



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2022.2.4>

УДК 004.7

ББК 32.972.5



АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НОВОВВЕДЕНИЙ СТАНДАРТА IEEE 802.11AX

Дмитрий Александрович Тюхтяев

Старший преподаватель, кафедра телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
tyuhtyaev.dmitriy@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Дмитрий Александрович Морозов

Студент, кафедра телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
itsb-181_375837@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время в связи с бурным развитием беспроводных сетей малого действия, увеличением количества потребления трафика (в связи с пандемией и переводом сотрудников на удаленную работу), увеличением количества беспроводных устройств и требованиям к пропускной способности каналов связи и задержкам, возникающих в них, пропускной способности и характеристик стандарта 802.11ac стало не хватать. Для устранения данных недостатков в 2019 году был представлен стандарт IEEE 802.11ax, окончательно утвержден он был 1 февраля 2021 года. Данный стандарт носит коммерческое название Wi-Fi 6. В стандарте 802.11ax разработчики сфокусировались на энергетической эффективности, емкости и пропускной способности канала связи. Улучшение этих параметров привело к 4-кратному увеличению средней пропускной способности на пользователя и повышению качества обслуживания клиентов. Эти улучшения актуальны как для наружных, так и внутренних абонентов. В статье представлены новые технологии, применяемые в стандарте IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6), такие как, MU-MIMO, OFDMA, Color Code BSS, Beamforming. MU-MIMO позволяет одновременно передавать данные нескольким абонентским станциям. Технология OFDMA позволяет увеличить пропускную способность канала связи. Технология Color Code BSS позволяет опознавать сеть по типу «свой – чужой» при обмене данными между роутером и другими устройствами внутри сети Wi-Fi по стандарту 802.11ax.

Ключевые слова: Wi-Fi 6, MU-MIMO, 802.11ax, Beamforming, OFDMA.

В связи с увеличением сервисов, критичных к пропускной способности каналов связи, а также с общим увеличением количества пользователей сети производительности стандарта IEEE 802.11ac стало не хватать. Для

решения этой проблемы был разработан стандарт IEEE 802.11ax. В данном стандарте максимальную скорость передачи данных увеличили до 9,6 Гбит/с при использовании ширины спектра в размере 160 МГц. В стан-

дарте 802.11ax разработчики сфокусировались на энергетической эффективности, емкости и пропускной способности канала связи. Улучшение этих параметров привело к 4-кратному увеличению средней пропускной способности на пользователя и повышению качества обслуживания клиентов. Эти улучшения актуальны как для наружных, так и внутренних абонентов [6].

Рассмотрим новые технологии, применяемые в стандарте 802.11ax.

MU-MIMO

Прежде всего, главной оставалась проблема падения производительности сети при нарастающем количестве подключений. Слабым местом в данном случае была технология SU-MIMO (Single-User), которая хоть и предполагала одновременную многопоточную передачу информации, но все же только на одно устройство, которое при этом должно иметь несколько антенн для мультипоточного приема. Таким образом, при наличии 10 подключенных абонентов точка доступа стандарта IEEE 802.11ac работает в режиме «разделения по времени», то есть в один момент времени только с одним устройством, в результате чего для других повышается задержка и производительность сети в целом падает.

Выходом из данной ситуации стало использование технологии MU-MIMO (Multi-User). Данная технология позволяет точке доступа одновременно передавать данные нескольким абонентам (рис. 1). Минимально стандарт 802.11ax определя-

ет передачу сразу на 2 устройства, максимально – на 8 устройств [3].

OFDMA

Wi-Fi 6, как и подобает новым стандартам, приносит с собой увеличение пропускной способности беспроводной сети, а также определяет сразу два диапазона частот – 5 и 2,4 ГГц одновременно. Первый обеспечивает наиболее быструю работу в сети, а второй – наибольшую зону покрытия и поддержку устаревших и бюджетных устройств [1].

За увеличение максимальной скорости передачи отвечает OFDMA (Orthogonal frequency-division multiplexing – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов). Новая версия мультиплексирования также, как и MU-MIMO, была ориентирована на одновременную работу с несколькими устройствами. Общий канал передачи разделяется на 256 поднесущих вместо прежних 64, при ширине канала 20 МГц. Ширина занимаемого ими места в канале уменьшилась с 312,5 кГц до 78,125 кГц, что и позволило разместить больше поднесущих в канале. OFDMA объединяет взаимно ортогональные поднесущие в группы, которые называются подканалами или ресурсными единицами (Resource Unit, RU). Подканалы выделяются разным клиентам для передачи данных. Таким образом организуется многопользовательская передача. Ресурсные единицы могут быть динамически перераспределены, что позволяет выделять отдель-

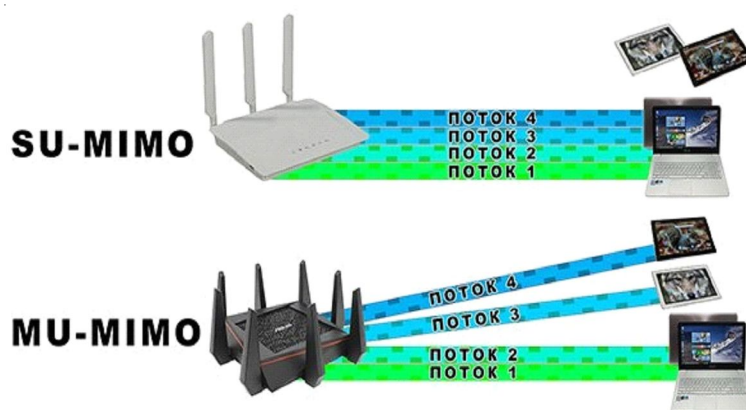


Рис. 1. Пример работы технологии MU-MIMO

ным устройствам более 1 подканала или даже весь канал (рис. 2).

Количество возможных клиентов для одновременной передачи данных при выделении 1 подканала (26 поднесущих) каждому растет по мере увеличения ширины канала и может достигать 74 клиентов при канале 160 МГц. Такой вариант предполагает экстремальное использование существующих ресурсов, но он возможен, хоть и будет применяться в редких случаях. Это демонстрирует уникальные возможности OFDMA по сравнению с предшественником. Рекомендуется оставлять неиспользуемые поднесущие, так как в данном случае, они обеспечивают дополнительную защиту от помех.

Непосредственное повышение скорости передачи кадров было возложено на усовершенствование квадратурно-амплитудной модуляции. Она получила более высокий поря-

док 1024 – QAM. По сравнению с предшественником 256 – QAM, с 8 до 10 увеличилось количество бит, которые могут переносить один символ, то есть прирост составил 25 % (рис. 3).

Теоретически скорость передачи в новом стандарте может достигать 9,6 Гбит/с, но в то же время существуют серьезные оговорки. Главным образом они связаны с состоянием среды и расстоянием до клиентского устройства. Также большое значение имеет тот факт, что QAM-модуляция по мере увеличения порядка становится все менее помехоустойчивой, как менее помехоустойчивым становится и более широкий канал. QAM-1024 может обеспечить более высокую скорость на небольшом расстоянии, поскольку на большей дистанции эффективная мощность сигнала уменьшается. Невозможность эффективно восстановить данные является результа-

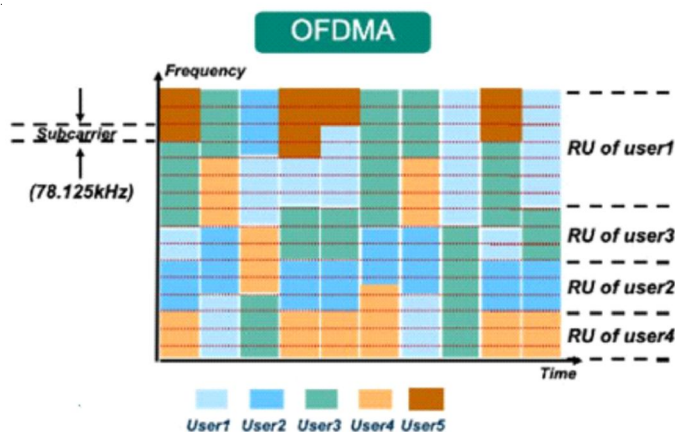


Рис. 2. Структура OFDMA

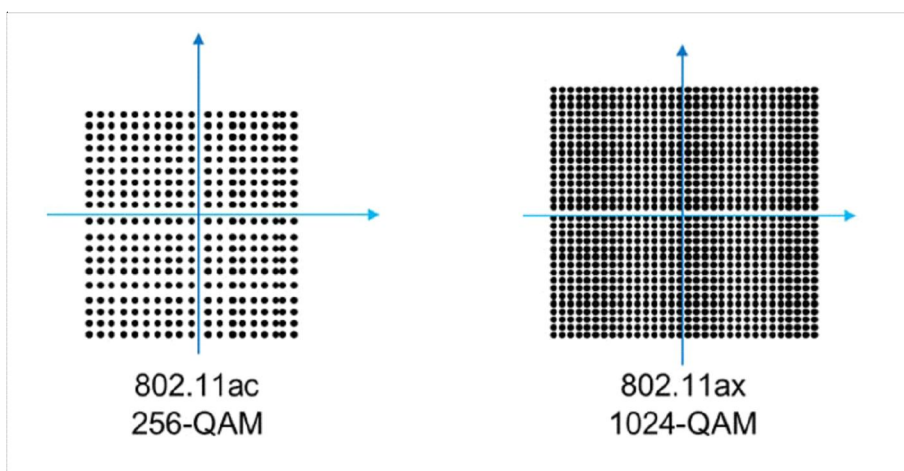


Рис. 3. Разница сигнальных созвездий 802.11ac и 802.11ax

том чрезмерного снижения соотношения сигнал/шум при передаче на большое расстояние. Вследствие этого происходит большое количество ошибок и повторных передач, что негативно сказывается на производительности сети. По этой причине точки доступа имеют возможность уменьшать порядок модуляции в том случае, если невозможна нормальная передача данных при модуляции высшего порядка, в нашем случае 1024 – QAM.

COLOR CODE BSS

Следующим техническим новшеством стали изменения на уровне MAC, то есть на уровне доступа к среде [4]. В этой области находится проблема циркуляции трафика. Возникают ситуации, когда клиент находится в зоне покрытия сразу нескольких точек доступа и взаимодействует с одной из них. Так как доступ к среде в целях избегания коллизий предоставляется путем прослушивания среды и отправкой запроса на передачу, то точки доступа, невзаимодействующие с этим клиентом, распознают активность в среде, из-за чего простаивают для того, чтобы позднее прослушать среду, несмотря на то, что передача ведется в другой беспроводной сети на той же частоте. В результате увеличивается время ожидания передачи и падает производительность сети. Необходим был механизм,

разделяющий пакеты сетей на «свой-чужой». Решением стало введение понятия и механизма «Color Code», заключающегося в присвоении пакетам разных BSS определенного кода, по которому идентифицируется принадлежность к той или иной сети (рис. 4). Это стало называться «раскрашиванием пакетов» разных сетей [5].

BEAMFORMING

Еще одной из серьезных проблем 802.11ac была уменьшенная зона покрытия, поскольку данный стандарт определяет только диапазон частот 5 ГГц, который по сравнению с 2,4 ГГц имеет увеличенную максимальную скорость передачи, но отличается более плохим преодолением препятствий на пути радиоволн. Таким образом, точки доступа совмещали в себе радиовещание быстрого 802.11ac с небольшим покрытием и 802.11n на частоте 2,4 ГГц на большей площади покрытия [2].

Технология Beamforming сглаживает проблему покрытия для обеих частот таким образом, что точка доступа теперь с помощью своих антенн может перенаправлять энергию излучения в сторону клиентов, находящихся на значительном расстоянии, достаточном для поддержания стабильного соединения, тем самым увеличивая зону покрытия беспроводной сети во избежание новых затрат на

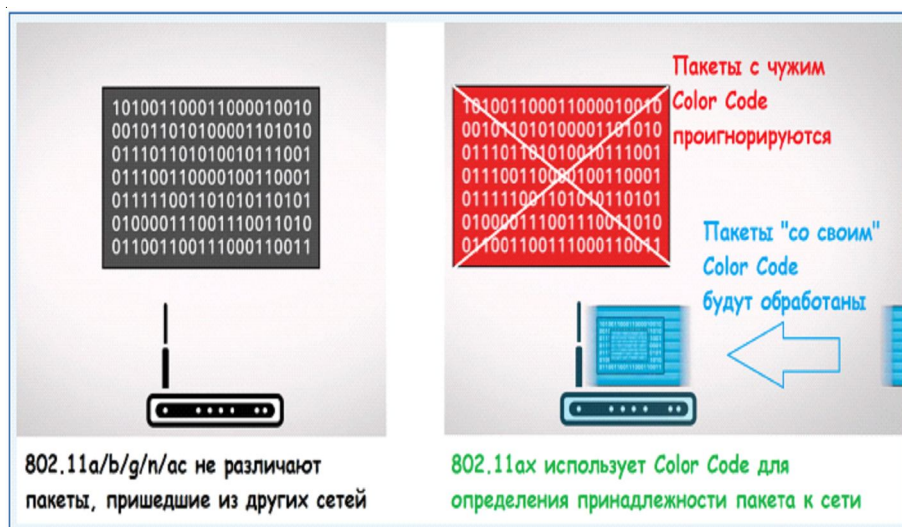


Рис. 4. Принцип работы Color Code BSS

дополнительные точки доступа для публичных сетей.

Таким образом, в статье были рассмотрены новые технологии, применяемые в стандарте IEEE 802.11ax.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Режим OFDMA: как работает самая важная часть 802.11ax (Wi-Fi 6), – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://wifi-solutions.ru/rezhim-ofdma-kak-rabotaet-samaya-vazhnaya-chast-80211ax-wi-fi-6> (дата обращения: 30.03.2022).
2. Что такое Beamforming. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.sit-com.ru/what-is-beamforming.html> (дата обращения: 30.03.2022).
3. Что такое MU-MIMO и что это дает конечному пользователю? – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.sit-com.ru/what-is-mu-mimo.html> (дата обращения: 30.03.2022).
4. «Эффективный» Wi-Fi 802.11ax (часть 1): изменения на уровне MAC. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://nag.ru/material/32400> (дата обращения: 30.03.2022).
5. BSS Coloring – Definition and Role in Optimizing 802.11ax. – Electronic data. – Mode of access: <https://www.extremenetworks.com/extreme-networks-blog/how-does-bss-coloring-work-in-802-11ax/> (date of access: 30.03.2022).

6. IEEE 802.11ax. – Electronic data. – Mode of access: <https://devopedia.org/ieee-802-11ax> (date of access: 01.04.2022).

REFERENCES

1. *Rezhim OFDMA: kak rabotaet samaya vazhnaya chast 802.11ax (Wi-Fi 6)* [OFDMA Mode: How Does the Most Important Part of 802.11ax (Wi-Fi 6) Work]. URL: <https://wifi-solutions.ru/rezhim-ofdma-kak-rabotaet-samaya-vazhnaya-chast-80211ax-wi-fi-6> (accessed 30 March 2022).
2. *Chto takoe Beamforming* [What is Beamforming]. URL: <https://www.sit-com.ru/what-is-beamforming.html> (accessed 30 March 2022).
3. *Chto takoe MU-MIMO i chto eto daet konechnomu polzovatellyu?* [What is MU-MIMO and What Does It Do for End User?]. URL: <https://www.sit-com.ru/what-is-mu-mimo.html> (accessed 30 March 2022).
4. «*Effektivnyj*» *Wi-Fi 802.11ax (chast 1): izmeneniya na urovne MAC* [“Efficient” Wi-Fi 802.11ax (Part 1): Changes at the MAC Layer]. URL: <https://nag.ru/material/32400> (accessed 30 March 2022).
5. *BSS Coloring – Definition and Role in Optimizing 802.11ax*. URL: <https://www.extremenetworks.com/extreme-networks-blog/how-does-bss-coloring-work-in-802-11ax> (accessed 30 March 2022).
6. *IEEE 802.11ax*. URL: <https://devopedia.org/ieee-802-11ax> (accessed 1 April 2022).

ANALYTICAL REVIEW OF INNOVATIONS OF THE IEEE 802.11AX STANDARD

Dmitry A. Tyukhtyaev

Senior Lecturer, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
tyukhtyaev.dmitriy@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Dmitry A. Morozov

Student, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
ITSb-181_375837@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. Nowadays, due to the rapid development of small-scale wireless networks, the increase in the amount of the traffic consumption (due to the pandemic and the transfer of employees to remote work), the increase in the number of wireless devices and the requirements for the bandwidth of communication channels and different delays arising in them,

characteristics of the 802.11ac standard the bandwidth described in this standard were no longer enough. To eliminate these shortcomings, the IEEE 802.11ax standard was introduced in 2019, and finally approved on February 1, 2021. This standard is commercially known as Wi-Fi 6. In the 802.11ax standard, developers focused on energy efficiency, capacity and bandwidth of the communication channel. Improving these parameters resulted in a quadruple increase in the average throughput per user and improved customer experience. These improvements are relevant for both external and internal subscribers. The article presented new technologies used in the IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) standard, such as MU-MIMO, OFDMA, Color Code BSS and Beamforming. MU-MIMO allows providers to simultaneously transmit different data to multiple subscriber stations. OFDMA technology allows providers to increase the bandwidth of the communication channel. The Color Code BSS technology allows us to identify the network as a “friend” or a “foe” when exchanging data between the router and other devices within the 802.11ax standard Wi-Fi network.

Key words: Wi-Fi 6, MU-MIMO, 802.11ax, Beamforming, OFDMA.