

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ МЕЖДУ ДАТЧИКАМИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Куля Ю.Э., Герус М.А., Панчук О.Р, Борисенко Л.А., Красюкова В.В.

Кафедра «Инфокоммуникационной инженерии имени В.В. Поповского», Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

E-mail: d_ts@nure.ua

Abstract

Wireless sensor networks (WSNs) are often used to collecting information from a variety of sensors placed on a given territory. In some applications it is required to know the coordinates of the sensor, from which received a certain signal. It becomes a challenge if when installing the sensors it was not possible to accurately measure their coordinates or either the sensors were mounted on mobile objects. In such cases, the problem arises of quickly determining the coordinates of a node. As a result, two methods for measuring the coordinates and communication distances between wireless nodes, RSSI and ToF, were developed for the WSN.

Введение

В беспроводных сетях существует ряд методов определения координат и измерения дальности связи между беспроводными узлами, но хотелось бы выделить два основных, это метод RSSI (Received Strength Signal Indication), основанный на определении мощности принятого сигнала, и ToF (Time of Flight), базирующийся на измерении времени прохождения сигнала между узлами. Под узлами далее будем называть приёмо-передающие модули технологии ZigBee базирующейся на основе стандарта IEEE 802.15.4.

Метод RSSI

Наиболее простым методом определения дальности от объекта до узла является индикация уровня принятого сигнала. Любой беспроводной канал по стандарту IEEE 802.15.4 имеет протокольную функцию оценки качества связи (Link Quality Indicator), действие которой сводится к определению мощности принятого сигнала P (дБм) [1]. Поскольку в идеальных условиях мощность обратно пропорциональна квадрату расстояния, то логарифм мощности пропорционален расстоянию с некоторым коэффициентом, который устанавливается эмпирически.

Однако этому методу присущ ряд существенных ограничений, поскольку уровень сигнала является весьма изменчивым параметром из-за влияния следующих факторов:

- быстрые и медленные замирания сигналов на трассе из-за изменения условий распространения радиоволн;
- многолучевое распространение вследствие отражений от различных металлических предметов;
- разброс выходной мощности передатчиков и чувствительности приемников;
- влияние ориентации антенн из-за неравномерности диаграммы направленности.

Из-за воздействия указанных факторов реальная зависимость мощности от расстояния оказывается нелинейной и непостоянной во времени, вследствие чего точность измерений быстро падает с ростом расстояния. Практическое применение этого метода ограничено дистанциями примерно до 20 м, при этом расстояние измеряется с точностью около 3 м.

Метод ToF

Другой подход основан на измерении времени прохождения (пролета) сигнала. Узел посылает запрос на другой узел, получает ответный сигнал и определяет время его задержки. Полная задержка складывается из аппаратных задержек при обработке принятого и формировании ответного сигналов и времени распространения между узлами. Поскольку технические задержки известны с хорошей точностью, то их можно вычесть из полного значения, и оставшаяся величина будет характеризовать время пролета сигнала туда и обратно. Умножив половину времени задержки на скорость света, получим расстояние между узлами сети. В этом методе обеспечивается линейная связь между расстоянием и измеряемой величиной. Точность измерений определяется рядом факторов:

- стабильностью частоты задающих генераторов;
- задержками фронтов импульсов при приеме и излучении;
- отношением сигнал/шум;
- ошибками из-за многолучевого распространения.

Для повышения точности используют многократные повторения процедуры измерения. Применяется фильтрация аномально больших отклонений, вызываемых многолучевым распространением, что позволяет в несколько раз повысить точность измерений.

На рис. 1 приведены экспериментальные результаты измерений расстояния методами RSSI и ToF [2].

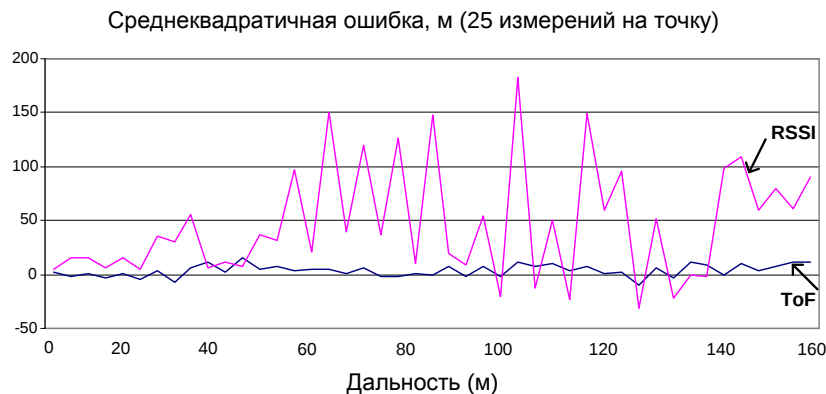


Рис. 1. Зависимости ошибок измерения расстояний методами RSSI и ToF от расстояния

Из графиков видно, что погрешности при использовании метода ToF существенно меньше, чем при RSSI, в котором уже на дальностях более 20 м ошибки измерений превышают само значение дальности.

Расчёт дальности достоверной передачи сообщений для узлов беспроводной сенсорной сети (БСС)

Дальность беспроводной связи можно оценить по известному соотношению [3]

$$R_c \leq \sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot A_r \cdot K_{осл}}{4 \cdot \pi \cdot P_{por}}}, \quad (1)$$

где R_c - дальность связи;

P_t - импульсная мощность передатчика, Вт;

G_t - коэффициент усиления антенны передатчика;

A_r - эффективная площадь антенны приёмника, м²;

$K_{осл} = q_t \cdot q_r \cdot K_p$ - коэффициент ослабления мощности сигнала, $0 \leq K_{осл} \leq 1$;

q_t (q_r) - относительные коэффициенты усиления антенн передатчика (приёмника) в направлении друг друга $0 \leq q_t \leq 1$, $0 \leq q_r \leq 1$;

$K_p = \prod_{i=0}^k K_{pi}$ - коэффициент потерь, характеризующий активные потери энергии, связанные с поглощением в среде распространения и т.п., $0 \leq K_p \leq 1$;

P_{por} – пороговая чувствительность приёмника, Вт.

Анализ технических характеристик радиомодулей узлов беспроводной сенсорной сети [4] показал, что для разных вариантов построения её топологии, потери в радиоканале за счёт не совпадения максимумов диаграммы направленности (ДН) антенны передатчика и приёмника, потерь из-за поглощения в среде распространения, могут изменяться от 0 до 20 дБ

$$K_{осл} = -(0...20) \text{ дБ}.$$

На рис. 2. приведена зависимость средней мощности принятого сигнала $P_r(R_c)$ от дальности связи без учёта ослабления и при ослаблении принимаемого сигнала в радиоканале на 10 и 20 дБ.

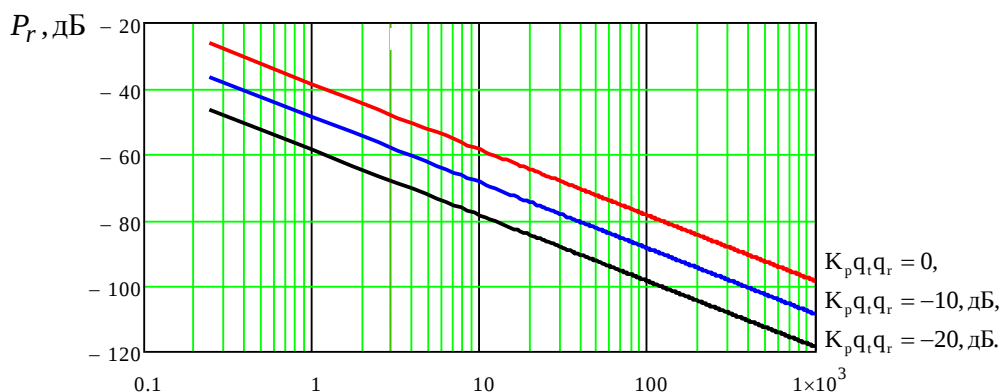


Рис. 2. Средняя мощность принятого сигнала в зависимости от дальности связи

Выводы

В работе проведен анализ методов измерения дальности связи между устройствами беспроводной сенсорной сети. Предложен пример расчёта дальности достоверной передачи информации для узлов БСС.

Литература:

1. Шостко И. С. Анализ моделей сверхширокополосных сигналов для инфокоммуникационных сетей [Электронный ресурс] / И. С. Шостко, Алмакадма Таха, Ю. Э. Соседка // Проблемы телекоммуникаций : электрон. журн. – 2012. – № 4 (9). – С. 45–62. – Режим доступа : [www. URL: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_shostko_uwb.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_shostko_uwb.pdf). – Загл. с экрана.
2. Шостко И. С. Анализ моделей сверхширокополосных сигналов для инфокоммуникационных сетей [Электронный ресурс] / И. С. Шостко, Алмакадма Таха, Ю. Э. Соседка // Проблемы телекоммуникаций : электрон. журн. – 2012. – № 4 (9). – С. 45–62. – Режим доступа : [www. URL: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_shostko_uwb.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_shostko_uwb.pdf). – Загл. с экрана.
3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория : справ. / под. ред. Я. Д. Ширмана. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Радиотехника, 2007. – 512 с.
4. Шостко И. С. Анализ энергопотребления модулей для беспроводных сенсорных сетей стандарта IEEE 802.15.4 / И. С. Шостко, Ю. Э. Соседка // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Харьков, 2014. – Вып. 176. – С. 253–257