

# Memória virtual

## Paginação sob demanda

Marcelo Johann

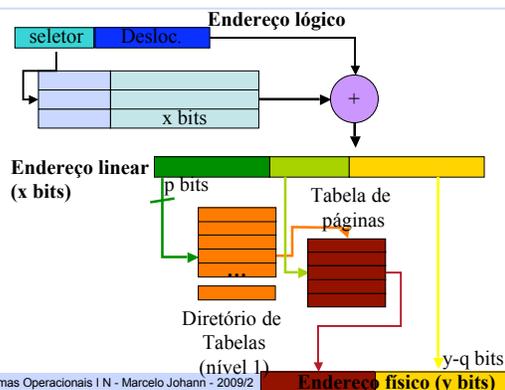
## Lembrando: segmentação

- Procedimento semelhante à paginação.
  - Segmento = uma unidade lógica de memória contígua, com semântica definida pelo usuário.
- Os segmentos têm tamanho variável
  - A tabela de segmentos deve incluir seu tamanho (limite).
- As arquiteturas e os Sis. Op. Modernos oferecem segmentação com paginação!
  - Base + limite -> endereço linear por segmentação
  - Endereço linear -> endereço físico por paginação.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 2

## Segmentação com paginação



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

## Plano da aula de hoje

- Memória virtual & paginação sob demanda
- Tratamento de falta de página
- Mecanismo de *paging*.
- Desempenho da paginação sob demanda.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 4

## Introdução: memória real & virtual

- **Memória real:** RAM
  - Fisicamente limitada;
  - Compartilhada entre os processos.
- **Memória virtual:** extensão do espaço lógico de endereçamento:
  - Usa páginas da RAM e do disco;
  - Expande o tamanho do espaço de endereçamento lógico do processo
    - Memória >> RAM!
  - Aumenta o grau de multi-programação possível.
  - Desvantagem: problema de desempenho quando se acesse o disco!

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 5

## Requisitos para memória virtual

- O Sis. Op. e/ou o HW devem suportar paginação e/ou segmentação.
- O sistema deve gerenciar o fluxo de páginas entre o disco e a RAM:
  - Mapeamento das páginas em quadros e páginas no disco;
  - Espaço disponível na RAM e no disco;
  - Quais páginas substituir na RAM quando não tem mais espaço nela.
    - Política de substituição (próxima aula)

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 6

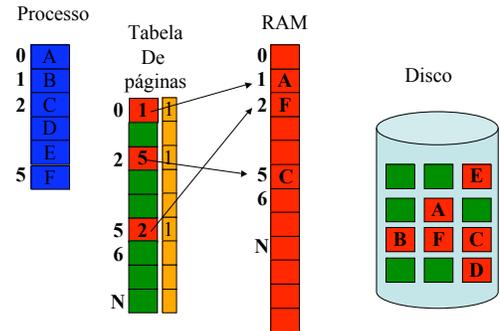
## Paginação sob demanda

- Objetivo: usar a RAM de forma eficiente.
- Carrega-se na RAM as páginas à medida que vão sendo usadas pelos processos.
  - A rigor, pode se tratar de segmentos em lugar de páginas (“segmentação sob demanda”).
- O **princípio de localidade** supõe que um programa efetua acessos estruturados em seu espaço de endereçamento.
  - Por fins de desempenho, “prevê-se” quais futuras páginas serão acessadas pelos processos.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 7

## Mecanismo da paginação sob demanda



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 8

## Implementação...

- Necessita um bit de controle na tabela de páginas
  - Bit de sujeira;
  - Bit(s) de proteção;
  - (Bit de referência);
  - **Bit de validade (ou residência).**
- Necessita de um tratamento da interrupção “**Falta de página**”
  - Interrupção causada quando um processo acessa a uma página cujo bit de validade vale zero.
  - (obs: apenas neste caso vai-se gerar uma interrupção quando se acessa a memória.)

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 9

## Roteiro do tratamento de falta de página

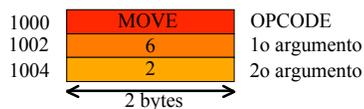
- Se um processo P acessa uma página que não está na tabela:
  - Gera um trap (interrupção por SW) para o núcleo;
    - Salvamento do contexto de P, que passa a ser bloqueado;
    - Possivelmente no meio de uma instrução!
  - O núcleo pega a CPU;
  - Identificação do IRQ (vetor de interrupções);
  - Localização do endereço da página no disco;
  - Solicitação de E/S ao controlador do disco
    - Inicia-se a transferência de dados disco/RAM
  - O núcleo devolve a CPU a um processo Q.
  - Quando a E/S tiver terminado, gera uma interrupção de HW.
  - O núcleo pega a CPU e atualiza a tabela de páginas de P.
  - O núcleo passa P do estado bloqueado para o estado pronto.
- No total são **milhões** de ciclos de clock gastos!
  - Existe o bit de “tranca” para impossibilitar a falta de página.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 10

## Observação sobre o salvamento do contexto...

- É preciso salvar o conteúdo do PC.
- Existe arquiteturas onde uma instrução se estende em mais de uma palavra:
  - Motorola 68000 – 6 bytes

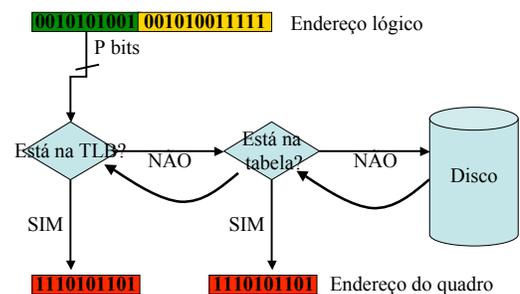


- Conforme for o argumento que provoca a falta de página, o PC pode conter 1002 ou 1004.
  - É preciso ter um “shadow PC” neste tipo de casos.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 11

## O que acontece quando se acessa um endereço lógico?



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 12

## Desempenho da paginação sob demanda

- O desempenho depende da taxa  $p$  de falta de páginas
  - $0 \leq p < 1$
  - $p = 0$  : nenhuma falta de página;
  - $p = 1$  : cada acesso gera uma falta de página.
- Tempo médio de acesso:  
 $(1-p)t_{\text{acesso}} + pt_{\text{pf}}$
- Obs:  $t_{\text{acesso}} = a(t_{\text{tlb}} + t_{\text{ram}}) + (1-a) \times (t_{\text{tlb}} + 2t_{\text{ram}})$ ,  
onde  $a$  é a taxa de TLB hits.
- Exemplo:  $t_{\text{acesso}} = 100 \text{ ns}$  ;  $t_{\text{pf}} = 25 \text{ ms}$  ;  $p = 1/1000$ :  
– **T médio = 25  $\mu\text{s}$  = 250 x  $t_{\text{acesso}}$**

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 13

## Localizar uma página no disco

- A área do disco dedicada a hospedar páginas é chamada “swap”.
  - Cf. partição específica no Linux/arquivo específico no Windows.
- “Swap” ou “paging”?
- Cabe ao Sis. Op. poder encontrar na área de swap as páginas faltando na RAM.
  - Estrutura de dados específica na tabela;
    - Lista de blocos disponíveis
    - Tabela de páginas “espelhada” no disco
  - Sistema de arquivos específico na partição swap.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 14

## Otimização do desempenho da paginação

- Manter baixa a taxa de falta de páginas
  - Vide. Compilador e uso da localidade!
  - Uso de mecanismos “inteligentes” de escolha de páginas a manter na RAM.
- Agilizar a busca no disco
  - Só copiar para o disco as páginas que foram alteradas.
    - Vide bit de sujeira!
  - Sistema de arquivos especializado para o swap.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 15

## Próxima aula...

- Políticas de substituição de páginas na RAM.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2009/2

Aula 16 : Slide 16