

УДК 004.75

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОСЕРВЕРНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ МОРСКОГО ПОРТА

¹Болнокин В.Е., ²Чувиков Д.А., ¹Нгуен Динь Чунг, ¹Зыонг Минь Хай

¹ФГУП «Научно-исследовательский и экспериментальный институт автомобильной электроники и электрооборудования», Москва,

e-mail: vitalybolnokin@yandex.ru, chungtasagroup@gmail.com, hai.vnnavy@gmail.com;

²ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», Москва, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru

Настоящая статья посвящена исследованию применения многосерверных систем обработки информации для управления транспортными процессами морского порта. Рассмотрена задача управления обслуживанием перевозки грузов морского порта. Описана система обслуживания перевозки грузов морского порта. Рассмотрены характеристики системы: частные и интегральные, которые дают возможность не только оценить качество работы многосерверной системы, но и определить оптимальные значения ее параметров. Также представлены математические модели для расчета характеристик многосерверной системы обработки заявок с программным управлением потоками заявок. Представленные в статье результаты, позволяют проводить анализ динамики алгоритмов диспетчеризации и управления потоками данных в многосерверных информационных системах обслуживания перевозки грузов морского порта, а также дают возможность вычислять характеристики алгоритмов как в установившемся режиме, так и в динамике.

Ключевые слова: системы обработки заявок, управление потоками данных, математические модели, морской порт, обработка информации, база данных

APPLICATION OF MULTI-SERVER PROCESSING SYSTEMS FOR CONTROL OF TRANSPORT PROCESSES FOR MARINE PORT

¹Bolnokin V.E., ²Chuvikov D.A., ¹Nguyen Dinh Chung, ¹Zyong Min Khay

¹Research and experimental institute of automotive electronic and electronic equipment of Russian Federation, Moscow, e-mail: vitalybolnokin@yandex.ru, chungtasagroup@gmail.com, hai.vnnavy@gmail.com;

²State Technical University – MADI, Department of «Automated Control Systems», Moscow, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru

This article is dedicated to the study of the application of multi-server processing systems for control of transport processes for marine port. We consider the problem of transportation service management for marine port. A transportation service system of marine port is described too. We consider the system characteristics: private and integral to evaluate the performance of a multi-server processing and determine the optimal values of the parameters of the system. Also, mathematical models for calculation of the characteristics of the multiserver system of the processing requests with program control data flows are presented. The presented results in the article allow to analyze the dynamics of dispatching and data flow control algorithms in multi-server information systems for transportation services of marine port, and allowed to calculate the characteristics of the algorithms in the steady state and dynamics.

Keywords: query processing systems, dataflow management, mathematical models, marine port, data processing, database

Развитие морских портов является одним из стратегических направлений любого государства. А развитие самого морского транспорта является важнейшей составляющей внешнеэкономической деятельности любого государств. Уровень развития морских портов и их состояние отражает степень интеграции страны в глобальной системе распределения потоков материальных ресурсов и готовой продукции. Основной целью развития морских портов является, прежде всего удовлетворение потребностей экономики рассматриваемого государства. Для достижения этой цели необходимо ре-

шить такие задачи, как увеличение портовой мощности (в частности – наращивание мощностей причалов, совершенствование автоматизации погрузочно-разгрузочных процессов, развитие мультимодальных перевозок), повышение уровня безопасности порта, повышение конкурентоспособности, а также усовершенствование самого государственного управления в сфере морского портового хозяйства. Таким образом, проблематика управления обслуживанием перевозки грузов морского порта (ОПГМП) является современной и актуальной задачей. Для решения такой задачи необходима

качественная обработка и хранение данных. Для эффективной организации деятельности ОПГМП необходимо применять новые средства вычислений, отвечающие современному развитию науки и техники, а также использовать совокупность определенных подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных [1–4, 10]. Определяющими факторами являются объем обрабатываемых данных, скорость обработки данных для получения необходимых результатов, а также многообразие обрабатываемых данных, то есть возможность одновременной обработки различных типов данных. ОПГМП является распределенной интегрированной информационной системой, которая объединяет локальные информационные подсистемы и базы данных (БД). Информационная система ОПГМП (ИС ОПГМП) предназначена для сбора, обработки и хранения данных, которые необходимы для обеспечения функционирования работы определенных аппаратных и программных средств, предназначенных для решения таких задач, как [1–4, 10]: прием заявок на перевозку грузов, обработка заказов, назначение перевозчиков на выполнение заказов и т.д. Для обеспечения решения перечисленных задач необходимо иметь возможность сбора и обработки информации от удаленных источников. Эти факторы неминуемо приводят к необходимости автоматизации большинства процессов морского порта. Условием современных систем автоматизации морских портов является быстрое, безопасное и точное перемещение грузов, минимизация возникновения ошибок, повышение производительности и доходности портов. Автоматизация процесса позволяет сократить число непродуктивных перемещений груза, времени простоя техники и оборудования, что приводит к снижению общих затрат на арендную плату и сроки погрузочно-разгрузочных работ, а также к значительной операционной экономии.

ИС ОПГМП имеет важное свойство – гетерогенность, то есть наличие разнородного аппаратного и программного обеспечения, таким образом, при создании сети ИС ОПГМП рекомендуется использовать следующие типы передачи данных:

- неэкранированная витая пара – необходима для построения локальных сетей в пределах одного здания;
- оптоволокно – необходимо для объединения локальных вычислительных сетей, которые могут быть размещены в нескольких зданиях, при условии подключения к сети Интернет;

- радиоканалы – необходимы для подключения удаленных пользователей, а также локальной вычислительной сети.

Стоит отметить, что существует проблема оценки качества принимаемых решений при построении сетей практически любого класса. Эта проблема оценки может решаться, к примеру, при помощи методов математического или имитационного моделирования [11], а также путем непосредственных измерений на самой сети.

Также стоит отметить, что важной задачей является управление потоками данных, которые поступают в систему, с учетом распределения заявок между серверами, входящими в состав ИС ОПГМП. Под потоками понимается определенная совокупность объектов, происходящих непрерывно на некотором временном интервале. В статье рассматривается оценка характеристик системы в условиях применения различных стратегий управления потоками заявок. Результаты базируются на работах [1–2, 6, 8–9].

Описание системы обслуживания перевозки грузов морского порта

Информационная управляющая система ОПГМП состоит из S серверов. Как правило, на вход S серверов поступают потоки заявок от H источников. Далее заявки встают в очередь на обработку сервера b от источника a . Время, которое затрачено на обработку этой заявки, будет составлять: $\infty > \beta_{ab} > 0$, где β_{ab} – определенная случайная величина с функцией распределения $\beta_{ab}(t)$. Учитывая это, получим следующие условия:

$$\infty > b_{1ab} = \int_0^{\infty} t dB_{ab}(t) > 0$$

и

$$\infty > b_{2ab} = \int_0^{\infty} t^2 dB_{ab}(t) > 0.$$

Технология вычислений клиент-сервер является сетевой архитектурой, в которой сетевая нагрузка распределена между серверами и клиентами. В классическом понимании системы управления базами данных (СУБД) клиент-сервер представляет собой набор программ, которые позволяют создавать и поддерживать БД в актуальном состоянии и обслуживать заявки пользователей соответственно. Обычно такие программы располагаются на разных ЭВМ и взаимодействуют между собой через вычислительную сеть посредством сетевых протоколов, однако они могут быть расположены и на одной вычислительной машине.

В состав системы ИС ОПГМП [2, 4] входит диспетчер сообщений, который в соответствии с определенными алгоритмами управления распределяет между серверами поступившие в систему заявки, при этом он формирует частный поток заявок для заданных серверов.

Рассмотрим алгоритм управления, где поступающая заявка отправляется на сервер b от источника a , при этом управление самими потоками заявок задается случайной матрицей:

$$\mathbf{P} = \| p_{ab} \|, \quad (a = 1, 2, \dots, H; \quad b = 1, 2, \dots, S).$$

Для элемента a рассматриваемой матрицы выполняется условие $\sum_{a=1}^S p_{ab} = 1$, при этом каждая заявка распределяется по серверам S . А для элемента b рассматриваемой матрицы выполняется условие $\sum_{b=1}^H p_{ab} > 0$, при этом на каждый сервер поступают заявки от H источников.

Рассмотрим интегральные характеристики, а именно среднюю величину затрат на пребывание заявки в ИС ОПГМП. Она будет представлена в виде

$$L_1(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda) = \sum_{a=1}^H a_a \sum_{b=1}^S \lambda_{ab} Z_{ab} + \sum_{a=1}^H a_a \sum_{b=1}^S p_{ab} b_{1b},$$

где λ_{ab} – является интенсивностью потока заявок источника a , поступающих на сервер b ; a_a – является специальным весовым коэффициентом, который представляет собой величины затрат, связанных с пребыванием в ИС ОПГМП; $\mathbf{B}(t) = \| B_{ab}(t) \|$, $(a = 1, 2, \dots, H; \quad b = 1, 2, \dots, S)$ – матрица, элементы которой являются функцией распределений длительности обработки заявок, а $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_H)$ является вектором интенсивности потока заявок [5]. Также рассмотрим интегральную характеристику средней величины затрат, связанных с простоем серверов ИС ОПГМП:

$$L_2(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda) = \sum_{b=1}^S b_b (1 - \rho_b),$$

где b_b – является специальным весовым коэффициентом, который представляет собой величины затрат, связанные с задержкой сервера b в течение определенного времени.

Используя характеристику, включающую среднюю величину затрат на пребывание заявки в ИС ОПГМП и среднюю величину затрат, связанную с простоем серверов ИС ОПГМП, получим следующее выражение:

$$Q(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda) = L_1(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda) + L_2(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda).$$

$Q(\mathbf{P}, \mathbf{B}(t), \lambda)$ позволяет решать задачи оптимизации, при этом минимизировать зна-

чение этой характеристики по параметрам алгоритма управления $\mathbf{P}$.

Применение перечисленных характеристик в ИС ОПГМП позволяет оценивать качество работы многосерверной системы, а также определять оптимальные значения параметров этой системы.

Определим интенсивности потоков заявок, которые поступают, например, на серверы ИС ОПГМП. Используя случайную матрицу $\mathbf{P}$, а также определенные значения интенсивностей потоков заявок от следующих источников:

$$\lambda_{ab} = \lambda_a p_{ab}, \quad (a = 1, 2, \dots, H; \quad b = 1, 2, \dots, S).$$

Таким образом, интенсивность суммарного потока заявок, которая поступает на сервер b , составит

$$\lambda_b = \sum_{a=1}^H \lambda_{ab}.$$

Учитывая, что каждый сервер работает автономно, его работу можно проанализировать независимо от других серверов. Возьмем за модель сервера в общем виде ИС ОПГМП массового обслуживания (ИС ОПГМП МО) типа $\mathbf{M}/\mathbf{G}/1/\infty$ [8, 5]. Так как в ИС ОПГМП поступают заявки от разных источников и типов, следовательно, определенный интерес представляют характеристики, которые связаны с каждым типом заявок [7]. В рассматриваемой статье предлагается более простой подход к анализу ИС ОПГМП МО.

Учитывая отдельно поток заявок поступающих на сервер a от сервера b , соответственно, вероятность поступления от источника d в интервале между двумя заявками от источника a вычисляется по следующей формуле:

$$p_{cd}(a, b) = \int_0^{\infty} \frac{(\lambda_{db} t)^c}{c!} e^{-\lambda_{db} t} dA_{ab}(t)$$

(при условии, что все потоки являются пуассоновскими), где $A_{ab}(t)$ – функция распределения длительности интервала между двумя последовательно поступающими заявками потока от источника a на сервер b . Определим соответствующие функции распределения длительности обслуживания, которые поступили от источника m на сервер b в интервале времени между поступлением двух последовательных заявок на сервер b от источника a .

Получаем

$$\varphi_{adb}(s) = \sum_{c=0}^{\infty} p_{cd}(a, b) \beta_{db}^c(s) = \alpha_{ab}(\lambda_{db}(1 - \beta_{db}(s))),$$

где $\beta_{db}(s)$ является функцией распределения $B_{db}(t)$ преобразования Лапласа – Стильте-

са, а $\alpha_{ab}(\lambda_{db}(1-\beta_{db}(s)))$ является функцией распределения $A_{ab}(t)$ преобразованием Лапласа – Стильеса. Используя эти функции распределения, получим функции распределения длительности обслуживания всех заявок преобразования Лапласа – Стильеса, то есть от всех источников, поступивших в интервале между поступлением двух последовательных заявок на сервер b источника a . Получаем

$$\omega_{ab}(s) = \prod_{\substack{d=1 \\ d \neq a}}^H \varphi_{adb}(s).$$

Функция распределения длительности обслуживания заявок преобразования Лапласа – Стильеса будет иметь следующий вид:

$$\beta_{ab}^*(s) = \beta_{ab}(s) \prod_{\substack{d=1 \\ d \neq a}}^H \alpha_{ab}(\lambda_{db}(1-\beta_{db}(s))).$$

Таким образом, получаем, что средняя длительность обслуживания одной заявки на сервере b от источника a равна

$$b_{lab}^* = b_{lab} + \frac{1}{\lambda_{ab}} \sum_{\substack{d=1 \\ d \neq a}}^H \lambda_{db} b_{ldb} = \frac{1}{\lambda_{ab}} \sum_{d=1}^H \lambda_{db} b_{ldb}.$$

Вычислим среднюю длительность ожидания в очереди на сервер b сообщениями источника a , на примере, ИС ОПГМП МО типа $M/G/1/\infty$ для обслуживания заявок только от источника a :

$$D_{ab} = \left(\frac{b_{2ab}^* \lambda_a p_{ab}}{2(1-b_{lab}^* \lambda_a p_{ab})} \right),$$

где

$$b_{2ab}^* = \frac{d^2 \beta_{ab}^*(s)}{ds^2} \Big|_{s=0}.$$

Загрузка сервера b будет вычисляться по формуле

$$\rho b = b_{lab}^* \lambda_a p_{ab}.$$

При этом среднее время ожидания в очереди в ИС ОПГМП для заявки от источника a будет вычисляться по формуле

$$D_a = \sum_{b=1}^S \frac{\lambda_{ab}}{\lambda_a} D_{ab}.$$

А средняя длительность задержки в очереди на узле b будет вычисляться по формуле

$$W_b = \sum_{a=1}^H \frac{\lambda_{ab}}{\lambda_b} Z_{ab}.$$

Также средняя длина самой очереди из ожидающих заявок на узле b будет вычисляться по формуле

$$Q_b = \sum_{a=1}^H \lambda_{ab} Z_{ab}.$$

Используя функцию распределения длительности обслуживания заявок преобразования Лапласа – Стильеса, среднюю длительность обслуживания одной заявки на сервере b источника a , среднюю длительность ожидания в очереди на сервер b , рассматривая ИС ОПГМП МО типа $M/G/1/\infty$ для обслуживания заявок только от источника a , формулы загрузки сервера b , формулу среднего времени ожидания в очереди в ИС ОПГМП для заявок от источника a , а также среднюю длительность задержки заявки в очереди на узле b , можно вычислить величину интегральных характеристик ИС ОПГМП, которая задается формулами средней величины затрат на пребывание заявки в ИС ОПГМП и средней величины затрат, связанных с простоем серверов ИС ОПГМП.

Следует отметить, что интегральные характеристики, задаваемые средней величиной затрат на пребывание заявки в ИС ОПГМП и средней величиной затрат, связанных с простоем серверов ИС ОПГМП, являются функциями от параметров алгоритма управления случайной матрицы P , следовательно, постановка задачи о нахождении оптимальных параметров управления является актуальной, на примере для характеристики, задаваемой формулой средней величины затрат на пребывание заявки в ИС ОПГМП.

Заключение

Полученные результаты в статье позволяют провести анализ динамики алгоритмов диспетчеризации [12] и управления потоками данных в многосерверных ИС ОПГМП, а также позволяют вычислить характеристики алгоритмов в установившемся режиме и при динамике.

Применение многосерверных систем обработки информации для управления транспортными процессами морского порта является весьма перспективным направлением. Применение таких систем позволяет автоматизировать деятельность ОПГМП, что является важным фактором конкуренции, а также стратегическим аспектом развития экономики любого государства и одним из ключевых звеньев функционирования транспортной системы в целом. Представленная в статье система обслуживания перевозки грузов морского порта может быть полезна разработчикам и администраторам информационных управляющих систем обслуживания грузовых перевозок морского порта.

Список литературы

1. Болнокин В.Е. Математические модели управления судовыми транспортными системами [Текст] / В.Е. Болнокин, Д.И. Мутиг, А.Т. Нго. – М.: Перо, 2015. – 232 с.
2. Болнокин В.Е. Модели управления мультимодальными контейнерными транспортно-складскими комплексами [Текст] / В.Е. Болнокин, Н.Х. Нгуен, Д.Ч. Нгуен. – М.: Интел, 2011. – 256 с.
3. Бутов А.С. Транспортные системы. Моделирование и управление [Текст] / А.С. Бутов, Д.В. Гаскаров, А.Н. Егоров, Н.В. Крупенин. – СПб.: Судостроение, 2001. – 554 с.
4. Вихров Н.М. Модели технологических процессов на транспорте [Текст] / Н.М. Вихров, А.П. Нырклов. – М.: Судостроение, 2002. – 422 с.
5. Никитин Е.В., Саксонов Е.А. Управление потоками данных в многосерверных системах обработки информации [Текст] // Информатика и системы управления. – 2010. – № 3 (25). – С. 3–9.
6. Ретано А. Принципы проектирования корпоративных IP-сетей [Текст] / А. Ретано, Д. Слайс, Р. Уайт; пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2002. – 368 с.
7. Рыжиков Ю.И. Беспriorитетное обслуживание неоднородного потока заявок [Текст] // Техническая кибернетика. – 1975. – № 4. – С. 69–73.
8. Саксонов Е.А., Нгуен Динь Чунг, До Чунг Тхоай, Нгуен Ксуан Фьонг. Модели и алгоритмы управления потоками данных в многосерверных информационных системах [Текст] // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 43, № 1.1. – С. 56–59.
9. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы [Текст] / Э. Таненбаум, М. Ван Стен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
10. Тихомиров М.В., Фам Динь Тьк, Нгуен Динь Чунг, Ву Ван Чьонг. Методика обеспечения показателей безотказности и долговечности радиоэлектронных средств на основе комплексного моделирования физических процессов [Текст] // Успехи современной радиоэлектроники. – 2011. – № 1. – С. 25–34.
11. Чувилов Д.А. Роль использования синтеза систем имитационного и экспертного моделирования [Текст] // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям. «IS&IT'16». – 2015. – Т. 2. – С. 125–128.
12. Чувилов Д.А., Теплов Е.В., Сараев Д.В., Варламов О.О., Джха П. Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта [Текст] // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 80–90.