

УДК 004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАСТЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Фельдман Л.П., Юсков А.Г.

*Донецкий национальный технический университет
кафедра прикладной математики и информатики*

E-mail: feldman@r5.dgtu.donetsk.ua, andrii.yuskov@gmail.com

Предлагается марковская модель кластера с постоянным количеством задач, которая обобщает ранее моделированные модели аналогичных кластеров.

Введение

В современном мире существует большое количество задач, требующих применения мощных вычислительных систем (ВС).

Одним из примеров вычислительных систем с распределенной обработкой являются кластеры [1,2,3]. Кластерные вычислительные системы по критерию совместного использования дискового пространства классифицируются следующим образом: с совместным использованием дискового пространства и без предоставления доступа к ресурсам [4].

При проектировании и эксплуатации распределенных ВС возникает проблема рационального использования ресурсов вычислительной среды. Для эффективного решения этой проблемы используются непрерывные [5,6,7] или дискретные аналитические модели [8], и для каждого класса решаемых задач определяются основные параметры вычислительной среды.

Непрерывные модели являются менее трудоемкими и применяются для сложного класса исследуемых структур. Дискретная модель Маркова, в сравнении с непрерывной – более точно отражает работу вычислительной среды и позволяет эффективно распараллелить вычислительные структуры [9].

Анализ кластерных систем с помощью дискретной модели при большом количестве решаемых задач на ВС требует больших временных затрат, так как количество состояний дискретной Марковской модели комбинаторно возрастает при увеличении количества задач. В работе представлена марковская модель кластера с совместным использованием дискового пространства, которая является обобщением модели, представленной в [9].

1 Дискретная модель кластера с совместным использованием дискового пространства

В данной модели каждый узел в кластере имеет свою собственную память, все узлы используют дисковую подсистему. Узлы в кластере обращаются к дисковой подсистеме по системной шине. Вычислительные задачи равномерно распределяются по нескольким объединенным в сеть компьютерам.

В упрощенной структуре кластера с совместным использованием дискового пространства (см. рис. 1) время передачи данных по шине включили во время обслуживания на серверах и дисках, соответственно. Структура состоит из M рабочих станций пользователей, $N1$ серверов, выполняющие различные приложения, $N2$ дисков, на которых хранится база данных.

Представим серверы и диски приборами, время обслуживания которых имеет геометрическое распределение со средним параметром q_i ($i=1, \dots, N1+N2+1$) – вероятностью завершения обслуживания заявки (соответственно, $r_i=1- q_i$ – вероятность продолжения обслуживания заявки).

Управляющий сервер распределяет пользовательские заявки каждого из M пользователей и с вероятностью $p_{N1+N2+1,i}$ ($i=1, \dots, N1$) посылает запрос к одному из $N1$ серверов, которые, в свою очередь, обрабатывая этот запрос обращаются к одному из $N2$ дисков с вероятностью p_{ij} ($i=1, \dots, N1, j=1, \dots, N2$).

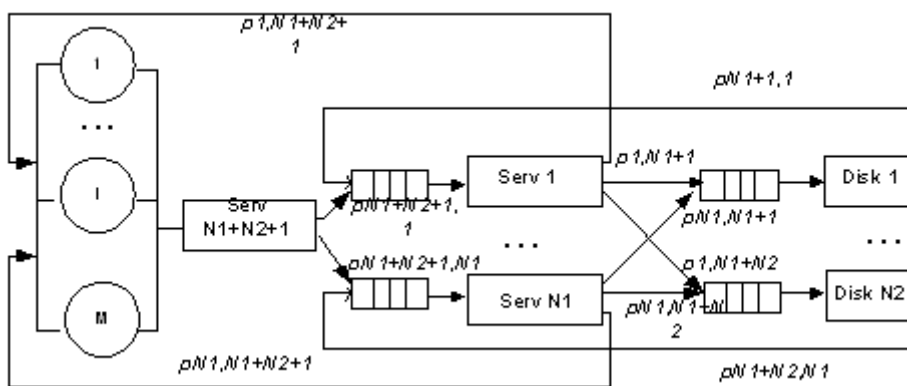


Рисунок 1. Структурная схема кластера с совместным использованием дискового пространства

Марковская модель этого кластера представлена в [10].

Для кластера с совместным использованием дискового пространства (см. рис. 1) построен параллельный алгоритм дискретной марковской модели (см. рис. 2).

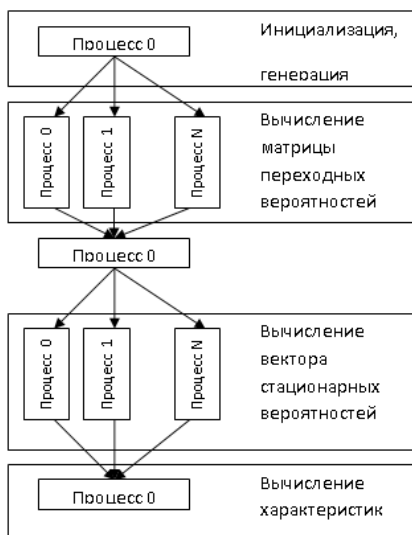


Рисунок 2. Схема параллельного алгоритма марковской модели

Используя стационарные вероятности можно вычислить основные характеристики вычислительной среды: загрузки устройств; среднее число занятых устройств в s-м узле; среднее число задач, находящихся в s-м узле; среднее число задач, находящихся в очереди к s-му узлу; средние времена пребывания и ожидания в s-м узле; средние времена пребывания и ожидания в системе [11].

Если анализируется конкретный вид кластера для решения определенного класса задач, то с помощью этих характеристик можно определить эффективность вычислительной среды (в зависимости от критерия: равномерная загрузка всех узлов, минимальное время отклика и т.д.).

Для подбора оптимального коэффициента мультипрограммирования можно использовать методику [12], в которой предлагается критерий сбалансированности, составляющие которого цена простоя оборудования и штраф за задержку выполнения запроса.

Рассмотренные в [13] способы оптимизации состава и структур высокопроизводительных ВС можно использовать для проектирования ВС, причем при большом коэффициенте мультипрограммирования – только численным (градиентным) или с использованием метода средних.

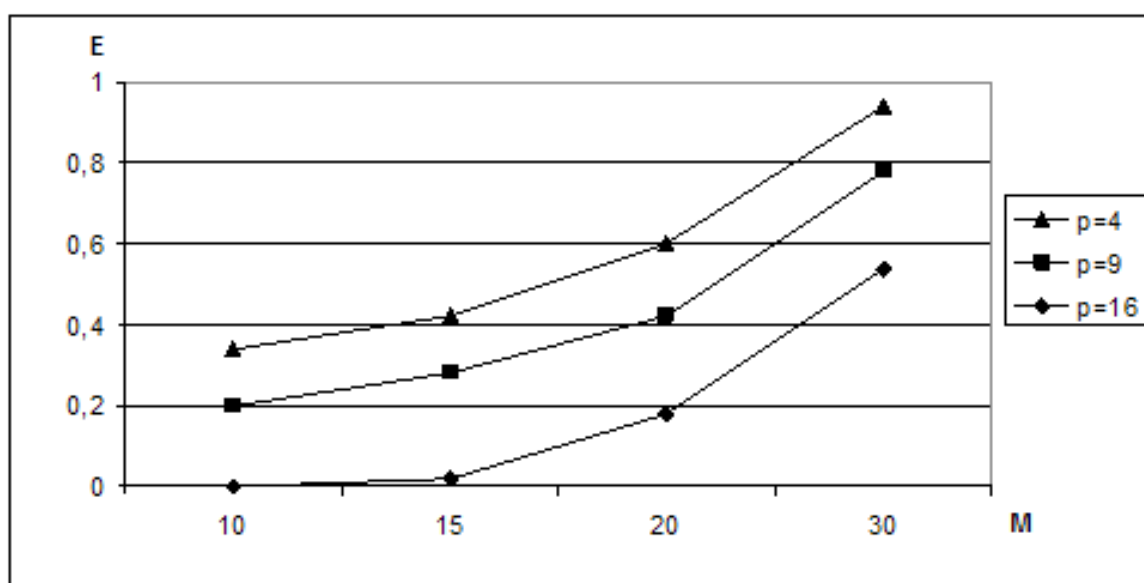


Рисунок 3. Зависимость эффективности параллельного алгоритма от размерности вычисляемой задачи

Таким образом, использование вероятностных моделей при проектировании, эксплуатации и оптимизации вычислительных систем позволяет выработать рекомендации по рациональному использованию ресурсов этой вычислительной среды.

Основные характеристики моделируемой ВС определяются с использованием стационарных вероятностей [5].

Среднее число занятых устройств в s-м узле определяется по формуле:

$$k_s^{cp} = k_s - \sum_{l \in A_s} (k_s - m_s(l)) \pi_l \quad (1)$$

Загрузка устройств определяется по следующей формуле:

$$\rho_s = k_s^{c3} / k_s \quad (2)$$

Среднего числа задач, находящихся в s-м узле:

$$m_s^{cp} = \sum_{l=1}^L m_s(l) \pi_l \quad (3)$$

Среднее число задач, находящихся в очереди к s-му узлу:

$$l_s^{cp} = m_s^{cp} - \rho_s k_s \quad (4)$$

Выводы

Предложена обобщенная модель кластерной вычислительной системы с совместным использованием дискового пространства, которая может использоваться для повышения качества работы вычислительного кластера.

Алгоритм построения элемента матрицы переходных вероятностей и определения вектора стационарных вероятностей позволяет их легко распараллелить на многопроцессорные вычислительные структуры.

Литература

- [1] Шнитман В. Современные высокопроизводительные компьютеры. Информационно-аналитические материалы центра информационных технологий, 1996: http://hardware/app_kis.
- [2] Corbalan J., Martorell X., Labarta J. Performance-Driven Processor Allocation // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 16, No. 7, July 2005, PP.599-611
- [3] Oleszkiewicz J., Xiao L., Liu Y. Effectively Utilizing Global Cluster Memory for Large Data-Intensive Parallel Programs //IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 17, No. 1, Jan. 2006, PP.66-77
- [4] Спортак М., Франк Ч., Паппас Ч. и др. Высокопроизводительные сети. Энциклопедия пользователя.-К.: «ДиаСофт», 1998.-432с.
- [5] Авен О.И. и др. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. – М.: Наука, 1982, 464с.
- [6] Cremonesi P., Gennaro C. Integrated Performance Models for SPMD Applications and MIMD Architectures //IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 13, No. 7, Jul. 2002, PP.745-757
- [7] Varki E. Response Time Analysis of Parallel Computer and Storage Systems //IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 12, No. 11, Nov. 2001, PP.1146-1161
- [8] Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.:Мир, 1979, 600с. Последовательно - параллельные вычисления: Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - 456 с.

- [9] Фельдман Л.П., Михайлова Т.В. Параллельный алгоритм построения дискретной марковской модели //Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах. Материалы IV Международного научно-практического семинара и Всероссийской молодежной школы. / Под редакцией член-корреспондента РАН В.А. Сойфера. - Самара, 2004. - С. 249–255.
- [10] Фельдман Л.П., Юсков А.Г. Дискретная марковская модель кластера с совместным использованием дискового пространства //Материалы Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ 2012), 25 – 31 мая 2012, - Алушта, 2012.
- [11] Фельдман Л.П., Михайлова Т.В. Оценка эффективности кластерных систем с использованием моделей Маркова. //Известия ТРТУ. Тематический выпуск: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные технологии в инженерной и управленческой деятельности». – Таганрог: ТРТУ, 2002. – №2 (25). – с. 50–53.
- [12] Фельдман Л.П., Михайлова Т.В. Способы оптимизации состава и структуры высокопроизводительных вычислительных систем //Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника»(ИКВТ-2001).- Донецк: ДонГТУ.- 2000. С. 80-85.