Engenharia de Computação

Arquitetura de Sistemas Operacionais

Prevenção e Tratamento de Deadlocks

Prof. Anderson Luiz Fernandes Perez
Prof. Martín Vigil

Sumário

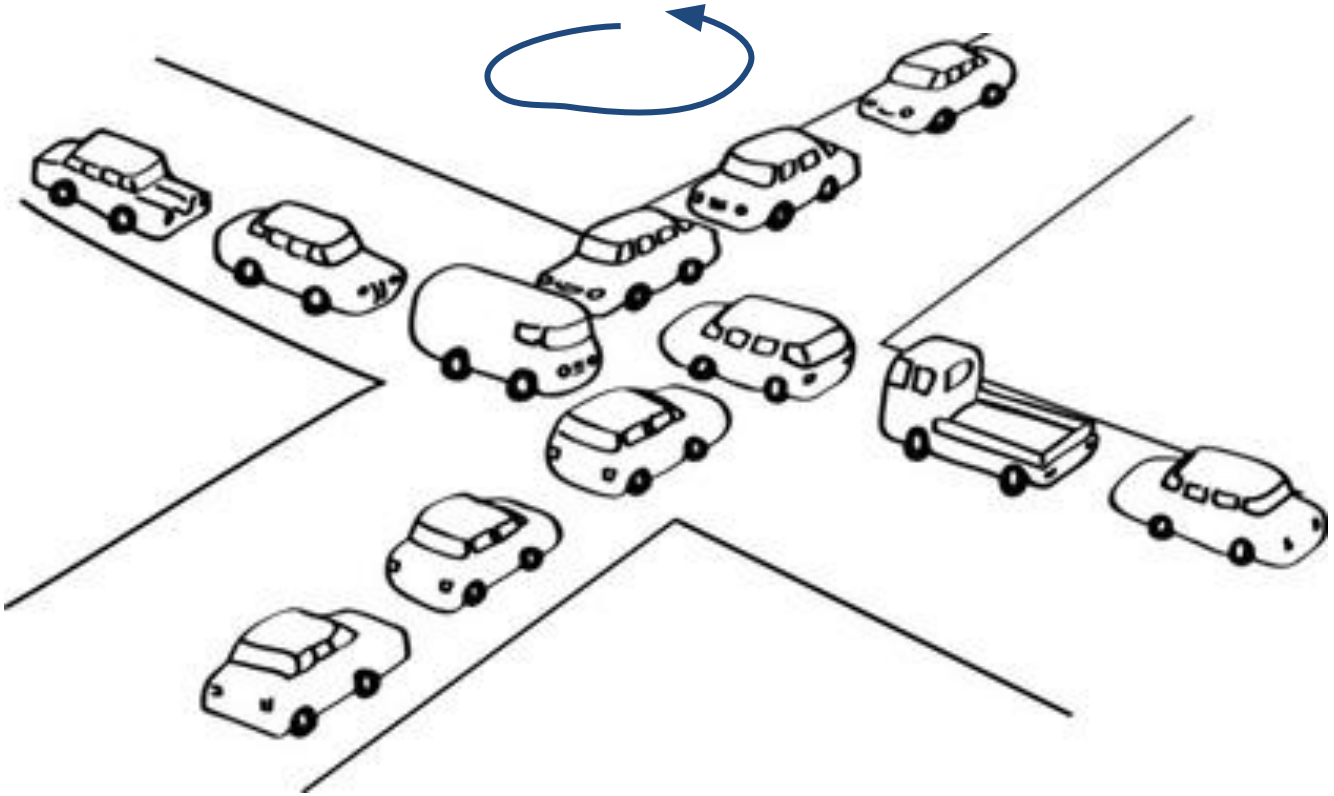
- Introdução
- Caracterização do Deadlock
- Grafo de Alocação de Recursos
- Manipulação de Deadlock

Introdução

- Em sistemas multiprogramados os processos solicitam acesso a recursos finitos.
- Um processo pode ficar em estado de espera aguardando a liberação de um recurso que foi alocado por outro processo que também pode estar em estado de espera.

Introdução: exemplo real

- Espera circular



Introdução

- Um conjunto de processos está em deadlock se cada processo está bloqueado esperando um evento que somente pode ser causado por outro processo do conjunto.
- Esta situação só poderá ser alterada por alguma iniciativa que parta de um processo fora do conjunto dos processos.
- Deadlocks podem ocorrer quando vários processos recebem direitos de acesso exclusivo a dispositivos, arquivos, registros e etc.

Introdução

- Um processo deve solicitar o acesso a um recurso antes de utilizá-lo e liberá-lo após o uso.
- Um processo solicita recursos obedecendo a seguinte sequência:
  - Solicitação: o processo solicita o recurso. Se a solicitação não puder ser atendida imediatamente, então o processo solicitante deve esperar até poder adquirir o recurso.
  - Uso: o processo pode operar sobre o recurso.
  - Liberação: o processo libera o recurso.

Caracterização do Deadlock

- Em uma situação de deadlock os processos envolvidos nunca concluem sua execução e os recursos ficam ocupados indeterminadamente, impedindo que outros processos os utilizem.

Caracterização do Deadlock

- Uma situação de deadlock pode surgir se as quatro condições a seguir ocorrerem simultaneamente:
  1. **Exclusão Mútua**: em um determinado instante, cada recurso está em uma de duas situações:
     - associado a um único processo;
     - disponível.

Caracterização do Deadlock

2. **Posse e Espera**: processos que, em um determinado instante, retêm recursos concedidos anteriormente podem requisitar novos recursos.
3. **Não-Preempção**: recursos concedidos previamente a um processo não podem ser forçosamente tomados desse processo. Eles devem ser explicitamente liberados pelo processo que os retém.

Caracterização do Deadlock

4. **Espera Circular**: deve existir um encadeamento circular de dois ou mais processos; cada um deles encontra-se à espera de um recurso que está sendo usado pelo membro seguinte dessa cadeia.

Grafo de Alocação de Recursos

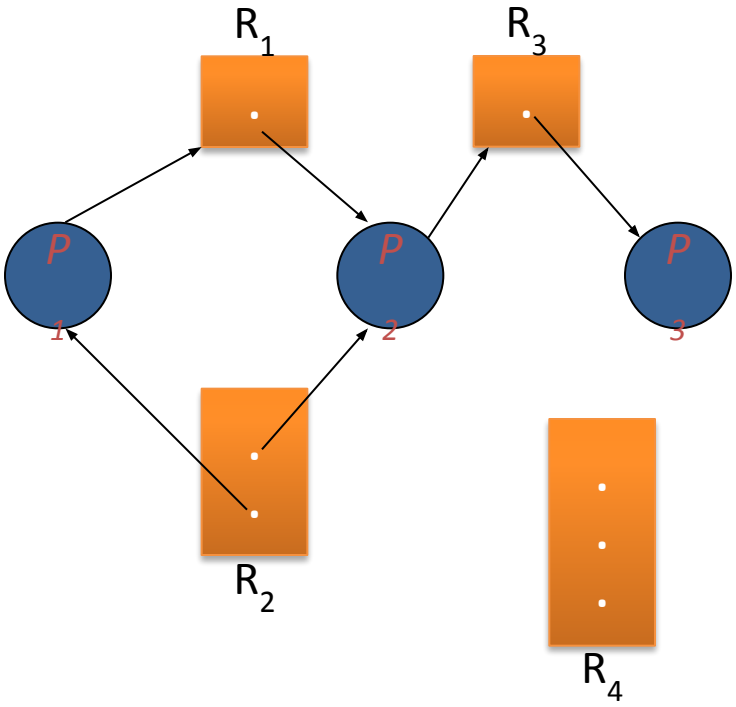
- É um grafo orientado que consiste em um conjunto de vértices V e um conjunto de arestas A.
- O conjunto de vértices V é particionado em dois tipos de nós diferentes:
  - Conjunto dos processos
    - P = {P1, P2, ..., Pn}
  - Conjunto dos recursos
    - R = {R1, R2, ..., Rn}

Grafo de Alocação de Recursos

- Uma aresta direcionada do processo Pi para o recurso Rj é indicada por:
  - Pi -> Rj (Aresta de requisição)
  - O processo requisitou o recurso.
- Uma aresta direcionada do recurso Rj para o processo Pi é indicada por:
  - Rj -> Pi (Aresta de atribuição)
  - Uma instância do recurso está alocado ao processo.

Grafo de Alocação de Recursos

- Exemplo:



Os conjuntos P, R e A:

$P = \{P_1, P_2, P_3\}$

$R = \{R_1, R_2, R_3, R_4\}$

$A = \{P_1 \rightarrow R_1, P_2 \rightarrow R_3, R_1 \rightarrow P_2, R_2 \rightarrow P_2, R_2 \rightarrow P_1, R_3 \rightarrow P_3\}$

Grafo de Alocação de Recursos

- Se cada recurso tiver uma única instância, então um ciclo indica que ocorreu um deadlock.
- Se o ciclo envolver apenas um conjunto de recursos, cada qual com apenas uma única instância, então ocorreu um deadlock.
- Nesse caso, um ciclo no grafo é condição necessária e suficiente para a existência de deadlock.

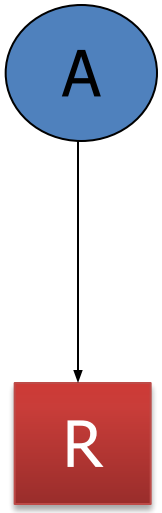
Grafo de Alocação de Recursos

- Se cada recurso tiver várias instâncias, então um ciclo não significa que ocorreu um deadlock.
- Nesse caso, um ciclo no grafo é uma condição necessária mas não suficiente para a existência de deadlock.

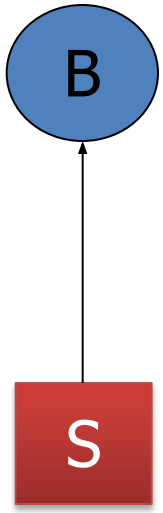
Grafo de Alocação de Recursos

- Diagramas de Alocação

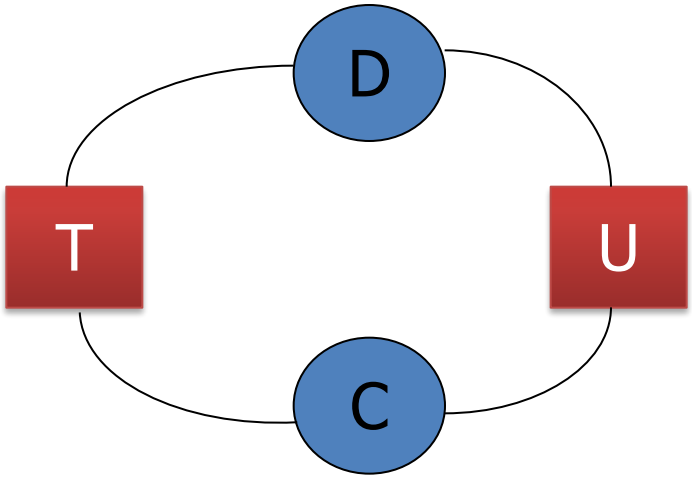
Processo A solicita recurso R



Processo B retêm recurso S



Deadlock (ciclo = C-T-D-U-C)



Manipulação de Deadlock

- O problema do deadlock pode ser resolvido de uma entre três maneiras:
  - Com o uso de um protocolo para prevenir ou impedir a ocorrência de deadlocks, garantindo que o sistema nunca entrará em estado de deadlock.
  - Permitir que o sistema entre em um estado de deadlock, detecte-o e execute uma recuperação.
  - Ignorar o problema e fingir que deadlocks nunca ocorrerão no sistema.

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Um estado é considerado seguro se ele não está em situação de deadlock e se existe alguma ordem de escalonamento na qual todo o processo possa ser executado até a sua conclusão, mesmo se, repentinamente, todos eles requisitem, de uma só vez, o máximo possível de recursos.

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Exemplo:
    - Recurso com 12 instâncias

Processo	Necessidades máximas	Necessidades correntes
P_0	10	5
P_1	4	2
P_2	9	2

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Exemplo: recurso com 10 unidades (estado seguro).

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	2	4
C	2	7

Disponível = 3

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	4	4
C	2	7

Disponível = 1

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	0	-
C	2	7

Disponível = 5

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Exemplo: recurso com 10 unidades (estado seguro).

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	0	-
C	7	7

Disponível = 0

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	0	-
C	0	-

Disponível = 7

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Exemplo: recurso com 10 unidades (estado inseguro).

Proc	Possui	Máx.
A	3	9
B	2	4
C	2	7

Disponível = 3

Proc	Possui	Máx.
A	4	9
B	2	4
C	2	7

Disponível = 2

Proc	Possui	Máx.
A	4	9
B	4	4
C	2	7

Disponível = 0

Manipulação de Deadlock

- Estados Seguros e Inseguros
  - Exemplo: recurso com 10 unidades (estado inseguro).

Proc	Possui	Máx.
A	4	9
B	-	-
C	2	7

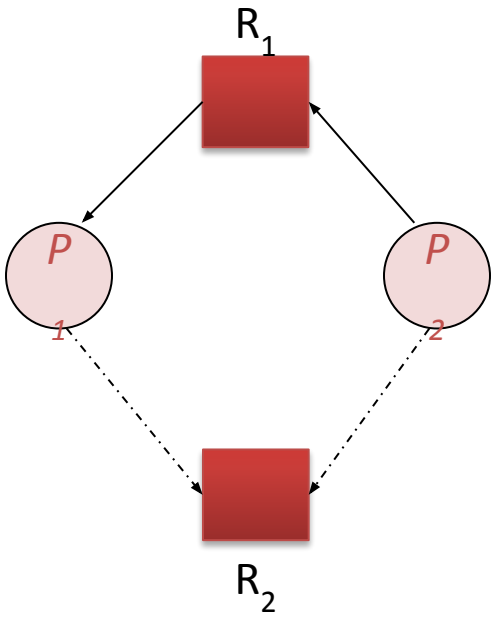
Disponível = 4

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do grafo de alocação de recursos
  - No grafo de alocação de recursos acrescenta-se uma aresta chamada de aresta de pretensão (requisição).
  - Uma aresta de pretensão Pi --> Rj indica que o processo Pi pode requisitar o recurso Rj em algum momento no futuro.
  - A requisição de um processo só poderá ser concedida se a conversão da aresta de requisição para uma aresta de atribuição não resultar na formação de um ciclo no grafo de alocação de recursos.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do grafo de alocação de recursos
  - Exemplo



Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do grafo de alocação de recursos
  - Observação:
    - Este algoritmo não é aplicável a um sistema de alocação de recursos com múltiplas instâncias de cada tipo de recurso.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - É utilizado em sistemas onde cada recursos possui múltiplas instâncias.
  - Quando um novo processo entra no sistema ele precisa declarar o número máximo de instâncias de cada recurso que pode precisar.
  - Esse número não pode ultrapassar o número total de recursos do sistema.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - O algoritmo do banqueiro precisa de algumas estruturas de dados para o estado do sistema.

número de processos = n

número de tipos de recursos = m

$\{a_1,\ldots,a_n\} \leq \{b_1,\ldots,b_n\} \leftrightarrow \forall j\ [a_j < b_j]$

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - Disponível: um vetor de tamanho m indica o número de recursos disponíveis de cada tipo. Se *Disponível[j]=k*, então há *k* instâncias disponíveis do recurso R_j.
  - Máximo: uma matriz *n x m* define a demanda máxima de cada processo. Se *Máximo[i][j]=k*, então o processo P_i pode requisitar no máximo *k* instâncias do recurso R_j.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - Alocação: uma matriz *n x m* define a quantidade **atual** de recursos de cada tipo alocado a cada processo. Se *Alocação[i][j]=k*, então o processo P_i **está usando** *k* instâncias do recurso R_j.
  - Necessário: uma matriz *n x m* indica a necessidade restante de recursos para cada processo. Se *Necessário[i][j]=k*, então o processo P_i **pode vir a** precisar de mais *k* instâncias do recurso R_j.
  - **Obs.** *Necessário[i][j] = Máximo[i][j] – Alocação[i][j]*.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro: estado seguro?

1. Sejam Trabalho e Fim vetores de tamanho m e n, respectivamente. Inicialize Trabalho = Disponível e Fim[i] = false para todo i
2. a) Encontre um i tal que
   b) Fim[i] == false
   c) Necessario[i] ≤ Trabalho
   se não houver tal i, vá para a etapa 4.
3. a) Trabalho = Trabalho + Alocacao[i]
   b) Fim[i] = true
   c) Vá para a etapa 2.
4. Se Fim[i] == true para todo i, então o sistema está em estado seguro.

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - Algoritmo da requisição de recursos
    - Seja $requisição_i$ o vetor de requisição para o processo P_i.
    - Se $requisição_i\ [j] = k$, então o processo P_i deseja k instâncias do recurso R_j.
    - Quando uma requisição de recursos for feita para o processo P_i, as seguintes ações são realizadas:

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - Algoritmo da requisição de recursos
    1. Se $requisição_i \leq Necessário_i$, vá para a etapa 2. Caso contrário, levante uma condição de erro, pois o processo ultrapassou sua pretensão máxima.
    2. Se $requisição_i \leq$ Disponível, vá para a etapa 3. Caso contrário, P_i precisa esperar, pois os recursos não estão disponíveis.
    3. Faça o sistema fingir ter alocado os recursos requisitados ao processo P_i, modificando o estado da seguinte maneira:

Manipulação de Deadlock

- Algoritmo do banqueiro
  - Algoritmo da requisição de recursos
    - *Disponível = disponível – requisição*$_i$;
    - *Alocação*$_i$ *= alocação*$_i$ *+ requisição*$_i$ *;*
    - Necessário$_i$ = necessário$_i$ *– requisição*$_i$;
  - Se o estado da alocação de recursos resultante for seguro, a transação será completada e o processo P_i receberá a alocação de seus recursos.
  - Entretanto, se o novo estado for inseguro, P_i terá de esperar por *Requisição*$_i$ e o antigo estado de alocação de recursos será restaurado.

Manipulação de Deadlock

- Atividade
  - Faça um programa que implemente o algoritmo do banqueiro. Vários clientes (threads) requisitam recursos do banco. O banqueiro concederá uma requisição apenas se ela deixar o sistema em estado seguro. Uma requisição é negada se deixar o sistema em estado inseguro.