

Ромасевич Е.П., Пасюк А.О.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАФИКА БЕСПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ*

АННОТАЦИЯ

В статье описывается современное состояние развития Интернета вещей, его архитектур, технологий и протоколов. Исследуется трафик беспроводных устройств при передаче данных датчиков на сервер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Интернет вещей; WiFi; беспроводные устройства.

Egor Romasevich, Alexey Pasyuk

Volgograd State University, Volgograd, Russia

RESEARCH OF THE TRAFFIC OF THE WIRELESS DEVICES IN THE GROWTH OF THE INTERNET OF THINGS

ABSTRACT

In the article the current state of development of the Internet of Things, its architectures, technologies and protocols are described. Traffic wireless transmission of sensor data to the server is investigated.

KEYWORDS

Internet of Things; IoT; WiFi; wireless devices, sensors.

Уже завтра множество датчиков и устройств позволят людям взаимодействовать с окружающей их средой, позволяя компаниям предлагать по запросу услуги «реального мира», представляя этот «мир» в виде цифровых значений.

Каждый день дома, на работе, в движении, удалённых местах или где-либо ещё люди пользуются устройствами, использующими M2M (machine-to-machine) соединения. Примером могут служить ключи от автомобиля, наручные часы, синхронизирующиеся с телефоном, телефон, который передаёт предпочтения пользователя на телевизор. Более того, сейчас человек оперативно получает данные с медицинских датчиков, пользуется интерактивными гидами и множеством других сервисов.

Существующие сети проектировались для доставки различных видов пакетов и типов данных. Однако в скором времени может возникнуть потребность в создании новых типов устройств и приложений [1].

Условно можно разделить Интернет вещей (ИВ, Internet of Things, IoT) на промышленный и бытовой. Промышленный ИВ является неким развитием автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП). Примером может служить автомобиль, данные о состоянии узлов которого собираются и отправляются в сервисный центр, а при необходимости замены, формируется заказ на выпуск, сервисный центр получает детали, а владелец информацию о необходимости замены [2].

Под бытовым Интернетом вещей можно понимать устройства, повседневно используемые людьми: телевизоры с выходом в сеть, умные часы, системы «умного дома» и другие.

Существует несколько вариантов архитектур Интернета вещей.

Первый вариант – сеть локального доступа, при которой пользователь напрямую подключается к устройствам ИВ («вещам»), как правило, с помощью мобильных устройств. В основном, в этом случае используются протоколы Bluetooth Low Energy и WiFi. «Вещи», при таком варианте, взаимодействовать между собой не могут [3].

* Труды I Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2016), Москва, 25-26 ноября, 2016

Во втором варианте пользователь взаимодействует с «вещами» через локальный шлюз, используя различные протоколы модели OSI (Open System Interconnection, модель взаимодействия открытых систем). При такой архитектуре узлы могут передавать информацию друг другу или образовывать связи в случае отсутствия прямого подключения к шлюзу. Широко применяется сейчас стандарт IEEE 802.15.4 для решения подобных задач [3].

Третий вариант подразумевает подключение пользователя к шлюзу через некий удалённый прокси-сервер/прокси-сеть, называемые «облако». Это обусловлено отсутствием публичного IP-адреса у шлюза по причинам безопасности, а также отсутствием публичного IP-адреса у устройства пользователя, который необходим для получения push-уведомлений от «вещей» [3].

Четвёртый вариант предполагает прямое подключение «вещей» к сети Интернет. Это означает, что «вещи» и образованные ими сети должны использовать протокол IP для передачи данных. Более того, в данной архитектуре невозможен локальный доступ к «вещам». Доступ осуществляется только через «облако». Взаимодействие между «вещами» организуется сложнее, чем в случаях с шлюзом. При построении такой архитектуры важное место должно отводиться безопасности передаваемых данных [3].

Интернет вещей ставит ряд задач перед протоколом канального уровня: топология сети, стоимость, задержка, пропускная способность, безопасность и ряд других. Наиболее используемыми сейчас являются IEEE 802.15.4, WiFi и Bluetooth Low Energy.

Стандарт IEEE 802.15.4 отвечает за реализацию канала связи. Он определяет два нижних уровня модели OSI: канальный, уровень доступа к среде (MAC), и физический уровень передачи данных в среде распространения (PHY). [4] На основе данного стандарта работают такие стеки протоколов как ZigBee и WirelessHART [5, 6].

Стандарт IEEE 802.11 (WiFi) не проектировался для использования в сенсорных сетях, которые характеризуются малыми энергопотреблением и стоимостью, небольшим радиусом действия и низкой пропускной способностью. Как альтернатива некоторым технологиям сенсорных сетей был разработан low-power WiFi (LP-WiFi). Обычная система LP-WiFi включает микроконтроллер с низким энергопотреблением, блок управления энергопотреблением, интерфейс ввода-вывода для датчиков, а также беспроводную подсистему. LP-WiFi по своим характеристикам сравним со стандартом IEEE 802.15.4 [7].

Bluetooth Low Energy (BLE) – технология стандарта Bluetooth версии 4 с низким энергопотреблением. Устройства, работающие под управлением данной технологии, могут функционировать длительное время от небольшой батарейки. Преимуществом данной технологии является возможность устанавливать соединение с устройствами, работающими со стандартной технологией Bluetooth [8].

На данный момент Интернет использует стек протоколов TCP/IP для взаимодействия между сетевыми узлами, который был предложен достаточно давно. В свою очередь Интернет вещей объединяет миллиарды объектов, которые будут создавать намного больше трафика и требовать намного большего объёма хранилищ данных, чем сейчас [9].

Главной проблемой протокола IPv4 на сегодняшний день является длина поля адреса всего в 32 бита, и как следствие, истощение его адресного пространства. Это ставит серьёзную задачу перед всем интернет-сообществом, потому что последние адресные блоки были распределены в 2011 году [10].

На смену используемому протоколу был создан новый – IPv6. Протокол использует 128 бит для поля адреса, и позволяет назначить собственные сетевые адреса всем устройствам, которым это необходимо сейчас и в обозримом будущем. Однако заголовок пакета IPv6 не менее чем в два раза превышает размер заголовка пакета IPv4 [11].

Для решения проблемы уменьшения энергопотребления, а также проблемы конвергенции сенсорных сетей с сетями IP, был создан и активно развивается стандарт 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks). Он описывает сжатый формат IPv6 для передачи его по сетям на основе IEEE 802.15.4. [12] Аналогичное решение существует для передачи пакета IPv6 через BLE [13].

На уровне приложений наиболее распространёнными и используемыми являются протоколы MQTT и CoAP. MQTT является классическим протоколом типа издатель-подписчик, тогда как CoAP – это протокол типа запрос/ответ, основанный на REST шаблоне.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – протокол обмена сообщениями между устройствами по принципу издатель-подписчик, работающий поверх протокола TCP. Данный протокол был создан для использования в сетях с низкой полосой пропускания, сетях с высокой задержкой или ненадёжных сетях [14].

CoAP (Constrained Application Protocol) – протокол прикладного уровня, работающий на

основе REST (Representational State Transfer) шаблонов, и схож протоколом HTTP с точки зрения работы с REST шаблонами. Протокол CoAP является бинарным и работает поверх UDP, в отличие от HTTP. Данный протокол используется устройствами и сетями с ограниченными ресурсами [15].

Формат данных, при обмене информацией с датчиками, может быть либо текстовым, либо бинарным. Текстовый обычно удобнее для человека, тогда как бинарный тяжелее для отладки в случае возникновения ошибок. Однако, данные, закодированные в бинарный формат, обычно, намного меньше по объёму, и расходуют меньше заряда батареи при отправке [3].

Интернет вещей предполагает повсеместное подключение устройств. В качестве беспроводных технологий для подключения «вещей» к Интернету наиболее активно используются сети сотовой связи. Разработка систем пятого поколения 5G ведётся с учётом потребностей Интернета вещей в низкой задержке, низком энергопотреблении и малом размере кадра. Разрабатываются также, так называемые распределённые сети с низким энергопотреблением (Low-power Wide-area Network, LPWAN), особенностью которых является низкая скорость передачи и большая зона покрытия [2].

За последние годы Интернет вещей набрал большую популярность. Разрабатывается ряд проектов, технологий, стандартов, устройств. В контексте Интернета вещей, «вещь» является объектом физического или информационного мира. Она должна быть уникально идентифицирована и интегрирована в сеть, то есть иметь адрес и способность взаимодействовать с другими объектами. Как правило, сейчас в качестве таких «вещей» рассматриваются устройства с ограниченными ресурсами, такие датчики и механизмы/приводы. [16] Однако Интернет вещей может включать в себя и взаимодействие с бытовыми приборами, транспортом или другой техникой.

На сегодняшний день эксперты приходят к выводу об отсутствии единой концепции развития Интернета вещей [16]. Это происходит по причине объединения различного рода технологий и задач под единый термин Интернета вещей: сенсорные сети, бытовая техника, транспорт и транспортная инфраструктура, промышленность, медицина и множество других сфер. Сейчас можно судить о том, что Интернет вещей активно развивается, но говорить о его унификации пока ещё рано.

Существует ряд проектов, которые позволяют воплощать в жизнь Интернет вещей на бытовом уровне. Примерами могут служить проекты DeviceHive, Каа project, Blynk и другие. Эти решения позволяют взаимодействовать датчикам и приводам с помощью таких устройств как контроллер Arduino, миниатюрный wifi-модуль ESP8266, домашний маршрутизатор, микрокомпьютер, передатчики Bluetooth и BLE, и приложениям, написанным на различных языках и работающих на разных платформах, использовать wifi-сети с прямым доступом в Интернет или, например, ZigBee-сети, используя шлюз [17].

Для рядового пользователя наиболее быстрым решением внедрения Интернета вещей является домашняя (личная) wifi-сеть. Передающий модуль с подключенными к нему датчиками создаёт и потребляет незначительное количество трафика, и вероятнее всего данный трафик не сможет оказать негативного воздействия. Однако перспектива Интернета вещей объединить в сеть абсолютно любые вещи может привести в будущем к перегрузке существующих сетей передачи данных трафиком большого количества устройств.

Для изучения данной проблемы было принято решение использовать имитационные модели IP-сетей с подключенными к сенсорными сетями. Для создания адекватной модели появляется необходимость узнать характеристики трафика, генерируемого устройствами, которые подключаются к сенсорным сетям [17].

Для исследования был взят wifi-модуль ESP8266. На данный момент это один из популярных модулей для создания миниатюрных беспроводных устройств сбора и передачи информации об окружающей среде через Интернет. Было использовано два разных программных обеспечения: DeviceHive и Blynk. Оба проекта имеют открытый исходный код, а также предоставляют для использования облачные сервисы.

Работа модуля была протестирована в трёх режимах работы: фоновом, получении команды и передачи данных датчика. На рисунках 1 и 2 показан процесс обмена данными между устройством и облачным сервером в фоновом режиме.

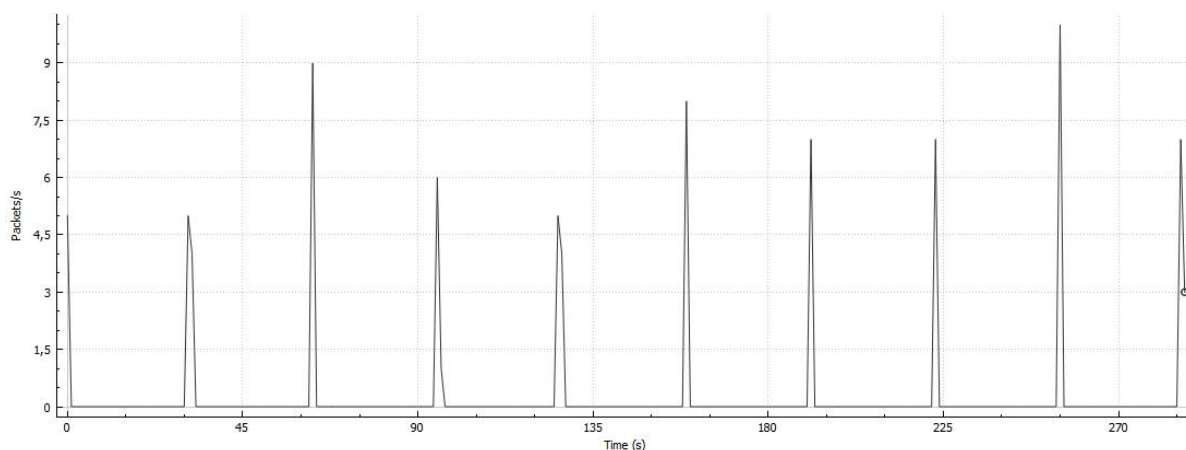


Рис. 1. Передача данных в фоновом режиме (DeviceHive)

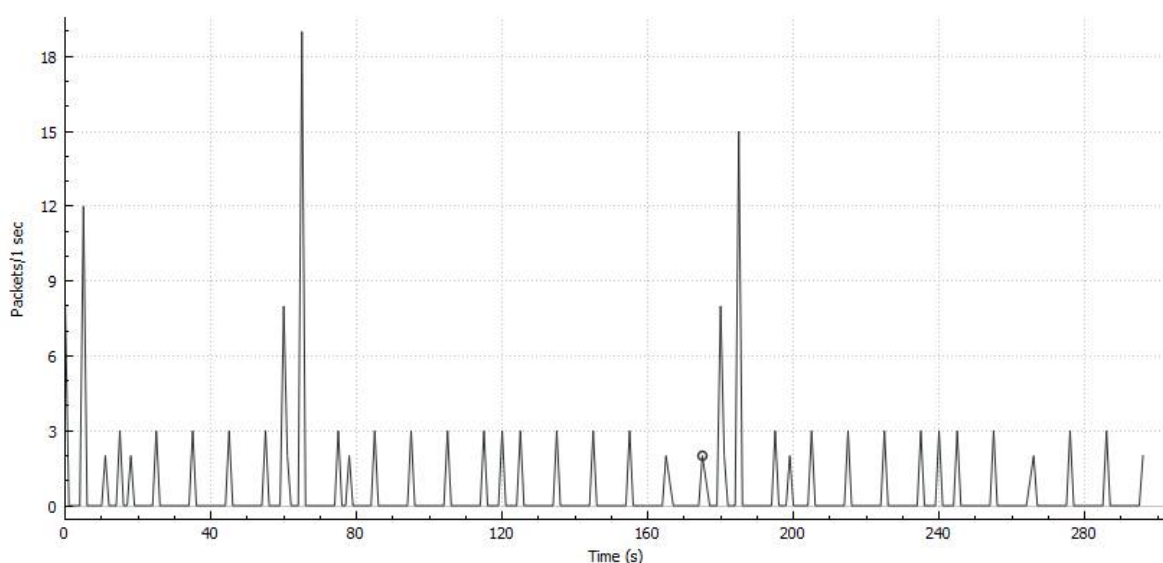


Рис. 2. Передача данных в фоновом режиме (Blynk)

В таблице 1 представлены данные за 5 минут работы в фоновом режиме. Как видно из рисунков 1 и 2, а также таблицы 1, в первом случае передача данных происходит реже, чем во втором и общее количество переданных пакетов меньше в два раза, но при этом размер пакетов больше. Стоит отметить, что в обоих случаях около 70% пакетов имели размер не более 80 байт.

Таблица 1. Данные фонового режима

	DeviceHive	Blynk
Количество пакетов	75	168
Максимальный размер пакета, байт	738	608
Минимальный размер пакета, байт	72	64

Во втором режиме работы на устройство отправлялась команда изменения состояния одного из цифровых пинов ESP8266 каждые 15 секунд в течение 5 минут. Таким образом имитировались включение и выключение приводов. Индикатором служил диод, подключенный к данному пину. На графике рисунка 3 видно, что при работе DeviceHive количество пакетов и частота передачи увеличилась, тогда как работа Blynk (рис. 4) мало изменилась, о чём можно судить из таблицы 2.

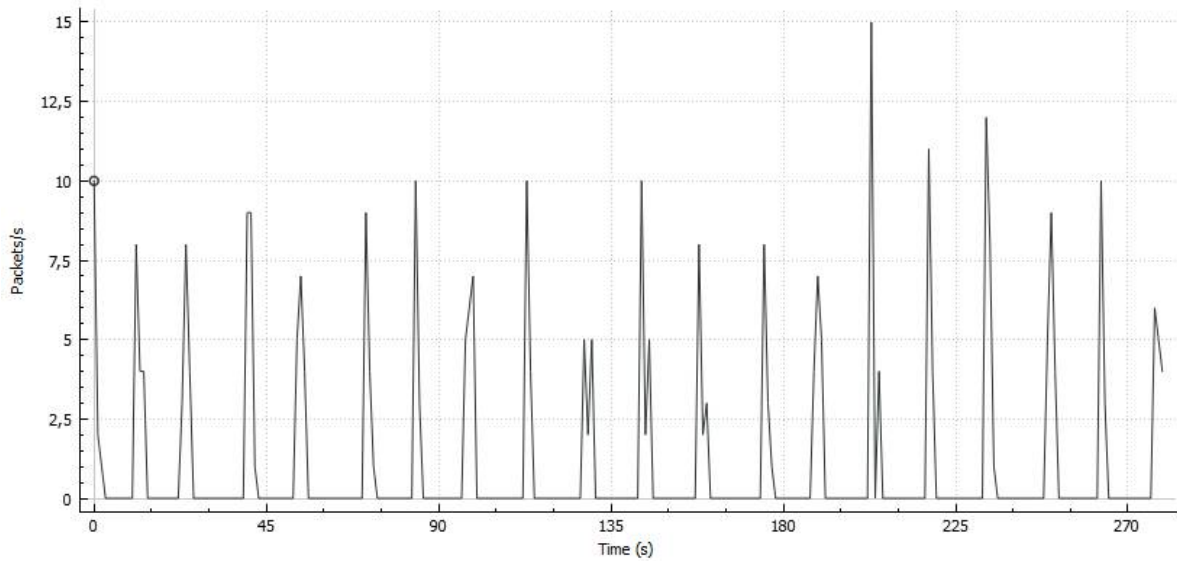


Рис. 3. Получение команды устройством (DeviceHive)

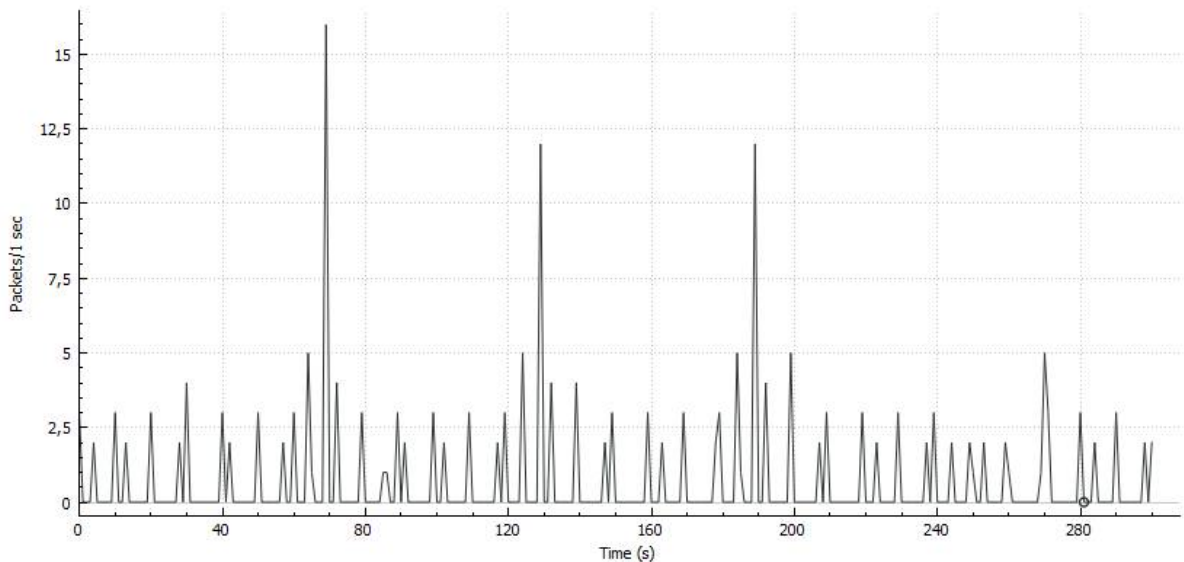


Рис. 4. Получение команды устройством (Blynk)

Таблица 2. Данные режима получения команды

	DeviceHive	Blynk
Количество пакетов	309	200
Максимальный размер пакета, байт	1008	608
Минимальный размер пакета, байт	72	64

При отправке данных датчика пользователю на сервер (рис. 5 и 6) характеристики Blynk изменяются незначительно, тогда как DeviceHive показывает результаты гораздо хуже, как видно из таблицы 3. При этом случае DeviceHive более 80% пакетов имеют размер меньше 80 байт.

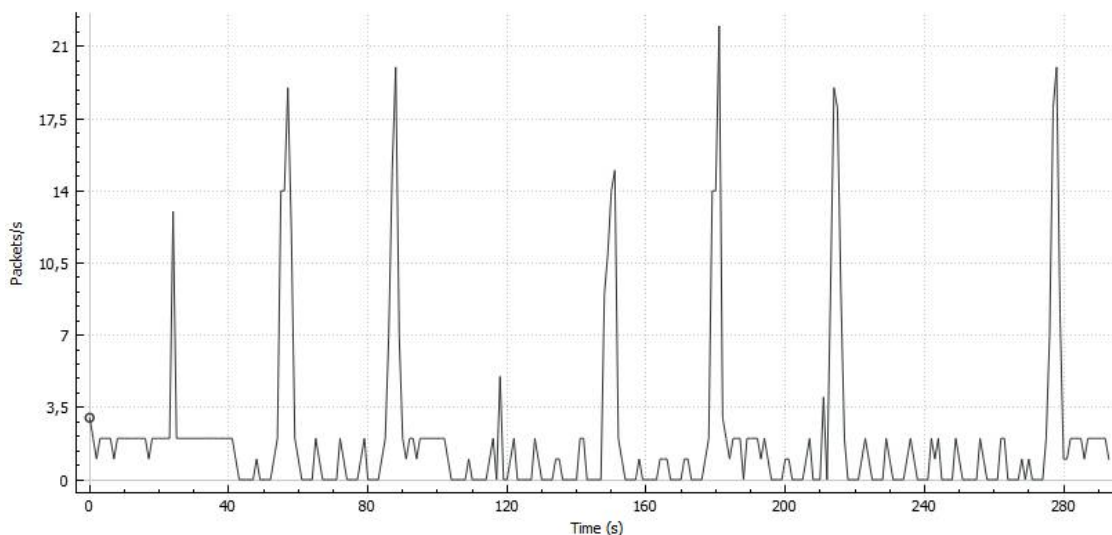


Рис. 5. Передача данных датчика (DeviceHive)

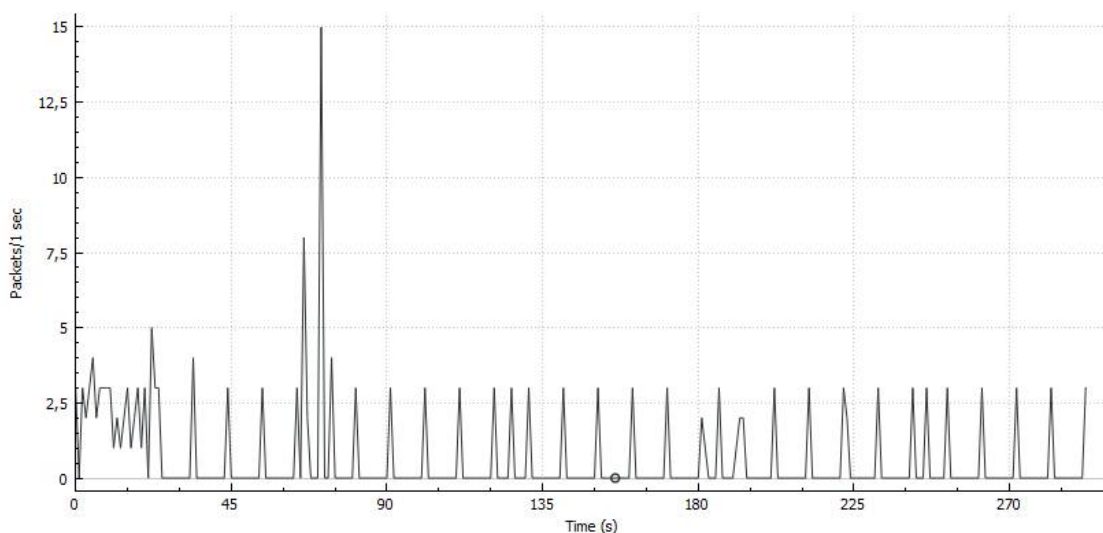


Рис. 6. Передача данных датчика (Blynk)

Таблица 3. Данные режима передачи данных датчика

	DeviceHive	Blynk
Количество пакетов	575	180
Максимальный размер пакета, байт	875	608
Минимальный размер пакета, байт	72	64

Данное исследование трафика показало, как отличие работы разных решений прикладного уровня модели OSI, так и общие признаки трафика устройств, используемых при создании Интернета вещей. Так, около 80% пакетов, передаваемых между устройством и сервером, имеет размер менее 80 байт при использовании обоих проектов.

Преобладание пакетов малого размера у таких устройств может создавать проблемы для современных сетей при продвижении трафика при стремительном увеличении таких устройств в будущем ввиду более высоких накладных расходов на их обработку по сравнению с пакетами больших размеров.

Перспективами дальнейшей работы являются исследование свойств консолидированного трафика при одновременной работе множества беспроводных устройств с датчиками и последующее моделирование влияния трафика Интернета вещей на современные сети, где источниками трафика вместо одиночных узлов будут выступать сети сенсоров и датчиков, с помощью уже отлаженной имитационной модели [18] с учетом выявленных в данной работе характерных размеров пакетов.

Литература

1. Miguel Blockstrand, Tomas Holm, Lars-Örjan Kling, Robert Skog, Berndt Wallin. Operator opportunities in the internet of things. URL: https://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2011/er_edcp.pdf. Дата обращения: 19.09.2016
2. Барсков А. Промышленный интернет вещей. Готовы ли сети? 09.09.2016 URL: <http://www.osp.ru/lan/2016/09/13050308/>. Дата обращения: 18.09.2016
3. Matteo Collina. Application Platforms for the Internet of Things: Theory, Architecture, Protocols, Data Formats, and Privacy. 2014.
4. Соколов М., Воробьев О. Реализация беспроводных сетей на основе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_02/stat_160.htm. Дата обращения: 22.09.2016.
5. Gary Legg. ZigBee: Wireless Technology for Low-Power Sensor Networks. 05.06.2004. URL: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275760. Дата обращения: 22.09.2016
6. Обзор Технологии WirelessHART. URL: http://ru.hartcomm.org/hcp/tech/wihart/wireless_overview.html. Дата обращения: 22.09.2016
7. Serbulent Tozlu. Feasibility of Wi-Fi Enabled Sensors for Internet of Things. 2011 Robert Bosch LLC, Research and Technology Center - North America
8. URL: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics/low-energy>
9. Rafiullah Khan, Sarmad Ullah Khan, Rifaqat Zaheer, Shahid Khan. Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology. URL: <https://www.computer.org/csdl/proceedings/fit/2012/4946/00/4927a257.pdf> Дата обращения: 20.09.2016
10. Free Pool of IPv4 Address Space Depleted. 03.02.2011. URL: <https://www.nro.net/news/ipv4-free-pool-depleted>. Дата обращения: 25.09.2016
11. S. Deering, R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460>. Дата обращения: 22.09.2016
12. J. Hui, Ed., P. Thubert. Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6282>. Дата обращения: 22.09.2016
13. J. Nieminen, Ed., T. Savolainen, Ed., M. Isomaki, B. Patil, Z. Shelby, C. Gomez. Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH Low Energy draft-ietf-6lowpan-btle-12. 16.08.2013. URL: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lowpan-btle-12> Дата обращения: 28.09.2016
14. URL: <http://mqtt.org>. Дата обращения: 23.09.2016
15. Constrained Application Protocol, июнь 2014. Z. Shelby, K. Hartke, C. Bormann. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>. Дата обращения: 23.09.2016
16. Быть или не быть стандартам Интернета вещей? 20.05.2015 Павел Храмов. URL: <http://www.osp.ru/os/2015/02/13046275/>. Дата обращения: 28.09.2016
17. О создании и развитии имитационной модели сети «интернета вещей» – Ромасевич Е.П. Материалы XXI конференции представителей региональных научно-образовательных сетей «RELARN – 2016». Ученые записки Института социальных и гуманитарных знаний. Выпуск №2(14), 2016 Часть I.
18. Исследование влияния передачи трафика IPv6 на работоспособность сети MetroEthernet на основе имитационной модели. Ромасевич Е.П. – Современные информационные технологии и ИТ-образование [Текст] / Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2014. – 957 с.

References

1. Miguel Blockstrand, Tomas Holm, Lars-Örjan Kling, Robert Skog, Berndt Wallin. Operator opportunities in the internet of things. URL: https://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2011/er_edcp.pdf. Available: 19.09.2016
2. Barskov A. Promyshlennyy internet veshchey. Gotovy li seti? 09.09.2016 URL: <http://www.osp.ru/lan/2016/09/13050308/>. Available: 18.09.2016
3. Matteo Collina. Application Platforms for the Internet of Things: Theory, Architecture, Protocols, Data Formats, and Privacy. 2014.
4. Sokolov M., Vorob'ev O. Realizatsiya besprovodnykh setey na osnove tekhnologii ZigBee standarta 802.15.4. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_02/stat_160.htm. Available: 22.09.2016.
5. Gary Legg. ZigBee: Wireless Technology for Low-Power Sensor Networks. 05.06.2004. URL: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275760. Available: 22.09.2016
6. Obzor Tekhnologii WirelessHART. URL: http://ru.hartcomm.org/hcp/tech/wihart/wireless_overview.html. Available: 22.09.2016
7. Serbulent Tozlu. Feasibility of Wi-Fi Enabled Sensors for Internet of Things. 2011 Robert Bosch LLC, Research and Technology Center - North America
8. URL: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics/low-energy>
9. Rafiullah Khan, Sarmad Ullah Khan, Rifaqat Zaheer, Shahid Khan. Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology. URL: <https://www.computer.org/csdl/proceedings/fit/2012/4946/00/4927a257.pdf> Available: 20.09.2016
10. Free Pool of IPv4 Address Space Depleted. 03.02.2011. URL: <https://www.nro.net/news/ipv4-free-pool-depleted>. Available: 25.09.2016
11. S. Deering, R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460>. Available: 22.09.2016
12. J. Hui, Ed., P. Thubert. Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6282>. Available: 22.09.2016
13. J. Nieminen, Ed., T. Savolainen, Ed., M. Isomaki, B. Patil, Z. Shelby, C. Gomez. Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH Low Energy draft-ietf-6lowpan-btle-12. 16.08.2013. URL: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lowpan-btle-12> Available: 28.09.2016
14. URL: <http://mqtt.org>. Available: 23.09.2016
15. Constrained Application Protocol, июнь 2014. Z. Shelby, K. Hartke, C. Bormann. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>. Available: 23.09.2016
16. Byt' ili ne byt' standartam Interneta veshchey? 20.05.2015 Pavel Khramtsov. URL: <http://www.osp.ru/os/2015/02/13046275/>. Available: 28.09.2016

17. O sozdanii i razvitii imitatsionnoy modeli seti «interneta veshchey» – Romasevich E.P. Materialy XXI konferentsii predstaviteley regional'nykh nauchno-obrazovatel'nykh setey «RELARN – 2016». Uchenye zapiski Instituta sotsial'nykh i gumanitarnykh znaniy. Vypusk №2(14), 2016 Chast' I.
18. Issledovanie vliyaniya peredachi trafika IPv6 na rabotosposobnost' seti MetroEthernet na osnove imitatsionnoy modeli. Romasevich E.P. – Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie [Tekst] / Sbornik izbrannykh trudov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod red. prof. V.A. Sukhomlina. - M.: INTUIT.RU, 2014. – 957 s.

Поступила: 25.09.2016

Об авторах:

Ромасевич Егор Павлович, аспирант кафедры Телекоммуникационных систем Волгоградского государственного университета, tks@volsu.ru, eromasevich2@mail.ru;

Пасюк Алексей Олегович, аспирант кафедры Телекоммуникационных систем Волгоградского государственного университета, molodoj88@gmail.com.