

ОЦЕНИВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Л. А. МУРАВЬЕВА-ВИТКОВСКАЯ, Р. В. ПОЛТОРАНИН

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: muravyeva-vitkovskaya@cs.ifmo.ru*

Рассматриваются методы исследования временных характеристик функционирования корпоративных компьютерных сетей с использованием моделей массового обслуживания, позволяющих учесть случайный характер протекающих в сети процессов. Показано влияние приоритетов между пакетами разных классов на качество их передачи.

Ключевые слова: корпоративная компьютерная сеть, модель функционирования, пропускная способность, система массового обслуживания, приоритетные стратегии управления, качество обслуживания, неоднородный трафик

Для успешного функционирования корпоративных компьютерных сетей (КС) необходимо использовать модели и инженерные методы [1—7], позволяющие на основе результатов измерений оценивать качество работы сетей, прогнозировать характеристики их работы при изменении технических и программных средств, топологий и стратегий управления трафиком. В настоящей статье рассматриваются влияющие на качество обслуживания пользователей корпоративных КС факторы, такие как приоритеты между пакетами разных классов.

Для корректного построения адекватной математической модели корпоративной КС предварительно необходимо сформировать концептуальную модель, представляющую собой описание наиболее существенных особенностей структурно-функциональной организации проектируемой системы. На основе концептуальной модели может быть решена задача параметризации.

Для оценивания временных характеристик функционирования корпоративных КС будем использовать модели процессорной обработки, построенные в предположении, что в процессе обработки поступающих в систему запросов не происходит обращений к внешней памяти (например, к дисковой подсистеме). Такие модели могут быть представлены в виде одноканальной или многоканальной системы массового обслуживания (СМО) с неоднородным или однородным потоком запросов.

Эти модели могут использоваться для анализа эффективности обработки данных в сервере [8—13], построенном на основе однопроцессорного или многопроцессорного компьютера.

Заявки отображают поступающие в сервер запросы и образуют поток с интенсивностью λ . Для описания потока заявок необходимо задать закон (функцию $A(\tau)$ или плотность $a(\tau) = A'(\tau)$) распределения интервалов времени между поступающими заявками.

Обслуживающий заявки прибор ЦП-ОП в однопроцессорной модели отображает обработку запросов в центральном процессоре с учетом обращений к оперативной памяти.

Основным параметром, описывающим в модели процесс обработки, является длительность обслуживания $b_{ЦП}$ запроса, зависящая, в общем случае, от ресурсоемкости Θ обработки запроса, измеряемой количеством процессорных команд, и производительности (быстродействия) $V_{ЦП}$ центрального процессора, измеряемой количеством команд, выполняемых процессором за единицу времени: $b_{ЦП} = \Theta / V_{ЦП}$.

Для неоднородного потока заявок с H классами значения $b_{ЦП}$ и интенсивностей потоков вычисляются для каждого класса заявок, т.е. b_1, \dots, b_H и $\lambda_1, \dots, \lambda_H$.

На основе этих моделей могут быть рассчитаны параметры обработки данных в серверах, в частности: $\rho_{ЦП}$ — коэффициент загрузки процессоров, причем для стационарного режима необходимо, чтобы выполнялось условие $\rho_{ЦП} < 1$; w — среднее время ожидания обработки запроса в сервере; $u = w + b_{ЦП}$ — среднее время пребывания запроса в сервере (ожидания и обработки); l — среднее число запросов, находящихся в состоянии ожидания; m — среднее число запросов, находящихся одновременно в сервере.

Использование моделей с неоднородным потоком запросов позволяет выполнить достаточно детальный анализ свойств сети, в частности оценить влияние структурных и нагрузочных параметров, а также дисциплин обслуживания запросов в сервере на характеристики КС.

Для анализа эффективности функционирования сервера воспользуемся моделью однопроцессорной обработки неоднородного потока заявок. Рассмотрим аналитический метод расчета такой модели [14, 15].

Для общности будем полагать, что в систему поступает H классов запросов, образующих потоки с интенсивностями $\lambda_1, \dots, \lambda_H$. Пусть длительности обслуживания запросов распределены по экспоненциальному закону со средними значениями b_1, \dots, b_H . Емкости накопителей — неограниченные.

Положим, что выбор запросов из очередей осуществляется в соответствии с дисциплиной обслуживания (ДО) со смешанными приоритетами (ДО СП). Запросы выбираются из очередей на обслуживание в соответствии с приоритетом.

При беспriorитетной ДО (ДО БП) среднее время ожидания одинаково для всех классов запросов и определяется по формуле

$$w^{БП} = 0,5 \sum_{i=1}^H \lambda_i b_i^2 (1 + v_{bi}^2) / (1 - R),$$

где v_{bi} — коэффициент вариации длительности обслуживания i -го класса заявок; R — суммарная нагрузка системы, создаваемая запросами H классов.

При относительных приоритетах (ДО ОП) среднее время ожидания для запросов k -го класса (приоритета) определяется по формуле

$$w_k^{ОП} = 0,5 \sum_{i=1}^H \lambda_i b_i^2 (1 + v_{bi}^2) / (1 - R_{k-1}) / (1 - R_k),$$

где R_{k-1} и R_k — суммарные загрузки системы, создаваемые запросами с приоритетом не ниже $(k-1)$ и k соответственно.

При абсолютных приоритетах (ДО АП) среднее время ожидания для запросов k -го класса определяется по формуле

$$w_k^{АП} = 0,5 \sum_{i=1}^H \lambda_i b_i^2 (1 + v_{bi}^2) / (1 - R_{k-1}) / (1 - R_k).$$

В сервере запросы обрабатываются в соответствии со смешанными приоритетами (ДО СП), заданными матрицей приоритетов:

$$Q[q_{ik} (i, k = 1, \dots, H)] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix},$$

где элемент q_{ik} , $i, k = 1, \dots, H$, матрицы Q определяет приоритет заявок класса i по отношению к заявкам класса k и может принимать следующие значения: 0 означает отсутствие приоритета, 1 — относительный приоритет, 2 — абсолютный приоритет [1].

При ДО СП среднее время ожидания для запросов k -го класса определяется по формуле

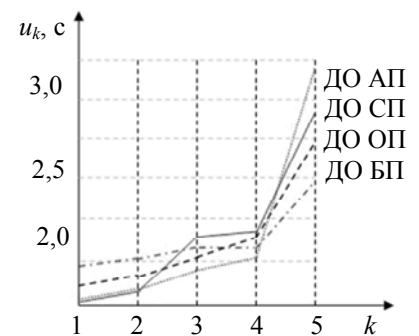
$$w_k^{\text{СП}} = \sum_{i=1}^H (2 - q_{ki})(1 + q_{ki})\lambda_i b_i^2 (1 + v_{bi}^2) / \left(2 - \sum_{i=1}^H q_{ik}(3 - q_{ik})\rho_i \right) / \left(2 - \sum_{i=1}^H (1 - q_{ki})(2 - q_{ki})\rho_i \right) + \\ + b_k \sum_{i=1}^H q_{ik}(q_{ik} - 1)\rho_i / \left(2 - \sum_{i=1}^H q_{ik}(q_{ik} - 1)\rho_i \right),$$

где q_{ik} — элементы матрицы приоритетов ($i, k = 1, \dots, H$).

Определим зависимость характеристик функционирования корпоративной КС от структурных и функциональных параметров. В качестве параметра структуры рассмотрим быстродействие процессора сервера, а в качестве функционального параметра — дисциплину обслуживания.

Проанализируем влияние различных дисциплин обслуживания на характеристики функционирования однопроцессорного сервера, к которому поступают потоки запросов пяти классов с интенсивностями 2,5, 1, 0,5, 0,5, 0,1 с⁻¹ и средними длительностями обслуживания 0,08, 0,1, 0,2, 0,2, 1 с соответственно. Предположим, что интервалы времени между поступающими запросами и длительности их обслуживания распределены по экспоненциальному закону. В качестве основной характеристики функционирования сервера рассматривается среднее время пребывания запросов в сервере.

Результаты исследований представлены на рисунке зависимостями среднего времени пребывания запросов в сервере при использовании ДО БП, ДО ОП, ДО АП и ДО СП с матрицей Q , соответствующей приоритетам запросов пяти классов. Как видно из графиков, время пребывания u_k увеличивается с уменьшением приоритета, причем выполняется закон сохранения времени пребывания. Использование ДО ОП и ДО АП приводит к разбросу времен пребывания в сервере запросов различных классов, причем наибольший разброс достигается при ДО АП. ДО СП позволяет, сохраняя такое же высокое качество обслуживания высокоприоритетных запросов первого класса, как и при ДО АП, уменьшить время пребывания низкоприоритетных запросов пятого класса за счет незначительного увеличения времени пребывания запросов третьего и четвертого классов, т.е. уменьшить разброс характеристики u_k для запросов различных классов, что может оказаться во многих случаях более предпочтительным.



Исследование структурно-функциональной организации корпоративных компьютерных сетей предполагает разработку средств, включающих в себя совокупность моделей КС, построенных на базе систем массового обслуживания, разомкнутых и замкнутых сетей массового обслуживания; методы аналитического расчета характеристик моделей корпоративных КС; методику анализа их эффективности, базирующуюся на разработанных моделях.

Качество функционирования корпоративных КС, определяемое совокупностью характеристик, может быть оценено с использованием моделей массового обслуживания, позволяющих показать необходимость учета приоритетов между пакетами разных классов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.
2. Алиев Т. И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 400 с.
3. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. СПб: Питер, 2010. 944 с.
4. Konig W. Orthogonal polynomial ensembles in probability theory // Probability Surveys. 2005. Vol. 2. P. 385—447.
5. Ellison R. J., Fisher D. A., Linger R. C., Lipson H. F., Longstaff T. A., Mead N. R. Survivable network systems: an emerging discipline // Technical Rep. CMU/SEI-97-TR-013. Pittsburgh, PA, 1997.
6. Aliev T. I., Rebezova M. I., Russ A. A. Statistical methods for monitoring travel agencies // Automatic Control and Computer Sciences. 2015. Vol. 49, N 6. P. 321—327. DOI: 10.3103/S0146411615060024.
7. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
8. Bogatyrev V. A. Exchange of duplicated computing complexes in fault-tolerant systems // Automatic Control and Computer Sciences. 2011. Vol. 45. N 5. P. 268—276. DOI: 10.3103/S014641161105004X.
9. Blondel V. D. et al. Fast unfolding of communities in large networks // J. of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. 2008. Vol. 2008, N 10. P. P10008.
10. Mittal S., Gopal K., Maskara S. L. A novel Bayesian belief network structure learning algorithm based on bioinspired monkey search meta heuristic // Proc. of the 7th Intern. Conf. on Contemporary Computing (IC3). Noida, India, 2014. P. 141—147.
11. Алиев Т. И., Муравьева-Витковская Л. А., Соснин В. В. Моделирование: задачи, задания, тесты. СПб: НИУ ИТМО, 2011. 159 с.
12. Broder A. et al. Graph structure in the web // Computer Networks. 2000. Vol. 33, N 1. P. 309—320.
13. Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование. М.: Радио и связь, 1981. 336 с.
14. Алиев Т. И., Никульский И. Е., Пяттаев В. О. Моделирование ядра мультисервисной сети с относительной приоритетизацией неоднородного трафика // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2009. Вып. 4 (62). С. 88—96.
15. Фарашиани М. А., Муравьева-Витковская Л. А. Анализ соответствия генерируемого при моделировании потока заявок реальному трафику в компьютерных сетях // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 1. С. 10—13.

Сведения об авторах

- Людмила Александровна Муравьева-Витковская** — канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники;
E-mail: muravyeva-vitkovskaya@cs.ifmo.ru
- Рауль Васильевич Полторанин** — аспирант; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: Raul100691@gmail.com

Поступила в редакцию
15.09.17 г.

Ссылка для цитирования: Муравьева-Витковская Л. А., Полторанин Р. В. Оценивание временных характеристик функционирования корпоративных компьютерных сетей // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 3. С. 197—201.

**ESTIMATION OF TIME CHARACTERISTICS
OF CORPORATE COMPUTER NETWORKS FUNCTIONING****L. A. Muraveva-Vitkovskaia, R. V. Poltoranin***ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: muravyeva-vitkovskaya@cs.ifmo.ru*

Methods for studying time characteristics of corporate computer network functioning are considered. Queuing models are used that allow to account for the random nature of the processes occurring in the network. The influence of priorities between packages of different classes on the quality of their transmission is shown.

Keywords: corporate computer network, model of functioning, throughput, queuing system, priority management strategies, quality of service, heterogeneous traffic

Data on authors

- | | | |
|---|---|--|
| Lyudmila A. Muraveva-Vitkovskaia | — | PhD; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: muravyeva-vitkovskaya@cs.ifmo.ru |
| Raul V. Poltoranin | — | Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: Raul100691@gmail.com |

For citation: Muraveva-Vitkovskaia L. A., Poltoranin R. V. Estimation of time characteristics of corporate computer networks functioning. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 3. P. 197—201 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-3-197-201