

УДК 004.75

С.А. КУЛАНОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКА ЗАДАЧ
В GRID-СИСТЕМАХ**

Проанализированы потоки задач в GRID-системах, спецификации и стандарты, описывающие задачу и механизм ее постановки на выполнение; этапы прохождения заявки до ее завершения. Определен уровень и основные структурные элементы GRID, которые необходимо учесть для построения адекватной модели потока задач.

GRID, JSDL, GLOBUS Toolkit, gLite, GRAM, поток задач в GRID, архив потоков задач**Введение**

Характеристики потоков задач достаточно подробно исследованы в кластерных системах [1, 2], где состояние вычислительных узлов может быть определено с достаточно высокой степенью достоверности. Локальный характер вычислительных ресурсов и поступающих задач в кластерах может быть описан простыми моделями. Однако использование таких моделей для GRID-систем не представляется возможным ввиду разнородности и пространственно-временной гетерогенности участников (ресурсов, потребителей, задач) данной инфраструктуры. Зачастую, большинство GRID-систем использует упрощенные алгоритмы распределения задач или ресурсов, основанные на текущем состоянии системы.

Большинство существующих решений [3] для распределения нагрузки в GRID и повышения отказоустойчивости носят детерминированный характер, применяются «точечно» (или локально) – для конкретной части инфраструктуры и не учитывают характеристику, тип и стохастическую составляющую решаемой проблемы в целом – от этапа постановки до получения результата. Данный подход не позволяет решить проблему распределения задач в глобальном окружении с требуемым (заявленным) качеством обслуживания.

Анализ публикаций. Под GRID-системой мы

будем понимать систему, связанной с функциями интеграции, виртуализации и управления службами и ресурсами в распределенной, гетерогенной среде, которая поддерживает совокупность пользователей и ресурсов (виртуальные организации) [4].

Существует большое количество трудов, где вопрос потоков задач и их характер рассмотрен в рамках кластерных систем и параллельных суперкомпьютеров [5, 6], а также предложены их модели [7]. В [8] характеристики потока задач, такие как время поступления заявки, длина очередей были описаны марковской моделью.

Расчет экономических показателей (прибыли, затрат и т.д.), предложенный в [9] основывался на упрощенной модели теории массового обслуживания M/M/n/k [10] и не учитывал внутреннюю структуру GRID-системы.

Анализ публикаций по исследованию сетевого трафика в глобальной сети Интернет показал, что применение моделей на основе пуассоновского распределения не подходит для описания сетевых потоков [11 – 13].

С учетом [12 – 14] в [15, 16] подробно исследован процесс (временные и пространственные характеристики) поступления задач в GRID-систему на уровне виртуальных организаций.

Однако тип задач и их последовательность выполнения при построении моделей потоков в GRID

не учитывался, в одних случаях для их упрощения, в других – ввиду невозможности получения статистических данных [17].

Цель статьи – построить теоретико-множественную модель потока задач в GRID-системе с учетом ее внутренней архитектуры.

Структура статьи: определен архитектурный уровень потока задач в GRID; проанализирован тип задач и ресурсов в рамках предложенной модели; описаны структурные компоненты GRID, взаимодействующие с потоком заявок с момента их постановки на выполнение до момента получения результата; рассмотрены стандарты, описывающие GRID-систему.

Поток задач в GRID

Под задачей j будем подразумевать неделимую базовую сущность последовательно выполняемых шагов, направленных на получение результата. Совокупность задач j_i (где i – количество задач, целое неотрицательное число), направленных на решение одной глобальной проблемы, формирует глобальную задачу $J = \{j_i\}$. Часто такой подход используется в GRID, причем последовательность шагов выполнения j задается на этапе их постановки и определяется в терминах GRID как поток (workflow). Успехом выполнения глобальной задачи считается совокупность успехов или положительных результатов всех j_i , определенных в рамках J .

Для выполнения задачи J необходима совокупность ресурсов $R = \{r_i\}$. Таким образом, формально поток задач в GRID с учетом рассмотренных компонентов можно описать следующим образом:

$$W_m = \{J, R, Q, F_s\}, \quad (1)$$

где W_m – поток задач; J – глобальная задача; R – совокупность ресурсов необходимых для решения задачи J ; Q – требования, предъявляемые к качеству обслуживания (решения) задачи J ; F_s – функция, описывающая стохастическую зависимость ресурсов и задач.

Архитектура GRID

Для построения адекватной модели потока задач необходимо описать архитектурный уровень GRID, формирующий этот поток и влияющий на процесс его протекания.

Архитектура GRID имеет достаточно сложную структуру и для достижения интероперабельности, существует достаточно большой стек программного обеспечения, позволяющий связывать ресурсы системы, не вдаваясь в подробность нижележащих протоколов. Такой стек будем называть вертикальной архитектурой GRID (рис. 1).

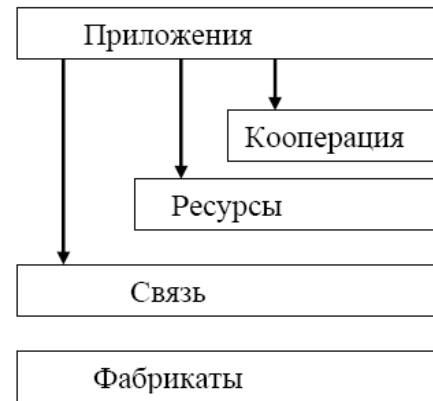


Рис. 1. Вертикальная архитектура GRID

Под горизонтальной архитектурой будем понимать совокупность сервисов (ресурсов), размещенных на уровне приложений (Application) (рис. 2).

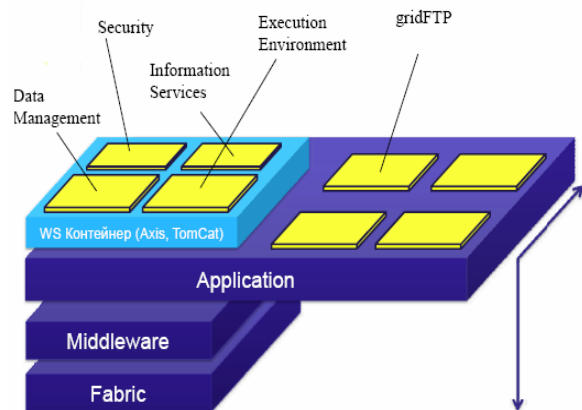


Рис. 2. Горизонтальная архитектура GRID

В дальнейшем, при построении модели потока задач, будем считать, что все компоненты GRID

взаимодействуют на уровне приложений и не зависят от нижележащих протоколов.

Основным стандартом, описывающим сервис-ориентированную архитектуру GRID-системы, является Open Grid Services Architecture (OGSA) [18], которая определяет основные службы, функционирующие на уровне приложений:

- Execution Management services;
- Data services;
- Resource Management services;
- Security services;
- Information services;
- Self-management services.

Зачастую, последняя группа служб (Self-management), интегрируется в оставшиеся пять и в явном виде стандарт [18] не требует ее отдельной реализации в GRID.

Таким образом, при построении потоковой модели задач необходимо учитывать компоненты уровня приложений, реализующие следующие службы: исполнения (Execution); управления ресурсами (Resource management) и данными (Data management); мониторинга (Information) и безопасности (Security).

Кроме самих служб поток заявок формируется в совокупности с набором данных, направленных для обработки, и результатом, получаемым по окончании расчетов.

Таким образом, модель потока задач (1) необходимо расширить за счет введения типов ресурсов, определенных нами выше. В этом случае сервисы GRID представим как R_s , входные данные для обработки – R_{di} , а результат – R_{do} :

$$R = \{R_s, R_{di}, R_{do}\}, \quad (2)$$

где R – совокупность ресурсов, необходимых для решения задачи J ; R_s – сервисы GRID; R_{di} – входные данные; R_{do} – выходные данные.

При этом очень важно учесть в модели составляющую R_{do} , так как результаты могут быть получены на удаленном узле и будут нуждаться в перемещении.

Тип задач

Тип задачи будем определять на основании требований, предъявляемых задачей к ресурсам, а также характера потока заявок в рамках глобальной задачи J .

Для постановки задачи на выполнение в GRID используются механизмы ее описания. На сегодняшний день языком описания задач в GRID де-факто является Job Submission Description Language (JSDL) [19], который позволяет определить основные параметры среды исполнения (тип задачи, источник/приемник входных/выходных данных, требования к переменным окружения, архитектура процессора, объем памяти, операционная система и т.д.). Структурно взаимодействие задачи и компонентов GRID представлено на рис. 3 [19].

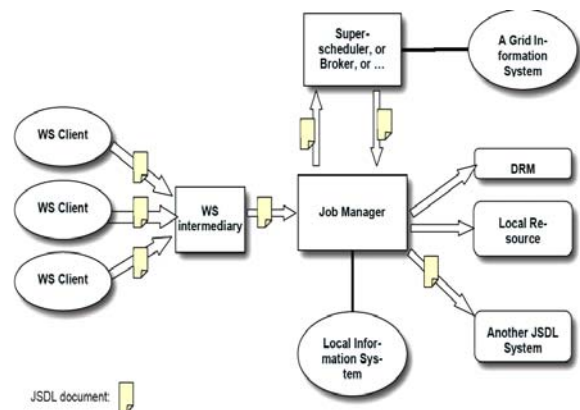


Рис. 3. Описание взаимодействие потока задач и компонентов GRID с помощью JSDL

Таким образом, на основании анализа спецификации JSDL [19] необходимо учесть два типа задач в модели потока (1): по порядку выполнения глобальной задачи (J_w) – параллельный, последовательный; по типу приложения (J_r) – MPI, PBS, MPICH и т.д. [19, 20].

На основе типа задач расширим формальное описание модели глобального потока задач, приведенного в (1):

$$J = \{J_w, J_r\}, \quad (3)$$

где J – глобальная задача; J_w – порядок выполнения потока задач; J_r – тип задачи.

Модель потока задач

С учетом дополнений (2), (3) итоговую модель потока задач можно формально описать в следующем виде:

$$W_m = \{\{J_w, J_r\}, \{R_s, R_{di}, R_{do}\}, Q, F_s\}, \quad (4)$$

Параметр Q в (4) является комплексным, формируется на этапе постановки задачи и описывает требования, предъявляемые к составляющим потока задач. Например, выполнить задачу J в максимально короткие сроки, в этом случае потоку может быть присвоен повышенный приоритет или выделен дополнительный ресурс R_s .

Параметр F_s в (4) является одним из ключевых и описывает функциональную зависимость между любыми компонентами, представленными в потоковой модели. Эта зависимость характеризует стохастическую составляющую компонентов модели и позволяет определить такие параметры потока как пропускная способность, длина очереди обслуживания, время простоя компонента или системы в целом, вероятность отказа и т.д.

Выводы

Таким образом, нами была предложена модель потока задач в GRID-системе (4), которая учитывает компоненты, расположенные на уровне приложений, их временную и пространственную составляющую и стохастический характер взаимодействия. На основании анализа спецификаций и стандартов в сфере GRID-технологий, выделено два типа задач (2) и три класса ресурсов (3).

В дальнейшем необходимо провести анализ стохастических характеристик потока задач и обслуживающих компонентов. На основании анализа уточнить и описать параметры Q и F_s предложенной модели (4). Построить имитационную модель с использованием инструментария GSSIM [22]. Проанализирован параметр F_s с использованием математического аппарата теории массового обслуживания и описать его для различных состояний задач и ресурсов.

Литература

1. Sahoo R., Sivasubramaniam A., Squillante M., Zhang Y. Failure Data Analysis of a Large-Scale Heterogeneous Server Environment // In Proc. of the Int. Conf. on Dependable Systems and Networks (DSN). – Florence, Italy. – June 2004. – P. 772-781.
2. Zhang Y., Squillante M., Sivasubramaniam A., and Sahoo R. K. Performance implications of failures in large-scale cluster scheduling // In 10 Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing. – New York NY, USA. – 2004. – P. 233-252.
3. Limaye K., Leangsuksun C., Greenwood Z., Scott S. L., Engelmann C., Libby R., and Chanchio K. Jobsite level fault tolerance for cluster and grid environments // In Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster), Boston, USA. – September 26-30, 2005. – P. 1-9.
4. Stockinger H. Defining the grid: a snapshot on the current view // The Journal of Supercomputing, vol. 42. – 20-10-2007. – P. 3-17.
5. Feitelson D. G. Workload modeling for performance evaluation // In M. C. Calzarossa and S. Tucci, editors, Performance Evaluation of Complex Systems: Techniques and Tools, Springer, Lect. Notes Comput. Sci. vol. 2459. – 2002. – P. 114-141.
6. Li H., Groep D., Wolters L. Workload characteristics of a multi-cluster supercomputer // In International Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, vol. 3277 of Lecture Notes in Computer Science, Springer. – 2005. – P. 176-193.
7. Lublin U., Feitelson D. G. The workload on parallel supercomputers: modeling the characteristics of rigid jobs // Journal Parallel & Distributed Comput. 63(11). – Nov 2003. – P. 1105-1122.
8. Song B., Ernemann C., and Yahyapour R. Parallel computer workload modeling with markov chains // In International Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, vol. 3277 of Lecture Notes in Computer Science, Springer. – 2004. – P. 47-62.
9. Куланов С.А., Харченко В. С. Применение

математического аппарата теории систем массового обслуживания для оценки стоимостных показателей grid-систем // Вестник Харк. нац. ун-та., – 2007. – № 780. Сер. "Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления", вып. 8. – С. 143-150.

10. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания // М. Машиностроение. – 1979. – С. 432.

11. Leland W. E., Taqqu M., Willinger W., Wilson D. V. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic // Proc. SIGCOM93, San Francisco, California. – 1993. – P. 183-193.

12. Paxson V., Floyd S. Wide-area Traffic: The Failure of Poisson Modeling // IEEE/ACM Transactions on Networking. – June 1995. – P. 226-244.

13. Zhu X., Jie Yu, Doyle J. Heavy tails, generalized coding, and optimal Web layout // INFOCOM 2001. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, Vol. 3. – 2001. – P. 1617-1626.

14. Li H. Workload dynamics on clusters and grids // Technical Report 2006-04, Leiden Institute of Advanced Computer Science, Leiden University, 2006.

15. Li H., Muskulus M. Analysis and modeling of job arrivals in a production grid // ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, v.34 n.4. – March 2007. – P.59-70.

16. Li H., Muskulus M., Wolters L. Modeling Long Range Dependent and Fractal Job Traffic in Data-

Intensive Grids // Technical Report TR No. 2007-03, Leiden Institute of Advanced Computer Science, April 2007.

17. Li H., Groep D., Wolters L., Templon J. Job Failure Analysis and Its Implications in a Large-scale Production Grid // In proceedings of 2nd IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing, Amsterdam, The Netherlands, Dec 4 - 6, 2006. IEEE Computer Society Press. – 2006. – P. 27.

18. Foster I., Kishimoto H., Savva A., Berry D., Grimshaw A., Horn B., Maciel F., Siebenlist F., Subramaniam R., Treadwell J., Von Reich J. The Open Grid Services Architecture, Version 1.5. – 24 July 2006.

19. Anjomshoaa A., Brisard F., Drescher M., Fellows D., Ly A., McGough S., Pulsipher D., Savva A.. Job Submission Description Language (JSDL) Specification, Version 1.0. – 7 November 2005.

20. Humphrey M., Smith C., Theimer M., Wasson G. JSDL HPC Profile Application Extension, Version 1.0. – August 28, 2007.

21. Savva A. JSDL SPMD Application Extension, Version 1.0. – August 28, 2007.

22. Kurowski K., Nabrzyski J., Oleksiak A., Weglarz J. Grid Scheduling Simulations with GSSIM // ICPADS'07. Hsinchu, Taiwan. – December 5-7, 2007.

Поступила в редакцию 12.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.