

УДК 681.142.2

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СТРУКТУР

© Кузьмін О.В., Журавчак Л.Є., 2003

Розглядається методологія побудови імітаційних моделей обчислювальних структур, в основу якої покладено поняття обчислювального процесу. Визначено сукупність параметрів, достатню для опису процесу. Описуються програмні засоби моделювання, які базуються на запропонованому підході.

Consider method construction simulation models of calculation structures on the basis of process. Determine lots of parameters enough for description process. The programming tools for modeling are described.

Вступ

Під обчислювальними структурами (ОС) будемо розуміти апаратно-програмні засоби для реалізації певного кола інформаційно-пошукових, управлінських задач тощо.

Моделювання таких систем є не менш складним завданням, ніж розробка самих систем, оскільки воно повинно відображати всі складові частини цих систем разом із алгоритмами їх функціонування та зв'язками між ними. Необхідність в моделюванні ОС пов'язана із задачами аналізу, оптимізації, прогнозування поведінки як існуючих систем обробки інформації, так і систем, які проєктуються.

Методологія моделювання

В основу методології імітаційного моделювання ОС покладено поняття обчислювального процесу $X(t)$, стан якого характеризується множиною параметрів $\{z_i\}_{i=1,k}$

$$X(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t)),$$

де k – кількість параметрів.

Початок процесу пов'язаний з певними подіями, які виникають в системі. Оскільки обчислювальний процес є відображенням реалізації окремого алгоритму (програми) у часі, то подіями, які обумовлюють початок процесу, є запити до цих алгоритмів (програм). Моделювання процесів є відображення їх траєкторії у k -вимірному просторі станів Z .

Такий підхід був закладений при моделюванні ОС [1, 2], топологічна модель яких зображена на рис. 1. На рисунку прийняті позначення:

ОП – оперативна пам'ять.

ПР₁ – ПР₂ – процесори.

К₁ – К₂ – контролери вводу-виводу.

$PВ_1 - PВ_k$ – пристрої вводу–виводу.

$D_1 - D_n$ – це джерела запитів. Виділяються два типи: джерела, які ініціюють незалежні запити, і джерела, які ініціюють запити тільки після завершення процесу, пов'язаного із обслуговуванням попереднього запиту. Це дає можливість моделювати змішані системи, моделі яких не належать до топології суто розімкнутого або суто замкнутого типу.

Параметрами стану процесу $X(t)$ є:

- час народження процесу (момент появи запиту);
- величина адресного простору процесу;
- процесорний час;
- кількість операцій вводу–виводу;
- розподіл звертань до $PВ_i$;
- час, який залишився до закінчення обслуговування i -м пристроєм;
- кількість даних, які передаються за одну операцію вводу–виводу;
- номер пристрою, з яким пов'язано обслуговування процесу в момент часу t ;
- параметр, який характеризує, чи процес знаходиться на стадії виконання, готовності чи очікування в момент часу t .

Значення окремих параметрів процесу можуть визначатися за законами розподілу випадкових величин.

ОП характеризується розміром та алгоритмом її розподілу. Розглядаються алгоритми розподілу статичними, динамічними розділами та сторінковий розподіл.

Функціонування PR_i може здійснюватися за алгоритмом квантування часу або без квантування, тобто закріплення процесора за процесом триває до виникнення переривання, пов'язаного з виконанням операцій вводу–виводу.

Моделювання $PВ_i$ і K_i полягає у затримці в часі, пов'язаної з пошуком і передачею інформації відповідно. Можливість такого розділення дій при виконанні операцій вводу–виводу обумовлено тим, що час пошуку інформації (або час доступу) на порядок більший за час безпосередньої передачі інформації.

Залежно від типів $PВ_i$ час пошуку може визначатися за різними законами розподілу і за різними параметрами. Час передачі інформації визначається за швидкістю K_i та розміром об'єму даних, які передаються за одну операцію вводу–виводу.

Кожний пристрій має свою чергу, де фіксуються запити до нього. Передбачені такі дисципліни обслуговування черг: за надходженням (*FIFO-first in first out*), у зворотному порядку (*LIFO-last in first out*), з відносними пріоритетами (*RP-relative priority*, коли забороняється переривання обслуговування процесу нижчого пріоритету), з абсолютними пріоритетами (*AP-absolute priority*, коли переривання дозволяється).

Результатом моделювання ОС є визначення таких вихідних параметрів, як мінімальний, середній та максимальний час відповіді на запит, мінімальні, середні та макси-

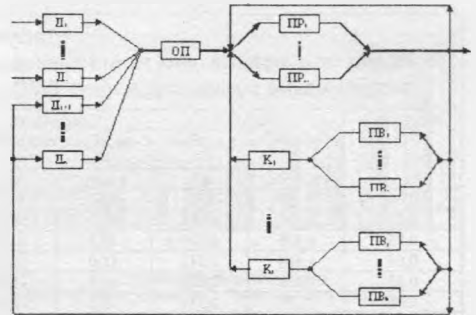


Рис.1. Топологія ОС

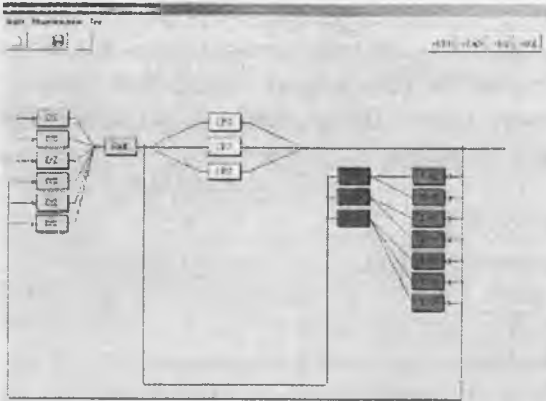


Рис.2. Головне вікно інтерфейсу

На рис.2. зображено головне вікно інтерфейсу програмного комплексу моделювання. Засоби контролю за правильністю введення вхідних даних, візуалізація топологічної моделі ОС та засоби графічного її редагування роблять інтерфейс гнучким і легким у користуванні.

Таблиця 1

Результати аналітичного та імітаційного моделювання розімкнутої мережі СМО

Значення λ_0	Середній час очікування в мережі		Середній час перебування в мережі	
	аналит.	іміт.	аналит.	іміт.
0,01	0,300	0,321	9,82	9,226
0,02	0,631	0,665	10,2	9,786
0,03	0,996	1,021	10,6	10,218
0,04	1,404	1,512	11,0	10,794
0,05	1,862	2,020	11,5	11,330
0,06	2,379	2,531	12,0	12,101
0,07	2,971	3,112	12,6	12,654
0,08	3,656	3,965	13,3	13,527
0,09	4,458	4,850	14,2	14,457
0,10	5,413	5,512	15,1	15,270

тальних досліджень реальних систем.

Порівнювалися розімкнуті і замкнуті мережі. На рис.3 наведено модель розімкнутої мережі, а в табл. 1 – результати проведених досліджень.

Для розімкнутих мереж дослідження проводились при зміні інтенсивності вхідного потоку λ_0 у межах від 0,01 до 0,10, що задовільняє умові наявності в такій мережі стаціонарного режиму.

На рис.4 зображено результати імітаційного моделювання та аналітичних розрахунків для розімкнутої мережі СМО.

мальні значення черг до пристроїв, коефіцієнти завантаження пристроїв тощо.

Такі моделі ОС добре узгоджуються з функціонуванням *WEB* - серверів, серверів ужитків, керівних серверів.

Втіленням розглянутої методології імітаційного моделювання ОС стала розробка відповідних програмних засобів моделювання, реалізованих за допомогою інтегрованого середовища розробки програмних засобів *Delphi* для операційної системи *Windows*.

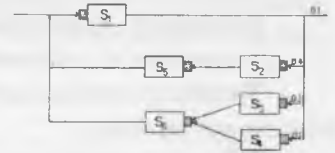


Рис.3. Розімкнута мережа СМО

Для доведення адекватності

запропонованої методології та відповідної імітаційної моделі функціонуванню реальної ОС застосовано метод порівняльного аналізу з аналітичними моделями, які розглядаються в теорії масового обслуговування, а саме, експоненціальними мережами [3–5], для яких існують загальні розв'язки і які добре узгоджуються з результатами експеримен-

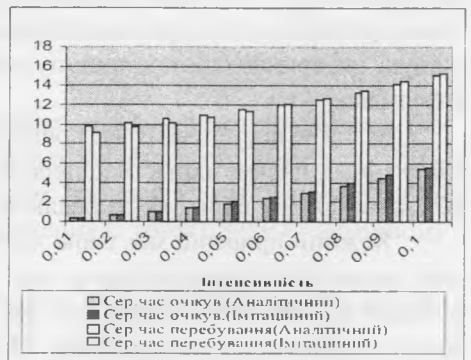


Рис. 4. Гістограма залежності середнього часу очікування та перебування процесів від інтенсивності потоку запитів для розімкнутої мережі СМО

Найбільшу різницю – 9% становить середній час очікування процесом обслуговування. Однак, середній час виконання процесу не перевищує 6%.

На рис.5 зображено модель замкнутої мережі СМО. Результати моделювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2
Результати аналітичного і імітаційного моделювання замкнутої мережі СМО

Коефіцієнт мультипр.	Середній час очікування в мережі		Середній час перебування в мережі	
	аналит.	іміт.	аналит.	іміт.
1	0	0	8,9	8,898
2	3,224	3,351	12,124	12,19
3	7,122	6,894	16,022	15,771
4	11,538	11,239	20,438	19,605
5	16,27	15,839	25,17	24,446
6	21,161	20,138	30,061	28,907
7	26,121	24,547	35,021	34,273
8	31,107	31,101	40,007	39,188
9	36,102	36,583	45,002	44,628
10	41,101	41,203	50,001	47,534

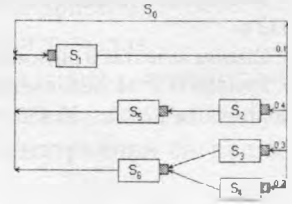


Рис. 5. Замкнута мережа СМО

Дослідження проводилось при зміні коефіцієнта мультипрограмування у межах від 1 до 10. Найбільша розбіжність між результатами імітаційного моделювання та аналітичними розрахунками існує для середнього часу очікування при коефіцієнті мультипрограмування, що дорівнює 7, або 6%. А найбільше відхилення для середнього часу перебування становить 5% для коефіцієнта мультипрограмування, що дорівнює 10.

Графічно результати моделювання і аналітичних розрахунків замкнутих мереж СМО зображено на рис.6.

Очевидно, що на результати імітаційного моделювання певною мірою впливає вибір параметрів давача рівномірно розподілених випадкових чисел, який використовують при моделюванні законів розподілу. Правильний їх вибір може зменшити похибку оцінки.

Висновки

Запропонована методика моделювання дає змогу відобразити в моделі не тільки апаратні засоби, а і програмне забезпечення ОС. Проведені експерименти з моделями підтверджують узгодженість результатів моделювання з аналітичними розрахунками експоненціальних мереж. Розроблені програмні засоби дозволяють моделювати ОС, які не є експоненціальними мережами і досліджувати більш широкий клас ОС. Можливість відобразити вихідну інформацію моделювання у вигляді таблиць та гістограм дозволяє використовувати програмний комплекс в САПР ОС.

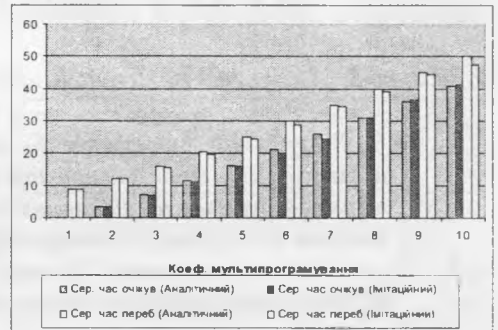


Рис.6. Гістограма залежності середнього часу очікування та перебування процесів від коефіцієнта мультипрограмування для розімкнутої мережі СМО

- Кузьмин А.В., Лукашук Л.А. Пакет прикладных программ для имитационного моделирования вычислительных управляющих комплексов (СИМВУК). // Тезисы докладов конференции "Информационно-измерительные системы и точность в приборостроении". 10-11 ноября 1982 г., г.Москва.
- Кузьмин А.В., Лукашук Л.А. Универсальная имитационная модель вычислительного управляющего комплекса // Сборник "Теория и практика построения информационно-вычислительных систем". - Изд-во СГУ, 1982. - С. 33-35.

3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Пер. с англ. И. Грушко. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем / О.И. Авен и др. – М.: Наука, 1982. – 464 с.
5. Кузьмін О.В. Модель системи оперативної обробки з постійним числом клієнтів // Вісник НУ "Львівська політехніка", 2002. – № 450. – С. 145-148.

В.Теслюк, М.Лобур, К.Колісник, П.Денисюк
 Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 621.3.049.77.017

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ТЕРМОНАПРУЖЕНЬ ТА ПЕРЕМІЩЕНЬ В АКТЮАТОРИ НА БАЗІ ДВОШАРОВОЇ ПЛАСТИНИ

© Теслюк В, Лобур М., Колісник К., Денисюк П., 2003

Розроблено математичну модель для обчислення термонапружень та термопереміщень в актюаторі на базі двошарової пластини. Математична модель базується на рівняннях в часткових похідних, які враховують нелінійні процеси в конструкції актюатора і для розв'язання яких використано метод скінченних елементів. Це дало можливість забезпечити високу точність вихідних результатів на відміну від існуючих моделей актюаторів даного типу.

In this paper developed mathematical model for thermostrains and thermoisplacements calculations for actuators are presented. For problem solving finite element method is proposed. Such kind of solution allows to provide high precision of output results compare with previous models of actuators.

Вступ

Протягом останніх 15–20 років спостерігається значний прогрес у галузі мініатюризації механічних структур. Ця тенденція привела до розвитку існуючих і появи нових технологій. Спершу ці технології розвивались у напрямку вдосконалення технологічних процесів, які використовувались в мікроелектроніці. З часом, використавши передові технології мікроелектроніки, точної механіки та ряду інших технологій (таких, як, наприклад, технологія поверхневої і об'ємної мікрообробки [1], LIGA технологія та ін.) було сформовано сукупність технологічних процесів, які надали можливість виготовляти різні елементи мікробудованих пристроїв [1], а саме: сенсори та актюатори.