

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ НАНОСЕТЯХ

Е. А. Кузнецова¹, В. А. Кулик^{1*}, М. В. Захаров¹, Р. В. Киричек¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: vslav.kulik@gmail.com

Аннотация

В последнее десятилетие в связи с популяризацией концепции Интернета вещей и повсеместного увеличения количества устройств, подключенных к беспроводной сети, возникает задача организации сетей, в которых передача информации может осуществляться иными способами, например, при помощи перемещения микрочастиц вещества. **Предмет исследования.** Статья посвящена разработке архитектуры программно-аппаратного комплекса для измерения и сбора различных показателей воздуха окружающей среды посредством технологий Интернета Вещей и исследуются проблемы, возникающие при его применении в молекулярных наносетях. **Метод.** Рассмотрена архитектура разработанной модельной сети. Проведены эксперименты, позволившие сравнить, при каких условиях лучше принимается информация, и какое вещество подходит для передачи информации. **Основные результаты.** Разработан программно-аппаратный комплекс для приема-передачи информации в молекулярных наносетях. Проведен эксперимент по возможности приема информации и преобразования её в цифровой вид, с помощью разработанной модельной сети. **Практическая значимость.** Разработанная модельная сеть может быть использована для дальнейшего анализа трафика.

Ключевые слова

Интернет Вещей, IoT, молекулярные наносети, летучие органические вещества.

Информация о статье

УДК 004.716

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 15.11.2018, принята к печати 03.12.2018.

Ссылка для цитирования: Кузнецова Е. А., Кулик В. А., Захаров М. В., Киричек Р. В. Разработка и исследование программно-аппаратного комплекса для приема-передачи информации в молекулярных наносетях // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 4. С. 45–52.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR RECEPTION AND TRANSMISSION OF INFORMATION IN MOLECULAR NANO-NETS

E. Kuznetsova¹, V. Kulik^{1*}, M. Zakharov¹, R. Kirichek¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: vslav.kulik@gmail.com

Abstract—In the past decade, in connection with the popularization of the concept of the Internet of Things and the ubiquitous increase in the number of devices connected to a wireless network, there is the task of organizing networks in which information can be transferred in other ways, for example, by moving the substance microparticles. **Research subject.** The article is devoted to the development of the architecture of a software and hardware complex for measuring and collecting various indicators of the air environment through the Internet of Things technology and examines the problems arising from its application in molecular networks. **Method.** The architecture of the developed model network is considered. Experiments have been carried out that made it possible to compare under what conditions information is best received, and which substance is suitable for transmitting information. **Core results.** Has been developed a software and hardware complex for receiving and transmitting information in molecular nanonetworks. An experiment was conducted on the possibility of receiving information and transforming it into a digital form, using the developed model network. **Practical relevance.** The developed model network can be used for traffic analysis.

Keywords—Internet of Things, IoT, molecular nano-nets, volatile organic compounds.

Article info

Article in Russian.

Received 15.11.2018, accepted 03.12.2018.

For citation: Kuznetsova E., Kulik V., Zakharov M., Kirichek R.: Development and Research of the Software and Hardware Complex for Reception and Transmission of Information in Molecular Nano-Nets // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 4. pp. 45–52. (in Russian).

Введение

В последнее десятилетие количество устройств, подключенных к беспроводной сети, непрерывно увеличивается. В основе данного явления лежит активное развитие информационных технологий и телекоммуникаций, в частности таких направлений, как Интернет Вещей (ИВ) и сети связи IMT-2020/5G [1, 2, 3]. Одним из потенциально наиболее перспективным направлений, в рамках развития технологий Интернета Вещей, являются медицинские сети, исследования которых продолжаются в рамках концепции Интернета Нановещей (ИН) [4]. Решения, предлагаемые в ИН, предполагают, что сетевые устройства будут располагаться в различных нестандартных средах, например, в рамках медицинского ИН предполагается, что устройства связи будут функционировать внутри человеческого организма [5]. В настоящее время ведется ряд исследований по возможности передачи информации от таких устройств с помощью беспроводных систем связи, функционирующих в субтеррагерцовом диапазоне. В качестве альтернативного

решения проводятся исследования возможности передачи данных при помощи специальных устройств, отвечающих за прием и передачу информации, при помощи распределенных в среде передачи данных органических или неорганических молекул. Такие сети получили название «молекулярные наносети».

Наиболее реальные возможности имеют молекулярные наносети, построенные на основе передачи информации с помощью феромонов пыльцы и спор растений, так как в таких сетях информация может передаваться на метры и более. Однако для передачи информации можно использовать не только феромоны, но и спирты, углеводороды или химические соединения, обладающие низкой температурой кипения и свойством летучести. Одной из самых сложных проблем в создании молекулярных наносетей является создание приемника феромонов или псевдоферомонов, пригодного к достаточно широкому использованию [6].

Архитектура модельной сети

Для исследования данной проблемы авторы предлагают архитектуру модельной сети, обеспечивающую преобразование летучих органических соединений в цифровую информацию, для дальнейшей обработки и анализа. На рис. 1. представлена данная модельная сеть, которая состоит из: клиента, собирающего показатели окружающей среды и выполняющего роль приемника в молекулярных сетях, беспроводного маршрутизатора IEEE 802.11n, устройства перехвата и анализа трафика, и сервера для хранения и дальнейшего анализа данных.



Рис. 1. Архитектура модельной сети

Для аппаратного обеспечения клиента была использована плата NodeMCU ESP8266, которую удобно использовать в проектах для передачи сигнала в локальную сеть или интернет через Wi-Fi [7]. Для сбора показателей окружающей среды был выбран датчик качества воздуха sjmcsi-811, который измеряет три параметра: концентрацию углекислого газа (CO₂), концентрацию летучих органических соединений (TVOC) и температуру окружающей среды. Датчик качества воздуха имеет два сигнальных выхода (SDA и SCL), которые подключаются к выходам SPI на плате, как это показано на рис. 2.

Для программного обеспечения клиента была использована среда разработки Arduino IDE и язык программирования Arduino Processing. В качестве программного обеспечения сервера был выбран язык программирования JavaScript (NodeJS), который хорошо подходит для реализации серверных приложений и приложений для взаимодействия с БД. В качестве СУБД использовалась MongoDB.

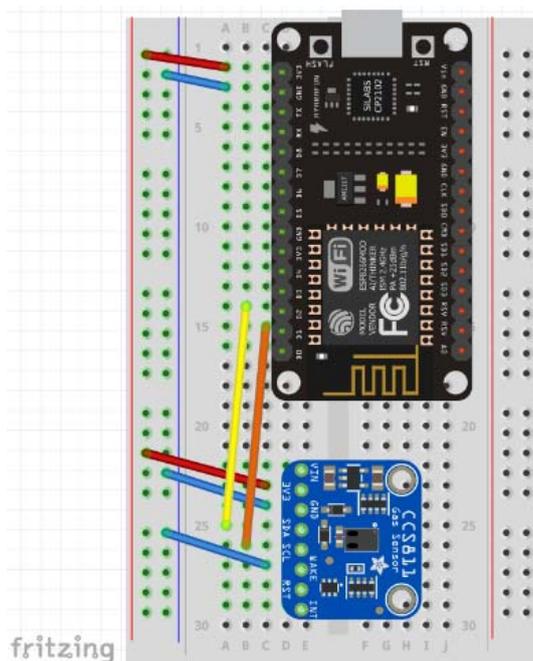


Рис. 2. Структурная схема подключения периферийных устройств к контроллеру

На рис. 3 приведена схема взаимодействия между клиентом, сервером и СУБД.

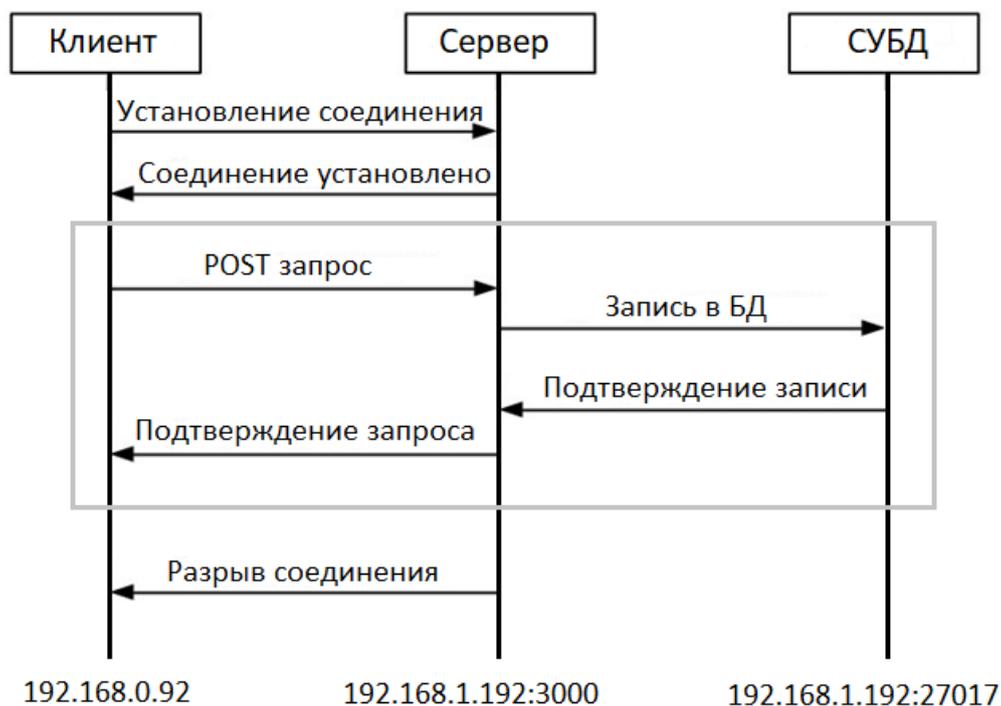


Рис. 3. Общая схема сетевого взаимодействия модельной сети

Устройством перехвата и анализа трафика служит персональный компьютер с двумя сетевыми интерфейсами и установленная на нем программа-анализатор трафика Wireshark, с помощью которого были получены параметры задержек

и качества обслуживания (QoS) для разработанной модельной сети [8]. В результате анализа данных, проведенных при помощи приложения Microsoft Excel, были получены следующие значения для каждого из приведенных параметров: средняя величина, среднее квадратичное отклонение, доверительное отклонение и доверительный интервал. Для расчета данных показателей был выбран доверительный уровень 95 %. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица.

Оценка параметров QoS

	Средняя величина	Ср. квадр. отклонение	Доверительное отклонение	Доверительный интервал
Задержки (50 измерений), мкс	70,46	14,05	3,89	70,46 ± 3,89
Размер пакетов (150 измерений), байт	209,34	53,88	8,62	209,34 ± 8,62
Пропускная способность (150 измерений), байт/с	958,03	432,45	69,21	958,03 ± 69,2

Тестирование клиентского устройства

На разработанной модельной сети были проведены эксперименты по анализу концентрации летучих органических веществ в окружающей среде с помощью разработанной модельной сети. В качестве веществ использовались: духи с феромонами и инсектицидный порошок от муравьев, который содержит молекулы вещества, приманивающего насекомых к порошку.

Сначала были собраны данные в ходе трех экспериментов (с воздействием духов, порошка и без воздействия). При первом испытании исследовалось воздействие окружающей среды в помещении на результаты измерения показателей окружающего воздуха. В данном испытании проводилось сравнение показаний датчика в изолированной среде (коробка), так и без нее (открытая среда в помещении). На рис. 4. можно увидеть собранные данные о концентрации летучих органических веществ (TVOC) в окружающей среде для духов с феромонами в коробке и без неё. По результатам данного испытания было принято решение о проведении дальнейших работ только в изолированной среде.

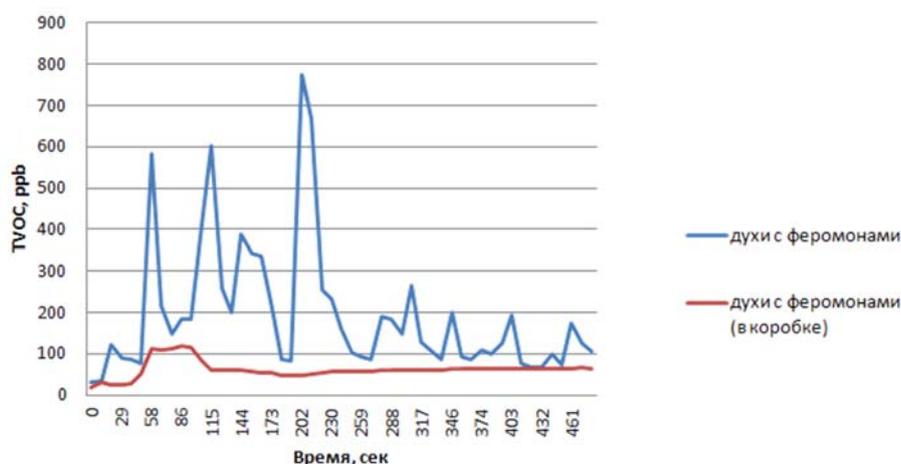


Рис. 4. Сравнение данных собранных в изолированной системе и без

На рис. 5. отображены значения концентрации летучих органических веществ в изолированной системе под воздействием разных веществ.

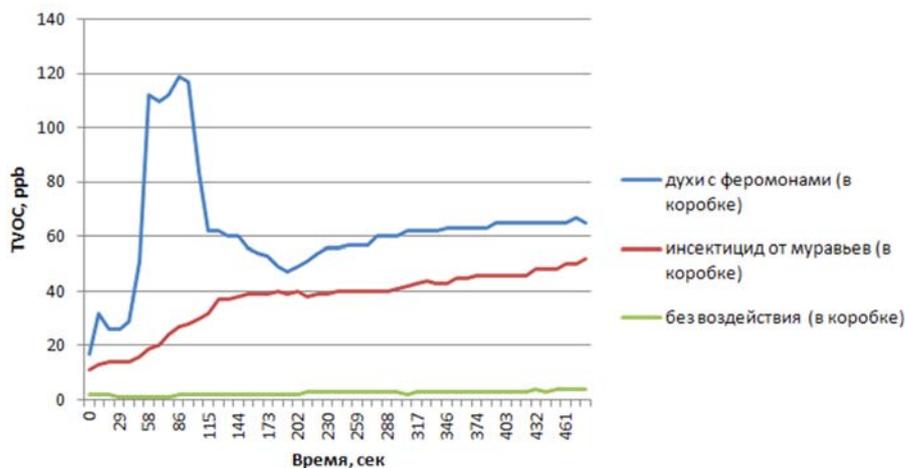


Рис. 5. Параметры летучих органических веществ в изолированной системе

На графике можно увидеть, что линия, на которой отображены показания датчика от воздействия духов с феромонами, описывающая значения концентрации органических молекул в изолированной среде, резко возрастает в самом начале, что доказывает быстрое испарение жидкости после ее первичного нанесения. В дальнейшем линия постепенно растет, так как в закрытом пространстве постепенно увеличивается концентрация органических веществ. На графике можно увидеть, что линия, на которой отображены показания датчика от воздействия инсектицида от муравьев, описывающая значения концентрации органических молекул в изолированной среде, возрастает постепенно, без резких всплесков, так как порошкообразное вещество медленнее выделяет летучие соединения и заполняет пространство коробки.

Выводы

В ходе исследования был разработан и успешно испытан программно-аппаратный комплекс для анализа концентрации органических веществ в окружающей среде. Разработанная модельная сеть может быть использована для дальнейшего анализа трафика в молекулярных сетях. Проведённые эксперименты показали, что более достоверные данные получаются в изолированной от воздействия окружающей среды системе.

В дальнейшем предлагается:

1. Создать изолированный от воздействия окружающей среды испытательный стенд.
2. Исследовать корреляцию между скоростью увеличения концентрации органических молекул и типом органического вещества.
3. Определить наиболее подходящее органическое вещество для организации канала приема-передачи данных.

Литература

1. Кучерявый А. Е. Интернет вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.

2. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 312 с.
3. Волков А. Н., Мутханна А. С. А., Пирмагомедов Р. Я. Наносети как одно из проявлений IMT-2020 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 3. С. 14–22.
4. Пирмагомедов Р. Я., Худоев И. В. Обзор тенденций развития наносетевых технологий в медицине // V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». 2016. С. 508–512.
5. Аль-Коли М. М. А., Пирмагомедов Р. Я. Обеспечение функциональности нано-сенсорных узлов, находящихся внутри тела человека // Десятый Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах». 2016. С. 5–7.
6. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 160 с.
7. Кулик В. А., Фам В. Д., Киричек Р. В. Шлюз для подключения и Управления IoT-устройствами на базе WiFi-модуля NodeMCU // 2-я Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Интернет Вещей и 5G» (INTHITEN). 2016. С. 26–30.
8. Власенко Л. В., Кулик В. А., Киричек Р. В. Требования к производительности семантических шлюзов для различных услуг в гетерогенных сетях // 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. 2017. С. 215–217.

References

1. Koucheryavy, A. E. Internet of Things // *Elektrosvyaz*. 2013. No. 1. Pp. 21–24.
2. Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V., Koucheryavy, E. A. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich, 2011. 312 p.
3. Volkov, A., Muthanna, A., Pirmagomedov, R. Nanonetwork as One of IMT-2020 Implementation // *Telecom IT*. 2017. Vol. 5. Iss. 3. pp. 14–22 (in Russian).
4. Pirmagomedov, R., Hudoev, I. Overview of Trends of Neural Network Technology in Medicine // V International Scientific-Technical and Scientific-Methodical Conference "Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education". 2016. pp. 508–512.
5. Al-Koli, M. M. A., Pirmagomedov, R. Ya. Ensuring the Functionality of Nano-Sensory Nodes Inside the Body // Tenth All-Russian Forum of Students, Postgraduates and Young Scientists "Science and Innovations in Technical Universities". 2016. pp. 5–7.
6. Goldstein, B. S., Koucheryavy, A. E. Post-NGN Communication Networks. SPb.: BHV-Peterburg, 2014. 160 p.
7. Kulik, V. A., Pham, V. D., Kirichek, R. V. Gateway for Connection and Control of IOT-Based on Device WiFi Module NodeMCU // 2nd Young Researchers International Conference on the INternet of THings and ITs Enablers "IoT and 5G" (INTHITEN). 2016. pp. 26–30.
8. Vlasenko, I. V., Kulik, V. A., Kirichek, R. V. Performance Requirements for Semantic Gateways for Various Services in Heterogeneous Networks // 72nd All-Russian Scientific-Technical Conference, Dedicated to the Day of Radio. 2017. pp. 215–217.

**Кузнецова
Екатерина Александровна**

– магистр, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, cotti31@gmail.com

Кулик Вячеслав Андреевич

– ассистент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, vslav.kulik@gmail.com

Захаров Максим Валерьевич

– старший преподаватель, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
zaharov.spbgut@gmail.com

Киричек Руслан Валентинович

– доктор технических наук, доцент, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
kirichek@sut.ru

- Kuznetsova Ekaterina*** – Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, cotti31@gmail.com
- Kulik Viacheslav*** – Assistant, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, vslav.kulik@gmail.com
- Zakharov Maxim*** – Senior Lecturer, SPbSUT, St.Petersburg, 193232, Russian Federation zaharov.spbgut@gmail.com
- Kirichek Ruslan*** – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru