

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Deadlocks

5

Sistemas Operativos y Distribuidos

Prof. Javier Echaiz
D.C.I.C. – U.N.S.
<http://cs.uns.edu.ar/~jechaiz>
je@cs.uns.edu.ar




1

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Deadlocks

A deadlock is a situation wherein two or more competing actions are waiting for the other to finish, and thus neither ever does. It is often seen in a paradox like the "chicken or the egg". (En.Wikipedia)

“When two trains approach each other at a crossing, both shall come to a full stop and neither shall start up again until the other has gone.”
— Illogical statute passed by the Kansas Legislature

2

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

El Problema del Interbloqueo

- Un conjunto de procesos bloqueados, cada uno teniendo recursos y esperando adquirir otro tenido por procesos en el conjunto.
- Ejemplo 1
 - Un sistema tiene 2 cintas.
 - P_1 y P_2 cada uno tiene una cinta y necesita la otra.
- Ejemplo 2
 - semáforos A y B , inicializados a 1.

P_0	P_1
$wait(A);$	$wait(B)$
$wait(B);$	$wait(A)$

3

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Modelo de Sistema

- Tipos de Recursos R_1, R_2, \dots, R_m
ciclos CPU, espacio de memoria, dispositivos E/S
- Cada recurso tipo R_i tiene W_i instancias.
- Cada proceso utiliza un recurso como sigue:
 - requerimiento
 - uso
 - liberalización

4

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Caracterización de Interbloqueos

El Interbloqueo puede alcanzarse si se cumplen las cuatro condiciones simultáneamente.

- Exclusión Mutua**: sólo un proceso a la vez puede usar un recurso.
- Retener y Esperar**: un proceso mantiene al menos un recurso y está esperando adquirir recursos adicionales tenidos por otros procesos.
- No Apropiación**: Un recurso puede ser liberado sólo voluntariamente por el proceso que lo tiene, después que el proceso ha completado su tarea.
- Espera Circular**: existe un conjunto $\{P_0, P_1, \dots, P_n\}$ de procesos esperando tal que P_0 está esperando por un recurso que es retenido por P_1 , P_1 está esperando por un recurso que es retenido por P_2, \dots, P_{n-1} está esperando por un recurso que es retenido por P_n y P_0 está esperando por un recurso que es retenido por P_0 .

5

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Modelado de Interbloqueos

Grafo dirigido: es un par (N,E) donde N es un conjunto no vacío de nodos y E es un conjunto de lados dirigidos. Un lado dirigido es un par (a,b) donde $a,b \in N$.

Camino: Un camino es una secuencia de nodos (a,b,c, \dots, i,j) de un grafo dirigido tales que $(a,b), (b,c), \dots, (i,j)$ son lados dirigidos.

Ciclo: Un ciclo es un camino donde el primer y último nodo son los mismos.

6

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Modelado de Interbloqueos (cont.)

Conjunto alcanzable: el conjunto alcanzable de un nodo a es el conjunto de todos los nodos b tales que existe un camino de a hasta b .

Nudo: Un nodo es un conjunto no vacío K de nodos tales que el conjunto alcanzable de cada nodo en K es exactamente el conjunto K .

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Grafo de Asignación de Recursos

Un conjunto de vértices V y un conjunto de lados E .

- V está particionado en dos tipos:
 - $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, el conjunto consistente de todos los procesos en el sistema.
 - $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, el conjunto consistente de todos los recursos tipo en el sistema.
- lado de requerimiento – lado dirigido $P_i \rightarrow R_j$
- lado de asignación – lado dirigido $R_j \rightarrow P_i$

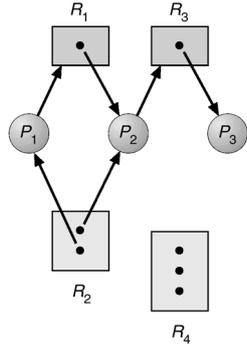
Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Grafo de Asignación de Recursos (Cont.)

- Proceso 
- Recurso tipo con 4 instancias 
- P_i requiere una instancia de R_j 
- P_i mantiene una instancia R_j 

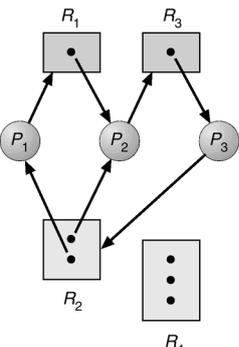
Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Ejemplo: Grafo de Asignación de Recursos



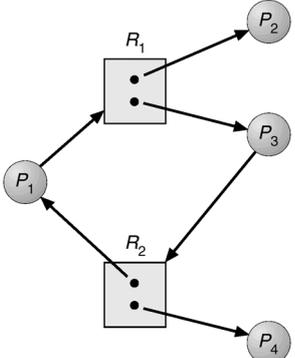
Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Grafo de Asignación de Recursos con Interbloqueo



Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Grafo de Asignación de Recursos con un Ciclo pero sin Interbloqueo



Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Cuestiones Básicas

- Si un grafo no contiene ciclos \Rightarrow no hay interbloqueo.
- Si un grafo contiene un ciclo \Rightarrow
 - Si hay una sola instancia por tipo de recurso, entonces hay interbloqueo.
 - Si hay varias instancias por tipo de recurso, hay posibilidad de interbloqueo.

13

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Métodos para Manejo de Interbloqueos

- Asegure que el sistema no entrará *nunca* en estado de interbloqueo.
- Permitir al sistema entrar en un estado de interbloqueo y luego recuperarse.
- Ignore el problema y pretenda que el interbloqueo nunca ocurrió en el sistema; usado en la mayoría de los sistemas operativos tipo UNIX.

14

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Estrategias para Manejo de Interbloqueos

- Las estrategias utilizadas para atacar el problema de interbloqueos se establecen en tres niveles de acción: antes que suceda, cuando los procesos están corriendo o con hechos consumados.

Estas estrategias son:

- Prevención
- Evasión
- Detección

15

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Prevención de Interbloqueos

Restringir los modos en que se pueden hacer los requerimientos

- Exclusión Mutua – no requerido para recursos compartidos; debe mantenerse para recursos no compartidos.
- Mantener y Esperar – debe garantizar que siempre que un proceso requiera un recursos no mantenga otros.
 - Un proceso debe requerir y alocar todos sus recursos antes que comience su ejecución, o permitir a los procesos requerir recursos solo cuando no tenga ninguno.
 - Baja utilización de recursos; es posible inanición.

16

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Prevención de Interbloqueos (Cont.)

- No Apropiación –
 - Si un proceso que mantiene algunos recursos requiere otro recurso, no le puede ser inmediatamente asignado, entonces todos los recursos mantenidos son liberados.
 - Los recursos apropiados son agregados a la lista de recursos por los cuales el proceso está esperando.
 - El proceso se reiniciará solo cuando pueda reobtener sus viejos recursos, tanto como los nuevos que está requiriendo.
- Espera Circular – impone un orden total de todos los tipos de recursos, y requiere que cada proceso requiera recursos en un orden creciente de enumeración.

17

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Evasión de Interbloqueos

Requiere que el sistema tenga disponible alguna información adicional *a priori*.

- El modelo más simple y útil requiere que cada proceso declare el *máximo número* de recursos de cada tipo que puede necesitar.
- El algoritmo de evasión de interbloqueos dinámicamente examina el estado de asignación de recursos para asegurar que no puede haber una condición de espera circular.
- El *estado* de asignación de recursos está definido por el número de recursos disponibles y alocados, y las máximas demandas de los procesos.

18

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Estado Seguro

- Cuando un proceso requiere un recurso disponible, el algoritmo debe decidir si su asignación inmediata deja al sistema en un estado seguro.
- El sistema está en un estado seguro si existe una secuencia segura de ejecución de todos los procesos.
- La secuencia $\langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle$ es segura si por cada P_i , los recursos que P_i puede aún requerir pueden ser satisfechos por recursos disponibles corrientes mas los recursos mantenidos por todos los P_j , con $j < i$.
 - Si los recursos que P_i necesita no están inmediatamente disponibles, entonces P_i puede esperar hasta que todos los P_j hayan finalizado.
 - Cuando P_j finaliza, P_i obtiene los recursos necesitados, ejecuta, retorna los recursos alocados, y termina.
 - Cuando P_i termina, P_{i+1} puede obtener los recursos que necesita, y así sucesivamente.

19

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Cuestiones Básicas

- Si un sistema está en un estado seguro \Rightarrow no hay interbloqueo.
- Si un sistema está en un estado inseguro \Rightarrow posibilidad de interbloqueo.
- Evasión \Rightarrow asegura que el sistema *nunca* va a entrar en un estado inseguro.

20

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Espacio de estados Seguro, Inseguro e Interbloqueo

21

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Algoritmo del Banquero

- Múltiples instancias.
- Cada proceso debe reclamar a priori el máximo uso.
- Cuando un proceso requiere un recurso puede tener que esperar.
- Cuando un proceso obtiene todos sus recursos debe retornarlos en una cantidad finita de tiempo.

22

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Estructura de Datos del Algoritmo del Banquero

Sea n = número de procesos, y m = número de tipos de recursos.

- **Disponible:** Vector de longitud m . Si disponible $[j] = k$, hay k instancias del tipo de recurso R_j disponible.
- **Max:** matriz $n \times m$. Si $Max[i,j] = k$, entonces el proceso P_i puede requerir a lo sumo k instancias del recurso de tipo R_j .
- **Asignación:** matriz $n \times m$. Si $Asignación[i,j] = k$ entonces P_i tiene alocadas k instancias de R_j .
- **Necesidad:** matriz $n \times m$. Si $Necesidad[i,j] = k$, entonces P_i puede necesitar k instancias mas de R_j para completar su tarea.

$$Necesidad[i,j] = Max[i,j] - Asignación[i,j].$$

23

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Algoritmo

1. Sean **Trab** y **Final** vectores de longitud m y n , respectivamente. Se inicializan:
 - $Trab := Disponible$
 - $Final[i] = falso$ para $i = 1, 3, \dots, n$.
2. Encuentre un i tal que cumplan:
 - (a) $Final[i] = falso$
 - (b) $Necesidad_i \leq Trab$
 Si tal i no existe, vaya al paso 4.
3. $Trab := Trab + Asignación_i$
 $Final[i] := verdadero$
 vaya al paso 2.
4. Si $Final[i] = verdadero$ para todo i , entonces el sistema está en un estado seguro.

24

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Algoritmo de Requerimiento de Recursos para el Proceso P_i

$Request_i$ = vector de requerimiento para el proceso P_i .
 Si $Request_i[j] = k$ entonces el proceso P_i quiere k instancias del tipo de recurso R_j .

1. Si $Request_i \leq Necesidad_i$ vaya al paso 2. Sino condición de error, dado que el proceso ha excedido su máximo.
2. Si $Request_i \leq Disponible$, vaya al paso 3. Sino P_i debe esperar, dado que los recursos no están disponibles.
3. Se simula aloca los recursos requeridos P_i modificando el estado como sigue:
 - $Disponible := Disponible - Request_i$;
 - $Asignación_i := Asignación_i + Request_i$;
 - $Necesidad_i := Necesidad_i - Request_i$;

- Si seguro \Rightarrow los recursos son alocados a P_i .
- Si inseguro $\Rightarrow P_i$ debe esperar, y es restaurado el viejo estado de asignación de recursos

25

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Detección de Interbloqueos

- Permite al sistema entrar en estado de interbloqueo
- Algoritmo de Detección
- Esquema de Recuperación

26

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Instancia Simple de Cada Tipo de Recurso

- Se mantiene un grafo *wait-for*
 - Los nodos son procesos.
 - $P_i \rightarrow P_j$ si P_i está esperando por P_j .
- Periódicamente se invoca un algoritmo que busca por ciclos en el grafo.
- Un algoritmo para detectar un ciclo en un grafo requiere un orden de n^2 operaciones, donde n es el número de vértices en el grafo.

27

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Grafo de Asignación de Recursos y Grafo Wait-for

(a) Grafo de asignación de recursos

(b) Grafo wait-for correspondiente

28

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Varias Instancias de un Tipo de Recurso

- **Disponible:** Vector de longitud m indica el número de recursos disponibles de cada tipo.
- **Asignación:** Una matriz de $n \times m$ que define el número recursos de cada tipo corrientemente alocados por cada proceso.
- **Request:** Una matriz de $n \times m$ matrix que indica el requerimiento corriente de cada proceso. Si $Request[i][j] = k$, entonces el proceso P_i está requiriendo k instancias mas del recurso de tipo R_j .

29

Sistemas Operativos y Distribuidos - Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Algoritmo de Detección

1. Sean *Trab* y *Final* vectores de longitud m y n , respectivamente inicializados:
 - (a) $Trab = Disponible$
 - (b) Para $i = 1, 2, \dots, n$, si $Asignación_i \neq 0$, entonces $Final[i] := falso$; sino $Final[i] := verdadero$.
2. Encuentre un índice i tal que:
 - (a) $Final[i] = falso$
 - (b) $Request_i \leq Trab$
 Si no existe tal i , vaya al paso 4.
3. $Trab := Trab + Asignación_i$, $Final[i] := verdadero$ vaya al paso 2.
4. Si $Final[i] = falso$, para algún $i, 1 \leq i \leq n$, entonces el sistema está en un estado de interbloqueo. Es mas, si $Final[i] = falso$, entonces P_i está interbloqueado.

30

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Uso del Algoritmo de Detección

- Cuándo y qué tan frecuentemente debe invocarse depende de:
 - ¿Qué tan *frecuentemente* es probable que ocurra un interbloqueo?
 - ¿*Cuántos* procesos serán afectados cuando ocurra un interbloqueo?
- Si el algoritmo de detección es invocado arbitrariamente, puede haber muchos ciclos en el grafo de recursos y no se puede decir cual de los muchos procesos interbloqueados **causó** el interbloqueo.

31

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Recuperación de Interbloques: Terminación de Procesos

- Aborto de todos los procesos interbloqueados.
- Aborto de un proceso a la vez hasta que el ciclo de interbloqueo haya sido eliminado.
- ¿En qué orden se elige abortar?
 - Prioridad del proceso.
 - Cuánto tiempo ha computado el proceso, y cuánto falta para completar.
 - Recursos que el proceso ha usado.
 - Recursos que el proceso necesita para completar.
 - Cuántos procesos necesitarán ser terminados.
 - ¿Es el proceso interactivo o batch?

32

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz

Recuperación de Interbloques: Apropiación de Recursos

- Selección de una víctima – minimiza costos.
- Rollback – retorna a algún estado seguro, reinicia el proceso desde ese estado.
- Inanición – algunos procesos pueden ser elegidos siempre como víctimas, incluir un número de rollbacks en el factor de costo.

33

Sistemas Operativos y Distribuidos – Deadlocks Prof. Javier Echaiz



Coming Next

34