

ВВЕДЕНИЕ В БЕСПРОВОДНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ZIGBEE СТАНДАРТА 802.15.4

Дмитрий Панфилов, генеральный директор, ООО Freescale Semiconductor
Михаил Соколов, инженер по применению, ООО Freescale Semiconductor

В предлагаемом материале рассматривается альянс ZigBee и дается обзор беспроводных стандартов семейства 802.15, в котором особое внимание уделяется стандарту 802.15.4. Проводится анализ потенциальных рынков потребления беспроводных приложений ZigBee и тенденции их развития.

Бурный рост микропроцессорных технологий, постоянное снижение стоимости беспроводных решений и повышение их эксплуатационных параметров позволяют отказаться от проводов и проводных сетей в системах контроля, диагностики и обмена информацией. Беспроводные сети отличаются более гибкой архитектурой, требуют меньших затрат при их установке и обслуживании. Важным аспектом является стандартизация протокола передачи данных, что делает измерительную систему открытой и совместимой с изделиями других производителей.

АЛЛЯНС ZIGBEE

В 2001 г. Институту инженеров электротехники и электроники IEEE было предложено выработать стандарт, относящийся к семейству беспроводных персональных сетей WPAN и получивший обозначение 802.15.4. В 2002 г. был основан альянс ZigBee. Альянс ZigBee — быстро растущий некоммерческий промышленный консорциум компаний-лидеров рынка полупроводниковых компонентов, технологических компаний, OEM-производителей и конечных потребителей со всего мира. Альянс разрабатывает глобальную спецификацию стека ZigBee для высоконадежных, рентабельных, энергоэкономичных беспроводных приложений, используя механизм передачи пакетов данных IEEE 802.15.4 [1]. Членство в консорциуме доступно для всех. На сегодняшний момент в него входит более 100 компаний, из них восемь являются промоутерами альянса: Honeywell, Freescale Semiconductor, Ember, Motorola, Invensys, Samsung, Philips и Mitsubishi Electric.

Основная цель альянса — разработка единой спецификации программного стека протоколов ZigBee, поддерживающей различные сетевые те-

хнологии типа «звезда», «кластерное дерево», «многозвездочная сеть» с функциями безопасности и совместимыми профилями различных приложений. Спецификация ZigBee позволяет реализовывать беспроводное сетевое решение, основанное на едином глобальном стандарте, с поддержкой скоростей передачи до 250 Кбит/с, крайне низким энергопотреблением, обеспечивающее защиту информации и надежность системы. Таким образом, ZigBee — это альянс компаний, разрабатывающих программное обеспечение дополнительного сетевого слоя над уровнями стандарта 802.15.4 [2]. Члены альянса определяют новые рынки применения совместимых беспроводных сетей. Благодаря участию в консорциуме все его активные члены имеют полный доступ ко всей технической информации по технологии ZigBee и возможность влиять на спецификацию ZigBee.

У многих возникнет вопрос — почему ZigBee? Название ZigBee образовано из двух слов: zigzag (зигзагообразная траектория движения) и bee

(пчела). А причем здесь пчелы? Домашние пчелы живут в ульях роем, во главе которого стоит королева. Ее обслуживают несколько трутней и тысячи рабочих пчел. Выживание, развитие и будущее колонии пчел напрямую зависит от того, насколько непрерывно, без сбоев будет происходить обмен информацией между всеми членами колонии. Принцип, по которому информация передается между членами пчелиного сообщества, допустим, о местонахождении цветочной поляны, схож с тем, на котором основаны алгоритмы ZigBee. Пчелы используют незаметную на первый взгляд, но крайне эффективную систему обмена информацией, двигаясь по зигзагообразной траектории и передавая своим собратьям данные о направлении, расстоянии и месте цветочной поляны.

Технология ZigBee заняла ранее пустовавшую нишу радиointерфейсов (см. рис. 1), которую заполняли либо устройства и технологии с более высокими техническими характеристиками и, соответственно, более дорогие, либо решения, базирующиеся на отдельных микросхемах радиотрансиверов различных производителей электронных компонентов, не имеющих под собой жестко стандартизированной базы. Разработчики вынуждены были идти на повышенные затраты при решении простых задач либо

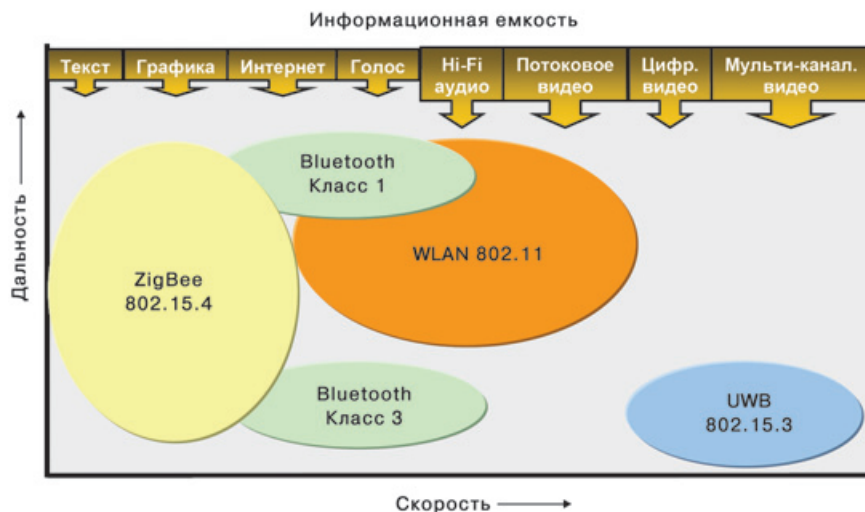


Рис. 1. Классификация основных беспроводных стандартов

создавать собственные протоколы передачи и программные стеки для организации персональных беспроводных сетей, что также сказывалось на стоимости конечного изделия и сроках выхода готового продукта на рынок. В результате часто терялись новизна и интерес рынка к продукции.

В июле 2004 г. альянс совместно с компанией Freescale Semiconductor осуществил первое успешное тестирование беспроводной сети, включавшей в себя 50 беспроводных устройств стандарта 802.15.4/ZigBee [3]. Основной целью тестов было подтверждение способности стека ZigBee к масштабируемости без какого-либо вмешательства в работу устройств, к быстрой переконфигурации сети по мере добавления в нее новых устройств, к организации передачи данных координатору через многочисленные пересылки посредством множества узлов сети с высокой степенью надежности, к способности поддерживать различные сетевые топологии, к совместимости устройств различных производителей. По сообщениям альянса, тестировались приложения домашней автоматизации и управление освещением. Альянс продолжит проведение подобных тестов на масштабируемость и совместимость в части усилий по выработке финальной спецификации и выявлению всех возможных ошибок и недостатков. Все эти усилия нацелены на ратификацию конечной спецификации стека ZigBee v1.0, намеченную на конец октября 2004 г. Помимо спецификации основных сетевых уровней стека ZigBee, будут ратифицированы профили устройств для некоторых домашних беспроводных приложений (профили датчиков, выключателей освещения, счетчиков и т.д.). Дополнительные профили для других областей применения стека ZigBee в настоящий момент находятся в разработке и будут ратифицированы несколько позже.

До конца текущего года производители начнут выпуск первых продуктов на основе беспроводного стандарта 802.15.4/ZigBee. В планах альянса начать сертификацию продуктов на соответствие стандарту. Сертифицированные продукты получают логотип ZigBee, и это будет означать, что устройства от различных производителей полностью совместимы и обладают всеми возможностями технологии [5].

WPAN СЕТИ И СТАНДАРТ IEEE 802.15.4

На сегодняшний день широкое распространение получили следующие

три семейства стандартов для построения беспроводных вычислительных сетей [6]:

- IEEE 802.11 – Wireless Local Area Network (WLAN – беспроводные локальные вычислительные сети);

- IEEE 802.15 – Wireless Personal Area Network (WPAN – беспроводные персональные вычислительные сети);

- IEEE 802.16 – Broadband Wireless Access (BWA – беспроводной широкополосный доступ).

Авторы статьи не ставили целью проводить подробный анализ каждого из стандартов беспроводных сетей. В данном разделе основное внимание будет уделено WPAN-сетям, в частности, сетям ZigBee и новому в семействе персональных беспроводных сетей стандарту IEEE 802.15.4. Семейства сетевых стандартов 802.11 и 802.16 приводятся здесь лишь для сравнения.

Беспроводная персональная вычислительная сеть WPAN представляет собой локальную сеть с малым радиусом действия, обычно не превышающим 15...20 м, и предназначена для замены кабельных соединений между персональными компьютерами, а также для связи с разнообразной периферией и мультимедиа-устройствами (КПК, принтеры, факсы, сканеры, стереосистемы, и т.д.) [7]. Однако некоторые WPAN-сети способны работать на дальности до 100 м (ZigBee, Bluetooth). Первым стандартом, способным реализовать данные задачи, стал IEEE 802.15.1. Стандарт базируется на спецификации Bluetooth v1.x и определяет физический уровень (PHY layer) и уровень доступа к среде (MAC layer). Следующим шагом в расширении семейства 802.15 было создание стандарта, обеспечивающего взаимодействие устройств классов 802.11 и 802.15. Вскоре для устройств, работающих в зоне WPAN-сетей, оказалось недостаточно скоростей, обеспечиваемых Bluetooth. Возникла потребность в выработке стандарта, позволяющего создавать беспроводной канал данных с пропускной способностью в десятки и сотни Мбит/с (IEEE 802.15.3) [4].

Перечисленные выше стандарты отлично подходят для передачи больших объемов информации (голоса, данных, видео) с высокой скоростью (от 1 до 200 Мбит/с). Устройства на их основе способны работать в автономном режиме (от батарей и аккумуляторов) на дальности передачи от 10 до 100 м. Эти стандарты позволяют заменить проводные соединения в

устройствах, с которыми мы имеем дело каждый день (компьютеры, вычислительные сети). Однако существует огромное множество на первый взгляд незаметных систем (разнообразные датчики, системы сбора информации и т.д.), обладающих спецификой, вследствие чего в такого рода приложениях невозможно со стопроцентной эффективностью использовать упомянутые технологии. Для реализации подобных задач был разработан стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) для низкоскоростных WPAN-сетей (см. рис. 1).

Очевидно, что беспроводные сети короткого радиуса действия будут взаимодействовать между собой. Планируется разработать оборудование, выполняющее функции шлюза между разными беспроводными сетями. Так, если система безопасности, построенная на ZigBee, обнаружит злоумышленника, она соединится с сетью IEEE 802.11, чтобы известить об этом компьютер, а тот, в свою очередь, передаст SMS на мобильный телефон хозяина или позвонит в службу охраны [6].

Сравнительные характеристики стандартов семейства 802.15 и стандарта 802.11b приведены в таблице 1 [3].

Исходя из приведенных характеристик, ближайшими конкурентами являются технологии Bluetooth и ZigBee. Соответственно, примерно схожи области их применимости – беспроводные устройства домашнего и промышленного назначения, включая системы дистанционного управления, компьютерной периферии и т.д. Однако в отличие от технологии Bluetooth, ZigBee разработана для приложений, одним из ключевых требований которых является низкое энергопотребление. Периоды активности устройств, выполненных по технологии ZigBee, могут быть крайне малы, что обеспечивает продолжительный срок службы батарей. Кроме того, микросхемы Wi-Fi и Bluetooth слишком дороги для организации на их основе крупных сетей разнообразных устройств в масштабах предприятий и офисных зданий, а стандарт 802.15.4/ZigBee позволяет разрабатывать беспроводные интерфейсы с минимальными затратами, что обеспечивается простотой схемотехники, минимальным количеством внешних пассивных элементов, программным обеспечением стека, использующим отведенный ему объем памяти с высокой эффективностью (см. табл. 1). Стандарт позволяет создавать сети с многоячейковой топологией, таким образом обслуживая очень большое

число узлов и увеличивая дальность связи без дополнительных затрат на усилители мощности.

Технология ZigBee не предназначена для передачи больших объемов информации, как Wi-Fi или Bluetooth. Однако для передачи, например, показаний датчиков, объем которых редко превышает десятков байт, не требуется высоких скоростей — в этом случае обязательны высокие показатели по энергопотреблению, цене и надежности. Большинство устройств ZigBee будет работать по следующему алгоритму: устройство находится в «спящем» состоянии практически все время, обеспечивая оптимальный режим энергосбережения. При поступлении новой информации либо во время очередного сеанса связи устройство активизируется, быстро передает данные и снова переходит в режим пониженного энергопотребления. Типовые временные задержки при этом составляют 30 мс для подключения нового устройства к сети, 15 мс для перехода из «спящего» в активное состояние, 15 мс для доступа к каналу. Так удастся продлить срок службы батарей до 10 лет и более в зависимости от типа приложения и длительности рабочего цикла, причем ток при передаче может составлять порядка 15...30 мА, а в «спящем» режиме — менее 2 мкА. В результате, задержки по отклику настолько малы, что человек, войдя в

комнату и щелкнув переключателем беспроводной связи ZigBee, даже не заметит, что свет появился почти мгновенно, в то время как задержки при подключении устройств к сети Bluetooth составляют порядка 3 с.

Стандарт IEEE 802.15.4 для беспроводных низкоскоростных персональных сетей (WPAN) определяет физический уровень PHY и уровень доступа к среде MAC [2]. Уровень PHY обеспечивает доступ к физической среде распространения радиосигнала: задает тип модуляции, скорость и другие параметры сигнала, непосредственно осуществляет прием и передачу. Уровень MAC осуществляет добавление и вывод из сети устройств, контролирует доставку пакетов данных, обеспечивает автоматическое подтверждение приема (квитирование) данных, реализует механизмы доступа к каналу передачи, поддерживает 128-битное AES-шифрование и другие функции. Спецификация стека ZigBee определяет сетевой уровень, уровни безопасности и доступа к приложению и может использоваться совместно с решениями на базе стандарта 802.15.4 для обеспечения совместимости устройств. Ключевые функции PHY-уровня включают в себя контроль энергии и качества связи и анализ каналов [4].

Доступ к среде осуществляется в частотных диапазонах ISM (Industrial, Scientific and Medical), физиче-

ский уровень использует двоичную фазовую манипуляцию (BPSK) на частотах 868/915 МГц и квадратичную фазовую манипуляцию со смещением (O-OPSK) на частоте 2,4 ГГц. Для доступа к каналу используется механизм множественного доступа к среде с контролем несущей и предотвращением коллизий (CSMA-CA). Данный механизм, основанный на определении состояния канала связи перед началом передачи, позволяет существенно сократить (но не устранить) столкновения, вызванные передачей данных одновременно несколькими устройствами. Стандарт 802.15.4 основывается на полудуплексной передаче данных (устройство может либо передавать, либо принимать данные), что позволяет использовать метод CSMA-CA только для предотвращения коллизий, а не для их обнаружения.

Дальность распространения сигнала обычно составляет 30...50 м, однако при использовании внешних усилителей мощности, малошумящих усилителей и согласованной антенны дальность может достигать 100 м без существенных потерь в скорости. Пропускная способность напрямую зависит от выбранной частоты. Максимальная скорость передачи, равная 250 Кбит/с, достигается в диапазоне 2,4 ГГц (16 каналов с шагом 5 МГц). Для частот 868 МГц (1 канал) и 902 — 928 МГц (10 каналов с шагом

Таблица 1. Сравнение стандартов семейства 802.15 и 802.11b

Стандарт	802.15.4 ZigBee™		802.15.1 Bluetooth	802.15.3 High Rate WPAN, WiMedia	802.15.3a* UWB	802.11b Wi-Fi	
	Мониторинг, управление, сети датчиков, домашняя/промышленная автоматика		Голос, данные, замена кабелей	Потоковое мультимедиа, замена кабелей аудио/видеосистем	Данные, видео, ЛВС		
Преимущества	Цена, энергосбережение, размеры сети, менее загруженные диапазоны	Цена, энергосбережение, размеры сети, глобальный диапазон	Цена, энергосбережение, передача голоса, перескоки частоты	Высокая скорость, энергосбережение		Скорость, гибкость	
Частота, ГГц	0,868	0,915	2,4		3,1 – 10,6	2,4	
Макс. скорость	20 Кбит/с	40 Кбит/с	250 Кбит/с	1 Мбит/с	22 Мбит/с (доп. 11, 33, 44, 55 Мбит/с)	110 Мбит/с (10 м), 200 Мбит/с (4 м) (доп. 480 Мбит/с)	11 Мбит/с
Выходная мощность (ном.), дБм	0		0 (класс 3) 4 (класс 2) 20 (класс 1)	0	< 20 (110 Мбит/с) < 24 (200 Мбит/с)	20	
Дальность, м	10 – 100		10 (класс 3) 100 (класс 1)	5 – 50	10 (110 Мбит/с) 4 (200 Мбит/с)	100	
Чувствительность (спецификация, дБм)	-92	-85	-70	-75	-	-76	
Размер стека, Кбайт	4 – 32		> 250	-		> 1000	
Срок службы батареи, дней	100 – 1000+		1 – 7	теоретически более 1000		0,5 – 5	
Размер сети	65536 (16-битные адреса), 2 ⁶⁴ (64-битные адреса)		мастер +7	до 127 на хост		32	

* Стандарт находится на стадии проработки.

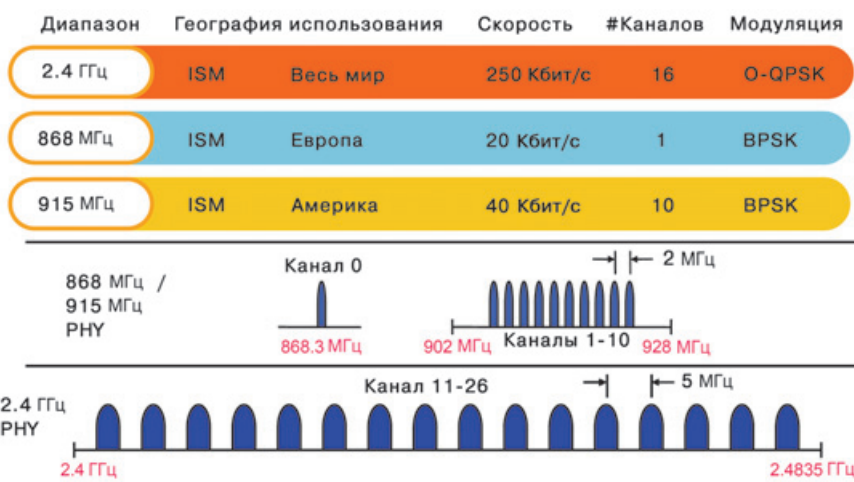


Рис. 2. Краткая характеристика стандарта 802.15.4

2 МГц) скорости передачи равны соответственно 20 Кбит/с и 40 Кбит/с (см. рис. 2).

Ожидается, что львиную долю рынка беспроводных устройств ZigBee/802.15.4 будут удерживать решения диапазона 2,4 ГГц. Это связано, прежде всего, с тем, что в Европе в диапазоне 868,3 МГц доступен лишь один канал, а диапазон 915 МГц разрешен только в США, Канаде, Корее и Австралии. В результате субгигагерцовые диапазоны являются потенциально непривлекательными для OEM-производителей, в то время как диапазон 2,4 ГГц разрешен для использования практически во всем мире, что является одним из важнейших критериев при определении характеристик будущих устройств. Однако в дальнейшем в системах коммерческого назначения возможно появление шлюзов, связывающих ZigBee-устройства в различных частотных диапазонах стандарта 802.15.4. По данным агентства InStat/MDR, в течение пяти лет, начиная с 2004 г., в соотношении объемов потребления субгигагерцовых и 2,4 ГГц трансиверов стандарта 802.15.4 не произойдет каких-либо значительных изменений [3]. Объем рынка 2,4 ГГц микросхем будет составлять 65...75% от общего рынка устройств ZigBee/802.15.4.

Одним из немногих недостатков диапазона 2,4 ГГц можно считать некоторую насыщенность его спектра абонентами различного происхождения (микроволновые печи, беспроводные телефоны на частотах 2,4 ГГц, устройства Bluetooth и 802.11b). Преимущество субгигагерцовых диапазонов заключается в меньшей насыщенности и несколько увеличенной даль-

ности передачи при прочих равных условиях по сравнению с диапазоном 2,4 ГГц.

Распространенный в Европе диапазон 868,3 МГц вскоре может получить дополнительный стимул в развитии, что, вероятно, отразится на интересе к нему со стороны OEM-производителей. Европейский институт стандартов по телекоммуникациям (ETSI) находится в процессе получения разрешения на использование дополнительных каналов в данном диапазоне, однако процесс может затянуться на годы [3].

РАЗДВИГАЯ ГРАНИЦЫ

ZigBee/802.15.4 является единственной стандартизированной беспроводной технологией, изначально нацеленной на следующие приложения мониторинга и контроля, распределенные сети датчиков, на развертывание беспроводных информационных сетей для недорогих малопотребляющих систем, используемых в коммерческой, промышленной и домашней автоматике:

- системы управления освещением (промышленные, муниципальные и домашние);
- промышленная и домашняя автоматика и управление (отопление, вентиляция и кондиционирование (ОВК), вспомогательные устройства и оборудование);
- потребительская электроника (мультимедиа/развлекательные системы, портативная электроника), бытовая техника (стиральные машины, кофеварки, кондиционеры, воздушные фильтры и т.д.);
- периферийное оборудование ПК: мышь, клавиатура, игровые приставки, джойстики;

– системы сигнализации и безопасности, аварийного оповещения, системы контроля доступа, бесконтактные ключи, датчики дыма, газа, движения, пламени, температуры, давления и т.д.;

– устройства медицинской диагностики пациента, мониторинг состояния спортсменов, биодатчики и медицинское оборудование;

– удаленное управление и контроль технологических процессов, управление движущимися аппаратами, станками, промышленным оборудованием, холодильными установками, устройствами дистанционного сбора данных, телеметрия;

– мониторинг промышленных и портовых активов, логистика;

– мониторинг систем водо-, газо- и теплоснабжения, системы управления и инструментального контроля электроэнергии, системы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ);

– беспроводные устройства обмена информацией, радиомодемы, радиопередача аудиосигнала и фотоизображений;

– автомобильная электроника (системы контроля давления в шинах, противоугонные системы, системы идентификации и диагностики) и т.д.

Одним из основных преимуществ стандарта ZigBee/802.15.4 является простота установки и обслуживания подобных устройств. Особенности спецификации ZigBee позволяют с легкостью развертывать беспроводные персональные сети: «Вы вынимаете устройство из коробки, вставляете в него батареи и нажимаете соответствующую клавишу. Затем подносите два устройства друг к другу и удерживаете нажатыми кнопки до тех пор, пока не загорятся зеленые светодиоды». Таким образом осуществляется объединение двух устройств в сеть либо привязка, например, выключателя света к определенной лампе. Реализация данного принципа предполагает внедрение ZigBee-модулей во все новые приборы и системы для дома и офиса.

На начальном этапе внедрение беспроводных систем, использующих стандарт 802.15.4, будет происходить разрозненно вследствие индивидуального подхода производителей к построению стеков сетевых уровней. Однако благодаря постепенному переходу на использование спецификации стека ZigBee, основанном на открытом глобальном стандарте 802.15.4, все системы смогут связываться в единую сеть (см. рис. 3). В дальнейшем, по мере развития стандарта,

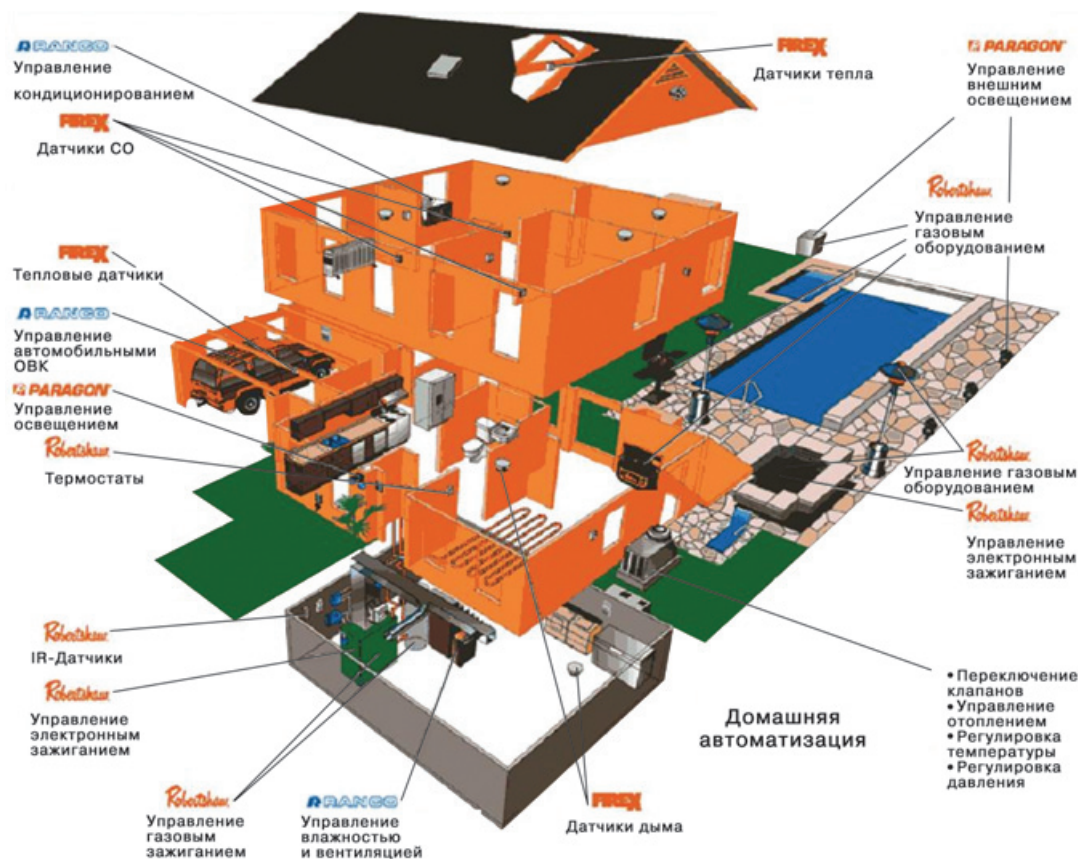


Рис. 3. Пример реализации комплексного подхода при проектировании систем домашней автоматизации на базе стандарта ZigBee/802.15.4

компания-производители беспроводного оборудования будут объединяться для разработки и производства комплексных решений, например для отелей, куда войдут системы охраны, безопасности, ОВК, освещения, управления энергопотреблением и т.д. В результате появится возможность создания единой сети совместимых устройств от разнообразных производителей за счет использования глобального стандарта 802.15.4 и технологии ZigBee.

Перспективной областью применения стандарта являются беспроводные системы считывания показаний различных счетчиков. Данный сегмент рынка крайне обширен, он затрагивает коммунальную сферу, которая является одной из самых многочисленных по количеству потенциальных потребителей. В каждой квартире или доме есть счетчики электроэнергии. Все большее распространение получают счетчики воды. В результате после внедрения таких систем отпадет необходимость ежемесячно самостоятельно считывать показания счетчиков.

Беспроводная технология ZigBee/802.15.4 предоставляет огромные возможности для промышленных прило-

жений и систем контроля различных процессов. Например, в сфере нефтедобычи и транспортировки нефти используются тысячи датчиков. Крайне дорого вести сигнальный провод от каждого из них отдельно. Как правило, все датчики связаны единой цепью, и в результате внештатной ситуации оператор получает сигнал о неисправности всей цепи. Необходимо провести множество тестов для выявления неисправности, что приводит к значительным затратам времени и простою системы. Цена отдельного датчика с кабелем может достигать 150 долл. и более, в то время как цена недорогого беспроводного решения составляет всего порядка 5 долл.

Прогноз тенденций распределения устройств ZigBee/802.15.4 по основным рынкам на ближайшие 5 лет представлен в таблице 2 [3].

Цена вопроса при использовании такого рода приложений крайне высока. Стоимость решений, базирующихся на стандарте ZigBee/802.15.4, ниже стоимости решений Bluetooth, и, начинаясь с отметки около 5 долл., снижается до 2 долл. (в цену входят микроконтроллер, радиотрансивер, программный стек) (см. рис. 4). Однако все зависит от перечня элемен-

тов схемы. Если одни решения позволяют использовать уже существующий в системе микроконтроллер (МК), в других приложениях необходим дополнительный МК. Например, использование только микросхемы приемопередатчика и программного обеспечения стека может добавить к стоимости конечного изделия сумму порядка 2 — 4 долл., в то время как стоимость конечного изделия может возрасти на 5 — 6 долл., если потребуются применение более дорогого МК, или использование дополнительного МК для реализации стека.

Если частный пользователь экономит несколько долларов, используя беспроводные технологии, то в промышленных масштабах экономятся миллиарды. Главный критерий внедрения новых технологий на крупных предприятиях — конечная цена одного устройства. В таких масштабах даже десятые доли цента играют огромную роль [8]. Тем не менее, основным способом снижения стоимости конечного решения ZigBee являются наличие большого числа потенциальных и существующих рынков и увеличение объемов поставок электронных компонентов от производителей. Общеизвестно, что рынок бытовых устройств

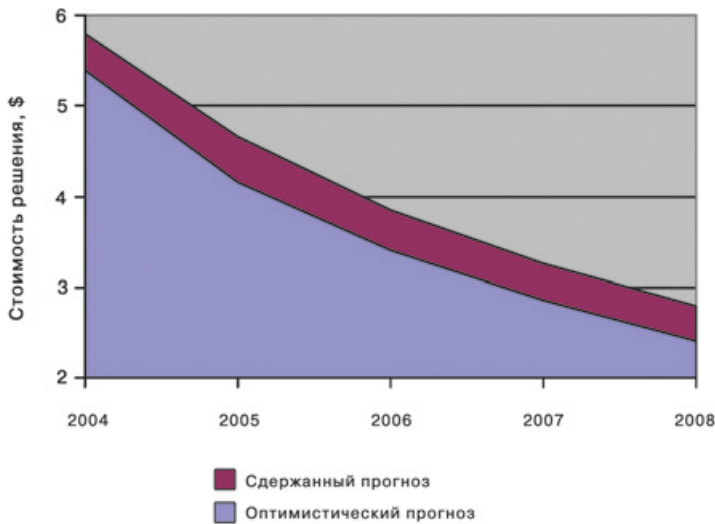


Рис. 4. Прогноз снижения стоимости решения ZigBee/802.15.4 (МК, 802.15.4 RF и стек ZigBee)

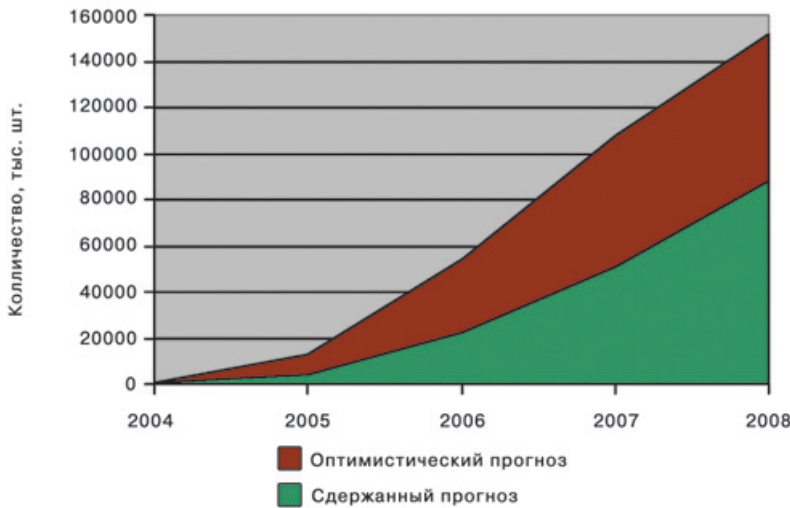


Рис. 5. Прогноз объемов производства электронных устройств на основе ZigBee/802.15.4

Таблица 2. Прогноз колебания потребностей рынков в технологии ZigBee (в %)

Рынок \ Год	2004	2005	2006	2007	2008
Домашняя автоматика	39,0	35,5	34,0	34,0	35,0
Автоматизация коммерческих зданий	41,0	39,5	38,0	37,0	39,0
Промышленная автоматизация	18,0	22,5	25,0	25,0	21,0
Медицинское оборудование, потребительская электроника и т.д.	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

огромен. Технология Bluetooth не претендует на него в первую очередь из-за своей относительной дороговизны и некоторых технических особенностей. По материалам аналитического агентства InStat/MDR количество устройств, использующих стандарт 802.15.4, через пять лет, по самым сдержанным оценкам, составит порядка 90 млн. (см. рис. 5) [3], причем

большинство из них будет сопрягаться с сетями ZigBee. Если этим планам суждено сбыться, то можно представить себе масштабы этого рынка, и полмиллиарда сравнительно дорогостоящих Bluetooth-устройств к 2006 г. выглядит не такой уж большой цифрой. Судя по всему, у ZigBee очень много шансов стать серьезным конкурентом Bluetooth.

ZIGBEE НА КРИСТАЛЛЕ

По прогнозам многих аналитиков расцвет технологии ZigBee придется на 2006 г. Однако тенденции в сфере развития этой технологии будут подобны тем, что наблюдались на рынке Bluetooth-изделий. Тогда бурный рост технологии начался только после появления однокристалльных решений, объединивших в себе функции радиопередатчика и протокола стека. Внедрение ZigBee примет массовый характер лишь после того, как изготовители будут способны предложить продукты на основе единой микросхемы, что позволит снизить стоимость ZigBee-узлов и радикально изменить концепции проектирования законченных решений.

Чем привлекательно решение на основе одной микросхемы? В большинстве устройств МК не обладают достаточными ресурсами (память, производительность, количество выводов и т.д.) для выполнения своих основных задач и реализации ZigBee-интерфейса. Другая причина — наличие огромного числа разнообразных МК. Поставщик ZigBee-решений не в состоянии создать индивидуальный программный стек для каждого из них. Следовательно, при наличии законченного модуля ZigBee/802.15.4 OEM-производителям не придется разрабатывать заново или вносить существенные изменения в свои системы и решать проблемы совместимости.

Несмотря на то что многие производители готовых решений предпочитают использовать для реализации ZigBee-интерфейса уже освоенные ими МК, реализация всего стека ZigBee в виде одной микросхемы видится более перспективным решением для большинства OEM-производителей по причине простоты интегрирования в систему, что в результате приведет к снижению стоимости и сокращению времени выхода на рынок новой продукции.

Решение в виде отдельной микросхемы может быть двух типов: в одном корпусе (кристаллы радиотрансивера и МК помещены в один корпус и связаны либо внутренними проводниками, либо через внешние выводы микросхемы) или реализация радиоканала стандарта 802.15.4 и МК-стека ZigBee на одном кристалле.

Существуют две главные движущие силы, противоположные по направлению. Одна направлена в сторону минимизации стоимости ZigBee-интерфейса, другая — в сторону максимального упрощения внедрения

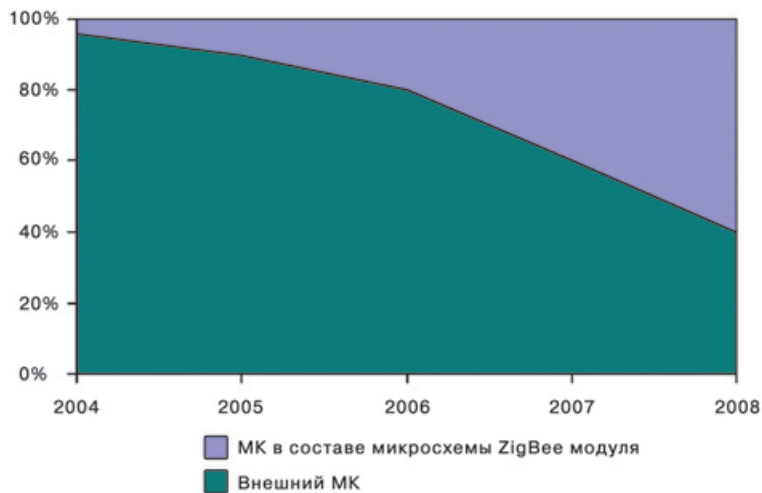


Рис. 6. Перспективы интегрированного решения при создании беспроводного интерфейса стандарта 802.15.4

ZigBee, что крайне положительно отразится на сроках выпуска продукции. Минимальная стоимость будет обеспечена за счет использования только микросхемы радиомодема без дополнительного МК. Использование интегрированного в микросхему ZigBee-модуля МК для выполнения системных задач также наверняка сократит стоимость конечного изделия, однако это приведет к меньшей гибкости решения, особенно если

предыдущий МК обладал в системе специальной периферией и интерфейсами. Очевидно, что поставщикам электронных компонентов будет крайне сложно предлагать однокорпусные ZigBee-решения, оптимизированные под конкретную задачу. Это возможно только при значительных объемах потребления.

Сроки перехода к однокорпусным и однокристалльным решениям напрямую зависят от того, как скоро на

рынке появятся решения на основе ZigBee, насколько будут готовы OEM-производители и каково будет их желание использовать интегрированный МК для реализации стека ZigBee и основных функций в системе. На сроки также влияет то, как быстро производители микросхем будут готовы предложить интегрированные решения. Перспективы их внедрения для реализации стека ZigBee или собственного сетевого протокола в сравнении с решением на основе отдельного МК представлены на рисунке 6 [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы сайта: www.zigbee.org.
2. Материалы сайта: <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/TG4.html>.
3. Материалы сайта: www.instat.com.
4. Материалы сайта: www.wireless.ru.
5. Кразит Т. Стандарт IEEE 802.15.4 как альтернатива, *Computerworld*. 2004. №34.
6. Бараи Л. Многообразие стандартов беспроводных технологий, *Компьютерное обозрение*. 2003. №10 (379).
7. Стандарты и технологии (беспроводные системы), *Электронные компоненты*. 2003. №5. с. 79 – 83.
8. Захаров Д. Интернет начинает эфирное вещание, *Коммерсантъ, приложение ТЕЛЕКОМ*. 2004. №83 (2922).