Услуги передачи данных в беспроводных персональных сетях

Лекция

<u>Протокол MiWi</u>

Важными особенностями простых беспроводных сетей для портативных устройств являются: минимизация требований к ядру микроконтроллера, низкое энергопотребление узла сети, надежность и безопасность передаваемых данных. MiWi является простым протоколом беспроводных сетей, предназначен для низких скоростей передачи данных и сетей с ограниченным расстоянием, таких как промышленный мониторинг и управление, автоматизация дома и здания, дистанционное управление, маломощные беспроводные датчики, управление освещением и автоматическое считывание показаний счетчиков. MiWi основан на спецификации IEEE802.15.4 для беспроводных персональных сетей (WPAN) и является достойной альтернативой существующим стекам протоколов для беспроводных сетей. Он ориентирован на сети небольшого размера с ограниченным количеством маршрутизаторов, построенные на трансиверах MCRF24J40 — IEEE 802.15.4-совместимых передатчиках производства Microchip. Сеть, построенная на основе протокола MiWi, может иметь до 1024 узлов. В ней могут работать до 8 координаторов, каждый из которых поддерживает до 127 узлов. Существует также ограничение на длину маршрута передаваемого пакета: максимум четыре хопа (прохода через координатор) для конечных узлов и максимум 2 хопа для PAN-координатора. Если эти ограничения не позволят разработчику применять протокол MiWi, то ему следует обратить свое внимание на реализацию протокола ZigBee (инструкция по применению AN965 «The Microchip Stack for the ZigBee™ Protocol»). Кроме того, разработчик имеет право вносить некоторые изменения в существующую реализацию MiWi. Ограничения на использование и лицензия находятся в документации на стек.

Термины:

Кластер — группа узлов, формирующая сеть. В рамках MiWi кластер может иметь 3 уровня иерархии. В верхнем уровне находится главный узел — PAN-координатор.

Сокет — виртуальное соединение между двумя узлами. В отличие от прямого соединения между двумя узлами с помощью проводов, здесь все узлы имеют виртуальные соединения с использованием одной физической среды передачи данных.

Протокол MiWi

Протокол MiWi базируется на спецификации IEEE 802.15.4 для уровней MAC и PHY и предназначен для построения простых беспроводных сетей диапазона 2,4 ГГц. В рамках протокола производится формирование сети, подключение новых узлов, маршрутизация. Протокол не описывает такие специфические функции, как

регистрация узла в определенной сети, определение обрыва соединения и частоты обмена информацией между узлами и т. д.

Частотный диапазон, МГц	**Количество каналов**	**Скорость передачи, кб/с**
868	1	20
915	10	40
2400	16	250

Таблица 1. Три частотных диапазона с фиксированным количеством каналов для каждого.

Реальная скорость передачи данных ниже указанной в таблице 1, так как в канале идет обмен служебной информацией и существуют задержки на обработку пакетов. Максимальная длина пакета, включая 16-битную контрольную сумму — 127 байт. Для контроля подтверждения получения пакета, помимо проверочной контрольной суммы, в рамках стандарта на канальном уровне заложен механизм подтверждений. В заголовке пакета предусмотрен бит ACK: если этот бит установлен, то источник нуждается в подтверждении от приемника. Если источник не получает подтверждения в течение определенного времени, он предпринимает несколько попыток повтора передачи, прежде чем сообщает об ошибке. Получение подтверждения от приемника говорит только о том, что пакет правильно принят на канальном уровне, но это вовсе не значит, что он был правильно обработан верхними уровнями. Например, если при приеме пакета будет высокая загруженность вычислительных ресурсов приемного узла, аппаратура канального уровня выдаст подтверждение источнику, но пакет не будет обработан корректно. Для сохранения целостности данных необходимо принимать дополнительные меры на верхних уровнях.

Типы устройств

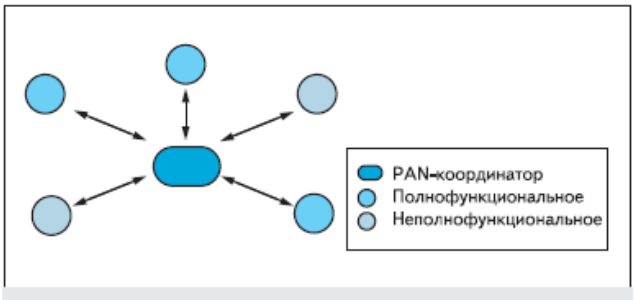
Протокол MiWi определяет три типа устройств с различной функциональностью: PAN-координатор, координатор и конечное устройство (Таблица 2).

Тип устройства	Тип IEEE	Описание
PAN-координатор	Полнофункциональное устройство	Один на всю сеть, образующий узел в сети
Координатор	Полнофункциональное устройство	Необязательный узел, расширяет зону охвата сети и количество узлов
Узел	Неполно-функциональное устройство	Конечный узел сети, непосредственно источник и приемник информации

Конфигурация сети.

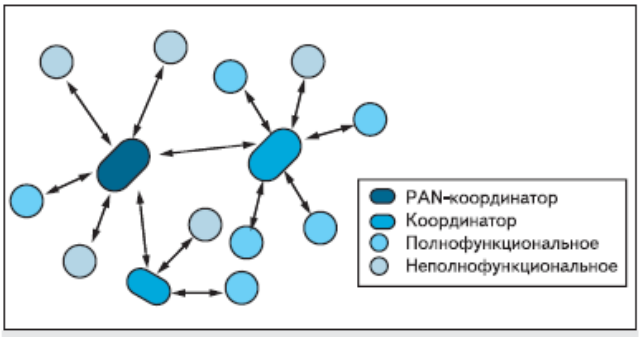
В сети MiWi главным узлом всегда является PAN-координатор.

Топология «звезда» показана на рис. 1. В ее состав входит один PAN-координатор и одно или несколько оконечных устройств. Весь обмен данными между устройствами ведется только через PAN-координатор.



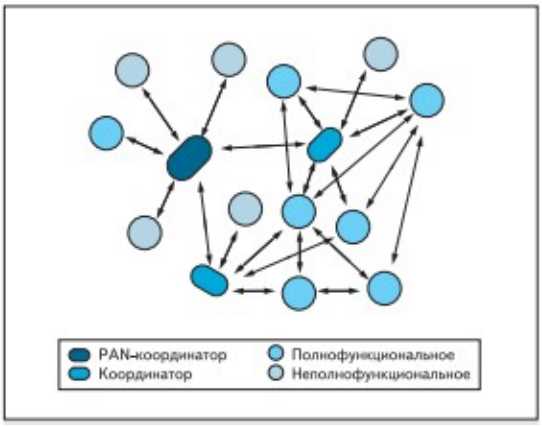
Топология «дерево»

В отличие от главного координатора, остальные обмениваются данными посредством PAN-координатора, а оконечные устройства обмениваются посредством своего координатора.



Топология «сеть»

Похожи с топологией «дерево», полнофункциональные устройства (координаторы) могут обмениваться информацией друг с другом без участия PAN-координатора. Это повышает живучесть сети и снижает задержки доставки сообщений.



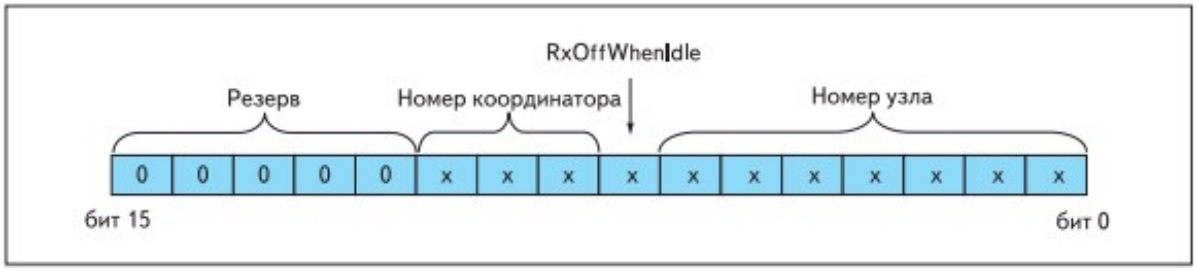
Адресация

1. Расширенный уникальный идентификатор (EUI) — 8-байтный глобальный идентификатор; Старшие три байта являются идентификатором организации, который выделяет IEEE. Младшие пять байтов пользователь заполняет сам, учитывая уникальность устройств;

2. Идентификатор PAN (PANID) — 16-битный адрес, определяющий группу устройств. Все узлы одной сети имеют один PANID, что и говорит об их принадлежности к конкретной сети;

3. Короткий адрес — адрес устройства, выдаваемый ему при регистрации в текущей сети. Короткий адрес (16 бит) совместно с PANID являются уникальной комбинацией и используются для адресации в конкретной сети. PAN-координатор всегда имеет адрес 0000h.

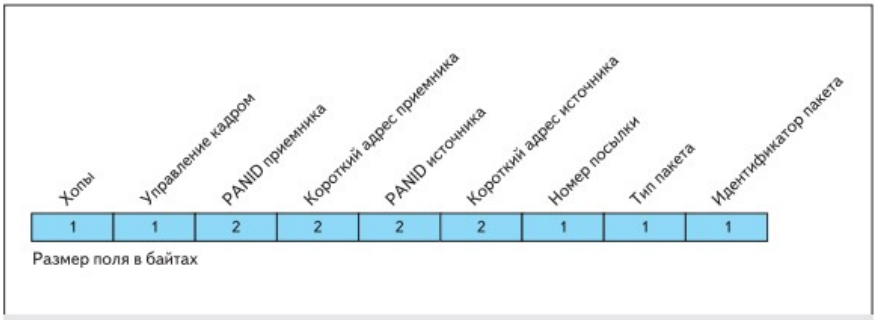
В сетях MiWi используются короткие 16-битные адреса (рис. 4). В битах 8–10 указывается номер координатора, уникальный для конкретной сети. Так как под номер координатора отведено 3 бита, это накладывает ограничение на количество координаторов в сети — 8 штук максимум. В битах 0–6 указывается номер узла. Для координаторов этот номер 0. Пример распределения коротких адресов показан на рис. 5. Бит 7 (RxOffWhenIdle) является инверсным по отношению к описанному в стандарте RxOnWhenIdle. Установленный бит говорит о том, что узел отключает свой трансивер при переходе в режим ожидания. Все пакеты, адресованные этому устройству, будут храниться на родительском узле до тех пор, пока узел не проснется и не начнет работать. Биты 11–15 не используются и всегда заполняются нулями.



Формат пакета

Формат пакета MiWi использует формат пакетов MAC, описанный стандартом IEEE 802.15.4. Узлы сети используют режим короткой адресации, также определенный в стандарте. На сете- вом уровне в пакеты добавляются служеб- ные заголовки протокола MiWi, необходи- мые для маршрутизации и обработки паке- тов (рис. 6):

1.количество разрешенных пересылок (хо- пов); 2. управление кадром; 3. идентификатор PAN-приемника; 4. короткий адрес приемника; 5. идентификатор PAN-источника; 6. короткий адрес источника; 7. номер посылки; 8. тип пакета (служебные пакеты имеют тип 00h, пользовательские пакеты 01h...FFh); 9. идентификатор пакета.



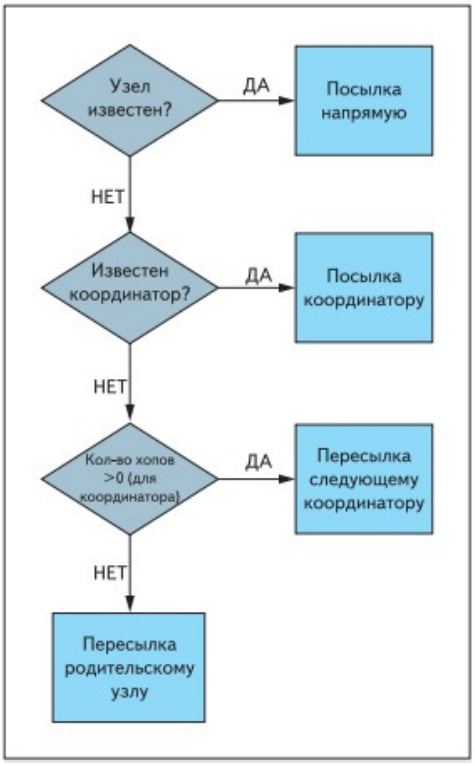
Маршрутизация

В протоколе MiWi используется обращение к родительским узлам приемника и встроенные механизмы стандарта IEEE. Построение таблицы маршрутизации Одной из основных функций алгоритма маршрутизации является трансляция исходящего пакета на нужный координатор. Для подключения узла к сети MiWi используется стандартная процедура IEEE: новый узел посылает в эфир специальный запрос. В ответ на него все координаторы, которые его слышат, посылают ответ с информацией о своем окружении. В этом ответе используются три дополни- тельных байта:

1. Идентификатор протокола (1 байт) — для MiWi это 4Dh.

2. Номер версии (1 байт) — сейчас 10h.

3. Локальные координаторы (1 байт) — ука- зывается список координаторов, с которы- ми конкретный координатор имеет связь. Каждый бит указывает на связь с одним из восьми возможных координаторов. Бит 0 — связь с PAN-координатором и т. д. Это позволяет узлам узнавать все возмож- ные маршруты в сети. Дальнейший обмен по сети происходит в соответствии с алгорит- мом (рис. 7).



Широковещательные посылки

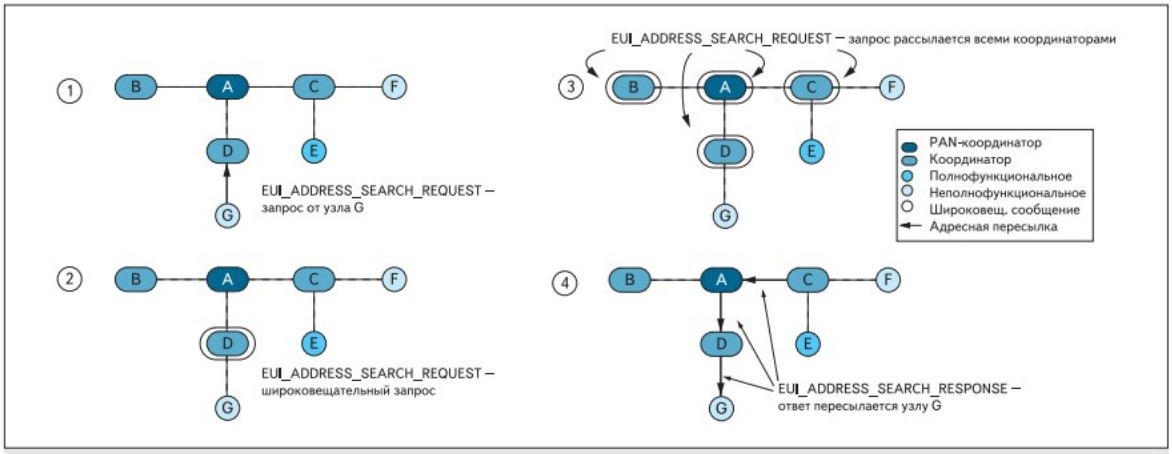
Широковещательный пакет пересылается координаторами своим соседям до тех пор, пока счетчик количества разрешенных пересылок не обнулится. При этом такие пакеты не передаются конечным узлам. Бит запроса подтверждения доставки ACK в них должен быть сброшен.

Помимо базовых сервисов (адресация и маршрутизация), в протоколе MiWi предусмотрены некоторые дополнительные сервисы, позволяющие разработчикам значительно сократить время выхода готового решения. Речь идет об установке

виртуального прямого соединения между двумя узлами (механизм сокетов) и поиск устройств с нужным идентификатором EUI.

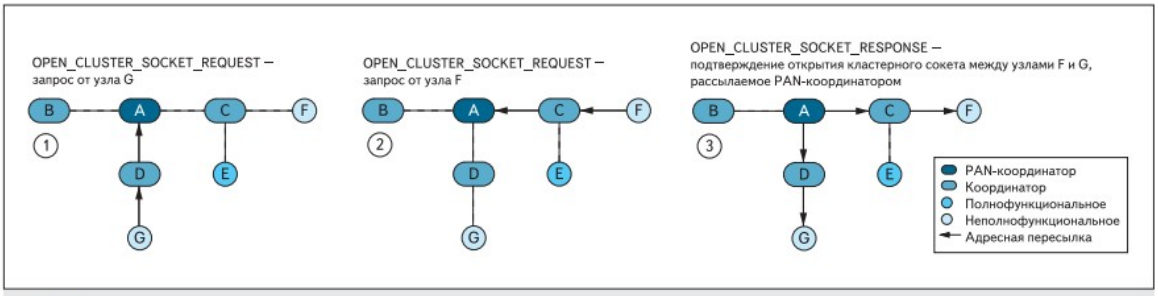
Поиск узла с требуемым EUI

Для поиска узла с требуемым EUI в протоколе MiWi зарезервированы два служебных пакета: EUI_ADDRESS_SEARCH_REQUEST и EUI_ADDRESS_SEARCH_RESPONSE. Механизм поиска EUI показан на рис. 8. Пакет запроса отправляется узлом своему координатору и далее рассылается между координаторами. Если один из координаторов имеет в составе своего окружения узел с требуемым EUI, он посылает пакет ответа с коротким адресом искомого узла. Этот ответ посылается в адресном режиме с использованием адреса источника из пакета запроса.



Есть возможность создания двух типов сокетов: кластерный сокет и прямой сокет.

Кластерный сокет. Примером использования кластерного сокета является система управления освещением. Необходимо связать нужный выключатель и нужную лампочку. Для этого на лампочке и на выключателе предусматриваются служебные кнопки, нажатие на которые говорит о том, что устройство готово открыть соединение. Нажатие этих кнопок на выключателе и на лампочке настройщиком скажет системе о том, что конкретный выключатель управляет конкретной лампочкой. Такой тип виртуального соединения актуален для сетей со стабильной структурой и использует короткие адреса (рис. 9). Для открытия кластерного сокета узел (например, по нажатию служебной кнопки) посылает пакет OPEN_CLUSTER_SOCKET_REQUEST PAN-координатору сети. По приему такого запроса PAN-координатор переходит в режим ожидания аналогичного запроса от другого узла на определенный промежуток времени. Если в течение этого промежутка PAN-координатор получает второй запрос, он отсылает ответ OPEN_CLUSTER_SOCKET_RESPONSE обоим узлам, и узлы устанавливают соединение. Если запрос от второго узла не получен, режим ожидания сбрасывается и ответ не посылается.



Прямой сокет

Прямые сокеты (рис. 10), в отличие от кластерных, используют другой алгоритм работы. Когда узел собирается открыть прямой сокет, он посылает широковещательный пакет OPEN_P2P_SOCKET_REQUEST, в котором указывает свой глобальный EUI. Любой узел, получивший такой пакет и намеревающийся установить соединение, отправляет в ответ пакет OPEN_P2P_SOCKET_RESPONSE со своим EUI. В текущей реализации протокола подтверждать открытие сокетов могут только координаторы.

Безопасность передаваемых данных

Протокол MiWi поддерживает все семь механизмов безопасности данных уровня MAC, описанных в стандарте IEEE 802.15.4. Механизмы делятся на три группы:

1. AES-CTR — шифрование данных в пакете. В случае атаки взломщик не сможет получить исходную информацию, не имея ключа. Этот механизм не контролирует целостность пакета и не защищает адрес источника, который передается в открытом виде.

2. AES-CBC-MAC — поддержка целостности пакета. В пакет добавляется поле контроля целостности (MIC), которое защищает пакет, включая заголовок и данные, от модификаций во время пересылок. Размер поля MIC задается при разработке; большой размер увеличивает степень защиты.

3. AES-CCM — совмещает предыдущие механизмы: поддерживает целостность и шифрует содержимое.

Список использованной литературы:

1. https://www.compel.ru/lib/ne/2007/13/9-stek-protokolov-miwi-dlya-besprovodnyih-setey
2. https://en.wikipedia.org/wiki/MiWi
3. https://cyberleninka.ru/article/n/stek-protokolov-miwi-dlya-besprovodnyh-setey.pdf