Модули компании EBYTE:

экономичный переход в индустриальный «Интернет вещей»

Индустриальный «Интернет вещей» (IIoT) открывает путь к удаленному управлению активами и аналитике в реальном времени. Однако при внедрении IIoT специалисты столкнулись с ограниченными возможностями передачи данных от большого числа датчиков и разнопланового оборудования, поскольку такие возможности не были предусмотрены в сетях предприятий. Проблему может решить использование технологии ячеистых сетей, но для этого нужны модули беспроводной связи — много модулей, причем разных. А там, где чего-то много, каждая сэкономленная копейка превращается в полновесные рубли. Экономно, с должным качеством и надежностью перейти к IIoT поможет продукция компании Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., Ltd. (далее — EBYTE).

Владимир Рентюк
Rvk.modul@gmail.com

Проблемы IIoT

Промышленный «Интернет вещей» объединяет корпоративные информационные технологии с технологическими операциями и производственными процессами. Это дает возможность производителям получать и видеть оперативную информацию в реальном времени, причем важно, что данные поступают нужному оператору в нужном месте и в нужное время. Переход на технологию IIoT позволяет отслеживать текущее состояние активов и действовать на опережение, не дожидаясь критического отказа. То есть планировать техническое обслуживание на основании прогнозов, что экономит людские и материальные ресурсы. Такой переход позволяет увеличить доходы предприятия за счет оптимизации производительности на основе данных и новых сервисов.

Приложения IIoT оказывают большую нагрузку на сети, в которых они работают. Ведь второе «I» в IIoT — это «Интернет», без которого IIoT не может существовать. И это не просто Интернет, а все его сложные сервисы. В «индустриальном» приложении — это данные, голосовые сообщения, видео и команды управления, и, естественно, все это требует надежного, в том числе широкополосного, доступа.

Для того чтобы использовать возможности и преимущества подключения IIoT, в рамках предприятия необходимо реализовать многоуровневую систему связи, содержащую целый ряд технологий. А именно локальную сеть (LAN) на заводе и в офисах, внутреннюю или обратную связь, расположенную между корпоративной локальной сетью и широкополосной связью, широкополосное беспроводное решение, которое может быть двухточечным (point-to-point, PtP — точка-в-точку) или многоточечным (point-to-multipoint, PtMP — точка-в-точки). Все это может быть реализовано, например, с использованием технологии сотовой связи

LTE или оптоволокна. На уровне технологического и производственного процесса, скорее всего, понадобится система SCADA или другая система управления и диспетчеризации, без которых современное предприятие уже трудно себе представить (рис. 1).

Проблема заключается в том, что на предприятиях уже имеется унаследованная кабельная структура, расширение которой нецелесообразно из-за высокой стоимости, а часто попросту нереально. Устранить проблему можно с помощью широкополосного беспроводного решения, когда датчики и актуаторы (органы управления) объединяются в одну систему. Однако и на данном пути есть препятствия, поскольку фактически это сопряжено с определенными трудностями, связанными с тем, что возможности сотовых сетей не безграничны. И хотя у сетей LTE есть преимущества для некоторых случаев использования, включая беспроводное подключение потребительского уровня, они не способны поддерживать все требования IIoT.

Основная проблема заключается в том, что в технологии LTE ее разные узлы выполняют различные функции. Узлы инфраструктуры действуют как точки доступа, а мобильные узлы могут передавать данные только узлам инфраструктуры и уже через них — друг другу. Таким образом, устройства LTE не могут напрямую передавать данные или связываться с другим клиентским устройством LTE, не «поговорив» сначала с инфраструктурой (сотовым узлом), затем с коммутатором и не вернув данные обратно. Сети LTE спроектированы с большой инфраструктурой для максимального охвата. Башни для установки приемопередающих антенн высокие, поэтому их не так много на всей территории, что иногда создает проблемы с покрытием этих сетей.

У LTE-сетей есть и проблемы с задержкой. Они достаточны для таких приложений, как интеллектуальное измерение, где текущие данные передаются по временному графику, но этой технологии не хватает гибкости для поддержки платформ IIoT, которым необходимо функционирование в реальном времени, например в приложениях межмашинного взаимодействия (M2M, Machine-to-Machine — общее название технологий, позволяющих машинам обмениваться информацией между собой или передавать ее в одностороннем порядке) или в условиях автономного функционирования. Подробно вопросы эксплуатации сетей на основе LTE и то, почему они не являются на 100% приемлемыми для IIoT, рассмотрены в [1].

Можно сказать, а вот придет 5G — и мы на коне. Для того чтобы настроить решение 5G, необходимо создать инфраструктуру. При работе 5G сигналы используют новые полосы радиочастот, что требует обновления радио- и другого оборудования на вышках сотовой связи. В зависимости от типа активов, к которым сотовые операторы могут получить доступ, в ряде случаев решения 5G могут использовать существующие сети 4G, что позволит создать гибридную архитектуру 4G/5G. Однако это огромные инвестиции. Более того, необходимо радикально изменить организацию и архитектуру в сторону базовой сети 5G, которая полностью ориентирована на облачные технологии и виртуализацию — это переход от физической инфраструктуры к парадигме сети как услуги.

Рис. 1. Индустриальный «Интернет вещей» в рамках предприятия охватывает все его производственные и технологические процессы

Кроме того, проблему временной задержки использование технологии 5G не решает, поскольку идеология этой сети остается та же, что и у сетей LTE, — отдельные устройства связываются только через базовую станцию. Разница лишь в том, что теперь это не блок на огромной вышке с антеннами, а небольшое устройство. Но таких небольших базовых станций нужно много, и, соответственно, здесь потребуются значительные вложения в инфраструктуру. К тому же технология 5G организует первичное соединение через канал LTE (с антеннами с круговой диаграммой направленности) и только потом направляет узкий луч диаграммы направленности на то или иное устройство (терминал) [2, 3].

Итак, какой можно сделать вывод? Кабельные сети предприятий для внедрения IIoT недостаточно развиты, а емкости каналов сотовой связи LTE уже не хватает, использование технологии 5G перспективно, оно расширит емкость каналов сотовой связи в сотни, если не в тысячи раз, но всех проблем IIoT 5G не решит, особенно из-за непрогнозируемых временных задержек. Кроме того, не забываем, что провайдерам сетей сотовой связи нужно платить. Как выход — использовать свои сети ячеистой топологии (mesh-сеть).

Ячеистые сети как основа для IIoT

Как уже было сказано, преодолеть проблемы IIoT, которые невозможно решить с помощью технологии сотовой связи, может классическая ячеистая сеть — сетевая топология компьютерной сети, построенная на принципе ячеек, где рабочие станции соединяются друг с другом и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных участников. Или такой тип сети, как кинетическая ячеистая сеть, например разработанная компанией Rajant и называемая кинетической сеткой (рис. 2). С помощью кинетической сетки узлы непрерывно и мгновенно направляют данные по наилучшему доступному на данный момент пути для трафика с учетом частоты [1].

Каждый узел может поддерживать несколько одновременных подключений, при этом ни одно уже созданное подключение не должно разрываться для создания новых.

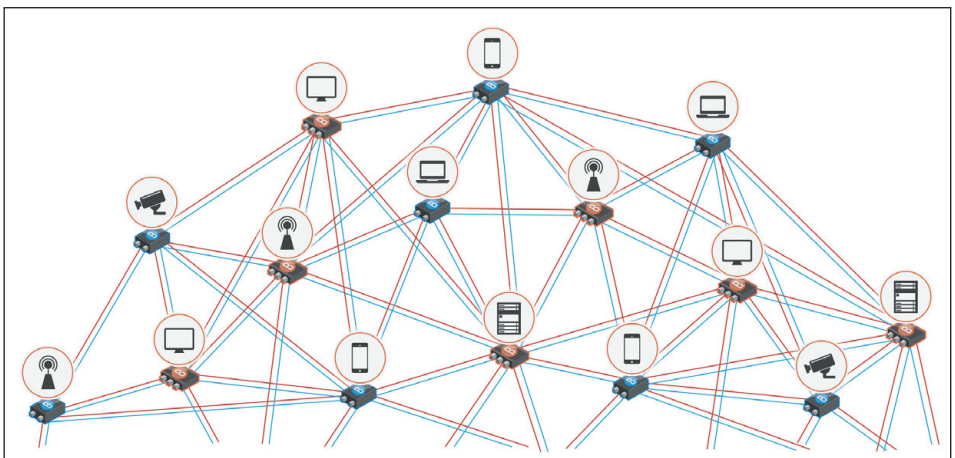

Рис. 2. Кинетическая ячеистая сеть использует все доступные частоты и пути для выполнения функций, что позволяет ей доставлять данные с малой задержкой для поддержки приложений IIoT с высокой пропускной способностью в реальном времени

Сетевое программное обеспечение «точка-в-точку» работает на каждом узле, что позволяет динамически направлять трафик через самый короткий путь из доступных в данный момент. Сеть самооптимизируется по мере перемещения узлов и обновления условий, реагируя на изменения в топологии сети и нагрузке на сеть, а также на внешние воздействия, например помехи. Это гарантирует, что операторы будут постоянно подключены к дорогостоящим активам и смогут контролировать их даже в движении. Если путь передачи сигнала заблокирован или обнаружены помехи, вместо разрыва соединений информация мгновенно перенаправляется по лучшему из доступных путей, создавая общую мобильность и гибкость связи. При этом можно назначить основной узел, который будет подключен к унаследованной проводной линии, сохранив ее для связи.

Этот принцип используется и для беспроводных сенсорных сетей. Компании все чаще внедряют беспроводные датчики, потому что они намного дешевле, чем традиционные, требуют меньше времени для установки и могут быть легко объединены в сеть. Использование таких сетей открывает большие возможности для оптимизации производства, особенно там, где применение проводных сетей запрещено. Беспроводные сети могут быть полезны для удаленного мониторинга трубопроводов, выявления утечки природного газа, коррозии, контроля содержания сероводорода (H_2S), оценки состояния оборудования и резервуаров в режиме реального времени [4].

Однако для построения таких сетей нужно не только желание и осознание их необходимости, но и соответствующие технологии беспроводной связи. И здесь имеется довольно широкий выбор (рис. 3).

Главное преимущество ячеистой сети на основе беспроводных модулей — это практически неограниченный диапазон, поскольку данные могут передаваться с устройства на сетевой узел, а затем от узла к узлу. Узел в такой сети представляет любое устройство, которое, помимо передачи данных, может иметь и другие функции, например выступать в качестве ретранслятора, выполняя назначенные для ячейки функции. Ячеистые сети оптимальны, поскольку обеспечивают практически неограниченное покрытие. Данные в них можно передавать не только в пределах одной ячейки производственной линии, но и в пределах цеха, без необходимости прокладки кабелей сложной конструкции. Возможность легко модифицировать такую сеть считается очень большим преимуществом. Подробное описание беспроводных технологий «Интернета вещей» доступно в путеводителе [5].

Беспроводные модули Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi и LoRaWAN компании EBYTE

Компания Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., Ltd., известная как EBYTE, является одним из производителей, занимающихся выпуском современных модулей для организации беспроводныз сетей связи. Это новое высокотехнологичное предприятие КНР, которое специализируется на системах беспроводной передачм данных и технологии «Интернета вещей» и уже имеет сотни продуктов собственной разработки и широкую клиентскую базу, в том числе и на рынке Российской Федерации. Одно из преимуществ компании в том, что она обладает весьма широкими возможностями в области научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и обширным собственным производством. Компания EBYTE ориентирована на крупномасштабное серийное производство целевой продукции с ее долговременной доступностью. Вся продукция компании сертифицирована, а ее предприятия имеют сертификат системы управления качеством ISO9001. Подробно о компании EBYTE и ее продукции в [6]. Однако поскольку приведенные в [6] данные уже несколько устарели, далее будут рассмотрены варианты текущей поставки компанией таких ее популярных модулей, как Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi и LoRa.

Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy, или BLE, называемый также Bluetooth Smart (для применения в IoT-устройствах), использует преимущественно протокол BLE, который предназначен специально для устройств со сверхмалым потреблением энергии. Если нужна большая скорость передачи по сравнению с предыдущими версиями Bluetooth, то можно применить Bluetooth 5, предлагающий более быструю передачу и более длительные сеансы передачи на основе сетевого протокола без установления соединения. В таком случае посылаемые данные содержат полную адресную информацию (об отправителе и получателе) в каждом пакете. При передаче все промежуточные сетевые устройства считывают адресную информацию и принимают реше-

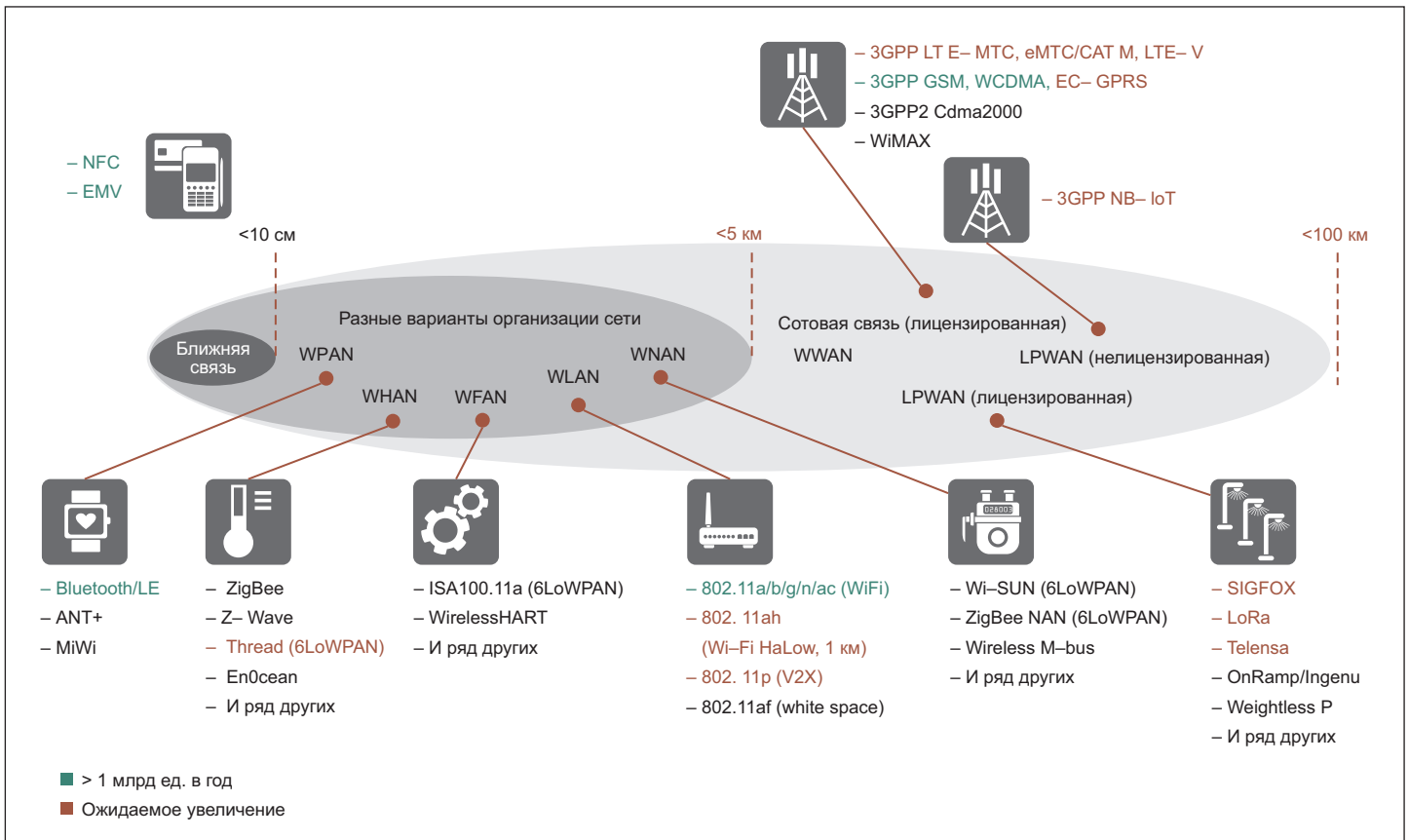

Рис. 3. Беспроводные технологии, используемые для реализации локальных и ячеистых сетей IIoT, сгруппированные по рабочему диапазону покрытия

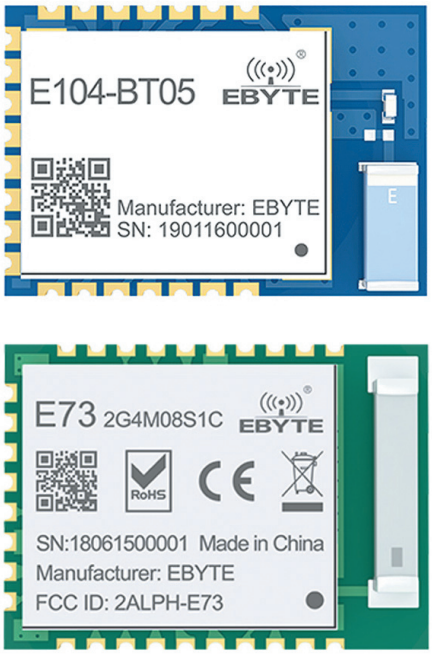

Рис. 4. Типовые варианты исполнения модулей Bluetooth компании EBYTE

ние о маршрутизации данных. Сокращение затрат энергии на радиосвязь и оптимизация программного обеспечения нацелены именно на то, чтобы сделать практически достижимым десятилетний срок эксплуатации без замены батарей, критичный для IoT и тем более для IIoT, где измерительные узлы могут находиться в крайне труднодоступных местах.

Клиентам компании EBYTE доступна широкая линейка готовых к применению модулей.

Bluetooth под три основных протокола описаны в [7], а примеры конструктивного исполнения ряда модулей представлены на рис. 4.

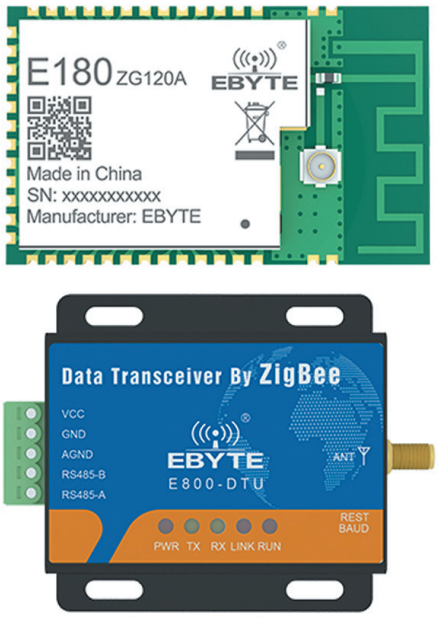

Рис. 6. Типовые варианты исполнения модулей ZigBee компании EBYTE

IC	ALL	nRF52832	nRF52810	nRF52811	nRF51822	nRF52840	DA14531	DA14580	CC2640	CC2541	CC2540	ESP32	TLSR8269	TLSR8266	RTL8760ATT	CSRA64215	EFR32MG21	TLSR8253F512	EFR32BG22
Interface	ALL	UART	IO	USB															
Protocol	ALL	Bluetooth 4.0	Bluetooth 4.1	Bluetooth 4.2	Bluetooth 5.0	Bluetooth 5.1	Bluetooth 2.1	BLE Mesh	Bluetooth 5.2										
Power (dBm)	ALL	0	2	3	4	5	6	7	8	10	20								
Feature	ALL	Low power consumption	Continuous transmission	SigMesh network	Audio Transmission														

Рис. 5. Таблица выбора модулей Bluetooth компании EBYTE

На текущий момент модули Bluetooth компании EBYTE можно выбрать по следующим ключевым параметрам и характеристикам: тип используемого чипсета (микросхемы) — IC; интерфейс — Interface; протокол — Protocol; мощность передатчика в дБм — Power (dBm); технические особенности — Feature. В качестве функциональных особенностей модуля можно выбрать: малую потребляемую мощность (Low power consumption), режим постоянной передачи (Continuous transmission), SigMesh network (ячеистая сеть SigMesh) и Audio Transmission (передача аудио). Таблица выбора для модулей этого типа показана на рис. 5.

Кроме того, на странице [7] можно выбрать модули по дополнительным условиям — дальности покрытия в км (Distance), типу антенны (Antenna), размерам в мм (Size), уточнить функции (Feature) и загрузить руководство на выбранный модуль (Manual). Важно отметить, что протокол связи интерфейса Bluetooth 4.0 и выше по сравнению с предыдущими версиями хорошо защищен — он включает аутентификацию устройств и шифрование данных, что сильно затрудняет взлом сети.

ZigBee

Сети, образованные по протоколу ZigBee, начали рассматриваться еще с 1998 года, когда многие разработчики осознали, что протоколы Wi-Fi и Bluetooth стали недостаточно эффективными для целого ряда приложений. В частности, многие инженеры увидели необходимость в самоорганизующихся ad-hoc-сетях. В такой одноранговой сети узлы могут связываться напрямую, «точка-к-точке», без необходимости использовать общую точку доступа. Технология ZigBee действует на радиочастотах не требующего лицензирования ISM-диапазона, включая полосу в районе 2,4 ГГц. Однако в разных регионах и странах для этого стандарта связи используются разные полосы рабочих частот. Так, в США для ZigBee выделена полоса в субгигагерцевом диапазоне, включающем 915 МГц, в Китае это 784 МГц, а в Европе — 868 МГц. В Российской Федерации ZigBee используется в частотном диапазоне 2400–2483,5 МГц и также не требует получения частотных разрешений и дополнительных согласований.

Технология ZigBee, по своей сути, поддерживает сетевые соединения по типу «дерева», «звезды» и самоорганизующейся сети с ячеистой топологией. Подключенные таким образом устройства для управления узлами могут передавать данные через связи в сети, что делает технологию ZigBee по сравнению с сетью «точка-точка» в аналогичных условиях более привлекательной для организации сетей с низкой скоростью передачи данных, распределенных на большей площади. Плата за все

IC	ALL	CC2530	CC2531	CC2630	JN5168	JN5169	JN5819	TLSR8269	CC2652RB
Frequency (Hz)	ALL	2.4G							
Power (dBm)	ALL	4	5	7	10	11	20	23	27
Distance (km)	ALL	0.1~0.5	0.6~1.0	1.1~2.0	2.1~2.5				
Interface	ALL	I/O	RS232	RS485	USB	Ethernet	Stamp hole		
Antenna	ALL	PCB	IPEX	SMA	Stamp hole				

Рис. 7. Таблица выбора модулей ZigBee компании EBYTE

преимущества ZigBee — это сокращение времени автономной работы устройств, которые служат в качестве репитеров кластеров такой сети, используемых в процессе обмена данными с более удаленными устройствами IIoT.

Клиентам компании EBYTE из Российской Федерации доступна широкая линейка готовых к применению модулей ZigBee под три основных протокола. Примеры конструктивного исполнения ряда модулей ZigBee компании EBYTE представлены на рис. 6.

На текущий момент модули ZigBee можно выбрать по следующим ключевым параметрам и характеристикам. Тип используемого чипсета (микросхемы) — IC; рабочая частота в Гц — Frequency (Hz); мощность передатчика в дБм — Power (dBm); типовое покрытие в км — Distance (km); Иинтерфейс — Interface; четыре типа антенны — Antenna. Кроме того, на странице [8] можно дополнительно выбрать модули по скорости обмена данными бит/с (Air Rate), типу корпуса (Packing), размерам в мм (Size), функциям (Feature) и загрузить руководство на выбранный модуль (Manual). Таблица выбора для модулей этого типа показана на рис. 7.

Wi-Fi

Если говорить в общем, то Wi-Fi — это большое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам, имена которых начинаются с IEEE 802.11. Именно благодаря тому, что все они подпадают под стандарты семейства IEEE 802.11xxx, технология Wi-Fi обеспечивает нам решения с разными зонами покрытия и скоростями передачи данных. Wi-Fi эволюционирует и постоянно развивается. Новое поколение беспроводного соединения, которое предлагает множество современных решений по сравнению с известной технологией IEEE 802.11ac, — это стандарт Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax). Но индустрия довольно консервативная сфера, поэтому она с опаской смотрит на новшества, которые для нее могут быть не оптимальны. В настоящее время наиболее популярная разновидность — это Wi-Fi 4, работающая в ISM-диапазонах на частотах 2,4 и 5 ГГц, но с национальными ограничениями. Так, в Российской Федерации для этой технологии разрешены не требующие лицензирования (при выполнении ограничений по мощности) полосы частот 2400–2483,5 МГц и 5150–5350 МГц. Именно эти варианты Wi-Fi предлагает компания EBYTE в модульном исполнении.

Российским клиентам компании EBYTE доступна широкая линейка готовых к применению модулей Wi-Fi под три основных протокола IEEE 802.11b/g/n. Примеры конструктивного исполнения ряда модулей Wi-Fi компании EBYTE представлены на рис. 8.

Сегодня модули Wi-Fi можно выбрать по следующим ключевым параметрам и характеристикам. Тип используемого чипсета (микросхемы) — IC; интерфейс — Interface; протокол — Protocol; мощность передатчика в дБм — Power (dBm) и технические особенности — Feature. В качестве функциональных особенностей модуля можно выбрать: малую потребляемую мощность (Low power), режим постоянной передачи (Continuous transmission) и поддержку сети распространения Smart Config/AirKiss в один клик — Airkiss (буквально: «воздушный поцелуй» — конфигурация сети посредством WeChat). Кроме того, на странице [9] можно выбрать модули по дальности покрытия в км (Distance), протоколу (Protocol), антенне (Antenna), размерам в мм (Size), функциям (Feature), в том числе и комбинации, не вошедшие в систему выбора, и загрузить руководство на выбранный модуль (Manual). Таблица выбора для модулей этого типа показана на рис. 9.

LoRa

Технология модуляции LoRa, в отличие от трех рассмотренных выше, относится к системам беспроводной связи дальнего радиуса действия, на что указывает ее название — как производное от Long Range.

LoRaWAN — открытый протокол связи, который определяет архитектуру системы и имеет топологию типа «звезда». LoRaWAN разрабатывался для организации связи между недорогими устройствами, способными работать от батарей (аккумуляторов). Для обеспечения приемлемого отношения скорости передачи к энергопотреблению протокол предусматривает различные классы узлов. Протокол LoRaWAN определяет конкретный набор скоростей передачи данных, но реализация физического уровня модели OSI будет зависеть от выбираемой микросхемы.

В отличие от большого числа существующих сетей, использующих ячеистую архитектуру, где узлы сети для расширения покрытия передают информацию от одного к другому, LoRa-сеть использует топологию «звезда». Это позволяет уменьшить энергопотребление устройств (за счет отсутствия необходимости пересылки пакетов от других устройств) и упростить архитектуру сети.

Технология модуляции LoRa и сеть на основе протокола LoRaWAN используется для передачи небольших по объему пакетов, она специально разработана для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия, так называемого M2M (Machine-to-Machine) и собственно «Интернета вещей», в том числе и индустриального. Она оптимальна для приложений, требующих сбора данных с различного оборудования: датчиков, счетчиков и сенсоров. Наконец, экономическая эффективность развертывания сети LoRaWAN раскрывает возможности для уплотнения сети, оптимизации срока службы батареи устройства, пропускной способности и зоны покрытия. И именно она является конкурентом при широком развертывании сетей 5G. Протокол LoRa имеет дальность связи, превышающую 10 км (в поставках компании EBYTE до 40 км), что больше, чем у варианта 5G mmWave.

В зависимости от региональных распределений здесь используются радиочастоты субгигагерцевого диапазона в не требующих лицензирования спектрах частот в диапазонах VHF (0–300 МГц), UHF (300 МГц — 3 ГГц)

Рис. 8. Типовые конструкции модулей Wi-Fi компании EBYTE с разными типами интерфейсов

IC	ALL	ESP8266EX	CC3200	ESP32	MT7688AN	W600	ESP8285N08	ESP32-S2	CC3235S
Interface	ALL	UART	RS232	RS485	IO	Pad			
Protocol	ALL	802.11b/g/n	802.11b						
Power (dBm)	ALL	12	18	20					
Feature	ALL	Low power	Continuous transmission	Airkiss					

Рис. 9. Таблица выбора модулей Wi-Fi компании EBYTE

и в диапазоне 800–930 МГц. Поскольку эта технология использует более низкие радиочастоты, чем выделенные для 5G и технологий, работающих на частотах 2,4 или 5 ГГц, сигналы модулей LoRa могут проникать глубоко в здания и достигать недоступных для своих более высокочастотных конкурентов мест.

Одним из важнейших факторов, способствующих использованию протокола LoRaWAN, является его экономичная сетевая архитектура и расширение «последней мили» без необходимости владения лицензированным спектром. Это снижает первоначальные вложения в инфраструктуру и эксплуатационные расходы, а также затраты на датчики конечных узлов. В частности, для его развертывания требуется меньше энергии, чем для других решений, а благодаря длительному сроку службы батареи, составляющему до 10 лет, общие затраты со временем снижаются.

Клиентам компании EBYTE (поставки в Российскую Федерацию находятся на стадии согласования) уже доступна самая широкая в настоящее время линейка готовых к применению модулей LoRa. Примеры конструктивного исполнения ряда модулей LoRa компании EBYTE представлены на рис. 10.

На текущий момент модули LoRa можно выбрать по следующим ключевым параметрам и характеристикам. Тип используемого чипсета (микросхемы) — IC; интерфейс — Interface; диапазон рабочих частот в Гц — Frequency (Hz) (M — МГц, G — ГГц); мощность передатчика в дБм — Power (dBm); типовое покрытие в км — Distance (km). Кроме того, на странице [10] можно выбрать модули по скорости передачи в бит/с (Air Rate), типу корпуса (Package), размерам в мм (Size), техническим особенностям (Feature) и загрузить руководство на выбранный модуль (Manual). Таблица выбора для модулей этого типа показана на рис. 11.

Промышленные беспроводные сенсорные сети

Представленные в статье модули компании EBYTE могут быть использованы как коммуникационные устройства в сети беспроводных датчиков, которые служат в ней узлами. Основная функция таких датчиков заключается в распознавании своей сети и доступных для них узлов, сборе, обработке данных и обмене ими. С учетом современных тенденций развития сетей предприятия сенсорные узлы должны быть выполнены в виде небольших устройств с низким энергопотреблением, но при этом достаточной памятью для вычислений и организации связи. От них требуется возможность маршрутизации, динамического поиска, позиционирования и самовосстановления, чтобы обеспечить гибкую топологию сети в жестких и непредсказуемых условиях индустриальной среды. На рис. 12 [12] показана архитектура типовой беспроводной сенсорной сети, в которой данные пересылаются (часто через несколько переходов) к контроллеру или приемнику, который может использоваться локально

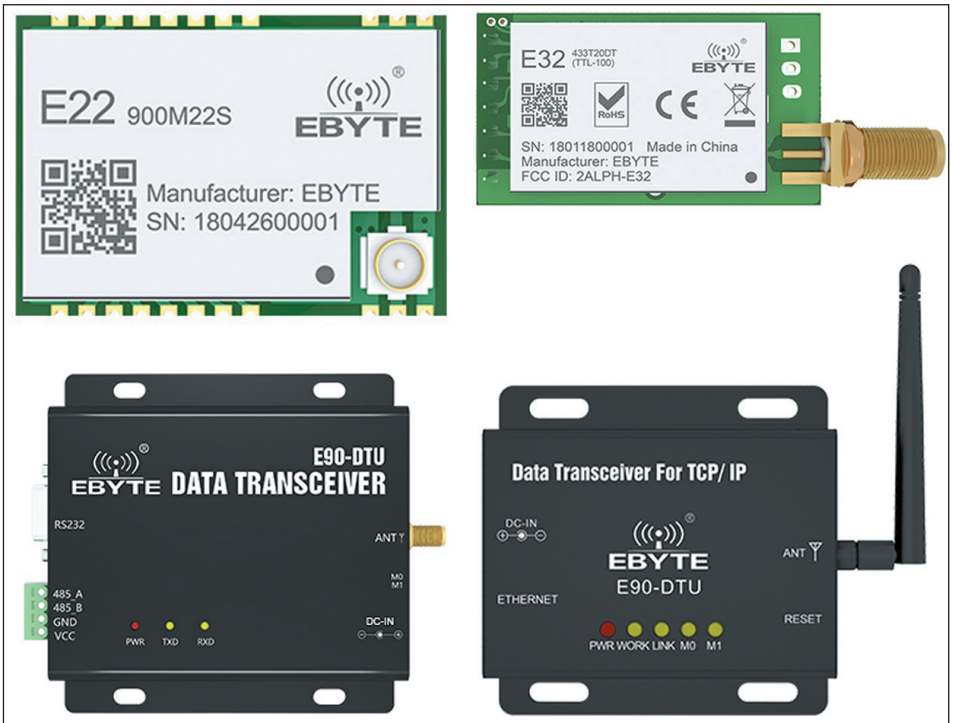

Рис. 10. Типовые конструкции модулей LoRa компании EBYTE с разными типами интерфейсов

IC	ALL	SX1262	SX1268	SX1276	SX1278	SX1280	SX1281	ASR6501	ASR6505	SX1302	LLCC68
Interface	ALL	SPI	UART	RS232	RS485	Ethernet	RF to GPRS	RF to 4G			
Frequency(Hz)	ALL	2.4G	915M	868M	470M	433M	230M	170M			
Power(dBm)	ALL	12	20	21	22	27	30	37	44		
Distance(km)	ALL	3	4	5	5.5	6	7	8	10	12	15	20	40

Рис. 11. Таблица выбора модулей LoRa компании EBYTE

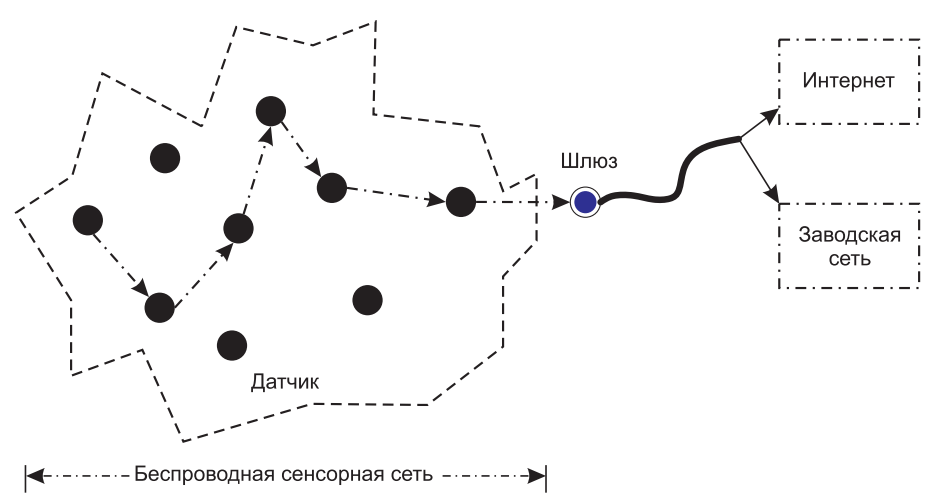

Рис. 12. Архитектура беспроводных сенсорных сетей

или быть подключен к другим сетям через шлюз. Узлы могут быть стационарными или движущимися, с учетом местоположения или нет, а также однородными или нет. Такое разнообразие требует и различных по технологии модулей связи, в том числе таких, которые может предоставить компания EBYTE. Приобретение сразу всех или по крайней мере большинства необходимых модулей у одной компании не просто удобно с точки зрения логистики, но и более экономично за счет сокращения текущих затрат и расходов на техническую поддержку и обслуживание.

Беспроводные сенсорные сети внедряются во всем промышленном мире из-за их преимуществ перед проводными сетями. Помимо экономии затрат на кабельную разводку, такие сети расширяют круг сред, доступных для мониторинга [4, 13]. Они добавляют объектам в физическом мире способности активации и «восприятия» и позволяют общаться между ними. На рис. 13 [12] дополнительно проиллюстрирована структура беспроводной сенсорной сети, которая является частью внутренней сети завода или фабрики.

В рамках беспроводной сенсорной сети «умные», или интеллектуальные объекты, такие как рабочие, автономные транспортные средства, машины и оборудование, а также обычные датчики с беспроводными приемопередатчиками, могут рассматриваться как беспроводные узлы, которые соединены для формирования беспроводной сенсорной сети с помощью беспроводных модулей. Кроме того, помимо работы внутри беспроводной сенсорной сети, узлы через точки доступа и шлюз создают мост к другим сетям, таким как сотовые, проводные и др. Приложения данных более высокого уровня, включая серверы данных, управление, контроллеры и устройства отображения, могут быть основаны на тех или иных сетях более высокого уровня.

Что касается беспроводных сенсорных сетей, то наиболее широко используемой в них беспроводной технологией короткого радиуса действия является технология Bluetooth с низким энергопотреблением — BLE. Основная причина их высокой популярности, как уже было сказано ранее, — высокая энергоэффективность. BLE управляет циклами сна, дежурным режимом и активными циклами. BLE также широко используется из-за мощности его радиочастотного сигнала, который позволяет этой технологии эффективно работать даже в сложных средах с повышенным уровнем электромагнитных помех и даже при наличии физических препятствий для распространения радиоволн. Оба этих фактора являются обычными для индустриальной среды.

В проектах по реализации беспроводной сенсорной сети именно технология BLE является базовой технологией для связи ближнего радиуса действия [5]. Причем она может использоваться как на уже эксплуатируемых, так и на еще только проектируемых комплексах промышленного оборудования. Однако сети устройств с поддержкой BLE нужен способ получения инструкций и ретрансляции данных на более дальние расстояния. Здесь возможны два варианта: использование двунаправленных Wi-Fi-модулей или модулей LoRa (там, где требуется большая дальность и есть препятствия для распространения радиоволн гигагерцевого диапазона). Объединение технологии BLE с ее энергоэффективностью и технологии LoRa с ее сверхдальностью позволяет развернуть беспроводные сенсорные сети в местах, где телекоммуникационная инфраструктура и инфраструктура питания недоступны, что расширяет границы использования IIoT.

Практические примеры развертывания сенсорных сетей в нефтегазовой индустрии и способ развернуть беспроводные сенсорные сети в сложных условиях индустриальной среды можно посмотреть по ссылкам [4, 13], обзор ключевых технологий и трендов IoT в промышленности — по ссылке [14].

Заключение

Как можно видеть, при наличии существующей инфраструктуры сети, например на основе модулей Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee и LoRa, просты в установке и могут быть легко выполнены даже неспециализированным персоналом. Даже в относительно отдаленном будущем, когда все отрасли станут «умными», ячеистые сети на таких модулях останутся привлекательными, поскольку затраты на электромонтаж и конфигурацию сетей значительно более рентабельны, чем на полностью проводные решения. Важно не просто перейти к IIoT как к очередному новому веянию индустриальной моды, но сделать это осознанно и экономно, с должным качеством и надежностью. В этом и может помочь продукция компании Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., Ltd. В ее ассорти-

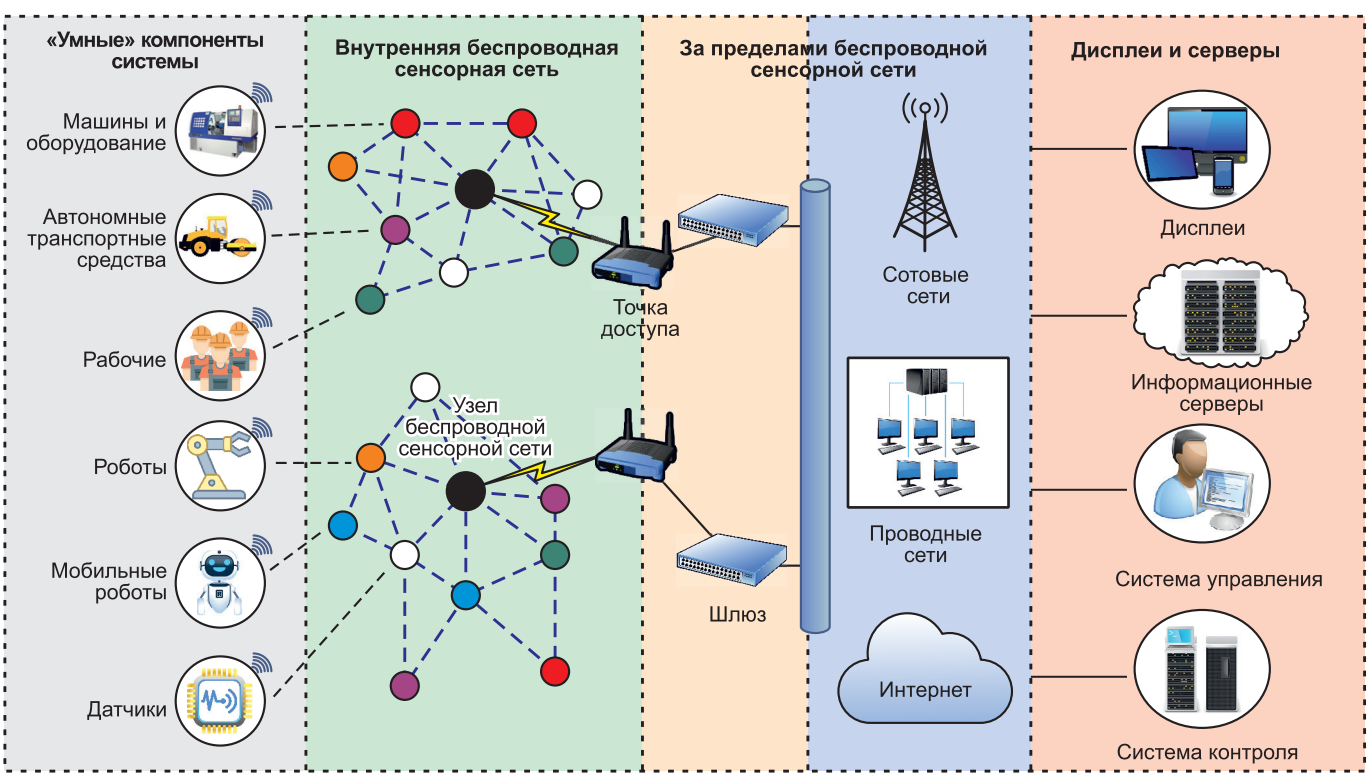

Рис. 13. Общая схема промышленной беспроводной сети

менте есть не только модули беспроводной связи, но и антенны и сопутствующие модули. Полная информация о компании и ее продуктах доступна на сайте [11], а при возникновении тех или иных вопросов на помощь придет ее служба технической поддержки. Также всю необходимую помощь, включая вопросы оптимального выбора модулей для конкретных условий и выбор сопутствующих продуктов, предоставят авторизованные дилеры компании. ■

Литература

1. Ригби Т. Четыре причины, по которым сети LTE еще не готовы к широкому вхождению в IIoT // Control Engineering Россия IIoT. 2019. № 1.
2. Рентюк В. От структуры сигналов к MIMO: пять важных моментов для понимания проблем 5G New Radio // Беспроводные технологии. 2020. № 1.
3. Рентюк В. 5G и миллиметровые волны // СВЧ-электроника. 2019. № 4.
4. Рэйч Н. Преимущества развертывания сенсорных сетей в нефтегазовой индустрии // Control Engineering Россия. 2015. № 3.
5. Рентюк В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей» // Control Engineering Россия. 2017. № 6. 2018. № 1–3.
6. Рентюк В., Морозов С. Беспроводные модули из Китая: быстрые и недорогие решения для сложных проектов // Беспроводные технологии. 2019. № 3.
7. Product Selection (Bluetooth). www.ebyte.com/en/product-selecte.aspx?sid=177
8. Product Selection (ZigBee). www.ebyte.com/en/product-selecte.aspx?sid=179
9. Product Selection (Wi-Fi). www.ebyte.com/en/product-selecte.aspx?sid=178
10. Product Selection (LoRa). www.ebyte.com/en/product-selecte.aspx?sid=412
11. Product. www.ebyte.com/en/product-class.html
12. Abdelrehim B. M. M. Wireless Sensor Technology Selection for I4.0 Manufacturing Systems. University of Windsor, Electronic Theses and Dissertations. 4-9-2020. https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=9334&context=etd
13. Хогья З., Кей Дж. Как развернуть беспроводные сенсорные сети в сложных условиях индустриальной среды // Control Engineering Россия. IIoT. 2017.
14. Сюй Л. Д., Хе В., Ли С. «Интернет вещей» в промышленности: обзор ключевых технологий и трендов // Control Engineering Россия. IIoT. 2017.