

ЭВОЛЮЦИЯ МОДЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

А. Е. Кучерявый¹, Р. В. Киричек^{1*}

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: kirichek@sut.ru

Аннотация

Предмет исследования. Предметом исследований в статье являются модельные сети. В статье анализируется история создания модельных сетей, предназначенных для исследований в области сетей связи и тестирования. **Метод.** Для исследований используются методы системного анализа. Особое внимание уделяется модельным сетям для современных технологий: модельной сети Интернета Вещей и модельной сети Тактильного Интернета. **Основные результаты.** Основным результатом работы является определение закономерностей развития модельных сетей, в первую очередь эволюционности их развития. **Практическая значимость.** Практическая значимость статьи заключается в возможности использования полученных результатов для создания модельной среды для сетей связи пятого поколения.

Ключевые слова

модельная сеть, Интернет Вещей, Тактильный Интернет, сети связи пятого поколения.

Информация о статье

УДК 621.391

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 23.06.16, принята к печати 26.08.16.

Ссылка для цитирования: Кучерявый А. Е., Киричек Р. В. Эволюция модельных сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 3. С. 58–64.

THE MODEL NETWORKS EVOLUTION

A. Koucheryavy¹, R. Kirichek^{1*}

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: kirichek@sut.ru

Abstract—Research subject. The model network is the paper object. The model networks history and evolution are considered in the paper. **Method.** The system analyzing methods are used. The emphasis is made to the Internet of Things and Tactile Internet model networks. **Core results.**

The main result of the paper is the evolution developing of the model networks prove. **Practical relevance.** The investigation goal to the 5G model network development is formulated in accordance with main paper result.

Keywords—Model network, Internet of Things, Tactile Internet, fifth generation networks.

Article info

Article in Russian.

Received 23.06.16, accepted 26.08.16.

For citation: Koucheryavy A., Kirichek R.: The Model Networks Evolution // Telecom IT. 2016. Vol. 4. Iss. 3. pp. 58–64 (in Russian).

Введение

Модельные сети как необходимый инструментарий для тестирования систем и сетей телекоммуникаций возникли при переходе от аналоговых к цифровым сетям связи. При этом основой для возникновения модельных сетей послужили не технологические изменения, а регуляторные, приведшие к открытости рынка телекоммуникаций как в Европе [1], так и в Российской Федерации. Все это по времени происходило в 90-е гг. XX вв., когда на рынке телекоммуникаций в Российской Федерации появились цифровые системы коммутации более, чем 10 производителей [2]. Уже в то время стало очевидным, что невозможно проверить все возможные сочетания C_{10}^2 при потенциальном взаимодействии этих систем на сетях связи Российской Федерации, а значит и гарантировать совместимость этих систем и устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Единственным и естественным выходом из этой ситуации стало создание модельных сетей, первая из которых для цифровых сетей связи была реализована в институте ЛОНИИС [3].

Модельная сеть для цифровых сетей связи

Основой для создания модельной сети для цифровых сетей связи в ЛОНИИС послужило создание национальных центров поддержки программного обеспечения цифровых систем коммутации, основной задачей которых являлась верификация новых версий программного обеспечения [2]. Все эти центры были оснащены модельными станциями, которые при объединении их в сеть с использованием системы сигнализации ОКС № 7 [4] и образовали первую модельную сеть на этапе развития сетей связи в направлении создания полностью цифровых сетей. На этой сети были отработаны методы тестирования [5, 6], которые в последующем легли в основу создания в институте ЦНИИС модельной сети для сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks) [7].

Модельная сеть для NGN

При создании модельных сетей для тестирования технических средств, услуг, классов и параметров качества обслуживания для NGN изначально исследования велись с ориентацией на создание международных рекомендаций. В 2006 г. была утверждена рекомендация Сектора Стандартизации Телекомму-

никаций Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т) Q.3900¹, в которой и были определены основные требования к тестированию на модельных сетях.

Поскольку эта рекомендация носит международный характер, то, прежде всего, в ней было дано определение модельной сети – это сеть, которая имитирует возможности, аналогичные существующим в действующих сетях электросвязи, имеет подобную архитектуру и обладает теми же функциональными возможностями, а также использует те же технические средства электросвязи.

В рекомендации Q.3900 была определена и архитектура модельной сети для NGN, которая, к сожалению, на сегодняшний день в условиях внедрения самоорганизующихся сетей [8] несколько устарела. В тоже время, классификация методов тестирования и их определения актуальны до сих пор. В соответствии с рекомендацией Q.3900 весь процесс тестирования подразделяется на два уровня: локальное тестирование и тестирование в сети. Тестирование в сети на английском обозначается как NUT (*Network Under Testing*).

Локальное тестирование основной своей задачей предполагает определение соответствия заявленных технических характеристик рекомендациям международных стандартизирующих организаций, стандартизирующих организаций страны производителя и страны, где технические средства будут эксплуатироваться, а также проведение тестов в условиях, которые сложно имитировать на сетях (тестирование под нагрузкой). Тестирование на сети (модельной) позволяет верифицировать сетевые характеристики, такие как качество обслуживания, межсетевое взаимодействие и т. п.

Уровень 1 Локальное тестирование технических средств	Уровень 2 Тестирование в сети
1.1 Тестирование функциональных возможностей	2.1 Тестирование функциональных возможностей
1.2 Тестирование под нагрузкой	2.2 Тестирование меж сетевого взаимодействия
1.3 Тестирование на соответствие	2.3 Тестирование услуг
	2.4 Тестирование из конца в конец
	2.5 Тестирование качества обслуживания
	2.6 Тестирование мобильности и роуминга

Рис. 1. Уровни и виды тестирования

Рассмотренные на рис. 1 уровни и виды тестирования сохранили свою значимость и при проведении тестирования Интернета Вещей.

Модельная сеть для Интернета Вещей

Структура модельной сети для исследований и тестирования Интернета Вещей [9], реализованной на кафедре сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, представлена на рис. 2 [10, 11]. Модельная сеть включает в себя целый ряд фрагментов, которые связаны между собой через сеть Интернет. Базовым фрагментом модельной сети Интернета Вещей является фрагмент

¹ ITU-T Recommendation Q.3900. Methods of Testing and Model Network Architecture for NGN Technical Means Testing as Applied to Public Telecommunication Networks. 2006.

беспроводных сенсорных сетей USN (*Ubiquitous Sensor Networks*) [12, 13], которые явились в свое время основой для создания концепции Интернета Вещей. Для подключения пользователей со смартфонами и/или персональными компьютерами, планшетами и т. д. используется базовая станция 4G.

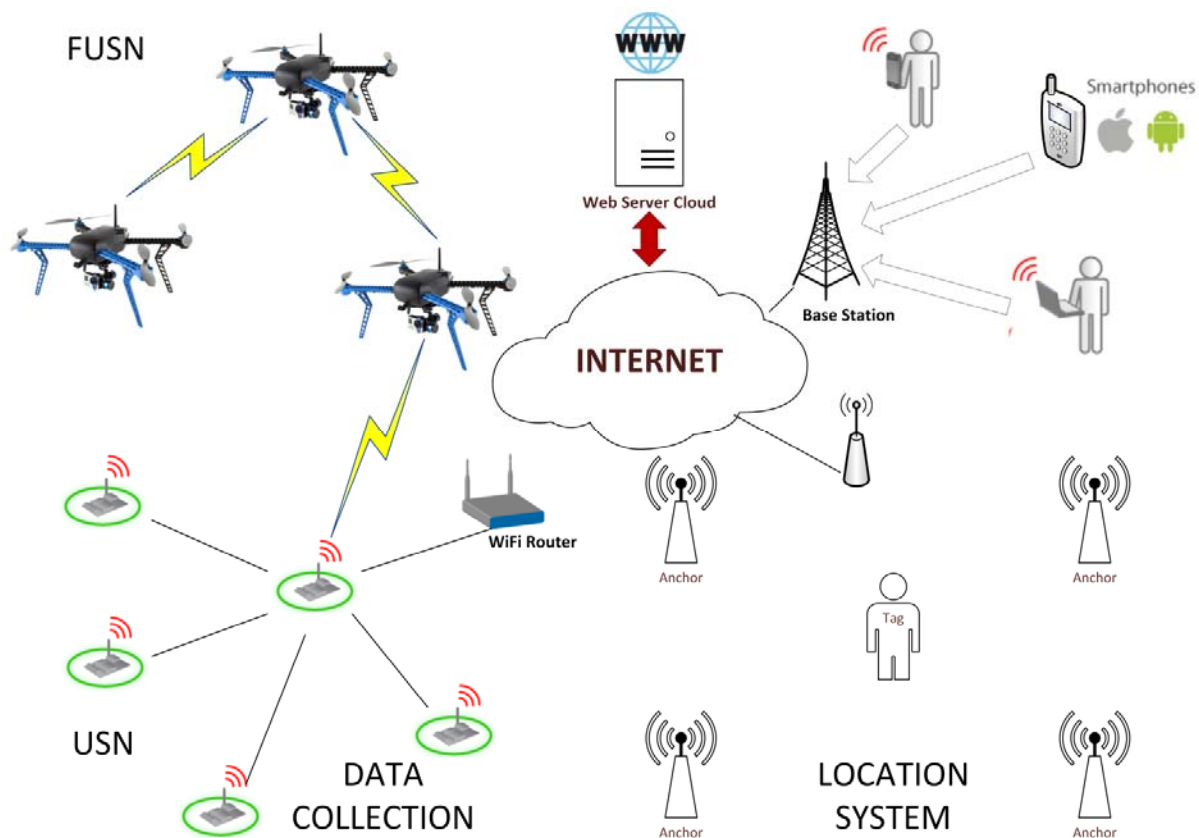


Рис. 2. Модельная сеть для Интернета Вещей

Фрагмент модельной сети на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) позволяет исследовать и тестировать так называемые Летающие Сенсорные Сети FUSN (*Flying Ubiquitous Sensor Networks*) [14, 15]. Система локального позиционирования дополняет все используемые фрагменты при решении задач, связанных, например, с поиском цели или управлением БПЛА. Модельная сеть имеет возможность взаимодействовать как с локальным сервером, так и с облачными серверами, доступными по всему миру через сеть Интернет.

Кроме традиционных видов тестирования, таких как соответствие и совместимость, для тестирования на модельной сети Интернета Вещей добавляются, по крайней мере, два новых. Это удаленное тестирование и тестирование легальности, например, для сенсорных узлов с борта БПЛА [16, 17].

Модельная сеть для Тактильного Интернета

Структурная схема модельной сети для Тактильного Интернета [18, 19] приведена на рис. 3.

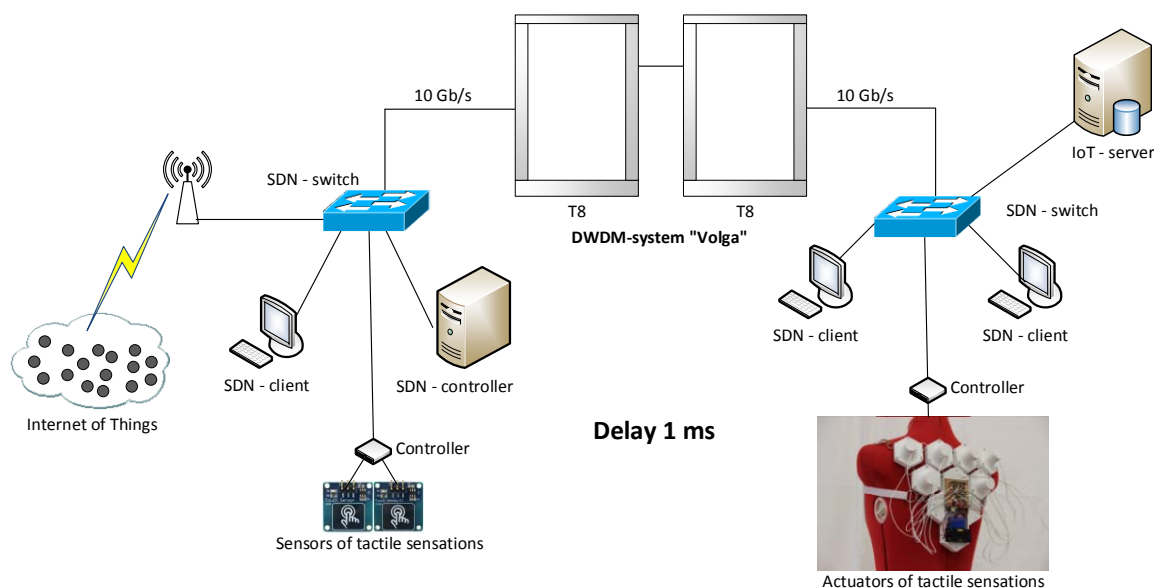


Рис. 3. Структурная схема модельной сети для Тактильного Интернета

Реализация услуг Тактильного Интернета предполагает создание сетей со сверхмалыми задержками на уровне 1 мс. Для исследований и тестирования таких сетей необходимо высокоскоростное оборудование передачи данных, которое на модельной сети Тактильного Интернета кафедры сетей связи и передачи данных реализовано на базе DWDM системы "Волга" отечественного производителя Т8 [20]. Кроме того, необходимостью является оснащение модельной сети Тактильного Интернета сенсорами и актуаторами тактильных ощущений. Для построения сети в соответствии с последними достижениями в области сетевых структур используются решения программно-конфигурируемых сетей SDN (*Software-Defined Networks*) [21, 22].

Заключение

Если модельные сети Интернета Вещей и Тактильного Интернета уже существуют на кафедре сетей связи и передачи данных и реально используются в учебном и научном процессах, то модельную сеть для 5G еще предстоит создать. Основным препятствием к быстрому развертыванию модельной сети 5G в настоящее время является незавершенность процесса стандартизации для сетей связи пятого поколения. Тем не менее – это одна из основных задач кафедры, которую предстоит решать в ближайшие годы.

Литература

1. Григорян А. В. Мировой опыт развития телекоммуникационного рынка // Российский внешнеэкономический вестник. 2006. № 6. С. 29–34.
2. Кучерявый А. Е. Проблемы внедрения импортных АТС на сетях связи России // Вестник связи. 1994. № 10. С. 17–18.
3. Кучерявый А. Е., Осипов В. Н. Государственный парк систем коммутации // Вестник связи. 1999. № 3.
4. Аджемов А. С., Кучерявый А. Е. Система сигнализации ОКCN⁹⁷. М.: Радио и связь, 2002. 368 с. ISBN 5-256-01634-2.

5. Koucheryavy A., Vasiliev A., Lee K.-O. Methods of Testing the NGN Technical Facilities // International Conference on Advanced Communication Technologies (ICTACT). 2005. Vol. 1. pp. 317–319.
6. Васильев А. Б., Тарасов Д. В., Андреев Д. В., Кучерявый А. Е. Тестирование сетей связи следующего поколения. М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. 144 с. ISBN 5-00-000834-0.
7. Кучерявый А. Е., Парамонов А. И., Кучерявый Е. А. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчёта. М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. 290 с. ISBN 5-00-000831-6.
8. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 312 с. ISBN 978-5-86983-318-1.
9. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
10. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of Things Laboratory Test Bed // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2016. Vol. 348. DOI: 10.1007/978-81-322-2580-5_44.
11. Кучерявый А. Е., Владыко А. Г., Киричек Р. В. Теоретические и практические направления исследований в области летающих сенсорных сетей // Электросвязь. 2015. № 7. С. 9–11.
12. Кучерявый А. Е., Кучерявый Е. А. От e-России к u-России: тенденции развития электросвязи // Электросвязь. 2005. № 5. С. 10–11.
13. Кучерявый А. Е. Сенсорные сети как перспективное направление развития телекоммуникаций // 59-я Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава СПбГУТ. 2007. С. 5–7.
14. Koucheryavy A., Vladyko A., Kirichek R. State of the Art and Research Challenges for Public Flying Ubiquitous Sensor Networks // Lecture Notes in Computer Science. 2015. Vol. 9247. pp. 299–308. DOI: 10.1007/978-3-319-23126-6_27.
15. Kirichek R., Paramonov A., Koucheryavy A. Swarm of Public Unmanned aerial vehicles as a queuing network // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 601. pp. 111–120. DOI: 10.1007/978-3-319-30843-2_12.
16. Шкляева А. В., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Методы тестирования летающих сенсорных сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 2. С. 43–52.
17. Kirichek R., Vladyko A., Zakharov M., Koucheryavy A. Model Networks for Internet of Things and SDN // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT). 2016. pp. 76–79.
18. Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.
19. Кучерявый А. Е., Выборнова А. И. Тактильный Интернет // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей V Международной научно-технической и научно-методической конференции. 2016. Т. 1. С. 6–11.
20. Листвин В. Н., Трещиков В. Н. DWDM системы. М.: Техносфера, 2015. 296 с.
21. Dotcenko S., Vladyko A., Letenko I. A Fuzzy Logic-Based Information Security Management for Software-Defined Networks // 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT). 2014. pp. 167–171.
22. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549. DOI: 10.1007/978-3-319-46301-8_45.

References

1. Grigoryan, A. V. World Experience of Development of the Telecommunications Market // Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik. 2006. No. 6. pp. 29–34.
2. Koucheryavy, A. E. Problems of Introduction of Import Telephone Exchange on Russian Communication Networks // Vestnik svyazi. 1994. No. 10. pp. 17–18.
3. Koucheryavy, A. E., Osipov V. N. State Park of Switching Systems // Vestnik svyazi. 1999. No. 3.
4. Adzhemov, A. S., Koucheryavy, A. E. Signaling System No.7. М.: Radio I svyaz', 2002. 368 p. ISBN 5-256-01634-2.
5. Koucheryavy, A., Vasiliev, A., Lee, K.-O. Methods of Testing the NGN Technical Facilities // International Conference on Advanced Communication Technologies (ICTACT). 2005. Vol. 1 pp. 317–319.

6. Vasiliev, A. B., Tarasov, D. V., Andreev, D. V., Koucheryavy, A. E. Testing of Next Generation Networks. M.: FGUP ZNIIS, 2008. 144 p. ISBN 5-00-000834-0.
7. Koucheryavy, A. E., Paramonov, A. I., Koucheryavy, Y. A. The Public Communication Network. Trends in the Developments and Calculation Methods. M.: FGUP ZNIIS, 2008. 290 p. ISBN 5-00-000831-6.
8. Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V., Koucheryavy, Y. A. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich, 2011. 312 p. ISBN 978-5-86983-318-1.
9. Koucheryavy, A. E. Internet of Things // *Electrosvyaz'*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
10. Kirichek, R., Koucheryavy, A. Internet of Things Laboratory Test Bed // *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2016. Vol. 348. DOI: 10.1007/978-81-322-2580-5_44.
11. Koucheryavy, A. E., Vladyko, A. G., Kirichek, R. V. Theoretical and Practical Research Trends in the Field of Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Electrosvyaz'*. 2015. No. 7. pp. 9–11.
12. Koucheryavy, A. E., Koucheryavy, Y. A. From e-Russia to u-Russia: Communication Development Trends // *Electrosvyaz'*. 2005. No. 5. pp. 10–11.
13. Koucheryavy, A. E. Sensor Networks as a Perspective Direction of Development of Telecommunications // 59 Science and Technology Conference of Teaching Staff SPbSUT. 2007. pp. 5–7.
14. Koucheryavy, A., Vladyko, A., Kirichek, R. State of the Art and Research Challenges for Public Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Lecture Notes in Computer Science*. 2015. Vol. 9247. pp. 299–308. DOI: 10.1007/978-3-319-23126-6_27.
15. Kirichek R., Paramonov A., Koucheryavy A. Swarm of Public Unmanned Aerial Vehicles as a Queuing Network // *Communications in Computer and Information Science*. 2016. Vol. 601. pp. 111–120. DOI: 10.1007/978-3-319-30843-2_12.
16. Shklyayeva, A. V., Kirichek, R. V., Koucheryavy, A. E. Methods for the Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Telecom IT*. 2016. Vol. 4. No. 2. pp. 43–52. URL: <http://sut.ru/doci/nauka/review/20162/43-52.pdf>
17. Kirichek, R., Vladyko, A., Zakharov, M., Koucheryavy, A. Model Networks for Internet of Things and SDN // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. pp. 76–79.
18. Koucheryavy, A. E., Makolkina, M. A., Kirichek, R. V. Tactile Internet. Ultra Low Latency Communication Networks // *Electrosvyaz'*. 2016. No. 1. pp. 44–46.
19. Koucheryavy, A. E., Vybornova, A. I. Tactile Internet // *Actual Problems of Education in Science and Education*. V International Scientific-Technical and Scientific-Methodical Conference. 2016. Vol. 1. pp. 6–11.
20. Listvin, V. N., Treschikov, V. N. DWDM Systems. M.: Technosfera, 2015. 296 p.
21. Dotcenko, S., Vladyko, A., Letenko, I. A Fuzzy Logic-Based Information Security Management for Software-Defined Networks // 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2014. pp. 167–171.
22. Vladyko, A., Muthanna, A., Kirichek, R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549. DOI: 10.1007/978-3-319-46301-8_45.

Кучерявый Андрей Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, akouch@mail.ru

Киричек Руслан Валентинович – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru

Koucheryavy Andrey – D.Sc., professor, head of the department, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, akouch@mail.ru

Kirichek Ruslan – Ph.D., associate professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru