

2. Лабораторная работа № 2. Исследование характеристик вычислительных систем

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В результате выполнения настоящей работы студенты должны:

1. Знать основные характеристики многопроцессорной вычислительной системы и параметры, их определяющие.
2. Уметь определять основные характеристики многопроцессорной вычислительной системы.
3. Помнить основные зависимости характеристик многопроцессорной вычислительной системы от ее параметров.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. До начала лабораторного занятия самостоятельно изучить теорию работы по настоящим методическим указаниям.
2. Вручную выполнить контрольные расчеты вероятностей пребывания заявок в многопроцессорной вычислительной системе и ее основных характеристик.
3. Написать программу расчета вероятностей пребывания заявок в многопроцессорной вычислительной системе с различной загрузкой. Написать программу расчета основных характеристик вычислительной системы по ее параметрам.
4. На лабораторном занятии в дисплейном классе осуществить на ЭВМ требуемые расчеты.
5. Выполнить анализ полученных результатов и оформить отчет.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Вычислительная система, содержащая несколько процессоров, связанных между собой и общим для них комплектом запоминающих и внешних устройств и функционирующая под управлением единой операционной системы, называется многопроцессорной вычислительной системой.

Производительность многопроцессорной вычислительной системы увеличивается по сравнению с однопроцессорной вычислительной системой за счет того, что многопроцессорная организация создает возможность одновременной обработки

нескольких задач или параллельной обработки различных частей одной задачи.

Многопроцессорные вычислительные системы подразделяются на системы с общей памятью и системы с индивидуальной памятью. Наибольшее распространение получили первые.

Многопроцессорная вычислительная система с общей памятью:

На рис. 1 показана структура многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью. Каждый из N процессоров $ПР_1 \dots ПР_N$ имеет доступ к любому из L блоков памяти $БП_1 \dots БП_L$. Последние могут функционировать независимо друг от друга. В каждый момент времени может выполняться до L обращений к памяти. Конфликтные ситуации (обращение к одному блоку памяти нескольких устройств одновременно) разрешаются коммутатором $К$, начинающим первым обслуживать устройство с наивысшим приоритетом, например, процессор с наименьшим номером. Каждый процессор может инициировать работу любого из H каналов ввода-вывода $КВВ_1 \dots КВВ_H$. Каждый канал имеет доступ к любому блоку памяти. К каналу подключено несколько внешних устройств $ВУ$.

Пусть в вычислительной системе используются одинаковые процессоры, то есть система является однородной. Любая информация, хранящаяся в оперативной памяти системы, доступна любому процессору и любому каналу ввода-вывода. Режим работы многопроцессорной вычислительной системы, при котором каждый из процессоров может выполнять любую программу, хранимую в оперативной памяти, называется режимом разделения нагрузки. Такая ситуация типична для управляющих систем, жесткие ограничения на время реакции которых исключают возможность хранения информации во внешней памяти. В режиме разделения нагрузки каждый из N процессоров выполняет N -ю часть программ, то есть принимает на себя N -ю часть нагрузки.

Модель многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью:

На рис. 2 показана модель многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью и размещением информации в оперативной памяти. Процесс одновременного выполнения нескольких программ в режиме разделения нагрузки можно рассматривать как процесс функционирования многоканальной системы массового обслуживания с интенсивностью входного потока λ , общей очередью O , заявки на

которой выбираются на выполнение в порядке их поступления, и средней длительностью обслуживания заявки в каждом из N каналов (обслуживающих приборов), равной V . Система обслуживает до N заявок одновременно. Если все каналы заняты обслуживанием заявок, а остальные ранее поступившие заявки образуют очередь, то вновь поступившая заявка занимает последнее место в очереди.

Характеристики многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью:

Характеристики многопроцессорной вычислительной системы определяются на основе модели, приведенной на рис. 2. В систему массового обслуживания поступает поток заявок с интенсивностью $\lambda \cdot c^{-1}$. Обслуживание заявки моделирует выполнение программы со средней трудоемкостью θ процессорных операций. Заявка пребывает в канале до полного завершения обслуживания.

Средняя длительность обслуживания заявки каналом (программы - процессором) с быстродействием B :

$$V = \theta / B . \quad (1)$$

Интенсивность обслуживания заявки каналом:

$$\mu = 1 / V . \quad (2)$$

Параметры системы массового обслуживания λ , N , V , должны отвечать условию существования стационарного режима, при котором в очереди пребывает конечное число заявок и, следовательно, конечны времена ожидания и пребывания заявок. На каждый канал поступает поток заявок с интенсивностью λ/N . Загрузка канала, то есть отношение времени, в течение которого канал занят обслуживанием заявок, к общему времени его функционирования:

$$\rho = (\lambda / N) * V = \lambda / (N * \mu) = \lambda / \mu_{\Sigma} , \quad (3)$$

где $\mu_{\Sigma} = N * \mu$ - суммарная интенсивность обслуживания заявок N -канальной системой.

Стационарный режим существует, если $\rho < 1$. Следовательно, параметры системы должны отвечать соотношению $(\lambda / N) * V < 1$, то есть $\lambda * \theta < N * B$.

Характеристики системы можно получить в аналитической форме, если λ - константа, а длительность обслуживания заявок распределена по экспоненциальному закону со средним V . Для этих условий в теории массового обслуживания доказаны следующие формулы:

Вероятность пребывания в системе $n=0, 1, 2, \dots$ заявок (обслуживаемых каналами и стоящих в очереди):

$$P_n = \begin{cases} P_0 * (R^n / n!) & \text{при } 0 \leq n \leq N; \\ P_0 * (R^n / (N! * N^{n-N})) & \text{при } n > N, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$P_0 = [R^N / ((N-1)! * (N-R)) + \sum_{n=0}^{N-1} R^n / n!]^{-1}, \quad (5)$$

вероятность того, что в системе нет ни одной заявки;

R - суммарная загрузка N – канальной системы;

$$R = \lambda / \mu = N * \lambda / N * \mu = N * \rho. \quad (6)$$

Суммарная загрузка R в отношении N –канальной системы массового обслуживания определяет среднее число каналов, занятых обслуживанием заявок. Для стационарного режима $R < N$.

С учетом (6) выражения (4) и (5) можно представить так:

$$P_n = \begin{cases} P_0 * (N^n / n!) * \rho^n & \text{при } 0 \leq n \leq N; \\ P_0 * (N^N / N!) * \rho^n & \text{при } n > N, \end{cases} \quad (7)$$

$$P_0 = [(N^{N-1} * \rho^N) / ((N-1)! * (1-\rho)) + \sum_{n=0}^{N-1} (N^n * \rho^n) / n!]^{-1}, \quad (8)$$

где $\rho = \lambda / (N * \mu)$ - загрузка одного канала N – канальной системы.

Распределение (7) вероятности пребывания $n=0, 1, 2, \dots$ заявок в N - канальной системе содержит всю информацию, необходимую для определения основных характеристик многопроцессорной вычислительной системы.

Средняя длина очереди заявок, ожидающих обслуживания в N - канальной системе, находится на основании выражения (7), как математическое ожидание случайной величины $i = n - N > 0$, равной числу заявок в очереди:

$$I = \sum_{i=1}^{\infty} i * P_{N+i} = ((N^{N-1} * \rho^{N+1}) / ((N-1)! * (1-\rho)^2)) * P_0, \quad (9)$$

где P_0 определяется выражением (8).

Среднее число заявок пребывающих в системе:

$$m = I + R, \quad (10)$$

где I - среднее число заявок, находящихся в очереди и определяемое выражением (9);

R – суммарная загрузка N - канальной системы, определяемая выражением (6).

Среднее время ожидания заявки в очереди $W = I / \lambda$ и среднее

время пребывания заявки в системе $u=m / \lambda$. Подставив в эти соотношения выражения (9) и (10), получим:

$$W = ((N^{N-1} * \rho^N) / (\mu * N! * (1-\rho)^2)) * P_0 ; \quad (11)$$

$$U = W + V = W + 1/\mu , \quad (12)$$

или с учетом выражения (6)

$$W = (R^N / (\mu * (N-1)! * (N-R)^2)) * P_0 . \quad (13)$$

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Исследование распределения вероятности P_n пребывания n заявок в N - канальной системе с различной суммарной загрузкой R .

1.1. В соответствии с номером задания выбрать из таблицы число процессоров N в системе и четыре значения суммарной загрузки R .

1.2. Используя формулы (4) и (5), выполнить ручную расчет вероятности P_n пребывания в системе n заявок для одного фиксированного значения R и двух значений n , при этом одно значение должно удовлетворять условию $n \leq N$, а другое - $n > N$.

1.3. Выполнить расчет вероятности P_n пребывания $n = 0, 1, 2, \dots, 12$ заявок в N - процессорной системе для четырех значений суммарной загрузки R .

1.4. Результаты вывести в таблицу и для различных значений R построить графики функций $P_n = f(n)$.

1.5. Выполнить анализ полученных зависимостей и сформулировать вывод о том, как изменится характер распределения вероятности P_n пребывания n заявок в N - процессорной системе с увеличением суммарной загрузки системы R .

2. Исследование основных характеристик многопроцессорной вычислительной системы.

2.1. В соответствии с номером задания выбрать из таблицы значения интенсивности потока заявок λ , средней трудоемкости одной заявки θ и три значения быстродействия процессора B .

2.2. Для одного значения быстродействия процессора B и для числа процессоров $N=1$ вручную проверить условия существования стационарного режима $\lambda < 1$ и контрольный расчет основных характеристик вычислительной системы: μ , R , I , W , U .

2.3. Для трех значений быстродействия B и для числа процессоров $N=1, 2, 3$ и для девяти ВС выполнить расчеты значения загрузки r - формулы (1) и (3), а также расчеты основных характеристик ВС:

- 1) интенсивности обслуживания заявок процессором μ - формулы (1) и (2);
- 2) суммарной загрузки системы R - формулы (1), (2) и (6);
- 3) средней длины очереди l - формулы (1), (3), (8) и (9);
- 4) среднего времени ожидания W - формулы (1), (2), (3), (8) и (11);
- 5) среднего времени пребывания U - формулы (1), (2), (3), (8), (11) и (12).

2.4. Выполнить анализ результатов и сформулировать выводы о существовании стационарного режима в девяти системах, а также вывод о том, как изменяются характеристики ВС: μ , R , l , W , U при наращивании системы за счет подключения дополнительных процессоров при неизменном быстродействии отдельного процессора.

2.5. Проанализировать результаты и сформулировать вывод о том, как изменяются характеристики ВС W , U при увеличении числа процессоров N , но сохранении постоянным суммарного быстродействия системы, то есть $B_z = N * D - \text{const}$.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Исследование распределения вероятности P_n пребывания n заявок в N - процессорной системе с различной суммарной загрузкой R в соответствии с разделом 1 методики выполнения работы.

2. Исследование основных характеристик вычислительных систем в соответствии с разделом 2 методики выполнения работы.

ЛИТЕРАТУРА

Основы теории вычислительных систем. - М.: Высш. шк., 1978.

СТРУКТУРА И МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

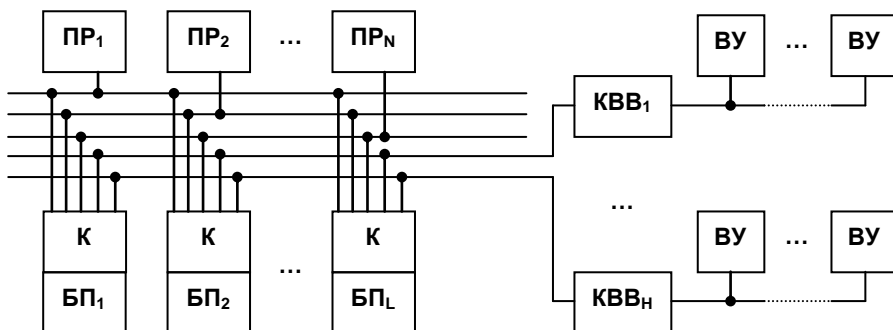


Рис. 1. Структура многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью

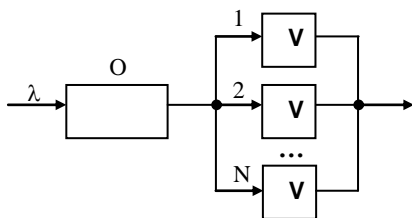


Рис. 2. Модель многопроцессорной вычислительной системы с общей памятью и размещением информации в оперативной памяти

ЗАДАНИЯ

№ задания	Число процессоров N	Загрузка системы R			
1	2	0,4	0,8	1,2	1,6
2	2	0,5	0,9	1,3	1,7
3	2	0,6	1,0	1,4	1,8
4	2	0,7	1,1	1,5	1,9
5	4	0,9	1,7	2,5	2,9
6	4	1,0	1,8	2,6	3,0
7	4	1,1	1,9	2,7	3,1
8	4	1,2	2,0	2,8	3,2
9	6	1,0	2,0	3,0	4,0
10	6	1,1	2,1	3,1	4,1
11	6	1,2	2,2	3,2	4,2
12	6	1,3	2,3	3,3	4,3

Таблица 1

№ задания	Быстродействие процессора В, тыс. оп./с			Интенсивность потока заявок λ , с ⁻¹	Средняя трудоемкость заявки θ , оп.
1	50	100	150	10	4000
2	60	120	180	10	5000
3	70	140	210	10	5000
4	80	160	240	10	5000
5	50	100	150	8	6000
6	60	120	180	8	6000
7	70	140	210	8	6000
8	80	160	240	8	6000
9	50	100	150	12	4000
10	60	120	180	12	4000
11	70	140	210	12	4000
12	80	160	240	12	5000

Таблица 2