

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕТЕВЫХ IP-ШЛЮЗОВ НА ОСНОВЕ ОДНОПЛАТНЫХ МИКРОКОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ УМНОГО ДОМА

С. С. Владимиров^{1*}, А. А. Аверьянов¹, Р. В. Куражев¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: vladimirov.opds@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования. Статья представляет анализ использования существующих бюджетных вариантов реализации сети умного дома на базе серийно выпускаемого оборудования. Рассматривается вариант использования одноплатного микрокомпьютера в качестве управляющего маршрутизатора сети умного дома с организацией шлюзов на базе малогабаритных сетевых модулей. **Метод.** Проведена оценка пропускной способности с использованием генератора трафика iperf. **Основные результаты.** Получены результаты нагрузочного тестирования микрокомпьютеров OrangePi R1 и Hi-Link HLK-RM04. **Практическая значимость.** Предложено комплексное решение построения сети умного дома с ядром на базе одноплатного микрокомпьютера с модулями расширения и организацией отдельно управляемых функциональных сегментов сети на основе модулей HLK-RM04.

Ключевые слова

IEEE 802.11, требования, радиопокрытие, стратегии радиопокрытия, Wi-Fi, высокая плотность пользователей.

Информация о статье

УДК 004.382.7, 004.715

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 01.06.19, принята к печати 03.09.18.

Ссылка для цитирования: Владимиров С. С., Аверьянов А. А., Куражев Р. В. Анализ производительности сетевых IP-шлюзов на основе одноплатных микрокомпьютеров для задач умного дома // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 3. С. 64–72.

NETWORK PERFORMANCE ANALYSIS OF IP GATEWAYS BASED ON SINGLE-BOARD MICROCOMPUTERS FOR SMART HOME TASKS

S. Vladimirov^{1*}, R. Kurazhev¹, A. Averyanov¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: vladimirov.opds@gmail.com

Abstract—Research subject. The article presents an analysis of the use of existing budgetary implementation of a smart home network based on serially produced equipment. We consider the use of a single-board microcomputer as the controlling router of a smart home network with the organization of additional local gateways based on small-size network modules. **Method.** Estimation of channel capacity using the iperf traffic generator. **Core results.** The results of load testing of OrangePi R and Hi-Link HLK-RM04 microcomputers. **Practical relevance.** We propose a comprehensive solution for building a smart home network with a core based on a single-board microcomputer with expansion modules and organization of separately managed functional network segments based on HLK-RM04 modules.

Keywords— Network gateway, IP gateway, smart home, OrangePi R1 microcomputer, Hi-Link HLK-RM04 module, iperf traffic generator.

Article info

Article in Russian.

Received 01.06.18, accepted 03.09.18.

For citation: Vladimirov S., Kurazhev R., Averyanov A.: Network Performance Analysis of IP Gateways Based on Single-Board Microcomputers for Smart Home Tasks // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 3. pp. 64–72 (in Russian).

Введение

На современном этапе развития инфокоммуникационных технологий термин «умный дом» прочно закрепился в умах пользователей как полезная, но сложная система, управляющая жилым помещением [1, 2, 3]. При этом далеко не каждый пользователь задумывается о том, что его собственное жилье уже обладает частью функций умного дома в его традиционном представлении. Многие пользователи сети Интернет имеют дома не одно, а несколько устройств, таких как персональные компьютеры, ноутбуки, планшеты, смартфоны, «умные» телевизоры, сетевые принтеры, которые объединены в локальную компьютерную IP-сеть, подключенную к глобальной сети Интернет посредством сетевого шлюза или маршрутизатора. Именно эти, объединенные в единую сеть и имеющие выход в Интернет устройства и образуют элементы управляемой сети умного дома, взаимодействуя друг с другом. Например, телевизор, подключенный к домашней сети, может быть удалённо запущен с помощью специального приложения со смартфона, а сетевой принтер позволяет печатать документы с любого компьютера, планшета или смартфона в сети. При этом задачи управления этой сетью как правило возлагаются именно на маршрутизатор, являющийся центром ло-

кальной компьютерной сети. Маршрутизаторы, обладающие расширенным функционалом, также могут быть использованы в качестве сетевого хранилища, веб-сервера, почтового сервера и т. д.

Вопрос построения локальной компьютерной сети сам по себе нетривиален, поскольку не всегда получается разместить объединяемые в сеть устройства так, чтобы и пользоваться ими было удобно, и одновременно подключение их к сети было надежным и вписывалось в интерьер помещений. Одни устройства подключаются с помощью сетевого кабеля, но затраты на его прокладку порой сопоставимы со стоимостью этого устройства. Другие устройства подключаются только посредством Wi-Fi, но большое количество препятствий на пути распространения сигнала сильно ухудшает качество соединения. Выходом из подобных ситуаций служит дополнительный сетевой шлюз, который позволяет не только расширить покрытие домашней IP-сети для присоединения большего числа устройств и улучшить качество соединения, но также сформировать отдельные подсети, в том числе и Wi-Fi.

Современный рынок домашнего сетевого оборудования перенасыщен устройствами, в большинстве случаев обладающими низким соотношением функционала к цене. Такие устройства называются SOHO-роутерами или же домашними маршрутизаторами. Многие из них обладают неоправданно высокой стоимостью, но при этом за счёт увеличенных возможностей могут реализовывать дополнительные функции. При этом, многие пользователи не будут использовать заложенный в них функционал, иногда даже не зная о нём, а разного уровня «продвинутые» пользователи, которых может интересовать возможность реализации контроллера умного дома будут ограничены малым (как правило) числом дополнительных интерфейсов и ограниченными возможностями по модернизации. С другой стороны, существует множество бюджетных и простых вариантов сетевых шлюзов/маршрутизаторов, которые обладают недостаточной производительностью и функционалом для своей стоимости, а также не всегда отличаются надежностью. Такие устройства можно использовать в роли шлюза, например, для подключения пользовательского устройства, не имеющего беспроводного интерфейса. Однако, они как правило имеют значительные габариты и избыточны для столь простой задачи.

В последнее время получили бурное развитие одноплатные микрокомпьютеры, обладающие малыми размерами, достойной производительностью и справедливой для их возможностей стоимостью, сравнимой с многими бюджетными образцами готовых устройств. При этом, производительность одноплатных компьютеров как правило заметно выше. Подобные микрокомпьютеры, имеющие на плате два или более порта Ethernet, могут использоваться в качестве маршрутизаторов. В силу гибкости платформы (в частности возможности беспрепятственной установки различных основанных на Linux операционных систем), данные устройства имеют возможность реализации некоторых сервисов и функций, не доступных на SOHO устройствах той же ценовой категории. Некоторые необходимые и полезные функции в принципе не реализуемы на готовых SOHO устройствах из-за их конструкции и отсутствия специализированных интерфейсов, но в свою очередь могут быть добавлены на большинство представленных на рынке микрокомпьютеров путем плат расширения. Подобные одноплатные микроком-

пьютеры допускают использование в качестве универсального устройства, соединяющего в себе функционал маршрутизатора, контроллера умного дома и, благодаря наличию дополнительных интерфейсов, контроллера сенсорной сети, подключаемой непосредственно к маршрутизатору [3]. В роли такого универсального устройства может выступать рассматриваемый в данной работе микрокомпьютер OrangePi R1¹.

Задача реализации сетевого шлюза для подключения отдельных устройств может быть решена посредством специализированных одноплатных модулей, таких как модуль маршрутизатора Hi-Link HLK-RM04². В отличие от типовых бюджетных SOHO маршрутизаторов он имеет небольшие размеры, может быть непосредственно размещен на самом обеспечиваемом устройстве умного дома и способен от него же получать питание.

В статье проводится исследование возможности использования одноплатных микрокомпьютеров OrangePi R1 и Hi-Link HLK-RM04 для развертывания локальной компьютерной сети с точки зрения обеспечения необходимой пропускной способности.

Краткое описание рассматриваемых одноплатных микрокомпьютеров

Одноплатный микрокомпьютер OrangePi R1 разрабатывается компанией Shenzhen Xunlong Software³ и является продуктом с открытыми аппаратными спецификациями. Он работает под управлением открытых операционных систем на основе ядра GNU/Linux, таких как Armbian и OpenWRT. Результаты тестирования, приведенные в данной статье, получены при использовании ОС Armbian, обеспечивающей большой функционал и гибкость настроек.

Модуль HLK-RM04 компании Hi-Link работает под управлением ОС (прошивки), предустановливаемой производителем и обеспечивающей управление всем необходимым функционалом.

Основные характеристики этих сетевых устройств приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1.
Основные характеристики рассматриваемых одноплатных микрокомпьютеров

Параметр	OrangePi R1	Hi-Link HLK-RM04
Процессор	Allwinner H2 (Quad)	Ralink RT5350
Тактовая частота	1,2 ГГц	360 МГц
ОЗУ	256 МБ	32 МБ
ПЗУ	16 МБ + MicroSD до 32 ГБ	8 МБ
Порты Ethernet	2×100Base-TX (LAN+WAN)	2×100Base-TX (LAN+WAN)
Wi-Fi	1×802.11b/g/n 2,4 ГГц	1×802.11b/g/n 2,4 ГГц
Дополнительные интерфейсы	2×USB + 26pin GPIO	UART (RS-232)

1 Orange Pi. URL: <http://www.orangepi.org/>

2 Hi-Link. URL: <http://www.hlktech.net/>

3 <http://www.xunlong.tv/>

Структура сети умного дома на основе одноплатных микрокомпьютеров

Рассмотрим возможную структуру локальной сети умного дома, построенной на основе одноплатных компьютеров.

В качестве примера возьмем сеть, реализуемую для трехкомнатной квартиры, состоящей из двух жилых комнат, общего зала и кухни. Схема такой сети показана на рис. 1.

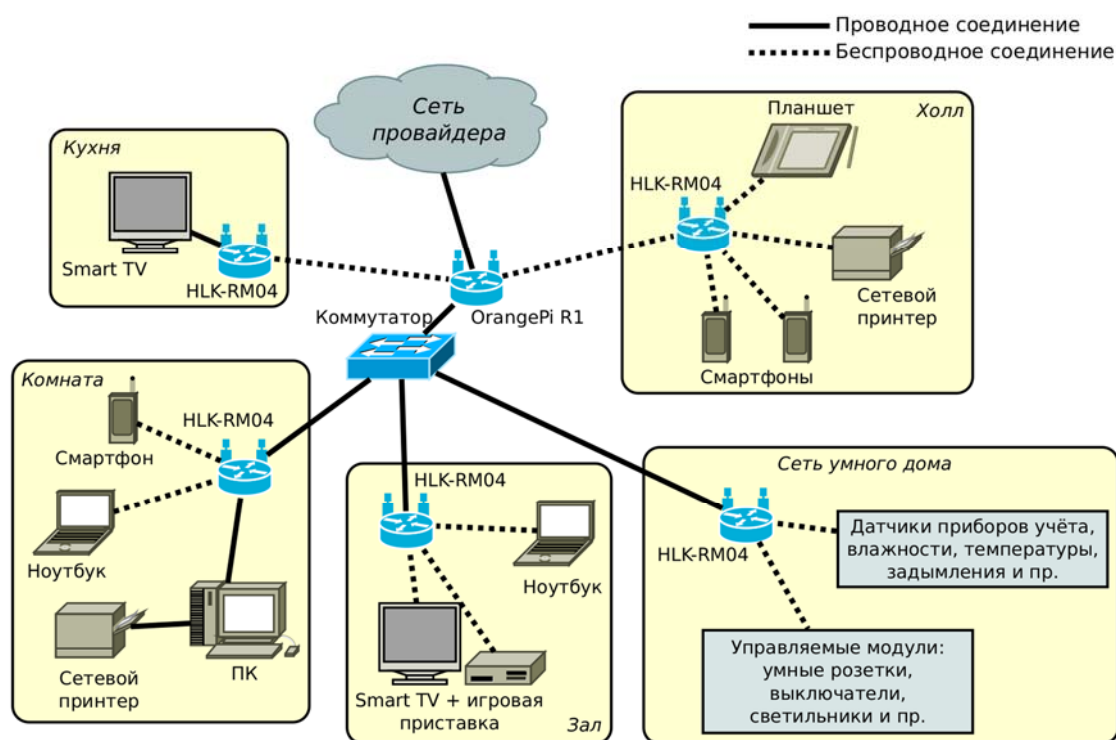


Рис. 1. Схема сети умного дома на базе одноплатных компьютеров OrangePi R1 и Hi-Link HLK-RM04

Микрокомпьютер Orange Pi R1 выполняет роль центрального маршрутизатора проводной и беспроводной сетей, работая в связке с коммутатором, имеющим необходимое количество портов Ethernet. Модули Hi-Link HLK-RM04 работают в роли расширителей беспроводной сети и сетевых шлюзов между проводным и беспроводным участками сети, а также обеспечивают работу сенсорной сети и сети управления умного дома, для которых выделены отдельные беспроводные сети, работающие на каналах, не пересекающихся с пользовательской Wi-Fi сетью.

Для того, чтобы оценить, насколько эффективно рассматриваемые микрокомпьютеры способны выполнять данную функцию, было проведено тестирование их пропускной способности.

Стенд для тестирования пропускной способности микрокомпьютеров

Для тестирования пропускной способности микрокомпьютеров был собран тестовый стенд, состоящий из двух персональных ЭВМ, содержащих сетевую

карту Ethernet 100Base-TX/1000Base-T и беспроводную сетевую карту 802.11b/g/n, работающую в диапазоне 2,4 ГГц.

Для проведения нагрузочного тестирования микрокомпьютеров был использован свободный сетевой анализатор (генератор трафика) iperf [4].

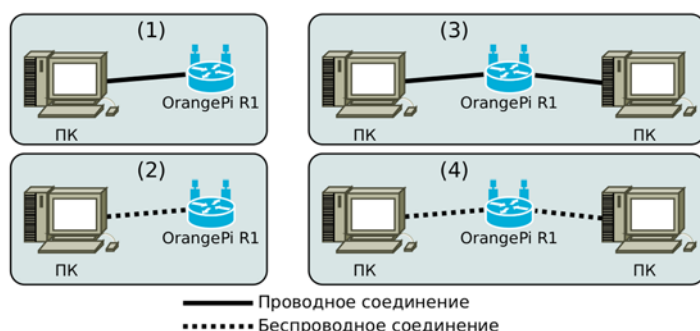


Рис. 2. Схемы сценариев тестирования OrangePi R1

3. ЭВМ – OrangePi R1 – ЭВМ (проводное соединение).

4. ЭВМ – OrangePi R1 – ЭВМ (беспроводное соединение).

Схемы сценариев тестирования Orange Pi R1 приведены на рис. 2.

Для тестирования модуля Hi-Link HLK-RM04, выполняющего роль расширителя беспроводной сети или сетевого шлюза Ethernet–Wi-Fi были выбраны соответствующие сценарии тестирования:

Для тестирования модуля Hi-Link HLK-RM04, выполняющего роль расширителя беспроводной сети или сетевого шлюза Ethernet–Wi-Fi были выбраны соответствующие сценарии тестирования:

1. ЭВМ – HLK-RM04 – ЭВМ (проводное соединение).

2. ЭВМ – HLK-RM04 – ЭВМ (беспроводное соединение).

3. ЭВМ (проводное соединение) – HLK-RM04 – ЭВМ (беспроводное соединение).

Схемы сценариев тестирования Hi-Link HLK-RM04 приведены на рис. 3.

Тестирование проводилось в реальных условиях домашней локальной сети в квартире многоквартирного дома, что обеспечило сложную помеховую обстановку от большого количества беспроводных Wi-Fi сетей, работающих в диапазоне 2,4 ГГц.

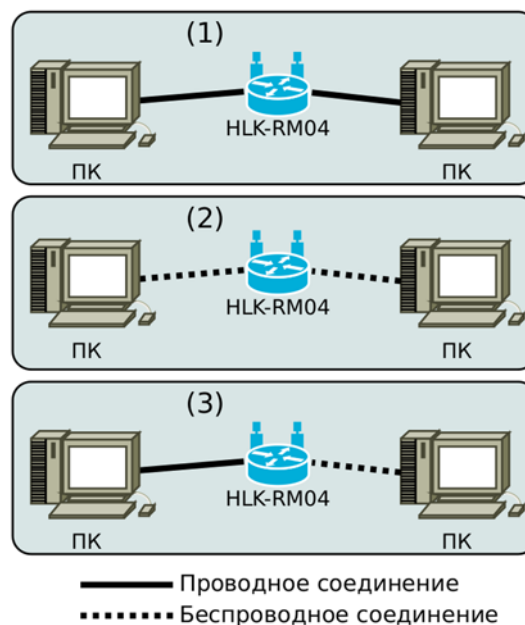


Рис. 3. Схемы сценариев тестирования Hi-Link HLK-RM04

Результаты тестирования пропускной способности микрокомпьютеров

Предварительно, для определения необходимой длительности тестирования авторами было проведено соответствующее исследование, показавшее, что для проверки пропускной способности соединения достаточно провести

нагрузочный тест длительностью 15 минут. Все приведенные далее результаты получены именно при таком тестировании.

Для примера на рис. 4 показаны графики нагрузочного тестирования микрокомпьютера OrangePi R1 для 10 одновременных TCP-соединений в сценарии тестирования «ЭВМ — OrangePi R1 — ЭВМ» при проводном подключении по технологии 100Base-TX, а на рис. 5 приведены аналогичные графики для случая беспроводного соединения по технологии 802.11g.

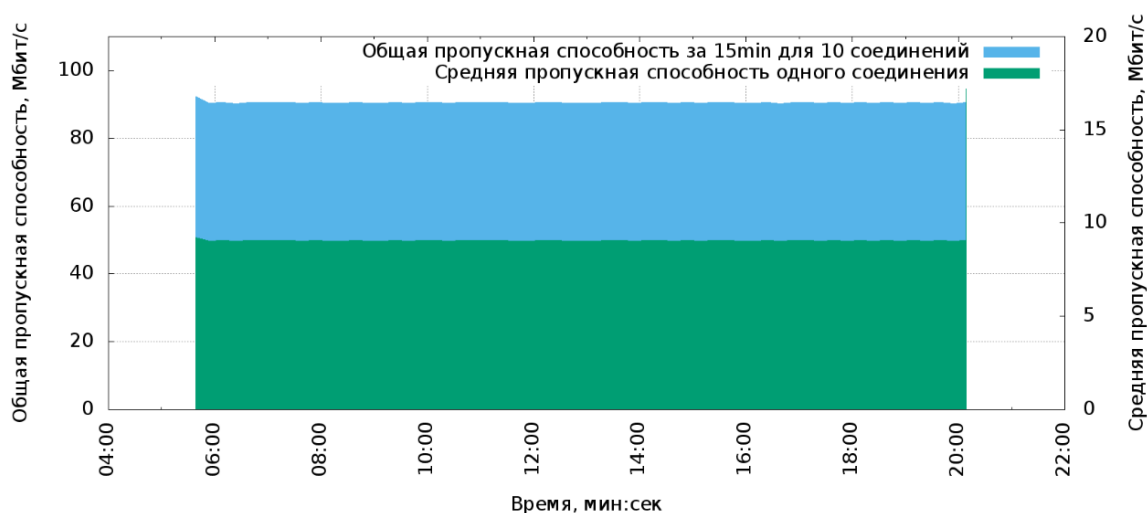


Рис. 4. Результаты тестирования OrangePi R1 для 10 одновременных TCP-соединений в сценарии тестирования «ЭВМ — OrangePi R1 — ЭВМ» при проводном подключении по технологии 100Base-TX

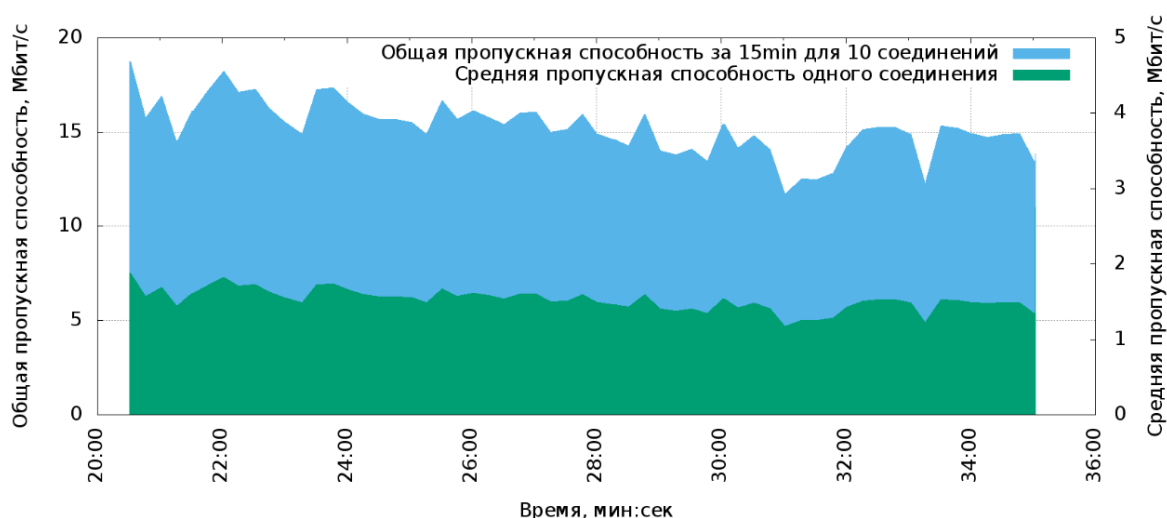


Рис. 5. Результаты тестирования OrangePi R1 для 10 одновременных TCP-соединений в сценарии тестирования «ЭВМ — OrangePi R1 — ЭВМ» при беспроводном подключении по технологии 802.11g

Итоговые результаты тестирования рассматриваемых сетевых устройств сведены в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты тестирования пропускной способности
микрокомпьютера OrangePi R1 и модуля Hi-Link HLK-RM04

Параметр	OrangePi R1	Hi-Link HLK-RM04
Средняя пропускная способность при проводном соединении по технологии 100Base-TX, Мбит/с	90	90
Средняя пропускная способность при беспроводном соединении по технологии 802.11g, Мбит/с	15–35 (в зависимости от числа соединений и сценария тестирования)	15–18 (в зависимости от числа соединений и сценария тестирования)

Максимальная загрузка центрального процессора микрокомпьютера OrangePi R1 во время проведения тестирования не превышала 20 % с учётом одновременно работающих системных служб.

Необходимо отметить, что модуль HLK-RM04 тестировался для случая использования встроенной антенны. При использовании внешней антенны реальная пропускная способность может быть выше полученной.

Заключение

Полученные результаты показывают, что рассмотренные устройства могут быть использованы в качестве маршрутизаторов или сетевых шлюзов при построении гетерогенной сети умного дома. Обеспечиваемая ими пропускная способность соответствует используемым сетевым технологиям, а вычислительные возможности микрокомпьютера OrangePi R1 позволяют реализовать на нем дополнительные сервисы, в частности сервис контроллера умного дома.

Литература

1. Sripan M., Lin X., Petchlorlean P., Ketcham M. Research and Thinking of Smart Home Technology // International Conference on Systems and Electronic Engineering (ICSEE'2012), December 18-19, 2012, Phuket, Thailand. 2012. pp. 61–63.
2. Badica C., Brezovan M., Badica A. An overview of smart home environments: Architectures, technologies and applications // CEUR Workshop Proceedings. 2013. pp. 78–85.
3. Bhardwaj P., Manchanda P., Chahal P., Chaudhary P., Singh R. A Review Paper on Smart Home Automation // International Journal of Scientific Research and Management Studies. 2017. Vol. 3. Iss. 7. pp. 279–283.
4. Кулик В. А., Киричек Р. В., Бондарев А. Н. Методы исследования беспроводных каналов связи Интернета Вещей в условиях совместной работы // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 1. С. 106–114. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/1-15.pdf>

References

1. Sripan, M., Lin, X., Petchlorlean, P., Ketcham, M. Research and Thinking of Smart Home Technology // International Conference on Systems and Electronic Engineering (ICSEE'2012), December 18–19, 2012, Phuket, Thailand. 2012. pp. 61–63.
2. Badica, C., Brezovan, M., Badica, A. An overview of smart home environments: Architectures, technologies and applications // CEUR Workshop Proceedings. 2013. pp. 78–85.
3. Bhardwaj, P., Manchanda, P., Chahal, P., Chaudhary, P., Singh, R. A Review Paper on Smart Home Automation // International Journal of Scientific Research and Management Studies. 2017. Vol. 3. Iss. 7. pp. 279–283.

4. Kulik, V. A., Kirichek, R. V., Bondarev, A. N. Research Methods Wireless Channel of Internet of Things in other Networks Interference // Telecom IT, 2015. No. 1. pp. 106–114. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/1-15.pdf>.

- Владимиров Сергей Сергеевич*** – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, vladimirov.opds@gmail.com
- Аверьянов Антон Александрович*** – студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, aenye.aaa@yandex.ru
- Куражев Роман Викторович*** – студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, romankurazhev@gmail.com
- Vladimirov Sergey*** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, vladimirov.opds@gmail.com
- Averyanov Anton*** – student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, aenye.aaa@yandex.ru
- Kurazhev Roman*** – student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, romankurazhev@gmail.com