

УДК 004.75

ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Тимков А.В., Телятников А.О.

*Донецкий национальный технический университет,
кафедра автоматизированных систем управления
e-mail: arttimkov@gmail.com*

В статье рассматриваются вопросы связанные с передачей пакетов данных в беспроводных сенсорных сетях. Кратко рассматриваются уже существующие протоколы. Выполнен анализ протокола The Collection Tree Protocol(СТР), который является базовым в TinyOS. Одним из недостатков этого протокола является неравномерность нагрузки на узлы при ретрансляции пакетов. В статье предлагается модернизация СТР направленная на выравнивание нагрузки узлов при ретрансляции данных.

Введение

Беспроводная сенсорная сеть – это распределенная сеть, состоящая из автономных, удаленных друг от друга узлов. Узлы беспроводных сенсорных сетей - это миниатюрные устройства, которые содержат процессор, оперативную и флеш память, радиомодуль, АЦП, источник питания и датчики.[1] Обычно используются следующие типы датчиков:

- температурные;
- давления;
- влажности;
- освещения;
- движения.

Для реализации связи и передачи данных в беспроводных сенсорных сетях используются специальные протоколы передачи данных. Один из таких протоколов – это СТР. Данный протокол

является базовым для ББС под управлением TinyOS, однако имеет ряд недостатков. Одним из недостатков, является неоптимальное распределение ретранслируемого трафика по всем возможным маршрутам. Поэтому цель данной работы – это модификация СТР с помощью дополнительного алгоритма, который позволит распределять нагрузку по нескольким маршрутам.

Беспроводные сенсорные сети

Беспроводные сенсорные сети - это сети, в которых данные от отдельных узлов передаются от узла к узлу, и после нескольких пересылок оказываются на шлюзе, подключенном к базовой станции. Такая схема позволяет покрывать большие территории при использовании маломощных радиопередатчиков. На рис. 1 представлена обобщенная схема всей системы связей.

Преимущества технологии беспроводных сенсорных сетей могут быть эффективно использованы для решения различных прикладных задач, связанных с распределенным сбором, анализом и передачей информации. БСС – это новая перспективная технология, и все связанные с ней проекты в основном находятся на стадии разработки. Основные области применения данной технологии:

- системы обороны и обеспечения безопасности;
- контроль окружающей среды;
- мониторинг промышленного оборудования;
- слежение за транспортировкой грузов;
- мониторинг физиологического состояния человека.

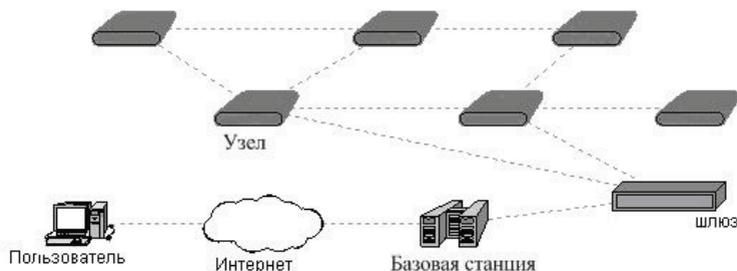


Рисунок 1 – Обобщенная схема беспроводной сенсорной сети

TinyOS

TinyOS – это операционная система с открытым исходным кодом. Эта операционная система разработана специально для сенсорных сетей. Благодаря компонентной структуре TinyOS обеспечивает минимальный размер программного кода[2]. В состав TinyOS входят:

- драйверы сенсоров;
- сетевые протоколы;
- утилиты получения и сбора информации.

Все они могут быть изменены в зависимости от поставленных задач.

Модель в TinyOS основана на событиях, что дает возможность управлять питанием на низком уровне. Система перенесена на большое число аппаратных платформ и многочисленные сенсорные устройства.

При разработке TinyOS основное внимание уделялось обеспечению малого энергопотребления и возможности использования для программирования языка с высоким уровнем абстракции. На фоне этого была создана ОС с простой, но очень развитой компонентной структурой.

На данный момент TinyOS является фактически стандартом для беспроводных сенсорных сетей, именно поэтому данная платформа была выбрана для реализации поставленных задач. Рассмотрим основные протоколы маршрутизации используемые в TinyOS.

Протокол SPIN

Sensor Protocols for Information via Negotiation(SPIN) – это семейство протоколов, которые используются для эффективной передачи информации в БСС, путем предварительного согласования. Стандартные протоколы распространения данных, такие как flooding и gossiping используют пропускную способность каналов связи и энергетические ресурсы узлов, отправляя избыточную информацию

по всей сети. SPIN решает эти недостатки с использованием согласованности данных и ресурсо-адаптивных алгоритмов.

Узлы использующие SPIN всем данным назначают специальные имена, называемые метаданными. Таким образом при необходимости передать информацию от узла А к узлу В, узел А посылает сначала метаданные. Когда метаданные достигают узла В, последний при возможности принять эти данные отправляет пакет запроса данных. После получения узлом А данного запроса, он начинает передачу данных. Кроме того SPIN имеет доступ к текущему уровню энергии узла, что позволяет корректировать маршруты основываясь на остатках энергии. [3]

Таким образом при установлении маршрутов передачи данных пропускная способность каналов не занимается целыми пакетами данных, а лишь небольшими идентификаторами метаданных, кроме этого адаптивные алгоритмы позволяют распределить энергозатраты по всей сети.

Протокол LEACH

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) собирает данные из распределенных узлов и передает их на базовую станцию. Данный протокол использует следующую кластерную модель: каждый узел в определенные моменты времени выбирается главным узлом. Эти узлы собирают данные от узлов, находящихся в непосредственной близости, и после объединения данных отправляет их на базовую станцию. Поскольку передача данных требует больших энергетических затрат, то все узлы по очереди выбираются главными – это приводит к сбалансированному потреблению энергии всех узлов сети, а следовательно увеличивает время функционирования сети. [4]

Работа LEACH разделена на раунды. Каждый из таких раундов состоит из фазы

настройки и стационарной фазы. В фазе настройки производится выбор главных узлов и объединение их с соседними устройствами. Главные узлы выбираются на случайной основе с

помощью следующего алгоритма. Каждому из n узлов присваивается случайное значение N от 0 до 1. По представленным ниже формулам рассчитывается значение порога $T(n)$.

$$T(n) = \frac{P}{1 - P * (r \bmod P^{-1})}, \forall n \in G,$$

$$T(n) = 0, \forall n \notin G,$$

где P – вероятность выбора главного узла, r – номер текущего раунда, G – число узлов, которые не были главными узлами в последних $1/P$ раундах. Если $N < T(n)$, то узел становится главным кластером. Такой алгоритм гарантирует, что каждый узел будет выбран главным узлом только один раз в течении $1/P$ раундов. В стационарной фазе производится передача агрегированных данных базовой станции.

Протокол СТР

Протокол СТР позволяет передавать данные одному из нескольких возможных приемников, таким образом обеспечивая связь многие к одному на сетевом уровне. Беспроводные сенсорные сети с СТР образуют древовидную структуру. В этой структуре шлюзы являются корнями, а сенсорные узлы – листьями.

В СТР существует два типа кадров: кадры данных и кадры маршрутизации. Кадры маршрутизации используются для обновления и построения деревьев в сети, а кадры данных – для передачи информации по сети, поэтому СТР используется преимущественно

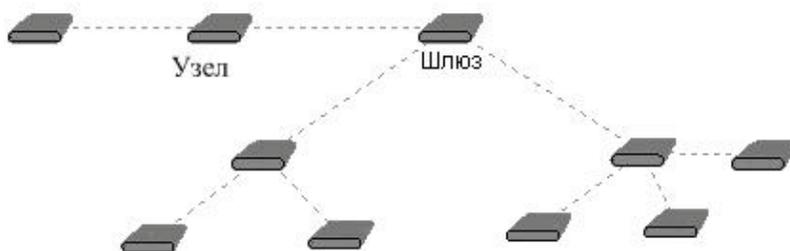


Рисунок 2 – Пример дерева коллекции

для сетей с низким трафиком, чтобы полосы пропускания хватало для пересылки обоих типов кадров одновременно.

СТР использует ожидаемое количество пересылок (ETX) в качестве градиента маршрутизации. Корень дерева имеет ETX 0. ETX узла равен ETX родителя плюс ETX связи с родителем. В конечном итоге СТР, учитывая текущий маршрут, выбирает маршрут с меньшим значением ETX. ETX – представляется как 16-разрядное десятичное вещественное число с фиксированной точкой с точностью до десятых. Например ETX со значением 45, представляется как ETX 4.5, а ETX со значением 10 представляется как ETX 1 [5].

Модификация протокола СТР

Протокол СТР является базовым для беспроводных сенсорных систем под управлением TinyOS. Однако данный протокол имеет недостатки. Один из таких недостатков – это то, что протокол не учитывает загруженность узла ретранслирующего пакеты от одного устройства, другими маршрутами. Таким образом, перед нами стоит задача реализовать данную возможность. Задача заключается в распределении потоков передаваемых данных между всеми возможными маршрутами. На рис. 3 показаны потоки пакетов для СТР, а на рис. 4 отображены потоки модифицированного СТР с помощью нового алгоритма.

Алгоритм работы данного метода выглядит следующим образом:

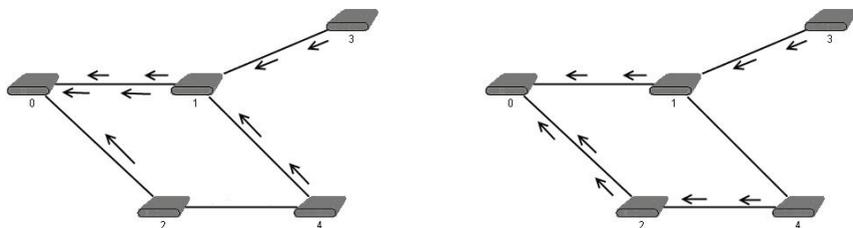


Рисунок 3 – Потоки пакетов СТР Рисунок 4 – Потоки пакетов СТР с модификаций

1. На каждом ноте создается специальный счетчик, который считает количество ретранслируемых пакетов данных узлом, за время между обменами пакетами маршрутизации. Таким образом мы можем знать загруженность узла в разные промежутки времени.
2. При выполнении операций обновления таблиц маршрутизации в пакеты маршрутизации добавляется информация счетчиков и передается от узлов ретрансляторов к соседним узлам отправителям. После получения дочерним узлом информации от загруженности его родительских узлов, на нем производится анализ информации. Если число ретранслируемых пакетов текущего маршрута значительно выше, чем число другого второстепенного маршрута, то значение ETX текущего маршрута будет увеличено, а значение ETX второстепенного маршрута уменьшено.

Таким образом алгоритм каждый раз будет адаптироваться под новые, более свободные маршруты.

Выводы

Для устранения неравномерности распределения потоков данных при ретрансляции пакетов в СТР были изучены общие принципы функционирования уже существующих протоколов передачи данных. В ходе работы был проведен анализ изученной информации, на основании которого был разработан и описан алгоритм, который позволит адаптировать маршруты ретрансляции данных во время работы сети, посредством сравнения счетчиков загруженности в различные временные интервалы.

Литература

- [1] H. Karl and A. Willig. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. John Wiley & Sons, May 2005
- [2] Официальный сайт TinyOS – Электронный ресурс: <http://www.tinyos.net/special/mission>

- [3] SPIN: Sensor Protocols for Information via Negotiation – Электронный ресурс: <http://www.scribd.com/doc/3010350/SPIN-Sensor-Protocols-for-Information-via-Negotiation>
- [4] M.J. Handy, M. Haase, D. Timmermann Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection – Электронный ресурс: http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/se/IEEE_MWCN2002.pdf
- [5] Collection Tree Protocol. Technical Report SING-09-01 – Электронный ресурс: <http://sing.stanford.edu/pubs/sing-09-01.pdf>