

жет занять несколько лет. Крупные производители достаточно быстро проникаются достоинствами технологии и внедряют системы RFID как в краткосрочной, так и в долгосрочной стратегической перспективе. Это обычно происходит в два этапа.

1. *Пилотная фаза*, когда преобладают пилотные проекты, управление которыми происходит через экспериментальные команды, поступающие от работников, представителей производства/склада и менеджеров завода.

Цели пилотной фазы:

- интеграция компонентов системы RFID в структуру предприятия с минимальным воздействием на основные текущие производственные процессы;
- выбор единицы хранения (паллета, коробка, отдельный товар) для осуществления пилотных проектов;
- построение системы и выработка общей стратегии для более широкой интеграции RFID на производстве.

Самое главное на данном этапе – добиться соответствия информации на тегах и в БД предприятия, а также разработать оптимальную систему для отслеживания объектов. Главные проблемы, рассматриваемые в этой фазе, сосредоточены на том, чтобы добиться 100% считывания тега, избежать ошибок при считывании и обеспечить надежность, превышающую существующую при использовании технологии штрихового кода.

2. *Внедрение полноценной системы RFID* включает тактический план предприятия, повышающий уровень интеграции RFID в основные бизнес-процессы. На этом этапе производители ставят перед собой следующие ключевые вопросы:

- насколько глубоко в производство и в цепь поставок должен быть внедрен RFID?
- каков должен быть уровень детализации?
- каким стандартам следовать?
- какое ПО использовать?

В течение многих лет предприятия осуществляли инвестиции в свои информационные системы, чтобы оптимизировать учет товарных запасов, улучшить эффективность производства, его гибкость и возможность быстрого отклика на потребности рынка. Точная, подробная и своевременная информация, поставляемая информационными системами последнего поколения, является сегодня, пожалуй, самым важным элементом систем автоматизации. Поэтому крайне важно сочетать внедрение RFID с модернизацией существующих информационных систем. Необходимо помнить, что RFID полностью меняет привычные бизнес-процессы на предприятии, включая информационный менеджмент, технологические процессы, ОТК, сертификацию, логистику и снабжение, управление активами, систему учета товарных запасов и кадровую политику.

Технология RFID дает уникальные возможности производству, позволяя оперативно получать данные по товару на всех стадиях, начиная с поступления сырья на склад и заканчивая отгрузкой упакованного товара. Кроме того, система позволяет снизить затраты на рабочую силу, и самое главное, уменьшить вероятность производственных ошибок, в том числе на сборочных линиях. Скорее всего, технология RFID будет все активнее внедряться на производствах, т.к. выгоды от этого настолько существенны, что их нельзя не учитывать.

Карпова Анна Юрьевна – руководитель отдела RFID технологий компании "АНТИвор".

Контактный телефон (495) 788-44-77. E-mail: karpova@antivor.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ZIGBEE – БУДУЩЕЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ?

Н.А. Троицкий (Группа компаний НКТ)

Представлена схема эволюции технологии радиочастотной идентификации, очередным этапом развития которой на данный момент является технология ZigBee. Приведены общие характеристики технологии ZigBee. Представлены компоненты, модули и решения на базе технологии ZigBee, предлагаемые известными во всем мире компаниями-производителями. Указаны возможные области применения ZigBee.

Эволюция технологии радиочастотной идентификации

Как и для многих других технологий, распространенных ныне повсеместно, радиочастотная идентификация ведет свое происхождение от военной техники. Исторически, предтечей RFID и смежных технологий можно считать появившиеся в конце Второй Мировой войны системы опознавания "свой-чужой" для радаров. Любая технология начинается с простых и примитивных устройств, которые, эволюционируя, обрастают новыми функциями, отвечая потребностям рынка. Не является исключением и RFID, прошедшая в своем развитии несколько "звеньев эволюции": радиочастотная технология Electronic Article Surveillance, пассивная радиочастотная идентификация, активный RFID, RFID-сенсоры и актуаторы, ZigBee устройства (рис. 1).

Самая примитивная технология – средства защиты от краж Electronic Article Surveillance (EAS) повсеместно установлены в супермаркетах. Носитель информации в EAS – радиометка с колебательным контуром, который отражает радиосигнал излучающей антенны (обычно около 5...8 МГц) на своей частоте, отличной от частоты излучающей антенны. Вторая, принимающая антенна регистрирует этот отраженный сигнал. Когда покупатель оплачивает товар, такая радиометка просто выводится из строя мощным радиоимпульсом и уже не срабатывает в "воротах" системы защиты от краж. Здесь кодируется всего один бит информации – "оплачено/не оплачено". Такая метка является одноразовой, повторно считать или восстановить "стертую" метку уже невозможно.

Основываясь примерно на том же принципе, технология RFID несет в себе гораздо больше возможностей. Это и гораздо больший объем памяти (до 64 Кб у современных бесконтактных пластиковых карт), и многократное чтение, и возможность многократной перезаписи информации, и развитые средства защиты записанной информации паролем или алгоритмами криптографии. Электроника пассивных радиометок, принимающая модулированный радиосигнал от считывающей аппаратуры, использует энергию принятых радиоволн для питания собственных схем, а также, чтобы послать отклик, который несет закодированную информацию из памяти метки. При этом в радиометке не используются встроенные источники питания, что обеспечивает долгий срок службы. Естественным ограничением такого подхода является малая дальность считывания: даже высокочастотный сигнал 868...950 МГц или 2450 МГц, использующийся в самой мощной аппаратуре, недостаточен миниатюрной радиометке, чтобы передать информацию на значительное расстояние. Такие системы редко идентифицируют радиометки с расстояния больше нескольких метров. Впрочем, для большинства применений технологии RFID этого более чем достаточно.

Тем не менее, для снятия ряда ограничений по расстоянию считывания, в некоторых системах RFID применяются активные (со встроенным источником питания) радиометки, лучшие модели которых способны обеспечить считывание на дистанциях до 30...100 м. Это, если и нельзя считать принципиально новой ступенью эволюции средств радиочастотной идентификации, можно уверенно назвать шагом вперед по богатству технических характеристик.

Коль скоро есть встроенный элемент питания, для разработчиков открывается возможность добавлять новые блоки в конструкцию радиометки. Естественным и вполне логичным шагом здесь стало расширение функциональности до беспроводных сенсоров. Любые радиометки и сами по себе являются сенсорами присутствия маркированного предмета в зоне видимости считывателя. Но ряд выпускающихся в настоящее время радиометок способны на большее: измерение и мониторинг температуры, влажности, ведение журнала замеров той или иной величины, который впоследствии считывается. При этом обеспечивается расстояние считывания на уровне десятков метров. Применения этому уже есть. Например, так называемые поставки класса Cold Chain, то есть с автоматизированным контролем условий хранения и транспортировки скоропортящихся и чувствительных к ряду физических факторов продуктов.

Основным и самым главным ограничением всех вышперечисленных технологий является тот простой факт, что идентификация и считывание журнала измерений температуры (в случае температурных RFID-сенсоров) производится в строго определенных контрольных точках там, где установлены считывающие устройства. При этом использование мобильных терминалов сбора данных со встроенными RFID-ридерами пред-

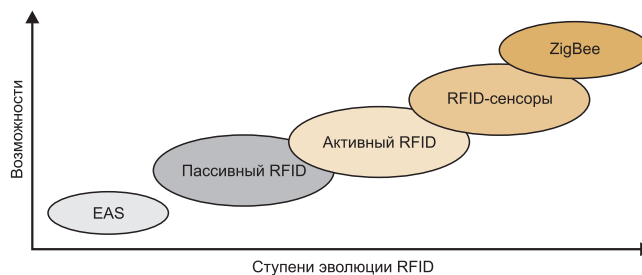


Рис. 1. Эволюция технологий радиочастотной идентификации

ставляет собой только одно и не самое универсальное решение проблемы, если требуется опрашивать метки с достаточно малым временным шагом. Служащий с ручным терминалом — это вмешательство в процесс пресловутого "человеческого фактора" со всеми вытекающими отсюда последствиями в виде ошибок, небрежности и, бывает, — даже саботажа.

К счастью, к 2003 г. была разработана и стандартизирована новая технология, которая во многом превосходит все предыдущие виды RFID, позволяя, в частности, построить территориально распределенные беспроводные системы сбора данных, сенсорные сети и даже системы локального позиционирования, выполняющие эту роль автоматически, независимо от человека. Называется эта технология ZigBee (или IEEE 802.15.4) и является на данный момент вершиной эволюции систем радиочастотной идентификации. О ней-то и пойдет дальше речь.

Общие сведения о стандарте ZigBee.

Структура сенсорных сетей

Стандарт ZigBee был разработан и принят в 2003 г. Основную работу по продвижению этой технологии выполняет организация ZigBee Alliance (<http://www.zigbee.org>), в которую входят "киты" индустрии — Philips, Samsung, Motorola, Cisco и многие другие известные компании. В последнее время стандарт набирает обороты, и появляются различные устройства, поддерживающие его.

По сути своей IEEE 802.15.4 — это стандарт беспроводной передачи данных на частотах 868...915 МГц или 2450 МГц со скоростью 30...250 Кбит/с на расстоянии до 300 м. Краеугольным камнем этого стандарта является низкое энергопотребление и дешевизна, что делает его применимым в миниатюрных устройствах, работающих от встроенного элемента питания. Модули ZigBee обладают уникальным идентификационным номером и играют прежде всего роль коммуникационного интерфейса для прочих функциональных блоков устройства таких, как сенсоры, исполнительные устройства и т.д.

Сенсорная сеть ZigBee включает: оконечное устройство (partial function node), устройство-ретранслятор (full function node) и устройство-координатор (PAN coordinator). Все эти модули представляют собой сочетание трех основных компонентов: приемопередатчика IEEE 802.15.4, микроконтроллера и ПО, реализующего стек протокола ZigBee.

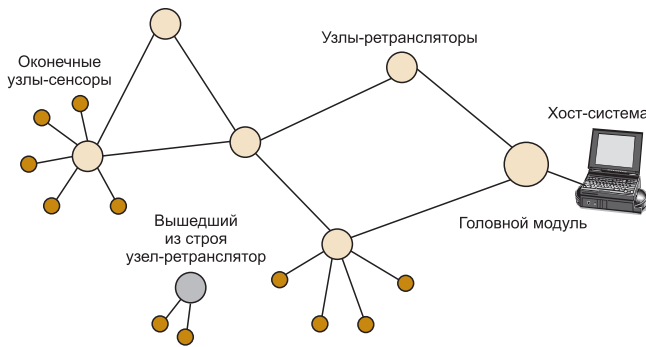


Рис. 2. Типичная структура беспроводной сенсорной сети "mesh-star"

Модули с частичной функциональностью — это узлы беспроводной сети ZigBee, которые выполняют основную работу всей системы: собирают и передают данные мониторинга физических переменных, включают и выключают другие устройства и т.д. Эти оконечные устройства не способны ретранслировать данные, поступающие с других узлов, только передавать снятые с датчиков результаты измерений и получать команды от системы управления.

Ретрансляторы передают полученную информацию по сети к шлюзу и команды от головного модуля к оконечным устройствам. Типовая топология подсети ретранслятора с несколькими оконечными устройствами — "звезда". Сами ретрансляторы могут быть объединены в сеть любой топологии, но преимущественно — это ячеистая сеть mesh. Такая топология позволяет передавать данные от сенсоров на хост-систему по многим маршрутам, через различные ретрансляторы, обеспечивая отказоустойчивость, когда один из модулей-ретрансляторов выходит из строя. Коммуникации осуществляются по принципу "точка-точка", более того, в зависимости от своего физического размещения координаторы автоматически самоорганизуются, строя сеть именно такого строения, которое позволяет эффективнее передавать данные.

Устройство-координатор предназначено для сопряжения всех устройств подсети с хост-системой и его назначение — исключительно передача данных.

В качестве иллюстрации представим себе здание, по которому распределено множество миниатюрных устройств, которые не только измеряют нужный параметр раз в несколько минут, но и передают информацию по беспроводному интерфейсу на хост-компьютер, выполняющий задачу слежения. Поскольку это — устройства со сверхмалым энергопотреблением, излучаемая ими мощность невелика и дальность связи тоже ограничена, но модули-ретрансляторы передают данные по эстафете. Если одно устройство вдруг выходит из строя, сеть автоматически перестраивается, чтобы функционировать уже без испорченного модуля. Точно так же распределяется и пропускная способность: данные от удаленных модулей могут

¹Естественно, это возможно только в тех пределах, где возможна связь между узлами ZigBee-сети. Если превышено максимальное расстояние связи, то ретранслятор и все устройства, связанные с ним, будут отрезаны от остальной инфраструктуры.

приходить к головному устройству разными путями по цепочкам узлов сенсорной сети, чтобы нагрузка равномерно распределялась.

Одним из самых полезных свойств устройств ZigBee является способность измерять мощность сигнала от соседнего устройства. Это позволяет решать задачи локального позиционирования, если мощность сигнала прокалибрована по дальности до второго устройства. Любой узел ZigBee может быть перемещен в пространстве, и при этом функционирование системы в целом не будет нарушено¹.

При сравнении решения ZigBee с технологией RFID обнаруживается одно принципиальное отличие. Радиочастотная идентификация представляет собой решение с жестко заданной структурой, тогда как архитектура сети ZigBee — распределенная и децентрализованная. RFID подразделяется на считывающую аппаратуру и радиометки, лишенные интеллектуальности, в то время как каждый узел сети ZigBee несет в себе и часть функций считывателя (рис. 2).

Многие компании, внедрившие системы сбора данных на основе RFID, столкнулись с необходимостью подгонять структуру своего делопроизводства под применение радиочастотной идентификации. RFID способствует созданию жестко упорядоченной модели бизнеса со строго определенными контрольными точками в производственном процессе, складировании и послепродажном обслуживании. Таким образом на инженеринговой компании во время конструирования такого решения лежит огромная ответственность — существует риск исказить реальные нужды заказчика.

Технология ZigBee в этом отношении имеет одно неоспоримое преимущество — высокую гибкость. Там, где RFID требует нового размещения аппаратуры, замены считывателей и меток в соответствии с меняющимися нуждами, переконструирования кабельных сетей, ZigBee позволяет перенастроить узлы и достаточно безболезненно поменять физическое размещение беспроводных сенсоров без падения производительности и функциональности системы.

Компоненты, модули и решения на базе технологии ZigBee

Главным компонентом любого ZigBee-устройства является микросхема-приемопередатчик. Именно она реализует радиointерфейс IEEE 802.15.4, по которому и осуществляются коммуникации между узлами беспроводной сенсорной сети. Производимые в настоящее время микросхемы такого типа отличаются гораздо более низкой ценой по сравнению, скажем, с Bluetooth, а также низким энергопотреблением (20...40 мА при активных коммуникационных процессах). В режиме ожидания (а именно в этом режиме устройство пребывает большую часть времени) потребляет и вовсе 1...10 мкА, что обеспечивает длительность автономной работы (по оценкам ZigBee Alliance — от полугода до не-

скольких лет). Передача данных защищается криптоалгоритмом AES (Advanced Encryption Standard). В таблице приведены технические характеристики основных микросхем приемопередатчиков стандарта IEEE 802.15.4, имеющих на сегодняшний день на рынке.

Однако о доступности технологии нужно в первую очередь судить не по наличию микроэлектронных компонентов, а по готовым к использованию устройствам для конечных пользователей или, по крайней мере, OEM-модулям, которые инжиниринговая компания может сравнительно легко адаптировать под нужды конкретного потребителя. И такие устройства есть.

Большинство подобных устройств – это либо мини-платы, либо устройства в небольшом корпусе размером порядка 6x10x2 см. Основная плата содержит приемопередатчик, микроконтроллер с памятью для хранения микропрограммного обеспечения и ведения журнала измерений, разъем источника питания или гнездо для батареи, а также готовый разъем для подключения различных функциональных блоков или разводку на плате для монтажа сенсоров от сторонних производителей. Рассмотрим основные решения подобного рода, имеющиеся на рынке и коммерчески доступные.

Одно из наиболее законченных и проработанных решений предлагает компания Crossbow Technology Inc. (США, <http://www.xbow.com>) – ведущий производитель инерционных сенсоров для авиации, кораблестроения и наземного транспорта. Основой для беспроводных сенсоров служат ZigBee модули нескольких видов: MICAz (MPR2400), работающий на частоте 2,4...2,483 ГГц, MICA2 (MPR4x0CB) с частотами 315, 433 и 868/915 МГц, встраиваемые мини-модули MICA2DOT (MPR5x0CB) с теми же диапазонами частот, что и предыдущая разновидность, и наконец Cricket (MCS410CA) – модуль с радиоинтерфейсом 433 МГц, оснащенный ультразвуковым передатчиком и приемником для задач позиционирования (рис. 3).

В основе каждой из разновидностей (кроме законченного устройства Cricket) лежит плата ZigBee с микроконтроллером Atmel ATmega128, работающим под управлением ОС TinyOS², программной памятью 128 Кб и FLASH EEPROM 512 Кб для хранения данных. Реализация программного стека протокола ZigBee позволяет данным устройствам играть роль и оконечных устройств, и ретрансляторов, и даже оконечного устройства при наличии интерфейсной платы для связи с хост-компьютером или с сетью. То есть, по сути своей, это – универсальные модули, конфигурируемые "на лету" для выполнения требуемой в данный момент функции.

ZigBee-узлы имеют 51-контактный разъем расширения (или 8 свободных контактов для серии MICA2DOT), к которому можно подключить стандартно выпускающиеся платы-сенсоры или устройство сто-

Таблица. Технические характеристики современных микросхем ZigBee

Характеристика	Микросхема					
	Jennic	Jennic	Atmel	Ember	CompXS	Freescall
Производитель	Jennic	Jennic	Atmel	Ember	CompXS	Freescall
Модель	JS24Z121	JT24Z001	AT86RF210	EM2420	CX1540	MC13193
Функции	ZigBee + μ Controller	ZigBee				
Шифрование	AES					
Питание, В	2,2...3,6	2,2...3,6	1,8...3,6	2,1...3,6	2,7...3,3	2,0...3,4
Потребляемый ток:						
- прием, mA	50	40	14,5	56	19,7	37
- передача, mA	40	35	60	57	17,4	42
- ожидание, μ A	10	10	10	1	1	11
Чувствительность приемника, dBA	-93	-93	-95	-90	-90	-92
Мощность передатчика, dBm	1	6...12	6...12	6...12	н.д.	0...3,6
Рабочие температуры, °C	-40...85	-40...85	-40...85	-40...85	-25...70	-40...85
Тип корпуса	QFN-56	QFN-28	QFN-48	QLP-48	VQFN-48	QFN-32



Рис. 3. Беспроводные модули ZigBee компании Crossbow Technology: 1) MICAz; 2) MICA2; 3) MICA2DOT; 4) Cricket
ронного разработчика. Например, для модулей MICAz это: MTS101CA (световой сенсор, температурный плюс возможность разработки собственного прототипа), MTS300CA (свет, температура, акустический сенсор), MTS310CA (то же, что и у предыдущего, но дополнительно магнитный сенсор и сенсор ускорения).

Для связи с хост-системой или с локальной сетью выпускаются модули-шлюзы, которые принимают данные от беспроводных сенсоров и передают их по последовательному интерфейсу (RS-232) либо через Ethernet 100BaseT.

Отдельно следует упомянуть шлюз Stargate, представляющий собой одноплатный промышленный компьютер на базе процессора Intel PXA255-400 МГц, работающий под управлением разновидности ОС Linux. Конкретный интерфейс подключения к системе определяется установленной дочерней интерфейсной платой (реализуется Ethernet, последовательный порт RS-232, USB, JTAG). Одним словом, это устройство может играть роль независимого шлюза для интеграции сенсорной сети с информационной инфраструктурой предприятия.

Собственно стек протокола ZigBee реализуется в ПО XMesh для ОС TinyOS. Это ПО – фундамент беспроводной сенсорной сети Crossbow Technologies.

² TinyOS – операционная система для микроконтроллеров и сетевых устройств. Система разрабатывается по принципу open source и свободно доступна с официального веб-сайта <http://www.tinyos.net>

Функциональные возможности XMesh:

- самоорганизация и самоисправление сети, что обеспечивает высокую надежность этой системы в целом;
- гибкость топологии, облегчающая размещение сенсорных модулей и возможность адаптировать архитектуру под текущие нужды;
- синхронизация по времени для процессов РВ;
- высокопроизводительная потоковая служба;
- разные уровни QoS (Quality of service), обеспечивающие гарантированную пропускную способность определенного уровня;
- возможность обновления программного интерфейса по беспроводному интерфейсу;
- система трансляции сообщений о статусе сети и отдельных модулей;
- открытая архитектура, построенная на операционной системе TinyOS.

Для сервера, обслуживающего сенсорную сеть, предлагается ПО XServe, играющее роль прослойки между целевым приложением или БД и системой беспроводных модулей ZigBee. Это серверное приложение выполняет функции управления отдельными узлами сети, рассылает обновления XMesh и других необходимых приложений, визуализирует текущий статус сети, перерабатывает поступающие с сенсоров данные, отфильтровывает ненужную информацию и преобразует полученные измерения в необходимый формат: экспорт в БД, представление данных на Web-странице и т.д. Поскольку ПО XServe может работать и на архитектуре ПК, и на компьютере-шлюзе Stargate, все это обеспечивает большую гибкость в подключении сенсорной сети к локальной сети предприятия.

Дополнительно следует упомянуть клиентское приложение MoteView, предназначенное для отображения данных сенсоров в РВ, а также Java-утилиту Surge Network Viewer для визуализации структуры сенсорной сети.

Второе полностью законченное решение производит компания SensiCast (США, <http://www.sensicast.com>). Это решение (под общим названием H2400) относится к категории сенсорных сетей, которое развивалось на основе собственных закрытых протоколов, однако в последнее время в связи с ростом популярности стандарта ZigBee компания включила его поддержку в своих продуктах. Основными компонентами такого рода инфраструктуры являются ПО SensiMesh и беспроводные модули различного назначения: сенсоры, ретрансляторы и др. Такой модуль представляет собой приемопередатчик, микроконтроллер и опционально — сенсорную функциональность. Система может функционировать на частоте 900 МГц или 2,45 ГГц.

Компания Radiocrafts (Норвегия, <http://www.radiocrafts.com>) предлагает ZigBee-модули RC2200 для работы на частоте 2,4...2,483 ГГц, которые состоят из микроконтроллера (Atmel Atmega 128L) и приемопередатчика (Chipcon CC2420) и имеют интерфейс для разного рода сенсоров сторонних производителей посредством 10-канального 8-битного АЦП интегри-

рованного в микроконтроллер. Для реализации стека ZigBee и конфигурирования устройств используется ПО Z-Stack компании Figure 8 Wireless.

Компания Millenial Net (США, <http://www.millenial.net>) также предлагает решение для сенсорных сетей. Устройства iB5324 представляют собой модули ZigBee с аналоговыми и цифровыми выходами, что позволяет подключать сенсоры или актуаторы. Микро-ПО для модулей способно осуществлять предварительную обработку сенсорных данных. Имеются средства разработки собственного ПО для модулей и клиентских приложений. Сами модули могут быть четырех видов: Endpoint (оконечный узел), Router (узел-ретранслятор), Gateway (головной узел для связи с хост-системой). Имеется версия модуля-ретранслятора в виде карты расширения для КПК или ноутбука в формате Compact Flash Type II.

Помимо готовых устройств многие компании по всему миру начали выпуск мини-модулей для встраивания в различные потребительские и промышленные электронные устройства. Нет смысла перечислять всех поставщиков, достаточно сказать, что их число исчисляется десятками. Такие устройства предлагаются по цене 5...50 долл. США за единицу и реализуют те свойства технологии ZigBee, которые являются наиболее привлекательными для потребителей: дешевизна и экономное энергопотребление.

Перспективы применения технологий ZigBee (IEEE 802.15.4)

Беспроводные сенсорные сети имеют смысл применять там, где требуются территориально распределенные системы мониторинга физических параметров и где невыгодно размещать кабельные сети. Кроме того, такие решения полезны для тех приложений, где мониторинг необходимо проводить в различных, постоянно меняющихся точках технологического цикла, цепочки поставок и т.п. Попытаемся представить себе типичные применения технологии ZigBee.

• *Умный дом.* Футурологи давно рисуют будущее, в котором жилой дом автоматизирован при помощи множества бытовых устройств, сенсоров и систем безопасности, которые управляются единой информационной системой. Технология ZigBee приближает это будущее, предоставляя универсальную беспроводную связь для таких устройств. А в качестве "пульта дистанционного управления" и универсального электронного ключа владелец дома может использовать, например, мобильный телефон со встроенным чипом ZigBee.

• *Системы контроля целостности контейнеров и мониторинга условий хранения.* Модуль для такого применения представляет собой узел сенсорной сети с исполнительным устройством, который отпирает и запирает электромеханический замок на дверцах контейнера, получив некие аутентификационные данные с управляющего устройства (например, с ноутбука или КПК с ZigBee адаптером). Кроме того, модуль может подавать сигнал тревоги, если сенсор регистрирует несанкцио-

нированное открывание дверцы контейнера. Поскольку выпускаемые приемопередатчики способны измерять уровень сигнала, можно разработать систему позиционирования для контейнеров в рамках сетевой архитектуры mesh-star. В таком случае один сенсорный узел-ретранслятор будет с некоторым временным шагом опрашивать близлежащие оконечные сенсорные модули и замерять мощность сигналов от них, передавая эту информацию по беспроводной сети на контрольный пункт. Откалибровав эти значения по расстоянию, информационная система может достаточно точно позиционировать каждый маркированный контейнер.

- *Система слежения для крупных авторемонтных мастерских.* Многие современные центры автосервиса — это крупные предприятия с обширными цехами. Слежение за тем, как проходит ремонт (порой многостадийный) конкретного автомобиля — процесс хлопотный. Мастера должны были бы постоянно курсировать по цеху и держать в памяти, какая операция над данной машиной выполняется и как долго она длится. Отсюда — падение производительности мастерской, ошибки, неадекватная оценка загрузки мощностей сервисного центра, которые ведут к потере клиентов, которые вынуждены ждать своей очереди, в то время как на самом деле их уже могли бы обслужить. Такую задачу могла бы решить система слежения на основе какой-либо разновидности радиочастотной идентификации. Но и RFID, и системы локального позиционирования слишком дороги и громоздки для таких сравнительно небольших предприятий (зашкаливают за 100 тыс. долл. США и даже больше — за готовое решение). Сенсорная сеть ZigBee была бы весьма конкурентоспособным вариантом, принимая во внимание способность к локальному позиционированию узлов сети, дальность действия и, главное, — дешевизну модулей. Кроме того, уникальный MAC-адрес позволяет однозначно идентифицировать маркированный автомобиль. Такое решение позволило бы в разы удешевить систему слежения по сравнению с распространенными ныне технологиями, обеспечив требуемую гибкость и возможность автоматизировать распределение нагрузки на автосервис и повысить его эффективность. По некоторым оценкам, отход от работы по фиксированным нормативам времени к таким решениям способен дать прирост производительности в 20...30%.

- *Сенсор метана и других опасных газов для шахт, отслеживание перемещений в шахте.* Поскольку модули ZigBee портативны, легко можно сконструировать носимое устройство, сочетающее сенсор и узел-ретранслятор, которое шахтеры могли бы брать с собой в забой и следили бы за уровнем метана или каких-то еще опасных примесей в воздухе шахты, передавая измеренные значения на контрольный пункт. Поскольку любое устройство ZigBee имеет номер-идентификатор, можно точно фиксировать, кому именно из шахтеров принадлежит данное устройство.

Поскольку передача данных через толщу породы невозможна, имеет смысл в забое ставить с определенным интервалом модули-ретрансляторы, так, чтобы довести линию передачи данных до информационной системы шахты. Фиксируя расстояния между узлами беспроводной сети по измеренному уровню сигнала, который каждое переносное устройство-узел принимает от соседей, диспетчеры контрольного пункта могли бы даже с определенной точностью знать, кто и где работает в забое.

Очевидно, можно придумать еще много возможных применений для технологии ZigBee как в футуристических, так и во вполне "приземленных" проектах. Технологию, безусловно, ждет большое будущее, которое начинается уже сейчас. Какие условия необходимы, чтобы технология получила широкое распространение в мире?

Говоря о перспективах применения на российском рынке, надо принять во внимание близость технических характеристик к другим распространенным повсеместно видам беспроводной связи. Стандарт ZigBee удачно вписывается в требования регулирующих органов РФ и сопредельных государств, и на пути внедрения его не должно возникнуть серьезных препятствий.

Практически любая компания, имеющая опыт работы с беспроводными технологиями и опыт создания микропрограммного обеспечения, может начать использовать ZigBee, поскольку близость к стандартам WiFi или Bluetooth, распространенным ныне повсеместно, несомненна. На рынке есть и готовые устройства, и электронные компоненты, и ПО для создания собственных разработок. Есть и готовые решения, и даже серверное ПО, и средства визуализации. Одним словом, все предпосылки для распространения этого нового и перспективного стандарта беспроводной связи налицо.

В заключение оговоримся: ни в коей мере нельзя считать RFID и ZigBee конкурентами. У каждой технологии есть своя область применения, где эффективность их бесспорна. При нынешнем массовом производстве транспондеров RFID их цена упала на Западе до 30 центов за единицу, что вместе с их малым размером и удобством автоматизированной маркировки позволяет их массовое применение для отслеживания и учета индивидуальных изделий и упаковок в производстве и поставках. Кроме того, там, где производственный цикл имеет жесткую структуру, в которой легко выделить контрольные точки, применять устройства ZigBee попросту ни к чему. Технология ZigBee расширяет сферу применения автоматической идентификации на те области, где внедрение отслеживания бесспорно необходимо, но такую же четко структурированную схему, как для RFID выстроить невозможно. Поэтому возьмем на себя смелость утверждать, что обе технологии, равно как и штрих-кодирование будут еще много лет благополучно сосуществовать, занимая свои ниши в мировой экономике.

*Троицкий Николай Артурович — менеджер по RFID-технологии Группы компаний НКТ.
Контактный телефон (495) 489 12-44. [Http://www.rf-id.ru](http://www.rf-id.ru)*