Gestione delle Risorse

Risorse

- Un sistema di elaborazione e' composto da un insieme di risorse da assegnare ai processi presenti
- I processi competono nell'accesso alle risorse
- Esempi di risorse
  - memoria
  - stampanti
  - processore
  - dischi
  - interfaccia di rete
  - descrittori di processo

Classi di Risorse

- Le risorse possono essere suddivise in *classi*

  Esempi: byte della memoria, stampanti dello stesso tipo, etc.
- Le risorse di una classe vengono dette *istanze* della classe
- Il numero di risorse in una classe viene detto *molteplicita'* del tipo di risorsa
- Un processo non puo' richiedere una specifica risorsa, ma solo una risorsa di una specifica classe
- Una richiesta per una classe di risorse puo' essere soddisfatta da qualsiasi istanza di quel tipo

Assegnazione delle Risorse

- Risorse ad *assegnazione statica*
  - Avviene al momento della creazione del processo e rimane valida fino alla terminazione
  - Esempi: descrittori di processi, aree di memoria (in alcuni casi)
- Risorse ad *assegnazione dinamica*
  - i processi richiedono le risorse durante la loro esistenza
  - le utilizzano una volta ottenute
  - le rilasciano quando non piu' necessarie (eventualmente alla terminazione del processo
- Esempi: periferiche di I/O, aree di memoria (in alcuni casi)

Tipi di richieste

- Richiesta *singola*:
  - si riferisce a una singola risorsa di una classe definita
  - e' il caso normale
- Richiesta *multipla*:
  - si riferisce a una o piu' classi, e per ogni classe, ad una o piu' risorse e deve essere soddisfatta integralmente

- Richiesta *bloccante*:
  - il processo richiedente si sospende se non ottiene immediatamente l'assegnazione
  - la richiesta rimane pendente e viene riconsiderata dalla funzione di gestione ad ogni rilascio
- Richiesta *non bloccante*
  - la mancata assegnazione viene notificata al processo richiedente, senza provocare la sospensione

Tipi di Risorse

- Risorse *seriali* (o con accesso mutuamente esclusivo):
  - una singola risorsa non puo' essere assegnata a piu' processi contemporaneamente
  - Esempi: i processori, le sezioni critiche, le stampanti
- Risorse *non seriali*
  - Esempio: file di sola lettura

Risorse prerilasciabili (preemptable)

- Una risorsa si dice *prerilasciabile* se la funzione di gestione puo' sottrarla ad un processo prima che questo l'abbia effettivamente rilasciata
- Meccanismo di gestione:
  - il processo che subisce il prerilascio deve sospendersi
  - la risorsa prerilasciata sara' successivamente restituita al processo
- Una risorsa e' prerilasciabile:
  - se il suo stato non si modifica durante l'utilizzo
  - oppure il suo stato puo' essere facilmente salvato e ripristinato
- Esempi: processore, blocchi o partizioni di memoria (nel caso di assegnazione dinamica)

Risorse non prerilasciabili

- Una risorsa *e' non prerilasciabile* se la funzione di gestione non puo' sottrarla al processo al quale e' assegnata
- Sono non prerilasciabili le risorse il cui stato non puo' essere salvato e ripristinato
- Esempi: stampanti, classi di sezioni critiche, partizioni di memoria (nel caso di gestione statica)

Il problema dello Stallo (Deadlock)

- Definizione di deadlock:

  Un insieme di processi si trova in deadlock (stallo) se ogni processo dell'insieme è in attesa di un evento che solo un altro processo dell'insieme può provocare.

- Tipicamente, l'evento atteso è proprio il rilascio di risorse non prerilasciabili.
- Il numero dei processi e il genere delle risorse e delle richieste non è influente.

Come affrontare il Deadlock

- Le situazioni di deadlock (stallo) impediscono ai processi di terminare correttamente
- le risorse bloccate in deadlock non possono essere utilizzate da altri processi

Un Possibile Protocollo per Uso di Risorse

- Passi per la richiesta e l'uso di una risorsa:
  1. Richiedere la risorsa
  2. Usare la risorsa
  3. Rilasciare la risorsa
- Se al momento della richiesta la risorsa non è disponibile, ci sono diverse alternative (attesa, attesa limitata, fallimento,. . .)

Allocazione delle risorse

- Possiamo pensare di usare i semafori per sincronizzare i processi che accedono alle risorse
- Se ogni processo usa varie risorse potremmo usare più mutex, uno per ogni risorsa.
- Ma come usare correttamente i mutex?

Allocazione di più risorse: Esempio con mutex

```
typedef int semaphore;
    semaphore resource_1;
    semaphore resource_2;

    void process_A(void) {
        down(&resource_1);
        down(&resource_2);
        use_both_resources( );
        up(&resource_2);
        up(&resource_1);
    }

    void process_B(void) {
        down(&resource_1);
        down(&resource_2);
        use_both_resources( );
        up(&resource_2);
        up(&resource_1);
    }
```

(a)

```
    semaphore resource_1;
    semaphore resource_2;

    void process_A(void) {
        down(&resource_1);
        down(&resource_2);
        use_both_resources( );
        up(&resource_2);
        up(&resource_1);
    }

    void process_B(void) {
        down(&resource_2);
        down(&resource_1);
        use_both_resources( );
        up(&resource_1);
        up(&resource_2);
    }
```

(b)

Allocazione di più risorse (cont.)

- La soluzione (a) è sicura: non può portare a deadlock
- La soluzione (b) non è sicura: può portare a deadlock
- Questo tipo di soluzione richiede l'accesso e la modifica del codice dei programmi che accedono alle risorse

Ulteriori Problemi

- I programmi che accedono alle risorse potrebbero appartenere a diversi utenti
- Con decine, centinaia di risorse (come quelle che deve gestire il kernel stesso), determinare se una sequenza di allocazioni è sicura non è semplice
- Sono necessari dei metodi per
  - **prevenire**
  - **riconoscere**
  - e **risolvere**
- possibili situazioni di deadlock

Condizioni necessarie per il deadlock

Un deadlock puo' verificarsi *solo se* le seguenti quattro condizioni sono vere

1. **Mutua esclusione:** Le risorse coinvolte devono essere seriali
2. **Assenza di prerilascio:** Le risorse non sono prerilasciabili
3. **Hold&Wait:** le richieste devono essere bloccanti e un processo che ha richiesto ed ottenuto delle risorse puo' chiederne altre
4. **Attesa circolare** Esiste un sottoinsieme di processi $\{P_0,\ P_1,\ ...,\ P_n\}$ tali che P_i è in attesa di una risorsa che è assegnata a $P_{i+1 \bmod n}$

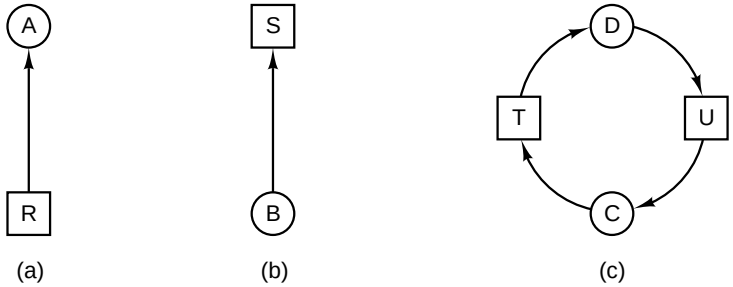
Le condizioni 1-4 sono necessarie: se anche solo una di queste condizioni manca, il deadlock NON può verificarsi

Grafo di allocazione risorse

Le quattro condizioni si modellano con un grafo orientato, detto *grafo di allocazione delle risorse*: Un insieme di vertici V e un insieme di archi E

- V è partizionato in due classi:
  - $P = \{P_1, P_2, \ldots, P_n\}$, l'insieme di tutti i processi del sistema.
  - $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$, l'insieme di tutte le risorse del sistema.
- *archi di richiesta*: archi orientati $P_i \longrightarrow R_j$
- *archi di assegnamento (acquisizione)*: archi orientati $R_j \longrightarrow P_i$

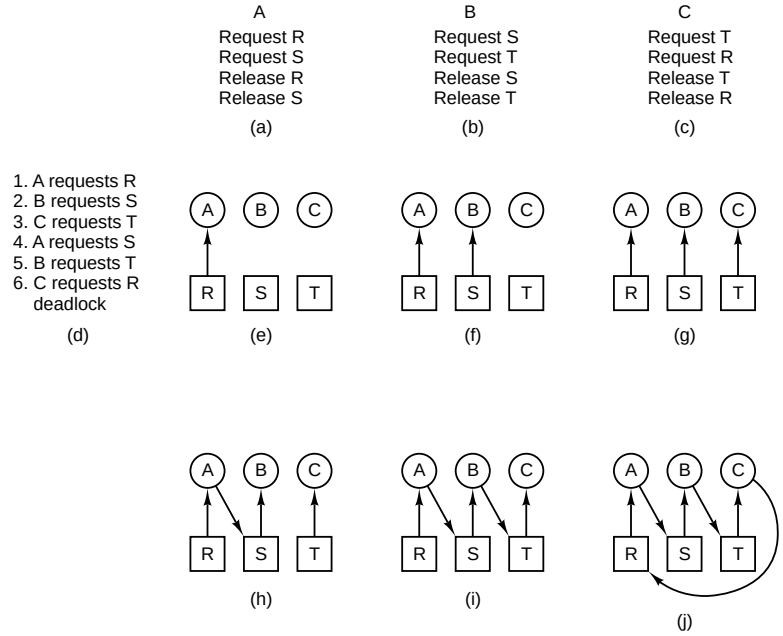
Uno *stallo* è un ciclo nel grafo di allocazione risorse.



(a) (b) (c)

(a) aquisizione di una risorsa R da parte del processo A
(b) richiesta di S da parte di B
(c) situazione di stallo

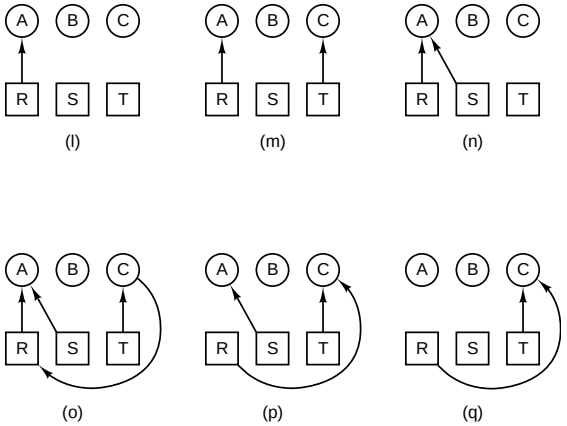
Grafo di allocazione risorse (cont.)



Grafo di allocazione risorse (cont.)

1. A requests R
2. C requests T
3. A requests S
4. C requests R
5. A releases R
6. A releases S

no deadlock

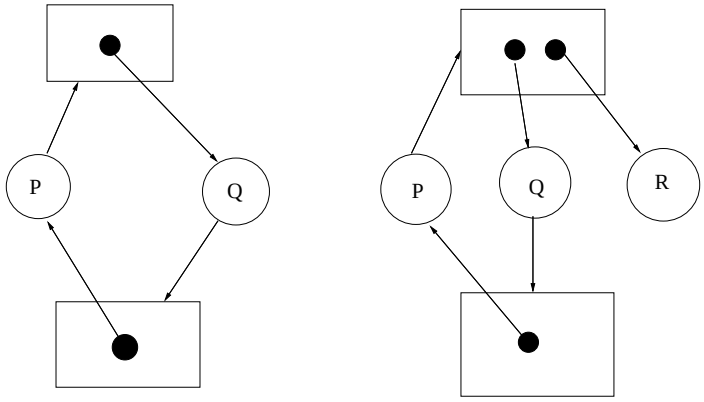


Nota: manca l'arco $T \rightarrow C$ in (n) - fig. dal libro di Tanenbaum -

Principali fatti

- Se il grafo non contiene cicli $\Rightarrow$ nessun deadlock.
- Se il grafo contiene un ciclo $\Rightarrow$
  - se c'è solo una istanza per tipo di risorsa, allora deadlock
  - se ci sono più istanze per tipo di risorsa, allora c'è la possibilità di deadlock

Controesempio condizione sufficiente



DEADLOCK
P e Q sono bloccati
(non possono utilizzare/rilasciare risorse)

NO DEADLOCK
Quando R rilascia la risorsa
P si sblocca....

Uso dei grafi di allocazione risorse

I grafi di allocazione risorse sono uno strumento per verificare se una sequenza di allocazione porta ad un deadlock.

- Il sistema operativo ha a disposizione molte sequenze di scheduling dei processi
- per ogni sequenza, può "simulare" la successione di allocazione sul grafo
- e scegliere una successione che non porta al deadlock.

Il FCFS è una politica "safe", ma insoddisfacente per altri motivi.

Il round-robin in generale non è safe.

Gestione dei Deadlock

- Ignorare il problema, fingendo che non esista (Molto usato).
- Permettere che il sistema entri in un deadlock, riconoscerlo e quindi risolverlo.
- Cercare di evitare dinamicamente le situazioni di stallo, con una accorta gestione delle risorse.
- Assicurare che il sistema non possa **mai** entrare in uno stato di deadlock, negando una delle quattro condizioni necessarie.

I Approccio: Ignorare il problema

- Assicurare l'assenza di deadlock impone costi (in prestazioni, funzionalità) molto alti.
- Costi necessari per alcuni, ma insopportabili per altri.
- Si considera il rapporto costo/benefici: se la probabilità che accada un deadlock è sufficientemente bassa, non giustifica il costo per evitarlo
- Esempi: `fork` in Unix, la rete Ethernet, . . .
- Approccio adottato dalla maggior parte dei sistemi (Unix e Windows compresi): ignorare il problema.
  - L'utente preferisce qualche stallo occasionale (da risolvere "a mano"), piuttosto che eccessive restrizioni.

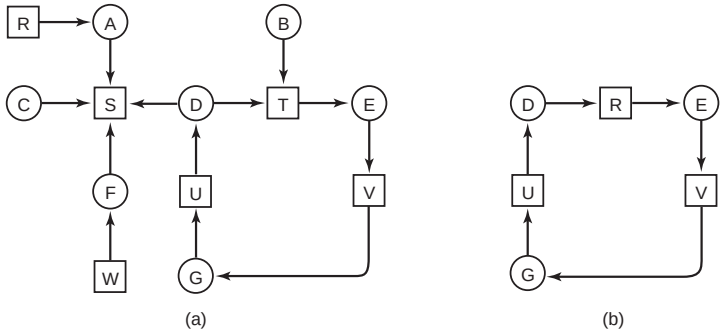
II Approccio: Identificazione e Risoluzione del Deadlock

- Lasciare che il sistema entri in un deadlock
- Riconoscere l'esistenza del deadlock con opportuni algoritmi di identificazione
- Avere una politica di risoluzione (recovery) del deadlock

Algoritmo di identificazione: una risorsa per classe

- Esiste una sola istanza per ogni classe
- Si mantiene un grafo di allocazione delle risorse aggiornato, registrando tutte le asegnazioni e le richieste di risorse
- Si usa un algoritmo di ricerca di cicli per grafi orientati
- Ad esempio: visita depth-first del grafo con complessita' nel caso peggiore $O(n^2)$ dove n=numero nodi

Esempio:



(a) Situazione di stallo
(b) Ciclo contenuto in (a)

Più risorse per classe

- Abbiamo visto che se una classe puo' avere piu' istanze l'esistenza di un ciclo nel grafo di allocazione non garantisce l'esistenza di un deadlock
- Date m classi di risorse e n processi, si puo' utilizzare un algoritmo che lavora su:
  - $Esistenti$: il vettore che identifica le **risorse esistenti** per ogni classe
  - $Disponibili$: il vettore che identifica le **risorse disponibili** per ogni classe
  - $Assegnate$: la matrice $n \times m$ di **allocazione corrente** di ogni processo.
    $Assegnate_i$ (i-esima riga di $Assegnate$) indica le risorse allocate a P_i
  - $Richieste$: la matrice $n \times m$ delle **richieste** di ogni processo.
    $Richieste_i$ (i-esima riga di $Richieste$) indica le risorse richieste da P_i
- Invariante: $\sum_{i=1}^{n} Assegnate_{ij} + Disponibili_j = Esistenti_j$ per $j \geq 0$

Operazioni sui vettori

Dati due vettori $V = (V_1, \ldots, V_m)$ e $W = (W_1, \ldots, W_m)$ definiamo

- $V \leq W$ sse $V_i \leq W_i$ per $i : 1, \ldots, m$
  Ad es. $(1,0,4) \leq (2,1,6)$ ma $(1,0,4) \not\leq (0,1,6)$
- $V \oplus W = (V_1 + W_1, \ldots, V_m + W_m)$
  $(1,0,4) \oplus (2,1,6) = (3,2,10)$
- $V \ominus W = (V_1 - W_1, \ldots, V_m - W_m)$
  $(6,1,4) \ominus (2,1,3) = (4,0,1)$
- (Nota: useremo $\ominus$ per l'algoritmo del banchiere tra qualche lucido)

Algoritmo di identificazione - Idea

- L'algoritmo funziona nel seguente modo:
  - si marcano (attraverso un array $Fine$) i processi che possono terminare la loro sequenza di richieste di risorse, cioe' tali che il vettore di richieste e' minore del vettore di risorse disponibili
  - le risorse dei processi marcati vengono aggiunte al vettore di risorse disponibili (il processo le rilascia)
  - se alla fine ci sono processi non marcati allora essi sono in stallo

Algoritmo di identificazione - Pseudo codice

1. Per ogni $i = 1, \ldots, n$ $Fine[i] := false$ se $Assegnate_i \neq (0, \ldots, 0)$ altrimenti $Fine[i] := true$;
2. Cerca un i tale che $Fine[i] = false$ e $Richieste_i \leq Disponibili$
3. Se esiste tale i:
   - $Disponibili = Disponibili \oplus Assegnate_i$
   - $Fine[i] = true$
   - Vai a 2.
4. Altrimenti, se esiste i tale che $Fine[i] = false$, allora P_i è in stallo.

Nota: il risultato non dipende dall'ordine con il quale si marcano i processi

Uso degli algoritmi di identificazione

- Gli algoritmi di identificazione dei deadlock sono costosi
- Quando e quanto invocare l'algoritmo di identificazione? Dipende:
  - Quanto frequentemente può occorrere un deadlock?
  - Quanti processi andremo a "sanare" (almeno uno per ogni ciclo disgiunto)
- Diverse possibilità:
  - Ad ogni richiesta di risorse: riduce il numero di processi da bloccare, ma è molto costoso
  - Ogni k minuti, o quando l'uso della CPU scende sotto una certa soglia: il numero di processi in deadlock può essere alto, e non si può sapere chi ha causato il deadlock

Risoluzione dei deadlock: Prerilascio

- In alcuni casi è possibile togliere una risorsa allocata ad uno dei processi in deadlock, per permettere agli altri di continuare
  - Cercare di scegliere la risorsa più facilmente "interrompibile" (cioè restituibile successivamente al processo, senza dover ricominciare daccapo)
  - Intervento manuale (sospensione/continuazione della stampa)
- Raramente praticabile

Risoluzione dei deadlock: Rollback

- Inserire nei programmi dei *check-point*, in cui *tutto* lo stato dei processi (memoria, dispositivi e risorse comprese) vengono salvati (accumulati) su un file.
- Quando si scopre un deadlock, si conoscono le risorse e i processi coinvolti
- Uno o più processi coinvolti vengono riportati ad uno dei checkpoint salvati, con conseguente rilascio delle risorse allocate da allora in poi (*rollback*)
- Gli altri processi possono continuare
- Il lavoro svolto dopo quel checkpoint è perso e deve essere rifatto.
  - Cercare di scegliere i processi meno distanti dal checkpoint utile.
- Non sempre praticabile. Esempio: ingorgo traffico.

Risoluzione dei deadlock: Terminazione

- Terminare uno (o tutti, per non far torto a nessuno) i processi in stallo
- Equivale a un rollback iniziale.
- Se ne terminiamo uno alla volta, in che ordine?
  - Nel ciclo o fuori dal ciclo?
  - Priorità dei processi
  - Tempo di CPU consumata dal processo, e quanto manca per il completamento
  - Risorse usate dal processo, o ancora richieste per completare
  - Quanti processi si deve terminare per sbloccare lo stallo
  - Prima i processi batch o interattivi?
  - Si può ricominciare daccapo senza problemi?

Terzo approccio: Evitare dinamicamente i deadlock

Domanda: è possibile decidere al volo se assegnare una risorsa, evitando di cadere in un deadlock?

Risposta: sì, a patto di conoscere *a priori* alcune informazioni aggiuntive.

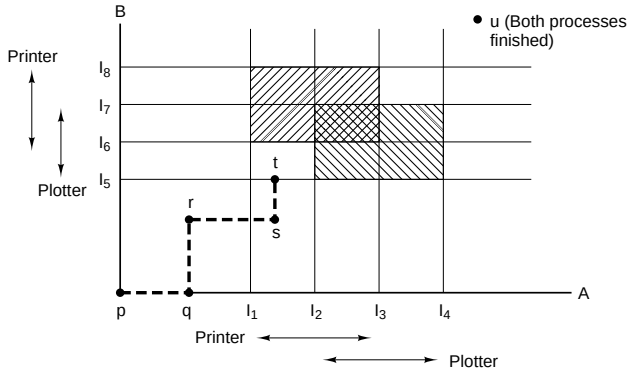
- Il modello più semplice ed utile richiede che ogni processo dichiari *fin dall'inizio* il numero *massimo* di risorse di ogni tipo di cui avrà bisogno nel corso della computazione.
- L'algorito di deadlock-avoidance esamina dinamicamente lo stato di allocazione delle risorse per assicurare che non ci siano mai code circolari.
- Lo *stato* di allocazione delle risorse è definito dal numero di risorse allocate, disponibili e dalle richieste massime dei processi.

Esempio

- Supponiamo di dover gestire due risorse, stampante e plotter, per due processi, A e B;
  Siano $I_1, I_2, \ldots, I_4$ le istruzioni di A e $I_5, \ldots, I_8$ le istruzioni di B
- Il processo A
  - richiede la stampante nell' istruzione I_1 e la rilascia in I_3
  - richiede il plotter nell' istruzione I_2 e la rilascia in I_4
- Il processo B
  - richiede il plotter nell' istruzione I_5 e la rilascia in I_7
  - richiede la stampante nell' istruzione I_6 e la rilascia in I_8

Traiettorie di risorse

Vediamo in un diagramma una possibile esecuzione di A (linee orizzontali) e B (verticali)



Il S.O. deve portare A e B dal punto t al punto u senza incorrerre nello stallo

Considerazioni sul diagramma

- Vi sono 4 regioni: regioni sicure (senza tratteggio), regioni tratteggiate in cui il plotter e la stampante sono allocate a un solo processo, regioni doppiamente tratteggiate in cui sia plotter che stampante sono allocate ad entrambi i processi (compresa tra I_6, I_7, I_2, I_3
- Quando A passa la linea I_1 ha ottenuto la stampante
- Quando B arriva alla linea I_5 ha richiesto il plotter
- Se il sistema operativo fa entrare l'esecuzione nel quadrato I_1, I_2, I_5, I_6 avremo un deadlock all'incrocio tra I_6 e I_2
- Al punto t l'unica cosa sicura da fare e' fare eseguire A fino a I_4. Dopo questo punto ogni traiettoria verso u evita lo stallo.

Stati sicuri

- Quando un processo richiede una risorsa, si deve decidere se l'allocazione lascia il sistema in uno *stato sicuro*
- Lo stato è *sicuro* se esiste una *sequenza sicura* per tutti i processi.
- La sequenza $\langle P_1, P_2, \ldots, P_n \rangle$ è sicura se per ogni P_i, la risorsa che P_i può ancora richiedere può essere soddisfatta dalle risorse disponibili correntemente più tutte le risorse mantenute dai processi $P_1, \ldots, P_{i-1}$.
  - Se le risorse necessarie a P_i non sono immediatamente disponibili, può aspettare che i precedenti finiscano.
  - Quando i precedenti hanno liberato le risorse, P_i può allocarle, eseguire fino alla terminazione, e rilasciare le risorse allocate.
  - Quando P_i termina, P_{i+1} può ottenere le sue risorse, e così via.

Esempio

- Consideriamo tre processi che accedono ad una sola classe di risorse con 10 istanze
- Rappresentiamo il loro stato con una tabella in cui:
- has: risorse possedute, max: massimo richiesto, free: risorse libere
- Lo stato (a) nella figura di seguito e' sicuro. Infatti la sequenza di scheduling B, C, A (stati $(b-e)$) e' sicura

	Has	Max
A	3	9
B	2	4
C	2	7

Free: 3
(a)

	Has	Max
A	3	9
B	4	4
C	2	7

Free: 1
(b)

	Has	Max
A	3	9
B	0	–
C	2	7

Free: 5
(c)

	Has	Max
A	3	9
B	0	–
C	7	7

Free: 0
(d)

	Has	Max
A	3	9
B	0	–
C	0	–

Free: 7
(e)

- Se ora A richiede e prende un'altra risorsa allora il nuovo stato (b) nella figura di seguito non e' sicuro (verificate)
- Ad esempio se lo scheduler esegue B (stati $(c-d)$) A e C andranno in stallo

	Has	Max
A	3	9
B	2	4
C	2	7

Free: 3
(a)

	Has	Max
A	4	9
B	2	4
C	2	7

Free: 2
(b)

	Has	Max
A	4	9
B	4	4
C	2	7

Free: 0
(c)

	Has	Max
A	4	9
B	—	—
C	2	7

Free: 4
(d)

Osservazioni

- Se il sistema è in uno stato sicuro $\Rightarrow$ non ci sono deadlock
- Se il sistema è in uno stato NON sicuro $\Rightarrow$ possibilità di deadlock
- Deadlock avoidance: assicurare che il sistema non entri mai in uno stato non sicuro.

Algoritmo del Banchiere (Dijkstra, '65)

Controlla se una richiesta può portare ad uno stato non sicuro;
in tal caso, la richiesta non è accettata.

Ad ogni richiesta, l'algoritmo controlla se le risorse rimanenti sono sufficienti per soddisfare la massima richiesta di almeno un processo; in tal caso l'allocazione viene accordata, altrimenti viene negata.

Funziona sia con istanze multiple che con risorse multiple.

- Ogni processo deve dichiarare *a priori* l'uso massimo di ogni risorsa.
- Quando un processo richiede una risorsa, può essere messo in attesa.
- Quando un processo ottiene tutte le risorse che vuole, deve restituirle in un tempo finito.

Algoritmo del Banchiere

- Strutture dati

n	numero di processi del sistema
m	numero di tipi di risorse
$Disponibili$	vettore delle istanze disponibili (available) di ogni risorsa
Max	matrice $n \times m$ del numero massima di risorse richiedibili
$Assegnate$	matrice $n \times m$ delle risorse allocate per processo
$Assegnate_i$	(i-esima riga di $Assegnate$) risorse assegnate a P_i
$Necessita'$	matrice $n \times m$ delle risorse ancora richiedibili
	$Necessita'_i = Max_i - Assegnate_i$
$Richieste$	matrice delle richieste considerate in un certo istante
$Richieste_i$	(i-esima riga di $Richieste$) richieste di P_i

Algoritmo del Banchiere

- Quando un processo P_i effettua una richiesta, tramite il vettore $Richieste_i$, l'algoritmo effettua i seguenti passi:

  1. se $Richieste_i \leq Necessita'_i$ vai al passo 2, altrimenti riporta errore (P_i ha superato il numero massimo di richieste);
  2. se $Richieste_i \leq Disponibili$ vai al passo 3, altrimenti P_i deve attendere la liberazione di altre risorse
  3. Il sistema simula l'assegnamento a P_i delle risorse richieste modificando come segue lo stato di assegnamento

     $Disponibili := Disponibili \ominus Richieste_i$;
     $Assegnate_i := Assegnate_i \oplus Richieste_i$;
     $Necessita'_i := Necessita'_i \ominus Richieste_i$;

     Se il nuovo stato e' **sicuro** la transazione viene completata e al processo si assegnano le risorse richieste. Altrimenti si ripristina il vecchio stato di assegnamento e P_i deve attendere la liberazione di altre risorse.

Algoritmo di verifica della sicurezza

Vogliamo decidere se uno stato e' sicuro (cioe' esiste una sequenza sicura a partire da tale stato)
L'algoritmo esegue i seguenti passi lavorando su una variabile ausiliaria Aux inizialmente uguale a $Disponibili$:

1. $Fine[i] = false$ per ogni $i = 1, \ldots, n$
2. $Aux := Disponibili$
3. Cerca un i tale che $Fine[i] = false$ e $Necessita'_i \leq Aux$
   se tale i non esiste vai al passo 4;
   - $Aux := Aux \oplus Assegnate_i$
   - $Fine[i] := true$
   - Vai a 3.
4. Altrimenti, se $Fine[i] = true$ per ogni i, allora il sistema e' in uno stato sicuro.

Esempio dell'algoritmo del banchiere

Consideriamo $n = 5$ processi $p0, \ldots, p4$ e $m = 3$ classi di risorse A, B, C tali che

```
A ha 10  istanze
B ha  5  istanze
C ha  7  istanze
```

Inoltre al tempo T_0 lo stato dell'assegnamento delle risorse e'

	Assegnate	Max	Disponibili
	A B C	A B C	A B C
			3 3 2
p0	0 1 0	7 5 3	
p1	2 0 0	3 2 2	
p2	3 0 2	9 0 2	
p3	2 1 1	2 2 2	
p4	0 0 2	4 3 3	

E' uno stato sicuro. Infatti la sequenza (p1, p3, p4, p2, p0) e' safe.

Sia $Richieste_1 = (1, 0, 2)$ la richiesta di p1 all'istante T1. Se accettata il nuovo stato sarebbe:

	Assegnate	Necessita'	Disponibili
	A B C	A B C	A B C
			2 3 0
p0	0 1 0	7 4 3	
p1	3 0 2	0 2 0	
p2	3 0 2	6 0 0	
p3	2 1 1	0 1 1	
p4	0 0 2	4 3 1	

E' ancora sicuro. Le possibili sequenze sicure sono:
(p1, p3, p4, p2, p0) e
(p1, p4, p3, p0, p2)
Invece la richiesta $Richieste_4 = (3, 3, 0)$ porterebbe ad uno stato non sicuro

Algoritmo del Banchiere (Cont.)

- Soluzione molto studiata, in molte varianti
- Di scarsa utilità pratica, però.
- È molto raro che i processi possano dichiarare fin dall'inizio tutte le risorse di cui avranno bisogno.
- Il numero dei processi e delle risorse varia dinamicamente
- Di fatto, quasi nessun sistema usa questo algoritmo

Quarto approccio: prevenzione dei Deadlock

Negare una delle quattro condizioni necessarie (Coffman et al, '71)

- Negare Mutua Esclusione
  - Le risorse condivisibili solitamente non devono garantire mutua esclusione (es. file in lettura)
  - Per alcune risorse non condivisibili, si può usare lo *spooling* per simulare l'accesso simultaneo (che comunque introduce competizione per lo spazio disco)
  - In generale tuttavia vi sono risorse non condivisibile per le quali non si puo' negare mutua esclusione

Prevenzione dei Deadlock (cont)

- Negare Hold and Wait: garantire che quando un processo richiede un insieme di risorse, non ne richiede nessun'altra prima di rilasciare quelle che ha.
  - Richiede che i processi richiedano e ricevano tutte le risorse necessarie all'inizio, o che rilascino tutte le risorse prima di chiederne altre
  - Se l'insieme di risorse non può essere allocato in toto, il processo aspetta (metodo transazionale).
  - Basso utilizzo delle risorse
  - Possibilità di starvation

Prevenzione dei Deadlock (cont)

- Negare l'assenza di prerilascio
  Si potrebbero usare dei protocolli che forzano la preemption:
  - Se un processo richiede una risorsa che non e' disponibile, si rilasciano tutte le risorse attualmente in suo possesso
  - Se un processo richiede una risorsa che non e' disponibile ed e' assegnata ad un processo che attende altre risorse, si sottrae la risorsa a quest'ultimo e si assegna al primo processo
- Questi protocolli possono essere usati solo per risorse in cui il salvataggio/ripristino di uno stato si puo' fare in maniera efficiente (es. CPU)

Prevenzione dei Deadlock (cont)

- Impedire l'attesa circolare.
  - Prima possibilita'
    - permettere che un processo allochi al più una risorsa:
    - e' una condizione troppo restrittiva
  - Seconda possibilita': *Ordinamento delle risorse*
    - Si impone un ordine totale su tutte le classi di risorse
    - si richiede che ogni processo richieda le risorse nell'ordine fissato

Ordinamento delle risorse

- Supponiamo che $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_n\}$ sia l'insieme di classi di risorse.
- Definiamo una funzione iniettiva $f : R \rightarrow Nat$ che definisce l'ordine.
- Ad esempio,
  $f(floppy) = 1$,
  $f(dischi) = 5$,
  $f(stampante) = 12$

- Possibili Protocolli per prevenire attese circolari
  - Ogni processo inizialmente puo' richiedere qualsiasi numero di istanze di un tipo di risorsa ad es. R_i
  - Dopo di che il processo puo' richiedere solo istanze della classe R_j se $f(R_j) > f(R_i)$

    (ad es. se un processo deve impiegare stampante e floppy deve richiedere prima un'istanza di tipo floppy e poi la stampante)
  - Alternativa: prima di richiedere un'istanza di tipo R_i il processo deve rilasciare tutte le istanze di classi R_j con $f(R_i) \geq f(R_j)$

- Se si utilizza uno di questi protocolli non si puo' verificare attesa circolare

  Dimostrazione
  - Per assurdo supponiamo che $P_0, \ldots, P_n$ siano in attesa circolare dove P_i attende una risorsa di tipo R_i assegnata a P_{i+1}.
  - Poiche' il processo P_{i+1} possiede R_i quando richiede R_{i+1} deve valere che $f(R_i) < f(R_{i+1})$ per ogni i.
  - Cioe' $f(R_0) < f(R_1) < \ldots < f(R_n) < f(R_0)$, il che e' impossibile (contraddizione)

- Teoricamente fattibile, ma difficile da implementare:
  - l'ordinamento può non andare bene per tutti
  - ogni volta che le risorse cambiano, l'ordinamento deve essere aggiornato

Approccio combinato alla gestione del Deadlock

- I tre approcci di gestione non sono esclusivi, possono essere combinati:
  - rilevamento
  - elusione (avoidance)
  - prevenzione

  si può così scegliere l'approccio ottimale per ogni classe di risorse del sistema.
- Le risorse vengono partizionati in classi ordinate gerarchicamente
- In ogni classe possiamo scegliere la tecnica di gestione più opportuna.

Blocco a due fasi (two-phase locking)

- Protocollo in due passi, molto usato nei database:
  1. Prima il processo prova ad allocare tutte le risorse di cui ha bisogno per la transazione.
  2. Se non ha successo, rilascia tutte le risorse e riprova. Se ha successo, completa la transazione usando le risorse.
- È un modo per evitare l'hold&wait.
- Non applicabile a sistemi real-time (hard o soft), dove non si può far ripartire il processo dall'inizio
- Richiede che il programma sia scritto in modo da poter essere "rieseguito" daccapo (non sempre possibile)

Sommario

Detection

- Vantaggi
  - Nessun ritardo nell'inizializzazione dei processi
  - Facilita l'intervento on line
- Svantaggi
  - Perdita della possibilita' di sfruttare la preemption possibile con certe risorse

Prevention

- Vantaggi
  - Richiesta unica delle risorse:
    Lavora bene con processi che effettuano una singola fase di attivita', non e' necessaria preemption.
  - Preemption:
    Conveniente se lo stato delle risorse puo' essere salvato o non ha memoria
  - Ordinamento risorse:
    Puo' utilizzare controlli compile time
    I problemi sono risolti fuori dal programma

- (**Prevention**) Svantaggi
  - Richiesta unica delle risorse:
    Inefficiente
    Ritarda l'inizio dei processi
  - Preemption:
    Soggetta a restart ciclico
  - Ordinamento risorse:
    Non consente la richiesta incrementale delle risorse.

Avoidance

- Vantaggi
  - Non e' necessaria preemption
- Svantaggi
  - Devono essere note le massime richieste future
  - I Processi possono essere bloccati anche a lungo.