

С. В. Поршневу, Н. В. Будилина, К. Л. Стойчин, А. В. Шабров

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

S. V. Porshnev, N. V. Budyldina, K. L. Stoychin, A. V. Shabrov

THE ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF NETWORKS

Аннотация. *Актуальность и цели.* Показано, что при неправильной настройке компьютерных сетей (КС) для пользователя может оказаться недоступной часть сервисов. Дан анализ существующих подходов к решению данной задачи. Общим недостатком является отсутствие учета особенностей архитектуры КС при оценке эффективности КС. Поставлена и решена актуальная задача обоснованного выбора критериев оценки функционирования КС, учитывающих особенности архитектуры сети. Предложено научное обоснование выбора данных критериев и приведены соответствующие оценки, подтверждающие правомерность их выбора. Получен критерий эффективности функционирования КС, основанный на анализе на времени ее реакции. Показано, что коэффициент готовности КС зависит от конкретного сервиса, к которому обратился пользователь, месте положения соответствующего компьютера в КС, на котором размещен данный сервис, архитектуры КС и загруженности сегментов КС, через которые передается запрос и ответ на него. При этом неприемлемо большое с точки зрения пользователя время реакции КС, зачастую трактуемое пользователем как сбой в работе сетевого приложения, что закономерно приводит к невыполнению им решаемой задачи, как правило, обусловлено обработкой данных на верхних уровнях модели взаимодействия открытых систем, которые не имеют непосредственного отношения к процессам и, собственно, качеству функционирования КС, но определяются загруженностью клиентов. Приведены критерии оценки производительности сети. Для подтверждения работоспособности выбранных критериев оценивания функционирования КС было проведено моделирование в системе OpNET Modeller. Приведена методика моделирования компьютерной сети. *Результаты и выводы.* Результаты отражены в виде графика зависимости времени задержки от времени измерений для однорангового сегмента компьютерной сети. Значения времен задержек сведены в таблицу. Показано, что значение критериев действительно оказывается зависимым от архитектуры однорангового сегмента компьютерной сети. Таким образом, в работе обоснован выбор для оценивания функционирования сети. Работоспособность предложенных критериев подтверждена результатами имитационного моделирования и аналитическими оценками.

Abstract. It is shown that if the computer networks (CS) are incorrectly configured, a part of the services may not be available to the user. An analysis of existing approaches to solving this problem is given. A common disadvantage is the lack of consideration of the characteristics of the architecture of the COP when assessing the effectiveness of the COP. The actual problem of a reasonable choice of criteria for evaluating the functioning of the CS, taking into account the network architecture features, has been set and solved. A scientific substantiation of the choice of these criteria is proposed and the corresponding estimates confirming the validity of their choice are given. A criterion for the effectiveness of the functioning of the CS, based on an analysis of the time of its reaction, was obtained. It is shown that the availability factor of the CS depends on the specific service that the user turned to, the location of the corresponding computer in the CS where the service is located, the CS architecture and the workload of the CS segments through which the request and response is transmitted. At the same time, the response time of the CS, which is often interpreted by the user as a failure of the network application, is unacceptable from the user's point of view, which naturally leads to the failure of the solved task, as a rule, due to data processing at the upper levels of the open systems interaction model. relationship to the processes and, in fact, the quality of the functioning of the COP, but determined by the workload of customers. Criteria for evaluating network performance are given. To confirm the efficiency of the selected criteria for evaluating the functioning of the CS, the OpNET Modeller system was simulated. The technique of computer network modeling is given. The results are shown as a graph of the dependence of the delay time on the measurement time for the peer-to-peer segment of the computer network. The delay times are tabulated. It is shown that the value of the criteria really turns out to be dependent on the architecture of the peer-to-peer segment of a computer network. Thus, the work justified the choice for evaluating the functioning of the network. The performance of the proposed criteria is confirmed by the results of simulation and analytical assessments.

Ключевые слова: компьютерная сеть, эффективность КС, критерии эффективности КС.

Key words: corporate network, data transmission, threshold criterion, weighted average criterion, time between failures, recovery time.

Введение

При неправильной настройке компьютерных сетей (КС), как показывает анализ опыта администрирования КС, для пользователя КС может оказаться недоступной часть сервисов. В этой связи возникает необходимость оценивания эффективности функционирования КС. При этом следует использовать некоторый набор количественных показателей, учитывающих в том числе и архитектуру КС [1, 2].

Известен ряд работ, в которых предложены те или иные критерии эффективности КС. Например, в работе [2] на основе представления КС в виде направленного графа эффективность КС предложено оценивать по суммарному весу всех связей данного графа, а также по значению суммарной задержки передаваемых пакетов (соответственно, эффективной по данному критерию из имеющегося множества КС считается КС, имеющая наименьшее значение данного показателя), в [3] – по степени безошибочности передачи в сети информационной единицы за минимальное время, в [4] – по $V_{\text{ПД}}$ – пропускной способности КС (среднему потоку данных, фактически передаваемых через КС, Мбит/с), $T_{\text{ЗС}}$ – задержкам доставки в КС сообщения от отправителя к получателю, вносимыми в передачу данных пользователя, $V_{\text{Ф}}$ – скорости передачи фреймов (коротких сообщений длиной 1000–2000 бит), $T_{\text{ЗС}} = f(V_{\text{ПД}})$ – зависимости времени задержки сообщения в КС от ее средней пропускной способности [4].

Общий недостаток данных подходов заключается в том, что они при оценке эффективности КС не учитывают особенности ее архитектуры. В этой связи задача обоснованного выбора критериев для оценки функционирования КС, учитывающего особенности архитектуры КС, является актуальной. В статье изложено научное обоснование выбора данных критериев и приведены соответствующие оценки, подтверждающие правомерность их выбора.

Критерий эффективности функционирования КС, основанный на анализе времени ее реакции

С точки зрения пользователя (клиента КС) время, затрачиваемое им на решение конкретной задачи с помощью выбранного сервиса, определяется временем ожидания реакции КС на тот или иной запрос пользователя (с точки зрения теории надежности – время исправной работы объекта) t_p и временем непосредственного взаимодействия пользователя с сервисом t_w – временным интервалом между обращением к некоторому ресурсу КС (с точки зрения теории надежности – время вынужденного простоя объекта). Следовательно, качество функционирования данного сервера можно количественно оценить отношением $t_w / (t_w + t_p)$, называемым далее коэффициентом готовности КС.

При этом понятно, что коэффициент готовности КС зависит от конкретного сервиса, к которому обратился пользователь, месте положения соответствующего компьютера в КС, на котором размещен данный сервис, архитектуры КС и загруженности сегментов КС, через которые передается запрос и ответ на него. Неприемлемо большое с точки зрения пользователя время реакции КС, зачастую трактуемое пользователем как сбой в работе сетевого приложения, что закономерно приводит к невыполнению им решаемой задачи, как правило, обусловлено обработкой данных на верхних уровнях модели взаимодействия открытых систем [3], которые не имеют непосредственного отношения к процессам и, собственно, качеству функционирования КС, но определяются загруженностью клиентов.

Данный подход можно обобщить для случая КС со сложной архитектурой, если использовать суммарное время функционирования КС и суммарное время вынужденного простоя:

$$K_w = \frac{\sum t_w}{\sum t_w + \sum t_p}. \quad (1)$$

При наличии статистической информации о значениях t_w и t_p , полученных экспериментально, для оценки качества функционирования компьютерных сетей можно использовать оценки математических ожиданий данных величин ($t_{\text{ср}}$ и $t_{\text{в}}$ соответственно):

$$K_g = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + t_b}.$$

Критерии оценки производительности сети

КС, которую используют несколько клиентов, обращающихся к нескольким сервисам через различные серверы, можно характеризовать множеством времен реакции КС при обращении i -го клиента j -му серверу через k -й сервис $\{T_{i,j,k}\}$. Тогда, как очевидно, ее производительность количественно можно оценить с помощью средневзвешенного критерия

$$K_c = \frac{\sum_{i,j,k} T_{i,j,k}}{N}, \quad (2)$$

где N – количество обращений клиентов КС или с помощью критерия наибольшей загрузки:

$$K_z = \max(\{T_{i,j,k}\}). \quad (3)$$

Соответственно из двух КС производительность функционирования оказывается выше у той КС, у которой меньше значения K_c, K_z , вычисляемые в соответствии с (2), (3).

Для подтверждения работоспособности выбранных критериев оценивания функционирования КС было проведено моделирование КС в программе OpNET Modeller [4], результаты которого обобщаются в следующем разделе.

Методика моделирования компьютерной сети

В проведенных экспериментальных исследованиях были изучены КС, архитектура которых представлена на рис. 1 и 2. Здесь каждый из одноранговых сегментов КС состоял из шестидесяти узлов, двух серверов и шести коммутаторов.

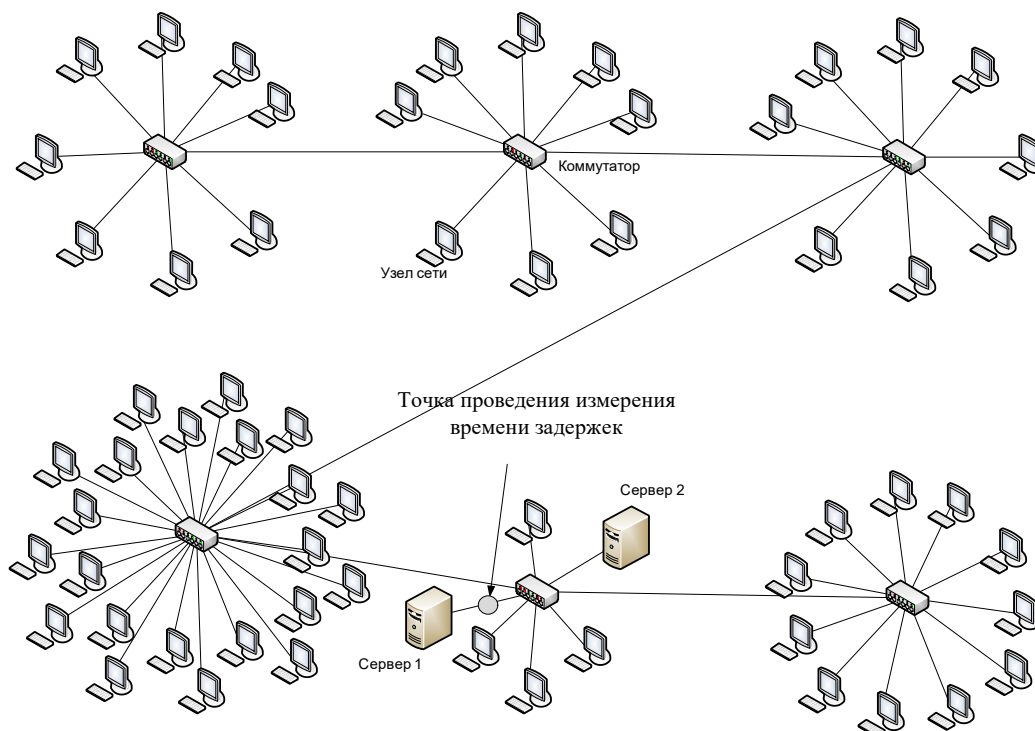


Рис. 1. Одноранговый сегмент компьютерной сети № 1

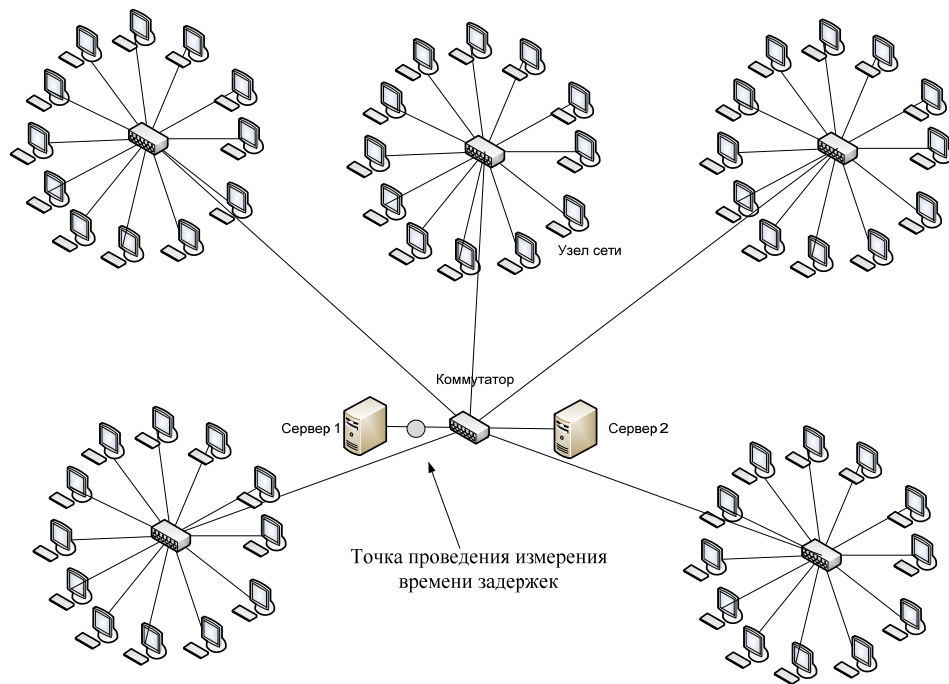


Рис. 2. Одноранговый сегмент компьютерной сети № 2

При проведении моделирования компьютерных сетей использовалась методика, реализующаяся следующей последовательностью действий:

- 1) задание числа активных пользователей КС;
- 2) генерация запросов каждым из выбранных пользователей на скачивание файлов или начала сеанса потокового дуплексного видео по протоколу UDP;
- 3) получение ответов от серверов на запросы, сгенерированные пользователями КС;
- 4) измерение задержек в одноранговых сегментах в выбранной точке КС;
- 5) вычисление значений выбранных критериев функционирования КС.

Типичные результаты изменения значений времени задержки распространения сигнала в КС с архитектурой № 1 и архитектурой № 2 в течение шести часов представлены на рис. 3.

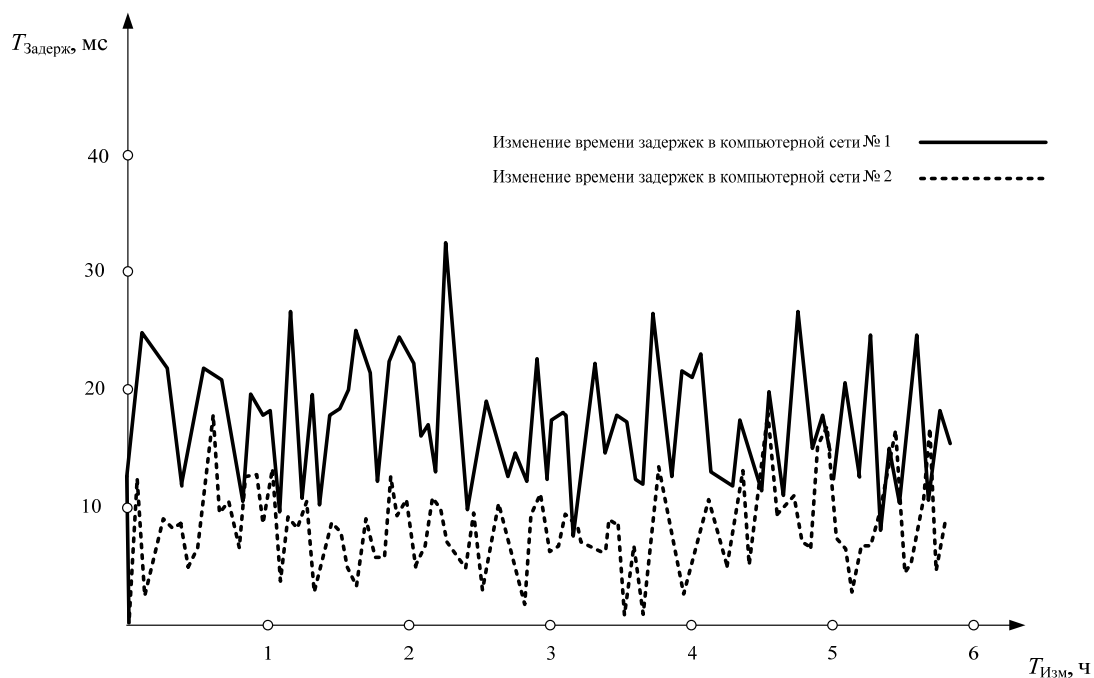


Рис. 3. Зависимость времени задержки от времени измерений

Из рис. 1 видно, что время задержки зависит от архитектуры КС.

Также были вычислены значения предложенных выше критериев (табл. 1).

Для подтверждения результатов моделирования получим аналитическую оценку значений данных критериев.

Рассмотрим случай, когда количество пользователей сети, генерирующих запросы к серверу, равняется 6.

Расчет критериев для первой топологии выглядит следующим образом: при взаимодействии с одним сервером время реакции определяется временем обработки коммутатором запроса $T_{рк}$, так как время доставки по линии связи кадра от источника кадра к коммутатору незначительно, поэтому [5]:

$$K_{c1} = \frac{\sum_i^6 T_i}{8} = 2,125 \cdot T_{рк};$$

$$K_{z1} = \max(5T_{рк}, 4T_{рк}, 3T_{рк}, 2T_{рк}, T_{рк}, 2T_{рк}) = 5T_{рк}.$$

Расчет критериев для второй топологии выглядит следующим образом:

$$K_{c2} = \frac{\sum_i^6 T_i}{8} = 1,5 \cdot T_{рк};$$

$$K_{z2} = \max(3T_{рк}, 2T_{рк}, 3T_{рк}, 2T_{рк}, 2T_{рк}, 3T_{рк}) = 3T_{рк}.$$

Значения времен задержек для обеих архитектур приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значение времен задержек

$T_{зд}$, Мс		Время измерения
Топология 2	Топология 1	
9,3	18,6	60 мин
11,2	25,6	120 мин
7,4	12,3	180 мин
4,2	21,9	240 мин
6,1	12,2	300 мин
8,0	14,9	345 мин

Значения выбранных параметров представлены в табл. 1.

Отметим, что величина вносимой коммутатором задержки зависит от используемого в нем метода коммутации. Существуют коммутаторы, которые осуществляют коммутацию без буферизации, они вносят задержки от 5 до 40 мкс, а коммутаторы, работающие с полной буферизацией кадров, – от 50 до 200 мкс для кадров минимальной длины [6].

В результате можно сказать, что значения времен задержек, представленные в табл. 1, соответствуют справочным данным и значение критериев действительно оказывается зависимым от архитектуры однорангового сегмента компьютерной сети.

Заключение

В настоящей статье обоснован выбор критериев оценивания функционирования сети. Работоспособность предложенных критериев подтверждена результатами имитационного моделирования сети в пакете OpNet Modeller и аналитическими оценками.

Библиографический список

1. Ахо, А. В. Структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Д. Э. Хопкрофт, Д. Д. Ульман. – М. ; СПб. ; Киев : Вильямс, 2001.
2. Плесовских, И. Б. Оптимизация вычислительных сетей при помощи генетического алгоритма / И. Б. Плесовских // Вестник Омского университета. – 2013. – Вып. 52.

3. Чабаненко, П. П. Методология оценки сетей связи / П. П. Чабаненко // Вестник Омского университета. – 2016. – Вып. 68.
4. URL: http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/install_software.html (дата обращения 12.03.2018).
5. Кормен, Т. Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2013.
6. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2010.

References

1. Aho A. V., Hopcroft D. E., Ulman D. D. *Struktury dannyh i algoritmy* [Data Structures and Algorithms]. Moscow; Saint-Petersburg; Kiev: Vil'yams, 2001.
2. Plesovskih I. B., *Vestnik Omskogo universiteta* [Bulletin of Omsk University]. 2013, iss. 52.
3. Chabanenko P. P. *Vestnik Omskogo universiteta* [Omsk University Bulletin]. 2016, iss. 68.
4. Available at: http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/install_software.html (accessed Mar. 12, 2018)
5. Cormen T. H., Leiserson C. I., Rivest R. L., Stein C. *Algoritmy: postroenie i analiz* [Algorithms: construction and analysis]. 3rd ed. Moscow: Vil'yams, 2013.
6. Olifer V. G., Olifer N. A. *Komp'yuternye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly* [Computer network. Principles, technologies, protocols]. 4th ed. Saint-Petersburg: Piter, 2010.

Поршнев Сергей Владимирович

доктор технических наук, профессор,
кафедра общепрофессиональных дисциплин
технических специальностей,
Уральский институт связи и информатики
(620109, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 15)
E-mail: sergey_porshnev@mail.ru

Будылина Надежда Вениаминовна

кандидат технических наук, профессор,
кафедра общепрофессиональных дисциплин
технических специальностей,
Уральский институт связи и информатики
(620109, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 15)
E-mail: bnv@mail.ru

Стойчин Красимир Людвилов

аспирант,
Уральский институт связи и информатики
(620109, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 15)
E-mail: k001kk96@mail.ru

Шабров Андрей Вениаминович

аспирант,
Уральский институт связи и информатики
(620109, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 15)
E-mail: shabrov-av@yandex.ru

Porshnev Sergey Vladimirovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of general professional disciplines
of technical specialties,
Ural Institute of Communications and Informatics
(620109, 15 Repin street, Ekaterinburg, Russia)

Budyldina Nadezhda Veniaminovna

candidate of technical sciences, professor,
sub-department of general professional disciplines
of technical specialties,
Ural Institute of Communications and Informatics
(620109, 15 Repin street, Ekaterinburg, Russia)

Stoichin Krasimir Ludmilov

postgraduate student,
Ural Institute of Communications and Informatics
(620109, 15 Repin street, Ekaterinburg, Russia)

Shabrov Andrey Veniaminovich

postgraduate student,
Ural Institute of Communications and Informatics
(620109, 15 Repin street, Ekaterinburg, Russia)

УДК 004.732

Поршнев, С. В.

Об оценке эффективности функционирования корпоративных компьютерных сетей / С. В. Поршнев, Н. В. Будылина, К. А. Стойчин, А. В. Шабров // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3 (23). – С. 59–64. – DOI 10.21685/2307-4205-2018-3-8.