

УДК 004.75

DOI: 10.15827/0236-235X.120.711-714

Дата подачи статьи: 02.10.17

2017. Т. 30. № 4. С. 711–714

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ КОРАБЛЯ

П.И. Смирнов, к.т.н., доцент, p.smirnov@mashtab.org

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), Кронверкский просп., 49, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия);

Т.М. Татарникова, д.т.н., доцент, профессор, tm-tatarn@yandex.ru

(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67а, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия);

Н.В. Яготинцева, ст. преподаватель

(Российский государственный гидрометеорологический университет, Малоохтинский просп., 98, г. Санкт-Петербург, 195196, Россия)

Предлагается модель оценки временных характеристик обработки данных в геоинформационной системе корабля, представляющей собой локальную вычислительную сеть с коммутацией сегментов.

Сетевая информационная инфраструктура корабля позволяет обеспечить одновременную передачу данных между всеми взаимодействующими парами «клиент–сервер». Математическим аппаратом модели служит разомкнутая сеть систем массового обслуживания. Параметрами модели являются интенсивность входного потока заявок, производительность узлов геоинформационной системы корабля и матрица переходных вероятностей.

Оценка временных характеристик обработки данных реализуется проведением вычислительного эксперимента на модели. Постановка задачи моделирования сформулирована как задача выбора технических характеристик клиентской части геоинформационной системы при обеспечении гарантированного времени отклика системы.

Построенные в результате эксперимента зависимости времени обработки данных от нагрузки на систему и от производительности автоматизированных рабочих мест позволяют выбрать оптимальный вариант комплексирования клиентской части геоинформационной системы корабля с ее серверной частью. Требование к гарантированному времени обработки данных варьируется в зависимости от района плавания и представляет собой свертку времени установления соединения «клиент–сервер» и времени приема пространственных данных навигационными системами корабля.

Ключевые слова: геоинформационная система, сетевая инфраструктура корабля, обработка информации, время решения задачи, система массового обслуживания.

Развитие геоинформационных технологий и технологии судовождения свидетельствует о неэффективности традиционного управления и контроля за действиями на корабле [1]. Усложнение и интеграция навигационных информационных систем с системами управления морскими динамическими объектами привели к необходимости создания на судне сетевой геоинформационной системы (ГИС). Транспортной основой корабельной ГИС является локальная вычислительная сеть с коммутацией сегментов, технология построения которой позволяет одновременно передавать данные между всеми взаимодействующими парами «клиент–сервер» [2, 3].

Сетевая организация ГИС позволит автоматизировать процесс судовождения с учетом атрибутивных (некоординатных) характеристик корабля, а также реализовать документирование процессов управления кораблем в виде электронных журналов, таких как навигационный журнал, маневренные карточки, журнал навигационной радиолокационной станции, механический журнал, журнал технических средств, с которыми в реальном времени работают специалисты с соответствующих автоматизированных рабочих мест (АРМ) [4].

Своевременный и надежный обмен информацией на корабле определяет потребность в постро-

ении эффективной сетевой инфраструктуры [4], которая должна удовлетворять возрастающим требованиям к обмену информацией и не противоречить требованиям и правилам радиооборудования морских судов и навигации [5].

Определение допустимого времени обработки данных на судне. Требования к времени обработки информации будут вытекать из времени, затрачиваемого на прием пространственной информации навигационными системами судна, и времени на установление соединения и варьируются в зависимости от района плавания [6]. При условии, что время установления соединения от приемника до конечного абонента (АРМ) не превышает 50 мс, ограничения по времени обработки информации на АРМ для каждого морского района следующие:

– для морского района А1 $T_{\text{доп}}$ составит $194,963 \cdot 10^{-2}$ с;

– для морского района А2 $T_{\text{доп}}$ составит $194,877 \cdot 10^{-2}$ с;

– для морских районов А3 и А4 $T_{\text{доп}}$ составит $189 \cdot 10^{-2}$ с.

Определение времени обработки данных в ГИС корабля. Для оценки времени решения задачи в ГИС корабля воспользуемся аппаратом сети систем массового обслуживания [7, 8].

Формально постановка задачи будет следующей: найти процессор из ряда $w_i, i = \overline{1, I}$, при ограничении $T_{\text{доп}} \leq \tau_{\text{обр}}^{(i,j)}$, где w_i – быстродействие процессора [операции/с]; $T_{\text{доп}}$ – допустимое время получения ответа; $\tau_{\text{обр}}^{(i,j)}$ – реальное время получения ответа.

Пусть структура системы обработки данных на корабле будет соответствовать рисунку 1.

В таком случае взаимодействие узлов можно представить как сеть простейших систем массового обслуживания.

Для экспоненциальной сети этих систем оценка среднего времени решения задачи рассчитывается по формуле

$$t_{\text{обр}} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{j=1}^N \lambda_j T_j^{\text{np}}, \quad (1)$$

где Λ – интенсивности входных потоков; T_j^{np} – время пребывания отдельного обращения на отдельном устройстве; λ_j – интенсивность потока заявок; N – число узлов системы обработки данных на корабле [9].

Для определения интенсивности $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и времени пребывания $T_1^{\text{np}}, T_2^{\text{np}}, T_3^{\text{np}}$ заявки в каждой системе массового обслуживания необходимо составить уравнение баланса с учетом свойств слияния и ветвления потоков. С учетом структуры АРМ получаем матрицу переходных вероятностей:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ P_{10} & 0 & P_{12} & P_{13} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$P_{10} = \frac{1}{\bar{D} + 2}; P_{12} = \frac{\bar{D}}{\bar{D} + 2}; P_{13} = \frac{1}{\bar{D} + 2},$$

где \bar{D} – число обращений к внешнему запоминающему устройству.

Определим время обслуживания отдельного запроса при быстродействии процессора $w_i, i = \overline{1, I}$,

и трудоемкости обслуживания отдельного решения

$$\bar{Q}_1: \bar{T}_{\text{обс}}^{(i)} = \frac{\bar{Q}_1}{W_i}.$$

Время пребывания отдельного обращения (требования) в соответствующих системах массового обслуживания:

$$T_1^{\text{np}} = \frac{1}{\mu_1 (1 - \rho_1)} = \frac{\bar{T}_{\text{обс}}^{(1)}}{1 - \rho_1^{(1)}} = \frac{\bar{Q}_1}{W_1 - \lambda_1 Q_1};$$

$$T_2^{\text{np}} = \frac{1}{\mu_{\text{взв1}} (1 - \rho_2)} = \frac{1}{\mu_2 - \lambda_2};$$

$$T_3^{\text{np}} = \frac{1}{\mu_{\text{взв2}} (1 - \rho_3)} = \frac{1}{\mu_3 - \lambda_3},$$

где μ_i – интенсивность обслуживания заявок i -м узлом системы обработки данных, $i = 1, 2, 3$; ρ_i – коэффициент загрузки i -го узла системы обработки данных, $i = 1, 2, 3$.

Таким образом, можно определить передаточные коэффициенты $a_i, i = 1, 2, 3$, и время пребывания отдельных требований $T_1^{\text{np}}, T_2^{\text{np}}, T_3^{\text{np}}$ в соответствующих системах массового обслуживания. Подставим выражения этих величин в (1) и определим время решения задачи на АРМ:

$$t_{\text{обр}}^{(i)} = \sum_{j=1}^3 a_j T_{\text{npj}}^{(i)} = (4T_1^{\text{np}} + 2T_2^{\text{np}} + T_3^{\text{np}}) = (\bar{D} + 2) \frac{\bar{Q}_1}{W_1 - \lambda_1 Q_1} + \bar{D} \frac{1}{\mu_2 - \lambda_2} + \frac{1}{\mu_3 - \lambda_3}.$$

Решение поставленной задачи сводится к нахождению времени ответа, удовлетворяющего заданному условию, и вариантов комплексирования компонентов АРМ в ГИС [10].

Анализ результатов моделирования. Зависимость времени ответа от частоты процессора ГИС при условии, что $\bar{Q}_1 = 65\,535$ операций в секунду, $\bar{D} = 100$, интенсивность обслуживания заявок принимает значения $\bar{T}_{\text{обс}}^{(1)} = 0,0085$ с, $\bar{T}_{\text{обс}}^{(2)} \mu_2 = 0,0089$ с, $\bar{T}_{\text{обс}}^{(3)} = 0,095$ с (рис. 2).

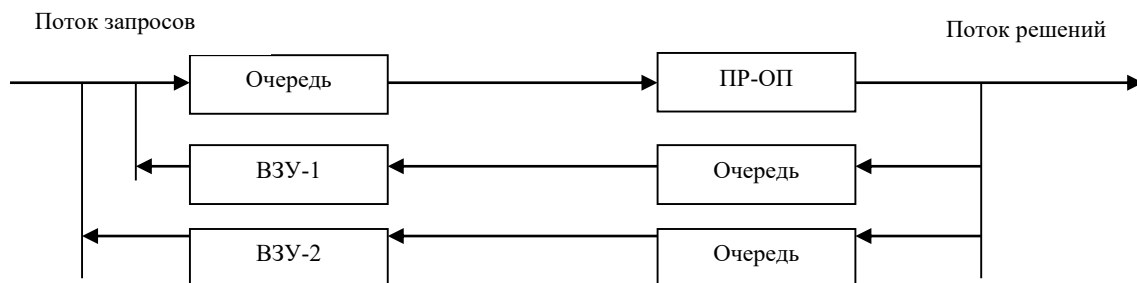


Рис. 1. Система обработки данных: ПР-ОП – процессор–оперативная память (системный блок); ВЗУ-1 – внешнее запоминающее устройство для хранения геоанных; ВЗУ-2 – внешнее запоминающее устройство для хранения ПО решения задач судовождения и управления кораблем

Fig. 1. Data processing system: PR-OP – processor-operative memory (system unit); DSD-1 – data storage device for geodata; VZU-2 – data storage device for software solving for ship navigation and ship management problems

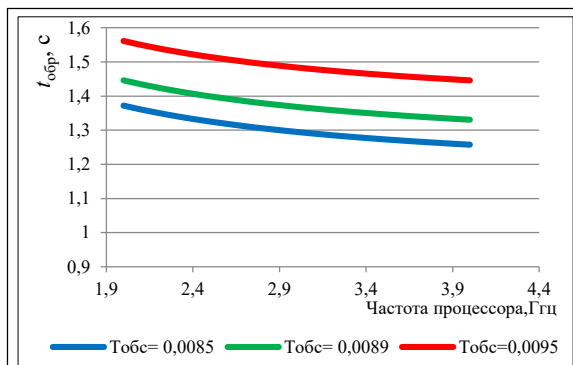


Рис. 2. Зависимость $t_{обр}$ от частоты процессора при $\Lambda = 0,03$ заявки в секунду

Fig. 2. Dependence $t_{обр}$ on CPU frequency when $\Lambda = 0,03$ request per second

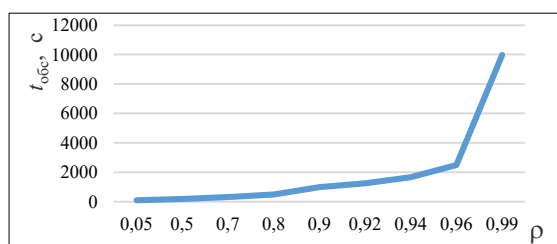


Рис. 3. Зависимость $t_{обс}$ от нагрузки при $I = 0,03$ заявки в секунду

Fig. 3. Dependence $t_{обс}$ on loading when $I = 0,03$ request per second

Модель оценки времени обработки информации в ГИС корабля, как и ожидалось, показывает увеличение времени обслуживания с увеличением интенсивности входного потока заявок и увеличение времени решения задачи с увеличением нагрузки (рис. 3).

Полученные характеристики позволяют выбрать оптимальный вариант комплексирования клиентской части ГИС корабля с ее серверной частью.

Заключение

Для оценки времени решения задачи предложено применить аппарат сетей систем массового обслуживания. Модель позволяет определить время решения задачи на АРМ, учитывая интенсивность входного потока, вероятность решения задачи на каждом устройстве и временные характеристики.

Литература

1. Бурханов М.В., Малкин И.М. Навигация с ЭКНИС. М.: Моркнига, 2014. 298 с.
2. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Prentice Hall, 2010, 960 p.
3. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб: Питер, 2016. 992 с.
4. Тоненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. СПб: Питер, 2013. 520 с.
5. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Резервированная передача данных через агрегированные каналы в сети реального времени // Изв. вузов: Приборостроение. 2016. Т. 59. № 9. С. 735–740.
6. Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. Характеристика проблемы интеграции образцов радиоэлектронного вооружения корабля // Ученые записки РГМУ. 2012. № 25. С. 156–162.
7. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. СПб: Изд-во РГМУ, 2012. 134 с.
8. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Юрайт, 2015. 343 с.
9. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технология. СПб: КОРОНА принт, 2015. 380 с.
10. Смирнов П.И., Шустров А.К. Современные тенденции в области управления телекоммуникациями // Новые информационные технологии в системах связи и управления: тр. XII Рос. науч.-технич. конф. Калуга, 2013. С. 26–30.

MODEL OF EVALUATING TIME CHARACTERISTICS OF SOLVING A PROBLEM IN A SHIP GEOINFORMATION SYSTEM

P.I. Smirnov¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, p.smirnov@mashtab.org

T.M. Tatarnikova², Dr.Sc. (Engineering), Associate Professor, Professor, tm-tatarn@yandex.ru

N.V. Yagotinceva³, Senior Lecturer

¹ The National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Kronverksky Ave. 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation

² St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaya St. 67a, St. Petersburg, 190000, Russian Federation

³ Russian State Hydrometeorological University, Malookhtinsky Ave. 98, St. Petersburg, 195196, Russian Federation

Abstract. The paper proposes a model for evaluating time characteristics of data processing in a ship geoinformation system, which is a local computer network with segment switching.

The ship network information infrastructure allows simultaneous data transfer between all interacting pairs "Client-Server". The mathematical apparatus of the model is the network of queuing systems. The model parameters are input stream intensity, node capacity of a ship geoinformation system and a transition probability matrix.

Time data processing characteristics are evaluated by a computational experiment using a model. Simulation task is formulated as a problem of choosing technical characteristics of client part of a geoinformation system while ensuring guaranteed system response time.

Evaluation of processing data time characteristics in relation to the load and productivity of automated workstations allows choosing the best option for integrating the client part with the server part in the ship geoinformation system while ensuring system guaranteed response time. The requirement to the guaranteed processing time varies depending on the navigation area and consists of connection establishment time "Client-Server" and the reception time of ship spatial data navigation systems.

Keywords: geoinformation system, ship network infrastructure, information processing, task solving time, queuing system.

References

1. Burkhanov M.V., Malkin I.M. *Navigatsiya s EKNIS* [Navigation with ECDIS]. Moscow, Morkniga Publ., 2014, 298 p.
2. Tanenbaum A., Wetherall D. *Computer Networks*. 5th ed., Prentice Hall Publ., 2010, 960 p.
3. Olifer V., Olifer N. *Kompyuternye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly* [Computer Networks. Principles, technologies, protocols]. St. Petersburg, Piter Publ., 2016, 992 p.
4. Tonenbaum E., Ostin T. *Arkhitektura kompyutera* [Computer Architecture]. St. Petersburg, Piter Publ., 2013, 520 p.
5. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V. Redundant data transmission using aggregated channels in real-time network. *Izvestiya vuzov. Priborostroenie* [Jour. of Instrument Engineering]. 2016, vol. 59, no. 9, pp. 735–740 (in Russ.).
6. Tatarnikova T.M., Yagotinceva N.V. Problem description of ship armament radio electronic standards integration. *Uchenye zapiski RGGMU* [RSHU Proc. Jour.]. 2012, no. 25, pp. 156–162 (in Russ.).
7. Kutuzov O.I., Tatarnikova T.M. *Modelirovanie sistem i setey telekommunikatsy* [Telecommunication Systems and Networks Modeling]. St. Petersburg, RGGMU Publ., 2012, 134 p.
8. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. *Modelirovanie sistem* [System Modeling]. Moscow, Yurayt Publ., 2015, 343 p.
9. Ryzhikov Yu.I. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i tekhnologiya* [Simulation Modeling. Theory and Technology]. St. Petersburg, KORONA print Publ., 2015, 380 p.
10. Smirnov P.I., Shustrov A.K. Modern trends in telecommunications management. *Novye informatsionnye tekhnologii v sistemakh svyazi i upravleniya: tr. XII Ross. nauch.-tekhnich. konf.* [Proc. 12th Russ. Sci. and Tech. Conf. New IT in Communications and Management systems]. 2013, pp. 26–30 (in Russ.).

Примеры библиографического описания статьи

1. Смирнов П.И., Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. Модель оценки временных характеристик решения задачи в геoinформационной системе корабля // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 4. С. 711–714. DOI: 10.15827/0236-235X.120.711-714.
2. Smirnov P.I., Tatarnikova T.M., Yagotinceva N.V. Model of evaluating time characteristics of solving a problem in a ship geoinformation system. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2017, vol. 30, no. 4, pp. 711–714 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.120.711-714.