

УДК - 62-97/-98

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СМО**Никифорова Я. В., Ладыженский Ю.В., Моатаз Юнис**

Донецкий национальный технический университет

кафедра прикладной математики и информатики

e-mail: kr.kror@gmail.com**Аннотация**

Никифорова Я.В., Ладыженский Ю.В., Моатаз Юнис. Программная система для исследования приоритетных СМО. Разработана программная система для расчета характеристик приоритетных систем массового обслуживания. Описан математический аппарат приоритетных моделей. Отмечается возможность применения системы для оптимизации многоядерных сетевых процессоров. Приведены примеры исследования поведения приоритетных СМО с помощью разработанной программы.

Введение

В теории массового обслуживания важное место занимают задачи, связанные с приоритетным обслуживанием. Эти вопросы возникают при проектировании систем с разделением времени, компьютерных сетей и маршрутизаторов. Модели приоритетного обслуживания могут использоваться для оптимизации архитектур и выбора параметров многоядерных сетевых процессоров, при совершенствовании бизнес-процессов в контакт-центрах, в IP-телефонии, на серверах электронной почты и в системах мгновенной передачи сообщений.

Существует ряд программ для исследования систем с ограниченным накопителем (Queue Modsl0 [1]) и стохастических сетей (STSET [2]). Однако расчетов для моделей приоритетного обслуживания в составе известных систем нет. Поэтому представленная программная система обладает новыми функциональными возможностями. Цель выполненной разработки состоит в создании инструмента для расчета характеристик приоритетных СМО, в том числе моделирующих приоритетное обслуживание в сетевых процессорах. Кроме того разработанная система является и обучающим приложением, которое дает студентам возможность исследовать поведение СМО на математических моделях;

Программная система для оптимизации характеристик компьютерных сетей

Разработанная программа содержит модуль, позволяющий исследовать процессы обслуживания, в которых все входящие требования, принадлежат одному классу: системы типов $M|M|S$ (с бесконечным накопителем), $M|M|S|m$ (с ограниченным накопителем), $M|M|S|0$ (с потерями) и стохастические сети [3]. В [4] детально рассмотрены возможности программы для работы с беспriorитетными СМО: расчет характеристик, построение графической структуры, генерация графов переходов, генерация уравнений Колмогорова, построение графиков зависимостей характеристик от входных параметров на заданном диапазоне.

На рис. 1 приведен пример графа переходов и уравнений Колмогорова для системы с ограниченным накопителем, если число серверов равно 2, интенсивность обслуживания – 11, интенсивность поступления заявок – 16, длина накопителя – 3. Для отображения математических формул на форме использована библиотека ExprDraw для Delphi [5].

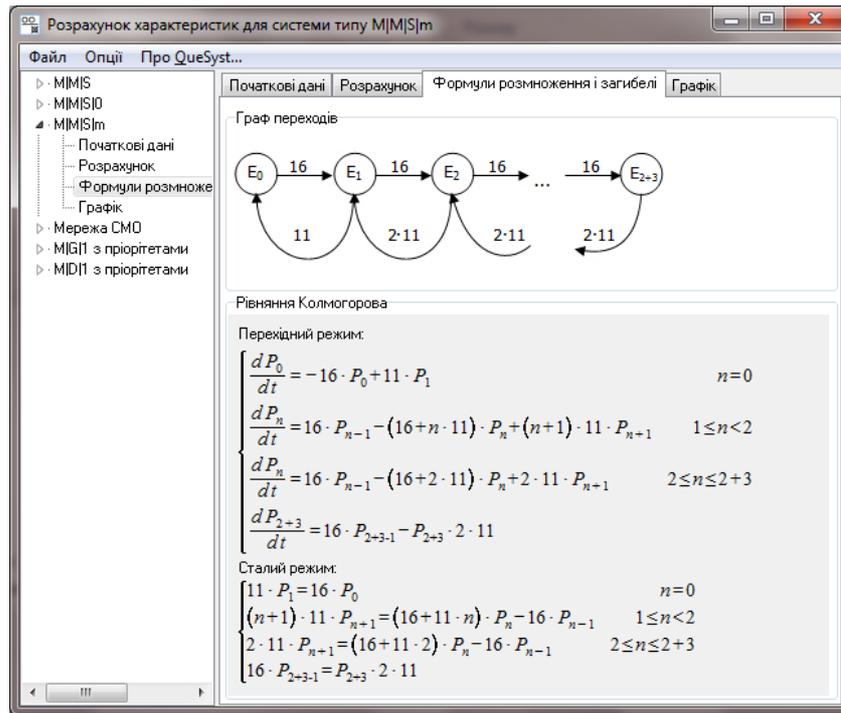


Рисунок 1 – Граф переходов и уравнения Колмогорова для системы M|M|S|m

Математический аппарат моделей с приоритетным обслуживанием

Представленная версия программной системы дополнена модулями для исследования систем типа M|G|1 с абсолютными и относительными приоритетами и M|D|1 со смешанными приоритетами и детерминированным обслуживанием.

Рассмотрим подробнее математический аппарат приоритетных моделей [6].

В СМО типа $M_N|G_N|1$ поступают N пуассоновских потоков разнотипных заявок, имеющих: относительные приоритеты и абсолютные приоритеты. В первом случае приоритеты распространяются лишь на очередь перед прибором, во втором они включают и прибор, вызывая прерывания обслуживания. Потоки заявок имеют интенсивности $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ и функцию распределения длительностей обслуживания $B_i(t)$ с конечными двумя моментами b_i и $b_i^{(2)}$, $i = 1, N$. Потоки пронумерованы в порядке убывания важности заявок. Абсолютные приоритеты в зависимости от движения прерванных заявок подразделяются на абсолютные приоритеты с потерей прерванных заявок, с обслуживанием заново прерванных заявок после возвращения на прибор, с дообслуживанием. В разработанной системе представлен последний вариант абсолютных приоритетов.

В установившемся режиме, когда суммарная нагрузка прибора меньше единицы, справедливо равенство:

$$R_N = \sum_{i=1}^N \rho_i = \sum_{i=1}^N \lambda_i b_i.$$

Характеристикой, на основе которой можно вычислить многие другие характеристики, является w_i , среднее время ожидания i -заявки в i -очереди. В случае с относительными приоритетами используется формула

$$w_j = \frac{\left(\sigma + \sum_{i=1}^{j-1} \rho_i w_i \right)}{1 - R_j},$$

где $\sigma = \sum_{i=1}^N \rho_i \Delta_i$ – среднее время дообслуживания заявки из суммарного потока.

Для первого потока имеем:

$$w_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \lambda_i b_i^{(2)} / (1 - R_1).$$

В случае с абсолютными приоритетами формула для j класса заявок имеет вид

$$w_j = \frac{\sigma}{(1 - R_{j-1})(1 - R_j)} = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \lambda_i b_i^{(2)}}{(1 - R_{j-1})(1 - R_j)}.$$

Для первого класса заявок среднее время ожидания в очереди равно

$$w_j = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^j \lambda_i b_i^{(2)}}{(1 - R_{j-1})(1 - R_j)}.$$

Рассмотрим СМО $M_N|D_N|1$ с N входящими пуассоновскими потоками интенсивностью λ_i , $i = 1, N$ [3], [4]. Потоки пронумерованы в порядке убывания приоритетов. Заявка i -го потока (i -заявка) обслуживается за постоянное время b_i .

Время обслуживания j -заявки b_j по отношению к поступающей i -заявке ($i < j$) состоит из двух детерминированных интервалов: зоны прерывания z_{ij} , где i -заявка замещает на приборе j -заявку, и зоны недоступности x_{ij} , где замещение на приборе этих заявок уже запрещено,

$$b_j = z_{ij} + x_{ij}, \quad i, j = \overline{1, N}.$$

Наборы значений зон образуют соответствующие матрицы $\|z_{ij}\|$ и $\|x_{ij}\|$ порядка $N \times N$. В силу упорядоченности приоритетов $z_{ij} \geq z_{i+1,j}$ при $i < j$ и $z_{ij} = 0$ при $i \geq j$. Аналогично, $x_{ij} \leq x_{i+1,j}$ при $i < j$ и $x_{ij} = b_j$ при $i \geq j$.

В данном случае время ожидания заявки в очереди класса находится по формуле

$$w_j = \frac{(\sigma_j + \eta_j + \sum_{i=1}^{j-1} \rho_i w_i)}{(1 - R_j)}, \quad j = \overline{1, N},$$

$$\text{где } \eta_j = \frac{\sigma_j R_{j-1}}{1 - R_{j-1}} - \sum_{i=1}^{j-1} \frac{\rho_i \sigma_i}{(1 - R_{i-1})(1 - R_i)}$$

$$\text{Для первого потока } w_1 = \frac{\sigma_1}{1 - R_1}.$$

Модули программной системы для работы с приоритетными СМО

В программной системе, на основе заданных параметров рассчитываются и формируются следующие данные:

- 1) числовые характеристики системы;
- 2) структура системы;
- 3) графики зависимостей характеристик от входных параметров;
- 4) подробный журнал расчетов.

На основе входных данных можно построить графическую структуру системы [7], пример приведен на рис. 2. Для детерминированных и недетерминированных моделей с одинаковым числом приоритетов структура системы будет выглядеть одинаково.

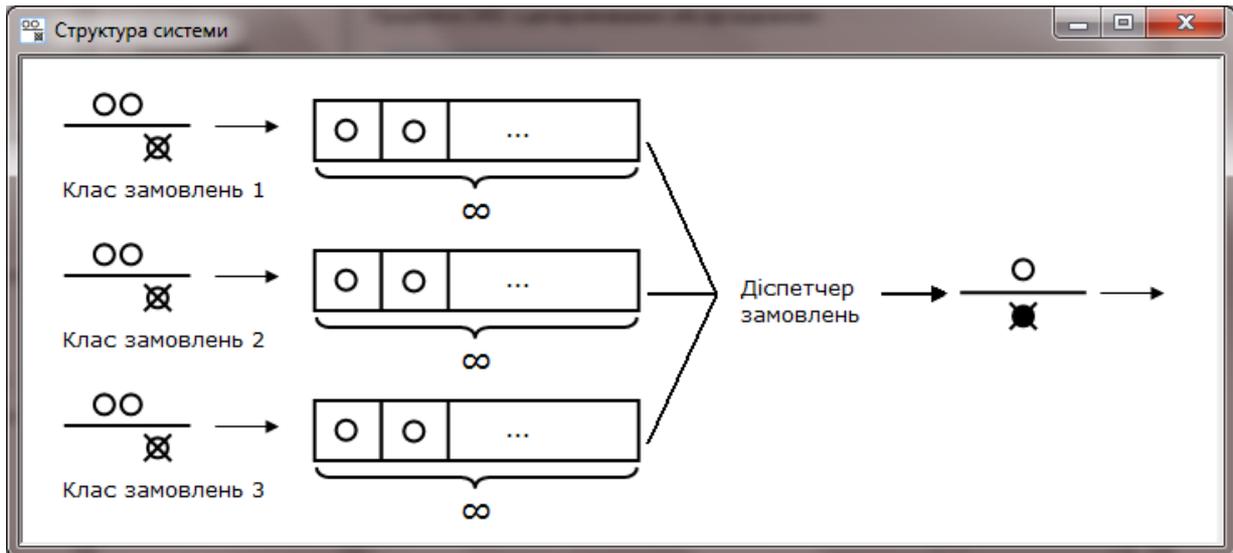


Рисунок 2 – Структура системы с тремя классами приоритетов

Главным этапом исследования СМО является расчет числовых характеристик: времен обслуживания, ожидания, перерывов обслуживания заявки, числа заявок в системе и др. Пример расчета для детерминированной модели приведен на рис. 3.

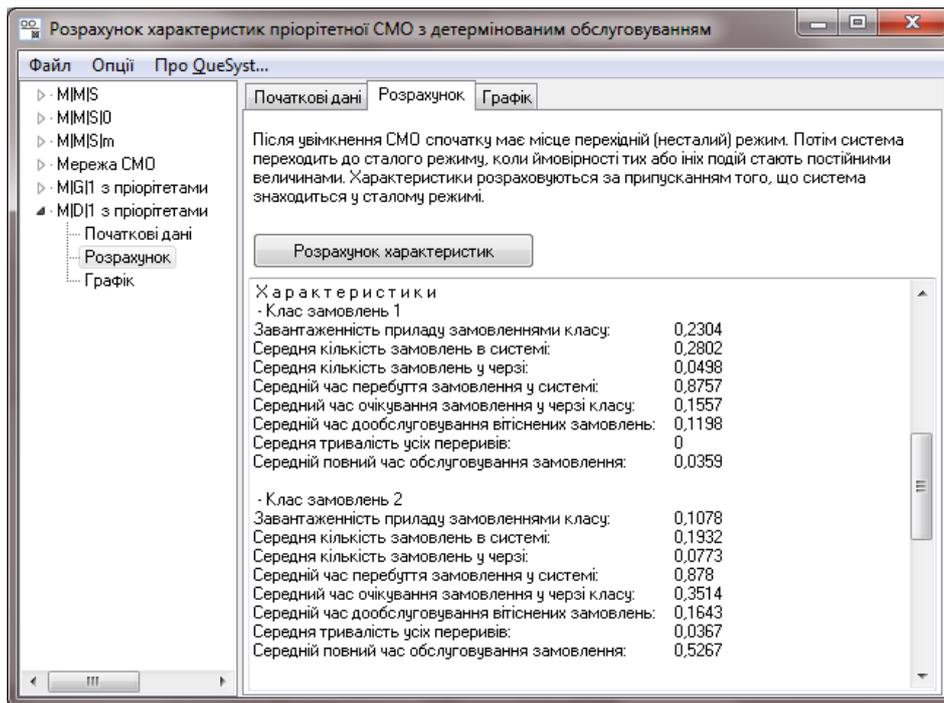


Рисунок 3 – Численные характеристики системы M|D|1

Подробная информация об этапах каждого расчета сохраняется в файле журнала. Журнал дает студентам возможность увидеть процесс расчетов «изнутри». Фрагмент журнала, показывающий вычисление характеристик системы M|G|1, приведен на рис. 4.

```

3030 CALCULATING OMEGA
3031 Absolute -> NO
3032 cycle i = 1 .. FPriorNum-1 (4)
3033 ----- i = 1
3034 Fomega[1] = (FSigma + OmegaRo[1-1]) / (1 - R[1]) =
3035 Fomega[1] = (0,3641 + 0,1648) / (1 - 0,6856) = 0,5289 / 0,3144 = 1,6821
3036 OmegaRo[1] = OmegaRo[1-1] + Fro[1] * Fomega[1] =
3037 OmegaRo[1] = 0,1648 + 0,374 * 1,6821 = 0,7939
3038 ----- i = 2
3039 Fomega[2] = (FSigma + OmegaRo[2-1]) / (1 - R[2]) =
3040 Fomega[2] = (0,3641 + 0,7939) / (1 - 0,9522) = 1,158 / 0,0478 = 24,2252
3041 OmegaRo[2] = OmegaRo[2-1] + Fro[2] * Fomega[2] =

```

Рисунок 4 – Журнал расчетов

Система позволяет построить график зависимости времени ожидания заявки в очереди класса от интенсивности входного потока. Ось X – это загруженность прибора, ось Y – время ожидания в очереди класса. Каждая линия на графике соответствует отдельному классу заявок определенного приоритета. Пример указанных зависимостей для детерминированной (M|D|1) и недетерминированной (M|G|1) систем с одинаковыми параметрами классов приоритетов приведен на рис. 5. Показано, как изменяется поведение заявок при изменении свойств СМО. В первом случае заявки высоких приоритетов проводят в очереди больше времени, чем во втором: например, заявка с наивысшим приоритетом при загрузке прибора, равной 0.7, ожидает в очереди 0.28 единиц времени при недетерминированном обслуживании и 0.8 при детерминированном.

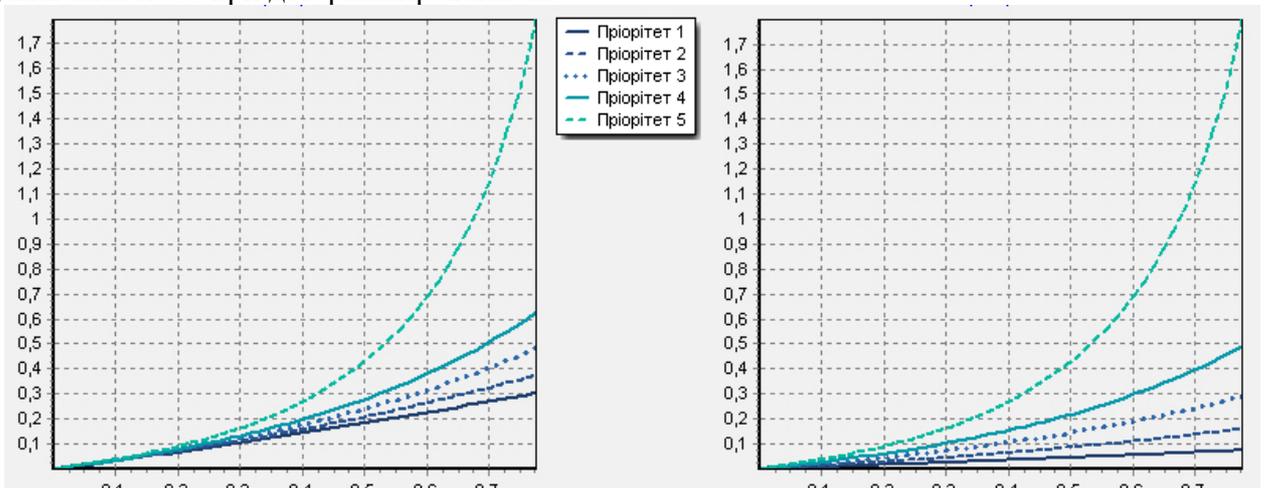


Рисунок 5 – Графики изменения времени ожидания заявки в очереди для систем M|G|1 (слева) и M|D|1 (справа)

Разработанная программная система позволяет оптимизировать эффективность СМО с абсолютными или относительными приоритетами. Если указать стоимость обслуживания для каждого класса заявок, программная система определяет наиболее эффективное распределение приоритетов (рис.6). Эта возможность может быть использована для оптимизации управления потоками пакетов в многоядерных сетевых процессорах [8], применяемых на различных уровнях стека протоколов компьютерных сетей.

```

Критерій ефективності даної СМО: 0,1687
Критерій ефективності після оптимізації: 0,1507
Оптимізований порядок пріоритетів:
1 -> 4
2 -> 2
3 -> 3
4 -> 1

```

Рисунок 6 – Оптимизация эффективности системы

Выводы

Разработана новая программная система для расчета характеристик, исследования и оптимизации моделей приоритетных СМО. Описан математический аппарат моделей. Модели могут быть использованы для оптимизации управления потоками пакетов в многоядерных сетевых процессорах. Система уже используется в рамках лабораторного практикума курса «Компьютерные сети» в ДонНТУ. В настоящее время ведется разработка онлайн-версии системы.

Список литературы

1. Надстройка для MS Excel – Queue Manage 10 [Электронный ресурс]. Страница доступна: <http://www.hcxl.ru/qm10.html>
2. Программа для расчета стохастический сетей STSET [Электронный ресурс]. Страница доступна: soft.mail.ru/program_page.php?grp=80108
3. Кремер Н. Ш., Путко Б. А. Исследование операций в экономике. Пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 407 с.
4. Никифорова Я. В., Ладыженский Ю. В. Программная система для оптимизации характеристик компьютерных сетей. // Телекоммуникационные технологии и компьютерные сети 2010 / Материалы VI международной научно-технической конференции — 22-23 ноября 2010 — Донецк, ДонНТУ — 2010.– с. 440 - 447.
5. Библиотека ExprDraw для рисования математических формул на форме [Электронный ресурс]. Страница доступна: <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=718>
6. Бронштейн О.И., Духовный И.М. Модели приоритетного обслуживания в информационно-вычислительных системах. – М.: Наука, 1976. – 221 с.
7. Скляр А.Я., Коряк С.Ф., Самсонов В.В, Гуржий А.Н. Контроль и управление корпоративными компьютерными сетями: инструментальные средства и технологии. – Харьков, СМИТ, 2003. – 664 с.
8. Грищенко В.И, Ладыженский Ю.В, Моатаз Юнис. Основные направления развития современных сетевых процессоров. – Наукові праці ДонНТУ, серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”, випуск 14(188) 2011. – с.113-127.