

Региональные подходы к управлению экономикой показывают, что пришло осознание того, что важнейшим аспектом региональной политики является её инновационная составляющая, а выход на траекторию устойчивого развития основывается на активизации инновационной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амиралиев М.Г., Исалова М.Н. Инновационное предпринимательство: региональные аспекты. – М.: Изд-во «Палеотип», 2005.

2. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями / Пер. с англ. – М.: Экономика, 1989.
3. Кастельс М. Информационная эпоха. Экономика, общество и культура. – М.: ГУ-ВШЭ, 2000, С.81.
4. Кочетков А.П. Механизмы взаимодействия предпринимательства и государства. – М.: Информ-Знание, 2010.

*Исалова Маржанат Нурулаевна,
д-р эконом. наук, профессор,
зав. кафедрой бухгалтерского учета
Дагестанского гос. технического университета.
E-mail: is-mar@mail.ru*

М.М. Комаров, Л.С. Восков

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ С АВТОНОМНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ

Исследована задача повышения качества обслуживания в беспроводных стационарных сенсорных сетях, показана зависимость качества обслуживания сети от энергетической балансировки сети, разработана модель беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания, приведены результаты экспериментального применения разработанного метода энергетической балансировки, использующего предложенную модель.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, качество обслуживания, энергетическая балансировка

L.S. Voskov, M.M. Komarov

IMPROVING SERVICES IN A STATIC WIRELESS SENSOR NETWORKS WITH AUTONOMOUS ENERGY SOURCES

In this work issue of QoS in a static wireless sensor network with autonomous energy sources and its connection with energy balancing of the network was researched. Mathematical model of the static wireless sensor network with autonomous energy sources was developed and experimental results of further implemented method of energy balancing based on the proposed model were shown in this paper.

Keywords: wireless touch networks, quality of service, power balancing

Введение

Качество обслуживания в беспроводных сенсорных сетях (QoS) основывается на специфике технологии беспроводных сенсорных сетей [1, 2]. Базовым стандартом для беспроводных сенсорных сетей на сегодняшний день служит IEEE 802.15.4 (ZigBee).

Проведено множество исследований по некоторым важным аспектам беспроводных сенсорных сетей, таким как архитектура или проектирование протокола, сохранение энергии и позиционирование, но поддержка качества предоставления услуг в беспроводных сенсорных сетях является до сих пор огромным полем для исследовательской деятельности. Это связано с тем, что беспроводные сенсорные

сети очень отличаются от традиционных сетей. До сих пор не совсем понятно, как правильно описать услуги в беспроводных сенсорных сетях, тем более для того, чтобы разработать подходы для поддержки качества предоставления услуг.

Так как беспроводные сенсорные сети взаимодействуют с окружающей средой, их характеристики могут очень сильно отличаться от характеристик других, обычных информационных сетей. Таким образом, их характеристики порождают новые проблемы.

Острая нехватка ресурсов. Нехватка ресурсов включает в себя энергию, пропускную способность, память, размер буфера, вычислительную мощность и ограниченную мощность передачи. Из всех, энергия

– это первоочередной ресурс, которого не хватает сенсорным узлам и может не быть возможности для замены или перезарядки батарей для сенсорных узлов, которые должны работать в опасных для человека условиях.

Несбалансированный трафик. В большинстве приложений для беспроводных сенсорных сетей, трафик, в основном, поступает от большого числа сенсорных узлов к небольшой группе шлюзов. Механизмы качества предоставляемых услуг должны быть спроектированы для несбалансированного трафика.

Избыточность данных. Беспроводные сенсорные сети характеризуются большой избыточностью данных от датчиков. Однако, в то время, как избыточность помогает не потерять надежность и безотказность передачи данных, она также неоправданно расходует энергию. Объединение данных или агрегирование данных – это возможное решение сохранения надежности при сокращении избыточности данных, но этот механизм также увеличивает задержки и сложность проектирования качества предоставляемых услуг в таких сетях.

Динамичность сети. Динамика сети может возникнуть из-за потери узлов, потери связи, мобильности узлов и различных состояниях узла, из-за использования механизмов энергосбережения. Такая динамичность сети очень сильно увеличивает сложность поддержки качества предоставляемых услуг.

Энергетическая балансировка. Для достижения долгого времени жизни сети энергия должна быть равномерно распределена между всеми сенсорными узлами так, чтобы энергия одного узла или группы узлов не закончилась довольно быстро. Поддержка качества предоставляемых услуг должна учитывать этот фактор.

Масштабируемость. Обычные беспроводные сенсорные сети состоят из сотен или тысяч сенсорных узлов, плотно распределенных на определенной территории. Таким образом, поддержка качества предоставляемых услуг в беспроводных сенсорных сетях должна быть спроектирована таким образом, чтобы поддерживать большое количество сенсорных узлов.

Множественные шлюзы. Существует различное количество шлюзов, которые могут накладывать определенные ограничения на сеть. Например, когда один шлюз может опрашивать сенсорный узел для получения измерений температуры раз в минуту, другой шлюз может опрашивать сенсорный узел для получения скачков температуры и т.д.

Множественные типы трафика. Внедрение гетерогенного набора сенсоров порождает новые проблемы поддержки качества предоставляемых услуг.

Критичность пакетов. Содержание информации, получаемой из сенсорной сети, может различаться по критичности ее получения. Это означает, что существуют приоритеты отправки информации и механизмы качества предоставления услуг должны классифицировать пакеты по важности и создавать определенную структуру приоритетов.

Энергопотребление является одним из важных показателей беспроводной сенсорной сети [3, 4, 5, 6]. Нужно отметить, что в рамках поддержки качества предлагаемых услуг в беспроводной сенсорной сети, как уже было рассмотрено ранее, одной из проблем является энергетическая балансировка сети. Повышение качества обслуживания в беспроводных стационарных сенсорных сетях с автономными источниками питания связано с предлагаемым тем или иным методом решения проблемы энергетической балансировки сети. Для разработки метода энергетической балансировки необходимо разработать модель сети.

На сегодняшний день известен ряд моделей беспроводных сенсорных сетей. Однако нужно понимать, что требования, которые предъявляются к беспроводной сенсорной сети при разработке метода энергетической балансировки, накладывают определенные ограничения на использование тех или иных моделей.

Известно, что беспроводные сенсорные сети работают в трех радиочастотных диапазонах, в каждом радиочастотном диапазоне выделено свое, определенное количество каналов [5, 7]. Таким образом, мы можем представить радиосреду в виде единой общей шины, в случае работы всех устройств в едином частотном канале (в случае работы узлов ретрансляции данных на различных каналах (как было описано выше), модель сети не поменяется). Поскольку основное ограничение накладывается на энергопотребление узлов сети, то доступ к радиосреде организуется последовательным образом для предотвращения коллизий, чтобы предотвратить повторную передачу данных и увеличение энергопотребления.

Модель стационарной беспроводной сенсорной сети с автономными источниками энергии

Рассмотрим систему мониторинга состояния объекта. Пусть имеются M беспроводных устройств сбора данных, которые находятся в одной точке и имеют одинаковую зону покрытия R_m (максимальную мощность приемника P_{rx} и передатчика P_{tx}).

Устройства сбора данных имеют автономные источники питания с емкостью батареи C , гарантированно передают данные на центральное устройство сети, и энергетика на отправку данных от устройств

сбора данных до центрального устройства сети пренебрежимо мала.

Пусть в зону покрытия устройствами сбора данных случайным образом устанавливают N конечных узлов b -типов с энергопотреблением по каждому типу e_1, \dots, e_b (где $e = e_{ix} + e_{rx}$, e_{ix} – энергопотребление приема данных, e_{rx} – энергопотребление передачи данных) на расстояниях r_1, \dots, r_N до устройств сбора данных.

Известно, что каждое из конечных устройств имеет регулярный информационный поток, соответствующий заданному энергопотреблению, с определенной интенсивностью заявок от конечных устройств. Максимальная мощность приемника и передатчика конечных устройств совпадает с мощностями устройств сбора данных – P_{rx}, P_{tx} . Каждое конечное устройство может один раз подключиться к тому или иному устройству сбора данных.

Функциональным отказом сети мы будем считать выход из строя хотя бы одного устройства сбора данных. Под временем автономной работы подразумевается работа всей сети до функционального отказа.

Требуется так распределить конечные узлы по устройствам сбора данных, чтобы время автономной работы было максимальным [8].

Энергопотребление j -го устройства сбора данных ($j=1, 2, \dots, M$) складывается из энергии, затрачиваемой на прием данных от i -го оконечного узла ($i=1, 2, \dots, N$), из множества подключенных к нему оконечных узлов, и энергии на передачу ему подтверждения о том, что данные получены. Таким образом, учитывается макроэнергетическое потребление [7], а не только некоторые его составляющие [9, 10].

С учетом этого запишем энергопотребление j -го устройства сбора данных (E_j) (1) и покажем, что такое энергопотребление передачи и приема данных (E_j) (2):

$$E_j = \sum_{i=1}^N (x_{ij} e_{txi} V s_i + x_{ij} e_{rx i} V ack_i), \quad (1)$$

где E_j – энергопотребление передачи и приема данных j -го устройства сбора данных, $j=1, 2, \dots, M$ (M – количество устройств сбора данных); x_{ij} – i -й оконечный узел, подключенный ($x_{ij}=1$) или не подключенный ($x_{ij}=0$) к j -му устройству сбора данных, $i=1, 2, \dots, N$ (N – количество оконечных узлов); e_{xi} – энергопотребление приема данных j -м устройством сбора данных от i -го оконечного узла; $V s_i$ – объем данных от i -го узла, которые необходимо принять j -му устройству сбора данных; $e_{rx i}$ – энергопотребление передачи подтверждения j -м устройством сбора данных на i -й оконечный узел; $V ack_i$ – объем данных подтверждения от j -го устройства сбора данных, которые необходимо передать на i -й оконечный узел.

Энергопотребление приема данных j -м устройством сбора данных можно представить как отношение мощности приемника на напряжение питания. При этом мощность передатчика зависит также и от энергетического состояния канала передачи данных.

Таким образом, выражение (1) примет следующий вид:

$$E_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} \frac{1}{U} (P_{xi} V s_i + k_{ij} \cdot P_{rx i} V ack_i), \quad (2)$$

где U – напряжение на аккумуляторной батарее устройства сбора данных; P_{xi} – максимальная мощность приемника j -го устройства сбора данных (максимальная мощность передатчика i -го оконечного узла); $P_{rx i}$ – максимальная мощность передатчика j -го устройства сбора данных (максимальная мощность приемника i -го оконечного узла); k_{ij} – коэффициент энергетического состояния канала передачи данных от j -го устройства сбора данных к i -му оконечному узлу.

Известно, что помехи на приемнике намного сильнее влияют на прием данных, чем помехи на передатчике [11]. Это означает, что мы при рассмотрении передачи подтверждения от j -го устройства сбора данных можем отрегулировать мощность приемника i -го оконечного узла с учетом состояния канала (энергетического состояния канала передачи данных от j -го устройства сбора данных к i -му оконечному узлу). Для этого вводится коэффициент энергетического состояния канала передачи k_{ij} .

Коэффициент k_{ij} показывает, на какой мощности можно вести передачу подтверждения от j -го устройства сбора данных, которое будет успешно принято приемником i -го оконечного узла.

$$k_{ij} = c_1 + c_2 + c_3 + c_4, \quad k_{ij} \leq 1 \quad (3)$$

где c – коэффициенты влияния внешней среды ($0 < c \leq 1$).

• c_1 – коэффициент влияния помех на передачу подтверждения:

$$c_1 = 1 / \left(\frac{P_{xi}}{P_{ш}} \right) \quad (4)$$

Физический смысл данного коэффициента состоит в том, что если шум не существенно влияет на передачу данных, то мощность передачи можно уменьшить [8, 13]. Отметим, что отношение сигнал-шум напрямую не показывает качество сигнала, а свидетельствует о том, что вероятность ошибки при передаче данных будет стремиться к 1, что будет означать, что вероятность получения оконечным узлом подтверждения от устройства сбора данных будет стремиться к 0. Это приводит к повторной передаче данных от оконечного узла и, соответственно, к увеличению энергопотребления устройства

сбора данных [12, 13]. Стандартом и дальнейшими рекомендациями к стандарту также определена граница отношения сигнал-шум для передачи данных с 1% ошибок – 3 дБ [5, 6, 14].

- c_2 – коэффициент влияния интенсивности поступления заявок от оконечного узла i .

Интенсивность поступления заявок от оконечного узла влияет на энергопотребление следующим образом, чем чаще отправляются данные от оконечного узла, тем чаще узел сбора данных принимает данные и тем чаще узел сбора данных отправляет подтверждение о приеме данных на оконечный узел. Таким образом, энергопотребление передачи подтверждений о приеме данных будет увеличиваться.

- c_3 – коэффициент влияния расстояния между оконечным узлом i и узлом сбора данных j .

Чем меньше расстояние между оконечным узлом и узлом сбора данных, тем меньшую мощность передатчика можно использовать для передачи подтверждения о приеме данных на оконечный узел [10, 15, 16, 17].

- c_4 – коэффициент влияния приоритетности данных, поступающих от оконечного узла i на узел сбора данных [12, 18].

Более приоритетные данные необходимо гарантированно передать на узел сбора данных, узел сбора данных должен гарантированно передавать и подтверждение о приеме данных на оконечный узел i . В случае требования гарантированной передачи приоритетных данных, мы должны иметь определенный запас мощности для гарантированной передачи подтверждения на оконечный узел [12].

Заключение

В рамках исследования был проведен обзор и анализ проблемы повышения качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях, в результате чего получена зависимость качества обслуживания от энергетической балансировки сети. Для решения задачи энергетической балансировки сети была предложена модель беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания, учитывающая влияние внешних факторов при передаче данных. На базе этой модели был разработан метод энергетической балансировки беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками данных [19]. Результаты экспериментального применения метода показали адекватность модели, а учет коэффициента энергетического состояния канала позволил увеличить время автономной работы сети на 2,1% и сэкономить 9,9% энергии, затрачиваемой на передачу подтверждений о приеме данных ретранслирующим узлом.

Для предложенной модели и разработанного метода энергетической балансировки в рамках эксперимента, на базе реально полученных данных было показано, что для существующей системы можно перераспределить нагрузку на ретранслирующие узлы таким образом, что при заданном времени автономной работы количество ретранслирующих узлов можно сократить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen D., Varshney P.K. QoS Support in Wireless Sensor Networks: A Survey. In Proc. of the 2004 International Conference on Wireless Networks (ICWN 2004), Las Vegas, Nevada, USA (June 2004).
2. Holger K. Quality of service in wireless sensor networks: mechanisms for a new concept. ESF Exploratory Workshop on Wireless Sensor Networks, ETH Zurich, April 1-2, 2004.
3. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005.
4. «Sensor Networks» / Thomas Haenselmann, 5th April 2006.
5. Descleves C. Understanding ZigBee transmission [Электронный ресурс] // RF Design Magazine. – March, 2006. URL: <http://rfdesign.com> (дата обращения 03.2011)
6. Семенов Ю.А. Беспроводные сети ZigBee и IEEE 802.15.4 [Электронный ресурс]. URL: <http://book.itep.ru/4/41/zigbee.htm> (дата обращения 03.2011)
7. Pister K. Wireless Sensor Network Energy Scavenging Considerations. [Электронный ресурс] URL: http://www.dustnetworks.com/multimedia/wsn_energy/index.htm; 2010. (дата обращения 03.2011)
8. Комаров М.М. Энергетическая балансировка беспроводной стационарной сети сбора данных // Тезисы докладов XVIII международной студенческой конференции-школы-семинара «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ, 2010.
9. Haenggi M. Energy-balancing strategies for wireless sensor networks. ISCAS '03, 2003.
10. Zalyubovskiy V., Erzin A., Astrakov S., Choo H. Energy-efficient Area Coverage by Sensors with Adjustable Ranges // Sensors. 2009. №9.
11. Avionics Department Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook [Электронный ресурс] // Washington, DC, 1999. URL: <http://www.rfcafe.com/references/electrical/ew->

radar-handbook/receiver-sensitivity-noise.htm (дата обращения 04.2011)

12. Khan R.H., Passerone R. Performance of Energy Efficient Source Coding and Interference Reduction in Wireless Sensor Network Systems // IEEE Tenth International Conference on Computer Modeling and Simulation, 2008.

13. Goyal M., Prakash S., Xie W., Bashir Y., Hosseini H.A. Durrezi Evaluating the Impact of Signal to Noise Ratio on IEEE 802.15.4 PHY- level Packet Loss Rate // 13th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS), 2010.

14. 802.15 Working Group, IEEE P802.15 Wireless Personal Area Networks – 2010. [Элек-тронный ресурс]. URL: <http://grouper.ieee.org/groups/802/19/pub/CA/15-10-0808-00-0000-802-15-4-2011-coexistence-analysis.pdf> (дата обращения 05.2011)

15. Oka A., Lampe L. "IEEE Distributed Target Tracking Using Signal Strength Measurements by a Wireless Sensor Network", / IEEE report on IEEE International Conference on Communications, 2009.

16. Reddy Pradeep G. Optimal node placement in wireless sensor networks // International journal of Engineering Science and Technology (IJEST), V.3. PP. 1124-1129, Feb.2 2011.

17. Willis S.L., Kikkert C.J. Radio Propagation Model for Long-Range Ad-hoc Wireless Sensor Network // International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005.

18. Liu H., Huang M., Hsieh W., Jan C.J. Priority-Based Hybrid Protocol in Wireless Sensor Networks // 11th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2009. HPCC '09.

19. Восков Л.С., Комаров М.М. Качество обслуживания в БСС: метод энергетической балансировки стационарной БСС с автономными источниками питания // Материалы международной конференции «Менеджмент качества и ИТ-сервис менеджмент» под ред. д.т.н., проф. В.Н. Азарова. – М.: Фонд «Качество», 2010. С. 149-153.

Восков Леонид Сергеевич,

канд. техн. наук, профессор каф. ВСиС МИЭМ;

Тел.: (495) 125-06-73, (910) 401-35-71,

E-mail: voskov@narod.ru

Комаров Михаил Михайлович,

аспирант каф. ВСиС МИЭМ;

Тел.: (495) 475-69-86, (906) 760-40-80

E-mail: michmanK@mail.ru

Т.А. Билык

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ НА ПРИКЛАДНОМ УРОВНЕ

В статье рассматривается вопрос обеспечения безопасности информационных активов организации на прикладном уровне. Приводится описание свойств безопасности информационных активов, угроз нарушения этих свойств, анализ методов снижения рисков реализации угроз, а также примеры средств обеспечения свойств безопасности на прикладном уровне. Дается описание нового разработанного алгоритма кода аутентификации сообщений, использующего в основе российские криптографические стандарты, применяемого в целях обеспечения целостности и подлинности информации.

Ключевые слова: безопасность информационных активов, свойства безопасности, методы защиты информации, код аутентификации сообщений

Введение

Одним из наиболее значимых активов в любой современной организации является информация. Негативные воздействия на информационные активы могут приве-

T.A. Bilyk

APPLICATION-LEVEL INFORMATION SECURITY

Application-level securities of information assets are discussed here. Application-level security properties of information assets, security threats, analyze methods of reducing risks and facilities of information security are described in this article. The new Message authentication code algorithm, which ensures the authenticity and the integrity of the information, are described here.

Keywords: information assets security, security properties, methods of the security information, message authentication code

сти к значительным ущербам. В целях минимизации возможного ущерба необходимо выявить существующие угрозы информационным активам и принять меры, снижающие риски реализации этих угроз.