

УДК 519.872

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОТКАЗОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

А.И. Мартышкин

кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В статье показан способ оценки производительности высокопроизводительных вычислительных систем с учетом отказов и восстановлений вычислительных узлов, приведены математические выражения для количественной оценки производительности.

Ключевые слова: многопроцессорная система, операционная система, система массового обслуживания, моделирование, вычислительный узел.

EVALUATION OF PERFORMANCE OF HIGH-PERFORMANCE SYSTEMS WITH ACCOUNT OF REFUSALS AND RESTORATION OF COMPUTING NODES

A.I. Martyshkin

Ph.D., Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO "Penza State Technological University", Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The article shows a way to evaluate the performance of high-performance computing systems, taking into account failures and recovery of computing nodes, mathematical expressions for quantitative performance evaluation are presented.

Keywords: Multiprocessor system, operating system, mass service system, simulation, computing node.

Введение. В связи с расширяющимся применением высокопроизводительных (многопроцессорных) вычислительных систем в проблемно-ориентированных приложениях, работающих в непрерывном режиме и реальном времени, на первый план выходит проблема, связанная с влиянием на производительность надежностных характеристик вычислительных узлов [1-6].

Известно, что большинство многопроцессорных операционных систем поддерживают работоспособность при выходе из строя одного или нескольких узлов, однако общая производительность вычислительной системы будет падать пропорционально числу отказавших вычислительных узлов. Это обстоятельство может привести к катастрофическому отказу, если вычислительный процесс не будет успевать производить обработку непрерывного потока заданий, поступающего в реальном времени.

Цель работы. Рассмотреть подход к оценке производительности с учетом отказов и восстановлений вычислительных узлов систем с MPP-архитектурой. Под MPP-архитектурой понимают массивно-параллельную систему, состоящую из множества однородных вычислительных узлов, причем каждый узел может состоять из одного или нескольких процессоров, локальной основной памяти и др. Очевидно, что каждый вычислительный узел в большой степени является самостоятельным, работающим либо под действием собственной операционной системы, либо под действием операционной системы, одна часть функций которой централизована, а другая часть – децентрализована. Отсюда следует, что связь между вычислительными узлами слабая, а производительность MPP-системы практически равна суммарной производительности составляющих ее узлов.

Материал и результаты исследований. Задача оценки производительности с учетом отказов-восстановлений вычислительных узлов может быть поставлена в двух аспектах:

1. Оценка степени снижения производительности MPP-системы с учетом отказов-восстановлений вычислительных узлов;
2. Оценка уровня избыточности MPP-системы, не приводящая к потере производительности ниже заданного уровня.

Подход основан на теории массового обслуживания. Если считать, что потоки отказов и восстановлений подчиняются экспоненциальному закону, а переходы из одного состояния в другое представляются как процессы гибели и размножения, то поставленную задачу можно сформулировать в терминах теории массового обслуживания [2]. В качестве моделей для оценки потерь производительности предлагаются одно – и многоканальные системы массового обслуживания (СМО), в которых в качестве параметров выступают интенсивности отказов λ вычислительных узлов и интенсивности их восстановления μ , причем $\nu = 1/\mu$ - время восстановления отказавшего узла.

Восстановление отказавших узлов производится бригадой ремонтников. Модели отказов-восстановлений MPP-системы представлены на рисунке 1, где приняты следующие обозначения:

П – обслуживающий прибор (канал), моделирующий работу бригады ремонтников;

ν – среднее время обслуживания заявки (требования) прибором – среднее время ремонта одного вычислительного узла;

О – очередь заявки – среднее число вычислительных узлов, ожидающих начало ремонта.

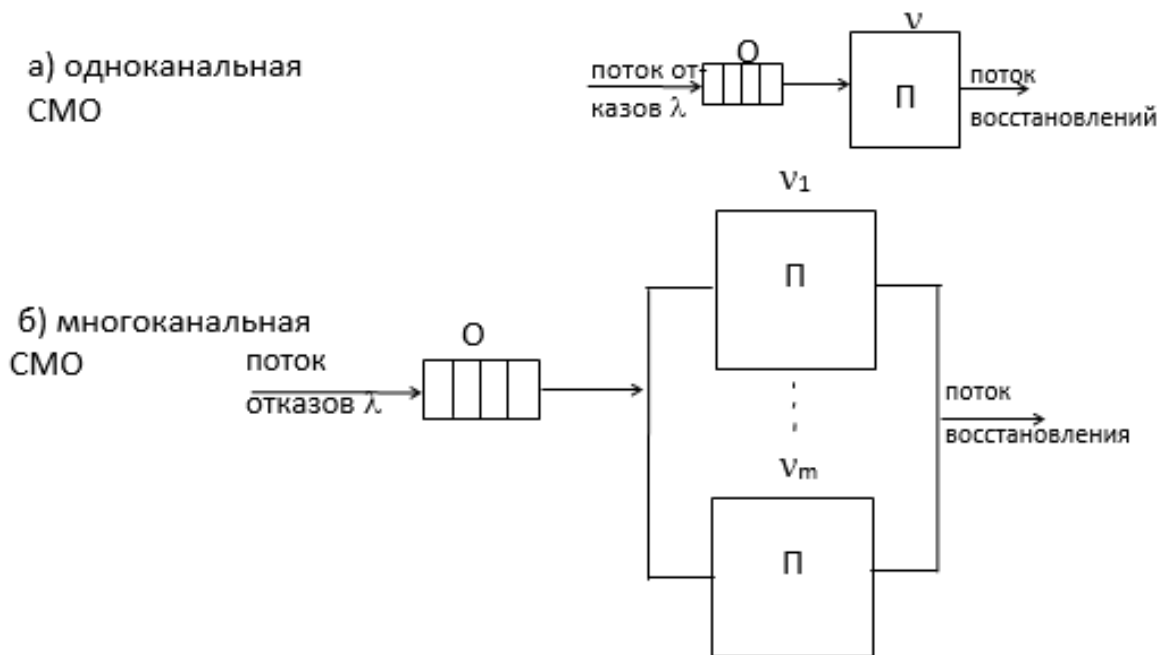


Рисунок 1 – Модели отказов-восстановлений МРР-системы

Представленные модели позволяют легко определить число вычислительных узлов, пребывающих в состоянии ремонта, и, следовательно, исключенных из вычислительного процесса. Если производительность МРР-системы представить как $P = \alpha n P_0$, где P_0 – производительность одного вычислительного узла, n – число вычислительных узлов, α – коэффициент пропорциональности, связанный с потерями производительности из-за отказов вычислительных узлов, причем $\alpha = 1 - \beta$, где $\beta = \delta_n / n$ – коэффициент потерь производительности, δ_n – среднее число отказавших вычислительных узлов, находящихся в ремонте. δ_n определяется исходя из заданных значений интенсивности отказов и восстановлений по известным формулам, полученным в теории массового обслуживания [2]. Так для одноканальных СМО

$$\delta_n = \frac{\lambda v}{1 - \lambda v}, \quad (1)$$

тогда коэффициент потерь производительности

$$\beta = \frac{\lambda v}{n(1 - \lambda v)}, \quad (2)$$

а производительность МРР - системы с учетом отказов-восстановлений составит:

$$P = \left(n - \frac{\lambda v}{1 - \lambda v} \right) P_0. \quad (3)$$

При оценке необходимого числа избыточных вычислительных узлов МРР-системы, не приводящих к потерям производительности ниже критического уровня, также можно воспользоваться формулой (1). В этом случае

δn – число резервных вычислительных узлов, которые должны быть включены в MPP-систему. Общее число узлов MPP - системы должно составлять $n = n_{кр} + \delta n$, где $n_{кр}$ – критическое число вычислительных узлов, ниже которого происходит отказ MPP-системы.

Вывод. Результатами проведенных исследований являются выражения для оценки производительности высокопроизводительных систем с учетом отказов и восстановлений вычислительных узлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-00012).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартышкин А.И. Возможности исследования и анализа основных вероятностно-временных характеристик многопроцессорных систем методом моделирования // *Universum: технические науки.* – 2016. – № 7 (28). – С. 4.

2. Мартышкин А.И. К вопросу оценки времени обслуживания транзакций при обмене данными в многопроцессорных системах на основе общей шины с разделяемой памятью // *Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета.* – 2016. – № 56. – С. 90-98.

3. Мартышкин А.И., Карасева Е.А. К вопросу проведения системного анализа специализированных многопроцессорных систем // В сборнике: *Современное состояние и перспективы развития научной мысли сборник статей международной научно-практической конференции.* – 2016. – С. 43-46.

4. Мартышкин А.И. Обзор методов измерения производительности многоядерных систем с поддержкой технологии HT // В сборнике: *СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ МЫСЛИ сборник статей международной научно-практической конференции.* – 2016. – С. 40-43.

5. Мартышкин А.И. Алгоритм расчета основных вероятностно - временных характеристик параллельных вычислительных систем посредством открытых сетей массового обслуживания // В сборнике: *Наука: прошлое, настоящее, будущее Сборник статей Международной научно-практической конференции.* Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. – 2016. – С. 76-80.

6. Мартышкин А.И. Современные методы измерения производительности многоядерных вычислительных систем // В сборнике: *Новые информационные технологии и системы сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции.* – 2016. – С. 128-131.