

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED

Tópicos Especiais em Processamento Paralelo e Distribuído I

Márcio Castro
Ricardo Piccoli

Sumário

1. Introdução
2. Objetivos
3. Descrição do problema
 - a. Simulador
 - b. Algoritmo Genético
4. Considerações gerais
5. Paralelização do Simulador
6. Paralelização do Algoritmo Genético
7. Conclusão

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Introdução

- **Suporte da computação aplicada a diversas áreas**
 - Medicina
 - Matemática
 - Física
- **Nas ciências aplicadas**
 - Constante desenvolvimento de novas tecnologias
 - Simulações computadorizadas permitem avaliar qualidade e testar possibilidades sem o custo de manufaturar a tecnologia
- **Motivação**
 - Arquiteturas monoprocesadas
 - Não resolvem os problemas em tempo viável
 - Bom custo-benefício ao utilizar arquiteturas paralelas distribuídas
 - Motiva o estudo de processamento de alto desempenho

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

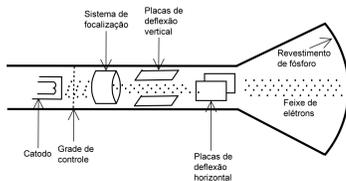
Objetivos

- **Implementação paralela de uma ferramenta**
 - Simulação da trajetória de elétrons em um dispositivo FED
 - Orientada para plataformas de baixo custo
- **Versão original do software**
 - Dr. Márcio Soares e MSc. Marcelo Thielo
- **Estudo realizado para o Trabalho de Conclusão de Graduação**
 - Márcio Castro e Gustavo Serra

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema

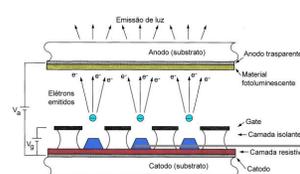
- **Mostradores do tipo CRT (Cathode Ray Tube)**
 - Três canhões, um para cada componente de cor RGB
 - Elétrons são disparados
 - Guiados através de um tubo condutor
 - Coletados em uma superfície de fósforo



Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema

- **Mostradores do tipo FED (Field Emission Display)**
 - Cada ponto da tela possui um conjunto de três canhões (escala micrométrica)
 - Distância entre os canhões e a superfície coletora é reduzida (monitores finos)
 - Elétrons são disparados
 - Acelerados por uma força eletrostática
 - Guiados por um campo elétrico (diferença de potencial entre cátodo e anodo)



- Problemas:**
1. Dificuldade de manipular precisamente os elétrons
 2. Alto custo de prototipar experimentalmente

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

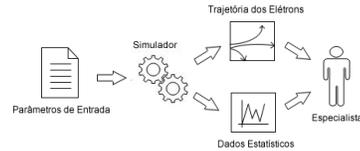
Descrição do problema

- **Descrição da aplicação**
 - Simula a trajetória dos elétrons em um dispositivo FED
- **Objetivos da aplicação**
 - Verificar o comportamento dos elétrons em diferentes configurações de dispositivo
 - Redução de custos
 - Aumento da eficiência e durabilidade
 - Encontrar uma configuração aceitável do dispositivo
- **Módulos da aplicação**
 - Simulador
 - Algoritmo Genético

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: Simulador

- **Implementa o funcionamento de uma modelagem do problema**
- **Parâmetros de entrada**
 - Configuração do dispositivo e do conjunto de elétrons a serem simulados
- **Visão geral do Simulador**

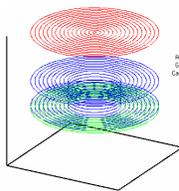


Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: Simulador

- **Implementação do dispositivo**
 - Representação matemática tridimensional do dispositivo experimental
 - Cada eletrodo é modelado como um conjunto de anéis

Geometria em três dimensões



Corte no sentido vertical



Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

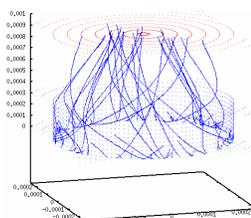
Descrição do problema: Simulador

- **Funcionamento da simulação**
 - Leitura do arquivo de configuração
 - Dispositivo (raio, posição, voltagem e número de anéis)
 - Número de elétrons a serem simulados
 - Sorteio dos parâmetros iniciais dos elétrons
 - Posição, velocidade inicial e ângulo de lançamento
 - **Cálculo das trajetórias de cada elétron**
 - Independência entre as trajetórias dos elétrons
 - Necessita maior poder computacional
- Pode ser paralelizado!**

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: Simulador

- **Funcionamento da simulação**
 - Resultado



Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: AG

- **Algoritmo Genético (AG)**
 - Analisa os resultados de diversas simulações
 - Realimenta o sistema com novas simulações afim de encontrar um dispositivo com resultados desejáveis
- **Conta com dois conjuntos de dados**
 - Conjunto de elétrons
 - É estabelecido no início, mantendo-se o mesmo até o final
 - Conjunto de dispositivos
 - Modificados ao longo da execução

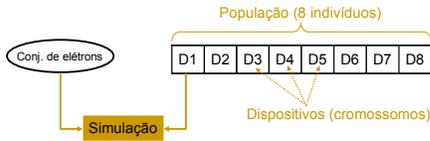
Tamanho do conjunto de dispositivos e do conjunto de elétrons tem **extrema** influência no tempo de execução da aplicação

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: AG

Inicialmente

- Gera um conjunto de dispositivos com parâmetros aleatórios



O Algoritmo Genético utiliza o simulador para avaliar a qualidade de cada dispositivo da população

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: AG

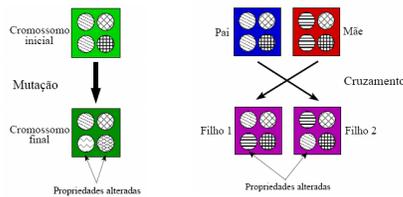
Método iterativo

- Simula o conjunto de elétrons em cada dispositivo
- Atribui um grau de evolução para cada dispositivo
- Encontra o dispositivo (cromossomo) mais evoluído do grupo
- Executa operações de **mutação** e **cruzamento** com os demais
 - **Mutação:** modificação de um ou mais atributos do dispositivo
 - **Cruzamento:** permutação de atributos de dois dispositivos
- Gera nova população
 - Mantém o cromossomo mais evoluído do grupo
 - Os demais são resultantes das operações de mutação e cruzamento

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Descrição do problema: AG

Mutação e cruzamento



Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Considerações gerais

Testes realizados no I-Cluster2

- Localizado no *Laboratoire ID* em Grenoble, França
- Possui 100 nós
 - 64bits Itanium-2 de 900MHz
 - 3GB de memória principal
 - Rede *Myrinet* (um *switch* de 128 portas)

Requisitos

- Biblioteca *mpich* (padrão MPI)
- C++
- NFS
- GMP (*GNU Multiple-Precision Library*)
 - Precisão limitada pela quantidade de memória disponível
 - Cálculo do campo elétrico necessita alta precisão numérica

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Processo de Paralelização

Duas etapas

- **Primeira:** paralelização do Simulador
 - Mais simples
 - Permite validar a solução paralela
- **Segunda:** paralelização do Algoritmo Genético
 - Acoplar o Simulador Paralelo ao Algoritmo Genético

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Paralelização do Simulador

Simulação das trajetórias realizada em diversos processadores

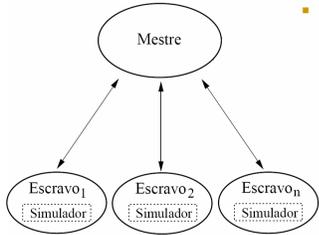
- O conjunto de elétrons da simulação é dividido para vários escravos
- Cada escravo contribui com parte das estatísticas do dispositivo
- Modelo mestre-escravo
 - Permite fácil adaptação para a versão paralela do Algoritmo Genético

Questão relevante

- Estudo do simulador fornece base para paralelização do AG

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

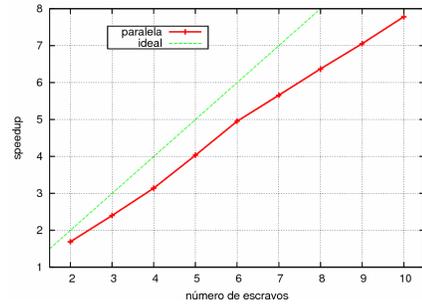
Paralelização do Simulador



- Funcionamento**
 - Mestre distribui o trabalho inicial (subconjunto de elétrons) para cada escravo.
 - Cada escravo executa a simulação dos elétrons.
 - Após a simulação, o escravo informa os resultados para o mestre.
 - Ao final, o mestre reúne todos os resultados parciais recebidos dos escravos.

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Resultado da paralelização do Simulador



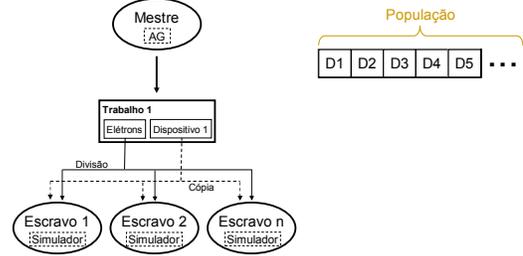
Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Paralelização do Algoritmo Genético

- Solução**
 - Utilização do modelo mestre-escravo
 - Processo mestre fica responsável por criar a população e executar as operações de mutação e cruzamento
 - Acoplar o processo de simulação em paralelo ao AG
 - Para cada dispositivo pertencente a população, realizar a simulação das trajetórias dos elétrons neste dispositivo em paralelo
 - Ao final, o processo mestre terá todos os dispositivos com as trajetórias simuladas

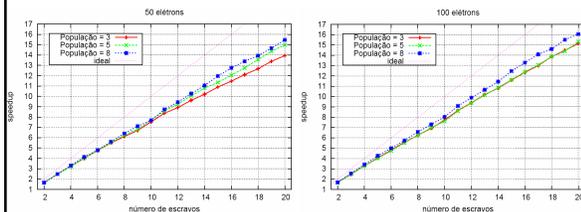
Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Paralelização do Algoritmo Genético



Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Paralelização do Algoritmo Genético



Pop.	Número de escravos									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	82.8	81.2	79.1	76.4	75.3	74.3	72.9	71.7	70.4	69.6
5	83.0	80.2	79.5	78.0	76.8	77.0	77.2	75.3	75.3	74.9
8	82.4	82.7	80.8	80.1	78.7	78.9	79.9	79.9	77.4	77.3

Pop.	Número de escravos									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	88.2	81.9	80.2	78.1	77.2	78.3	77.3	77.1	77.1	75.7
5	82.4	81.9	79.0	78.2	76.0	76.1	77.7	77.4	77.1	76.6
8	84.2	85.4	83.2	82.2	80.2	82.3	81.7	83.8	81.1	80.2

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli

Conclusão

- Paralelização do Algoritmo Genético**
 - Ótima escalabilidade
- Considerações finais**
 - Redução do tempo de uma iteração do AG: **12 horas para 25 minutos**
 - Com **40 escravos** atingiu-se um **speedup de 30.1**
- Trabalho futuro**
 - Submissão de um artigo para periódico internacional

Paralelização da Simulação da Trajetória de Elétrons em um Dispositivo FED
Márcio Castro / Ricardo Piccoli