

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

*Кафедра компьютерной физики и метаматериалов  
на базе Саратовского филиала  
Института радиотехники и электроники  
имени В.А. Котельникова РАН*

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ  
СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ DVB-T2**

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ  
(БАКАЛАВРСКОЙ) РАБОТЫ  
студента 4 курса 432 группы  
направления 03.03.02 «Физика» физического факультета  
Душева Ильи Иванович

Научный руководитель  
к.ф.-м.н. доцент А.С. Ремизов

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н. профессор В.М. Аникин

Саратов

2018

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуализация проблемы.** Переход на вещание в цифровом формате – общемировая тенденция развития телекоммуникаций. Цифровые алгоритмы обработки сигналов позволяют решать прикладные задачи, расширять спектр, предоставляемых сервисов и услуг, улучшать качество телевизионного изображения и звука. Во многих странах переход на цифровое вещание практически осуществлен, но задачи оптимизации и повышения качества передачи не перестают быть актуальными.

Возможные способы оптимизации на этапе модернизации существующих сетей DVB-T2, развернутых на территориях со сложным рельефом, разрабатываются в течение ряда лет различными специалистами.

В работе рассматривается в качестве примера одной из оптимизаций алгоритм программного комплекса, разработанный в статье А.Ф. Ломакина и Г.А. Стеценко ("Возможный алгоритм модернизации сети DVB-T2" // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2017. № 4(33)), позволяющего обеспечить автоматизацию процесса проектирования новой или модернизации существующей сети телевидения и объективно выбрать ее оптимальную конфигурацию. Следует отметить, что комплекс позволяет решить задачу поиска оптимальных значений только для одночастотной сети и лишь некоторых параметров сети, таких как мощность (предусмотрено только снижение), предусмотренная задержка, углы наклона и поворота для каждого передатчика. Остальные параметры сети либо стандартизированы, либо их изменение требует существенных затрат.

Основу программного комплекса составляет метод математического моделирования; приводится обоснование выбора модели Лонгли–Райса для прогнозирования распространения радиоволн. В дальнейшем планируется переход на использование более точной модели – ITWOM (Irregular Terrain with Obstructions Model).

В выпускной квалификационной работе рассматривается непосредственно и сам стандарт наземного цифрового телевидения второго поколения DVB-T2, который увеличивает емкость сетей эфирного наземного цифрового телевидения по сравнению с DVB-T при той же инфраструктуре сети и частотных ресурсах.

**Целью** данной работы ставится изучение технологии эфирного цифрового телевидения второго поколения, а также возможностей по модернизации существующих сетей DVB-T2.

**В задачи** работы входит:

- 1) изложение теоретических материалов о принципах работы, сферах применения и компонентах систем цифрового телевидения, изучение специфики одночастотных сетей DVB-T2 (Single Frequency Network — SFN);
- 2) анализ научных работ по возможности оптимизации существующих сетей DVB-T2;
- 3) приведение примеров алгоритмов модернизации.

**Структура и объем работы.** Выпускная квалификационная работа изложена на 47 страницах, состоит из введения, 3 разделов, и заключения. Библиографический список включает 24 наименования. Текст содержит 2 таблицы и иллюстрирован 16 рисунками.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В главе 1 рассматривается концепция цифрового вещания, его специфика и преимущества перед аналоговым вещанием, обобщенная модель цифровой системы передачи информации, семейство стандартов DVB.

Глава 2 посвящена цифровому телевидению второго поколения (DVB-T2). Рассматриваются устройство кодера, алгоритм помехоустойчивого кодирования, модуляция с «вращающимся» сигнальным созвездием, одночастотные сети в цифровом стандарте DVB-T2.

В главе 3 разбирается пример модернизации сети DVB-T2, включая описание ее имитационной модели, параметров сети, подлежащих оптимизации, целевая функция, а также программного комплекса.

**Обобщенная модель** цифровой системы передачи (ЦСП). информации показана на рисунке 1. Данная схема широко используется в теории помехоустойчивого кодирования, поскольку она охватывает большинство ситуаций, которые встречаются на практике. Рассмотрим основные принципы работы показанной схемы.

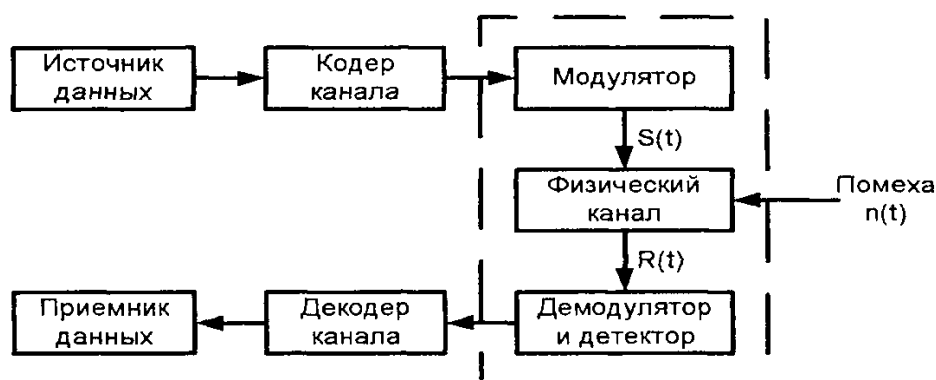


Рисунок 1. Структурная схема обобщенной модели ЦСП

**Семейство стандартов DVB**, DVB (Digital Video Broadcasting) - цифровое видео вещание – семейство стандартов цифрового телевидения, разработанных международным консорциумом DVB Project. Стандарт DVB-T2 разработан для наземного эфирного вещания второго поколения. Использование DVB-T2 для телевидения высокой чёткости является основным элементом долговременной стратегии по переводу на него всего цифрового вещания. Схема системы стандарта показана на рисунке 2.

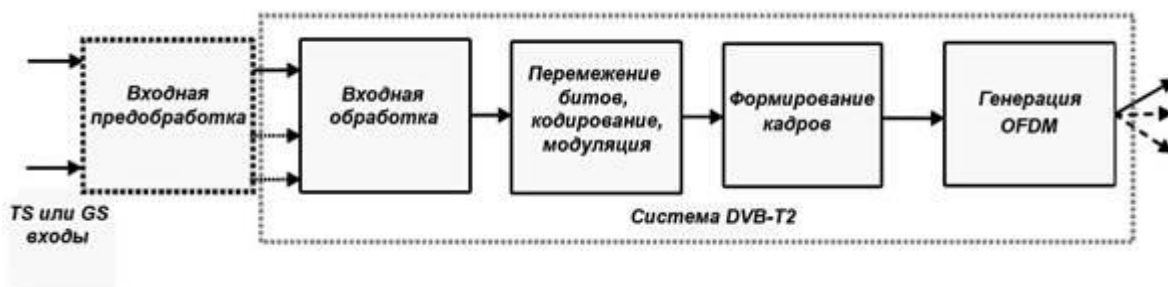


Рисунок 2. Обобщенная структурная схема системы стандарта DVB-T2

В работе детально рассматриваются режимы функционирования всех блоков системы передачи информации, представленные на рисунках 1 и 2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены общие сведения о технологии цифрового телевидения второго поколения, рассмотрена специфика организации одночастотных сетей (Single Frequency Network — SFN), для которых в стандарте DVB-T2 введен новый режим MISO (multiple input single output — много входов — один выход), позволяющий достичь до 60 % выигрыша в полосе пропускания.

А также рассмотрен возможный алгоритм оптимизации такой сети, предложенный и опробованный сотрудниками кафедры электроники и средств связи Дальневосточного федерального университета.

Следует отметить, что комплекс позволяет решить задачу поиска оптимальных значений только для одночастотной сети и лишь некоторых параметров сети, таких как мощность (предусмотрено только снижение), предусмотренная задержка, углы наклона и поворота для каждого передатчика. Остальные параметры сети либо стандартизированы, либо их изменение требует существенных затрат.

Суть алгоритма сводится к получению множества решений, каждое из которых представляет возможную конфигурацию сети. Для количественной оценки решений используется целевая функция, которая оценивает долю обслуживаемой территории, при этом расчетные характеристики сигнала в каждой точке исследуемой области сравниваются с заданными экспертом значениями рабочих параметров. Для определения значения напряженности поля в точке приема используется модель Лонгли–Райса. Кроме того, модель сети включает уравнения, позволяющие оценить эффект сетевого усиления при приеме сигнала от нескольких передатчиков, работающих на одной частоте.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). – DVB Document A122, June 2008
2. Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). – DVB Document A133, February 2009.
3. Шахнович И. DVB-T2 – новый стандарт цифрового телевизионного вещания // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2009. № 6.
4. Серов А. DVB-T2 – цифровое телевидение второго поколения // 625 : журнал. 2009. № 07. ISSN 0869-7914.
5. Карякин В. Цифровое телевидение. М. : Изд-во Солон-Пресс. 448 с.
6. Мамчев Г. Теория и практика наземного цифрового телевидения. М. : Изд-во Горячая Линия – Телеком, 2012. 340 с.
7. Beutler R. Frequency Assignment and Network Planning for Digital Terrestrial Broadcasting Systems. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2004.
8. Brugger R., Hemingway D. OFDM receivers - impact on coverage of inter-symbol interference and FFT window positioning // EBU Tech. Review, 2003, pp. 1–12.
9. Dreo J., Petrowski A., Siarry P., Taillard E. Metaheuristics for hard optimization. Methods and case studies. Berlin, Springer, 2006. 369 p.
10. Guide on SFN Frequency Planning and Network Implementation with regard to T-DAB and DVB-T. N 1.0, July 2005.
11. Hufford G., Longley A., Kissick W. Guide to the use of the ITS irregular terrain model in the area prediction mode // NTIA, Tech. Rep., 1982, pp. 82–100.
12. ITU-R R.1546-3 Recommendation. Planning criteria for terrestrial digital television services in the VHF. UHF bands. Geneva, 2010.
13. ITU-R R. 1812 Recommendation. A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands.
14. ITU-R R. 526 Recommendation. Propagation by diffraction.
15. Kasampalis, S., Lazaridis, P.I., Zaharis, Z.D., Bizopoulos, A., Zettas, S., Cosmas, J. Comparison of Longley-Rice, ITM and ITWOM propagation models for DTV and FM broadcasting. WPMC, 2013, pp. 1–6.

16. Lomakin A.F., Stetsenko G.A. Some features of the single-frequency DVB-T2 network in the city of Vla-divostok // FEFU: School of Engineering Bulletin. 2016;4:25-38. URL: <https://www.dvfu.ru/-vestnikis/archive-editions/> – 4-29/3. – 05.09.2017.

17. Lomakin A.F., Stetsenko G.A. On possible ways to synchronize the FFT window of the demodulator DVB-T2 // Scientific session of TUSUR-2014: Russian. scientific-techn. Tomsk, 2014;2:52-54. URL: [http://old.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2014\\_2.pdf](http://old.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/2014_2.pdf)

18. Perez-Fontan F., Hernando-Rabanos J.M. Comparison of irregular terrain propagation models for use in digital terrain data based radiocommunication system planning tools. IEEE Transactions on Broadcasting. 1995(41); 2.

19. GOST P 54715-2011. Planning of terrestrial networks for digital television broadcasting. Technical basis.

20. Shkol'nyj S.I. Method for upgrading SFN DVB-T. T-COMM – telecommunications and transport. 2015(9); 5:57-62.

21. Technique of frequency planning of radio electronic means of digital television broadcasting of DVB-H standard / NIIR. Moscow, 2011, p. 63–77.

22. ETSI EN 302 755 V1.2.1 (2011–02) Цифровые системы (DVB-T2) для телевидения радиовещания и передачи данных

23. Аверченко А. П., Женатов Б. Д., Бессонов В. А. Одночастотные сети в цифровом стандарте DVB-T2 [Текст] // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2014 г.). СПб.: Заневская площадь, 2014. С. 40-42.

24. А.Ф. Ломакин, Г.А. Стеценко, "Возможный алгоритм модернизации сети DVB-T2". Вестник инженерной школы ДВФУ. 2017. № 4(33).