

УДК 519.7

Ключевые особенности стандарта беспроводной широкополосной связи IEEE 802.11ax

Статья посвящена обзору ключевых особенностей нового стандарта беспроводной широкополосной связи. Рассмотрены основные отличия от предыдущих версий.

Д.Г. ГАРЕЛИК,
аспирант
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Д.Н. СЕДУН,
бакалавр
Белорусский национальный технический университет

Ключевые слова:

беспроводная широкополосная связь, Wi-Fi, IEEE 802.11.

Введение. История повсеместного использования технологий беспроводного широкополосного доступа Wi-Fi насчитывает уже более 20 лет. За весь период своего существования технологию постоянно совершенствовали, наращивали область действия, улучшали помехоустойчивость и защищенность и самое главное – максимальную скорость передачи данных.

Одной из ключевых проблем беспроводных широкополосных сетей является дефицит спектра. На момент, когда загруженность спектра в диапазоне частот 2,4 ГГц стала критичной, консорциум Wi-Fi Alliance начал движение в сторону освоения диапазона частот 5 ГГц. В стандарте IEEE 802.11ac поддержка диапазона 2,4 ГГц была отменена, однако в новой версии стандарта Wi-Fi (IEEE 802.11ax) данный диапазон вернули. Это решение было обусловлено оптимальными условиями распространения сигнала и желанием задействовать в новой версии стандарта все доступные частотные диапазоны.

В октябре 2019 года была официально анонсирована новая версия стандарта беспроводного широкополосного доступа – Wi-Fi (IEEE 802.11ax). Современные тенденции рынка на упрощение понимания особенностей продиктовали изменение подхода к именованию технологии. После всем привычных обозначений IEEE 802.11 a/b/g/n/ac, консорциум разработчиков ввел одиночные цифры,

призванные четко разграничивать различные поколения стандарта.

В качестве примера можно привести техническое описание технологий беспроводной широкополосной связи, поддерживаемых современным смартфоном, в котором по устоявшейся традиции указывают только версию стандарта связи (IEEE 802.11 a/b/g/n/ ac). В дальнейшем совпадение поколений технологии у взаимодействующих устройств обеспечит им функционирование на максимально доступной скорости передачи данных без использования режима обратной совместимости.

Обозначение стандарта до 2019 г.	Обозначение стандарта после 2019 г.
IEEE 802.11ax	Wi-Fi 6
IEEE 802.11ac	Wi-Fi 5
IEEE 802.11an	Wi-Fi 4



Рисунок 2 – Взаимосвязь обозначений технологии Wi-Fi

Ключевые особенности стандарта IEEE 802.11ax. Новый стандарт беспроводного широкополосного доступа пополнился дополнительными функциями, помимо увеличения общей производительности и стабильности, которые выгодно отличают его от предыдущей версии. Из нововведений можно отдельно выделить:

1. Полная поддержка работы в частотных диапазонах одновременно (2,4 и 5 ГГц), что позволяет масштабно расширить число различных сценариев работы с пользовательскими устройствами, в том числе и устройствами «интернета вещей». Данные

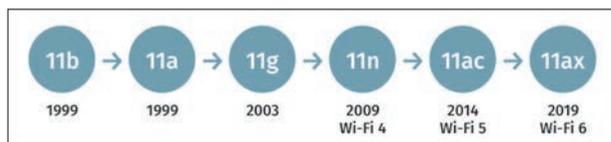


Рисунок 1 – Этапы развития технологии Wi-Fi

преимущества будут реализованы в полной мере только с течением времени, когда будут вытеснены с рынка устройства, использующие технологию предыдущего поколения.

2. Поддержка OFDMA. Orthogonal frequency-division multiple access – множественный доступ с ортогональным частотным разделением. Множественный доступ обеспечивается за счет назначения подгруппы субносителей для отдельных потоков данных, что позволяет обеспечить синхронную передачу нескольких отдельных потоков данных. OFDMA повышает устойчивость OFDM к затуханию сигнала и помехам, но при этом отдельные потоки данных могут использоваться для параллельной связи со множественными устройствами либо для резервирования, что в совокупности параметров позволяет повысить надежность и устойчивость данной системы, а также позволит синхронно транслировать данные сразу нескольким клиентам с усредненной скоростью, в случае если клиентские устройства поддерживают технологию Wi-Fi 6. На практике это реализуется разделением частотного канала на поднесущие шириной в 78 кГц. Передача осуществляется на каналах, которые сформированы из определенных поднесущих, кратных 26.

3. Уплотнение потока информации. Помимо модуляции 256-QAM, наиболее быстрой из стандарта IEEE 802.11ac, новый стандарт поддерживает 1024-QAM (в случае использования специализированных устройств вплоть до 2048-QAM), что дает возможность увеличить количество бит передаваемой информации в перерасчете на 1 Гц используемого частотного диапазона. Это дает на практике прирост скорости передачи информации на 25 % по сравнению с предыдущей версией стандарта в том случае, если приемник клиентского устройства позволяет применить эту модуляцию.

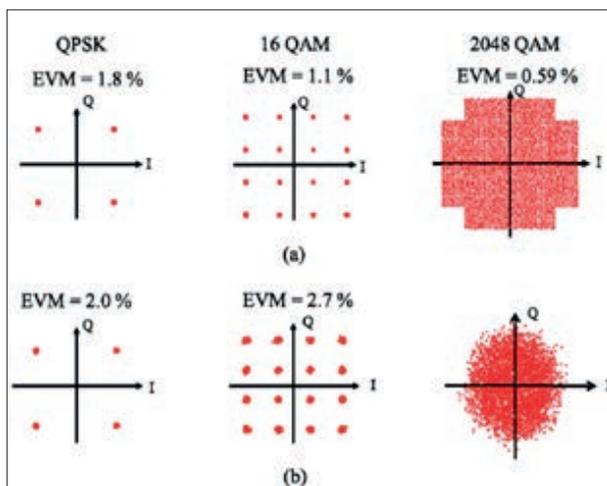


Рисунок 3 – Сравнение плотности и величины вектора ошибки модуляции различных созвездий

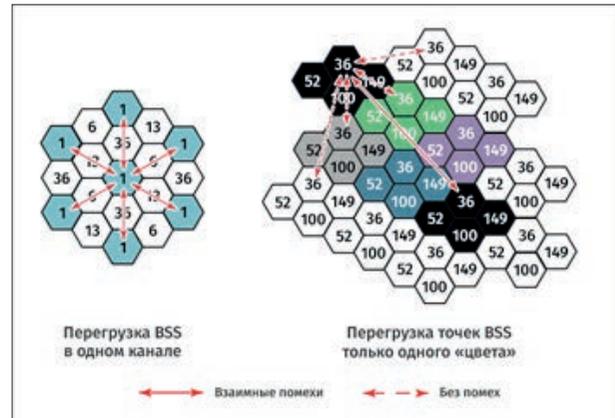


Рисунок 4 – Механизм «маркировки» пакетов данных в частотных каналах

4. Симбиоз технологии MU-MIMO и OFDMA позволяет одновременно транслировать данные с использованием различных поднесущих частот сразу 8 клиентам, что в два раза выше максимальной возможности технологии предыдущего поколения. Благодаря совместному использованию данных технологий, возможен гипотетический максимум скорости передачи в многопользовательской сети до 11 Гбит/с. Однако максимальная скорость достижима только в случае стационарных устройств, так как при такой нагрузке устройства должны обладать достаточным питанием и охлаждением.

5. Режим сна и пробуждения по расписанию – Target Wake Time. Данное нововведение оптимизирует использование радиочастотного ресурса за счет выключения устройства в определенный промежуток времени, когда эксплуатация его не подразумевается. Так же это позволяет широко использовать различные устройства «интернета вещей», которые по своей специфике передают данные с периодичностью несколько раз в минуту.

6. Оптимизация доступа к среде передачи данных. В основе стандарта беспроводной передачи данных IEEE 802.11 лежит механизм проверки доступа к среде передачи – CSMA/CA (Carrier sensing multiple access with collision avoidance), который перед передачей устройством какой-либо информации сканирует среду, если она занята, ожидает своей очереди на передачу. В предыдущих поколениях стандарта данный механизм не имел возможности опознавания «свой – чужой», в случае обнаружения передачи сигнала в среде ожидал свободного временного слота. В новом стандарте Wi-Fi 6 появился механизм маркировки пакетов в одних и тех же частотных каналах, используемых разными устройствами – BSS coloring. При обнаружении устройством пакета с «чужим» кодом устройство игнорирует его. Одной из особенностей данного



механизма, направленной на облегчение определения «своего» или «чужого» пакета данных, становятся автоматическое регулирование порогов обнаружения и обновление механизма фокусировки передачи данных в направлении клиентского устройства.

7. Пространственное разделение клиентских устройств в новой версии стандарта существенно доработано. Теперь технология позволяет сформировать отдельный луч (технология Beam forming) для клиентского устройства с пакетами, предназначенными только для него. В предыдущей версии стандарта данная опция могла функционировать только в случае передачи от устройства к клиенту, но в новой версии это осуществимо в обе стороны, частотное планирование происходит на стороне устройства.

8. Роуминг клиентских устройств между точками доступа в новой версии стандарта так же переработан, оптимизированы механизмы, позволяющие взаимодействовать точкам доступа без взаимного влияния. Для реализации бесшовного перемещения клиента по всей области доступа устройства

регламентированы высокоуровневые системы балансировки нагрузки и распределения пользователей между точками доступа в местах повышенного скопления потребителей. В данном случае для бесперебойной передачи данных в момент переключения клиентского устройства пакеты для него буферизуются и отправляются на новую точку доступа, к которой клиент присоединится, после выхода из области уверенного приема предыдущей точки.

Выводы. Технология беспроводной широкополосной передачи данных прошла длинный путь развития, с каждым новым поколением вносились существенные изменения, чтобы соответствовать современным требованиям. В новой версии стандарта IEEE 802.11 было добавлено и оптимизировано большое количество функций, что в перспективе позволит обеспечить быстрый и качественный доступ к сетям всем клиентским устройствам, в том числе устройствам «интернета вещей». Дальнейшее развитие данной технологии будет направлено на увеличение скорости и, в перспективе, на полный переход большинства устройств на беспроводное соединение для передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gerardus, Blokdyk. 802.11ax A Complete Guide – 2020 Edition / Blokdyk Gerardus. – 2020: Art of Service, 300 с. – Текст: непосредственный.
2. What Is 802.11ax? – Текст: электронный // cisco.com: [сайт]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-802-11ax.html>. – Дата доступа: 28.01.2021.
3. Jim, Geier. Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks / Geier Jim. – 2-е издание. – 2019: Art of Service, 455 с. – Текст: непосредственный.

Article provides an overview of the key features of the new wireless broadband standard. The main differences from the previous versions of the standard are considered.

Keywords: Wireless broadband, Wi-Fi, IEEE 802.11.

Получено 05.02.21.