

Д. О. БОБЫНЦЕВ, Д. Б. БОРЗОВ, А. П. ТИПИКИН

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РАЗМЕЩЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОДПРОГРАММ В МАТРИЧНЫХ МУЛЬТИКОНТРОЛЛЕРАХ

Рассмотрена проблема размещения параллельных подпрограмм в матричных мультиконтроллерах, по известным критериям проведен сравнительный анализ качества размещения.

Ключевые слова: матричные мультиконтроллеры, планирование размещения задач.

Правильное размещение взаимодействующих подпрограмм по процессорам матричных мультиконтроллеров является важным аспектом параллельной обработки. Неудачное распределение подпрограмм между процессорами приводит к перекрытиям маршрутов транзитной передачи данных, возрастанию коммуникационных задержек и существенному снижению производительности распараллеливания. Для минимизации коммуникационных задержек с помощью программно-аппаратных средств решается задача планирования размещения подпрограмм. Целью настоящей статьи является анализ качества размещения согласно методу, представленному в работе [1].

Математическая постановка задачи размещения подпрограмм описана в работе [1]. Наилучший вариант размещения определяется по алгоритму перестановки строк и столбцов матрицы обмена информацией (МОИ), описывающей граф G взаимодействия подпрограмм. Алгоритм позволяет размещать дуги графа G по каналам наименьшей длины. Минимаксный критерий поиска представлен следующим образом:

$$T_{\beta}^* = \min_{\Psi} \left\{ \max_{\beta_S \in \Psi} \{T_{\beta_S}(p_i, p_j)\} \right\},$$

где $T_{\beta_S}(p_i, p_j)$ — коммуникационная задержка при передаче данных между процессорами p_i и p_j , соответствующая текущему варианту размещения β_S . Значение задержки пропорционально произведению кратчайшего расстояния между данными процессорами на объем передаваемых данных. В настоящей работе выполнен сравнительный анализ минимаксного критерия с другим известным критерием поиска [2] следующего вида:

$$T_{\beta}^* = \min_{\psi} \left\{ \sum_{i=1}^{N^2} T_{\beta_S}(p_i, p_j) \right\}.$$

По данному критерию минимизируется сумма всех задержек. В работе также проведено сравнение минимаксного критерия с представленным в работе [3] минимаксиминным критерием оценки качества размещения, предполагающим анализ перекрытий кратчайших каналов передачи данных по специально создаваемой базе данных избыточных кратчайших путей в мультиконтроллере. База данных создается по матрице смежности физической топологии мультиконтроллера. При размещении по минимаксиминному критерию минимизируется наибольшая из всех минимальных суммарных задержек, соответствующих кратчайшим каналам [3].

Программное моделирование задачи размещения позволяет провести сравнительный анализ данных критериев поиска наилучшего варианта размещения и исследовать влияние на оба критерия латентной составляющей коммуникационной задержки.

Объектом исследования при анализе критериев поиска является матрично-тороидальный 64-процессорный блок 8×8 процессоров.

Исследования проведены на разреженных МОИ, так как они наиболее соответствуют реальным алгоритмам. Графики изменения величины максимальной задержки в процессе поиска по минимаксному критерию представлены на рис. 1, а. Кривая T_{M1} построена для одного из вариантов случайной разреженной МОИ, в каждой строке которой находится не более 10 ненулевых элементов. Видно, что максимальная задержка уменьшилась почти в два раза.

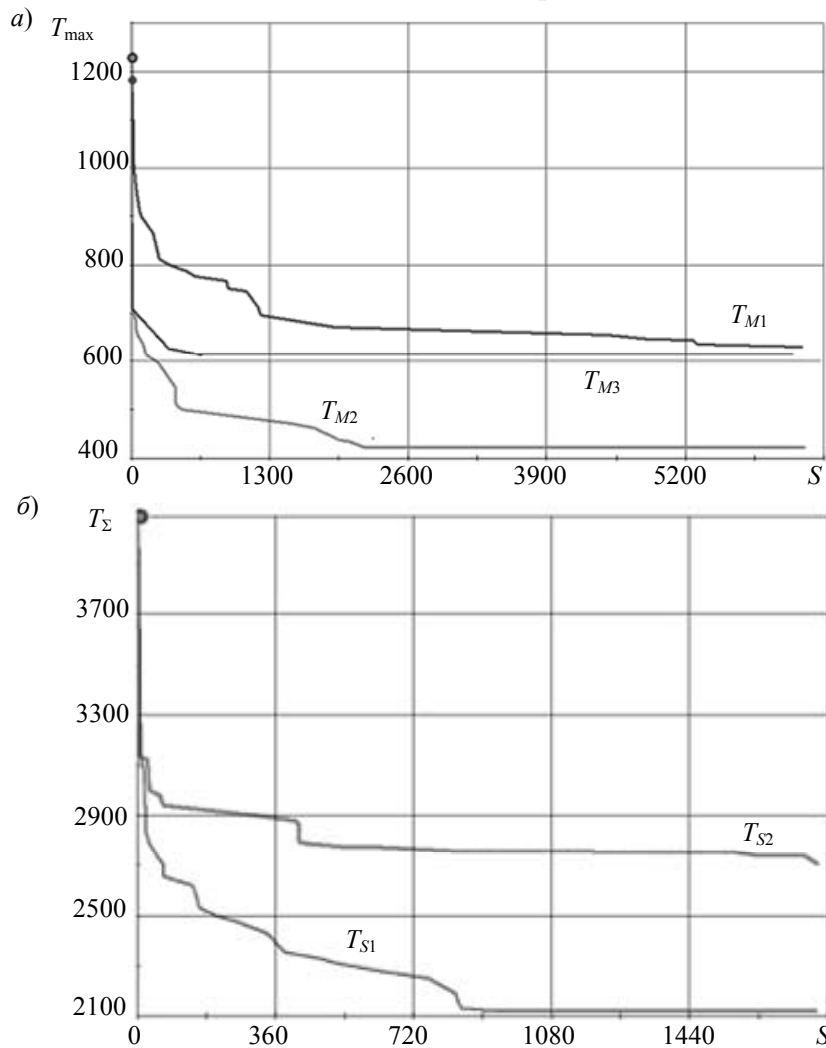


Рис. 1

Согласно кривой T_{M2} , распределение параллельных процедур по процессорам предполагает прямую зависимость объема передаваемых данных от кратчайшего расстояния между процессорами. Коэффициент снижения задержки σ повышается до 3, это позволяет сделать вывод, что существенный эффект при перераспределении по минимаксному критерию достигается при некачественном начальном размещении. Такое начальное размещение является случайным, улучшить его практически нельзя вследствие высокой сложности задачи планирования размещения, следовательно, ее практическое решение разработчиком или программистом системы невозможно. Задача распараллеливания исходного алгоритма также является сложной, а некачественное распараллеливание может вызвать неудачное начальное размещение, что потребует планирования размещения подпрограмм.

Кривая T_{M3} показывает уменьшение максимальной задержки для той же МОИ, по которой построена кривая T_{M2} , но при перераспределении по критерию (1). График показывает, что критерий (1) не гарантирует снижения максимальной задержки до такого уровня, при котором не будет нивелирован выигрыш от распараллеливания алгоритма.

На рис. 1, б представлены графики уменьшения суммарной задержки для МОИ (рис. 1, а, T_{M2} и T_{M3}). Кривая T_{S1} соответствует перераспределению задач по критерию (1). В данном случае снижение суммарной задержки близко к двукратному. По результатам многократных тестов можно сделать вывод, что критерий (1) обеспечивает снижение суммарной задержки не более чем в два раза. Кривая T_{S2} отражает снижение суммарной задержки при перераспределении по минимаксному критерию. Аналогично рис. 1, а в этом случае коэффициент снижения задержки меньше и составляет около 1,5.

Величины задержки T (см. рис. 1) равны значениям произведений кратчайших расстояний и объемов передаваемых данных без учета сомножителя, обратного скорости передачи данных и не влияющего на результаты минимизации [1].

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что минимаксный критерий имеет преимущество перед критерием (1), так как позволяет контролировать задержки в каналах передачи данных, что является существенным фактором при оценке выигрыша от распараллеливания алгоритма.

Тестирование минимаксимального критерия на разреженных случайных МОИ не выявляет ожидаемых отличий от минимаксного критерия, и в этом случае $\sigma=2-4$ (рис. 2, а).

Для достижения наилучшего эффекта создается МОИ начального варианта размещения с целенаправленным полным перекрытием одного из кратчайших каналов исследуемой многопроцессорной структуры. Это означает, что ненулевыми элементами МОИ являются только те, которые соответствуют всем перекрытиям одного кратчайшего канала, т.е. всем возможным перекрытиям всех возможных избыточных путей данного канала.

На рис. 2, б представлены графики изменения величины $\sigma=T_{\text{н}}/T$ для трех вариантов МОИ: σ_1 — случайная разреженная матрица (не более 10 ненулевых элементов в каждой строке), σ_2 — перекрытие канала длиной 4, σ_3 — перекрытие канала длиной 7. Графики показывают, что полное перекрытие кратчайшего канала приводит к резкому возрастанию коммуникационной задержки. В результате может быть достигнуто $\sigma=7$ для перекрытия канала длиной 4 и $\sigma=10$ для перекрытия канала длиной 7. Исследовать перекрытие канала длиной 8 нецелесообразно, поскольку анализ базы данных позволяет сделать вывод, что для этого одна из строк МОИ должна иметь все ненулевые элементы, кроме элемента, находящегося на главной диагонали. Это означает полносвязность одной из подпрограмм исходного алгоритма, что в реальных условиях невозможно.

Если на случайной МОИ коэффициент снижения задержки у обоих критериев одинаков, то на МОИ, соответствующей графику σ_3 , т.е. перекрытию канала длиной 7, минимаксный критерий дает коэффициент 2,33. На рис. 2, в и г приведены графики изменения

коммуникационной задержки при размещении по минимаксному и минимаксиминному критериям для описанной выше МОИ.

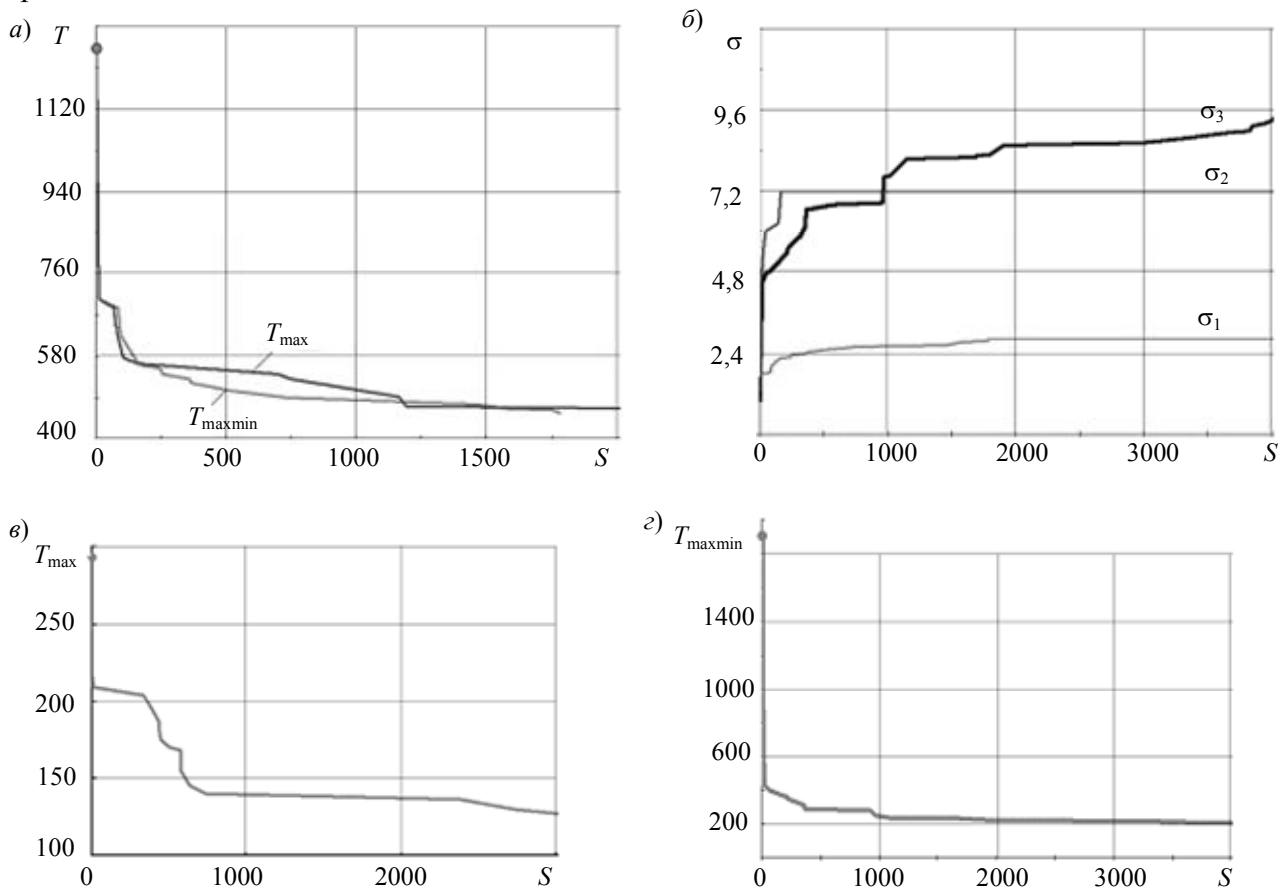


Рис. 2

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Минимаксный критерий гарантирует снижение задержки до приемлемого уровня, при котором не будет нивелирован выигрыш от распараллеливания задач, если латентная составляющая задержки не превышает значение задержки в линии связи между процессорами.

2. Минимаксиминный критерий имеет преимущество в точности оценки качества размещения перед минимаксным, не учитывающим возможные перекрытия каналов передачи данных и, следовательно, не обеспечивающим точную оценку качества размещения, требуемого для дальнейшей маршрутизации.

3. При полном перекрытии одного из кратчайших каналов начальная задержка резко возрастает, что усиливает эффект от применения минимаксиминного критерия благодаря возрастанию коэффициента снижения задержки до 10.

Работа выполнена в рамках программы „Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009—2013 годы“ (проект 14.В37.21.0598).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзов Д. Б., Мараят Б. И. Методика планирования размещения задач в матрично-торроидальных базовых блоках кластерных мультиконтроллеров. Деп. в ВИНТИ 18.07.06 г., №961-В 2006.
2. Курейчик В. М., Глушань В. М., Щербаков Л. И. Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР. М.: Радио и связь, 1990. 216 с.
3. Бобынцев Д. О., Борзов Д. Б. Минимаксиминный критерий оценки качества размещения параллельных подпрограмм в матричных мультиконтроллерах // Изв. ЮЗГУ. 2012. № 2. Ч. 1. С. 27—31.

Сведения об авторах

- Денис Олегович Бобынцев* — аспирант; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: daniel8728@yandex.ru
- Дмитрий Борисович Борзов* — канд. техн. наук, доцент; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: borzovdb@kursknet.ru
- Александр Петрович Типикин* — д-р техн. наук, профессор; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск

Рекомендована Юго-Западным
государственным университетом

Поступила в редакцию
18.02.13 г.