ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71243— 2024

Телевидение вещательное цифровое

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ (DVB-NGH), СПЕЦИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Профиль MIMO

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

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 23 августа 2024 г. № 1109-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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, сокращения и обозначения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения и обозначения 3
4 Определение и архитектура системы DVB-NGH профиля MIMO 4
4.1 Общие положения 4
4.2 Битовое перемежение, кодирование, модуляция, MISO- и MIMO-прекодирование 5
4.3 Кодирование FEC и перемежение внутри блока FEC 6
4.4 Модуляция и перемежение компонентов 6
4.5 Перемежение во времени (внутрикадровое сверточное перемежение и внешнее блочное перемежение) 6
4.6 Конструктор кадра, частотное перемежение 6
4.7 Генерация OFDM 7
5 Совместимость системы приема/передачи 7
6 Битовый перемежитель 8
7 Генерация комплексных символов 15
8 Соотношение мощностей 16
9 Прекодирование MIMO 17
9.1 Общие положения 17
9.2 Кодирование пространственного мультиплексирования 18
9.3 Скачкообразная перестройка фазы 18
10 Обработка рОЧС для MIXO 19
11 Опции SISO/MIXO для символов P1, aP1 и P2 19
12 Особенности данных сигнализации L1 для профиля MIMO 20
12.1 Данные сигнализации P1 и aP1 20
12.2 Данные сигнализации L1-PRE 20
12.3 Данные сигнализации L1-POST 21

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Телевидение вещательное цифровое

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ (DVB-NGH), СПЕЦИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Профиль MIMO

Digital video broadcasting. Digital television broadcasting system for next generation handheld (DVB-NGH), physical layer specification. MIMO profile

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на систему цифрового телевизионного вещания (DVB) для портативных устройств (терминалов) последующего поколения (NGH) (далее — DVB-NGH) и устанавливает набор требований, описывающих всю часть физического уровня от входных потоков до передаваемого в эфир сигнала, когда передача и прием данных осуществляются системами из нескольких наземных антенн (далее — профиль MIMO).

Система DVB-NGH предназначена для доставки транспортных потоков или потоков данных общего назначения на линейные и нелинейные приложения, такие как телевидение, радио, сервисы данных.

Терминалы DVB-NGH также могут обрабатывать сигналы DVB-T2-lite.

Настоящий стандарт следует применять при разработке, изготовлении и эксплуатации DVB-NGH, а также при разработке, проектировании и эксплуатации программного обеспечения сетей DVB-NGH.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 52210 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

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, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

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

3.1.1

базовый профиль (basic profile): Набор требований к системе DVB-NGH, описывающих всю часть физического уровня от входных потоков до передаваемого в эфир сигнала, за исключением требований, специфичных для профиля MIMO, гибридного профиля и гибридного профиля MIMO.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.1]

3.1.2

гибридный профиль (hybrid profile): Набор требований к системе DVB-NGH, описывающих всю часть физического уровня от входных потоков до передаваемого в эфир сигнала, когда передача и прием данных осуществляются совместно по наземному и спутниковому каналам.

Примечание — Допускается применение технологии MISO при модуляции OFDM.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.2]

3.1.3

гибридный профиль MIMO (hybrid profile MIMO): Набор требований к системе DVB-NGH, описывающих всю часть физического уровня от входных потоков до передаваемого в эфир сигнала, когда передача и прием данных осуществляются совместно по наземному и спутниковому каналам с использованием метода MIMO.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.3]

3.1.4

канал физического уровня; PLP (physical layer pipe; PLP): Канал с установленными неизменными параметрами передачи (включая вид модуляции, кодовую скорость, глубину перемежения во времени), передаваемый в заданных подсегментах с использованием мультиплексирования с временным разделением.

Примечание — PLP может переносить одну или несколько служб.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.4]

3.1.5

профиль MIMO (profile MIMO): Набор требований к системе DVB-NGH, описывающих всю часть физического уровня от входных потоков до передаваемого в эфир сигнала, когда передача данных и прием данных осуществляются системами из нескольких наземных антенн.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.5]

3.1.6

сигнализация L1-PRE (signaling L1-PRE): Сигнализация, передаваемая символами P2, имеющими фиксированный размер, кодирование и модуляцию, включающая основную информацию о системе NGH и информацию, необходимую для декодирования сигнализации L1-POST.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.6]

3.1.7

сигнализация L1-POST (signaling L1-POST): Сигнализация, передаваемая в начале логического кадра и предоставляющая подробную информацию уровня L1 о системе NGH и PLP, состоящая из конфигурируемой и динамической частей.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.7]

3.1.8

символ aP1 (symbol additional P1; aP1): Дополнительный символ P1, несущий сигнальные поля S3 и S4 и расположенный сразу после символа P1.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.8]

3.1.9

символ P1 (symbol P1): Символ пилот-сигнала постоянной длины, переносящий информацию сигнализации в полях S1 и S2 и находящийся в начале каждого NGH-кадра, передаваемого по радиочастотному каналу.

Примечание — Основное назначение символа P1 — это быстрое первоначальное сканирование полосы радиоканала для обнаружения сигнала NGH, установления временной синхронизации, определения смещения частоты и размера быстрого преобразования Фурье.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.9]

3.1.10

символ P2 (symbol P2): Символ пилот-сигнала, расположенный сразу после символа P1 или aP1 (если он присутствует), с тем же размером быстрого преобразования Фурье и защитным интервалом, как у символов данных.

Примечание — Число символов P2 зависит от размера быстрого преобразования Фурье. Символы P2 используют для точной временной и частотной синхронизации, а также для первоначальной оценки канала. Символы P2 несут информацию сигнализации L1 и L2, а также могут переносить данные.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.10]

3.1.11

суб-блок (sub-slice): Группа ячеек из одного PLP, которые перед частотным перемежением размещаются на OFDM-ячейках данных с последовательными адресами на одном радиоканале.

[ГОСТ Р 71241—2024, пункт 3.1.11]

3.2 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

БПФ — быстрое преобразование Фурье;

ВП — вертикальная поляризация;

ГП — горизонтальная поляризация;

КПМ — кроссполяризационное мультиплексирование;

ОБПФ — обратное быстрое преобразование Фурье;

рОЧС — расширенная одночастотная сеть;

СПФ — скачкообразная перестройка фазы;

BCH — код Боуза — Чоудхури — Хоквингема (Bose — Chaudhuri — Hocquenghem code);

BICM — кодирование с перемежением битов и модуляция (bit interleaved coding and modulation);

DVB — цифровое телевизионное вещание (digital video broadcasting);

ESC — общий код выхода (general escape code);

FEC — прямое упреждающее исправление ошибок (forward error correction);

GSE — инкапсулированный поток общего назначения (общий инкапсулированный поток) (generic stream encapsulation);

L1 — первый (физический) уровень (layer 1);

LDPC — код с малой плотностью проверок на четность (низкоплотностный код) (low-density parity-check code);

MIMO — «множественный вход, множественный выход» — метод пространственно-временного кодирования с множеством антенн на передачу и множеством антенн на прием (multiple input, multiple output);

MISO — «множественный вход, одиночный выход» — метод пространственно-временного кодирования с множеством антенн на передачу и одной антенной на прием (multiple input, single output);

MIXO — MISO или MIMO;

MU-блок — блок памяти (memory unit);

NGH — портативное устройство последующего поколения (next generation handheld);

OFDM — многочастотная схема модуляции с ортогональным частотным распределением несущих в полосе канала вещания (orthogonal frequency-division multiplexing);

PAM — амплитудно-импульсная модуляция (pulse-amplitude modulation);

PH — скачкообразная перестройка фазы (phase hopping);

PLP — канал физического уровня (physical layer pipe);

SISO — «одиночный вход, одиночный выход» — система с одной передающей и одной приемной антенной (single input, single output);

SM-блок — пространственно-мультиплексированный блок (spatial-multiplexing);

TS — транспортный поток (transport stream);

QAM — квадратурная амплитудная модуляция (quadrature amplitude modulation);

QB — квазициклический блок (quasi-cyclic blocks);

QPSK — квадратурная относительная фазовая модуляция (quadrature phase shift keying);

VMIMO — виртуальное MIMO (virtual MIMO);

F — фиксированная матрица прекодирования пространственного мультиплексирования;

f_{2i}, f_{2i+1} — пара ячеек символа OFDM до прекодирования MIMO, где i — индекс пары;

g_{2i}, g_{2i+1} — пара ячеек, полученная в результате прекодирования MIMO, передаваемая парой передатчиков $Tx1$ и $Tx2$ соответственно в одном символе OFDM, где i — индекс пары;

N_{data} — число ячеек данных в символе OFDM (включая все немодулированные ячейки данных в символе закрытия кадра) (number of data cells);

N_{cells} — число ячеек, требуемых для передачи одного блока LDPC при использовании кодирования MIMO и которое равно N_{ldpc}/N_{bpcu} (number of cells per LDPC block);

N_{bpcu} — число используемых битов на канал (number of bits per channel use);

N_{ldpc} — число битов в LDPC-кодированном блоке (number of bits of LDPC-coded block);

N_{MUs} — число MU-блоков (number of memory units);

$N_{MUs,PLP}$ — число MU-блоков для отдельного PLP (number of memory units for one PLP);

TxN — идентификатор передатчика номер N, работающего по методу MIXO;

$W(i)$ — комбинированная матрица прекодирования;

$X(i)$ — переменная матрица скачкообразной перестройки фазы;

x_{2i}, x_{2i+1} — пара ячеек, полученная в результате прекодирования пространственного мультиплексирования из пары ячеек символа OFDM f_{2i}, f_{2i+1}, где i — индекс пары.

4 Определение и архитектура системы DVB-NGH профиля MIMO

4.1 Общие положения

Опции передачи MIMO включены в дополнительный профиль MIMO с целью использования преимущества разнесенных приема и передачи и высокой пропускной способности, полученных в результате использования нескольких антенн в передатчике и приемнике. Оценка канала, подходящая для

MIMO, обеспечивается соответствующей структурой пилот-сигналов, идентичной базовому профилю DVB-NGH для кадров MISO. Термин «кадры MIXO» охватывает все кадры, содержащие такие пилот-сигналы. Поэтому MIMO может являться частью передаваемого сигнала, включая MISO PLP, а также кадры SISO согласно базовому профилю. В кадрах MIXO к составляющим PLP могут применяться разные схемы в соответствии с желаемыми характеристиками передачи, например, MISO может применяться для сигнализации L1 или любой другой низкоскоростной высоконадежной передачи. Более высокоскоростная передача MIMO, в которой увеличение скорости мультиплексирования данных достигается благодаря отправке отдельной информации от каждого антенного элемента, используется там, где пропускная способность является главной целью.

Высокоуровневая структурная схема физического уровня NGH для профиля MIMO приведена на рисунке 1. По сравнению с базовым профилем в профиле MIMO только блоки BICM, конструктора кадра и OFDM генерации содержат функциональные отличия (показаны серым цветом).



Рисунок 1 — Высокоуровневая структурная схема физического уровня NGH для профиля MIMO

4.2 Битовое перемежение, кодирование, модуляция, MISO- и MIMO-прекодирование

Структурная схема BICM для профиля MIMO приведена на рисунке 2, блоки с отличиями от базового профиля показаны серым цветом.

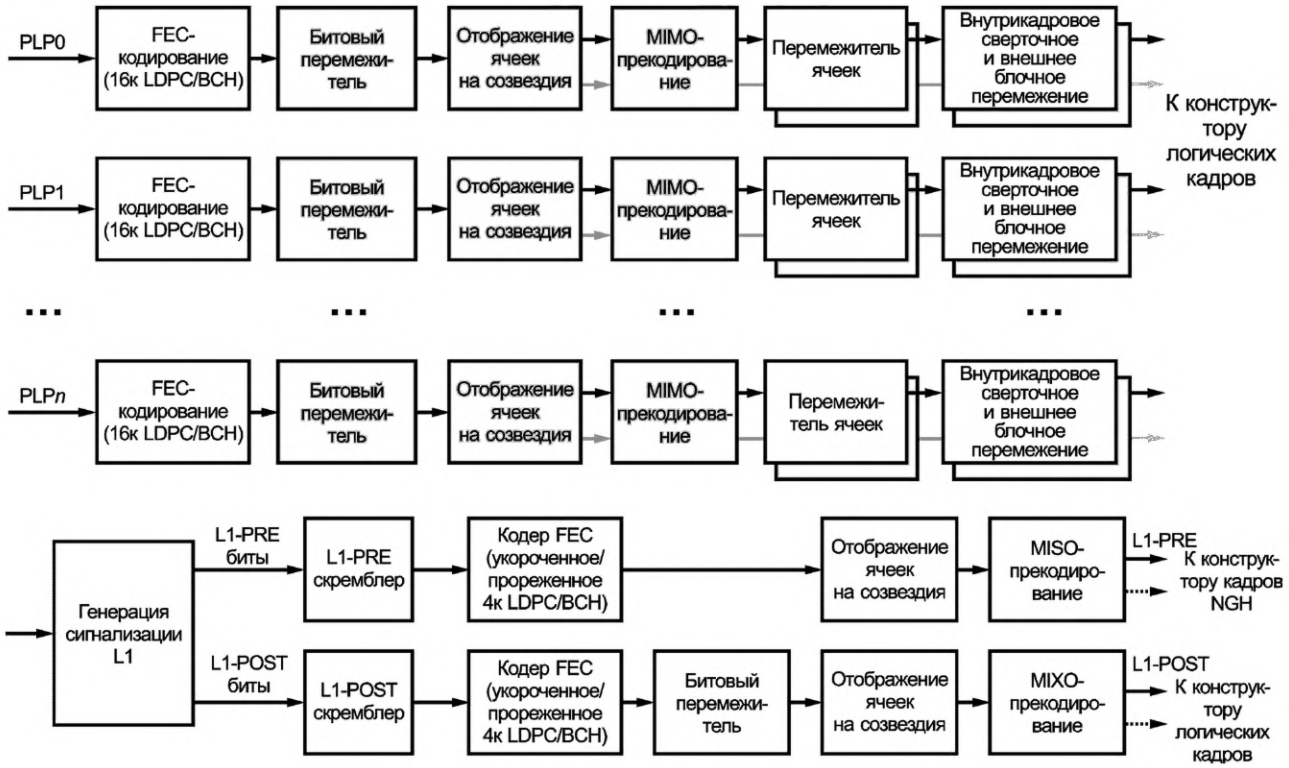


Рисунок 2 — Структурная схема BICM для профиля MIMO

Структурная схема BICM со смешанными MIMO и MISO PLP приведена на рисунке 3, блоки с отличиями от базового профиля показаны серым цветом.

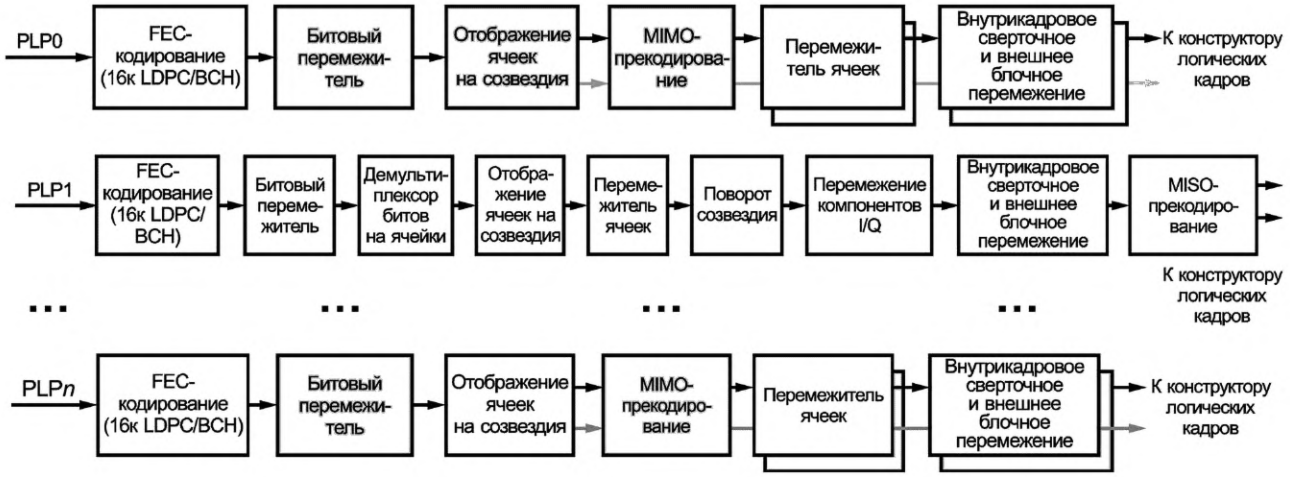


Рисунок 3 — Структурная схема BICM со смешанными MIMO и MISO PLP

4.3 Кодирование FEC и перемежение внутри блока FEC

MIMO PLP в профиле MIMO должны использовать измененный битовый перемежитель для упрощения итерационного декодирования MIMO в приемнике. Демультиплексирование базового профиля битов на ячейки в явном виде применять не допускается.

4.4 Модуляция и перемежение компонентов

Сигнальными созвездиями должны быть QPSK, 16-QAM и 64-QAM, без поворота. На выходе двух MIMO-потоков сигнальные созвездия могут быть одинаковыми или разными, в зависимости от выбранного режима работы.

4.5 Перемежение во времени (внутрикадровое сверточное перемежение и внешнее блочное перемежение)

Перемежение во времени выполняют после генерации двух MIMO-потоков, поэтому используют параллельно два перемежителя во времени. Перемежение во времени в обоих MIMO-потоках должно быть идентичным. Для сохранения общей потребности в памяти каждый из этих MIMO-потоков должен иметь вдвое меньшую максимальную глубину, чем в базовом профиле.

4.6 Конструктор кадра, частотное перемежение

Структурная схема конструктора кадров MIMO приведена на рисунке 4. Структура соответствует базовому профилю за исключением выделения места для символа aP1. Частотный перемежитель соответствует попарному перемежителю базового профиля.

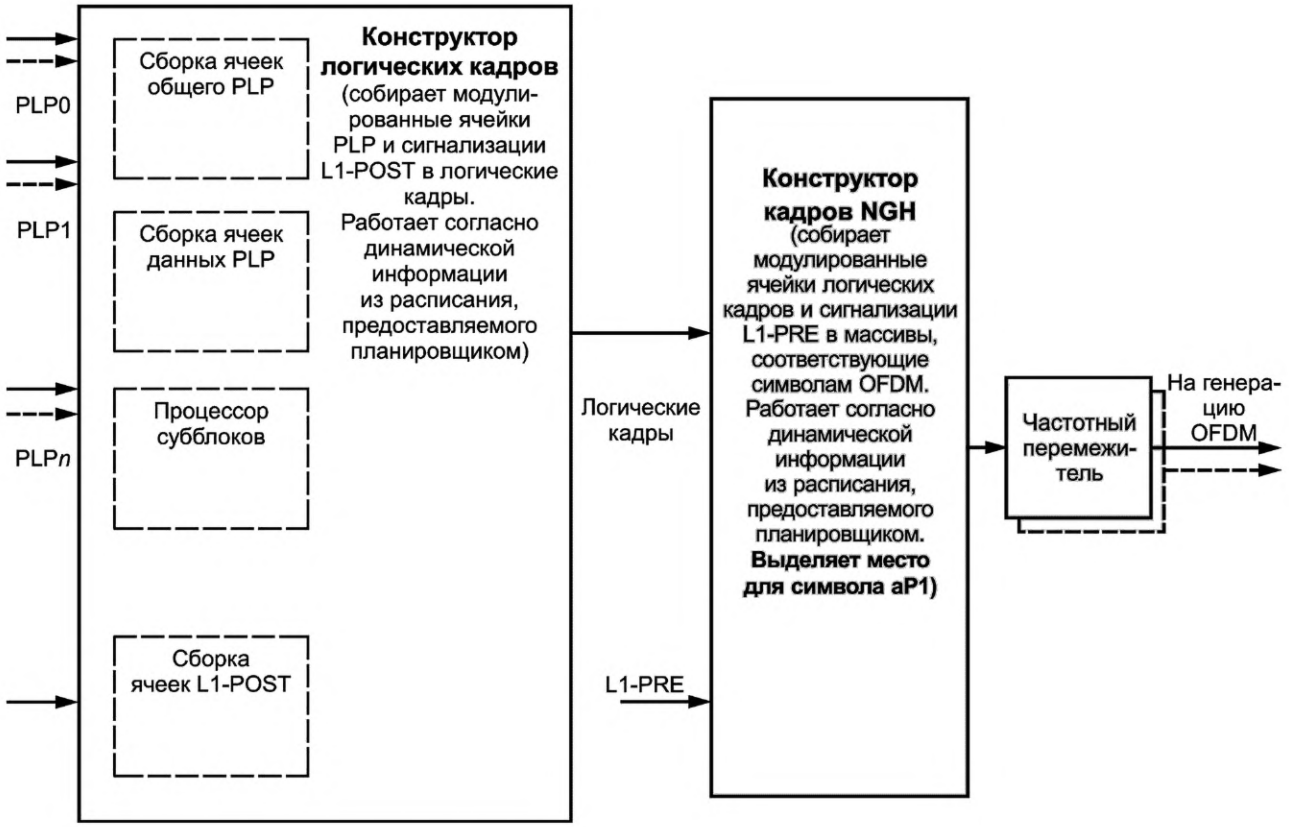


Рисунок 4 — Структурная схема конструктора кадров MIMO

4.7 Генерация OFDM

Технология снижения пик-фактора путем активного расширения сигнального созвездия к кадрам с форматом преамбулы «NGH-MIMO».

Структурная схема генерации OFDM приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 — Структурная схема генерации OFDM

5 Совместимость системы приема/передачи

Для использования профиля MIMO, согласно настоящему стандарту, аппаратное обеспечение передатчика должно включать кроссполяризационные антенны с раздельной подачей сигналов на элементы ГП и ВП. Для приема и декодирования сигналов MIMO на приемном терминале также необходимо наличие двух кроссполяризационных антенн.

В отдельном PLP может использоваться только одно из кодирований MISO или MIMO, т. е. они не являются каскадируемыми.

Для профиля MIMO необходимо использовать битовый перемежитель, описанный в разделе 6.

6 Битовый перемежитель

Битовый перемежитель, используемый для MIMO PLP, отличается от битового перемежителя базового профиля. Структурная схема битового перемежителя профиля MIMO приведена на рисунке 6.

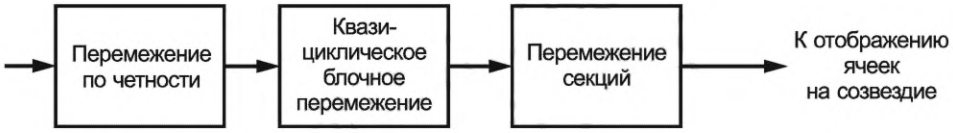


Рисунок 6 — Структурная схема битового перемежителя профиля MIMO

Для более эффективной реализации приемника битовый перемежитель профиля MIMO должен быть адаптирован к квазициклической структуре кода LDPC. Битовый перемежитель профиля MIMO должен включать в себя два компонента: перемежитель четности и параллельный битовый перемежитель.

Битовый перемежитель профиля MIMO идентичен битовому перемежителю базового профиля. Битовый перемежитель профиля MIMO предназначен для преобразования ступенчатой структуры четной части матрицы проверки четности LDPC в квазициклическую структуру, аналогичную информационной части матрицы. На выходе перемежителя четности кодовое слово LDPC содержит 45 смежных QB. Каждый QB состоит из 360 бит. Кодовое слово с перемежением по четности обрабатывается параллельным битовым перемежителем, а затем отображается на последовательность SM-блоков по N_{bpcu} бит каждый. На рисунке 7 приведена структурная схема параллельного битового перемежителя для N_{bpcu} = 8.

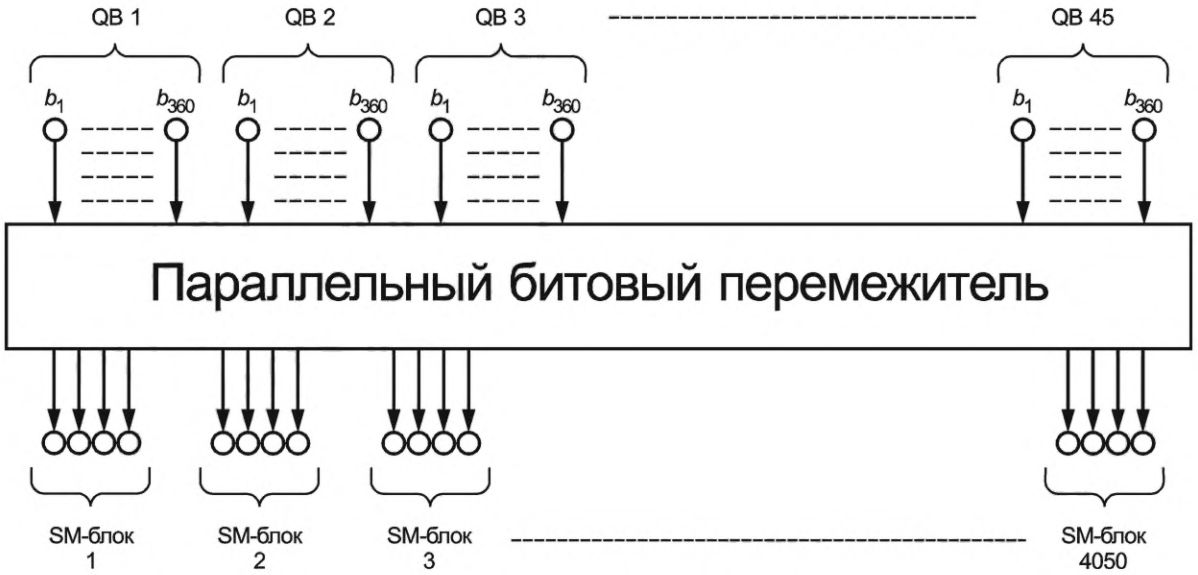


Рисунок 7 — Структурная схема параллельного битового перемежителя для N_{bpcu} = 8

Параллельный битовый перемежитель состоит из двух частей: квазициклического блочного перемежителя и перемежителя секций.

Квазициклический блочный перемежитель изменяет порядок 45 QB кодового слова LDPC. Перестановки QB оптимизированы для различных комбинаций N_{bpcu}, скорости кода и соотношения мощностей. Перестановки QB для N_{bpcu} = 6, 8 и 10 приведены в таблицах 1—3 соответственно, каждая таблица содержит перестановки QB для различных вариантов скорости кода и соотношения мощностей. Индексы QB варьируются от 1 до 45.

Таблица 1 — Перестановки QB, 6 бит на канал

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 6 бит на канал																								
		Секция 1			Секция 2			Секция 3			Секция 4			Секция 5			Секция 6			Секция 7			Секция 8		
1/3	1:1	17	5	34	33	28	38	22	13	32	14	44	7	27	23	18	41	10	35	21	15	45	42	26	31
	1:2	20	23	40	15	19	21	27	44	9	10	11	36	18	38	32	35	39	31	16	33	42	30	1	7
	1:4	6	27	36	3	19	1	28	38	16	8	32	24	33	13	35	15	2	7	41	43	31	42	25	22
2/5	1:1	20	16	34	41	28	36	19	35	42	45	43	2	1	8	30	12	9	14	10	38	15	22	6	5
	1:2	20	16	34	41	28	36	19	35	42	45	43	2	1	8	30	12	9	14	10	38	15	22	6	5
	1:4	20	16	34	41	28	36	19	35	42	45	43	2	1	8	30	12	9	14	10	38	15	22	6	5
7/15	1:1	13	11	44	41	24	12	16	27	14	22	32	5	17	29	39	6	35	30	10	8	37	3	38	1
	1:2	34	13	24	16	40	19	23	38	1	28	36	21	9	6	2	42	44	8	43	33	5	22	41	32
	1:4	34	13	24	16	40	19	23	38	1	28	36	21	9	6	2	42	44	8	43	33	5	22	41	32
8/15	1:1	12	27	14	35	13	38	7	39	9	19	43	33	24	25	10	6	45	21	2	28	4	3	17	15
	1:2	8	25	22	18	28	20	3	23	4	33	38	19	27	31	11	6	45	24	29	39	7	26	41	2
	1:4	34	13	24	16	15	18	23	32	1	28	36	21	9	6	2	42	44	8	37	33	5	22	19	14
3/5	1:1	32	38	25	18	28	34	7	39	15	20	40	44	19	12	29	14	17	21	33	5	24	36	41	31
	1:2	31	43	26	20	44	39	18	28	11	37	12	36	34	32	40	9	7	21	22	6	16	27	29	13
	1:4	23	5	22	42	45	20	43	18	11	27	39	34	41	37	6	24	16	8	30	40	12	35	21	31
2/3	1:1	19	33	39	10	14	34	27	3	40	20	36	32	16	17	43	7	9	26	11	44	21	5	42	31
	1:2	10	24	31	4	5	43	22	34	21	18	36	12	11	9	13	35	41	15	20	29	8	16	2	40
	1:4	45	39	28	38	16	20	10	8	14	44	35	4	24	34	12	26	32	15	30	22	11	21	43	17
11/15	1:1	5	35	39	3	25	16	44	17	4	32	13	12	8	26	45	10	6	15	21	40	43	27	24	33
	1:2	5	35	39	3	25	16	44	17	4	32	13	12	8	26	45	10	6	15	21	40	43	27	24	33
	1:4	45	1	39	13	14	18	22	3	19	20	37	17	36	30	27	16	31	2	8	42	35	6	38	33

Окончание таблицы 1

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 6 бит на канал																				
		Секция 9			Секция 10			Секция 11			Секция 12			Секция 13			Секция 14			Секция 15		
1/3	1:1	39	29	12	4	1	2	40	36	19	20	43	9	16	3	24	11	37	25	30	8	6
	1:2	34	43	45	17	28	22	8	4	2	14	24	41	37	25	12	26	5	3	6	13	29
	1:4	11	30	44	23	18	21	4	26	39	5	29	45	20	34	40	37	14	17	10	9	12
2/5	1:1	24	13	31	32	23	27	40	39	18	33	3	29	25	7	21	44	17	26	37	11	4
	1:2	24	13	31	32	23	27	40	39	18	33	3	29	25	7	21	44	17	26	37	11	4
	1:4	24	13	31	32	23	27	40	39	18	33	3	29	25	7	21	44	17	26	37	11	4
7/15	1:1	7	42	26	15	28	34	9	23	43	4	40	2	20	25	36	21	33	31	18	19	45
	1:2	29	45	15	18	26	37	27	31	10	17	30	11	14	20	7	3	35	4	39	25	12
	1:4	29	45	15	18	26	37	27	31	10	17	30	11	14	20	7	3	35	4	39	25	12
8/15	1:1	40	42	22	8	41	11	32	16	18	44	31	37	30	26	29	34	36	23	5	20	1
	1:2	10	40	32	13	14	9	1	34	5	35	36	21	42	37	12	16	30	17	15	44	43
	1:4	29	45	40	41	26	43	27	31	10	17	30	11	38	20	7	3	35	4	39	25	12
3/5	1:1	10	6	27	45	42	37	13	43	11	26	16	22	2	1	3	8	30	9	23	4	35
	1:2	8	30	19	38	45	32	4	2	10	5	1	14	17	41	24	35	3	23	15	33	25
	1:4	36	10	33	44	38	14	4	3	13	9	29	19	32	15	25	28	26	17	1	2	7
2/3	1:1	6	41	8	4	24	13	25	15	18	23	1	45	30	2	38	12	29	22	35	28	37
	1:2	27	25	39	6	33	45	30	28	37	23	1	14	7	3	26	42	44	38	19	17	32
	1:4	19	13	6	2	5	37	31	42	9	7	40	18	25	1	27	23	3	29	33	41	36
11/15	1:1	2	28	41	29	19	38	14	20	30	36	7	23	34	1	18	22	42	11	9	37	31
	1:2	2	28	41	29	19	38	14	20	30	36	7	23	34	1	18	22	42	11	9	37	31
	1:4	28	23	9	21	43	4	12	15	29	32	40	24	14	7	5	10	41	44	25	11	26

Таблица 2 — Перестановки QB, 8 бит на канал

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 8 бит на канал																							
		Секция 1				Секция 2				Секция 3				Секция 4				Секция 5				Секция 6			
1/3	1:1	9	37	33	39	38	28	14	3	43	36	1	20	4	7	12	6	13	35	8	23	19	32	42	25
	1:2	4	16	25	1	19	42	36	8	13	34	41	6	37	9	12	17	3	35	32	22	2	39	11	21
	1:4	4	16	25	1	19	42	36	8	13	34	41	6	37	9	12	17	3	35	32	22	2	39	11	21
2/5	1:1	7	21	43	35	27	4	24	5	16	20	30	10	17	42	41	44	15	13	31	36	23	12	37	18
	1:2	7	21	43	35	27	4	24	5	16	20	30	10	17	42	41	44	15	13	31	36	23	12	37	18
	1:4	38	3	28	4	17	9	16	12	36	29	19	6	8	35	7	40	37	10	44	34	2	15	14	39
7/15	1:1	8	12	38	21	28	19	24	6	31	17	27	20	32	5	35	2	37	1	4	3	43	9	41	33
	1:2	41	14	33	22	27	10	21	12	35	19	34	8	37	15	5	20	28	24	29	32	11	4	1	3
	1:4	35	15	8	5	40	20	42	1	2	11	31	3	41	37	6	10	36	14	34	28	44	22	12	30
8/15	1:1	17	39	38	26	41	10	33	6	28	5	14	3	42	22	31	43	25	40	44	24	8	1	12	4
	1:2	28	29	19	22	35	43	44	16	21	38	41	5	27	37	15	42	7	18	9	20	25	10	40	4
	1:4	16	24	44	3	39	34	8	11	37	25	26	7	29	43	42	1	35	22	21	17	4	2	33	5
3/5	1:1	24	3	15	2	40	11	29	18	42	12	34	16	31	21	41	19	44	14	38	25	37	36	32	7
	1:2	27	20	32	18	41	33	6	12	35	21	14	9	31	37	23	16	42	40	43	13	36	34	26	22
	1:4	27	20	32	18	41	33	6	12	35	21	14	9	31	37	23	16	42	40	43	13	36	34	26	22
2/3	1:1	40	38	36	35	1	23	18	9	24	29	43	27	2	19	3	10	25	20	37	6	4	7	41	39
	1:2	2	23	3	16	1	12	19	17	30	41	43	24	35	33	22	42	34	13	5	40	15	8	11	32
	1:4	2	23	3	16	1	12	19	17	30	41	43	24	35	33	22	42	34	13	5	40	15	8	11	32
11/15	1:1	15	5	37	20	18	43	1	33	12	29	30	27	21	24	34	4	7	44	41	36	25	16	40	11
	1:2	15	5	37	20	18	43	1	33	12	29	30	27	21	24	34	4	7	44	41	36	25	16	40	11
	1:4	37	28	20	21	22	27	12	6	44	25	18	13	1	14	3	42	9	41	26	24	19	11	30	33

Окончание таблицы 2

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 8 бит на канал																				
		Секция 7				Секция 8				Секция 9				Секция 10				Секция 11				
1/3	1:1	41	10	44	30	24	31	40	27	15	26	21	29	5	17	11	34	22	16	18	2	45
	1:2	14	33	15	23	44	18	26	40	43	24	10	5	28	20	29	31	7	27	30	38	45
	1:4	14	33	15	23	44	18	26	40	43	24	10	5	28	20	29	31	7	27	30	38	45
2/5	1:1	1	19	40	22	29	9	38	8	6	34	14	26	39	3	25	32	28	33	11	2	45
	1:2	1	19	40	22	29	9	38	8	6	34	14	26	39	3	25	32	28	33	11	2	45
	1:4	32	5	42	20	1	26	18	13	23	33	11	22	31	25	43	21	27	24	41	30	45
7/15	1:1	26	15	39	18	29	11	30	7	44	23	25	16	14	10	34	36	22	42	13	40	45
	1:2	30	44	6	7	23	42	25	17	26	2	36	13	39	43	38	16	40	9	31	18	45
	1:4	29	17	26	27	23	43	9	4	38	18	24	21	32	16	13	39	33	19	25	7	45
8/15	1:1	29	15	7	20	34	2	36	23	37	16	11	9	30	27	32	21	35	13	18	19	45
	1:2	34	3	31	2	12	14	6	17	26	8	30	1	33	39	23	13	36	11	32	24	45
	1:4	27	10	13	14	36	19	23	9	41	40	32	20	28	18	31	15	30	12	6	38	45
3/5	1:1	1	28	5	10	33	9	6	17	4	13	39	23	30	26	43	8	35	20	27	22	45
	1:2	30	28	8	19	1	44	3	38	11	39	10	24	29	25	17	7	5	15	4	2	45
	1:4	30	28	8	19	1	44	3	38	11	39	10	24	29	25	17	7	5	15	4	2	45
2/3	1:1	42	17	14	11	8	22	32	12	28	15	21	5	34	26	13	30	16	33	44	31	45
	1:2	28	29	36	10	38	39	21	14	44	18	7	26	4	31	9	6	37	27	25	20	45
	1:4	28	29	36	10	38	39	21	14	44	18	7	26	4	31	9	6	37	27	25	20	45
11/15	1:1	19	32	28	23	8	22	38	35	17	2	42	13	14	26	39	3	31	6	10	9	45
	1:2	19	32	28	23	8	22	38	35	17	2	42	13	14	26	39	3	31	6	10	9	45
	1:4	39	2	23	32	15	5	17	43	34	16	4	29	7	38	35	10	36	40	8	31	45

Таблица 3 — Перестановки QB, 10 бит на канал

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 10 бит на канал																									
		Секция 1					Секция 2					Секция 3					Секция 4					Секция 5				
1/3	1:1	27	17	42	8	30	38	6	15	32	36	22	18	40	26	14	41	45	29	23	29	20	4	44	37	2
	1:2	27	17	42	8	30	38	6	15	32	36	22	18	40	26	14	41	45	29	23	29	20	4	44	37	2
	1:4	42	30	27	8	17	38	32	36	6	15	26	14	40	18	22	9	45	23	41	29	20	4	44	37	2
2/5	1:1	30	35	13	26	38	22	14	1	10	19	7	21	24	45	33	41	3	43	20	31	9	16	11	34	4
	1:2	30	35	13	26	38	22	14	1	10	19	7	21	24	45	33	41	3	43	20	31	9	16	11	34	4
	1:4	44	23	13	45	1	2	21	14	4	25	41	20	22	29	19	30	24	17	42	33	27	5	36	11	3
7/15	1:1	9	1	33	4	20	16	29	41	38	6	19	14	35	30	39	43	15	27	44	10	11	3	24	18	7
	1:2	43	20	44	31	7	28	19	26	23	3	40	35	42	22	16	34	21	27	17	4	33	32	2	38	1
	1:4	39	32	44	31	10	33	19	36	11	4	28	7	18	22	1	41	35	14	13	29	34	2	3	24	9
8/15	1:1	27	3	43	12	17	18	8	40	22	15	31	7	41	29	21	30	6	26	28	36	39	9	19	16	32
	1:2	31	43	28	25	10	36	16	35	38	13	44	20	21	30	15	12	4	24	1	5	7	14	34	45	18
	1:4	28	25	44	37	8	2	10	38	3	6	13	42	39	35	1	16	41	18	9	17	34	19	27	11	4
3/5	1:1	17	28	39	7	14	29	16	35	41	45	2	5	18	1	32	42	13	37	34	21	33	25	40	12	6
	1:2	17	28	39	7	14	41	16	35	29	45	2	5	18	1	32	37	13	34	42	21	33	12	40	25	6
	1:4	35	12	38	32	24	28	11	45	23	33	42	14	40	6	31	3	8	17	2	15	19	43	37	20	22
2/3	1:1	14	6	24	15	23	39	28	36	30	11	13	8	22	34	10	9	44	33	41	5	12	31	2	3	29
	1:2	17	23	45	21	6	42	24	3	29	16	32	27	1	25	38	26	7	18	39	20	37	44	41	43	12
	1:4	38	30	11	27	17	16	22	45	21	44	1	23	3	2	35	7	8	12	39	13	40	6	42	36	14
11/15	1:1	45	43	10	35	16	24	29	1	41	27	26	5	25	23	44	8	13	30	12	9	17	39	22	4	38
	1:2	27	11	10	37	45	25	6	32	28	5	18	4	23	22	9	36	30	41	34	43	35	29	1	31	38
	1:4	1	30	15	7	35	26	22	27	21	44	17	23	37	31	39	9	8	13	36	24	4	42	34	20	28

Окончание таблицы 3

Скорость кода	Соотношение мощностей	Перестановки QB, 10 бит на канал																			
		Секция 6					Секция 7					Секция 8					Секция 9				
1/3	1:1	43	12	11	10	28	21	16	5	13	31	33	3	1	35	7	39	34	24	19	25
	1:2	43	12	11	10	28	21	16	5	13	31	33	3	1	35	7	39	34	24	19	25
	1:4	43	12	11	10	28	21	16	5	13	31	33	3	1	35	7	24	25	39	34	19
2/5	1:1	17	32	42	23	36	28	15	44	5	2	40	18	12	39	29	27	25	8	37	6
	1:2	17	32	42	23	36	28	15	44	5	2	40	18	12	39	29	27	25	8	37	6
	1:4	40	8	18	7	35	16	10	38	31	28	43	34	6	12	9	39	26	37	15	32
7/15	1:1	45	8	37	34	22	31	2	40	36	12	32	13	42	25	17	28	21	26	5	23
	1:2	39	10	36	11	8	6	24	41	15	5	18	25	45	13	29	14	9	30	37	12
	1:4	40	25	30	6	23	43	16	42	37	5	38	21	26	17	12	45	20	27	15	8
8/15	1:1	5	13	24	1	4	10	23	14	35	2	42	37	44	38	34	33	11	45	25	20
	1:2	33	11	42	27	9	39	17	26	40	23	32	3	22	41	6	8	19	29	37	2
	1:4	33	24	30	23	7	12	14	45	32	15	40	21	36	22	29	43	20	26	31	5
3/5	1:1	30	31	24	8	20	23	4	3	9	11	27	22	38	44	15	10	19	43	36	26
	1:2	30	31	24	8	20	23	4	3	9	11	15	27	38	44	22	43	26	36	10	19
	1:4	5	18	1	9	4	10	30	41	21	13	44	25	36	34	26	29	39	16	27	7
2/3	1:1	40	43	32	7	18	16	20	38	45	4	26	27	21	19	25	37	35	1	17	42
	1:2	5	10	11	35	33	28	40	34	4	8	30	13	19	2	22	9	14	31	15	36
	1:4	18	34	31	28	24	10	5	15	26	9	20	19	37	32	29	25	33	4	43	41
11/15	1:1	21	28	19	20	37	14	31	34	6	3	32	11	15	7	42	33	40	36	2	18
	1:2	7	3	16	44	12	2	40	33	39	20	17	26	8	42	15	24	19	13	21	14
	1:4	16	41	6	45	2	29	10	19	33	40	14	18	12	38	5	43	32	3	25	11

После квазициклического блочного перемежителя кодовое слово LDPC делится на параллельные секции, каждая секция содержит $N_{bpcu}/2$ смежных QB. Каждая секция обрабатывается независимо с помощью перемежителя секций. Число секций на кодовое слово LDPC для N_{bpcu} = 6, 8 и 10 должно быть равно 15, 11 и 9 соответственно. При N_{bpcu} = 8, поскольку 45 не делится на 4 без остатка, последний QB не принадлежит никакой секции и не должен обрабатываться перемежителем секций.

Перемежение секций заключается в записи битов каждой секции построчно в матрицу с 360 столбцами и $N_{bpcu}/2$ строками и дальнейшем чтении их последовательно столбец за столбцом. Применение такой стратегии чередования гарантирует, что каждый SM-блок содержит 2 смежных бита из каждого QB в соответствующей секции, как показано на рисунке 8 для N_{bpcu} = 8. Затем биты из всех разделов объединяются в сформированное кодовое слово LDPC.

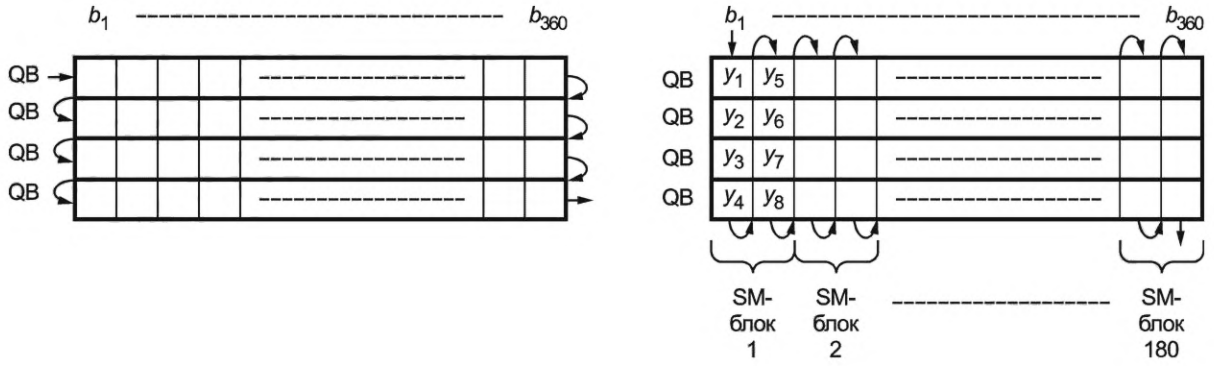


Рисунок 8 — Перемежитель секций, последовательности записи и чтения

7 Генерация комплексных символов

N_{bpcu} битов каждого SM-блока модулируют два комплексных символа S_1 и S_2, которые пространственно-мультиплексируются на две антенны. Отображение битов на действительные (Real) и мнимые (Imag) части комплексных символов показано на рисунке 9 для N_{bpcu} = 6, 8 и 10. Бит b_1 всегда является младшим.

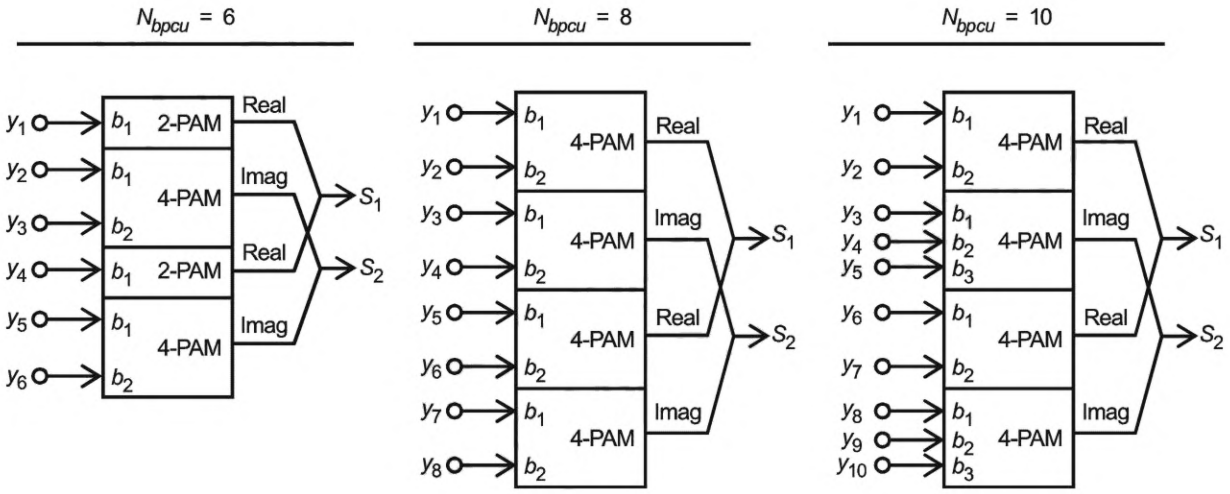


Рисунок 9 — Отображение SM-блоков на пары комплексных символов

Соответствующие битовое кодирование и маркировка реальных символов PAM показаны на рисунке 10. Бит b_1 всегда является младшим.

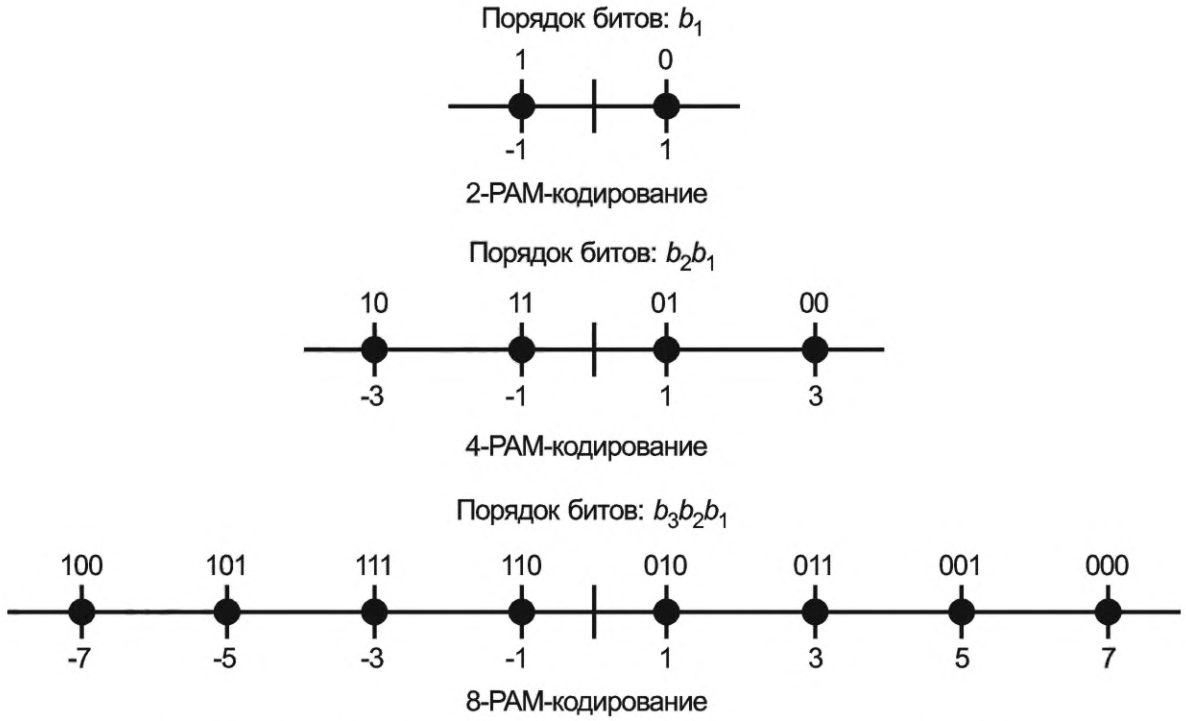


Рисунок 10 — Битовое кодирование и маркировка реальных символов PAM

Результирующие сигнальные созвездия для символов S_1 и S_2 приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Сигнальные созвездия для символов S_1 и S_2

	Сигнальное созвездие		
Символ	$N_{bpcu} = 6$	$N_{bpcu} = 8$	$N_{bpcu} = 10$
S_1	QPSK	16-QAM	16-QAM
S_2	16-QAM	16-QAM	64-QAM
Примечание — Для 64-QAM используют только равномерное отображение на сигнальное созвездие.			

8 Соотношение мощностей

Профиль MIMO следует использовать с одним из трех фиксированных соотношений мощности (ГП/ВП или ВП/ГП), чтобы облегчить разделение во времени с услугами SISO без нежелательных флуктуаций огибающей мощности станции или чрезмерной потери бюджета канала SISO.

Доступные значения соотношений (дисбаланса) мощностей: 0, 3 и 6 дБ.

Дисбаланс мощностей может дополнительно применяться ко всем PLP и типам кадров, SISO, MISO и MIMO. Там, где кодирование Аламоути используется в кроссполяризационном контексте, матрица дисбаланса определяется выражением

$$\begin{bmatrix} g'_q(Tx1) \\ g'_q(Tx2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_q(Tx1) \\ g_q(Tx2) \end{bmatrix}, \quad q = 0 \ldots N_{data} - 1 \tag{1}$$

где β = 1/2, 1/3 и 1/6 при дисбалансе мощностей 0, 3 и 6 дБ соответственно;

$g_q(Tx1)$, $g_q(Tx2)$ — пары ячеек OFDM до внесения дисбаланса мощностей;

$g'_q(Tx1)$, $g'_q(Tx2)$ — пары ячеек OFDM после внесения дисбаланса мощностей;

N_{data} — число ячеек данных в символе OFDM (включая все немодулированные ячейки данных в символе закрытия кадра).

В случае кроссполяризационной передачи для кадров SISO два элемента передачи должны генерироваться согласно выражению

$$\begin{bmatrix} g'_q(Tx1) \\ g'_q(Tx2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_q \\ g_q \end{bmatrix}, \quad q = 0 \ldots N_{data} - 1 \tag{2}$$

где g_q — ячейки OFDM до внесения дисбаланса мощностей;

$g'_q(Tx1)$, $g'_q(Tx2)$ — пары ячеек OFDM после внесения дисбаланса мощностей;

N_{data} — число ячеек данных в символе OFDM (включая все немодулированные ячейки данных в символе закрытия кадра).

Примечание — Если указанные параметры фиксированного дисбаланса мощности не используются, а флуктуации огибающей мощности приемлемы, то кадры MIMO передаются с дисбалансом мощности 0 дБ, а кадры SISO с одной поляризацией (бесконечный дисбаланс).

9 Прекодирование MIMO

9.1 Общие положения

Кодирование MIMO ориентировано на систему MIMO 2 × 2, и по крайней мере две наземные антенны должны быть размещены как на стороне передатчика, так и на стороне приемника. Кодирование MIMO не должно применяться к символам преамбулы P1, aP1 и L1-PRE, а пилот-сигналы обрабатываются как в базовом профиле.

Прекодирование MIMO применяется на уровне PLP и заключается в умножении пар ячеек (f_{2i}, f_{2i+1}) на переменную матрицу прекодирования $W(i)$. Пары закодированных ячеек (g_{2i}, g_{2i+1}) должны передаваться в одном и том же символе OFDM и на одной несущей с выходов передатчиков *Tx1* и *Tx2* соответственно согласно следующему выражению:

$$\begin{pmatrix} g_{2i} \\ g_{2i+1} \end{pmatrix} = W(i) \begin{pmatrix} f_{2i} \\ f_{2i+1} \end{pmatrix}, \; i = 0, 1, \ldots, N_{cells}/2 - 1, \tag{3}$$

где i — индекс пары ячеек внутри блока FEC;

N_{cells} — число ячеек, требуемых для передачи одного блока LDPC при использовании кодирования MIMO, и которое равно N_{ldpc}/N_{bpcu}.

Процесс прекодирования MIMO состоит из прекодирования пространственного мультиплексирования, за которым следует дополнительная скачкообразная перестройка фазы, как показано на рисунке 11.

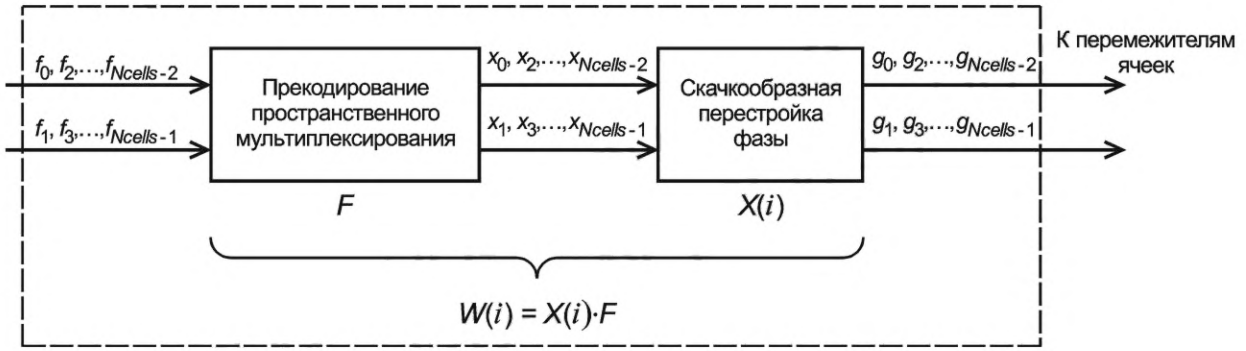


Рисунок 11 — Структурная схема прекодирования MIMO

Комбинированная матрица прекодирования $W(i)$ является произведением фиксированной матрицы прекодирования пространственного мультиплексирования F и переменной матрицы скачкообразной перестройки фазы $X(i)$.

Для двойных схем MIMO обе ветви MIMO, т. е. процессы генерации сигнала для обеих передающих антенн, должны использовать одинаковые конфигурации перемежителя во времени. Требуемое число MU-блоков для обратного перемежения по времени $N_{MUs,PLP}$ на ветвь MIMO рассчитывают так же, как для схемы SISO базового профиля, когда один MU-блок всегда соответствует одной ячейке для любого сигнального созвездия — QPSK, 16-, 64- и 256-QAM. Общий требуемый объем памяти обратного перемежения для обеих ветвей MIMO в два раза больше этого значения. Ограничение памяти для профиля MIMO составляет $\Sigma 2N_{MUs,\ PLP} \le 2^{18}$ MU-блоков, где суммируются все каналы PLP в данном кластере каналов PLP, а коэффициент 2 обусловлен тем, что размер обеих ветвей MIMO в два раза больше, чем одна ветвь MIMO.

Если прекодирование MIMO не используется, то используется только один тракт передающей антенны ($Tx1$), а входные символы QAM должны быть скопированы непосредственно на выход, т. е. $g_k = f_k$ для $k = 0, 1, 2,\ldots, N_{data}-1$.

9.2 Кодирование пространственного мультиплексирования

Процесс кодирования пространственного мультиплексирования выполняется на парах нормализованных символов QAM $[f_{2i}(Tx1),\ f_{2i+1}(Tx2)]$, поступающих от блока отображения на сигнальное созвездие. Ячейки с полезной нагрузкой до применения скачкообразной перестройки фазы $x_{2i}(Tx1)$, для передающей антенны 1 и $x_{2i+1}(Tx2)$, для передающей антенны 2 должны генерироваться из входных символов в соответствии со следующим выражением:

$$\begin{bmatrix} x_{2i}(Tx1) \\ x_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & -\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{2i}(Tx1) \\ f_{2i+1}(Tx2) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$i = 0,\ldots,(N_{cells}/2)-1$$

где N_{cells} — число ячеек, требуемых для передачи одного блока LDPC при использовании кодирования MIMO, и которое равно N_{ldpc}/N_{bpcu}.

Обработка MIMO может применяться при использовании 6, 8 или 10 бит на канал (N_{bpcu}) и при соотношении мощностей 0,3 или 6,0 дБ между двумя передающими антеннами. При кодировании MIMO должны использоваться определенные значения параметров для каждого случая в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 — Параметры кодирования пространственного мультиплексирования

Соотношение мощностей между двумя передающими антеннами			0 дБ			3 дБ			6 дБ		
N_{bpcu}	Модуляция		β	θ	α	β	θ	α	β	θ	α
6	$f_{2i}(Tx1)$	QPSK	0,50	45°	0,44	1/3	0°	0,50	0,20	0°	0,50
	$f_{2i+1}(Tx2)$	16-QAM									
8	$f_{2i}(Tx1)$	16-QAM	0,50	$\operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{2}+4}{\sqrt{2}+2}\right)$	0,50	1/3	25°	0,50	0,20	0°	0,50
	$f_{2i+1}(Tx2)$	16-QAM									
10	$f_{2i}(Tx1)$	16-QAM	0,50	22°	0,50	1/3	15°	0,50	0,20	0°	0,50
	$f_{2i+1}(Tx2)$	64-QAM									
Примечание — $-\pi/2 < \operatorname{arctg} < \pi/2$.											

Процесс кодирования должен поочередно повторяться для каждой пары символов QAM.

9.3 Скачкообразная перестройка фазы

За исключением гибридного профиля MIMO, в котором используется VMIMO, скачкообразная перестройка фазы должна применяться на выходе блока прекодирования пространственного мультиплексирования и представлять собой увеличение фазы комплексных ячеек, передаваемых по каналу $Tx2$.

Изменение фазы выполняют путем умножения каждой пары ячеек (x_{2i}, x_{2i+1}) на переменную матрицу $X(i)$, в результате чего получается пара ячеек (g_{2i}, g_{2i+1}), т. е. кодированная полезная нагрузка ячеек символа OFDM представлена следующим выражением:

$$\begin{pmatrix} g_{2i} \\ g_{2i+1} \end{pmatrix} = X(i) \begin{pmatrix} x_{2i} \\ x_{2i+1} \end{pmatrix}, \; i = 0, 1, \ldots, N_{cells}/2 - 1, \tag{5}$$

где $X(i)$ вычисляют по формуле

$$X(i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\Phi_{PH(i)}} \end{pmatrix}, \; i = 0, 1, \ldots, N_{cells}/2 - 1. \tag{6}$$

Изменение фазы для пары ячеек i $\Phi_{PH(i)}$ равно $2\pi i/9$, т. е. оно инициализируется равным 0 в начале каждого блока FEC и увеличивается на $2\pi/9$ для каждой последующей пары ячеек. Результирующий шаблон скачкообразной перестройки фазы является периодическим с периодом 9 пар ячеек, т. е. $X(i+9) = X(i)$. Поскольку число пар ячеек в блоке FEC кратно 9 для всех видов модуляций, всегда существует целое число периодов скачкообразной перестройки фазы в каждом блоке FEC.

Матрица скачкообразной перестройки фазы $X(i)$ не зависит от вида модуляции и соотношения мощностей.

10 Обработка рОЧС для MIXO

Главное назначение рОЧС в профиле MIMO заключается в передаче кадров SISO как части передачи, содержащей как кадры SISO, так и кадры MIXO. Мощность сигнала рОЧС делится так же, как мощность MIXO через различные компоненты передачи (например, части ГП/ВП в случае кроссполяризационной передачи), чтобы достичь соответствующего соотношения мощностей таким образом, чтобы средняя мощность была одинаковой на каждом компоненте передачи во время передачи SISO и MIXO. Обработка рОЧС применяется в профиле MIMO на уровне кадра для модуляции символов OFDM, путем умножения каждой несущей k на коэффициент предыскажения Φ_k, как в базовом профиле.

Если требуется обеспечить непрерывность свойств идентификации передатчика в рОЧС во время передачи как кадров MIMO, так и кадров SISO, то рОЧС может непрерывно применяться ко всем типам кадров.

11 Опции SISO/MIXO для символов P1, aP1 и P2

В таблице 6 приведены варианты кодирования SISO/MIXO, применимые к символам P1, aP1 и P2.

Таблица 6 — Варианты кодирования SISO/MIXO, применимые к символам P1, aP1 и P2

Тип PLP	Тип символа				
	P1/aP1	P2	P2	P2	Символы данных
		L1-PRE	L1-POST	Данные	
SISO	Некодированный SISO или рОЧС	Некодированный SISO или рОЧС	Некодированный SISO или рОЧС	Некодированный SISO или рОЧС	Некодированный SISO или рОЧС
MISO	Некодированный SISO или рОЧС	Аламоути	Аламоути	Аламоути	Аламоути
MIMO	Некодированный SISO или рОЧС	Аламоути	Аламоути или КПМ/СПФ	Аламоути или КПМ/СПФ	Аламоути или КПМ/СПФ

Примечания

1 Строка с SISO приведена только для информации.

2 Если применяют кодирование Аламоути или КПМ/СПФ, то в рОЧС должен присутствовать уникальный код для каждого передатчика или антенны.

12 Особенности данных сигнализации L1 для профиля MIMO

12.1 Данные сигнализации P1 и aP1

Профиль MIMO должен сигнализироваться в преамбуле P1 значениями S1 = 111 (код ESC) и S2 поле 1 = 000 (сигнал MIMO NGH).

За преамбулой P1 должен следовать дополнительный символ P1 (aP1). Символ aP1 должен содержать 7 бит для сигнализации согласно таблице 7.

Таблица 7 — Формат символа aP1 в профиле MIMO

Поле	Длина поля, бит	Назначение
S3	3	Размерность БПФ/защитный интервал
S4	4	Зарезервировано

Поле S3 (3 бита) указывает размерность БПФ и дает частичную информацию о защитном интервале для оставшихся символов в кадре NGH профиля MIMO согласно таблице 8.

Таблица 8 — Поле S3 преамбулы NGH MIMO

Биты поля S3	Размерность БПФ/защитный интервал	Описание
000	Размерность БПФ: 1к, любые доступные значения защитного интервала	Указывает размерность БПФ и значение защитного интервала символов в кадре NGH профиля MIMO
001	Размерность БПФ: 2к, любые доступные значения защитного интервала	
010	Размерность БПФ: 4к, любые доступные значения защитного интервала	
011	Размерность БПФ: 8к, защитный интервал 1/32; 1/16; 1/8; 1/4	
100	Размерность БПФ: 8к, защитный интервал 1/128; 19/256; 19/128	
101	Размерность БПФ: 16к, защитный интервал 1/128; 19/256; 19/128	
110	Размерность БПФ: 16к, защитный интервал 1/32; 1/16; 1/8; 1/4	
111	Зарезервировано	

Поле S4 (4 бита) зарезервировано для будущих применений.

Модуляция и состав символа aP1 должны соответствовать базовому профилю.

12.2 Данные сигнализации L1-PRE

В таблице 9 приведена сигнализация L1-PRE, специфичная для профиля MIMO.

Таблица 9 — Сигнализация L1-PRE, специфичная для профиля MIMO

Поле	Длина
…	
L1_POST_MIMO	4 бита
L1_POST_NUM_BITS_PER_CHANNEL_USE	3 бита
…	

Поле L1-POST_MIMO (4 бита) указывает схему MIMO блока данных сигнализации L1-POST. Схема MIMO должна сигнализироваться согласно таблице 10.

Таблица 10 — Формат сигнализации схемы MIMO блока данных сигнализации L1-POST

Значение	Сигнальное созвездие
0000	Аламоути
0001	КПМ/СПФ
0010 … 1111	Зарезервировано

Поле L1_POST_NUM_BITS_PER_CHANNEL_USE (3 бита) указывает число битов на канал для схемы MIMO, используемой сигнализацией L1-POST. Значение этого поля определено в таблице 13.

12.3 Данные сигнализации L1-POST

12.3.1 Конфигурируемые данные сигнализации L1-POST

В таблице 11 приведена семантика конфигурируемых полей сигнализации L1-POST, характерных для профиля MIMO.

Таблица 11 — Семантика конфигурируемых полей сигнализации L1-POST, характерных для профиля MIMO

Поле	Длина
IF S1 = “111” and S2 = “000x” or “011x” {	
PLP_MIMO_TYPE	4 бита
IF PLP_MIMO_TYPE = “0001” {	
PLP_NUM_BITS_PER_CHANNEL_USE	3 бита
}	
ELSE {	
PLP_MOD	3 бита
}	
}	
ELSE {	
PLP_MOD	3 бита
}	

Поле PLP_MIMO_TYPE (4 бита) указывает схему MIMO, используемую текущим PLP. Схема MIMO должна иметь формат сигнализации согласно таблице 12.

Таблица 12 — Формат сигнализации схемы MIMO в поле PLP_MIMO_TYPE

Значение	Схема MIMO текущего PLP
0000	Аламоути
0001	КПМ/СПФ
0010 … 1111	Зарезервировано

Следующее поле присутствует, только если PLP_MIMO_TYPE = 0001 (КПМ/СПФ).

Поле PLP_NUM_BITS_PER_CHANNEL_USE (3 бита) указывает число битов на канал N_{bpcu} для схемы MIMO, используемой текущим PLP. Значение этого поля определяется в соответствии с таблицей 13.

Таблица 13 — Формат сигнализации поля PLP_NUM_BITS_PER_CHANNEL_USE

Значение	N_{bpcu}	Модуляция	
000	6	$f_{2i}(Tx1)$	QPSK
		$f_{2i+1}(Tx2)$	16-QAM
001	8	$f_{2i}(Tx1)$	16-QAM
		$f_{2i+1}(Tx2)$	16-QAM
010	10	$f_{2i}(Tx1)$	16-QAM
		$f_{2i+1}(Tx2)$	64-QAM
011—111	Зарезервировано	Зарезервировано	

Следующее поле присутствует, только если PLP_MIMO_TYPE равно 0000 и не равно 0001 и 0010 (схема Аламоути).

Поле PLP_MOD (3 бита) указывает модуляцию, используемую текущим PLP. Модуляция должна сигнализироваться согласно таблице 14.

Таблица 14 — Модуляция, используемая текущим PLP

Значение поля PLP_MOD	Модуляция
000	QPSK
001	16-QAM
010	64-QAM
011	256-QAM
100	Неравномерная 64-QAM
101	Неравномерная 256-QAM
110 — 111	Зарезервировано

12.3.2 Динамические данные сигнализации L1-POST

В профиле MIMO динамическая сигнализация L1-POST должна соответствовать сигнализации базового профиля.

12.3.3 Внутриполосная сигнализация типа A

В профиле MIMO внутриполосная сигнализация типа A должна соответствовать сигнализации базового профиля.

УДК 621.397.132.129:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: цифровое вещательное телевидение, система цифрового телевизионного вещания для портативных устройств последующего поколения, спецификация физического уровня, DVB-NGH, профиль MIMO, MISO, MIXO, SISO, сигнализация, кроссполяризация, мультиплексирование, кодирование

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 26.08.2024. Подписано в печать 29.08.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
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