

О.М. Данильченко, к.т.н., доц.
Д.Г. Літвинчук, аспір.
Т.А. Узденов, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

**МОДЕЛІ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НАВАНТАЖЕНОСТІ БАГАТОАГЕНТНИХ СИСТЕМ**

В статті на основі моделей систем масового обслуговування (СМО) розроблено моделі для розрахунку навантаженості потоками інформації компонентів у багатоагентних системах для подальшого вдосконалення інформаційної моделі таких систем.

Вступ. При побудові моделі багатоагентних систем виникає питання про розподіл навантаження між основними вузлами обробки інформації. Побудувавши модель руху інформації між агентами і визначивши основні параметри, можливо побудувати системи з оптимальними параметрами, по навантаженню, часу обробки тощо. Інформаційна модель наочно демонструє систему взаємодії між агентами та потоками інформації. Також можна простежити взаємозв'язок вхідних і вихідних потоків. Однак інформаційна модель не дає в повному обсязі уявлення про систему в цілому, в зв'язку з цим необхідно побудувати математичну модель, за допомогою якої можна отримати основні характеристики системи [1].

Інформаційні потоки мають наступні характеристики: щільність потоку вимог; час, що витрачений на обслуговування одного пакета інформації; обсяг переданої інформації та інші.

Мета статті полягає в тому, щоб при моделюванні багатоагентної системи визначити її основні параметри як системи масового обслуговування (СМО) та мережі масового обслуговування (ММО), при різних режимах функціонування залежно від інтенсивності надходження потоків інформації.

Основне завдання – знаходження імовірностей різних станів системи, а також встановити залежність між заданими параметрами і характеристиками роботи СМО. Як такі характеристики можуть розглядатися:

- середня кількість заявок A , що обслуговує СМО в одиницю часу;
- імовірність обслуговування заявки, що надійшла, Q (відносна пропускна здатність СМО);
- імовірність відмови P_E , тобто імовірність того, що заявка, яка надійшла, не буде обслуговуватися;
- середня кількість заявок у СМО (що обслуговуються або очікують своєї черги) Z ;
- середня кількість заявок у черзі r ;
- середній час перебування заявки в СМО $t_{\text{не\text{до}}}$;
- середній час перебування заявки в черзі $t_{\text{до}}$.

У загальному випадку всі ці характеристики залежать від часу. Але багато які СМО працюють у незмінних умовах досить довгий час, і тому для них встигає встановитися режим, близький до стаціонарного.

Для будь-якої відкритої СМО (одноканальної, багатоканальної, при будь-яких видах потоків і обслуговуванні) справедливі формули:

1) середній час перебування заявки в системі:

$$t_{\text{не\text{до}}} = \frac{Z}{\lambda}, \tag{1}$$

де λ – інтенсивність потоку.

2) середній час перебування заявки в черзі:

$$t_{\text{до}} = \frac{r}{\lambda}. \tag{2}$$

При проектуванні окремих агентів оптимальним для розрахунків параметрів є модель одноканальної СМО з необмеженою чергою. Одноканальні СМО з необмеженою чергою можна представити у вигляді графа станів, що представлений на рисунку 1.

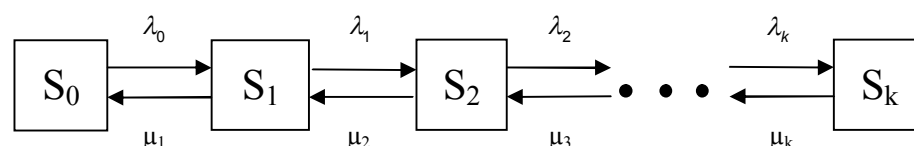


Рис. 1. Граф станів одноканальної СМО з необмеженою чергою:
 S_0 – СМО вільна; S_1 – канал зайнятий, без черги; S_2 – канал зайнятий, одна заявка в черзі; S_k – канал зайнятий, $k-1$ заявок у черзі; μ – інтенсивність обслуговування

Фінальні імовірності станів:

$$\begin{aligned} \rho_0 &= 1 - \rho \\ \rho_k &= \rho^k (1 - \rho) (k = 1, 2, \dots) \\ \rho &= \lambda / \mu \end{aligned} \tag{3}$$

Характеристики ефективності СМО з урахуванням наведених вище формул [2]:

$$A = \lambda, Q = 1, P_{i \neq \bar{e}} = 0; \tag{4}$$

$$\bar{z} = \frac{\rho}{1 - \rho}; \tag{5}$$

$$\bar{r} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}; \tag{6}$$

$$\bar{t}_{\text{неп\bar{o}}} = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}; \tag{7}$$

$$\bar{t}_{\text{неп\bar{o}}} = \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)}. \tag{8}$$

Імовірність того, що обслуговуючий канал зайнятий:

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho. \tag{9}$$

Проте у більшості випадків виникає завдання оцінки стану системи в цілому, для вирішення якої використовуємо експонентні моделі багатоканальних СМО з необмеженою чергою. Багатоканальні СМО з необмеженою чергою можна представити у вигляді графу станів, що зображений на рисунку 2.

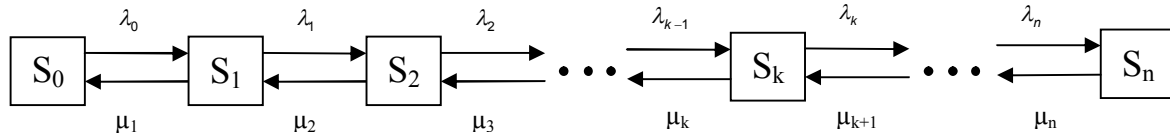


Рис. 2. Граф станів багатоканальної СМО з необмеженою чергою

Експонентні моделі засновані на припущенні про те, що потоки заявок, що надходять у систему, є пуасонівськими, а час обслуговування має експоненційний розподіл. Для таких систем отримані точні методи для визначення їхніх характеристик; трудомісткість одержання рішення залежить в основному від розмірності системи. Для побудови моделі, що описує функціонування системи необхідно ввести ряд припущень, що спрощують її [3].

Припущення про незалежність усуває залежність між часами обслуговування в каналах і полягає в тому, що довжина пакета, що надходить в i -ий канал, вибирається незалежно відповідно до щільності розподілу:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \tag{10}$$

де $1 / \lambda$ – середня довжина пакета, виміряна в бітах.

Процес надходження пакетів у систему є пуасонівським із параметром λ_r (пакетів/с), де r – номер пари “вузол–джерело”–“вузол адресат”. Всі пари впорядковані відповідно до номерів 1, 2, ..., R . Маршрут пакетів r -го класу (переданих в r -ій парі джерело–адресат) визначається матрицею $\|P_{ij}(r)\|$, де $P_{ij}(r)$ – імовірність того, що пакет r -го класу, що закінчив обслуговування в i -му каналі, надійде потім в j -ий канал ($1, j = 1, M$).

У розглянутій моделі будемо вважати, що черга не обмежена і підтвердження про успішну обробку пакета передається миттєво. Зроблені припущення дозволяють визначити спроектовану систему, як відкриту неоднорідну мережу масового обслуговування, що моделює функціонування системи. У таку ММО надходять r класів пуасонівських потоків, пакетів з інтенсивністю λ_r , маршрут кожного з яких

характеризується матрицею $\|P_{ij}(r)\|$. Функція розподілу тривалості обслуговування пакетів r -го класу в i -му центрі ММО, що моделює відповідний канал, є експонентною з параметром μ_{ir} (пакетів/с).

Інтенсивність потоку пакетів класу r , що надходять в i -ий канал λ_{ir} задовольняє рівнянню балансу потоків:

$$\lambda_{ir} = \lambda_r \delta_{ir} + \sum_{j=1}^M \lambda_{jr} P_{ij}(r), \quad (11)$$

де $\delta_{ir} = 1$, якщо вхідний потік λ_r поступає в i -ий канал; $\delta_{ir} = 0$ – в протилежному випадку.

Загальний потік пакетів, що надходять в i -ий канал λ_i і ззовні в мережу, дорівнює відповідно:

$$\lambda_i = \sum_{r=1}^R \lambda_{ir}; \quad (12)$$

$$\lambda = \sum_{r=1}^R \lambda_r. \quad (13)$$

Позначимо через ρ_{ir} завантаження i -го каналу пакетами r -го класу і ρ_i – загальне завантаження каналу i :

$$\rho_{ir} = \frac{\lambda_{ir}}{\mu_{ir}}; \quad (14)$$

$$\rho_i = \sum_{r=1}^R \rho_{ir}. \quad (15)$$

Фінальні імовірності станів:

$$p_0 = \left\{ 1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} \cdot \frac{1}{1-\chi} \right\}^{-1}; \quad (16)$$

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0 \quad (1 \leq k \leq n), \quad (17)$$

$$p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r \cdot n!} p_0 \quad (r \geq 1). \quad (18)$$

Враховуючи формули (4)–(8), отримаємо основні характеристики системи.

Висновок. Провівши аналіз отриманих значень, можна зробити висновок про працездатність системи в цілому, одержати завантаженість кожного агента і визначити його вплив на працездатність системи в цілому. Також дістати наступні характеристики системи: завантаженість; максимальну довжину черги заявок, що очікують обслуговування; кількість оброблених заявок; середня кількість зайнятих каналів. Використовуючи систему переваг щодо характеристик ефективності СМО, можлива побудова багатоагентних систем однорідного типу з оптимальними параметрами, заданими на початковому етапі. На підставі результатів моделювання можлива оптимізація неоднорідної багатоагентної системи, коректування структури для підвищення продуктивності і надійності системи.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Heterogeneous agent systems / V.S. Subrahmanian, P. Bonatti, J. Dix, et al. – MIT LPess, 2000.
2. Бочаров П.П. Теория массового обслуживания / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. — М. : РУДН, 1995. — С. 530.
3. Хемди А. Таха. Системы массового обслуживания. Глава 17 / Хемди А. Таха // Введение в исследование операций = Operations Research: An Introduction. – 7-е изд. — М. : “Вильямс”, 2007. — С. 629–697.
4. Моделирование систем с использованием теории массового обслуживания : учеб. пособ. / Под ред. д.т.н. Д.Н. Колесникова // СПбГПУ. – СПб., 2003. – 180 с.

ДАНИЛЬЧЕНКО Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення обчислювальної техніки, член Вченої Ради Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- теорія розкладів;
- теорія складності екстремальних задач, бази даних.

ЛІТВИНЧУК Денис Григорович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- теорія розкладів;
- розподілені системи;
- штучний інтелект.

Тел.: (093)85-84-553.

E-mail: litvinchuk_denis@mail.ru

УЗДЕНОВ Тарас Амурович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- теорія розкладів;
- розподілені системи;
- паралельне програмування.

Тел.: (063)28-23-417.

E-mail: uzdenov_taras@mail.ru

Подано 15.11.2010

Данильченко О.М., Литвинчук Д.Г., Узденов Т.А. СМО моделі розрахунку навантаженості багатоагентних систем

Данильченко А.М., Литвинчук Д.Г., Узденов Т.А. СМО модели расчета нагрузки многоагентных систем

Danilchenko O.M., Litvinchuk D.G., Uzdenov T.A. MSM models for calculation caling rate of multi-agent systems

УДК 621.316

СМО модели расчета нагрузки многоагентных систем / А.М. Данильченко, Д.Г. Литвинчук, Т.А. Узденов

В статье на основе моделей систем массового обслуживания разработанные модели для расчета нагрузки потоками информации компонентов в многоагентных системах для дальнейшего усовершенствования информационной модели таких систем.

УДК 621.316

MSM models for calculation caling rate of multi-agent systems / O.M.Danilchenko, D.G.Litvinchuk, T.A.Uzdenov

In article on the basis of models of systems of mass service are developed models for calculation of loading by streams of the information of components in multi-agent systems for the subsequent improvement of information model of such systems.