

УДК 519.872

## ВОЗМОЖНЫЕ СЛОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНУТЫХ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**А.И. Мартышкин**

кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: [Alexey314@yandex.ru](mailto:Alexey314@yandex.ru)

**Аннотация** В статье рассматриваются проблемы аналитического моделирования многопроцессорных систем с помощью аппарата замкнутых сетей массового обслуживания, а также пути их возможного решения с помощью современной Grid-технологии. Проводится обзор данной технологии с целью последующей модернизации и оптимизации ранее написанной программы и проведения дальнейших исследований на базе вычислительного кластера.

*Ключевые слова:* аналитическое моделирование, замкнутая сеть массового обслуживания, математическое моделирование, вычислительный кластер, Grid-система.

## POSSIBLE DIFFICULTIES AND PROBLEMS OF ANALYTICAL MODELING IN THE CALCULATION OF PROBABILITY-TIME CHARACTERISTICS OF CLOSED QUEUEING NETWORKS

**A.I. Martyshkin**

Ph.D., Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO "Penza State Technological University", Penza, Russia, e-mail: [Alexey314@yandex.ru](mailto:Alexey314@yandex.ru)

**Abstract.** The article deals with the problems of analytical modeling of multiprocessor systems using the device closed queueing networks, as well as ways of their possible solution with the help of modern Grid-technology. This technology is reviewed with the aim of further modernization and optimization of the previously written program and further research on the basis of the computing cluster.

*Keywords:* analytical modeling, closed queueing network, mathematical modeling, computing cluster, Grid system.

**Введение.** При расчете характеристик моделей многопроцессорных вычислительных систем с использованием математического аппарата за-

мкнутых стохастических сетей массового обслуживания возникает проблема недостаточности вычислительных ресурсов для быстрого анализа полученных характеристик.

**Цель работы.** Данная проблема возникает из-за огромного числа вероятностей состояний модели (1). Если число  $M$  – число заявок в модели,  $n$  – число СМО в модели.

$$\Pr(M_1, \dots, M_n) = \frac{\prod_{j=1}^n R_j(M_j)(\alpha_j \varrho_j)^{M_j}}{\sum_{A(M,n)} \prod_{j=1}^n R_j(M_j)(\alpha_j \varrho_j)^{M_j}} \quad (1)$$

Эта задача становится весьма трудоемкой уже при  $n > 3$  [2].

Наиболее актуальным, эффективным и рациональным решением является использование Grid-систем.

**Материал и результаты исследований.** Grid - это географически распределенная инфраструктура или система, которая координирует использование мировых ресурсов при отсутствии централизованного управления этими ресурсами; использует стандартные и универсальные протоколы и интерфейсы; обеспечивает высококлассное обслуживание; доступ к ресурсам пользователь может получить из любой точки, независимо от места их расположения с использованием безопасных протоколов и инструментов однократной аутентификации в системе [10].

Grid-система решает две проблемы:

1. Создание распределенных вычислительных систем сверхвысокой пропускной способности из серийно выпускаемого оборудования работающего в гетерогенных средах, т.е. из разных аппаратно-программных платформ, содержащих компьютеры разных классов, при одновременном повышении эффективности имеющегося парка вычислительной техники путем предоставления в Grid временно простаивающих ресурсов. Хорошо известно, что Россия активно участвует в крупнейшем международном проекте по физике высоких энергий - создании большого адронного коллайдера LHC в CERN (Швейцария). Базовые параметры такие - процессорная мощность примерно 200 Терафлопс ( $2 \times 10^{14}$  операций в секунду), объем дисковой памяти - десятки и сотни Петабайт ( $10^{16}$  байт) [6].

2. Создания широкомасштабных систем мониторинга, управления, комплексного анализа и обслуживания с глобально распределенными источниками данных, способных поддерживать жизнедеятельность государственных структур, организаций и корпораций [9].

Grid-технологии можно использовать не только для решения сложных научных, производственных и инженерных задач, которые невозможно решить в разумные сроки на отдельных вычислительных установках, но и для решения собственных производственных задач предприятий [5].

Применение Grid может дать новую интерпретацию и качественно новый уровень в решении следующих классов задач [1]:

- массовая обработка потоков данных большого объема [7];
- многопараметрический анализ данных;
- моделирование на удаленных суперкомпьютерах;
- реалистичная визуализация больших наборов данных [8];
- сложные бизнес-приложения с большими объемами вычислений.

Grid-системы являются качественным развитием систем распределенных вычислений, которые основаны на наиболее целесообразном использовании ресурсов. Поскольку определение Grid-технологии носит весьма общий характер, компании реализуют ее самыми разными способами. Так, Sun Microsystems продвигает ПО для создания Grid-кластеров и уже имеет более 6000 заказчиков. Фирмы Entropia, United Devices и др. концентрируются на построении Grid-сетей из ПК. IBM делает упор на применении этой технологии для развития Web-сервисов и автономных самоуправляющихся систем. SGI предлагает пользователям совместно работать в дистанционном режиме над большими наборами трехмерных изображений. Platform Computing, пионер в данной области, выпускает средства для построения неоднородных корпоративных Grid-систем, обладающих широкими возможностями совместного использования ресурсов и управления. Однако, несмотря на явные различия, все эти предложения воплощают общую идею: включение компьютеров разного типа в единую систему для совместного использования ресурсов с целью повышения общей производительности и масштабируемости и предоставления пользователям возможности коллективной работы с данными [6].

Как инструментальное средство для организации кластера и проведения дальнейших исследований в выбранном направлении, при этом учитывается, что ранее созданная программа расчета написана на языке программирования Java, предполагается использовать Sun N1 Grid Engine 6 ([www.sun.com](http://www.sun.com)). Sun N1 Grid Engine 6 предоставляет механизмы динамического распределения загрузки высокопроизводительных вычислительных систем и различные методы управления этими механизмами. N1 Grid Engine 6 позволяет объединить совокупность серверов и рабочих станций, связанных сетью, в grid-систему, обеспечивает доступ пользователей к системе и предоставляет интерфейсы управления и администрирования. Вычислительные задачи распределяются в grid-системе в соответствии с необходимыми для их выполнения ресурсами, требованиями пользователей и административной политикой. N1 Grid Engine 6 сохраняет информацию об использовании ресурсов, что позволяет определить, какие ресурсы были использованы в процессе выполнения задачи, и кто их использовал. N1 Grid

Engine 6 дает возможность существенно снизить затраты ресурсов на администрирование grid-системы. Таким образом, в зависимости от того, насколько оптимально распределена загрузка, общая утилизация ресурсов может приближаться к 100%.

В настоящее время активно продолжается разработка стандартов. Этим занимаются организации Global Grid Forum ([www.gridforum.org](http://www.gridforum.org)) и Globus Project ([www.globus.org](http://www.globus.org)), объединяющие научные учреждения, занятые развитием гетерогенных сетей. Они работают над стандартом Open Grid Services Architecture (OGSA), который предусматривает встраивание в Grid-системы средств поддержки языка XML и будущих стандартов Web-сервисов. Обе технологии направлены на поддержку взаимодействия разнородных платформ и отлично дополняют друг друга. Подготовка спецификации OGSA подходит к концу, и скоро первая версия поступит на утверждение в Global Grid Forum. Чтобы облегчить разработку OGSA-совместимых продуктов, группа Globus Project выпустила предварительную версию инструментального набора Globus Toolkit 3.0, поддерживающего OGSA. Предполагается, что в окончательном виде он появится уже в ближайшее время. Этот набор, распространяемый бесплатно с открытым исходным кодом, помогает компаниям реализовывать стандарт OGSA в Grid-продуктах.

Специалисты возлагают на него большие надежды, утверждая, что OGSA и Globus Toolkit 3.0 имеют такое же важное значение для Grid, какое протокол TCP/IP имел для Интернета. О намерении обеспечить совместимость продуктов с OGSA объявили многие ведущие поставщики Grid-систем: Avaki, HP, IBM, Oracle, SGI, Platform Computing и др.

Концепция Grid, ранее применявшаяся исключительно для научных и исследовательских целей, обретает сторонников среди производителей коммерческих продуктов:

- Microsoft. Поддерживает группу Globus Project, которой выделила 1 млн. долл. для обеспечения совместимости инструментария Globus Toolkit с системами Windows и .Net.
- IBM. Обещает включить средства поддержки Grid во все продукты для корпоративных сетей; продвигает будущий стандарт OGSA, позволяющий объединить Grid с Web-сервисами. Недавно выпустила десять пакетов, охватывающих практически все существующие разновидности Grid-систем, от кластеров до глобальных сетей.
- Sun. Распространяет инструментарий распределенного администрирования Sun Grid Engine.
- Platform Computing. Специализируется на разработке Grid-продуктов для предприятий, объединяющих платформы Unix, Windows и Linux.

- Avaki. Предлагает независимый от платформ продукт Avaki 2 для создания корпоративных Grid-систем.
- DataSynapse. Продает продукт LiveCluster, интегрируемый с Unix, Windows и Linux и предназначенный для сферы финансов и энергетики.
- Entropia. Продвигает основанный на Windows продукт DCGrid для объединения ПК.
- HP. Продолжает начатую Compaq программу Grid Computing Solutions, направленную на выпуск программного и аппаратного обеспечения и предоставление услуг, предназначенных для пользователей, желающих совместно работать с вычислительными ресурсами.

На данный момент Grid-технология продолжает дополняться стандартными протоколами, всевозможными вспомогательными средствами: защитой данных и коммуникаций, мощными механизмами аутентификации, универсальными форматами данных (здесь большие надежды возлагаются на XML), методами управления распределением ресурсов, учета потребления ресурсов пользователями и приложениями, обработки отказов и распределенного администрирования.

**Вывод.** Многие специалисты считают, что Grid произведет такую же революцию в области вычислительной обработки, какую сеть Интернет произвела в сфере коммуникации. Кроме того, в ближайшем будущем требуется большое количество программистов, которые будут адаптировать различные приложения в среду Grid, следовательно, опыт проводимых исследований в данной области пригодится при подготовке новых специалистов.

Использование данной технологии позволит получить за очень короткий промежуток времени больше аналитических данных по построенным моделям, даст возможность использовать вычислительные ресурсы для оптимизации этих моделей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.: ил. – (Серия «Классика computer science»).
2. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
3. Мартышкин А.И. Анализ вероятностно-временных характеристик подсистемы "Процессор-память" многопроцессорных систем с использованием замкнутых сетей массового обслуживания / А.И. Мартышкин, Д.С. Мартенс-Атюшев, Д.А. Полетаев, А.А. Зоткина // ADVANCED SCIENCE: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3 частях. – 2017. – С. 158-161.
4. Мартышкин А.И. Программный комплекс для имитационного моделирования диспетчеров задач многопроцессорных систем с использованием приоритетных сетей

массового обслуживания / А.И. Мартышкин, Р.А. Бикташев, Н.Г. Востоков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2155-2159.

5. Журнал Радиоэлектроники №12, 2002. Сервисы GRID, как объекты стандартизации.

6. Журнал PCWeek №5(371), Компьютерная неделя, М.: 2003.

7. Chervenak, A., Foster, I., Kesselman, C., Salisbury, C. and Tuecke, S. The Data GRID: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Data Sets. J. Network and Computer Applications, 2001.

8. Childers, L., Disz, T., Olson, R., Papka, M.E., Stevens, R. and Udeshi, T. Access GRID: Immersive Group-to-Group Collaborative Visualization. In Proc. 4th International Immersive Projection Technology Workshop, 2000.

9. Czajkowski, K., Fitzgerald, S., Foster, I. and Kesselman, C. GRID Information Services for Distributed Resource Sharing, 2001.

10. Butler, R., Engert, D., Foster, I., Kesselman, C., Tuecke, S., Volmer, J. and Welch, V. Design and Deployment of a National-Scale Authentication Infrastructure. IEEE Computer, 33(12):60-66. 2000.

УДК 004.451

## СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**А.И. Мартышкин**

кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: [Alexey314@yandex.ru](mailto:Alexey314@yandex.ru)

**Аннотация** В статье рассматриваются современные концепции и направления развития операционных систем для встроеного применения.

*Ключевые слова: встраиваемая система, операционная система, аппаратная часть, программная часть, вычислительная система.*

## MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF EMBEDDED OPERATING SYSTEM

**A.I. Martyshkin**

Ph.D., Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO "Penza State Technological University", Penza, Russia, e-mail: [Alexey314@yandex.ru](mailto:Alexey314@yandex.ru)

**Abstract.** The article deals with modern concepts and trends in the development of operating systems for embedded applications.

*Keywords: embedded system, operating system, hardware, software, computer system.*