

ИССЛЕДОВАНИЕ МОБИЛЬНОСТИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Прищепа Т.А., Лисенко А.И.

Институт телекоммуникационных КПИ им. Игоря Сикорского, Украина

E-mail: its_tk@ukr.net

Mobility Research in Wireless Sensor Networks

The article analyzes the impact of mobility on performance indicators of the wireless sensor network, such as delaying the meeting between the sensor and the node and delaying the delivery of large messages.

Сейчас мобильность в БСМ является преимуществом, а не проблемой. Результаты [1-4] показывают, что мобильность не только повышает время функционирования сети, но и позволяет решить вопрос задержки при передаче.

Как известно, традиционное определение для БСМ описывает гомогенную сеть с одноуровневой архитектурой, где все узлы кроме стока и шлюза имеют одинаковый ресурс батареи и возможности оборудования. Однако, такой подход с "плоской" архитектурой неотвратимо приводит к осложнениям в контексте множественного доступа, маршрутизации, сохранения энергии узлов и управления сетью. Мобильность стоков может рассматриваться как проявление гетерогенности, что позволяет реализовать сетевую иерархию и кластеризацию, которые могут быть использованы для улучшения масштабируемости сети и времени ее функционирования.

На первый взгляд, повышение скорости узла v должно повышать эффективность системы, поскольку при равных промежутках времени сток может установить контакт с большим количеством узлов и собрать больше информации по сенсорам. Однако, мы должны внимательно выбирать этот параметр учитывая следующие факторы. С одной стороны, чем больше скорость стока, тем выше вероятность для статического узла установить передачу данных. С другой, если мобильный сток движется через эффективную зону связи с сенсором слишком быстро, существует высокая вероятность что продолжительность контакта, будет недостаточной для передачи потенциально долгого пакета. Иными словами, при увеличении скорости стока возрастает вероятность потерь переданных пакетов. Таким образом, выбор скорости мобильного стока превращается в компромисс между минимизацией задержки передачи данных от сенсоров и минимизации вероятности потерь переданных пакетов.

Задержка встречи между сенсором и узлом.

Пусть сеть состоит из мобильных стоков m и статических сенсоров n в кругу единичного радиуса. Сток и сенсор имеют одинаковый радиус передачи r . Шаблон перемещения мобильного стока $M_i (i = 1, \dots, m)$ соответствует модели перемещения со случайными направлениями, однако, с постоянной скоростью v . Траектория стока определяется последовательностью эпох. В течение

каждой эпохи скорость движения v для M_i и направление движения является постоянным и не зависящим от позиции стока. Определим Q_i как продолжительность эпохи для M_i , определяемой как временной интервал между начальной и конечной точками M_i . Q_i - случайная величина с экспоненциальное распределение. Распределение различных $Q_i (i=1, \dots, m)$ независимый и одинаково распределен - случайные величины с равным среднему значению. Согласно продолжительность эпохи для различных L_i также случайные величины с равным средним значением $\bar{L} = \bar{Q}v$.

Предположим, что распределение мобильных стоков стационарно. Иными словами, вероятность подхода независимых мобильных стоков до определенного статического узла с разных сторон одинакова. Определим, что факт встречи статического сенсора $N_j (1, \dots, n)$ и одного мобильного стока M_i , соответствует ситуации, когда M_i покрывает N_j в течение эпохи. Поскольку M_i покрывает площадь $\pi r^2 + 2rL_{i,k}$ в течение k -й эпохи, тогда количество эпох X_i , которая необходима для первой встречи сенсора и стока геометрически распределена величина [5] с функцией распределения:

$$F_{x_i}(x) = \sum_{x_k \leq x} p(1-p)^{k-1} \quad (1)$$

В случае количества мобильных стоков более 1 задержка встречи сенсора и стока рассчитывается как задержка до момента, когда первый мобильный сток установил контакт с узлом. Таким образом, количество эпох, которая необходима для встречи, составляет минимумом для всех $X_i (i=1, \dots, m)$ с функцией распределения:

$$F_x(x) = 1 - [1 - F_{x_i}(x)]^m \cong \sum_{x_k \leq x} mp(1-p)^{k-1} \quad (2)$$

Взяв \bar{X} как среднее значение для X , ожидаемая задержка встречи узла и стока:

$$\bar{D}_1 = \bar{X} \cdot \frac{\bar{L}}{v} \quad (3)$$

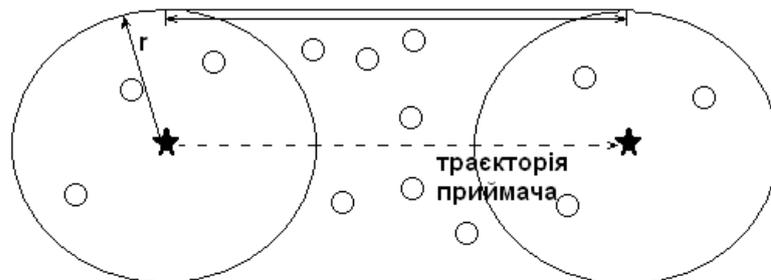


Рис. 1. Иллюстрация к расчету функции распределения задержки встречи сенсора и стока

Эти результаты дают некоторое представление о способе выбора параметров для минимизации задержки встречи сенсора и стока. Если увеличить радиус радиопередачи r , или увеличить число мобильных стоков m или скорость стока v , задержка может быть уменьшена. Однако, приведенный анализ не учитывает время, необходимое для передачи данных при каждой встрече стока и сенсора. Если длина сообщения не является относительно малой, сообщение может быть разделено на несколько частей и направлено в несколько стоков.

Выводы. Цель мобильных беспроводных сенсорных систем (МБСМ) - реализация масштабного сбора информации через беспроводные сети и мобильные устройства сбора информации (стоки). Теоретический анализ показал, что при наличии сведений об особенностях движения мобильных стоков, многоуровневая схема кластеризации может обеспечить доставку пакетов от сенсора к стоку за ограниченное время и с достаточной энергетической эффективностью. Ослабление ограничений предельного времени доставки пакетов позволяет дальше повышать экономию энергетических ресурсов. Было определено, что мобильность стоков может снизить уровень потребления энергии и, таким образом, продлить время функционирования сети. С другой стороны, негативным эффектом в таком случае является рост задержки доставки сообщений и вероятность потери сообщения. Аналогичные проблемы возникают при выборе плотности размещения мобильных стоков (количество стоков и радиус их действия).

Литература

1. Прищепя Т.О. Порівняльний аналіз форматів передачі інформації у безпроводових сенсорних системах на безпомилковість /Прищепя Т.О. // Науковий вісник АМУ, серія "Техніка" в. 8, с.122-127, 2014
2. Толстикова Е.В. Минимизация избыточности объема передачи данных в сети радиодатчиков / Толстикова Е.В.// Проблеми інформатизації та управління. – 2010. – №1(29). – С.168-171.
3. Лисенко О.І. Алгоритм пошуку доцільного розташування вузлів безпроводових сенсорних мереж / Лисенко О.І., Прищепя Т.О.// Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій - 17», с.402-405, 2017.
4. Валуйський С.В. Алгоритм пошуку раціонального розміщення ретрансляторів при розгортанні безпроводних сенсорних мереж / Валуйський С.В., Прищепя Т.О., Димид М.Д.// Науковий вісник Академії муніципального управління. Збірник наукових праць. Серія «Техніка». – 2016. – Вип.11. – С.1-9.
5. Liu, B. Mobility Improve Coverage of Sensor Networks / Liu, B., Brass, P., Dousse, O., Nain, P., Towsley, D.// Proceedings of ACM MobiHoc 2005