

MAC 5701 – Tópicos em Ciência da Computação  
Relatório Final

**Aplicações Paralelas e suas Características para  
Grades de Computadores**

Aluno: Roberto A. G. Motta <rmotta@ime.usp.br>  
Orientador: Prof. Dr. Siang Wun Song <song@ime.usp.br>

Novembro de 2003

## 1. Introdução

Apresentamos aqui um estudo sobre Grades de Computadores e algumas aplicações que seguem esse conceito para oferecer recursos de computação de alto desempenho.

O principal objetivo desse estudo é identificar as características das aplicações em Grades de Computadores no que se refere à comunicação, buscando aplicações que resolvam problemas não trivialmente paralelizáveis.

A seção 2 traz a definição do conceito de grades de computadores e um breve histórico do desenvolvimento da área.

Uma classificação de modelos de Grades de Computadores é apresentada na seção 3, ressaltando as características que diferenciam cada modelo de acordo com sua funcionalidade.

Finalmente, na seção 4, apresentamos um estudo sobre iniciativas de desenvolvimento de sistemas de Grades de Computadores buscando oferecer recursos de computação de alto desempenho a diferentes projetos científicos e comerciais.

## 2. Grades de Computadores

A pesquisa científica, nas mais diversas áreas, tem se utilizado cada vez mais de recursos computacionais de alto desempenho. O advento da eletrônica mudou a forma como pesquisadores se organizam. Desde então, é cada vez mais comum que pesquisas científicas sejam conduzidas por grandes grupos de pesquisadores, de forma colaborativa.

Nessa nova forma de pesquisa surgem novas demandas por recursos computacionais que permitam: armazenamento de grandes quantidades de informação, acesso rápido às informações armazenadas e execução de simulações complexas utilizando essas informações.

Essa mudança na forma da pesquisa científica gerou enorme demanda por recursos computacionais. Existe uma clara dependência entre o desenvolvimento científico e a disponibilidade de recursos computacionais de alto desempenho.

Historicamente, a resposta a essa demanda foi a construção de grandes máquinas paralelas de alto poder de processamento, a um custo alto.

Na década de 90, viu-se o crescimento do poder de processamento dos computadores pessoais e a criação de novas tecnologias de comunicação em redes locais, com maior velocidade e confiabilidade. Esse cenário permitiu que uma rede local de computadores pessoais oferecesse o mesmo poder computacional que uma máquina paralela, a um custo muito mais baixo.

Surgiu, então, o conceito de Computação em Aglomerados e, finalmente, Computação em Grade.

“Uma Grade de Computadores é uma infra-estrutura de hardware e software que provê acesso seguro, consistente, ubíquo e de baixo custo a recursos computacionais de alto desempenho”.[1]

A popularização do conceito de Grades de Computadores permitiu que diversos sistemas computacionais com características cooperativas surgissem, adotando o termo Grade. Embora esses sistemas apresentem características que atendam a definição original, muitas vezes estão sujeitos a um controle centralizado ou utilizam protocolos proprietários, impedindo a conexão a outras Grades de Computadores.

FOSTER[2] sugere uma nova definição, indicando que a análise de um sistema de Grade de Computadores não pode ser focada na sua arquitetura, mas em suas aplicações e resultados oferecidos.

“Uma Grade de Computadores é um sistema que coordena recursos que não estão sujeitos a um controle centralizado, utilizando protocolos e interfaces padrão, abertos e não específicos para oferecer qualidades de serviço não triviais”[2].

### 3. Modelos de Grades de Computadores

#### 3.1. Grades de Processamento/Arquivo (*Compute/File Grid*)

O modelo de Grades de Processamento/Arquivo permite a execução de diversas tarefas com recursos de processamento e armazenamento distribuídos. Tem forte apelo comercial por oferecer processamento por demanda.

O acesso a informações nesse modelo obedece ao padrão clássico de acesso a arquivos, distinguindo-se do modelo de Grades de Informação, que utiliza bancos de dados.

### 3.2. Grades de Estações de Trabalho (*Desktop Grid*)

Grades de Estações de Trabalho é a terminologia adotada para designar sistemas baseados na Internet que utilizam recursos computacionais disponíveis em máquinas de usuários voluntários.

Um exemplo do modelo de Grades de Estações de Trabalho é o sistema SETI@Home[7], criado em 1998 pela Universidade da Califórnia em Berkeley. O sistema permite que usuários voluntários da Internet instalem em seus computadores pessoais um protetor de tela que utiliza ciclos disponíveis de CPU no processamento de sinais de radiotelescópios na busca por vida inteligente fora do planeta Terra.

Esse modelo de Grades de Computadores precisa lidar com ambientes computacionais bastante heterogêneos, oferecendo garantias de que as aplicações não causarão interferência na utilização do recurso computacional pelo usuário voluntário e que as operações do usuário não causarão interferência no resultado da aplicação paralela.

### 3.3. Grades de Informação (Information Grid)

O modelo de Grades de Informação provê acesso a repositórios de informações distribuídos. É amplamente utilizado para aplicações que requerem acesso a bases de dados como aplicações de bioinformática e observatórios virtuais.

Por se basear no serviço de consulta a bases de dados, esse modelo é usualmente empregado através da construção de ferramentas Web.

Enquanto o modelo de Grades de Informação é focado no serviço, Grades de Processamento/Arquivo tem seu foco nos recursos utilizados pelas aplicações.

### 3.4. Grades de Complexidade (Complexity Grid)

Muitas aplicações exigem que se aliem características dos modelos de Grades de Informação e Grades de Processamento/Arquivo. O modelo que atende essa demanda é o de Grades de Complexidade, uma versão híbrida dos dois modelos anteriores.

As aplicações que demandam esses recursos vêm de campos como a biocomplexidade e geocomplexidade, daí o nome Grades de Complexidade.

Nesse modelo, informações armazenadas em repositórios distribuídos são filtradas e os dados obtidos são processados, normalmente em simulações, utilizando recursos de processamento distribuídos.

## 4. Projetos em Grades de Computadores

### 4.1. Eurogrid

Construído sobre o antigo projeto UNICORE, que envolvia apenas centros de computação na Alemanha, o projeto Eurogrid[8] busca unir o poder de processamento de vários centros de computação europeus de alto desempenho.

O projeto foca a aplicação de computação de alto desempenho na solução de problemas de biologia, meteorologia e engenharia.

Toda comunicação entre os diversos centros de computação participantes do projeto Eurogrid é feita pela Internet, oferecendo acesso transparente e seguro a seus usuários.

Existe um grande esforço voltado à criação de ferramentas com interfaces simples, permitindo que os usuários leigos em computação de alto desempenho possam utilizar os recursos oferecidos pela grade.

## 4.2. GriPhyN

GriPhyN (Grid Physics Network)[9] é o nome do projeto formado por físicos experimentais e pesquisadores de ciência da computação que ambiciona implementar o primeiro ambiente computacional com poder de processamento de dados com escala de petabytes.

A grande demanda pela extração de informação científica de grande quantidade de dados medidos, de forma geograficamente dispersa, é o principal motivador do projeto.

Inicialmente, CMS, ATLAS, LIGO e SDSS são os quatro experimentos científicos, das áreas de física de partículas e astronomia, que utilizarão os recursos de computação de alto desempenho oferecidos pelo projeto GriPhyN.

CMS e ATLAS são os experimentos da área de física de partículas, realizados no LHC (Large Hadron Collider), no CERN[13] (Organização Europeia para Pesquisa Nuclear).

LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) é um experimento da área de astronomia que vai detectar ondas gravitacionais de pulsares, supernovas e estrelas binárias.

SDSS (Sloan Digital Sky Survey), também da área de astronomia, visa realizar a pesquisa automatizada por novos corpos celestes.

## 4.3. Cosm

O projeto Cosm[10] está sendo desenvolvido pela Mithral Communicatinos & Design Inc. com o objetivo de construir um sistema estável, confiável e seguro para o processamento distribuído de alto desempenho.

O universo de problemas focado pelo projeto são aqueles que exigem alto poder de processamento e pouca comunicação.

Uma característica forte no projeto é a utilização de padrões, buscando máxima compatibilidade em um sistema que precisa funcionar em diferentes plataformas.

O projeto se assemelha bastante ao modelo de Grade de Estações de Trabalho, em que as preocupações com compatibilidade e não interferência com a máquina hospedeira guiam o desenvolvimento do sistema.

O projeto ainda está no começo da sua primeira fase. Teve início em 1999 e sua duração é prevista em 10 a 15 anos.

#### 4.4. Farsite

O projeto Farsite[11] é uma iniciativa da Microsoft Research que visa construir um sistema de arquivos distribuído, sem a presença de um servidor central e sem estabelecer relações de confiança entre os computadores participantes.

A preocupação principal do projeto é a segurança dos arquivos armazenados, principalmente no que se refere à disponibilidade, confiabilidade e sigilo dessas informações.

Outro objetivo do projeto é a configuração e adaptação automáticas do sistema, permitindo que parâmetros de desempenho sejam automaticamente otimizados pelo sistema com o passar do tempo.

#### 4.5. EDG

O EDG, European DataGrid[12], foi criado para permitir o processamento distribuído de grandes quantidades de informação obtidas em três principais áreas: física de alta energia, biologia e observação geofísica.

Em 2005 a Organização Européia para Pesquisa Nuclear, CERN[13], termina a construção do LHC (Large Hadron Collider), um grande acelerador de partículas que vai gerar muitos petabytes de dados, demandando grande poder de processamento e armazenamento.

As experiências realizadas com o LHC vão envolver centenas de pesquisadores de todo o mundo. A quantidade de informações geradas vai ser grande demais para ser replicada ou mesmo armazenada de maneira estática nas estruturas computacionais das instituições participantes dos projetos. A idéia do projeto EDG é permitir acesso colaborativo a dados distribuídos dinamicamente.

O EDG deve servir como um protótipo do que vai ser a Grade de Computadores do LHC, formada pela conexão de grandes centros regionais.

#### 4.6. AstroGrid

O objetivo do projeto AstroGrid[14] é criar um observatório virtual, capaz de prover acesso a grandes volumes de dados provenientes de diversos observatórios astronômicos.

Projetos como o Wide Field Infrared Camera (WFCAM) e o Visible and Infrared Telescope for Astronomy (VISTA), que deve ser concluído em 2006, serão capazes de gerar uma grande quantidade de dados astronômicos por noite, chegando rapidamente à escala de petabytes de dados acumulados.

O projeto AstroGrid visa suprir acesso às informações geradas através de ferramentas de mineração e análise de dados, permitindo consultas às informações armazenadas nos diversos repositórios distribuídos, de forma transparente aos usuários.

Não é o foco desse projeto prover acesso a recursos de processamento numérico remoto de alto desempenho.

#### 4.7. DiscoveryNet

O projeto DiscoveryNet[15] tem como grande diferencial seu foco em alto *throughput*, criando uma infra-estrutura que suporte processamento em tempo real de grande quantidade de dados de tempo crítico gerados por dispositivos de grande *throughput*.

As principais áreas beneficiadas por essa iniciativa são a biologia, bioquímica, química combinatória, ecologia e geologia, que utilizam dispositivos de grande *throughput* em suas pesquisas.

O modelo apresentado pelo projeto DiscoveryNet é orientado a serviço, permitindo a integração entre pesquisadores, provedores de serviço e provedores de informação.

#### 4.8. Comb-e-Chem

O projeto Comb-e-Chem[16] se relaciona à síntese de novos compostos químicos através de métodos combinatórios. É um projeto de colaboração entre as universidades de Southampton e Bristol, na Inglaterra.

A obtenção e armazenamento de dados são o principal foco do projeto, tendo como um passo futuro a possibilidade de realização de simulações que trariam resultados a serem somada aos dados obtidos em laboratório.

### 5. Conclusão

Pudemos observar que o mundo científico está dando grande ênfase à área de Grades de Computadores, investindo em vários projetos como forma de atender a demanda por recursos de computação de alto desempenho em áreas como a física de partículas, astronomia, meteorologia, biologia, química combinatória, ecologia, geologia e engenharia.

Embora as iniciativas na área sejam muitas, a análise dos projetos em Grades de Computadores mostra que os problemas abordados são, em sua grande maioria, problemas de processamento e armazenamento distribuídos.

O aumento da confiabilidade e velocidade de comunicação entre os nós de Grades de Computadores, obtido principalmente com o desenvolvimento de sistemas de *middleware* que garantam essa qualidade de comunicação, possibilitará o desenvolvimento de aplicações em Grades de Computadores que utilizem comunicação mais intensa na solução de problemas não trivialmente paralelizáveis. Esse é o próximo passo planejado para uma pesquisa em Grades de Computadores.

## 6. Referências

- [1] FOSTER, Ian e KESSELMAN, C.  
The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1999.
- [2] FOSTER, Ian; What is the Grid? A Three Point Checklist.  
<http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>
- [3] FOSTER, Ian; The Grid: Enabling Resource Sharing within Virtual Organizations.  
<http://www.rlq.org/annmtg/foster02.html>
- [4] FOX, Geoffrey e WALKER, David; e-Science Gap Analysis; Junho, 2003.  
<http://www.grid2002.org/ukescience/gapresources/GapAnalysis30June03.pdf>  
<http://www.grid2002.org/ukescience/gapresources/Appendix30June03.pdf>
- [5] GOLDCHLEGER, Andrei; Um Resumo sobre alguns Projetos de Computação em Grade; Agosto de 2002.  
[http://www.ime.usp.br/~andgold/research/resumo\\_grade.pdf](http://www.ime.usp.br/~andgold/research/resumo_grade.pdf)
- [6] IMPAR: <http://www.ime.usp.br/~song/impar/impar.html>
- [7] SETI@Home: <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>
- [8] Eurogrid: <http://www.eurogrid.org>
- [9] GriPhyN: <http://www.griphyn.org>
- [10] Cosm: <http://www.mithral.com/projects/cosm/>

- [11] Farsite: <http://research.microsoft.com/sn/farsite/>
- [12] EDG: <http://www.edg.org>
- [13] CERN: <http://public.web.cern.ch/public/>
- [14] AstroGrid: <http://www.astrogrid.org>
- [15] DiscoveryNet: <http://www.discovery-on-the.net>
- [16] Comb-e-Chem: <http://www.combechem.org>