

Grid Computing y Virtualización

Borja Sotomayor

University of Chicago
Department of Computer Science
borja@cs.uchicago.edu

10 de julio de 2007
Cursillos de Julio 2007
ESIDE – Universidad de Deusto

Charla organizada por:



Cursillos de Julio 2007
<http://www.e-ghost.deusto.es/cursillosjulio/>

Agradecimientos

- Laura Perlman
- Rich Wellner
- Algunas transparencias de:
 - ◆ Ian Foster
 - ◆ Jennifer Schopf

Índice

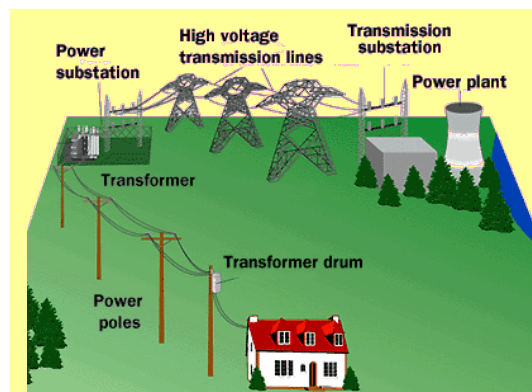
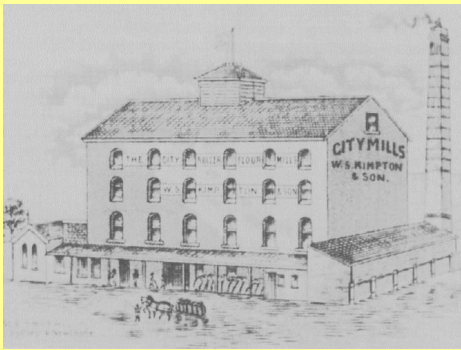
- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

La analogía de la red eléctrica

Originalmente: había que estar cerca de la electricidad

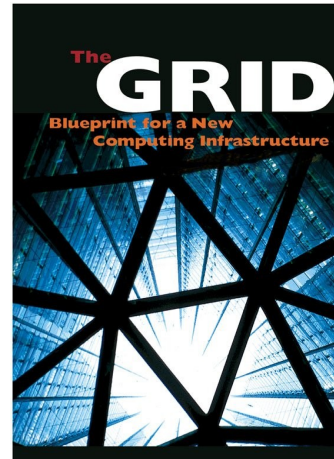


Actualmente: la red eléctrica transporta electricidad desde los grandes productores a los pequeños consumidores

¿Podemos hacer lo mismo con la "computación"?

Computación Grid

- La Computación Grid plantea conseguir una mayor potencia de cálculo, almacenamiento, aprovechamiento de recursos, etc. combinando los recursos computacionales de varias organizaciones (más estrictamente: dominios administrativos).
- Paradigma de computación distribuida propuesto por Ian Foster y Carl Kesselman a mediados de los 90.



7

Organizaciones Virtuales



- Una organización generalmente está limitada por los recursos de los que dispone.
- En la Computación Grid intervienen varias organizaciones.
- Los recursos se agrupan dinámicamente para resolver problemas concretos, formando *organizaciones virtuales (VO)*.

8

¡Más fácil dicho que hecho!

- ¿Qué recursos forman parte de cada organización virtual? ¿Cada VO tiene control exclusivo sobre los recursos, o tiene un límite de horas-CPU cada mes?
- Si quiero ejecutar algo en los recursos de mi VO, ¿cómo selecciono los mejores recursos?
- ¿Cómo se comunican los recursos? ¡Son recursos heterogéneos de organizaciones *diferentes*!
- Quiero aprovechar los múltiples recursos de mi VO para ejecutar un problema en paralelo... ¿cómo lo hago?
- Si cedo recursos para la VO, ¿cómo me aseguro de que no son utilizados maliciosamente?

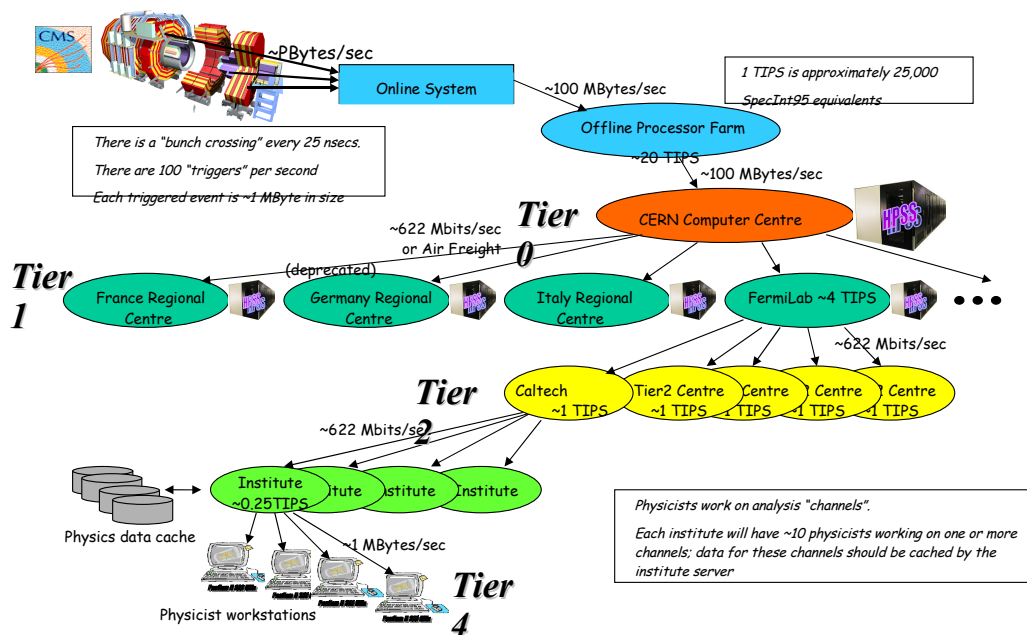
¿Por qué es difícil?

- **No hay control centralizado**
 - ◆ No podemos controlar las decisiones de cada organización individual.
 - ◆ Es necesario reconciliar las políticas de las distintas organizaciones.
- **Recursos compartidos**
 - ◆ No podemos presuponer control total.
 - ◆ Variabilidad en recursos.
- **Comunicación y coordinación**
 - ◆ Diferentes administradores de sistemas, usuarios, restricciones socio-políticas, ...

Una definición

- Ian Foster proporciona una definición (abierta) en *What is the Grid? A Three Point Checklist*.
- Una "grid" es un sistema que...
 - ♦ coordina recursos que no están sujetos a un control centralizado...
 - ♦ ...utilizando protocolos e interfaces estándares, abiertos, y de propósito general...
 - ♦ ...para proporcionar una calidad de servicio no trivial.
- No existe "La Grid", pero si muchas "grids" que dan soporte a una gran variedad de aplicaciones.

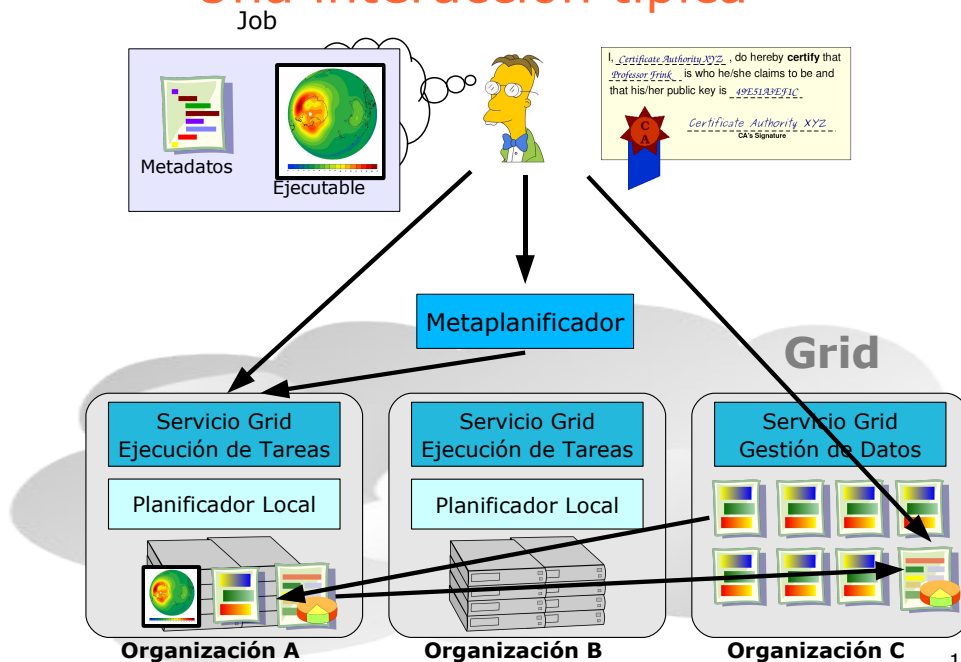
Ejemplo: LHC



Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

Una interacción típica



¿En qué consiste una grid?

- **Middleware**
- Crear un sistema grid (p.ej., para la interacción típica que hemos visto) requiere una gran variedad de protocolos, servicios, kits para desarrollar software, etc.
Por ejemplo:
 - ♦ **Gestión de la VO:** Para gestionar que recursos y usuarios forman parte de la VO.
 - ♦ **Gestión y descubrimiento de recursos:** Para averiguar y manipular información sobre recursos.
 - ♦ **Gestión de jobs:** Para que los usuarios puedan enviar sus tareas computacionales utilizando un formato común.
 - ♦ Y muchos otros: seguridad, gestión de datos, etc.

Estándares e Implementaciones

- Existen estándares para estos servicios:
 - ♦ Open Grid Services Architecture, desarrollado por el Open Grid Forum (<http://www.ogf.org/>)
 - ♦ También intervienen estándares de OASIS, W3C, IETF, ...
 - ♦ Muchos estándares todavía están en preparación.
- Y muchas implementaciones
 - ♦ Servicios básicos:
 - Estándar de facto: Globus Toolkit (<http://www.globus.org/>)
 - También: gLite (<http://cern.ch/glite>) y UNICORE (<http://www.unicore.eu/>)
 - ♦ También son necesarios muchos otros componentes (más avanzados) para construir un sistema grid:
 - <http://www-unix.mcs.anl.gov/~liming/primer/>
 - http://www.globus.org/grid_software/
 - <http://www.globus.org/toolkit/tools/>

Índice

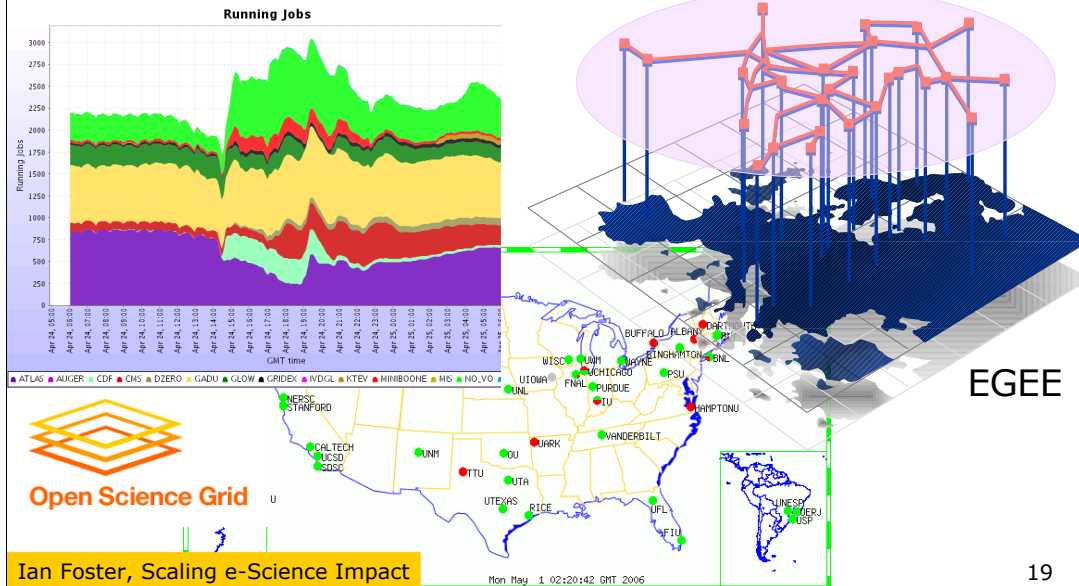
- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

Mucho más que un "supercomputador virtual"

- Una explicación popular de la Computación Grid es la de un "supercomputador virtual" (que permite ejecutar aplicaciones que no pueden ser soportadas en un único nodo).
- Es *uno* de los casos de uso de la computación grid.
- Sin embargo, hay muchos más.

Grids de "Primera Generación"

Se centrar en agregar muchos recursos para aplicaciones masivamente paralelas



Nuevos enfoques de investigación

- Recientemente, hay muchos proyectos científicos que enfocan su investigación en torno a:
 - ◆ Análisis profundo de grandes cantidades de datos.
 - ◆ Colaboración interdisciplinar e interorganizacional
 - ◆ Simulación y análisis a gran escala
 - ◆ Instrumentación
 - ◆ Reorganización dinámica de recursos para investigar una nueva configuración o escala del problema.
- Requieren acceso a recursos y servicios sin importar su situación geográfica u otros impedimentos.

e-Ciencia

- La computación grid puede proporcionar una infraestructura para este tipo de proyectos.
 - ◆ **e-Ciencia** o **cyberinfraestructura**
- La grid no se limita a compartir potencia computacional. Una organización virtual también incorpora *servicios*, usuarios, instrumentos, etc.
 - ◆ **Service-Oriented Science** (Ian Foster, Steve Tuecke, *The Many Faces of IT as Service*; Ian Foster, *Service-Oriented Science*)
- Mejora la calidad de la investigación científica permitiendo:
 - ◆ Composición de nuevas aplicaciones científicas basadas en servicios existentes.
 - ◆ Escalar sistemas existentes para probar nuevas hipótesis, investigar más configuraciones de un experimento, etc.
 - ◆ El usuario únicamente utiliza herramientas de alto nivel; la Grid se encarga de planificar la ejecución eficientemente.

21

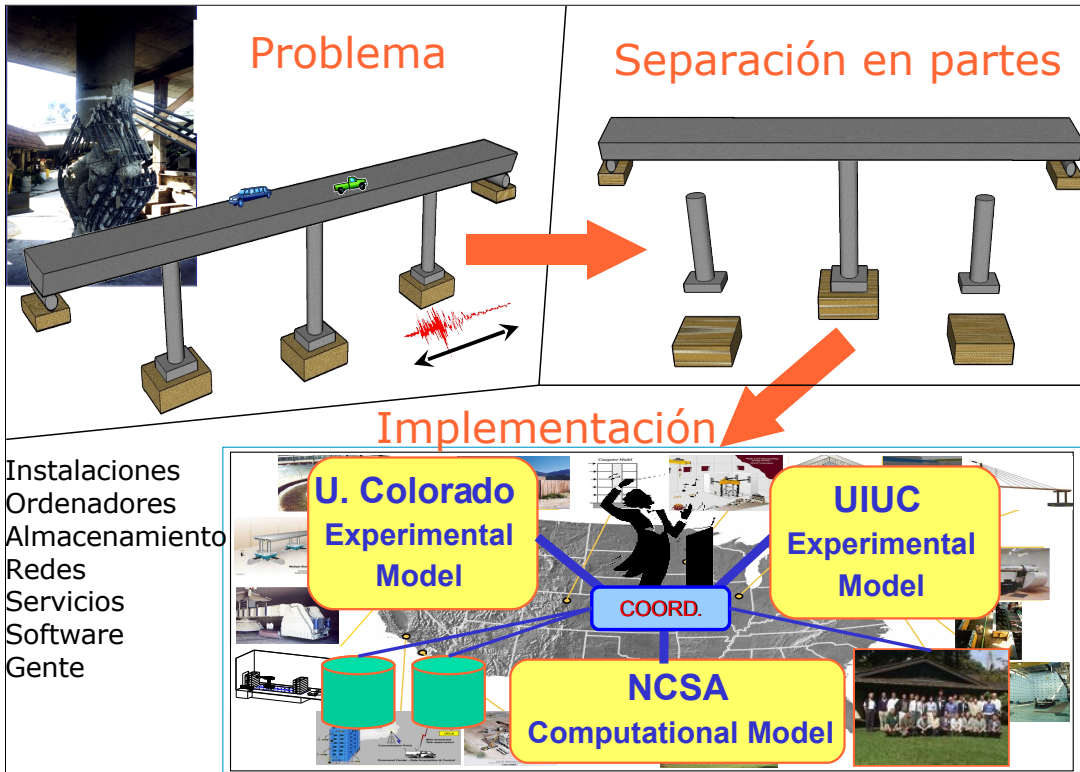
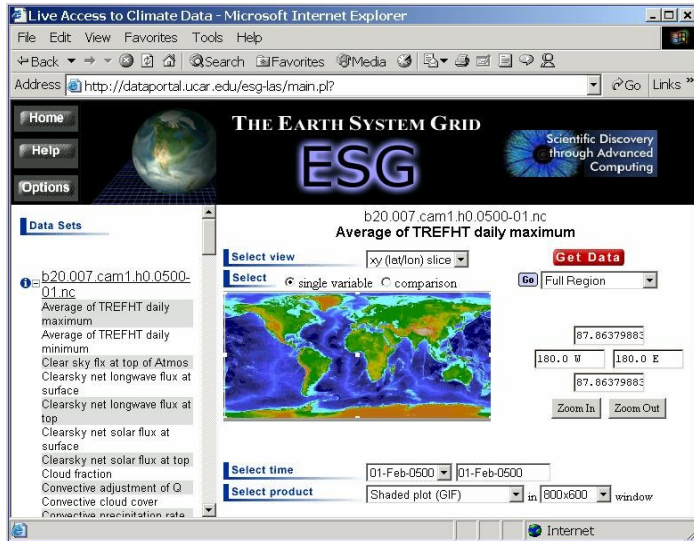
Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

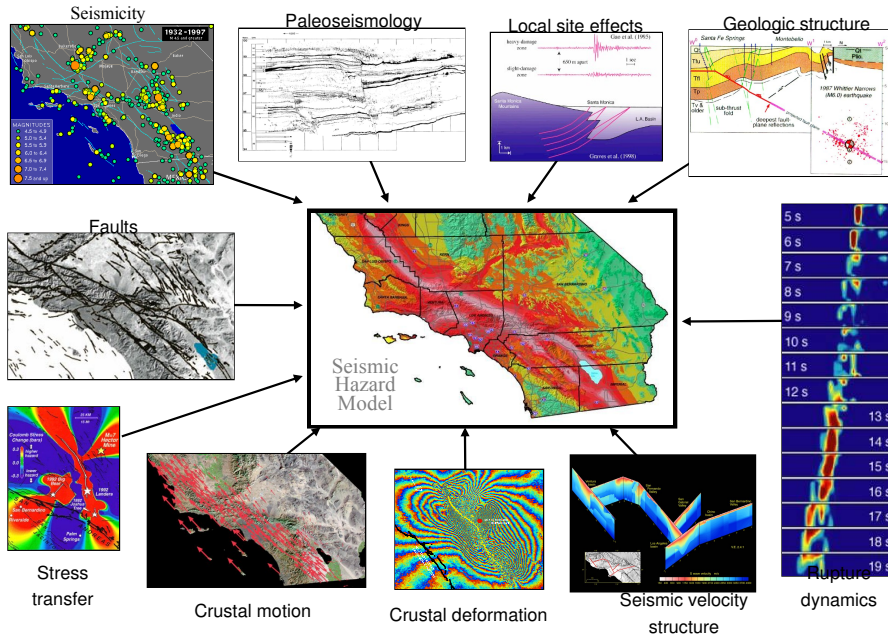
22

Earth System Grid DOE Earth System Grid

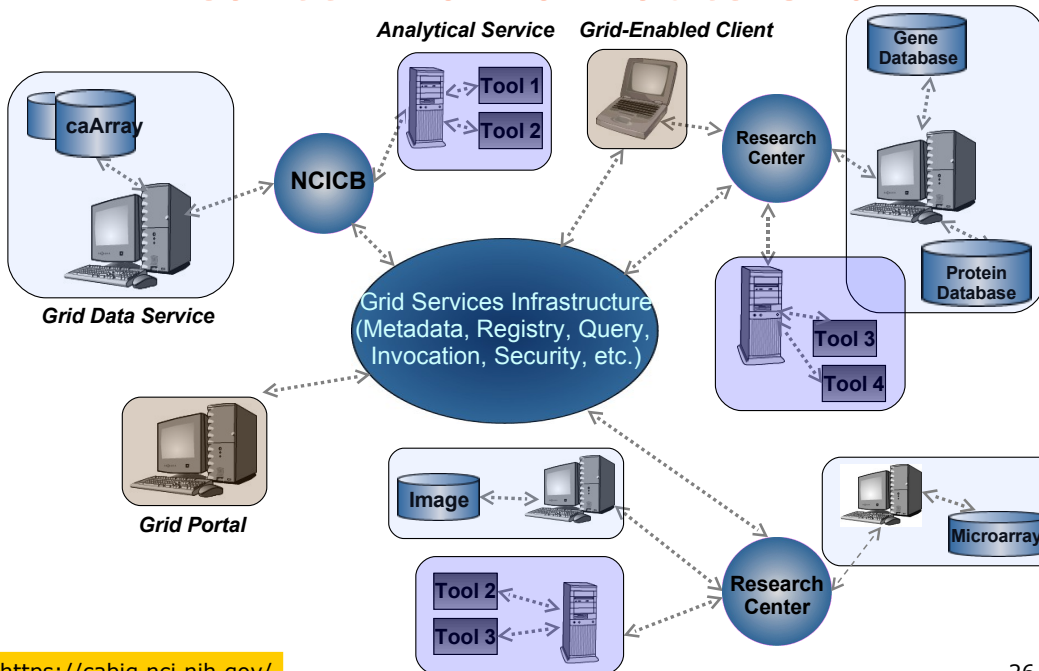
Compartición y análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de modelos climatológicos



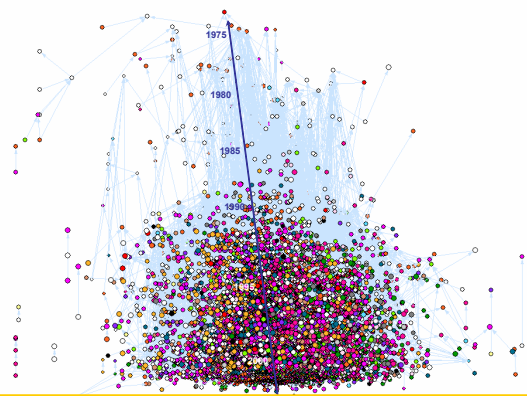
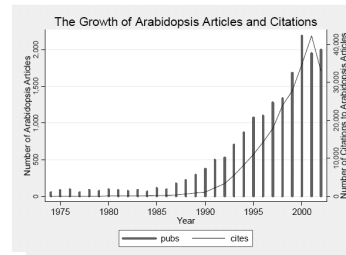
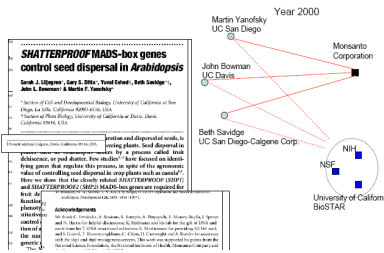
Mining Seismic data for hazard analysis (Southern Calif. Earthquake Center).



Cancer Bioinformatics Grid



Scaling up Social Science: Citation Network Analysis



- miscellaneous
- transcription factors / morphogens
- receptors
- phosphotyrosine cascades
- organogenesis
- terpenes, synthesis
- physical defense
- commercial disease resistance
- innate immunology
- nutrient metabolism and movement
- nutrient uptake
- genomics
- photosynthesis
- functional enzymatics
- protein isolation & characterization
- targeting / splicing
- transposons

Work of James Evans,
University of Chicago,
Department of
Sociology 2727

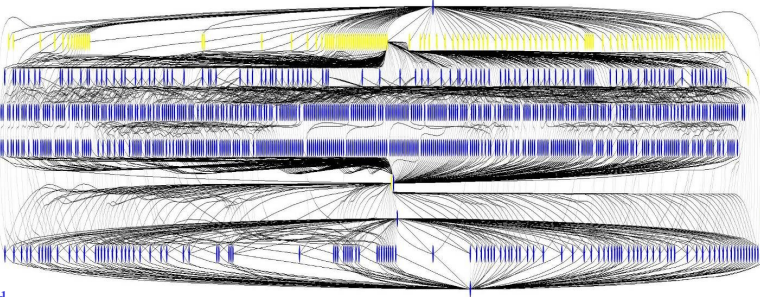
http://www.ci.uchicago.edu/research/detail_socialinformatics.php

Proceso de grandes volúmenes de datos

- Muchos experimentos de astronomía y HEP involucran:
 - ◆ Grandes volúmenes de datos como entrada (hay que encontrarlos)
 - ◆ Transformaciones sobre esos datos (hay que realizar un proceso)
 - ◆ Los datos de salida (hay que almacenarlos y publicarlos)
- Hay un énfasis en la compartición de estos datos
- Cuando los programas son independientes, pueden ser paralelizados.



Mosaic of M42 created on TeraGrid



Montage Workflow: ~1200 jobs, 7 levels



Grid y Empresa

- ¿Puede utilizarse la Computación Grid en el mundo de la empresa?
- ¡Sí! Múltiples beneficios:
 - ◆ Mejor utilización de recursos computacionales.
 - ◆ Creación dinámica de entornos de ejecución para dar soporte a distintos proyectos.
 - ◆ Utilización de interfaces comunes y abiertos para gestionar recursos.
- No se comparten recursos con otras organizaciones, sino que se comparten los recursos de los distintos dominios administrativos de la empresa.
- Ejemplo: Univa (<http://www.univa.com/>) es una empresa que desarrolla productos y soluciones grid orientados a empresa.

Univa

29

Aplicaciones

- Tipos
 - ◆ Computación
 - ◆ Grandes volúmenes de datos
 - ◆ Colaboración distribuida
- Aspectos comunes
 - ◆ El tamaño o complejidad del problema
 - ◆ Colaboración entre personas en distintas organizaciones
 - ◆ Compartición de recursos computacionales, datos, e instrumentos.

30

Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

¿Qué es el Globus Toolkit?

- Es una colección de componentes que abordan problemas que aparecen frecuentemente cuando intentamos crear sistemas grid.
 - ◆ Gestión de tareas, gestión de datos, servicios de información, metaplanificación, etc.
- No proporciona soluciones mágicas, sino componentes («building blocks») para desarrolladores e integradores de software.
- <http://www.globus.org/toolkit/>

Filosofía Globus

- Globus fue creado en 1996 como un proyecto open source.
- El Globus Toolkit es open source para:
 - ◆ Permitir su inspección
 - Para poder ser considerado en procesos de estandarización
 - ◆ Fomentar su uso
 - Ubicuidad e interoperabilidad
 - ◆ Fomentar contribuciones
 - Aprovechar la experiencia de la comunidad
- El Globus Toolkit está distribuido bajo la Licencia Apache versión 2 (derivada de la licencia BSD)

33

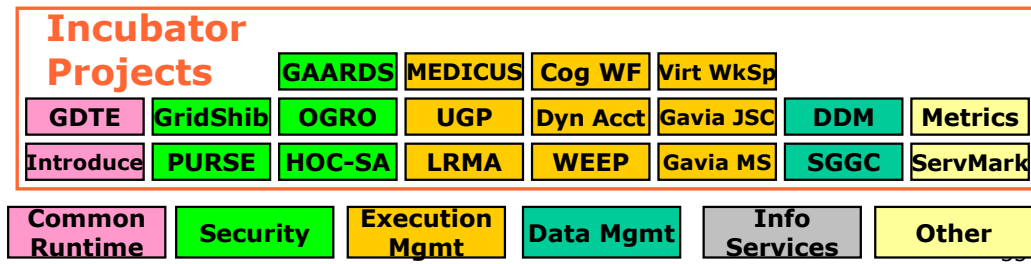
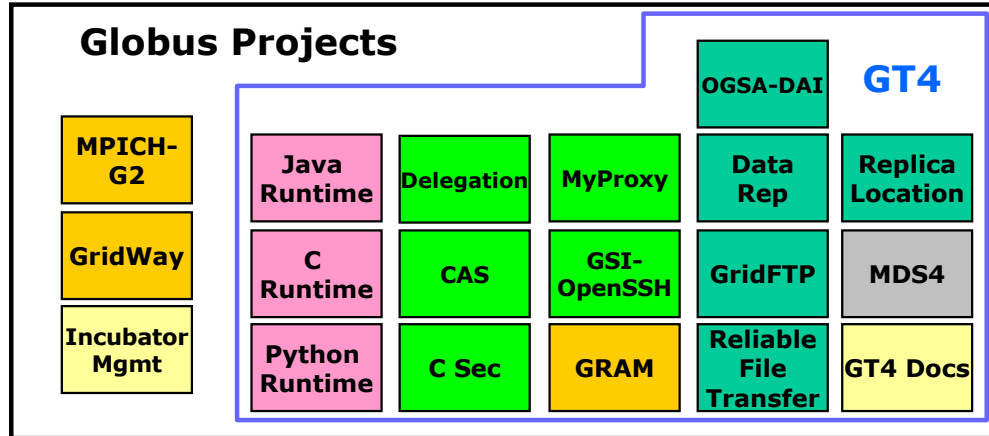
dev.globus

- Modelo de gobierno basado en Apache Jakarta
 - ◆ Proceso de decisiones basado en el consenso
- El software de Globus está organizado en torno a varios "Proyectos Globus"
 - ◆ Cada proyecto tiene sus propios "Committers", responsables de su producto.
 - ◆ Coordinación entre proyectos mediante interacción frecuente (listas de distribución, etc.) y reuniones de committers.
 - ◆ Es posible contribuir nuevos proyectos, que deben iniciar su vida como "proyectos en incubación".
- Globus Management Committee
 - ◆ Orientación general y resolución de conflictos.

34



Globus Software: dev.globus.org

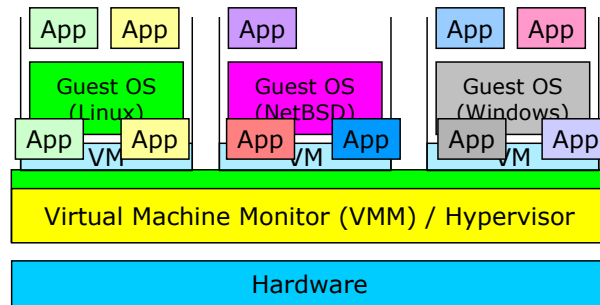


Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

Máquinas Virtuales

- En un ordenador, el sistema operativo actúa de intermediario entre el hardware y las aplicaciones.
- Con un Gestor de Máquinas Virtuales, es posible ejecutar varios sistemas operativos al mismo tiempo en una misma máquina física.



Máquina Virtuales

- La virtualización de recursos existe desde los años 60
- Ha resurgido recientemente, al ser posible dar soporte a máquinas virtuales con *commodity hardware*.
- Múltiples usos
 - ◆ Consolidación de recursos
 - ◆ VPS (Virtual Private Servers)
 - ◆ Desarrollo de software

Máquinas Virtuales

- Problema con máquinas virtuales: rendimiento
 - ◆ La arquitectura x86 es difícil de virtualizar.
 - ◆ Soluciones: paravirtualización y soporte hardware para VMs (Intel VT y AMD-V)
- Gestores de máquinas virtuales:
 - ◆ Xen
 - ◆ VMWare
 - ◆ Qemu
 - ◆ OpenVZ / Virtuozzo
 - ◆ etc.

39

Máquinas Virtuales y Grid Computing

- Las máquinas virtuales tienen propiedades que las hacen muy interesantes para sistemas Grid:
 - ◆ Seguridad y aislamiento
 - ◆ Entornos de ejecución a medida
 - ◆ Control de recursos
 - ◆ Independencia de organización
- Las organizaciones que componen una grid podrían realizar su trabajo en VMs.

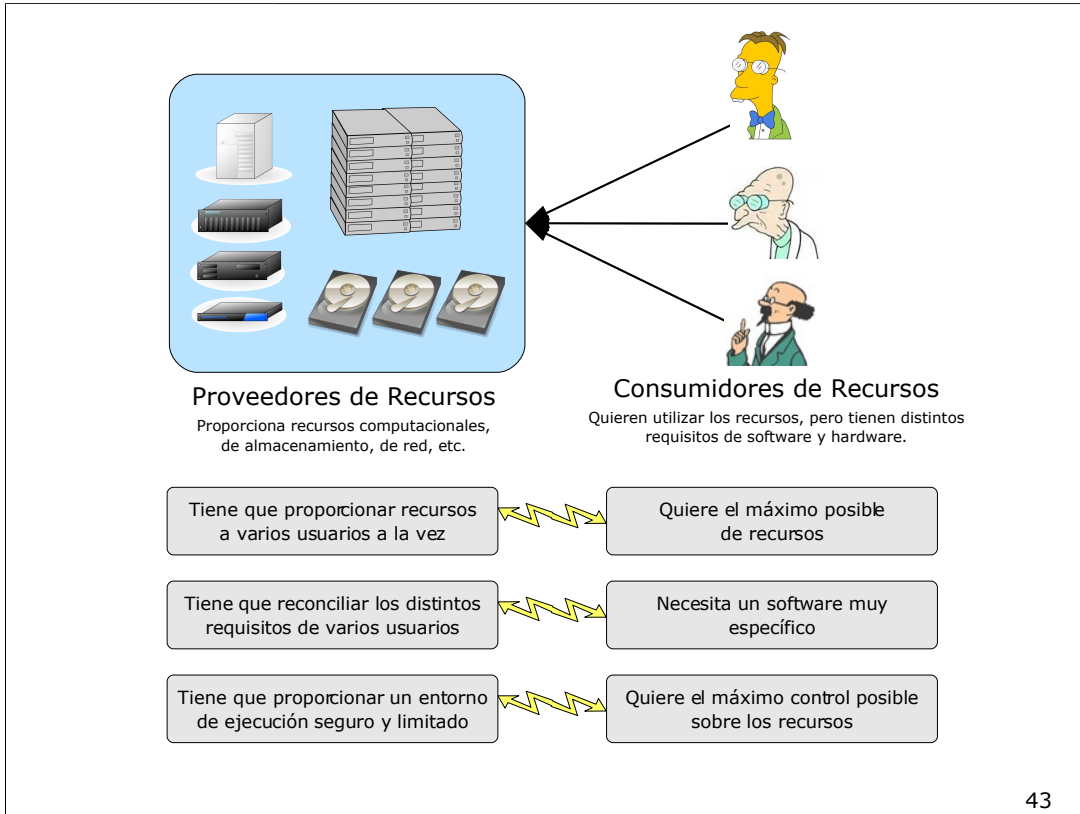
40

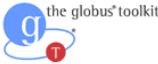
Índice

- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces

¿Qué es un workspace?

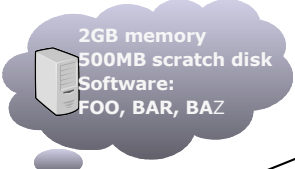
- ¿Qué hago si quiero "ejecutar algo en la Grid"?
 - ◆ Tenemos que encapsularlo en un "job"
 - ◆ Esta abstracción impone muchas restricciones al consumidor de recursos.
 - Por ejemplo: Un consumidor de recursos puede especificar que librerías son requeridas por el job, pero (habitualmente) es imposible que esas librerías sean instaladas dinámicamente cuando el job es enviado. Si la librería no está instalada, tengo que arreglarmelas con el proveedor de recursos para asegurarme de que el software está instalado.
 - ◆ En muchos casos, estas restricciones son perfectamente aceptables.
 - ◆ Pero... ¿y si no lo son?



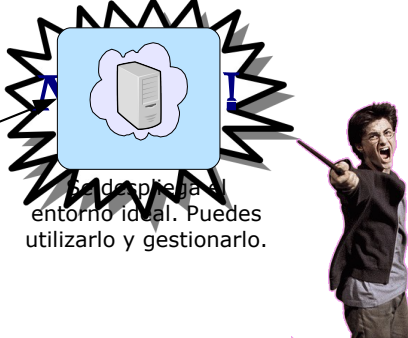
 **¿Qué es un workspace?**

- En algunos casos, los consumidores de recursos necesitan que un *entorno de ejecución* sean desplegados *dinámicamente* en recursos *remotos*.
- Un workspace virtual es una abstracción para ese entorno de ejecución.

2GB memory
500MB scratch disk
Software:
FOO, BAR, BAZ



Ejecuta tus jobs en el entorno ideal



Se despliega el entorno ideal. Puedes utilizarlo y gestionarlo.

Imaginate el entorno ideal para ejecutar tus jobs.

¿Qué es un workspace?

- Evidentemente, nos gustaría hacer esto con calidad de servicio y “calidad de vida”.
 - ◆ Calidad de servicio: Recursos garantizados y a tiempo.
 - No valen soluciones como replicadores de imágenes de disco duro, o instaladores automáticos: requieren demasiado tiempo (durante el cual mis recursos no están disponible). Tampoco son capaces de particionar recursos.
 - ◆ Calidad de vida: El usuario obtiene exactamente el entorno software que solicitó.
 - No valen perfiles de configuración: el usuario sigue limitado a unas pocas opciones.

45

¿Qué es un workspace?



¿Qué tipo de magia podemos utilizar?

Las **Tecnologías de Virtualización** son una dirección prometedora para alcanzar workspaces de alta calidad.

46

Casos de uso

- Casos de uso que motivan nuestro trabajo:
 - ◆ Aulas virtuales
 - ◆ Aplicaciones orientadas a eventos
 - ◆ Jobs con requisitos estrictos de software

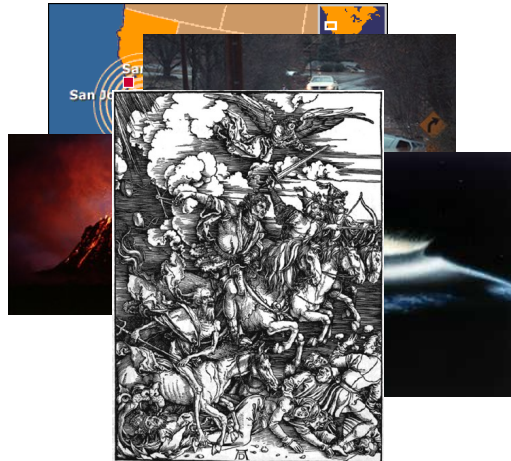
Aulas virtuales

- Una facultad de informática quiere impartir un curso de Programación Paralela.
- Desafortunadamente, no cuenta con un cluster para los estudiantes. Y, aunque lo tuviesen, el administrador del cluster no va a dar acceso root a los estudiantes.
- Solución: Utilizar un virtual workspace que proporcione a los estudiantes con un cluster.



Aplicaciones orientadas a eventos

- Algunas aplicaciones requieren una enorme capacidad de computo cuando se produce un evento concreto.
- Las soluciones actuales incluyen la cancelación de jobs menos prioritarios o dejar que los jobs urgentes se "cuelen".
- Solución: Utilizando VMs, pausar (suspend) las máquinas que realizan computos no-urgentes e iniciar la máquinas urgentes. Cuando termina el computo urgente, reaudar las máquinas pausadas.



Ejemplo menos draconiano:
Experimentos de fusión

Requisitos estrictos de software

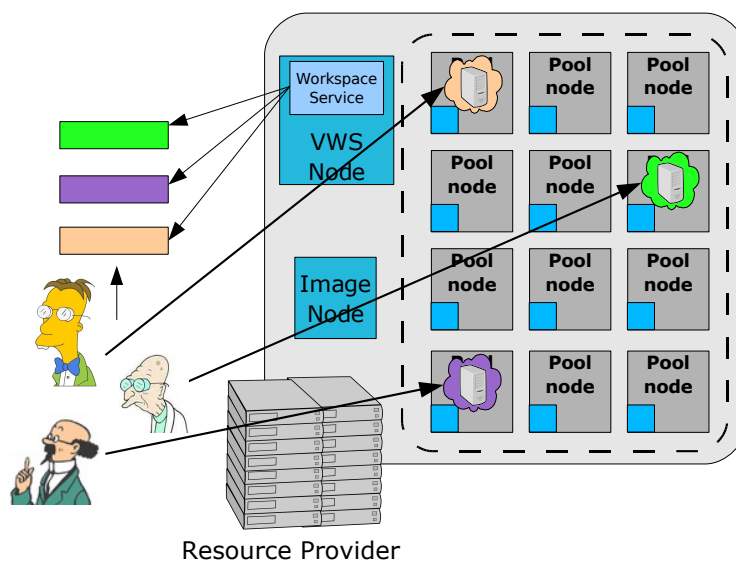
- Los consumidores de recursos pueden tener requisitos estrictos de software:
 - ◆ Jobs que requieren una versión específica de una librería
 - ◆ Software legacy
 - ◆ Privilegios especiales de acceso
- Gestionar múltiples requisitos de software puede ser problemático para el proveedor de recursos.
 - ◆ Requisitos contradictorios.
 - ◆ Cambiar de un entorno software a otro puede ser costoso (p.ej. tiempo requerido para instalar nuevo software)
 - ◆ Posible uso malicioso de recursos.
- Solución: Encapsular el entorno deseado en una máquina virtual.

GT4 Workspace Service

- El GT4 Virtual Workspace Service (VWS) es una implementación de workspaces basado en máquinas virtuales.
 - ♦ Frontend WSRF
 - WSRF: Web Services Resource Framework
 - Colección de especificaciones (de OASIS) para gestión de *información de estado* con web services ("stateful" web services)
 - ♦ Backend Xen, aunque otros gestores de VMs podrían utilizarse.
 - ♦ Proyecto en incubación de Globus
 - Versión TP1.2.3
 - Permite gestionar múltiples nodos, en los que se pueden desplegar virtual workspaces con un único nodo.
 - <http://workspace.globus.org/>

51

GT4 Workspace Service



52

Investigación en Virtual Workspaces

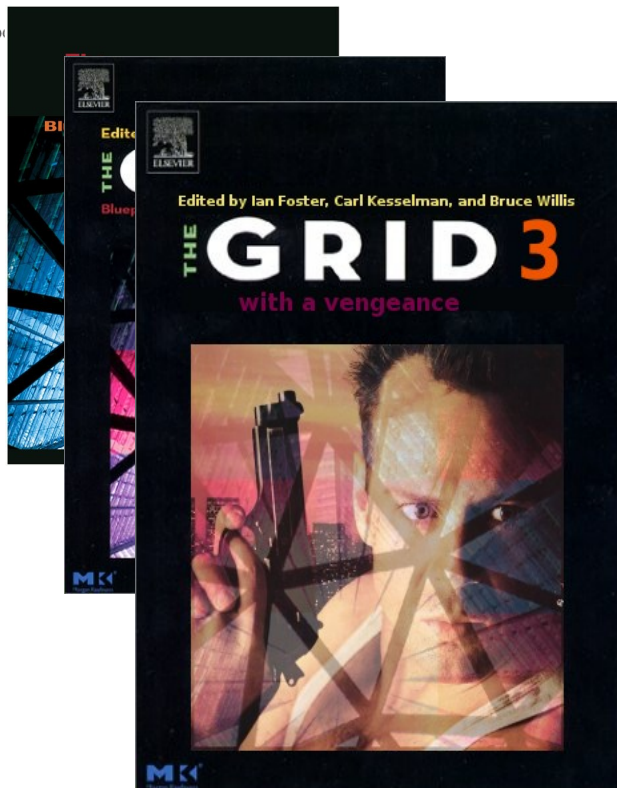
- Gestión de recursos virtuales
 - ◆ Granularidad fina de recursos
 - ◆ Gestión de sobrecarga
 - ◆ Clusters virtuales
- Seguridad
- Modelos económicos
- Reconciliación del modelo de jobs y el de workspaces.
- Gestión de configuraciones
- GridWay + Workspaces

Índice

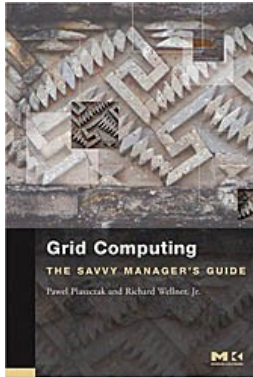
- ¿Qué es la Computación Grid?
 - ◆ Introducción
 - ◆ ¿Cómo funciona?
 - ◆ La Computación Grid como soporte a la e-Ciencia
 - ◆ Aplicaciones
 - ◆ Globus Toolkit 4
- Máquinas Virtuales
- Virtual Workspaces
- ¡Quiero saber más!

¡Quiero saber más!

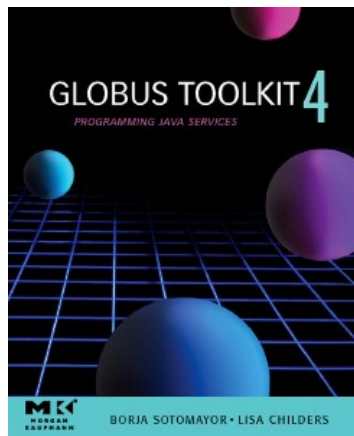
- GridCafé: Web introductoria a la Computación Grid
 - ◆ <http://gridcafe.web.cern.ch/>
- Books...



and 2". Edited by
ster and Carl
man. Morgan
ann, 2003.



“Grid Computing: The Savvy Manager's Guide”. Pawel Plaszczak, Richard Wellner, Jr. Morgan Kaufmann, 2005.



“Globus Toolkit 4: Programming Java Services”. Borja Sotomayor, Lisa Childers. Morgan Kaufmann, 2005.

Enlaces varios

- Grid
 - ◆ The Grid Index: <http://www.gridindex.org/>
 - ◆ Blog de Ian Foster: <http://ianfoster.typepad.com/>
- Virtualización
 - ◆ <http://www.virtualization.info/>
 - ◆ Virtualization Daily
<http://www.virtualizationdaily.com/>
- Virtualización y Grid Computing
 - ◆ Virtualization and Grid Computing
(weblog de Tim Freeman)
<http://www.gridvm.org/>

¿Preguntas?

Borja Sotomayor

Department of Computer Science

University of Chicago

borja@cs.uchicago.edu