

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.1877-3 (12/2020)

Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения и руководство по выбору этих систем

Серия ВТ
Радиовещательная служба
(телевизионная)



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, 2021 г.

© ITU 2021

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 ВТ.1877-3

Методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения и руководство по выбору этих систем

(Вопросы МСЭ-R 132-5/6, 133-1/6)

(2010-2012-2019-2020)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации описаны методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения¹ (которые за пределами МСЭ-R называются, соответственно, системами DVB-T2, ATSC 3.0 и DTMB-A). Некоторые из этих систем разработаны таким образом, чтобы соответствовать положениям Соглашения GE06. Настоящая Рекомендация предназначена для систем передачи цифрового наземного телевизионного вещания в тех случаях, когда высокая гибкость при конфигурации системы и интерактивность радиовещания имеют важное значение, предоставляя возможность широкого выбора между операциями при минимальных уровнях C/N или максимальной пропускной способности².

Ключевые слова

Формирование кадров данных, цифровое наземное телевизионное вещание, методы передачи, исправление ошибок, характеристики модуляции, второе поколение.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что системы цифрового наземного телевидения для использования в радиовещательных системах были разработаны в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1306, в которой они упоминаются как существующие системы;
- b) что начиная с 1997 года некоторые администрации внедряют цифровое наземное телевизионное вещание (ЦНТВ) в диапазонах ОВЧ/УВЧ и в настоящее время некоторые администрации разрабатывают системы второго поколения;
- c) что в пределах одного канала, возможно, желательно поддерживать одновременную передачу иерархии встроенных уровней качества (включая телевидение низкой четкости (ТНЧ), телевидение высокой четкости (ТВЧ), телевидение сверхвысокой четкости (ТСВЧ), телевидение стандартной четкости (ТСЧ) и дополнительные данные);
- d) что в полосах частот ОВЧ/УВЧ существует множество типов помех, включая помехи от соседних и совмещенных каналов, помехи от системы зажигания, многолучевость и другие типы искажения сигналов;
- e) что необходимо, чтобы кадровая синхронизация обеспечивала устойчивость каналов, подверженных ошибкам при передаче;

¹ В настоящей Рекомендации системы передачи цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения означают системы, которые обеспечивают более высокую пропускную способность при передаче данных в расчете на Гц и более высокий энергетический КПД по сравнению с системами, описываемыми в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1306; кроме того, отсутствует общее требование в отношении совместимости с предыдущими системами первого поколения.

² Для систем первого поколения информация о параметрах планирования, защитных отношениях и другая информация уже содержится в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R. Для систем второго поколения необходимо изучить такую информацию и включить ее в соответствующие Рекомендации МСЭ-R.

- f) что желательно, чтобы структура кадров была приспособлена к каналам с различной скоростью передачи данных;
- g) что последние изменения в области кодирования каналов и модуляции позволили получить новые методы с характеристиками, приближающимися к границе Шеннона;
- h) что эти новые цифровые методы могут позволить повысить эффективность использования спектра и/или обеспечить более высокий энергетический КПД по сравнению с существующими системами при сохранении возможности гибкой конфигурации, для того чтобы обойтись имеющимися ресурсами пропускной способности и энергоресурсами;
- i) что в рекомендуемых системах используются такие методы и поэтому они предоставляют возможность широкого выбора между операциями при минимальных уровнях C/N или максимальной пропускной способности;
- j) что рекомендуемые системы будут способны обрабатывать самые разные современные аудиовизуальные форматы, которые в настоящее время имеются в наличии и уточняются, включая иммерсивное воспроизведение звука и передачу сверхвысокой четкости;
- k) что выбор варианта модуляции нужно основывать на таких конкретных условиях, как, например, ресурс спектра, политика, требования к покрытию, существующая сетевая структура, условия приема, тип требуемой услуги, затраты потребителя и радиовещательных организаций;
- l) что для поддержки доставки контента на мобильные устройства необходимы усовершенствования в области технологий передачи цифрового телевидения;
- m) что системы второго поколения также могут поддерживать передачу данных IMT-2020 для дополнительного высвобождения пропускной способности линий вниз и обеспечения гибкости и эффективности платформ электросвязи,

рекомендует

администрациям, желающим внедрить системы ЦНТВ второго поколения, рассмотреть одно из семейств методов исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи, описанных в Приложениях 1, 2 и 3, вместе с руководящими указаниями по выбору системы, приведенными в Приложении 4.

Приложение 1

DVB-T2

В настоящее время рассмотрены два варианта этой системы (получившей за пределами МСЭ-R название системы DVB-T2): для фиксированного и мобильного приема услуг ТСЧ и ТВЧ (называемый профилем T2-Base или просто DVB-T2) и для приема применениями с очень низкой пропускной способностью, такими как мобильное радиовещание (называемый профилем T2-Lite). Сигналы T2-Lite могут также приниматься обычными стационарными приемниками DVB-T2.

В таблице 1 приводятся общие данные о системе с несколькими несущими второго поколения со многими каналами физического уровня (PLP), охватывающие оба профиля. В примечаниях 9–13 к таблице 1 приводится информация по ограничениям в отношении профилей T2-Base и T2-Lite. Технические характеристики и руководящие указания по реализации обоих профилей этой системы описаны в Прилагаемом документе 1 к Приложению 1.

ТАБЛИЦА 1

Параметры систем передачи DVB-T2 ЦНТВ

Система с несколькими несущими второго поколения со многими каналами физического уровня (PLP)⁽¹⁾

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
1	Используемая ширина полосы	1,54 МГц в обычном режиме	4,76 МГц в обычном режиме 4,82 МГц в расширенном режиме (режим 8к) 4,86 МГц в расширенном режиме (режим 16к и 32к)	5,71 МГц в обычном режиме 5,79 МГц в расширенном режиме (режим 8к) 5,83 МГц в расширенном режиме (режим 16к и 32к)	6,66 МГц в обычном режиме 6,75 МГц в расширенном режиме (режим 8к) 6,80 МГц в расширенном режиме (режим 16к и 32к)	7,61 МГц в обычном режиме 7,72 МГц в расширенном режиме (режим 8к) 7,77 МГц в расширенном режиме (режим 16к и 32к)	9,51 МГц в обычном режиме 9,65 МГц в расширенном режиме (режим 8к) 9,71 МГц в расширенном режиме (режим 16к и 32к)
2	Используемая ширина полосы						
	режим 1к ⁽¹⁰⁾	853	853	853	853	853	853
	режим 2к	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705
	режим 4к	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409
	режим 8к	6 817 (режим 8к)	6 817 (режим 8к) 6 913 (расширенный режим 8к)	6 817 (обычный режим) 6 913 (расширенный режим)	6 817 (обычный режим) 6 913 (расширенный режим)	6 817 (обычный режим) 6 913 (расширенный режим)	6 817 (режим 8к) 6 913 (расширенный режим 8к)
	режим 16к		13 633 (режим 16к) 13 921 (расширенный режим 16к)	13 633 (обычный режим) 13 921 (расширенный режим)	13 633 (обычный режим) 13 921 (расширенный режим)	13 633 (обычный режим) 13 921 (расширенный режим)	13 633 (режим 16к) 13 921 (расширенный режим 16к)
	режим 32к ⁽¹⁰⁾		27 265 (режим 32к) 27 841 (расширенный режим 32к)	27 265 (обычный режим) 27 841 (расширенный режим)	27 265 (обычный режим) 27 841 (расширенный режим)	27 265 (обычный режим) 27 841 (расширенный режим)	27 265 (режим 32к) 27 841 (расширенный режим 32к)
3	Режимы модуляции	Постоянные кодирование и модуляция (CCM)/переменные кодирование и модуляция (VCM)					

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
4	Метод модулирования	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM конкретный для каждого канала физического уровня					
5	Занятость канала	Подлежит определению ⁽²⁾			См. Рек. МСЭ-R ВТ.1206		Подлежит определению ⁽²⁾
6	Активная длительность символа						
	режим 1к ⁽¹⁰⁾	554,99 мкс	179,2 мкс	149,33 мкс	128 мкс	112 мкс	89,60 мкс
	режим 2к	1 109,98 мкс	358,4 мкс	298,67 мкс	256 мкс	224 мкс	179,20 мкс
	режим 4к	2 219,97 мкс	716,8 мкс	597,33 мкс	512 мкс	448 мкс	358,40 мкс
	режим 8к	4 439,94 мкс	1 433,6 мкс	1 194,67 мкс	1 024 мкс	896 мкс	716,8 мкс
	режим 16к		2 867,2 мкс	2 389,33 мкс	2 048 мкс	1 792 мкс	1 433,6 мкс
	режим 32к ⁽¹⁰⁾		5 734,40 мкс	4 778,67 мкс	4 096 мкс	3 584 мкс	2 867,2 мкс
7	Разнос несущих						
	режим 1к ⁽¹⁰⁾	1 801,91 Гц	5 580,63 Гц	6 696,75 Гц	7 812,88 Гц	8 929 Гц	11 161,25 Гц
	режим 2к	900,86 Гц	2 790 Гц	3 348 Гц	3 906 Гц	4 464 Гц	5 580,00 Гц
	режим 4к	450,43 Гц	1 395 Гц	1 674 Гц	1 953 Гц	2 232 Гц	2 790,00 Гц
	режим 8к	225,21 Гц	697,50 Гц	837 Гц	976 Гц	1 116 Гц	1 395,00 Гц
	режим 16к		348,75 Гц	418,5 Гц	488,25 Гц	558 Гц	697,50 Гц
	режим 32к ⁽¹⁰⁾		174,38 Гц	209,25 Гц	244,125 Гц	279 Гц	348,75 Гц
8	Длительность защитного интервала ⁽³⁾	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа
	режим 1к ⁽¹⁰⁾	34,69; 69,37; 138,75 мкс	11,2; 22,4; 44,8 мкс	9,3; 18,6; 37,3 мкс	8; 16; 32 мкс	7; 14; 28 мкс	5,6; 11,2; 22,4 мкс
	режим 2к	34,69; 69,37; 138,75; 277,50 мкс	11,2; 22,4; 44,8; 89,6 мкс	9,3; 18,6; 37,3; 74,6 мкс	8; 16; 32; 64 мкс	7; 14; 28; 56 мкс	5,6; 11,2; 22,4; 44,8 мкс
	режим 4к	69,37; 138,75; 277,50; 554,99 мкс	22,4; 44,8; 89,6; 179,2 мкс	18,6; 37,3; 74,6; 149,3 мкс	16; 32; 64; 128 мкс	14; 28; 56; 112 мкс	11,2; 22,4; 44,8; 89,6 мкс

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
	режим 8к	34,69; 138,75; 277,50; 329,53; 554,99; 659,05; 1 109,98 мкс	11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 мкс	9,3; 37,3; 74,6; 88,6; 149,3; 177,3; 298,6 мкс	8; 32; 64; 75,9; 128; 152; 256 мкс	7; 28; 56; 66,5; 112; 133; 224 мкс	5,6; 22,4; 44,8; 53,2; 89,6; 106,4; 179,2 мкс
	режим 16к		22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6; 716,8 мкс	18,6; 74,6; 149,3; 177,3; 298,6; 354,6; 597,3 мкс	16; 64; 128; 152; 256; 304; 512 мкс	14; 56; 112; 133; 224; 266; 448 мкс	11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 мкс
	режим 32к ⁽¹⁰⁾		44,8; 179,2; 358,4; 425,6; 716,8; 851,2 мкс	37,33; 149,33; 298,67; 354,67; 597,33; 709,33 мкс	32; 128; 256; 304; 512; 608 мкс	28; 112; 224; 266; 448; 532 мкс	22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6 мкс
9	Общая длительность символа						
	режим 1к ⁽¹⁰⁾	589,68–4578,69 мкс	190,4; 201,6; 224 мкс	158,6; 168; 186,6 мкс	136; 144; 160 мкс	119; 126; 140 мкс	95,20–112,00 мкс
	режим 2к	1 144,67–1 387,48 мкс	369,6; 381; 403; 448 мкс	308; 317; 336; 373,3 мкс	264; 272; 288; 320 мкс	231; 238; 252; 280 мкс	184,80–224,00 мкс
	режим 4к	2 289,34–2 774,96 мкс	739; 762; 806; 896 мкс	616; 635; 672; 746,6 мкс	527,9; 544; 576; 640 мкс	462; 476; 504; 560 мкс	369,60–448,00 мкс
	режим 8к	4 474,63–5 549,92 мкс	1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 мкс	1 204; 1 232; 1 269,3; 1 283,3; 1 344; 1 372; 1 493,3 мкс	1 032; 1 056; 1 088; 1 100; 1 152; 1 176; 1 280 мкс	903; 924; 952; 962,5; 1 008; 1 29; 1 120 мкс	722,4; 739,2; 761,6; 770; 806,4; 823; 896 мкс
	режим 16к		2 889; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8; 3 584 мкс	2 408; 2 464; 2 538,6; 2 566,6; 2 686; 2 744; 2 986,6 мкс	2 064; 2 112; 2 176; 2 200; 2 304; 2 352; 2 560 мкс	1 806; 1 848; 1 904; 1 925; 2 016; 2 058; 2 240 мкс	1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 мкс
	режим 32к ⁽¹⁰⁾		5 779,20–6 585,60 мкс	4 816–5 488 мкс	4 128–4 704 мкс	3 612; 3 696; 3 808; 3 850; 4 032; 4 116 мкс	2 889,6; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8 мкс
10	Длительность кадра передачи ⁽⁶⁾	Кадр начинается с преамбулы и имеет конфигурируемое количество символов с максимальной длительностью в 250 мс. Минимальное количество символов данных – 3 (режим 32к) или 7 (другие режимы). Длина суперкадра конфигурируется, максимум 256 кадров, 64 с					
11	Формат входного потока ⁽⁴⁾	Либо транспортные потоки (ТП), либо общие потоки (ОП)					
12	Формат потока системы	Формат ВВ ⁽⁵⁾	Формат ВВ				
13	Код адаптации режима	CRC-8					

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
14	Кодирование канала ⁽⁹⁾	Код LDPC/VCH с размером блока в 64 800 (64 K) ⁽¹⁰⁾ или 16 200 (16 K) битов и кодовыми скоростями 1/3 ⁽⁹⁾ , 2/5 ⁽⁹⁾ , 4/9, 1/2, 3/5, 2/3, 11/15, 3/4 ⁽¹⁰⁾ , 4/5 ⁽¹⁰⁾ , 37/45 ⁽¹⁰⁾ , 5/6 ⁽¹⁰⁾					
15	Перемержение	Перемержение битов, ячеек и времени происходит отдельно для каждого канала физического уровня. Общее перемержение частот ⁽¹⁾					
16	Вращение созвездия	Отсутствует, 29 (QPSK); 16,8 (16-QAM); 8,6 (64-QAM) градусов или $\arctan(1/16)$ (256-QAM) ⁽¹⁰⁾					
17	Каналы физического уровня (PLP)	Режим А с одним PLP и режим В с несколькими PLP. Модуляция, кодирование и глубина временного перемержения выбираются отдельно для каждого PLP ^{(1), (7)}					
18	Перемешивание данных/распределение энергии	PRBS					
	Первоначальное сканирование	Процесс быстрого сканирования со специальным символом преамбулы P1					
19	Временная/частотная синхронизация	Символы преамбулы P1 и P2. Рассредоточенные пилот-сигналы с 8 имеющимися схемами размещения ⁽¹³⁾ . Непрерывно повторяющиеся пилот-сигналы					
20	MISO	Факультативный 2 × 1 множественный вход, один выход (MISO) с кодированием Аламути					
21	Снижение потребления мощности приемника	Каналы физического уровня построены как подсекции в кадре. При приеме только одного PLP преамбула и соответствующие подсекции принимаются и обрабатываются					
22	Сигнализация для уровня 1	Сигнализация для уровня L1 осуществляется символами P2 в преамбуле. Предварительная сигнализация для L1 модулируется с использованием BPSK и кодируется с LDPC 1/4 16k. Постсигнализация для L1 имеет конфигурируемую модуляцию и LDPC 1/2 16k. Возможна внутриполосная сигнализация в рамках PLP					
23	Сигнализация для уровня 1	Либо в рамках PLP данных, либо в специальном общем PLP в начале кадра					
24	PAPR (отношение пиковой/средней мощности)	Расширение активного созвездия (ACE) и сохранение тона (TR), в качестве возможных вариантов					

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
25	Кадры перспективного расширения (FEF)	Суперкадр может включать одну или несколько частей FEF. Они могут использоваться для перспективных расширений системы					
26	Чистая скорость передачи данных	0,22–10,17 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	3,01–31,55 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	4,01–37,8 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	4,68–44,1 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	5,35–50,4 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	5,93–63,23 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR
27	Отношение несущая/шум в канале с AWGN	Зависит от модуляции и канального кодирования. От –1 до 22 дБ ⁽⁸⁾					
28	Память для перемежения по времени	$2^{19} + 2^{15}$ ячеек ⁽¹¹⁾ , 2^{18} ячеек ⁽¹²⁾					

BCH – двоичный блочный код Боуза-Чоудхури-Хоквингема для исправления групповых ошибок.

LDPC – проверка четности с низкой плотностью.

OFDM – ортогональное частотное разделение каналов.

PRBS – псевдослучайная последовательность символов...0.

QAM – квадратурная амплитудная модуляция.

QPSK – четырехпозиционная фазовая манипуляция.

Примечания к таблице 1

- (1) Возможность для одного или нескольких PLP, каждый из которых имеет свою собственную физическую модуляцию, кодирование и глубину временного перемежения, обеспечивая тем самым надежность конкретной услуги.
- (2) Должны быть определены границы формирования спектра для систем цифрового наземного телевидения, использующих 5 МГц, 6 МГц и 10 МГц каналы. Варианты 1,7; 5 и 10 МГц каналов обычно не используются для целей телевизионного радиовещания в ОВЧ III или УВЧ IV/V диапазонах. 7 и 8 МГц варианты системы соответствуют Соглашению GE06 в отношении использования спектра. 1,7 МГц вариант соответствует планированию частот для T-DAB.
- (3) Не все дробные части доступны для всех режимов FFT.
- (4) Как определено в EN 302 755 (стандарте DVB-T2), система поддерживает следующие форматы входного потока: GSE (формат Обобщенный инкапсулированный поток), GFPS (формат Обобщенный пакетированный поток фиксированной длины), GCS (формат Обобщенный непрерывный поток) и MPEG-2 TS.
- (5) Формат основного диапазона, используемый в системе радиовещания второго поколения.
- (6) Значения соответствуют максимальной длине кадра в символах OFDM, за исключением символов P1. Для режима 1k максимальная длина определяется для длительности защитного интервала 1/16, 1/8 и 1/4. Для режимов 4k и 2k максимальная длина определяется для 1/32, 1/16, 1/8 и 1/4. В случае режима 32k не применяется только защитный интервал 1/4. Более подробная информация содержится в EN 302 755 (стандарте DVB-T2). Должно быть определено количество символов для 1,7 МГц, 5 МГц, 6 МГц, 7 МГц, 10 МГц.
- (7) В будущем система может распределить подсекции PLP по многим РЧ-каналам в пределах соответствующего кадра. Ко всем ним применяется временное перемежение. Получатели одного профиля на основе первой версии спецификации не поддерживают это.
- (8) Смоделировано в гауссовских каналах при BER 1×10^{-4} до кодирования с использованием кода BCH, без коррекции увеличения уровня пилот-сигналов (зависит от схемы размещения пилот-сигналов). К этим цифрам следует также добавить ожидаемые потери на реализацию с учетом оценки реального канала. Это значение будет значительно меньше, чем соответствующая цифра для систем с несколькими несущими первого поколения, вследствие лучшей оптимизации увеличения плотности и плотности последовательности для систем с несколькими несущими второго поколения.
- (9) Не используется в профиле T2-Base.
- (10) Не используется в профиле T2-Lite.
- (11) Применяется к профилю T2-Base.
- (12) Применяется к профилю T2-Lite.
- (13) В профиле T2-Lite имеется семь схем размещения пилот-сигналов.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 1

Стандарт системы

- ETSI EN 302 755. Цифровое телевизионное вещание (DVB); структура кадра, каналное кодирование и модуляция для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2).
- ETSI TR 102 831. Цифровое телевизионное вещание (DVB); руководящие указания по реализации для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2).

Приложение 2

ATSC 3.0

ATSC 3.0 – это набор применяемых в добровольном порядке технических стандартов и рекомендуемой практики, который принципиально отличается от предшествующего стандарта ATSC (ATSC 1.0), по существу ограниченного видеопередачей и звуком, и служит его действующей заменой.

По сравнению с текущим стандартом ATSC 1.0 стандарт ATSC 3.0 позволяет существенно улучшить показатели работы, расширить функциональные возможности и повысить эффективность, достаточные для того, чтобы оправдать разработку системы, не имеющей обратной совместимости. Благодаря более высокой пропускной способности, позволяющей предоставлять видеослужбы значительно лучшего качества, гарантируя надежный прием на широкий спектр мобильных устройств, повышенную эффективность, транспортировку по IP-сетям, расширенные возможности оповещения о чрезвычайных ситуациях, функции персонализации и интерактивные возможности, набор стандартов ATSC 3.0 обеспечивает гораздо больше возможностей, чем службы наземного радиовещания предыдущих поколений в той же полосе частотного спектра. Он также предоставляет средства для интеграции услуг радиовещания и широкополосного доступа и таким образом может быть частью экосистемы передачи 5G.

Параметры системы передачи ATSC 3.0 обеспечивают широкий спектр возможностей от очень надежного приема на мобильные устройства до фиксированного приема услуг ТСЧ, ТВЧ и ТСВЧ с высокой пропускной способностью. В таблице 2 приведены общие сведения о системе ATSC 3.0 с несколькими каналами физического уровня (PLP), охватывающие прием как на мобильные, так и на фиксированные устройства. Спецификации и руководящие указания по реализации этой системы приведены в Прилагаемых документах 1 и 2 к Приложению 2.

ТАБЛИЦА 2

Параметры системы передачи ATSC 3.0 ЦНТВ
Система с несколькими несущими второго поколения со многими каналами физического уровня (PLP)⁽¹⁾

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾	
1	Используемая ширина полосы Уменьшенный коэффициент (Cred_coeff) 0 1 2 3 4	Неприменимо	Неприменимо	5,832 МГц 5,751 МГц 5,670 МГц 5,589 МГц 5,508 МГц	6,804 МГц 6,710 МГц 6,615 МГц 6,521 МГц 6,426 МГц	7,777 МГц 7,669 МГц 7,561 МГц 7,453 МГц 7,345 МГц	Неприменимо	
2	Число излучаемых несущих Режим 8k Режим 16k Режим 32k	Неприменимо	Неприменимо	6 913 (Cred_coeff = 0) 6 817 (Cred_coeff = 1) 6 721 (Cred_coeff = 2) 6 625 (Cred_coeff = 3) 6 529 (Cred_coeff = 4) 13 825 (Cred_coeff = 0) 13 633 (Cred_coeff = 1) 13 441 (Cred_coeff = 2) 13 249 (Cred_coeff = 3) 13 057 (Cred_coeff = 4) 27 649 (Cred_coeff = 0) 27 265 (Cred_coeff = 1) 26 881 (Cred_coeff = 2) 26 497 (Cred_coeff = 3) 26 113 (Cred_coeff = 4)	6 913 (Cred_coeff = 0) 6 817 (Cred_coeff = 1) 6 721 (Cred_coeff = 2) 6 625 (Cred_coeff = 3) 6 529 (Cred_coeff = 4) 13 825 (Cred_coeff = 0) 13 633 (Cred_coeff = 1) 13 441 (Cred_coeff = 2) 13 249 (Cred_coeff = 3) 13 057 (Cred_coeff = 4) 27 649 (Cred_coeff = 0) 27 265 (Cred_coeff = 1) 26 881 (Cred_coeff = 2) 26 497 (Cred_coeff = 3) 26 113 (Cred_coeff = 4)	6 913 (Cred_coeff = 0) 6 817 (Cred_coeff = 1) 6 721 (Cred_coeff = 2) 6 625 (Cred_coeff = 3) 6 529 (Cred_coeff = 4) 13 825 (Cred_coeff = 0) 13 633 (Cred_coeff = 1) 13 441 (Cred_coeff = 2) 13 249 (Cred_coeff = 3) 13 057 (Cred_coeff = 4) 27 649 (Cred_coeff = 0) 27 265 (Cred_coeff = 1) 26 881 (Cred_coeff = 2) 26 497 (Cred_coeff = 3) 26 113 (Cred_coeff = 4)	6 913 (Cred_coeff = 0) 6 817 (Cred_coeff = 1) 6 721 (Cred_coeff = 2) 6 625 (Cred_coeff = 3) 6 529 (Cred_coeff = 4) 13 825 (Cred_coeff = 0) 13 633 (Cred_coeff = 1) 13 441 (Cred_coeff = 2) 13 249 (Cred_coeff = 3) 13 057 (Cred_coeff = 4) 27 649 (Cred_coeff = 0) 27 265 (Cred_coeff = 1) 26 881 (Cred_coeff = 2) 26 497 (Cred_coeff = 3) 26 113 (Cred_coeff = 4)	Неприменимо

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
3	Длительность защитного интервала	Неприменимо	Неприменимо	192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки	192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки	192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки	Неприменимо
	Режим 8k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048 интервалов выборки)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048 интервалов выборки)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048 интервалов выборки)	
	Режим 16k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296; 351,852; 444,444; 527,778; 592,593 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096 интервалов выборки)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968; 301,587; 380,952; 452,381; 507,937 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096 интервалов выборки)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222; 263,889; 333,333; 395,833; 444,444 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096 интервалов выборки)	
	Режим 32k			27,778; 55,556; 74,074; 111,111; 148,148; 222,222; 296,296; 351,852; 444,444; 527,778; 592,593; 703,704 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки)	23,810; 47,619; 63,492; 95,238; 126,984; 190,476; 253,968; 301,587; 380,952; 452,381; 507,937; 603,175 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки)	20,833; 41,667; 55,556; 83,333; 111,111; 166,667; 222,222; 263,889; 333,333; 395,833; 444,444; 527,778 мкс (192; 384; 512; 768; 1 024; 1 536; 2 048; 2 432; 3 072; 3 648; 4 096; 4 864 интервала выборки)	

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
4	Активная длительность символа Режим 8к Режим 16к Режим 32к	Неприменимо	Неприменимо	1 185,185 мкс 2 370,370 мкс 4 740,740 мкс	1 015,873 мкс 2 031,746 мкс 4 063,492 мкс	888,889 мкс 1 777,778 мкс 3 555,556 мкс	Неприменимо
5	Разнос несущих Режим 8к Режим 16к Режим 32к	Неприменимо	Неприменимо	843,75 Гц 421,875 Гц 210,9375 Гц	984,375 Гц 492,1875 Гц 246,09375 Гц	1125 Гц 562,5 Гц 281,25 Гц	Неприменимо
6	Общая длительность символа Режим 8к Режим 16к Режим 32к	Неприменимо	Неприменимо	1 212,963; 1 240,741; 1 259,259; 1 296,296; 1 333,333; 1 407,407; 1 481,481 мкс 2 398,148; 2 425,926; 2 444,444; 2 481,481; 2 518,518; 2 592,592; 2 666,666; 2 722,222; 2 814,814; 2 898,148; 2 962,963 мкс 4 768,518; 4 796,296; 4 814,814; 4 851,851; 4 888,888; 4 962,962; 5 037,036; 5 092,592; 5 185,184; 5 268,518; 5 333,333; 5 444,444 мкс	1 039,683; 1 063,492; 1 079,365; 1 111,111; 1 142,857; 1 206,349; 1 269,841 мкс 2 055,556; 2 079,365; 2 095,238; 2 126,984; 2 158,730; 2 222,222; 2 285,714; 2 333,333; 2 412,698; 2 484,127; 2 539,683 мкс 4 087,302; 4 111,111; 4 126,984; 4 158,730; 4 190,476; 4 253,968; 4 317,460; 4 365,079; 4 444,444; 4 515,873; 4 571,429; 4 666,667 мкс	909,722; 930,556; 944,445; 972,222; 1 000,000; 1 055,556; 1 111,111 мкс 1 798,611; 1 819,445; 1 833,334; 1 861,111; 1 888,889; 1 944,445; 2 000,000; 2 041,667; 2 111,111; 2 173,611; 2 222,222 мкс 3 576,389; 3 597,223; 3 611,112; 3 638,889; 3 666,667; 3 722,223; 3 777,778; 3 819,445; 3 888,889; 3 951,389; 4 000,000; 4 083,334 мкс	Неприменимо

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
7	Длительность кадра передачи	Кадр начинается с инициализации и содержит настраиваемое количество символов преамбулы и подкадров. Минимальная длина кадра составляет 50 мс, а максимальная – 5 с					
8	Режим определения длины кадра	Выравнивание по символам, выравнивание по времени (единица измерения – 5 мс)					
9	Формат входного потока	Пакет в соответствии с протоколом канального уровня ATSC (ALP)					
10	Формат потока системы	Формат пакетов основной полосы (BBP)					
11	Кодирование канала	Внутренний код: код LDPC с размером блоков 64 800 (64 К) или 16 200 (16 К) битов и кодовыми скоростями 2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 11/15, 12/15, 13/15 Внешний код: BCH, ЦПИ, отсутствует					
12	Модуляция	QPSK, 16-NUC, 64-NUC, 256-NUC, 1024-NUC, 4096-NUC отдельно для каждого канала физического уровня					
13	Режимы модуляции	Постоянные кодирование и модуляция (CCM)/переменные кодирование и модуляция (VCM)					
14	Тип перемежения	Битовый перемежитель: отдельно для каждого канала физического уровня Временной перемежитель: отдельно для каждого канала физического уровня Частотный перемежитель: база символов OFDM					
15	Временное перемежение	Сверточный временной перемежитель Гибридный временной перемежитель (HTI): перемежитель ячеек, перемежитель скрученных блоков, сверточная линия задержки					
16	Максимальный объем памяти временного перемежителя	2 ¹⁹ ячеек в нормальном режиме 2 ²⁰ ячеек в расширенном режиме перемежения (только для QPSK)					
17	Частотное перемежение	Всегда применяется ко всем символам преамбулы, но может не применяться к символам данных					
18	Каналы физического уровня (PLP)	Один или несколько PLP. Модуляция, кодирование и глубина временного перемежения выбираются отдельно для каждого PLP ⁽¹⁾⁽⁷⁾					

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
19	Мультиплексирование PLP	TDM, FDM, LDM и их комбинации (например, TFDМ, LTDM, LFDM)					
20	Перемешивание данных/ рассредоточение энергии Первоначальное сканирование	PRBS Процесс быстрого сканирования с инициализацией					
21	Временная/ частотная синхронизация	Инициализация и символ преамбулы. Рассредоточенные пилот-сигналы. Непрерывно повторяющиеся пилот-сигналы. Граничные пилот-сигналы					
22	MISO	TDCFS (64 или 256 отводов) в качестве возможных вариантов					
23	Снижение потребления мощности приемника	Каналы физического уровня мультиплексируются по ячейкам в кадре. При приеме PLP принимаются и обрабатываются только поле инициализации, преамбула и соответствующие ячейки PLP					
24	Сигнализация для уровня 1	Инициализация: основные параметры, обеспечивающие активацию аварийной сигнализации и декодирование части преамбулы L1-Basic L1-Basic (поле фиксированной длины 200 битов) в преамбуле: параметры сигнализации, позволяющие декодировать поле L1-Detail и выполнить начальную обработку первого субкадра L1-Detail (поле переменной длины) в преамбуле: параметры сигнализации, позволяющие декодировать оставшиеся субкадры и каждый PLP Поле L1-Basic имеет пять, а поле L1-Detail – семь режимов защиты от ошибок					
25	PAPR (отношение пиковой/средней мощности)	Расширение активного созвездия (ACE) и сохранение тона (TR), в качестве возможных вариантов					
26	Спаривание каналов	Спаривание двух РЧ-каналов – только факультативно					
27	MIMO	MIMO с перекрестной поляризацией – только факультативно					
28	Кадры перспективного расширения (FEF)	В поле инициализации может быть указана другая версия кадра. Для будущих расширений системы может использоваться кадр не ATSC 3.0					

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

№	Параметры	Несколько несущих на 1,7 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 5 МГц (OFDM) ⁽²⁾	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 10 МГц (OFDM) ⁽²⁾
29	Чистая скорость передачи данных	Неприменимо	Неприменимо	0,93–57,9 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	1,08–67,5 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	1,24–77,2 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR	Неприменимо
30	Отношение несущая/шум в канале с AWGN	Зависит от модуляции и канального кодирования. От –6 до 33 дБ ⁽³⁾					

AWGN – аддитивный белый гауссов шум.

BCH – двоичный блочный код Боуза-Чоудхури-Хоквингема для исправления групповых ошибок.

FDM – частотное разделение каналов.

LDM – многоуровневое разделение.

LDPC – проверка четности с низкой плотностью.

LFDM – частотное разделение по уровням.

LTDM – временное разделение по уровням.

MISO – многоканальный вход, одноканальный выход.

MIMO – многоканальный вход, многоканальный выход.

NUC – неоднородное созвездие.

OFDM – ортогональное частотное разделение каналов.

PAPR – отношение пиковой мощности к средней.

PRBS – псевдослучайная последовательность символов.

QAM – квадратурная амплитудная модуляция.

QPSK – четырехпозиционная фазовая манипуляция.

TDCFS – наборы фильтров кодов разноса передачи.

TDM – временное разделение каналов.

TFDM – частотно-временное разделение каналов.

Примечания к таблице 2

- (1) Возможность для одного или нескольких PLP, каждый из которых имеет свою собственную физическую модуляцию, кодирование и глубину временного перемежения, обеспечивая тем самым надежность конкретной услуги.
- (2) Должны быть определены границы формирования спектра для систем цифрового наземного телевидения, использующих 5 МГц, 6 МГц и 10 МГц каналы. Варианты 1,7; 5 и 10 МГц каналов обычно не используются для целей телевизионного радиовещания в ОБЧ III или УВЧ IV/V диапазонах. 7 и 8 МГц варианты системы соответствуют Соглашению GE06 в отношении использования спектра. 1,7 МГц вариант соответствует планированию частот для T-DAB. Спецификация ATSC 3.0 поддерживает только 6 МГц, 7 МГц и 8 МГц каналы.
- (3) Смоделировано в гауссовских каналах при BER 1×10^{-6} после декодирования с использованием кода LDPC и BCH, без коррекции увеличения уровня пилот-сигналов (зависит от схемы размещения пилот-сигналов). К этим цифрам следует также добавить ожидаемые потери на реализацию с учетом оценки реального канала.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 2

Справочные документы по стандарту системы ATSC

- ATSC "ATSC System Discovery and Signaling," Doc. A/321:2016, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 23 March 2016.
- ATSC "ATSC Physical Layer Protocol," Doc. A/322:2017, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 6 June 2017.
- ATSC "Guidelines for the Physical Layer Protocol," Doc. A/327:2018, Advanced Television System Committee, Washington, D.C., 2 October 2018.

Прилагаемый документ 2 к Приложению 2

Краткое описание стандарта цифровой передачи ATSC 3.0

1 Введение

Комитет по передовым телевизионным системам – это некоммерческая организация, разрабатывающая применяемые в добровольном порядке стандарты цифрового телевидения. Более 130 организаций – членов ATSC представляют отрасли радиовещания, радиовещательного оборудования, кинопроизводства, бытовой электроники, компьютерной техники, кабельной промышленности, спутниковой связи и полупроводниковой промышленности.

ATSC 3.0 представляет собой основную версию стандартов ATSC для передачи сигналов цифрового телевидения по наземным, кабельным и спутниковым сетям. Он во многом заменяет аналоговый стандарт NTSC и, так же как и этот стандарт, используется в основном в Соединенных Штатах Америки, Мексике, Канаде и Корее. Новый стандарт разработан Комитетом по передовым телевизионным системам (ATSC). Стандарт включает 25 разделов, в том числе 21 утвержденный стандарт и 4 рекомендуемые практики, которые предоставляют технические руководства по внедрению.

Ниже приведены краткие описания основных стандартов в качестве справочной информации для настоящей Рекомендации.

A/300:2020 – Система ATSC 3.0

В этом стандарте описан весь набор систем цифрового телевидения ATSC 3.0. ATSC 3.0 – это набор применяемых в добровольном порядке технических стандартов и рекомендуемой практики, который принципиально отличается от предшествующих систем ATSC и в значительной степени несовместим с ними. Это отличие от более раннего технического решения позволяет обеспечить существенное улучшение показателей работы, расширение функциональных возможностей и повышение эффективности, достаточные для того, чтобы оправдать создание системы, не имеющей обратной совместимости. Благодаря более высокой пропускной способности, позволяющей предоставлять услуги сверхвысокой четкости, гарантируя надежный прием на широкий спектр мобильных устройств, повышенную эффективность, транспортировку по IP-сетям, расширенные возможности оповещения о чрезвычайных ситуациях, функции персонализации и интерактивные возможности, стандарт ATSC 3.0 обеспечивает гораздо больше возможностей, чем услуги наземного радиовещания предыдущих поколений.

Осенью 2011 года ATSC сформировала Технологическую группу 3 (TG-3) для разработки системы радиовещания нового поколения. TG-3 выпустила "Призыв к участию", обратившись к широкому кругу международных заинтересованных сторон и организаций с просьбой представить требования к системе. На основе собранных данных было разработано 13 сценариев использования, из которых был составлен комплекс системных требований. Системные требования определяют возможности всей системы и, таким образом, служат руководством при подготовке набора стандартов ATSC 3.0. В стандарте ATSC 3.0 используется многоуровневая архитектура. Определены три уровня: физический уровень, уровень управления и протоколов и уровень применения и представления. Для обеспечения гибкости и расширяемости системы ее различные элементы описаны в отдельных стандартах. Полный список и структура этих стандартов представлены в разделе 5.

Каждый стандарт ATSC 3.0 разработан в расчете на максимальную гибкость в процессе эксплуатации и может расширяться для адаптации к будущим технологиям. Поэтому очень важно, чтобы разработчики использовали самую последнюю версию каждого стандарта. Общая структура документации также позволяет пересматривать или расширять отдельные компоненты системы, не затрагивая другие компоненты. В некоторых случаях указываются несколько полностью параллельных вариантов конкретных операций, из которых радиовещательные организации могут выбрать метод, наиболее подходящий для их работы или отвечающий их предпочтениям. Примерами могут служить использование транспортного протокола MMT или ROUTE или использование 3D-аудиосистемы AC-4 или MPEG-H.

Подробное описание особенностей стандарта содержится в документе:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2017/10/A300-2020-ATSC-3-System-Standard.pdf>.

A/321:2016 – Обнаружение системы и сигнализация

В этом документе описана архитектура для обнаружения системы и сигнализации (инициализации) физического уровня ATSC 3.0. В будущем радиовещательные организации в дополнение к обычному телевизионному радиовещанию планируют предоставлять целый ряд других услуг, основанных на беспроводной связи. Такие услуги могут мультиплексироваться по времени и передаваться вместе по одному радиочастотному каналу. Инициализация обеспечивает универсальную точку входа в радиовещательный сигнал. При инициализации используется фиксированная конфигурация (частота дискретизации, ширина полосы сигнала, разнос поднесущих, структура временной области и т. п.), известная всем приемным устройствам, и передается информация, позволяющая обрабатывать и декодировать услугу радиосвязи, относящуюся к обнаруженному сигналу инициализации. Эта способность обеспечивает возможность адаптации радиовещательного спектра для транспортировки новых услуг и/или сигналов, чтобы продолжать удовлетворение потребностей общества в будущем.

В будущем радиовещательные организации в дополнение к телевизионному радиовещанию планируют предоставлять целый ряд услуг, основанных на беспроводной связи. Такие услуги могут мультиплексироваться по времени и передаваться вместе по одному радиочастотному каналу. Поэтому необходимо в самом начале указать тип или форму сигнала, передаваемого в течение определенного периода времени, чтобы приемник мог обнаружить и идентифицировать сигнал, который, в свою очередь, указывает способ получения услуг, доступных посредством этого сигнала. Чтобы обеспечить такое обнаружение, может использоваться сигнал инициализации. Этот сравнительно короткий сигнал предшествует по времени более длинному передаваемому сигналу, несущему данные в той или иной форме. Используя сигнал инициализации, связанный с каждым конкретным мультиплексированным по времени сигналом, радиовещательные организации также могут создавать и идентифицировать в передаваемом сигнале новые типы сигналов, представление о некоторых из которых, возможно, даже еще не сформировано. Некоторые будущие типы сигналов, обозначенные конкретным сигналом инициализации, даже могут выходить за рамки ATSC.

Инициализация обеспечивает универсальную точку входа в радиовещательный сигнал. При инициализации используется фиксированная конфигурация (частота дискретизации, ширина полосы сигнала, разнос поднесущих, структура временной области и т. п.), известная всем приемным устройствам, и передается информация, позволяющая обрабатывать и декодировать сигнал, относящийся к обнаруженному сигналу инициализации. Эта способность гарантирует возможность

адаптации радиовещательного спектра для транспортировки новых типов сигналов, которым предшествует универсальная точка входа, обеспечиваемая инициализацией, что позволяет продолжать удовлетворение потребностей общества в будущем. Сигнал инициализации очень надежен и обнаруживается даже при низких уровнях. Следствием такой надежности кодирования является относительная дороговизна отдельных битов сигнализации сигнала инициализации с точки зрения физических ресурсов, потребляемых при их передаче. Поэтому инициализация в целом предназначена для передачи лишь минимального объема информации, требуемой для обнаружения системы (то есть определения связанного сигнала) и для начального декодирования последующего сигнала.

Стандарт A/321:2016 был утвержден и включен посредством в ссылки в правила ФКС (§ 73.682 тома 47 свода федеральных нормативных актов США). Подробное описание особенностей стандарта содержится в документе:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2016/03/A321-2016-System-Discovery-and-Signaling-3.pdf>.

A/322:2020 – Протокол физического уровня

Этот стандарт описывает процесс передачи РЧ-сигналов физического уровня. Эти сигналы позволяют гибко конфигурировать ресурсы физического уровня для целевого использования различных режимов работы. Цель состоит в том, чтобы сигнализировать о применяемых технологиях и обеспечить возможность адаптации новых технологий в будущем.

Протокол физического уровня ATSC рассчитан на обеспечение гораздо большей гибкости, надежности и эффективности операций, чем стандарт ATSC A/53, что привело к отсутствию его обратной совместимости с A/53. Этот физический уровень позволяет радиовещательным организациям выбирать из широкого спектра параметров физического уровня для обеспечения индивидуализированного качества радиовещания, удовлетворяющего самые разные потребности радиовещательных служб. Имеется возможность поддерживать в одном и том же процессе передачи как режимы с высокой пропускной способностью и низкой надежностью, так и режимы с низкой пропускной способностью и высокой надежностью. Можно выбрать технологии для особых случаев применения, таких как одночастотные сети, работа с многоканальным входом и многоканальным выходом, связывание каналов и многие другие, далеко выходящие за пределы одной передающей вышки. Существует широкий спектр вариантов выбора надежности, в частности широкий спектр вариантов длины защитных интервалов, длины кодов прямого исправления ошибок и скоростей кодирования. Значительную гибкость обеспечивает структура сигнализации, которая позволяет изменять технологии физического уровня и может развиваться с течением времени, сохраняя при этом поддержку других систем ATSC. Отправной точкой этого изменения служит физический уровень, обеспечивающий работу с высокой спектральной эффективностью и надежностью во многих разнообразных режимах.

Подробное описание особенностей стандарта содержится в документе:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2016/10/A322-2020-Physical-Layer-Protocol.pdf>.

A/327:2020 – Руководящие указания по протоколу физического уровня

В этом документе представлена рекомендуемая практика применения стандартов протокола физического уровня ATSC 3.0, определенных в документах A/321 и A/322. Цель этого документа – дать рекомендации в отношении режимов работы физического уровня, чтобы читатель мог принимать обоснованные решения по выбору конфигурации физического уровня. Кроме того, в этом документе приводятся некоторые руководящие указания по внедрению, помогающие гибко конфигурировать конструктивные ресурсы физического уровня в изделиях производителей передающего и приемного оборудования.

Протокол физического уровня ATSC 3.0 предоставляет набор технологических инструментов, обеспечивающих гибкие режимы работы в различных сложных условиях передачи (например, в помещении или в движении) при продолжении эффективного использования ресурсов спектра. В этом документе представлены рекомендуемые параметры и варианты выбора технологий, представленных в A/321 и A/322, с тем чтобы радиовещательные организации могли оптимально предоставлять запланированную(ые) услугу(и). В нем также содержатся подробные руководящие указания по конструированию передающего и приемного оборудования, основанные на технических

исследованиях новейших технологий физического уровня ATSC 3.0. Даны руководящие указания по услугам подвижной связи радиовещательных организаций с указанием режимов работы и вариантов выбора параметров A/322, относящихся к надежности и энергопотреблению. Примеры рабочих характеристик и рекомендуемых услуг системы ATSC 3.0 охватывают разные аспекты реального практического опыта и призваны служить практическим руководством для всех читателей.

Подробная информация по рекомендуемым методам работы представлена в документе:

<https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2020/08/A327-2020-Physical-Layer-RP.pdf>.

Приложение 3

DTMB-A

Усовершенствованное цифровое телевизионное наземное мультимедийное вещание (DTMB-A) – это усовершенствованная версия системы цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) (то есть DTMB), способная поддерживать более высокую пропускную способность по сравнению с DTMB при более надежном функционировании. DTMB-A поддерживает телевидение сверхвысокой, высокой и стандартной четкости, а также услуги радиовещательной передачи данных в условиях внутреннего/наружного и фиксированного/мобильного приема и может использоваться для покрытия больших территорий как в многочастотных, так и в одночастотных сетях. В системе DTMB-A применяются методы модуляции с несколькими несущими и усовершенствованная схема кодирования и модуляции с быстрой синхронизацией системы, высокой чувствительностью приема, лучшей устойчивостью к эффекту многолучевого распространения, высокой эффективностью использования спектра и гибкостью, обеспечивающей расширение в будущем.

Параметры системы DTMB-A приведены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3

Параметры усовершенствованного цифрового телевизионного наземного мультимедийного вещания

№	Параметры		Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)
1	Используемая ширина полосы		5,67 МГц с крутизной спада 0,05; 5,83 МГц с крутизной спада 0,025	6,62 МГц с крутизной спада 0,05; 6,81 МГц с крутизной спада 0,025	7,56 МГц с крутизной спада 0,05; 7,78 МГц с крутизной спада 0,025
2	Число излучаемых несущих	Режим 4k	4 096	4 096	4 096
		Режим 8k	8 192	8 192	8 192
		Режим 32k	32 768	32 768	32 768
3	Режимы модуляции		Постоянные кодирование и модуляция (CCM)/ переменные кодирование и модуляция (VCM)		
4	Метод модуляции		QPSK, 16-APSK, 64-APSK, 256-APSK, конкретный для каждого служебного канала		
5	Занятость канала		См. Рекомендацию МСЭ-R ВТ.1206		

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

№	Параметры		Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)
6	Активная длительность символа	Режим 4k	722,40 мкс с крутизной спада 0,05; 702,17 мкс с крутизной спада 0,025	619,20 мкс с крутизной спада 0,05; 601,86 мкс с крутизной спада 0,025	541,80 мкс с крутизной спада 0,05; 526,63 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 8k	1 444,80 мкс с крутизной спада 0,05; 1 404,34 мкс с крутизной спада 0,025	1 238,40 мкс с крутизной спада 0,05; 1 203,72 мкс с крутизной спада 0,025	1 083,60 мкс с крутизной спада 0,05; 1 053,26 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 32k	5 779,19 мкс с крутизной спада 0,05; 5 617,37 мкс с крутизной спада 0,025	4 953,60 мкс с крутизной спада 0,05; 4 814,89 мкс с крутизной спада 0,025	4 334,40 мкс с крутизной спада 0,05; 4 213,03 мкс с крутизной спада 0,025
7	Разнос несущих	Режим 4k	1 384 Гц с крутизной спада 0,05; 1 424 Гц с крутизной спада 0,025	1 615 Гц с крутизной спада 0,05; 1 662 Гц с крутизной спада 0,025	1 846 Гц с крутизной спада 0,05; 1 899 Гц с крутизной спада 0,025
		Режим 8k	692 Гц с крутизной спада 0,05; 712 Гц с крутизной спада 0,025	807 Гц с крутизной спада 0,05; 831 Гц с крутизной спада 0,025	923 Гц с крутизной спада 0,05; 949 Гц с крутизной спада 0,025
		Режим 32k	173 Гц с крутизной спада 0,05; 178 Гц с крутизной спада 0,025	202 Гц с крутизной спада 0,05; 208 Гц с крутизной спада 0,025	231 Гц с крутизной спада 0,05; 237 Гц с крутизной спада 0,025
8	Длительность защитного интервала	Режим 4k (1/8, 1/4, 1/2)	90,3; 181; 361 мкс с крутизной спада 0,05; 87,8; 176; 351 мкс с крутизной спада 0,025	77,4; 155; 310 мкс с крутизной спада 0,05; 75,2; 150; 301 мкс с крутизной спада 0,025	67,7; 135; 271 мкс с крутизной спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 8k (1/16, 1/8, 1/4)	90,3; 181; 361 мкс с крутизной спада 0,05; 87,8; 176; 351 мкс с крутизной спада 0,025	77,4; 155; 310 мкс с крутизной спада 0,05; 75,2; 150; 301 мкс с крутизной спада 0,025	67,7; 135; 271 мкс с крутизной спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 32k (1/64, 1/32, 1/16)	90,3; 181; 361 мкс с крутизной спада 0,05; 87,8; 176; 351 мкс с крутизной спада 0,025	77,4; 155; 310 мкс с крутизной спада 0,05; 75,2; 150; 301 мкс с крутизной спада 0,025	67,7; 135; 271 мкс с крутизной спада 0,05; 65,8; 132; 263 мкс с крутизной спада 0,025
9	Общая длительность символа	Режим 4k	813; 903; 1 084 мкс с крутизной спада 0,05; 790; 878; 1 053 мкс с крутизной спада 0,025	679; 774; 929 мкс с крутизной спада 0,05; 677; 752; 903 мкс с крутизной спада 0,025	610; 677; 813 мкс с крутизной спада 0,05; 592; 658; 790 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 8k	1 535; 1 625; 1 806 мкс с крутизной спада 0,05; 1 492; 1 580; 1 755 мкс с крутизной спада 0,025	1 316; 1 393; 1 548 мкс с крутизной спада 0,05; 1 279; 1 354; 1 505 мкс с крутизной спада 0,025	1 151; 1 219; 1 354 мкс с крутизной спада 0,05; 1 119; 1 185; 1 317 мкс с крутизной спада 0,025
		Режим 32k	5 869; 5 960; 6 140 мкс с крутизной спада 0,05; 5 705; 5 793; 5 968 мкс с крутизной спада 0,025	5 031; 5 108; 5 263 мкс с крутизной спада 0,05; 4 890; 4 965; 5 116 мкс с крутизной спада 0,025	4 402; 4 470; 4 605 мкс с крутизной спада 0,05; 4 279; 4 345; 4 467 мкс с крутизной спада 0,025
10	Длительность суперкадра		Суперкадр начинается с канала синхронизации суперкадра и канала управления, используемого для передачи сигнализации служебного канала. Каждый суперкадр имеет настраиваемое количество сигнальных кадров с максимальной длительностью 250 мкс		

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

№	Параметры	Несколько несущих на 6 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 7 МГц (OFDM)	Несколько несущих на 8 МГц (OFDM)
11	Формат входного потока	Транспортные потоки (TS)		
12	Канальное кодирование	Код LDPC/VCH с размером блока 61 440 или 15 360 битов и скоростями кода 1/2, 2/3, 5/6		
13	Перемежение	Перемежение битов, перестановка битов и временное перемежение отдельно для каждого служебного канала		
14	Служебный канал	Поддержка нескольких служебных каналов. Глубина модуляции, кодирования и временного перемежения, выбираемая отдельно для каждого служебного канала		
15	Перемешивание данных/рассредоточение энергии			
	Первоначальное сканирование	Процесс быстрого сканирования с использованием специального канала синхронизации суперкадра		
16	Временная/частотная синхронизация	Канал синхронизации суперкадра и двойные символы PN-MC каждого сигнального кадра		
17	Несколько входных сигналов и один выходной (MISO)	Факультативная конфигурация MISO 2 × 1 с кодированием Аламути в пространственно-временной области		
18	Снижение потребления мощности приемника	Служебные каналы организуются как во временной, так и в частотной областях. При приеме одного служебного канала принимаются и обрабатываются только сигнализация этого служебного канала и соответствующие фрагменты		
19	Сигнализация служебного канала	Сигнализация служебного канала передается по каналу управления в суперкадре. Размер сигнального кадра для канала управления составляет 4096, а длина символа PM-MC – 1024; данные модулируются методом QPSK и кодируются с использованием выколотого LDPC-кода со скоростью 2/3 и размером блока 15 360 битов для OFDM		
20	Отношение пиковой мощности к средней (PAPR)	Специальное расширение активного созвездия (ACE) для созвездия APSK в качестве возможных вариантов		
21	Кадр расширения	Суперкадр может включать кадр расширения, который может использоваться в качестве нулевых сигналов или для услуг в восходящем направлении		
22	Полезная нагрузка	3,75–37 Мбит/с с крутизной спада 0,05; 3,86–38 Мбит/с с крутизной спада 0,025, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала	4,38–43,1 Мбит/с с крутизной спада 0,05; 4,5–44,4 Мбит/с с крутизной спада 0,025, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала	5,0–49,31 Мбит/с с крутизной спада 0,05; 5,14–50,73 Мбит/с с крутизной спада 0,025, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала
23	Отношение несущая/шум в канале с AWGN	Зависит от модуляции и канального кода. 0,62–21,08 дБ при BER = 10 ⁻⁵ , для системы с шириной полосы 7,56 МГц		

APSK – амплитудно-фазовая манипуляция.

VCH – двоичный блочный код Боуза-Чоудхури-Хоквингема для исправления групповых ошибок.

LDPC – проверка четности с низкой плотностью.

OFDM – ортогональное частотное разделение каналов.

PN-MC – PN-последовательность с несколькими несущими.

PRBS – псевдослучайная последовательность символов.

QPSK – четырехпозиционная фазовая манипуляция.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 3

Стандарт системы

DTMB-A Chinese Standard GD/J 068-2015. Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A).

Приложение 4

Руководящие указания по выбору системы

Для выбора системы необходимо определить требования и рабочие параметры, соответствующие условиям администрации или радиовещательной организации, желающей выбрать систему ЦНТВ, и оценить, какая система с наибольшей вероятностью будет удовлетворять основным требованиям радиовещательной организации с учетом преобладающей технической/регламентарной среды. При выборе конкретной системы для оценки соответствующих характеристик систем могут использоваться таблицы 4, 5 и 6.

Таблице 4 содержит перечень требований к радиовещанию и информацию об их соответствии параметрам и техническим характеристикам системы.

В таблице 5 приведен перечень параметров систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения, описываемых в Приложениях 1, 2 и 3.

В таблице 6 приведен перечень технических характеристик, относящихся к ряду аспектов внедрения и развертывания, для систем, описываемых в Приложениях 1, 2 и 3.

Может быть также проведена оценка коммерческих и эксплуатационных аспектов для установления того, какая из систем действительно является наилучшим решением. При проведении такой оценки будет учитываться время, необходимое для внедрения услуги, затраты и наличие оборудования, взаимодействие в пределах развивающейся среды радиовещания и т. д.

ТАБЛИЦА 4

Требования и их соответствие параметрам и техническим характеристикам системы

	Требования	Соответствующие параметры системы (таблица 5)	Соответствующие технические характеристики системы (таблица 6)
1	Совместимость по ширине полосы канала	1	–
2	Минимальная задержка при переключении каналов	5, 6, 9	–
3	Максимальная скорость передачи данных в гауссовском канале для данного порога C/N	3, 4, 7, 8, 10, 12, 13	5
4	Максимальная устойчивость против многолучевых помех ⁽¹⁾	3, 4, 7, 8, 9, 10, 11	1
5	Одночастотные сети (ОЧС)	3, 4	1, 3
6	Прием на мобильные устройства ⁽¹⁾	2	2, 6
7	Одновременная передача различных уровней качества (иерархическая передача)	14	4
8	Независимое декодирование субблоков данных (например, для облегчения звукового радиовещания)	14	4
9	Максимальное покрытие центральным передатчиком на данной мощности в гауссовской среде ⁽²⁾	7, 8, 10, 13	–
10	Максимальная устойчивость против импульсных помех	7, 8, 9, 10, 11	–

⁽¹⁾ В обмен на эффективность использования полосы пропускания и других параметров системы.

⁽²⁾ Для всех систем при наличии мертвых зон в покрытии потребуются передатчики для перекрытия мертвых зон.

ТАБЛИЦА 5

Параметры, поддерживаемые системами

	Параметры	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
1	Используемая ширина полосы/ ширина полосы канала	a) 1,54 МГц/1,7 МГц b) 4,76–4,86 МГц/5 МГц c) 5,71–5,83 МГц/6 МГц d) 6,66–6,80 МГц/7 МГц e) 7,61–7,77 МГц/8 МГц f) 9,51–9,71 МГц/10 МГц	a) 5,508–5,832 МГц/6 МГц b) 6,426–6,804 МГц/7 МГц c) 7,345–7,777 МГц/8 МГц	a) 5,67; 5,83 МГц/6 МГц b) 6,62; 6,81 МГц/7 МГц c) 7,56; 7,78 МГц/8 МГц
2	Разнос поднесущих	a) 1 801,91 Гц (режим 1к) 900,86 Гц (режим 2к) 450,43 Гц (режим 4к) 225,21 Гц (режим 8к) b) 5 580,63 Гц (режим 1к) 2 790 Гц (режим 2к) 1 395 Гц (режим 4к) 697,50 Гц (режим 8к) 348,75 Гц (режим 16к) 174,38 Гц (режим 32к) c) 6 696,75 Гц (режим 1к) 3 348 Гц (режим 2к) 1 674 Гц (режим 4к) 837 Гц (режим 8к) 418,5 Гц (режим 16к) 209,25 Гц (режим 32к) d) 7 812,88 Гц (режим 1к) 3 906 Гц (режим 2к) 1 953 Гц (режим 4к) 976 Гц (режим 8к) 488,25 Гц (режим 16к) 244,125 Гц (режим 32к) e) 8 929 Гц (режим 1к) 4 464 Гц (режим 2к) 2 232 Гц (режим 4к) 1 116 Гц (режим 8к) 558 Гц (режим 16к) 279 Гц (режим 32к) f) 11 161,25 Гц (режим 1к) 5 580 Гц (режим 2к) 2 790 Гц (режим 4к) 1 395 Гц (режим 8к) 697,50 Гц (режим 16к) 348,75 Гц (режим 32к)	a) 843,75 Гц (режим 8к) 421,875 Гц (режим 16к) 210,9375 Гц (режим 32к) b) 984,375 Гц (режим 8к) 492,1875 Гц (режим 16к) 246,09375 Гц (режим 32к) c) 1 125 Гц (режим 8к) 562,5 Гц (режим 16к) 281,25 Гц (режим 32к)	a) 1 384; 1 424 Гц (режим 4к) 692; 712 Гц (режим 8к) 173; 178 Гц (режим 32к) b) 1 615; 1 662 Гц (режим 4к) 807; 831 Гц (режим 8к) 202; 208 Гц (режим 32к) c) 1 846; 1 899 Гц (режим 4к) 923; 949 Гц (режим 8к) 231; 237 Гц (режим 32к)

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

	Параметры	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
3	Активная длительность символа	a) 554,99 мкс (режим 1к) 1 109,98 мкс (режим 2к) 2 219,97 мкс (режим 4к) 4 439,94 мкс (8к)		
		b) 179,2 мкс (режим 1к) 358,4 мкс (режим 2к) 716,8 мкс (режим 4к) 1 433,6 мкс (режим 8к) 2 867,2 мкс (режим 16к) 5 734,4 мкс (режим 32к)		
		c) 149,33 мкс (режим 1к) 298,67 мкс (режим 2к) 597,33 мкс (режим 4к) 1 194,67 мкс (режим 8к) 2 389,33 мкс (режим 16к) 4 778,67 мкс (режим 32к)	a) 1 185,185 мкс (режим 8к) 2 370,370 мкс (режим 16к) 4 740,740 мкс (режим 32к)	a) 722,4; 702,17 мкс (режим 4к) 1 444,8; 1 404,34 мкс (режим 8к) 5 779,19; 5 617,37 мкс (режим 32к)
		d) 128 мкс (режим 1к) 256 мкс (режим 2к) 512 мкс (режим 4к) 1 024 мкс (режим 8к) 2 048 мкс (режим 16к) 4 096 мкс (режим 32к)	b) 1 015,873 мкс (режим 8к) 2 031,746 мкс (режим 16к) 4 063,492 мкс (режим 32к)	b) 619,2; 601,86 мкс (режим 4к) 1 238,4; 1 203,72 мкс (режим 8к) 4 953,6; 4 814,89 мкс (режим 32к)
		e) 112 мкс (режим 1к) 224 мкс (режим 2к) 448 мкс (режим 4к) 896 мкс (режим 8к) 1 792 мкс (режим 16к) 3 584 мкс (режим 32к)	c) 888,889 мкс (режим 8к) 1 777,778 мкс (режим 16к) 3 555,556 мкс (режим 32к)	c) 541,8; 526,63 мкс (режим 4к) 1 083,6; 1 053,26 мкс (режим 8к) 4 334,4; 4 213,03 мкс (режим 32к)
		f) 89,60 мкс (режим 1к) 179,20 мкс (режим 2к) 358,40 мкс (режим 4к) 716,8 мкс (режим 8к) 1 433,6 мкс (режим 16к) 2 867,2 мкс (режим 32к)		

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

	Параметры	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
4	Длительность защитного интервала или относительная величина защитного интервала	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа	Длительность выборки, умноженная на 192, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048, 2432, 3072, 3648, 4096, 4864 интервала выборки	Длительность выборки, умноженная на 512, 1024, 2048 интервалов выборки
		a) 34,69–138,75 мкс (режим 1к) 34,69–277,50 мкс (режим 2к) 69,37–554,99 мкс (режим 4к) 34,69–554,99 мкс (режим 8к)		
		b) 11,2–44,8 мкс (режим 1к) 11,2–89,6 мкс (режим 2к) 22,4–179,2 мкс (режим 4к) 11,2–358,4 мкс (режим 8к) 22,4–716,8 мкс (режим 16к) 44,8–851,2 мкс (режим 32к)		
		c) 9,3–37,3 мкс (режим 1к) 9,3–74,6 мкс (режим 2к) 18,6–149,3 мкс (режим 4к) 9,3–298,6 мкс (режим 8к) 18,6–597,3 мкс (режим 16к) 37,33–709,33 мкс (режим 32к)	a) 27,778–296,296 мкс (режим 8к) 27,778–592,593 мкс (режим 16к) 27,778–703,704 мкс (режим 32к)	a) 87,771–361,2 мкс (режим 4к) 87,771–361,2 мкс (режим 8к) 87,771–361,2 мкс (режим 32к)
		d) 8–32 мкс (режим 1к) 8–64 мкс (режим 2к) 16–128 мкс (режим 4к) 8–256 мкс (режим 8к) 16–512 мкс (режим 16к) 32–608 мкс (режим 32к)	b) 23,810–253,968 мкс (режим 8к) 23,810–507,937 мкс (режим 16к) 23,810–603,175 мкс (режим 32к)	b) 75,233–309,6 мкс (режим 4к) 75,233–309,6 мкс (режим 8к) 75,233–309,6 мкс (режим 32к)
e) 7–28 мкс (режим 1к) 7–56 мкс (режим 2к) 14–112 мкс (режим 4к) 7–224 мкс (режим 8к) 14–448 мкс (режим 16к) 28–532 мкс (режим 32к)	c) 20,833–222,222 мкс (режим 8к) 20,833–444,444 мкс (режим 16к) 20,833–527,778 мкс (режим 32к)	c) 65,829–270,9 мкс (режим 4к) 65,829–270,9 мкс (режим 8к) 65,829–270,9 мкс (режим 32к)		

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

	Параметры	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
		f) 5,6–22,4 мкс (режим 1к) 5,6–44,8 мкс (режим 2к) 11,2–89,6 мкс (режим 4к) 5,6–179,2 мкс (режим 8к) 11,2–358,4 мкс (режим 16к) 22,4–425,6 мкс (режим 32к)		
5	Длительность передаваемой единицы (кадра)	Кадр начинается с преамбулы и имеет настраиваемое количество символов с максимальной длительностью в 250 мс. Минимальное количество символов данных – 3 (режим 32к) или 7 (другие режимы). Длина суперкадра настраивается, максимум 256 кадров, 64 с	Кадр начинается с инициализации и содержит настраиваемое количество символов преамбулы и подкадров. Минимальная длина кадра составляет 50 мс, а максимальная – 5 с	Суперкадр начинается с канала синхронизации суперкадра и канала управления, используемого для передачи сигнализации служебного канала. Каждый суперкадр имеет настраиваемое количество сигнальных кадров с максимальной длительностью 250 мкс
6	Синхронизация по времени/частоте	Символы преамбулы P1 и P2. Рассредоточенные пилот-сигналы с восемью имеющимися схемами размещения ⁽¹³⁾ . Непрерывно повторяющиеся пилот-сигналы	Инициализация и символ преамбулы. Рассредоточенные пилот-сигналы. Непрерывно повторяющиеся пилот-сигналы. Граничные пилот-сигналы, пилот-сигналы на границе подкадра	Канал синхронизации суперкадра и двойные символы PN–MC каждого сигнального кадра
7	Методы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM – свой для каждого канала физического уровня	QPSK, 16-NUC, 64-NUC, 256-NUC, 1024-NUC, 4096-NUC – свой для каждого канала физического уровня	QPSK, 16-APSK, 64-APSK, 256-APSK
8	Внутреннее кодирование канала	Код LDPC с размером блока 64 800 битов (64 кбита) или 16 200 битов (16 кбитов) и кодовыми скоростями 1/3, 2/5, 4/9, 1/2, 3/5, 2/3, 11/15, 3/4, 4/5, 37/45, 5/6	Код LDPC с размером блока 64 800 битов (64 кбита) или 16 200 битов (16 кбитов) и кодовыми скоростями 2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15	Код LDPC с размером блока 61 440 или 15 360 битов и кодовыми скоростями 1/2, 2/3, 5/6
9	Внутреннее перемежение	Перемежение ячеек, временное и частотное перемежение	Временное и частотное перемежение	Перемежение битов, перестановка битов и временное перемежение отдельно для каждого служебного канала
10	Внешнее кодирование канала	BCH (64 800 или 16 200, x, t), где x зависит от кодовой скорости LDPC. Способность к коррекции ошибок $t = 12$ ошибок	BCH, CRC, без кодирования	BCH (30720,30512) для LDPC 1/2 BCH (40960,40752) для LDPC 2/3 BCH (51200,50992) для LDPC 5/6
11	Внешнее перемежение	Перемежение битов (контроль четности и поворот столбцов)	Перемежение битов (контроль четности, перемежение групп и блоков)	Перемежение символов – 240 строк и 4096 столбцов

ТАБЛИЦА 5 (окончание)

	Параметры	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
12	Чистая скорость передачи данных	0,4–63,23 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, FEF, PAPR, используемой ширины полосы (минимальная и максимальная чистая скорость передачи данных достигаются соответственно при значениях 1,54 и 9,71 МГц)	0,93–77,2 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, схемы размещения пилот-сигналов, MISO, PAPR, используемой ширины полосы (минимальная и максимальная чистая скорость передачи данных достигаются соответственно при значениях 5,508 и 7,777 МГц)	3,75–50,73 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, MISO, заголовка кадра, используемой ширины полосы (минимальная и максимальная чистая скорость передачи данных достигаются соответственно при значениях 5,67 и 7,78 МГц)
13	Отношение несущая/шум в канале с AWGN	Зависит от модуляции и канального кодирования. От –1 до 22 дБ	Зависит от модуляции и канального кодирования. От –6 до 33 дБ	Зависит от модуляции и канального кодирования. От 0,62 до 21,08 дБ
14	Схема мультиплексирования	PLP-мультиплексирование с TDM	PLP-мультиплексирование с TDM, FDM, LDM и их сочетаниями (например, TFDM, LTDM, LFDМ)	PLP-мультиплексирование с TDM

ТАБЛИЦА 6

Технические характеристики систем

	Характеристики	DVB-T2 (Приложение 1)	ATSC 3.0 (Приложение 2)	DTMB-A (Приложение 3)
1	Многолучевая помеха	Возможность выбора 7 защитных интервалов, 6 режимов OFDM, 8 схем размещения пилот-сигналов, наличие символов P1, режимы SISO/MISO, обеспечивающие высокую устойчивость передачи в многолучевой среде	Возможность выбора 12 защитных интервалов, 3 режимов OFDM, 16 схем размещения пилот-сигналов, режимы SISO/MISO, обеспечивающие высокую устойчивость передачи в многолучевой среде	Возможность выбора 6 защитных интервалов, 3 режимов OFDM, режимы SISO/MISO, обеспечивающие высокую устойчивость передачи в многолучевой среде
2	Условия замираний радиосигналов	Возможность выбора различных режимов OFDM, различная глубина перемежения и различные механизмы перемежения (примерно 5 этапов перемежения и некоторое виртуальное перемежение), обеспечивающие возможность устойчивой работы в условиях замираний	Возможность выбора различных режимов OFDM, различная глубина перемежения и различные механизмы перемежения (примерно 5 этапов перемежения и некоторое виртуальное перемежение), обеспечивающие возможность устойчивой работы в условиях замираний	Возможность выбора различных режимов OFDM, различная глубина перемежения и различные механизмы перемежения, обеспечивающие возможность устойчивой работы в условиях замираний
3	Одночастотные сети	Радиус соты SFN в основном зависит от режима OFDM и выбора длительности защитного интервала	Радиус соты SFN в основном зависит от режима OFDM и выбора длительности защитного интервала	Радиус соты SFN в основном зависит от режима OFDM и выбора длительности защитного интервала
4	Одновременная передача уровней с различным качеством (иерархическая передача)	В зависимости от выбранной конфигурации системы можно выбрать разные виды защиты услуги от ошибок для одного или нескольких PLP, каждый из которых имеет собственную модуляцию, кодирование и глубину временного перемежения, обеспечивая таким образом специфичную для конкретной услуги устойчивость к ошибкам	В зависимости от выбранной конфигурации системы можно выбрать разные виды защиты услуги от ошибок для одного или нескольких PLP, каждый из которых имеет собственную модуляцию, кодирование и глубину временного перемежения, обеспечивая таким образом специфичную для конкретной услуги устойчивость к ошибкам	Поддержка нескольких служебных каналов. Модуляция, кодирование и глубина временного перемежения выбираются отдельно для каждого служебного канала
5	Эффективность использования спектра (бит/с/Гц) ⁽¹⁾	От 0,25 бит/с/Гц (QPSK 1/2) до 6,51 бит/с/Гц (256-QAM 5/6)	От 0,16 бит/с/Гц (QPSK 2/15) до 9,92 бит/с/Гц (4096-QAM 13/15)	От 0,66 бит/с/Гц (QPSK 1/2) до 6,52 бит/с/Гц (256-APSK 5/6)
6	Мощность, потребляемая портативными приемниками	Квантование времени T2 с использованием концепции PLP	Служебные каналы организованы во временной, частотной области и в области мощности. При приеме одного служебного канала принимаются и обрабатываются только сигнализация этого служебного канала и соответствующие фрагменты	Служебные каналы организованы во временной и частотной областях. При приеме одного служебного канала принимаются и обрабатываются только сигнализация этого служебного канала и соответствующие фрагменты

⁽¹⁾ Указанные значения эффективности использования спектра рассчитаны по значениям минимальной/максимальной чистой скорости передачи данных и используемой ширины полосы, приведенным в таблице 5.