

Сергей Байчаров
club@wireless-tech.ru

Выбор технологии беспроводного обмена данными

для решения задач автоматизации систем жизнеобеспечения офисно-производственных помещений

В последнее время постоянно растет интерес к автоматизации систем жизнеобеспечения различных объектов, а также контроля их параметров. Причина очевидна — автоматизированная система обойдется гораздо дешевле, чем поддержание постоянного штата сотрудников, которые бы выполняли эти же задачи вручную и с существенно меньшей эффективностью.

Введение

Первым же вопросом, который необходимо решить при проектировании автоматизированной системы жизнеобеспечения — какую технологию обмена данными следует использовать, чтобы она наиболее полно отвечала запросам и была максимально дешева в развертывании и последующем обслуживании. Использование проводных коммуникаций отменяется сразу по причине крайне высокой дороговизны как самих кабелей, так и их монтажа, полного отсутствия масштабируемости и довольно низкой надежности полученной сети. Поэтому использование беспроводной технологии обмена данными для решения задач такого плана является единственно возможным. Однако возникает проблема выбора конкретной беспроводной технологии — можно использовать проприетарные решения, а можно выбирать из наиболее подходящих для этого технологий WiFi, Bluetooth и ZigBee. Кратко сформулируем требования к «среднестатистической» системе автоматизации, например, параметров офисных помещений.

Система должна состоять из набора беспроводных датчиков и управляющих устройств и исполнительных механизмов, снабженных беспроводным интерфейсом.

Типовые задачи, которые должна решать система автоматизации офисного помещения:

- автоматическое управление системой кондиционирования воздуха;
- автоматическое управление освещением;
- выполнение функций системы безопасности, пожарной сигнализации, детектора утечки газов и затопления;
- выход в сеть сотовой связи.

В результате создания автоматизированной системы в офисном помещении должен повыситься уровень комфорта, понизиться энергопотребле-

ние за счет исключения человеческого фактора в оперировании электроприборами, повыситься количество контролируемых параметров систем, появиться возможность удаленного управления системами офиса.

Всю систему можно подразделить на функциональные блоки. В зависимости от конкретных требований часть блоков может отсутствовать, а также могут появиться дополнительные, выполняющие какие-либо специфические функции. Рассмотрим эти функциональные блоки подробнее.

Блок управления освещением

При уровне освещенности в помещении менее некоторого заданного в настройках порогового уровня система должна автоматически включать освещение, при уровне освещенности больше второго порогового уровня система должна автоматически выключать освещение. Необходимо также предусмотреть действующее ручное управление на случай отказа автоматизированной системы. Кроме того, система должна различным образом производить управляющие воздействия в зависимости от наличия или отсутствия людей в помещении: если, например, в течение 15 минут в помещении никто не находится, система должна автоматически выключать освещение или переходить в режим энергосбережения (например, пониженная яркость, отключение части осветительных кластеров).

Для системы управления освещением помимо датчиков освещенности часто используют еще и датчики присутствия. Как правило, требуются беспроводные сенсорные панели для управления параметрами автоматизированной системы, просмотра статуса и т. п., кроме того, в последнее время все чаще используют систему голосового управления. Обязательным можно считать возможность управлять настройками и просматривать статус при помощи персонального компьютера, то есть хост-контроллер беспроводной автоматизированной сети должен иметь выход в корпоративную локальную сеть. Использование хост-контроллера продиктовано необходимостью создания автономной системы, поэтому помимо датчиков и драйверов исполнительных устройств нужен некий управляющий промышленный компьютер, который будет опрашивать датчики, вести журналы событий и выдавать команды управления для исполнительных устройств. Хорошим вариантом было бы интегрировать в хост-кон-

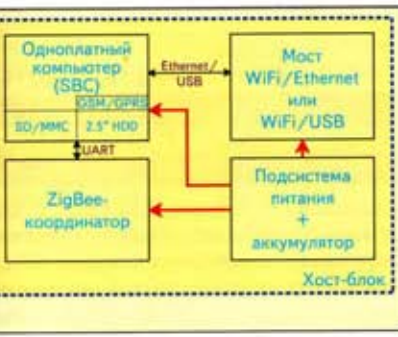


Рис. 1. Структурная схема хост-контроллера

троллер координатор сети ZigBee. Основываясь на перечисленных функциях, можно изобразить структурную схему хост-контроллера (рис. 1). С учетом обеспечения перечисленных выше требований был разработан хост-контроллер следующей конфигурации:

1. Процессор — NXP LPC2368 (512 K Flash, 58 K RAM).
2. Внешняя память — SPI NOR-Flash 4 MB (AT45).
 - Интерфейс SD — оставлено место для подключения. В данной версии платы не реализован.
3. Интерфейсы:
 - Ethernet (NS DP838481);
 - USB device;
 - RS-232 (DTE);
 - модуль IEEE 802.15.4 на базе связки микросхемы CC2420 и микроконтроллера Texas Instruments MSP430.
4. Питание и зарядка — USB или адаптер 5 В с разъемом mini USB.
5. Интегрированное на плату зарядное устройство для Li-ion аккумулятора (в конструктив заложена поддержка батарей емкостью до 0,9 А·ч).
6. Интерфейсы: JTAG, CMOS BSL, Li-ion батареи.
7. Габаритные размеры: 120×75 мм, 2-слойная печатная плата.

Блок системы безопасности

Блок состоит из нескольких структурных элементов, таких как контроль состояния окон и оконных проемов, распределенная система сигнализации, оповещение при затоплении и превышении концентрации в атмосфере специфических газов.

Пожалуй, одним из основных требований к системе является простота и низкая стоимость ее обслуживания. Поскольку от работоспособности системы зависит функционирование всего офисного помещения (или даже здания), необходимо использовать модульное построение аппаратной части автоматизированной системы и обеспечить быструю замену вышедшего из строя модуля или блока на запасной. Для сложных систем может потребоваться реализовать функцию самодиагностики для быстрого поиска отказавшего элемента инфраструктуры.

Требования к программному обеспечению достаточно типичны и включают функции информирования оператора о работоспособности каждого радиомодуля через специализированный графический интерфейс. Как правило, необходимо выводить текущие показания датчиков, обеспечивать запись всех изменений состояния датчиков в файл журнала событий с указанием даты, времени и события.

Требования к надежности сводятся к тому, что система должна сохранять настройки в случае

отключения питания, элементы системы должны быть устойчивы к перепадам напряжения в электросети. Требования по безопасности: система не должна представлять опасность для окружающей среды, и влиять на систему энергообеспечения офиса, а также должна исключать возможность подключения по радиоканалу извне к датчикам, управляющим устройствам, координирующему модулю и хост-контроллеру.

Описанный пример автоматизированной системы жизнеобеспечения офиса может легко масштабироваться, дополняясь различными функциями. Например, в дальнейшем на базе описанной архитектуры можно организовать формирование термопрофиля офиса. Для этого осуществляется непрерывная запись температуры в разных точках помещения, на отопительных системах и снаружи рабочего помещения в течение некоторого расчетного срока (как правило, это 6 месяцев или 1 год). На основе полученного банка данных проводится анализ динамики температуры в различных контрольных точках помещения, расчет перерасхода энергии и поиск возможностей по ее экономии. Другим аналогичным примером расширения описанной простой автоматизированной системы является добавление функциональности контроля качества электроэнергии. Беспроводные счетчики электроэнергии, равномерно расположенные по всему зданию, непрерывно фиксируют уровень энергопотребления и параметры напряжения и тока. Все ситуации с возникновением коротких замыканий, перегрузками, обрывами, большим падением $\cos \phi$ фиксируются и передаются местным электросетям. Персонал, уходя с работы, мог бы получить информацию о текущем потреблении и проконтролировать наличие оставленных включенными электроприборов. Выход из строя оборудования из-за скачков напряжения будет легко доказуем, что снизит затраты.

Выбор технологии беспроводного обмена данными

Одной из актуальных задач для систем промышленной телеметрии и автоматизации является вопрос передачи данных на небольшие расстояния. Нередко разработчики подобных систем сталкиваются с такими требованиями, как необходимость обеспечить мобильность диагностируемого оборудования, частое восстановление связи между объектами, обнаружение ресурсов и их использование, а также сокращение расходов на монтаж. Последние достижения в миниатюризации электронных устройств и рост степени интеграции датчиков дают возможность получить чувствительные элементы, оснащенные беспроводными средствами связи и памятью для хранения и обработки данных. На базе таких элементов может быть создано «умное» оборудование, в котором работа разрозненных датчиков может координироваться для создания сети связи. Использование глобальной сети в промышленных системах автоматизации перспективно с точки зрения получения информации о функционировании подсистем завода и возможности защищенного управления техническими процессами на производстве.

Все это привело к необходимости использования персональных сетей беспроводной связи (Wireless Personal Area Networks — WPAN) на нижнем уровне сетевой иерархии автоматизации пред-

приятый. Сеть WPAN представляет собой систему обмена данными с небольшим радиусом охвата и относительно низкими скоростями передачи. Нелицензируемый диапазон [6] частот 2,4 ГГц благодаря своей доступности стал популярным для промышленной, научной, медицинской аппаратуры и подходит для недорогих беспроводных решений, которые предлагаются для сетей WPAN.

Виды архитектуры сетей датчиков

Сети датчиков и беспроводные технологии могут характеризоваться различным образом. Одним из таких способов описания структуры сети является определение схемы узлов датчиков. Далее показаны три возможных вида архитектуры сети датчиков.

На рис. 2 показан набор датчиков, передающих сообщения в центральный приемник. Такая схема обычно называется сетью типа «звезда». Такие схемы используются для реализации централизованных систем сбора данных на единый диспетчерский пункт. Часто такие системы не имеют обратной связи (поскольку ради их удешевления датчики оснащаются не трансиверами, а передатчиками).

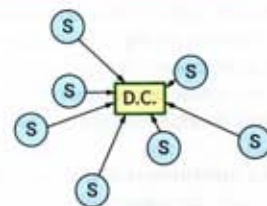


Рис. 2. Сетевая архитектура «звезда» (S — месторасположение датчиков; D.C. — точка сбора данных)

На рис. 3 представлена шинная топология, в которой датчики посылают сигналы в точку сбора данных по общей линии. Эта топология удобна для проводной связи, но она не годится для беспроводной передачи данных.

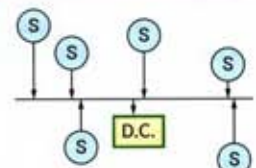


Рис. 3. Сетевая архитектура «шина»

На рис. 4 представлена третья сетевая архитектура — сотовая схема. Согласно сценарию обмена данными в такой сети одни датчики могут связываться со всеми другими и ретранслировать от них сообщения. Центральная точка приема данных является просто одним из узлов сети, задачей которого является сбор данных, проходящих по сети. Преимуществом такой архитектуры является то, что датчик в каком-либо узле может обходить центральную станцию и передавать данные только в те узлы, которым эти данные нужны. Таким образом, за счет снижения передачи ненужной информации уменьшается трафик. Однако стоимость и сложность реализации такой сети в проводном исполнении становятся слишком большими из-за необходимости связывать проводами каждый датчик со всеми другими

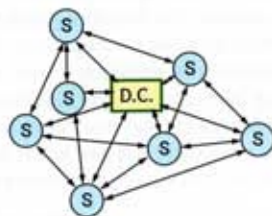


Рис. 4. Сотовая сетевая архитектура

датчиками. По этой причине такая топология может иметь практическое применение только при использовании технологии беспроводной связи.

Для построения беспроводной сети датчиков наилучшим образом подходит сотовая топология. Ее преимущества: несложность установки, возможность расширения и способность к самостоятельному определению и устранению неполадок, автоматическая перестройка маршрута прохождения трафика (при наличии программной поддержки этой опции в протокольной части используемого стандарта).

Декларируется, что сотовая топология позволяет осуществлять установку без специального обследования электромагнитных параметров в жилом помещении. Согласно расчету, датчики могут помещаться в нужные места, и сеть сама настраивается на автоматическую маршрутизацию сигнала до места назначения, независимо от наличия радиочастотных помех или препятствий.

Описание программного обеспечения

Для запуска сети датчиков необходимы три различных уровня программного обеспечения.

Во-первых, необходимо программное обеспечение для координации связи между датчиками. Как правило, это программное обеспечение разрабатывается поставщиком аппаратного обеспечения.

Разработку второго и третьего программных уровней должен осуществлять разработчик сети. Первый из этих уровней, содержащий код прикладного уровня, должен быть записан в узлы датчиков. Этот программный код регулирует прием аналоговых сигналов от различных датчиков и преобразует эти сигналы в цифровые сообщения, содержащие информацию о параметрах среды. Измерение параметров и передача сообщений в центральную станцию производится с некоторым периодом, например, каждую минуту.

Каждый узел датчика имеет идентификатор, состоящий из двух символов. Этот идентификатор ставится в начале каждого сообщения. За идентификатором датчика пересылаются значения данных. Как правило, программное обеспечение этого уровня создается на языке программирования Си.

Третьим программным сегментом, необходимым для работы беспроводной сети датчиков, является программа, выполняющаяся на ведущем компьютере (хост-компьютере), в который передаются все данные. Пункт сбора данных может быть запрограммирован на выгрузку принимаемых сообщений в персональный компьютер, в котором они заносятся в файл.

Технологии беспроводной передачи данных

В диапазоне 2,4 ГГц сегодня широкое распространение получили такие технологии беспроводной передачи данных, как WiFi, Bluetooth и ZigBee.

Таблица 1. Сравнение стандартов семейств 802.15 и 802.11b

Технология Стандарт	ZigBee 802.15.4		Bluetooth 802.15.1	WiFi	
	802.11b	802.11g			
Частота, ГГц	0,868	0,915	2,4	2,4	2,4
Скорость	20 кбит/с	40 кбит/с	250 кбит/с	1 Мбит/с	11 Мбит/с
Выходная мощность, дБм	0		0–20	20	20
Дальность, м	10–100		10–100	100	100

Иногда эти технологии рассматривают как конкурирующие. На самом деле каждая из них имеет свои уникальные характеристики, обуславливающие их области применения.

В таблице 1 приведены основные характеристики популярных стандартов беспроводной связи, а на рис. 5 показаны области применения этих стандартов.

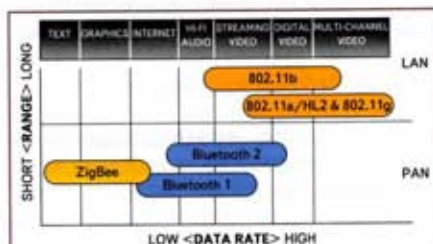


Рис. 5. Области применения стандартов беспроводной связи

ZigBee

ZigBee (IEEE, 802.15.4) [1] — это стандарт для низкоскоростных персональных сетей беспроводной связи — Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN). Всего за ним закреплено 27 каналов в трех эфирных диапазонах. Общий для всего мира на частоте 2,4 ГГц (16 каналов), дополнительный для США на 915 МГц (10 каналов) и на 868 МГц для Европы (один канал). Скорость передачи данных между устройствами зависит от числа занятых каналов и колеблется от 256 до 20 кбит/с. Доступ к среде осуществляется в частотных диапазонах, не требующих лицензирования ISM (Industrial, Scientific and Medical), физический уровень использует двоичную фазовую манипуляцию (BPSK) на частотах 868/915 МГц и квадратичную фазовую манипуляцию со смещением (QPSK) 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 столкновения.

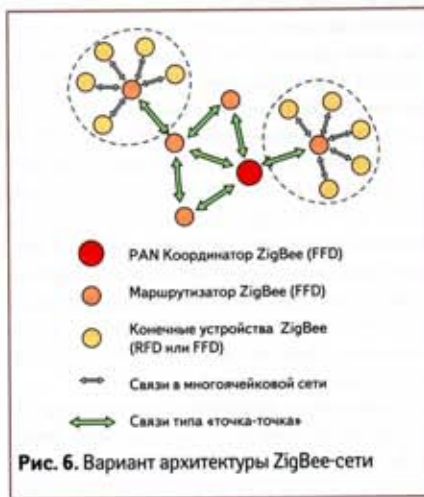


Рис. 6. Вариант архитектуры ZigBee-сети

вызванные передачей данных одновременно несколькими устройствами. Стандарт 802.15.4 основывается на полудуплексной передаче данных, что позволяет использовать метод CSMA-CA только для предотвращения коллизий, а не для их обнаружения.

Стандарт ZigBee определяет три типа устройств: координаторы ZigBee, маршрутизаторы ZigBee и оконечные устройства ZigBee.

Каждая сеть должна содержать только один координатор ZigBee [5]. Основная задача координатора заключается в том, чтобы задать параметры для создания сети и запустить процесс настройки, предполагающий выбор радиочастотного канала, уникального сетевого идентификатора и набора рабочих параметров.

Маршрутизаторы ZigBee могут использоваться для расширения радиуса действия сети, поскольку они способны выполнять функции ретрансляторов между устройствами, расположенными слишком далеко друг от друга, чтобы взаимодействовать напрямую.

Оконечные устройства ZigBee не участвуют в маршрутизации.

Множество ZigBee-устройств способно работать совместно, в общей радиосети, как в стандартной иерархии типа «звезда» (когда один маршрутизатор управляет всеми потоками данных), так и в смешанной топологии без единого координатора.

Как только маршрутизаторы и другие устройства подключаются к сети, они получают от координатора или от любого маршрутизатора, уже задействованного в сети, информацию о ней, и на основе этой информации устанавливают свои рабочие параметры в соответствии с параметрами сети.

Маршрутизатор ZigBee получает блок сетевых адресов, которые он распределяет между подключившимися к сети беспроводными или другими оконечными устройствами. Чтобы сделать маршрутизацию более эффективной, алгоритм ZigBee также позволяет маршрутизаторам использовать сокращения путей. Каждый маршрутизатор, на котором предполагается использовать сокращения, должен поддерживать таблицу, содержащую пары вида D, N, где D — это адрес цели, а N — адрес следующего устройства на пути к этой цели. Правило маршрутизации просто «Если есть сокращение — используй его, иначе используй «дерево»».

ZigBee определяет характер работы сетей датчиков. Устройства образуют иерархическую сеть, корнем которой является координатор ZigBee. Маршруты могут учитывать иерархию, возможна также оптимизация информационных потоков. Сети ZigBee просты в установке, поскольку они формируются автономно. Более того, сочетание маршрутизации по «дереву» и маршрутизации на основе таблицы обеспечивает гибкость и позволяет предложить разработчикам широкий спектр соотношений цены и производительности, тем самым способствуя формированию недорогой, масштабируемой сетевой инфраструктуры.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) ориентирован, главным образом, на использование в качестве средства связи между автономными приборами и оборудованием. В корпоративном секторе это могут быть, например, складские системы, системы автоматизации производства, различные датчики, сенсоры, сервоприводы, электронные метки, а в домашних условиях — ПК, игровые приставки, системы безопасности, освещения, кондиционирования, радиофицированные игрушки и пульты дистанционного управления.

WiFi

Технология беспроводной передачи данных WiFi [3, 6] основана на стандарте IEEE 802.11 [4]. Стандарт IEEE 802.11 определяет протоколы, необходимые для организации локальных беспроводных сетей (WLAN). Основные из них — протокол управления доступом к среде MAC (Medium Access Control) и протокол передачи сигналов в физической среде PHY. В качестве основного метода доступа к среде стандартом 802.11 определен механизм CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance — множественный доступ с обнаружением несущей и предотвращением коллизий). В основу стандарта 802.11 положена сотовая архитектура, причем сеть может состоять как из одной, так и нескольких ячеек. Каждая сота управляется базовой станцией, которая вместе с находящимися в пределах радиуса ее действия рабочими станциями пользователей образует базовую зону обслуживания. Точки доступа многосотовой сети взаимодействуют между собой через распределительную систему, представляющую собой эквивалент магистрального сегмента кабельных ЛВС. Поскольку оборудование, работающее на максимальной скорости, имеет меньший радиус действия, чем работающее на более низких скоростях, то стандартом 802.11 предусмотрено автоматическое понижение скорости при ухудшении качества сигнала. Снижение скорости обмена данными также позволяет снизить энергопотребление, продлевая срок службы от батарей. В целом, WiFi ориентирован на передачу относительно больших объемов информации — это может быть потоковое видео, Hi-Fi аудио, голос.

Bluetooth

Беспроводная технология Bluetooth [2] основана на стандарте IEEE 802.15.1, который определяет функционирование компактных систем связи на небольших расстояниях между мобильными персональными компьютерами, мобильными телефонами и иными портативными устройствами. Bluetooth представляет собой недорогой

Таблица 2. Сравнение радиомодулей для различных технологий беспроводной передачи данных

		ZigBee	WiFi	Bluetooth
		Freescale Semiconductor MC13192	APM6125	UARTDNG101
Диапазон рабочих частот, ГГц		2,405–2,480	2,4–2,497	2,4–2,4835
Выходная мощность, дБм		0–4	13,5	4
Потребляемый ток	в режиме передачи	30–35 мА	190 мА	до 61 мА
	в режиме приема	37–42 мА	150 мА	Нет данных
	в режиме ожидания	0,5–0,8 мА	Нет данных	Нет данных
	в энергосберегающем режиме	1–35 мкА	1 мА	Нет данных
Напряжение питания, В		2,0–3,4	3,3	3,3 и 5
Чувствительность, дБм		–92	–85 при скорости передачи 11 Мбит/с	–78
Скорость передачи данных по радиоканалу		250 кбит/с	1; 2; 5,5; 11 Мбит/с	до 723 кбит/с
Рабочий диапазон температур, °С		–40...+85	–40...+90	–40...+105

радиоинтерфейс с низким энергопотреблением (мощность передатчика всего порядка 1 мВт) для организации персональных сетей, обеспечивающий передачу в режиме реального времени как цифровых данных, так и звуковых сигналов. Изначально дальность действия радиоинтерфейса закладывалась равной 10 м, однако сейчас спецификациями Bluetooth уже определена и вторая зона — около 100 м. Для работы радиоинтерфейса Bluetooth используется так называемый нижний (2,45 ГГц) диапазон ISM (Industrial, Scientific, Medical), предназначенный для работы промышленных, научных и медицинских приборов. Радиоканал обладает полной пропускной способностью в 1 Мбит/с, что обеспечивает создание асимметричного канала передачи данных на скоростях 723,3/57,6 кбит/с или полнодуплексного канала на скорости 433,9 кбит/с. Если передавать большие объемы информации не требуется, то через Bluetooth-соединение можно создать до трех дуплексных аудиоканалов по 64 кбит/с в каждом направлении. Возможна также и комбинированная передача данных и звука. В части организации обмена данными Bluetooth соответствует спецификации стандарта локальных сетей IEEE 802 и использует сигналы с расширением спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS) по псевдослучайному закону со скоростью 1600 переключений в секунду в полосе 2400–2483,5 МГц. Bluetooth работает как многоточечный радиоканал, управляемый, аналогично сотовой связи GSM, многоуровневым протоколом. Стандарт Bluetooth 2.0 позволяет создать сеть размером до 256 модулей.

Заключение

При наименьшем энергопотреблении стандарт ZigBee позволяет создавать сети размером до 65 536 узлов, которые могут быть сопряжены как с датчиками, так и с управляющими устройствами и исполнительными механизмами (в случае построения системы автоматизации офисных или промышленных помещений), при этом стандарт предоставляет возможность создания сети сотовой архитектуры, что позволит с легкостью покрыть всю территорию объекта. Применение стандартов WiFi и Bluetooth в данном случае для решения поставленных задач не оправдано. WiFi имеет слишком высокое энергопотребление, а Bluetooth не позволит создать сеть с такой топологией и размером, как ZigBee. ■

Литература

1. ZigBee specification. ZigBee Document 053474r06, Version 1.0. 2005. <http://www.zigbee.org/>
2. Bluetooth specification, Version 2.0 + EDR. 2004. // <http://www.bluetooth.com/>
3. WiFi specification. 2006. http://www.wifi.com/p_faq.html
4. IEEE 802.11XX specification. 2005. <http://www.ieee.org/portal/site>
5. Опыт построения сети беспроводных датчиков для мониторинга систем ОВК зданий // АВОК. 2006. № 1.
6. Проблемы функционирования беспроводных устройств Bluetooth и IEEE 802.11 в нелицензируемом диапазоне ISM 2,4 ГГц и пути их решения // Беспроводные технологии. 2006. № 3.