

В.В. Топорков¹, А.С. Топоркова², А.В. Бобченков¹,
Д.М. Емельянов¹, А.С. Целищев¹

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

¹Московский энергетический институт (технический университет),
ToporkovVV@mpei.ru

²Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет),
г. Москва, Россия,
annastan@mail.ru

Введение

Экономические модели выделения ресурсов и планирования являются весьма эффективными в распределенных вычислениях с *неотчуждаемыми ресурсами*, включая грид, мультиагентные системы и облачные вычисления [1-3]. При этом возникает серьезная проблема ценообразования в зависимости от уровня качества обслуживания [3]. В работе [4] дается хороший обзор различных подходов к ее решению, а также к формированию различных стратегий планирования при наличии ограничений на время и бюджет выполнения задания. В [5] рассматриваются эвристические алгоритмы подбора слотов на основе задаваемых пользователем функций полезности. При реализации той или иной экономической политики брокерами ресурсов [4, 5], как правило, проводится оптимизация выполнения конкретного приложения [6]. При образовании виртуальных организаций [7] осуществляется оптимизация планирования на уровне потоков заданий. Соответствующие функции реализуются иерархической структурой, состоящей из метапланировщика и подчиненных ему менеджеров ресурсов [6, 7]. *Новизна подхода*, предлагаемого в настоящем докладе, состоит в том, что экономические механизмы применяются для планирования пакета заданий в рамках виртуальной организации, причем планирование заданий выполняется циклично на наборах предварительно отобранных слотов.

Отбор слотов

Требования задания к ресурсам оформляются в виде *ресурсного запроса*, содержащего тип, количество и характеристики узлов (тактовую частоту процессора, емкость оперативной памяти, дисковое пространство, операционную систему и т.д.), а также время t их использования. Для запуска многопроцессорного задания необходимо согласо-

ванное выделение требуемого для его выполнения количества l слотов. План выполнения задания представляет собой набор временных слотов.

Если необходимое число l слотов с требуемыми согласно ресурсному запросу атрибутами не будет накоплено до этого времени, то задание не будет запущено. Таким образом, в случае однородных узлов совокупность слотов для выполнения задания представляет собой прямоугольное «окно» размером $l \times t$, а для процессоров с разной производительностью это – «окно» с неровным правым краем, где t – время выполнения составной части задания на наименее производительном процессоре (рис. 1).

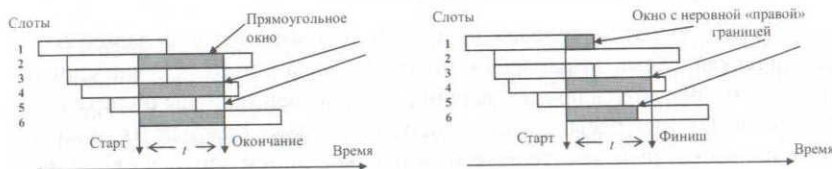


Рис. 1. Отбор слотов на идентичных узлах и процессорах с разной производительностью

Рассмотрим общую схему алгоритма выбора слотов для одного задания (будем полагать, что процессорные узлы не являются идентичными).

- 1.° Слоты упорядочиваются по *неубыванию* времени старта.
- 2.° Из полученного списка выбирается *подходящий* слот s .
- 3.° К длительности выполнения задания на ранее рассмотренных подходящих слотах добавляется смещение δ_i времени старта s -го слота относительно $(s-1)$ -го.
- 4.° Из списка просмотренных подходящих слотов (от 1 до $s-1$) удаляются те, время действия которых с учетом сдвига δ_i по времени истекло.
- 5.° Переход к слоту $s+1$ и повторение шагов 3.°, 4.° до тех пор, пока не наберется заданное число l слотов.

После просмотра слотов для всех n заданий пакета отыскиваются альтернативные наборы подходящих слотов, поскольку при отборе слотов для i -го задания не весь исходный список может быть просмотрен. Эта процедура итеративно реализуется для всех заданий, планирование которых не перенесено в следующий цикл. В таблице 1 в столбце, соответствующем каждому из заданий, представлены параметры *альтернативных наборов* подходящих слотов.

Набор слотов	Задание 1		Задание 2		Задание 3	
	c_1	t_1	c_2	t_2	c_3	t_3
1	7	7	3	3	5	5
2	10	5	2	1	8	4
3	9	3	-	-	6	2
4	-	-	-	-	4	1

Критерии и стратегии планирования

В рамках рассматриваемой модели, в основу которой заложена иерархическая схема управления потоками заданий [6, 7], фигурируют пользователи, запускающие задания, и собственники вычислительных ресурсов. Их интересы зачастую противоречивы. Каждый из независимых пользователей заинтересован в наискорейшем запуске своих заданий с наименьшими издержками (например, платой за использование ресурса), а собственники, наоборот, стремятся получить наибольший доход от предоставления ресурсов.

Пользователь, запускающий i -е задание, должен иметь возможность управлять временем старта задания j_i , оперируя платой c_i , которую он вносит за его выполнение (см. табл. 1). Цена c_i устанавливается собственником соответствующего вычислительного ресурса на основе соображений балансирования глобальных и локальных потоков заданий, получения соответствующего дохода и т.п. Плата $c_i(s_i)$ за ресурс в k -м наборе слотов ($s_i = k$) определяется исходя из удельной стоимости единицы времени использования соответствующего процессорного узла и времени $t_i(s_i)$, отведенного для выполнения задания j_i .

Мы рассматриваем два типа критериев в рамках нашей модели. Это *стоимостные* и *временные показатели* эффективности прохождения пакета J заданий на допустимом наборе $\bar{s} = (s_1, \dots, s_n)$ подходящих слотов.

К первой группе критериев относится суммарная стоимость выполнения пакета заданий

$$C(\bar{s}) = \sum_{i=1}^n c_i(s_i). \quad (1)$$

Для того чтобы не допустить монополизации использования того или иного ресурса отдельными пользователями, вводится ограничение

B^* на бюджет $B(\bar{s})$ виртуальной организации – максимальное значение суммарной стоимости использования ресурсов в текущем цикле планирования.

Интересы собственников могут быть отражены в таком критерии как потери от недоиспользования бюджета виртуальной организации:

$$D(\bar{s}) = B^* - C(\bar{s}). \quad (2)$$

Политика администрирования в виртуальной организации и отчасти интересы пользователей отражаются во времени выполнения пакета заданий:

$$T(\bar{s}) = \sum_{i=1}^n t_i(s_i). \quad (3)$$

Ограничение на суммарное время T^* занятия слотов выражает стремление собственников ресурсов сбалансировать доли глобальных (внешних) и локальных (внутренних) заданий. Упомянутые аспекты можно представить в таком показателе, как простой ресурсов:

$$I(\bar{s}) = T^* - T(\bar{s}), \quad (4)$$

где $T(\bar{s})$ определяется из (3).

В таблице 2 представлены относительные (нормированные) значения критериев $C(\bar{s})$, $D(\bar{s})$, $T(\bar{s})$, $I(\bar{s})$ в соответствии с (1)-(4) и значения функции $U(\bar{s})$ полезности при заданных весах критериев.

Относительные значения критериев и их веса

Таблица 2

Вариант	Набор слотов	Критерий/вес				Функция полезности $U(\bar{s})$
		$\bar{C}(\bar{s})/2$	$\bar{D}(\bar{s})/1$	$\bar{T}(\bar{s})/2$	$\bar{I}(\bar{s})/1$	
\bar{s}_1	(1,2,3)	0.29	0.71	1	0	0.55
\bar{s}_2	(2,2,2)	1	0	1	0	0.67
\bar{s}_3	(3,1,2)	1	0	1	0	0.67
\bar{s}_4	(1,2,4)	0	1	0.80	0.20	0.47
\bar{s}_5	(2,2,4)	0.43	0.57	0.40	0.60	0.47
\bar{s}_6^*	(3,2,4)	0.29	0.71	0	1	0.38*
\bar{s}_7	(2,1,3)	0.86	0.14	1	0	0.64

Генерация планов для наборов $\bar{s}_1, \dots, \bar{s}_7$ слотов выполняется методом, предложенным и обоснованным в [8].

Рассмотренный подход отличается от известных тем, что для каждого из заданий пакета отыскивается не один подходящий слот, а совокупность альтернативных наборов слотов. Планирование заданий, для которых не существует подходящих слотов, переносится в следующий цикл.

Авторы выражают благодарность Совету по грантам Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ (НШ-7239.2010.9), РФФИ (проект № 09-01-00095) и Минобрнауки за содействие выполнению данной работы в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект № 2.1.2/6718), федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт № П2227).

1. Garg S.K., Buyya R., Siegel H.J. Scheduling parallel applications on utility Grids: time and cost trade-off management, Proceedings of the 32nd Australasian computer science conference (ACSC 2009), Wellington, New Zealand. P. 151-159.
2. Bredin J., Kotz D., Rus D. Economic markets as a means of open mobile-agent systems, Proceedings of the workshop “Mobile agents in the context of competition and cooperation (mac3)”, 1999. P. 43-49.
3. Ailamaki A., Dash D., Kantere V. Economic aspects of cloud computing, Flash Informatique, Special HPC, 27 October 2009. P. 45-47.
4. Buyya R., Abramson D., Giddy J. Economic models for resource management and scheduling in grid computing, J. of concurrency and computation: practice and experience, vol. 14, no. 5, 2002. P. 1507 – 1542.
5. Ernemann C., Hamscher V., Yahyapour R. Economic scheduling in grid computing. In: Proceedings of the 8th job scheduling strategies for parallel processing, D.G. Feitelson, L. Rudolph, U. Schwiegelshohn (eds.), Springer, Heidelberg, LNCS, vol. 2537, 2002. P. 128-152.
6. Toporkov V. Application-level and job-flow scheduling: an approach for achieving quality of service in distributed computing, Proceedings of the 10th international conference on parallel computing technologies, Springer, Heidelberg, LNCS, vol. 5698, 2009. P. 350 – 359.
7. Kurowski K., Nabrzyski J., Oleksiak A., Weglarz J. Multicriteria aspects of Grid resource management. In: Grid resource management. State of the art and future trends, J. Nabrzyski, J.M. Schopf, and J. Weglarz (eds.): Kluwer academic publishers, 2003. P. 271 – 293.
8. Toporkov V.V., Tselishchev A.S. Safety scheduling strategies in distributed computing, Int. J. of Critical Computer-Based Systems, vol. 1, no. 1/2/3, 2010. P. 41-58.