

УДК 004.75

К.С. Ткаченко,**И.А. Скатков, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: kvt@sevgtu.sebastopol.ua***АНАЛИЗ ОБРАБОТКИ ЗАДАНИЙ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
С ПРОЦЕССОРОМ ПЕРЕМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

Рассматривается система поддержки принятия решений по оптимизации обработки заданий на вычислительной системе переменной производительности. Производится вычислительный эксперимент, приводятся необходимые таблицы, рисунки, графики.

Ключевые слова: параметрическая оптимизация, вычислительная система.

Для современного общества необходимы вычислительные системы для транспортирования, передачи и распределения информации [1, 2]. Поскольку каждая из подобных систем имеет весьма сложную структуру и является дорогостоящей, то возникает необходимость в эффективном использовании уже существующих вычислительных систем и оптимальном проектировании новых. При проектировании больших и сложных вычислительных систем, как и при поиске путей их наиболее рационального использования существенное значение могут иметь методы теории массового обслуживания [1].

Управление производительностью отдельных процессоров многопроцессорных систем играет значительную роль в повышении эффективности функционирования вычислительных систем, повышения их конкурентных позиций на рынке. Данная функция управления носит комплексный, системный характер, качество реализации которой обуславливает эффективность работы вычислительной системы в целом. Производительность процессора в современных условиях становится одним из наиболее важных факторов, определяющих эффективность обработки заданий. От того, как организовано управление производительностью, во многом зависит не только ход процесса обработки данных, но и величина материальных средств, затрачиваемых на нее, а также, соответственно, и уровень обслуживания конечного потребителя. В существующей ситуации стоит задача найти сбалансированное решение между чрезмерно большой производительностью, но позволяющей обеспечить непрерывность обработки заявок в течение определенного времени, и низким уровнем производительности, создающим потенциальные издержки и обуславливающие отказы и очереди заявок. В то же время, при возможном равенстве преимущество получают системы с более низким числом отказов, более высоким уровнем обслуживания заявок. Это заставляет предприятия изыскивать резервы снижения и повышения производительности, значительная часть которых сосредоточена в системе управления. В этой связи, необходимость совершенствования системы управления является, несомненно, актуальной и своевременной проблемой.

Целью данной работы является разработка и исследование имитационной модели вычислительной системы с модулем центрального процессора переменной производительности. В системе можно выделить следующие подсистемы.

1. Процессор (Пр) — подсистема, предназначенная для обработки заданий, поступающих на обработку. Обладает параметрами: (текущая) производительность, максимальная и минимальная производительности. Назначение этих параметров подробно рассматривается ниже, в разделе формальная постановка задачи.

2. Очередь — подсистема, обеспечивающая хранение заявок, еще не поступивших на обслуживание в процессор.

3. Модуль статистики (МС) — подсистема, предназначенная для сбора значений о средней длине заявок очереди в очереди.

4. Устройство управления (УУ) — подсистема, выполняющая согласовательную роль между процессором и модулем статистики, адаптивный настрой производительности процессора в зависимости от текущего значения средней длины заявок в очереди, минимального, максимального и текущего значения производительности процессора.

В данных обозначениях поставленную систему можно представить на рисунке 1, где стрелочками указано направление потока заявок, потока управления, а также факт

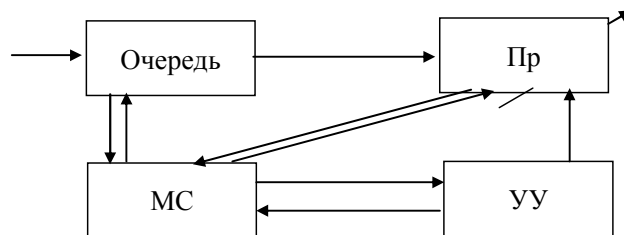


Рисунок 1 — Структура вычислительной системы

наличия переменной производительности у процессора.

Всю вычислительную систему можно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО).

Требуется исследовать данную систему с позиций теории массового обслуживания (ТМО) [4]. Такие сложные системы, как вычислительные системы и сети, являются объектами проектирования на системном уровне [3]. В них анализ процессов функционирования систем связан с исследованием прохождения через систему потоков заявок. Прежде всего, разработчиков интересуют такие параметры, как производительность вычислительной системы, задержки заявок в системе, эффективность используемого оборудования. Исследование поведения системы, т.е. определение временных зависимостей переменных, характеризующих ее состояние, при подаче на входы любых требуемых в соответствии с заданием на эксперимент, называют имитационным моделированием. Из этого следует, что поставленная задача существует и требуется машинный эксперимент. С учетом имеющихся технических ресурсов будет использоваться методика решения задач на системе имитационного *AnyLogic*. Задача является задачей среднего масштаба, несмотря на это, ее возможно разбить на подзадачи, а именно, имитационная модель системы управления переменным процессором и переменный процессор, хотя для их реализации и используется один модуль *AnyLogic*. Приоритетное решение имеет подзадача построения имитационной модели системы управления с ограничительной функцией, ее возможно решить с использованием данного программно-технического средства.

Критерием оценки эффективности процесса функционирования разрабатываемой системы являются минимум функции штрафа, вследствие чего задача является однопараметрической. Эндогенными параметрами модели являются минимальная и максимальная производительность центрального процессора. Экзогенными параметрами модели являются интенсивность потока заявок, стоимость простоя в очереди в единицу времени. Внешняя среда в решении данной задачи является несущественной, ей можно пренебречь. Априорными данными в нашей ситуации являются минимальная и максимальная производительность центрального процессора, стоимость простоя в очереди в единицу времени. Эти априорные данные были получены в ходе предварительной обработки информации о системе на основании данных *DataSheets* из [5]. Поскольку производитель и поставщик оборудования в [5] отразил качественную исходную информацию об объекте моделирования, можно судить о том, что как адекватность модели, так и достоверность результатов моделирования будут соблюдены.

Можно сделать некоторые предположения о возможном результате моделирования рассматриваемой системы: а) объем имеющейся информации о системе включает в себя минимальную и максимальную производительность центрального процессора, стоимость ожидания в очереди в единицу времени, переменная интенсивность потока заявок; б) этой информацией достаточно для построения функции штрафа; в) ограничением на ресурсы времени для решения поставленной задачи с использованием средств имитационного моделирования является 1 час; г) ожидаемым результатом моделирования является функциональная зависимость, заданная таблично и графически, между функцией штрафа и ее параметрами. Справедливость данной гипотезы можно проверить при проведении машинного эксперимента.

Параметрами модели являются следующие:

Минимальная производительность процессора — это минимальное значение параметра μ . Он представляет собой нижнюю границу для производительности. Символ обозначения $\mu_{\min}$ и единица измерения — заявок/с. Место применения в модели — параметр функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Максимальная производительность процессора — это максимальное значение параметра μ . Он представляет собой верхнюю границу для производительности. Символ обозначения $\mu_{\max}$ и единица измерения — заявок/с. Место применения в модели — параметр для алгоритма выбора производительности.

Квант изменения производительности процессора — это шаг изменения μ . Он представляет собой шаг изменения для производительности. Символ обозначения Δt и единица измерения — заявок/с. Место применения в модели — параметр функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Оценка производительности процессора — это текущее значение параметра μ . Единица измерения — заявок/с. Место применения в модели — аргумент функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Пороговое значение средней длины очереди — это критическое значение средней длины очереди $l_{очер}$. Единица измерения — заявки. Место применения в модели — параметр функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Оценка средней длины очереди — это оценка значения средней длины очереди $l_{очер}$. Единица измерения — заявки. Место применения в модели — аргумент функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Время между двумя измерениями — это время, которое проходит между двумя измерениями параметров модели. Символ обозначения — Δt , единица измерения — секунда. Место применения в модели — аргумент функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Пороговое время между двумя измерениями — это критическое для функции штрафа время, которое проходит между двумя измерениями параметров модели. Символ обозначения — $\Delta t_{\text{порог}}$, единица измерения — секунда. Место применения в модели — параметр функции штрафа и параметр для алгоритма выбора производительности.

Стоимость ожидания в очереди в единицу времени, стоимость использования возросшей производительности, стоимость съема данных — это значения коэффициентов штрафной функции, позволяющий задать для алгоритма принятия решения о пересмотре производительности процессора его поведение, а именно, необходимость увеличить, уменьшить или оставить неизменной производительность.

Откликом модели является значение функции штрафа — это такая функциональная зависимость, позволяющая получить оценку эффективности узла принятия решения. Для оценки качества функционирования моделируемой системы выбирается некоторая совокупность критериев оценки эффективности, в данном случае штрафная функция будет прямо пропорциональна оценке средней длины очереди заявок на обслуживание в процессоре, оценке мгновенной производительности процессора, обратно пропорциональна интервалу проведения замеров, т.е.

$$F_{\text{штраф}}(\overline{l_{\text{очер}}}, \mu, \Delta t) = C_{\text{очер}}(\overline{l_{\text{очер}}} - \overline{l_{\text{порог}}}) + C_{\text{про}}(\mu - \mu_{\min}) + C_{\text{съем}}\left(\frac{\Delta t_{\text{порог}}}{\Delta t} - 1\right). \quad (1)$$

В соответствии с формальной постановкой задачи была построена имитационная модель в среде AnyLogic, представленная на рисунке 2.

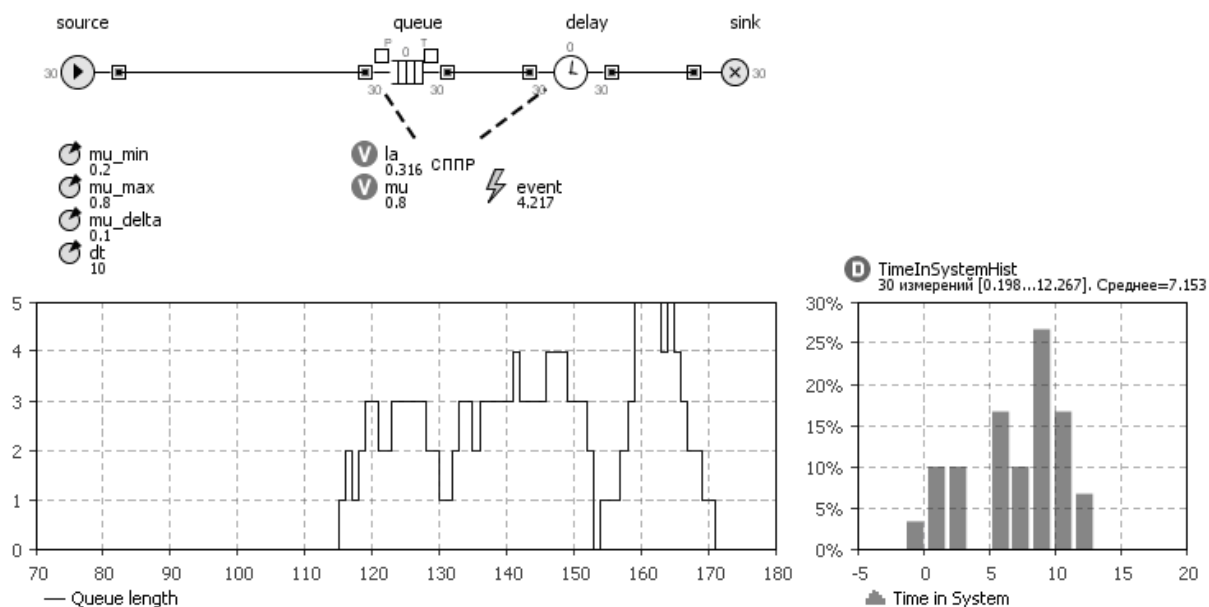


Рисунок 2 — Имитационная модель в работе

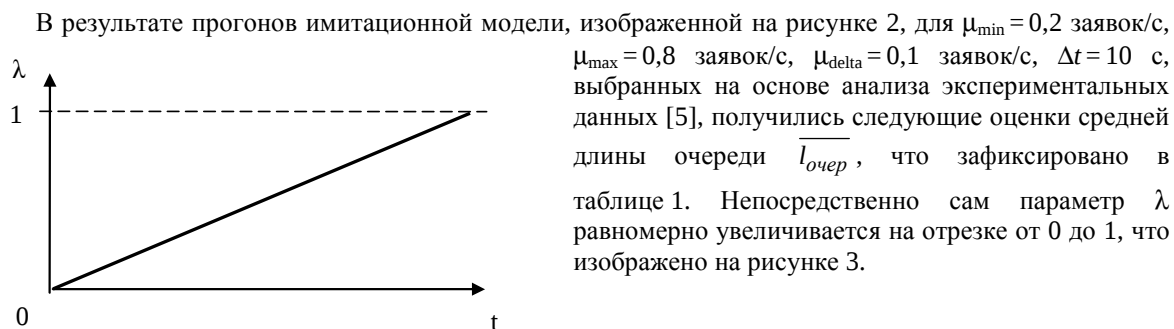


Рисунок 3 – Изменение параметра λ

Таблиця 1 — Результаты оценки средней длины очереди по прогонам имитационной модели

№ прогона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднее	0,42	0,72	0,98	1,58	2,18	1,92	1,66	1,20	2,48	0,84
Стандартная ошибка	0,13	0,24	0,22	0,48	0,52	0,54	0,38	0,34	0,63	0,20
Стандартное отклонение	0,91	1,71	1,55	3,41	3,67	3,79	2,67	2,42	4,49	1,40
Дисперсия	0,82	2,94	2,39	11,64	13,50	14,40	7,13	5,84	20,13	1,97
Экссесс	3,38	5,25	7,36	12,33	5,50	5,36	0,67	8,70	4,17	2,77
Асимметричность	2,14	2,48	2,28	3,38	2,38	2,43	1,45	2,92	2,19	1,86
Уровень надежности (95,0 %)	0,26	0,49	0,44	0,97	1,04	1,08	0,76	0,69	1,28	0,40

Оценка точности результатов моделирования связана с построением доверительных интервалов для выходных переменных (откликов) модели. Количество реализаций (прогонов модели) и время прогона для каждой реализации модели определяют точность результатов. В данном случае данные одного прогона модели представляют единичную выборку. Зависимость оценки средней длины очереди от номера прогона приведена на рисунке 4.

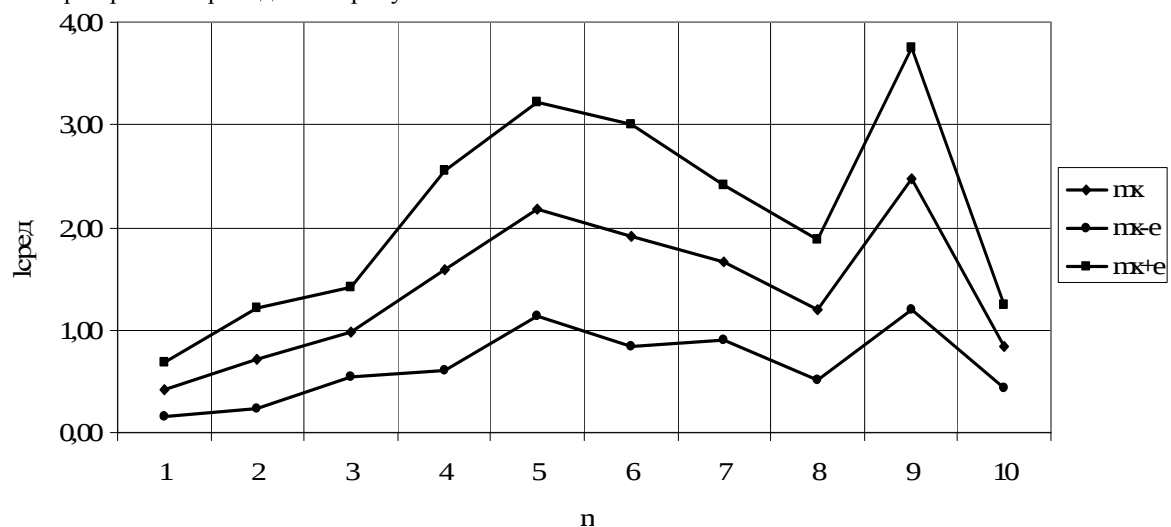


Рисунок 4 — Оценка средней длины очереди

Оценки функции штрафа для прогонов №№ 1,2 приводятся на рисунке 5. Отчетливо видно влияние адаптивного изменения производительности процессора на функцию штрафа.

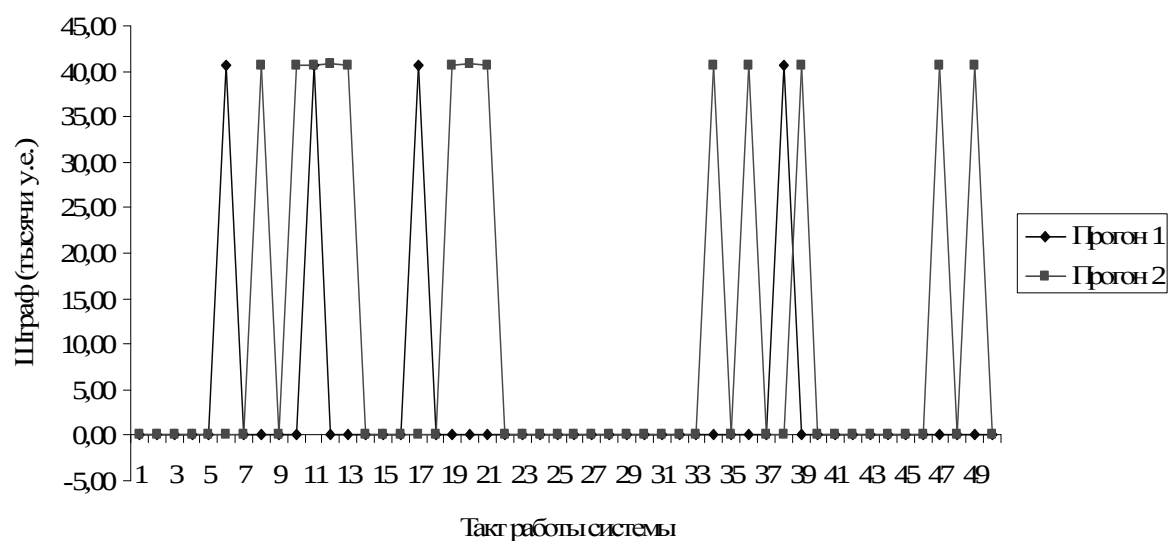


Рисунок 5 — Оценка текущих значений функции штрафа

Для определения, является фактор значимым или нет, используется дисперсионный анализ ANOVA (*analysis of variance*) [6], который применим только к количественным факторам. С помощью него определяются количественные отклонения наблюдений от среднего значения. Если какой-либо фактор

не оказывает влияния на отклик, то он является незначимым. С другой стороны, если фактор влияет на отклик, то его (фактора) количественное значение сравнивают с оценкой изменчивости наблюдения, т.е. со стандартной ошибкой. При проверке гипотезы об отсутствии влияния номера прогона имитационной модели на оценку средней длины очереди было получено значение $F = 2,82$, а $F_{кр} = 1,90$. Это говорит о том, что результат прогона оказывает влияние на оцененное среднее значение длины очереди.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о целесообразности применения полученного ступенчатого метода изменения производительности процессорного модуля вычислительной системы при решении подобных задач обработки, передачи и распределения информации, встречающихся в практике информационных технологий.

В ходе решения задач, представленных в работе по проблеме совершенствования механизма управления производительностью процессорного модуля, были установлены роль и место оптимизации управления обработкой заданий на вычислительной системе с переменной производительностью процессорного модуля. При изучении путём имитационного моделирования вычислительной системы была выявлена разнонаправленность задач, решаемых в ходе управления, что требует принятия сбалансированных решений, минимизирующих функцию штрафа.

Перспективой дальнейших исследований станет проведение систематизации многообразных факторов в различных подсистемах вычислительной системы и оценка степени их влияния на эффективность управления производительностью, что позволит акцентировать внимание на наиболее важных моментах, и её реализация. Для повышения эффективности управления производительностью будут рассматриваться методы оптимизации, которые могут быть применимы в любой подобной системе.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Вишневыскій В.М. Теоретическіе основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневыскій. — М.: Техносфера, 2003. — 512 с.
2. Филиппс Д. Методы анализа сетей / Д. Филиппс, А. Гарсиа-Диас: пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 496 с.
3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И.П. Норенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. — 336 с.
4. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев — М.: Высш. школа, 1985. — 407 с.
5. Сервер для установки в стойку *Dell PowerEdge R910* с форм-фактором *4U* [Электронный ресурс] / Поддержка крупных предприятий Dell. — Электрон. текстовые данные (290 Кбайт). — М.: Dell Официальный сайт, 2010. — Режим доступа: <http://www1.euro.dell.com/ru/ru/enterprise/Серверы/poweredge-r910/pd.aspx?refid=poweredge-r910&s=pad>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. — Friday, 10 December 2010 14:16.
6. Томашевский В. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова. — М.: Бестселлер, 2003. — 416 с.

Поступила в редакцию 31.01.2011 г.

Ткаченко К.С., Скатков І.А. Оптимізація обробки завдань обчислювальною системою з процесором змінної продуктивності

Розглядається система підтримки прийняття рішень щодо оптимізації обробки завдань обчислювальною системою змінної продуктивності. Здійснюється обчислювальний експеримент, наводяться необхідні таблиці, рисунки, графіки.

Ключові слова: параметрична оптимізація, обчислювальна система.

Tkachenko K.S., Skatkov I.A. Task processing optimization using the varying productivity processor's computing systems

Considered is a decision support system for optimizing task processing on a computer system of varying productivity. A numerical experiment is conducted, necessary tables are provided along with pictures and charts.

Keywords: parametric optimization, computing system.