

I. Introdução

Parallel Processing: “A collection of *processing elements* that can *communicate* and *cooperate* to solve a *large problem fast*.” (Almasi & Gottlieb)

Contexto de Processamento Paralelo:

Processing elements: - Processadores
- Tecnologia de circuitos

Communicate: - Redes de Interconexão
- Modelos de Programação

Cooperate: - Particionamento (tarefas, dados)
- Sincronização

Solve a Large Problem Fast: - Algoritmos/Modelos de Programação/Arquitetura.

1.1 Utilização de Processamento Paralelo

- Alta demanda de processamento
- Desenvolvimento de sistemas de máximo desempenho
- Viabilizar aplicações que necessitam de horas/dias de processamento com computação convencional.

1.2 Algumas áreas da Computação Paralela

- Projeto de computadores paralelos
- Projeto de algoritmos paralelos eficientes
- Métodos para avaliação de algoritmos paralelos
- Linguagens de programação para ambientes paralelos
- Ferramentas para programação paralela
- Compiladores paralelos

1.3 Áreas de Aplicação

Clássica:

- Cálculo Numérico – Simulações de fenômenos físicos.

Aplicações de natureza numérica:

- Sistemas de Equações lineares
- Sistemas de Equações diferenciais ordinárias e parciais

Aplicações de natureza não-numérica:

- Ordenação e busca
- Atendimento de transações, etc.

1.4 Algumas Aplicações

- Meteorologia: previsão do tempo e estudo do clima
- Prospecção Sísmica
- Processamento de Imagens: satélites, imagens de uso médico, etc.
- Processamento de transações
- Mecânica de Flúidos
- Genética, Decodificação de DNA
- Modelagem climática
- Exploração petrolífera
- Simulação aerodinâmica
- Dinâmicas de Partículas

EXEMPLO 1: Simulando as Correntes Oceânicas

- ☐ Modelo do clima da terra precisa saber como a atmosfera interage com os oceanos, que ocupam $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra.
- ☐ Estão envolvidas neste estudo diversas forças físicas: efeitos atmosféricos, vento e fricção com o fundo dos oceanos.
- ☐ O oceano é dividido em planos e cada plano possui uma grade de pontos igualmente espaçados (uma matriz) com informações como velocidade e pressão, entre outras.
- ☐ Além disto, todos esses planos são simulados para diversos intervalos de tempo, também igualmente espaçados.

- Para um oceano como o Atlântico, de 2000 km x 2000 km, uma grade de 100 x 100 pontos implica uma distância de 20 km entre os pontos, o que não é uma resolução muito fina.
- Para simular o comportamento dos oceanos para um período de 5 anos, atualizados a cada 8 horas, serão necessários cerca de 5500 intervalos de tempo.
- A demanda computacional para alta acurácia é enorme e a necessidade de multiprocessamento é clara.
- Felizmente, em várias etapas do processamento esta aplicação permite bastante concorrência, pois há independência de dados entre as diversas fases da computação.

EXEMPLO 2: Simulando a Evolução das Galáxias

- Para este tipo de problema seria necessário calcular a interação gravitacional para cada par de estrelas em diversos intervalos de tempo.
- Este método de solução tem complexidade $O(n^2)$ o que o tornaria impossível de ser aplicado para os milhões de estrelas de uma galáxia.
- Mas levando-se em conta que a força gravitacional diminui com o quadrado da distância, pode-se usar um algoritmo de complexidade $O(n \log n)$.
- Neste caso grupos de estrelas mais distantes são consideradas como uma única estrela com massa equivalente e situada no centro de massa dessas galáxias.
- Este algoritmo hierárquico recebe o nome de Barnes-Hut.
- Ampla concorrência existe entre estrelas dentro de um intervalo de tempo, mas como são padrões bastantes irregulares e variantes no tempo, é um desafio explorar esta concorrência em arquiteturas paralelas.

1.5 Processamento paralelo

“*Processamento paralelo* é uma forma eficiente de processamento de informações que enfatiza a exploração de eventos concorrentes no processo computacional, de forma que a ocorrência desses eventos pode dar-se durante o mesmo período de tempo, durante o mesmo instante de tempo, ou durante espaços de tempo sobrepostos”. (Hwang)

- *Paralelismo lógico* diz respeito a ocorrência intercalada de partes destes eventos de modo que em qualquer momento haverá um único processo efetivamente ativo.

Esquema I.1 : paralelismo lógico.

- *Paralelismo físico*: ocorrerá quando haver ocorrência simultânea e sobreposta de eventos.

Esquema I.2 : paralelismo físico.

O paralelismo físico:

- *espacial*: diz respeito apenas a superposição de tarefas e pode ser síncrono quando vários elementos de processamento executam funções idênticas sendo sincronizados por uma unidade de controle, ou assíncrono, quando os elementos de processamento executam funções diferentes e interagem entre si em caso de necessidade.

- *temporal (pipeline)*: execuções diferentes ocorrem com sobreposição e defasagem no tempo. Permite que várias seções de hardware funcionem em paralelo, num esquema semelhante a uma linha de produção em série. Exemplo: Processo sequencial com três “estágios”: ADD, MOV, INC.

A) Execução sequencial dos processos P1, P2 e P3 com os “estágios”: ADD, MOV, INC.

B) Execução em “pipeline” dos processos P1, P2 e P3 com os “estágios”: ADD, MOV, INC.

Execução em “pipeline” de dos processos P1, P2 e P3 com os “estágios”: ADD, MOV, INC.

- Paralelismo Misto

O paralelismo Misto corresponde à combinação de paralelismo lógico/físico, explorando a ocorrência sobreposta de uma parcela dos eventos e intercalada da outra parcela dos eventos, ou a ocorrência sobreposta de várias parcelas intercaladas.

No paralelismo lógico, existe um elemento físico para a execução multiplexada de diversos eventos, enquanto que no paralelismo físico, existe um elemento físico para a execução de cada evento e no paralelismo misto existem dois ou mais elementos físicos para a execução de um número maior de eventos.

1.6 Concorrência e Paralelismo

Diz-se haver concorrência quando, em um determinado instante, dois ou mais processos estiverem sendo executados ao mesmo tempo. Por essa definição, concorrência pode ocorrer tanto em sistemas com um único processador, quanto em sistemas com múltiplos processadores.

Afirmar que processos estão sendo executados em paralelo implica na existência de mais de um processador, ou seja, paralelismo (ou paralelismo físico) ocorre quando há mais de um processo sendo executado no mesmo intervalo de tempo.

Quando vários processos são executados em um único processador, sendo que somente um deles é executado a cada vez, tem-se um pseudo-paralelismo (paralelismo lógico). O usuário tem a falsa impressão de que suas tarefas são executadas em paralelo, mas, na realidade, o processador é compartilhado entre os processos. Isso significa que, em um determinado instante, somente um processo é executado, enquanto que os outros que já foram iniciados aguardam a liberação do processador para continuarem. Atualmente, este conceito tem sido melhor discutido em virtude de alguns processadores modernos permitirem paralelismo no nível de processador.

Baseado nas definições apresentadas acima é possível definir três tipos de estilo de programação dentro da computação, que são:

- **Programação seqüencial:** caracteriza-se pela execução de várias tarefas uma após a outra;
- **Programação concorrente:** caracteriza-se pela iniciação de várias tarefas, sem que as anteriores tenham necessariamente terminado (sistemas multi ou uniprocessadores);
- **Programação paralela:** caracteriza-se pela iniciação e execução das tarefas em paralelo (sistemas multiprocessadores).