

МАРШРУТИЗАЦИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE СТАНДАРТА 802.15.4

Зуб М.А., Красичков А.А.

Донецкий национальный технический университет, г.Донецк

Кафедра компьютерной инженерии

E-mail: micheal.zub@gmail.com

Аннотация:

Зуб М.А., Красичков А.А. Маршрутизация в беспроводных сетях на базе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. Рассмотрены алгоритмы маршрутизации, используемые в беспроводных сетях на базе ZigBee. Приведен их сравнительный анализ, выделены достоинства и недостатки. Определены критерии выбора алгоритмов динамической маршрутизации относительно сферы применения сетей ZigBee.

Общая постановка проблемы.

Сеть ZigBee является динамической децентрализованной энергонезависимой беспроводной сетью с возможностью ретрансляции сообщений, являясь подходящей технологией для коммуникации встроенных систем [1]. Сети ZigBee являются самообразующимися и самовосстанавливающимися и могут быть использованы не только для реализации простых соединений, но также и для образования сложных сетей. Таким образом, актуальной является проблема эффективной маршрутизации в подобных сетях.

В ZigBee применяются следующие способы маршрутизации пакетов:

- широкое вещание (broadcasting)
- явная маршрутизация (source routing)
- ячеистая сеть (mesh routing)
- маршрутизация по дереву (tree routing)

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Методы маршрутизации в ZigBee

	Широкое вещание	Ячеистая сеть	Маршрутизация по дереву	Явная маршрутизация
Максимальная длина маршрута (хопы)	до 30	до 30	до 10	до 5
Множественные получатели	да	нет	нет	нет
Точка - точка	нет	да	да	да
Эффективное использование полосы частот	нет	да	да	да
Эффективная полезная нагрузка	да	да	да	нет
Подтверждение приема	нет	да	да	да

Широковещание.

Широковещание позволяет одному узлу отправить пакет множеству узлов. Этот метод не использует подтверждение приема (доставка не гарантируется) и требует значительных сетевых ресурсов. Широковещание является основой для построения сложных маршрутов.

Когда узел инициирует широковещание, сообщение ретранслируется всеми соседними маршрутизаторами до определенного предела, как показано на рисунке 1. Область охвата широковещания расширяется подобно кругам на воде. Каждый узел, который получает широковещательное сообщение, добавляет запись в специальную таблицу Broadcast Transaction Table (ВТТ) и уменьшает значение поля радиуса. Если поле радиуса достигает единицы, дальнейшая ретрансляция пакета не производится. Таблица ВТТ также предотвращает повторное получение ретранслированного сообщения. Для каждой записи в таблице ВТТ указывается значение таймаута, что в совокупности с ограниченным размером таблицы вводит ограничение на количество широковещательных сообщений в единицу времени. Если таблица заполнена, широковещательное сообщение не будет принято.

Широковещательные сообщения распространяются весьма медленно и сильно нагружают сеть, поэтому их использование нужно ограничивать [2]. Следует учитывать, что только координаторы и маршрутизаторы могут участвовать в ретрансляции.

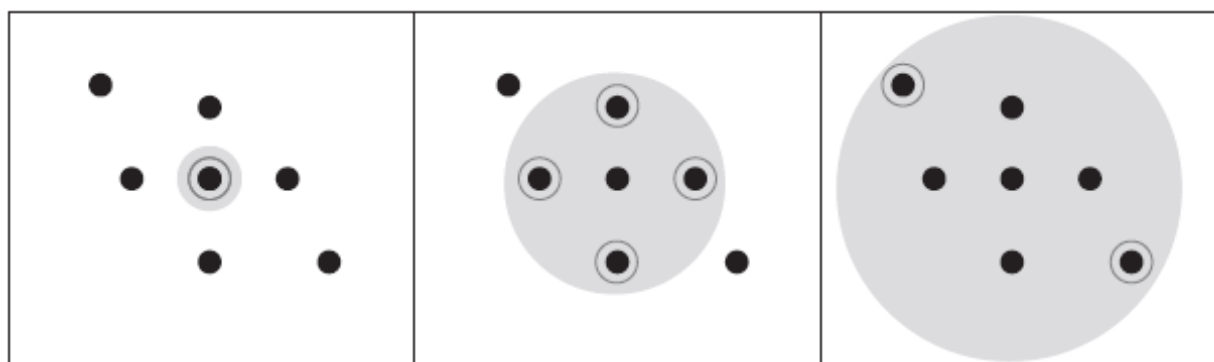


Рисунок 1 - Механизм широковещания

Явная маршрутизация.

При использовании явной маршрутизации путь пакета определяется его отправителем. При строгой явной маршрутизации в пакете указывается полный его путь, при неточной явной маршрутизации путь указывается частично.

Явная маршрутизация имеет высокие издержки для беспроводной передачи. Размер пакета физического уровня стандарта 802.15.4 ограничен 127 байтами. С учетом накладных расходов на протокол ZigBee полезная нагрузка составляет около 100 байт. В случае явной маршрутизации с большой длиной маршрута, полезная нагрузка может быть снижена вплоть до 60 байт. Тем не менее, явная маршрутизация присутствует в ZigBee, но длина маршрута ограничена пятью узлами, чтобы минимизировать накладные расходы.

Ячеистая сеть.

Ячеистая сеть – простая и гибкая технология. Маршрут составляется от одного узла к другому и пролегает через любое количество промежуточных узлов. Если что-то случается с маршрутом (узел становится недоступным или возникает препятствие для радиосигнала), новый маршрут вычисляется автоматически. В отличие от широковещания, в передаче задействуются

только узлы, входящие в маршрут, что значительно снижает нагрузку сети и ускоряет передачу. Также узел-отправитель точно знает, было ли доставлено сообщение.

Алгоритм маршрутизации основан на публично доступном алгоритме динамической маршрутизации Advanced Ad-hoc On-Demand Distance Vectoring (AODV). Данный алгоритм не предъявляет жестких требований к оперативной памяти устройства (устройства ZigBee обычно имеют не более 4кб оперативной памяти). В алгоритме AODV информация о маршруте распределена – каждый узел сети содержит таблицу маршрутизации, в которой хранятся записи о соседних узлах по нужным маршрутам. Таблица маршрутизации может содержать несколько десятков значений. Маршруты обычно однонаправленные и существуют, пока могут использоваться. О сбое маршрута сообщается узлу-отправителю, указывая ему найти новый маршрут. Следует отметить, что в данном алгоритме сеть представляет собой взвешенный граф. В качестве весов ребер графа выступает качество сигнала между узлами, а в теле пакета хранится сумма весов пройденных ребер.

Изначально ячеистая сеть не содержит никакой информации о маршрутах. Определение маршрута начинается с широковещательного сообщения от узла-отправителя. К примеру, на рисунке 2, узел 1 отправляет пакет узлу 10. Узел 10 не является соседом узла 1, и маршрут к нему неизвестен, поэтому начинается определение маршрута. Сообщение ретранслируется по всем направлениям и на каждом узле в тело пакета добавляется вес пройденного ребра графа. Необходимо заметить, что длинный маршрут с более качественной связью предпочтительнее, так как на повторную передачу пропавшего пакета уйдет больше времени, чем на прохождение лишнего узла в маршруте.

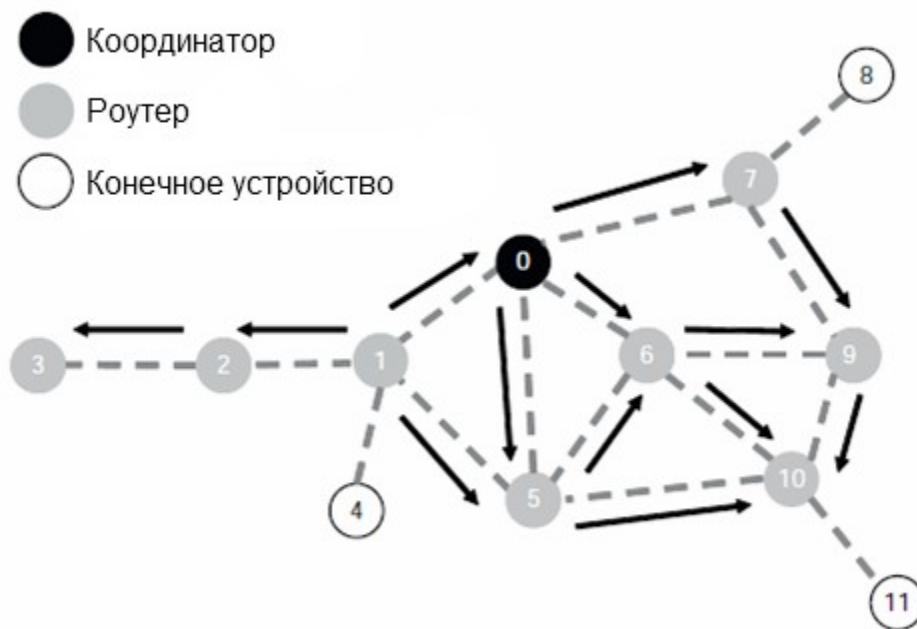


Рисунок 2 - Широковещательный поиск маршрута

Для простоты возьмем равные веса ребер графа сети. Таким образом, имеем кратчайший путь от узла 1 к узлу 5, а затем к узлу 10. Узел 10 ждет некоторое время, пока не получит все сообщения и не выберет минимальное. Затем узел 10 делает ответ исходному узлу, как показано на рисунке 3. Для узлов 5 и 1 сохраняется соответствующая запись в их таблице маршрутизации, для других узлов запись удаляется.

В случае нарушения соединения между узлами 5 и 10, узел 5 отправит сообщение узлу 1 о невозможности доставки пакета. Узел 1 инициирует новый поиск маршрута, автоматически найдя новый путь. Подобное свойство называется самовосстановлением сети.

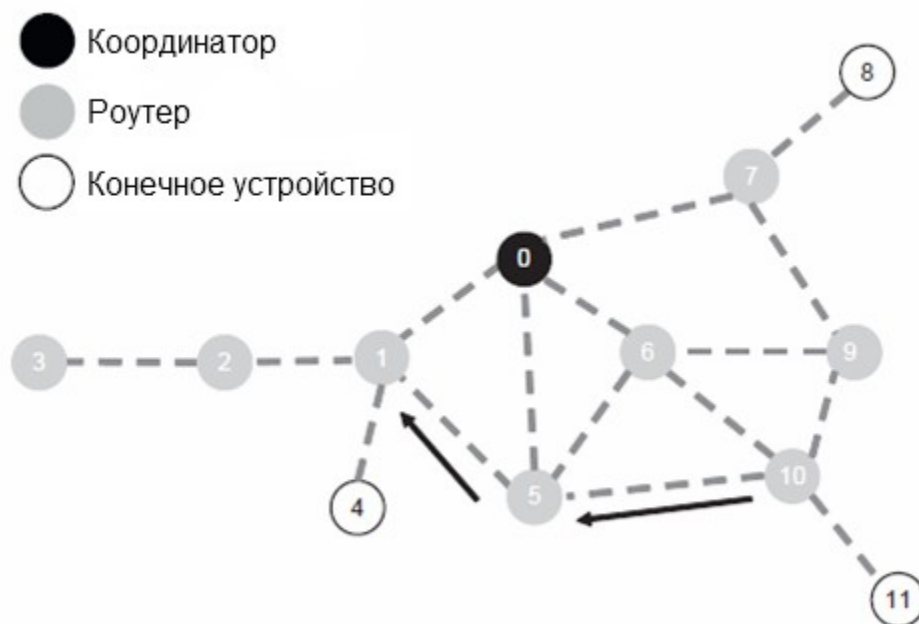


Рисунок 3 - Ответ и окончание поиска маршрута

Следует отметить, что ZigBee не ищет активно самый оптимальный маршрут. Пакеты будут проходить по установленному маршруту до тех пор, пока он находится в рабочем состоянии. Однако можно регулярно программно обновлять соединения. При этом необходимо учитывать, что поиск маршрута может занимать несколько секунд.

Маршрутизация по дереву.

Данный вид маршрутизации используется совместно со специальным методом адресации узлов сети. Следует отметить, что узлы сети ZigBee имеют несколько адресов – адрес MAC, присваиваемый изготовителем устройства (64 бита), а также короткий адрес сети (16 бит). Использование короткого адреса позволяет сократить служебный заголовок пакета, так как в пакете нужно передать адрес получателя и адрес отправителя.

В случае использования адресации Cskip (child skip) координатор сети имеет адрес 0 по умолчанию. Каждый новый узел, подсоединившийся к сети, получит адрес от родительского узла, который будет зависеть от того, является ли новый узел роутером либо конечным устройством. Cskip использует три параметра, чтобы определить адресацию – maxDepth (максимальная глубина дерева), maxChildren (максимальное количество детей у узла) и maxRouters (максимальное количество роутеров).

Образуется симметричное дерево, корнем (нулевым уровнем) которого является координатор с адресом 0. Все роутеры подключенные к координатору составляют первый уровень дерева, а роутеры, подключенные к ним – второй, и т.д. Первый роутер подключенный к координатору получает номер 0x0001, а второй роутер – номер достаточно большой, чтобы в дереве, образованном первым роутером все возможные дети могли быть пронумерованы. Таким

образом, создается запас по номерам. Пример нумерации с заданными параметрами сети показан на рисунке 4.

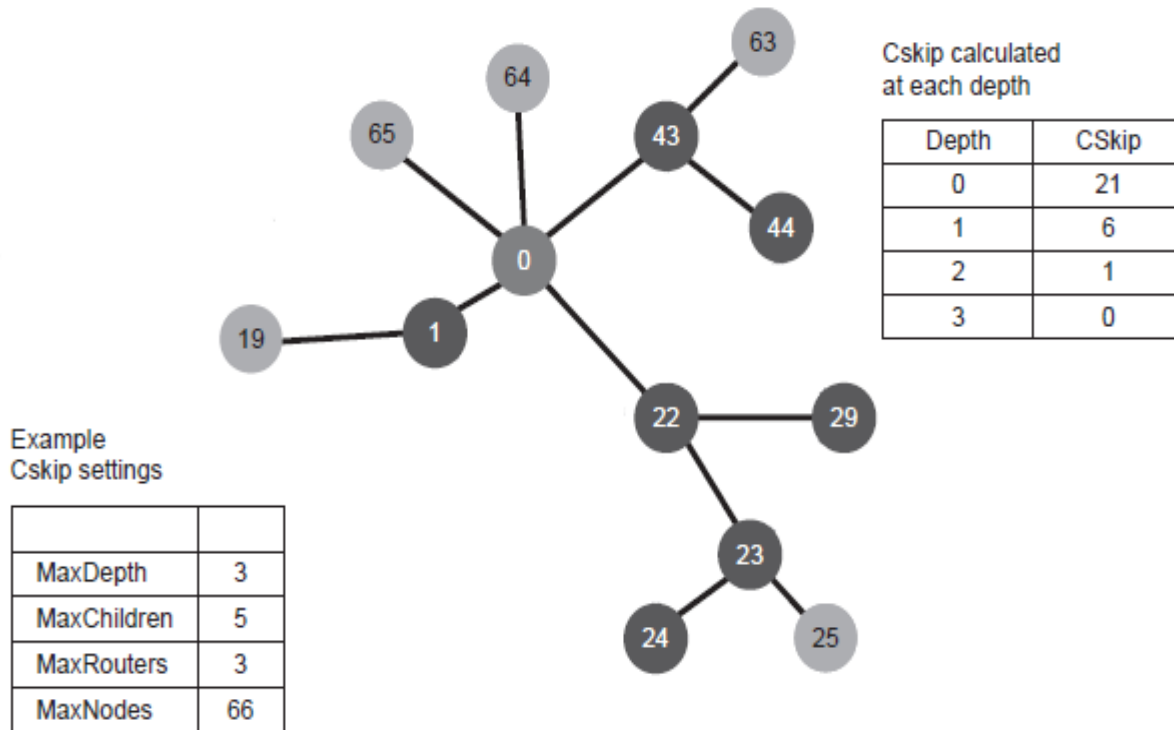


Рисунок 4 - Маршрутизация по дереву с заданными граничными параметрами

Из недостатков организации подобной топологии и способа маршрутизации следует отметить ненадежность сети. При разрушении связи, ветка дерева станет изолированной и целостность сети нарушит я [3].

Выводы.

В работе были рассмотрены основные виды маршрутизации сетей ZigBee стандарта 802.15.4. Был проведен сравнительный анализ различных видов маршрутизации. Можно сделать вывод, что для различных условий приемлемы различные виды маршрутизации, но самым оптимальным видом организации маршрутизации является ячеистая сеть. Она устойчива к повреждениям устройств и разрыву связей, является оптимальной по быстродействию, а также не налагает особых ограничений на используемое аппаратное обеспечение. Алгоритм маршрутизации, использованный для организации данной сети, должен быть дополнительно исследован и улучшен.

Литература.

1. Drew Gislason. ZigBee Wireless Networking, Newnes, 2008.
2. Зуб М.А., Красичков А.А. Методика построения динамических сетей на базе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. Сборник международной конференции «Информатика и компьютерные технологии 2009» ДонНТУ.
3. Материалы сайта www.zigbee.org.