

якого записуються у схему керування індикатором для виводу на індикацію. Після завершення циклу виміру виконується обнулення внутрішнього лічильника та скидання тригерів "Старт" та "Стоп". Пристрій готовий до наступного циклу.

Результати випробувань

На побудованому авторами робочому макеті ВШ був проведений ряд випробувань на різного роду металній зброї, а саме: спортивний лук, пневматична та вогнепальна зброя. При цьому, якщо для перших двох видів пристрій спрацьовував бездоганно, то при роботі з вогнепальною зброєю були виявлені деякі раніше не враховані фактори, які діяли під час вильоту кулі: невігорілі частки пороху та ударна хвиля. Останнє виявилось найнеприємнішим, оскільки безпосередньо діяло на ІЧ-датчики. Для захисту останніх було застосовано ущільнене розміщення світлодіодів в формувачах апертури та зміцнення усєї конструкції. Додатково датчики були розташовані у віброізольованих контейнерах. Для захисту від фактору невігорівших порохових газів було застосовано регулювання рівня компарації. Подальші випробування дали цілком задовільні результати.

УДК 681.3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ДИСЦИПЛІН ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ВИКОНАННЯ СКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

© Юрій Клушин,

НУ "Львівська політехніка", м. Львів, вул.С. Бандери, 12

На основі методу прямого стохастичного моделювання виконання комплексів взаємопов'язаних робіт (КВР) проведена досить точна оцінка ефективності різних дисциплін диспетчеризації робіт КВР готових до виконання по процесорам паралельної обчислювальної системи - при випадковому часі виконання кожної роботи - стосовно до кожного конкретного КВР.

Because of of method of direct stochastic modeling of fulfilment of complexes of the interconnected work (IW) the rather point evaluation of efficiency of different dis-

ciplines of scheduling of work IW ready for fulfilment on processors of the parallel computing system - for want of casual execution time of each work - with reference to each concrete IW is conducted.

Широке використання комп'ютерів, зокрема на їх основі паралельних обчислювальних систем (ОС), що функціонують у колах керування, веде до того, що оцінка традиційними параметрами їх продуктивності (швидкістю виконання операцій) є недостатньою. В таких ОС головним критерієм якості обчислювальної системи стає її здатність розв'язати задачу за час не більший заданого часу.

При проектуванні паралельних ОС такого роду необхідно вибрати найбільш ефективний критерій диспетчеризації складних програмних комплексів; останні зазвичай задаються графовими моделями і розглядаються як комплекси взаємопов'язаних робіт (КВР) - задач та/чи їх паралельно - послідовних фрагментів (підзадач, процесів, програмних модулів); який би максимально зменшив час виконання КВР.

Задача диспетчеризації фрагментів паралельної програми аналогічна відомій задачі розподілення взаємопов'язаних робіт по процесорах ОС з загальною оперативною пам'яттю: необхідно так розподілити роботи між процесорами, щоб мінімізувати час виконання програми, поданої як композиція цих робіт. Питання планування, диспетчеризації робіт та дослідження їх впливу на ефективність ОС викладені в роботах [1-5].

В цій статті на основі методу прямого стохастичного моделювання виконання КВР [6] проведена оцінка ефективності різних дисциплін диспетчеризації робіт КВР, готових до виконання по процесорах ОС - при випадковому часі виконання кожної роботи - стосовно до кожного конкретного КВР. Метод прямого стохастичного моделювання виконання КВР дає можливість дуже точно (до частки процента) оцінювати

та порівнювати ефективність різних дисциплін керування паралельними обчислювальними процесами - критеріїв диспетчеризації робіт КВР по процесорах паралельної ОС.

Кожний програмний комплекс, що називається комплексом взаємопов'язаних робіт (в даному випадку - програмних модулів), задається в вигляді простого орієнтовного графа $G(A, H)$ з кінцевою кількістю вершин N , де вершина $a_j \in A$ відповідає j -й роботі ($j = 1, 2, \dots, N$), а кількість H дуг відображає інформаційно - логічні залежності між роботами. Граф G може мати тільки одну вхідну та одну вихідну висячі дуги, що

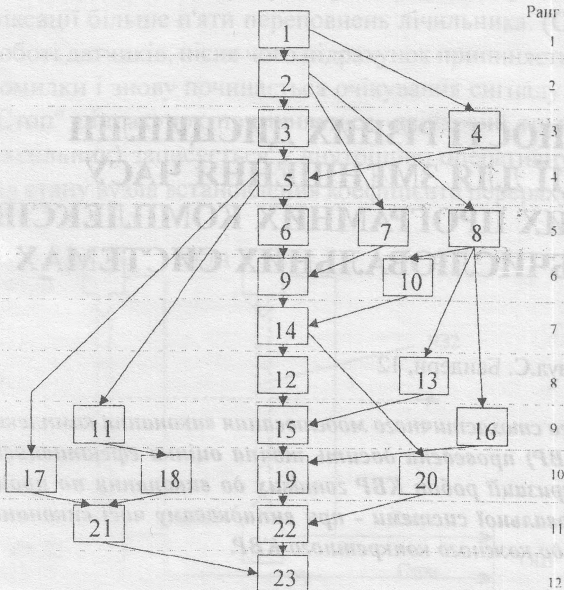


Рис. 1. Граф $G(A, H)$ заданого КВР

відповідають "початковій" та "кінцевій" вершинам графа; останні можуть відповідати функціонуванню операційної системи по ініціації та завершенню програмного комплексу.

Робота a_j рахується попередником щодо до a_s , коли є дуга $(a_j, a_s) \in H$; в цьому випадку a_s є наступником по щодо до a_j . Кожна робота вважається готовою до виконання, коли виконані всі її попередники, тобто граф G вважається детермінованим.

Готові до виконання роботи створюють фронт робіт F - чергу до процесорів паралельної ОС. В кожний момент часу на одному процесорі може виконуватися тільки одна робота.

В якості паралельної ОС тут для визначеності будуть матися на увазі багато процесорні обчислювальні системи (БОС) з багатьма потоками команд та даних (БКБД), що містять k однотипних процесорів з загальною оперативною пам'яттю.

Дослідження проводились на графі $G(A, H)$ заданого КВП (рис. 1), який описується таблицею зв'язку його вершин (табл. 1).

Процес виконання КВП подано математичною моделлю (рис.2) у вигляді одно-

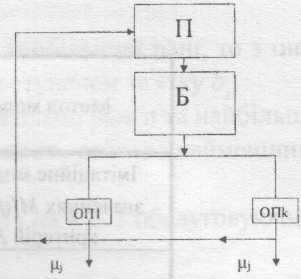


Рис.2. Математична модель

Таблиця зв'язку вершин графа $G(A, H)$

Таблиця 1

Номер Роботи a_j	Роботи попередники	Роботи наступники	$M[t_j]$	μ_j	Ранг r_j	Ступень зв'язку b_j
1	2	3	4	5	6	7
1	-	2,4	150	0.0067	12	2
2	1	3,7,8	30	0.0333	11	3
3	2	5	160	0.0063	10	1
4	1	5	80	0.0125	10	1
5	3,4	6,11,17	70	0.0143	9	3
6	5	9	120	0.0083	8	1
7	2	9	170	0.0059	8	1
8	2	10,13,16	50	0.02	8	3
9	6,7	14	130	0.0077	7	1
10	8	14	150	0.0067	7	1
11	5	18	100	0.01	4	1
12	14	15	160	0.0063	5	1
13	8	15	100	0.01	5	1
14	9,10	12,18,20	40	0.025	6	3
15	12,13	19	30	0.0333	4	1
16	8	19	170	0.0059	4	1
17	5	21	100	0.01	3	1
18	11,14	21	70	0.0143	3	1
19	15,16	22	130	0.0077	3	1
20	14	22	80	0.0125	3	1
21	17,18	23	120	0.0083	2	1
22	19,20	23	50	0.02	2	1
23	21,22	0	40	0.025	1	0

Результати розрахунків

Метод моделювання		Середній час T	Похибка $\delta(\%)$
Імітаційне моделювання при значеннях $M[t_j], \mu_j$ по табл. 1, критерій $K: "r_j / b_j"$		1386	0
Пряме стохастичне моделювання при значеннях $M[t_j], \mu_j$ по табл. 1,	Критерій $K: "r_j"$	1428	3
	Критерій $K: "r_j / b_j"$	1414	2
	Критерій K : вибір роботи з найменшим номером	1436	3.6
	Критерій K : Вибір роботи з найбільшим номером.	1576	13.7

фазної системи масового обслуговування (СМО) рис.3 з $k \geq 2$ однакових обслуговуючих процесорів ОП з буфером Б для готових до виконання робіт (поточний фронт F); останні надходять з пула П, який в початковому стані має N робіт. Модель функціонує в неперервному часі. Випадковий час t_j обслуговування будь-якої роботи (вершини) a_j будемо рахувати розподілений за експоненціальним законом з параметром $\mu_j = 1/M[t_j]$.

Вибір експоненціального закону розподілення t_j для моделей, що розглядаються в [2].

У використаних нами термінах і визначеннях задача диспетчеризації змістовно формулюється так: на незайняті обслуговуючі процесори ОП необхідно так вибрати роботи з буфера Б, щоб мінімізувати загальний час T виконання КВР.

В [5] аналітично доведено, а в [1] підтверджено, що при випадковому часі t_j виконання кожної роботи a_j найбільш ефективною дисципліною диспетчеризації по скалярному критерію є вибір робіт з буфера Б по критерію рангу робіт [5].

Формально ранг r_j роботи a_j в заданому КВР, тобто ранг вершини графа $G = (A, H)$, визначається так [5]. Нехай Q_j - кількість наступників робіт a_j ; $a_s \in Q_j$, за умови, що $(a_j, a_s) \in H$. Тоді r_j послідовно вираховується з формули:

$$r_i = 1 + \max r_i.$$

Але найбільш ефективним за визначених умов є не скалярний, а складений критерій диспетчеризації - "ранг r_j ступінь зв'язку b_j вершини a_j ", і це справедливо для найрізноманітніших КВР (включаючи комплекси з логічними розгалуженнями та циклами на рівні робіт) при виконанні їх в ОС, що містять від 2 до 10 однакових процесорів. Ступінь зв'язку кожної вершини (кількість наступників роботи a_j) для нашого прикладу КВР наведено в колонці 7, табл. 1. В цьому випадку вибір роботи з буфера Б на обслуговування в ОП здійснюється за такими правилами:

- 1) з буфера Б вибирається та призначається на ОП робота a_j з найбільшим рангом

- r_j ;
- 2) коли декілька робіт у буфері Б мають однаковий найбільший ранг, то з цих робіт призначається на ОП робота a_j з найбільшим ступенем зв'язку b_j ;
 - 3) коли декілька робіт у буфері Б мають однакові найбільші ранги та найбільші ступені зв'язку, то на ОП призначається, для визначеності, робота з найменшим номером.

Розрахунок середнього часу T виконання КВР (рис.1) на $k \geq 2$ обслуговуючих процесорів по різних моделях наведені в табл.2.

На основі отриманих розрахунків можна зробити висновок, що при довільній нумерації робіт КВР диспетчеризація за критерієм " r_j/b_j " забезпечує зменшення середнього часу T виконання КВР на 6% - 14% (при різних наборах значень $M[t_j]$) порівняно з диспетчеризацією за критерієм "вибір робіт з найменшим номером". Так, при використанні для цього ж КВР зворотної нумерації робіт (роботам з меншими рангами призначаються менші номери) чи, що те саме, при використанні критерію "вибір робіт з найбільшим номером" для КВР за рис.1 та табл.1 значення T збільшується на 11, 5% порівняно з T визначеним при диспетчеризації за критерієм " r_j/b_j " та на 13, 7% порівняно з T - результатом імітаційного моделювання.

1. Головкин Б.А. Расчет характеристик и планирование параллельных вычислительных процессов. М., 1968.
2. Cfrnevali P., Sguazero P., Zecca V. Microtasking on IBM multiprocessors.// "IBM J. Res. Evelop.", 1986, 30.N6.p.574-582.
3. Максименков А.В. Анализ алгоритмов диспетчеризации задач мультипроцессорной ЭВМ. //Управляющие системы и машины. 1978. N3.
4. Игнатущенко В.В., Точева К.Т. Диспетчеризация работ с неизвестным временем их выполнения.// В кн.: Параллельные машины и параллельная математика. К. 1978.
5. Игнатущенко В.В. Организация структур управляющих многопроцессорных вычислительных систем. М., 1984.
6. Клушин Ю.С. Прогнозування виконання складних програмних комплексів на паралельних комп'ютерах. / Тез. доп. Другої Української конф. "Автоматика - 95", Львів, 1995, т.2, с.100.

УДК 681.3

ВИМІРЮВАЛЬНО - ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

© Юрій Клушин, Петро Кондратов, Володимир Сторож
НУ університет "Львівська політехніка", НДКІ ЕЛВІТ