

ПОЛИТИКА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ГРИД*

Березовский П.С., Коваленко В.Н.

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН;
Россия, 125047, Москва, Миусская пл. 4; тел. (095)250-79-01,
bps@keldysh.ru, kvn@keldysh.ru

1. Введение

В многозадачной среде, какой является Грид, важно обеспечить гибкую систему распределения ресурсов между заданиями, поскольку одновременно на один и тот же ресурс могут претендовать несколько заданий.

В ИПМ им. М.В.Келдыша РАН разрабатывается комплекс «Грид-диспетчер» (ГД) [1], который осуществляет планирование заданий в Грид. ГД использует при планировании оплату за задание и гарантирует запуск распланированного задания в установленные сроки, что достигается механизмом резервирования ресурсов. В ходе планирования (т.е. распределения ресурсов) решаются задачи разделения ресурсов между заданиями (т.е. на каком основании делить ресурсы между заданиями) и реализации механизмов «оплаты» пользователем использования ресурсов. Основанием для разделения ресурсов является политика (набор правил, по которым осуществляется предоставление ресурсов), которая реализует отношения между пользователями. При этом может существовать несколько механизмов реализации самой политики.

2. Политика предоставления ресурсов

В работе предлагается решение задачи «справедливого» разделения ресурсов между пользователями Грид. Под «справедливым» понимается такое разделение, при котором каждый пользователь гарантированно получает за определенный период времени ограниченное количество ресурсов, соответствующее проводимой в виртуальной организации (ВО) политике.

К политике предоставления ресурсов предъявляются следующие требования:

- политика должна определяться способом, масштабируемым по количеству объектов (пользователей и ресурсов) ВО Грид и допускать динамическую адаптацию к изменению ее состава;
- политика должна учитываться в алгоритмах диспетчеризации при обработке каждого задания: должна определяться возможность выделения заказанного количества ресурсов с учетом суммарного объема ресурсов, уже полученных пользователем.

Конкретная политика может реализовываться различными механизмами, например, с помощью квот ресурсов или на основе экономических принципов. В

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 02-01-00282 и 04-07-90299).

механизме квот общее количество ресурсов представляется, как единое целое, части которого в пропорциональных долях (квотах) распределяются между пользователями.

Во втором механизме (экономические принципы) могут использоваться экономические модели, отражающие различные способы ценообразования (торги, аукцион, биржа, договор и т.д.). Здесь вводится понятие бюджета, т.е. ограничения денег, которыми пользователь может расплачиваться за ресурсы. Смысл этого подхода в том, что на ресурсе запускается то задание, за выполнение которого предлагается большая цена, складывающаяся, например, в ходе торгов. В то же время экономические отношения могут пониматься и в упрощенном виде, когда процесс ценообразования не является динамическим (DGAS [2]).

Хотя и механизм квот, и экономический механизм решают одну и ту же задачу, а именно распределение ресурсов, все-таки между ними существуют определенные отличия. В основном это касается сущностей, участвующих в распределении ресурсов. Так, если в механизме квот распределение ресурсов происходит исключительно между пользователями (общий объем ресурсов фиксирован и поделен на квоты), то в подходе, основанном на экономике, в распределении активное участие может принимать владелец ресурса. Возможен вариант, когда именно через поставщика ресурсов (владельца) происходит распределение, так как поставщик назначает цену на использование своего ресурса и ведет переговоры с пользователями.

Также следует отметить, что при использовании экономических принципов вводится понятие бюджета, в рамках которого пользователь может распоряжаться средствами, оплачивая выполнение своих заданий. При работе с бюджетом возникает две основные проблемы: каков должен быть размер бюджета, а также, в какие моменты времени и на какую сумму его пополнять. Однако наличие бюджета дает существенные выгоды пользователю. В отличие от механизма квот, в варианте с бюджетом средства направляются на выполнение каждого отдельного задания. Поэтому, исходя из важности задания, пользователь может увеличивать плату за него, что невозможно сделать при использовании квот, так как квота выделяется не под конкретное задание, а под все задания пользователя.

3. Программные средства, поддерживающие распределение ресурсов

В качестве систем, реализующих распределение ресурсов, рассмотрим следующие программные средства: Sun Grid Engine Enterprise Edition (SGEE) [3], DataGrid Accounting System (DGAS) и «Грид-диспетчер» (ГД).

1. SGEEE

В Sun Grid Engine Enterprise Edition распределение ресурсов происходит иерархически на основе квот. Сначала квоты делятся между организациями (сообществами пользователей), а потом квоты распределяются уже внутри самих организаций между пользователями. Количество уровней иерархии может быть произвольным. Чтобы ресурсы не простаивали из-за того, что не все пользователи одновременно запускают задания, при планировании в SGEEE распределение ресурсов происходит только между активными пользователями и в зависимости от числа активных пользователей, отдельный пользователь может получать ресурсов как больше, так и меньше своей квоты. Также SGEEE имеет механизмы компенсации пере- и недопотребления.

2. DGAS

В рамках проекта DataGrid создана система учета DataGrid Accounting System (DGAS). Целью разработки этой системы является упрощение процесса распределения ресурсов с точки зрения рядового пользователя, который может не очень хорошо ориентироваться в параметрах загруженности ресурсов, но который имеет представление об общих экономических принципах. В основу реализации положены принципы реальной экономики.

Для того чтобы понять, как работает механизм разделения ресурсов, рассмотрим жизненный цикл задания от момента, как для него создается ресурсный запрос на языке спецификации JDL до того момента, когда пользователь получает результат выполнения задания. В DGAS этот процесс выглядит следующим образом:

Пользователь посылает задание Службе Управления Загрузкой, используя JDL. Информационная служба предоставляет Брокеру Ресурсов полный список ресурсов, удовлетворяющих требованиям задания. Затем Брокер получает от Службы Определения Цены для каждого ресурса стоимость выполнения на нем задания и выбирает ресурс, на котором задание выполнится за оптимальную стоимость. Оценка производится исходя из информации о задании на JDL. Заметим, что эта Оценка может сильно отличаться от конечной стоимости, которую пользователю придется заплатить в частности из-за того, что пользователь может предоставлять неполную информацию о задании.

После этого Брокер выясняет, хватит ли у пользователя средств, чтобы расплатиться и, если ответ утвердительный, то производится резервирование необходимого количества средств, иначе Брокер продолжает поиск. Резервирование осуществляется пользовательской (клиентской) компонентой Системы Учета. Затем задание посылается на вычислительную установку.

Задание запускается на вычислительной установке, и за ним непрерывно следит Служба Мониторинга. Собранная ею информация о том, сколько задание использовало ресурсов, периодически отправляется пользователю. На стороне пользователя вычисляется частичная стоимость задания. Если стоимость превышает количество средств, отведенных под текущее задание, выполнение этого задания приостанавливается, однако, в первой версии системы этого происходить не будет, невзирая на превышение стоимости. Это означает, что пользователь в какой-то степени не контролирует расход своих средств. При таких условиях могут потратиться дополнительные деньги, и баланс пользователя может стать отрицательным, что вообще не позволит пользователю какое-то время запускать задания.

После того, как задание закончится (успешно или нет), пользовательская часть Системы Учета вычислит полную стоимость задания и пошлет на Вычислительную Установку (компонента Системы Учета на стороне поставщика) средства, потраченные заданием, и разблокирует средства на счете пользователя, оставшиеся после выполнения задания.

3. Грид-диспетчер

В «Грид-диспетчере» жизненный цикл задания реализован иначе, поэтому Система учета и политика предоставления ресурсов должны учитывать специфику той постановки задачи, в рамках которой создается комплекс. Схема запуска задания в ГД выглядит следующим образом.

Через пользовательский интерфейс пользователь посылает свое задание ГД, после чего задание попадает в очередь глобальных заданий. Вместе с заданием пользователь присылает ресурсный запрос, а также плату за выполнение задания. По плате вычисляется приоритет задания, по которому все задания упорядочиваются в очереди ГД. Затем планировщик ГД находит подходящий ресурс для задания, и средствами системы Globus [4] задание запускается на выбранном узле.

В ГД при планировании для решения задачи разделения ресурсов применяется механизм, основанный на экономических принципах, когда каждый пользователь оплачивает выполнение своих заданий имеющимися у него деньгами, которые могут быть реальными или виртуальными. Политика предоставления ресурсов состоит в том, что при прочих равных условиях (требования по ресурсам, времени запуску и т.п.) ресурс отдается под задание с максимальной оплатой. Реализуется это созданием для каждого пользователя своего счета в банке с ограниченным количеством средств (бюджетом).

Экономические отношения поддерживаются Системой расчетов, на которую в своей работе опирается Планировщик ГД. Задачей Планировщика является поиск оптимального ресурса для задания пользователя. Имея ресурсный запрос для задания, Планировщик получает список цен на соответствующие ресурсы и выбирает из него самые подходящие Вычислительные Установки. После этого Планировщик выбирает из всех претендующих на ресурс заданий то, плата за которое выше. Система расчетов состоит из двух основных модулей:

1. *Модуль предоставления цены.* Планировщик использует этот модуль для получения цены на ресурсы, которая устанавливается их владельцами.
2. *«Банковская» система.* Эта система отвечает за все операции, связанные с платежами пользователя. Банк ведет учет состояния пользовательского счета, а также осуществляет необходимые банковские операции, в том числе предоставляет баланс пользователя, осуществляет кредитно-дебитовые операции, инициирует передачу средств поставщику, вычисляет промежуточную стоимость задания и др.

Система мониторинга, входящая в ГД, следит за выполнением задания на Вычислительной установке и периодически отправляет собранную информацию об использовании ресурсов пользователю (в пользовательскую часть банковской системы). Таким образом, осуществляется реальный учет используемых ресурсов.

4. Корректность расчетов

Немаловажным аспектом Системы расчетов является ее защита. Защита необходима с одной стороны для того, чтобы обезопасить пользователя от «недобросовестных» поставщиков, т.е. должен выполняться принцип «если поставщик принял задание на счет, то он должен завершить вычисления»; а с другой стороны, чтобы обезопасить поставщиков от пользователей, которые могли бы запускать несколько заданий, суммарная стоимость которых превышает баланс пользователя.

Для ГД предлагается следующее решение: чтобы уберечь пользователя, деньги на счет поставщика пересылаются не сразу, а только тогда, когда вычисления полностью завершены. С другой стороны защита поставщика обеспечивается механизмом резервирования (замораживания) средств на счете пользователя. Тем самым эти два решения гарантируют защиту обоим участникам.

Так как расчет стоимости задания носит приблизительный характер, то в результате реальная стоимость может отличаться от заранее вычисленной. При этом критичен тот случай, когда реальная цена задания превышает оценочную. В общем случае такая ситуация может возникнуть по той причине, что задание выполняется дольше, чем было предусмотрено, что приводит, во-первых, к перерасходу средств пользователя, а во-вторых, к сдвигу всех запланированных заданий, шедших после текущего. Так реализована система DGAS.

По нашему мнению первое недопустимо для пользователя, так как он должен всецело контролировать расход своих средств, ожидая некоторых гарантий со стороны поставщика (задание должно выполниться в срок за заранее обговоренную сумму). Для того чтобы избежать сдвига запланированных заданий в ГД одним из обязательных параметров, которые пользователь должен предоставить о своем задании, является время выполнения задания. По истечении указанного промежутка времени задание снимается с выполнения, а деньги перечисляются владельцу ресурса.

5. Заключение

В работе рассмотрена задача разделения ресурсов между пользователями Грид. Представлены некоторые системы, осуществляющие разделение ресурсов, основанное на квотах и экономических принципах, а также предложено решение по этому вопросу для способа планирования, применяемого в «Грид-диспетчере». В рамках предложенного решения рассмотрены следующие проблемы:

- выбор политики предоставления ресурсов
- метод реализации политики
- архитектура и функции системы расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Коваленко В.Н., Коваленко Е.И., Корягин Д.А., Любимский Э.З., Хухлаев Е.В., Шорин О.Н. Грид-диспетчер: реализация службы диспетчеризации заданий в Грид. Сборник докладов международной конференции «Распределенные вычисления и Грид-технологии в науке и образовании», Дубна, 2004, <http://gridclub.ru/library/publication.2004-12-21.1437501006>

[2]. *DataGrid*. DataGrid Accounting System http://www.infn.it/workload-grid/docs/DataGrid-01-TED-0126-1_0.pdf

[3]. Sun's Grid Computing Solutions Outdistance the Competition An Executive White Paper May 2002, http://www.sun.com/software/gridware/sge_aberdeen.pdf

[4]. The Globus Toolkit, <http://www-unix.globus.org/toolkit/>