

УДК 004.7

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ КОМПОНЕНТОВ
ОДНОРАНГОВОЙ СЕТИ СО СЛОЖНОЙ СЛУЧАЙНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ***

**METHOD FOR DETERMINING AVAILABILITY OF THE COMPONENTS
OF AD-HOC NETWORKS WITH COMPLEX RANDOM TOPOLOGY**

Ю.М. МОНАХОВ, А.М. ВЛАСОВА
Y.M. MONAKHOV, A.M. VLASOVA

(Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)
E-mail: lost_anita@mail.ru

В статье приводится подробное описание изучаемой модели сети, ее отличительные особенности, список терминов и определений, которыми авторы оперируют в рамках модели, чтобы избежать разночтений в терминологии. Авторами работы предложен критерий оценки доступности таких сетевых компонентов, как узлы, ребра, каналы связи, а также набор формул, с помощью которых можно получить эти значения.

* В настоящей публикации приведены результаты исследования, поддержанного грантом РФФИ 13-01-97520.

This article provides a thorough description of the network model in research, its specifics, and also the list of terms and definitions we use in the model's framework to exclude the possibility of interpreting the terminology differently. In this article we describe the method for evaluating the availability of network components, among them nodes, edges and channels.

Ключевые слова: определение доступности, сложные сети, одноранговые сети, случайная топология, каналы связи, узел, ребро.

Keywords: evaluation of availability, complex networks, ad hoc networks, random topology, communication channels, nodes, edges.

В настоящее время почти во всех организациях, учреждениях и предприятиях, не смотря на их масштабы, спроектирована и введена в эксплуатацию корпоративная сеть передачи данных. Для пользователей такой сети важно иметь возможность оперативно выполнять задачи. В связи с этим одной из главных характеристик функционирования и предоставления услуг в рамках сети является доступность. Это особенно критично для сетевых инфраструктур, где скорость получения доступа к информации имеет очень большое значение.

Проанализировав источники [1...4], в которых описаны угрозы доступности сети и виды атак на снижение доступности, авторы данной работы заключают, что на сегодняшний день типы таких атак получили широкое распространение. Их основной задачей является постепенное снижение доступности отдельных компонентов сети, а впоследствии сети в целом. Это объясняется тем, что злоумышленники могут осуществлять такого рода атаки с минимальными для себя затратами (времени, ресурсов и т.д.), но наносить существенный ущерб объекту атак.

Изучаемой моделью служит одноранговая ориентированная сеть со сложной, случайной топологией и дуплексной связью между двумя соседними узлами, где каждый из узлов сети, в зависимости от его различных характеристик (величины пропускной способности, загруженности, типов используемых сервисов и т.д.), обладает соответствующей вероятностной величиной доступности.

В данном исследовании под одноранговой сетью подразумевается сеть, узлами

которой являются маршрутизаторы, причем каждый из узлов такой сети обладает равными возможностями по принятию решений в рамках процесса управления потоком. Под сложной сетью понимается сеть, отличающаяся от таких широко известных топологических структур, как кольцо, звезда и т.п., но при этом сочетающая комбинации тривиальных топологий.

В процессе изучения особенностей модели выделены следующие компоненты, на которые злоумышленник может совершать атаки: узел сети – любое сетевое устройство рассматриваемой сети; ребро сети – связующий элемент между двумя соседними узлами; канал связи – путь между двумя вершинами (узлами сети).

Приведем несколько определений доступности сетевых сервисов: доступность сервиса – диапазон времени, в течение которого сервис доступен между определенными входной и выходной точками с параметрами, оговоренными в соглашении об уровне обслуживания [5]; доступность – способность услуги или ее компонента исполнить требуемую функцию в установленный момент или за установленный период времени [6]; доступность услуги – разность между временем предоставления услуги по графику за вычетом времени на обслуживание и временем на простои, с учетом влияния затронутых потребителей услуг, деленная на совокупное время предоставления услуги по графику [7]; в источнике [8] под доступностью или работоспособностью сети подразумевается связность сети с качеством не хуже заданного.

В рамках изучаемой модели доступность связи между двумя узлами определим как наличие хотя бы одного работоспособного пути (канала связи) между этими узлами. Канал связи будем считать работоспособным, если он может выполнять какую-либо задачу в определенный момент (интервал) времени от 0 до t , где t – директивное время (максимальное заданное время, выделенное на выполнение конкретной задачи).

В [9, с. 113] надежность определена как свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять определенные задачи в определенных условиях эксплуатации. Ссылаясь на то, что эти понятия разные, но родственные, перефразируем данное определение для доступности: директивная доступность канала связи – вероятность выполнения задачи через i -й канал связи за время, равное директивному времени или за меньшее время; фактическая доступность канала связи – доступность компонентов канала связи в рассматриваемый момент времени относительно заданного уровня.

Под доступностью связи между двумя узлами (i и j) будем подразумевать усредненное значение доступности связи между этими узлами, полученное с учетом всех существующих каналов связи между i и j соответственно, так как именно наличие альтернативных ребер, по которым может образовываться связь между двумя несоседними узлами, обуславливает величину доступности связи – вероятности получения отклика узлом i от узла j . Заметим, что величина доступности между узлом j и узлом i не идентична величине обратной связи, то есть между i и j .

Исходя из предложенных определений в рамках изучаемой модели выдвинуты следующие тезисы: если в сети выполняется задача, возложенная на какой-либо канал связи за приемлемое время (меньшее или равное директивному), то канал доступен; при увеличении времени ожидания фактическая доступность уменьшается; если директивное время бесконечно большое, то при любом фактическом времени канал связи будет считаться доступным.

В связи с введенными определениями и тезисами предлагается формула (1) по расчету директивной доступности узла:

$$A_d = \int_0^t A_\phi(\alpha, t) dt, \quad (1)$$

где A_d – директивная доступность узла; t – директивное время; A_ϕ – фактическая доступность узла в момент времени t ; $\alpha = \phi(F)$ – функция от факторов; $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ – вектор факторов; f_1, f_2, \dots, f_n – факторы, влияющие на доступность узла (пропускная способность между соседними узлами, тип выполняемой задачи, количество выполняемых задач в данный момент времени и т.д.).

Каждый из узлов сети имеет некоторое количество присоединенных к нему ребер. Пусть их доступность зависит от механизмов распределения доступности на самом узле. Выделим два вида таких механизмов.

1. Узел i обладает доступностью A_i , которая по некоторому закону (2) делится между всеми его исходящими ребрами, причем доступность ребер может меняться с течением времени в соответствии с законом:

$$A_{ij}(t) = F(A_i) dt, \quad (2)$$

где A_{ij} – доступность ребра, исходящего из узла i и входящего в j ; t – фактическое время; j – узел, соседний с i -м; $F(A_i) dt$ – закон распределения доступности узла i между всеми его исходящими ребрами.

2. Узел i обладает доступностью A_i и фиксирует величину отклика по ребру, то есть доступность каждого из его исходящих ребер будет одинаковой в любой момент времени t (3):

$$A_{ij} = A_i(t) dt/n, \quad j = 1..n, \quad (3)$$

где A_{ij} – доступность ребра, исходящего из узла i и входящего в j ; j – номер узла, соседнего с i -м; t – фактическое время; n – количество исходящих ребер из узла i .

Для того чтобы определить доступность связи между двумя несоседними узлами (i и j), необходимо учесть топологию сети. Расчет такой величины будем прово-

дить на основе величин доступности совокупности ребер, образующих возможный канал связи между узлами i и j . В методике определения доступности связи будем опираться на работы [10], [11], в которых описаны механизмы определения доступности сетевых сервисов.

Если необходимо рассчитать доступность связи между двумя узлами, представляющей собой последовательное соединение узлов от истока к стоку, то следует воспользоваться формулой (4) для независимых событий из теории вероятностей:

$$A_{ij} = \prod_{k=1}^n A_{k-1k}, \quad (4)$$

где A_{ij} – доступность связи между узлом i и j ; A_k – доступность ребра, входящего в путь, который соединяет узлы i и j ; n – количество ребер, образующих путь из узла i в узел j .

Довольно часто количество возможных путей от одного узла до другого превышает единицу, тогда общая доступность канала между двумя узлами (i и j) рассчитывается с учетом всех возможных путей, которые ведут из вершины i в вершину j . Первым шагом определяют все возможные пути между вершинами i и j и находят доступность каждого из путей по формуле (4). Далее суммируются величины доступности всех найденных путей. Эта сумма и будет величиной доступности связи между i и j .

Положим, что $L_{ij} = \{L_{ij}^1, L_{ij}^2, \dots, L_{ij}^k\}$ – множество всех путей (каналов), ведущих из вершины i в вершину j , а $L_{ij}^k = \{e_{\{i,v_1\}}, e_{\{v_2,v_3\}}, \dots, e_{\{v_n,j\}}\}$ – множество всех ребер, образующих k -й путь между узлом i и j . Теперь представим формулу (5) – общую формулу расчета доступности связи между двумя несоседними вершинами (i и j), которые имеют несколько различных путей связи друг с другом:

$$A_{ij} = \frac{\sum_{\forall L_{ij}^k \in L_{ij}} \prod_{e_{\{v,w\}} \in L_{ij}^k} A(e_{\{v,w\}})}{n}, \quad (5)$$

где k – номер пути, ведущего из узла i в узел j ; n – количество различных путей между узлами i и j ; $e_{\{v,w\}}$ – ребро, исходящее из вершины v и входящее в вершину w ; $A(e_{\{v,w\}})$ – величина доступности ребра $e_{\{v,w\}}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леонов П. В., Медведевский И. Д.* Атака на Internet. – М.: ДМК Пресс, 1999.
2. *Бабкин А. Н., Заряев А. В.* К вопросу о безопасности беспроводных сетей связи ОВД // Вестник ВИ МВД России. – №1, 2012. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-bezopasnosti-bеспроводnyh-setey-svyazi-ovd>.
3. Введение в ИТ безопасность [Электронный ресурс]. // alib.spb.ru: Блог Александра Башкирова, 2000 – 2015. URL: www.alib.spb.ru/blog/page/article-131.
4. Types of Network Attacks against Confidentiality, Integrity and Availability [Электронный ресурс]. // OmniSecu.com: Free Networking Tutorials, Free System Administration Tutorials and Free Security Tutorials, 2008 – 2015. URL: www.omniseclu.com/cnna-security/types-of-network-attacks.php.
5. Качество обслуживания в операторских сетях. Понятие качества обслуживания (QoS) [Электронный ресурс]. // maglan.ru: Компания Маглан. – Магадан: Группа компаний МАГЛАН, 2003 – 2015. URL: www.maglan.ru/ispqoscisco.
6. Управление доступностью [Электронный ресурс]. // old.i-teco.ru: Ай-теко. URL: <http://old.i-teco.ru/process10.html>.
7. *Гребенюк С. А.* Расчет доступности услуг [Электронный ресурс]. // smartsourcing.ru: – Смартсорсинг.ру, 2010-2015. URL: http://smartsourcing.ru/blogs/teoriya_metodiki_i_standarty/870
8. *Калекина Т. Г., Коваленко Т. Н.* Обоснование критерия структурно-информационной связности при анализе надежности телекоммуникационных систем и сетей // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2010, № 1. С. 66...86.
9. *Козлов Б. А., Ушаков И. А.* Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: Сов. Радио, 1975.
10. S. Haddad, L. Mokdad, S. Youcef. Response time analysis for composite Web services // IEEE Symposium Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing. – 2008, № 6. С. 1...5.
11. *G. Harmer.* Availability-1: Calculating planned availability is flipping easy [Электронный ресурс]. // itsmportal.com: ITSM portal, 2010. URL: www.itsmportal.com/columns/availability-1-calculating-planned-availability-flipping-easy#.VJvAPnDAA.

REFERENCES

1. Leonov P. V., Medvedovskij I.D. Ataka na Internet. – M: DMK Press, 1999.
2. Babkin A.N., Zarjaev A.V. K voprosu o bezopasnosti besprovodnyh setej svyazi OVD // Vestnik VI MVD Rossii. – №1, 2012. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-bezopasnosti-besprovodnyh-setey-svyazi-ovd>.
3. Vvedenie v IT bezopasnost' [Jelektronnyj resurs]. // alib.spb.ru: Blog Aleksandra Bashkirova, 2000 – 2015. URL: www.alib.spb.ru/blog/page/article-131.
4. Types of Network Attacks against Confidentiality, Integrity and Availability [Jelektronnyj resurs]. // OmniSecu.com: Free Networking Tutorials, Free System Administration Tutorials and Free Security Tutorials, 2008 – 2015. URL: www.omnisecu.com/ccna-security/types-of-network-attacks.php.
5. Kachestvo obsluzhivaniya v operatorskih setjah. Ponjatie kachestva obsluzhivaniya (QoS) [Jelektronnyj resurs]. // maglan.ru: Kompanija Maglan. – Magadan: Gruppa kompanij MAGLAN, 2003 – 2015. URL: www.maglan.ru/ispqoscisco.
6. Upravlenie dostupnost'ju [Jelektronnyj resurs]. // old.i-teco.ru: Aj-teko. URL: <http://old.i-teco.ru/process10.html>.
7. Grebenjuk S.A. Raschet dostupnosti uslug [Jelektronnyj resurs]. // smartsourcing.ru: – Smartsors-

ing.ru, 2010-2015. URL: http://smartsourcing.ru/blogs/teoriya_metodiki_i_standarty/870

8. Kalekina T. G., Kovalenko T. N. Obosnovanie kriterija strukturno- informacionnoj svjaznosti pri analize nadezhnosti telekommunikacionnyh sistem i setej // Radiojelektronika, informatika, upravlenie. – 2010, № 1. S. 66...86.
9. Kozlov B. A., Ushakov I. A. Spravochnik po raschetu nadezhnosti apparatury radiojelektroniki i avtomatiki. – M.: Sov. Radio, 1975.
10. S. Haddad, L. Mokdad, S. Youcef. Response time analysis for composite Web services // IEEE Symposium Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing. – 2008, № 6. S. 1...5.
11. G. Harmer. Availability-1: Calculating planned availability is flipping easy [Jelektronnyj resurs]. // itsmportal.com: ITSM portal, 2010. URL: www.itsmportal.com/columns/availability-1-calculating-planned-availability-flipping-easy#.VJvAPnDAA

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 09.07.15.
