



Карякин Владимир Леонидович –

доктор технических наук, профессор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, действительный член академии Телекоммуникаций и информатики.

Действительный член IEEE.

Официальный участник Университетской программы Intel FPGA.

Занимается внедрением новых SDR (Software Defined Radio) технологий на программном уровне в информационные системы, сети, телекоммуникационные устройства и цифровое телевидение, разработкой средств дистанционного образования, САПР радиотехнических устройств.

Автор двадцати одной книги – учебника, одиннадцати учебных пособий для ВУЗов, девяти монографий и свыше трехсот научных публикаций.

Оглавление

Введение	8
1 Технологии построения систем и сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	13
1.1 Введение	13
1.1.1 Коммерческие требования к DVB-T2	14
1.1.2 Сравнительная оценка DVB-T и DVB-T2	15
1.1.3 Режим MISO.....	16
1.2 Базовые принципы построения систем и сетей стандарта DVB-T2.....	17
1.2.1 Схема модуля входной обработки для режима "А"	18
1.2.2 Адаптация данных и потоков в режиме "В"	19
1.2.3 Перемежение бит, кодирование и модуляция.....	20
1.2.4 Формирование кадров.....	22
1.2.5 Генерация OFDM.....	23
1.3 Заключение по технологии построения систем и сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	24
2 Спецификация режимов систем и сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2	27
2.1 Введение	27
2.2 Режимы работы систем и сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	27
2.2.1 BB-кадры и помехоустойчивое кодирование	27
2.2.2 Модуляция	29
2.2.3 Распределенные пилот-сигналы.....	31
2.2.4 Структура кадра DVB-T2 и дифференцированная помехоустойчивость отдельных услуг	34
2.2.5 Перемежение.....	35
2.2.6 Поворот сигнального созвездия и циклические Q задержки	37
2.2.7 Сеть в режиме MISO	37
2.2.8 Уменьшение отношения пиковой к средней мощности передачи	39
2.2.9 Дополнительные функции.....	40
2.3 Заключение по спецификации режимов систем и сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	41

3 Системные требования к оборудованию телевизионного вещания в России	43
3.1 Введение	43
3.2 Формирование регионального мультимплекса	45
3.2.1 Замечания по Разделу 12.1.1 стандарта	45
3.2.2 Требования по формированию регионального мультимплекса	45
3.3 Метрологическое обеспечение технической эксплуатации одночастотных сетей	48
3.3.1 Замечания по Разделам 12.1.2, 12.1.3 стандарта	48
3.3.2 Требования по метрологическому обеспечению технической эксплуатации одночастотных сетей	48
3.4 Оценка эффективности работы одночастотных сетей	49
3.4.1 Замечания по Разделу 12.1.4 стандарта	49
3.4.2 Требования по оценке эффективности работы одночастотных сетей	50
3.5 Распределенная система мониторинга качества телерадиовещания стандарта DVB-T2	51
3.5.1 Замечания по Разделу 12.1.5 стандарта	51
3.5.2 Требования к распределенной системе мониторинга качества телерадиовещания стандарта DVB-T2	52
3.6 Перспективы развития оборудования стандарта DVB-T2 на программном уровне	52
3.7 Заключение по системным требованиям к оборудованию телевизионного вещания в России	53
4 Интерференционные искажения в одночастотных сетях цифрового ТВ	55
4.1 Общие сведения	55
4.2 Структурная схема стандартного измерительного приемника ТВ сигнала	55
4.3 Исследование влияния интерференции на качество приема	56
4.4 Интегральная оценка эффективности компенсации интерференционных искажений в приемнике	62
4.4.1 Модель демодулятора COFDM сигнала приемника с компенсацией интерференционных искажений	62

4.4.2 Предварительная качественная оценка эффективности компенсации интерференционных искажений	63
4.4.3 Интегральная количественная оценка эффективности работы приемников с различными алгоритмами обработки сигнала.....	66
4.5 Заключение по результатам исследования влияния интерференции на работу одночастотной сети цифрового ТВ	68
5 Передача сервисной информации в SDR системах и сетях цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2	70
5.1 Общие сведения	70
5.2 Анализ методов передачи сервисной информации.....	70
5.3 Анализ скорости передачи информации на качество сервисов	76
5.4 Анализ распределения скорости передачи информации в первом мультиплексе РФ	80
5.5 Заключение по передаче сервисной информации в SDR системах и сетях цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2.....	86
6 Технологии построения SDR систем телерадиовещания стандарта DVB-T2 на программном уровне	89
6.1 Введение	89
6.2 Программная платформа GNU Radio Companion	89
6.3 Назначение функциональных блоков потоковой диаграммы и их технические параметры	91
6.3.1 Блок File Source	92
6.3.2 Блок BBheader.....	96
6.3.3 Блок BBscrambler.....	102
6.3.4 Блок BCH Encoder	107
6.3.5 Блок LDPC Encoder	110
6.3.6 Блок Bit Interleaver.....	115
6.3.7 Блок DVB-T2 Modulator.....	121
6.3.8 Блок Cell/Time Interleaver	126
6.3.9 Блок Frame Mapper	133
6.3.10 Блок Frequency Interleaver.....	154

6.3.11 Блок Pilot Generator and IFFT	167
6.3.12 Блок Tone Reservation PAPR.....	182
6.3.13 Блок OFDM Cyclic Prefixer	194
6.3.14 Блок P1 Symbol Insertion	200
6.3.15 Блок Multiply Const.....	213
6.3.16 Блок Omnicom Sink.....	216
6.3.17 Блок Options	218
6.3.18 Блок Variable	219
6.3.19 Блок QT GUI Sink	220
6.3.20 Блок QT GUI Range	223
6.4 Заключение по технологии построения SDR систем телерадиовещания стандарта DVB-T2 на программном уровне.....	225
7.Технологии построения SDR сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	227
7.1 Введение	227
7.2 Ограничения в использовании существующих региональных сетей ТВ вещания.....	228
7.3 Структурная схема наземной части SDR сети в области вещания.....	229
7.4 Структурная схема части SDR сети, расположенной в Региональном центре формирования мультиплексов.....	231
7.5 Методика диагностики качества работы сетей SDR.....	233
7.6 Заключение по технологии построения SDR сетей телерадиовещания стандарта DVB-T2.....	235
Литература.....	237
Приложение 1 – Потокковая диаграмма SDR передатчика	242
Приложение 2 – Словарь русскоязычных сокращений	243
Приложение 3 – Словарь иностранных сокращений	248

Введение

Уровень современного развития телерадиовещания, как важнейшего средства массовой информации, имеет первостепенное значение для социальной стабильности общества, информационной безопасности государства, экономической активности и духовного развития населения.

Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин в своем выступлении на пленарном заседании конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» (22.11.2023) отметил расширение использования технологий Искусственного Интеллекта (ИИ) в отраслях экономики, техники и социальной сферы России. Президент подчеркнул, что технологии ИИ нового поколения становятся партнерами людей в самых разных областях науки и техники.

Безусловно, что повышение уровня современного развития телерадиовещания с использованием возможностей ИИ в настоящее время является актуальной задачей.

Одним из вариантов повышения уровня развития телерадиовещания является переход оборудования телевизионного вещания в РФ на программное оборудование, получившее название **SDR (Software Defined Radio)**, создание **SDR** систем и сетей, превосходящих по своим техническим и экономическим показателям зарубежные аналоги. Эффективным инструментом для решения этой задачи является ИИ.

При переходе к реализации **SDR** систем и сетей телерадиовещания в стандарте **DVB-T2**, искусственный интеллект имеет следующее значение.

1. *Алгоритмы управления*: ИИ может быть применен для оптимизации алгоритмов управления передатчиками, антеннами и другими компонентами **SDR** систем и сетей **DVB-T2**. Это позволяет повысить эффективность использования радиочастотного спектра и улучшить качество передачи сигнала.

2. *Машинное обучение для адаптации к изменениям*: ИИ может быть использован для создания алгоритмов машинного обучения, которые позволяют адаптировать **SDR** системы и сети **DVB-T2** к изменяющимся условиям радиочастотной среды, что помогает улучшить производительность и стабильность передачи.

3. *Обработка сигналов*: ИИ может играть важную роль в цифровой

измененному ключу, присутствуют в потоке данных, использование нового ключа позволит правильно интерпретировать эти границы.

2. *Необходимость соответствия других блоков*: Все последующие или предшествующие блоки, которые зависят от этой тегированной информации, должны быть настроены на использование соответствующего ключа тега. Если это не произойдет, может быть нарушена координация между блоками, что приведет к неправильной обработке данных.

3. *Потенциальные ошибки при обработке*: Если ключ тега, используемый в "**Length tag key**", не соответствует ключу тега, который используется в потоке, или если блоки, предназначенные для чтения этих тегов, не могут найти или распознать теги, этот блок будет работать неправильно, что может привести к потере данных или потере синхронизации в потоке обработки.

Ключевой момент при использовании тегов в **GNU Radio** заключается в том, что все блоки в обработочной цепочке должны иметь соглашение о значении и использовании тегов. Изменение этого параметра должно быть координировано по всей цепи обработки данных, чтобы гарантировать правильное функционирование системы.

6.3.14 Блок *P1 Symbol Insertion*

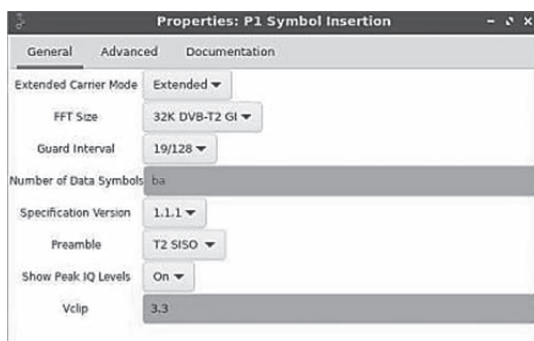


Рис.6.14. Блок **P1 Symbol Insertion**

6.3.20 Блок QT GUI Range

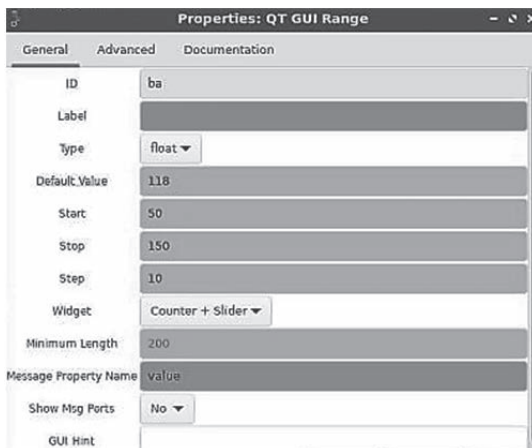


Рис.6.20. Блок QT GUI Range

VLK. Для чего нужен блок «QT GUI Range» при создании передатчика стандарта DVB-T2 в программном обеспечении GNU Radio?

Блок "QT GUI Range" в программном обеспечении GNU Radio используется для отображения изменяющихся числовых значений в виде ползунков (*range*) на графическом пользовательском интерфейсе (GUI) в режиме реального времени. При создании передатчика стандарта DVB-T2, этот блок может быть использован для удобной настройки различных параметров передачи сигнала через визуальный интерфейс.

Блок "QT GUI Range" позволяет операторам удобным образом менять параметры, такие как частота несущей, амплитуда, фаза, уровень шума и другие характеристики сигнала, используя ползунки (*range*) на графическом пользовательском интерфейсе. Это обеспечивает простой и интуитивно понятный способ управления различными параметрами передатчика в режиме реального времени.

Таким образом, блок "QT GUI Range" предоставляет важный инструмент для интерактивной настройки параметров передатчика

VSS - Visual System Simulator, визуальный симулятор системы

VPN - Virtual Private Network, виртуальная частная сеть

W

WMP - Windows Media Player, проигрыватель мультимедийных файлов

WT - Wavelet-Transform, вейвлет-преобразование; метод сжатия видеoinформации

WWW - World Wide Web, Всемирная паутина; распределенная ин-формационная система

X

XLR, тип разъёма, широко распространенного в области професси-ональной обработки звука

Y

Y, C_B, C_R, компоненты цифрового видеосигнала (**Y** - сигнал яркости; **C_R, C_B** - цветоразностные сигналы изображения)

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «СОЛОН-Пресс»

123001, г. Москва, а/я 82

Телефоны: (495) 617-39-64, (495) 617-39-65

Е-mail: kniga@solon-press.ru, www.solon-press.ru

Распространение через сеть магазинов и маркетплейсов

ООО КТК «Галактика»

115487, г. Москва, проспект Андропова, д. 38

Телефоны: (499) 782-38-89

Е-mail: books@aliens-kniga.ru, <https://www.galaktika-dmk.com/>

ООО «СОЛОН-Пресс»

115487, г. Москва, пр-кт Андропова, дом 38, помещение № 8, комната № 2.

Формат 60×88/16. Объем 16,5 п. л. Тираж 200 экз.