

Rastreamento e Visualização de um Programa Paralelo para a Aplicação de Filtros Morfológicos em Imagens*

Edmar P. Araujo Neto, Pablo Furlan da Silva, Geovani
Ricardo Wiedenhof, Diego Luís Kreutz, Benhur de
Oliveira Stein

Universidade Federal de Santa Maria - Laboratório de Sistemas de Computação
Faixa de Camobi, Km 9 - CEP 97105-900 - Santa Maria - RS - Fone/Fax: (55) 220 8523
{araujo, pablof, grw, kreutz, benhur} @inf.ufsm.br

Introdução

Com o uso dos métodos de paralelização de programas, ampliou-se a dificuldade de depuração e otimização de aplicações. Um meio utilizado para auxiliar no desenvolvimento de programas é o rastreamento. Os rastros de uma execução possibilitam observar os acontecimentos ocorridos durante a execução da aplicação, favorecendo a verificação de erros e abrindo caminho para o melhoramento e correção do programa. Este trabalho mostra o processo de rastreamento de um programa paralelo para aplicação de filtros sobre imagens ruidosas. O objetivo é mostrar os processos de rastreamento e visualização de programas paralelos.

Rastreamento e Visualização de Programas

Uma das maneiras de se visualizar um programa é através da geração dos rastros de execução. Para se gerar rastros é preciso analisar o código do programa e observar quais são os acontecimentos que causam alguma mudança interessante ao estado do programa. Estes acontecimentos são chamados eventos. Analisando-se os eventos que ocorreram em uma execução, é possível simular e observar o comportamento dessa execução. Quanto maior o nível de detalhe requerido, maior o número de eventos necessários. Porém quanto maior o número de informações rastreadas, maior será a interferência do rastreamento na execução, podendo alterar o comportamento do programa ou até mascarar um erro.

A utilização de uma ferramenta de rastreamento implica na inclusão, no código da aplicação, de métodos e funções que registrem o momento que cada evento ocorre. Estes métodos são os responsáveis pela geração das informações contidas nos arquivos rastros. Para se visualizar um arquivo de rastro é necessário que ele esteja num formato compreensível pela ferramenta de visualização, caso contrário, é necessária a utilização de um conversor de rastros que faça a tradução dos registros para o formato apropriado. Quando todo o processo estiver completo, os rastros gerados poderão ser visualizados. No caso do nosso rastreamento foi utilizada a biblioteca de rastreamento *libRastro* [SIL 2002] e a ferramenta de visualização *Pajé* [STE 99]. Para demonstrar o

* Agência de fomento: CNPq.

uso dessas ferramentas foi desenvolvido um programa paralelo de aplicação de filtros em imagens.

Biblioteca de Geração e Extração de Rastros libRastro

A libRastro surgiu como uma proposta de geração de rastros genéricos e sem semântica para o monitoramento de aplicações paralelas. Esta forma genérica dá a ela uma liberdade em relação a ferramenta de comunicação e de visualização que o programa utiliza, dando a libRastro o poder de rastrear qualquer tipo de aplicação. Ela também fornece suporte a extração dos rastros sem semântica, possibilitando que, com a utilização de um conversor de rastros genéricos, os rastros possam ser visualizados por qualquer ferramenta de visualização.

Ferramenta de Visualização Pajé

Pajé é uma ferramenta de visualização de execução de programas paralelos baseada em eventos. Estes devem ser registrados por algum sistema de rastreamento, como a libRastro, e posteriormente convertidos para o formato Pajé, tornando possível a visualização desses registros do comportamento dinâmico da aplicação.

Filtro de Imagem

Foi desenvolvido um programa paralelo, utilizando a biblioteca de comunicação MPI¹ [GRO 94], para a aplicação de filtros de vizinhança sobre imagens. O programa segue a arquitetura mestre-escravo, onde os escravos não se comunicam entre si. O processo mestre recebe uma imagem de entrada e um filtro a ser aplicado. A imagem é dividida em pedaços menores que são enviados e processados pelos escravos. O resultado de cada pedaço é enviado de volta ao mestre para a composição da imagem, resultado final da aplicação do filtro.

Rastreamento e Visualização do Filtro de Imagens

O rastreamento e a visualização de programas são normalmente duas tarefas distintas que podem ocorrer em tempos totalmente diferentes. O filtro de imagens não escapou a essa regra. A etapa inicial passou pela identificação dos eventos essenciais e a inclusão de mecanismos de rastreamento. Em uma segunda etapa iniciou-se a tarefa de execução e geração dos arquivos de rastros. Dando sequência, os rastros são sincronizados e traduzidos para o formato Pajé pelo conversor de rastros. Por fim, é realizada a visualização desses rastros. As próximas sub-seções descrevem melhor as etapas percorridas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Eventos chave do filtro

Após uma análise do código do filtro de imagens chegou-se a doze diferentes tipos de eventos capazes de descrever o comportamento do programa como estão descritos na tabela 1.

¹Message Passing Interface

Eventos	Descrição	Dados Armazenados
ESCOLHE TRABALHO	Mestre escolhe os pedaços para os escravos.	MPI_ID
MESTRE INICIA ENVIO	Mestre bloqueia enviando mensagem.	MPI_ID, Destino
MESTRE TERMINA ENVIO	Mestre termina de enviar a mensagem.	MPI_ID
MESTRE INICIA RECEPÇÃO	Mestre bloqueia recebendo mensagem.	MPI_ID, Origem
MESTRE TERMINA RECEPÇÃO	Mestre termina de mensagem.	MPI_ID
MESTRE COMEÇ A DESENHAR	Mestre inicia a remontagem da imagem	MPI_ID.
MESTRE TERMINA DESENHAR	Mestre para de remontar a imagem.	MPI_ID
MESTRE MATA	Mestre envia sinal de término ao escravo.	MPI_ID, Destino
ESCRAVO INICIA RECEPÇÃO	Escravo bloqueia recebendo mensagem.	MPI_ID
ESCRAVO INICIA TRABALHO	Escravo começa a aplicar o filtro na imagem.	MPI_ID
ESCRAVO INICIA ENVIO	Escravo bloqueia enviando mensagem.	MPI_ID
ESCRAVO SE MATA	Encerra o nó escravo.	MPI_ID

Tabela 1: Tabela de eventos e descrições

Instrumentação de Rastreamento da Aplicação

Após a definição dos eventos chave do programa, cabe a tarefa de analisar tudo o que é necessário registrar no arquivo de rastros para cada evento utilizado, colhendo então um número suficiente de informações necessárias para visualizar o programa. Como em qualquer processo de rastreamento da execução de aplicações, cuidados extras foram necessários para que a interferência causada pelo rastreamento fosse minimizada, pois descuidos nesse processo podem inclusive mascarar erros da aplicação. Os dados escolhidos para serem armazenados estão listados na tabela 1.

Em todas as situações é armazenado o MPI_ID do processo, para saber quem iniciou o evento. Geralmente, nos eventos de troca de mensagens, há necessidade de armazenar informação adicional, como o MESTRE_INICIA_ENVIO, para identificar a ligação entre os nós envolvidos. Em um outro evento semelhante, ESCRAVO_INICIA_ENVIO, não é necessário adicionar o destino da mensagem, pois é de conhecimento que os escravos só se comunicam com o mestre. O passo seguinte é a inclusão das chamadas à libRastro que, no decorrer da execução, geram os registros que serão armazenados nos arquivos de rastros.

Conversor de Rastros

Após gerar os rastros é necessário usar um conversor de rastros para transformá-los no formato utilizado pelo Pajé. Para tanto foi implementado um conversor simples que extrai os rastros, usando o suporte dado pela libRastro, e com as informações armazenadas gera um rastro maior e mais detalhado.

Ao final do rastreamento são gerados vários arquivos de rastro, um para cada nó, e a leitura deve ser feita nos vários arquivos para mostrar a ordem temporal dos eventos. A sincronização dos relógios é fornecida pela libRastro. O conversor de rastros lê os eventos de todos os arquivos gerados e coloca numa lista ordenada de acordo com a data que os eles foram executados. O resultado final é um único arquivo contendo todos os rastros gerados, em ordem cronológica.

Visualização do Filtro

Depois da aplicação do conversor nos arquivos de rastro é possível a visualização. Na figura 1 é apresentado um trecho da visualização da execução do Filtro de Imagens. As barras de cores diferentes descrevem o estado de cada nó e as setas exemplificam as trocas de mensagens entre os processos.

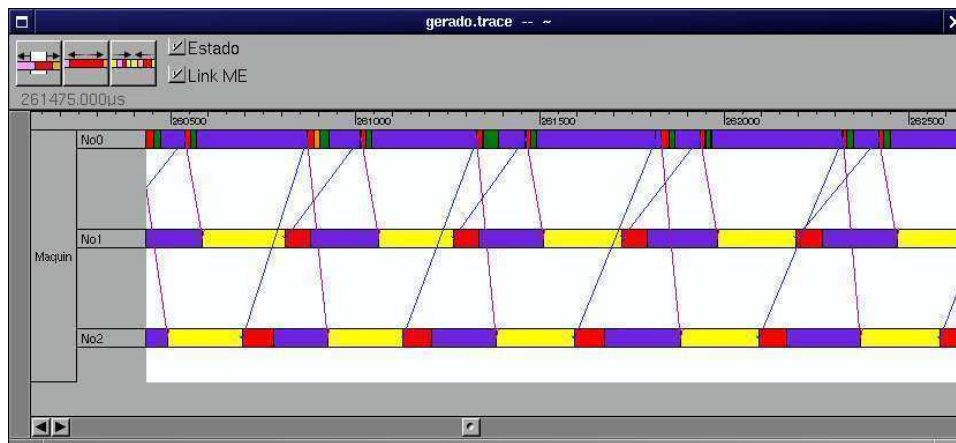


Figura 1: Visualização do Filtro de Imagens

Conclusão

Neste trabalho foi descrito um processo de rastreamento de aplicações paralelas, gerando rastros de um programa paralelo para a aplicação de filtros em imagens, utilizando a biblioteca de rastreamento libRastro e a ferramenta de visualização Pajé. Foi concluído que a metodologia utilizada para a visualização é satisfatória, pois conseguiu-se a visualização desejada do filtro de imagem. Porém ainda pode ser melhorada, gerando rastros com um número menor de informações armazenadas para interferir menos na execução do programa.

Referências

- [GRO 94] GROPP, W.; LUSK, E.; SKJELLUM, A. **Using MPI**: portable parallel programming with the message-passing interface. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.
- [SIL 2002] SILVA, G. J. da; STEIN, B. Uma Biblioteca Genérica de Geração de Rastros de Execução para Visualização de Programas. In: I SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA DA REGIÃO CENTRO DO RS, 2002, Santa Maria, RS. **Anais...** UNIFRA, 2002.
- [STE 99] STEIN, B. **Visualisation interactive et extensible de programmes parallèles à base de processus légers**. 1999. Thèse de doctorat en informatique — Université Joseph Fourier, France.