

Исследование возможности повышения пропускной способности системы DVB-T2

В.А. Нестеров, Н.С. Мальцева

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Аннотация: В работе дается краткий обзор технологии DVB-T2. Рассмотрены методы мультиплексирования сигналов OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing), CDMA (Code Division Multiple Access), SC-FDMA. Решена задача повышения пропускной способности системы MIMO (Multiple Input Multiple Output — множество входов множество выходов) с помощью внедрения технологии NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access), что позволит расширить зону действия системы в целом, увеличить среднюю скорость передачи информации в SFN (Single-frequency network — одночастотная сеть) зоне в расчете на одного пользователя, а также повысить помехоустойчивость телевизионного сигнала на приёмной стороне.

Ключевые слова: DVB-T2 (Digital Video Broadcasting — Second Generation Terrestrial — эфирного цифрового телевидения второго поколения), OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов), микрополосковая антенна, спектральная эффективность, канал связи.

ВВЕДЕНИЕ

Основное отличие стандарта DVB-T2 от DVB-T состоит в том, что пропускная способность DVB-T2 на 30% больше. Однако стандарт DVB-T обеспечивает более устойчивый сигнал в сложных условиях эфира (неблагоприятные погодные условия, узкополосные помехи). В стандарте DVB-T применяется модуляция COFDM (англ. Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ортогональное частотное разделение каналов с кодированием.), а в DVB T-2 – модуляция OFDM, это одна из ключевых особенностей обуславливает различие характеристик стандартов. В настоящее время остро стоит проблема увеличения пропускной способности существующих стандартов связи для удовлетворения потребностей пользователей цифрового эфирного телевизионного вещания [1,2].

1. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА DVB-T2

В настоящее время передача цифрового эфирного телевизионного вещания на территории Астраханской области ведётся в формате DVB-T2.

Вторая версия стандарта цифрового наземного телевидения DVB-T - DVB-T2, разработана в 2008 году обеспечивает, как минимум, 30%-ный прирост пропускной способности эфирных каналов, возможно и 50%-ное увеличение по сравнению с первоначальной версией.

DVB-T2 является последним в семействе стандартов DVB эфирного наземного цифрового телевидения, так как физически невозможно реализовать более высокую скорость передачи информации в единице спектра.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При использовании стандарта DVB-T2 в цифровом эфирном телевизионном вещании существует возможность внедрения метода NOMA, позволяющего одновременно передавать несколько сигналов на одной частоте с использованием разных способов передачи данных и различных кодов, в систему цифрового эфир-

ного телерадиовещания. Это позволяет повысить эффективность использования частотного ресурса и снизить стоимость оборудования и обслуживания сети связи.

3. МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ OFDM

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) - это метод мультиплексирования, который используется для передачи нескольких цифровых сигналов по одному каналу связи. Он основан на разделении сигнала на множество поднесущих частот, которые передаются одновременно. Поднесущие частоты ортогональны друг другу, что позволяет выделить сигнал из множества при приеме [6].

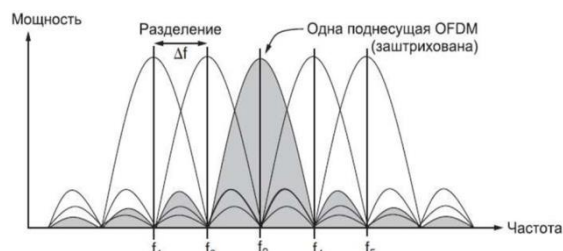


Рис. 1. Разделение полосы частот на поднесущие

OFDM широко используется в современных системах связи, таких как Wi-Fi, LTE и других. Он обеспечивает высокую скорость передачи данных и устойчивость к помехам, что делает его эффективным методом передачи цифровых сигналов [1-6].

Метод OFDM имеет ряд преимуществ перед другими методами передачи данных:

- Высокая скорость передачи данных благодаря использованию множества поднесущих;
- Устойчивость к помехам благодаря разделению сигнала на поднесущие [1];
- Возможность передачи нескольких потоков данных по одному каналу;
- Простота реализации и масштабируемость.

Однако, метод OFDM также имеет свои недостатки:

- Необходимость использования большого количества частотных каналов;

- Сложность реализации в случае использования длинных каналов связи;
- Ограниченная пропускная способность, если используется только один поток данных.

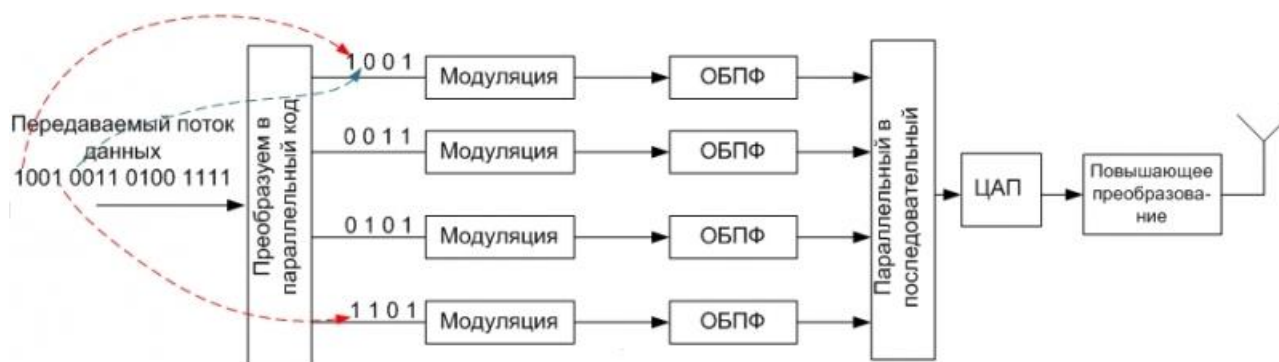


Рис. 2. Схематическое изображение OFDM приемника

В целом, метод OFDM является эффективным способом передачи данных в беспроводных сетях и широко используется в современном мире.

4. МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access) — это метод мультиплексирования цифровых сигналов, который позволяет передать несколько сигналов по одному физическому каналу связи. Принцип действия CDMA заключается в использовании уникального кода идентификации для каждого передаваемого сигнала. На приемной стороне сигнал декодируется путем сравнения его кода идентификации с кодами идентификации других сигналов, которые передаются вместе с ним по каналу связи. На приемной стороне каждый сигнал декодируется своим кодом идентификации и отделяется от общего потока данных, используя коды идентификации (CD).

Кодирование и декодирование в CDMA происходит с помощью кодов идентификации (также известных как коды разделения канала - CDM), которые позволяют разделять цифровые сигналы на отдельные каналы для передачи по общему каналу связи одновременно. Кодирование сигналов в CDMA осуществляется с помощью уникальных идентификационных кодов, которые имеют длину, равную количеству передаваемых цифровых сигналов. Каждый передаваемый сигнал кодируется своим идентификационным кодом, а затем отправляется по общему каналу. На приемной стороне сигналы декодируются с помощью соответствующих им идентификационных кодов и выделяются из общего потока данных. Преимущества метода CDMA включают:

- Высокая эффективность: Метод CDMA позволяет эффективно использовать радиочастотное пространство и обеспечивает высокую пропускную способность сети.
- Простота реализации: Метод CDMA прост в реализации, что делает его доступным для широкого круга пользователей.

- Гибкость: Метод CDMA обеспечивает гибкость в использовании ресурсов сети, что позволяет легко адаптироваться к изменяющимся требованиям пользователей.
- Надежность: Метод CDMA имеет высокую надежность и устойчивость к помехам, что обеспечивает надежную связь в сложных условиях.
- Экономичность: метод CDMA является экономичным с точки зрения использования радиочастотного спектра, что позволяет операторам связи снизить затраты на оборудование и обслуживание сети [3]

Однако метод CDMA включает также и недостатки:

- Ограниченный диапазон частот: Метод CDMA использует широкий диапазон частот, что может привести к конфликтам между различными операторами объектами цифрового вещания и сотовых операторов.
- Низкая скорость передачи данных: из-за широкого диапазона частот метод CDMA имеет низкую скорость передачи данных по сравнению с другими методами мультиплексирования.
- Необходимость точной настройки оборудования: для правильной работы метода CDMA необходимо точная настройка оборудования, что может быть сложно для начинающих пользователей.
- Ограниченная масштабируемость: Метод CDMA не может быть легко масштабирован для работы с большим количеством пользователей, что может ограничивать его использование в больших сетях.
- Преимущества метода CDMA включают более эффективное использование канала связи, чем частотное или временное разделение, более высокую скорость передачи данных и более надежную защиту от помех. Однако, его использование может быть ограничено при наличии большого количества абонентов или при необходимости передачи больших объемов данных. Метод был разработан в начале 1980-х годов и

стал популярным благодаря своей высокой эффективности и простоте реализации

4. МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ SC-FDMA

SC-FDMA — это технология передачи данных по беспроводным сетям, которая позволяет одновременно передавать множество сообщений на одной частоте с помощью различных временных интервалов и мощностей передачи.

SC-FDMA основан на использовании технологии OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), которая позволяет разделить цифровой сигнал на несколько подканалов и передавать их на разных частотах. Каждый из этих подканалов имеет свою временную позицию и мощность передачи, это позволяет передавать несколько данных одновременно на всей выделенной полосе частот.

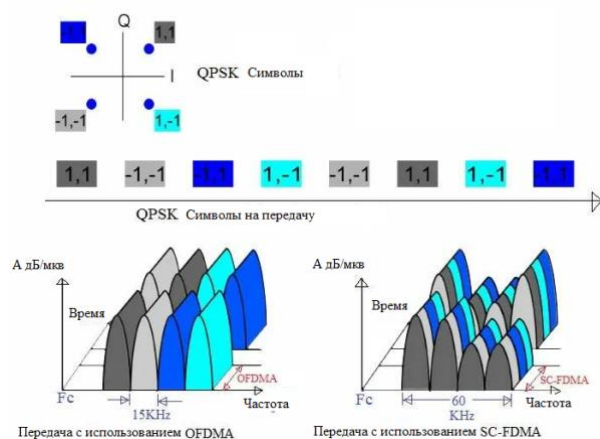


Рис. 3. Схематическое сравнение спектра OFDM и SC-FDMA приемника

5. МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ МИМО

МИМО (Multiple-Input Multiple-Output) - это метод мультиплексирования цифровых сигналов, который позволяет передавать несколько цифровых сигналов одновременно по одному каналу связи. МИМО основан на использовании нескольких антенн на передающей и приемной сторонах для передачи и приема сигнала.

При использовании МИМО, передающая сторона передает цифровые сигналы на каждую антенну, а приемная сторона принимает сигналы от каждой антенны и объединяет их для восстановления исходного сигнала. Это позволяет увеличить пропускную способность канала связи за счет увеличения количества передаваемых данных.

МИМО может быть использован в различных приложениях, таких как беспроводные сети, спутниковая связь, радиолокация и т.д. Он может значительно увеличить скорость передачи данных и улучшить качество связи при увеличении количества передаваемых сигналов. Один из классических схем приемопередачи цифрового сигнала представлена на рис. 4, где М – мо-

дулятор, ДМ – демодулятор, УМ – усилитель мощности, h_{ij} – аналоговый модулированный сигнал, X_n – последовательность битов.

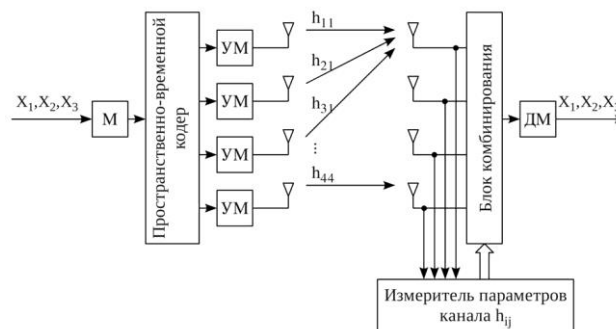


Рис. 4. Схема с пространственным разнесенным приемом и передачей

МИМО имеет ряд преимуществ перед другими методами мультиплексирования:

- Увеличение пропускной способности канала связи: МИМО позволяет передавать больше данных за один и тот же период времени, что увеличивает скорость передачи данных.
- Улучшение качества связи: МИМО улучшает качество связи за счет уменьшения помех и увеличения точности передачи данных.
- Гибкость: МИМО может использоваться в различных приложениях и условиях, что делает его универсальным методом мультиплексирования.
- Снижение затрат: МИМО обычно требует меньше оборудования и ресурсов для установки и эксплуатации, чем другие методы мультиплексирования, что снижает затраты на инфраструктуру связи.
- Улучшение безопасности: МИМО обеспечивает более высокий уровень безопасности связи, так как данные передаются через несколько антенн, что затрудняет их перехват и подделку.
- Увеличение дальности связи: МИМО увеличивает дальность связи за счет использования нескольких антенн, которые позволяют передавать данные на большие расстояния без потери качества связи.

МИМО также имеет некоторые недостатки:

- Сложность реализации: МИМО требует более сложного оборудования и программного обеспечения, что может увеличить стоимость установки и обслуживания системы.
- Ограничения на количество антенн: МИМО работает лучше с большим количеством антенн, но увеличение количества антенн может привести к увеличению стоимости и сложности системы.
- Проблемы с синхронизацией: МИМО использует несколько антенн для передачи данных, что может привести к проблемам с синхронизацией, особенно при использовании длинных кабелей или при наличии внешних помех.
- Увеличение задержки: МИМО увеличивает задержку передачи данных из-за необходимости

обработки нескольких сигналов на приемной стороне [4, 5].

6. ПРЕДЛАГАЕМАЯ СТРУКТУРА NOMA

(Non-Orthogonal Multiple Access) является методом повышения пропускной способности, который позволяет нескольким пользователям передавать данные на одной и той же частоте. В отличие от других методов, таких как OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access), NOMA не требует разделения частот между пользователями, что позволяет использовать всю доступную полосу пропускания для передачи данных. Это может значительно увеличить пропускную способность системы.

Кроме того, NOMA может обеспечить более эффективное использование ресурсов, поскольку каждый пользователь может передавать данные с максимальной скоростью, не мешая другим пользователям. Это особенно полезно в условиях высокой плотности пользователей, когда каждый бит данных имеет высокую ценность. NOMA обеспечивает более простое и эффективное управление ресурсами, чем OFDMA, что может сократить затраты на оборудование и упростить его настройку. NOMA также может обеспечить более высокую спектральную эффективность, поскольку сигналы от разных пользователей могут быть переданы на одной частоте одновременно. Это позволяет сократить количество используемых частот и снизить помехи между сигналами.

В целом, NOMA является перспективным методом повышения пропускной способности и может быть особенно полезен в условиях высокой загруженности каналов связи.

Использование различных способов уплотнение канала передачи данных для потокового ТВ сигнала позволяет передавать данные нескольким пользователям одновременно на одной несущей частоте. В NOMA используются различные методы передачи данных для каждого пользователя.

Один из способов передачи данных – это использование различных кодов для каждого пользователя. Каждый пользователь имеет уникальный код, который позволяет ему передавать данные без помех от других пользователей. Этот метод позволяет увеличить эффективность передачи данных и уменьшить вероятность ошибок.

Другой способ передачи данных – использование разных мощностей передачи для каждого пользователя. Это позволяет выделить определенную полосу частот для каждого пользователя и уменьшить помехи. Кроме того, разные мощности передачи могут использоваться для управления мощностью каждого пользователя, что позволяет улучшить эффективность использования ресурсов сети.

Наконец, в NOMA могут использоваться различные способы передачи данных, такие как OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) или SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access). Эти методы позволяют передавать данные с высокой скоростью и эффективностью.

В целом, использование различных методов передачи данных в NOMA позволяет улучшить качество связи и увеличить производительность сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отличие от существующих исследований по классической теории разнесенного приема, а также современных исследований ортогонального пространственно-временного кодирования, проведенное исследование, позволяющее предположить возможность применения метода NOMA для увеличения пропускной способности сети цифрового эфирного телевизионного вещания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Носов В.И., Тимошук Р.С. Повышение помехоустойчивости канала с использованием 2М-пространственно-временного кодирования. Вестник СибГУТИ. 2010. №1. С.3-12.
- [2] Фалько А.И., Носов В.И., Калачиков А.А., Тимошук Р.С., Омуралиева С.С. Адаптивный разнесенный прием сигналов OFDM. Радиотехника. 2011. №11. С.13-19.
- [3] Фалько А.И., Носов В.И., Калачиков А.А., Тимошук Р.С., Гюнтер А.В. Применение шумоподобных сигналов с нулевой зоной корреляции в мобильных системах ММО. Телекоммуникации. 2010. №10. С.2-11. № 8. С. 1451–1458.
- [4] A. G. Samoylov, V. S. Samoylov, S. A. Samoylov, I. A. Al Tahar, "Protection of high frequency generators with unstable load". Materials Science and Engineering, 2020, pp.1-5, doi:10.1088/1757-899X/734/1/012004
- [5] Alamouti S. M. A simple transmit diversity technique for wireless communications. IEEE Journal on selected areas in communications. 1998. Т. 16. № 8. С. 1451–1458.
- [6] Д. Р. Аймухамедов, Д. В. Кутузов, А. В. Осовский и др. Оценка зоны уверенного приема в сети цифрового эфирного телевизионного вещания на примере Астраханского телецентра. Автоматика и программная инженерия. 2022. № 4(42). С. 24-40.



Наталья Сергеевна Мальцева – кандидат технических наук, заместитель директора по учебно-методической работе института Информационных технологий и коммуникаций Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: maltsevans@mail.ru



Владимир Андреевич Нестеров – магистр направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: vnestorov@rtrn.ru

Статья поступила 17.07.2023.

Study of the Possibility of Increasing the Throughput of the DVB-T2 System

V.A. Nesterov, N.S. Maltseva
Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract: The paper provides a brief overview of DVB-T2 technology. The methods of signal multiplexing OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing), CDMA (Code Division Multiple Access), SC-FDMA are considered. The problem of increasing the throughput of the MIMO system (Multiple Input Multiple Output - a set of inputs, a set of outputs) is solved by introducing the NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) technology, which will expand the coverage area of the system as a whole, increase the average information transfer rate in SFN (Single-frequency network - single-frequency network) zone per user, as well as increase the noise immunity of the television signal on the receiving side.

Key words: DVB-T2 (Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial - terrestrial digital television of the second generation), OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing - orthogonal frequency division multiplexing), microstrip antenna, spectral efficiency, channel

REFERENCES

- [1] Nosov V.I., Timoshchuk R.S. Increasing the noise immunity of the channel using 2M-space-time coding. Bulletin of Sib-GUTI. 2010. №1. pp. 3-12.
- [2] Falko A.I., Nosov V.I., Kalachikov A.A., Timoshchuk R.S., Omuralieva S.S. Adaptive diversity reception of OFDM signals. Radio engineering. 2011. No. 11. pp.13-19.
- [3] A. I. Falko, V. I. Nosov, A. A. Kalachikov, R. S. Timoshchuk, and A. V. Gunther, Tech. Application of noise-like signals with zero correlation zone in mobile MIMO systems. Telecommunications. 2010. No. 10. S.2-11. No. 8. S. 1451–1458.
- [4] A. G. Samoylov, V. S. Samoylov, S. A. Samoylov, I. A. Al Tahar, "Protection of high frequency generators with unstable load". Materials Science and Engineering, 2020, pp.1-5, doi:10.1088/1757-899X/734/1/012004
- [5] Alamouti S. M. A simple transmit diversity technique for wireless communications. IEEE Journal on selected areas in communications. 1998. T. 16. № 8. C. 1451–1458.
- [6] D.R. Aimukhamedov, D.V. Kutuzov, A.V. Osovsky et al. Evaluation of the reliable reception area in the network of digital terrestrial television broadcasting on the example of the

Astrakhan television center. Automation and software engineering. 2022. No. 4(42). pp. 24-40.



Natalia Maltseva – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Educational and Methodological Work of the Institute of Information Technologies and Communications of the Astrakhan State Technical University, Astrakhan, st. Tatishcheva, 16.

E-mail: maltsevans@mail.ru



Vladimir Nesterov – master of the direction "Infocommunication technologies and communication systems", Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Tatishcheva street, 16.

E-mail: vnesterov@rtrn.ru

The paper has been received on 17/07/2023.