

РАЗВИТИЕ ГРИД-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.М. Криштофик, О.П. Чиж

Введение

Качество вычислительного эксперимента, а значит и технологические параметры создаваемого высокотехнологичного продукта напрямую зависят от производительности ЭВМ, используемой для проведения вычислений, и для развития высоких и прорывных технологий нет альтернативы применению высокопроизводительных вычислительных систем. Так, при использовании возможности суперЭВМ петафлопсного диапазона или объединенных грид-сетью ресурсов суперкомпьютеров продолжительность решения задачи изучения кровоснабжения мозга составит примерно полтора месяца при условии круглосуточной работы, при том что сегодня при работе на компьютере производительностью 10 Тфлопс это заняло бы 55 месяцев, что уже неприемлемо для современных темпов подготовки и выпуска как медицинских методик лечения, так и новых препаратов. Этим обусловлен лавинообразный рост производительности используемой вычислительной техники. Одним из направлений предоставления пользователям больших вычислительных мощностей является использование грид-технологий.

Первые шаги

Учитывая значительный зарубежный опыт по построению и функционированию грид-сетей, в 2004 году сотрудники ОИПИ НАН Беларуси провели первые экспериментальные работы по подключению суперкомпьютерной системы СКИФ К-500 в проект LCG, который предусматривал обработку и анализ экспериментальных данных полученных с установки LHC с использованием грид-технологий. Целью исследования являлось разработка технологии подключения суперкомпьютеров семейства СКИФ в распределённую вычислительную систему LCG (LCG - LHC Computing Grid Project) проекта RDMS CMS. Для этого необходимо было интегрировать программное обеспечение LCG-сайта в программное обеспечение суперкомпьютеров СКИФ с возможностью одновременной работы как обычных пользователей, так и пользователей сети Grid. Отличительной особенностью системы LCG, как Grid-сети является ее способность обрабатывать большие объемы информации полученные в результате работы LHC (LHC- Large Hadron Collider).

"СКИФ К-500" построен на основе 128 процессоров Intel Xeon, которые объединены в 64 двухпроцессорных вычислительных узла. Одним из существенных преимуществ кластера является стабильность работы при высокой производительности в сочетании с большой плотностью установки узлов в стойке, что позволит реализовать на его базе LCG-сайт с высокой надежностью.

Основные этапы по установке и настройке LCG:

4. Установка Scientific Linux CERN 3 на вычислительных узлах кластера
 5. Получение host-сертификатов для 4-х (5-ти) выделенных компьютеров
 6. Получение user-сертификатов для пользователей LCG
 7. Регистрация пользователей в виртуальной организации
 8. Установка и настройка компонент LCG-2.X
- Установка CE- Computing Element
 - Установка SE- Storage Element
 - Установка MON- RGMA-based monitoring system collector server
 - Установка BDII- Berkeley Database Information Index
 - Установка RB- Resource Broker
 - Установка UI- User Interface

В таблице приведены данные по созданию LCG-сайта.

Таблица 1

Имя компьютера	Компонент LCG	Скрипт конфигурирования
itk-110.bas-net.by	CE	configure_CE_torque
itk-111.bas-net.by	SE, PX	configure_classic_SE, configure_PX
k-112.bas-net.by	MON	configure_MON
itk-113.bas-net.by	BDII, RB, UI	configure_BDII, configure_RB, configure_UI

В результате проделанной НИР была разработана технология интеграции суперкомпьютеров, разработанных в рамках программы Союзного государства «СКИФ», в распределённую вычислительную систему, построен LCG-сайт использующий вычислительные ресурсы суперкомпьютера СКИФ К-500,

проведено тестирование. Был сделан вывод о возможности успешно решать задачи обработки и хранения большого объема информации.

Направления развития грид-технологий в Республике Беларусь

Полноценное развитие грид-технологий в Республике Беларусь началось с момента выполнения программы Союзного государства «СКИФ-ГРИД». Стратегически было определено развитие грид-технологий планировать по четырем направлениям:

- подключение определенного количества вычислительных ресурсов программы в международные проекты;
- создание национальной грид-инфраструктуры;
- создание опытного участка грид-сети Союзного государства;
- разработка технологий построения и функционирования корпоративных грид-систем.
- Реализация первого направления преследовала достижение следующих целей:
- ознакомления с передовыми грид-технологиями;
- выхода на круглосуточный режим функционирования вычислительных ресурсов программы;
- обеспечения возможности участия в международных грид-проектах.

Потенциальным кандидатом в данном направлении рассматривался проект Balticgrid. Выполнение работ по данному направлению позволило достаточно быстро получить опыт участия в функционирующих грид-проектах; сделать первые шаги по пути реализации прикладных проектов на основе работающей грид-сети и вступить в Balticgrid. Основным инструментальным средством технологии Грид для реализации данного направления является программный продукт gLite, реализованный в соответствии со стандартами OGSA и наиболее активно использующийся в европейской грид-инфраструктуре. Отличительной особенностью данной реализации является ее достаточно большой объем инсталляции и необходимость в высококвалифицированном персонале для поддержания системы в рабочем состоянии. В результате выполнения этих работ создан грид-сегмент национальной грид-сети, интегрированный в общеевропейскую грид-инфраструктуру и белорусские ученые участвуют в выполнении проектов Европейской комиссии.

Создание национальной грид-инфраструктуры первоначально базировалось на выборе программного обеспечения промежуточного уровня (ПО ПУ). В качестве платформы для построения национальной грид-сети было выбрано ПО ПУ Unicore, отличительной особенностью которого является кросс-платформенность исполнительской среды, что является привлекательным для широкого круга пользователей. Недостатком является малая функциональность в сравнении с такими платформами, как программный продукт gLite, что обусловило необходимость дальнейшей его доработки в направлении повышения функциональности и информативности национальной грид-сети. Однако этот шаг дал возможность нашим специалистам проявить себя в кругу разработчиков ПО ПУ. Это расширило возможности по участию в международных грид-проектах. Основной целью создания национальной грид-инфраструктуры является привлечение пользователей к использованию новых технологий. Для этого выполняется ряд проектов по разработке приложений с использованием грид-сети на базе суперкомпьютерных ресурсов.

Создание опытного участка грид-сети Союзного государства осуществлялось путем объединения суперкомпьютерных ресурсов СКИФ в конфедерацию и создание на их базе СКИФ-Полигона. Общие вычислительные ресурсы Союзного государства используются для разработки программного обеспечения, отработки технологий и развертывания приложений на созданной инфраструктуре участниками программы «СКИФ-ГРИД».

Необходимость выделения четвертого направления возникло при анализе общих потребностей различных корпоративных потребителей вычислительных ресурсов. Например, не всегда существует необходимость в развертывании усиленной системы безопасности грид-сети, поскольку корпоративная сеть вообще не имеет выход в Интернет, либо большая часть требуемой функциональности может быть реализована при помощи сетевых сервисов, аналогичных Веб-сервисам. В этом случае нецелесообразно развертывать грид-сеть с использованием технологий построения кластерных вычислительных систем, но необходимо стандартизировать использование технологий удаленного вызова процедур (xml-гpc, jax-гpc и т. п.), создания веб-, file- сервисов, использование планировщиков заданий. По этому принципу в рамках выполнения первого этапа программы создана корпоративная грид-сеть КГБ РБ для решения специализированных задач.

Развитие программного обеспечения промежуточного уровня Unicore

Для выбора ПО ПУ при построении национальной грид-сети было проведено исследование доступных грид разработок: gLite, UNICORE, Globus, MPICH-G2, Condor и X-Com и их оценка на соответствие определенным критериям (рис. 1).

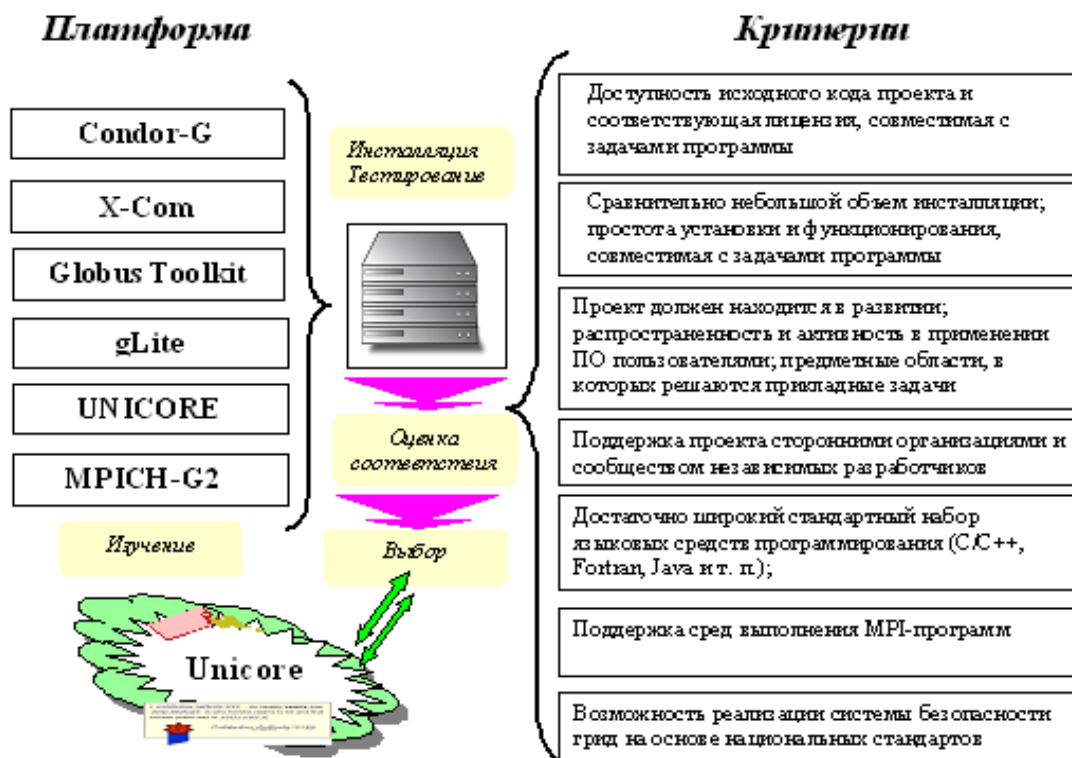


Рис.1. Выбор платформы для построения национальной грид-сети

На основании проведенных исследований платформа UNICORE была выбрана в качестве базовой для построения национальной грид-сети. При всех существующих достоинствах ПО ПУ UNICORE обладает существенным недостатком – низкой функциональностью, что ограничивает возможности пользователей и круг приложений. В своем составе ПО ПУ UNICORE содержит:

Gateway – «шлюз» – служба Unicore, предназначенная для предоставления доступа к грид-сети в «недружественные» сети. Позволяет спрятать все службы Unicore за файрвол, открыв в «недружественные» сети только один порт.

Global Registry (Shared Registry Site) – главная входная точка в UNICORE grid. Все компоненты, которые доступны в грид, должны регистрироваться в Global Registry.

TSI (Target System Interface) – интерфейс исполнительной среды. Запускает задания на целевой системе. Взаимодействует с UNICORE/X.

UNICORE/X (Vsite) – сервер, главный компонент, взаимодействует с XUADB для прохождения авторизации и переводит абстрактное задание в специфическое с помощью IDB. Задания передаются на TSI для запуска.

XUADB – база пользователей UNICORE. Управляет доступом к ресурсам. Объединяет пользовательские сертификаты с именем пользователя. Присутствует возможность использовать Global Registry для всех Vsite.

IDB (Incarnation Database) – используется UNICORE/X для перевода абстрактных заданий в задания, предъявляющие специфические требования к системе. IDB – это файл, описывающий специфические системные значения, например файловые хранилища.

UCC (User Interface) – клиент командной строки, пользовательский интерфейс.

Используя ПО ПУ UNICORE был разработан дистрибутив, состоящий из:

- шлюз (gateway);
- сервер UNICORE/X;
- база данных пользователей UNICORE XUADB;
- интерфейс исполнительной системы TSI (Target System Interface);
- клиент командной строки ucc.

Низкая функциональность не позволяет эффективно использовать и контролировать состояние и использование грид-среды. В связи с этим основные работы при создании национальной грид-сети были направлены на расширение ее функциональности (рис. 2).

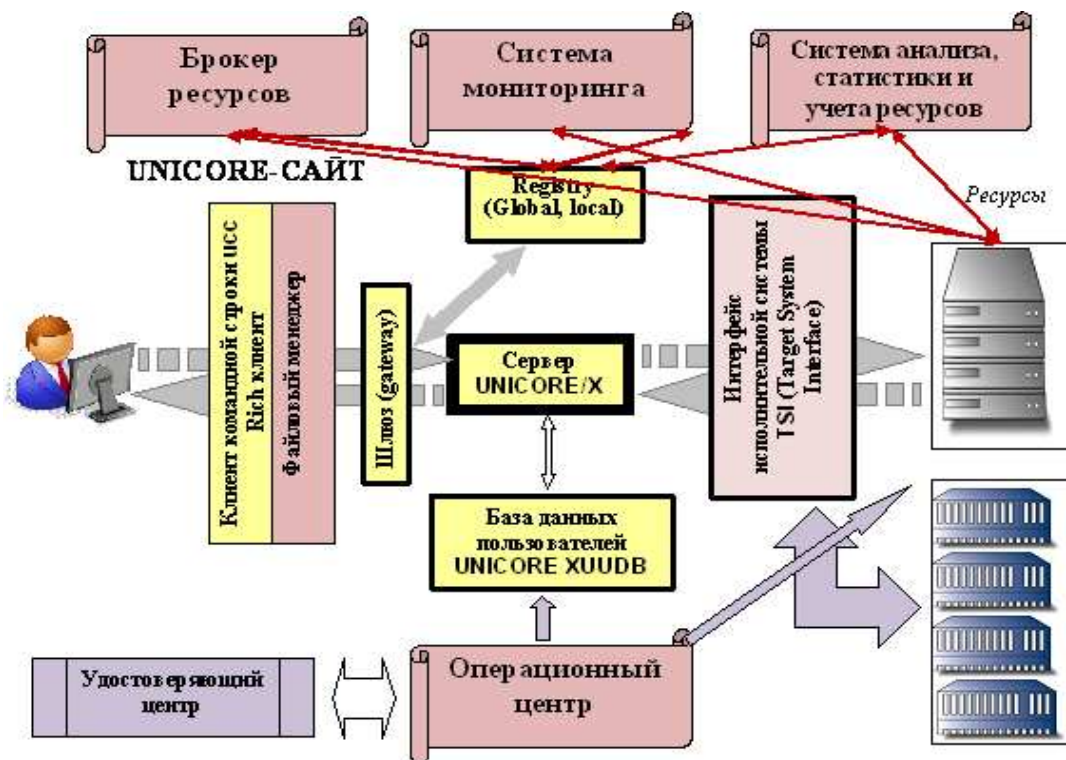


Рис. 2. расширение функциональности ПО ПУ

В рамках выполнения этих работ получены следующие результаты:

1. Разработано ПО сервисов и средств файлового обмена для распределенных вычислительных сред – файловый диспетчер. Состав файлового диспетчера: графический интерфейс пользователя, объекты-оболочки ресурсов Unicore, клиенты ресурсов Unicore, клиенты FileTransfer Service, высокоуровневые файловые сервисы. Файловый менеджер обеспечивает выполнение файловых операций между компьютером пользователя и хранилищами Unicore, между разными хранилищами Unicore, а также визуализацию свойств файлов и процесса копирования. Поддерживает технологию Drag&Drop. Разработана программная документация.
2. Разработано ПО системы анализа, учета и статистики, которое позволяет отслеживать загруженность грид-сетей, активность пользователей, функционирование отдельных сайтов. Подготовлен соответствующий набор ПО и программной документации для следующих четырех операционных систем и программных архитектур: MS Windows XP (x86), Scientific Linux 4 (x86), Linux Fedora Core 8 (x86_64), Linux Debian 4 (x86_64).

Обеспечена работоспособность сервисов и служб системы анализа, учета и статистики в составе:

- головного сервера системы анализа, учета и статистики;
- вспомогательных служб системы анализа, учета и статистики, которые установлены на грид-сайтах.

Система анализа, учета и статистики позволяет визуализировать информацию следующих категорий: статистика, сайты, пользователи, сертификаты, тарифы, задачи.

3. Разработана система мониторинга и тестирования UNICORE-сайтов. Проведено всестороннее исследование кандидатур в качестве основы для построения систем мониторинга и тестирования и выбраны кандидатуры: мониторинг вычислительных узлов – Ganglia; мониторинг сервисов и тестирование – Nagios. Портированы серверные компоненты под ОС Windows, которые вместе с PBS-сервером обеспечивают идентичность системного окружения под Linux и Windows. Выполнена полная интеграция в дистрибутив Unicore с обновленной документацией.
4. Выполнены работы по расширению функциональности компонента TSI национальной грид-сети, что позволило создать технологию подключения территориально распределённых файловых хранилищ к сайтам национальной грид-сети. С использованием разработанной технологии для набора узлов можно применять любые конфигурации сетевых файловых хранилищ, что является принципиальным отличием от существующей схемы, где файловое хранилище для TSI, СПО и всех узлов должно быть общим и единственным. Разработанная технология представлена расширенным функционалом TSI.
5. Осуществлен перенос программного обеспечения СПО Torque на платформу операционных сред семейства Windows, что позволяет прозрачно подключать ресурсы под управлением указанных операционных сред и весьма актуально для настольных компьютеров и некоторых специализированных рабочих станций. Система пакетной обработки обеспечивает управление ресурсами на уровне ОС, пользователями и безопасностью.

6. Разработано ПО брокера ресурсов национальной грид-среды на базе программного обеспечения промежуточного уровня Unicore. Брокер ресурсов предоставляет функционал по управлению ресурсами национальной грид-среды, функционал по планированию заданий в национальной грид-среде, что позволяет пользователю запускать задания на ресурсах, наиболее подходящих заданию, как в ручном, так и в автоматизированном режиме.

Сервис Broker является сервисом, который организует планирование пользовательских заданий по различным целевым системам грид-среды. При планировании Broker использует сервис IAS для получения информации от статических и динамических параметрах целевых систем. Сервис Broker реализуется как веб-служба и для обмена данными по сети использует протокол SOAP.

Развитие грид-инфраструктуры

В рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства «СКИФ-ГРИД» и участия в проекте Balticgrid создан опытный участок национальной грид-сети. В состав опытного участка национальной грид-сети входят:

- ресурсные центры на базе научных организаций Национальной академии наук Беларуси (ОИПИ НАН Беларуси, ОИЭЯИ-Сосны НАН Беларуси) и учреждений Министерства образования Республики Беларусь (БГУ, БГУИР, БНТУ, ГрГУ им. Я. Купалы);
- удостоверяющий центр (УЦ), выполняющий функции регистрации и выдачи сертификатов хостов, служб и пользователей;
- операционный центр (ОЦ) национальной грид-сети, выполняющий функции автоматического контроля состояния национальной грид-сети, автоматизации процесса организации доступа пользователей к ресурсам;
- научно-образовательная телекоммуникационная сеть BASNET.

Опытный участок национальной грид-сети интегрирован в европейскую грид-сеть через сегмент Balticgrid. В настоящий момент ОИПИ НАН Беларуси представляет национальную грид-инфраструктуру в европейской грид-сети, вступил в общеевропейскую грид-сеть EGI и создает базовое общее научно-образовательное пространство Союзного государства на базе СКИФ-Полигона.

Таким образом, в ОИПИ НАН Беларуси создана инфраструктура и аппаратно-программная платформа для выполнения функций:

- развития и использования опытного участка национальной грид-сети на базе ресурсов суперкомпьютерных систем;
- организации управления и контроля за состоянием и использованием ресурсов;
- подключения дополнительных ресурсов и пользователей;
- обеспечения доступа пользователей к информационным и вычислительным ресурсам.

Данная инфраструктура послужила основой создания Национального центра грид-технологий.

В целях повышения эффективности развития и использования опытного участка национальной грид-сети на базе ресурсов суперкомпьютерных систем, обеспечения интеграции в европейскую грид-инфраструктуру, организации контроля за состоянием и использованием ресурсов, подключения дополнительных ресурсов и пользователей, обеспечения доступа пользователей к информационным и вычислительным ресурсам в 2010 году создан Национальный центр грид-технологий в составе: ресурсный центр ОИПИ НАН Беларуси, удостоверяющий и операционный центры, научно-образовательная сеть BASNET. Функции Национального центра грид-технологий:

- развитие и использования опытного участка национальной грид-сети на базе ресурсов суперкомпьютерных систем;
- организация управления и контроля за состоянием и использованием ресурсов;
- подключение дополнительных ресурсов и пользователей;
- обеспечение доступа пользователей к информационным и вычислительным ресурсам;
- представление национальной грид-инфраструктуры в европейской грид-сети.

Общепризнанной метрикой востребованности грид-среды является количество используемых в ней сертификатов. Так с октября 2008 г. удостоверяющим центром ОИПИ НАН Беларуси выдано 235 сертификатов для 108 уникальных физических лиц и 95 серверов из Беларуси. Эти значения являются одним из наиболее важных индикаторов темпов роста и спроса на грид-технологии в стране. Для сравнения, в Литве, Латвии и Эстонии вместе взятых за тот же период было выдано вдвое меньше сертификатов, однако по оценкам экспертов Еврокомиссии общий (усредненный) результат прибалтийских стран и Беларуси, является очень хорошим даже на фоне таких стран - флагманов грид-технологий как Великобритания, Германия и Италия.

Следует отметить, что опытный участок Национальной грид-сети интегрирован в европейскую грид-сеть через сегмент Balticgrid. В настоящее время ОИПИ НАН Беларуси представляет национальную грид-инфраструктуру в европейской грид-сети и **вступил** в организацию EGI. С весны 2010 года запущен новый четырехлетний проект «EGI-InSPIRE», финансируемый по 7-й Рамочной программе научных исследований и технологического развития Европейского союза. В проекте «EGI-InSPIRE» запланировано участие практически

всех стран Европы, а также США и некоторых стран Азии. Белорусскую грид-инициативу в проекте представляет ОИПИ НАН Беларуси.

Участие в столь глобальном проекте будет способствовать открытию доступа для белорусских ученых из различным предметных областей к мировым информационно-коммуникационным ресурсам, даст новый толчок развитию научно-образовательных связей за рубежом, что поспособствует участию белорусских организаций (особенно ВУЗов и институтов НАН Беларуси) в новых международных научных, образовательных, инфраструктурных и интеграционных проектах.

Заключение

Объединение национальных суперкомпьютерных центров каналами высокоскоростной связи и построение на их основе единой системы создают распределенную инфраструктуру центров обработки данных, объединенных в единое вычислительное пространство, обеспечивающее централизованную модель вычислений. Концепция распределенного центра обработки данных предусматривает создание единого целостного ресурса с возможностью балансировки нагрузки, централизованным управлением и оптимальным резервированием элементов инфраструктуры. Это создает высокоэффективную катастрофоустойчивую инфраструктуру, наиболее полно отвечающую современным потребностям.

Эффективное создание и использование такой инфраструктуры может быть реализовано посредством массивного целенаправленного развития такой стратегической области, как грид-технологии.