

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Захаров Ю.В., Шостко И.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. каф. Инфокоммуникационной инженерии,
тел. (057) 702-13-20)

e-mail: yurii.zakharov@nure.ua; факс (057) 702-13-20

The paper analyzes technologies (protocols), that are used in wireless sensor networks. It also helps with selection of wireless modules that are ideal for solving the problems in the work. When using the multi-criteria optimization of each role of the private criterion is evaluated, taking into account its impact on the properties of the system as a whole.

Введение

При разработке БСС, возникает задача оптимального выбора технологий, протоколов и функциональных возможностей входящих в её состав модулей. Для решения этой задачи применяют алгоритмы многокритериальной оптимизации. В данном случае для решения поставленной задачи предлагается использовать метод сведения многокритериальной задачи к однокритериальной [1]. Теоретической основой такого подхода есть теория полезности, в соответствии с которой предполагается, что существует некоторая обобщённая оценка ценности или полезности для эксперта, принимающего решение.

Основная часть

Основная проблема для пользователя, решившего применить беспроводные решения, заключается в правильном выборе технологии и аппаратного решения из всего многообразия предложений, существующих на рынке. В данной работе проанализированы разные технологии (протоколы) БСС, в частности:

- DASH7 – стандарт организации БСС.

- Z-Wave – технология беспроводной радиосвязи, используемая для организации БСС. Основное назначение сетей Z-Wave – дистанционное управление бытовой техникой и различными домашними устройствами, обеспечивающими управление освещением, отоплением и другими устройствами для автоматизации управления жилыми домами и офисными помещениями.

- Insteon – комбинированная (частично проводная и частично беспроводная) сенсорная сеть. Для передачи информации используется радиосигнал на частоте 902-924 МГц, обеспечивающий передачу данных на дальности до 45 метров в условиях прямой видимости со средней скоростью 180 бит/с.

- EnOcean – технология организации БСС, использующая сверхминиатюрные датчики с генераторами электроэнергии, микроконтроллерами и приемо-передатчиками.

- ISA100.11a – стандарт организации промышленных сенсорных сетей, сетей датчиков и приводов. Для передачи используется низкоскоростная беспроводная связь с использованием элементов с низким энергопотреблением. Отличительная особенность ISA100.11a от других сенсорных сетей: 1) ориентированность на промышленное использование и, соответственно, специфические требования к прочности, помехозащищенности, надежности и безопасности, 2) возможность эмуляции средствами технологии ISA100.11a протоколов уже существующих и проверенных проводных и беспроводных сенсорных сетей. Обмен данными осуществляется на частоте в районе 2,4 ГГц и скорости порядка 250 кбит/с.

- WirelessHART – протокол передачи данных по беспроводной линии связи, разработанный HART Communication Foundation для передачи данных в виде сообщений. HART – протокол обмена данными для взаимодействия с полевыми датчиками.

- MiWi – протокол для организации сенсорных и персональных сетей с низкой скоростью передачи данных на небольшие расстояния, основанный на спецификации IEEE802.15.4 для беспроводных персональных сетей.

- 6LoWPAN – стандарт, обеспечивающий взаимодействие малых беспроводных сетей (частных сетей или сетей датчиков) с сетями IP по протоколу IPv6.

- One-Net – открытый протокол для организации БСС и сетей автоматизации зданий и распределенных объектов.

- Wavenis – беспроводная технология передачи данных, использующая частоты 433/868/915 МГц и обеспечивающая передачу на расстояние до 1000 м на открытом пространстве и до 200 м в помещении, при скорости до 100 Кбит/с. Технологию Wavenis используют для организации персональных сетей и сетей датчиков, так как сверхнизкое потребление приемо-передающих устройств позволяет им работать автономно до 15 лет от одной батарейки.

- RuBee – локальная беспроводная сеть, которая, в основном, используется как сеть датчиков. Для передачи данных в RuBee используются магнитные волны, и передача осуществляется на частоте 131 КГц, что обеспечивает скорость всего лишь 1200 бод в секунду на расстояниях от 1 до 30 метров.

- ZigBee – технология организации беспроводных сенсорных и персональных сетей. Технология ZigBee обеспечивает невысокое потребление энергии и передачу данных на нелицензируемой частоте 2.4 ГГц (для различных стран частота может отличаться) со скоростью до 250 Кб/с, на расстояние до 75 метров в условиях прямой видимости.

При выборе технологии для разрабатываемого проекта предлагается руководствоваться следующими факторами:

- Объем данных: некоторым потребителям требуется собирать мегабиты данных в секунду, другим необходимо всего лишь несколько раз в сутки включать и выключать отдельные устройства.

- Время отклика: когда устройство является частью цепи, получение команды в заданный момент является существенным критерием. Требуемое время реакции может составлять несколько микросекунд.

- Надежность отклика: будет ли сообщение получено наверняка и, если нет, какова вероятность обнаружения ошибок? Здесь при выборе технологии важную роль играют помехи.

- Дистанция связи: расположены ли узлы сети на большой территории или сосредоточены в одном месте? Дистанция может составлять от долей метра для сенсоров, расположенных в автомобиле до нескольких километров для датчиков в туннелях метрополитена, шахтах и т.д. Охватываемое расстояние задает потребляемую мощность и зачастую определяет, можно ли использовать не требующую лицензирования технологию связи.

- Число узлов связи: требуется ли связь только между двумя узлами, или в ней участвует множество узлов.

- Время автономной работы. Энергопотребление её элементов.

Стоит отметить, что нет универсальной технологии (протокола), применимой во всех сферах. В каждой области применения есть свои особенности, которые следует учитывать при выборе технологии (протокола). Для каждой сферы применения можно определить свои значимые критерии выбора протокола, среди которых: диапазон рабочих частот, максимальная скорость передачи данных, радиус действия, энергопотребление, защищенность протокола, помехозащищенность, открытость протокола, сложность реализации, способность самоорганизовываться.

Общим требованием к любой БСС, является минимальное энергопотребление её элементов, поэтому этот показатель в данной работе всегда будет минимизироваться, остальные же показатели будут варьироваться в зависимости от функционального назначения БСС.

Рассмотрим три сценария использования проектируемой БСС, для которых будут подбираться модули:

1. Удаленный сбор показаний со счетчиков расхода газа, электричества, воды. В этом случае, дополнительным показателем будет минимальная стоимость модулей.

2. Мониторинг основных показателей медицинской телеметрии. Здесь важна высокая производительность микроконтроллера и скорость передачи данных.

3. Система слежения за миграцией животных. В этом случае, дополнительным критерием будет высокий энергетический потенциал приемопередатчика (максимальная дальность связи).

Из перечисленных выше технологий (протоколов) для всех приведенных сценариев подходит ZigBee [2]. Если требуется перекрыть большую площадь и данные поступают с большого числа устройств (1 и 3 сценарий), то наиболее оптимальным для БСС будет применение ZigBee. Эта технология поддерживает сложные топологии сетей, в которых данные могут идти в центр сбора данных не только напрямую, но и через промежуточные узлы. За счет этого дальность связи может быть весьма значительной, несмотря на короткий радиус действия отдельных устройств. В сети теоретически может быть объединено до 65 тыс. устройств, поскольку возможна 16-разрядная адресация узлов ($2^{16} = 65536$). В расширенном варианте разрядность адресов может быть увеличена до 64.

Узлы ZigBee могут активироваться менее чем за 15 мс (для сравнения — при использовании Bluetooth задержка активации может достигать 3 с). Это важно для 2 сценария.

Другой спецификой стандарта ZigBee является детальное описание сервисов пользовательского уровня, направленное на обеспечение совместимости оборудования разных производителей. С этой целью под конкретные целевые приложения были разработаны профили, например: Smart Energy, Home Automation, Healthcare и другие.

Безопасность БСС обеспечивается механизмами, закрывающими ее для добавления новых устройств, идентификаторами сети, а также надежными алгоритмами шифрации. Энергопотребление ZigBee-модулей – одно из достоинств стандарта: при развертывании сетей большого размера дополнительные затраты на расход энергоресурсов минимальны. Правовые аспекты использования беспроводного оборудования стандарта ZigBee также решены: определена допустимая мощность для персональных радиосетей на

основе технологии ZigBee (2400–2483,5 МГц) – 100 мВт для применения внутри зданий, складских помещений и производственных территорий. Использовать ZigBee (100 мВт) вне помещений разрешено для сбора информации телеметрии в составе автоматизированных систем контроля и учета ресурсов или систем охраны. Пропускная способность стандарта является достаточной в сферах его применения (автоматизация производства и логистики, промышленная автоматизация технологических процессов (АСУ ТП), диспетчеризация в системах ЖКХ, коммерческий учет энергоресурсов (АСКУЭ), системы сигнализации и безопасности и т. п.).

Характеристики беспроводных модулей ZigBee от разных фирм производителей, показаны в табл. 1.

Результаты решения задачи оптимального выбора модулей, которые бы соответствовали основным требованиям, предъявляемым к БСС [1]:

1. Для удаленного сбора показаний со счетчиков расхода газа, электричества, воды службой жилищно-коммунального хозяйства: Оптимальное соотношения минимального энергопотребления и низкой стоимости оказалось у модулей № 2 и 6: CC 2530 от Texas Instruments и ATmega256/128/64RFR2 от производителя Atmel.

2. Мониторинг основных показателей медицинской телеметрии: Оптимальное соотношение высокой производительности микроконтроллера и скорости передачи данных у модуля №1 Programmable XBee-PRO ZB от Digi. Так же высокую производительность микроконтроллера продемонстрировал модуль №4: MRF24J40 MD/ME от Microchip.

Система слежения за миграцией животных: Высокий энергетический потенциал и низкое энергопотребление приемопередатчика у модуля №6 ATmega256/128/64RFR2 от Atmel.

Таблица 1 – Характеристики модулей

	1	2	3	4	5	6
Производитель	Digi	Texas Instruments	Jennic	Microchip	Mesh Logic	Atmel
Название модуля	Programmable XBee-PRO ZB	CC 2530	JN5139-xxx-M00/01/03	MRF24J40 MD/ME	MLM-LSR P100 ProFLEX01-R2	ATmega256/128/64RFR2
Поддерживаемые протоколы	ZigBee PRO 2007	IEEE 802.15.4/ RF4CE/ ZigBee	ZigBee	ZigBee, MiWi	IEEE 802.15.4, ZigBee®, 6LoWPAN	ZigBee
I_{0Tx} , мА	220	29	37	140	149	14,5
I_{0Rx} , мА	62	24	37	32	30	12,5

Четвертая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

I_{osleep} , мкА	4	0,4/1	1,3/2,6	10	3	0,6
Prmin, dBm	-102	-97	-96	-104	-98	-100
Ptmax, dBm	10	+4,5	+1	+19	+20	3,5
U, В	2,7-3,6	2 – 3,6	2,7-3,6	3-3,6	2-3,3	1,8-3,6
Fproc, МГц	50.33	16	16	40	18	16
Cost, \$	27	3,25	5,87	13.12	46	5.15

Выводы. Предлагается алгоритм выбора технологии и аппаратного решения для разных сценариев использования проектируемой БСС. Проведенный анализ технологий (протоколов) показал, что при проектировании БСС необходимо:

- определить требования к БСС диапазон рабочих частот, максимальная скорость передачи данных, радиус действия, энергопотребление, защищенность протокола, помехозащищенность, открытость протокола, способность самоорганизации модулей и т.д.;

- присвоить каждому из требований весовой коэффициент (степень важности для проектируемой БСС);

- применив алгоритмы многокритериальной оптимизации выбрать технологию (протокол) из существующих на рынке беспроводных решений;

- проанализировать предложения популярных в настоящее время производителей, представляющих на рынке аппаратуру (комплектующие) для выбранной технологии (протокола) БСС;

- для модулей с поддержкой выбранной технологии (протокола) БСС выписать характеристики (параметры), влияющие на выполнение заданных требований;

- присвоить каждому из параметров весовой коэффициент (степень важности);

- применив алгоритмы многокритериальной оптимизации определиться с производителем комплектующих для БСС.

Список литературы:

1. Шостко И.С. Применение метода многокритериальной оптимизации при проектировании беспроводных сенсорных сетей / И.С. Шостко, Ю.Э. Куля // Оралдың ғылым жаршысы (Казахстан). – 2014. – №46 (125). – С. 110-120.

2. ZigBee Alliance. Open, Global Standards [Electronic recourse]. - Mode of access: www. URL: <http://www.zigbee.org>. – 17.07.2009. – Title from the screen.