СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

JIN

P11-2001-58

В.В.Кореньков, В.В.Мицын, Е.А.Тихоненко

КОНЦЕПЦИЯ **GRID**: НА ПУТИ К ГЛОБАЛЬНОМУ ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЩЕСТВУ XXI ВЕКА

Fermilab Library
0 1160 0092149 8

FERMILAB
DEC 3 2001
LIBRARY

2001

1. ВВЕДЕНИЕ

Последние десять лет исследований и достижений в области метакомпьютинга и сетевых технологий создали определенную базу для глобального объединения вычислений и высокоскоростных сетей связи. На основе всех имеющихся достижений в сетевых и информационно-вычислительных технологиях, а также с учетом тенденций роста потребностей в компьютерных ресурсах во всем мире была сформулирована концепция GRID [1]. В рамках данной работы мы делаем попытку в очень сжатой форме отразить суть данной концепции и проиллюстрировать ее на нескольких конкретных примерах уже реализуемых в мире проектов, а также осветить вопросы организации компьютинга для планируемых экспериментов физики высоких энергий в контексте применения grid-технологий.

GRID - это зарождающаяся инфраструктура, которая может кардинально изменить наши привычные представления о компьютинге. Предполагается, что grid-структуры смогут объединить региональные и национальные вычислительные компьютерные инфраструктуры для создания всеобщего ресурса вычислительной мощности.

Само название "grid" было выбрано по аналогии с электрическими сетями (power grid), в которых обеспечивается всеобщий доступ к электрической мощности и которые оказали огромное влияние на человеческие возможности и общество. Как и в электрических сетях, предполагается интегрировать большой объем географически удаленных ресурсов. Если доступ к вычислительным grid-структурам будет всеобщим, надежным, постоянным и согласованным, а также недорогим, то предполагается, что их влияние на развитие компьютинга и, в конечном итоге, на общественное развитие будет революционным. Можно определить GRID как компьютерную инфрастуктуру будущего и как основной фундамент в создании глобального информационного общества XXI века.

Эволюционные изменения в технологии интеграции сверхвысокого уровня (VLSI) и микропроцессорной архитектуре приведут, как это прогнозируется, к увеличению вычислительных мощностей в 10 раз в ближайшие 5 лет и в 100 раз в последующие 10 лет. Уже сегодня в США возможности рядовых пользователей, подключенных к цифровым каналам связи с предоставлением комплексных услуг, сравнимы с теми возможностями, которыми обладали американские суперкомпьютерные центры 10 - 15 лет назад.

Технологическое обоснование создания вычислительных grid-инфраструктур базируется на уже существующих хорошо развитых волоконно-оптических сетях, микропроцессорах с высоким быстродействием, параллельных компьютерных архитектурах, протоколах связи, математическом обеспечении распределенных структур, механизмах безопасности и методах электронной коммерции. Воплощение вычислительных grid-структур в жизнь потребует серьезных исследований и разработок во всех перечисленных выше отраслях вычислительной техники.

2. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ТИПЫ GRID-СТРУКТУР

В настоящий момент специалисты по вычислительной технике США выделяют несколько категорий потенциальных пользователей grid-инфраструктур. Это и специалисты по вычислительной технике, и ученые-экспериментаторы, и научные ассоциации, и промышленные корпорации. Grid необходим для глобального решения проблемы охраны окружающей среды, для целей обучения и образования. Неизбежным видится скорое проникновение grid из научно-исследовательской сферы в бытовую, что послужит в конечном итоге основой глобального информационного общества XXI века

Как основные направления grid на данный момент можно выделить:

- распределенный суперкомпьютинг (**Distributed Computing**) - очень крупные проблемы, требующие огромного количества процессорного времени, памяти и т.д.;
- технологию эффективного использования ресурсов для небольших задач (**High-Throughput Computing**) - "высокопоточные" вычисления, когда используются простаивающие компьютерные ресурсы;
- вычисления "по требованию" (**On-Demand Computing**) - крупные расчеты, носящие "разовый" характер;
- вычисления с привлечением больших объемов распределенных данных (**Data-Intensive Computing**) (например, в метеорологии, астрономии, физике высоких энергий) и
- коллективные приложения (**Collaborative Computing**).

Можно также выделить несколько типов будущих grid-структур:

- национальные grid - как стратегические сервисы на государственном уровне, незаменимые в период кризисов и стихийных бедствий, а также полезные для решения проблем национальной безопасности, долговременных государственных программ и государственного планирования;
- частные grid - как менее крупные структуры в отдельной прикладной области, например, в медицине;
- виртуальные grid, направленные на реализацию крупных научных проектов и характеризующиеся наибольшей географической разобщенностью, динамичностью членства и недостатком централизованного планирования, и
- публичные grid, относящиеся к области рыночной экономики и отвечающие нуждам как отдельных потребителей, так и производителей продукции, а также потребностям банковской сферы.

Можно довольно определенно разграничить классы пользователей grid-структур: от конечных собственно пользователей и системных администраторов grid-ресурсов до разного уровня разработчиков, организующих саму базовую структуру и grid-сервисы, а также создающих наборы инструментальных средств и grid-приложения.

Определение вычислительной grid-инфраструктуры как распределенной программно-аппаратной компьютерной среды, в которой организован функционально-надежный, согласованный, устойчивый и недорогой доступ к конечным вычислительным ресурсам, следует раскрыть более подробно:

- Под **функциональной надежностью** понимается предоставление гарантий пользователю в том, что он будет иметь длительный предсказуемый доступ к ресурсам всех компонент, составляющих grid. Т.е. конечный пользователь должен иметь полную информацию о всех характеристиках производительности grid-системы , включая полосу пропускания канала связи, времена задержек, искажения, производительность компьютеров, сервисы математического обеспечения, безопасность и надежность системы.

- **Согласованность** grid-сервисов предполагает стандартизацию всех сервисов, интерфейсов, а также способов работы пользователей.

- **Устойчивость** доступа как возможность иметь постоянный доступ к ресурсам не означает некий универсальный доступ. Доступ будет возможен лишь в случае некоего формального подключения к grid-сервисам с последующей оплатой услуг (подобно использованию услуг электрических сетей).

- **Недорогой доступ** к grid-инфрастуктурам будет возможен лишь в том случае, если grid обретет действительно широкое признание, распространение и использование. Этот аспект является очень существенным: достаточно вспомнить возникновение и развитие INTERNET, разработанного для сети ARPA в США в начале 70-х годов в военных целях и получившего всемирное распространение только в 90-х годах, когда его использование стало коммерчески-выгодным.

3. МОДЕЛИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Как потенциальные модели программирования можно упомянуть

- дейтограммное и потоковое взаимодействие,
- разделение памяти,
- многопоточность,
- параллелизм данных,
- передачу сообщений,
- объектно-ориентированные приложения,
- удаленные вызовы процедур,
- эффективное использование ресурсов,
- управление группами процессов

- и программы-агенты.

Организация моделей ввода/вывода, управления ресурсами и обеспечения безопасности будет различна для разных уровней grid-архитектуры, а именно: уровня конечной системы, кластерного уровня и уровней Intranet и Internet.

Важнейшей компонентой при создании grid становится **middleware** (программное обеспечение промежуточного слоя; промежуточное программное обеспечение), которое будет обеспечивать безопасный доступ к данным большого объема в универсальном пространстве имен, перемещать и тиражировать (реплицировать) данные с высокой скоростью из одного географически удаленного узла (сайта) на другой и организовывать синхронизацию удаленных копий.

Архитектура grid с точки зрения программного обеспечения представлена на рис. 1.

4. GRID И ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Физика частиц всегда способствовала значительному прогрессу компьютерных технологий. Примером тому может служить Всемирная паутина - WWW, созданная именно в CERN. Продолжая эту традицию, физика частиц скоро предоставит широкие возможности для испытаний grid-систем - мощных управляемых распределенных систем информации.

На ускорителе LHC [2] в CERN на четырех планируемых экспериментальных установках (CMS, ATLAS, ALICE и LHCb) после запуска ускорителя и установок (т.е. после 2005 года) ежегодно будут получать огромные объемы данных - порядка нескольких Петабайт (1 Петабайт равен 10^{15} байт), а перечисленные выше эксперименты рассчитаны на период 15–20 лет. Поскольку обработка данных такого масштаба является пока беспрецедентной, требуются специальные усилия для создания средств организации хранения данных и последующего доступа к ним с целью анализа и обработки данных.

Модель для организации исследований подобного рода сочетает в себе два аспекта современной grid-технологии: вычислительного и информационного (Computational Grid и Data Grid).

Для организации компьютинга для LHC международным проектом MONARC [3] (Models Of Networked Analysis at Regional Centres for LHC Experiments) была предложена некоторая иерархическая grid-структура вычислительных центров, включающая в себя вычислительные центры пяти уровней, каждый с разным объемом ресурсов и различными возможностями.

Для практической реализации таких распределенных центров к настоящему времени в мире организовано несколько крупных проектов, направленных на создание grid-структур, ориентированных на организацию компьютинга для LHC.

Так, например, в 2000 году получил финансирование Европейского сообщества европейский проект EU Data Grid [4] для физики высоких энергий, биоинформатики и системы наблюдений за Землей. Общим во всех этих исследованиях является разделение данных с точки зрения информации и баз данных, распределенных по Европе и иным континентам; основной целью является улучшение эффективности и скорости анализа данных посредством интеграции глобально-распределенных процессорной мощности и систем хранения данных, доступ к которым будет характеризоваться динамическим распределением данных по grid-инфрастуктуре, что предполагает управление репликацией и кэшированием.

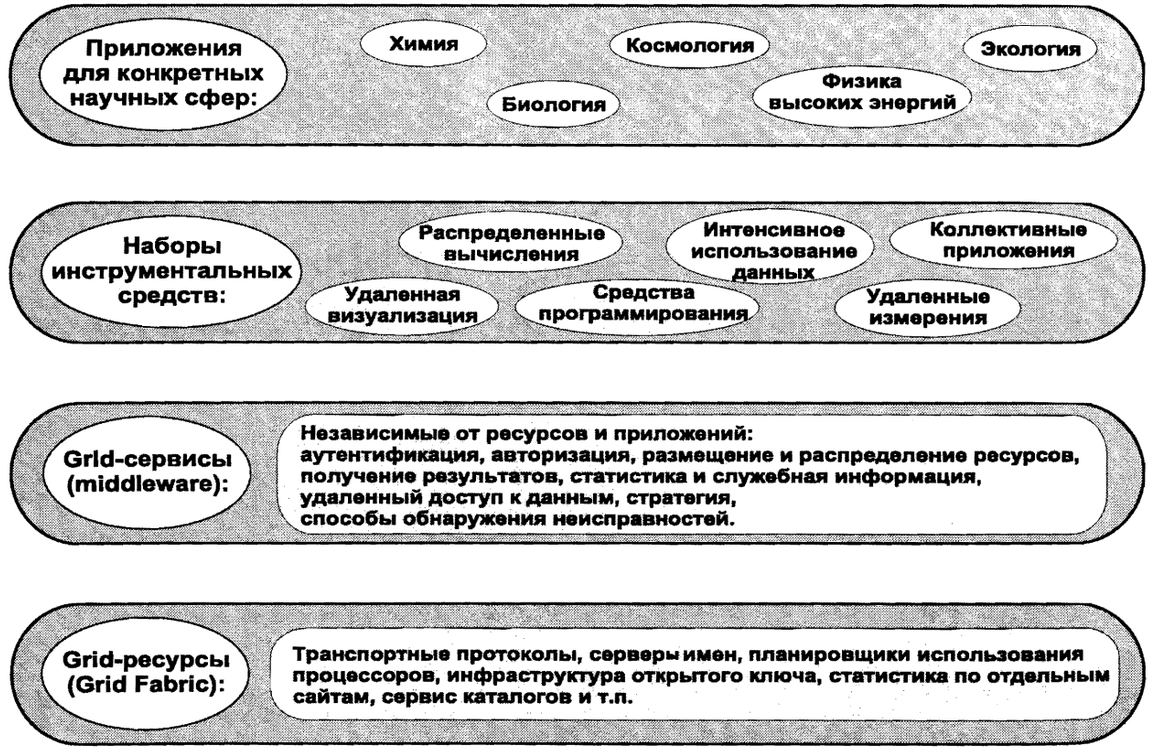

Рис. 1: Grid-архитектура с точки зрения программного обеспечения.

Европейский проект Data Grid является комплексным проектом, в который вовлечено множество организаций, специалистов по программному обеспечению и ученых. Архитектура создаваемой grid-инфраструктуры должна быть достаточно простой, гибкой, масштабируемой, предполагающей быстрое создание прототипов и, конечно, отвечающей требованиям распределенного функционирования. Проект включает в себя несколько рабочих пакетов:

- создание приложений для всех отраслей (физики высоких энергий, биологии и наблюдения Земли) по осуществлению прозрачного доступа к распределенным данным и предоставлению высокопроизводительных вычислительных ресурсов;
- управление рабочей загрузкой (распределенное планирование и управление ресурсами);
- управление данными (создание интегрированного инструментария и инфраструктуры промежуточного слоя для согласованного управления и разделения объемов информации Петабайтного порядка в grid-среде с эффективным использованием ресурсов);
- мониторинг (как доступ к статусной информации и информации об ошибках в grid-среде);
- управление вычислительными структурами на кластерах, состоящих из тысяч вычислительных узлов;
- создание виртуальной частной сети, объединяющей вычислительные ресурсы и ресурсы данных, участвующие в отладке grid-инфрастуктуры;
- управление массовой памятью (создание глобального grid-интерфейса к существующим системам управления массовой памятью (Mass Storage Management Systems - MSMS)).

За основу промежуточного программного обеспечения (middleware) выбран набор инструментальных средств Globus [5].

В качестве другого примера хотелось бы остановиться на американском проекте GryPhiN (Grid Physics Network) [6], который также получил финансирование в 2000 году. В рамках этого проекта в США намечено постепенное создание так называемых региональных центров 2-го уровня (согласно классификации, предложенной проектом MONARC) для нескольких научных экспериментов: SDSS, LIGO, CMS и ATLAS. Эти эксперименты справедливо называют научными экспериментами нового поколения, поскольку в этих экспериментах на новом уровне сложности будут исследоваться фундаментальные силы природы и структура Вселенной. В течение двух десятилетий на ускорителе LHC на нескольких отдельных крупных физических установках (CMS, ATLAS, ALICE и LHCb) будет проводиться исследование взаимодействия частиц с целью поиска новых физических явлений и частиц. Примерно столько же лет на LIGO будут регистрироваться и анализироваться космические гравитационные волны высокоэнергетических природных объектов. Проект SDSS предполагает крупномасштабную космическую съемку для создания наиподробнейшего каталога астрономических данных. Все перечисленные эксперименты характеризуются широчайшей географической разобщенностью нескольких тысяч участников этих проектов. Задачи, которые поставлены в

этих экспериментах, являются беспрецедентными в истории науки и общества с точки зрения их практической реализации, поскольку потребуется:

- отделять очень малые полезные сигналы от колоссальных фонов;
- обеспечивать быстрый и прозрачный доступ к научным данным, находящимся в огромных хранилищах (от 100 Терабайт на начальном этапе до 100 Петабайт в последующие десять лет);
- обеспечивать прозрачный доступ также и к распределенным процессорным ресурсам (от терафлопов сейчас и до петафлопов к 2010 году) и
- организовывать весь процесс доступа к данным и их анализа из различных точек земного шара по сетевым каналам высокой пропускной способности.

Требования по вычислительным и архивным ресурсам для этих трех экспериментов различны. Наибольшие процессорные затраты необходимы для LIGO (уровня петафлопов). Объемы данных LHC будут значительно больше, чем у LIGO, а у LIGO - значительно больше, чем у SDSS. Проект SDSS уже находится в рабочей стадии, а в проекте LIGO съем данных начнется с 2002 года. Ускоритель LHC и физические установки ускорителя будут запущены после 2005 года. Можно сказать, что проект хорошо продуман с точки зрения масштабности требований к компьютингу в рамках каждого эксперимента, т.е. создание региональных центров будет осуществляться с постепенным нарастанием сложности.

Авторы проекта GriPhyN хорошо отдают себе отчет в том, что реализация их проекта возможна в силу того, что уже разработано и апробировано значительное число приложений, ориентированных на использование в распределенных системах. В рамках проекта PPDG [7] успешно тестировались приложения для использования распределенных баз данных в физике высоких энергий. В проекте China Clipper [8] создаются модели анализа данных в распределенных системах. Проектом Globus [5] разработан целый комплекс математического обеспечения промежуточного уровня (middleware). Проект MONARC, как уже было упомянуто выше, проделал моделирование компонентов grid и их взаимодействие. Проектами Nile [9] и Condor [10] созданы системы удаленной обработки заданий. В проекте GIOD [11] исследовались массовые перемещения объектных данных между удаленными сайтами.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактически в США и во многих странах Европы сейчас идет создание национальных grid-сегментов. Создания grid-структрур требуют многие отрасли науки: это и проект по исследованию головного мозга человека, и изучение генома человека, и проекты по объединению уже накопленных и дальнейшему сбору астрофизических и географических данных, и метеорологический анализ спутниковых данных, и работы по созданию глобальной информационной системы, содержащей данные наблюдения за Землей (3 Петабайта данных уже к 2001 году). Это далеко не полный перечень запланированного (и в основном подкрепленного финансированием) намерения реализации концепции grid в США и Европе.

Принимая во внимание тот факт, что в России ведутся научные исследования практически во всех перечисленных выше областях, а также не забывая об общей мировой тенденции создания глобального информационного общества XXI, следует незамедлительно ставить вопрос о насущной необходимости создания локального grid-сегмента в России на уровне междисциплинарной государственной программы, ибо возможное отставание России в области информационно-сетевых технологий может крайне негативно сказаться на многих сторонах жизни. А именно физика высоких энергий на данный момент дает уникальный шанс приобщиться к новым и прогрессивным технологиям. Полноценное участие российских физиков в экспериментах на LHC на рабочей стадии установок будет возможно только при надлежащей организации компьютинга для этих экспериментов непосредственно в России. С конца 1999 года в России уже предприняты шаги по организации регионального информационно-вычислительного центра для LHC в России: ведущие российские ядерно-физические институты создали объединенный проект для решения данной проблемы, и уже проделана большая конкретная работа в плане организации прототипа такого центра в России [12]. Продолжение этих работ неизбежно предполагает освоение и применение grid-технологий и неслучайно, что инициатива по созданию российского grid-сегмента исходит на данный момент именно от российского ядерно-физического сообщества [12-14].

Литература

1. J.Foster and K.Kesselman, editors. GRID: a Blueprint to the New Computing Infrastructure. Morgan Kaufman Publishers, 1999.
2. L.R.Evans. – CERN AC/95-02 (LHC), CERN, 1995.
3. http://www.cern.ch/MONARC
4. http://grid.web.cern.ch/grid
5. http://www.globus.org
6. http://www.phys.ufl.edu/~ avery/mre/
7. http://www.cacr.caltech.edu/ppdg
8. http://www-itg.lbl.gov/Clipper/
9. http://www.nile.cornell.edu/
10. http://www.cs.wisc.edu/condor
11. http://pcbunn.cithep.caltech.edu/
12. http://theory.npi.msu.su/~ ilyin/RIVK-BAK
13. В.В.Кореньков, Е.А.Тихоненко. – Сборник тезисов конференции "INTERNET в научных исследованиях", изд.МГУ, М., 2000, стр.86.
14. А.В.Жучков, В.А.Ильин, В.В.Кореньков. – Труды Всерос.конференции "Высокопроизводительные вычисления и их приложения", изд.МГУ, М., 2000, стр.227-231.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 апреля 2001 года.

Кореньков В.В., Мицын В.В., Тихоненко Е.А. P11-2001-58
Концепция GRID:
на пути к глобальному информационному обществу XXI века

В работе освещены основные аспекты нового информационно-сетевого направления — концепции GRID — и основные международные проекты, в которых в настоящий момент реализуется концепция GRID. Рассмотрены также приложения GRID-технологий для организации компьютинга экспериментов физики высоких энергий.

Работа выполнена в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Korenkov V.V., Mitsyn V.V., Tikhonenko E.A. P11-2001-58
The Conceptoin of GRID:
Towards a Global Information Society of the XXI Century

The main aspects of a new modern network and information conception of GRID are considered. Several current informational projects concerning a realization of the conception of GRID are described. GRID applications for organization of computing for high energy physics experiments are also described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Information Technologies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001