

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.06.2024 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последст-
вия использования опубликованных материалов, но принимает меры по ис-
ключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в из-
вестность автора. При этом редакция получает исключительное право на
распространение принятого произведения, включая его публикации в жур-
нале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух
месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним
справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет
право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом мес-
те без предварительного письменного согласия редакции.


В перепику редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-
вращаются.

© Радио®, 1924—2024. Воспроизведение материалов журнала «Радио»,
их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично,
допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 02155-24 .

Dr.Web  Компьютерная сеть редакции
журнала «Радио» находится под
защитой Dr.Web — антивирусных
продуктов российского разработ-
чика средств информационной
безопасности — компании
«Доктор Веб».

www.drweb.com
Бесплатный номер
службы поддержки
в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINET

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

"Семейные" инновации Wi-Fi

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"Всё время хочется невозможного.
А раз невозможного хочется, значит,
оно существует".*

Сергей Курёхин

В 2024 г. организация Wi-Fi Alliance начала официально сертифицировать устройства с поддержкой Wi-Fi 7 — стандарта беспроводных сетей нового поколения, о котором уже рассказывалось на страницах журнала. Но рассказывалось как о перспективе. Теперь же наличие сертификата означает, что устройства могут в полной мере и согласно спецификациям протокола взаимодействовать друг с другом. В этом году официальная поддержка Wi-Fi 7 появится в смартфонах, ноутбуках, маршрутизаторах и другом оборудовании. Но обо всём по порядку...

Число подключённых устройств и множество приложений, которым в совокупности необходима большая полоса пропускания под растущие объёмы данных, продолжает увеличивать потребность в оборудовании, которое всё это умеет. На страницах журнала уже рассматривались перспективные технические характеристики будущего стандарта Wi-Fi 7, который, как ожидалось, улучшит общее взаимодействие с пользователем, предлагая более высокие скорости, большую ёмкость и улучшенную производительность. Что касается дальности действия сетей Wi-Fi, то её давно хотелось увеличить, для чего шли работы над стандартом HaLow. И вот это время настало.

Ниже приведена краткая история предыдущих "серий" семейства Wi-Fi.

Wi-Fi 4 — 802.11n, который на сегодня уже устарел. Максимальная скорость на канал — 150 Мбит/с. Такие модели рассматривать к покупке уже не стоит, даже ради экономии. На рынке полно вариантов с поддержкой более новых стандартов за те же деньги.

Wi-Fi 5 — 802.11ac. Самый распространённый, пусть и не новый стандарт. Большинство дешёвых и среднеебюджетных маршрутизаторов используют именно его. Максимальная скорость — 433 Мбит/с на канал.

Wi-Fi 6 — 802.11ax. Один из самых современных стандартов. Маршрутизаторы с поддержкой Wi-Fi 6 не такие дешёвые, как в предыдущем поколении, но их доступность хватит с запасом на несколько лет вперёд. Этот стандарт отличается применением новых для него технологий: модуляцией 1024-QAM и частотным мультиплексированием OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access или множественный доступ с ортогональным частотным разделением), а также MU-MIMO, что означает Multi-User Multiple Input Multiple Output.

Точка доступа Wi-Fi 6 использует группы поднесущих в радиочастотном канале одновременно для нисходящего канала, тогда как раньше она отправляла данные последовательной серией пакетов, занимая всю полосу радиочастотного канала. Несколько клиентов одновременно передают данные в направлении восходящего канала, при этом их сигналы поступают в точку доступа на различных поднесущих, что обеспечивает параллельный приём. При передаче данных по сети Wi-Fi происходит довольно слож-

ное взаимодействие электрических сигналов и каналов связи в части скорости и мощности передачи, чувствительности приёма и уровня шума, пропускной способности канала и др. OFDMA позволяет оптимизировать эти параметры для каждой передачи порции информации и каждого клиента, а затем группировать их в различных комбинациях.

Технология OFDMA, используемая в 802.11ax, делит канал 20/40/80/160 МГц на несколько единиц ресурсов (RU — Resource Unit). Для канала 20 МГц RU может состоять из 26, 52, 106 или 242 поднесущих, что соответствует RU с полосой пропускания приблизительно 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц и 20 МГц. Данные клиента переносятся на каждом RU, поэтому, с точки зрения общих временно-частотных ресурсов, в каждом временном срезе данные могут быть отправлены нескольким клиентам одновременно. Результатом является более высокая пропускная способность.

Технология позволяет получить максимум из всего радиочастотного ресурса в любой момент времени. Данные по сети передаются пакетами, и новый тип модуляции вмещает больше информации в одном пакете благодаря динамическому изменению фазы и амплитуды радиоволн.

Благодаря технологии OFDMA увеличилась ёмкость сети: можно передавать данные одновременно восьми устройствам без потери скорости. Задержка данных стала меньше на две трети, до 10 мс, а различные устройства при подключении через Wi-Fi 6 потребляют на треть меньше энергии.

В свою очередь, технология MU-MIMO позволяет точке доступа не только передавать сигнал одновременно нескольким устройствам, но и позволяет нескольким антеннам взаимодействовать только с одним устройством. Это повышает эффективность передачи данных в беспроводной сети и сокращает время ожидания терминалов на временной последовательности. Поэтому технология может лучше удовлетворять требованиям при передаче "тяжёлого" трафика и обеспечения низкой задержки в таких приложениях, как видео или аудио.

В идеальных условиях скорость передачи данных в одном потоке может достигать 1200 Мбит/с — вдвое больше, чем у Wi-Fi 5. Все преимущества Wi-Fi 6 доступны только на совместимых устройствах, а со старыми смартфонами и ноутбуками маршрутизатор переключается на менее эффективные стандарты связи прошлых поколений. Большинство актуальных смартфонов и компьютеров уже поддерживают Wi-Fi 6, но лучше это проверить заранее.

Wi-Fi 6E — доработанная версия 802.11ax, работающая на новой частоте 6 ГГц. Стоят такие маршрутизаторы недёшево, но уже продаются. В основном сверхвысокая скорость и высокая стабильность при подключении множества устройств сразу не нужны в обычной квартире. Поэтому в быту вы можете пользоваться Wi-Fi 5 и не замечать ограничений в скорости.

Wi-Fi 7 — 802.11be. Стандарт наступившего будущего, и устройства с его поддержкой уже продаются на мировом рынке. Протокол также работает на частотах 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц и позволяет совместить сигналы двух провайдеров внутри маршрутизатора, что ускоряет доступ в Интернет. Инженеры Wi-Fi Alliance обещают, что Wi-Fi 7 (802.11be) позволит сделать гибридную реальность ближе, а промышленность — точнее и быстрее.

Благодаря своим революционным технологическим достижениям Wi-Fi 7 обещает стать самым быстрым за всю историю, обеспечивая беспрецедентную скорость в цифровом мире. Благодаря внедрению инновационных технологий он позволяет получить более высокую пропускную способность, меньшую задержку и расширенный радиус покрытия. Он не только отвечает требованиям сегодняшнего потребления полосы пропускания, но также ускоряет разработку новых технологий, таких как AR/VR, онлайн-игры и искусственный интеллект. В 2024 г. официальная поддержка Wi-Fi 7 появится на различном оборудовании, предлагая значительный прирост скорости по сравнению с Wi-Fi 6E.

Wi-Fi Alliance отмечает, что Wi-Fi 7 работает лучше существующих стандартов в таких приложениях, как потоковые трансляции с высокой пропускной способностью и игры с малой задержкой — это имеет значение в свете набирающих популярность систем виртуальной реальности и более требовательных рабочих приложений. На рынке уже присутствуют поддерживающие Wi-Fi 7 маршрутизаторы — их выпустили, в частности, Netgear, TP-Link и Eero. Собственно, девайсы с поддержкой протокола Wi-Fi 7 многие ведущие производители электроники начали выпускать ещё в прошлом году.

Сертификация гаджетов со стороны организации Wi-Fi Alliance никак не повлияет на их работу — она лишь даст гарантию, что устройства на 100 % совместимы с другими устройствами с Wi-Fi 7. Это оборудование может и не проходить сертификацию, но наличие таковой позволяет производителям гарантировать полную совместимость с другими устройствами.

Как отмечалось выше, стандарт Wi-Fi 7 отличает расширенная полоса пропускания канала — 320 МГц по сравнению со 160 МГц, которые предлагают Wi-Fi 5, Wi-Fi 6 или Wi-Fi 6E, что означает двукратный рост пропускной способности и огромный рост реальной скорости загрузки данных. Максимальная скорость для этого стандарта составляет 46 Гбит/с или 5,75 Гбайт/с. Игру объёмом 100 Гбайт теоретически можно будет скачать всего за 20 с.

Wi-Fi 7 использует модуляцию 4K QAM, упаковывая больше данных (до 12 бит на символ), что даёт дополнительный прирост на 20 % при более высоких пиковых скоростях передачи данных.

Обеспечивается поддержка функций Multi-Link Operation и Multi-RU Puncturing, которые обеспечивают более эффективное и надёжное бес-

проводное соединение. При использовании многоканального режима данные передаются в разных диапазонах и каналах, за счёт этого возрастает пропускная способность устройства, а уровень задержек при передаче информации снижается. Технология RangeBoost Plus повышает стабильность сигнала и зоны покрытия, что может оказаться важным для людей, проживающих в больших домах.

Функция Multi-Link Operation (MLO) представляет собой агрегацию беспроводных каналов, при этом соединения распределяются по двум или трём диапазонам — 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц. Это означает высокую скорость передачи данных и высокую стабильность связи: выход за пределы действия одного из диапазонов больше не требует переключения в другом. Например, при подключении на частоте 6 ГГц доступна скорость 1,5 Гбит/с, а на частоте 5 ГГц — 0,5 Гбит/с. С MLO не придётся выбирать, получится ли загрузить данные со скоростью 2 Гбит/с. И это, не говоря уже о том, что в работу можно подключить и диапазон 2,4 ГГц для получения максимальной скорости.

MLO также позволяет сократить задержку. Обычно маршрутизатору приходится циклически обходить все устройства в очереди на отправку пакетов по сети, но теперь все три диапазона доступны одновременно, и пакеты с высокой вероятностью передаются немедленно. Для сравнения, поддерживающие прошлые протоколы маршрутизаторы позволяют устанавливать лишь по одному подключению на устройство.

Wi-Fi 7 увеличил число пространственных потоков MU-MIMO с 8×8 до 16×16. Это значит, что новый стандарт позволяет обмениваться информацией сразу с 16 гаджетами одновременно, а не с восемью, как это предлагает, к примеру, Wi-Fi 6E. Как итог, Wi-Fi 7 может обеспечить максимальную скорость до 5,8 Гбит/с против 2,4 Гбит/с у предшественника.

В декабре 2022 г. в РФ было одобрено использование стандарта Wi-Fi 6E в закрытых помещениях, выделив под его нужды частоты в диапазоне 5,9...6,4 ГГц. Это произошло спустя два года после разработки протокола. Ожидается, что уже в этом году будет выпущено 233 млн устройств с поддержкой Wi-Fi 7, а к 2028 г. — 2,1 млрд. При этом первые образцы гаджетов с поддержкой Wi-Fi 7 появятся и в России.

Ранее высказывались предположения, что признание Wi-Fi 7 в РФ произойдёт не скоро. Однако, по сообщениям Российской газеты, пресс-служба Минцифры России заявила, что "дополнительных решений ГКРЧ (Государственной комиссии по радиочастотам) для использования канала в 320 МГц не требуется, частотная сетка и диапазоны не отличаются от стандарта Wi-Fi 6E, который может использоваться внутри помещений согласно решению ГКРЧ от 23 декабря 2022 г. (протокол N 22-65)".

Поскольку Wi-Fi 7 показал огромный прирост максимальной скорости передачи данных по сравнению с Wi-Fi 6E —



479 %, или 46 Гбит/с, в сравнении с предыдущими 9,6 Гбит/с, возникают вопросы, кому и зачем это будет нужно.

Проблема ещё и в том, что скоростью передачи данных от типового провайдера будет слишком мало. Во-первых, стандартное оптоволокно, которое на данный момент используется в сетях фиксированной связи, обычно пропускает не более 10 Гбит/с. Во-вторых, вы попросту не сможете найти подходящий тариф у провайдера. Повысить скорость можно лишь по индивидуальному запросу, что будет дорого и, возможно, всё равно недостаточно.

Кому и зачем тогда нужна скорость 46 Гбит/с? Вкупе с многопоточным режимом нового поколения и при учёте потерь беспроводного соединения такая сеть будет применима в коммерческих заведениях, общественных местах с большой проходимостью, офисах. Она отлично подойдёт для создания локальных сетей, где необходима быстрая передача в едином пространстве без лишних проводов и оборудования. Также маршрутизаторы с поддержкой Wi-Fi 7 пригодятся для использования AR/VR гарнитур, которые испытывают определённые проблемы из-за необходимости компрессии разрешения при недостаточной скорости обмена. В общем, поживём — увидим.

Но вот чего Wi-Fi всегда не хватало, так это дальности действия. Несмотря на повсеместное распространение Wi-Fi 4, Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6, быстрый рост "Интернета вещей" (Internet of Things — IoT) заставил переосмыслить традиционный Wi-Fi. Эта переоценка выявила технологические пробелы и изменила роль, которую протоколы 802.11 должны играть в современном мире беспроводных устройств IoT со сверхмалым энергопотреблением. Повышенные требования к подключению на большие расстояния и одновременно требования к низкому энергопотреблению приложений IoT и межмашинного взаимодействия (machine-to-machine, M2M) вызывают потребность в другом типе Wi-Fi, оптимизированном для приложений IoT.

Протокол Wi-Fi HaLow заполняет эти пробелы, представляя беспроводное решение со сверхнизким энергопотреблением, которое подключает множество IoT-устройств на гораздо больших расстояниях и с гораздо меньшим энергопотреблением, чем традиционный Wi-Fi. Протокол ратифицирован рабочей группой IEEE 802.11ah в 2016 г. и получил от Wi-Fi Alliance название Wi-Fi HaLow. Сегодня он становится востребованным.

По сути, Wi-Fi HaLow — это маломощная, дальнбойная и более универсальная версия Wi-Fi, работающая в нелицензируемом спектре частот, лежащем ниже частоты 1 ГГц (фактически протокол 802.11ah использует лицензионную полосу частот в субгигагерцевом ISM-диапазоне 900 МГц, но конкретная частота будет зависеть от страны и региона). Собственно, чем ниже частота, тем больше дальность распространения. Уникальное сочетание стандарта Wi-Fi HaLow с энергоэффективностью, возможностью работы

на больших расстояниях, низкой поддержкой, высокой скоростью передачи данных с качеством HD-видео, функциями безопасности и встроенной поддержкой IP делает его оптимальным протоколом для беспроводных устройств IoT с питанием от батареи.

Wi-Fi HaLow обеспечивает исключительную энергоэффективность для чувствительных к энергопотреблению устройств IoT. Различные сложные режимы сна, определённые IEEE 802.11ah, позволяют устройствам HaLow оставаться в состояниях с очень низким энергопотреблением в течение длительных периодов времени, сохраняя при этом энергию батареи:

— Target wake time (TWT) — целевое время пробуждения. Эта опция позволяет станции (STA) и точке доступа (AP) заранее назначить время, когда спящая STA будет просыпаться и прислушиваться к сигналам маяков;

— Restricted access window (RAW) — окно ограниченного доступа. AP может предоставлять привилегии подмножеству STA для передачи их данных, в то время как другие вынуждены переходить в спящий режим, буферизовать несрочные данные или выполнять и то и другое;

— Extended maximum basic service set (BSS) — расширенный максимальный набор базовых услуг в режиме ожидания. Этот режим увеличивает допустимый период простоя STA до пяти лет;

— Hierarchical traffic indication mapping (TIM) — иерархическое отображение индикации трафика — более эффективное кодирование TIM по группам позволяет экономить эфирное время радиомаяков;

— Short MAC headers — короткие заголовки MAC. Эта опция сокращает накладные расходы заголовка, время в эфире и энергопотребление, а также освобождает спектр;

— Null data PHY protocol data units (NPD) — блоки данных протокола PHY с нулевыми данными. Эта опция встраивает MAC-подобные ACK/NAK на PHY уровне для уменьшения времени передачи и сокращает потребление энергии;

— BSS coloring — раскраска BSS. Присвоенные цвета указывают группы BSS для конкретной точки доступа, в то время как STA может игнорировать другие цвета;

— Bidirectional TXOP (BDT) (ранее известный как скоростные кадры) — двунаправленный TXOP. Эта опция уменьшает число обращений к среде передачи, когда STA просыпается, чтобы обнаружить наличие кадров восходящего и нисходящего каналов для передачи. BDT использует индикацию ответа в поле сигнала (SIG) блока данных протокола физического уровня (PPDU), чтобы увеличить защиту продолжительности TXOP от сторонних передач STA.

Эффективные режимы сна и управления питанием протокола IEEE 802.11ah обеспечивают многолетнюю работу от батареи для IoT-устройств, а также широкий спектр гибких вариантов организации питания и выбора типоразмера батареи от устройств IoT с малым

радиусом действия, работающих на батареях типа "таблетка", до более мощных и больших батарей, которые могут обеспечить связь на расстояние до 1 км.

В результате для чипа Wi-Fi HaLow, по сравнению с обычным чипом Wi-Fi, требуется значительно меньше электропитания. В то время как более высокие скорости передачи данных традиционного Wi-Fi позволяют пользователям передавать потоковую передачу видео высокой чёткости и быстро загружать большие файлы, используя широкие каналы в диапазонах 2 ГГц, 4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц, эффективная дальность действия для этих подключений Wi-Fi невелика, и они быстро разряжают свои батареи.

В целом стандарт 802.11 охватывает необычайно широкий диапазон частот, от субгигагерцевого до диапазона миллиметровых волн (mmWave). Однако HaLow — это первый стандарт Wi-Fi, работающий конкретно в нелицензируемой части спектра субгигагерцевого диапазона частот. Он предлагает скорости передачи данных от сотен килобит до десятков мегабит в секунду.

Сигналы Wi-Fi HaLow с частотой, лежащей ниже 1 ГГц, используют более узкополосные каналы шириной от 1 МГц и выше по сравнению с самыми узкими каналами 20 МГц, предназначенными для традиционного Wi-Fi. Это 20-кратное уменьшение ширины радиоканала благодаря более низкому тепловому шуму в канале приводит к увеличению отношения сигнал/шум в канале на 13 дБ. По сравнению с традиционным Wi-Fi в полосе 2,4 ГГц частоты, лежащие между 750 МГц и 950 МГц, уже по своей природе, сами по себе, обеспечивают дополнительные 8...9 дБ бюджета линии связи, что связано со снижением потерь при их распространении в свободном пространстве. Кроме того, в протокол Wi-Fi HaLow добавлены оптимизированная по диапазону схема модуляции и новые методы кодирования (MCS10), что дополнительно увеличивает энергетику канала ещё на 3 дБ.

В целом Wi-Fi HaLow, по сравнению с традиционным 2,4 ГГц IEEE 802.11n (Wi-Fi 4), обеспечивает улучшение энергетики канала до 24 дБ. Это преимущество ещё больше увеличивается по сравнению с протоколами Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6/6E.

Сказанное объясняет, почему без использования сетевых ретрансляторов-расширителей сигналы Wi-Fi HaLow распространяются в десять раз дальше, чем традиционный Wi-Fi. Теперь камеры с батарейным питанием можно разместить в более удобных местах за пределами стен дома или гаража. Системами освещения можно управлять с одной точки доступа, независимо от того, находится светильник в помещении или на улице в саду.

Существует общее правило: чем ниже частота, тем дальше распространяется электромагнитная волна и тем лучше она проникает сквозь преграды. Сигналы Wi-Fi HaLow с частотой менее 1 ГГц могут проходить сквозь стены и другие препятствия легче, чем это воз-

можно при использовании спектра частот традиционного Wi-Fi.

Одна точка доступа Wi-Fi HaLow может адресовать до 8191 устройства, что более чем в четыре раза больше, нежели может предложить традиционная точка доступа Wi-Fi. Этого достаточно для подключения каждой светодиодной лампы в отдельности, переключателя света, интеллектуального дверного замка, моторизованной оконной шторы, термостата, детектора дыма, солнечной панели, камеры безопасности или любого мыслимого устройства "умного" дома в обозримом будущем.

Типичные домашние маршрутизаторы Wi-Fi обычно поддерживают лишь десятки устройств, в то время как одна точка доступа Wi-Fi HaLow может стать масштабируемой платформой для установки тех или иных дополнительных устройств, организации служб безопасности и управления коммунальными услугами.

Как и традиционный Wi-Fi, работающий в диапазонах частот 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц, Wi-Fi HaLow позволяет конечным пользователям владеть своим оборудованием и применять нелицензи-

руемый спектр радиочастот субгигагерцевого диапазона в диапазоне 750...950 МГц. Этот спектр обеспечивает для Wi-Fi HaLow максимальную мощность передачи и рабочие циклы, но варьируется в зависимости от той или иной страны мира. Например, доступный диапазон HaLow для Северной и Южной Америки составляет 902...928 МГц, а для Европы — это 863...868 МГц (на территории РФ диапазон 900 МГц частично отдан сотовым операторам).

Работая в диапазоне ISM (ISM — Industrial, Scientific and Medical, то есть промышленность, наука и медицина), Wi-Fi HaLow может использовать различные полосы пропускания каналов: 1 МГц, 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц и 16 МГц. Чем уже полоса пропускания, тем дальше могут распространяться сигналы. Данные передаются в пакетах, распределённых по множеству подканалов с использованием, как уже было сказано, модуляции OFDM, что повышает производительность в сложных радиочастотных средах, особенно при сильных помехах от других радиоустройств. Кодирование с прямым исправлением

ошибок (Forward error-correction, FEC) также создаёт дополнительную защиту и возможность для восстановления пакетов, обеспечивая надёжные соединения.

Сеть Wi-Fi HaLow может сосуществовать с сетями Wi-Fi 4, Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6, не влияя на их радиочастотные характеристики.

Эксперты компании Morse Micro провели практический эксперимент, в ходе которого проверили возможности технологии HaLow. В ходе испытаний исследователям удалось установить соединение между устройствами, отдалёнными друг от друга на 2,9 км. Для обычных разновидностей Wi-Fi это недостижимый показатель.

Остаётся ожидать, что радиоинженеры придумают ещё...

По материалам

***wi-fi.org, webznam.ru, cnews.ru,
pcnews.ru, tomshardware.com,
wireless-e.ru, habr.com,
journal.tinkoff.ru, hi-tech-obzor.ru,
rg.ru***