

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Су Цзюнь

Тернопольский национальный экономический университет

Беспроводные сенсорные сети (БСС) все чаще используются для сбора данных от различных датчиков в экологическом мониторинге, в промышленности и в сельском хозяйстве. Основу БСС составляют модули, в состав которых входят: 8 – 32 – разрядный микроконтроллер, флэш-память, АЦП, трансивер, работающий в одном из частотных радиодиапазонов (868, 915, 2400 МГц). Успехи микроэлектроники позволили объединить приемопередатчик и управляющий микропроцессор на одном кристалле, образовав универсальный элемент – беспроводной микроконтроллер. Производством беспроводных микроконтроллеров в мире занимаются ряд фирм, в частности, компании: Jennic, Ember, Freescale, Texas Instruments, Maxstream и др. [1, 2].

За счет способности узлов ретранслировать сообщения от одного элемента к другому область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров. При сложной топологии сети актуальной является задача выбора эффективного метода маршрутизации.

При оценке качества методов маршрутизации необходимо учитывать следующие критерии [3].

1. Эффективность. Алгоритм должен отправлять пакеты по «наилучшим» путям. Алгоритм называется оптимальным, если он выбирает «наилучшие» пути.

2. Корректность. Алгоритм должен доставлять каждый пакет, поступивший в сеть, в точности по назначению.

3. Сложность. Алгоритм вычисления таблиц должен использовать как можно меньше сообщений, экономно расходовать время и память.

4. Устойчивость. В случае изменения топологии (добавление или удаление узла) алгоритм вносит изменения в таблицы маршрутизации.

5. Адаптивность. Алгоритм выбирает маршруты, наименее загружены.

6. Справедливость. Алгоритм должен обслуживать всех пользователей в равной мере.

В качестве метрик определение оптимального пути используют:

– минимальное количество звеньев. Стоимость использования пути определяется количеством звеньев (пройденных каналов или шагов от одной вершины к другой) в этом пути. Алгоритм маршрутизации с минимальным числом звеньев выбирает пути, имеющих наименьшее число звеньев;

– минимальная задержка. Каждому каналу связи придается динамически изменяемая характеристика, зависящая от трафика через этот канал. Алгоритм минимальной задержки постоянно пересматривает таблицы так, чтобы всегда выбирались пути с (почти) минимальной общей задержкой;

– оставшийся заряд батареи. Для ретрансляции сообщений выбираются узлы с большим зарядом батареи.

– кратчайший путь. Каждому каналу связи придается неизменный (неотрицательный) вес, и стоимость пути полагается равной суммарному весу всех каналов пути. Алгоритм кратчайшего пути выбирает путь наименьшей стоимости;

– максимальная пропускная способность. При выборе маршрута оценивается пропускная способность канала.

– вероятность ошибки. Для передачи данных выбирается наиболее надёжный канал.

Как видно из приведённых метрик, оптимальный путь оценивается не единственным критерием или показателем качества, а совокупностью таких критериев, причем представляющих одинаково значимыми. Иногда можно найти решение, которое оптимально по всем критериям. Однако гораздо чаще возникает обратная ситуация, когда критерии не согласуются друг с другом. В таких случаях решением является компромиссом по различным критериям.

Известно, что задача многокритериальной оптимизации является некорректной, так как частные критерии качества конфликтуют между собой [4]. Улучшение одного частного критерия качества ухудшает один или несколько других частных критериев качества. Регуляризация некорректной задачи многокритериальной оптимизации предлагается выполнить по нелинейной схеме с использованием системы остаточных классов. Выбираем систему взаимно простых

оснований $(p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$. Каждой метрике, в зависимости от приоритета, присваиваем значение равное $0 \leq b < p_i$.

При преобразовании набора значений $(b_1, \dots, b_i, \dots, b_k)$ в десятичный код получим интегральное значение параметра маршрута между двумя узлами.

$$A = \sum_{i=1}^k B_i \cdot b_i \pmod{P},$$

где B_i – значение ортогонального базиса,

$$P = \prod_{i=1}^n p_i, \quad k - \text{количество использованных метрик.}$$

Следовательно, применение для расчета весов графа математической модели компьютерной сети свертки на основе системы остаточных классов сводит задачу многокритериальной маршрутизации к известной задаче о кратчайшем пути, которая может быть решена алгоритмом Дейкстры либо любым другим алгоритмом представленным в таблице 1.

Учитывая ограниченные ресурсы беспроводных узлов, актуальной задачей при выборе метода маршрутизации есть оценка сложности алгоритма поиска оптимальных путей. Для сравнения указанных алгоритмов используют следующие параметры [5]:

- сложность по числу обмена сообщениями. Это общее число сообщений, которые были отправлены для выполнения алгоритма;
- битовая сложность. Количество битов для кодирования множества различных сообщений;
- временная сложность. Время необходимое для проведения вычислений;
- сложность по объему памяти. Количество единиц времени необходимое отдельному узлу для исполнения этого алгоритма.

В таблице 1 представлена временная сложность основных алгоритмов поиска кратчайшего пути: где n – количество узлов; m – количество ребер, m_1 – количество муравьев в колонии, t_{max} – время жизни колонии.

Таблица 1

Алгоритмы поиска кратчайшего пути та оценка их сложности

| Алгоритм | Временна сложность |
|--------------------|----------------------------------|
| Флойда - Уоршелла | $O(n^3 / \log n)$ |
| Белмана-Форда | $O(n \cdot m)$ |
| Дейкстри | $O(n^2 + m)$ |
| Джонсона | $O(n^2 \cdot \lg n + n \cdot m)$ |
| Муравьиных колоний | $O(t_{max}, n^2, m_1)$ |

Из приведённых алгоритмов поиска оптимального маршрута особенно интересны муравьиные алгоритмы (наименее изученные), потому, что их можно использовать для решения не только статичных, но и динамических задач, например, задач маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях [6].

Использование проведенных критериев оценки методов маршрутизации позволит корректно проводить их сравнение и выбор. Предложенный способ задание значений метрик позволяет реализовать многокритериальную оптимизацию маршрутов передачи информации от узла-источника к узлу-приемнику переходом к известной задаче о поиске кратчайшего пути.

Список литературы

1. Akyildiz I. F. Wireless Multimedia Sensor Networks: Applications and Testbeds // Akyildiz I. F., Melodia T., and Chowdury K. R. Proceedings of the IEEE (invited paper), vol. 96, no. 10. – 2008. – P. 1588-1605
2. Еркин А. Разработка распределенных систем контроля датчиков на основе защищенных низкопотребляющих беспроводных ZigBee-сетей на базе микроконтроллеров фирмы Jennic / CHIP NEWS. – 2010. – № 1.
3. Тель Ж. Введение в распределенные алгоритмы. Пер. с англ. В.А. Захарова. – М. МЦНМО, 2009. 616 с.
4. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем / Воронин А.Н.– К.:Наук. думка, 1992. – 160 с.
5. Дж. Макконнелл. Основы современных алгоритмов. 2-е дополненное издание. Москва: Техносфера, 2004. – 368 с.
6. Dorigo M. The Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents //IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. - Part B26, (1):1-13, 1996.