ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57869— 2017

ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВЕЩАТЕЛЬНОЕ ЦИФРОВОЕ

Интерфейс модулятора (C2-MI) для цифровых кабельных телевизионных систем передачи второго поколения (DVB-C2)

Технические требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр информатики» (АНО «НТЦИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 480 «Связь»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2017 г. № 1580-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) ЕТСИ ТС 103 287 V1.1.1 (2014-09) «Телевидение вещательное цифровое. Интерфейс модулятора (C2-MI) для цифровых кабельных телевизионных систем передачи второго поколения (DVB-C2)» [ETSI TS 103 287 V1.1.1 (2014-09) «Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (C2-MI) for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)», NEQ].

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июнь 2020 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2017, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения 2
4 Общие положения 3
4.1 Концепция интерфейса модулятора DVB-C2 3
4.2 Стек протоколов DVB-C2 для магистральных систем передачи 3
5 Кадровая структура 4
5.1 Структура TDM символа 4
5.2 Структура TDM кадра 8
6 Сигнализация в заголовке символа 9
7 DVB-C2 MI передача, полезная нагрузка и величина избыточности для канала шириной 8 МГц . . . 12
8 Транспорт пакетов C2-MI 13
8.1 Инкапсуляция пакетов C2-MI в транспортный поток MPEG-2 13
8.2 Инкапсуляция транспортного потока MPEG-2 в IP-пакеты 13
Приложение А (обязательное) Расчет слова CRC 15

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВЕЩАТЕЛЬНОЕ ЦИФРОВОЕ

Интерфейс модулятора (C2-MI) для цифровых кабельных телевизионных систем передачи второго поколения (DVB-C2)

Технические требования

Digital video broadcasting (DVB). Modulator interface (C2-MI) for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2). Technical requirements

Дата введения — 2018—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на интерфейс модулятора (C2-MI) для цифровых кабельных телевизионных систем передачи второго поколения (DVB-C2).

Настоящий стандарт определяет механизм передачи модулированного сигнала DVB-C2 в магистральном сегменте кабельной сети и устанавливает основные параметры интерфейса передачи данных от конструктора блоков данных и кадров к структуре временного мультиплексирования в модуляторе DVB-C2.

Требования настоящего стандарта следует учитывать при разработке, изготовлении и эксплуатации оборудования DVB-C2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52210 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

ГОСТ Р 52591 Система передачи данных пользователя в цифровом телевизионном формате. Основные параметры

ГОСТ Р 54994—2012 Телевидение вещательное цифровое. Передача служб DVB по сетям с IP протоколами. Общие технические требования

ГОСТ Р 55697 Телевидение вещательное цифровое. Сервисная информация. Общие технические требования

ГОСТ Р 55713—2013 Телевидение вещательное цифровое. Кодирование для защиты от ошибок при передаче служб DVB по сетям с IP протоколами. Основные параметры

ГОСТ Р 55938 Телевидение вещательное цифровое. Методы канального кодирования и модуляции для второго поколения систем кабельного телевидения (DVB-C2). Основные параметры

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 52210, ГОСТ Р 52591, ГОСТ Р 54994, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **С2 кадр:** Фиксированный кадр физического уровня с временным мультиплексированием, разделяемый в дальнейшем на блоки данных переменного размера.

3.1.2 **блок данных:** Группа ячеек OFDM, несущих один или несколько PLP в определенном частотном субканале.

3.1.3 **канал физического уровня (PLP):** Логический канал, передаваемый в одном или нескольких блоках данных.

3.1.4 **широкополосный пропуск:** Набор расположенных рядом ячеек OFDM внутри каждого символа OFDM, на которых не происходит передача энергии.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

КАМ — квадратурная амплитудная модуляция;

AL-FEC — прямая коррекция ошибок на уровне приложения;

ASI — асинхронный последовательный интерфейс;

BPSK — двоичная фазовая манипуляция;

C2-MI — интерфейс модулятора DVB-C2;

CRC — контроль циклическим избыточным кодом;

CRC-8 — контроль циклическим избыточным 8-битовым кодом;

CRC-код — циклический избыточный код;

DVB — телевидение вещательное цифровое;

DVB-C2 — телевидение вещательное цифровое второго поколения;

Ethernet — сеть передачи данных с использованием контроля несущей и обнаружением коллизий;

ETSI — Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций;

FEC — прямая коррекция ошибок;

ID — идентификатор;

IP — межсетевой протокол;

IPTV — телевещание по протоколу Интернет;

GSE — инкапсуляция общего потока;

MPEG — экспертная группа по движущемуся изображению; стандарт сжатия видео- и аудиоданных;

MPEG-2 — стандарт цифрового сжатия аудио- и видеоинформации;

MSB — старший значащий бит;

OFDM — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов;

PAPR — соотношение пиковой мощности к средней;

PAT — таблица ассоциации программы;

PID — идентификатор пакета;

PLP — канал физического уровня;

PMT — таблица структуры программы;

QoS — качество услуги;

RTP — протокол реального времени;

SMPTE — сообщество инженеров в области движущихся изображений и телевидения;

SMPTE 2022 — группа стандартов передачи цифровых видеоданных по сетям IP;

SMPTE 2022-1 — стандарт прямой коррекции ошибок для передачи в реальном времени аудио- и видеоданных по сетям IP;

TDM — временное мультиплексирование;

TS — транспортный поток;

UDP — протокол пользовательских датаграмм;

UltraHD — стандарт телевидения сверхвысокой четкости;

uimsbf — целое без знака, старший значащий бит первый;

XOR — операция «Исключающее ИЛИ».

4 Общие положения

4.1 Концепция интерфейса модулятора DVB-C2

Концепция интерфейса модулятора DVB-C2 определяет интерфейс на выходе разделителя данных и конструктора кадра модулятора DVB-C2 и отображает эту структуру данных на структуру временного мультиплексирования (TDM). Положение интерфейса C2-MI внутри структурной схемы модулятора DVB-C2 показано на рисунке 1.

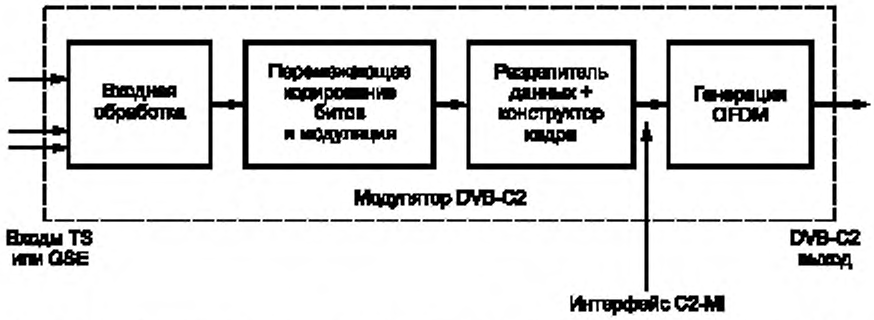


Рисунок 1 — Положение интерфейса C2-MI внутри структурной схемы модулятора DVB-C2

Дополнительно концепция C2-MI описывает интерфейс между наиболее сложной (централизованной) серверной частью и произвольным набором менее сложных клиентов.

Серверная часть модулятора C2-MI включает в себя:

- входную обработку;
- обработку канала физического уровня (PLP);
- разделение данных;
- обработку L1-сигнализации;
- обработку кадров;

и описывает интерфейс взаимодействия со структурой TDM.

Клиентская часть модулятора C2-MI необходима только для декодирования структуры TDM и обеспечения генерации OFDM, поэтому реализуется на более дешевых оконечных модуляторах.

Структура TDM должна обладать достаточной гибкостью, чтобы обеспечить реализацию всех сценариев, заложенных в спецификации DVB-C2. Она должна поддерживать возможность гибкого изменения параметров с учетом следующих положений:

- схемы модуляции ячеек данных могут меняться от 16-КАМ до 4096-КАМ;
- схема модуляции PLP может меняться на кадровой основе (в приложениях с адаптивными кодированием и модуляцией) и может быть различной для каждого передаваемого PLP в зависимости от назначенного для определенного качества услуги (QoS);
- ширина канала системы C2 составляет не менее 8 МГц, но теоретически может быть увеличена до 450 МГц, в частности для вещания в качестве UltraHD;
- в полосе канала модулятора могут располагаться широкополосные пропуски.

Структура TDM предоставляет дополнительные элементы данных, позволяющие приемнику синхронизироваться и определять свойства параметров передачи системы C2.

4.2 Стек протоколов DVB-C2 для магистральных систем передачи

Стек протоколов C2-MI приведен на рисунке 2.

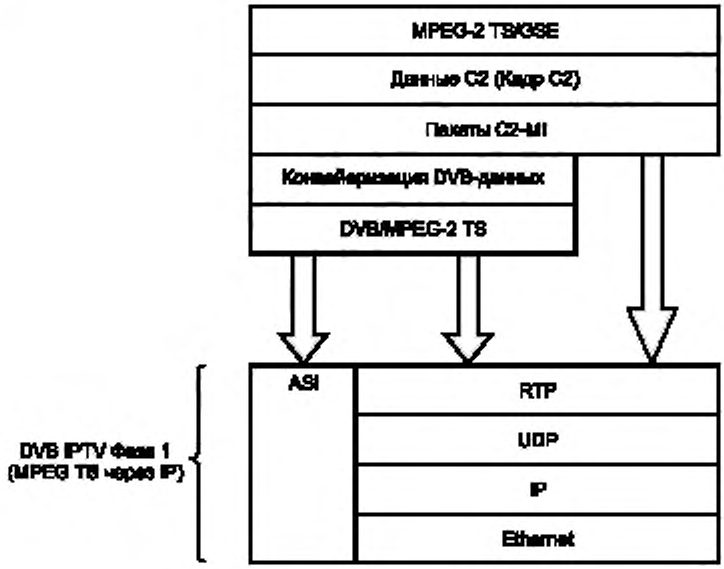


Рисунок 2 — Стек протоколов C2-MI

Интерфейс C2-MI полностью переносит полезную нагрузку кадра DVB-C2.

Данные полезной нагрузки кадра DVB-C2 должны быть пакетизированы в пакеты C2-MI и инкапсулированы в пакеты транспортного потока DVB/MPEG путем конвейеризации данных.

Стандартные пакеты транспортного потока DVB/MPEG должны быть переданы по стандартному интерфейсу DVB TS, такому как ASI, или инкапсулированы в IP-пакеты согласно ГОСТ Р 54994 для дальнейшей передачи по сетям IP.

Допускается реализация упрощенного транспортного механизма IP, в котором отсутствуют конвейеризация DVB данных и инкапсуляция в пакеты MPEG-2 TS.

5 Кадровая структура

5.1 Структура TDM символа

Структура TDM интерфейса C2-MI представляет собой структуру формирования кадра DVB-C2. Полезная нагрузка всех символов кадра передается в схему TDM.

Структура TDM, содержащая данные полезной нагрузки символа DVB-C2, приведена на рисунке 3.

Общая длина символов структуры мультиплексирования зависит от схемы модуляции, но не зависит от выбранных защитного интервала или плотности пилот-сигналов.

Пакет C2-MI								CRC
Горизонтальное поле синхронизации	Поле полезной нагрузки							CRC
Горизонтальное поле синхронизации	Первое поле полезной нагрузки			....	Последнее поле полезной нагрузки			32 бита
Горизонтальное поле синхронизации	Поле Mode	Поле I	Поле Q		Поле Mode	Поле I	Поле Q	32 бита
13 битов	1 бит	2—6 битов	2—6 битов	....	1 бит	2—6 битов	2—6 битов	32 бита

Рисунок 3 — Структура TDM для передачи данных полезной нагрузки символа DVB-C2 по интерфейсу C2-MI

Длина I- и Q-полей постоянна для модулятора интерфейса системы С2 и соответствует максимальной схеме модуляции, указанной в поле горизонтальной синхронизации.

Поле режима Mode (1 бит), как показано в таблице 1, определяет схему модуляции для отдельных поднесущих полезной нагрузки. Она указывается в поле схемы модуляции MaxMod поля синхронизации Sync-field.

Таблица 1 — Поле режима Mode (1 бит)

Значение	Величина
Схемы модуляции, указанные в поле **MaxMod**, не используются. Используется схема модуляции низшего порядка	$(0)_2$
Используются схемы модуляции, указанные в поле **MaxMod**	$(1)_2$

Если бит поля **Mode** не установлен, два старших бита (один в I-поле и один в Q-поле) не требуются для доставки соответствующего сигнального созвездия. В этом случае эти два бита используются для указания фактической схемы модуляции соответствующей поднесущей. Если эти два бита установлены в $(11)_2$, остальные биты I- и Q-полей представляют сигнальное созвездие на один уровень ниже уровня, указанного в поле **MaxMod**. Если эти биты установлены в $(00)_2$, то соответствующее сигнальное созвездие по меньшей мере на один уровень ниже уровня, указанного в поле **MaxMod**, и два последующих старших бита более не требуются для указания соответствующего сигнального созвездия. Если эти последующие старшие биты установлены в $(11)_2$, то остальные биты I- и Q-полей представляют сигнальное созвездие второго уровня, ниже уровня, указанного в поле **MaxMod**. Если эти биты и установлены в $(00)_2$, то соответствующее сигнальное созвездие по меньшей мере на один уровень ниже уровня, указанного в поле **MaxMod**.

В таблицах 2—6 показаны различные возможные конфигурации полей полезной нагрузки для различных схем модуляции, определенных полем **MaxMod**.

Таблица 2 — Кодирование различных сигнальных созвездий для случая установки значения поля **MaxMod**, соответствующего **4096-КАМ**

MaxMod 4096-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 13 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(1)_2$	Отсутствует	6 битов	Отсутствует	6 битов	4096-КАМ
$(0)_2$	$(1)_2$	5 битов	$(1)_2$	5 битов	1024-КАМ
$(0)_2$	$(01)_2$	4 бита	$(01)_2$	4 бита	256-КАМ
$(0)_2$	$(001)_2$	3 бита	$(001)_2$	3 бита	64-КАМ
$(0)_2$	$(0001)_2$	2 бита	$(0001)_2$	2 бита	16-КАМ
$(0)_2$	$(00001)_2$	1 бит	$(00001)_2$	1 бит	QPSK
$(0)_2$	$(00001)_2$	1 бит	$(000001)_2$	Отсутствует	BPSK
$(0)_2$	$(000000)_2$	Отсутствует	$(000000)_2$	Отсутствует	Пропуск

Таблица 3 — Кодирование различных сигнальных созвездий для случая установки значения поля **MaxMod**, соответствующего **1024-КАМ**

MaxMod 1024-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 11 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(1)_2$	Отсутствует	5 битов	Отсутствует	5 битов	1024-КАМ
$(0)_2$	$(1)_2$	4 бита	$(1)_2$	4 бита	256-КАМ
$(0)_2$	$(01)_2$	3 бита	$(01)_2$	3 бита	64-КАМ
$(0)_2$	$(001)_2$	2 бита	$(001)_2$	2 бита	16-КАМ
$(0)_2$	$(0001)_2$	1 бит	$(0001)_2$	1 бит	QPSK
$(0)_2$	$(0001)_2$	1 бит	$(00001)_2$	0 битов	BPSK
$(0)_2$	$(00000)_2$	Отсутствует	$(00000)_2$	Отсутствует	Пропуск

Таблица 4 — Кодирование различных сигнальных созвездий для случая установки значения поля **MaxMod**, соответствующего **256-КАМ**

MaxMod 256-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 9 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(1)_2$	Отсутствует	4 бита	Отсутствует	4 бита	256-КАМ
$(0)_2$	$(1)_2$	3 бита	$(1)_2$	3 бита	64-КАМ
$(0)_2$	$(01)_2$	2 бита	$(01)_2$	2 бита	16-КАМ
$(0)_2$	$(001)_2$	1 бит	$(001)_2$	1 бит	QPSK
$(0)_2$	$(001)_2$	1 бит	$(0001)_2$	0 битов	BPSK
$(0)_2$	$(0000)_2$	0 битов	$(0000)_2$	0 битов	Пропуск

Таблица 5 — Кодирование различных сигнальных созвездий для случая установки значения поля **MaxMod**, соответствующего **64-КАМ**

MaxMod 64-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 7 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(1)_2$	Отсутствует	3 бита	Отсутствует	3 бита	64-КАМ

Окончание таблицы 5

MaxMod 64-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 7 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(0)_2$	$(1)_2$	2 бита	$(1)_2$	2 бита	16-КАМ
$(0)_2$	$(01)_2$	1 бит	$(01)_2$	1 бит	QPSK
$(0)_2$	$(01)_2$	1 бит	$(001)_2$	0 битов	BPSK
$(0)_2$	$(000)_2$	0 битов	$(000)_2$	0 битов	Пропуск

Таблица 6 — Кодирование различных сигнальных созвездий для случая установки значения поля **MaxMod**, соответствующего **16-КАМ**

MaxMod 16-КАМ Поля **Mode**, **I** и **Q** занимают 5 битов					Модуляция
Поле **Mode**	Поле **I**		Поле **Q**		
	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	Субполе «Контроль» (величина)	Субполе «Данные» (размер)	
$(1)_2$	Отсутствует	2 бита	Отсутствует	2 бита	16-КАМ
$(0)_2$	$(1)_2$	1 бит	$(1)_2$	1 бит	QPSK
$(0)_2$	$(1)_2$	1 бит	$(01)_2$	0 битов	BPSK
$(0)_2$	$(00)_2$	0 битов	$(00)_2$	0 битов	Пропуск

I-/**Q**-поля должны иметь длину согласно таблице 7. Длина зависит от самого высокого порядка модуляции, используемого в данной системе С2 (определяется полем **MaxMod**).

Таблица 7 — Длины **I**-/**Q**-полей в зависимости от поля **MaxMod**

MaxMod	Поле **I**	Поле **Q**	Общая спектральная эффективность
16-КАМ: $(000)_2$	2 бита	2 бита	4 бита/символ
64-КАМ: $(001)_2$	3 бита	3 бита	6 битов/символ
256-КАМ: $(010)_2$	4 бита	4 бита	8 битов/символ
1024-КАМ: $(011)_2$	5 битов	5 битов	10 битов/символ
4096-КАМ: $(100)_2$	6 битов	6 битов	12 битов/символ

Поле контроля циклическим избыточным кодом (CRC) (32 бита) вычисляют из остальных битов пакета **C2-MI** (полей горизонтальной синхронизации и полей полезной нагрузки) в соответствии с приложением А.

5.2 Структура TDM кадра

DVB-C2 кадр состоит из одного или нескольких символов преамбулы и последующих 448 символов полезной нагрузки. Для кадра, как и для символа, также применимо представление в виде структуры **TDM**. Такое представление показано на рисунке 4. Так как схемы модуляции могут меняться для каждого **PLP** и с течением времени, эта конфигурация, как правило, применима для любых приложений системы **DVB-C2**.

		1-е поле полезной нагрузки			2-е поле полезной нагрузки							Последнее поле полезной нагрузки		
Преамбула	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 1	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 2	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 3	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 4	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 5	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 6	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q
			. . .							. . .				
Символ данных № 448	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....	Mode	I	Q	Mode	I	Q

Рисунок 4 — Структура **TDM** кадра для конфигурации с различными схемами модуляции для поднесущих полезной нагрузки

Для одиночного блока данных (блок данных типа 1) и одной операции **PLP** (когда одинаковая модуляция используется для всей полезной нагрузки системы С2) может быть использована упрощенная структура **TDM**, приведенная на рисунке 5.

		1-е поле полезной нагрузки			2-е поле полезной нагрузки									Последнее поле полезной нагрузки		
Преамбула	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....			Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 1	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....			Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 2	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....			Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 3	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....			Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 4	Sync-field	Mode	I	Q	Mode	I	Q	.....			Mode	I	Q	Mode	I	Q
Символ данных № 5	Sync-field	I	Q	I	Q	I	Q	...	I	Q						
Символ данных № 6	Sync-field	I	Q	I	Q	I	Q	...	I	Q						
		. . .							. . .							
Символ данных № 448	Sync-field	I	Q	I	Q	I	Q	...	I	Q						
		1-е поле полезной нагрузки		1-е поле полезной нагрузки					Последнее поле полезной нагрузки							

Рисунок 5 — Структура **TDM** кадра для конфигурации с постоянной схемой модуляции для поднесущих полезной нагрузки

TDM кадр создается путем конкатенации строк символов построчно. Для символа(ов) преамбулы и первых четырех символов данных в пределах кадра требуется сигнализация о модуляции для разграничения между полезной нагрузкой, пилот-сигналами и пропусками. Сигнализация о порядке модуляции впоследствии может быть опущена благодаря повторению после четырех символов данных рассеянного шаблона пилот-сигналов, а также благодаря постоянному положению пропуска в течение кадра.

6 Сигнализация в заголовке символа

Каждый горизонтальный элемент кадра должен начинаться с одинакового поля синхронизации, как показано на рисунке 6.

<table>
<tr><td colspan="13">Горизонтальное поле синхронизации</td><td>CRC</td></tr>
<tr><td colspan="2">Syncword</td><td>Frame-counter</td><td colspan="2">Symbol-Counter</td><td colspan="2">Num Subcarrier</td><td>System-Config</td><td>Symbol-Para</td><td colspan="2">C2_system_ID</td><td>MI-Version Number</td><td>CRC</td></tr>
<tr><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td><td>1 байт</td></tr>
<tr><td colspan="12">12 байтов</td><td>1 байт</td></tr>
</table>

Рисунок 6 — Горизонтальное поле синхронизации

Горизонтальное поле синхронизации должно содержать следующие поля:

Syncword (2 байта) — слово синхронизации, равное $(1110101110000000)_2$ (0×EB90), обеспечивает синхронизацию приемника.

Frame-Counter (1 байт) — счетчик кадров, увеличивается на 1 с каждым кадром.

Symbol-Counter (2 байта) — счетчик символов, начинается с 0×01 на первом символе преамбулы кадра, увеличивается на 1 с каждым символом.

Num_Subcarriers (2 байта) — число поднесущих. Умноженное на 12 (значение поля), дает число поднесущих в текущей фракции системы С2. Значение поля должно быть равно 284, что эквивалентно (284 · 12) + 1 = 3409 поднесущих в полосе 8 МГц.

System_Config (4 байта передаются в виде последовательности 1 байт на символ структуры **TDM**). Байты поля **System_Config** предоставляют соответствующую информацию о различных фракциях, из которых состоит текущая система С2 в случае, если ширина канала системы С2 превышает 8 МГц.

Первый байт (**Num_Fractions**) дает число фракций в текущей системе С2. В случае ширины канала 8 МГц должен быть передан байт 0×01.

Первый символ кадра С2 должен нести в поле горизонтальной синхронизации первый байт **Num_Fractions** поля **System_Config**.

Второй, третий и четвертый байты (**Start_Frequency**) представляют собой поле, которое дает частоту первой поднесущей текущей фракции. Это поле совпадает с полем **Start_Frequency** в спецификации **DVB-C2** согласно ГОСТ Р 55938.

Примечания

1 Байты **System_Config** передаются последовательно по 1 байту на символ структуры **TDM**. Первый символ кадра содержит байт **Num_Fraction** в соответствующем поле данных.

2 Байты **System_Config** передаются последовательно по 1 байту на символ структуры **TDM**, потому что эта информация является статичной и не имеет смысла передавать эти данные в каждом символе структуры **TDM**.

3 Поле **Start_Frequency** позволяет приемнику интерфейса **C2-MI** вычислять положения определенной фракции системы С2. Он может также использоваться для сигнализации о частоте несущей другой системы С2.

Значение поля **Symbol-Para** (1 байт) приведено в таблице 8.

Таблица 8 — Значение поля **Symbol-Para**

MaxMod	Symbol Type	Guard Interval	PAPR Mode	Single modulation scheme	Min bandwidth
3 бита	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит

Поле **Symbol-Para** (1 байт) должно содержать следующие поля:

MaxMod (3 бита) — указывает максимальную схему модуляции поднесущих полезной нагрузки согласно таблице 9.

Таблица 9 — Значение поля **MaxMod**

Модуляция 16-КАМ	$(000)_2$
Модуляция 64-КАМ	$(001)_2$
Модуляция 256-КАМ	$(010)_2$

Окончание таблицы 9

Модуляция 1024-КАМ	$(011)_2$
Модуляция 4096-КАМ	$(100)_2$
Зарезервировано на будущее	$(101)_2$
Зарезервировано на будущее	$(110)_2$
Зарезервировано на будущее	$(111)_2$

Symbol Type (1 бит) — указывает тип символа согласно таблице 10.

Таблица 10 — Значение поля **Symbol Type**

Символ преамбулы	$(0)_2$
Символ данных	$(1)_2$

Guard Interval (1 бит) — информирует приемник интерфейса **C2-MI** о длине защитного интервала, который должен быть вставлен согласно таблице 11.

Таблица 11 — Значение поля **Guard Interval**

Защитный интервал 1/64	$(0)_2$
Защитный интервал 1/128	$(1)_2$

PAPR Mode (1 бит) — указывает на использование режима **PARP** в системе С2 согласно таблице 12.

Таблица 12 — Значение поля **PAPR Mode**

Режим PARP выключен	$(0)_2$
Режим PARP включен	$(1)_2$

Single modulation scheme (1 бит) — схема с одной модуляцией, указывает, использует ли система С2 только одну схему модуляции внутри различных **PLP** и блоков данных согласно таблице 13.

Таблица 13 — Значение поля **Single modulation scheme**

Режим схемы с одной модуляцией выключен	$(0)_2$
Режим схемы с одной модуляцией включен	$(1)_2$

Min bandwidth (1 бит) — указывает, использует ли система С2 ширину полосы канала более 8 МГц. Если данное поле равно 1, приемник интерфейса **C2-MI** должен собрать полный сигнал путем комбинирования отдельных частей передаваемыми различными интерфейсами **C2-MI**, связанными с данной системой С2. Значение поля **Min bandwidth** приведено в таблице 14.

Таблица 14 — Значение поля **Min bandwidth**

Ширина полосы канала системы С2 = 8 МГц	$(0)_2$
Ширина полосы канала системы С2 > 8 МГц	$(1)_2$

C2_System_ID (2 байта) — идентификатор системы С2, однозначно идентифицирует систему С2 в сети **DVB-C2 C2_System_ID**. Идентификатор является идентификатором выходного сигнала **DVB-C2** модулятора согласно спецификации **DVB-C2** в соответствии с ГОСТ Р 55938.

MI-Version Number (1 байт) — указывает номер версии используемого интерфейса **C2-MI** согласно рисунку 7.

Бит	MSB							LSB
Параметр	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Номер версии C2-MI		

Рисунок 7 — Значение поля **MI-Version Number**

Биты, зарезервированные для будущего использования, должны быть равны 0.

Синтаксис номера версии **C2-MI** приведен в таблице 15.

Таблица 15 — Синтаксис номера версии **C2-MI**

Код	Параметр
000	Версия 1 (Примечание)
001—111	Зарезервировано
Примечание — Согласно настоящему стандарту.	

CRC (1 байт) — циклический избыточный код, вычисляемый согласно приложению А.

7 DVB-C2 MI передача, полезная нагрузка и величина избыточности для канала шириной 8 МГц

В таблице 16 приведены значения для полезной нагрузки и величины избыточности передаваемых данных для случая, изложенного в 5.2 и показанного на рисунке 5.

Таблица 16 — Размер полезной нагрузки для ширины канала 8 МГц (конфигурация с множественными **PLP**)

Модуляция	Скорость передачи интерфейса **C2-MI**, Мбит/с	Полезная нагрузка, Мбит/с	Избыточность, %
16-КАМ	38,6	26,6	45,1
64-КАМ	54,0	39,7	36,0
256-КАМ	69,4	52,9	31,2
1024-КАМ	84,6	66,1	28,0
4096-КАМ	100,29	79,4	26,3

В таблице 17 приведены значения для полезной нагрузки и величины избыточности передаваемых данных для случая, изложенного в 5.2 и показанного на рисунке 4.

Таблица 17 — Размер полезной нагрузки для ширины канала 8 МГц (конфигурация с одиночным **PLP**)

Модуляция	Скорость передачи интерфейса **C2-MI**, Мбит/с	Полезная нагрузка, Мбит/с	Избыточность, %
16-КАМ	30,5	26,6	14,7
64-КАМ	45,7	39,7	15,2
256-КАМ	61,0	52,9	15,2
1024-КАМ	76,2	66,1	15,2
4096-КАМ	91,4	79,4	15,1

8 Транспорт пакетов C2-MI

Структура стека протоколов **C2-MI** определяет три механизма распределения. Один — для традиционного интерфейса **ASI**, два — для сетей на базе **IP**.

Первые два механизма предполагают вставку пакетов **C2-MI** в пакеты **MPEG-2 TS**, которые затем могут быть переданы в распределительную сеть. Результирующий **TS** может быть далее инкапсулирован в поток **IP** с использованием **DVB IPTV** согласно ГОСТ Р 54994.

Третий транспортный механизм, который является опциональным, отображает **C2-MI** пакеты непосредственно в IP-пакеты.

8.1 Инкапсуляция пакетов C2-MI в транспортный поток MPEG-2

Вставка пакетов **C2-MI** в пакеты **MPEG-2 TS** должна выполняться в соответствии со спецификацией **DVB** для широковещательной передачи данных.

Этот механизм позволяет вставлять данные непосредственно в полезную нагрузку пакетов **MPEG-2 TS** с минимальной избыточностью данных.

Пакеты **C2-MI** должны вставляться в полезную нагрузку **MPEG-2 TS** пакетов один за другим. Каждый новый пакет **C2-MI** начинается сразу же после предыдущего. Пакет **TS** может содержать более одного пакета **C2-MI**. **C2-MI** пакеты, которые слишком велики, чтобы поместиться в полезную нагрузку одного пакета **TS**, должны быть распределены на несколько **TS** пакетов по мере необходимости.

Так как длина каждого пакета **C2-MI** может изменяться в пределах C2 кадра и/или с течением времени, начало полезной нагрузки пакетов **TS** не обязательно должно совпадать с началом пакета **C2-MI**. Чтобы включить синхронизацию в устройстве, принимающем пакеты **C2-MI**, в заголовке **TS** должен использоваться бит **«payload_unit_start_indicator»**, чтобы указать, что новый **C2-MI** пакет начинается где-то в пределах текущего пакета **TS**. Когда это происходит, в качестве первого байта полезной нагрузки пакета **TS** должен располагаться 8-битовый указатель, указывающий на смещение от начала полезной нагрузки пакета **TS** до первого байта первого **C2-MI** пакета. Это 8-битовое поле указателя (**uimsbf**) показывает количество байтов непосредственно после поля указателя первого байта первого пакета **C2-MI**, который присутствует в полезной нагрузке пакета транспортного потока (т. е. значение 0x00 в поле указателя показывает, что пакет **C2-MI** начинается сразу же после поля указателя).

Когда пакет **C2-MI** заканчивается на предпоследнем байте пакета **TS** и начинается в предыдущем пакете **TS**, оставшийся байт не позволяет разместить 8-битовое поле указателя и первый байт следующего пакета **C2-MI**. В этом случае размер полезной нагрузки пакета транспортного потока должен быть уменьшен на один байт за счет использования заполнения поля адаптации так, чтобы текущий пакет **C2-MI** закончился в конце полезной нагрузки пакета **TS**. Следующий пакет **C2-MI** начнется в следующем пакете транспортного потока, имеющего тот же идентификатор пакета (**PID**).

Для передачи по управляемым распределительным сетям в **TS** может быть необходимо добавить, как минимум, **PSI**, чтобы предотвратить ошибочную индикацию ошибок. Как правило, **PSI** должно включать **PAT** и **PMT** для одиночной программы.

Тип потока, который будет использоваться в **PMT**, для целей совместимости должен быть установлен в 0×06.

Кроме того, некоторые сети могут потребовать передачу обязательных таблиц **DVB SI** согласно ГОСТ Р 55697.

8.2 Инкапсуляция транспортного потока MPEG-2 в IP-пакеты

DVB-C2 модулятор может поддерживать передачу **MPEG-2 TS** по **IP**. В случае, если **DVB-C2** модулятор поддерживает доставку на основе **IP**, транспортировка **MPEG-2 TS** через **IP** должна соответствовать положениям данного подраздела. Транспортировка **MPEG-2 TS** через **IP** основана на методах, указанных в ГОСТ Р 54994. Настоящий подраздел определяет протокол для защищенной прямой коррекцией ошибок (**FEC**) групповой доставки **MPEG-2 TS** через **RTP**, основанный на **IP** версии 4 согласно ГОСТ Р 54994. **IP** версии 6 не поддерживается.

Одноадресная доставка может быть реализована по такому же протоколу согласно 8.2.2.

8.2.1 Начальная информация

Для защищенной **FEC** многоадресной доставки **MPEG-2 TS** через **RTP** с использованием протоколов согласно ГОСТ Р 54994 должна быть предоставлена информация о терминологии согласно ГОСТ Р 54994.

IPMulticastAddress:

а) **IPMulticastAddress@Source:** опционально может быть предоставлен **IP**-адрес источника **TS** для одноадресной передачи;

б) **PMulticastAddress@Address:** предоставляет групповой адрес, по которому услуга может быть доступна;

в) **IPMulticastAddress@Port:** предоставляет порт, по которому услуга может быть доступна;

г) **FECBaseLayer:** содержит групповой адрес и порт **AL-FEC** потока. Следующие элементы должны быть представлены, если присутствует элемент **FECBaseLayer:**

1) **FECBaseLayer@Address:** групповой **IP**-адрес для **FEC** базового уровня. Если групповой **IP**-адрес отсутствует, то предполагается, что поток **FEC** расположен по тому же групповому адресу, что и исходные данные;

2) **FECBaseLayer@Source:** групповой **IP**-адрес источника для **FEC** базового уровня. Если групповой **IP**-адрес источника отсутствует, то предполагается, что поток **FEC** расположен по тому же групповому адресу источника, что и исходные данные;

3) **FECBaseLayer@Port: UDP** порт для **FEC** базового уровня;

д) **FECEnhancementLayer:** Содержит групповой адрес и порт расширенного потока(ов) **AL-FEC**. Этот элемент должен присутствовать только тогда, когда присутствует элемент **FECBaseLayer**. Этот элемент может повторяться для нескольких слоев. В состав этого элемента должны входить следующие элементы:

1) **FECEnhancementLayer@Address:** групповой **IP**-адрес для **FEC** расширенного уровня. Если групповой **IP**-адрес отсутствует, то предполагается, что поток **FEC** расположен по тому же групповому адресу, что и исходные данные;

2) **FECEnhancementLayer@Source:** групповой **IP**-адрес источника для **FEC** расширенного уровня. Если групповой **IP**-адрес источника отсутствует, то предполагается, что поток **FEC** расположен по тому же групповому адресу источника, что и исходные данные;

3) **FECEnhancementLayer@Port: UDP** порт для **FEC** расширенного уровня;

4) **IPMulticastAddress@FECMaxBlockSizePackets:** указывает на максимальное число пакетов источника потока, которые содержатся между первым пакетом исходного блока (включая сам блок) и последним пакетом этого исходного блока (исходным или восстановительным);

5) **IPMulticastAddress@FECMaxBlockSizeTime:** Максимальная продолжительность передачи любого блока **FEC** (из исходных или восстановительных пакетов);

6) **IPMulticastAddress@FECObjectTransmissionInformation:** информация передачи объекта **FEC** для Раптор-кода. Если элемент **FECEnhancementLayer** присутствует, то этот элемент также является информацией передачи объекта **FEC**.

8.2.2 Протоколы передачи

Если **MPEG-2 TS** передается по **IP**, пакеты **MPEG-2 TS** должны быть инкапсулированы в пакеты **RTP** в соответствии с ГОСТ Р 54994.

Отчеты отправителя **RTCP** и отчеты приемника **RTCP** не следует использовать.

FEC-защита транспортного потока **MPEG-2** может предоставляться в соответствии со спецификацией **SMPTE 2022-1** и спецификацией Раптор-кода согласно п. 4.2 ГОСТ Р 55713—2013. Когда предоставляется расширенный уровень **DVB AL-FEC**, должна использоваться схема **FEC** согласно п. 4.2.2.2 ГОСТ Р 55713—2013.

DVB-C2 модуляторы, которые поддерживают передачу **MPEG-2 TS** по **IP**, в качестве минимального требования к декодеру должны поддерживать обработку пакетов **SMPTE 2022-1**, т. е. декодеры **FEC** должны поддерживать обработку **DVB** прямой коррекцией ошибок на уровне приложения (**AL-FEC**) пакетов базового уровня.

DVB-C2 модуляторы, которые поддерживают передачу **MPEG-2 TS** по **IP**, в качестве расширенного требования к декодеру могут поддерживать обработку FEC пакетов Раптор-кода согласно п. 4.2 ГОСТ Р 55713—2013, т. е. декодеры **FEC** могут поддерживать обработку **DVB AL-FEC** пакетов базового уровня и **DVB AL-FEC** пакетов расширенного уровня.

8.2.3 Инициирование сеанса и управление

Инициирование сеанса связи и управление для групповой передачи могут выполняться согласно п. 7.4.2 ГОСТ Р 54994—2012.

8.2.4 Требования к сети

Требования к сети для групповой передачи должны быть в соответствии с п. 7.3 ГОСТ Р 54994—2012.

В случае применения **FEC** уровня приложения требования к сети могут быть ослаблены.

Приложение А
(обязательное)

Расчет слова CRC

Реализация циклических избыточных кодов (**CRC**-кодов) позволяет обнаруживать ошибки передачи на приемной стороне. Для этого **CRC** слова должны быть включены в передаваемые данные. Эти **CRC** слова должны быть определены в результате процедуры, описанной в настоящем приложении.

Код **CRC** определяют полиномом степени n:

$$G_n(x) = x^n + g_{n-1}x^{n-1} + , \dots , g_2x^2 + g_1x + 1, \quad (A.1)$$

где $n \geq 1$;

$g_i \in \{0,1\}$, $i = 1, \dots , n-1$.

Расчет **CRC** может быть выполнен с помощью сдвигового регистра из n блоков, эквивалентного полиному степени n. Блоки регистра обозначены как $b_0 \dots b_{n-1}$ (b_0 соответствует 1, $b_1 - x$, $b_2 - x^2$, … , $b_{n-1} - x^{n-1}$. Сдвиговый регистр загружается путем вставки операций «Исключающее ИЛИ» (**XOR**) на те входы, где соответствующие коэффициенты g_i полинома равны 1.

Схема генерации **CRC** приведена на рисунке А.1.

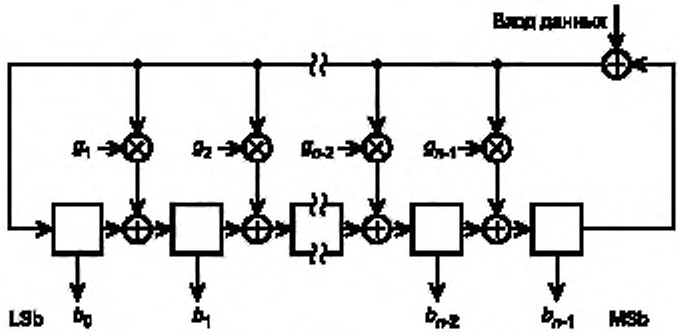


Рисунок А.1 — Схема генерации **CRC**

В начале расчета **CRC-8** (используют только для полей горизонтальной синхронизации) все биты регистра инициализируются нулями.

В начале расчета **CRC-32** все биты регистра инициализируются единицами.

После прихода первого бита блока данных (**MSB** первый) на вход тактовый импульс вызывает сдвиг блоков регистра в направлении **MSB** (b_{n-1}), при этом происходит загрузка блоков результатами соответствующих операций **XOR**. Затем процедура повторяется для каждого бита данных. После сдвига, следующего после подачи последнего бита (**LSB**) блока данных на вход, регистр сдвига содержит слово **CRC**, которое затем выводится на выход. Данные и слово **CRC** передаются с первым **MSB**.

Коды **CRC**, используемые в системе **C2-MI**, основаны на следующих полиномах:

$$G_{32}(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1; \quad (A.2)$$

$$G_8(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1. \quad (A.3)$$

УДК 621.397.132.129:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: C2-MI, интерфейс, временное мультиплексирование, блок данных, модулятор, DVB-C2, FEC, TDM

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 17.06.2020. Подписано в печать 29.07.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал
Усл. печ. л. 2.32. Уч.-изд. л. 2,10.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru