

Развертывание беспроводных сетей на базе модулей IP-Link компании Helicomm

Михаил РОДИОНОВ
info@electrosnab.ru

Вниманию читателей предлагается информация о новых модулях IP-Link компании Helicomm, поддерживающих недавно появившуюся, но уже завоевавшую популярность технологию ZigBee. Данная технология разработана для реализации низкоскоростных беспроводных соединений с малым трафиком и позволяет в сжатые сроки и с минимальными затратами развернуть беспроводную сеть разнообразных устройств в масштабах предприятия, здания, офиса.

Введение

В области беспроводных телекоммуникаций существует огромное разнообразие приложений, в которых передаются относительно небольшие объемы информации и не требуется высокая скорость передачи данных. Однако эти приложения предъявляют другие критичные требования: низкое энергопотребление, простота развертывания и эксплуатации сети, невысокая стоимость конечного решения, защита данных, большое количество узлов в сети, надежность. Именно для таких приложений и был разработан стек протоколов беспроводной связи ZigBee/802.15.4.

Стандарт 802.15.4, разработанный в 2001 году институтом инженеров электротехники и электроники IEEE, определяет два нижних уровня протокола беспроводной передачи данных: физический уровень передачи данных в среде распространения (PHY) и уровень доступа к среде (MAC). Спецификация ZigBee, разработанная созданным в 2002 году альянсом ZigBee, определяет программные сетевые уровни и уровни поддержки приложения (рис. 1).

Область применения технологии ZigBee чрезвычайно широка и охватывает распределенные системы самого различного назначения (рис. 2). До появления ZigBee ниша радиointерфейсов для реализации подобных систем была свободна и ее заполняли другие устройства и технологии. Во-первых, это микросхемы радиотрансиверов, не привязанные жестко к каким-либо стандартам. При их использовании разработчики вынуждены были создавать собственные протоколы передачи данных и программные стеки для организации беспроводных сетей. Это сказывалось на конечной стоимости и сроках разработки изделий и не позволяло даже думать о глобальной совместимости устройств. Во-вторых, можно было использовать другие стандарты беспроводной связи (Bluetooth, WLAN). Ближайшим конкурентом ZigBee является Bluetooth. Однако технология Bluetooth изначально разрабатывалась для передачи больших объемов информации (голоса, видео, данных) с высокой скоростью передачи данных и предназначалась главным образом для создания беспроводных компьютерных систем и вычислительных сетей. Bluetooth имеет очень сложный протокол, который делает процесс развертывания беспроводной сети весьма трудоемкой задачей и требует достаточно больших для встраиваемых систем ресурсов памяти. Кроме того, микросхемы Bluetooth слишком дороги для организации на их основе крупных сетей разнообразных устройств в масштабе предприятия или здания. Все это не позволяет с максимальной эффективностью использовать Bluetooth для низкоскоростных беспроводных приложений с невысоким трафиком и малым энергопотреблением.

Технология ZigBee избавила разработчиков от описанных выше проблем и положила начало новому этапу в развитии низкоскоростных беспроводных телекоммуникаций. Глобальная совместимость, простота установки и обслуживания, малое энергопотребление, большое количество

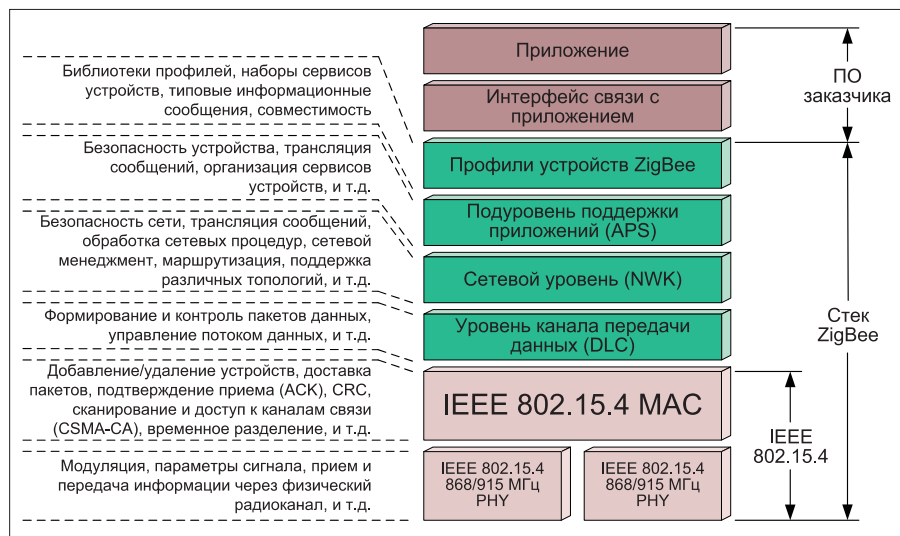


Рис. 1. Иерархическая модель стека протоколов ZigBee



Рис. 2. Области применения технологии ZigBee

узлов в сети, функции маршрутизации и ретрансляции пакетов данных – эти особенности ZigBee-совместимых устройств наряду с простотой схемотехники конечных решений и наличием готового программного обеспечения стека протоколов все чаще заставляют разработчиков отказываться от проводов и проводных сетей и переходить к использованию беспроводной технологии ZigBee для реализации своих приложений. В связи с тем, что подробное описание спецификации ZigBee/802.15.4 приведет к значительному увеличению объема данной статьи, заинтересовавшимся рекомендуем посетить сайт www.zigbee.org, а также ознакомиться с публикациями [1-4]. Далее на примере модулей IP-Link компании Helicomm будет показано, каким образом осуществляется развертывание беспроводной сети на базе ZigBee-совместимых устройств.

Беспроводные интерфейсы IP-Link

В середине 2005 года компания Helicomm анонсировала линейку модулей IP-Link, совместимых со стандартом беспроводных сетей ZigBee/802.15.4. Эти модули интегрируют в себе микроконтроллер, радиотрансивер, антенну, программный стек ZigBee и представляют собой, таким образом, законченный беспроводной интерфейс, который может использоваться как готовая платформа для создания распределенных беспроводных систем. Это решение практически не требует использования внешних компонентов и позволяет заказчикам существенно упростить процесс разработки, снизить стоимость своих изделий, сократить время их выхода на рынок. К настоящему времени серия IP-Link насчитывает семь модификаций модулей, отличающихся друг от друга типом микроконтроллера и радиотрансивера. Технические характеристики модулей IP-Link представлены в таблице.

В состав каждого модуля входит 8-разрядный 8051 микроконтроллер компании Silicon Laboratories (C8051F121, C8051F133 или C8051F015). Данные МК являются одними из лучших в своем классе по производительности, обладают достаточно большой памятью и имеют мощный набор встроенных периферийных модулей (АЦП, ЦАП, компараторы, последовательные порты и др.). Интегрированный IEEE802.15.4-совместимый радиотрансивер выполнен по субмикронной КМОП-технологии. Такое решение обеспечивает невысокую стоимость всего изделия, низкое энергопотребление, минимальные размеры модуля и хорошие параметры на высокой частоте. Наличие встроенной гибкой антенны позволяет разработчику вообще забыть о проблемах настройки и согласования высокочастотных компонентов схемы. Трансивер работает в диапазоне ISM 915 МГц (10 каналов шириной 2 МГц) или 2,4 ГГц (16 каналов шириной 5 МГц) и обеспечивает уверенную связь на расстоянии до 150 метров. Структурная схема модуля IP-Link 1220-2033 с микроконтроллером C8051F121 приведена на рис. 3. Модули IP-Link 1220-2133 и IP-Link 1221-2133 содержат встроенный усилитель мощности, позволяющий увеличить радиус зоны устойчивой связи до 450

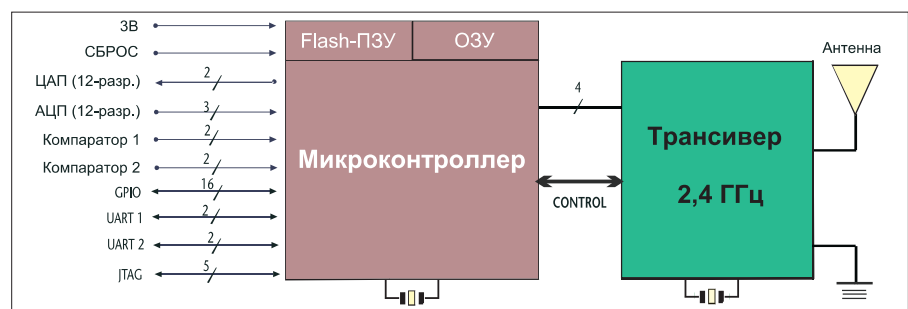


Рис. 3. Структурная схема модуля IP-Link 1220-2033

метров. Все модули содержат установленное ПО MAC-уровня и поставляются с различным набором сетевого ПО для реализации беспроводных приложений любой сложности — от простых соединений типа «точка-точка» до сложных сетевых структур.

Развертывание сети на базе модулей IP-Link осуществляется в следующей последовательности:

- Выбор топологии сети;
- Настройка узлов сети;
- Размещение и включение сетевых устройств;
- Проверка и точная настройка сети;

Рассмотрим более подробно каждый из этих этапов.

Выбор топологии сети

Модули IP-Link поддерживают все сетевые топологии, определяемые спецификацией ZigBee, и позволяют создавать беспроводные сети со следующими конфигурациями: «звезда», «кластерное дерево», «одноранговая сеть», «гибридная сеть» (рис. 4). В сетях с топологией «звезда» весь трафик данных и сетевых команд проходит через центральный узел (Master), поэтому выход его из строя приводит к краху всей системы. В таких сетях периферийный узел должен иметь непосредственную связь с узлом Master и если эта связь по каким-либо причинам не может быть установлена (например, из-за высокого уровня помех), то периферийный узел теряет доступ в сеть, т.к. он не имеет других (запасных) каналов для отправки/приема сообщений. Для создания сети с топологией «звезда» на основе модулей IP-Link необходимо один из модулей настроить как координатор сети Master, а остальные модули следует запрограммировать как конечные устройства RFD (Reduced Function Device — устройство с сокращенными функциональными возможностями).

Основным и главным достоинством сети с топологией «звезда» является ее простота. Такая топология позволяет реализовать протокол с очень низкими накладными расходами на передачу служебной информации, значительно уменьшить объем информации маршрутизации, упростить администрирование сети. Все это в итоге положительно отражается на общей стоимости конечного решения. Кроме того, узел Master может взять на себя многие административные функции, например, проверку полномочий пользователя с целью его аутентификации, управление удаленным доступом в сеть и др.

Однако простота такой сети обуславливает не только ее преимущества, но и недостатки. Т.к. каждый периферийный узел должен располагаться в зоне досягаемости узла Master, то это условие ограничивает общую зону покрытия сети. Кроме того, масштабирование сети и уве-

Т а б л и ц а . Технические параметры модулей IP-Link

Параметры		IP-Link 1121-3033	IP-Link 1122-3033	IP-Link 1220-2033	IP-Link 1221-2033	IP-Link 1222-2033	IP-Link 1220-2133*	IP-Link 1221-2133*
Сетевые функции	IP-Net	√	√	√	√	√	√	√
	Стек ZigBee	как опция	недоступно	√	как опция	недоступно	как опция	как опция
	FFD	√	√	√	√	√	√	√
	RFD	√	√	√	√	√	√	√
	802.15.4	√	√	√	√	√	√	√
	Защита данных	√	√	√	√	√	√	√
Микро-контроллер	Модификация	F133	F015	F121	F133	F015	F121	F133
	Flash-память	64 Кб	32 Кб	128 Кб	64 Кб	32 Кб	128 Кб	64 Кб
	ОЗУ	2 Кб	8 Кб	8 Кб	2 Кб	8 Кб	8 Кб	8 Кб
Радио-частотный тракт	Частота	915 МГц			2,4 ГГц			
	Макс. скорость передачи данных	40 Кбит/с			250 Кбит/с			
	Чувствительность приемника	-97 dBm			-94 dBm			
	Дальность передачи	200 м			150 м		450 м	
	Число каналов (ширина канала)	10 (2 МГц)	10 (2 МГц)	16 (5 МГц)	16 (5 МГц)	16 (5 МГц)	16 (5 МГц)	16 (5 МГц)
	Выходная мощность	от -21 до 0 dBm			от -24 до 0 dBm		от -9 до 15 dBm	
	Протокол шифрования данных	128-разрядный AES						
	Антенна	встроенная						
	Сертификация	FCC часть 15, CE						
Ток потребления	Передача данных	55 mA					100 mA	
	Прием данных	55 mA					100 mA	
Входы/Выходы	Количество внешних выводов	51			62		70	
	Последовательные интерфейсы	2 RS232, JTAG	RS232, SMB, JTAG	2 RS232, JTAG	RS232, SMB, JTAG	RS232, JTAG, C2	2 RS232, JTAG	RS232, JTAG
	АЦП	5 (10-разр.) и 1 компаратор	10-разр. и 2 компаратора	3 (12-разр.) и 2 компаратора		10-разр. и 2 компаратора	3 (12-разр.)	
	ЦАП	2 (12-разр.)			2 (12-разр.)			
Габариты	Длина x Ширина x Толщина	30 x 30 x 4 (мм)			41 x 19 x 4 (мм)		46 x 19 x 4 (мм)	
Рабочие условия	Рабочая температура	от -20 °C до +70 °C						
	Влажность	10% - 90%						

* Модель со встроенным усилителем мощности

личение плотности ее узлов также ограничено, т.к. объем информации, передаваемой через сеть, может превысить пропускную способность узла Master, что приведет к его перегрузке и потере пакетов.

Топология «кластерное дерево» позволяет преодолеть некоторые ограничения, присущие топологии «звезда». Сеть с топологией «кластерное дерево» образуется объединением нескольких сетей с топологией «звезда» и представляет собой простейшую сеть, в которой должны выполняться некоторые основные службы сетевого уровня. Это, во-первых, служба динамического распределения адресов, позволяющая вновь подключающимся узлам самостоятельно регистрироваться в сети и распознаваться другими ее узлами. Во-вторых, узлы «кластерного дерева» должны поддерживать минимальный набор функций маршрутизации (решение о маршрутизации принимается, основываясь на адресах отправителя и получателя пакета, поэтому в данном случае функции маршрутизации ограничиваются функциями ретрансляции пакетов). Наконец, узлы «кластерного дерева»

должны поддерживать ряд программируемых параметров (например, максимальная глубина расположения узлов-потомков, их максимальное количество), которые определяют, сколько ресурсов сетевого устройства следует выделить для обслуживания сетевых функций. ПО, установленное в модули IP-Link, реализует все эти сетевые функции и разработчику требуется лишь правильно запрограммировать тип узлов сети: один из модулей должен быть настроен как Master; узлы, участвующие в маршрутизации (ретрансляции) пакетов, должны иметь тип RN-; остальные модули должны быть запрограммированы как конечные устройства RFD.

Сеть с топологией «кластерное дерево» сохраняет большинство достоинств топологии «звезда»: низкие накладные расходы на передачу информации маршрутизации, невысокие требования к ресурсам памяти сетевых устройств. Возможность передачи пакетов через промежуточные узлы позволяет увеличивать площадь покрытия сети без использования мощных трансиверов с большой дальностью связи. Кроме того, топология «кластерное дерево» очень эффективна

при распространении групповых и широковещательных сообщений и может с высокой эффективностью использоваться в приложениях, требующих поддержки механизмов группового взаимодействия.

Однако, вследствие упрощенного механизма маршрутизации, «кластерное дерево» очень плохо адаптируется к динамически меняющемуся состоянию среды передачи данных. Между любой парой узлов сети существует только один путь доставки сообщений, поэтому нарушение или сбой связи на любом участке этого пути приводят к разрыву сети и невозможности передачи данных между этими узлами. Кроме того, так как этот путь проходит через промежуточные узлы строго определенным (запрограммированным) образом, то задержка при передаче пакетов данных может быть достаточно большой, хотя оба узла находятся в пределах досягаемости. Отсюда следует, что максимальная эффективность сетей с топологией «кластерное дерево» достигается при использовании их в условиях стабильной среды передачи данных, а также при объединении в сеть множества ис-

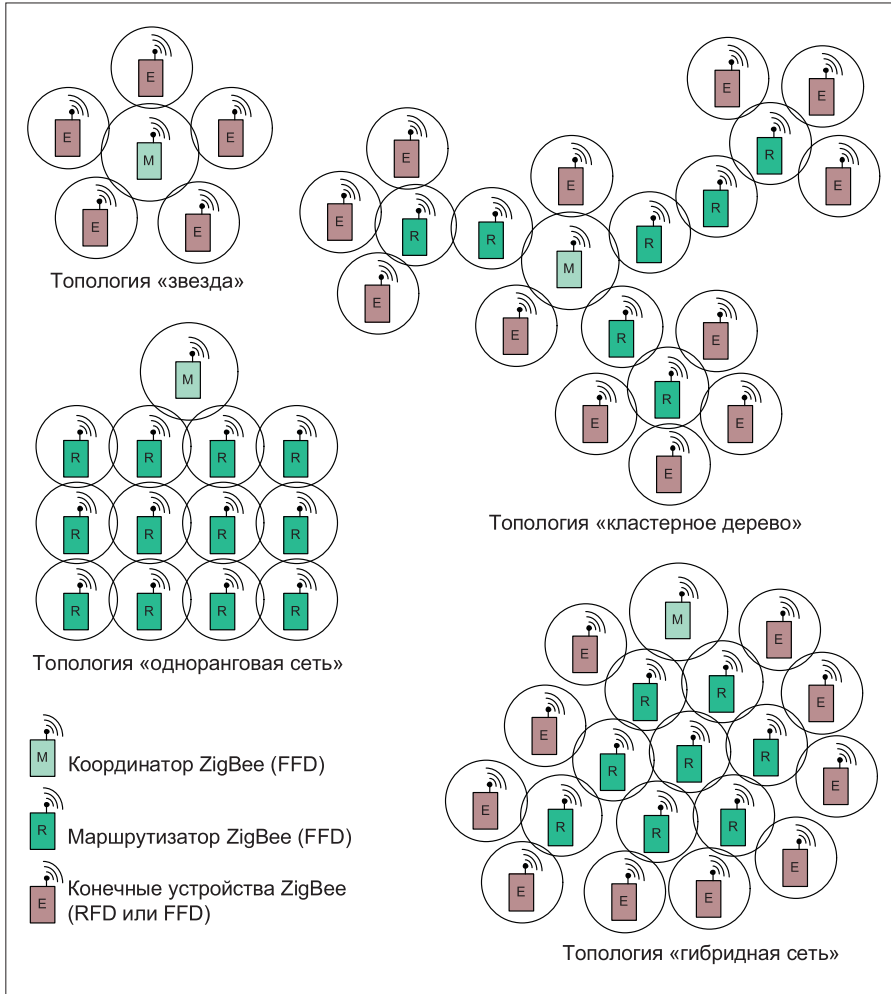


Рис. 4. Сетевые конфигурации, поддерживаемые модулями IP-Link

точников данных, генерирующих невысокий трафик (например, датчиков).

Если требуется сеть, способная хорошо адаптироваться к состоянию среды передачи данных, то следует использовать одноранговую топологию. Каждый узел такой сети представляет собой маленький маршрутизатор, который способен выбирать наилучший маршрут передачи пакетов (руководствуясь таблицей маршрутизации) для обеспечения максимально надежной и производительной сетевой инфраструктуры. Для реализации такой топологии с помощью модулей IP-Link необходимо один модуль настроить как координатор сети Master, а все остальные следует запрограммировать как маршрутизаторы одноранговой сети RN+. После этого каждый модуль IP-Link будет отслеживать состояние ближайших каналов связи, активность соседних узлов в сети, статистику ошибок при сквозной передаче пакетов и на основе этих критериев будет «на лету» принимать решение о выборе наилучшего пути передачи сетевого трафика.

Алгоритм маршрутизации, поддерживаемый модулями IP-Link (настроенными как RN+), работает таким образом, что узел-источник, генерирующий сообщение, сам отвечает за выбор наилучшего маршрута доставки пакетов, опрашивая своих непосредственных узлов-соседей. Узел-источник посылает специальный запрос маршрутизации, который распространяется по сети во всех направлениях. Принявшие этот запрос узлы подтверждают возможность соединения и генерируют ответы. Эти ответы распро-

страняются по сети обратно до узла-источника, накапливая по пути своего следования необходимую статистику маршрутизации. В конце концов, узел-источник получает обновленную информацию маршрутизации и принимает решение о выборе наилучшего пути доставки пакетов. Информация маршрутизации заносится в таблицу маршрутизации и хранится там в течение определенного времени, после истечения которого обновляется описанным выше способом.

Если в выбранном частотном диапазоне ожидаются сильные помехи или возможна интерференция с другими беспроводными устройствами (не являющимися узлами данной сети), то одноранговая топология представляет собой достаточно надежное решение для организации беспроводной сети. Такая топология идеально подходит для развертывания сетей, не имеющих четко выраженной структуры. Кроме того, в случае развертывания сети с высокой плотностью узлов использование одноранговой топологии позволяет значительно упростить процесс разработки сетевой структуры и настройки сетевых устройств.

Однако и одноранговая сеть не лишена недостатков. Узлы такой сети должны использовать более сложные и запутанные протоколы, чем в сетях «звезда» или «кластерное дерево», и поэтому предъявляют более высокие требования к ресурсам памяти и производительности сетевых устройств. Такая сеть не поддерживает фиксированных схем маршрутизации, поэтому задержка

передачи пакетов сильно зависит от качества связи и является трудно предсказуемой.

Зачастую ни одна из описанных выше топологий не обеспечивает оптимального соотношения качественных и эксплуатационных показателей и не подходит для реализации конкретного приложения. В этом случае единственным выходом может оказаться развертывание сети с гибридной топологией, которая реализуется путем подключения сетей с топологиями «звезда» или «кластерное дерево» к одноранговой сети. Модули IP-Link полностью поддерживают гибридную топологию на уровне установленного сетевого ПО, поэтому для развертывания гибридной сети на базе этих модулей необходимо лишь правильно выполнить их настройку.

Гибридную сеть из модулей IP-Link удобно строить по принципу многоярусной иерархии. Внутренний ярус представляет собой одноранговую сеть и состоит исключительно из узлов RN+, которые поддерживают полный набор функций маршрутизации. Второй ярус состоит из узлов RN+, которые расширяют внутреннюю одноранговую сеть, или RN-, которые используют упрощенный алгоритм маршрутизации (как в сетях с топологией «кластерное дерево»), позволяющий уменьшить объем служебного трафика и требующий меньших ресурсов памяти. И, наконец, внешний ярус образуют модули IP-Link, настроенные как конечные узлы RFD и не поддерживающие функций маршрутизации. Такой принцип развертывания сети позволяет удовлетворить требования практически любого приложения и обеспечивает возможность расширения сети при необходимости изменения сетевой инфраструктуры.

Правильный выбор топологии сети крайне важен, так как в значительной степени определяет эффективность функционирования и конечную стоимость всего приложения. При принятии решения необходимо учитывать массу факторов — зону покрытия сети, количество и плотность узлов сети, объем и распределение трафика, помехи, интерференцию с другими беспроводными устройствами, наличие зданий, деревьев, движущихся объектов и др. Хотя модули IP-Link и позволяют изменять конфигурацию сети в процессе эксплуатации, следует использовать эту возможность как можно реже и с особой осторожностью, так как установка некорректных параметров может заблокировать отдельные узлы, сегменты сети или даже всю сеть.

Настройка узлов сети

Определившись с топологией сети и выбрав для каждого ее узла конкретную модификацию модуля IP-Link, необходимо выполнить настройку отдельных узлов сети. Настройка модулей IP-Link осуществляется с помощью AT-команд или команд двоичного режима, которые будут рассмотрены далее. Сначала настраивается узел Master, который выполняет функции координатора ZigBee-сети и определяет общие сетевые атрибуты (например, максимальное количество и глубину расположения узлов-потомков для каждого узла сети). Необходимо запрограммировать следующие параметры и атрибуты:

1. Радиочастотный тракт:

- Канал используемого диапазона частот (AT-регистр 114)
- Выходная мощность (AT-регистр 112)

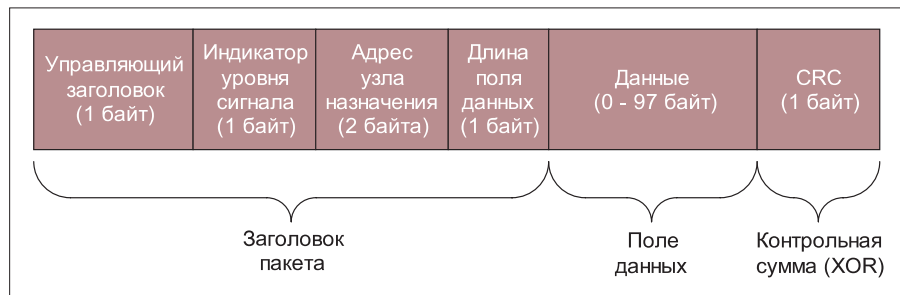


Рис. 5. Формат двоичных команд модулей IP-Link

2. MAC-уровень:

- Идентификатор сети MAC-уровня (AT-регистр 190)
- Идентификатор узла MAC-уровня (AT-регистр 191)
- Таблица «черного списка» (при необходимости)

3. NWK-уровень:

- Идентификатор сети NWK-уровня (AT-регистр 151)
- Идентификатор узла NWK-уровня (AT-регистр 152)
- Тип узла (AT-регистр 150): должен быть Master
- Максимальное количество узлов-потомков (AT-регистр 153)
- Максимальная «глубина» дерева (AT-регистр 154)
- Алгоритм маршрутизации (AT-регистр 158)

Затем настраиваются остальные узлы сети. Большинство сетевых атрибутов этих узлов совпадают с соответствующими атрибутами узла Master и будут установлены автоматически (в прозрачном режиме) после окончания процесса подключения к сети. Поэтому необходимо установить лишь те атрибуты, которые требуются для присоединения модуля к сети:

1. Радиочастотный тракт:

- Канал используемого диапазона частот (AT-регистр 114): должен совпадать с каналом, используемым узлом Master
- Выходная мощность (AT-регистр 112)

2. MAC-уровень:

- Идентификатор сети MAC-уровня (AT-регистр 190): должен совпадать с идентификатором сети MAC-уровня, который установлен для узла Master
- Идентификатор узла MAC-уровня (AT-регистр 191): должен быть уникальным
- Таблица «черного списка» (при необходимости)

1. NWK-уровень:

- Тип узла (AT-регистр 150): может быть RN+, RN- или RFD.

Все параметры настройки записываются в энергонезависимую память, поэтому установленные значения сохраняются и после отключения питания.

Размещение и включение сетевых устройств

После настройки всех узлов можно приступать к развертыванию беспроводной инфраструктуры. Первым всегда должен включаться узел Master. После отработки процедуры инициализации узел Master переходит в нормальный режим функционирования и ожидает запросы от других узлов на подключение к сети.

Затем включаются все остальные узлы сети. После включения узел ищет точку доступа, то есть узел с типом Master, RN+ или RN-, и самостоятельно подключает себя к сети. Если узел не находит в зоне устойчивой связи точку доступа к сети, то он переходит в «спящий» режим и будет периодически выходить из него и повторять попытку подключения.

Узлы можно включать в любой последовательности, при этом возможно отклонение структуры сети от выбранной топологии (например, будет обнаружено большее количество точек доступа, чем определено топологией). Предотвратить это можно следующим образом. Во-первых, можно физически размещать узлы таким образом, чтобы ограничить количество доступных точек подключения к сети. Однако это не всегда возможно и часто не обеспечивает желаемого результата. Намного эффективнее другой способ — «черные» списки, поддерживаемые модулями IP-Link. Они позволяют определить узлы, с которыми не будет устанавливаться радиосвязь, даже если они находятся в зоне досягаемости. В настоящее время модули IP-Link поддерживают «черные» списки из восьми записей, каждая из которых определяет диапазон адресов MAC-уровня, включаемых в «черный» список.

Проверка и точная настройка сети

Наиболее быстрыми способами проверки работоспособности сети являются следующие:

1. Проверка атрибутов сетевого (NWK) уровня:

После успешного подключения к сети каждый узел получает от узла Master критичные атрибуты NWK-уровня (например, идентификатор узла NWK-уровня). С помощью AT-команд или команд двоичного режима можно опросить эти атрибуты и проверить, изменились ли заводские значения на новые.

2. «Ping»-тестирование: Если все сетевые атрибуты установлены корректно, то с помощью команд двоичного режима можно опросить любой удаленный узел и убедиться в наличии с ним связи. Такая проверка аналогична проверке TCP/IP-сетей с помощью команды ping.

По результатам проверки связности узлов сети (а также вследствие изменившихся требований приложения) может потребоваться изменение конфигурации сети. Если эта процедура не ограничивается физическим перемещением сетевых устройств и требует изменения сетевых атрибутов (например, типа узлов сети, записей «черного» списка), то следует использовать специальные команды управления.

Модули IP-Link поддерживают два типа внешних команд управления: AT-команды и двоичные команды. AT-команды аналогичны AT-коман-

дам Hayes-совместимых модемов. Они позволяют управлять только локальным узлом сети и используются обычно для чтения и установки различных сетевых атрибутов. Эти команды могут быть сформированы любой терминальной программой (например, HyperTerminal) или внешним хост-процессором, поддерживающим интерфейс UART.

Двоичный режим предоставляет намного больше возможностей, чем режим AT-команд. Двоичные команды используются как для передачи команд управления, так и для передачи данных, причем не только локальному, но и любому удаленному узлу сети. Двоичные команды позволяют внешней хост-системе использовать модуль IP-Link в качестве беспроводного сетевого интерфейса и взаимодействовать с любым узлом сети. При обращении к удаленному узлу сети передачей команд и данных через промежуточные узлы управляет встроенное ПО модулей IP-Link, поэтому от приложения хост-системы требуется лишь правильно указать адрес узла назначения. С помощью двоичных команд осуществляются следующие операции (в том числе с удаленными узлами):

- Опрос датчиков (температуры, RSSI), считывание данных АПЦ
- Настройка модуля (выбор канала связи, установка выходной мощности, чтение/запись атрибутов MAC- и NWK-уровней)
- Определение версии установленного ПО, программный сброс модуля, возврат к заводским настройкам
- Чтение/изменение таблицы маршрутизации, таблицы ближайшего окружения, списка узлов-потомков, «черного» списка
- Передача/прием пользовательских данных.

Операции, связанные с изменением атрибутов и таблиц, используемых сетевыми протоколами, следует выполнять с особой осторожностью, так как установка некорректных значений может привести к нарушению связности узлов в сети. Общий формат двоичных команд показан на рис. 5. Подробное описание этих команд можно найти в руководстве пользователя по модулям IP-Link [5].

Средства разработки и отладки

Модуль IP-Link может использоваться не только как беспроводной интерфейс внешней хост-системы, но и как самостоятельное сетевое устройство. Приложение пользователя может быть установлено непосредственно в модуль IP-Link, что позволяет снизить энергопотребление системы и уменьшить ее стоимость. Кроме того, существенно упрощается процесс производства: не придется связываться с разводкой печатной платы, ее изготовлением, комплектацией элементной базы, пайкой. Для программирования микроконтроллеров, которые интегрированы в модуль IP-Link, компания Helicomm выпускает специальный программатор IP-Prog 0220. Данное устройство представляет из себя переходную плату, которая имеет специальный сокет с механизмом фиксации для установки модулей IP-Link, а также содержит разъемы JTAG и USB. Для программирования понадобится также адаптер JTAG/USB (например, EC2 или EC3, выпускаемые компанией Silicon Labs). Этот же программатор используется для обновления встроенного ПО

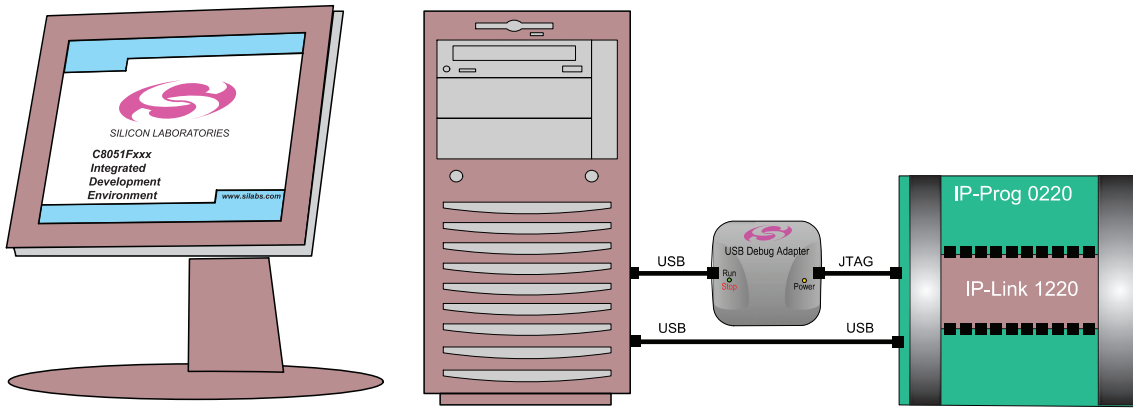


Рис. 6. Использование программатора IP-Prog 0220

модулей IP-Link и для загрузки дополнительных программных модулей, предоставляемых компанией Helicomm по отдельному заказу. Управлять процессом программирования можно из среды разработки Silicon Labs IDE, а также из любой другой среды разработки, которая поддерживает микроконтроллеры SiLabs (например, Keil-C51). Схема подключения программатора IP-Prog 0220 приведена на рис. 6. Второй USB-порт компьютера используется только для обеспечения программатора напряжением питания. Для освоения модулей серии IP-Link и ознакомления с принципами реализации беспроводных сетей на их основе компания Helicomm предлагает отладочный комплект 2.4GHz ZigBee™ Development Kit. Этот комплект позволяет реализовать простое ZigBee-приложение и состоит из следующих компонентов (рис. 7):

- Шесть 2,4 ГГц 802.15.4/ZigBee-совместимых отладочных плат
- Шесть антенн

- Шесть элементов питания 9 В
- Руководство пользователя (2,4 GHz ZigBee Development Kit User's Guide)
- CD-ROM со следующими программными продуктами:
 - Silicon Labs IDE;
 - Keil Software 8051 Development Tools (асемблер, компоновщик и Си-компилятор);
 - Библиотека ZigBee API;
 - Исходные коды примеров приложений;
 - Демонстрационная программа (2,4 GHz ZigBee Demonstration Software);
 - Документация;
- Сетевой блок питания;
- Адаптер JTAG/USB;
- Два USB-кабеля.

Данный комплект содержит все необходимое для создания беспроводной ZigBee-сети из шести узлов. С помощью демонстрационной программы, входящей в комплект поставки можно развернуть сеть даже без написания собственно

го кода: все операции по развертыванию сети и настройке отдельных ее узлов выполняются в интерактивном режиме с помощью специализированных программных мастеров. Предлагаемые примеры приложений могут использоваться как шаблоны для создания собственных приложений, разработка и отладка которых осуществляется либо в среде разработки Silicon Labs IDE, либо в любой другой IDE, поддерживающий микроконтроллеры Silicon Labs.

До недавнего времени использование беспроводных технологий в области низкоскоростных распределенных систем с невысоким трафиком сдерживалось сложностью их реализации, проблемами совместимости и дороговизной элементной базы. В данной статье на примере модулей IP-Link было показано, что технология ZigBee позволяет успешно разрешить все эти проблемы и представляет собой серьезную альтернативу традиционным проводным решениям и уже утвердившимся на рынке беспроводным технологиям. Готовые платформы, аналогичные IP-Link, позволяют в кратчайшие сроки и с минимальными затратами развернуть беспроводную сеть или интегрировать новое устройство в уже существующую беспроводную инфраструктуру. Невысокая стоимость подобных устройств (например, розничная цена на модули IP-Link начинается от \$40) делает их использование особенно эффективным для заказных и мелкосерийных приложений, а простота настройки и гибкость конфигурирования беспроводной сети позволяют удовлетворить практически любые требования заказчика. □

Литература

1. Панфилов Д., Соколов М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4. // Электронные компоненты. 2004. №12.
2. Соколов М., Воробьев О. Реализация беспроводных сетей на основе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. // Компоненты и технологии. 2005. №2.
3. Скусов А. ZigBee: обзор технологии // Компоненты и технологии. 2005. №3.
4. Скусов А. ZigBee: взгляд вглубь // Компоненты и технологии. 2005. №4.
5. IP-Link 1220 Embedded Wireless Module User Manual, Version 1.0.0. http://www.helicomm.com/download/SiLabsModules_ds_0206.pdf



Рис. 7. Отладочный комплект 2.4GHz ZigBee™ Development Kit