

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА СВЯЗАННОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ ЦИФРОВЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ТОВАРОВ И БОРЬБЫ С КОНТРАФАКТОМ

А. К. Янковский<sup>1</sup>, М. С. Н. Аль Бахри<sup>1</sup>, Р. В. Киричек<sup>1\*</sup>, А. С. Бородин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\* Адрес для переписки: kirichek@sut.ru

## Аннотация

Обширное распространение современных технологий электроники и связи упрощает процесс получения пользователями огромного числа различных услуг, начиная от сферы телекоммуникаций, заканчивая привычными для всех покупками в магазине или интернете. При всём этом, оригинальность продукции всё так же находится под угрозой контрафакта. Существует масса решений для защиты товара от подделки, применение которых в товарах широкого потребления привело бы к дополнительным затратам на производство, и, как следствие, к удорожанию продукции, при этом подделка системы защиты является лишь вопросом времени. **Предмет исследования.** Статья посвящена вопросам идентификации устройств и приложений интернета вещей, а также методам борьбы с контрафактом. **Метод.** Рассмотрены методы применения архитектуры цифровых объектов для идентификации товаров и сервисов, для прослеживаемости и борьбы с контрафактом. **Основные результаты.** В статье представлены результаты адаптации архитектуры цифровых объектов для прослеживаемости товаров и борьбы с контрафактом путем включения в существующую архитектуру методов делегирования. Для этих целей используются метаданные записей типа Handle с хранением их в базах LHS и GHR, которые позволяют обеспечить связанность объектов. **Практическая значимость.** Ключевой особенностью концепции является интеграция с существующей международной системой Handle System, что позволяет организовать взаимодействия смежных систем на уровне государств в различных отраслях экономики, таких как торговля, промышленность, сельское хозяйство и другие.

## Ключевые слова

Интернет вещей, цифровой объект, архитектура, идентификация, связанность, контрафакт, регистр, прослеживаемость.

## Информация о статье

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 01.10.2018, принята к печати 03.12.2018.

**Ссылка для цитирования:** Янковский А. К., Аль Бахри М. С. Н., Киричек Р. В., Бородин А. С. Использование принципа связанности в архитектуре цифровых объектов для прослеживаемости товаров и борьбы с контрафактом // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 4. С. 61–70.

# USING THE PRINCIPLE OF CONNECTIVITY IN THE DIGITAL OBJECTS ARCHITECTURE FOR THE TRACEABILITY AND COMBATING COUNTERFEIT

A. Yankovsky<sup>1</sup>, M. S. N. Al Bahri<sup>1</sup>, R. Kirichek<sup>1\*</sup>, A. Borodin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\* Corresponding author: kirichek@sut.ru

**Abstract**—The extensive distribution of modern electronics and communications technologies simplifies the process for users to obtain a huge number of various services, ranging from telecommunications to the usual for everyone shopping in the store or on the Internet. With all this, the originality of products is still under the threat of counterfeit. There are many solutions to protect goods from counterfeiting, the use of which in consumer goods would lead to additional costs of production, and, consequently, to higher prices for products, and faking the protection system is only a matter of time. **Research subject.** The article is devoted to the identification of Internet of things devices and applications, as well as methods to combat counterfeit. **Method.** Methods of applying the digital objects architecture for the identification of goods and services, for traceability and anti-counterfeiting are considered. **Core results.** The article presents the results of adapting the digital objects architecture for the traceability of goods and the fight against counterfeit by incorporating delegation methods into the existing architecture. For these purposes, metadata of Handle type records with their storage in the LHS and GHR bases are used, which allow to ensure the coherence of objects. **Practical relevance.** A key feature of the concept is integration with the existing international Handle System, which allows you to organize the interaction of related systems at the state level in various sectors of the economy, such as trade, industry, agriculture and others.

**Keywords**—Internet of Thing, digital object, architecture, identification, connectivity, counterfeit, register, traceability.

## Article info

Article in Russian.

Received 01.10.2018, accepted 03.12.2018.

**For citation:** Yankovsky A., Al Bahri M. S. N., Kirichek R., Borodin A.: Using the Principle of Connectivity in the Digital Objects Architecture for the Traceability and Combating Counterfeit // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 4. pp. 61–70 (in Russian).

## Общая структура

В настоящее время в связи с увеличением количества устройств приложений интернета вещей, а также гетерогенной структурой сетей связи появилась необходимость в разработки единых механизмов по идентификации, которые бы позволили однозначно идентифицировать цифровые объекты в сетях связи [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Исследования по данному направлению ведутся многими научно-исследовательскими группами<sup>1,2</sup> [5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

---

<sup>1</sup> BEREC, Report Enabling the Internet of Things, 12.02.2016, [Online]. URL: [http://berec.europa.eu/eng/document\\_register/subject\\_matter/berec/download/0/5755-berecreport-on-enabling-the-internet-of\\_0.pdf](http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/download/0/5755-berecreport-on-enabling-the-internet-of_0.pdf). 2017.

<sup>2</sup> China Academy of Telecommunication Research (CATR) & Research Cluster on the Internet-of Things (IERC): EU-China Joint White Paper on Internet-of-Things Identification", 31.10.2014, [Online] Available: URL: <http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146312/n1146909/n1146991/n1648536/c3489529/part/3489530.pdf>. 2017.

Международным союзом электросвязи стандартизирована технология идентификации Digital Object Architecture (DOA), управляемая некоммерческой неправительственной организацией DONA Foundation. Глобальная система DOA предполагает развертывание и функционирование нескольких администраторов, равно представляющих различные регионы мира<sup>3,4,5,6,7,8,9,10</sup>. Сама DONA Foundation управляется советом, который состоит из представителей региональных администраторов и членом которого является Россия. Применение архитектуры цифровых объектов внутри государства требует получения уникального "naming authority" (он же префикс), закрепляемого за страной. Полученный префикс в дальнейшем разделяется на дочерние префиксы, отделяемые точкой, что позволяет построить иерархию префиксов в нужном виде (рис. 1). В данном случае, LHS под номерами 1, 2 и 3 могут выступать в роли старших Local Handle Service. При этом, LHS под номером 1 может делегировать права сервисам под номерами 4 и 5 для определения набора дочерних префиксов, либо же использовать его в качестве LHS для хранения конечных данных о цифровых (или физических) объектах [18, 19].

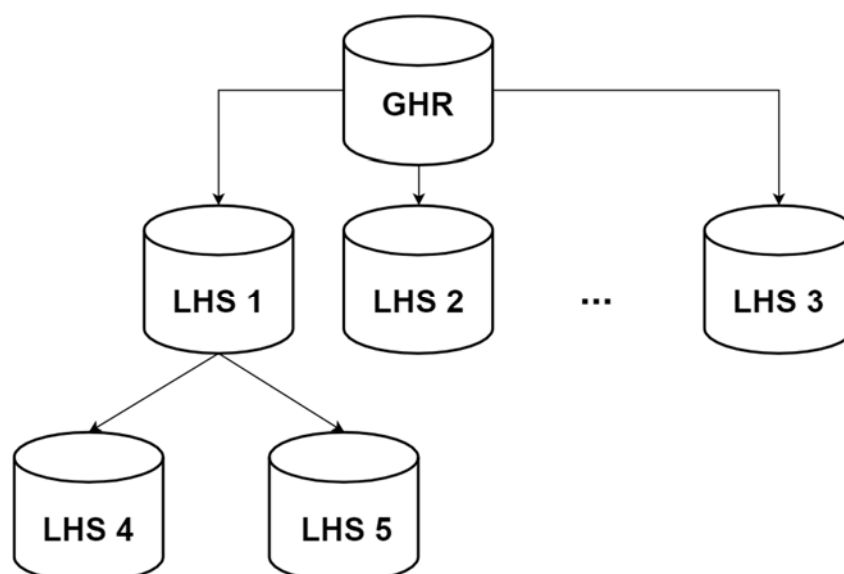


Рис. 1. Структура DOA в области корневых сервисов

<sup>3</sup> Recommendation ITU-T X.1255: Framework for discovery of identity management information. Geneva: ITU-R, April 2013. URL: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/1195>.

<sup>4</sup> Standardisation A. W. G. T. High Level Architecture (HLA) // Technical specification. 2017.

<sup>5</sup> Цифровой идентификатор объекта [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цифровой\\_идентификатор\\_объекта](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цифровой_идентификатор_объекта).

<sup>6</sup> Что такое DOI и почему это важно – Интернаука. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.inter Nauka.com/poleznaya-informatsiya/doi/>

<sup>7</sup> Digital Object Protocol Specification, version 1.0, CNRI (November 12, 2009), at. URL: [http://dorepository.org/documentation/Protocol\\_Specification.pdf](http://dorepository.org/documentation/Protocol_Specification.pdf).

<sup>8</sup> Overview of the Digital Object Architecture (DOA). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2016/overview-of-the-digital-object-architecture-doa/>

<sup>9</sup> The Handle System // The DONA Foundation. URL: <https://www.dona.net/handle-system> (дата обращения 22.03.2019).

<sup>10</sup> What Governments Decided on Digital Object Architecture for IoT. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wileyconnect.com/home/2016/11/8/what-governments-decided-on-digital-object-architecture-for-iot>.

## Структура системы в пределах государства

Государство, имея в распоряжении корневой префикс, должно предоставлять компаниям возможность зарегистрироваться в системе DOA. В зависимости от налоговых правил той или иной страны, выдаваемому дочернему префиксу («*derived prefix*») сопоставляется уникальный идентификатор компании в системе государственного налогообложения, формируя реестр компаний «COMPANY REGISTRY» (рис. 2).

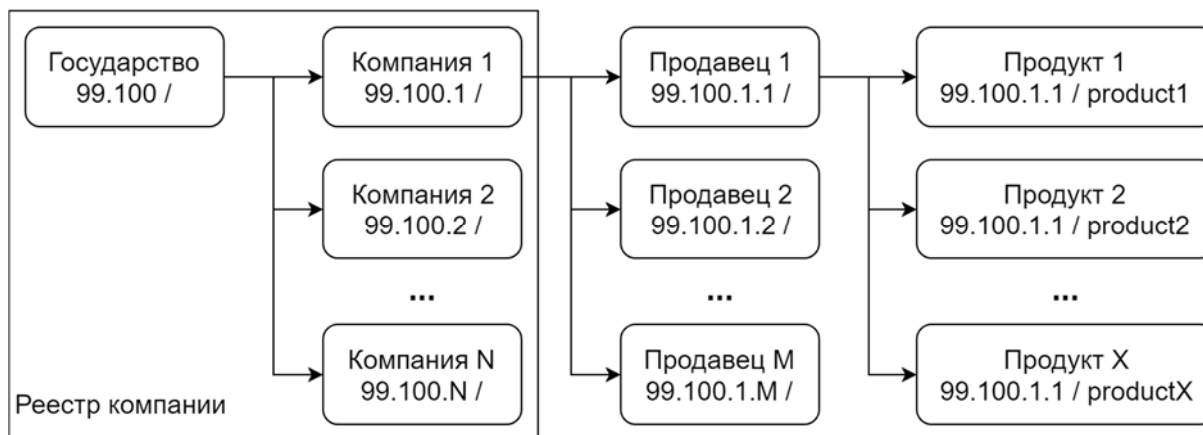


Рис. 2. Структура системы DOA для компаний внутри государства

Компании, в свою очередь, должны разделять предоставленный префикс на дочерние префиксы для всех промежуточных пунктов движения товара, находящиеся под её контролем. В случае сценариев, когда компания-производитель не может контролировать полный путь товара (в случае перепродажи товара), каждый из посредников должен находиться в системе DOA и иметь персональный идентификатор.

## Способ борьбы с контрафактом

В основе процесса борьбы контрафактом лежит основная суть архитектуры цифровых объектов: каждый объект, находящийся в глобальной системе, имеет обязательный префикс, жёстко определяющий происхождение товара (рис. 3). Данный подход более подробно описан в работах авторов статьи [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Продукт, пройдя этап производства, попадает на склад для реализации по сетям продавцов, после чего доходит до конечного покупателя, который видит всю цепочку производства и дистрибуции купленного продукта. Цепочка определяется набором префиксов, начиная с префикса государства и заканчивая префиксом конкретного магазина. Аналогично физическому процессу перемещения продукта с завода на склад, происходит и движение цифрового объекта по цепочке сервисов, участвующих в процессе производства и дистрибуции. При этом, генерация цифрового объекта возможна лишь корневым сервисом (в данном случае *manufacture*), а движение объекта по цепочке происходит путем помещения копии цифрового объекта с уникальным идентификатором старшим LHS (начиная с *Manufacture*) в младшие сервисы с указанием метаданных, необходимых для корректной идентификации последовательности движения продукции.

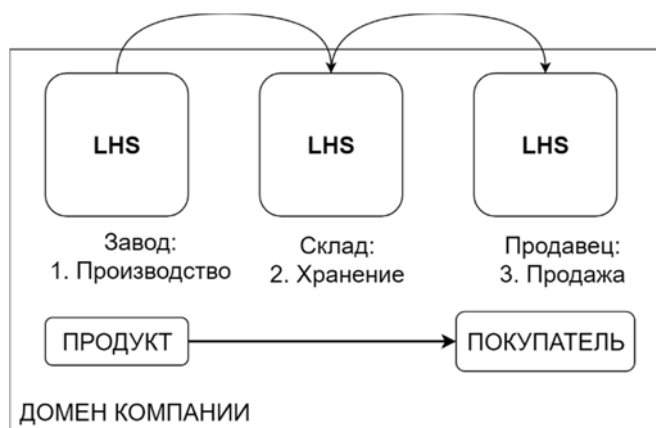


Рис. 3. Процесс прохождения товаром через систему DOA

Каждая копия оригинального цифрового объекта отмечается метаданными, которые содержат префикс принимающего сервиса и другие метаданные, что и формирует неразрывную цепочку сервисов между производителем и покупателем. Окончательная проверка товара происходит путем сверки цифрового идентификатора объекта, с обращением ко всем промежуточным сервисам (рис. 4). Каждый из промежуточных LHS должен содержать уникальную запись о продукте, при этом связь записей между дочерними префиксами должна быть неразрывной по всей цепочке.

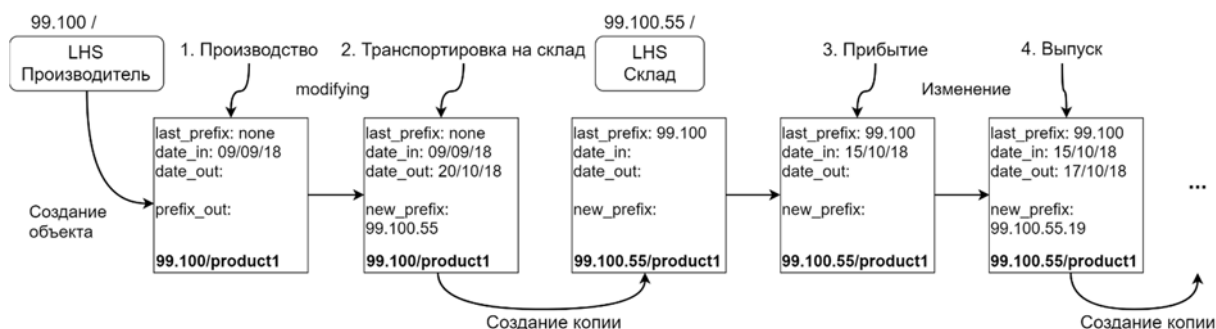


Рис. 4. Пример заполнения цепочки идентификаторов, хранящихся в домене компании

Финальной точкой в процессе верификации товара является проверка клиентом даты и времени приобретения товара (по чеку из магазина или через систему онлайн-банкинга) при помощи средств доступа к международной системе handle. В случае корректности цепочки идентификаторов и совпадении реальной даты покупки с указанной датой в системе, товар считается подтвержденным. Таким образом, полученная цепочка движения товара является набором цифровых объектов в виде связанного списка, элементы которого могут быть распределены по всей системе Handle, либо находиться в пределах одного домена.

### **Требования к системе Handle для реализации функционала прослеживаемости объектов**

Рассмотренная модель подразумевает внесение изменений в существующий алгоритм работы системы Handle и Digital Object Architecture в целом, которые первоначально были представлены [28, 29, 30]. Основные модификации, необходимые для реализации подобной системы:

1) Методы делегирования копии объекта между различными LHS в пределах всей системы Handle.

2) Гибкая система прав на модификацию метаданных цифровых объектов, для предотвращения подмены, изменения или копирования цифровых объектов, находящихся в цепочки поставки.

Говоря о методах делегирования копии объекта между различными участниками системы, основной целью является достижение полного контроля над генерацией и движением цифрового объекта в системе, исключая случаи ручного создания объекта с целью его подмены. Вторая модификация также учитывает данные требования: в случае получения копии цифрового объекта, LHS-получатель должен иметь право на «передачу» копии цифрового объекта только один раз, без возможности будущей модификации объекта в собственном домене в течении жизни цепочки.

В текущей версии системы, цифровой объект, созданный в конкретном LHS, может быть в любой момент модифицирован или удален пользователем, владеющим приватным ключом, отвечающим за данный объект. Использование текущей системы без дополнения методами делегирования не даст возможности контроля над созданием объекта: каждый посредник должен вручную отслеживать изменения в метаданных искомого товара, а в случае условной делегации объекта, должен вручную создать объект в необходимом LHS. Все эти действия не обеспечивают неделимость и целостность цифровой копии реального объекта, таким образом, система в исходном виде не может обеспечить необходимого функционала и подразумевает её модификацию.

### Способ верификации продукции

Верификация приобретенной продукции возможна несколькими способами, в основе которых лежит базовый принцип доступа к данным в международной системе handle: система цифровых объектов является открытой, и доступ к ней возможен из любой точки мира. Таким образом, сформированный идентификатор необходимо передать системе проверки, имеющей доступ в интернет: это может быть, как специальный сервис в сети интернет, мобильное приложение или стационарный пункт проверки (рис. 5).

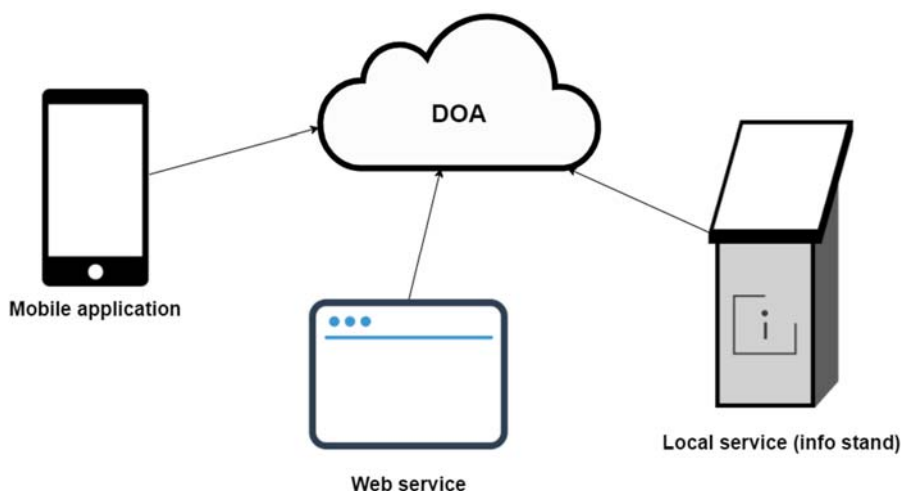


Рис. 5. Способы реализации средств верификации

Возвращаясь к исходной задумке, внедрение такой системы в рамках определенной страны также требует сопоставление каждого выданного идентификатора уникальной организации, по причине того, что система handle предусматривает возможность покупки отдельного префикса без привязки к конкретному государству. Поэтому существует проблема подделки целых цепочек идентификации, что в данном случае обязывает подключить полученную систему верификации к базе данных налогооблагаемых организаций определенной страны, а выдаваемый результат проверки основывать также на наличии записи о проверяемой организации в государственной базе.

Переходя к непосредственно процессу проверки, он состоит из нескольких шагов:

1) Ввод идентификатора в систему проверки при помощи QR-кода, RFID-метки или других способов.

2) Анализ цепочки идентификаторов, путем отправки запросов на каждый из промежуточных LHS запросов по данному суффиксу, и сравнение связанных между разными идентификаторами полей на предмет корректности.

3) Определение корневого идентификатора компании по государственной базе в пределах страны, проверка соответствия используемого диапазона префиксов закрепленному за компанией.

4) Вывод на экран результата проверки (успешно или нет), информации о продавце, даты продажи.

5) Проверка покупателем на соответствие информации из базы (имя компании, даты покупки) и информации из чека.

### **Заключение**

Рассмотренная модель системы, нацеленная на борьбу с контрафактом продукции, требует множество изменений на различных этапах поставки товара, а также в самой системе Handle в целом. Методы делегирования, а также гибкая система прав на модификацию и создание объектов, гарантируемая международной системой идентификации и хранения данных, совместно с концепцией связанных объектов, позволяет сформировать неразрывную цепочку движения объекта от производителя до покупателя. Разработанные методы могут помочь снизить долю контрафактных товаров на рынке, а также обеспечивают основу для мониторинга движения продукции производителям и поставщикам.

### **Литература**

1. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
2. Киричек Р. В., Владыко А. Г., Захаров М. В., Кучерявый А. Е. Модельные сети для Интернета вещей и программируемых сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 3. С. 17–26.
3. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
4. Кучерявый А. Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 312 с.
5. Albreem, M. A., El-Saleh, A. A., Isa, M., Salah, W., Jusoh, M., Azizan, M. M., & Ali, A. Green internet of things (IoT): An overview // 2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA). IEEE, 2017. С. 1–6.
6. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of things laboratory test bed // Lecture Notes in Electrical Engineering (LNEE). 2016. Vol. 348. P. 485–494.

7. Weber R. H. Internet of Things—New security and privacy challenges // *Computer law & security review*. 2010. Т. 26. №. 1. С. 23–30.
8. Владимиров С. С., Киричек Р. В. Методика идентификации устройств Интернета вещей на основе принудительной деградации участка флеш-памяти // *Электросвязь*. 2017. № 2. С. 32–35.
9. Данилов К. Н., Кулик В. А., Киричек Р. В. Исследование методов идентификации и аутентификации устройств Интернета вещей // *Информационные технологии и телекоммуникации*. 2016. № 3 (4). С. 49–57.
10. Данилов К. Н., Кулик В. А., Киричек Р. В. Методы обнаружения интернет вещей в глобальной сети // *Информационные технологии и телекоммуникации*. 2015. № 4. С. 48–56.
11. Медриш М. А. Стабильность, безопасность, отказоустойчивость глобальной инфраструктуры интернета: технические и правовые вопросы. 2016. pp. 2–3.
12. Цифровая идентификация объектов: технология и не только / под ред. М. А. Медриша. М.: Научное обозрение, 2016. 228 с.
13. Aluthge, N. et al. IoT device fingerprinting with sequence-based features. 2018.
14. Bude Cristian and Andreas Kervfors Bergstrand. Internet of Things: Exploring and Securing a Future Concept. (2015).
15. Da, B. Identity/identifier-enabled networks (IDEAS) for Internet of Things (IoT) // 2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). IEEE, 2018. pp. 412–415.
16. Коо, J., Kim Y. G. Interoperability of device identification in heterogeneous IoT platforms // 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO). IEEE, 2017. pp. 26–29.
17. Lam K. Y., Chi C. H. Identity in the Internet-of-Things (IoT): New challenges and opportunities // *International Conference on Information and Communications Security*. Springer, Cham, 2016. С. 18–26.
18. Аль Бахри М. С., Киричек Р. В., Сазонов Д. Д. Моделирование системы идентификации устройств интернета вещей на базе архитектуры цифровых объектов // *Труды учебных заведений связи*. 2019. Т. 5. № 1. С. 42–47.
19. Аль-Бахри М.С., Киричек Р. В. Архитектура цифровых объектов как основа идентификации устройств Интернета Вещей в сетях 5G/IMT-2020 // *INTHITEN 2017*.
20. Аль Бахри М. С., Киричек Р. В. Машинное обучение как метод для идентификации устройств IoT анализа сетевого трафика // 73-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. СПб.: СПбГЭУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 214–215.
21. Аль-Бахри М. С., Киричек Р. В., Бородин А. С. Архитектура цифровых объектов как основа идентификации в эпоху цифровой экономики // *Электросвязь*. 2019. No 1. С. 12–22.
22. Аль-Бахри М. С. Метод идентификации устройств и приложений интернета вещей в гетерогенных сетях связи на базе архитектуры цифровых объектов // *Электросвязь*. 2019. No 4. С. 73–79.
23. Кулик В. А., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Методы аутентификации устройств Интернета вещей для локальных и домашних сетей // 71-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. СПб.: СПбГЭУ «ЛЭТИ», 2016. С. 206–207.
24. Мартыанова А. И., Кулик В. А., Бородин А. С., Киричек Р. В. Обзор и сравнительный анализ методов идентификации устройств Интернета Вещей // 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. СПб., 2017. С. 219–221.
25. M. Al-Bahri, A.A. Ateya, A. Muthanna, et al. Combating Counterfeit for IoT System based on DOA // *Proceedings of the 2018 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT) 2018, St. Petersburg, Russia, November 5-9, 2018*. IEEE, 2018. pp. 338–342.
26. Al-Bahri M. A., Yankovsky A., Borodin A., Kirichek R. Smart System Based on DOA and IoT for Products Monitoring and Anti-counterfeiting // 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). IEEE, 2019. pp. 25–31.
27. Al-Bahri M. A., Yankovsky A., Borodin A., Kirichek R. Testbed for Identify IoT Devices Based on Digital Object Architecture // *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. Proceedings of 18th International Conference, NEW2AN 2018, and 11th Conference, ruSMART 2018, St. Petersburg, Russia, August 27–29, 2018*. Cham: Springer, 2018. pp. 129–137.
28. Kahn R.E. The organization of computer resources into a packet radio network // *Managing Requirements Knowledge, International Workshop (1975)*, at <https://www.computer.org/csdl/proceedings/afips/1975/5083/00/50830177.pdf>



29. Kahn R., Wilensky R. A framework for distributed digital object services // *International Journal on Digital Libraries*. 2006. Vol. 6. Issue 2. pp. 115–123.
30. Kahn R. The Role of Architecture in Internet Defense // *America's Cyber Future: Security and Prosperity in the Information Age*, Center for a New American Security (CNAS). Vol. II, Chapter XII, May 2011.

### References

1. Borodin, A. S., Koucheryavy, A. E. Fifth Generation Networks as a Base to the Digital Economy // *Elektrosvyaz'*. 2017. No. 5. pp. 45–49.
2. Kirichek, R. V., Vladyko, A. G., Zakharov, M. V., Koucheryavy, A. E. Model Networks for Internet of Things and SDN // *Telecom IT*. 2015. Vol. 3 (11). pp. 17–26.
3. Koucheryavy, A. E. Internet of Things // *Elektrosvyaz'*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
4. Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V., Koucheryavy, E. A. *Self-Organizing Networks*. SPb.: Lyubavich, 2011. 312 p.
5. Albreem, M. A., El-Saleh, A. A., Isa, M., Salah, W., Jusoh, M., Azizan, M. M., & Ali, A. Green Internet of Things (IoT): An Overview // 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA). 2017.
6. Kirichek, R., Koucheryavy, A. Internet of Things Laboratory Test Bed // *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2016. Vol. 348. pp. 485–494.
7. Weber, R. H. Internet of Things – New Security and Privacy Challenges // *Computer Law & Security Review*. 2010. Vol. 26. Iss. 1. pp. 23–30.
8. Vladimirov, S. S., Kirichek, R. V. The IoT Devices Identification Procedure based on Forced Degrading of Flash-Memory Sector // *Elektrosvyaz'*. 2017. No. 2. pp. 32–35.
9. Danilov, K., Kulik, V., Kirichek, R. Review and Analysis of Methods of Identification and Authentication of the Internet of Things Devices // *Telecom IT*. 2016. Vol. 4. Iss. 3. pp. 49–57 (in Russian).
10. Danilov, K. N., Kulik, V. A., Kirichek, R. V. Methods for Detection of Internet of Things in the Global Network // *Telecom IT*. 2015. Vol. 4 (12). pp. 48–56.
11. Medrish, M. A. Stability, Security, Resilience of the Global Internet Infrastructure: Technical and legal Issues. M., 2016. pp. 2–3.
12. Medrish, M. A. *Digital Identification of Objects: Technology and More*. M.: Nauchnoe obozrenie, 2016. 228 p.
13. Aluthge, N. *IoT Device Fingerprinting with Sequence-based Features*. Helsinki, 2017.
14. Bude, C., Bergstrand, A. K. *Internet of Things: Exploring and Securing a Future Concept*. Student Thesis, 2015.
15. Da, B. Identity/Identifier-Enabled Networks (IDEAS) for Internet of Things (IoT) // 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). 2018. pp. 412–415.
16. Koo, J., Kim Y. G. Interoperability of Device Identification in Heterogeneous IoT Platforms // 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO). 2017. pp. 26–29.
17. Lam, K. Y., Chi, C. H. Identity in the Internet-of-Things (IoT): New Challenges and Opportunities // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. pp. 18–26.
18. Al-Bahri, M. S., Kirichek, R., Sazonov, D. A Digital Object Architecture Based Internet of Things Devices Identification System Modeling // *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2019. Vol. 5. No. 1. pp. 42–47 (in Russian).
19. Al-Bahri, M. S., Kirichek, R. V. The Digital Object Architecture as the Basis for Identification of the Internet of Things Devices in 5G/IMT-2020 Networks // 3rd Young Researchers International Conference on the INternet of THings and Its ENablers "IoT and 5G" (INTHITEN). 2017. pp. 159–163.
20. Al-Bahri, M. S., Kirichek, R. V. Machine Learning as a Method to Identify Network Traffic IoT Devices // 73rd All-Russian Scientific-Technical Conference, Dedicated to the Day of Radio. 2018. pp. 214–215.
21. Al-Bahri, M. S., Kirichek, R. V., Borodin, A. S. The Digital Object Architecture as a Basis for Identification in the Era of the Digital Economy // *Elektrosvyaz'*. 2019. No. 1. pp. 12–22.
22. Al-Bahri, M. S. Method of Identification of Devices and Applications of the IoT in Heterogeneous Communication Networks based on DOA // *Elektrosvyaz'*. 2019. No. 4. pp. 41–47.
23. Kulik, V. A., Kirichek, R. V., Koucheryavy, A. E. IoT Device Authentication Methods for Local and Home Networks // 71st All-Russian Scientific-Technical Conference, Dedicated to the Day of Radio. 2016. pp. 206–207.

24. Martyanova, A. I., Kulik, V. A., Borodin, A. S., Kirichek, R. V. Review and Comparative Analysis of Methods for Identifying Devices of the IoT // 72nd All-Russian Scientific-Technical Conference, Dedicated to the Day of Radio. 2017. pp. 219–221.

25. Al-Bahri, M., Ateya, A. A., Muthanna, A., et al. Combating Counterfeit for IoT System based on DOA // 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2018. pp. 338–342.

26. Al-Bahri, M. A., Yankovsky, A., Borodin, A., Kirichek, R. Smart System Based on DOA and IoT for Products Monitoring and Anti-counterfeiting // 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). 2019. pp. 25–31.

27. Al-Bahri, M. A., Yankovsky, A., Borodin, A., Kirichek, R. Testbed for Identify IoT Devices Based on Digital Object Architecture // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems // Lecture Notes in Computer Science. 2018. Vol. 11118. pp. 129–137.

28. Kahn, R. E. The Organization of Computer Resources into a Packet Radio Network // National Computer Conference and Exposition (AFIPS). 1975. pp. 177-186.

29. Kahn, R., Wilensky, R. A Framework for Distributed Digital Object Services // International Journal on Digital Libraries. 2006. Vol. 6. Iss. 2. pp. 115–123.

30. Kahn, R. The Role of Architecture in Internet Defense // America's Cyber Future: Security and Prosperity in the Information Age. 2011. Vol. I. pp. 205–216.

- Янковский Антон Константинович** – магистр, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, ostniph@gmail.com
- Аль Бахри Махмуд Саид Нассер** – аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, albahri.89@hotmail.com
- Киричек Руслан Валентинович** – доктор технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru
- Бородин Алексей Сергеевич** – кандидат политических наук, аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, alexey.borodin@rt.ru
- Yankovsky Anton** – Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ostniph@gmail.com
- Al Bahri Mahmoud** – Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, albahri.89@hotmail.com
- Kirichek Ruslan** – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru
- Borodin Alexey** – Candidate of Political Sciences, Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, alexey.borodin@rt.ru