Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

Unix: Processos e o Kernel

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Sistemas Operacionais

O Kernel

- É um programa especial, uma parte privilegiada do sistema operacional, que roda diretamente sobre o hardware.
- É ele quem implementa o modelo de processos do sistema.
  - O kernel não é um processo!
- O kernel oferece uma série de serviços aos processos de usuários e aos processos do próprio sistema operacional.
- No Unix, o kernel reside em um arquivo em disco normalmente nomeado como */vmunix ou /unix*.
- Programa *bootstrapping* carrega o kernel para a memória na inicialização do sistema.

A Abstração "Processo"

- Como já visto, processo é uma entidade que executa um programa e que provê um ambiente de execução para ele.
- Processos têm um ciclo de vida: são criados pelas primitivas (SVCs) *fork* ou *vfork* e rodam até que sejam terminados através da primitiva *exit*.
- Durante a sua execução um processo pode rodar um ou mais programas. A primitiva *exec* é invocada para rodar um novo programa.
- Processos no Unix possuem uma hierarquia. Cada processo tem um processo pai (*parent process*) e pode ter um ou mais processos filhos (*child processes*).
- O processo *init* (PID 1) localiza-se no topo da hierarquia de processos de usuário do Unix. É o primeiro processo de usuário a ser criado, quando o sistema é iniciado. Seu nome advém do fato de executar o programa */etc/init*.

A Abstração "Processo" (cont.)

- Todos os processos descendem do processo *init*, à exceção de alguns poucos, como o *swapper* (PID 0) e o *pagedaemon* (PID 2).
- Esses também são criados na inicialização do sistema e ajudam o kernel na execução das suas tarefas (ex: *pagedaemon* previne a ocorrência de *trashing*).
- Diferentemente do *init*, esses processos são implementados dentro do próprio kernel, ou seja, não há um programa binário regular para eles.
- Se, ao terminar, um processo tiver processos filhos ativos, estes tornam-se órfãos e são herdados pelo processo *init*.

Informações de Contexto do Processo (1)

- *Espaço de endereçamento do usuário*
  - Texto (código), dados, *user stack*, regiões de memória compartilhada, etc.
- *Informações de controle*
  - Armazenadas em estruturas mantidas pelo kernel
  - *u area* e *proc* structure

Informações de Contexto do Processo (4)

- A maioria das implementações do UNIX usam memória virtual
  - Endereços utilizados no programa não referenciam diretamente memória física
  - Cada processo possui seu "espaço de endereçamento virtual
    - Endereços virtuais são traduzidos para uma localização física na memória principal (e.g. tabela de páginas)
  - Processos só podem acessar endereços dentro deste espaço
- Uma parte fixa do espaço de endereçamento virtual mapeia o "kernel text" e as estruturas de dados do kernel
  - Chamamos de "system space" ou "kernel space"

Estruturas de Controle

- u Area
  - Contém informações necessárias apenas quando o processo está *running*
  - Encontra-se no *process space*
- Proc Structure
  - Contém todas as informações que o kernel posssa precisar quando um processo NÃO está *running*
  - Encontra-se no *system space*

U area

- Contém informações necessárias apenas quando o processo está *running*
- É normalmente mapeada sempre num local fixo do espaço de endereçamento virtual do processo.
- Campos da u area:
  - Bloco de controle de processo (*hardware context*)
  - *Real* e e*ffective* UID e GID (credenciais do usuário)
  - Argumentos, valores de retorno e status de erros da SVC corrente
  - *Handlers* de sinais e informações relacionadas
  - Informações do header do processo, como tamanho das áreas de texto, dados e pilha
  - Tabela de descritores de arquivos abertos
  - Estatísticas de uso da CPU
  - Ponteiro para a *proc* structure

Proc Structure

- Contém todas as informações que o kernel posssa precisar quando um processo NÃO está *running*
- Campos da proc structure
  - Identificadores: PID, *process group*, *process session*, etc.
  - Informações de hierarquia (*p_pid*)
  - Estado do processo corrente
  - Ponteiros para linkar o processo em filas
  - Prioridade de escalonamento
  - Informações para manipulação de sinais (ignorados, bloqueados, postados, etc.)
  - Informações para gerenciamento da memória
  - Localização do mapa de endereços para a *u area* do processo

User Mode x Kernel Mode

- Com finalidade principal de proteção, a maioria dos computadores atuais fornece pelo menos dois modos de operação.
- O Unix requer do hardware a implementação de apenas 2 modos de operação:
  - *user mode* (menos privilegiado)
  - *kernel mode* (com mais privilégios).
- Processos de usuário rodam em *user mode*; logo, não podem – acidental ou maliciosamente –, corromper outro processo ou mesmo o kernel.

User Mode/Kernel Mode x Máquina de Estados

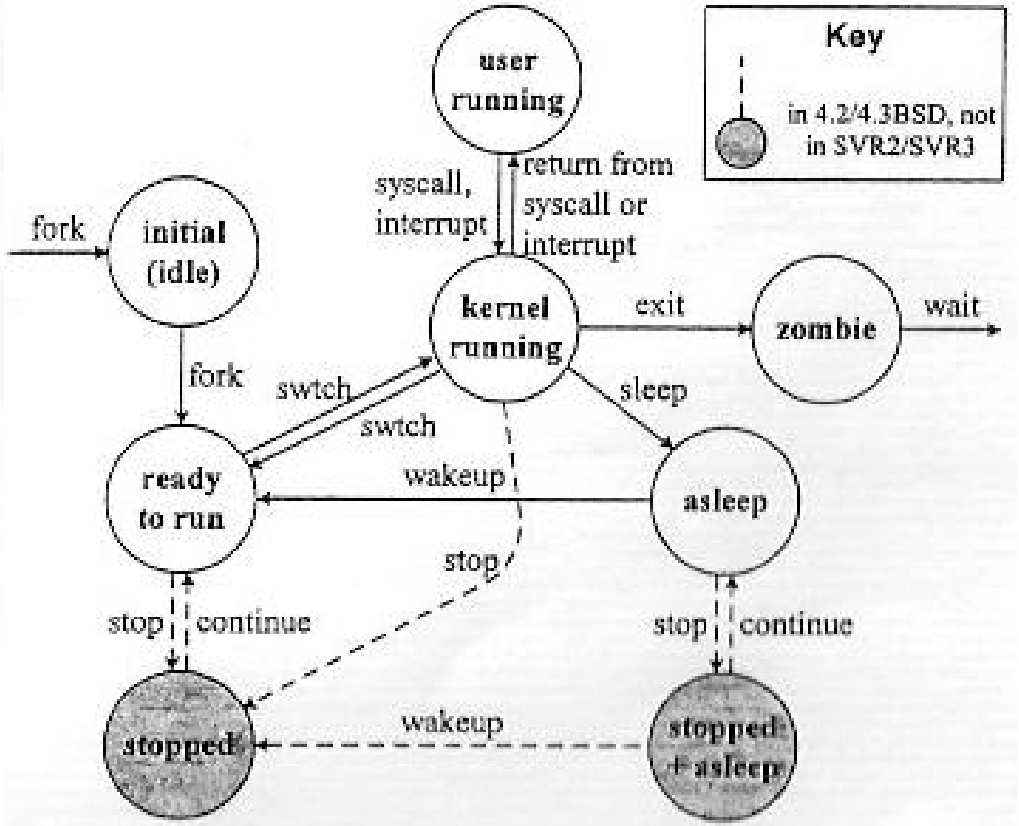


Figure 2-3. Process states and state transitions.

Process Context

- As funções do kernel podem ser executadas em dois contextos:
  - *Process context*
  - *System context*
- Em *process context* o kernel age em benefício do processo corrente (ex: ao executar uma SVC).
- Neste contexto, o kernel pode acessar e modificar o espaço de endereçamento, a *u area* e a *kernel stack* do processo.
- O kernel pode ainda bloquear o processo corrente se este deve esperar por um recurso ou atividade de algum dispositivo.

System Context

- Tarefas como atender a interrupções e re-computar prioridades não são executadas em benefício de um processo em particular. Atividades genéricas como estas (*system-wide tasks*) são ditas executadas em *system context*.
- Quando executando em *system context*, o kernel **não pode acessar o espaço de endereçamento** (incluindo *u area* ou a *kernel stack)* do processo corrente.
- Além disso, o kernel **não pode bloquear o processo** corrente se estiver em *system context* pois poderia estar bloqueando um processo que não tem nada a ver com a tarefa sendo executada.
- Em algumas situações pode até nem ter mesmo um processo para bloquear (todos podem estar esperando por I/O).

System (Kernel) Space

- Além de código e dados do usuário, parte do espaço de endereçamento virtual de cada processo refere-se a código e dados do kernel (que, afinal, roda em benefício dos processos).
- Esta porção é conhecida como *system space* ou *kernel space,* e só pode ser acessada em *kernel mode*.
- Como existe apenas uma instância do kernel todos os processos são mapeados em um único *kernel address space*.
- O kernel mantém algumas estruturas de dados globais e algumas específicas para cada processo ("per-process objects").
- Essas últimas contêm informações que permitem ao kernel acessar o espaço de endereçamento de qualquer processo.

System (Kernel) Space (cont.)

- O kernel é compartilhado por todos os processos mas o *system space* é protegido de acesso em *user mode*, caso contrário processos de usuário acessariam diretamente áreas do kernel.
  - O acesso tem que ser feito via SVC (portanto, acesso controlado).
- Na ocorrência de uma SVC uma seqüência especial de instruções é executada para por o sistema em *kernel mode* e passar o controle para o kernel.
- No término da SVC o kernel executa um outro conjunto de instruções, que retorna o sistema para *user mode* e transfere o controle de volta para o processo chamador.

Resumindo ...

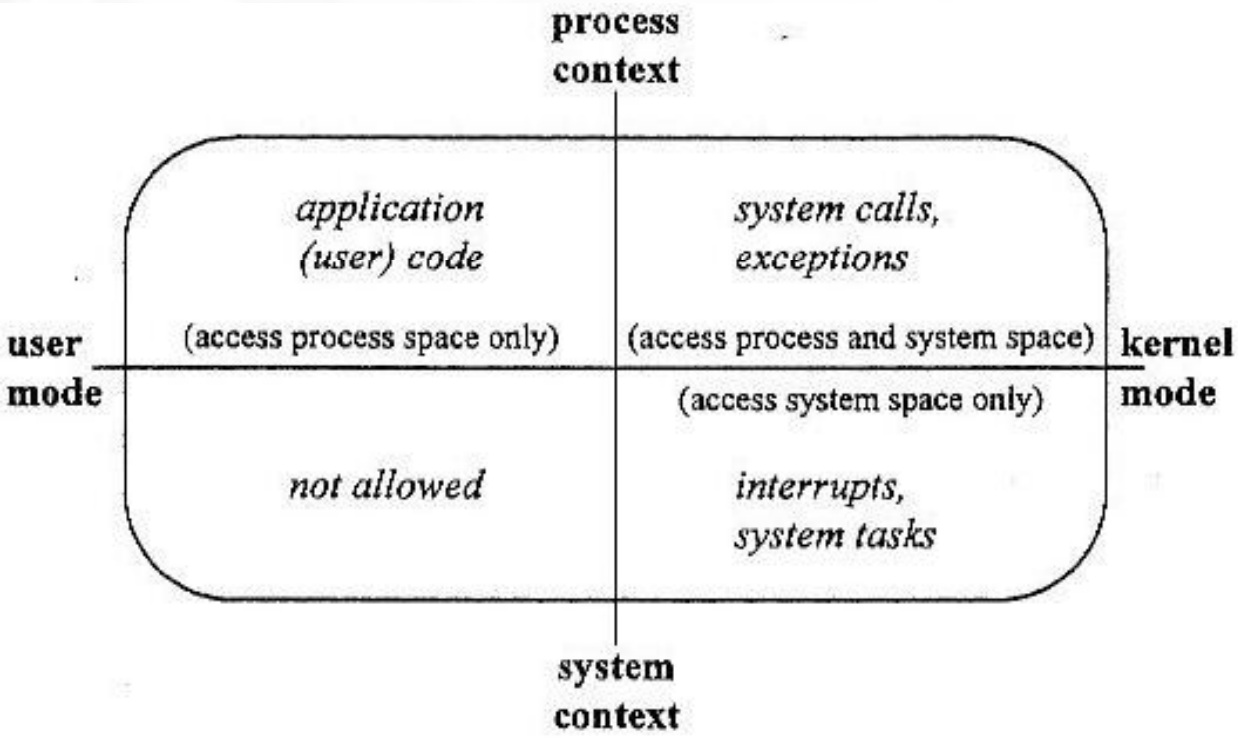
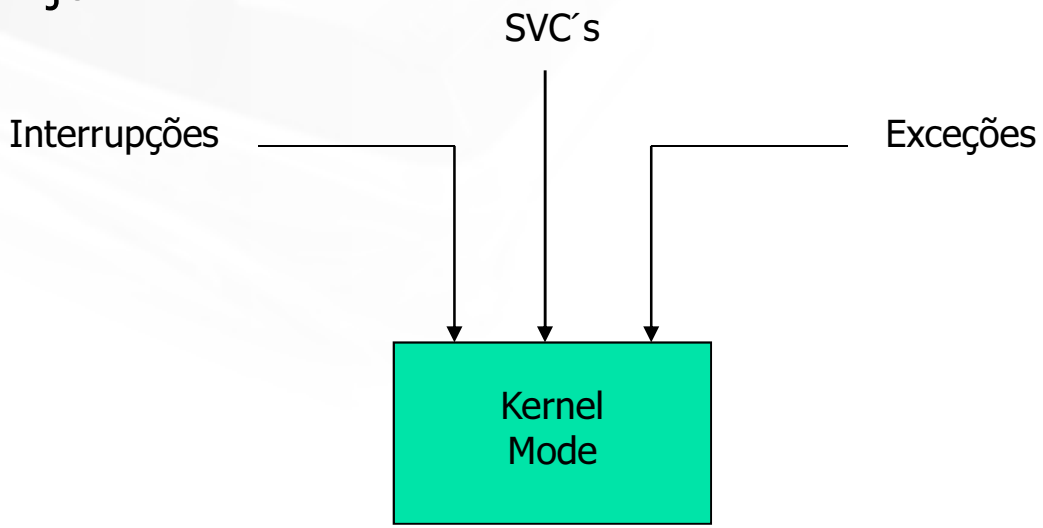


Figure 2-2. Execution mode and context.

Executando em Kernel Mode

- Existem 3 tipos de eventos que fazem o sistema entrar em *kernel mode*:
  - As chamadas ao sistema (SVCs/traps/interrupções de software)
  - As interrupções provenientes dos dispositivos periféricos
  - As exceções



Executando em Kernel Mode (cont.)

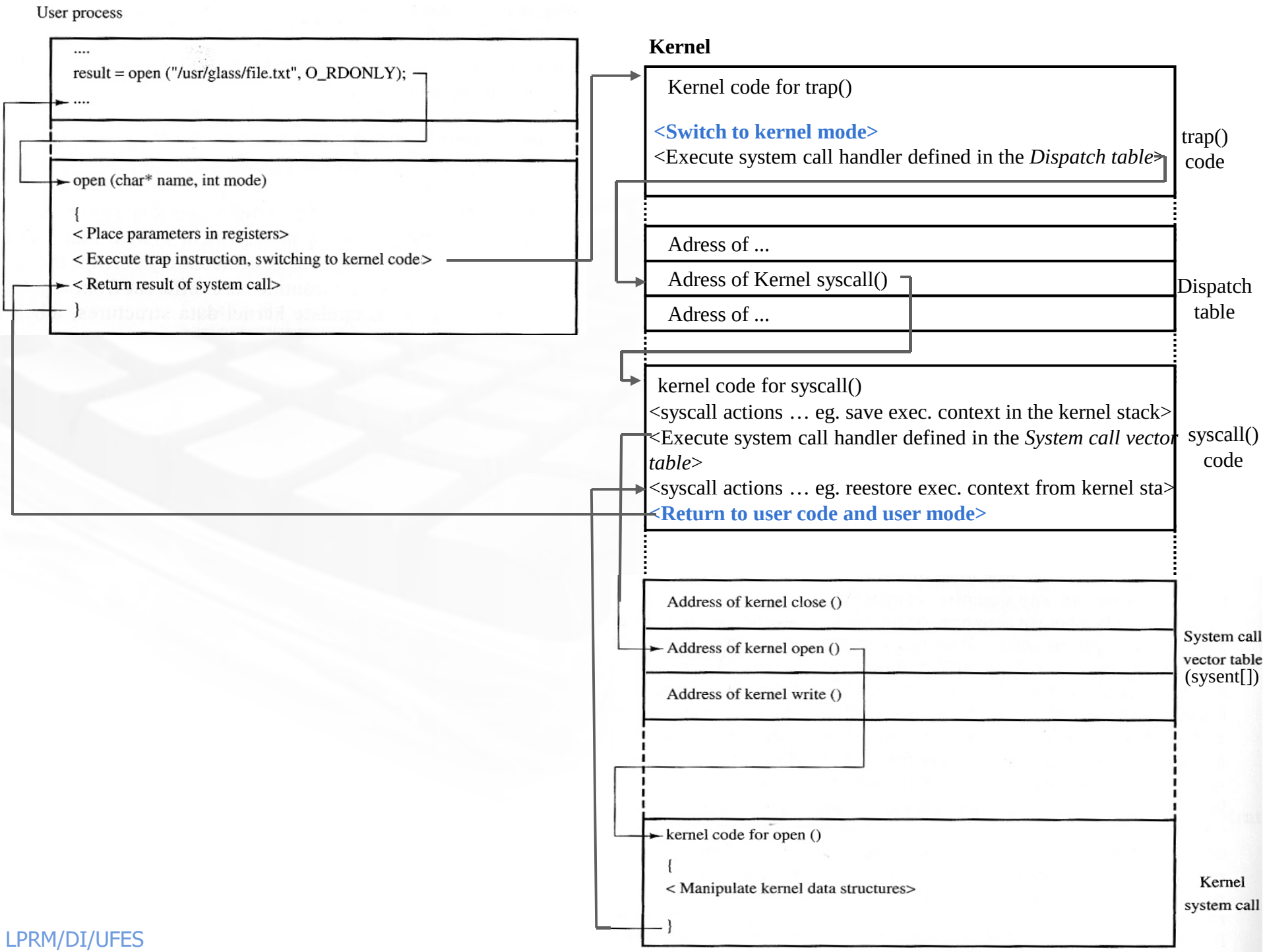
- Interrupções
  - Eventos assíncronos causados por dispositivos periféricos (disco, relógio, interface de rede, etc).
  - São tratadas em *system context* pois não são causadas ou provenientes do processo corrente
    - Não pode haver acesso ao espaço de endereçamento do processo ou a sua *U area*
    - Não pode bloquear (esperar por eventos) pois isso bloquearia um processo arbitrário e inocente

Executando em Kernel Mode (cont.)

- Exceções
  - Eventos síncronos ao processo em execução, causados por eventos relacionados ao próprio processo
    - Divisão por zero, acesso a endereço ilegal, *overflow*, etc.)
  - A rotina de tratamento da exceção (*exception handler*) roda em *process context*
    - Pode acessar o espaço de endereçamento do processo, a *U area* e bloquear, se necessário.

Executando em Kernel Mode (cont.)

- SVC´s
  - Ocorrem quando o processo executa uma instrução especial do processador (*trap*, syscall, *chmd*, etc.).
  - São, portanto, eventos síncronos ao processo em execução
  - Assim como as exceções, a SVC roda em ***process context***, pode acessar o espaço de endereçamento do processo e a sua *U area,* além de poder bloquear o processo, se necessário.


User process
....
result = open ("/usr/glass/file.txt", O_RDONLY);
....
open (char* name, int mode)
{
< Place parameters in registers>
< Execute trap instruction, switching to kernel code>
< Return result of system call>
}
Kernel
Kernel code for trap()
<Switch to kernel mode>
<Execute system call handler defined in the Dispatch table>
trap() code
Adress of ...
Adress of Kernel syscall()
Adress of ...
Dispatch table
kernel code for syscall()
<syscall actions … eg. save exec. context in the kernel stack>
<Execute system call handler defined in the System call vector table>
<syscall actions … eg. reestore exec. context from kernel sta>
<Return to user code and user mode>
syscall() code
Address of kernel close ()
Address of kernel open ()
Address of kernel write ()
System call vector table (sysent[])
kernel code for open ()
{
< Manipulate kernel data structures>
}
Kernel system call

Manipulação de Interrupções

- Interrupções são eventos gerados assincronamente à atividade regular do sistema.
  - O sistema não sabe em que ponto no fluxo de instruções a interrupção ocorrerá.
- *Interrupt Handler* ou *Interrup Service Routine* é o nome dado à rotina de tratamento da interrupção.
- O Interrupt Handler roda em *kernel mode* e *system context.*
  - Logo, o *handler* tem que ter o cuidado de não acessar o espaço de endereçamento do processo corrente bem como a sua U area, já que ele não tem nada a ver com a interrupção. Idem bloqueá-lo.
- O tempo de servir a interrupção é descontado do quantum do processo em execução (*time-slice*).

Manipulação de Interrupções (cont.)

- Interrupções podem ocorrer enquanto uma outra está sendo atendida; logo, existe a necessidade de se priorizar as interrupções.
  - Ex: interrupção de relógio é mais prioritária que a interrupção de interface de rede, cujo processamento dura vários *ticks* do relógio
- A cada tipo de interrupção está associado um *Interrupt Priority Level (IPL).*
- O número de níveis de interrupção varia de acordo com o padrão Unix e com as arquiteturas de hardware.
  - Ex: Unix BSD – IPL´s variam de 0 a 31.

Manipulação de Interrupções (cont.)

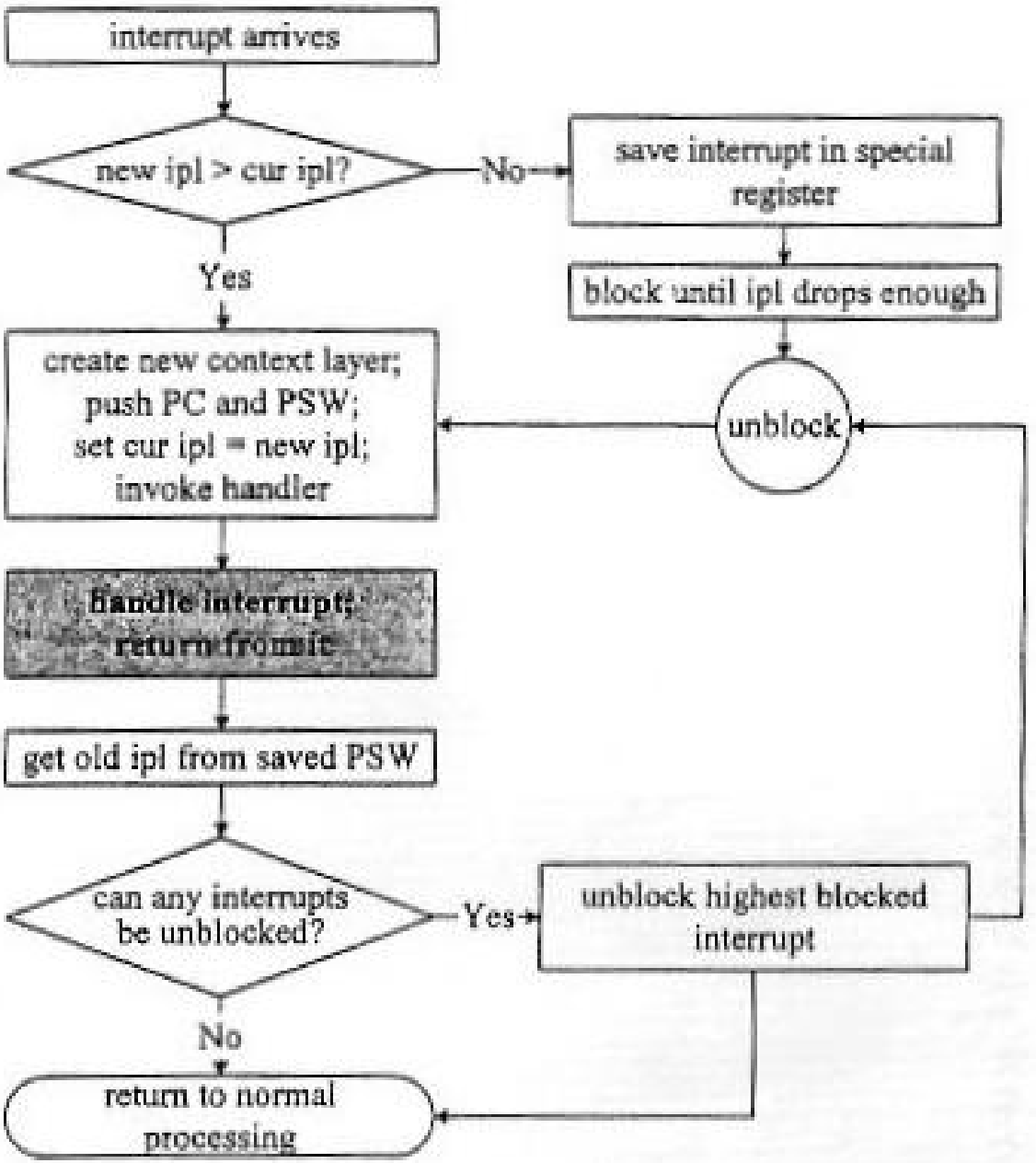


Figure 2-5. Interrupt handling.

Sincronização

- O kernel do Unix é reentrante, o que significa que num dado momento vários processos podem estar ativos no kernel.
- Como todos os processos compartilham uma única cópia das estruturas de dados do kernel, é necessário impor alguma forma de sincronização para prevenir que o kernel não seja corrompido.

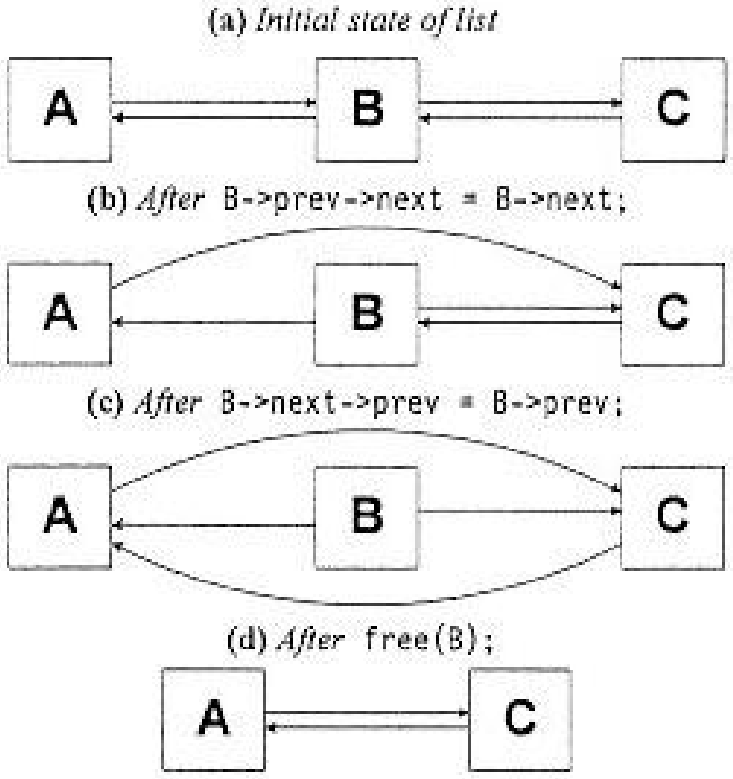


Figure 2-6. Removing an element from a linked list.

Sincronização (cont.)

- Como o kernel tradicional do Unix é não-preemptivo, isso significa dizer que um processo rodando em *kernel mode* não pode ser substituído por um outro processo, mesmo que o seu quantum expire.
- O processo devolve voluntariamente a CPU quando:
  - Bloqueou esperando por um evento, ou
  - Completou a atividade em *kernel mode* e está retornando para *user mode*
- Nesses casos, existe a garantia de que o kernel está num estado consistente.
- Em resumo, adotar um kernel não-preemptivo é uma solução ampla para a maioria dos problemas de sincronização. Porém, três situações ainda persistem:
  - Operações bloqueantes, interrupções e multiprocessamento.

Sincronização *x* Operações Bloqueantes

- Uma operação bloqueante é aquela que coloca e mantém o processo no estado *asleep* até que a operação se complete.
- A princípio, como o kernel é não-preemptivo, ele pode manipular a maioria dos objetos com a garantia de que o processo não será interrompido.
- Alguns objetos, entretanto, devem ser protegidos inclusive entre operações bloqueantes, requerendo mecanismos adicionais.
  - Ex: Operação de leitura de um bloco de disco para um buffer do *buffer cache* (outros processos não podem acessar o buffer enquanto o I/O não se completa).
- Solução: uso de *locks* e *wanted flag*

Sincronização *x* Interrupções

- Por ser não-premptivo, o kernel é protegido de preempção por um outro processo. Entretanto, um processo manipulando estruturas de dados do kernel pode ser interrompido por um dispositivo.
- Nessa situação, se o *Interrupt Handler* tentar acessar estruturas do kernel elas podem ficar em estado inconsistente (intencionalmente ou não).
- Solução: bloquear interrupções ao acessar estruturas críticas do kernel.
  - OBS: bloquear uma interrupção significa bloquear todas as interrupções de mesmo nível ou menor.

```
int x = splbio();                /*inibe interrupções de disco */
modify disk buffer cache;        /* região crítica */
splx(x);                         /* restaura valor prévio do IPL */
```

Sincronização *x* Multiprocessadores

- No caso de mais de um processador os problemas de sincronização são muito mais complexos já que a premissa de não-preempção do kernel deixa de existir.
- Dois processos podem executar em *kernel mode* em diferentes processadores e executarem uma mesma função do kernel concorrentemente.
- Assim, a qualquer hora que o kernel acessar uma estrutura de dados global esta deve ser protegida de acesso por outros processadores (o próprio mecanismo de *locking* deve ser protegido de múltiplos acessos).

Referências

- VAHALIA, U. Unix Internals: the new frontiers. Prentice-Hall, 1996.
  - Capítulo 2 (até seção 2.5)