

ГРИДЫ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ
Приоритетные исследования гридов в Европе
в 2005-2010 гг.

Отчёт экспертной группы
Понедельник, 16-го июня 2003 г.

Next Generation Grid(s)
European Grid Research 2005 - 2010

Expert Group Report
Monday, 16th June 2003

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/ngg_eg_final.pdf

Правовая оговорка комиссии

Настоящий документ содержит информацию, представленную группой независимых экспертов, созданных Европейской Комиссией с целью установления приоритетных направлений исследований для следующего поколения гридов в 2005-2010 годах. Этот документ не обязательно отражает точку зрения Европейской Комиссии.

Служебная правовая оговорка авторов отчета

В данном отчёте представлены суждения участников экспертной группы, и они не обязательно соответствуют взглядам тех организаций, в которых работают эти эксперты.

Содержание

РЕЗЮМЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	3
МОТИВАЦИЯ.....	4
Задачи и цели	4
ИТОГОВЫЙ МАТЕРИАЛ	5
ЗАСЕДАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ:ГДЕ И КОГДА.....	5
РАМКИ ОБСУЖДЕНИЙ.....	6
Гриды	6
Свойства гридов следующего поколения	6
Эволюция гридов	6
ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ.....	7
Прогнозы	7
<i>Перспектива конечного пользователя:</i>	7
<i>Архитектурная перспектива</i>	8
<i>Перспектива программного обеспечения</i>	9
ПРИОРИТЕТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	11
<i>Свойства</i>	12
<i>Удобства</i>	15
<i>Модели</i>	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19
ПРИЛОЖЕНИЕ: СОСТАВ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ	20

Резюме исполнителей

Экспертная группа провела в Брюсселе два совещания, чтобы сформулировать общее мнение относительно приоритетных исследований в Европе на ближайшие пять-семь лет. По этому мнению в современных реализациях гридов отсутствуют многие существенные возможности, которые позволили бы обеспечить полную виртуализацию ресурсов.

Обсуждение возможностей гридов следующего поколения (ГСП) проведено в трёх основных перспективах: с позиции конечного пользователя, где основным считается простота работы в грид-среде; в аспекте архитектуры крупномасштабной, самоорганизующейся сети; и с точки зрения проблем программного обеспечения системы. Каждая из этих перспектив детально рассмотрена при обосновании приоритетов в программе исследований.

Для реализации отмеченных возможностей предлагается провести ряд приоритетных исследований. Они распадаются на три категории, первая из которых посвящена свойствам ГСП, вторая специфицирует услуги, обеспечиваемые ГСП, и третья охватывает модели, необходимые для оркестровки грид-служб. Для прозрачности изложения в отчёте специально не затрагивается ряд тем исследований, выходящих за рамки его интересов.

Мотивация

Данный документ подготовлен в результате обсуждений, прошедших на рабочих группах с участием авторитетных экспертов, созванных Европейской Комиссией. Целью состоявшихся совещаний и дискуссий было определение круга приоритетных исследований в проблематике ГСП. Для того чтобы обеспечить всесторонний и сбалансированный итоговый результат к работе были приглашены эксперты из ряда смежных областей исследований.

Проблематика гридов является ключевой Стратегической Целью Программы IST (Технологии Информационного Общества - Information Society Technology), и относится ко Второму Приоритетному направлению Рамочной Программы FP6 (Framework Programme 6). Рабочие группы, состоявшиеся 29-го и 30-го января 2003 года по теме “Гриды для решения комплексных проблем”, привлекли около 200 участников из научных, деловых и промышленных организаций. Главная цель рабочих групп состояла в том, чтобы создать форум для консолидации и структурирования новых концепций в соответствии с целями работ, выполняемых по программе IST/FP6 в течение 2003-2004 годов. Выступления ключевых докладчиков по всем уровням грид-проблематики стимулировали многоаспектное обсуждение экспертами целей и задач исследования гридов в параллельных рабочих группах.

Рабочая группа по развитию **Архитектур Гридов Следующего Поколения** предложила сформировать небольшую группу экспертов по прогнозированию, которая определила бы основные проблемы исследований и их потенциальные приоритеты на ближайшие пять-семь лет (то есть за временными рамками текущей рабочей программы), а также предложила соответствующие средства для их реализации. Суть другой рекомендации, связанной с предыдущей, состояла в проведении всесторонней инвентаризации тем исследований, уже выполняемых в контексте грид-проектов (Европейским Сообществом, США и в других странах), для того, чтобы исключить дублирование в работах. Проект IST GridStart ориентирован на решение этой задачи. Документ можно получить по адресу: <http://www.gridstart.org/GRIDSTART-IR-D2.2.1.2-V0.5.doc>

Задачи и цели

В Рабочей программе IST WP2003-2004 указывается что:

Задача исследования:

Преодолеть существующие архитектурные и конструкторские ограничения, препятствующие использованию и более широкому распространению грид-компьютинга и грид-знаний, и обогатить их возможности, включив в них новые функциональности, необходимые для решения сложных проблем. Это должно способствовать большему пониманию типовых грид-архитектур и расширению концепции от гридов вычислений до гридов знаний и, в конечном счете, переходу к “семантическому гриду”.

При проведении исследований особое внимание необходимо уделить:

Архитектуре, проектированию и разработке следующего поколения гридов, превосходящих возможности существующих технологий, следуя при этом открытым стандартам и включая средства встроенной безопасности на всех уровнях, среду программирования, управление ресурсами, экономические и бизнес-модели для новых служб, приспособляемое к потребителю промежуточное программное обеспечение, интероперабельность с существующими грид- и Web-службами. При этом необходимо привлечь к всестороннему исследованию ведущих специалистов из всех областей знаний, относящихся к делу.

Недавно состоявшаяся рабочая группа ясно продемонстрировала, что в Европейской программе исследований необходимо выделить, с учётом национальных исследований, наиболее приоритетные направления, которые в течение ближайших пяти-семи лет будут отвечать предстоящим вызовам информационного общества. Это необходимо для того, чтобы гарантировать критическую массу исследований и обеспечить постоянное влияние на развитие гридов, пока не исключена фрагментация и дублирование усилий. С целью достижения этого была образована Экспертная группа (см. список членов группы в Приложении), основные задачи которой состояли в том, чтобы:

- Указать приоритеты исследований в течение ближайших пяти-семи лет и предложить конкретные шаги проведения работ;
- Предложить дорожную карту для реализации этих шагов (с учетом поступающих предложений);
- Согласовать технологические приоритеты и средства реализации с политическими задачами, например, с Европейской Программой Исследований, с деятельностью Ведущих Европейских Центров (European Centers of Excellence) и т.д.;
- Проводить телеконференции и дискуссии с исследователями грид-сообщества;
- Предложить мероприятия по повышению эффективности международного сотрудничества.

Итоговый материал

Экспертная группа должна была подготовить отчет, соответствующий определенным выше задачам.

Заседания экспертной группы: где и когда

Два пленарных заседания экспертной группы состоялись в офисах Европейской Комиссии в Брюсселе. Первое из них проходило 2-3 апреля, а второе 10-11 июня 2003 года. Окончательная версия данного отчёта была представлена Комиссии 16 июня 2003 года.

Рамки обсуждений

Гриды

Грид обеспечивает абстрактный принцип разделения ресурсов и сотрудничества в пространстве множества административных доменов. Термин ресурс покрывает широкий круг понятий, включающий физические ресурсы (вычислительные системы, средства коммуникаций, системы хранения), информационные ресурсы (базы данных, архивы, инструментальные пакеты), индивидуумов (людей и знания, которыми они обладают), возможности (пакеты программного обеспечения, программы служб брокеринга и диспетчеризации), а также инфраструктуры, обеспечивающие доступ и управление этими ресурсами (OGSA – Open Grid Services Architecture, The Semantic Web). В настоящее время сосуществует множество различных грид-технологий, которые стимулируют креативность научно-исследовательского сообщества. Однако мы предвидим, что в конечном счёте, будет один **Грид**, базирующийся на согласованных интерфейсах и протоколах, точно также, как это имеет место в Web. Внутри этой среды возможно сосуществование виртуальных организаций, которые будут безопасно развиваться и взаимодействовать друг с другом. Такой подход позволит избежать распространения несовместимых гридов, которые препятствуют широкому благожелательному отношению к грид-технологиям.

Свойства гридов следующего поколения

Гридам следующего поколения должны быть присущи следующие свойства:

- Прозрачность (*transparent*) и надёжность (*reliable*);
- Открытость для самых различных сообществ пользователей и поставщиков;
- Проникаемость (*pervasive*) и повсеместность (*ubiquitous*);
- Безопасность и обеспечение управляемого доступа в пространстве административных доменов;
- Лёгкость использования и программирования;
- Живучесть (*persistent*);
- Использование стандартов для программного обеспечения и протоколов;
- Человеко-центричность (*person-centric*);
- Масштабируемость;
- Простота конфигурации и управления.

Очевидно, что каждая конкретная современная реализация грида не обладает всеми этими свойствами. Будущие гриды, не обладающие такими свойствами, вряд ли будут достаточно полезны и, следовательно, не имеют как исследовательских, так и коммерческих перспектив.

Эволюция гридов

В процессе эволюции гридов просматриваются несколько этапов. Грид начинался как средство разделения ресурсов; первоначально суперкомпьютеры разделялись с помощью средств метакомпьютинга; далее общий круг разделяемых данных был расширен за счёт включения в среду метакомпьютинга специальных устройств, подобных

научным инструментам, телескопам и медицинскому оборудованию и т.д. Тесное единение Web-технологий и первого поколения грид-технологий привело к появлению новых типов Web-сущностей - грид-службам.

Фокус внимания исследований постепенно смещался в направлении разделения знаний с той целью, чтобы решить вопросы организации сотрудничества между виртуальными организациями при соответствующем соблюдении их индивидуальной безопасности. Грид знаний облегчает технологии анализа хранилищ данных в Интернете. Это требует методов для абстракции гетерогенных данных, создания метаданных, публикации, обнаружения и описания данных в гриде (например, используя описания метаданных).

Поступательный процесс в этой эволюции приведёт к полной виртуализации грид-ресурсов. Виртуализация позволит экспонировать в стандартных и интероперабельных формах только высокоуровневые функциональности, экранируя детали их реализации. Виртуализация составных частей грида откроет возможность абстрактной и масштабируемой эксплуатации всех видов ресурсов.

Программа исследований и основные темы

Прогнозы

В нижеследующих разделах авторы представляют свои прогнозы относительно гридов в трёх перспективах.

Мы начнём обсуждение с **перспективы конечного пользователя**. Только показав, как применение гридов могло бы стать обычным делом в повседневной жизни индивидуумов и в различных областях бизнеса, можно говорить о значимости грид-технологий.

В **архитектурной перспективе** грид представляется как некая структурная сущность, характеризующая совокупностью возможностей и свойств. Эта перспектива критически важна при определении ожидаемого уровня развития ГСП (в терминах числа и географии административных доменов, охваченных гридом)

Наконец, **перспектива программного обеспечения** привлекает внимание к тому, каким будет программирование в грид-среде, какие алгоритмические проблемы необходимо решить для того, чтобы построить инфраструктуру, соответствующую архитектурной перспективе, и какие ограничения необходимо соблюдать при разработке ГСП.

Перспектива конечного пользователя:

Начнём, наверное, с совершенно очевидного требования того, чтобы гриды следующего поколения предоставляли конечным пользователям удобные средства для решения задач, экранируя при этом все сложности реализации системы. Грид только тогда сможет претендовать на повсеместное признание, когда не будет никакой необходимости говорить об этом требовании.

Постоянная поддержка данных (для бизнеса) и процессов их обработки:

Бизнес и организации всё более и более расширяют применение компьютерных и коммуникационных систем для выполнения основных функций своей деятельности. ГСП будут нужны, чтобы поддерживать и реализовывать такие функции. Они будут операционной средой, в которой сложные, очень важные данные могут обрабатываться, перемещаться и храниться в течение длительного времени (более 50 лет для некоторых отраслей промышленности и правительственных учреждений и вечно для музеев и некоторых библиотек). Аналогичное требование касается знаний, получаемых из бизнес-процессов. При этом в случае изменений в нижележащих технологиях программного обеспечения и аппаратуры выполнение указанного требования должно поддерживаться и адаптироваться с минимальным вмешательством со стороны человека. В конечном счете, должно стать возможным определять бизнес-данные и бизнес-процессы только в терминах высокого уровня и обеспечивать их сохранность независимо от изменений в аппаратуре и в среде нижележащих служб.

Люди - как узлы грида:

Интеграция человека в систему в бесшовной и удобной форме представляется требованием первостепенной важности, когда речь идёт о получении максимальной пользы от системы. Люди обычно являются поставщиками данных, лицами, принимающими решения и соучастниками и, таким образом, становятся неким процессом внутри рабочего потока, направленного на достижение цели в грид-среде.

Наличие служб обнаружения знаний

Значительный интерес вызывают средства, которые будут в ближайшем будущем доступны при работе в грид-среде. Возникает новая и важная проблема обнаружения и извлечения полезных знаний из громадных объёмов данных. В связи с этим необходимы службы обнаружения знаний, обеспечивающие постоянный, эффективный и проникающий доступ к грид-ресурсам.

Архитектурная перспектива

Грид следующего поколения виртуализирует понятия распределения вычислений, систем хранения и коммуникации на неограниченном поле ресурсов. Грид станет виртуальной, распространяемой повсюду организацией со своей собственной семантикой обработки данных. Он будет выполнять вычисления, решение проблем и обеспечивать обслуживание одного единственного или миллионов клиентов. Гриды будут проникать в повседневную жизнь, иногда в форме окружающего (**ambient**) нас интеллекта. Возможно, грид будет состоять из миллионов взаимосвязанных узлов.

Узел грида представляет собой атомарную единицу формирования абстракции над ресурсами, воплощающую то, что спрятано за интерфейсами, которые он предоставляет.

Узлы могут предоставлять новые службы, функции или даже новые концепции, которые неизвестны клиентам. Семантика таких служб, функций или концепций определяется с помощью языков описания семантики или онтологиями.

В процессе работы (*on fly*) узлы могут организовываться в группы для того, чтобы обеспечить функциональность и поведение, которыми не располагает ни один из членов группы. Новая “социология” для конкретной службы может быть временной, сохраняемой или комбинацией обоих типов. Любая новая организация узлов может быть сделана доступной для каждого клиента грид-системы. Самоорганизующиеся способности узлов нацелены на создание высоконадёжного и недорогого управления системами. Эти возможности обеспечиваются через небольшой общий пакет удобств, таких как высоко-масштабируемые протоколы для управления коммуникациями и членством в группах. В рамках новой экологии характер взаимодействия компьютеров, единиц данных и звеньев связи будет подобен (синтаксически и семантически) характеру взаимодействия в социальной сфере. Динамические свойства грида (динамичное поведение, динамичное управление конфигурацией) позволят большую свободу для новых потенциальных служб.

Ключевым аспектом в архитектуре гридов является их способность вести переговоры с агентами, для обеспечения набора служб и удобств, которые удовлетворяют требованию конечного пользователя относительно стоимости обслуживания в пределах определённого времени. Это требует общего понимания служб и удобств, которые необходимо сделать семантически интероперабельными. Также необходим механизм, гарантирующий предоставление услуги с определённым качеством обслуживания (надёжность, происхождение, подотчётность, аудит и отслеживаемость)

Архитектуре гридов следующего поколения будут присущи некоторые обязательные свойства:

- Простота, позволяющая легко управлять жизненным циклом и гладко эволюционировать;
- Вспомогательные средства контроля и управления, масштабируемость обслуживания;
- Живучесть за счет избыточного резервирования, самоорганизующихся компонент, позволяющих минимизировать количество точек отказов;
- Прозрачность, что позволяет одновременно работать многим виртуальным организациям;
- Открытое администрирование и не вызывающее затруднений управление конфигурацией.

Перспектива программного обеспечения

В перспективе программного обеспечения, то есть с точки зрения того, как создать нечто, что может быть квалифицировано как грид следующего поколения, самым главным является понимание того, что современная “Web-модель” грида не является единственной, окончательной моделью. Важно рассмотреть более общие модели организации сети, высокие уровни семантической модели, людей с одной стороны и очень простые устройства с другой в качестве узлов таких сетей, сугубо индивидуальные и динамичные схемы безопасности, службы, характеризующиеся очень большим числом состояний и т.д.

Приведенный ниже список важных целей исследований в гридах следующего поколения в перспективе программного обеспечения не следует понимать как полный, он скорее передаёт “аромат” тех проблем, которые необходимо решать, но их много больше, чем здесь отмечено.

Интероперабельность как основное средство решения проблем:

Во многих ситуациях конечный пользователь или бизнес-клиент будут сталкиваться с проблемой, которую необходимо представить в терминах, понимаемых в грид-среде. Однако единой грид-среды нет, поскольку источники данных, источники программного обеспечения, компьютерные ресурсы и системы хранения, сетевые ресурсы и ресурсы детекторного оборудования гетерогенны и распределены. Поэтому Гриды можно рассматривать как множество перекрываемых n-мерных компонент, которым необходимо взаимодействовать для того, чтобы обеспечить решение проблемы в условиях динамично изменяющихся требований. Такое взаимодействие будет происходить на основе использования метаданных, описывающих источники и ресурсы (и пользователей), представленных агентами, посредничающими через брокеров, наряду с различного рода ограничениями, политиками, схемами расчётов и прочими факторами, имеющим отношение к делу.

Программирование в гридах на основе абстракций:

Когда появились первые компьютеры, программистам, для того чтобы составлять программы, необходимо было иметь детальные знания обо всех машинных командах. Затем были разработаны языки программирования и операционные системы, которые всё более и более экранировали для программистов и пользователей детали аппаратуры. В настоящее время грид-инфраструктура полностью открыта для программистов, что подразумевает их умение в совершенстве использовать различные типы ресурсов (или узлов), которые географически разбросаны.

Несмотря на ряд, исследований и инженерных усилий, предпринятых при проектировании промежуточного программного обеспечения гридов первого поколения, грид-инфраструктура всё же остаётся видимой.

Для того, чтобы в полной мере использовать мощность гридов следующего поколения, не углубляясь в сложности их организации, необходимо предусмотреть механизмы абстракции. Эти механизмы помогут проходить все лабиринты распределения и планирования ресурсов, передвижения данных, синхронизации, обработки ошибок, балансировки загрузки и т.д. в прозрачном для пользователя и разработчика представлении. В гриде будет несколько уровней абстракции, представленных на пользовательском интерфейсе агентом, управляемым метаданными, который самостоятельно взаимодействует с другими агентами (и метаданными), представляющими с помощью брокеров другие сущности в других гридах.

Необходимо, чтобы программирование в гридах будущих поколений осуществлялось на основе использования общих и проблемно-ориентированных абстракций, поддерживаемых соответствующей средой программирования. Для того, чтобы достигнуть столь амбициозной цели, обеспечивающей прозрачность всех технических и структурных аспектов гридов, необходимо изучить существующие модели программирования и адаптировать их к грид-контексту, что может потребовать определения новых моделей программирования, когерентного сочетания параллельных и распределённых практик программирования.

Ключевым стратегическим результатом этого будет появление стандартов для представления метаданных и общение агент – брокер, основанное на некоторой парадигме

обмена сообщениями. Разумеется, необходимы и мосты для уже существующих подобных парадигм, например таких, как Web-службы или OGSA.

Общечелевая глобальная информационная модель

Грид и Web-службы, так, как они определены в настоящее время, предоставляют возможность публикации информации посредством указания модели вызова и стандартов для именованной, аутентификации, авторизации и т.д. Тем не менее, пока нет стандартов для единиц измерения, погрешности, точности (ошибок), терминологии (измеряемых величин), представления и т.п. Поэтому необходимо иметь семантическую модель объекта (большую, чем XML) для методов и экземпляров данных, которая позволяла бы определять междоменную терминологию (метрические системы) и инструменты построения схем, которые давали бы возможность (автоматически) интегрировать локальные схемы из различных доменов в единую глобальную информационную схему¹. Проблема здесь в том, чтобы приблизиться к использованию небольшого числа высокоуровневых онтологий, характеризуемых широкой применимостью, скажем, одна для науки, одна для бизнеса, а не дополнять уже длинный список узких доменно-специфических XML-расширений, потому, что без дополнительных механизмов, такие расширения не облегчают интероперабельность вне их собственных доменов.

Приоритеты исследований

Основываясь на описанных выше образах гридов следующего поколения, можно определить круг приоритетных областей исследований на ближайшее будущее. В действительности, этот процесс в некоторой степени является итеративным, поскольку важные области исследований также инспирируют появление новых образов, которые могут быть воплощены в гридах следующего поколения. Только на основе практических и более глубоких теоретических исследований в областях, описанных ниже в общих чертах, можно реализовать рассмотренные выше образы гридов будущего. Эти области охарактеризованы и сгруппированы по трём категориям: **Свойства, Удобства, Модели**; логика такого решения основана на том, что *удобства* (полезные конструкции для архитектора системы) проявляются и зависят от *свойств* (характеристик, необходимых для реализации сложных систем), в конечном счете обеспечивающих реализацию *моделей* (например, для Пользователя, Бизнеса, Общества), которые формируют часть образа общества знаний.

Для того, чтобы сосредоточить внимание дискуссии на фундаментальных проблемах гридов следующего поколения, экспертная группа недвусмысленно исключила из рассмотрений следующие темы исследований:

- a) Системы непрерывной защиты (safety critical systems);
- b) Системы непрерывного действия (*mission critical systems*);
- c) Грид-приложения;
- d) Среды решения проблем;
- e) Высокопроизводительный компьютеринг;
- f) Параллелизм программ (parallelization of software code).

¹ Эта цитата базируется на фрагментах слайдов (sliders), которые Jim Gray использовал на своей презентации в Панельной дискуссии по вопросам Открытого Грида (Globus World, January 2003).

Это решение не означает, что экспертная группа квалифицирует эти темы как менее интересные или менее важные. Оно просто отражает факт, что они выходят за рамки целей данного отчёта, и от части то, что некоторые из них относятся к другим разделам рабочей программы FP6.

Гриды следующего поколения должны обеспечивать инфраструктуру для бизнеса, а также для академических исследований. Необходимы исследования ограничений, которые бизнес-практика и международные законы могут привести в грид-технологии, и важных уроков, полученных на основе опыта использования существующих международных и межведомственных распределённых систем, которые могли бы быть учтены при разработке грида. В качестве примеров отметим ограничения, касающиеся безопасности и доступа к данным, защите данных и передаче данных через национальные границы, легальной инфраструктуры шифрования, различающихся стандартов для аудита и расчетов между предприятиями, а также и проблем разделения ресурсов между организациями с различными правовыми и финансовыми установлениями.

Свойства

Надёжность:

Поскольку пользователи надеются, что гриды следующего поколения будут поддерживать их повседневный бизнес, развлекательные и социальные потребности, надёжность становится свойством первостепенной важности. Если перефразировать Лесли Лэмпорта (Leslie Lamport), то «Вы понимаете, что работаете с распределённой системой, когда получаете уведомление о том, что ваше задание не выполнено, потому что узел, о котором вы никогда не слышали, дал отказ». Традиционный подход к решению этой проблемы, так называемый «образ одной системы», состоит в том, чтобы попытаться спрятать от пользователя (прикладного программиста и т.д.) все аспекты распределённой системы и создать для него впечатление того, что он имеет дело с единой системой. В случае грида это может оказаться неосуществимым (например, латентность или эффекты низкой пропускной способности не могут быть «спрятаны»), а в некоторых случаях это даже вредно. Тем не менее, сложность грид-инфраструктуры не должна преобразовываться в более сложные, с точки зрения высоко-уровневых клиентов, режимы отказов. Приложения должны быть способны возвращаться в чётко определённое состояние в случае, когда возникает какое-то событие, не предусмотренное в функциональных спецификациях для полностью автоматического восстановления, например такое, как потеря ресурса, для которого невозможно выполнить резервное копирование, длительно продолжающееся разъединение в сети и т.д.

Ключевые темы исследований:

- a) Новые модели для устойчивости к отказам и функциональная надёжность;
- b) Модели качественных и доступных источников данных, включая создание версий, восстанавливаемость;
- c) Модели исполнения и рабочих потоков;
- d) Модели обработки транзакций и согласования.

Безопасность и доверие в пространстве административных доменов:

Базовые концепции безопасности и доверия хорошо понимаемы и определены в терминах известных пользователям и разработчикам гридов. Тем не менее, эти концепции необходимо запрограммировать в некой согласованной (и, в конечном счёте, стандартизированной) инфраструктуре, которая позволяла бы автоматически или полуавтоматически оценивать уровень доверия и безопасности, предлагаемый и принятый грид-службами гридов следующего поколения. В некоторых случаях для принятых решений потребуется оценка легальных и законодательных последствий.

Ключевые темы исследований:

- a) Изучение языков и моделей, помогающих получать доказательства свойств безопасности и надёжности, а не просто реализация статические политики;
- b) Исследование того, что происходит вне технических механизмов пяти фундаментальных требований безопасности (аутентификации, авторизации, целостности, конфиденциальности и непротиворечивости).

Живучесть:

Гриды должны поддерживать дисциплину живучести для данных, удобств компьютеринга, сетей, детекторов неисправностей и их использования. Необходимо исследование локальной и персональной живучести, также как и глобальной живучести. Однако, простой живучести недостаточно, поэтому кроме регистрации и сохранения сведений о состоянии, также необходимо хранить трек истории и уметь воспроизводить предыдущие состояния. Это называется умением выяснять происхождение состояния (*provenance management*).

Реализация прозрачного, динамичного распределения ресурсов, которое умеет адаптировать загрузку моделей, доступность, схемы ценообразования и т.д. является одним из отличительных признаков грид-компьютинга. С другой стороны, во многих прикладных областях необходимо уметь точно воспроизводить ход вычислений. Поэтому необходимо исследование механизмов, которые будут помогать в разрешении этого очевидного противоречия. Решение этих вопросов критически важно для прогресса грид-компьютинга, потому что в ряде областей закон требует строгой репродуктивности, и, возможно, это требование в будущем распространится и на другие области приложений.

Даже тогда, когда нет никакого требования точного восстановления результатов, трасса контроля, который выходит за рамки базового учёта использования ресурсов, может оказаться необходимой. Например, сложный распределённый запрос может достигнуть многих различных источников данных (баз данных, экспериментальных устройств и т.д.). Эти источники могут оказаться временными (эксперименты) или быстро эволюционирующими (жизнь баз данных). Необходимо исследовать стратегии захвата и сохранения этих источников для сравнения с более поздними запросами, которые могут различаться только временем их выполнения, то есть только изменением состояния источника.

Ключевые темы исследований:

- a) Локальная, персональная и глобальная живучесть;
- b) Строгое воспроизведение;
- c) Журнал трассы состояний.

Масштабируемость:

Гриды следующего поколения будут включать значительно большее число “узлов” (конечных точек, служб, ресурсов, пользователей, приложений и т.д.), чем современные грид-системы. Для этого необходимо преодолеть проблемы поддержки устойчивого доступа, предоставления инфраструктуры именования, механизмов маршрутизации, средств обработки отказов, служб обнаружения, способности различать множество очень похожих сущностей и т.д. Масштабируемость этих систем необходима для того, чтобы они могли достигать значительных размеров без потери других требуемых свойств.

Ключевая тема исследования:

Исследование решений масштабируемости для именования, доступности, обнаружения, определения и сопровождения грид-сущностей.

Открытость для широкого сообщества пользователей:

Для того чтобы в полной мере реализовать потенциал гридов, необходимо обеспечить такую же (и даже более высокую) степень их доступности и применимости, которой располагают в настоящее время пользователи Web. Этого можно достигнуть только на основе комплексного подхода при проектировании всего множества свойств, интегрированных в удобства таким образом, чтобы модели, сконструированные для конечного пользователя, могли работать эффективно и эффективно.

Ключевая тема исследования:

Сквозная архитектурная согласованность (самоподобие) от конечного пользователя до базовой аппаратуры через все промежуточные уровни.

Проникаемость и повсеместность:

Гриды станут эффективны тогда, когда они будут полностью воплощать парадигму “всегда – по-всякому – везде”. Грид-технологии должны проникать в каждый аспект деятельности общества: от бизнеса до образования, от культуры до общественных социальных сфер. Это предполагает значительное пересечение с концепцией окружающего (ambient) компьютеринга.

Ключевые темы исследований:

- a) Соответствующие коммуникационные протоколы;
- b) Синхронизация информации;
- c) Решение проблем прерванных соединений.

Прозрачность, легкость использования и программирования:

Пользователям присущ низкий порог усилий, необходимых для освоения новой технологии. Громадный успех Web-среды в значительной степени обусловлен тем низким уровнем знаний, который необходим для того, чтобы начать в ней работу. Гриды должны быть легки в использовании и прозрачны настолько, чтобы их системная сложность была невидима как для конечных пользователей (потребителей предлагаемых удобств), так и для программистов, создающих эти удобства.

Ключевые темы исследований:

- a) Интеллектуальные интерфейсы для конечного пользователя;
- b) Репрезентативные интеллектуальные агенты и брокеры;
- c) Выразительные и представительные языки программирования, а также эргономичные среды для разработчиков систем.

Человеко-центричность:

Концепция “Персонального грида” требует, чтобы взаимодействия между человеком и гридом базировались на знаниях человека о гриде (возможно хранимых для данного человека в виде метаданных) и знаниях грида о данной персоне, которые используются для достижения наибольшей эффективности в работе. Эта концепция широко пересекается с предыдущими свойствами.

Ключевые темы исследований:

- a) Представление персональных предпочтений;
- b) Транзакции для поддержки такого подхода;
- c) Защита персональной информации.

Базирование на стандартах для программного обеспечения и для протоколов:

Стандарты появляются в результате научных исследований и разработок. Ожидается, что все мероприятия рабочей программы должны соотноситься и разрабатываться с учётом выработки предложений для стандартизации, которые затем будут верифицированы соответствующими органами стандартизации.

Удобства***Представление информации об элементах грида***

Гриды следующего поколения будут предоставлять и использовать данные из широкого многообразия источников и технических доменов. Необходимо исследовать методы и средства, обеспечивающие возможность интероперабельности между различными источниками данных. При этом особое внимание уделить технологиям преобразования информации, основанным на применении мета-моделей и онтологий. Такие технологии позволят перемещать данные между ресурсами хранения и разделять их между инструментальными пакетами, использующими разные форматы данных. Конструкция грид-ресурсов, позволяющая автоматизировать этот процесс и создавать онлайн-библиотеки для пакетов, преобразующих и отображающих данные, будет

широко использоваться в различных областях науки, бизнеса и общественной жизни. Необходимо исследовать вопросы использования в грид-технологиях средств семантического отображения, использующие онтологии и автоматический вывод, что позволит обогащать и аннотировать данные, доступные через грид данных и описывать сам грид.

Ключевая тема исследования:

Определение семантически богатой модели метаданных, поддерживающей интеграцию данных из гетерогенных источников и их преобразование в пользовательский целевой формат без потери качества точности данных и т.д. Определение широких описательных возможностей, включающих стандартные средства такие, как описание формата, но также позволяющих описывать блоки данных, точность, правила преобразования, уровни надёжности, стоимость, доступные политики использования, ограничения всех видов и т.д. Необходимо обеспечивать отображение в стандартные данные и модели доступа.

Координация и оркестровка элементов грида:

Гридам следующего поколения предстоит оперировать с многочисленными гетерогенными ресурсами (компьютинг, системы хранения данных, сети, сенсоры, службы, приложения и т.д.). Одной из ключевых проблем при использовании такой инфраструктуры компьютеринга будет координация (co-ordination) и оркестровка (orchestration) ресурсов для решения конкретной проблемы или выполнения бизнес-процесса. Архитектуры современных гридов в значительной степени рассчитаны на умение конструктора программ или пользователя выражать их требования в терминах использования ресурса. Такие требования обычно выражаются в форме жёсткой аппаратной программы, использующей низкоуровневые примитивы. Гриды следующего поколения будут работать с ресурсами более динамично, и поэтому способ статического описания ресурсов не приемлем. В течение выполнения грид-приложение будет требовать динамичной координации и оркестровки элементов грида.

Ключевая тема исследования:

Определение динамичных и реактивных механизмов координации и оркестровки или парадигм, использующих языки (с достаточно мощными и удобными средствами описания и обработки объектов реального мира), моделей (объектов, компонент, служб) или инфраструктур (пространственный ввод/вывод, запрос, преобразование, анализ данных, извлечение данных, визуализация, дедукция и индукция).

Управление системами:

Управление системами для гридов следующего поколения охватывает несколько важных проблем, включая поддержку и распространение. Масштабируемость – это критический фактор; поэтому должны быть достигнуты решения, позволяющие поддерживать грид, состоящий из миллиардов узлов. Это требование непосредственно подчеркивает важность достижения соответствующего компромисса между возможностями управлением системой как пользователями и администраторами, так и средствами автоматического управления, которое реализуется самой системой.

Для обеспечения устойчивости к отказам управление системой и её контроль должны быть полностью автоматизированы. Это требование влечёт создание резервных ресурсов (для вычислений, баз данных, сетей), а также использование модели автономного саморегулирования, которое гарантирует свойство работоспособности системного самоуправления.

Исследование методов и средств организации автоматического контроля в такой широкомасштабной распределённой системе как грид, представляется чрезвычайно важным разделом в области управления системами. Такой контроль включает механизмы для автоматического конфигурирования и организации (групп) узлов для поддержки служб, автоматического выявления отказов и восстановления, обеспечения достаточного качества обслуживания и производительности, а также для автоматической адаптации системы к изменению внешних условий.

Другими словами, гриды следующего поколения должны быть в значительной степени связанными системами, с циклами внутреннего управления обратной связью, которые позволяют масштабирование до огромного числа узлов. Пользователи должны иметь возможность управлять частями системы только тогда, когда это действительно необходимо.

Ключевые темы исследований:

- a) Баланс между ручными и автоматическими средствами управления системой;
- b) Системный инструментарий для наладки, управления и реконфигурирования грида.

Виртуальные организации:

Гриды следующего поколения будут позволять динамическое создание виртуальной организации либо как самоцели, либо как предпосылки поддержки некоторой более широкой деятельности. Необходимо провести исследование средства создания таких организаций, определения условий участия в них, распределения ресурсов и управления завершением использования таких ресурсов. Примером виртуальной организаций может служить совместная деятельность нескольких организаций на основе разделения баз данных, вычислительных ресурсов и списков почтовой рассылки. Гриды следующего поколения должны обеспечивать стандартную технологию для этого процесса так, чтобы любой индивидуум или группа, имеющие доступ к сетевому компьютеру, могли бы стать членом виртуальной организации с некоторыми низкими, насколько это возможно, первоначальными ограничениями, в терминах стоимости и права доступа к программному обеспечению. Получаемый в результате уровень доступа к ресурсам не должен быть ниже уровня Web'a

Необходимо исследовать правовые аспекты и аспекты практики бизнеса, а также вопросы их отображения в электронной форме. Ключевым элементом в данном случае является достоверность модели, связанной с каждой компонентой виртуальной организации. Эта правдивая модель должна быть поддержана описанием виртуальной организации, составом ресурсов, их распределением, сопровождением и завершением использования.

Ключевые темы исследований:

- a) Средства и методы создания таких организаций, определение членства, распределение ресурсов и управление завершением использования этих ресурсов;
- b) Правовые аспекты, аспекты практики бизнеса и их отображение в электронной форме;
- c) Достоверные модели, связанные с каждой компонентой виртуальной организации.

Модели

Бизнес модели:

До тех пор, пока поставщик услуг сохраняет общий контроль над всеми аспектами обеспечиваемого им обслуживания (системами, лицензиями, персоналом и т.д.) базовая модель поставщика – ASP (Application Service Provider) работает эффективно. Однако, когда сложность грид-базируемого обслуживания, основанного на использовании грид-системы, выходит за рамки одного поставщика, такой простой подход разрушается. Это мотивирует ряд новых проблем исследований.

Ключевые темы исследований:

- a) Средства, методы, модели и языки для разработки, распространения и оценки альтернативных бизнес-моделей для эксплуатации гридов следующего поколения;
- b) Проблемы подотчётности, качества обслуживания (Quality of Service – QoS), микро-расчётов, гарантии производительности, ценообразования, динамичных переговоров, касающихся Соглашении об Уровне Обслуживания (Service Level Agreement – SLA).

Экономика гридов:

Ранние образы гридов возникли из метафоры, основанной на модели грида электроэнергетики. В то время как повсеместность природы электрической сети всё ещё является значительной частью этого образа, реальность такова, что грид-службы (информационные, вычислительные, удобства доступа, агрегирование служб и т.д.) плохо согласуются с единообразием, присущим гридам электроснабжения. Единственный способ достигнуть повсеместности в такой гетерогенной среде, состоит в том, чтобы разработать экономику для грида. Грид-исследователи решительно отказались по ряду соображений от простого подхода, основанного на ценообразовании услуг в терминах наличных денег (hard cash), но частично и потому, что локальное обеспечение обслуживания основано на модели “выгодной” стоимости, а не на модели “операционной” стоимости.

Ключевая тема исследования:

Стратегии, поддерживая расчёты и отслеживание, необходимое для модели наличного расчёта, идут дальше простых монетарных подходов. Область такого исследования должна включать свободный (и контролируемый) рынок, основанный на моделях, механизмах для учёта использования и ценообразования ресурсов, брокерах обмена услугами, а также и правовых, социально-политических вовлечениях глобального рынка грид-обслуживания.

Интерфейс пользователя:

Сложность грид-удобств, с которой имеет дело конечный пользователь, требует, чтобы интерфейс пользователя, если мы действительно хотим, чтобы он был эффективным, сопровождался интеллектуальной поддержкой. По существу, сложность предлагаемых услуг не должна транслироваться в сложность интерфейса.

Пересечение интерфейса пользователя и виртуальных организаций покрывает все формы сотрудничества: от протоколов обычных разговоров до протоколов формальных рабочих процессов.

Кроме того, особое внимание необходимо уделить моделированию и профилированию пользователя. Только на основе достаточно полных знаний о пользователе (о его предпочтениях, физическом местоположении, временных свойствах, взаимосвязях и т.д.) интерфейсы пользователя могут достигнуть уровня совершенства, обеспечивающего доступность всего комплекса услуг, возможных в гридах следующего поколения. Такие сведения, конечно, необходимо тщательно защищать.

Так как качество информации, доступной для обслуживания возрастает, то необходимо обеспечивать пользователю аудиовизуальное подтверждение того, что его информация доступна только так, как он предписал. Очевидно, что необходимы исследования правовых проблем, таких, как права гражданина (в частности то, что подразумевается под непреднамеренной публикацией пользователем информации, которая выходит за рамки его компетентности).

Ключевые темы исследований:

- a) Архитектуры и стандарты для метаданных и агентов, представляющих пользователя;
- b) Легальные права конечного пользователя и проблемы прав человека;
- c) Архитектуры и модели совместной работы;
- d) Агенты и брокеры, метаданные для их управления и параметризации;
- e) Интерактивные модели для электронного обучения.

Заключение

Европейская Комиссия просила нас рассмотреть и дать заключение по проблемам исследований архитектур гридов следующего поколения на ближайшие

пять-семь лет. В связи с этим мы представили некую коллекцию перспектив, которые в полной мере не могут быть реализованы в существующих грид-технологиях или тех, что появятся в ближайшие сроки (хотя многие из требуемых свойств и возможностей уже воплощены в виде отдельных реализаций или небольших связок). Мы выделили те области исследований, которые необходимо поддержать в первую очередь для того, чтобы реализовать эти перспективы.

Гриды, которые развиваются по отмеченным направлениям, должны проявлять все указанные свойства, особенно это касается интероперабельности. При таком подходе совокупность гридов, каждый из которых предоставляет вполне определённые удобства, и будет состоять из совместимых компонентов, позволит формировать единый грид на уровне интерфейса.

Мы полагаем, что проведение указанных приоритетных исследований (с условием соблюдения соответствующего баланса между чисто техническими и социально-экономическими решениями) в период 2005 – 2010 годов позволит Европе стать глобальным лидером в области грид-технологий и их применения в Информационном Обществе будущего.

Приложение: Состав экспертной группы

Для того чтобы охватить все актуальные темы по проблематике гридов, к работе в экспертной группе были приглашены компетентные специалисты. При этом ожидалось, что каждый из членов группы может подготовить заключение по одной или более темам исследований. Участники группы выбрали двух сопредседателей (отмечены ниже символом *), а Комиссия обеспечила секретарскую поддержку.

Expert	Country	Affiliation
H. Bal	NL	Dept. of Computer Science, Vrije Universiteit, Amsterdam
C. de Laat	NL	Faculty of Science, Informatics, University of Amsterdam
S. Haridi	SE	SICS
K. Jeffery	UK	RAL
J. Labarta	ES	Universitat Politecnica Catalunya
D. Laforenza	IT	ISTI-CNR
P. Maccallum	UK	Life Science Informatics Solutions Ltd.
J. Massó	ES	GRIDSYSTEMS
L. Matyska	CZ	Faculty of Informatics, Masaryk University
T. Priol *	FR	IRISA
A. Reinefeld	DE	Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik
A. Reuter	DE	European Media Lab GmbH
M. Riguiedel	FR	ENST
D. Snelling *	UK	Fujitsu Laboratories of Europe
M. van Steen	NL	Dept. of Computer Science, Vrije Universiteit, Amsterdam

Ответственный представитель Комиссии:
Roman Tirlor, Information Society-DG, Grids for Complex Problem Solving