

МЕТОД СТРУКТУРНОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Р. О. Шапорин, В. О. Шапорин, Е. Л. Шапорина, И. Г. Милейко

Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. Предложен метод описания структуры компьютерных сетей, который предполагает как упрощенное графическое представление сети, так и текстовый формат описания. Данный метод позволяет анализировать структуру сети как непосредственно человеком, так и в автоматизированном режиме программами, написанными на любом языке программирования. Метод основан на построении графа сети, отображающего структуру сети и модуля обработки полученного из графа файла описания сети. Это позволяет сократить объем данных для описания сети и сократить время реакции на инциденты, возникающие в процессе функционирования сети.

Ключевые слова: проектирование сетей, анализ сетей, моделирование сетей, обработка данных, анализ уязвимостей, анализ защищенности сетей

Введение

В процессе обслуживания и администрирования компьютерных сетей, администраторы и инженеры часто сталкиваются с необходимостью быстрого оперативного вмешательства, в связи с возникающими в системе событиями. При этом, им приходится сталкиваться с проблемой документирования структуры сети, которая представляет собой набор разноформатной и разрозненной информации в виде рисунков (логическая, физическая структуры, план сети), таблиц (адресный план, описание интерфейсов и т. д.) и других документов [1-3]. Использование такого способа описания приводит к тому, что большая часть времени работы персонала тратится на поиск конкретной причины возникновения инцидента, а на анализ самой структуры сети на основе слабо структурированной информации, или при ее частичном или полном отсутствии.

Также, в процессе эксплуатации компьютерных сетей, нередко возникает необходимость в ее масштабировании или реорганизации, что приводит к потере актуальности существующей документации и необходимости ее изменения или полной замены. Это, в свою очередь, влечет за собой дополнительные временные затраты на построение новых структур и таблиц описания структуры, что требует ручной работы специалистов с использованием различных инструментальных средств.

В связи с этим, возникает необходимость в разработке методов и унифицированных средств описания компьютерных сетей с учетом их иерархичности, гетерогенности и изменчивости.

© Шапорин Р. О., Шапорин В. О.,
Шапорина Е. Л., Милейко И. Г. 2018

При этом необходимо обеспечить возможность полного или частичного автоматизированного документирования и анализа сети, что позволит снизить время реакции на возникающие в системе события.

1. Модели сети

Анализируя современные способы документирования сетевых проектов было выявлено, что основным способом описания сетевой инфраструктуры являются специальные журналы, которые содержат в себе, как правило, всю информацию о сети, включая топологию сети, назначение портов, сетевые службы, политики и профили доменов, важные приложения [4-5]. Такие журналы представляют собой распечатанный и/или электронный документ, который достаточно сложно обрабатывать при увеличении масштабов сети и сервисов. Поэтому необходимо решить задачу, которая заключается в разработке метода, позволяющего организовывать документирование сети на этапах проектирования, модернизации и администрирования, и позволит автоматизировать процесс описания сети и поиска неисправности в ней [6].

Для описания структуры сети необходимо учесть ее иерархичность, разнообразие сетевого оборудования и сервисов, предоставляемых системой [7-8]. Для этих целей целесообразно использовать формат данных, который позволит отображать всю указанную информацию, а также удобен для дальнейшей обработки. На сегодняшний день таковыми можно назвать два типа — форматы XML и JSON. Оба формата удобны с точки зрения представления данных, легко читаемы и поддерживаются большинством современных языков программирования. Однако руч-

ное заполнение данного формата является трудоемким процессом, сравнимым с программированием объемного проекта. Эта сложность приводит к тому, что необходимо также разработать интерфейс, который позволит существенно снизить сложность и время описания сети.

Для этого в данном исследовании, предложено использование метода построения графа сети, который описывает логическую структуру сети, ее узлы, протоколы и сервисы. Данное графическое представление сети преобразуется в структурный документ, который используется машинами для анализа сети.

1.1. Графовая модель сети

Графовая модель сети представляет собой иерархическое отображение структуры сети, вершинами которой являются узловые элементы сети, ребрами — линии связи между узлами сети. Пример такого представления изображен на рисунке 1.

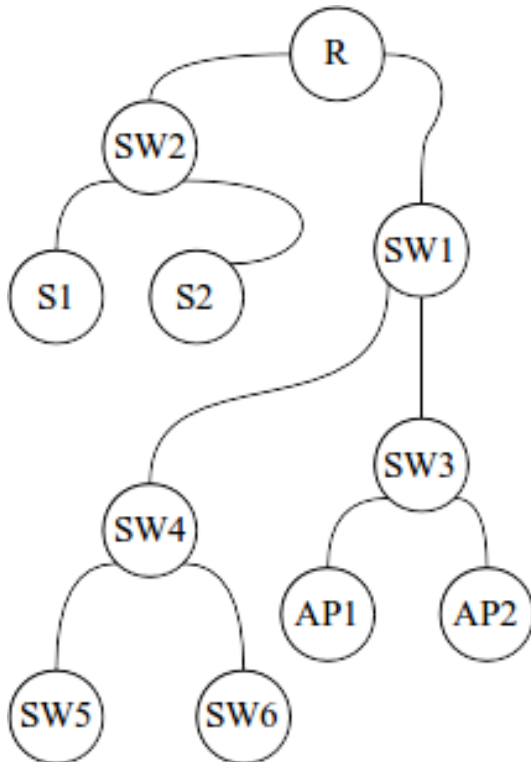


Рис. 1. Пример графа сети

Каждой вершине назначается роль, соответствующая назначению узлового устройства, например «маршрутизатор», «коммутатор», «точка доступа» и т. д. Также каждой вершине необходимо задать соответствующие устройству параметры, которые описывают его основные настройки и выполняемые функции.

Следует отметить, что указание конечных вершин не является обязательным в данной

структуре. Вместо этого следует назначать вершине роль «локальная сеть», для которой можно задать параметры количества рабочих станций и их адресацию. Исключением могут являться сервера сети или другие специфические конечные устройства, указание которых является важным в контексте функционирования системы.

Такой подход позволяет достичь следующего:

1. Наглядно представлять структуру сети, аналогично логическим моделям.

2. Назначать каждой вершине роль, которая описывает иерархию и назначение конкретной вершины.

3. Создавать профиль каждой вершины-узла, который описывает свойства и характеристики узла.

Каждая вершина является одним типом оборудования, или некоторым комбинированным оборудованием, например, беспроводной маршрутизатор. Необходимо предусмотреть сбалансированное количество параметров, которые можно задавать каждому узлу, чтобы обеспечить полноту описания каждого устройства сети с одной стороны, и избежать нагромождения этих параметров с другой стороны [9-10]. В рамках данного исследования предлагается создавать профили на основе физических характеристик устройства (производитель, количество и назначение портов) и уровня модели TCP/IP, на котором оно функционирует. Последнее позволяет определять программную составляющую узла, а именно — протоколы, которые на нем функционируют и ряд настроек, которые важны для анализа сети. Среди основных таких характеристик можно выделить типы и протоколы маршрутизации, сетевую и физическую адресацию, резервирование портов и каналов, настройки безопасности. Для серверов предусмотрено описание сетевых служб и сервисов, развернутых на них.

Описание каналов связи сводится к указанию узлов, которые соединены каналом связи, стандартами передачи данных (медный проводник, беспроводной канал, свет и т. д.).

1.2. Профилирование узлов и связей

Для обеспечения профилирования вершин и ребер предусмотрено множество ролей, которые соответствуют реальным типам сетевого оборудования. Для описания ребер необходимо обладать следующими знаниями:

- тип среды передачи. Медный проводник, оптическое волокно, беспроводной радиоканал (802.11, 802.15, 802.16 и т. д.), беспроводной светоканал (Li-Fi) и другие;

– стандарты, на основе которых осуществляется передача данных (метод доступа к среде, метод передачи кадра, дополнительные характеристики);

– указание точек соединения канала.

Пример описания канала связи представлен на рисунке 2.

```
{
  "Class" : "Twisted Pair",
  "End Points" : "Main Router > DMZ",
  :{ "Type" : "Dynamic",
     "Number Dev" : "2",
  }
  "Protocol" : "Ethernet"
}
```

Рис. 2. Пример описания канала связи

Среди сетевого оборудования выделены следующие типы:

– «маршрутизаторы». Основными характеристиками являются описание функций и способов маршрутизации, адресации и базовые функции безопасности;

– «сетевые экраны». Основные характеристики – настройки фильтрации трафика и взаимодействие с сетевыми серверами;

– «коммутаторы». Основные характеристики – наличие виртуальных сетей, резервирования и агрегации каналов, настройки безопасности;

– системы обнаружения и предотвращения вторжений «СОПВ». Основные характеристики – методы и алгоритмы работы, настройки;

– «серверы». Основные характеристики – роль сервера в локальной сети и развернутые приложения;

– «точки доступа». Основные характеристики – коммутация беспроводных каналов;

– «беспроводной маршрутизатор». Основные характеристики – трансляция адресов, адресация, маршрутизация, элементы коммутации;

– «локальная сеть». Основные характеристики – количество и наименование оборудования в конкретной подсети.

Тип оборудования представляет собой определенный класс, которому характерны соответствующие свойства и характеристики. Таким образом, каждый узловой элемент сети представлен экземпляром класса, который описывает архитектуру и настройки устройства в контексте рассматриваемой системы. При этом соблюдается иерархическое описание объекта сети, с учетом его положения в сети, назначения, настроек (Рисунок 3).

После создания профилей всего коммуникационного оборудования, у администраторов по-

является файл, который содержит в себе всю структуру обслуживаемой сети, описание основных характеристик сетевого оборудования, количества и наименования конечных сетевых устройств.

```
{
  "Class" : Router,
  "Name" : Main Router,
  "Ports" : {
    G0/0 : "Connection to ISP",
           "rate 1Gbps",
    G0/1 : "Connection to DMZ",
           "rate 1Gbps",
    G0/2 : "Connection to LAN",
           "rate 1 Gbps" : {
             "SubInt G0/2.10": "VLAN10",
             "SubInt G0/2.20": "VLAN20",
             "SubInt G0/2.30": "VLAN30",
           }
  }
  "Protocols" : {
    "Routing" : {
      "Static" : "none",
      "Dynamic" : "none",
      "VLAN" : "RouterOnASTick" : {
        "Network": "192.168.0.0/26"
        "Network": "192.168.0.64/26"
        "Network": "192.168.0.128/26"
      }
    }
    "Access List" : {
      "Income" : {
        "Standard" : "AccessToLAN",
        "Standard" : "AccessToDMZ",
        "Extended" : "AccessBySSH",
        "Extended" : "AccessByRDP"
      }
      "Outcome" : {
        "Standard" : "AccessToVTY",
        "Extended" : "AccessToHTTP",
        "Standard" : "AccessToDMZ",
      }
    }
  }
}
```

Рис. 3. Пример профилирования узла «маршрутизатор»

В рамках исследования не рассматривались конкретные способы обработки полученного файла, так как этот процесс может быть индивидуален для каждого сетевого администратора. Формат файла был выбран такой, что обработка его возможна с использованием практически любого языка программирования, и каждый специалист может подготавливать свои собственные сценарии обработки файла.

Однако методом предусмотрен ряд общих алгоритмов обработки описания структуры сети в процессе анализа неисправностей и сбоев.

2. Анализ описания сети

Полученная структура сети в текстовом формате используется в процессе анализа сети, в случае возникновения инцидентов или в процессе мониторинга, планирования модификации сети и других случаях, когда важно иметь быстрый доступ к документации сети. При этом необходимо учесть, что процесс анализа может осуществляться по-разному:

- поиск и анализ оборудования;
- поиск и анализ протоколов;

– поиск в соответствии с уровнем модели TCP/IP;

– поиск на основе работающих приложений и прочее.

Таким образом, при обработке файла, необходимо обеспечить доступ к описанию узлов и связей по определенным полям, которые описывают их параметры. Наиболее общий подход для анализа структуры сети заключается в анализе проблемы, исходя из уровня стека TCP/IP, с дальнейшей обработкой информации об оборудовании, которое реализует функции данного уровня. Общий алгоритм такого анализа представлен на рисунке 4.

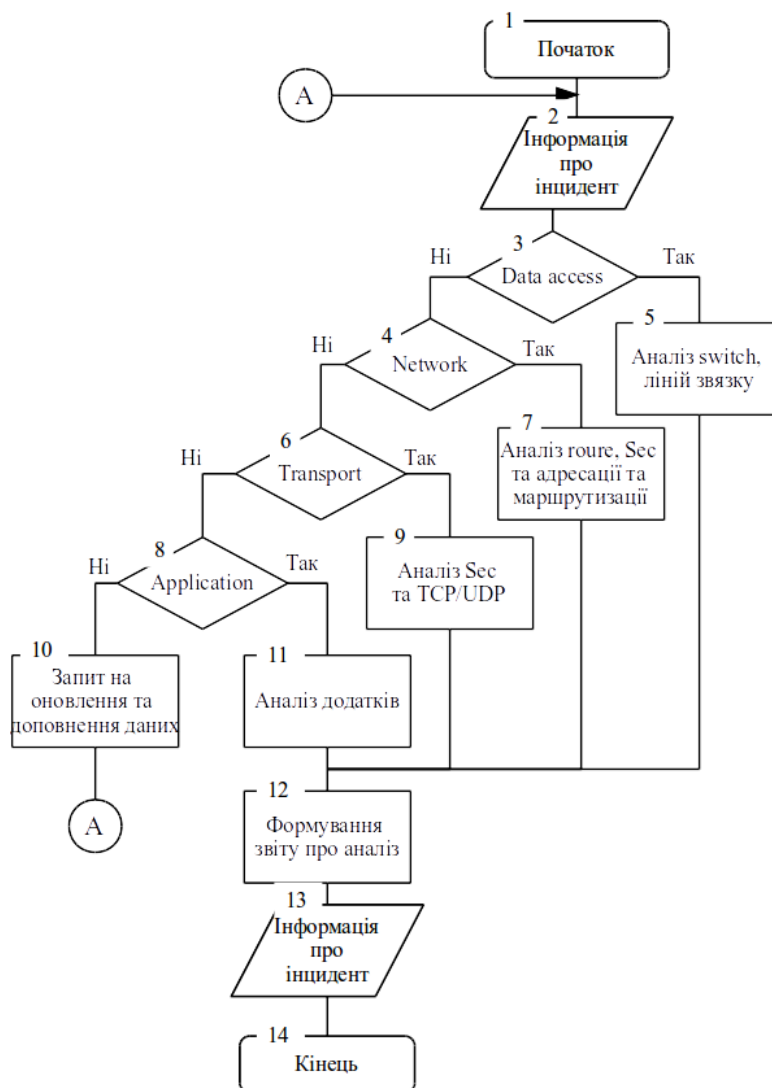


Рис. 4. Анализ структуры сети на основе уровня модели TCP/IP

Алгоритм предполагает выявление проблемы, исходя из привязки функций сетевого оборудования к конкретному уровню модели TCP/IP. Для этого предназначены четыре процедуры анализа:

– инциденты на уровне доступа. Предусмотрен анализ оборудования, обеспечивающего коммутацию в локальной сети и связанных с ней функций (резервирование каналов, защита портов и т. д.);

– инциденты на сетевом уровне. Предусмотрен анализ оборудования, работающего на сетевом уровне, обеспечивающем адресацию в сети, сегментацию сети, маршрутизацию, фильтрацию и т. д.;

– инциденты на транспортном уровне. Предусматривает анализ сетевого оборудования с точки зрения функционирования протоколов TCP, UDP и SCTP, а именно, устранение неполадок с точки зрения надежности доставки данных;

– инциденты на прикладном уровне. В большей мере предусматривают анализ серверов и кластеров, которые обеспечивают сервисы и сетевые службы для устройств и пользователей локальной сети и для внешних систем и пользователей.

3. Общее описание метода

Исходя из описанных выше подходов к описанию сети можно сформулировать основные шаги, предусмотренные разработанным методом.

1. Построение графа сети.
2. Назначение ролей каждой вершине графа и дугам, соединяющим вершины.
3. Профилирование вершин графа.
4. Формирование текстового описания графа структуры сети.
5. Построение системы обработки текстового описания структуры сети.
6. Обработка текстового описания структуры сети.

Первый шаг, предусматривает построение логической структуры сети на основе графовой модели. Второй шаг заключается в определении ролей вершин. Третий шаг заключается в назначении каждой вершине ее свойств и характеристик. Четвертый шаг предназначен для автоматического формирования текстового описания сети в заданном формате.

Пятый шаг является индивидуальным для конкретной системы и специалиста, который ее обслуживает. Обработка файла может основываться на политиках безопасности, принятых в компании, личных предпочтений или опыта администратора, на основе целей, которые назначены для данной системы и других факторах.

Шестой шаг базируется на предложенном способе анализа, но, как и в пятом шаге, возможно использование собственных подходов к обработке информации на основе спроектированной системы обработки файла.

Выводы

Разработанный метод позволяет:

– сократить время документирования сети за счет автоматизации типичных операций по описанию структуры сети и ее элементов;

– увеличить функциональность и гибкость обработки полученной документации за счет возможности использовать собственные алгоритмы обработки описания сети.

– сократить время анализа структуры сети за счет возможности машинной обработки файлов описания сети, а, следовательно, и автоматизации процессов, направленных на мониторинг и поиск неисправностей в сети.

Данный метод, в первую очередь, полезен сетевым инженерам, обслуживающим коммуникационное оборудование и системным администраторам, поддерживающим развернутые в сети приложения и сервисы.

Область применения данного метода находится в области локальных и корпоративных сетей и систем, однако может применяться и в промышленных сетях при условии дополнения ролей для вершин графа сети и линий связи.

Среди направлений развития данного исследования, можно отметить следующее:

- использовать базы знаний вместо обычных файлов описания. Это позволит осуществлять не только простой поиск и выборку из описания сети, но и строить цепочки зависимостей и систему логического вывода о состоянии сети или ее элементов;

- использование дополнительных модулей для расширения функциональности инструментальных средств. Например, использовать базу знаний уязвимости коммуникационного оборудования.

- добавление возможности извлечения образа настроек коммуникационного оборудования, для упрощения процесса профилирования узлов графа. Заключается в разработке инструментальных средств, позволяющих извлекать необходимые настройки и параметры коммуникационного оборудования и автоматического заполнения соответствующих полей в файле описания структуры сети.

Список использованной литературы

1. ANSI/TIA/EIA 606A. Administration standard for telecommunications infrastructure. Quick reference guide. [Electronic resource]. Access Mode <http://www.flexcomm.com/library /606aguide .pdf>.
2. Tanenbaum, Andrew S. Computer networks / Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. [Electronic Resource]. - Access Mode <http://iips.icci.edu.iq/images/exam/Computer-Networks---A-Tanenbaum---5th-edition.pdf>.

3. Kuroze, James F. Computer networking: a top-down approach / James F. Kurose, Keith W. Ross. [Electronic Resource]. - Access Mode: http://www.bau.edu.jo/UserPortal/UserProfile/PostsAttach/10617_1870_1.pdf.

4. Документирование сети. Режим доступа: http://studbooks.net/2249023/informatika/dokumentirovanie_seti

5. Документирование сети. Режим доступа: <http://ciscotips.ru/network-documentation>.

6. Ensel, Cristian. An Approach for Managing Service Dependencies with XML and the Resource Description Framework / C. Ensel, A. Keller. [Electronic Resource]. Journal of Network and Systems Management. Vol. 10., Issue 2 – 2002. pp. 147–170.

7. Методика проектування розподілених інформаційних систем / R. Shaporin, M. Mykolyuk, D. Oleshko // [Текст] Науковий вісник Чернівецького університету. 2014. Т.5, Випуск 1. – С. 22–27.

8. Проблемы управления трафиком в гибридных компьютерных сетях / Шапорин Р. О., Нестеренко С. А., Нестеренко Ю. С. // [Текст] Тез. док. 14-ї міжнар. конф. СІЕТ, 2013 – С. 149–150.

9. Модели характеристик функционирования компьютерных сетей в условиях неопределенности / Е. Л. Шапорина, П. М. Тишин, С. А. Нестеренко, И. Г. Милейко // [Текст] Современные информационные и электронные технологии, 1 (14), 2013 – С. 138–141.

10. Метод расчета размеров буферов коммутаторов / Шапорин Р. О., Шапорин В. О., Милейко И. Г. // [Текст] Труды Одесского политехнического университета, № 2(28), 2007 – С. 116–119

11. Нечеткие модели сетей связи / П. М. Тишин, К. В. Ботнар // [Текст] Холодильная техника и технология, №8. Одесса: ВЦ ОДАХ, 2009 – С. 60–67.

12. Анализ вычислительных сетей с помощью многоуровневой онтологии оценки рисков с применением методологии CORAS / Н. Б. Копытчук, П. М. Тишин, М. В. Цюрупа // [Текст] Електротехнічні та комп'ютерні системи № 10, 2013 – С.120–126.

13. Разработка модели онтологии диагностики сервис-ориентированных сетевых структур на основе многосортного языка прикладной логики / С. А. Нестеренко, П. М. Тишин, А. С. Маковецкий // [Текст] Електротехнічні та комп'ютерні системи № 7, 2012 – С.102–108.

References

1. ANSI/TIA/EIA 606A. Administration standard for telecommunications infrastructure.

Quick reference guide. Available at: <http://www.flexcomm.com/library/606aguide.pdf>.

2. Tanenbaum Andrew S. Computer networks. Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. - Access mode: <http://iips.icci.edu.iq/images/exam/Computer-Networks---A-Tanenbaum---5th-edition.pdf>.

3. Kuroze James F. Computer networking: a top-down approach. James F. Kurose, Keith W. Ross.– Available at: http://www.bau.edu.jo/UserPortal/UserProfile/PostsAttach/10617_1870_1.pdf.

4. Network documentation. Available at: http://studbooks.net/2249023/informatika/dokumentirovanie_seti

5. Network documentation. Available at: <http://ciscotips.ru/network-documentation>.

6. Cristian Ensel. (2002) An Approach for Managing Service Dependencies with XML and the Resource Description Framework. C. Ensel, A. Keller. Journal of Network and Systems Management. Vol. 10., Issue 2. pp. 147-170.

7. Shaporin, R., Mykolyuk, M., Oleshko, D. (2014). Method of the distributed information systems designing [Metodyka proektuvannya rozpodilenykh informatsiynykh system]. Scientific bulletin of Chernivetskiy university. V.5, Part 1. Chernovtsy – P. 22–27.

8. Shaporin, R. O., Nesterenko, S. A., Nesterenko, J. S. (2013). The problems of traffic management in networks with heterogeneous structure [Problemy upravleniya trafikom v gibridnykh komp'yuternykh setyakh]. 14-th Int. Conf. MIET, Odesa. – P. 149–150.

9. Shaporina, O., Tishin, P., Nesterenko, S., Mileyko, I. (2013). Models of the computer networks functioning characteristics in the conditions of uncertainty [Modeli kharakteristik funktsionirovaniya komp'yuternykh setey v usloviyakh neopredelennosti]. 14-th Int. Conf. MIET, Odessa. – P. 138–141.

10. Shaporin, R. O., Shaporin, V. O., Mileyko, I. G. (2009). The switch buffers size calculation method [Metod rascheta razmerov buferov kommutatorov]. Works of Odessa Polytechnic University, № 2(28), Odessa. – P. 116 –119

11. Tishin, P., Botnar, K. (2009) Indistinct models of the communication networks [Nechetkiye modeli setey svyazi]. Refrigeration equipment and technology №8. Odessa.– P. 60 –67

12. Kopytchuk, M., Tishin, P., Tsurupa, M. (2013). The analyses of networks with the multilevel ontology of risk's estimate with CORAS methodology [Analiz vychislitel'nykh setey s pomoshch'yu mnogourovnevoy ontologii otsenki riskov s primeneniym metodologii CORAS]. Electrotechnic and Computer Systems №10, Odesa, P. 120 –126

13. Nesterenko, S., Tishin, P., Makovetskiy, O. (2012). Designing of model of ontology for diagnostics of service-oriented network structures on the base of apply logic multisort language [Razrabotka modeli ontologii diagnostiki servis-orientirovannykh setevykh struktur na osnove mnogosortnogo yazyka prikladnoy logiki]. *Electrotechnic and Computer Systems* №7. Odesa.– P. 102–108

STRUCTURE HIERARCHICAL METHOD OF COMPUTER NETWORKS REPRESENTATION

R. O. Shaporin, V. O. Shaporin, E. L. Shaporina, I. G. Mileyko

Odessa National Polytechnic University

Abstract. *This paper are represented the method of computer networks representation. It can be using during the network design stage and for searching damage points when the incidents are emerged. The main purpose of this study is the two key problems: firstly, reduction time and volume of network documentation process. Secondly, reduction of time of location bounce points and errors in network equipment while network operation. This method and the tools based on it will be useful for network engineers and administrators, who design and monitoring computer networks and services, because it no need to use many pieces documentation because the most common daily functions can be automatized. The method based on two main mechanisms – building the network structure graph what have to transformation to text representation in JSON or XML format, and automatic parsing this file for searching points of failure, such a data transitions channels or failure of equipment or network services. This method will be useful: 1. For network engineers to monitoring and controlling network equipment; 2. For network administrators to monitoring and controlling network servers and services; 3. For security administrators to monitoring network security policy and security incidents investigation. Also the tools based on this method can be in a two types of soft – client-server application or on-board application. All administrators can make own application based on this method and change the algorithms of parsing the network structure file in accordance with their task and requirements. The tools based on this method should maintain a modular structure for easy change algorithms and functionality.*

Keywords: *networks design, network analysis, network modeling, data processing, vulnerability analysis, network security analysis, network tools*

МЕТОД СТРУКТУРНОГО ІЄРАРХІЧНОГО ОПИСУ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Р. О. Шапорін, В. О. Шапорін, Е. Л. Шапоріна, І. Г. Мілейко

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. *В даній статті запропонований метод представлення комп'ютерних мереж. Він може використовуватися під час етапу проектування мережі та для пошуку точок ушкодження при виникненні інцидентів. Основною метою цього дослідження є дві основні проблеми: по-перше, скорочення часу та обсягу процесу документування мережевої структури. По-друге, скорочення часу виявлення точок відмов та помилок у мережевому обладнанні під час функціонування мережі. Цей метод і інструменти, засновані на ньому, будуть корисні для мережних інженерів та адміністраторів, які розробляють та контролюють комп'ютерні мережі та сервіси, тому що не потрібно використовувати множини документів, оскільки найпоширеніші щоденні функції можуть бути автоматизовані. Метод заснований на двох основних механізмах - побудові графів структури мережі, які мають бути перетворені в текстове представлення у форматі JSON або XML, а також автоматичне розбирання цього файлу для пошуку точок відмови, таких як канали передавання даних або відмови обладнання або мережних служб. Цей метод буде корисний: 1. Для мережних інженерів для моніторингу та контролю мережевого обладнання; 2. Для мережних адміністраторів для моніторингу та керування мережевими серверами та службами; 3. Для адміністраторів безпеки для моніторингу політик безпеки в мережі та розслідування інцидентів у сфері безпеки. Також інструменти, засновані на цьому методі, можуть бути у двох типах програмного застосування - клієнт-сервер або бортовий додаток. Всі адміністратори можуть створювати власні додатки на основі*

цього методу та змінювати алгоритми розбору файлу структури мережі відповідно до їх завдання та вимог. Інструменти, засновані на цьому методі, повинні підтримувати модульну структуру для легкої зміни алгоритмів та функціональності.

Ключові слова: проектування мереж, аналіз мереж, моделювання мереж, обробка даних, аналіз вразливості, аналіз захищеності мереж, мережні інструменти

Получено 25.03.2018



Шапорин Руслан Олегович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютерных интеллектуальных систем и сетей Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: shaporin@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

Shaporin Ruslan, PhD, Associate professor, Head of the Department of computers intelligent systems and networks, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko av., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: shaporin@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

ORCID ID: 0000-0003-4407-2367



Шапорин Владимир Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных интеллектуальных систем и сетей Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: shaporin.v.o@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

Shaporin Vladimir, PhD, Docent of the Department of computers intelligent systems and networks, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: shaporin.v.o@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

ORCID ID: 0000-0001-6494-7648



Шапорина Елена Леонидовна, старший преподаватель кафедры компьютерных интеллектуальных систем и сетей Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: e.shaporina@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

Shaporina Elena, Senior lecture of the Department of computers intelligent systems and networks, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko av., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: e.shaporina@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

ORCID ID: 0000-0002-2888-6793



Милейко Игорь Генрикович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных интеллектуальных систем и сетей Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: r.shaporin@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

Mileyko Igor, PhD, Associate prof., Docent of the Department of computers intelligent systems and networks, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko av., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: r.shaporin@opu.ua, тел. +38-048-705-83-22

ORCID ID: 0000-0002-8664-7037