



# Новые горизонты беспроводного Ethernet: 300 Мбит/с из воздуха

Иван Лопухов

В статье рассказывается об истории возникновения, преимуществах и особенностях стандарта Wi-Fi IEEE 802.11n. Дан обзор промышленного оборудования, отвечающего стандартам семейства IEEE 802.11.

Технологии беспроводного Ethernet находят весьма узкое применение в промышленности. Этому есть три традиционные причины: трудности сертификации, плохое качество приёма и низкая защищённость сети. Несмотря на то что все эти факторы ещё долго будут влиять на сети Wi-Fi, по всем пунктам наметилась положительная динамика, подталкивающая к более пристальному взгляду на оборудование стандартов IEEE 802.11a/b/g/h/n. Во-первых, с недавнего времени для импорта данного оборудования не требуется сертификат Государственной комиссии по радиочастотам. Он может потребоваться на этапе сдачи построенного объекта, но далеко не всегда. Методики защиты беспроводных сетей от несанкционированного доступа тоже постоянно совершенствуются: появился стандарт IEEE 802.11i с методами защиты в виде электронных ключей (Pre-Shared Keys), идентификации 802.1x и RADIUS и другими. Качество покрытия — комплексное понятие, в ключе которого стоит обратить внимание на новый стандарт IEEE 802.11n. Об истории его появления, свойствах и реализации будет рассказано далее.

### Краткая история развития стандартов IEEE 802.11

В 1997 году комитет IEEE установил первую версию стандарта беспроводной связи IEEE 802.11, использующую диапазон частот 2,4–2,483 ГГц для передачи сигнала с максимальной скоростью 2 Мбит/с. Далее IEEE 802.11 перерос в целое семейство стандартов. В 1999 году

был предложен стандарт IEEE 802.11a с новой полосой частот на 5 ГГц, позволяющий передавать до 54 Мбит/с. Однако он долго не был популярен из-за политических трудностей с выделением соответствующих частот для свободного использования. В том же году появился стандарт IEEE 802.11b, позволяющий передавать 11 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц и превосходящий популярный проводной стандарт 10Base-T. Частота 2,4 ГГц разрешена во многих странах, что способствовало быстрому внедрению IEEE 802.11b. Лишь в 2003 году стандарт IEEE 802.11a был разрешён для частного использования в Германии, в том же году появился популярный сегодня стандарт IEEE 802.11g. Он вобрал в себя всё лучшее: максимальную скорость передачи 54 Мбит/с, возможность работы на частоте 2,4 ГГц и обратную совместимость с IEEE 802.11b. В сентябре 2003 года был принят ещё один важный стандарт IEEE 802.11h, сохранивший дополнительные процедуры и ограничения для диапазона частот 5 ГГц. Благодаря этому стандарту передача на частоте 5 ГГц стала возможна повсеместно даже вне помещений, что поспо-

собствовало распространению стандартов IEEE 802.11a и IEEE 802.11g (5 ГГц). Данные стандарты на практике обеспечивают более высокую скорость передачи и лучше подходят для использования вне помещений.

Последний в иерархии IEEE 802.11 стандарт IEEE 802.11n был принят в сентябре 2009 года и к настоящему моменту только набирает обороты.

### Основные преимущества стандарта IEEE 802.11n

В новом стандарте беспроводной связи можно выделить три основных преимущества перед предыдущими стандартами IEEE 802.11a/b/g:

- **Увеличенная пропускная способность канала:** в новый стандарт включён целый ряд технологий, значительно увеличивающих его пропускную способность. Широко используемые стандарты IEEE 802.11a/g позволяют достигать теоретического максимума в 54 Мбит/с, однако на практике он составляет примерно 22 Мбит/с. Для сети, базирующейся на стандарте IEEE 802.11n, максимум поднят уже до



Рис. 1. Внешняя MIMO-антенна стандарта IEEE 802.11n Hirschmann BAT-ANT-N-MiMo5-9N-IP65

Таблица 1

Таблица 1. Основные характеристики оборудования для беспроводного Ethernet серии Hirschmann BAT

ПРОДУКТ	BAT300	BAT54	BAT54 SINGLE	BAT54 CLIENT
Описание	Двухдиапазонная промышленная высокоскоростная точка доступа	Двухдиапазонная промышленная точка доступа с двумя радиомодулями	Двухдиапазонная промышленная точка доступа с одним радиомодулем	Двухдиапазонная промышленная клиентская точка с одним радиомодулем
Режимы работы	Точка доступа, мост, шлюз, точка-точка, клиент, клиент-шлюз, ячеистая топология			Клиент, клиент-шлюз, ячеистая топология
Стандарты IEEE	802.11n и др.		802.11a/b/g/h/i	
Количество радиомодулей	1	2	1	1
Частотный диапазон	2,4; 5 ГГц			
Коннекторы антенн	3×RP-SMA jack/ N	4×RP-SMA jack/ N	2×RP-SMA jack/ N	
LAN-интерфейс	2×RJ-45/ M12		1×RJ-45/ M12	
Монтаж	DIN-рейка/ панель			
Диапазон рабочих температур	-30...+50°C			
Класс защиты	IP40/ IP67			
Питание	2×24 В, 12 В, PoE			
Комплект поставки	Устройство, компакт-диск, сервисный кабель, дипольные антенны 3 дБ, резисторы 50 Ом			

300 Мбит/с, что на практике может гарантировать 120–130 Мбит/с. Таким образом, впервые беспроводная технология по скорости обогнала проводной Fast Ethernet.

- **Улучшенное покрытие сигналом.** Механизмы, использованные в стандарте IEEE 802.11n, не только увеличивают пропускную способность, но вместе с тем и минимизируют участки с неуверенным приёмом сигнала. Более стабильное покрытие сигналом заметно повышает удобство использования сети.
- **Увеличенный радиус действия.** Как известно, пропускная способность канала падает с увеличением дистанции между базовой станцией и клиентом. Поскольку IEEE 802.11n имеет внушительный запас по пропускной способности, радиус покрытия в такой сети может быть гораздо больше.

### Совместимость с другими стандартами беспроводной связи

Стандарт IEEE 802.11n обратно совместим с предыдущими стандартами IEEE 802.11a/b/g. Для обеспечения совместимости точки доступа IEEE 802.11n могут работать в специальном смешанном режиме. Однако основные преимущества нового стандарта доступны только при полноценной поддержке его как точками доступа WLAN, так и клиентами.

### Технические аспекты стандарта IEEE 802.11n

В IEEE 802.11n используется та же схема модуляции сигнала, что и в современных IEEE 802.11a/b/g – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM). Данная

схема предполагает передачу сигнала по нескольким несущим частотам параллельно. Значит, суммарная пропускная способность канала будет зависеть от количества несущих частот и их полезной нагрузки.

Количество несущих частот в стандарте IEEE 802.11n увеличено с 48 (в IEEE 802.11a/g) до 52. С полезной нагрузкой всё менее очевидно, так как беспроводная передача данных «страдает» даже от самых незначительных препятствий на пути прохождения сигнала. Для исключения ошибок в сигнале используются так называемые контрольные суммы, значение которых передаётся вместе с сигналом. В IEEE 802.11n передача этих значений «съедает» меньше трафика, поэтому полезная нагрузка выше. Но главным методом её увеличения является технология MIMO (множественный ввод – множественный вывод).

Точка доступа посылает сигнал по антенне в нескольких направлениях одновременно. Сигналы отражаются от различных поверхностей и достигают клиента WLAN разными путями с затратой разного времени на их прохождение. За счёт интерференции в полученном сигнале содержится много наслоений, и чтобы разобрать среди них оригинальный сигнал, традиционно должно быть соблюдено условие прямой видимости между приёмником и передатчиком. Технология MIMO (хотя вернее называть её идеологией передачи сигнала) предполагает параллельное использование нескольких передатчиков и приёмников сигнала: до двух для IEEE 802.11a/b/g и до четырёх в IEEE 802.11n. Принцип MIMO может не только минимизировать проблему интерференции, но и использовать её для улучшения прохождения сигнала.

В стандарте IEEE 802.11n MIMO реализуется с помощью трёх антенн у точки доступа и трёх антенн у клиентов. Две антенны участвуют в передаче сигнала, фактически вдвое увеличивая пропускную способность канала. Чтобы разделить два потока, в начале передачи посылаются стандартизированные данные, позволяющие приёмнику опознать, с какого потока идёт сигнал. Если это не удастся, используется дополнительный сигнал с третьей антенны, передающий служебные данные.

Таким образом, упомянутый максимум для MIMO в четыре потока пока не достигнут, так как в IEEE 802.11n используется только два потока. Это связано с тем, что вычислительных способностей оборудования недостаточно для обработки четырёх потоков: потребовались бы слишком мощные процессоры с высоким энергопотреблением. Оборудование стандарта IEEE 802.11n уже требует больше энергии, чем предусмотрено в стандарте питания PoE, и требуется оборудование с поддержкой PoE+.

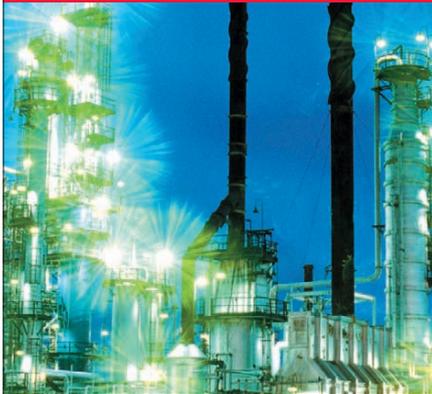
Побочный эффект MIMO возникает при использовании оборудования на открытом воздухе, где искусственных поверхностей мало и отражение сигнала будет недостаточным. В таких условиях для передачи двух независимых потоков требуются специальные двухполяризационные антенны. Такие антенны фактически представляют собой две антенны под углом 90° друг к другу в одном корпусе. Внешний вид такой антенны представлен на рис. 1.

### Промышленное оборудование стандартов IEEE 802.11

Оборудование для беспроводного Ethernet можно встретить в любом

**PEPPERL+FUCHS**  
PROTECTING YOUR PROCESS

Созданы для безопасной работы  
во взрывоопасных зонах



**Взрывозащищённые средства операторского интерфейса**



**Взрывозащищённые персональные компьютеры и мониторы** серии VisuNet, предназначенные для создания человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) во взрывоопасных зонах с применением стандартной сетевой технологии Ethernet для передачи данных.

Установка во взрывоопасных зонах классов 1, 2 и 22



**Взрывозащищённые диспетчерские блоки контроля и индикации** серии TERMEX с монохромными графическими/текстовыми ЖК-дисплеями для подключения к ПЛК и системам с применением ПК.

Установка во взрывоопасных зонах классов 1, 2 и 22

Всё оборудование сертифицировано и имеет Разрешение Ростехнадзора РФ

#123

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ PEPPERL+FUCHS

**PROSOFT**

Реклама

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Рис. 2. Внешний вид точек доступа Wi-Fi серии Hirschmann BAT

компьютерном магазине. Но на промышленных объектах оно, по сути, неприменимо. Попробуем сформулировать требования для Wi-Fi оборудования:

- расширенный температурный диапазон;
- прочный компактный стальной корпус с надёжными креплениями;
- стандарты WLAN IEEE 802.11a/b/g/h и отдельно IEEE 802.11n;
- резервированное питание с поддержкой PoE;
- поддержка стандарта безопасности сетей WLAN IEEE 802.11i, роуминга, удалённого управления.

Перечисленными свойствами обладает линейка продукции BAT немецкой торговой марки Hirschmann. В линейке присутствуют точки доступа для монтажа в помещениях (серия Rail) и для уличного монтажа (серия F), необходимые аксессуары и антенны с различным усилением. Перечень моделей Hirschmann BAT представлен в таблице 1.

Внешний вид оборудования представлен на рис. 2.

### Типичные схемы применения оборудования серии Hirschmann BAT

1. Точка доступа – клиент (под клиентом подразумевается как одна, так и множество клиентских точек).
2. Множественные точки доступа – клиент. Точки доступа могут принадлежать разным локальным сетям, передавать данные между собой и обеспечивать гибкий доступ в сеть для клиентских точек.
3. Смешанная резервированная сеть (Mesh Network). Схема для сложных условий приёма, где связь между от-

дельными точками может теряться ввиду внешних воздействий. Состоит из нескольких (трёх и более) точек доступа, сигнал между которыми передаётся по нескольким путям, а маршрут зависит от текущих условий приёма.

4. Режим роуминга (Multi-Hop-WLAN) для случаев передвижения клиента между точками доступа. Например, точки доступа расположены вдоль железнодорожной ветки, связаны между собой, а клиентская точка на движущемся поезде. В этом случае перерегистрация клиента в новой точке происходит автоматически в пределах миллисекунд и незаметна для клиента.

Развитие стандартов IEEE 802.11 Wi-Fi на ближайшее будущее во многом очевидно. Стандарт IEEE 802.11n ещё не реализовал весь свой потенциал. По мере появления беспроводных чипов, способных обрабатывать все 4 потока данных, максимальная скорость возрастёт до 600 Мбит/с. Как следствие, увеличится радиус покрытия и качество приёма сигнала. Дальнейшее развитие технологий MIMO позволит внедрять беспроводные сети взамен традиционных проводных сетей на большем количестве объектов. Конечно, беспроводные технологии никогда полностью не вытеснят традиционные сети с промышленных объектов, но воздух как среда передачи данных будет не менее востребованным, чем медь и «оптика».

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ  
Телефон (495) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru