

объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

Г 15

P11-90-56

В.В.Галактионов, М.Н.Хаиндрава*

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЕС ЭВМ

Направлено в журнал "Управляющие системы
и машины"

*Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси

1990

Данная работа является продолжением работ [1-5] по организации и учету вычислительного процесса на ЕС ЭВМ.

Вычислительную систему (ВС) будем рассматривать как совокупность аппаратных и программных средств. Анализ производительности вычислительной системы можно осуществить отслеживанием последовательности прохождения в ней заданий с момента их ввода до полного завершения обработки. При этом оказывается возможным выделение некоторых вполне определенных стадий, в значительной степени характеризующих производительность вычислительной системы и эффективность организации вычислительного процесса. Рассмотрим следующие периоды или интервалы времени прохождения задания в системе: ожидание во входной очереди; время инициирования шага задания; распределение ресурсов для шага задания; смена шага задания; время завершения задания; ожидание в выходной очереди.

Перечисленные временные интервалы существуют для всех операционных систем на ЕС ЭВМ, при работе как в пакетном, так и в диалоговом режиме. Специфические события, связанные с каждым из них, а также степень информированности об их существовании влияют на гибкость системных механизмов. Эти временные интервалы являются накладными расходами операционной системы (когда пользовательские задачи не выполняют полезных работ).

Для ВС, на которых обрабатывается достаточно однородный класс задач, то есть нет задач с резко меняющимися характеристиками, величину накладных расходов операционной системы можно считать характеристикой ее производительности и качества. Если сравнивать две операционные системы, то одна из них считается более эффективной (на одной и той же смеси заданий, на одной и той же ЭВМ), если величина интегральной характеристики, зависящей от всех накладных расходов, для этой операционной системы меньше, чем для другой.

На величину интегральной характеристики, кроме типа операционной системы, оказывают влияние еще и такие факторы: конфигурация внешних устройств; мощность центрального процессора; размер оперативной памяти; распределение системных файлов; размер буферов, заказанных для работы системных программ, и другие характеристики, зависящие от удачного задания параметров операционной системы при ее генерации.

Предложенный метод оценивает производительность вычислительной системы исходя из реального режима работы ВС и реального класса

заданий, полностью основываясь на статистических данных о работе ВС, собираемых системной мониторинной программой СМП (стандартными средствами ОС).

Выбор и обоснование интегрального показателя производительности вычислительной системы

В результате анализа существующих систем оценки производительности вычислительной системы (ВС) [7-17] можно сделать вывод, что вновь предлагаемая система должна обладать следующими характеристиками:

1. Простота вычислений показателя производительности. Во многих существующих методах оценки производительности ВС [7-16] используются исходные данные, сбор которых не обеспечивается стандартными математическими средствами ОС. При этом требуется модифицирование некоторых модулей операционной системы (с целью сбора требуемой информации). Такой способ организации работы становится чувствительным к смене версии ОС, и нет никаких гарантий, что программная реализация такого метода будет работать в новой версии ОС. Кроме того, вмешательство в функционирование ОС является весьма нежелательным. Исходя из сказанного следует, что удобнее, если методика оценки производительности ВС основывается на данных, сбор которых обеспечивается стандартными средствами ОС (в нормальных рабочих условиях ВЦ).

2. Показатель производительности ВС должен обладать в достаточной степени свойством интегральности, т. е. при его вычислении должно учитываться функционирование отдельных компонент ЭВМ в комплексе (как для HARDWARE, так и для SOFTWARE).

3. Показатель производительности должен отражать реальный режим прохождения задач для данной ВС, а не основываться только на оценке стандартного пакета задач, как это имеет место в некоторых системах [7].

4. Алгоритм вычисления показателя производительности не должен быть рассчитан на конкретную конфигурацию ВС, то есть любое изменение конфигурации не должно приводить к внешнему вмешательству в алгоритм. В то же время любое изменение конфигурации ВС должно в той или иной степени отражаться на величине показателя производительности.

5. Средства анализа производительности ВС должны предоставлять обслуживаемому персоналу ВЦ информацию о причине изменения показателя для выявления узких мест с целью последующей оптимизации.

6. При эксплуатации оценка производительности не должна требовать квалифицированного труда и дополнительных ресурсов. Она должна быть достаточно проста для внедрения.

Все вышеизложенные требования учтены в предлагаемой методике оценки производительности.

Переходим к подробному изложению самой методики.

Жизненный цикл любого задания в вычислительной системе (Т) можно разбить на следующие временные интервалы, входящие в формулу:

$$T = t_1 + \sum_{i=1}^N t_{i2} + \sum_{i=1}^N t_{i3} + \sum_{i=1}^N t_{i4} + t_5 + t_6 + \sum_{i=1}^N t_{i7} + t_8, \quad (1)$$

где

t_1 - ожидание во входной очереди,

t_{i2} - инициирование i -го шага задания,

t_{i3} - распределение ресурсов для i -го шага задания,

t_{i4} - смена i -го шага задания,

t_5 - время завершения задания,

t_6 - ожидание в выходной очереди,

t_{i7} - выполнение i -го шага задания,

t_8 - время ожидания задания (суммарное время ожидания

процессора выбранных на выполнение шагов задания),

N - число шагов задания.

Предлагаемая методика оценки производительности ВС основывается на анализе накладных расходов ОС. Поэтому компонентами t_{i7} и t_8 можно пренебречь, поскольку t_{i7} зависит от счетной задачи, а t_8 - в основном от смеси и количества находящихся в системе заданий и в меньшей степени от ОС.

Для предлагаемой методики существенными являются следующие временные интервалы из формулы (1):

ожидание во входной очереди - интервал времени (t_1), в течение которого задание находится во входной очереди (SYS1.SYSJOBQE);

время инициирования шага задания - интервал (t_{i2}), в течение которого система собирает информацию о ресурсах, требуемых для шага задания;

распределение ресурсов для шага задания - интервал времени (t_{13}), в течение которого система обеспечивает распределение устройств ввода-вывода и наборов данных, а также выделение области памяти для данного шага задания;

смена шага задания - интервал времени (t_{14}), в течение которого система обеспечивает выборку этого шага задания из входной очереди;

время завершения задания - интервал времени (t_5), в течение которого выполненное задание удаляется из системы. Использувавшиеся им ресурсы освобождаются и поступают в распоряжение других программ;

ожидание в выходной очереди - интервал времени (t_6), в течение которого задание находится в выходной очереди (SYS1.SYSJOBQE).

Эти временные интервалы зависят от удачной технической конфигурации ЭВМ, от правильного выбора ОС для данной ЭВМ, от успешной организации вычислительного процесса. Таким образом, если составить функционал

$$F(t_1, \dots, t_6, K_7, K_8), \quad (2)$$

то его значение может в определенной степени характеризовать эффективность функционирования вычислительной системы. Смысл переменных K_7, K_8 рассматривается ниже.

Главная идея построения функционала заключается в оценке накладных расходов операционной системы. Меньшее значение такой оценки соответствует более эффективной организации работ в вычислительной системе. Суть предлагаемого метода состоит в способе построения такого функционала.

Реализация алгоритма

При обработке статистических данных СМП за достаточно продолжительное время и для большого числа задач образуются множества значений временных интервалов $T_j = \{t_{sj}\}$, где $j=1, \dots, 6$, $s=1, \dots, s_j$.

При обработке статистической информации по числу активных заданий (мультипрограммных) формируется множество значений коэффициентов мультипрограммности $K_7 = \{k_{s7}\}$. Интервалы непрерывной работы ОС характеризуются своими коэффициентами загрузки процессора, которые образуют множество $K_8 = \{k_{s8}\}$.

При построении указанного выше функционала будем оперировать понятием статистического математического ожидания или среднего значения элементов множеств T_j , которое определяется по следующей

формуле:

$$M_j = \frac{1}{s_j} \sum_{s=1}^{s_j} t_{sj}, \quad (3)$$

где t_{sj} - s -й элемент множества T_j , M_j - средние значения элементов множества T_j .

По вычисленным средним значениям составляем единую интегральную характеристику $X = \sum_{i=1}^6 K_i M_i$, где K_i - весовые коэффициенты.

Одной из важных проблем является определение этих весовых коэффициентов, поскольку значения M_j могут сильно отличаться друг от друга, а вклад каждого из них в интегральную характеристику не должен быть доминирующим.

Выбор K_i осуществлялся следующим образом: на базовой ЭВМ ЕС-1061 Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ были обработаны статистические данные за 3-летний период, которые выявили следующую закономерность:

$$M_4 < M_5 < M_2 < M_3 < M_m, \quad m=1,6.$$

Следовательно, их весовые коэффициенты должны удовлетворять требованиям

$$K_4 > K_5 > K_2 > K_3 > K_m, \quad m=1,6.$$

Из правила нормализации $\sum_{i=1}^6 K_i = 1$ [6]. K_i выбирается таким образом, чтобы вклад каждого из средних M_j в интегральную характеристику X был бы одинаков:

$$K_i M_i = K_j M_j = c,$$

для любых пар i, j . т.е. $K_i = c/M_i$. Так $\sum K_i = 1$, получаем

$$c = 1 / \sum_{i=1}^6 1/M_i \quad (4)$$

и

$$X = \sum_{i=1}^6 K_i M_i = 6 / \sum_{i=1}^6 1/M_i, \quad (5)$$

что является гармоническим средним величин M_i , $i=1, \dots, 6$. Минимальная величина X соответствует наиболее эффективной организации функционирования ВС без учета загрузки ОС.

Для более точной оценки производительности ВС необходимо также учитывать загрузку процессора и мультипрограммный характер прохождения задач. Для этого по формуле (2) вычисляются средние значения элементов множеств коэффициентов мультипрограммирования (M_7) и загрузки процессора (M_8). При этом характеристикой производительности вычислительной системы будем считать функцию от трех переменных, и в качестве (2) рассматриваем функционал:

$$Y = F'(X, M_7, M_8). \quad (6)$$

Его значение монотонно возрастает по X и убывает по M_7 и M_8 . Наиболее простой вид этой функциональной зависимости следующий:

$$Y = X / (M_7 \times M_8) \quad (7)$$

или

$$Y = \left(6 / \sum_{i=1}^6 1/M_i \right) / (M_7 \times M_8). \quad (8)$$

Вычислительная система является более гибкой и эффективной при меньшем значении Y .

Как было показано выше, при оценке производительности ВС жизненный цикл заданий разбивается на 6 этапов, через которые проходят все задания. Каждый из этапов характеризуется определенной временной задержкой. Некоторые из этих этапов могут оказаться "узкими местами" (с повышенными средними значениями M_j), ограничивающими производительность всей системы. Поэтому локализация "узких мест" является актуальной при оптимизации вычислительного процесса. Данная методика анализа позволяет обнаруживать такие узкие места в системе. Для этой цели можно использовать программные выдачи с детализацией информации по заданным программным параметрам в виде таблиц и гистограмм по каждой из компонент t_j , $j=1, 6, K_7$ и K_8 .

В целом предлагаемая методика может быть также использована для:

- сравнительного анализа при запуске новых операционных систем или их модификации,
- оценки производительности вычислительной системы при изменении конфигурации ЭВМ,
- для сравнения вычислительных систем.

С помощью программы ЕРРЕКТ, реализующей предлагаемую методику, были исследованы следующие операционные системы на ЭВМ ЕС-1061: МУТ, ТКС, БОС и ТКС под СВМ ЕС (см. таблицу). Для этого были обработаны

статистические данные СМП за интервал в 1 месяц по каждой исследуемой ОС.

По этой программе было также проведено сравнение

Таблица. Сравнительный анализ операционных систем на ЕС-1061

1	Операционная система	Характеристика
1	MVT	0.33892
2	TKS	0.26286
3	БЭС 7.2	0.95223
4	TKS под СВМ ЕС	0.94342

функционирования ЭВМ ЕС-1060 под управлением ОС МVT и ЭВМ ЕС-1061 под управлением TKS. При этом получены характеристики 1.35368 и 0.26286 соответственно.

Для примера рассмотрим динамику изменения производительности вычислительной системы ЕС-1061 за период 1987-1989 годы в ЛВТА ОИЯИ, полученную в результате обработки статистических данных СМП программой ЭФФЕКТ (рис. 1).

В первые 4 месяца 1987 года (участок I, рис. 1) по различным причинам на ЭВМ ЕС-1061 в ЛВТА ОИЯИ сменилось несколько операционных систем, что отражалось на стабильности работы ВЦ. Поэтому этот интервал времени на графике (рис. 1) не является показательным.

С июля 1987 г. по сентябрь 1987 г. (участок II, рис. 1) производительность ВС резко ухудшается. Анализ ситуации данного интервала времени с помощью предложенного метода выявил, что причинами ухудшения производительности явились увеличение времени распределения ресурсов шага задания, смены шага задания и завершения задания. Это произошло по следующим причинам:

1) из - за подключения матричного процессора ЕС-2706 к одному из 3 каналов ЭВМ дисковые устройства были перераспределены по оставшимся двум каналам. Естественно, это вызвало увеличение времени доступа к дисковым наборам данных;

2) увеличение количества пользовательских файлов в связи с расширением дисковой памяти, в свою очередь, вызвало критическое расширение системного каталога, что сказалось на времени распределения файлов для шагов заданий (интервалы t_{13}).

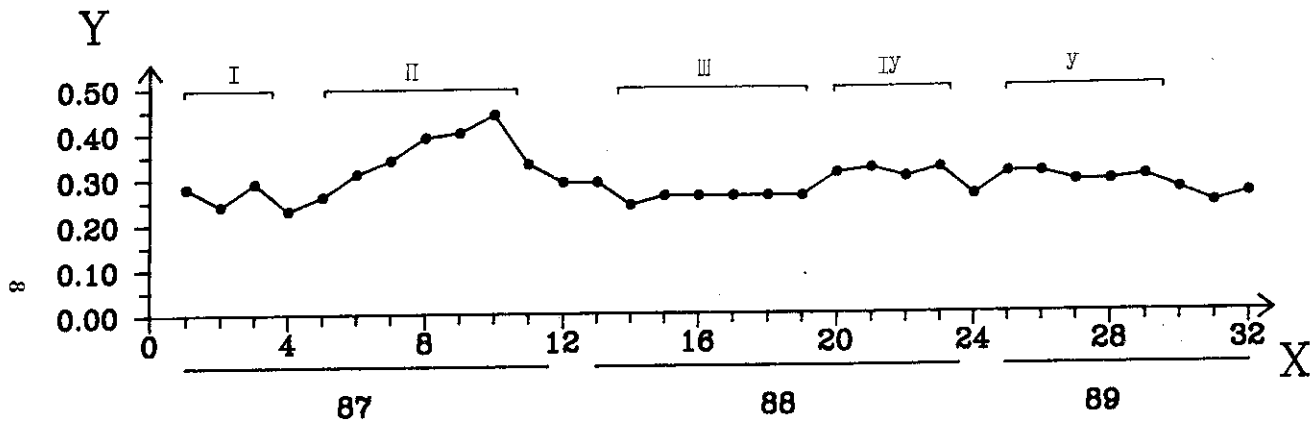


Рис. I. Динамика изменения производительности ВС на ЕС-1061
 ЛВТА ОИЯИ за 1987-1989 г. г.

После перераспределения и "чистки" системного каталога производительность ВС повысилась. Дальнейшая стабилизация работы системы отражена на графике (участок III, рис. 1).

С августа по ноябрь 1988 года (участок IV, рис. 1) под управлением СВМ ЕС в определенные часы суток функционировала БОС 7.2. Производительность ОС БОС 7.2 наихудшая для рассмотренных систем (см. таблицу). И поскольку статистические данные о функционировании систем (БОС 7.2 и TKS) заносились в одни и те же наборы данных (SYS1.MANX/Y), это привело к видимости ухудшения общей картины производительности ВС за это время. Идентичная ситуация повторяется с января по июнь 1988 года (участок V, рис. 1). В декабре 1988 года функционировала TKS.

Таким образом, предложенная методика реально отражает изменение производительности вычислительной системы, что подтверждается на практике. Она может успешно применяться для характеристики ВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галактионов В.В., Хаиндрава М.Н. Система статистического отчета и учета коммерческого времени на ЕС ЭВМ. ОИЯИ, P10-85-316, Дубна, 1985.
2. Галактионов В.В., Хаиндрава М.Н. DISCT - программа динамического вычисления коммерческого времени на ЕС ЭВМ. ОИЯИ, P10-85-560, Дубна, 1985.
3. Галактионов В.В., Хаиндрава М.Н. Динамическое вычисление коммерческого времени задач на ЕС ЭВМ на основе подпрограмм выходов СМП. ОИЯИ, P11-87-147, Дубна, 1987.
4. Галактионов В.В., Кореньков В.В., Бавижев А.Д. и др. Расширение возможностей системного программного обеспечения на ЕС ЭВМ. - Москва, ВЦ АН СССР, 1987, с. 65-67.
5. Кореньков В.В., Тихоненко Е.А., Хаиндрава М.Н. Система статистического учета коммерческого времени для СВМ ЕС и гостевых операционных систем. ОИЯИ, P11-90-2, Дубна, 1990.
6. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1972.
7. Гарбер К.Д., Неменман М.Е. Измерение производительности вычислительной системы с помощью пакета типовых задач. - УСИМ, 1983, N 1, с. 6-11.

8. Новиков Г.И., Тимченко Б.Д. Показатели производительности и эффективности ЭВМ в составе ВЦКП. Вычислительная техника социалистических стран. - М., 1977. Вып. 17. с. 47-56.
9. Единица измерения производительности различных ЭВМ. - Электроника, 1980, N 1, с. 8-9.
10. Пржиялковский В.В. Сравнительный анализ оценок производительности различных ЭВМ. - Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 1980, вып. 3, с. 3-12.
11. Кошман А.Е., Соловьев С.П. Оценка номинальной производительности универсальных ЭВМ. - Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 1977, вып. 5, с. 60-70.
12. Lias E.I. Tracking the elusive KOPS. - Datamation, 1980, vol. 6, N 11, P. 99-105.
13. Кондрашев А.Ф., Фатеев А.Е., Коган Я.А., Пороцкий С.М. Анализ и выбор показателей для оценки эффективности эксплуатаций ЭВМ. - УСИМ, 1981, N 1, с. 5-9.
14. Драммонд М. Методы оценки и измерений дискретных вычислительных систем. М.: Мир, 1977.
15. Arbuckle R.A. Computer Analysis and Thruput Evaluation. - Computers and Automation, 1966, V. 15, N 1.
16. Lucas H.C. Perfomance Evaluations and Monitoring. - ACM Computing Surveys, 1971, V. 3, IX, N 3.
17. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем. М.: Мир, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 января 1990 года.