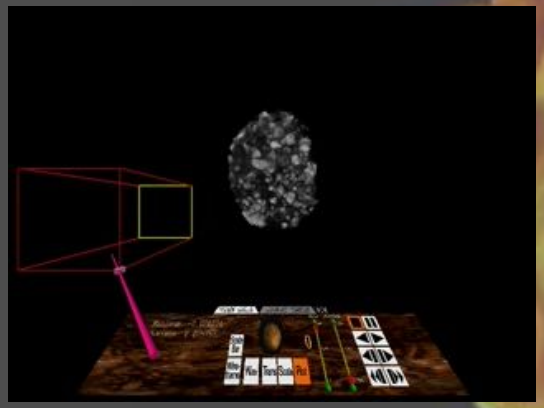
Введение в Grid и пакет ‘Глобус’ (Globus Toolkit™)

Вероника Нефёдова

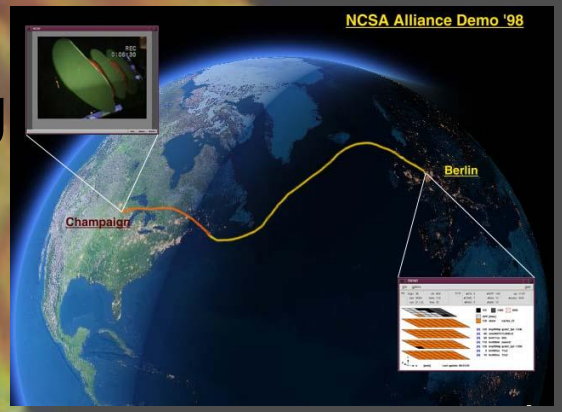
The Globus Project™

Argonne National Laboratory

USC Information Sciences Institute



http://www.globus.org



Содержание

- Введение в Grid (Grid Computing)
- Определения
- Архитектура Grid
- Проблема программирования
- Глобус (The Globus Toolkit™)
  - Введение, защита, управление ресурсами, информационный сервис, управление данными
- Будущие направления

Проблема Grid

- Гибкое, защищённое, координированное пользование динамичными ресурсами между различными динамичными группами персональных пользователей и организаций.
  From "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations"
- Сделать возможным для различных групп пользователей ('виртуальных организаций') совместное использование географически удалённых ресурсов при совместной работе – *подразумевая отсутствие*…
  - Центрального расположения,
  - Централизированного контроля,
  - Атмосферы доверия в рабочих отношений.

Состовляющие Проблемы

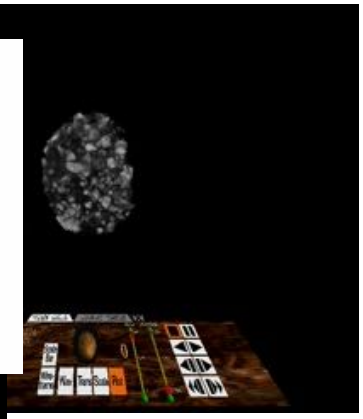
- Совместное использование ресурсов
  - Компьютеры, хранение данных, сети, …
  - Совместное использование ресурсов всегда возможно только при определённых условиях: вопросы доверия, внутренних правил, оплата, переговоры, …
- Координированное решение задач
  - Анализ удалённых данных, вычисления, совместная работа, …
- Виртуальные организации - динамичные, включающие различные Институты, группы
  - Научные сообщества включают различные классические организации
  - Многочисленные или нет, динамичные или статичные

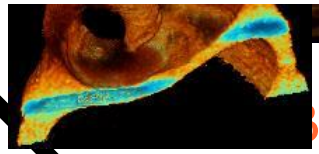
Доступ в сети к научным инструментам

Advanced Photon Source

Сбор данных в режиме реального времени

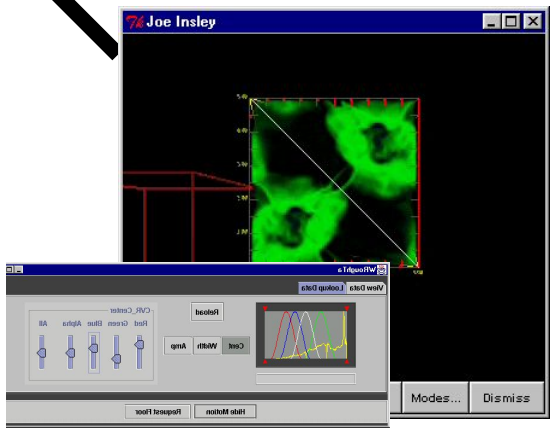
wide-area dissemination





архивы

3P совместное управление



Томографическая реконструкция

DOE X-ray grand challenge: ANL, USC/ISI, NIST, U.Chicago

Grids в Физике Высоких энергий

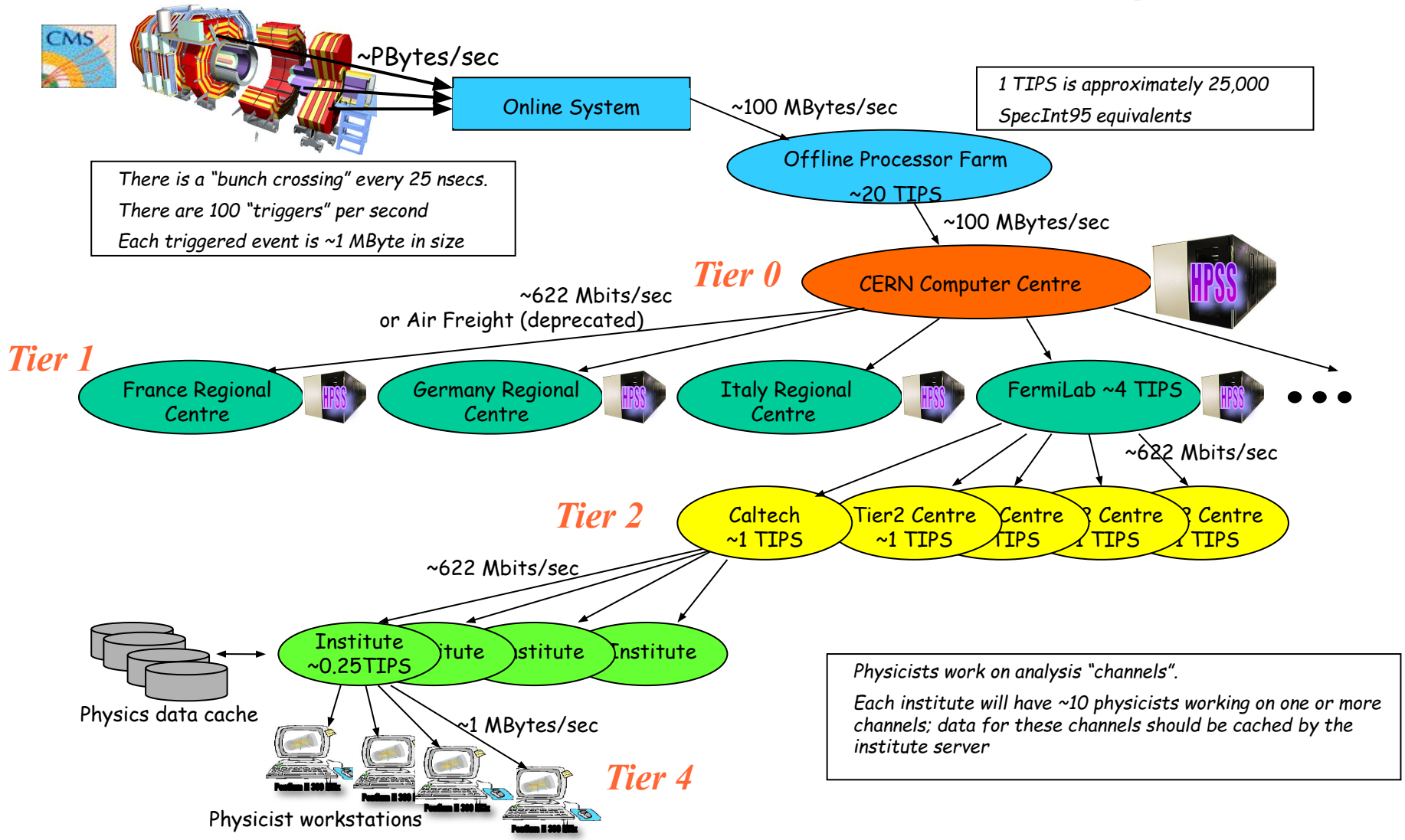
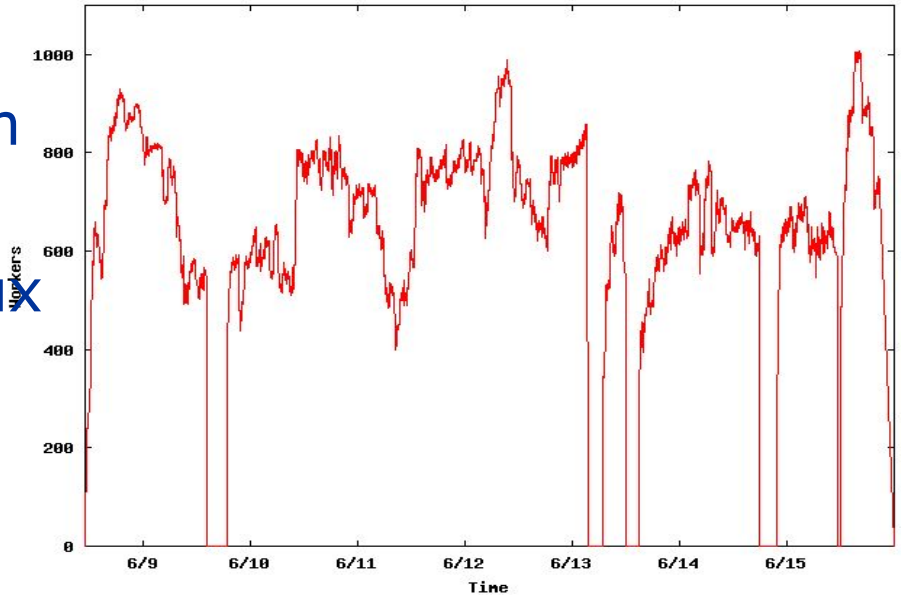


Image courtesy Harvey Newman, Caltech

Математики решили задачу NUG30

- Поиск решения NUG30 quadratic assignment problem
- Совместная работа математиков и компьютерных специалистов
- Condor-G произвёл 3.46E8 CPU секунд за 7 дней (мах 1009 процессоров) в США и Италии (8 организаций)



14,5,28,24,1,3,16,15,
10,9,21,2,4,29,25,22,
13,26,17,30,6,20,19,
8,18,7,27,12,11,23

MetaNEOS: Argonne, Iowa, Northwestern, Wisconsin

Домашние компьютеры тестируют лекарства от СПИДа

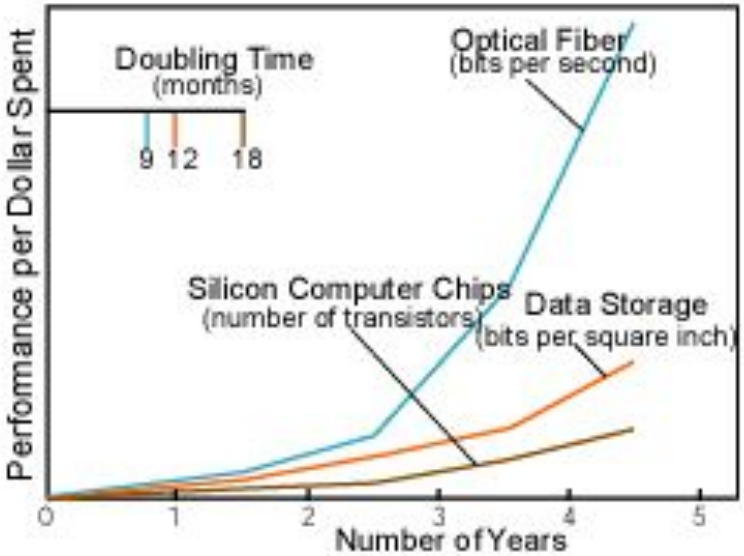
- Кто =
  - 1000s домашних ПК
  - компания Entropia
  - Научно-исследовательская компания Scripps
- Единая Цель = ускорить исследования в области СПИДа

Расширенный контекст

- “Grid Computing” имеет много общего с различными индустриальными приложениями
  - Business-to-business, Peer-to-peer, Application Service Providers, Storage Service Providers, Distributed Computing, Internet Computing…
- Проблема совместного использования ресурсов на сегодня не решена
  - Сложные требования : “Запустить программу X на домене организации Y при условии ограничений данной организации P, обеспечивая доступ к данным на домене организации, Z при условии ограничений Q”
  - Высокая производительность : новые требования высоко-производительных систем

Компьютерные сети

- Сети vs. Производительность компьютеров
  - Вычислительные скорости удваиваются каждые 18 месяцев
  - Скорости сетей удваиваются каждые 9 месяцев
  - Разница на целый порядок за 5 лет
- 1986 to 2000
  - компьютеры: x 500
  - сети: x 340,000
- 2001 to 2010
  - компьютеры: x 60
  - сети: x 4000



Moore's Law vs. storage improvements vs. optical improvements. Graph from **Scientific American** (Jan-2001) by Cleo Vilett, source Vined Khoslan, Kleiner, Caufield and Perkins.

Глобус - The Globus Project™

мы делаем работу в сети (Grid) реальностью

- Тесное сотрудничество с реальными Grid проектами в науке и промышленности
- Разработка и распространение стандартных протоколов для Grid с целью достижения совместимости и создания инфраструктуры
- Разработка и распространение стандартного програмного обеспечения для Grid - универсального и мультиплатформного
- Пакет Глобус - The Globus Toolkit™: Бесплатное, в прямом доступе; база для создания различных приложений и создания Grid инфраструктуры
- Global Grid Forum: Разработка стандартных протоколов и приложений для Grid

the globus project™
www.globus.org

Некоторые Grid Проекты

Name	URL & Sponsors	Focus
Access Grid	www.mcs.anl.gov/FL/accessgrid; DOE, NSF	Создание и распространение систем сотрудничества используя новейшие технологии
BlueGrid *New*	IBM	Создание единой Grid для тестирования для лабораторий IBM
DISCOM	www.cs.sandia.gov/discom DOE Defense Programs	Создание реальной Grid для доступа к ресурсам для 3-х оборонных лабораторий (U.S. DOE)
DOE Science Grid *New*	sciencegrid.org DOE Office of Science	Создание реальной Grid для доступа к ресурсам для U.S. DOE, научных лабораторий и университетов
Earth System Grid (ESG)	earthsystemgrid.org DOE Office of Science	Создание инфраструктуры для удалённого доступа и анализа данных моделирования климата
European Union (EU) DataGrid	eu-datagrid.org European Union	Создание реальной Grid для различных приложений в области Физики Высоких Энергий, Биоинформатики и ДОС

Некоторые Grid Проекты

Name	URL/Sponsor	Focus
EuroGrid, Grid Interoperability (GRIP) *New*	eurogrid.org European Union	Создание технологий для удалённого доступа к суперкомпьютерам и их приложениям
Fusion Collaboratory *New*	fusiongrid.org DOE Off. Science	Создание национального сотрудничества для Термоядерных исследований
Globus Project™	globus.org DARPA, DOE, NSF, NASA, Msoft	Исследование в области Grid технологий; создание и тех. поддержка Globus Toolkit™; приложения.
GridLab *New*	gridlab.org European Union	Grid технологии и приложения
GridPP *New*	gridpp.ac.uk U.K. eScience	Создание реальной Grid в Англии для исследований в области Физики Элементарных Частиц.
Grid Research Integration Dev. *New*	grids-center.org NSF	Создание и поддержка промежуточной Grid инфраструктуры для образования

the globus project™
www.globus.org

Некоторые Grid Проекты

Name	URL/Sponsor	Focus
Grid Application Dev. Software	hipersoft.rice.edu/ grads; NSF	Исследование и создание технологий для Grid приложений
Grid Physics Network	griphyn.org NSF	Создание технологий для анализа данных в физике: ATLAS, CMS, LIGO, SDSS
Information Power Grid	ipg.nasa.gov NASA	Создание реальной Grid для аэроисследований NASA
International Virtual Data Grid Laboratory *New*	ivdgl.org NSF	Создание реальной международной Grid для экспериментов над Grid технологиями и приложениями
Network for Earthquake Eng. Simulation Grid *New*	neesgrid.org NSF	Создание реальной Grid для исследований в сейсмологии
Particle Physics Data Grid	ppdg.net DOE Science	Создание реальной Grid для анализа данных в Физике Высоких Энергий и Ядерной физике

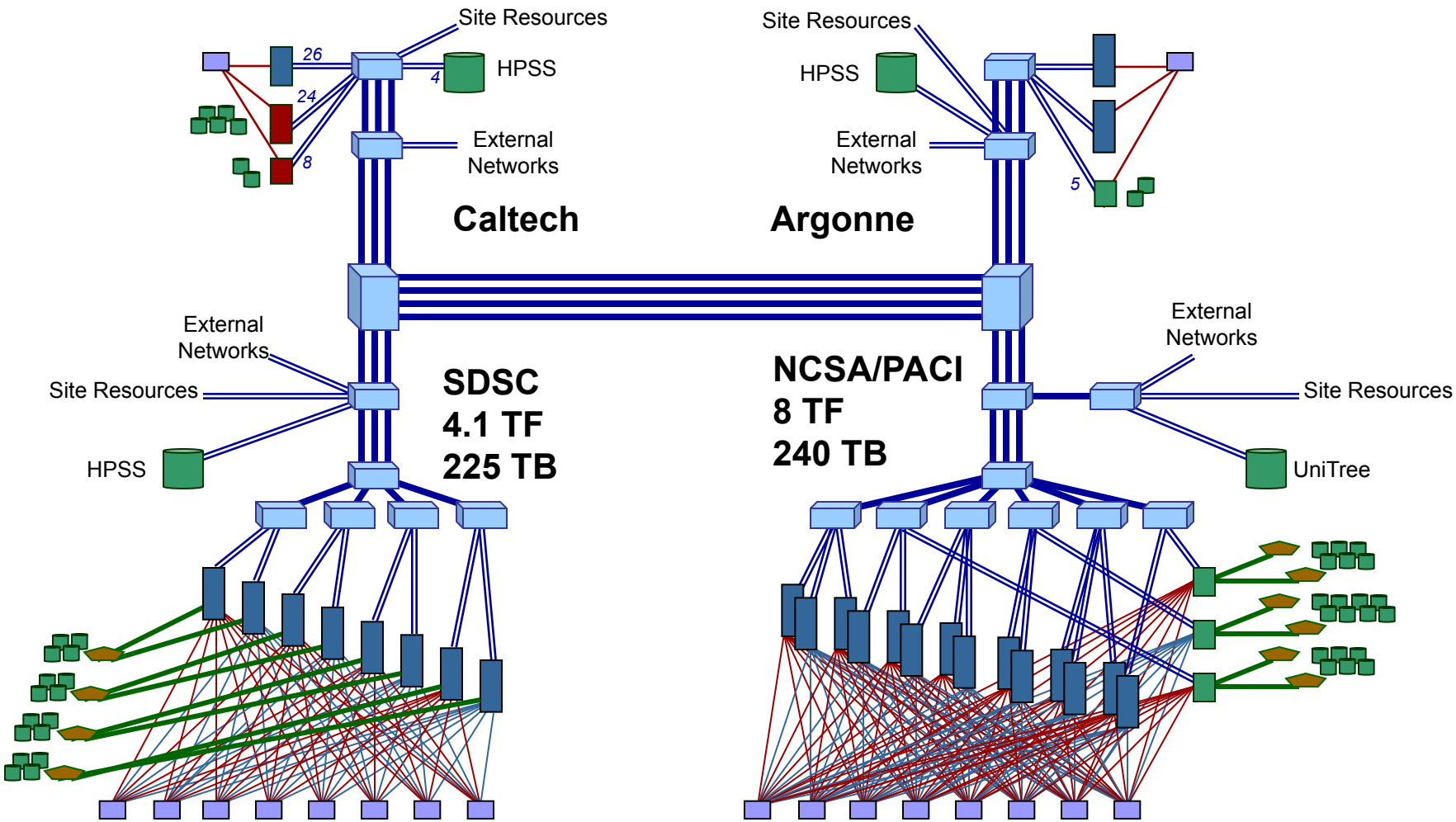
Некоторые Grid Проекты

Name	URL/Sponsor	Focus
TeraGrid *New*	teragrid.org NSF	Научная инфраструктура в США, связывающая 4 организации 40 Gb/s
UK Grid Support Center *New*	grid-support.ac.uk U.K. eScience	Центр технической поддержки для Grid проектов внутри Великобритании.
Unicore	BMBFT	Технологии для удалённого доступа к суперкомпьютерам

Also many technology R&D projects:
e.g., Condor, NetSolve, Ninf, NWS

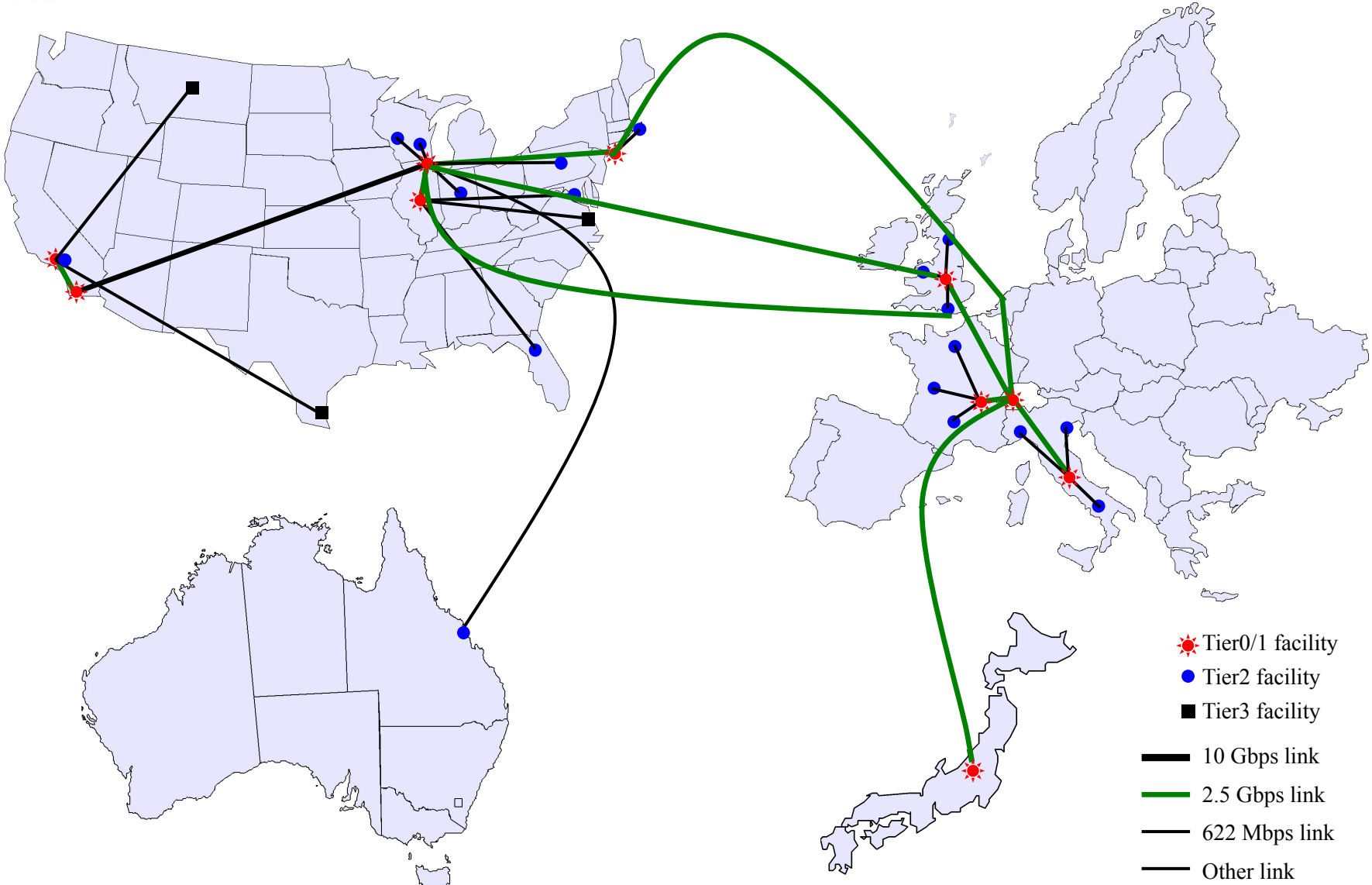
See also www.gridforum.org

The 13.6 TF TeraGrid: Computing at 40 Gb/s



TeraGrid/DTF: NCSA, SDSC, Caltech, Argonne www.teragrid.org

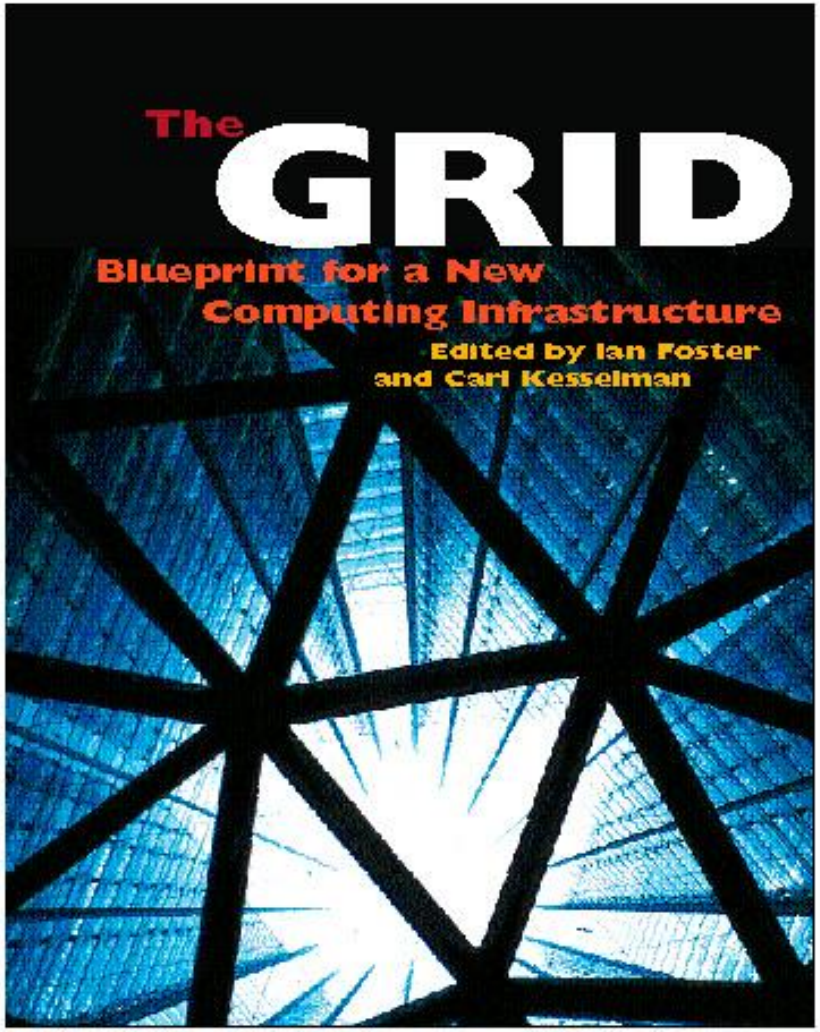
iVDGL: International Virtual Data Grid Laboratory



U.S. PIs: Avery, Foster, Gardner, Newman, Szalay www.ivdgl.org

Для Информации

- Globus Project™
  - www.globus.org
- Grid Forum
  - www.gridforum.org
- Книга (Morgan Kaufman)
  - www.mkp.com/grids



Некоторые Определения

The Globus Project™

Argonne National Laboratory
USC Information Sciences Institute

http://www.globus.org

Некоторые Важные Определения

- Ресурс
- Протокол сети
- Сервис, обеспечиваемый сетью
- Интерфейс приложения - Application Programmer Interface (API)
- Software Development Kit (SDK)
- Синтаксис

Ресурс

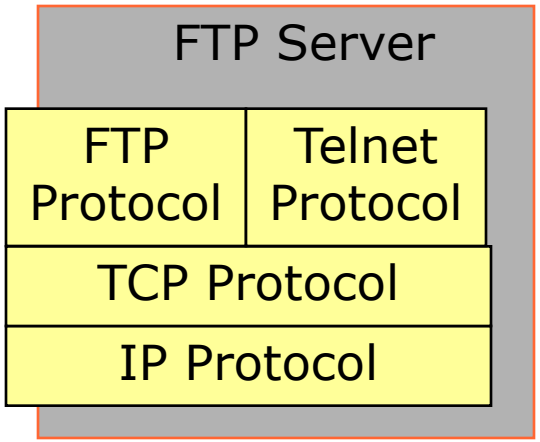
- Всё, что можно использовать совместно
  - Компьютеры, накопители информации, данные, компьютерные программы и т.д.
- Не обязательно должен быть физической единицей
  - Condor pool, distributed file system, …
- Определяется интерфейсами, а не устройствами
  - ‘планировщик’ (such as LSF and PBS) определяет комьютерный ресурс
  - Open/close/read/write определяет доступ к распределённой системе файлов , e.g. NFS, AFS, DFS

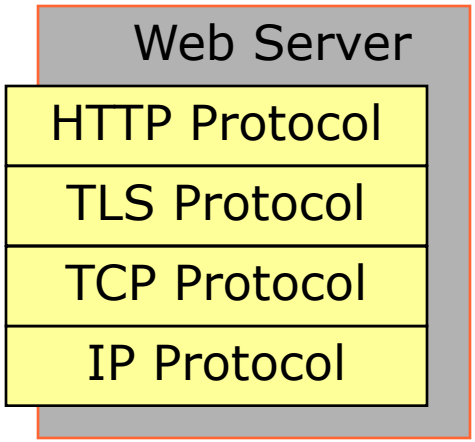
Протокол сети

- Формальное описание форматов сообщений и набор правил для обмена сообщениями
  - Правила могут определять последовательность обмена сообщениями
  - Протокол может определять изменение состояния ситемы в конечной точке (например, изменение состояния системы файлов)
- Хорошие протоколы созданы с одной целью
  - Протоколы можно накладывать друг на друга
- Примеры Протоколов
  - IP, TCP, TLS (was SSL), HTTP, Kerberos

Сервис, обеспечиваемый сетью

- Создание протокола, который определяет набор возможностей
  - Протокол определяет связь с сервисом
  - Все сервисы нуждаются в протоколе
  - Не все протоколы используются для предоставления сервиса(e.g. IP, TLS)
- Примеры: FTP и Web серверы





Application Programming Interface (API)

- Набор спецификаций для приложения
  - Относится к функциональному определению, а не к конкретному воплощению
  - Например, существует много воплощений MPI
- Часто эти спецификации бывают привязаны к конкретному языку программирования
  - Название программы, количество и тип аргументов, определённые языковые конструкции
  - Поведение функции или программы
- Примеры
  - GSS API (security), MPI (message passing)

Средство для создания програмных продуктов (SDK)

- Определённое воплощение API
- SDK состоит из библиотек и программ
  - Представляет собой воплощение спецификаций API
- Для одного API может быть много SDKs

Синтаксис

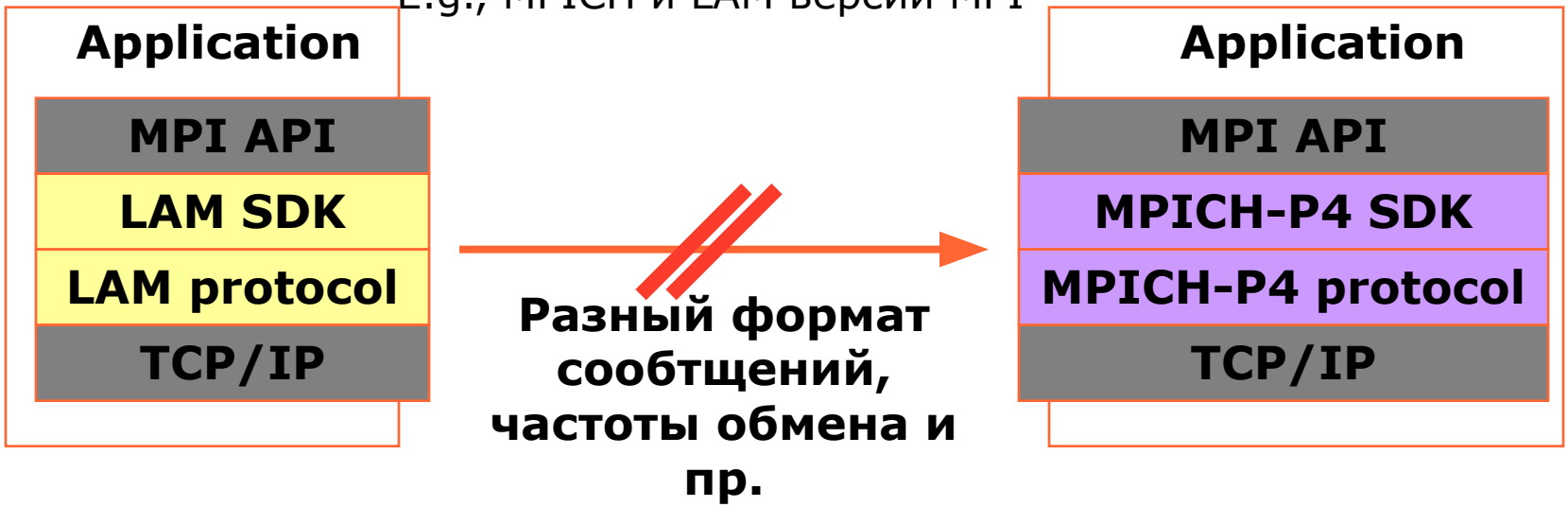
- Правила для расшифровки информации
  - XML, Condor ClassAds, Globus RSL
  - X.509 certificate format (RFC 2459)
  - Cryptographic Message Syntax (RFC 2630)
- Не протокол !
  - Один и тот же синтаксис может быть использован разными протоколами (e.g., XML); а также быть использован в других целях
- Синтаксис может быть наложен один на другой
  - E.g., Condor ClassAds -> XML -> ASCII
  - Очень важно понимать концепцию наложения синтаксиса при сравнениях и оценке.

Протокол может иметь множество APIs

- TCP/IP APIs включают в себя BSD sockets, Winsock, System V streams, …
- Протокол предоставляет совместимость: программы, использующие разные APIs, могут обмениваться информацией
- Мне не нужно знать API другого
  ователя

API может иметь много протоколов

- MPI - портативно: любая правильная программа должна компилироваться и работать на любой платформе
- Не предоставляет совместимость:все процессы должны использовать одинSDK
  - E.g., MPICH и LAM версии MPI



APIs и Протоколы очень важны

- Стандартные APIs/SDKs важны
  - Они дают приложению *портативность*
  - Но без стандартных протоколов внутренняя совместимость невозможна (любой SDK понимет любой протокол?)
- Стандартные протоколы важны
  - Дают внутреннюю совместимость независимости от месторасположения
  - Делают возможным совместные инфраструктуры
  - Но без стандартных APIs/SDKs становится невозможным портативность приложения (различные платформы работают с протоколами по-разному)

Архитектура Grid

The Globus Project™

Argonne National Laboratory
USC Information Sciences Institute

http://www.globus.org

Зачем обсуждать Архитектуру?

- Описание
  - Предложить общие термины для обсуждения Grid систем
- Направление работ
  - Определить основные области, требующие создания сервиса
- Предопределение
  - Определить стандартные “Intergrid” протоколы и APIs для создания совместимых и портативных приложений

Некоторые Требования

- Идентификация
- Авторизация&правила
- Поиск ресурсов
- Описание ресурсов
- Резервирование ресурсов
- Распределённые алгоритмы
- Доступ к удалённым данным
- Высоко-скоростная пересылка данных
- Гарантирование производительности
- Обнаружение несанкционированного доступа
- Распределение ресурсов
- Счета и оплата
- Обнаружение неполадок
- Эволюция систем
- Мониторинг
- И т.д.
- И т.д.
- …

В итоге, Grid Архитектура, ориентированная на Протоколы:

- Создание протоколов и сервисной оболочки Grid
  - Доступ к удалённым ресурсам через протоколы
  - Новые сервисы: предоставление ресурсов
  - “работать в Grid” = понимать Intergrid протоколы
  - В основном уже имеющиеся протоколы или их расширения
- Создание Grid APIs & SDKs
  - Интефейсы к Grid протоколам и сервисной оболочке
  - Помощь в создании приложений путём созданий абстракций на более высоком уровне
- Модель , имеющая огромный успех - Internet

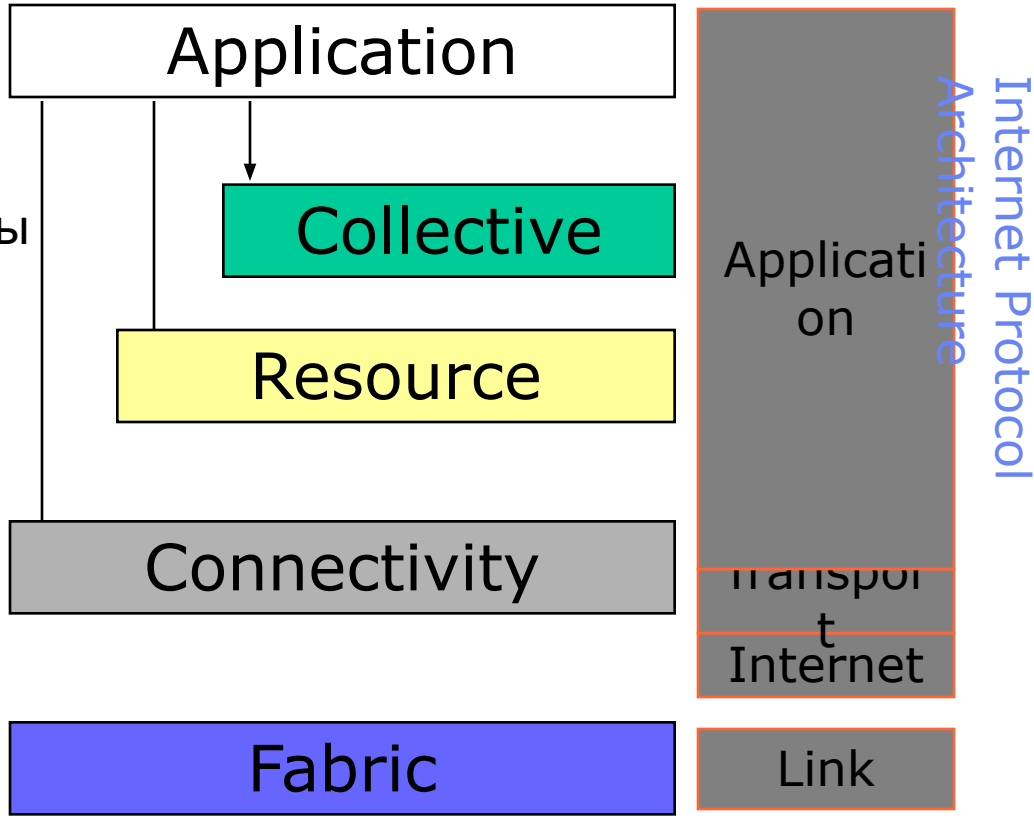
Многоуровневая Архитектура Grid (По Аналогии с Архитектутой Интернета)

“Координация многочисленных ресурсов”: специфические сервисы

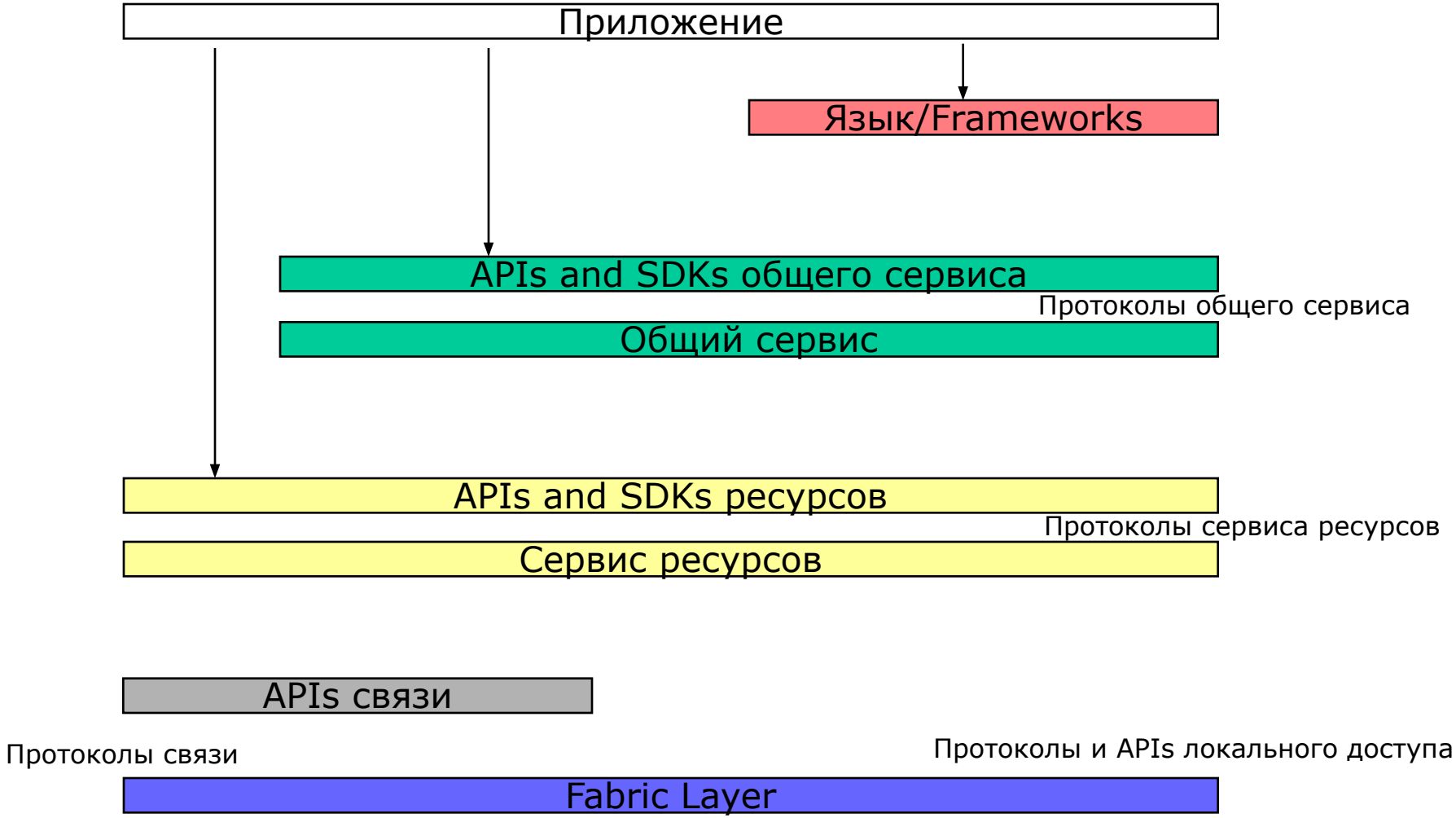
“Совместное использование одних ресурсов”: доступ по договору, использование под контролем

“Коммуникация”: коммуникация (Internet протоколы) & защищённость

“локальный контроль над ресурсами”: Доступ и контроль ресурсов



Протоколы, Сервис и APIs находятся на каждом уровне

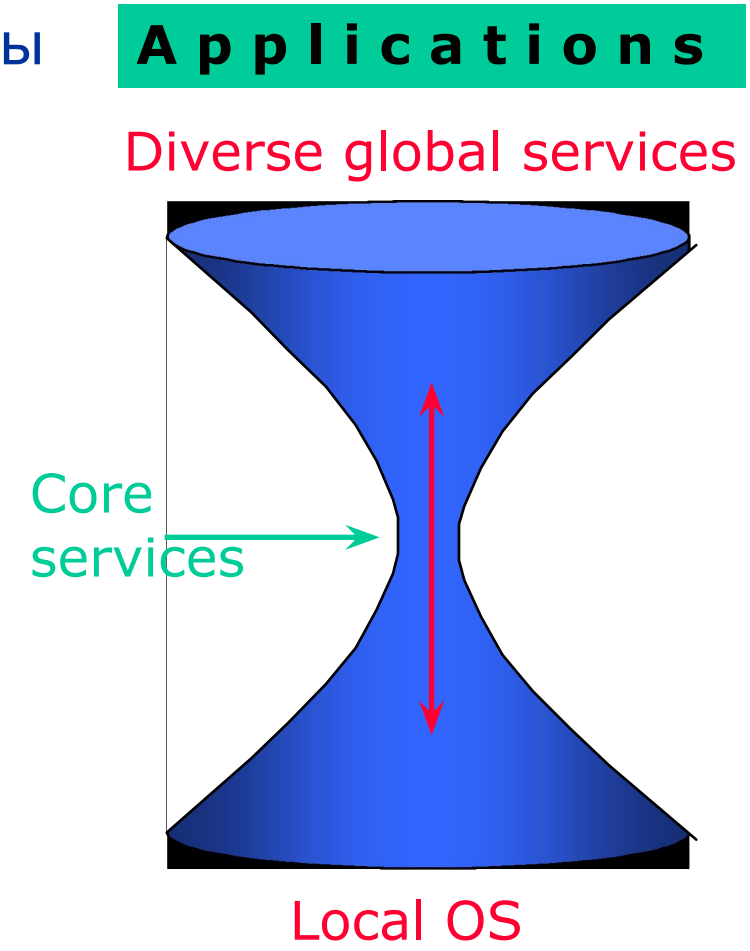


Важные моменты:

- Основано на протоколах и сервисе Интернет
  - Связь, маршруты, определение имени, и т.д.
- “Многоуровневость” здесь чисто концептуальна, НЕ накладывает никаких ограничений на то, кто какие функции может вызвать
  - Протоколы/сервис/APIs/SDKs в идеале, будут самодостаточны
  - Некоторые вещи здесь фундаментальны: например, коммуникация и защищённость
  - Привлекательно для функций высокого уровня использовать стандартные функции низкого уровня

Модель Песочных часов

- Фокус на вопросах архитектуры
  - Предлагаем набор основных сервисов как основы архитектуры
  - Использовать для создания решений высого уровня специфичных для домейна
- Принципы дизайна
  - Минимизировать затраты
  - Локальный контроль
  - Модель IP ‘песочные часы”



Где мы сейчас с Архитектурой?

- Не существует никаких ‘официальных’ стандартов
- НО:
  - Globus Toolkit™ является практически de facto стандартом для многих важных протоколов (связь, ресурсы и общие)
  - GGF имеет рабочую группу по архитектуре
  - Технические детали находятся сейчас в разработке: защищённость, управление ресурсами и данными, информационный сервис
  - Документы (в области безопасности) приняты к публикации в Интернете

‘Fabric’ уровень Протоколы и сервис

- Всё что можно ожидать: огромное разнообразие совместных ресурсов
  - ПК, файловые системы, архивы, каталоги метаданных, сети, сенсоры и т.д, и т.п.
- Несколько ограничений на технологии низких уровней (Few constraints on low-level technology): протоколы связи и ресурсов являются узким местом
- Определется интерфейсами, а не физическими характеристиками

Уровень связи: Протоколы & Сервис

- Коммуникация
  - Internet протоколы: IP, DNS, routing, etc.
- Защищённость: Grid Security Infrastructure (GSI)
  - Единая идентификация, авторизация и защищённая передача сообщений
  - Однократный логин, делегирование, идентификация
  - Public key technology, SSL, X.509, GSS-API
  - Инфраструктура поддержки: централизованная выдача сертификатов, управление сертификатами и ключами, …

GSI: www.gridforum.org/security/gsi

Уровень ресурсов: Протоколы & Сервис

- Grid Resource Allocation Management (GRAM)
  - Удалённые ресурсы : выделение, резервирование, мониторинг и управление компьютерными ресурсами
  - GridFTP протокол (FTP расширения)
  - Высокоскоростной доступ к данным и пересылка
- Grid Resource Information Service (GRIS)
  - Доступ к информации
- В проекте: доступ к каталогам, доступ к библиотеке програм, Catalog access, code repository access, и т. д.
- Всё пострено на уровне: GSI & IP

GRAM, GridFTP, GRIS: www.globus.org

Общий Уровень: Протоколы & Сервис

- Рапределение ресурсов (e.g., Condor Matchmaker)
  - Поиск и выявление ресурсов
- Каталог реплик
- Сервис копирования
- Сервис по одновременному резервированию и выделению
- И т.д.

Condor: www.cs.wisc.edu/condor

Пример: Data Grid Архитектура

App	Приложение, специфичное для какой-то области
Collective (App)	Выбор реплики, управление заданием, виртуальный каталог данных, …
Collective (Generic)	Каталог реплик, управление репликами, выделение ресурсов, выдача сертификатов, каталоги метаданных
Resource	Доступ к данным, доступ к компьютерам, доступ к информации о сети,..
Connect	Коммуникации, поиск сервиса (DNS), идентификация, авторизация, делегация
Fabric	Системы хранрния данных, кластеры, сети, ...

Проблема программирования

The Globus Project™

Argonne National Laboratory
USC Information Sciences Institute

http://www.globus.org

Проблема программирования

- Как мне создать надёжное, долговременное, высокоэффективное приложение для динамичных и разнородных Grids?
- Для этого мне нужно:
  - Абстракции и модели чтобы ускорить/улучшить сам процесс
  - Набор програмных средств для диагностики проблем и упрощения написания программы
  - Создать универсальные средства, чтобы было возможно использование некоторых компонент другими

Технологии Программирования в Grid

- “Grid приложения” - очень разнообразны (данные, сотрудничество, вычисления, мониторинг,...)
  - Невозможно найти единое решение
- Многие приложения были написаны “с нуля” используя или не используя возможности Grid
- Библиотеки приложений показали свою действенность/полезность
- Не придуманы ещё ни новые языки, ни модели программирования, которые бы решили проблему Grid
  - Но, в принципе, это ещё возможно

Примеры Програмных Технологий в Grid

- MPICH-G2: адаптированный для Grid MPI
- CoG Kits, GridPort: идея портала, основано на N-уровневой архитектуре
- GDMP, Data Grid Tools, SRB: управление репликами, набором данных
- Condor-G: управление процессом расчётов
- Legion: объектные модели для программирования в Grid
- Cactus: адаптированные для Grid набор средств для решения численных задач
  - Обратите внимание на огромное разнообразие средств (все ориентированны на определённое приложение)

MPICH-G2: MPI, Адаптированный для Grid

- Полная версия Message Passing Interface (MPI) для разнородных вычислительных платформ
  - Основано на версии MPICH (ANL, Gropp and Lusk)
- Использует сервис для идентификации, выделения ресурсов, запуске программ, пересылка результатов, и т.д.
- Программы работают в глобальной сети без каких-либо изменений

www.globus.org/mpi

Высоко-эффективные вычисления и Кондор

- Высоко-эффективные вычисления
  - CPU работает дни (недели, месяцы, год?) при не самых благоприятных условиях
  - “Сколько раз в месяц я могу запускать программу X на счёт, используя все имеющиеся компьютеры?”
- Кондор превращает набор независимых компьютеров и компьютерных кластеров в распределённую единую высоко-эффективную компьютерную систему
- Упор сделан на надёжность и соблюдение правил

www.cs.wisc.org/condor

Порталы

- N-уровневая архитектура, где средние уровни используют функциональность Grid
  - ‘Лёгкие приложения’ = web browsers
  - Средний уровень = e.g. Java Server Pages, с набором средств Java CoG Kit, GPDK, GridPort
  - Нижний уровень = различные ресурсы Grid
- Многочисленные приложения и проекты
  - Unicore, Gateway, Discover, Mississippi Computational Web Portal, NPACI Grid Port, Lattice Portal, Nimrod-G, Cactus, NASA IPG Launchpad, Grid Resource Broker, …

За всем этим стоит единый набор програмных средств

- Каждый из перечисленных проектов не создавал протоколы и пр. с нуля!
- Использовался единый набор средств, который…
  - Имеет все основные функции
    - SDKs который может быть использован для создания различных програмных продуктов
    - Стандартный сервис, который легко установить
  - Надёжный, правильно спроектированный, не противоречащий себе
  - Является бесплатным, широко доступным
- Всем этим требованиям отвечает Globus Toolkit™…

Введение в набор програмных средств Глобус (The Globus Toolkit™)

The Globus Project™

Argonne National Laboratory
USC Information Sciences Institute

http://www.globus.org

Globus Toolkit™

- Набор програмных средств, решающий основные технические проблемы при создании програмного обеспечения для Grid
  - Предлагает ‘пакетный’ набор средств
  - Позволяет поэтапное создание програмных средств и приложений для Grid
  - Воплощает стандртные Grid протоколы и APIs
  - Доступен бесплатно для всех (Open source)

Общий подход

- Определить Grid протоколы & APIs
  - Доступ к удалённым ресурсам посредством протоколов
  - Интегрировать и расширить имеющиеся стандарты
- Создать соответсвующий набор средств
  - Доступный всем Globus Toolkit
  - Набор утилит, SDKs, сервис, и т.д.
- Адаптировать для Grid множество известных приложений
  - Globus Toolkit, FTP, SSH, Condor, SRB, MPI, …
- Учиться на своём опыте

Основные протоколы

- Глобус (The Globus Toolkit™) основан на четырёх основных протоколах
  - Уровень связи:
    - *защищённость*: Grid Security Infrastructure (GSI)
  - Уровень ресурсов:
    - *Управление ресурсами*: Grid Resource Allocation Management (GRAM)
    - *Информационный сервис*: Grid Resource Information Protocol (GRIP)
    - *Пересылка данных*: Grid File Transfer Protocol (GridFTP)
- Также основные протоколы ‘общего’ уровня
  - Информационный сервис, управление репликами, и т.д.

Grid Security Infrastructure (GSI)

- Глобус использует протоколы и APIs GSI для создания защищённости
- GSI протоколы расширяют стандартные протоколы public key
  - Стандарты: X.509 & SSL/TLS
  - Расширения: X.509 Proxy Certificates & Delegation
- GSI расширяет стандратное GSS-API

Управление ресурсами

- The Grid Resource Allocation Management (GRAM) протокол и API позволяет запуск програм на удалённых компьютерах, управление этими программами – несмотря на локальные особенности и неоднородность
- Resource Specification Language (RSL) ипользуется для передачи информации/требований на удалённый ресурс
- Многоуровневая архитектура позволяет конкретным приложениям специфицировать требования выделения ресурсов в терминах GRAM
  - Используется в Кондоре, PBS, MPICH-G2, …

Доступ к данным и их пересылка

- GridFTP: расширенная версия популярного FTP протокола для доступа к данным на Grid
- Надёжный, эффективный, гибкий, параллельный, одновременный, и т.д.:
  - Пересылка данных третьими лицами, пересылка неполных файлов
  - Параллельность, striping (e.g., на параллельных файловых системах PVFS)
  - Надёжная, возобновляемая пересылка данных
- Соответствующее воплощение
  - Существующие клиенты и серверы: wuftpd, ncftp
  - Гибкие, расширяемые библиотеки в Глобусе (Globus Toolkit)

Выводы

- Проблема Grid: Совместное использование ресурсов и координированное решение задач в динамических, много-профильных ‘виртуальных’ организациях
- Архитектура Grid делает упор на системную проблему
  - Протоколы и сервисы – для совместимости програмных продуктов и совместных инфраструктурных сервисах
- Globus Toolkit™: APIs, SDKs и програмные продукты, основанные на протоколах и сервисе Grid
  - Предлагает програмную инфраструктуру для набора програмных средств для решения *проблемы программирования*