



UD 4. Interbloquejos



Concurrència i Sistemes Distribuïts



Objectius de la Unitat Didàctica

- ▶ Comprendre els problemes que es poden produir amb l'ús incorrecte dels mecanismes de sincronització.
 - ▶ Analitzar les situacions d'interbloqueig.

- ▶ Conèixer les tècniques de gestió d'interbloquejos:
 - ▶ Prevenció
 - ▶ Evitació
 - ▶ Detecció i recuperació
 - ▶ No actuació (ignorar el problema)



- ▶ Concepte
- ▶ Condicions de Coffman
- ▶ Exemples d'interbloqueig
- ▶ Representació gràfica: GAR
- ▶ Solucions
- ▶ Estratègies de prevenció
- ▶ Exemples de solució



- ▶ **Recurs:** qualsevol element físic o lògic que sol·licita un fil (impresora, semàfor...)
- ▶ Un recurs pot tenir diverses **instàncies**
 - ▶ són equivalents per al fil
 - ▶ ex.- demanem una impresora i ens serveix qualsevol d'elles
- ▶ Un fil A espera un altre fil B quan
 - ▶ sol·licita un recurs usat per B
 - ▶ i aquest recurs no es pot compartir (no poden usar-lo tots dos alhora)



Conceptes

- ▶ Els fils usen recursos amb el següent protocol:
 - ▶ **Petició:** Si no està disponible, el fil se suspèn fins que ho estiga.
 - ▶ **Ús** del recurs.
 - ▶ **Alliberament.**
- ▶ **Interbloqueig:** existeix un conjunt de fils que no poden evolucionar perquè s'esperen mútuament.



- ▶ Concepte
- ▶ Condicions de Coffman
- ▶ Exemples d'interbloqueig
- ▶ Representació gràfica: GAR
- ▶ Solucions
- ▶ Estratègies de prevenció
- ▶ Exemples de solució



Condicions de Coffman

▶ **Condicions de Coffman:**

▶ **Exclusió mútua**

- ▶ Mentre un recurs està assignat a un fil, uns altres no poden usar-lo.

▶ **Retenció i espera**

- ▶ Els recursos se sol·liciten a mesura que es necessiten, de manera que podem tenir un recurs assignat i sol·licitar un altre no disponible (espera).

▶ **No expulsió**

- ▶ Un recurs assignat només el pot alliberar el seu propietari (no es pot expropiar).

▶ **Espera circular**

- ▶ En el grup de fils interbloquejats, cadascun està esperant un recurs que manté un altre del grup, i així successivament fins a tancar el cercle.

- ▶ Si totes es compleixen simultàniament, **risc d'interbloqueig**.

- ▶ En cas d'interbloqueig, es compleixen totes.

- ▶ Són condicions necessàries però no suficients.



Exemples

▶ **Formigues**

- ▶ Les formigues A i B ocupen cel·les veïnes.
- ▶ A vol desplaçar-se on està B (ha d'esperar), i B on està A (ha d'esperar).

▶ Condicions de Coffman

- ▶ **Exclusió mútua.**- les cel·les no es comparteixen.
- ▶ **Retenció i espera.**- cadascuna utilitza una cel·la i espera que quede lliure la cel·la de destinació.
- ▶ **No expulsió.**- una formiga no pot empentar a una altra fora de la seua cel·la.
- ▶ **Espera circular.**- A espera B, i B espera A.



Exemples

▶ 5 Filòsofs

- ▶ Arriben tots a la taula alhora
 - ▶ Tots tenen temps d'agafar la seua forqueta dreta.
 - ▶ Quan van a agafar l'esquerra, tots han d'esperar.

▶ Condicions de Coffman

- ▶ **Exclusió mútua.**- Una forqueta no es pot usar simultàniament per part de 2 filòsofs.
- ▶ **Retenció i espera.**- Usen (retenen) la forqueta de la dreta, i esperen la de l'esquerra.
- ▶ **No expulsió.**- No es pot furtar la forqueta del veí quan l'està usant.
- ▶ **Espera circular.**- Cadascun del grup espera el veí, fins a tancar el cercle.



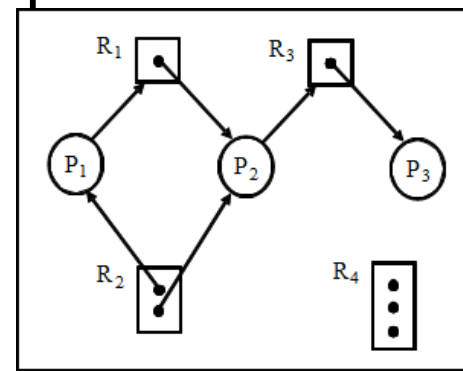
Exemples

- ▶ **Transferències entre comptes bancaris**
 - ▶ Durant l'execució concurrent de transferència(a,b) i transferència(b,a), ambdues poden reservar el compte origen abans que cap reserve el compte de destinació.
- ▶ **Condicions de Coffman**
 - ▶ **Exclusió mútua.-** Cada compte ha de reservar-se abans del seu ús.
 - ▶ **Retenció i espera.-** Cada fil té un compte reservat, i demana reservar l'altre.
 - ▶ **No expulsió.-** No podem apropiarnos d'un compte reservat per un altre fil.
 - ▶ **Espera circular.-** Cada fil espera l'altre.



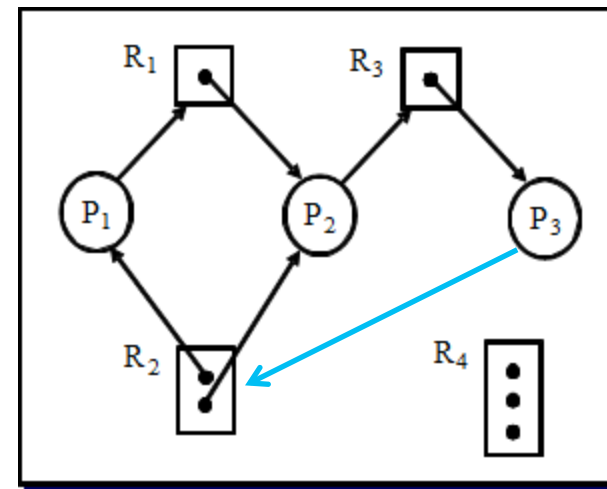
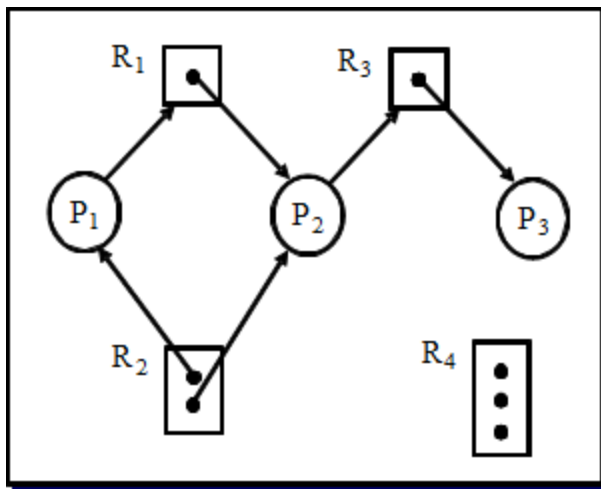
- ▶ Concepte
- ▶ Condicions de Coffman
- ▶ Exemples d'interbloqueig
- ▶ Representació gràfica: GAR
- ▶ Solucions
- ▶ Estratègies de prevenció
- ▶ Exemples de solució

- ▶ **GAR = graf d'assignació de recursos** (representació gràfica de l'estat del sistema).

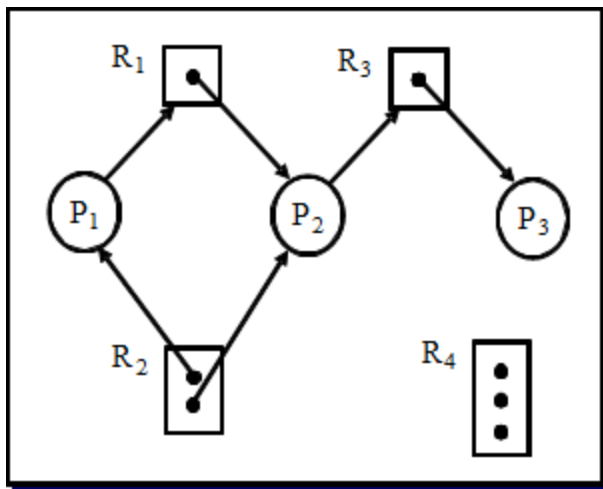


- ▶ Un **cercle** representa un fil (o procés).
- ▶ Un **rectangle** representa el recurs (i conté tants punts interns com a instàncies té el recurs).
- ▶ Aresta d'assignació: un **recurs assignat** és una fletxa des d'una instància concreta al fil que la utilitza.
- ▶ Aresta de petició: una **sol·licitud no resolta** (no hi ha instàncies lliures del recurs, per la qual cosa el fil ha d'esperar) és una fletxa que va des del fil al recurs (i no a una instància concreta).

- ▶ En la figura esquerra:
 - ▶ Fils P1, P2 i P3.
 - ▶ Recursos R1, R2, R3, R4 (amb 1, 2, 1 i 3 instàncies respectivament).
 - ▶ La instància d'R1 està assignada a P2, la d'R3 a P3, i les d'R2 a P1 i P2 (una instància a cadascun).
 - ▶ P1 està esperant una instància d'R1, i P2 una instància d'R3.
- ▶ Si P3 sol·licita R2 (fletxa blava), arribem a la figura dreta.

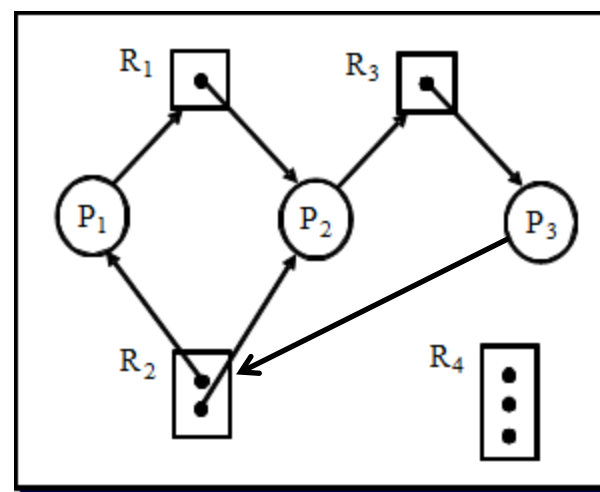
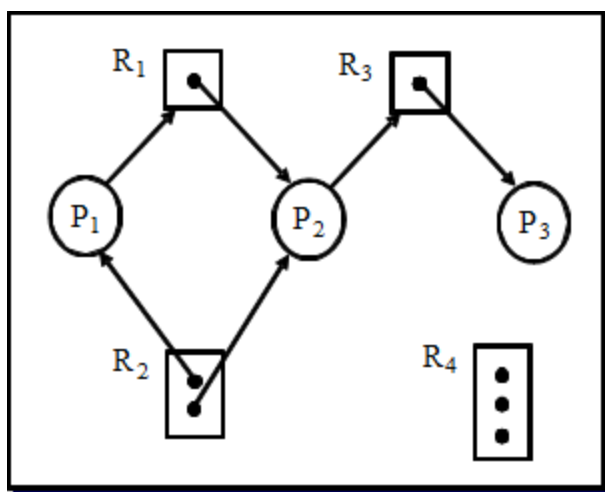


- ▶ Un **cicle dirigit** en el GAR implica *risc d'interbloqueig*.
 - ▶ Si tots els recursos que participen en el cicle tenen una única instància i el cicle està dirigit, aleshores hi ha un interbloqueig.
- ▶ Si existeix un interbloqueig, segur que hi ha un cicle dirigit en el GAR.
- ▶ La figura presenta el camí P1,R1,P2,R3,P3. No hi ha cicles, per la qual cosa no hi ha interbloqueig.

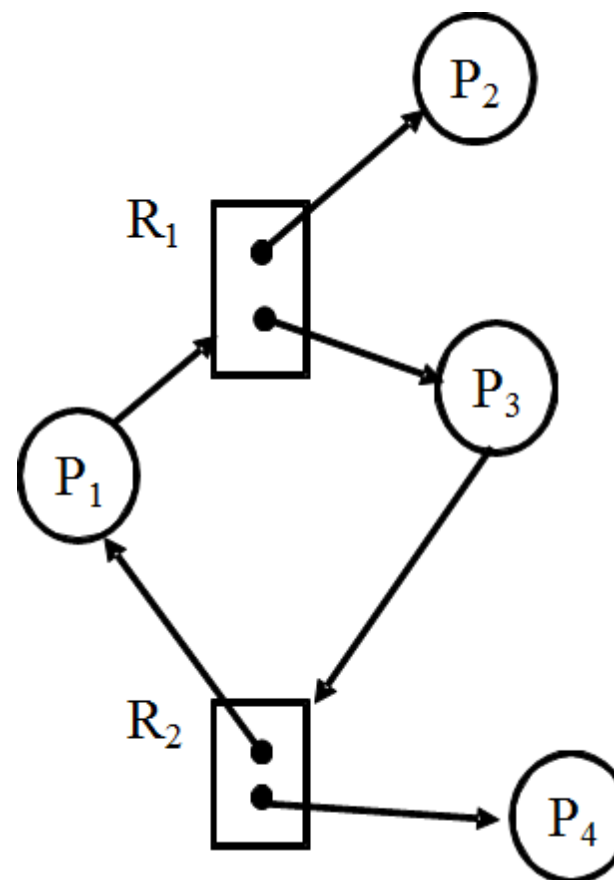


Representació Gràfica: GAR

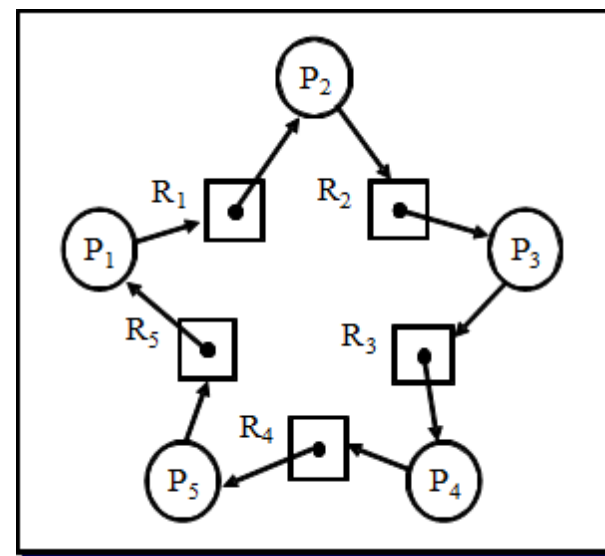
- ▶ La figura dreta presenta el cicle $P_1, R_1, P_2, R_3, P_3, R_2, P_1$.
- ▶ R_2 posseeix més d'una instància: hi ha **risc** (no certesa) d'interbloqueig.
- ▶ Si trobem un ordre en què puguem acabar tots els fils (**seqüència segura**), significa que no hi ha interbloqueig.
- ▶ En aquest exemple no existeix una seqüència segura, perquè els tres fils estan esperant. Per tant, **hi ha interbloqueig**.



- ▶ Apareix el cicle P_1, R_1, P_3, R_2, P_1 .
- ▶ R_1 i R_2 tenen més d'una instància: *risc d'interbloqueig*.
- ▶ Trobem la seqüència segura P_2, P_1, P_3, P_4 (n'hi ha d'altres).
 - ▶ **NO** hi ha interbloqueig.



- ▶ GAR per a l'exemple dels 5 Filòsofs.
- ▶ Hi ha un cicle i tots els recursos posseeixen una única instància:
 - ▶ Hi ha interbloqueig.
- ▶ Pregunta:
 - ▶ Per què representem cada forqueta com un recurs amb una única instància en lloc d'utilitzar un únic recurs forqueta amb 5 instàncies?





- ▶ Concepte
- ▶ Condicions de Coffman
- ▶ Exemples d'interbloqueig
- ▶ Representació gràfica: GAR
- ▶ Solucions
- ▶ Estratègies de prevenció
- ▶ Exemples de solució



▶ De millor a pitjor:

1. Prevenció

- ▶ Dissenyar un sistema que trenque alguna condició de Coffman.
- ▶ L'interbloqueig NO és possible.

2. Evitació

- ▶ El sistema, usant un GAR, considera cada sol·licitud i decideix si és segur atendre-la en aquest moment.
- ▶ Si una sol·licitud crea un cicle (risc d'interbloqueig), denega la sol·licitud (*algorisme del banquer*).
- ▶ No pot arribar a interbloqueig, però necessita comprovar cada sol·licitud.



▶ De millor a pitjor (cont.):

3. Detecció i recuperació

- ▶ Monitoriza periòdicament el sistema (detecció).
- ▶ Si hem arribat a una situació d'interbloqueig, avorta alguna de les activitats involucrades (procés de recuperació).

4. Ignorar el problema

- ▶ No resol res, però és una postura còmoda i freqüent.
- ▶ Molts sistemes operatius utilitzen aquesta solució, com Unix i Windows.



- ▶ Concepte
- ▶ Condicions de Coffman
- ▶ Exemples d'interbloqueig
- ▶ Representació gràfica: GAR
- ▶ Solucions
- ▶ Estratègies de prevenció
- ▶ Exemples de solució



Prevenió

- ▶ La prevenió implica que es trenque alguna de les *condicions de Coffman*.
- ▶ **Exclusió mútua**
 - ▶ Depèn del sistema, però en molts casos la major part de recursos han d'usar-se en exclusió mútua per definició (recursos no compartibles).
- ▶ **Retenció i espera**
 - ▶ La forma normal de treballar és sol·licitar recursos a mesura que els necessitem, la qual cosa condueix a retenció i espera.
 - ▶ **Solució 1.-** Demanar des del principi tot el que podem arribar a necessitar.
 - ▶ **Solució 2.-** Sol·licitar recursos de forma no bloquejant.
 - ▶ Si el recurs està en ús, el fil no es bloqueja, sinó que rep un valor que indica aquesta situació
 - ▶ Si un fil no pot obtenir tots els recursos que necessita, allibera aquells que ha retingut.



- ▶ **Retenció i espera (cont.):**
 - ▶ **Ambdues solucions...**
 - ▶ ...redueixen dràsticament la concurrència.
 - molts fils han d'esperar, o bé cal reintentar repetidament les reserves.
 - ▶ ...suposen una baixa utilització dels recursos.
 - ▶ Poden provocar inanició dels fils que necessiten molts recursos sol·licitats amb freqüència per altres fils.



▶ No expulsió

- ▶ Permetem que un fil expropie recursos d'un altre.
- ▶ El fil expropiat hauria de tornar a sol·licitar recursos (major cost).
- ▶ Podríem tenir a diversos fils que no avancen perquè s'estan expropiant mútuament recursos i ningú arriba a tenir tot el conjunt que necessita (*livelock*).

▶ Espera circular

- ▶ Establim un ordre total entre els recursos, i obliguem a sol·licitar els recursos en ordre.
- ▶ Sol ser la condició més fàcil de trencar.



Solució als exemples

- ▶ Solucions al problema dels **5 filòsofs** (*prevenció d'interbloquejos*)
 - ▶ **Asimetria: trenca “espera circular”**
 - ▶ Tots igual excepte l'últim (tots agafen primer la forqueta dreta i després l'esquerra, excepte l'últim, que utilitza l'ordre contrari).
 - ▶ Parells i imparells (els parells agafen primer la forqueta dreta i després l'esquerra, i els imparells just en ordre contrari).
 - ▶ **Cada filòsof agafa ambdues forquetes alhora, o cap.**
 - ▶ Trenca “retenir i esperar”.
 - ▶ **Menjador** (màxim 4 filòsofs asseguts simultàniament a la taula):
 - ▶ Trenca “retenir i esperar” (almenys un filòsof disposa d'ambdues forquetes) i “espera circular”.



Solució als exemples

- ▶ Solució a la **transferència entre comptes**
 - ▶ Existeix un ordre total en els comptes (numerats 0..N).
 - ▶ Modifiquem el codi de les transferències.
 - ▶ Es reserva primer el compte de menor índex, i posteriorment el de major índex.
 - ▶ Es trenca l'*espera circular* (prevenció).



Resultats d'aprenentatge de la Unitat Didàctica

- ▶ En finalitzar aquesta unitat, l'alumne ha de ser capaç de:
 - ▶ Identificar els problemes que pot originar un ús incorrecte dels mecanismes de sincronització.
 - ▶ En concret, s'identificarà el problema d'interbloqueig.
 - ▶ Caracteritzar les situacions d'interbloqueig.
 - ▶ Identificar les tècniques de gestió d'interbloquejos.
 - ▶ Descriure exemples de solució d'estratègies de prevenció d'interbloquejos.