

**Quinta Lista de Exercícios (cont) – Multiprocessadores com Memória Compartilhada**

0) Quais as diferenças, em termos de desempenho global, dos protocolos de coerência de caches por invalidação e por atualização?

1) Quais as diferenças, com relação ao desempenho global do sistema, entre a sincronização com uma barreira com  $N$  processos em (i) um multiprocessador com memória fisicamente compartilhada (através de um barramento), e (ii) um multiprocessador com memória logicamente compartilhada mas fisicamente distribuída pelos nós de uma rede?

2) **Lei de Amdahl** Considere uma aplicação que executa nos três modos: (i) todos os processadores utilizados, (ii) metade dos processadores em uso, e (iii) execução serial. Suponha que o modo serial ocorre em 0,02% do tempo, e que são usados 100 processadores. Calcule o intervalo máximo que em que metade dos processadores são utilizados se deseja-se ganho de 80.

3) Conte o número de transações no barramento para as atividades seguintes envolvendo dados compartilhados. Suponha que ambos os processadores tenham caches com escrita preguiçosa (*write-back*), coerência de caches com *write-update*, e blocos com uma palavra de largura. Inicialmente, todas as palavras nas caches estavam limpas.

passo	proc	ativ	ender
1	1	wr	100
2	2	wr	104
3	1	rd	100
4	2	rd	104

4) Repita o exercício anterior, mas considerando blocos com largura de 4 palavras.

5) **Multicomputadores versus Multiprocessadores** (i) Indique como implementar o modelo de computação paralela por *troca de mensagens* num multiprocessador com *memória fisicamente compartilhada*; (ii) indique como implementar o modelo de computação paralela com *memória compartilhada* num multicomputador com *memória fisicamente distribuída*; (iii) comente quanto a eficiência que se pode esperar das implementações dos dois itens anteriores.

6) **Sincronização em multiprocessadores** Uma *barreira* é uma primitiva de sincronização entre  $N$  processos que não pode ser ultrapassada por nenhum deles até que todos os  $N$  processos tenham chegado até ela. Mostre como implementar eficientemente uma barreira para execução num multiprocessador com memória fisicamente compartilhada através de um barramento, usando as primitivas definidas abaixo. As operações entre as chaves `{...}` são executadas atômicamente.

```
TEST_and_SET(lock) { tmp←mem[lock]; mem[lock]←1; return tmp; }
RESET(lock) { mem[lock]←0; }
FETCH_and_ADD(x,a) { tmp←mem[x]; mem[x]←tmp+a; return tmp; }
```

7) Considere um multiprocessador com memória compartilhada com 4 processadores. Cada módulo processador contém uma cache de 1 Mbyte (tempo de acesso de 1 ciclo) e 64 Mbytes de memória, tempo de acesso local de 10 ciclos, tempo de acesso a memória remota (outro processador) de 25 ciclos. Suponha que o MP está executando uma multiplicação de matrizes com 2048x2048 elementos (double) com o programa de 3 laços aninhados. As três matrizes são armazenadas na memória do processador P0.

7a) Supondo a alocação mais simples possível de trabalho a processadores (uma fatia horizontal de 512 elementos da matriz  $C$  a cada processador), estime a fração do CPI devida somente as referências aos elementos das matrizes, efetuadas pelos processadores P0 e P1. Desconsidere código e variáveis locais, e desconsidere faltas por conflito.

7b) Otimize a alocação de trabalho para reduzir o CPI obtido em (a). Faça um diagrama que justifique sua otimização. Indique o novo CPI dos processadores P0 e P1.

```
/* a,b,c: double×double, globais */
1 for (i=0; i < 2048; i++) {
2   for (j=0; j < 2048; j++) {
3     sum = 0.0; /* var local */
4     for (k=0; k < 2048; k++)
5       sum += a[i][k] * b[k][j];
6     c[i][j] = sum;
7   }
8 }
```

**Problemas 6.6 6.9 de H&P QA, 3ª Edição em inglês**

6.6) [15] Uma possível solução para o problema de falso compartilhamento é adicionar um bit de *válido* por palavra (ou mesmo para cada byte). Isso permitiria ao protocolo invalidar uma palavra sem remover o bloco inteiro, permitindo à cache manter uma porção do bloco enquanto outro processador escreve numa porção diferente do bloco. Quais as complicações adicionais são introduzidas no protocolo de espionagem básico (Fig 6.12) se esta melhoria é introduzida? Lembre de considerar todas as possíveis ações do protocolo.

6.9) [15] Como você alteraria o código de uma aplicação para evitar falso compartilhamento? O que poderia ser feito pelo compilador, e o que necessitaria de diretivas pelo programador?