

Novos rumos em programação para a exploração de paralelismo multi-nível

Nicolas Maillard – Philippe Olivier Alexandre Navaux

O aumento das capacidades paralelas das plataformas computacionais é um fenômeno que tem se acelerado nas duas décadas passadas. Passou-se da exploração do paralelismo em nível de instruções *assembly* (ILP) à computação distribuída de larga escala. *Clusters* são, hoje, ferramentas de produção, inclusive no Brasil, onde bancos e grandes estatais, tais como a Petrobrás, ou ainda o CPTEC, possuem *clusters* classificados no Top-500. As grades experimentais, multiplicadas no mundo inteiro desde 1998 (Globus, CERN, DataGrid), estão, desde já, se tornando a próxima geração de plataformas, conforme ilustrado no Brasil pelo edital 01/2004 de GRADE da FINEP, ou ainda pela iniciativa do MEC de editar um guia de montagem de *grids* e *cluster*, no fim de 2006.

O modelo de Von Neumann tem sido usado desde os primórdios da computação. Porém, no contexto acima mencionado, o próximo paradigma de máquina deverá incluir vários níveis de paralelismo: (1) no nível do *chip*, o processador possibilitará a execução simultânea de mais de um fluxo de instruções – a Intel já está comercializando a partir de 2005 processadores Multi-core. (2) Ainda no nível arquitetural, o uso desde a metade da década de 90 de nós multi-processados tem sido uma solução simples para se alcançar eficientemente um bom desempenho, através da programação por memória compartilhada. A tendência será juntar vários chips multi-cores que irão compartilhar uma memória, possivelmente com acesso não uniforme à mesma. (3) Esses nós serão interconectados via rede de alto-desempenho, para formar um *cluster* local. Tal *cluster* poderá ser composto de dezenas a até milhares de nós. (4) Por fim, os *clusters* se comunicarão através de uma rede clássica, como a Internet, para prover serviços de grade computacional (*grid*). Há de se observar que esse modelo de infra-estrutura já está em uso nos maiores centros de computação do mundo: as primeiras máquinas de PAD no Top-500 acumulam todos esses níveis de paralelismo.

O desafio para o futuro será a exploração eficiente de todos esses níveis de paralelismo. É conhecido que o uso do paralelismo de instruções é complicado pelos *pipelines* e pelos vários níveis de memória *cache* compartilhados. As técnicas de compilação não são capazes de identificar um paralelismo não trivial. Uma possível solução é a anotação do código, mas ela é limitada ao caso de máquinas com memória compartilhada. Enfim, para a programação distribuída, técnicas de troca de mensagens, em geral, não dão conta simultaneamente da dinamicidade e da heterogeneidade de *grids* de grande porte. Frente a esses problemas, o que se faz hoje é limitar a forma de paralelismo a um modelo trivial de tarefas sem dependência (modelo mestre/escravo); e usar técnicas orientadas a objetos (OO) e máquinas virtuais para lidar com a heterogeneidade dos recursos, porém com alto custo para a execução.

No entanto, a maioria das aplicações não apresentam apenas paralelismo trivial, mas sim alto nível de sincronização. É o caso, por exemplo, de processamento de sinais tais como a FFT, usados em imagens médicas, em filtragem para o vídeo digital, etc...; dos algoritmos de ordenação empregados para analisar o genoma ou em bancos de dados; da resolução de sistemas de equações lineares que se encontram na área de simulação numérica (astrofísica, química, climatologia, oceanografia, etc...).

Para possibilitar a exploração do paralelismo multi-nível provido pelas plataformas computacionais de próxima geração, com aplicações altamente síncronas, as linguagens, bem como os paradigmas, de programação precisam ser ampliados. As abordagens no nível de compilador devem auxiliar para a obtenção semi-automática, auxiliada pela anotação do código, de programas com paralelismo intra-nó. Entre os nós, por outro lado, será preciso de uma descrição macro das tarefas, bem como do fluxo de dados entre as mesmas. As abordagens “*dataflow*”, imaginadas nos anos 80 no nível arquitetural, poderiam voltar a serem atuais, dessa vez para uma descrição em grão muito maior de aplicação. A partir de tal descrição da aplicação, é necessário balancear a carga, durante a execução do programa, entre os recursos. Para tal, serão necessários módulos de monitoração, bem como migrar as tarefas entre nós potencialmente heterogêneos. Isso começa a ser viável com programação com troca de mensagens ou com soluções OO.

O Brasil tem se envolvido em programas nacionais de desenvolvimento digital: esforços em infra-estrutura têm sido feitos, com resultados extremamente positivos, para disponibilizar plataformas distribuídas de nível internacional. É fundamental que o esforço se prossiga para disponibilizar técnicas que facilitem a programação e, em última análise, permitam o uso eficiente dessas plataformas, inclusive para garantir a competência nacional no emprego desses recursos, cada vez mais estratégicos na sociedade da informação.

Breve CV: Nicolas Maillard é professor adjunto no Instituto de Informática da UFRGS, desde 2005, onde leciona em graduação nas disciplinas de Sistemas Operacionais e de Compiladores. Na pós-graduação, é responsável pela disciplina de Programação Paralela para Processamento de Alto Desempenho. Doutor pelo INPG (Grenoble) desde 2001, ele foi recém-doutor na PUC num projeto com a Hewlett-Packard Brasil até 2003. Participa em dois projetos da FINEP, coordenados pelo Prof. Philippe Navaux, para a montagem de Grid com o INPE e o uso de Web Services em clusters, com a COPPE/UFRJ.

Philippe Olivier Alexandre Navaux, é professor titular do Instituto de Informática da UFRGS, onde entrou em 1971. Graduado em Engenharia Eletrônica em 1970, pela UFRGS, Mestrado em Física Aplicada em 1973, pela UFRGS, Doutorado em Informática pelo INPG, Grenoble, França, em 1979. Professor de disciplinas da graduação e pós-graduação em Arquitetura de Computadores e Processamento de Alto Desempenho, entre outras. Líder do GPPD, Grupo de Processamento Paralelo e Distribuído, com diversos projetos Finep, CNPq, de cooperação internacional da Capes com França e Alemanha, assim como pela lei de informática com a HP, Altus, Itautec, entre outras empresas. Já orientou mais de 50 alunos de mestrado e doutorado e publicou mais de 200 artigos entre eventos e periódicos.