

### Список литературы

1. Григорьев В.А., Гишварова А.С. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов / Под общ. Ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
2. Гуревич О.С. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями. М.: Торус Пресс, 2010. 264 с.
3. Климентовский Ю.А. Системы автоматического управления силовыми установками летательных аппаратов: Учебное пособие. Киев: Машиностроение, 2001. 400 с.
4. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / Отв. ред. И.М. Макарова; Отделение информ. технологий и вычислит. систем РАН. М.: Наука, 2006. 333 с.
5. Шевяков А.А., Мартынова В.Ю., Рутковский В.Ю. Оптимизация многомерных систем управления газотурбинных двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989. 256 с.
6. Ilyasov B.G., Saitova G.A. A systems approach to studying multi-connected automated control systems based on frequency methods // Automation and Remote Control. Vol. 3. Moscow: Russian Academy of Science, 2013. P. 456–470.
7. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
8. Тихомирова О.Г. Управление проектом: комплексный подход и системный анализ: Монография. М.: НИЦ ИНФРА, 2013. 301 с.

УДК 004.042

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-217

*Овсянникова Анна Константиновна*<sup>1</sup>,

ведущий инженер Лаборатории ПСПОД Центра НТИ, магистр;

*Макаревич Никита Сергеевич*<sup>2</sup>,

техник Лаборатории ПСПОД Центра НТИ,

студент магистратуры, бакалавр

## СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<sup>1,2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия,

<sup>1</sup> a.k.ovsyannikova@gmail.com, <sup>2</sup> nikita.makarevich@spbpu.com

**Аннотация.** Статья посвящена преимуществам использования систем автономного удалённого долговременного мониторинга различных газов для осуществления системного анализа данных. Рассмотрены области применения таких систем, требования к построению структуры, выбор технологии беспроводной передачи данных для обеспечения низкого энергопотребления.

**Ключевые слова:** непрерывный мониторинг, беспроводные датчики, концентрация газов, системный анализ данных.

*Anna Ovsyannikova*<sup>1</sup>,  
Lead Engineer the Laboratory of ISSDP of the SPbPU NTI Center,  
Master Sc;  
*Nikita Makarevich*<sup>2</sup>,  
Technician the Laboratory of ISSDP of the SPbPU NTI Center,  
Graduate Student, BSc

## DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEM USING WIRELESS TECHNOLOGIES

<sup>1,2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russia,

<sup>1</sup> a.k.ovsyannikova@gmail.com, <sup>2</sup> nikita.makarevich@spbpu.com

**Abstract.** The article is devoted to the advantages of using systems of autonomous remote long-term monitoring of various gases for the implementation of system data analysis. The areas of application of such systems, the requirements for the construction of the structure, the choice of wireless data transmission technology to ensure low power consumption are considered.

**Keywords:** continuous monitoring, wireless sensors, gas concentration, system data analysis.

### Введение

Балансируя между стремлением оставаться конкурентоспособными и необходимостью соответствовать международным стандартам безопасности повсеместно разрабатываются и внедряются, цифровые технологии: интернет вещей, 3D-моделирование, моделирование и прогнозирование на основе анализа «больших данных», нейросети, облачные и туманные вычисления, машинное обучение, компьютерная имитация на основе цифровых двойников, интеллектуальные датчики, роботизация производства, аддитивные технологии. При этом в погоне за инновациями из виду упускается системный анализ огромных объемов информации – нынешние методы организации сбора данных не позволяют обеспечить сбор/обработку/отсев данных до того момента, как они станут неактуальными [1]. Одним из таких примеров в промышленном и энергетическом комплексах является сбор данных с газовых датчиков в труднодоступных, и опасных для человека, местах. Специалистам требуется в режиме реального времени получать информацию о составе газов в местах требующих непрерывного контроля. Оптимальным решением для данной задачи является создание и внедрение систем непрерывного мониторинга газовых сред.

### Разработка системы сбора и обработки данных

#### 1. Определение требований к системе

Выбор правильной технологии беспроводной связи является ключевым проектным решением, поскольку оно определит дальнейшие возможности совместимости и расстояние надежной передачи данных.

В нашем случае приоритетной задачей является обеспечение экономичности решения, а также увеличение времени автономной работы.

Таким образом, необходимо было разработать оптимальную архитектуру комплекса, включающего систему беспроводных датчиков, а также среду передачи и обработки информации.

Наша система беспроводных датчиков предназначена для долговременного автоматического мониторинга изменения концентрации газов. Система состоит из индивидуальных датчиков в месте сбора данных, и шлюза низкопотребляющей локальной беспроводной сети – Long Range Wireless Personal Area Networks (LRWPAN) [2].

Авторами сформированы ключевые требования к системе:

1. Автоматическая работа датчика. Требуется обеспечить достаточно длительное время автономной работы с постоянной периодической отправкой результатов измерений. Следовательно, необходимо использовать только малопотребляющие микросхемы датчиков и приемопередатчика LRWPAN.

2. Простота и экономическая эффективность датчика в установке и обслуживании. Авторами для решения этой проблемы в разрабатываемой системе используется датчик в виде единого устройства.

3. Необходимость сбора необработанных данных с датчиков. В данном режиме требуется увеличенная скорость передачи данных, но снижены требования по времени автономной работы. Также для настройки датчиков требуется функция конфигурации по воздуху.

## **2. Обоснование выбора стандарта беспроводной связи и частоты передачи сигнала**

Для реализации системы датчиков с низким потреблением при постоянной периодической передаче данных с низкой интенсивностью используются специализированные стандарты беспроводной связи LRWPAN [3]. Они обеспечивают большую дальность передачи и высокую энергоэффективность (отношение переданного объема полезных данных к затраченной энергии) [4].

Ключевой характеристикой беспроводной сети является используемая частота. Для реализации системы выбрана частота 868 МГц, так как она обеспечивает более высокую пропускную способность, чем 433 МГц (это требуется для передачи необработанных данных). Также для этой частоты возможно использовать меньшие по размеру антенны, что важно для ограниченных габаритов датчиков.

Посредством LRWPAN-сети датчики объединены в беспроводную сеть передачи данных. Координатором сети выступает устройство шлюза. В данной системе узлы должны находиться в зоне действия шлюза, при этом наиболее важным показателем сети является энергопотребление конечных узлов. Для данной задачи целесообразно использовать топологию звезда.

Шлюз LRWPAN предназначен для сбора данных с газовых датчиков, передачи данных измерений в информационную систему и для управления беспроводной сетью датчиков. Передача данных в информационную систему выполняется либо посредством LAN (по Ethernet-сети), либо через сотовую сеть WWAN (3G).

### **3. Программное обеспечение системы сбора и обработки данных** Программное обеспечение шлюза выполняет следующие функции:

– сбор данных с датчиков по беспроводной сети LRWPAN в режимах передачи необработанных данных и в режиме передачи только первичных характеристик (результатов агрегации данных непосредственно на датчике);

– управление беспроводной сетью датчиков, обеспечение подключения новых датчиков, отслеживание их работы, передача конфигурационных сообщений, удаленное обновление программного обеспечения датчиков.

Модуль датчика имеет в составе SoC микросхему, которая обеспечивает передачу данных на шлюз по беспроводному LRWPAN-каналу, а также обработку и съем данных с чувствительного элемента. Обмен происходит по проприетарному протоколу TI 15.4 Stack. Выбор такой аппаратной платформы и протокола обусловлен тем, что устройство ориентировано на малое энергопотребление и продолжительную работу от аккумулятора. SoC микросхема отправляет необработанные данные в двоичном виде, то есть в виде массива байт, имеющего отдельные поля для разных значений. По запросу от SoC микросхемы с датчика считываются актуальные значения и передаются на шлюз.

Помимо данных датчик передаёт и принимает сервисные пакеты, необходимые для установления соединения и его поддержания.

Программа на шлюзе отслеживает подключенные к ней датчики, определяет новые подключения датчиков и заносит их в список устройств. Неактивные датчики, не отвечающие на сервисные сообщения, шлюз автоматически убирает из списка устройств.

Шлюз подключен к Интернету по кабелю Ethernet и отправляет (публикует) пакеты данных на удалённый mqtt-брокер. Обмен данными с сервером происходит по протоколу mqtt. Это открытый легковесный протокол, ориентированный на применение во встраиваемых системах, где есть ограничение на объём кода и пропускную способность сети. Протокол mqtt работает по принципу издатель-подписчик. Шлюз в данном случае является издателем, а подписчиком является пользователь персонального компьютера.

Помимо пакетов с данными шлюз публикует на mqtt-брокер вспомогательные сообщения. В них содержится информация о текущем со-

стоянии шлюз и о подключённых к ней датчиках. Эти сообщения публикуются в виде JSON-структур.

В момент подключения нового датчика шлюз публикует актуальный список подключённых к нему датчиков. Также он периодически публикует пакеты, отражающие его текущее состояние. В нём шлюз сообщает временную метку, свой идентификатор, время работы операционной системы, время работы процесса, количество датчиков, счётчик ошибок передачи данных, количество используемой RAM и список активных датчиков. Шлюз может отправлять в mqtt-брокер как сырые данные, так и преобразованные по алгоритму.

Таким образом, с одним сервером может одновременно связываться несколько шлюзов, к каждому из которых подключено несколько датчиков. При этом подписчику понятно, с какого именно датчика было получено каждое значение.

У пользователя есть возможность удалённо заменить прошивку на датчиках. Через графический интерфейс пользователь посылает команду обновления прошивки на сервер, в этой команде содержится имя файла необходимой прошивки. При этом файл с прошивкой должен находиться в файловой системе шлюза. Получив команду, шлюз проверяет версию прошивки на каждом из датчиков. В случае несовпадения текущей версии с необходимой, происходит обновление прошивки. Прошивка обновляется по беспроводному LRWPAN-каналу.

Для просмотра и анализа данных используется программа, написанная на языке Python, она кроссплатформенна и имеет графический пользовательский интерфейс. Она подключается к mqtt-серверу и подписывается на рассылку пакетов, приходящих от шлюза. Таким образом, можно удалённо просматривать состояние всех датчиков, причём можно делать это одновременно и независимо с нескольких персональных компьютеров.

Программа отображает в графическом интерфейсе состояние датчиков, а также выводит снятые данные в виде графика, что позволяет наблюдать за изменениями в режиме реального времени.

### **Заключение**

Использование подобных систем существенно снижает временные затраты на сбор и обработку данных об изменении концентрации различных газов. Разработанная система позволит обеспечить долговременную работу датчиков и полную автоматизации процесса мониторинга. В данной статье описан процесс выбора технологии беспроводной связи, сформулированы требования к системе сбора и обработки данных и разработан комплекс решений, реализующих технологию.

## Благодарности

Работа поддержана Проектом повышения конкурентоспособности 5-100 в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого «Разработка биофункциональных стеклообразных и композитных материалов для сенсоров носимой электроники».

## Список литературы

1. Хилл С. (Hill Sidney) Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле / Пер. В. Рентюка // ControlEngineering Россия. 2015. №4 (58). С. 58–62.
2. 802.15.4e-2012 – IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 1: MAC sub-layer // IEEE Library, 2012. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6185525> (дата обращения 25.05.2020).
3. Eskola M., Heikkilä T., Tukeva P. Deriving test procedures of Low-Rate Wireless Personal Area Networks // 2012 International Symposium on Performance Evaluation of Computer & Telecommunication Systems (SPECTS), 2012. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6267023> (дата обращения 25.05.2020).
4. Shamanna P. Simple Link Budget Estimation and Performance Measurements of Microchip Sub-GHz Radio Modules // Microchip Technology Inc., 2013. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00001631A.pdf> (дата обращения 25.05.2020).

УДК 656.13.658

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-218

*Кирильчук Ираида Олеговна*<sup>1</sup>,

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедры охраны труда и окружающей среды;

*Иорданова Анастасия Владимировна*<sup>2</sup>,

аспирант кафедры охраны труда и окружающей среды

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

<sup>1,2</sup> Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия,  
<sup>1</sup> iraida585@mail.ru, <sup>2</sup> asy.gnezdilova@yandex.ru

*Аннотация.* В статье представлены особенности разработки элементов информационно-аналитической системы управления охраной окружающей среды (ИАС УООС) на предприятиях нефтегазового комплекса (НГК). Для проведения первичного анализа и описания укрупненных процессов управления природоохранной деятельностью применяется подход, предложенный Дж. Захманом. Применение модели Захмана обеспечивает комплексную формализацию процессов охраны окружающей среды и описание их с помощью различных представлений. Разработанная авторами матрица модели Захмана может быть полезна для выявления