

УДК 681.142.1.01

О СХЕМАХ ОБМЕНА МЕЖДУ ВЕТВЯМИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ

Ю.Г. Косарев

Опыт применения методики распараллеливания по циклам [1] для заметного числа классов задач (табл. I) позволяет сделать определенные выводы об особенностях взаимодействий между ветвями параллельного алгоритма (ПА).

I. Как показали расчеты и прямые измерения [16], интенсивность обмена информацией между ветвями ПА, отнесенная к общим затратам времени на счет, оказалась для большинства задач порядка ℓ/cn , где ℓ - число ветвей; n - параметр задачи, характеризующий общий объем вычислений; c - константа, учитывающая различие затрат времени на обменные и на вычислительные операции.

В задачах матричного типа (табл. I, задачи I-II) n равно порядку матрицы ($10^2 - 10^3$), $c \approx 4$. Для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (задачи 15-18) n равно числу уравнений, $c \approx 10$. В сеточных задачах (19-23) $n \approx \sqrt{N}$, где N - общее число узлов сетки ($10^2 - 10^3$), $c = 10-100$. В задачах, решаемых методами статистических испытаний (25, 26), n равно числу испытаний ($10^3 - 10^4$), $c \approx 100$. В задачах распознавания образов (28-30) n равно числу реализаций (обычно $10^2 - 10^4$), $c \approx 100$. В информационно-логических задачах (31-34) затраты времени на обмен информацией между машинами системы составляют небольшую долю от времени обмена с внешними памятьями и т.д.

Из приведенных данных видно, что хотя с ростом числа параллельных ветвей ℓ доля обменных операций увеличивается, тем не менее в широком диапазоне изменения ℓ ($10^1 - 10^2$) она остается малой ($1/100 - 1/10$ от общего времени счета).

2. Все многообразие схем обмена свелось к пяти типам (табл. 2): трансляционному (Т) ("одна-всем"), трансляционно-циклическому (ТЦ) ("каждая-всем"), парному смежному (ПС) ("каждая-своим соседям"), коллекторному (К) ("все-одной") и парному нестационарному (ПН) ("любая-любой") [17].

2.1. Подавляющее большинство схем обмена приходится на первые три. На них же падает и почти все время, затрачиваемое на обмены. Поэтому именно эти три схемы и определяют требования к технической реализации системы коммутации в ОВС.

В ОВС магистрального типа для реализации схемы Т затрачивается один такт, ТЦ - ℓ тактов, ПС - два такта, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым практикой.

2.2. Коллекторная схема применяется сравнительно редко и в основном для объединения результатов перед выдачей. На магистральных ОВС эта схема реализуется за ℓ тактов, что вполне удовлетворяет требованиям.

2.3. Наибольшие трудности представляет реализация парных нестационарных схем. Потребность в них может возникать, когда нужен срочный доступ к информации, находящейся в других машинах. Интенсивное использование ПН-схем может приводить к появлению очередей и простоям, поэтому желательно свести их употребление к минимуму. Для этого одной из эффективных мер может служить сведение данной задачи к задаче перекрещивания массивов (путем накопления запросов в задачах поиска информации, предварительной статистики в задачах упорядочения и т.п.) [18]. Интенсивность ПН-схем может быть также заметно уменьшена путем рационального размещения массивов и других приемов, развиваемых в теории массового обслуживания.

3. Методика распараллеливания по циклам, как известно, позволяет строить ПА, состоящие из одинаковых ветвей. Благодаря этому доля затрат времени на синхронизацию оказывается малой (менее 10^{-2}) даже для случаев, когда время реализации операций есть случайная функция от операнд [19].

Исследованные классы задач

-
- | | |
|----|--|
| 1. | Решение систем лин. алг. ур-ний методом простой итерации [2,3] |
| 2. | -"- -"- -"- Жордана (2 варианта) [4] |
| 3. | -"- -"- -"- Зейделя. |
| 4. | -"- -"- -"- модиф. Зейделя [5]. |
| 5. | -"- -"- -"- Самарского [6]. |
6. Обращение матриц методом пополнения [2,4].
 7. Отыскание коэффициентов характеристического полинома [2,4]
 8. Умножение матриц [2].
 9. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений [7].
 10. общая задача линейного программирования [2].
 - II. Транспортная задача [2].
 12. Численное интегрирование [2].
 13. Численное дифференцирование [2].
 14. Задачи интерполирования [2].
 15. Решение систем обыкновенных дифф. ур-ний методом Рунге-Кутты [2,8]
 16. Расчет подвесок автопоездов [8].
 17. Решение граничных задач для линейных систем [2].
 18. Решение граничных задач для нелинейных систем [2].
 19. Задачи Дирихле для эллиптических уравнений [2].
 20. Краевая задача для параболических уравнений [2].
 21. Задача Коши для гиперболических уравнений [2].
 22. Обтекание тела потоком жидкости [9].
 23. Моделирование работы группового реактора [10].
 24. Моделирование термодинамич. процессов газовых АЭС циклов [11].
 25. Моделирование неупругого рассеяния электронов (2 вар.) [12].
 26. Моделирование рассеяния энергии ионизирующего излучения [13].
 27. Перспективное изображение непрозрачных объектов [14].
 28. Случайный поиск с адаптацией.
 29. Задачи теории статистических решений [2].
 30. Задачи таксономии [15].
 31. Упорядочение массивов.
 32. Перекрещивание массивов (2 варианта).
 33. Поиск информации в больших массивах (2 варианта).
 34. Составление ведомостей (2 варианта).

Т а б л и ц а 2

Классификация задач по типам схем обмена

№ п.п.	Номера задач	Типы схем обмена				
		Т	ТЦ	ПС	К	ПН
1	4, 10, 32б, 33б, 34б	5	0	0	0	0
2	1, 2а, 3, 6, 9, 11, 15, 16, 18, 25а, 28, 29, 30, 31	0	14	0	0	0
3	8, 13, 19, 21, 23, 26, 32а, 33а, 34а	0	0	9	0	0
4	12, 25б, 27	0	0	0	3	0
5	24	0	0	0	0	1
6	14, 17, 20, 22	0	4	4	0	0
7	2б, 7	2	0	2	0	0
8	5	1	1	1	0	0
Итого ...		8	19	16	3	1

Т а б л и ц а 3

Примеры задач, решенных на системе "Минск-222"

№ задач	Число команд в программе		Время решения для разного числа машин ℓ в минутах			$\frac{t_1}{\ell \cdot t_\ell}$
	общее	допол.	1	2	3	
1	277	16	3-5	1,5	-	1,0-1,7
6	656	51	42	21,8	5,7	1,0-2,5
7	272	104	-	36	-	1,7-2,0
16	857	45	67	19	14	1,6-1,8
22	800	29	65	25	16,7	1,4-1,7
23	1167	50	195	34	-	2,9
24	1000	16	10-23	0,25-0,3	-	20 - 40
25б	400	10	28 час	14 час	-	1,0
26	890	8	-	5-10 час	-	

4. Важным свойством распараллеливания по циклам является хорошая сочетаемость его с методами эффективного использования суммарного объема оперативных памяти системы. Благодаря этому при решении многих задач на системе получается весьма существенный дополнительный выигрыш во времени (табл. 3).

5. Простота схем обмена обуславливает и простоту их программной реализации. Благодаря этому при решении задач на системе "Минск-222" дополнительные затраты на организацию системных взаимодействий в параллельной программе составляют, как правило, менее 10% от общего объема программы (табл.3). Таким образом, можно считать, что затраты на составление параллельных и эквивалентных им последовательных программ — одного порядка.

Л и т е р а т у р а

1. КОСАРЕВ Ю.Г. Распараллеливание по циклам. — "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1967, вып.24, стр.3-20.

2. ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, "Наука" СО, 1966.

3. ГОЛОВЯШКИНА Л.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Программа решения системы линейных уравнений на "Минск-222". — "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1967, вып. 24, стр. 55-75.

4. КОСАРЕВ Ю.Г. Опыт решения задач на системе "Минск-222" — "Труды I Всесоюзной конференции по вычислительным системам". Новосибирск, "Наука" СО, 1968, вып. 4, стр. 70-74.

5. МИРЕНКОВ Н.Н. К решению системы линейных уравнений на ВС. — "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1968, вып. 30, стр. 8-11.

6. ЗАВЬЯЛОВ Ю.С. Экстремальное свойство бикубических многозвенников и задача сглаживания. — "Вычислительные системы", Новосибирск, 1970, вып. 42, стр. 109-158.

7. ПАНКЕВИЧ В. Р-алгоритм решения систем нелинейных уравнений. — "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1968, вып. 30, стр. 3-7.

8. ПЕТРОВИЧ А.И., КОСАРЕВ Ю.Г. Исследование колебательных процессов автопоезда на системе "Минск-222". — Там же, стр.12-15.

9. МИРЕНКОВ Н.Н. Реализация продольно-поперечных прогонов на ВС "Минск-222". — Там же, стр. 26-33.

10. ВЕЛЕСЬКО А.А., КОСАРЕВ Ю.Г., ЮРЕВИЧ Р.В. Многогрупповой расчет двумерного реактора в диффузионном приближении на системе "Минск-222". — Там же, стр. 15-21.

11. БАЖИН М.А., БУБНОВ В.П., ЗАХАРОВА И.С., КОСАРЕВ Ю.Г., НЕСТЕРЕНКО В.Б. Термодинамический расчет газовых АЭС циклов на диссоциирующих газах на системе "Минск-222". - Там же, стр.22-25.
12. КОСАРЕВ Ю.Г. Моделирование неупругого рассеивания электронов методом Монте-Карло. - Там же, стр. 34-41.
13. КОСАРЕВ Ю.Г., НАУМОВ В.А., РОЗИН С.Г., ЯРОШЕВИЧ А.А. Решение задачи о рассеянии энергии ионизирующего излучения методом Монте-Карло на системе "Минск-222". - Там же, стр.41-45.
14. ЛЕУС В.А. Перспективное изображение трехмерных непрозрачных объектов. - "Вычислительные системы", Новосибирск, 1972, вып. 50, стр. 86-99.
15. КОСАРЕВ Ю.Г., КУЧИН Н.В. Параллельный алгоритм для решения задачи таксономии. - "Вычислительные системы". Новоси-бирск, 1970, вып. 42, стр. 3-11.
16. КОЛОСОВА Ю.И., КАЗУШКИ В.А., КОСАРЕВ Ю.Г. Измерение временных характеристик программ системы. - "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1968, вып. 30, стр. 55-63.
17. КОСАРЕВ Ю.Г. О структурах вычислительных систем, устойчивых к изменению числа машин. - "Вычислительные системы", Новосибирск, 1970, вып. 42, стр. 59-73.
18. ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г., УСТИНОВ В.А. Применение ЭВМ в исследовании письменности древних майя. т. I, Новоси-бирск, "Наука" СО, 1969.
19. КОСАРЕВ Ю.Г., НАГАЕВ С.В. О потерях времени на синхронизацию в однородных вычислительных системах. - "Вычислительные системы", Новосибирск, "Наука" СО, 1967, вып.24, стр.21-40.

Поступила в ред.-изд.отд.
5. X. 1972 г.