

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.1877
(05/2010)

**Методы исправления ошибок,
формирования кадров данных,
модуляции и передачи для систем
цифрового наземного телевизионного
вещания второго поколения**

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

Серии Рекомендаций МСЭ-R

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

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

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

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

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

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

(Вопрос МСЭ-R 31/6)

(2010)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения¹ (получивших за пределами МСЭ-R название систем DVB-T2 и разработанных 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.

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;
- c) что в пределах одного канала, возможно, желательно поддерживать одновременную передачу иерархии встроенных уровней качества (включая телевидение высокой четкости (ТВЧ), телевидение повышенной четкости (ТПЧ) и телевидение стандартной четкости (ТСЧ));
- 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;
- f) что желательно, чтобы структура кадров была приспособлена к каналам с различной скоростью передачи данных;

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.

- 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;
- j) что рекомендуемая система использует такие методы и поэтому предоставляет возможность широкого выбора между операциями при минимальных уровнях C/N или максимальной пропускной способности;
- к) что рекомендуемая система будет способна обрабатывать самые разные современные аудиовизуальные форматы, которые в настоящее время имеются в наличии и уточняются;
- l) 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,

рекомендует,

1 чтобы администрации, желающие внедрить системы НЦТР второго поколения, использовали систему, представленную в Приложении 1.

Приложение 1

В таблице 1 приводятся данные о системе с несколькими несущими второго поколения со многими каналами физического уровня (PLP). Технические характеристики и руководящие указания по реализации этих систем (получивших за пределами МСЭ-R название систем DVB-T2) описаны в Дополнении 1.

ТАБЛИЦА 1

Параметры систем передачи ЦНТВ второго поколения

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 8k) 4,86 МГц в расширенном режиме (режим 16k и 32k)	5,71 МГц в обычном режиме 5,79 МГц в расширенном режиме (режим 8k) 5,83 МГц в расширенном режиме (режим 16k и 32k)	6,66 МГц в обычном режиме 6,75 МГц в расширенном режиме (режим 8k) 6,80 МГц в расширенном режиме (режим 16k и 32k)	7,61 МГц в обычном режиме 7,72 МГц в расширенном режиме (режим 8k) 7,77 МГц в расширенном режиме (режим 16k и 32k)	9,51 МГц в обычном режиме 9,65 МГц в расширенном режиме (режим 8k) 9,71 МГц в расширенном режиме (режим 16k и 32k)
2	Используемая ширина полосы						
	режим 1k	853	853	853	853	853	853
	режим 2k	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705
	режим 4k	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409	3 409
	режим 8k	6 817 (режим 8k)	6 817 (режим 8k) 6 913 (расширенный режим 8k)	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 8k) 6 913 (расширенный режим 8k)
	режим 16k		13 633 (режим 16k) 13 921 (расширенный режим 16k)	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 16k) 13 921 (расширенный режим 16k)
	режим 32k		27 265 (режим 32k) 27 841 (расширенный режим 32k)	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 32k) 27 841 (расширенный режим 32k)
3	Режимы модуляции	Постоянное кодирование и модуляция (ПКМ)/неравномерное кодирование и модуляция (НКМ)					

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 1k	554,99 мкс	179,2 мкс	149,33 мкс	128 мкс	112 мкс	89,60 мкс
	режим 2k	1 109,98 мкс	358,4 мкс	298,67 мкс	256 мкс	224 мкс	179,20 мкс
	режим 4k	2 219,97 мкс	716,8 мкс	597,33 мкс	512 мкс	448 мкс	358,40 мкс
	режим 8k	4 439,94 мкс	1 433,6 мкс	1 194,67 мкс	1 024 мкс	896 мкс	716,8 мкс
	режим 16k		2 867,2 мкс	2 389,33 мкс	2 048 мкс	1 792 мкс	1 433,6 мкс
	режим 32k		5 734,40 мкс	4 778,67 мкс	4 096 мкс	3 584 мкс	2 867,2 мкс
7	Разнос несущих						
	режим 1k	1 801,91 Гц	5 580,63 Гц	6 696,75 Гц	7 812,88 Гц	8 929 Гц	11 161,25 Гц
	режим 2k	900,86 Гц	2 790 Гц	3 348 Гц	3 906 Гц	4 464 Гц	5 580,00 Гц
	режим 4k	450,43 Гц	1 395 Гц	1 674 Гц	1 953 Гц	2 232 Гц	2 790,00 Гц
	режим 8k	225,21 Гц	697,50 Гц	837 Гц	976 Гц	1 116 Гц	1 395,00 Гц
	режим 16k		348,75 Гц	418,5 Гц	488,25 Гц	558 Гц	697,50 Гц
	режим 32k		174,38 Гц	209,25 Гц	244,125 Гц	279 Гц	348,75 Гц

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⁾
8	Длительность защитного интервала ⁽³⁾ режим 1к режим 2к режим 4к режим 8к режим 16к режим 32к	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 34,69; 69,37; 138,75 мкс 34,69; 69,37; 138,75; 277,50 мкс 69,37; 138,75; 277,50; 554,99 мкс 34,69; 138,75; 277,50; 329,53; 554,99; 659,05; 1 109,98 мкс	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 11,2; 22,4; 44,8 мкс 11,2; 22,4; 44,8; 89,6 мкс 22,4; 44,8; 89,6; 179,2 мкс 11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 мкс 22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6; 716,8 мкс 44,8; 179,2; 358,4; 425,6; 716,8; 851,2 мкс	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 9,3; 18,6; 37,3 мкс 9,3; 18,6; 37,3; 74,6 мкс 18,6; 37,3; 74,6; 149,3 мкс 9,3; 37,3; 74,6; 88,6; 149,3; 177,3; 298,6 мкс 18,6; 74,6; 149,3; 177,3; 298,6; 354,6; 597,3 мкс 37,33; 149,33; 298,67; 354,67; 597,33; 709,33 мкс	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 8; 16; 32 мкс 8; 16; 32; 64 мкс 16; 32; 64; 128 мкс 8; 32; 64; 75,9; 128; 152; 256 мкс 16; 64; 128; 152; 256; 304; 512 мкс 32; 128; 256; 304; 512; 608 мкс	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 7; 14; 28 мкс 7; 14; 28; 56 мкс 14; 28; 56; 112 мкс 7; 28; 56; 66,5; 112; 133; 224 мкс 14; 56; 112; 133; 224; 266; 448 мкс 28; 112; 224; 266; 448; 532 мкс	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 активной длительности символа 5,6; 11,2; 22,4 мкс 5,6; 11,2; 22,4; 44,8 мкс 11,2; 22,4; 44,8; 89,6 мкс 5,6; 22,4; 44,8; 53,2; 89,6; 106,4; 179,2 мкс 11,2; 44,8; 89,6; 106,4; 179,2; 212,8; 358,4 мкс 22,4; 89,6; 179,2; 212,8; 358,4; 425,6 мкс
9	Общая длительность символа режим 1к режим 2к режим 4к режим 8к режим 16к режим 32к	589,68–4 578,69 мкс 1 144,67–1 387,48 мкс 2 289,34–2 774,96 мкс 4 474,63–5 549,92 мкс	190,4; 201,6; 224 мкс 369,6; 381; 403; 448 мкс 739; 762; 806; 896 мкс 1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 мкс 2 889; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8; 3 584 мкс 5 779,20–6 585,60 мкс	158,6; 168; 186,6 мкс 308; 317; 336; 373,3 мкс 616; 635; 672; 746,6 мкс 1 204; 1 232; 1 269,3; 1 283,3; 1 344; 1 372; 1 493,3 мкс 2 408; 2 464; 2 538,6; 2 566,6; 2 686; 2 744; 2 986,6 мкс 4 816–5 488 мкс	136; 144; 160 мкс 264; 272; 288; 320 мкс 527,9; 544; 576; 640 мкс 1 032; 1 056; 1 088; 1 100; 1 152; 1 176; 1 280 мкс 2 064; 2 112; 2 176; 2 200; 2 304; 2 352; 2 560 мкс 4 128–4 704 мкс	119; 126; 140 мкс 231; 238; 252; 280 мкс 462; 476; 504; 560 мкс 903; 924; 952; 962,5; 1 008; 1 29; 1 120 мкс 1 806; 1 848; 1 904; 1 925; 2 016; 2 058; 2 240 мкс 3 612; 3 696; 3 808; 3 850; 4 032; 4 116 мкс	95,20–112,00 мкс 184,80–224,00 мкс 369,60–448,00 мкс 722,4; 739,2; 761,6; 770; 806,4; 823; 896 мкс 1 444,8; 1 478,4; 1 523,2; 1 540; 1 612,8; 1 646,4; 1 792 мкс 2 889,6; 2 956,8; 3 046,4; 3 080; 3 225,6; 3 292,8 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⁾
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 32k) 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					
14	Кодирование канала	Код LDPC/VCH с размером блока в 64 800 или 16 200 бит и кодовыми скоростями 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 ⁽¹⁾					
15	Перемежевание	Перемежевание бит, ячеек и времени происходит отдельно для каждого канала физического уровня. Общее перемежевание частот ⁽¹⁾					
16	Вращение созвездия	Факультативно, 29 (QPSK); 16,8 (16-QAM); 8,6 (64-QAM) градусов или автоматический поиск (1/16) (256-QAM)					
17	Каналы физического уровня (PLP)	Режим А с одним PLP и режим В с несколькими PLP. Модуляция, кодирование и глубина временного перемежевания выбираются отдельно для каждого PLP ⁽¹⁾⁽⁷⁾					
18	Перемешивание данных/рассредоточение энергии Первоначальное сканирование	PRBS Процесс быстрого сканирования со специальным символом преамбулы P1					
19	Временная/частотная синхронизация	Символы преамбулы P1 и P2. Распределенные контрольные несущие с 8 имеющимися способами размещения. Непрерывные контрольные несущие					
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					

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⁾
24	PAPR (отношение пиковой/средней мощности)	Расширение активного созвездия (ACE) и сохранение тона (TR), в качестве возможных вариантов					
25	Кадры перспективного расширения (FEF)	Суперкадр может включать одну или несколько частей FEF. Они могут использоваться для перспективных расширений системы					
26	Скорость передачи данных по сети			4,01–37,8 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, способа размещения, MISO, FEF, PAPR	4,68–44,1 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, способа размещения, MISO, FEF, PAPR	5,35–50,4 Мбит/с, зависит от размера FFT, модуляции, скорости кода, защитного интервала, способа размещения, MISO, FEF, PAPR	
27	Отношение несущая/шум в канале с АБГШ			Зависит от модуляции и канального кодирования. 0,8–21,8 дБ ⁽⁸⁾			

BCH: Bose – Chandhuri – Hocquenghem двоичный блочный код исправления несколькократных ошибок.

LDPC: Проверка четности с низкой плотностью.

OFDM: Ортогональное частотное разделение.

PRBS: Псевдослучайная последовательность символов.

QAM: Квадратурная амплитудная модуляция.

QSPK: Четырехпозиционная фазовая манипуляция.

Примечания к таблице 1

- (1) Возможность для одного или нескольких каналов физического уровня (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-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. К этим цифрам следует 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.

Дополнение 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).
