

Лабораторная работа № 1

Синтез систем реального времени с неограниченным временем пребывания заявок

1 Цель работы.

Целью данной работы являются освоение порядка синтеза систем реального времени с неограниченным временем пребывания заявок на основе проведённого анализа, выбор оптимальной дисциплины обслуживания заявок и определение оптимального значения быстродействия процессора в смысле выбранного критерия.

2 Порядок синтеза систем реального времени с неограниченным временем пребывания заявок.

2.1 Нижняя оценка быстродействия процессора.

Для систем с неограниченным временем пребывания заявок необходимо, чтобы быстродействия процессора было достаточно для обслуживания заданного потока без отказов, т.е. система должна работать в стационарном режиме, для которого суммарная загрузка от всех входящих потоков должна быть меньше единицы

$$R = \sum_{i=1}^M \lambda_i V_i ,$$

где $\lambda_i V_i = r_i$, - загрузка системы от входящего потока с номером i ;

λ_i - интенсивность поступления заявок;

V_i - время обслуживания заявки с номером i ;

M - число входящих потоков заявок.

Длительность обслуживания заявки типа i связана с трудоёмкостью программы обработки Q_i и быстродействием процессора V . Тогда, сделав необходимые преобразования, несложно получить значение начальной производительности процессора

2.2 Назначение приоритетов заявкам

Для уменьшения среднего времени ожидания для заявок некоторого типа этим заявкам предоставляется преимущественное право на обслуживание, называемое приоритетом. Приоритеты имеют значения целых положительных чисел 1,2,3,..., причем меньшему числу соответствует больший приоритет.

Для получения выигрыша в среднем времени ожидания для некоторого класса заявок при использовании дисциплины обслуживания с приоритетами по отношению к бесприоритетной дисциплине необходимо выполнение условия:

$$\theta_i < \theta_{i+1} ,$$

которое и используется для назначения приоритетов в данной работе.

2.3 Выбор оптимальной дисциплины обслуживания.

Выбор оптимальной дисциплины обслуживания может быть произведен на

основе анализа критерия эффективности для систем данного класса.

Ограничения на время пребывания заявок в системе с неограниченным временем пребывания заявок не вводятся, однако считается, чем дольше заявки находятся в системе, тем ниже качество функционирования. Потеря качества функционирования из-за задержки обслуживания заявок характеризуется функцией штрафа:

$$C = \sum_{i=1}^M \alpha_i \lambda_i w_i ,$$

где α_i - штраф за задержку заявки типа i ,

w_i – время ожидания заявки типа i ;

$\alpha_i \lambda_i w_i$ - штраф за задержку обслуживания заявок типа i , поступающих за единицу времени.

С увеличением качества системы C_w уменьшается.

Если штрафы одинаковы для всех типов заявок, то $\alpha_i = 1$ и критерий

$$C_w = \sum_{i=1}^M \lambda_i w_i$$

приобретает смысл средней длины очереди всех заявок в системе.

Используя критерий штрафа, можно получить оптимальную дисциплину обслуживания как имеющую минимальное значение средней очереди всех типов заявок в системе.

2.4 Уточнение быстродействия процессора

После того как найдена оптимальная дисциплина обслуживания, возникает задача уточнения быстродействия процессора, заключающаяся в определении оптимального значения в смысле некоторого критерия. Построение такого критерия можно провести из следующих соображений.

С целью уменьшения времени ожидания заявок в системе необходимо иметь процессор с высоким быстродействием. Однако с увеличением быстродействия процессора растёт коэффициент его простоя

$$\eta = 1 - R = 1 - \frac{1}{B} \sum_{i=1}^M \lambda_i \theta_i .$$

Для уменьшения простоя процессор естественно выбрать его по возможности с меньшим быстродействием. Очевидно, что можно предположить о существовании некоторого оптимального решения, позволяющего определить быстродействие процессора с учётом двух указанных противоречивых факторов. При таком подходе в качестве критерия эффективности может быть использован функционал вида:

$$C_\eta = \beta_0 \eta(B) + \sum_{i=1}^M \beta_i \lambda_i w_i(B) ,$$

где β_i - некоторые весовые коэффициенты, задаваемые при построении системы.

Минимальное значение C_η позволяет определить оптимальное значение быстродействия процессора системы реального времени с неограниченным временем пребывания заявок.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Исследования проводятся для системы, имеющей один процессор, на вход которой поступают 5 потоков заявок. Характеристики потоков заявок, значения трудоёмкости программ и временные ограничения в зависимости от варианта представлены в таблицах 1 и 2. Из таблицы 1 по номеру варианта выбираются номера потоков и в случае необходимости временные ограничения. Характеристики соответствующих потоков и параметры прикладных программ приведены в таблице 2.

3.2 По заданному варианту занесите характеристики потоков в соответствии с выбранными приоритетами, учитывая, что наивысшим приоритетом обладает очередь, расположенная в верхней части экрана.

3.3 Рассчитайте первоначальную производительность процессора и, округлив её до ближайшего большего десятка, занесите в модель системы V_n и V_k , приняв в начальной стадии исследования $V_k = 2 V_n$.

3.4 Изменяя значение весового коэффициента β_0 в пределах от 5 до 50, добейтесь, чтобы график функционала C_η (Зависимости/Функция штрафа) имел экстремум при всех дисциплинах обслуживания.

3.5 Сохраните настройки системы (Файл/Сохранить).

Таблица 1 – Варианты заданий

	Номер потока										Параметр
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1 1,5	2 2,4	3 0,002	11 1,5	12 2,4	27 0,17	17 0,1	28 1,5	29 0,05	24 0,36	K w_i^*
2	1 0,7	8 0,4	9 0,7	10 1,1	19 0,05	29 0,36	27 0,7	18 0,002	22 0,17	25 0,3	K w_i^*
3	1 0,17	3 0,02	4 0,34	6 0,34	12 0,02	31 0,03	16 0,17	21 0,3	23 1,4	26 0,3	K w_i^*
4	2 0,66	4 0,17	6 1,2	8 0,63	12 0,17	29 0,52	17 0,62	23 0,05	24 0,12	30 0,04	K w_i^*
5	1 0,42	5 0,51	9 0,71	14 0,44	15 0,35	31 0,4	19 0,17	28 0,04	29 0,36	24 0,52	K w_i^*
6	6 0,13	7 0,08	10 0,42	16 0,13	17 0,03	9 0,7	6 0,34	14 0,44	17 0,03	3 2,9	K w_i^*
7	3 2,9	6 1,6	8 2,9	9 1,9	12 1,1	4 0,34	8 0,63	16 0,13	12 1,1	4 1,8	K w_i^*
8	4 1,8	5 3	9 2,6	10 3,4	11 1,8	6 1,2	14 0,44	9 1,9	11 1,8	6 0	K w_i^*
9	6	7	9	11	12	9	16	10	12	14	K

	0	0,36	0,03	0,2	0,38	0,71	0,13	3,4	0,38	16	w_i^*
10	14 16	21 1,6	22 17	23 6,9	24 2,4	10 0,42	9 1,9	11 0,2	24 2,4	17 0,1	K w_i^*
11	17 0,1	18 0,15	25 0,25	26 0,03	27 0,03	29 0,36	25 0,3	22 0,17	28 1,5	17 0,1	K w_i^*
12	27 0,7	28 1,5	29 0,05	30 0,7	14 0,4	31 0,03	26 0,3	23 1,4	18 0,002	27 0,7	K w_i^*
13	16 0,17	18 0,002	22 0,17	24 0,36	26 0,38	29 0,52	30 0,04	24 0,12	21 0,3	16 0,17	K w_i^*
14	17 0,62	21 0,3	23 1,4	25 0,3	27 0,17	31 0,4	24 0,52	29 0,36	23 0,05	17 0,62	K w_i^*
15	19 0,17	23 0,05	24 0,12	26 0,3	29 0,36	28 0,04	30 0,4	21 0,52	28 0,04	19 0,17	K w_i^*
16	25 0,2	28 0,04	29 0,36	30 0,04	31 0,03	12 0,38	11 0,2	9 2,6	6 1,6	6 0,13	K w_i^*
17	17 0,52	19 0,52	21 0,52	24 0,52	29 0,52	24 2,4	23 6,9	9 0,03	5 3	3 2,9	K w_i^*
18	21 2,5	25 0,8	26 0,8	30 0,4	31 0,4	27 0,03	26 0,03	22 17	7 0,36	4 1,8	K w_i^*
19	17 0,68	20 1,1	21 2,1	25 0,04	28 0,04	14 0,4	30 0,7	25 0,25	21 1,6	6 0	K w_i^*
20	18 2	22 0,25	23 2,4	24 0,9	31 0,4	26 0,38	24 0,36	29 0,05	18 0,15	14 16	K w_i^*
21	16 0,17	18 0,002	22 0,17	24 0,36	26 0,38	29 0,36	25 0,3	22 0,17	28 1,5	17 0,1	K w_i^*
22	17 0,62	21 0,3	23 1,4	25 0,3	27 0,17	31 0,03	26 0,3	23 1,4	18 0,002	27 0,7	K w_i^*
23	19 0,17	23 0,05	24 0,12	26 0,3	29 0,36	29 0,52	30 0,04	24 0,12	21 0,3	16 0,17	K w_i^*
24	29 0,52	17 0,62	23 0,05	24 0,12	30 0,04	1 0,42	5 0,51	9 0,71	14 0,44	15 0,35	K w_i^*
25	31 0,4	19 0,17	28 0,04	29 0,36	24 0,52	6 0,13	7 0,08	10 0,42	16 0,13	17 0,03	K w_i^*
26	9 0,7	6 0,34	14 0,44	17 0,03	3 2,9	3 2,9	6 1,6	8 2,9	9 1,9	12 1,1	K w_i^*
27	1 1,5	2 2,4	3 0,002	11 1,5	12 2,4	4 0,34	8 0,63	16 0,13	12 1,1	4 1,8	K w_i^*
28	1 0,7	8 0,4	9 0,7	10 1,1	19 0,05	6 1,2	14 0,44	9 1,9	11 1,8	6 0	K w_i^*
29	1 0,17	3 0,02	4 0,34	6 0,34	12 0,02	9 0,71	16 0,13	10 3,4	12 0,38	14 16	K w_i^*
30	2 0,66	4 0,17	6 1,2	8 0,63	12 0,17	10 0,42	9 1,9	11 0,2	24 2,4	17 0,1	K w_i^*
31	1 0,42	5 0,51	9 0,71	14 0,44	15 0,35	29 0,36	25 0,3	22 0,17	28 1,5	17 0,1	K w_i^*
32	16 0,17	18 0,002	22 0,17	24 0,36	26 0,38	27 0,17	17 0,1	28 1,5	29 0,05	24 0,36	K w_i^*
33	17	21	23	25	27	29	27	18	22	25	K

	0,62	0,3	1,4	0,3	0,17	0,36	0,7	0,002	0,17	0,3	w_i^*
34	19 0,17	23 0,05	24 0,12	26 0,3	29 0,36	31 0,03	16 0,17	21 0,3	23 1,4	26 0,3	K w_i^*
35	25 0,2	28 0,04	29 0,36	30 0,04	31 0,03	29 0,52	17 0,62	23 0,05	24 0,12	30 0,04	K w_i^*
36	17 0,52	19 0,52	21 0,52	24 0,52	29 0,52	31 0,4	19 0,17	28 0,04	29 0,36	24 0,52	K w_i^*
37	26 0,38	24 0,36	29 0,05	18 0,15	14 16	18 2	22 0,25	23 2,4	24 0,9	31 0,4	K w_i^*
38	29 0,36	25 0,3	22 0,17	28 1,5	17 0,1	16 0,17	18 0,002	22 0,17	24 0,36	26 0,38	K w_i^*
39	31 0,03	26 0,3	23 1,4	18 0,002	27 0,7	17 0,62	21 0,3	23 1,4	25 0,3	27 0,17	K w_i^*
40	29 0,52	30 0,04	24 0,12	21 0,3	16 0,17	19 0,17	23 0,05	24 0,12	26 0,3	29 0,36	K w_i^*

3.6 Исследуйте поведение системы при всех трёх дисциплинах обслуживания; постройте график функций зависимости времени ожидания потоков от быстродействия процессора (Зависимости/Время ожидания от быстродействия).

Таблица 2 – Характеристики потоков

Номер потока К	Интенсив- ность потока L, 1/с	Трудоём- кость Т, тыс.оп.	Коэффи- циент вариации	Но- мер по- тока К	Интенсив- ность потока L, 1/с	Трудоём- кость Т, тыс.оп.	Коэффи- циент вариации
1	0,5	18	0	17	5,0	0,2	0,5
2	0,5	20	0,5	18	5,0	0,5	0,3
3	1,0	10	0,7	19	10,0	0,1	0,7
4	1,0	5	0	20	10,0	0,2	0
5	5,0	2	1,0	21	0,1	600	0,4
6	5,0	5	0	22	0,1	300	0
7	10,0	1	0,4	23	0,5	100	0,6
8	10,0	2	0,6	24	0,5	30	0,7
9	0,1	100	1,0	25	1,0	60	0
10	0,1	50	1,0	26	1,0	50	0,4
11	0,1	10	0,4	27	5,0	10	0,5
12	0,1	5	0	28	5,0	5	0
13	0,5	2	0,2	29	10,0	8	1,0
14	0,5	1	1,0	30	10,0	5	0,8
15	1,0	1	1,0	31	1	50	1,0
16	1,0	0,5	0	32	5,0	8	0,4

3.7 Для всех трёх дисциплин обслуживания постройте графики зависимости средней длины очереди от быстродействия процессора (Зависимости/Длина очереди от быстродействия). Выберите оптимальную дисциплину обслуживания.

3.8 Для всех трёх дисциплин обслуживания постройте графики зависимости

C_{η} от производительности. Для наиболее точного определения C_{η} изменяйте диапазон быстродействия, изменяя значения B_n и B_k .

3.9 Определите значение оптимального быстродействия процессора и значение C_{η} в точке минимума для всех дисциплин обслуживания.

3.10 Определите выигрыш в быстродействии процессора за счёт выбора оптимальной дисциплины обслуживания с точки зрения достижения того же качества функционирования по критерию средней длины очереди при других дисциплинах обслуживания.

3.11 По полученным в работе данным постройте зависимости времени ожидания от номера приоритета для всех дисциплин обслуживания.

3.12 Переставьте порядок следования потоков в соответствии с обратным порядком назначения приоритетов, когда $\theta_{i+1} < \theta_i$

3.13 Проведите исследование получившейся системы. Снимите зависимости времени ожидания от быстродействия процессора, средней длины очереди от быстродействия процессора. Найдите оптимальное быстродействие процессора в соответствии с выбранными критериями. Объясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

4.1 Дайте определение системы реального времени.

4.2 Какие системы относятся к классу систем с неограниченным временем пребывания заявок?

4.3 Что является условием существования стационарного режима в системе реального времени?

4.4 Поясните порядок функционирования систем реального

4.5 Что такое загрузка системы и коэффициент простоя системы?

4.6 Как определить начальное быстродействие процессора?

4.7 Что такое дисциплина обслуживания, и какие дисциплины обслуживания используются в системах реального времени?

4.8 Какие критерии эффективности используются для систем с неограниченным временем пребывания заявок?

4.9 Расскажите порядок синтеза систем реального времени с неограниченным временем пребывания заявок.

Лабораторная работа № 2

Синтез систем реального времени с относительными ограничениями на время пребывания заявок

1 Цель работы.

Целью данной работы являются: синтез систем реального времени с относительными ограничениями на время пребывания заявок, анализ дисциплины обслуживания и выбор на основе проведённого анализа оптимальной дисциплины обслуживания, а также определение оптимального значения быстродействия процессора в смысле выбранного критерия.

2 Порядок синтеза систем реального времени с относительными ограничениями на время пребывания заявок.

2.1 Нижняя граница быстродействия процессора.

Для систем данного класса также необходимо существование стационарного режима, для которого суммарная загрузка от всех входящих потоков должна быть меньше единицы. Поэтому нижняя оценка быстродействия процессора производится так же, как для систем с неограниченным временем пребывания заявок.

2.2 Назначение приоритетов заявкам.

Важной задачей анализа систем данного класса является вопрос назначения оптимальных приоритетов. Единой методики распределения приоритетов в этом случае не существует. В простейшем случае может быть реализована следующая методика. В первом приближении приоритеты назначаются из условия минимального w_i^* , т.е. $w_i^* < w_{i+1}^*$.

Данное условие показывает, что заявкам с меньшим w_i^* назначаются более высокие приоритеты. При одинаковых w_i^* более высокий приоритет должен назначаться потоку, программа обслуживания заявок которого имеет меньшую трудоемкость. Показателем, определяющим необходимость изменения приоритета некоторого потока, может служить относительное отклонение δ_i времени ожидания w_i^* , полученное при данном распределении приоритетов, от допустимого времени ожидания w_i^*

$$\delta_i = \frac{|w_i^* - w_i|}{w_i}.$$

Если отклонения δ_i для одних потоков значительно отличаются от отклонений для других потоков, то необходимо изменить приоритеты этих потоков.

2.3 Выбор оптимальной дисциплины обслуживания.

В системах с относительными ограничениями на время пребывания заявок накладываются ограничения на среднее время пребывания (ожидания) заявок всех типов. Относительность этих ограничений заключается в том, что они могут не выполняться для какой-либо конкретной заявки, но должны выполняться в среднем, т.е. ограничения накладываются на среднее время ожидания заявок и задаются в виде неравенств:

$$w_i \leq w_i^* \quad \eta \leq \eta^*,$$

где w_i^* - предельное ограничение на время ожидания заявки типа $i = 1, \dots, M$;

η^* - предельное ограничение на коэффициент простоя процессора для потоков заявок всех типов.

Задачей выбора дисциплины обслуживания в этом случае является распределение приоритетов между потоками заявок, обеспечивающее выполнение

заданных ограничений на времена ожидания заявок по всем потокам при минимальном значении быстродействия процессора.

2.4 Уточнение быстродействия процессора

Нахождение оптимального быстродействия процессора для систем данного класса может быть сведено к решению системы $M+1$ неравенств

$$\begin{cases} \eta(B) \leq \eta^* \\ w_i(B) \leq w_i^* \end{cases}.$$

Совместное решение этой системы дает область допустимых значений быстродействия. При анализе этого критерия оптимальное быстродействие может находиться внутри области, когда функция C_η имеет экстремум, а может находиться в области монотонного изменения C_η .

На практике за оптимальное быстродействие процессора может быть выбрано то значение, которое при заданной дисциплине обслуживания обеспечивает все ограничения и имеет наименьшее значение функции C_η .

3 Порядок выполнения работы.

3.1 Введите ограничения на время ожидания заявок в соответствии с заданием. Варианты задания аналогичны вариантам из лабораторной работе №1

3.2 Распределите потоки по приоритетам в соответствии с рекомендациями п. 2.2.

3.3 Анализируя таблицы зависимости времени ожидания от быстродействия процессора, найдите быстродействие процессора для всех дисциплин обслуживания, обеспечивающее все заданные ограничения.

3.4 Выберите оптимальную дисциплину обслуживания, обеспечивающую выполнение заданных ограничений на времена ожидания заявок по всем потокам при минимальном значении быстродействия процессора.

3.5 Постройте по таблицам зависимость функции C_η от быстродействия процессора и определите значение функции C_η , при быстродействиях процессора, найденных в п. 3.3.

3.6 Окончательно определите дисциплину обслуживания, обеспечивающую заданные ограничения при минимальном значении быстродействия процессора и функции C_η .

3.7 Постройте зависимость времени ожидания от номера приоритета для выбранной дисциплины обслуживания.

3.8 На построенном графике отметьте заданные ограничения на время ожидания. Объясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

4.1 Какие системы относятся к классу систем с относительными ограничениями на время пребывания заявок?

- 4.2 Как назначаются приоритеты в системах данного класса?
- 4.3 Как выбрать дисциплину обслуживания в системах с относительными ограничениями на время пребывания заявок?
- 4.4 Какие критерии качества функционирования используются для проектирования систем данного класса?
- 4.5 Какие классы систем реального времени вы знаете?
- 4.6 Как выбирается оптимальное быстродействие процессора в системах с относительными ограничениями на время пребывания заявок?
- 4.7 Каков порядок синтеза систем с относительными ограничениями на время пребывания заявок?
- 4.8 В чём относительность ограничений в системах рассматриваемого класса?
- 4.9 В чём отличие порядка синтеза рассматриваемых систем от систем без ограничений на время пребывания заявок?

Лабораторная работа № 3

Исследование систем реального времени с дисциплинами обслуживания со смешанными приоритетами

1 Цель работы

Целью данной работы являются исследование систем реального времени с относительными ограничениями на время пребывания заявок, использующих дисциплину обслуживания со смешанными приоритетами, анализ вариантов, построения таких дисциплин, а также определение оптимального значения быстродействия процессора в смысле выбранного критерия.

2 Дисциплины обслуживания со смешанными приоритетами.

Если необходимо выполнять жесткие ограничения на время ожидания отдельных заявок, это требует присваивания им абсолютных приоритетов. В результате этого время ожидания низкоприоритетных заявок может оказаться недопустимо большим. Чтобы выполнить требования ограничений по всем видам заявок, можно наряду с абсолютными приоритетами некоторым заявкам присвоить относительные приоритеты, а остальные заявки обслуживать без приоритетов. Такая дисциплина обслуживания называется смешанной.

Для систем с одним обслуживающим прибором выполняется закон сохранения времени ожидания для любой дисциплины обслуживания (закон Клейнрока)

$$\sum_{i=1}^M r_i w_i = \text{const},$$

где r_i - загрузка системы заявками типа i ;

w_i - время ожидания заявок i -го типа.

Вследствие действия данного закона в графике зависимости времени

ожидания от номера приоритета, представленном на рисунке 1, появляются разрывы при переходе от одного класса заявок к другому. В данном примере все заявки разбиты на три класса. Заявкам типа 1, ..., M_1 присвоены абсолютные приоритеты (АП), заявкам M_1+1 , ..., M_1+M_2 - относительные приоритеты (ОП) а заявки M_1+M_2+1 , ..., M обслуживаются на основе бесприоритетной дисциплины (БП).

Используя различные вариации значений M_1 , M_2 и M_3 , можно получить смешанную дисциплину с разными сочетаниями элементарных дисциплин обслуживания (рисунок 1).

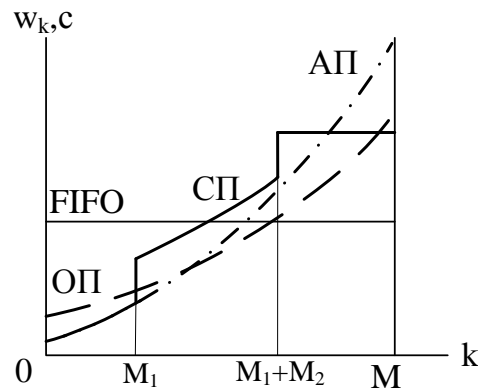


Рисунок 1 – Зависимость времени ожидания заявок от номера приоритета при дисциплине обслуживания со смешанными приоритетами

Окончательно для системы со смешанными приоритетами с тремя классами заявок выражения для средних значений времени ожидания заявок различных типов будут выглядеть следующим образом:

$$w_k = \begin{cases} \frac{R_{k-1} V_k}{1-R_{k-1}} + \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i V_i^{(2)}}{2(1-R_{k-1})(1-R_k)}, & (k = 1, \dots, M_1); \\ \frac{R_{M_1} V_k}{1-R_{M_1}} + \frac{\sum_{i=1}^{M_1} \lambda_i V_i^{(2)}}{2(1-R_{M_1})(1-R_k)}, & (k = M_1 + 1, \dots, M_1 + M_2); \\ \frac{R_{M_1} V_k}{1-R_{M_1}} + \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i V_i^{(2)}}{2(1-R_{M_1+M_2})(1-R)}, & (k = M_1 + M_2 + 1, \dots, M). \end{cases}$$

Для решения задачи распределения приоритетов и выбора вариантов сочетания дисциплин обслуживания при дисциплине со смешанными приоритетами необходимо осуществить полный перебор всех возможных вариантов. Показателем, определяющим необходимость изменения приоритета некоторого потока, может служить относительное отклонение времени ожидания, полученное при данном, распределении приоритетов от допустимого времени w_i^* .

$$\delta_i = \frac{|w_i^* - w_i|}{w_i}.$$

Если δ_i для одних типов потоков заявок значительно отличаются от отклонений для других потоков, то необходимо изменить приоритеты или дисциплину обслуживания этих потоков. Распределение приоритетов будет удовлетворительным, если для всех потоков заявок δ_i приблизительно одинаковы.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Анализируя ограничения на время ожидания и трудоёмкости выполнения заявок, сгруппируйте потоки так, чтобы можно было применить дисциплину обслуживания со смешанными приоритетами.

3.2 Составьте варианты комбинаций дисциплин обслуживания, которые имеет смысл использовать для рассматриваемой системы. Используйте комбинации из двух элементарных дисциплин обслуживания типа: АП+ОП; АП+БП; ОП+БП.

3.3 Для всех комбинаций проведите синтез системы так же, как и для систем с относительными ограничениями на время пребывания заявок с элементарными дисциплинами обслуживания.

3.4 Для всех вариантов снимите зависимость времени ожидания от быстродействия процессора для всех потоков.

3.5 Определите быстродействие процессора, обеспечивающее все заданные ограничения для всех вариантов дисциплины обслуживания.

3.6 Определите значение функции штрафа C_η для всех вариантов. Постройте графики зависимостей C_η (В).

3.7 Выберите вариант дисциплины обслуживания исходя из минимально возможного быстродействия и минимального значения функции штрафа C_η .

3.8 Сравните полученный результат с результатом, полученным в предыдущей работе.

3.9 Постройте для выбранного варианта дисциплины обслуживания график зависимости времени ожидания от номера приоритета. Нанесите на нём заданные ограничения. Определите δ_i , объясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

4.1 Какая дисциплина обслуживания называется смешанной?

4.2 Сформулируйте закон сохранения времени ожидания.

4.3 Нарисуйте график зависимости времени ожидания от номера приоритета для смешанной дисциплины обслуживания.

4.4 Каким образом назначаются приоритеты и выбираются варианты сочетания дисциплин обслуживания?

4.5 Как определяется быстродействие процессора для систем с дисциплиной обслуживания со смешанными приоритетами?

Лабораторная работа №4

Исследование характеристик многопроцессорных вычислительных систем с общей памятью

1 Цель работы.

Целью данной работы являются определение характеристик многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с общей памятью и исследование зависимости этих характеристик от числа процессоров и их быстродействия.

2 Структурная организация МВС с общей памятью.

2.1 Структура МВС с общей памятью.

С точки зрения структурной организации МВС наиболее существенным является способ связи между процессорами и памятью системы. В зависимости от этого МВС разделяются на системы с общей памятью и системы с индивидуальной памятью. Структура системы с общей памятью представлена на рисунке 2.

В МВС с индивидуальной памятью каждый из процессоров Pr_1, \dots, Pr_N обращается в основном к своему модулю памяти — модулям $МП_1, \dots, МП_N$ соответственно. Для обмена данными между подсистемами $(Pr_1 - МП_1), \dots, (Pr_N - МП_N)$ в процессорах предусмотрены блоки обмена БО, обеспечивающие передачу сегментов информации между общей памятью ОП и модулем памяти $МП_N$. При этом БО может работать как селекторный канал (СК): операция обмена инициируется процессором, и передача данных выполняется параллельно с работой последнего.

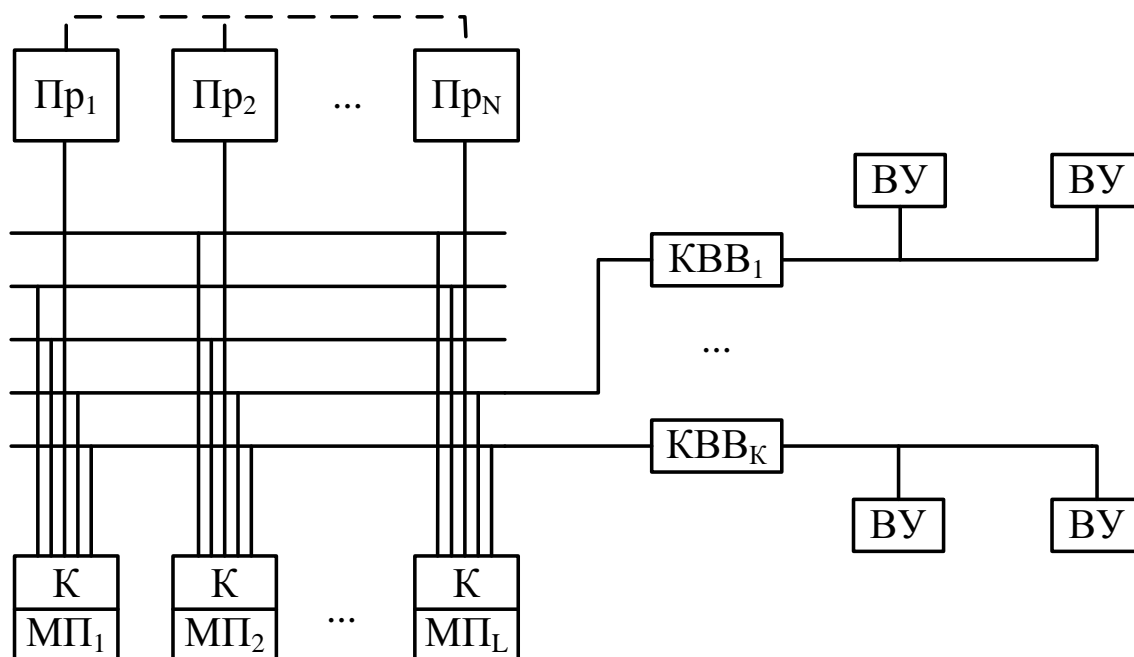


Рисунок 2 – Структура МВС с общей памятью

2.2 Сетевая модель МВС с общей памятью.

МВС с общей памятью функционируют в режиме разделения нагрузки, при котором любая программа может выполняться на любом процессоре. Процесс обслуживания заявок при этом можно рассматривать как процесс функционирования одной N - канальной системы массового обслуживания, сетевая модель которой представлена на рисунке 3. На вход системы поступает поток заявок с общей интенсивностью λ , заявки накапливаются в общей очереди О со средним временем ожидания w и средней длиной очереди l , средняя длительность обслуживания заявки каждым процессором равна V , и среднее время пребывания заявок в системе u .

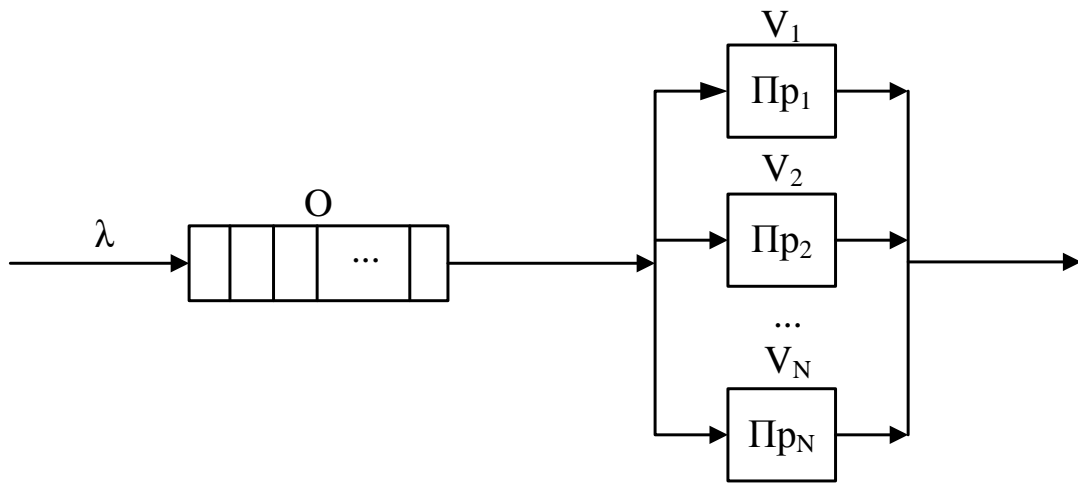


Рисунок 3 – Модель МПС с общей памятью
и размещением информации в оперативной памяти

Обслуживание любой заявки из суммарного потока требует в среднем θ процессорных операций, и заявка, поступающая на обслуживание, захватывает процессор до полного завершения обслуживания. В этом случае

$$V = \frac{\theta}{B},$$

где B - быстродействие процессора.

Параметры системы λ , N и V должны отвечать условию существования стационарного режима $r < 1$, где r - загрузка процессора. Поскольку на каждый процессор поступает N -я доля входного потока, то

$$r = \frac{\lambda \theta}{NB}$$

и, следовательно, параметры МВС должны отвечать соотношению

$$\lambda \theta < NB.$$

Если принять, что входящий поток заявок пуассоновский, то с использованием результатов, полученных в теории массового обслуживания, могут быть получены аналитические выражения для основных характеристик системы с одноуровневой памятью:

$$l = \frac{N^{N-1} r^{N+1}}{(N-1)!(1-r)^2} p_0;$$

$$w = \frac{VN^{N-1} r^N}{N!(1-r)^2} p_0;$$

$$u = w + V,$$

где p_0 - вероятность того, что в системе нет ни одной заявки, т.е. все N процессоров простаивают.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь со структурной схемой исследуемой многопроцессорной системы, отображаемой на экране.

3.2 Введите параметры МВС в соответствии с вариантом задания из таблицы 3.

3.3 Определить минимальное быстроедействие процессоров $V_{\min} > \lambda \theta$

3.4 Получите характеристики МВС с общей памятью одного уровня. Зафиксируйте в отчете полученную таблицу характеристик V_{\min} .

Таблица 3 – Параметры МВС с общей памятью

Вариант	Интенсивность входящего потока λ , c^{-1}	Средняя трудоёмкость алгоритмов θ , тыс. операций	Число каналов C	Среднее время обмена V_2, c	Вероятность P
1	0,5	18	2	0,1	0,55
2	0,7	20	3	0,12	0,44
3	2,5	15	4	0,15	0,4
4	5,0	18	3	0,12	0,5
5	10,0	10	5	0,1	0,6
6	12,0	20	4	0,08	0,4
7	15,0	17	2	0,11	0,5
8	16,0	16	3	0,15	0,4
9	14,0	21	5	0,12	0,3
10	20,0	20	2	0,1	0,5
11	7,0	26	4	0,13	0,8
12	6,5	24	3	0,1	0,2
13	6,0	28	2	0,17	0,4
14	5,5	30	5	0,08	0,6
15	5,0	35	4	0,11	0,7
16	4,5	25	3	0,16	0,5

17	4,0	38	2	0,07	0,65
18	3,5	40	5	0,05	0,35
19	3,0	45	3	0,12	0,3
20	2,5	50	2	0,1	0,8
21	5,5	20	3	0,13	0,5
22	7,0	25	4	0,17	0,6
23	14,0	30	2	0,1	0,4
24	16,0	38	5	0,12	0,45
25	3,0	32	2	0,14	0,8
26	0,7	24	3	0,15	0,6
27	1,0	20	4	0,9	0,5
28	5,0	42	5	0,17	0,3
29	8,0	34	3	0,12	0,65
30	8,5	36	3	0,15	0,6
31	6,5	20	4	0,11	0,7
32	10,0	26	5	0,16	0,5
33	3,0	21	2	0,07	0,65
34	14,0	35	2	0,05	0,5
35	2,5	40	3	0,1	0,6
36	5,0	38	4	0,08	0,4
37	12,0	29	2	0,11	0,4
38	6,5	17	5	0,17	0,45
39	17,0	35	3	0,12	0,8
40	15,0	20	4	0,15	0,6

3.5 По полученным данным постройте графики зависимостей $l = f(N, B)$; $w = f(N, B)$; $u = f(N, B)$, где N выступает в качестве аргумента, а B - в качестве параметра.
3.6 Объясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

- 4.1 Каковы основные особенности МВС с общей памятью?
- 4.2 Чем характеризуется режим работы МВС с общей памятью?
- 4.3 Как строится сетевая модель МВС с общей памятью одного уровня?
- 4.4 Выведите условия существования стационарного режима в МВС с общей памятью.
- 4.5 Дайте анализ зависимостей величин l, w, u от B и N .

Лабораторная работа № 5

Исследование характеристик многопроцессорных вычислительных систем с индивидуальной памятью

1 Цель работы.

Целью работы являются исследование многопроцессорной вычислительной системы с индивидуальной памятью одного уровня, определение и анализ зависимостей основных характеристик МВС от числа процессоров и их быстродействия.

2 Структура и характеристики МВС с индивидуальной памятью.

2.1 Структура МВС с индивидуальной памятью.

В МВС с индивидуальной памятью, структура которой приведена на рисунке 4. каждый из процессоров $Пр_1, \dots, Пр_N$ обращается в основном к своему модулю памяти $МП_1, \dots, МП_N$. Возможен также и обмен информацией между процессорами и оперативной памятью ООП, который осуществляется через блоки обмена БО. Доступ к ООП возможен через коммутатор К.

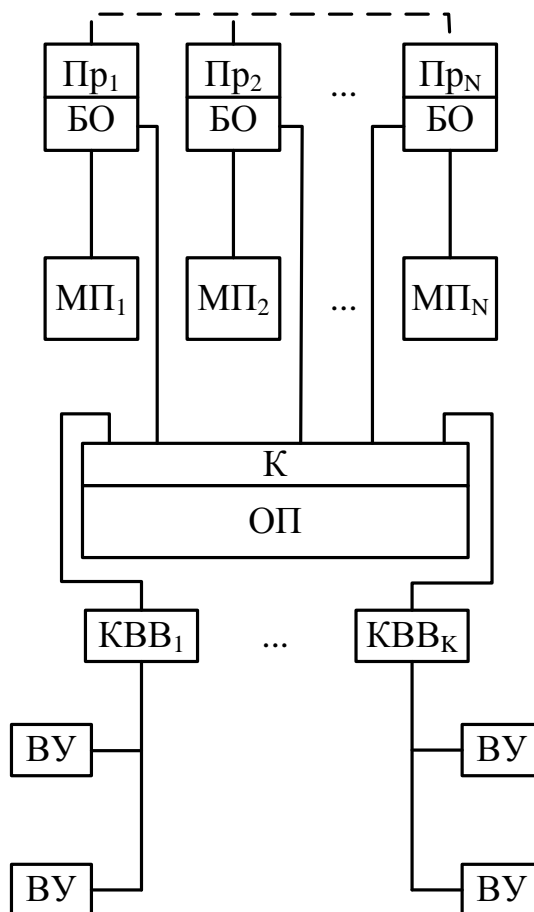


Рисунок 4 – Структура МПС с индивидуальной памятью

В системах данного класса каждый из процессоров ориентируется на обслуживание заявок определенного типа, программы обслуживания которых размещены в памяти процессора. Такой режим работы МВС называется режимом разделения функций

2.2 Сетевые модели МВС с индивидуальной памятью.

В наиболее простом случае, когда процессоры не обмениваются информацией с общей памятью, работу МВС с индивидуальной памятью в режиме разделения функций можно рассматривать как процесс функционирования N одноканальных систем массового обслуживания (рисунок 5), каждая из которых состоит из потока заявок интенсивностью λ_i , очереди O_i и процессора $П_i$. В предположении, что входящие потоки - пуассоновские, могут быть получены зависимости для основных характеристик каждой из систем сети:

- среднее время ожидания заявок

$$w_i = [r_i / (1 - r_i)] V_i,$$

где $r_i = \lambda_i V_i$; - загрузка i -й системы;

$V_i = \theta_i / B$ - длительность обслуживания заявки в i -й системе;

θ_i - трудоемкость программы, выполняемой в i -м процессоре;

B - быстродействие процессора;

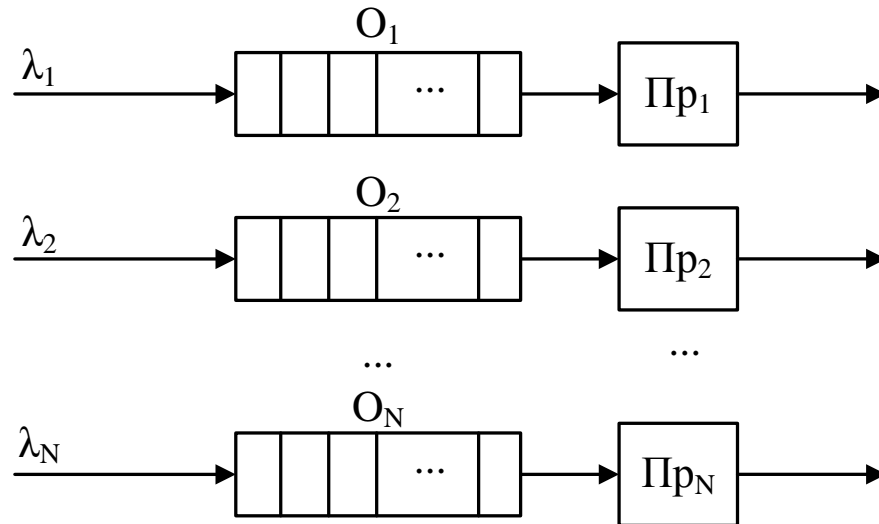


Рисунок 5 – Модель МПС с индивидуальной памятью

- среднее время пребывания заявок

$$u_i = w_i + V_i = [1 / (1 - r_i)] V_i;$$

- среднее число заявок в очереди

$$l_i = w_i \lambda_i = r_i^2 / (1 - r_i);$$

МВС обслуживает поток заявок, интенсивность которого равна сумме интенсивностей потоков всех N каналов:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i.$$

Тогда характеристики системы в целом определяются следующим образом:

- среднее время ожидания заявок

$$W = \sum_{i=1}^N (\lambda_i / \Lambda) w_i;$$

- среднее время пребывания заявок

$$U = \sum_{i=1}^N (\lambda_i / \Lambda) u_i ;$$

- средняя длина очереди заявок

$$L = \sum_{i=1}^N (\lambda_i / \Lambda) l_i .$$

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь со структурной схемой исследуемой многопроцессорной системы, отображаемой на экране.

3.2 Введите параметры МВС с индивидуальной памятью одного уровня в соответствии с номером варианта задания из таблицы 4.

3.3 Определите минимальное быстродействие процессоров $V_{\min} > \sum_{i=1}^K \lambda_i \sum_{i=1}^K \theta_i$,

где K – число потоков.

3.4 Получите характеристики МВС с индивидуальной памятью одного уровня. Зафиксируйте в отчёте таблицу характеристик.

3.5 По полученным таблицам постройте графики зависимостей $1 = (N, B)$; $w = f(N, B)$; $u = (N, B)$, где N выступает в качестве аргумента, а B - в качестве параметра.

3.6 Поясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

4.1 Каковы особенности МВС с индивидуальной памятью одного уровня?

4.2 Чем характеризуется режим работы МВС с индивидуальной памятью?

4.3 Как строится сетевая модель МВС с индивидуальной памятью одного уровня?

4.4 Выведите условия существования стационарного режима МВС с индивидуальной памятью.

4.5 Сделайте анализ зависимости длины очереди, времени ожидания и времени пребывания от быстродействия процессора и числа процессоров для МВС с памятью одного уровня.

Таблица 4 – Исходные данные

№ вар- та		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Число каналов	Время обращения, с	Вероят- ность р
1	λ θ	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	3	0,01	0,5
2	λ θ	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	4	0,02	0,4
3	λ θ	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	5	0,012	0,6

4	λ θ	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	6	0,008	0,3
5	λ θ	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	2	0,01	0,5
6	λ θ	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	3	0,015	0,5
7	λ θ	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	4	0,009	0,7
8	λ θ	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	5	0,001	0,4
9	λ θ	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	6	0,013	0,6
10	λ θ	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	4	0,011	0,5
11	λ θ	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	3	0,01	0,4
12	λ θ	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	2	0,02	0,6
13	λ θ	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	3	0,012	0,3
14	λ θ	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	4	0,008	0,5
15	λ θ	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	5	0,01	0,5
16	λ θ	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	6	0,015	0,7
17	λ θ	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	5	0,009	0,4
18	λ θ	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	4	0,01	0,6
19	λ θ	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	2	0,013	0,5
20	λ θ	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	3	0,011	0,7
21	λ θ	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	5	0,008	0,5
22	λ θ	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	6	0,01	0,4
23	λ θ	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	2	0,015	0,6
24	λ θ	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	3	0,009	0,55
25	λ θ	4,1 21	5,0 11	7,0 18	2,0 17	3,0 23	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	4	0,01	0,4
26	λ θ	2,8 17	2,3 27	5,6 21	7,1 14	4,6 15	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	5	0,013	0,7
27	λ θ	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	2	0,011	0,5
28	λ θ	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	6	0,012	0,6
29	λ θ	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	5	0,008	0,4
30	λ θ	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	3	0,01	0,55
31	λ θ	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	4	0,01	0,4
32	λ θ	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	2	0,02	0,6
33	λ θ	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	3	0,012	0,3
34	λ θ	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	5	0,008	0,5
35	λ θ	1,5 27	2,5 28	3,5 32	4,0 5	5,0 10	2,7 15	3,2 16	5,1 27	6,0 32	7,2 21	6	0,008	0,5
36	λ θ	7,1 30	8,2 25	5,1 20	6,0 15	7,3 10	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	2	0,01	0,3
37	λ θ	6,0 30	5,0 35	7,0 40	8,0 45	9,0 50	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	2	0,015	0,7

38	λ θ	2,7 21	2,6 33	3,1 41	1,5 27	1,8 18	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	3	0,009	0,4
39	λ θ	1,7 25	2,1 30	3,2 10	4,1 5	2,3 17	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	4	0,001	0,6
40	λ θ	0,5 18	0,5 20	1,0 10	1,0 5	5,0 2	2 25	3,0 30	4,0 30	5,0 35	6,0 35	5	0,013	0,4

Лабораторная работа № 6

Исследование характеристик многопроцессорных вычислительных систем с общей памятью и наличием внешней памяти

1 Цель работы.

Целью данной работы являются определение характеристик многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с общей двух уровней и исследование зависимости этих характеристик от числа процессоров и их быстродействия.

2 Сетевая модель МВС с общей памятью двух уровней.

Модель, представленная на рисунке 3 соответствует многопроцессорной системе, представленной на рисунке 2 только в том случае, когда вся информация, обрабатываемая процессорами, размещается в оперативной памяти. Если часть информации размещается во внешней памяти, то в процессе обслуживания заявок возникает необходимость обращения к памяти второго уровня, подключенной через каналы ввода-вывода.

Функционирование МВС в режиме разделения нагрузки с двухуровневой памятью можно представить разомкнутой сетевой моделью (рисунок б).

Обслуживание заявок состоит из этапов счета выполняемых процессорами, которые моделируются системой S_1 , и этапов обращения к памяти, моделируемой системой S_2 .

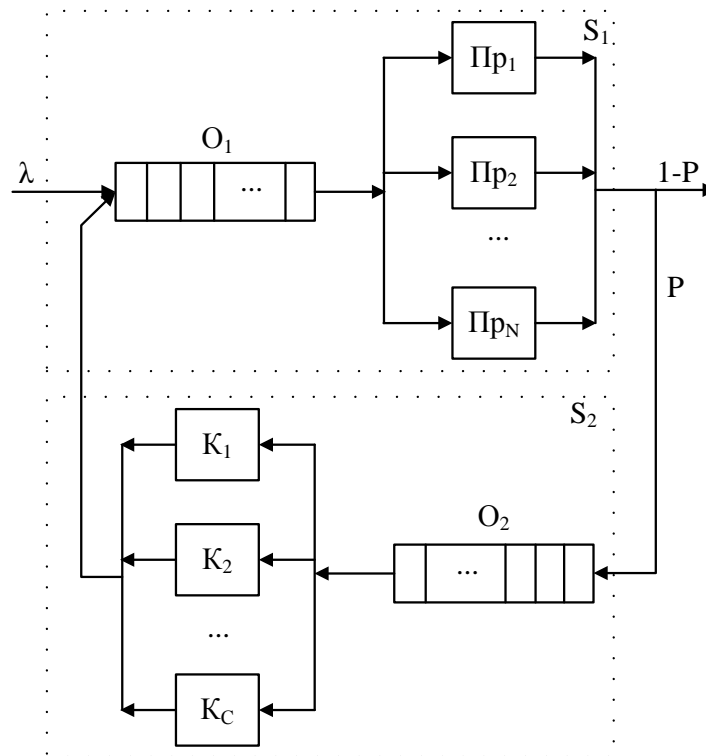


Рисунок 6 – Сетевая модель МВС с общей памятью двух уровней

Этап обращения к памяти следует за этапом счёта с вероятностью p , и с вероятностью $(1-p)$ заявка покидает систему. В данной сети внешняя память представлена С - канальной системой массового обслуживания, т.е. предполагается, что любое обращение к внешней памяти может быть обслужено любым из потоков ввода-вывода.

На основе использования аппарата линейных стохастических сетей могут быть найдены следующие характеристики МВС с общей памятью двух уровней:

- средняя длина очереди заявок, ожидающих обслуживание в системе:

$$l = l_1 + l_2;$$

- интенсивности потоков, входящих в системы S_1 и S_2 соответственно:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{1-p} \quad \text{и} \quad \lambda_2 = \frac{p\lambda}{1-p};$$

- среднее время ожидания заявок в очереди:

$$w = \frac{1}{\lambda} (l_1 + l_2);$$

- среднее время пребывания заявок в системе:

$$u = w + \left(\frac{1}{1-p} \right) V_1 + \left(\frac{p}{1-p} \right) V_2,$$

где l_1 и l_2 - средняя длина очереди заявок в S_1 и S_2 соответственно;
 V_1 и V_2 - среднее время обслуживания заявок в S_1 и S_2 соответственно.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь со структурной схемой исследуемой многопроцессорной системы, отображаемой на экране.

3.2 Введите параметры МВС в соответствии с вариантом задания из таблицы 3.

3.3 Получите характеристики МВС с общей памятью двух уровня. Зафиксируйте в отчете полученную таблицу характеристик V_{\min} .

3.5 По полученным данным постройте графики зависимостей $l = f(N, B)$; $w = f(N, B)$; $u = f(N, B)$, где N выступает в качестве аргумента, а B - в качестве параметра.

3.6 Сравните результаты, полученные для МВС с одноуровневой памятью, с результатами, полученными для МВС с двухуровневой памятью. Сделайте выводы.

3.7 Объясните полученные результаты.

4 Контрольные вопросы

4.1 Каковы основные особенности МВС с общей памятью?

4.2 Выведите условия существования стационарного режима в МВС с общей памятью.

4.3 Дайте анализ зависимостей величин l, w, u от B и N .

4.4 Чем характеризуется режим работы МВС с общей памятью двух уровней?

4.5 Как изменяется интенсивность входящего потока в систему S_i в системах с двухуровневой памятью по отношению к системам с одноуровневой памятью?

4.6 Как строится сетевая модель МВС с общей памятью двух уровней?

Лабораторная работа № 7

Исследование характеристик многопроцессорных вычислительных систем с индивидуальной памятью и наличием внешней памяти

1 Цель работы.

Целью работы являются исследование многопроцессорной вычислительной системы с индивидуальной памятью двух уровней, определение и анализ зависимостей основных характеристик МВС от числа процессоров и их быстродействия.

2 Сетевые модели МВС с индивидуальной памятью двух уровней.

Функционирование МВС с двухуровневой памятью в режиме разделения функций можно представить сетевой моделью (рисунок 7). На вход сети поступают потоки заявок с интенсивностью $\lambda_1, \dots, \lambda_N$.

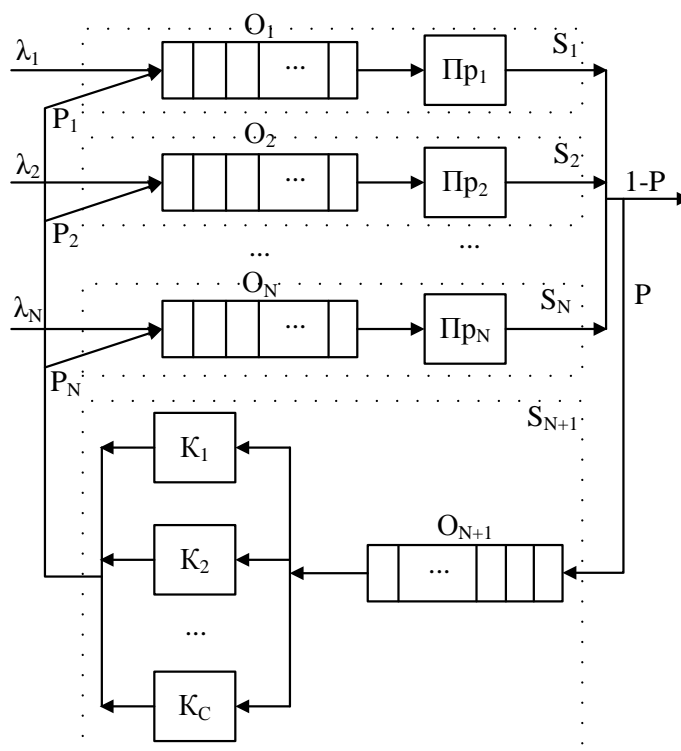


Рисунок 7 – Сетевая модель МВС с индивидуальной памятью двух уровней

Одноканальные системы массового обслуживания S_1, \dots, S_N моделируют работу процессоров $Пр_1, \dots, Пр_N$ в режиме разделения функций. S - канальная система массового обслуживания S_{N+1} моделирует работу памяти второго уровня. Обслуживание заявки, поступающей на вход системы, состоит из этапов счёта, выполняемых процессорами $Пр_i$ за среднее время V_i и этапов обращения к внешней памяти, выполняемых S каналами ввода – вывода за среднее время V_{N+1} . Этап обращения к памяти следует за этапом счёта с вероятностью p , и с вероятностью $(1-p)$ заявка по окончании счёта покидает систему. По окончании этапа обращения к внешней памяти заявка с вероятностью p_i возвратится в одну из систем S_i .

Определение характеристик рассматриваемой МВС может быть произведено с учётом изменения интенсивностей входных потоков в системы S_i

$$\lambda_{si} = p_i \frac{p}{1-p} \sum_{i=1}^N \lambda_i + \lambda_i.$$

Вероятность p_i может быть положена равной величине $1/N$.

Интенсивность потока на входе системы S_{N+1}

$$\lambda_{sN+1} = \frac{p}{1-p} \sum_{i=1}^N \lambda_i.$$

Основные характеристики для систем S_i :

- среднее время ожидания заявок:

$$w_i = \frac{\lambda_{Si} V_i^2}{1 - \lambda_{Si} V_i};$$

- среднее время обслуживания заявок:

$$V_i = \frac{V_i}{1 - \lambda_{Si} V_i};$$

- среднее число заявок в очереди:

$$l_i = \frac{(\lambda_{Si} V_i)^2}{1 - \lambda_{Si} V_i}.$$

Основные характеристики для системы S_{N+1} .

- средняя длина очереди заявок

$$l_{N+1} = \frac{(\lambda_{N+1} V_{N+1})^{C+1}}{C! C (1 - \lambda_{N+1} V_{N+1}/C)^2} p_{N+1},$$

где p_{N+1} – вероятность того, что многоканальная система свободна от обслуживания заявок;

- среднее время ожидания заявок

$$w_{N+1} = \frac{l_{N+1}}{\lambda_{N+1}};$$

- среднее время пребывания заявок

$$u_{N+1} = w_{N+1} + V_{N+1},$$

где V_{N+1} - среднее время обращения к данным в системе S_{N+1} .

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь со структурной схемой исследуемой многопроцессорной системы, отображаемой на экране.

3.2 Введите параметры МВС с индивидуальной памятью двух уровней в соответствии с номером варианта задания из таблицы 4.

3.3 Получите характеристики МВС с индивидуальной памятью двух уровней. Зафиксируйте в отчёте таблицу характеристик

3.4 По полученным таблицам постройте графики зависимостей $l = f(N, B)$; $w = f(N, B)$; $u = f(N, B)$, где N выступает в качестве аргумента, а B - в качестве параметра.

3.5 Сравните результаты, полученные для МВС с одноуровневой памятью, с результатами, полученными для МВС с двухуровневой памятью. Сделайте выводы.

4 Контрольные вопросы

4.1 Каковы особенности МВС с индивидуальной памятью?

4.2 Чем характеризуется режим работы МВС с индивидуальной памятью?

4.3 Выведите условия существования стационарного режима МВС с индивидуальной памятью.

4.4 Дайте характеристику режима работы МВС с индивидуальной памятью двух уровней.

4.5 Как строится сетевая модель МВС с индивидуальной памятью двух уровней?

4.6 Дайте анализ характеристик МВС с индивидуальной памятью двух уровней.