

УДК: 004

DOI:10.30987/2658-6436-2021-3-4-25-30

К.С. Ткаченко

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТОСПОСОБНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПОТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы – формирование нового подхода для корректировки параметров компьютерных узлов, входящих в состав системы обработки данных и отличающийся от ранее используемой модели системы. В работе используются аналитическое моделирование систем массового обслуживания и методы математической статистики. Применение разработанного подхода для корректировки параметров компьютерного узла системы обработки данных повышает результативность обработки заявок на узле, эффективность его функционирования.

Ключевые слова: аналитическое моделирование; системы массового обслуживания; компьютерные узлы.

K.S. Tkachenko

PROVIDING A DEPENDABLE OPERATION OF THE DATA PROCESSING SYSTEM WITH INTERVAL CHANGES IN THE FLOW CHARACTERISTICS BASED ON ANALYTICAL SIMULATIONS

The article proposes a new approach for adjusting the parameters of computing nodes being a part of a data processing system based on analytical simulation of a queuing system with subsequent estimation of probabilities of hypotheses regarding the computing node state. Methods of analytical modeling of queuing systems and mathematical statistics are used. The result of the study is a mathematical model for assessing the information situation for a computing node, which differs from the previously published system model used. Estimation of conditional probabilities of hypotheses concerning adequate data processing by a computing node allows making a decision on the need of adjusting the parameters of a computing node. This adjustment makes it possible to improve the efficiency of working with tasks on the computing node of the data processing system. The implementation of the proposed model for adjusting the parameters of the computer node of the data processing system increases both the efficiency of process applications on the node and, in general, the efficiency of its operation. The application of the approach to all computing nodes of the data processing system increases the dependability of the system as a whole.

Keywords: analytical simulation, queuing systems, computing nodes.

Введение

Значительная часть современных сложных систем основана на использовании распределенных систем [1]. К функционированию этих систем предъявляются строгие требования, поскольку они должны работать безотказно в течение длительного времени, обладать высокой надежностью. В частности, это необходимо для обеспечения выполнения работы в реальном времени, характерном для критических объектов. Для этого применяются различные подходы. Одни из них ориентированы на разработку и тестирование программного обеспечения таких систем на основе формального доказательства корректности, что, с ростом сложности, не всегда достижимо для всей распределенной системы в целом. Поэтому часто на практике используют избыточность компонентов и избыточность данных. Доступность и надежность распределенных систем, лежащих в основе их непрерывного функционирования, может быть, в некоторых случаях, сведена к уменьшению времени инерции, то есть, между возникновением ошибки и проявлением ее как отказа системы. Для распределенной архитектуры это означает, что, например,

информация перераспределяется в реальном времени между самодостаточными компьютерными узлами. Компьютерные узлы включают в свой состав один или несколько серверов и являются законченными системами обработки данных.

Обоснование необходимости моделирования систем обработки данных

При наличии необходимости обеспечения защиты от несанкционированного доступа сама возможность применения компьютерных систем определяется наличием в них средств для обеспечения информационной безопасности [2]. Информационная безопасность достигается, в том числе, обеспечением целостности компьютерных систем, их модулей и связей между ними. Информационное взаимодействие этих систем со внешними средами при условии изменения характера сложных связей влияет на внутренние процессы систем. Внешние возмущения приводят к изменениям нагрузки на модули. Состав компьютерных систем больших размеров отражает в себе иерархические уровни для эффективного реагирования на непрерывно изменяющийся состав внешних требований. Высокая сложность используемого аппаратного и программного обеспечения, их разнообразие по отношению ко внешней среде приводит к необходимости задействования различных протоколов и форматов взаимодействий. Все это приводит к увеличению количества возможных брешей для злоумышленников. Поэтому процесс функционирования компьютерных систем сопряжен с уменьшением количества либо исключением возможных информационных конфликтов, возникающих на различных выполняемых процедурах обработки этими системами данных, в том числе сборе, накоплении и преобразовании.

Для моделирования компьютерных систем часто применяются разнообразные системы массового обслуживания (СМО) [3]. По СМО можно определить качество функционирования реальных компьютерных систем. Для этого рассматриваются значения характеристик обслуживания СМО. Дисциплины обслуживания заявок СМО могут различаться, и, в зависимости от этого, наилучшим образом влиять на обеспечение требований к качеству обслуживания. Характеристики обслуживания находятся в зависимости от параметров компьютерных систем применительно к СМО. Описание СМО может быть различным, поскольку математические соотношения для различных характеристик СМО и дисциплин обслуживания не во всех ситуациях являются достаточно точными. Неоднозначное построение алгоритмов моделирования компьютерных систем затрудняет получение корректных характеристик их функционирования. Это приводит к уменьшению возможных вариантов совершенствования компьютерных систем. Для большого количества типов СМО получены аналитические зависимости, по которым возможно определить характеристики функционирования компьютерных систем. Получение этих аналитических зависимостей для характеристик довольно часто является сложной задачей. Повышение качества функционирования компьютерных систем по этим характеристикам или синтез новых компьютерных систем происходит на основе аппроксимации вероятностей состояний СМО.

Для проектирования компьютерных сетей применяются системы автоматизированного проектирования (САПР), включающие в свой состав средства моделирования [4]. Характеристики, пригодные для описания функционирования компьютерных сетей, позволяют на их основе производить не только анализ существующих структур, но и синтез новых. Поэтому выбор средств для выполнения моделирования и характеристик для анализа-синтеза приводит к необходимости моделирования СМО путем применения специализированных программных средств. Эти программные средства должны являться модульными, быть совместимыми с применяемыми САПР, иметь возможности для демонстрации примеров моделирования компьютерных сетей, сохранять результаты и процесс моделирования. Анализ результатов моделирования требует взаимодействия с пользователем САПР. Определение результатов качества обслуживания по моделям

компьютерных сетей достигается путем анализа различных видов трафика. Адекватные модели учитывают временные задержки передачи и фрагментирование пакетов трафика. Корректное функционирование маршрутизаторов с учетом различных существующих протоколов на основе этих моделей может быть описано путем их упрощения, чтобы описание охватывало только конкретный тип пакетов. Это упрощение приводит к невозможности рассмотрения и анализа всех возможных полей пакетов.

Для принятия решений по модернизации используемых компьютерных средств часто применяют специализированные средства поддержки принятия решений, в том числе, и для управления предприятиями [5]. Эти средства обеспечивают динамические изменения в инфраструктурах организаций в зависимости от наличия необходимых стимулирующих активностей и устраняют негативные последствия изменений. Стимулирование развития инфраструктуры позволяет увеличить эффективность работы предприятий, в частности, за счет улучшения работы управленческих структур. Модернизация компьютерных и информационных технологий должна производиться только при условии наличия средств для мониторинга изменений в инфраструктуре. При использовании разнообразных средств для формирования управленческих решений в интерактивном режиме возникают задачи, связанные с обработкой больших объемов информации. Поэтому для получения требуемых управленческих решений необходимы быстродействующие аналитические инструменты.

Эти инструменты позволяют находить решения задач ресурсосберегающего управления на основе информации от различных источников [6]. Информационное описание процессов, протекающих в организации, становится составной частью математической модели, по которой также возможно произвести автоматический контроль. По таким моделям оцениваются выходные параметры функционирующих систем и прогнозируется их изменение во времени. По результатам статистической обработки больших объемов данных производится выбор как непосредственных управляющих воздействий, так и рекомендаций персоналу по их выбору. Методы машинного обучения ложатся в основу адаптации для проведения долгосрочного прогнозирования. Обеспечение своевременной реакции на изменения во внешней среде либо инфраструктуре и наполнение баз знаний для идентификации ситуаций повышает адекватность применяемых систем управления и формирования рекомендаций.

Аналитическое моделирование и оценка гипотез

Таким образом, необходимо обеспечивать гарантоспособное функционирование систем обработки данных, в том числе, и при интервальных изменениях поточных характеристик. Для этого можно использовать корректировку параметров компьютерных узлов, входящих в состав системы обработки данных, на основе аналитического моделирования СМО с последующей оценкой вероятностей гипотез о состоянии компьютерного узла [7–9].

Пусть компьютерный узел системы обработки данных имеет входной поток заявок, интенсивность которого λ , буфер заявок неограниченной емкости (в силу наличия систем хранения данных с резервированием) и канал обработки заявок с производительностью μ . Тогда в качестве модели компьютерного узла системы обработки данных можно использовать СМО типа М/М/1. Для аналитического моделирования СМО типа М/М/1 пригодны следующие ее известные характеристики:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu}, & p_0 &= 1 - \rho, & L_s &= \frac{\rho}{1 - \rho}, \\ L_q &= \frac{\rho^2}{1 - \rho}, & T_s &= \frac{1}{\mu(1 - \rho)}, & T_q &= \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}. \end{aligned} \quad (1)$$

В формуле (1) ρ – нагрузка СМО, p_0 – вероятность простоя, L_s – среднее число заявок в системе, L_q – среднее число заявок в очереди, T_s – среднее время пребывания заявки в системе, T_q – среднее время пребывания заявки в очереди.

Пусть время функционирования компьютерного узла системы обработки данных разбито на отрезки одинаковой длины T . Тогда каждому отрезку времени функционирования узла $0, T, 2T, 3T, \dots$, можно приписать порядковый номер $0, 1, 2, 3, \dots$. Интенсивность входного потока заявок на начало отрезка функционирования с номером n составляет $\lambda \equiv \lambda_n \equiv \lambda(t_n)$. При неизменной производительности $\mu = const$ характеристики СМО типа М/М/1: $\rho = \rho_n, p_0 = p_{0n}, L_s = L_{sn}, L_q = L_{qn}, T_s = T_{sn}, T_q = T_{qn}$.

Необходимо улучшить характеристики функционирования компьютерного узла системы обработки данных. В рамках используемой модели М/М/1, улучшение можно достигнуть путем корректировки производительности μ . Эта производительность μ может быть как увеличена, так и уменьшена, в зависимости от текущих значений $\lambda \equiv \lambda_n$. Произвольная корректировка производительности μ может привести не к улучшению, а, наоборот, к ухудшению характеристик. Поэтому необходимо корректировку выполнять обосновано, с участием ЛПР (лица, принимающего решение).

Для этого необходимо оценить вероятности для двух гипотезы: $P(H_0) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует адекватно интенсивности входного потока заявок и эффективно}\}$, $P(H_1) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует неадекватно интенсивности входного потока заявок и неэффективно}\}$. Непосредственная оценка вероятностей этих гипотез $P(H_0)$ и $P(H_1)$ достаточно часто на практике затруднена.

Поэтому оцениваются условные вероятности гипотез: $P(H_0/H_0) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует адекватно интенсивности входного потока заявок и эффективно в предположении о том, что этот узел функционирует адекватно интенсивности входного потока заявок и эффективно}\}$, $P(H_0/H_1) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует адекватно интенсивности входного потока заявок и эффективно в предположении о том, что этот узел функционирует неадекватно интенсивности входного потока заявок и неэффективно}\}$, $P(H_1/H_0) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует неадекватно интенсивности входного потока заявок и неэффективно в предположении о том, что этот узел функционирует адекватно интенсивности входного потока заявок и эффективно}\}$, $P(H_1/H_1) = \{\text{компьютерный узел системы обработки данных функционирует неадекватно интенсивности входного потока заявок и неэффективно в предположении о том, что этот узел функционирует неадекватно интенсивности входного потока заявок и неэффективно}\}$.

Оценка этих условных вероятностей гипотез $P(H_0/H_0), P(H_0/H_1), P(H_1/H_0), P(H_1/H_1)$, производится следующим образом. Имеется модель, соответствующая компьютерному узлу системы обработки данных, параметры которой заданы кортежем $\langle \lambda_n, \mu \rangle$. Выполняется построение моделей с измененными параметрами: $\langle \lambda_n, \mu_1 \rangle, \langle \lambda_n, \mu_2 \rangle, \langle \lambda_n, \mu_3 \rangle, \dots$. Для этих моделей по (1) определяются отклики, а затем, по простому критерию знаков, выявляются расхождения в показателях эффективности. После чего выполняется расчет $P(H_0/H_0), P(H_0/H_1), P(H_1/H_0), P(H_1/H_1)$ на основе этих расхождений [9]:

$$\begin{aligned} P(H_0/H_0) &= \frac{a_1}{b_1}, \\ P(H_0/H_1) &= \frac{a_2}{b_2}, \\ P(H_1/H_0) &= \frac{a_1}{b_1}, \\ P(H_1/H_1) &= \frac{a_2}{b_2}. \end{aligned} \quad (2)$$

В формуле (2): a_1 – количество предположений-возмущений при невозмущении, a_2 – количество предположений-возмущений при возмущении, b_1 – количество сравнений для невозмущенных выборок с невозмущенными, b_2 – количество сравнений для невозмущенных выборок с возмущенными.

ЛПР по $P(H_0/H_0)$, $P(H_0/H_1)$, $P(H_1/H_0)$, $P(H_1/H_1)$ может принимать решение о необходимости проведения коррекции производительности μ как в большую, так и в меньшую сторону. Эта корректировка позволяет улучшить эффективность работы с заданиями на компьютерном узле системы обработки данных.

Заключение

Полученный подход для корректировки параметров компьютерного узла системы обработки данных повышает результативность обработки заявок на узле, эффективность его функционирования. Применение подхода ко всем компьютерным узлам системы обработки данных повысит гарантированность системы в целом.

Список литературы:

1. Дедух, А.Л. Непрерывное функционирование распределенных систем / А.Л. Дедух, Е.В. Горкунов // Наука и техника Казахстана. – №1, 2009. – С. 64–68.
2. Карпов, А.В. Информационные конфликты в автоматизированных системах / А.В. Карпов // Программные продукты и системы. – №3, 2004. – С. 22–26.
3. Алиев, Т.И. Дисциплины обслуживания на основе матрицы приоритетов / Т.И. Алиев, Э. Махаревс // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – №6(94), 2014. – С. 91–97.
4. Алиев, Т.И. САПР маршрутизируемой компьютерной сети на основе компонентов с открытыми исходными кодами / Т.И. Алиев, В.В. Соснин и др. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – т.55, №10, 2012. – С. 47–52.
5. Плетняков, В.А. Развитие современных технологий поддержки принятия управленческих решений стратегического характера в инновационной сфере / В.А. Плетняков // Terra Economicus. – т.10, №2–2, 2012. – С. 56–59.
6. Чистякова, Т.Б. Компьютерная система ресурсосберегающего управления многоассортиментным производством полимерных материалов на основе обработки больших промышленных данных / Т.Б. Чистякова, А.Н. Полосин и др. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – т.64, № 8, 2021. – С. 90–98.
7. Ткаченко, К.С. Обеспечение высокой производительности управленческой деятельности в сельскохозяйственном производстве при корректировке параметров компьютерных узлов инфраструктуры / К.С. Ткаченко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции. Изд-во: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению

References:

1. Dedukh, A.L. Continuous functioning of distributed systems, A.L. Dedukh, E.V. Gorkunov, Science and Technology of Kazakhstan, no. 1, 2009, pp. 64-68.
2. Karpov, A.V. Informational conflicts in automated systems, A.V. Karpov, Software products and systems, no. 3, 2004, pp. 22-26.
3. Aliyev, T.I. Service disciplines based on the priority matrix, T.I. Aliyev, E. Makharevs. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2014, no. 6 (94), pp. 91-97.
4. Aliyev, T.I. CAD of a routed network based on open source codes components, T.I. Aleev, V.V. Sosnin, et al. Izvestia of higher educational institutions, Instrumentation, vol.55, no. 10, 2012, pp. 47-52
5. Pletnyakov, V.A. The development of modern technologies to support management decision-making in strategic innovation, V.A. Pletnyakov. Terra Economicus, vol.10, no.2-2, 2012, pp. 56-59.
6. Chistyakova, T.B. Computer system for resource-saving control of polymer waste processing processes of multi-assortment polymer materials production based on processing of large industrial data, T.B. Chistyakova, A.N. Polosin et al., Izvestia of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology, vol.64, no. 8, 2021, pp. 90-98.
7. Tkachenko, K.S. Ensuring high productivity of managerial activity in agricultural production when correcting the parameters of computer infrastructure nodes, K.S. Tkachenko. Scientific and information support of innovative development of the agro-industrial complex. [Proc. of the XII International Sci. and Prac. Internet Conf.], Publ. house: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical support of the Agro-industrial complex (Pravdinsky), 2020, pp. 339-342.

агропромышленного комплекса (Правдинский). 2020. – С. 339–342.

8. **Ткаченко, К.С.** Организация управления корректировкой параметров компьютерных узлов инфраструктур в библиотечном деле / К.С. Ткаченко // Инновационные процессы в информационно-коммуникационной сфере. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Ред. А.Н. Дулатова, О.Н. Уржумова, Н.Б. Зиновьева. Краснодар, 19 марта 2020 г. Изд-во: Краснодарский государственный институт культуры, 2020. – С. 93–96.

9. **Скатков, А.В.** Статистические оценки рисков в условиях несанкционированных возмущений узлового трафика / А.В. Скатков, К.С. Ткаченко // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2016. Вып.5(25). – С. 41–46.

8. Tkachenko, K.S. Organization of management of parameter adjustment in computer infrastructure nodes in librarianship, K.S. Tkachenko. Innovative processes in the information and communication sphere. [Proc. of the All-Russian Scientific and Practical Conference], ed. by A.N. Dulatov, O.N. Urzhumova, N.B. Zinoviev, Krasnodar, March 19, 2020, Publ. house: Krasnodar State Institute of Culture, 2020, pp. 93-96.

9. Skatkov, A.V. Statistical risk assessments in conditions of unauthorized disturbances of nodal traffic, A.V. Skatkov, K.S. Tkachenko. Environmental control systems, Sevastopol, NTSI, 2016, Issue 5(25), pp. 41-46.

Статья поступила в редколлегию 22.09.2021

Рецензент: канд. техн. наук, доц.

*Брянский государственный технический университет
Малаханов А.А.*

Статья принята к публикации 01.10.2021

Сведения об авторах:

Ткаченко Кирилл Станиславович
инженер 1-й кат. кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

Information about authors:

Tkachenko K.S.
First rank engineer of the Department "Information Technologies and Computer Systems" of the Sevastopol State University
E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru