

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R BS.1548-6
(01/2019)

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

Серия BS
Радиовещательная служба (звуковая)



Предисловие

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

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

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

Серии Рекомендаций МСЭ-R

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

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

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

Электронная публикация
Женева, 2019 г.

© ITU 2019

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.1548-6

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

(Вопрос МСЭ-R 19-1/6)

(2001-2002-2006-2012-2013-2017-2019)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются требования, относящиеся к использованию систем кодирования источника звука в звуковом радиовещании, включая телевидение. В Рекомендации охватываются применения подачи, распространения и радиопередачи программ.

Ключевые слова

Звуковые сигналы, кодирование звуковых сигналов, радиовещание, цифровое радиовещание, звук, телевидение, кодек.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что многоканальная звуковая система с сопровождающим изображением или без него подробно рассматривается в Рекомендации МСЭ-R BS.775;
- b)* что схемы расположения громкоговорителей и конфигурации каналов для усовершенствованной звуковой системы являются предметом Рекомендации МСЭ-R BS.2051;
- c)* что системы кодирования звуковых сигналов для цифрового радиовещания подробно рассматриваются в Рекомендации МСЭ-R BS.1196;
- d)* что системы кодирования, рекомендованные в Рекомендации МСЭ-R BS.1196, могут работать в монофоническом, двухканальном стереофоническом и многоканальном режимах кодирования;
- e)* 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;
- f)* что требуемое качество звука для некоторых применений радиопередачи должно быть эквивалентно или лучше, чем качество ЧМ-аналоговых радиовещательных служб при хорошем приеме;
- g)* что Рекомендация МСЭ-R BS.1283 является руководством по применению Рекомендаций МСЭ-R для субъективной оценки качества звука;
- h)* что следует уделить особое внимание возможностям взаимодействия и сетевым операциям, касающимся каналов передачи программ, как, например, линиям подачи и распространения программ;
- i)* что следует обратить особое внимание на взаимодействие с существующим потребительским многоканальным звуковым оборудованием, таким как матричные декодеры объемного звука и дискретные многоканальные декодеры;
- j)* что при внедрении многоканальной звуковой системы в существующей радиовещательной службе необходимо учитывать ее совместимость с существующими приемниками для продолжения обслуживания;
- k)* что в целом, учитывая многообразие применений для таких систем, следует ясно определить все технические, качественные и эксплуатационные требования;

- l) что показатели работы систем кодирования звука в значительной мере зависят от конфигурации, в которой эксплуатируется такая система (скорость передачи, использование предварительного матрицирования, использование композитного кодирования и т. д.);
- m) что несколько радиовещательных служб уже используют или регламентировали использование систем, рекомендованных в Рекомендации МСЭ-R BS.1196;
- n) что, следовательно, радиовещательным организациям требуется информация, необходимая для установки всех доступных параметров кодирования для рекомендованных систем;
- o) что чрезвычайно нежелательно внедрение несовместимых систем с аналогичными рабочими характеристиками;
- p) 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,

рекомендует,

1 чтобы системы кодирования звуковых сигналов для цифрового телевизионного и звукового радиовещания в применениях подачи и распространения программ удовлетворяли требованиям, перечисленным в Приложении 1;

2 чтобы системы кодирования звукового сигнала 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 распространения 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.

Приложение 1

Требования, предъявляемые к подаче и распространению программ

Системы кодирования звукового сигнала для цифрового телевизионного и звукового радиовещания как для применений подачи, так и для применений распространения 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 канала	Назначение каналов
1 канала	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
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

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Обозначение звуковой системы	Число каналов	Конфигурация каналов	Число каналов LFE	Назначение каналов
Система Н	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 приложениях 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 звука 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.

2 Требования, предъявляемые к рабочим характеристикам

2.1 Качество звука

2.1.1 Базовое качество звука

Качество звука, воспроизведенного после эталонного каскада кодеков подачи/распространения (пять кодеков подачи программы и три кодера распространения, 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.

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 звука не должны применяться предыскажения.

2.1.6 Каскадное соединение

Требуемое каскадное соединение зависит от применения и определяется следующей таблицей.

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 видеокadra.

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 Скорость передачи и схема кодирования

В Рекомендации МСЭ-R BS.1196 для линий распространения 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, а также метод кодирования MPEG-4 AAC, как указано в ИСО/МЭК 14496-3, со скоростью 144 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.

3.2 Композитное кодирование

Двухканальный или многоканальный программный 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
1.1.1 Конфигурации каналов согласно Рек. МСЭ-R BS.775	Выполняется [1, § 6]	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 С, Н, I
1.2 Гибкое распределение каналов	Выполняется [1, § 15]	Выполняется
1.3 Дополнительные данные	Выполняется [1, § 14]	Выполняется
2.1.1 Базовое качество звука	Выполняется [2]	Выполняется
2.1.2 Квантование	Выполняется [1, § 5]	Выполняется
2.1.3 Частота дискретизации	Выполняется [1, § 5]	Выполняется
2.1.4 Ширина полосы частот	Выполняется [1, § 9]	Выполняется
2.1.5 Предыскажения	Выполняется [1]	Выполняется
2.1.6 Каскадное соединение	Выполняется [2]	Выполняется
2.1.7 Постпроизводственная обработка	Не показано	Выполняется
2.2 Задержка при кодировании	Выполняется ⁽¹⁾ [1, § 7]	Выполняется
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется [1, § 15]	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется [1, § 15]	Выполняется
3.1 Скорость передачи и кодирование	Выполняется ⁽²⁾ [1, § 6]	Выполняется
3.2 Композитное кодирование	Выполняется [1]	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 звука для цифрового телевидения 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 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

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, "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 звукового сигнала должна обеспечивать возможность передачи дополнительных данных. Дополнительные данные могут содержать различные типы информации, включая регулировку динамического диапазона, регулировку громкости и данные пользователя.

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 звука, частотой дискретизации и скоростью передачи. Скорости передачи, необходимые для получения требуемого качества звука, во многом определяются методами кодирования звукового сигнала 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 скорости 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. – Параметры объективного качества звука для подачи/распределения программ могут быть определены позже в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R BS.1387.

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

Система кодирования звука должна быть свободна от предыскажений.

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 Совместимость вниз

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 совместимость вниз 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 совместимости назад. Вторым методом 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 Совместимость назад

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, совместимость назад 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 Совместимость вперед

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 Скорость передачи

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 совместимость назад (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.

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.

ТАБЛИЦА 8 (окончание)

Перечень требований из Приложения 2	HE-AAC	HE-AAC с MPEG Surround	HE-AAC v2	Расширенный HE-AAC	AC-4	Профиль MPEG-H LC
2.1.1 Базовое качество звука	Выполняется (отлично) при 48 кбит/с на 2 канала [2], [4]. Выполняется (хорошо) при 32 кбит/с на 2 канала [2], [4]. Выполняется (хорошо) при 24 кбит/с на 1 канал [3]	Выполняется (хорошо) при 64 кбит/с на 5 каналов [7]	Выполняется (хорошо) при 24 кбит/с на 2 канала [2]	Выполняется (хорошо) при 16 кбит/с на 2 канала [5]. Выполняется (хорошо) при 12 кбит/с на 1 канал [5]	Выполняется (отлично) при 48 кбит/с на 2 канала [9]. Выполняется (отлично) при 128 кбит/с с конфигурацией каналов 5.1 [9]	Выполняется (отлично) при 48 кбит/с на 2 канала [8]. Выполняется (отлично) при 128 кбит/с с конфигурацией каналов 5.1 [8]
2.1.2 Качество пространственного звучания	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.3 Разрешение квантования	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.4 Частота дискретизации	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.5 Полоса пропускания	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо
2.1.6 Предыскажения	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.1.7 Постпроизводственная обработка	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
2.3 Устойчивость к ошибкам	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
2.4 Время восстановления	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.1 Совместимость вниз	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.1.2 Совместимость назад	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
3.1.3 Совместимость вперед	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами	Выполняется с двумя декодерами
3.2 Скорость передачи	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется
3.3 Сложность декодера	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется	Выполняется

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

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

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.

Приложение 3

Категории качества звука для радиовещательных применений

Для радиовещательных применений приняты три нижеперечисленные категории качества звука.

ТАБЛИЦА 9

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