

1 Introdução

O processamento de consulta paralelo tradicional utiliza-se de nós computacionais para reduzir o tempo de processamento de consultas. Com o surgimento das grades computacionais, milhares de nós podem ser utilizados, desafiando as atuais técnicas de processamento de consultas a oferecerem um suporte massivo ao paralelismo em um ambiente onde as condições variam a todo instante. Adicionalmente, as aplicações científicas executadas neste ambiente oferecem novas características de processamento de dados que devem ser integradas a um sistema desenvolvido para este ambiente.

Neste trabalho apresenta-se um modelo de execução de consultas para suportar o processamento iterativo de dados. Neste novo modelo, as tuplas são constantemente avaliadas por um fragmento do plano de execução, até completarem certo número de iterações ou serem eliminadas por operadores do fragmento. Tais consultas podem apresentar um elevado tempo de execução dependendo do volume de dados a ser processado e do número de iterações a serem realizadas. De forma a mitigar este problema, este trabalho propõe que os nós de uma grade computacional sejam utilizados para realizar a avaliação paralela do fragmento de execução iterativo. Em especial, é desenvolvido um modelo de custo integrado a um algoritmo de escalonamento que permite ao sistema se adaptar às variações no custo de comunicação e desempenho de cada nó. Este modelo de execução foi implementado e encontra-se completamente integrado ao sistema CoDIMS-G (*Configurable Data Integration Middleware System for the Grid*).

O restante do capítulo encontra-se organizado da seguinte forma: na próxima seção apresentaremos algumas características do ambiente de grade e a aplicação de visualização científica que motivou o desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, apresentam-se os problemas introduzidos pelo ambiente de grade, uma visão geral da solução proposta e as premissas adotadas. Finalizando, apresenta-se uma descrição dos demais capítulos da tese.

1.1. Grades Computacionais

As grades computacionais surgiram no início da década de 90 como uma nova proposta de infra-estrutura para a computação distribuída tendo como objetivo o compartilhamento de recursos em todos os níveis (i.e. dados, programas, máquinas). Neste ambiente, recursos computacionais são integrados por meio de uma rede de computadores, oferecendo alta capacidade computacional para o desenvolvimento de novas aplicações. Essa infra-estrutura surge como uma alternativa para a computação de alto desempenho que, até então, era baseada na utilização de dispendiosos supercomputadores.

Este ambiente foi desenvolvido inicialmente em grandes laboratórios de pesquisa buscando uma solução eficiente para compartilhar recursos computacionais, incluindo: resultados de pesquisa, aplicações e *hardware*. Em especial, o compartilhamento de *hardware* entre instituições permitiria suprir a crescente demanda por processamento e volume de armazenamento (*scale-up*) proveniente de aplicações científicas, sem necessariamente implicar na aquisição de novos *hardwares*. Neste contexto, destacam-se aplicações não tradicionais como: simulação de terremoto, simulações do sistema neuronal humano e previsão meteorológica.

Por outro lado, o crescente volume de dados produzido por aplicações científicas, podendo em alguns casos chegar a taxas incríveis de 1 GB/s, necessita de mecanismos eficientes para o tratamento, armazenamento e acesso dos dados produzidos. Contrariamente ao que se encontra no meio comercial, o tratamento de dados no ambiente científico tem sido caracterizado pela manutenção de arquivos do sistema operacional. Acredita-se, porém, que as pesquisas em banco de dados podem trazer grandes contribuições a esta comunidade, oferecendo mecanismos reconhecidamente eficientes para a gerência de grandes volumes de dados.

Finalmente, um importante aspecto do ambiente de grade, catalisador do potencial de compartilhamento de recursos está no isolamento das aplicações e serviços de suas entidades físicas de implementação, oferecido pela Arquitetura Orientada a Serviços (SOA). A SOA oferece um modelo na qual a grade pode prover os serviços necessários ao ambiente como: gerência de dados, autenticação/autorização, gerência de acesso a recursos, catálogo de recursos,

serviços de gerência de redes e escalonamento de aplicações, independência do protocolo de comunicação utilizado e de diferenças entre cliente e servidor.

Neste contexto, este trabalho advoga o desenvolvimento de serviços de banco de dados (em particular de consultas) que ofereçam suporte ao armazenamento, acesso e consulta a dados produzidos por aplicações científicas. Tais serviços devem se integrar à arquitetura de serviços da grade e serem extensíveis de modo a contemplar necessidades de aplicações deste domínio. Em particular, neste trabalho analisamos uma classe dessas aplicações cuja instância descrevemos brevemente a seguir.

1.2. O Problema

Uma característica relevante em um subconjunto das aplicações científicas desenvolvidas no ambiente de grade é a sua natureza cíclica ou iterativa, na qual os dados variam em função de uma dimensão como, por exemplo, o tempo. Em tais aplicações, o resultado do processamento de um item de dados é utilizado como entrada para um novo estágio do mesmo processo, introduzindo a natureza cíclica a que nos referimos. Exemplos deste grupo de aplicações incluem o cálculo de trajetória de partículas em um fluxo sanguíneo, a previsão de deslocamento de um ciclone, ou ainda a previsão meteorológica.

A figura 1 ilustra o cálculo de trajetória de partículas virtuais em um fluxo sanguíneo, cuja aplicação motivou o desenvolvimento deste trabalho. A partir da posição inicial de um conjunto de partículas, um modelo dinâmico, implementado por um programa conhecido como CTP (Cálculo da Trajetória de Partículas), computa a trajetória de cada partícula como sua variação de posição em função do tempo em um dado domínio (ex. a representação geométrica de uma artéria).

O CTP, assim como outras aplicações, pode ser modelado como um problema de banco de dados, no qual toda a infra-estrutura de processamento de consultas pode ser utilizada para computar soluções para estes problemas. A linguagem de consulta SQL, por exemplo, oferece um modelo declarativo para se exprimir consultas que combinem dados e programas distribuídos, ao passo que o processo de otimização de consultas torna transparentes aspectos como alocação de nós para execução e escolha dos melhores algoritmos para implementar operações considerando-se os recursos disponíveis no sistema.

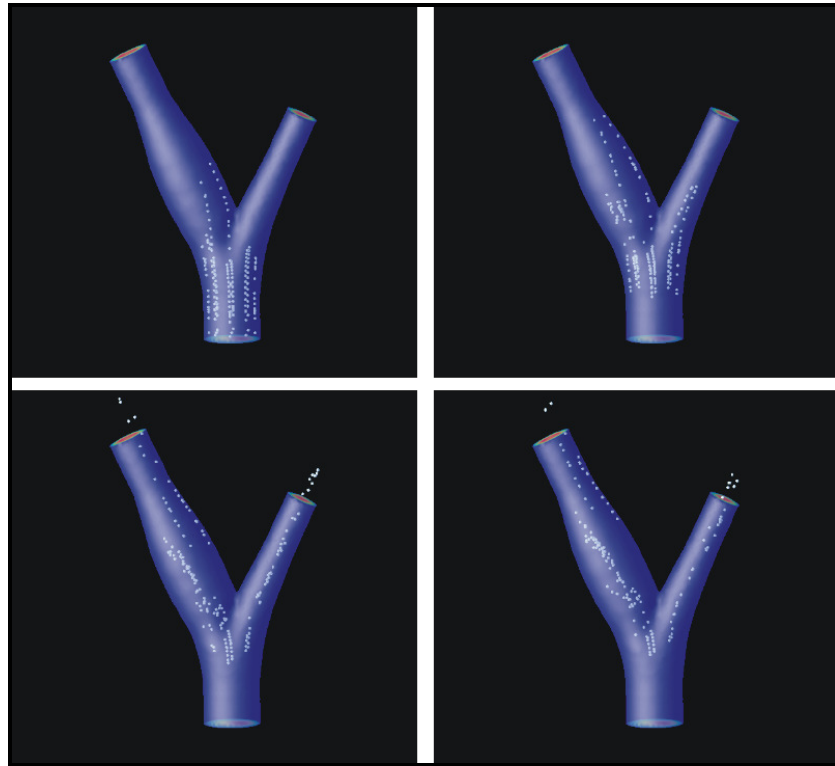


Figura 1. Cálculo da trajetória de partículas em um fluxo sanguíneo.

O desafio deste trabalho está em fornecer serviços de processamento de consultas em uma grade computacional às aplicações que apresentem as mesmas características que a do cálculo da trajetória de partículas. Em particular, os seguintes itens foram investigados e encontram soluções neste trabalho:

1. Especificação e representação de um novo modelo de execução com suporte a iteratividade;
2. Extensão do sistema CoDIMS-G para suporte ao novo modelo de execução, incluindo a introdução de novos operadores algébricos e de controle;
3. Identificação do problema de adaptatividade no contexto do modelo de execução sendo analisado;
4. Definição de um modelo de custo para análise de adaptatividade em um ambiente paralelo;
5. Implementação e validação do modelo de adaptatividade;
6. Integração entre dados e programa.

1.3. Solução

Neste trabalho alavancamos as características comuns às aplicações como o cálculo da trajetória de partículas e propomos um novo modelo de execução de consultas que permite que aplicações sejam modeladas como um problema de banco de dados e, assim possam se beneficiar de todas as vantagens destes sistemas.

Esta solução foi desenvolvida no contexto do projeto CoDIMS-G (VINÍCIUS FONTES, MARCIO L DUTRA et al., 2004) (FABIO PORTO, VINÍCIUS FONTES et al., 2005) que teve seu sistema de processamento de consultas alterado de forma a suportar o modelo de execução iterativo. Em especial, foi desenvolvido um novo operador, designado *Orbit*, que realiza o controle das iterações realizadas por cada tupla.

Para reduzir o tempo de processamento das consultas neste modelo, que pode ser alto dependendo do volume de dados e do número de iterações a serem realizadas, introduzimos suporte ao paralelismo e assim, um conjunto de nós da grade pode ser utilizado durante a execução.

Como o ambiente de grade se caracteriza por ser um ambiente dinâmico, desenvolveu-se um modelo de custo que permite ao sistema adaptar a distribuição de dados entre os nós de uma execução paralela de forma a se adaptar às variações de desempenho que possam ocorrer.

1.4. Organização da Dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em sete capítulos que são descritos a seguir:

No capítulo 2 são apresentados os principais conceitos relacionados ao processamento de consulta paralelo e adaptativo, seguido por uma descrição do ambiente de grade. No capítulo 3 são apresentados os trabalhos que influenciaram no desenvolvimento desta dissertação, em particular discutem-se algumas das técnicas utilizadas para determinar o grau de paralelismo ideal e alguns trabalhos na área de adaptatividade.

No capítulo 4 é apresentado o modelo de execução proposto e detalhes de sua implementação no contexto do projeto CoDIMS-G. O capítulo 5 apresenta o

modelo de custo desenvolvido, a estratégia de adaptação utilizada, e a extensão do algoritmo de escalonamento G2N que é responsável por corrigir os desvios detectados durante a execução. Já o capítulo 6 propõe uma modelagem de banco de dados para o CTP e apresenta os resultados obtidos.

Finalizando, o capítulo 7 resume as contribuições deste trabalho e apresenta propostas de trabalhos futuros.