

METHOD OF LOCALISATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK NODES AT THE INITIALIZATION PHASE

Vlasova V.A.

Kharkov National University of Radio Electronics

Communication networks dept.

14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine

Ph.: (057) 7021429, e-mail: zлата_ne@bk.ru

Abstract — The method of positioning WSN nodes with a combined experimental and analytical cycle during initialization allows obtaining the relative and global coordinates of the network elements. This improves the quality of service and provides data compression, efficient routing, visualization on the remote control, etc.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ЭТАПЕ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ

Власова В. А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, каф. Сети связи, Харьков, 61166, Украина

тел.: (057) 7021429, e-mail: zлата_ne@bk.ru

Аннотация — Способ позиционирования узлов БСС с совмещенным экспериментально-аналитическим циклом позволяет на этапе инициализации сети получить относительные и глобальные координаты элементов сети. Это позволяет повысить качество обслуживания и обеспечить сжатие информации, эффективную маршрутизацию, визуализацию на пульте управления и др.

I. Введение

Беспроводная сенсорная сеть (БСС, Wireless Sensor Network — WSN) — это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров, мотов — от англ. «mote» — пылинка) и исполнительных устройств (рис. 1), объединенных между собой посредством радиоканала. Область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому. В состав мотов обычно входят автономные микроконтроллеры с питанием от батарей и передатчики, что позволяет мотам самоорганизовываться в специализированные сети, связываясь друг с другом и обмениваясь данными посредством радиосвязи. В этом случае, моты выступают как компоненты беспроводных сенсорных сетей. Данные от отдельных узлов передаются по сети от узла к узлу через координаторы (или базовые станции, БС) на шлюз, и обычно оказываются на «супер-узле», или сервере, имеющем более высокую вычислительную мощность.

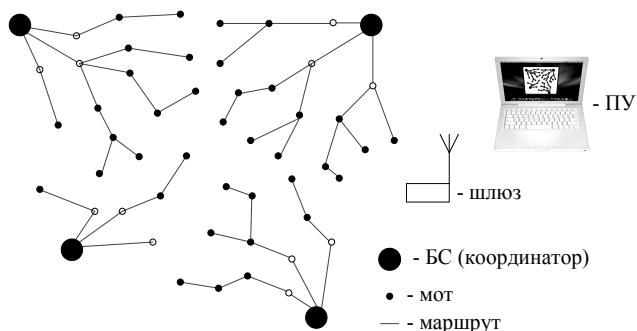


Рис. 1. Архитектура беспроводной сенсорной сети.

Fig. 1 Architecture of wireless sensor network

Мот (или сенсор) — это миниатюрное устройство, обладающее определенными свойствами. Он может зондировать окружающее его пространство и собирать информацию в виде информационных сигналов. Наличие в сенсоре радиопередатчика, позволяет передавать информационные сигналы на базовую станцию через беспроводные средства связи. Но этот радиопередатчик имеет ограниченную дальность передачи (до 30 м). Этот недостаток можно компенсировать за счет использования большого количества таких сенсоров, для того чтобы сигналы смогли дойти до базовой станции (путем ретрансляции через другие сенсоры), даже если она находится очень далеко. Это достаточно легко осуществимо, так как подобное использование не является дорогостоящим благодаря маленькому размеру и невысокой цене сенсорных датчиков.

II. Основная часть

Для взаимодействия мотов (например, маршрутизации) достаточно относительных расстояний между мотами, которые уточняются в процессе взаимодействия за счет многочисленных обменов информацией, но для повышения качества обслуживания возникает необходимость получить более точные координаты для обеспечения энергоэффективности и качества услуг (QoS). Поэтому был предложен способ позиционирования узлов БСС с совмещенным экспериментально-аналитическим циклом.

Данный способ основан на методе определения местоположения RSSI (Received Strength Signal Indication — Индикация уровня принятого сигнала), так как любой беспроводной канал по стандарту IEEE 802.15.4 [1] имеет протокольную функцию оценки качества связи (LQI — Link Quality Indicator), действие которой сводится к определению мощности принятого сигнала. Результат этого измерения можно вывести, откалибровать по известному расстоянию и оценить дальность до источника [2]. Суть способа заключается в том, что применяется $n+1$ базовая стан-

ция (где n — минимально необходимое количество БС, ориентиров для позиционирования; для двух координат $n=3$). Во всех БС дополнительно устанавливаются моты, однотипные используемым в сети. Дополнительные моты располагаются на вершинах квадрата со стороной $10 \cdot \lambda$ или $20 \cdot \lambda$, где λ — длина волны радиосигнала, в зависимости от высоты подвеса антенны (рис. 2). Для частоты 2,4 ГГц [1] длина волны $\lambda=12,5$ см. Также БС оснащаются модулями глобального позиционирования, например, GPS или ГЛОНАСС. Аналогично оценочному позиционированию мотов на этапе инициализации по технологии RSSI производится взаимное позиционирование БС: поочередно каждая БС рассылает пилот-сигнал, а остальные принимают его, считывая данные об уровне принятого пилот-сигнала с дополнительных мотов, установленных на них.

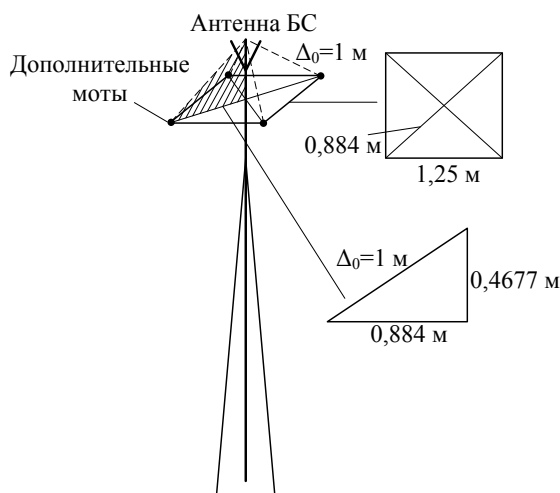


Рис. 2. Конструкция антенны

Fig. 2 Design of the antenna

Так как закон распространения радиоволн известен и величина затухания сигнала при распространении равна

$$A = k \cdot \lg\left(\frac{4\pi df}{c}\right), \quad (1)$$

где d — расстояние между источником и приемником сигнала, f — частота сигнала, c — скорость света. Из формулы (1) по уровню принятого сигнала можно определить расстояние

$$d_n = \frac{c}{4\pi f} 10^{\frac{A}{k}}, \quad (2)$$

где A — вычисляется по разнице переданного и полученного уровня сигнала.

Точные (эталонные) расстояния между БС d_m определяются по методу ToF (Time of Flight – Время пролета сигнала) [3]. Для открытого пространства точность данного метода составляет десятки сантиметров (при числе итераций измерения более 1000), что в сравнении с другими методами дает наиболее точные координаты. Также, ввиду того, что итерации измерения расстояний между БС проводятся без участия мотов сенсорного поля, данный метод является энергоэффективным.

Из различия расстояний между БС, полученных методом ToF (точным) и RSSI (неточным) выделяется систематическая погрешность — компонента, которая конкретизирует коэффициент ослабления k из (1) под реальные условия среды

$$\Delta = \frac{k \cdot \lg\left(\frac{d_n}{d_m}\right)}{\lg\left(\frac{4\pi d_n f}{c}\right)}. \quad (3)$$

Все значения дополнительного затухания Δ_i усредняются для советующей БС и находится величина Δ , которая будет использована при коррекции расстояний.

После чего можно применить коррекцию данных от мотов по формуле уточнения расстояния d_k :

$$d_k = d_n \cdot \frac{k - \Delta}{k} \cdot \left(\frac{4\pi f}{c}\right)^{\frac{-\Delta}{k}}. \quad (4)$$

Коррекция расстояний производится по соответствующим уровням пилот-сигналов от каждой БС в базе данных сервера, а не самими мотами, для экономии энергоресурса.

Использование дополнительных мотов, аналогичных мотам сети уменьшает вероятность появления погрешности из-за разнородности характеристик приемопередатчиков, а их пространственное разнесение относительно БС, на которой они установлены, реализует борьбу с замираниями.

III. Заключение

Достоинства данного способа заключаются в следующем:

- оценка местоположения узлов осуществляется уже на этапе инициализации;
- необходимость в дополнительных модулях для позиционирования отсутствует;
- перевод в глобальные координаты, уточнение и обработка информации о местоположении, работоспособности, связности и т.п. происходят на БС, ресурсы которых намного превышают ресурсы мота;
- определение и уточнение координат производится одновременно в рамках совмещенного экспериментального и аналитического циклов;
- отсутствуют требования к связности сети, которые характерны для решения задачи определения координат другими методами;
- для реализации используется открытый алгоритм;
- достаточная для оценки местоположения точность достигается за 1 итерацию.

IV. References

- [1] IEEE Std. 802.15.4-2003. IEEE Standard for Information technology, Telecommunications and information exchange between systems, Local and metropolitan area networks. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). 670 p.
- [2] Xu J., Liu W., Lang F., Zhang Y., Wang Ch. Distance Measurement Model Based on RSSI in WSN. *Wireless Sensor Network*, 2010, No 2, pp. 606-611.
- [3] O'Connor W.P. *Time of Flight: Final*. Carnegie Mellon University. Available at: http://www.cs.cmu.edu/~motionplanning/papers/sbp_papers/integrated1/ranos_tof_sonar.pdf. (accessed 30 July 2013).