

*Филин А.В.*¹

¹ Московский физико-технический институт

Оценка характеристик волнообразной ретрансляции сообщений в беспроводных сенсорных сетях

Беспроводная сенсорная сеть - это множество автономных устройств, собирающих и обрабатывающих информацию об окружающем мире, а также способных обмениваться этой информацией, используя каналы радиосвязи.

Беспроводные сети находят применение в задачах контроля состояния среды, там, где данные необходимо получать от большого количества узлов, или там, где развертывание обширной проводной сети невозможно по каким-либо причинам. Каждый элемент такой сети, кроме одного или нескольких датчиков, как правило, содержит источник питания (батарею), небольшой микроконтроллер, и маломощный радиоприемник/передатчик. В каждой сети обычно существуют один или несколько центров - базовых узлов, в которых происходит сбор и обработка информации.

Задачи межэлементного взаимодействия (2-й и 3-й уровень в модели OSI) в условиях ограниченных ресурсов, в частности, задача маршрутизации, задача агрегации данных, являются ключевыми. Решение этих задач во многом определяет эффективность работы всей сети.

В работах [1], [2] в качестве компромисса между экономией энергопотребления с одной стороны и скоростью доставки сообщений с другой, предложен оригинальный, «волнообразный» принцип синхронизации фаз активности для элементов сети. Принцип основывается на предположении, что сеть имеет выделенное направление распространения сообщений из периферии в центр сбора данных. В этом случае удобно организовывать сходящиеся к базовому узлу волны сбора данных, когда фаза передачи более удаленного от центра узла совпадает с фазой приема менее удаленного.

Целью данной работы являлось анализ нового алгоритма, основанного на принципе волнообразной передачи данных. В этом алгоритме для улучшения характеристик работы сети используется информация об особенностях структуры сети, специфике выполняемых задач, условий функционирования.

Гипотетическая сеть, для которой разрабатывался алгоритм, обладает следующими характеристиками:

- количество элементов от десятка до нескольких сотен
- выполняет задачи мониторинга среды
- незначительная подвижность узлов
- небольшие объемы передаваемой полезной информации

Действие рассматриваемого алгоритма можно разделить на три последовательных этапа: построение иерархической структуры сети, распределение маршрутной информации между узлами, сбор полезной информации. Все этапы имеют волнообразный характер, причем первые два имеют вид расходящейся волны, а третий – вид сходящейся волны. Цель первого этапа – сообщить каждому узлу его уровень, т.е. удаленность от базового узла, выраженная в необходимом количестве ретрансляций. Цель второго этапа – разделение каналов внутри каждого временного интервала, основанное на структуре сети и информации, полученной на первом этапе. Разделение каналов может быть произведено как централизованно, так и распределено. На третьем этапе происходит сбор полезной информации. Для поддержания актуальной структуры сети первые два этапа – этап построения структуры и этап разделения временных каналов должны повторяться через каждые несколько этапов сбора полезной информации.

Практически важным параметром для описанного алгоритма является ширина окна на этапе сбора данных, то есть интервал времени, отведенный на обмен данными между узлами соседних уровней. Требования к ширине временного окна зависят от характеристик трафика и топологии сети. Предположим, что все сообщения должны доставляться к базовому узлу и не накапливаться. Предположим также, что узлы распределены равномерно по территории, а каждый узел производит агрегацию входящих сообщений и своих данных в одно исходящее сообщение, адресованное вышележащему узлу. Можно показать, что оптимальная для алгоритма ширина окна T_m в таком случае не зависит от уровня узла в сети. Она одинакова и составляет

$$T_m = T \left(\frac{\pi r^2 M}{S \kappa} \right),$$

где T – время передачи одного сообщения, r – радиус взаимодействия, M – количество узлов, S – площадь, охватываемая сетью, $\kappa \approx 1.73$ – постоянная поправка.

Оценка надежности доставки сообщений, полученная с помощью компьютерного моделирования, показана на рис.1 для двух случаев. Первый случай (CSMA) – вероятностная модель доступа к разделяемой среде передачи, второй случай

- принцип детерминированного разделения по времени (TDMA), используемый в предложенном алгоритме.

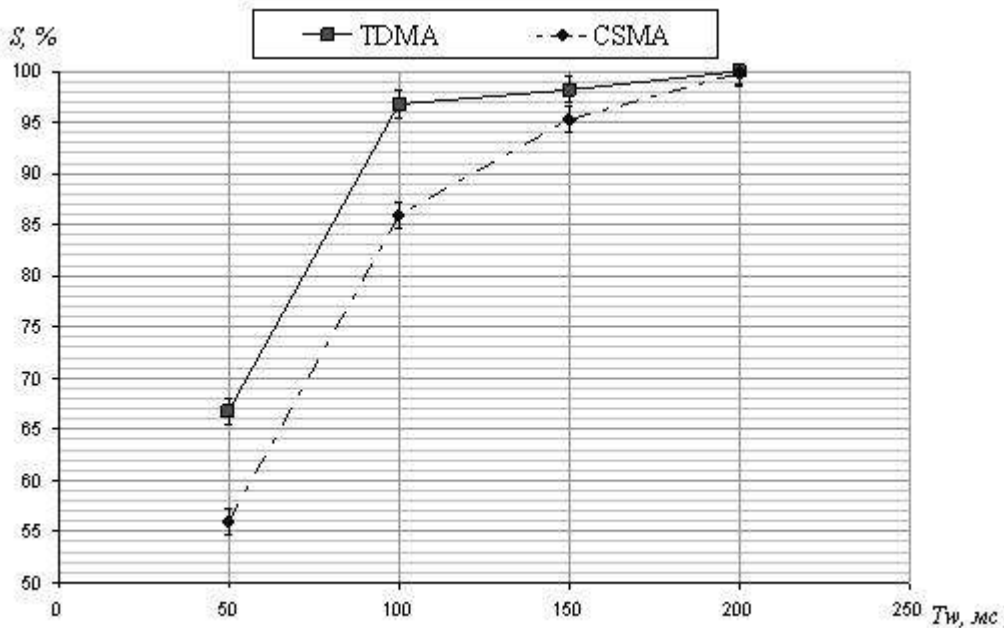


Рис. 1. Надежность доставки сообщений в зависимости от длительности временного окна T_w при детерминированном разделении временных каналов (TDMA) и при вероятностном доступе к разделяемой среде передачи (CSMA)

В ходе работы было сделано предположение, что для увеличения эффективности работы беспроводной сенсорной сети в целом необходимо использовать ее специфику. В рассматриваемом случае особенность сети – равномерное распределение узлов по территории, их статичность и постоянная модель трафика. В таких условиях оказалось более выгодным использование жестких схем разделения среды передачи данных. Эффективность предложенного алгоритма в заданных условиях подтвердили результаты моделирования и математических расчётов. Также были исследованы временные характеристики волнообразной схемы передачи сообщений при различных моделях трафика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гекк М.В., Истомин Т.Е., Файзулхаков Я.Р., Чечендаев А.В. Адаптивный алгоритм быстрой доставки сообщений по выделенным направлениям для беспроводных сетей датчиков // Вестник молодых ученых "Ломоносов". — 2006. — вып. 3. — С. 55-60.

2. *Lu G., Krishnamachari B., Raghavendra C. S. An Adaptive Energy-Efficient and Low-Latency MAC for Data Gathering in Wireless Sensor Networks // Workshop on Algorithms for Wireless, Mobile, Ad Hoc and Sensor Networks. — 2004.*