиям, перечисленным в Приложении 2;
- 3 чтобы категории качества звука, перечисленные в Приложении 3, определяли качество звука и применения, указанные в пунктах 1 и 2 раздела *рекомендует*.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Информация о системах, которые удовлетворяют качественным и другим требованиям к применениям подачи и распределения программ, приведена в Прилагаемом документе 1 к Приложению 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Информация о системах, которые удовлетворяют качественным и другим требованиям к применениям радиопередачи программ, приведена в Прилагаемом документе 1 к Приложению 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Приложение 1 – Требования, предъявляемые к подаче и распределению программ	4
1 Требования, предъявляемые к услугам	4
1.1 Типы конфигурации канала.....	4
1.2 Гибкое распределение каналов	5
1.3 Дополнительные данные	5
1.4 Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем	6
2 Требования, предъявляемые к рабочим характеристикам	6
2.1 Качество звука	6
2.2 Задержка при кодировании	7
2.3 Устойчивость к ошибкам.....	7
2.4 Время восстановления	7

Стр.

3	Функциональные и эксплуатационные требования	7
3.1	Битовая скорость и схема кодирования	7
3.2	Композитное кодирование	8
	Прилагаемый документ 1 к Приложению 1 (информационный) – Информация о системах кодирования, для которых доказано, что они отвечают требованиям к качеству и другим требованиям пользователя для применений подачи и распределения программ.	8
	Приложение 2 – Требования для радиопередачи	10
1	Требования, предъявляемые к услугам	10
1.1	Типы конфигурации канала	10
1.2	Услуги звукового вещания	11
1.3	Гибкое распределение каналов	12
1.4	Дополнительные данные	12
1.5	Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем	12
2	Требования, предъявляемые к рабочим характеристикам	12
2.1	Качество звука	12
2.2	Задержка при кодировании	14
2.3	Устойчивость к ошибкам	14
2.4	Время восстановления	14
3	Функциональные и эксплуатационные требования для многоканальных систем	14
3.1	Совместимость с моно/стереосистемами (Рекомендация МСЭ-R BS.775)	14
3.2	Битовая скорость	15
3.3	Сложность декодера	16
	Прилагаемый документ 1 к Приложению 2 (информационный) – Информация о системах кодирования, для которых доказано, что они отвечают требованиям к качеству и другим требованиям пользователя для применений радиопередачи	16
	Приложение 3 – Категории качества звука для радиовещательных применений	24
	Приложение 4 (информационное) – Краткое содержание изменений по сравнению с Рекомендацией МСЭ-R BS.1548-7	24

Приложение 1

Требования, предъявляемые к подаче и распределению программ

Системы кодирования звуковых сигналов для цифрового телевизионного и звукового радиовещания как для применений подачи, так и для применений распределения должны удовлетворять нижеперечисленным требованиям.

1 Требования, предъявляемые к услугам

1.1 Типы конфигурации канала

Для услуг звукового вещания должен поддерживаться по крайней мере один из следующих типов конфигурации каналов в соответствии с требованиями применений.

1.1.1 Конфигурации каналов согласно Рекомендации МСЭ-R BS.775

ТАБЛИЦА 1

Число каналов	Конфигурация каналов	Назначение каналов
1 канал	1/0	Моно
2 канала	2/0	Левый, правый
3 канала	3/0 2/1	Левый, правый, центральный Левый, правый/объемный
4 канала	3/1 2/2	Левый, правый, центральный/объемный Левый, правый/объемный левый, объемный правый
5 каналов	3/2	Левый, правый, центральный/объемный левый, объемный правый

ПРИМЕЧАНИЕ. – В конфигурации каналов "a/b" буквами "a" и "b" обозначается число фронтальных и задних каналов соответственно.

В применениях подачи, кроме того, может потребоваться передавать программы, созданные в форматах, отличающихся от перечисленных выше, например 3/4, следовательно, система кодирования должна допускать размещение дополнительных высококачественных каналов.

1.1.2 Конфигурации каналов для усовершенствованных звуковых систем на основе каналов согласно Рекомендации МСЭ-R BS.2051

ТАБЛИЦА 2

Обозначение звуковой системы	Число каналов	Конфигурация каналов	Число каналов LFE	Назначение каналов
Система С	8	2 + 5 + 0 (2/0 + 3/2 + 0)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый + левый, правый, центральный/объемный левый, объемный правый. LFE
Система D	10	4 + 5 + 0 (2/2 + 3/2 + 0)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний задний левый, верхний задний правый + левый, правый, центральный/левый объемный, правый объемный. LFE

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Обозначение звуковой системы	Число каналов	Конфигурация каналов	Число каналов LFE	Назначение каналов
Система E	11	$4 + 5 + 1$ ($2/2 + 3/2 + 1/0$)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний задний левый, верхний задний правый + левый, правый, центральный/левый объемный, правый объемный + нижний фронтальный центральный. LFE
Система F	12	$3 + 7 + 0$ ($2/1 + 3/2/2 + 0$)	2	Левый высотный, правый высотный/центральный высотный + левый, правый, центральный/левый боковой, правый боковой/левый тыловой, правый тыловой. Левый LFE, правый LFE
Система G	14	$4 + 9 + 0$ ($2/2 + 5/2/2 + 0$)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый + левый, правый, центральный, левый экран, правый экран/левый боковой объемный, правый боковой объемный/ левый задний объемный, правый задний объемный. LFE
Система H	24	$9 + 10 + 3$ ($3/3/3 + 5/2/3 + 3/0$)	2	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый, верхний фронтальный центральный/верхний боковой левый, верхний боковой правый, верхний центральный/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый, верхний тыловой центральный + фронтальный левый, фронтальный правый, фронтальный левый центральный, фронтальный правый центральный, фронтальный центральный/боковой левый, боковой правый/тыловой левый, тыловой правый, тыловой центральный + нижний фронтальный левый, нижний фронтальный правый, нижний фронтальный центральный. LFE-1, LFE-2
Система I	8	$0 + 7 + 0$ ($0 + 3/2/2 + 0$)	1	Левый правый, центральный/левый боковой объемный, правый боковой объемный/левый задний объемный, правый задний объемный. LFE
Система J	12	$4 + 7 + 0$ ($2/2 + 3/2/2 + 0$)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый + левый, правый, центральный/левый боковой объемный, правый боковой объемный/левый задний объемный, правый задний объемный. LFE

ПРИМЕЧАНИЕ. – В конфигурации каналов "a/b/c + a/b/c + a/b/c" первая, вторая и третья части "a/b/c" обозначают число аудиоканалов на верхнем, среднем и нижнем уровне соответственно, а буквами "a", "b" и "c" обозначено соответственно число передних, боковых и задних каналов. Если число боковых каналов равно 0, "a/b/c" может быть записано как "a/c". Если число аудиоканалов на данном уровне равно 0, "a/b/c" может быть записано как "0".

В применениях подачи может потребоваться передавать программы, созданные в форматах, которые отличаются от перечисленных выше, поэтому система кодирования должна допускать размещение дополнительных высококачественных каналов.

1.2 Гибкое распределение каналов

Бинарный поток должен содержать идентификационные данные для сигнализации и управления конфигурацией звука. В системе передачи должна быть предусмотрена возможность динамического переключения между каналами с типами конфигурации, перечисленными в пункте 1.1.

1.3 Дополнительные данные

Система кодирования звуковых сигналов должна обеспечивать возможность передачи дополнительных данных. Дополнительные данные могут содержать различные типы информации, включая регулировку динамического диапазона, регулировку громкости, данные пользователя и любые иные метаданные, необходимые для кодера передачи, который будет кодировать результирующий звук для его передачи потребителю.

1.4 Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем

Система кодирования звуковых сигналов должна обеспечивать возможность передачи относящихся к звуковым сигналам метаданных для усовершенствованных звуковых систем, когда это необходимо.

2 Требования, предъявляемые к рабочим характеристикам

2.1 Качество звука

2.1.1 Базовое качество звука

Качество звука, воспроизведенного после эталонного каскада кодеков подачи/распределения (пять кодеков подачи программы и три кодека распределения, работающие последовательно), для большинства типов программного материала должно быть субъективно неотличимым от исходного звука. Применяя тест с использованием трех входных сигналов и двойных "мертвых" зон, а также скрытого эталонного сигнала, описанный в Рекомендации МСЭ-R BS.1116 "Методы субъективной оценки небольшого ухудшения качества в звуковых системах", необходимо добиваться средней оценки, как правило, выше 4,5 по 5-балльной шкале искажений для слушателей, находящихся в эталонной позиции прослушивания. Отрывок с самой плохой оценкой не должен иметь оценку ниже 4.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Доверительный интервал (оценка ошибки), относящийся к единственной средней оценке для одного кодека и одного отрывка, оказывается в диапазоне выше и ниже указанной средней оценки, в который может попасть точная оценка, с некоторой степенью точности, обычно 95%. Точная оценка для одного кодека и одного отрывка может быть такой же низкой, как и нижний предел доверительного интервала вокруг указанной оценки. Для того чтобы получить показательную оценку ожидаемой рабочей характеристики каскада кодеков, доверительный интервал, относящийся к указываемым средним оценкам для отдельных кодеков, должен быть примерно равен или быть меньше разницы между сравниваемыми оценками.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Каскад кодеков подачи/распределения, когда он соединен последовательно с кодеком радиопередачи, не должен создавать заметного снижения качества по сравнению с базовым качеством звука кодека радиопередачи. Для точного определения требуются дальнейшие исследования.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Параметры объективного качества звука для подачи/распределения могут быть определены позже в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BS.1387.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Атрибут субъективного качества звука под названием "базовое качество звука" описан в Рекомендации МСЭ-R BS.1116.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Конфигурация громкоговорителей в испытаниях с прослушиванием должна быть такой же, как и при производстве программы, если это поддерживается кодеком подачи/распределения.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – При распределении несколько объектов часто кодируются совместно (аналогично контенту на основе каналов) для повышения эффективности кодирования. Помимо этого, несколько объектов обычно не предназначены для индивидуального воспроизведения в приложениях радиовещания.

2.1.2 Разрешение квантования

Требуемое разрешение должно быть не менее 18 битов для распределения и 20 битов и выше для подачи программ.

2.1.3 Частота дискретизации

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BS.646 "Кодирование источника для цифровых звуковых сигналов в радиовещательных студиях" частота дискретизации должна составлять 48 кГц.

2.1.4 Полоса пропускания

Основные звуковые каналы – 20–20 000 Гц.

Канал LFE – 15–120 Гц.

2.1.5 Предыскажения

В системе кодирования звуковых сигналов не должны применяться предыскажения.

2.1.6 Каскадное соединение

Требуемое каскадное соединение зависит от применения и определяется таблицей 3.

ТАБЛИЦА 3

Распределение	3 кодека в каскаде
Подача	5 кодеков в каскаде

Эти цифры получены из предыдущих экспериментов, выполненных для оценки двухканальных систем звукового радиовещания (см. Рекомендацию МСЭ-R BS.1196), и не могут быть показательными в практических ситуациях звукового и телевизионного радиовещания. Для более точного освещения этого аспекта необходима дополнительная информация.

2.1.7 Постпроизводственная обработка

Требуемая постпроизводственная обработка в значительной степени зависит от применения. Для применений распределения могут применяться перекрестные затухания совместно с регулировкой динамического диапазона.

2.2 Задержка при кодировании

Задержка при кодировании для всех каналов в программе должна быть одинаковой. Задержка при кодировании должна быть максимально возможно малой с учетом требуемого качества кодирования (то есть насколько сокращается битовая скорость). Для звукового сопровождения телевидения задержка звукового сигнала должна совпадать с задержкой видеосигнала. Желательно, чтобы звуковой кодер создавал кадры кодированного звукового сигнала (блоки доступа), которые в точности совпадали бы с периодом времени соответствующего видеокадра.

2.3 Устойчивость к ошибкам

В звуковом бинарном потоке должен быть предусмотрен механизм, позволяющий декодеру обнаруживать остаточные ошибки в канале и применять подходящие методы борьбы с ними.

2.4 Время восстановления

Время восстановления должно быть максимально возможно малым. В случае применения звуковых блоков доступа (AAU) время восстановления не должно превышать нескольких AAU и предпочтительно, чтобы звуковоспроизведение возобновлялось сразу же после приема первого свободного от ошибок AAU.

3 Функциональные и эксплуатационные требования

3.1 Битовая скорость и схема кодирования

В Рекомендации МСЭ-R BS.1196 для линий распределения и подачи рекомендуется применять метод кодирования MPEG-1 уровня II, как указано в документе Международной организации по стандартизации/Международной электротехнической комиссии (ИСО/МЭК) IS 11172-3, со скоростью 180 кбит/с на канал и выше, метод кодирования MPEG-4 AAC, как указано в ИСО/МЭК 14496-3, со скоростью 144 кбит/с на канал и выше, кодирования MPEG-H 3D Audio, как указано в ИСО/МЭК 23008-3, со скоростью 144 кбит/с на канал и выше при наличии в системе до 5 каскадов, а также метод AC-4, как указано в ETSI TS 103 190-1 v1.3.1 и ETSI TS 103 1901-2 v1.3.1, со скоростью 128 кбит/с на канал и выше при наличии в системе до 5 каскадов. По ряду причин система может применяться с другой скоростью или могут применяться другие системы.

В число этих причин входят следующие:

- дополнительный запас по кодированию для обработки сигнала, который может быть вставлен между блоками генерации кодирования (при разработке Рекомендации МСЭ-R BS.1196 этот случай не был ни проверен, ни доказан);
- для получения более низкой скорости в линии распределения и подачи;
- для достижения более высокого качества;
- пригодность систем синхронизации и коммутации для сопровождающих видеосигналов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если звуковая программа со звуковыми объектами для усовершенствованных звуковых систем должна воспроизводиться без взаимодействия с пользователем, качество звука может быть подтверждено для наложения всех звуковых объектов, которые должны воспроизводиться одновременно.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если звуковая программа со звуковыми объектами для усовершенствованных звуковых систем должна воспроизводиться при взаимодействии с пользователем, что позволяет индивидуально воспроизводить отдельные звуковые объекты, качество звука должно подтверждаться для каждого из этих звуковых объектов по отдельности. Сумма требуемых битовых скоростей для таких отдельных звуковых объектов плюс необходимая битовая скорость для остального аудиоконтента может считаться верхним пределом требуемой битовой скорости для звуковой программы со звуковыми объектами.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если интерактивность ограничивается увеличением/уменьшением уровня некоторых звуковых объектов, качество должно быть подтверждено с помощью максимальной и минимальной настройки уровней этих звуковых объектов в полном миксе.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если в сцене находится множество объектов, необходимая битовая скорость для каждого отдельного объекта снижается из-за того, что общий объем данных, который может воспринять слушатель, ограничен.

3.2 Композитное кодирование

Двухканальный или многоканальный материал часто содержит некоторую межканальную статистическую корреляцию. Композитное кодирование может оказаться эффективной мерой для снижения межканальной энтропии и избыточности, повышая таким образом эффективность кодирования. Некоторые системы кодирования для удаления части межканальной энтропии используют критерии восприятия, объединяя два или более каналов в той части частотного спектра, где человеческое ухо плохо различает направление звука. Недостатком этого метода является невозможность на более позднем этапе правильно распределить звуковую информацию исходных каналов. Для применений подачи программ и многих применений распределения такие схемы композитного кодирования использовать не следует.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 1 (информационный)

Информация о системах кодирования, для которых доказано, что они отвечают требованиям к качеству и другим требованиям пользователя для применений подачи и распределения программ

В левом столбце таблицы 4 перечислены требования, определенные в Приложении 1. В столбцах справа приведена информация о соответствии конкретного кодека этим требованиям. Ожидается, что в будущем при пересмотре настоящей Рекомендации в таблицу будут добавлены дополнительные сведения о дополнительных кодеках.

ТАБЛИЦА 4

Перечень требований из Приложения 1	Кодек Dolby E [1]	MPEG-4 AAC	AC-4	MPEG-H 3D Audio
1.1.1 Конфигурации каналов согласно Рек. МСЭ-R BS.775	Выполняется [1, § 6]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.1.2 Конфигурации каналов для усовершенствованных звуковых систем на основе каналов согласно Рек. МСЭ-R BS.2051 (поддерживаются по умолчанию)	н/п	Системы C, H, I	Системы C, D, G, I, J	Системы C, D, F–J
1.2 Гибкое распределение каналов	Выполняется [1, § 15]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.3 Дополнительные данные	Выполняется [1, § 14]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.4 Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем	н/п	н/п	Выполняется	Выполняется
2.1.1 Базовое качество звука	Выполняется [2]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.2 Квантование	Выполняется [1, § 5]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.3 Частота дискретизации	Выполняется [1, § 5]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.4 Ширина полосы частот	Выполняется [1, § 9]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.5 Предыскажения	Выполняется [1]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.6 Каскадное соединение	Выполняется [2]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.7 Постпроизводственная обработка	Не показано	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.2 Задержка при кодировании	Выполняется ⁽¹⁾ [1, § 7]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется [1, § 15]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется [1, § 15]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1 Битовая скорость и кодирование	Выполняется ⁽²⁾ [1, § 6]	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.2 Композитное кодирование	Выполняется [1]	Выполняется	Выполняется	Выполняется

⁽¹⁾ В целях упрощения работы с телевизионным звуком задержка кодирования и декодирования идентична соответствующей скорости следования кадров изображения (1/24, 1/25, 1/30 с). Блоки доступа соответствуют кадрам изображения.

⁽²⁾ Для того чтобы реализовать преимущества, указанные в первом, третьем и четвертом пунктах списка в пункте 3.1, скорость на канал составляет 250 кбит/с.

Справочные документы

- [1] FIELDER, L. D., LYMAN, S. B., VERNON, S. and TODD, C. C. [September 1999] *Professional audio coder optimized for use with video*. 107th AES Convention, New York, NY, United States of America.
- [2] GRANT, D., DAVIDSON, G. and FIELDER, L. [21-24 September 2001] *Subjective evaluation of an audio distribution coding system*. 111th AES Convention, New York, NY, United States of America.

Приложение 2

Требования для радиопередачи

Системы кодирования звуковых сигналов для цифрового телевизионного и звукового радиовещания в применениях радиопередачи должны отвечать требованиям, перечисленным ниже.

1 Требования, предъявляемые к услугам

1.1 Типы конфигурации канала

Для услуг звукового вещания должен поддерживаться по крайней мере один из следующих типов конфигурации канала в соответствии с требованиями применений.

1.1.1 Конфигурации каналов согласно Рекомендации МСЭ-R BS.775

ТАБЛИЦА 5

Число каналов	Конфигурация каналов	Назначение каналов
1 канал	1/0	Моно
2 канала	2/0	Левый, правый
3 канала	3/0 2/1	Левый, правый, центральный Левый, правый/объемный
4 канала	3/1 2/2	Левый, правый, центральный/объемный Левый, правый/объемный левый, объемный правый
5 каналов	3/2	Левый, правый, центральный/объемный левый, объемный правый

ПРИМЕЧАНИЕ. – В конфигурации каналов "a/b" буквами "a" и "b" обозначается число фронтальных и задних каналов соответственно.

1.1.2 Конфигурации каналов для усовершенствованных звуковых систем на основе каналов согласно Рекомендации МСЭ-R BS.2051

ТАБЛИЦА 6

Обозначение звуковой системы	Число каналов	Конфигурация каналов	Число каналов LFE	Назначение каналов
Система C	8	2 + 5 + 0 (2/0 + 3/2 + 0)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый + левый, правый, центральный/объемный левый, объемный правый. LFE
Система D	10	4 + 5 + 0 (2/2 + 3/2 + 0)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний задний левый, верхний задний правый + левый, правый, центральный/левый объемный, правый объемный. LFE
Система E	11	4 + 5 + 1 (2/2 + 3/2 + 1/0)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний задний левый, верхний задний правый + левый, правый, центральный/левый объемный, правый объемный + нижний фронтальный центральный. LFE

ТАБЛИЦА 6 (окончание)

Система F	12	$3 + 7 + 0$ ($2/1 + 3/2/2 + 0$)	2	Левый высотный, правый высотный/центральный высотный + левый, правый, центральный/левый боковой, правый боковой/левый тыловой, правый тыловой. Левый LFE, правый LFE
Система G	14	$4 + 9 + 0$ ($2/2 + 5/2/2 + 0$)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый + левый, правый, центральный, левый экран, правый экран/левый боковой объемный, правый боковой объемный/ левый задний объемный, правый задний объемный. LFE
Система H	24	$9 + 10 + 3$ ($3/3/3 + 5/2/3 + 3/0$)	2	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый, верхний фронтальный центральный/верхний боковой левый, верхний боковой правый, верхний центральный/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый, верхний тыловой центральный + фронтальный левый, фронтальный правый, фронтальный левый центральный, фронтальный правый центральный, фронтальный центральный/боковой левый, боковой правый/тыловой левый, тыловой правый, тыловой центральный + нижний фронтальный левый, нижний фронтальный правый, нижний фронтальный центральный. LFE-1, LFE-2
Система I	8	$0 + 7 + 0$ ($0 + 3/2/2 + 0$)	1	Левый правый, центральный/левый боковой объемный, правый боковой объемный/левый задний объемный, правый задний объемный. LFE
Система J	12	$4 + 7 + 0$ ($2/2 + 3/2/2 + 0$)	1	Верхний фронтальный левый, верхний фронтальный правый/верхний тыловой левый, верхний тыловой правый + левый, правый, центральный/левый боковой объемный, правый боковой объемный/левый задний объемный, правый задний объемный. LFE

ПРИМЕЧАНИЕ. – В конфигурации каналов "a/b/c + a/b/c + a/b/c" первая, вторая и третья части "a/b/c" обозначают число аудиоканалов на верхнем, среднем и нижнем уровне соответственно, а буквами "a", "b" и "c" обозначено соответственно число передних, боковых и задних каналов. Если число боковых каналов равно 0, "b" может быть записано как "a/c". Если число аудиоканалов на данном уровне равно 0, "a/b/c" может быть записано как "0".

1.2 Услуги звукового вещания

Вместе с основной услугой звукового вещания могут быть предоставлены следующие дополнительные звуковые услуги в соответствии с требованиями применений:

- услуга вещания на разных языках, состоящая из одного или нескольких независимых каналов, используемых для распределения программы с комментариями на одном или нескольких языках;
- услуга звукового вещания для слабослышащих и слабовидящих людей – услуга для слабовидящих, как правило, содержит звуковое описание изображения, в то время как услуга для слабослышащих содержит ясные диалоги без музыкального сопровождения и спецэффектов или с более тихим их уровнем, что улучшает разборчивость речи;
- дополнительные данные – для передачи различных типов информации, включая регулировку динамического диапазона, регулировку громкости и передачу данных пользователя (Рекомендация МСЭ-R BS.775).

Различные услуги можно сгруппировать следующим образом.

- Основная услуга (каждый канал, предоставляющий основную услугу, используется для передачи одной и той же программы, включая факультативный канал LFE).

- Дополнительная(ые) услуга(и), которая(ые) может (могут) представлять собой:
- независимые услуги (для дополнительных программ, которые не зависят от программы, предоставляющей основную услугу, например для комментариев или иных услуг, содержащих два и более каналов; типы конфигурации канала могут быть выбраны в соответствии с таблицами в пункте 1.1);
 - альтернативные услуги (для программ, которые предназначены для замены одного или нескольких каналов, предоставляющих основную услугу, например канал, ведущий вещание на нескольких языках, канал для слабослышащих);
 - дополнительные услуги (содержащие каналы, которые должны быть добавлены к каналам, предоставляющим основную услугу, например комментарии или дополнительные каналы для систем улучшенного звучания типа 3D TV).

Поскольку любая система передачи должна включать системный уровень, способный выполнять операции мультиплексирования, не требуется, чтобы все вышеперечисленные услуги звукового вещания передавались в виде единого бинарного потока.

1.3 Гибкое распределение каналов

Бинарный поток должен содержать идентификационные данные для сигнализации и управления конфигурацией звука. В системе передачи должна быть предусмотрена возможность динамического переключения между каналами с типами конфигурации, перечисленными в пункте 1.1.

1.4 Дополнительные данные

Система кодирования звуковых сигналов должна обеспечивать возможность передачи дополнительных данных. Дополнительные данные могут содержать различные типы информации, включая регулировку динамического диапазона, регулировку громкости и данные пользователя.

1.5 Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем

Система кодирования звуковых сигналов должна обеспечивать возможность передачи относящихся к звуковым сигналам метаданных для усовершенствованных звуковых систем, когда это необходимо.

2 Требования, предъявляемые к рабочим характеристикам

2.1 Качество звука

Для применений радиопередачи предполагается наличие двух категорий качества звука, показанных в Приложении 3. Это высококачественные передачи (CD-качество) и передачи среднего качества.

Качество звука характеризуется несколькими параметрами, в частности методами кодирования звуковых сигналов, частотой дискретизации и битовой скоростью. Битовые скорости, необходимые для получения требуемого качества звука, во многом определяются методами кодирования звуковых сигналов и частотой дискретизации.

2.1.1 Базовое качество звука

2.1.1.1 Высококачественная передача

Радиовещательная организация, как правило, имеет возможность изменять качество звука за счет битовой скорости, используемой для передачи звуковой информации. В идеале для большинства типов программного материала качество звука, воспроизведенного после декодирования, будет субъективно неотличимым от исходного сигнала. Применяя тест с использованием трех входных сигналов и двойных "мертвых" зон, а также скрытого эталонного сигнала, описанный в Рекомендации МСЭ-R BS.1116, необходимо добиваться средней оценки, как правило, выше 4 по 5-балльной шкале искажений, для слушателей, находящихся в эталонной позиции прослушивания. На практике коммерческие требования иногда приводят к работе со скоростями меньшими, чем это

необходимо для получения такого уровня качества. Однако система должна дать радиовещательной организации возможность работать с таким уровнем качества.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметры объективного качества звука для подачи/распределения программ могут быть определены позже в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BS.1387.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Конфигурация громкоговорителей в испытаниях с прослушиванием должна быть такой же, как и при производстве программы, если это поддерживается кодеком подачи/распределения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Как правило, несколько объектов кодируются совместно (аналогично контенту на основе каналов) для повышения эффективности кодирования. Помимо этого, несколько объектов обычно не предназначены для индивидуального воспроизведения в приложениях радиовещания.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Звуковые объекты также используются для нескольких языков. Необходимая битовая скорость для звукового объекта с речью может зависеть от языка.

2.1.1.2 Передача среднего качества

В некоторых применениях радиопередачи может требоваться качество звука ниже CD-качества, но эквивалентное или лучше качества, получаемого при хорошем приеме АМ и ЧМ аналогового радиовещания. При применении метода MUSHRA, описанного в Рекомендации МСЭ-R BS.1534, может требоваться средняя оценка, соответствующая отметке "отлично" или "хорошо". Кроме того, в качестве опорных сигналов в испытаниях могут применяться необработанные звуковые сигналы, отфильтрованные фильтром нижних частот, поскольку качество их звучания соответствует качеству существующих аналоговых систем звукового радиовещания.

2.1.2 Качество пространственного звучания

В случае использования двухканальной стереофонической или мультимодовой конфигурации канала должен сохраняться звуковой образ источника. Для конфигураций, которые включают центральный канал (3/0, 3/1, 3/2), устойчивость направления фронтального звука должна удерживаться в разумных пределах области прослушивания, размер которой превышает область прослушивания, гарантированную для обычной двухканальной стереофонии. Для конфигураций, которые включают объемный канал (2/1, 2/2, 3/1, 3/2), ощущение реальности пространства (объемное звучание) должно быть значительно лучше, чем в обычной двухканальной стереофонии (Рекомендация МСЭ-R BS.775).

2.1.3 Разрешение квантования

Требуемое разрешение должно быть не менее 16 битов.

2.1.4 Частота дискретизации

2.1.4.1 Высококачественная передача

Согласно Рекомендации МСЭ-R BS.646 частота дискретизации должна составлять 48 кГц.

2.1.4.2 Передача среднего качества

В тех случаях, когда не требуется CD-качество, должно быть разрешено использование частот дискретизации менее 48 кГц. В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BS.1196 частота дискретизации должна быть либо 32 кГц, либо 48 кГц. Кроме того, учитывая, что воспринимаемое качество звука при очень низких скоростях улучшается за счет применения пониженной частоты дискретизации и что звук MPEG-2 позволяет применять более низкие частоты дискретизации, а именно половинные (16; 22,05 и 24 кГц) и четвертичные значения частоты дискретизации (8; 11,025 и 12 кГц), для передач среднего качества могут использоваться более низкие частоты дискретизации.

2.1.5 Полоса пропускания

2.1.5.1 Высококачественная передача

Основные звуковые каналы – 20–20 000 Гц.

Канал LFE – 15–120 Гц.

2.1.5.2 Передача среднего качества

Ширина полосы пропускания зависит от частоты дискретизации.

2.1.6 Предыскажения

В системе кодирования звуковых сигналов не должны применяться предыскажения.

2.1.7 Постпроизводственная обработка

Требуемая постпроизводственная обработка в значительной степени зависит от применения. Для линий радиопередачи она может быть ограничена и предусматривать только применение эквалайзера и регулировки динамического диапазона (например, для того чтобы динамический диапазон программного материала соответствовал условиям прослушивания).

2.2 Задержка при кодировании

Задержка при кодировании для всех каналов в программе должна быть одинаковой. Для звукового сопровождения телевидения задержка звукового сигнала должна совпадать с задержкой видеосигнала.

2.3 Устойчивость к ошибкам

В звуковом бинарном потоке должен быть предусмотрен механизм, позволяющий декодеру обнаруживать остаточные ошибки в канале и применять подходящие методы борьбы с ними.

2.4 Время восстановления

Время восстановления должно быть максимально возможно малым. Для систем, которые создают звуковые блоки доступа (AAU), время восстановления не должно превышать нескольких AAU, и в идеале не должно превышать одного AAU.

3 Функциональные и эксплуатационные требования для многоканальных систем

3.1 Совместимость с моно/стереосистемами (Рекомендация МСЭ-R BS.775)

3.1.1 Нисходящая совместимость

Формат многоканального бинарного потока должен быть таким, чтобы его могли декодировать декодеры различной степени сложности. Декодер должен иметь возможность организовать воспроизведение с меньшим числом каналов, чем число переданных каналов, в соответствии с возможностями воспроизведения на стороне пользователя, без иных ухудшений, кроме потери эффекта стереофонического или многоканального звучания.

Определены два метода, которые обеспечивают нисходящую совместимость при невысокой сложности приемника. Первый метод требует использование матричного процесса. В то же время в недорогом приемнике требуется наличие только А- и В-каналов, как в случае системы 2/0, то есть системы, которая не использует матрицу обратной совместимости. Второй метод применим к дискретной системе доставки 3/2. Доставленный сигнал комбинируется цифровым образом с использованием уравнений, которые позволяют сформировать требуемое число сигналов. В том случае, когда сигнал источника имеет низкую скорость, в процессе декодирования до каскада синтеза (где сосредоточена основная степень сложности) может быть выполнено обратное смешение сигналов 3/2.

3.1.2 Обратная совместимость

Это требование относится к ситуациям, когда существующее моно/стереоприменение должно быть модернизировано и преобразовано в многоканальное звуковое применение, но при этом обслуживание существующих приемников должно сохраниться. В системах, которые уже используют моно или стерео, обратная совместимость для низкоскоростного многоканального кодирования означает, что декодер должен правильно декодировать базовую стереоинформацию, составленную при помощи соответствующего смешивания звуковой информации из всех каналов источника. Для выполнения

этого требования может применяться либо метод одновременной передачи, либо метод матрицирования.

Метод одновременной передачи

Один из методов состоит в том, чтобы продолжать предоставление существующих моно/стереоуслуг и добавить новый канал услуг 3/2. Этот подход называется одновременной передачей. Преимущество этого подхода заключается в том, что предоставление существующих моно/стереоуслуг может быть прекращено когда-либо в будущем, а программы 2/0 и 3/2 могут быть оптимизированы независимо друг от друга.

Метод матрицирования

Еще один метод состоит в том, чтобы использовать матрицы совместимости в целях формирования требуемого числа звуковых каналов при помощи линейной комбинации передаваемых сигналов в различных каналах многоканального применения. Для обеспечения совместимости с существующими приемниками могут использоваться матричные уравнения. В таком случае существующие правый и левый каналы используются для передачи совместимых матричных сигналов A и B. Дополнительные каналы используются для передачи матричных сигналов T, Q_1 и Q_2 . Преимущество этого подхода может заключаться в том, что для добавления этой новой услуги требуется меньшая дополнительная пропускная способность.

3.1.3 Прямая совместимость

Для применений, в которых новая многоканальная система должна сосуществовать с моно/стереосистемой, может потребоваться, чтобы декодеры были бы способны декодировать моно/стереозвуковой бинарный поток.

3.2 Битовая скорость

В Рекомендации МСЭ-R BS.1196 определяются требуемые битовые скорости для применений радиопередачи высококачественных стереофонических программ. Следовательно, для пятиканальной основной услуги верхним пределом можно считать скорость, в два с половиной раза превышающую битовую скорость сигнала (то есть от $5/2 \times 144$ кбит/с до $5/2 \times 256$ кбит/с) в том случае, когда обратная совместимость (см. пункт 3.1.2) не требуется. Поскольку методы композитного кодирования могут обеспечить дополнительный выигрыш по кодированию, за счет использования новых многоканальных систем кодирования должно быть достигнуто очевидное снижение скоростей для качества звука, определенного в пункте 2.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Несколько объектов обычно кодируются совместно (аналогично контенту на основе каналов) для повышения эффективности кодирования. Если звуковая программа со звуковыми объектами для усовершенствованных звуковых систем должна воспроизводиться без взаимодействия с пользователем, качество звука может быть подтверждено для наложения всех звуковых объектов, которые должны воспроизводиться одновременно.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если звуковая программа со звуковыми объектами для усовершенствованных звуковых систем должна воспроизводиться при взаимодействии с пользователем, что позволяет индивидуально воспроизводить отдельные звуковые объекты, качество звука должно подтверждаться для каждого из этих звуковых объектов по отдельности. Сумма требуемых битовых скоростей для таких отдельных звуковых объектов плюс необходимая битовая скорость для остального аудиоконтента может считаться верхним пределом требуемой битовой скорости для звуковой программы со звуковыми объектами.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если интерактивность ограничивается увеличением/уменьшением уровня некоторых звуковых объектов, качество должно быть подтверждено с помощью максимальной и минимальной настройки уровней этих звуковых объектов в полном миксе.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если в сцене находится множество объектов, необходимая битовая скорость для каждого отдельного объекта снижается из-за того, что общий объем данных, который может воспринять слушатель, ограничен.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Некоторые алгоритмы кодирования динамически распределяют битовые скорости между звуковыми объектами/каналами и используют избыточность между объектами/каналами для повышения эффективности кодирования. В принципе, такие кодеры распределяют битовые скорости, исходя из предположения, что соотношение уровней между звуковыми объектами/каналами на входе кодера то же, что и

во время воспроизведения. Однако в звуке на основе объектов некоторые звуковые объекты можно прослушивать, используя только усиление диалога или отключение диалога, и в этом случае может произойти сбой кодирования и возникнуть ощущение ухудшения качества кодирования.

3.3 Сложность декодера

Декодер для звуковой программы не должен быть чрезмерно сложным, чтобы стоимость декодера могла оставаться низкой. В том случае, когда из звуковой программы, содержащей N каналов, требуется воспроизвести меньшее число каналов (M), сложность декодера должна быть меньше, чем сложность полного N -канального декодера.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 2 (информационный)

Информация о системах кодирования, для которых доказано, что они отвечают требованиям к качеству и другим требованиям пользователя для применений радиопередачи

В левом столбце таблиц 7 и 8 перечислены требования к применениям радиопередач высокого и среднего качества соответственно, определенные в Приложении 2 и касающиеся только сигналов на основе каналов. В других столбцах (которых на сегодняшний день насчитывается четыре) показаны возможности конкретных кодеков выполнить эти требования. Ожидается, что в будущем при пересмотре настоящей Рекомендации в таблицу будут добавлены дополнительные сведения о дополнительных кодеках.

В таблице 9 приведены требования к конфигурациям, состоящим из сигналов на основе каналов и объектов. Для последних необходимая битовая скорость зависит от контента и факторов, связанных с пользователем.

ТАБЛИЦА 7

Высококачественная передача (конфигурации только с сигналами на основе каналов)

[illegible]

ТАБЛИЦА 7 (окончание)

Перечень требований из Приложения 2	Профиль AAC LC ⁽³⁾	AAC LC с MPEG Surround	AC-3/E-AC-3	MPEG-2 Уровень II	AC-4 ⁽⁶⁾	Профили LC и BL MPEG-H ⁽¹⁰⁾	DTS-UND
2.1.7 Постпроизводственная обработка	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано
2.2 Задержка при кодировании	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется ⁽²⁾	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.1 Нисходящая совместимость	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.2 Обратная совместимость	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется в соответствии с конструкцией или при методе одновременной передачи ⁽⁵⁾	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе матрицирования	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи
3.1.3 Прямая совместимость	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами
3.2 Битовая скорость	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.3 Сложность декодера	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется

- ⁽¹⁾ Присущая системе задержка при кодировании достаточно мала, так что применения легко отвечают требованиям соответствия задержек звука и изображения.
- ⁽²⁾ Некоторая степень устойчивости к ошибкам обеспечивается в элементарном потоке уровня II, а дополнительная устойчивость, как правило, обеспечивается применением.
- ⁽³⁾ AAC LC включен в расширенный HE AAC, HE AAC v2 и HE AAC. Таким образом, все эти версии AAC также отвечают требованиям, содержащимся в Приложении 2.
- ⁽⁴⁾ 384 кбит/с является общим значением для многоканального битового потока, который должен декодироваться в виде конфигурации 2/0 сигнала нисходящего микширования традиционными декодерами стереосигнала AAC.
- ⁽⁵⁾ Если в первоначальной двухканальной схеме используется кодирование AAC, то это требование выполняется в соответствии с конструкцией. Если же в первоначальной двухканальной схеме применяется кодек с иной технологией, то это требование выполняется методом одновременной передачи.
- ⁽⁶⁾ Определение основного AC-4 представлено в ETSI TS 103 190-1 v1.1.1 (2015-06), нормативные ссылки на него приведены в ETSI TS 103 190-2 v1.2.1 (2015-09), где представлен используемый здесь дополнительный битовый поток.
- ⁽⁷⁾ Битовые скорости определяются на основании внутреннего тестирования, проводимого разработчиком.
- ⁽⁸⁾ Битовые скорости определяются на основании результатов субъективных испытаний, проведенных третьей стороной, которые не были опубликованы.
- ⁽⁹⁾ Определение DTS-UND приведено в ETSI TS 103 491.
- ⁽¹⁰⁾ Профиль LC = профиль пониженной сложности, профиль BL = базовый профиль.

ТАБЛИЦА 8

Передача среднего качества (конфигурации только с сигналами на основе каналов)

[illegible]

ТАБЛИЦА 8 (окончание)

Перечень требований из Приложения 2	HE-AAC	HE-AAC с MPEG Surround	HE-AAC v2	Расширенный HE-AAC	AC-4	Профили LC и BL MPEG-H	DTS-UHD
2.1.7 Постпроизводственная обработка	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано	Не показано
2.2 Задержка при кодировании	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется ⁽¹⁾	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.1 Нисходящая совместимость	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.2 Обратная совместимость	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется (по конструкции)	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи
3.1.3 Прямая совместимость	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами
3.2 Битовая скорость	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.3 Сложность декодера	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется

Н/П: Не применяется.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Атрибуты "отлично" и "хорошо" определены в Рек. МСЭ-R BS.1534.

⁽¹⁾ Присущая системе задержка при кодировании достаточно мала, так что применения легко отвечают требованиям соответствия задержек звука и изображения.

Объяснение битовых скоростей, приведенных в таблице 9, см. в п. 3.2.

ТАБЛИЦА 9

Передача (конфигурации с сигналами на основе каналов и объектов)

Перечень требований из Приложения 2	АС-4	Профили LC и BL MPEG-H	DTS-UND
1.1.1 Конфигурации каналов согласно Рек. МСЭ-R BS.775	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.1.2 Конфигурации каналов для усовершенствованных звуковых систем на основе каналов согласно Рек. МСЭ-R BS.2051 (поддерживаются по умолчанию)	Системы C, D, G–J	Системы C, D, F–J	Системы C–J
1.2 Услуги звукового вещания	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.3 Гибкое распределение каналов	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.4 Дополнительные данные	Выполняется	Выполняется	Выполняется
1.5 Относящиеся к звуковым сигналам метаданные для усовершенствованных звуковых систем	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.1 Базовое качество звука (см. п. 3.2)	Выполняется Битовые скорости для конфигураций могут быть рассчитаны на основе скоростей каналов, приведенных в таблице 7; добавление объектов (обычно диалогов) увеличивает общую битовую скорость на 48–64 кбит/с на каждый объект [11].	Выполняется Битовые скорости для конфигураций могут быть рассчитаны на основе скоростей каналов, приведенных в таблице 7; добавление объектов увеличивает общую битовую скорость на 48–64 кбит/с на объект [11]. Конкретные протестированные конфигурации приведены в [8] и [10].	Выполняется Битовые скорости для конфигураций могут быть рассчитаны на основе скоростей каналов, приведенных в таблице 7; по оценке разработчика, дополнительные объекты увеличивают общую битовую скорость на 64–96 кбит/с на объект ⁽¹⁾ .
2.1.2 Качество пространственного звучания	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.3 Разрешение квантования	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.4 Частота дискретизации	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.5 Полоса пропускания	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.6 Предыскажения	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.7 Постпроизводственная обработка	Не показано	Не показано	Не показано
2.2 Задержка при кодировании	Выполняется	Выполняется	Выполняется

ТАБЛИЦА 9 (окончание)

Перечень требований из Приложения 2	АС-4	Профили LC и BL MPEG-H	DTS-UND
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.1 Нисходящая совместимость	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.2 Обратная совместимость	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи	Выполняется при методе одновременной передачи
3.1.3 Прямая совместимость	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами
3.2 Битовая скорость	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.3 Сложность декодера	Выполняется	Выполняется	Выполняется

⁽¹⁾ Битовые скорости объектов оцениваются разработчиком на основе двухканальных битовых скоростей из таблицы 7.

По вышеуказанным причинам определить минимальную битовую скорость для объектов в AdvSS не представляется возможным. На основании спецификаций контента и битовых скоростей, протестированных третьими сторонами, выведены следующие руководящие указания:

- Для MPEG-H: В отчетах о проверке [8] и [10] приведены примеры сценариев с битовыми скоростями. Оба отчета являются общедоступными документами MPEG, размещенными по следующим адресам: [https://mpeg.chiariglione.org/sites/default/files/files/standards/parts/docs/w16584_3D_Audio_Verification_Test_Report\).docx](https://mpeg.chiariglione.org/sites/default/files/files/standards/parts/docs/w16584_3D_Audio_Verification_Test_Report).docx) и https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/mpeg_meetings/131_OnLine/w19407.zip. Объекты являются частью контента некоторых элементов в испытании 1 (вещание UHD, общая битовая скорость 768 кбит/с) и испытании 2 (вещание HD, общие тестируемые битовые скорости 512 кбит/с, 384 кбит/с и 256 кбит/с) в обоих отчетах. Подробная информация по элементам приведена в Приложении 1 к [8].
- Для AC-4: для объектов (в частности, диалогов) можно использовать битовые скорости монофонических каналов, приведенные в таблице 7. Таким образом, битовая скорость для конфигураций с каналами и дополнительными объектами может быть определена на основе битовой скорости конфигурации канала из таблицы 7 плюс 48–64 кбит/с на каждый дополнительный объект.
- Для DTS-UHD: для объектов можно использовать битовые скорости монофонических каналов, рассчитанные на основе битовых скоростей конфигураций, приведенных в таблице 7. Таким образом, добавление объектов к конфигурациям каналов приведет к увеличению битовой скорости на 64–96 кбит/с на каждый дополнительный объект.

Справочные документы

- [1] GRANT, D., DAVIDSON, G. and FIELDER, L. (21-24 September 2001), *Subjective evaluation of an audio distribution coding system*. 111th AES Convention, New York, NY, United States of America.
- [2] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N6009 (October 2003), *Report on the Verification Tests of MPEG-4 High Efficiency AAC*.
- [3] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N7137 (April 2005), *Listening test report on MPEG-4 High Efficiency AAC v2*.
- [4] KOMORI, T., SUGIMOTO, T., and KUROZUMI, K. (2005), *AAC + SBR Audio coding quality used for the mobile digital terrestrial broadcasting*. Proc. Spring meeting of the Acoustical Society of Japan.
- [5] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11 N12232 [July 2011], *USAC Verification Test Report*.
- [6] HERRE, J., *et al.*, (May 2007) *MPEG Surround – The ISO/MPEG Standard for Efficient and Compatible Multi-Channel Audio Coding*. 122nd AES Convention, Vienna, Austria.
- [7] Rödén, J., *et al.*, (October 2007), *A study of the MPEG Surround quality versus bit-rate curve*. 123rd AES convention, New York, NY, United States of America.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N16584 (January 2017), *MPEG-H 3D Audio Verification Test Report*.
- [9] Riedmiller J., *et al.*, (March 2017), *Delivering Scalable Audio Experiences using AC-4*, *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 63, No. 1.
- [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N19497 (July 2020), *MPEG-H 3D Audio Baseline Profile Verification Test Report*.
- [11] Japanese Ministry of Internal Affairs and Communications, the Broadcasting System Subcommittee, (February 2022), *Comparative study of audio coding methods for advanced terrestrial digital broadcasting (in Japanese)*. https://www.soumu.go.jp/main_content/000795468.pdf

Приложение 3

Категории качества звука для радиовещательных применений

Для радиовещательных применений приняты три нижеперечисленные категории качества звука.

ТАБЛИЦА 10

Категория	Качество звука	Применение
(1)	Очень высокое качество с достаточно большим запасом качества для каскадного соединения кодеков (конкатенация) и постпроизводственной обработки	Подача, распределение, производство и постпроизводственная обработка
(2)	Субъективно прозрачное качество, достаточное для радиовещания наивысшего качества	Высококачественные (CD-качество) передачи
(3)	Качество эквивалентно или лучше, чем хорошее качество ЧМ-радиовещания, либо эквивалентно или лучше, чем качество хорошего АМ-радиовещания	Передача среднего качества

Приложение 4 (информационное)

Краткое содержание изменений по сравнению с Рекомендацией МСЭ-R BS.1548-7

В Пересмотре 8 версии внесены следующие изменения:

- Требования в отношении относящихся к звуковым сигналам метаданных для усовершенствованных звуковых систем добавлены в новый пункт 1.4 и таблицу 4 Приложения 1, а также в новый пункт 1.5 и таблицы 7 и 8 Приложения 2.
- Примечания по качеству звука для звука на основе объектов добавлены в пункт 2.1.1 Приложения 1 и в пункт 2.1.1.1 Приложения 2.
- Примечания по битовым скоростям для звука на основе объектов добавлены в пункт 3.1 Приложения 1 и в пункт 3.2 Приложения 2.
- Добавлена новая таблица 9, в которой представлены системы и конфигурации, отвечающие требованиям в отношении усовершенствованных звуковых систем.