Stallo di processi

Definizione del problema e modellizzazione

Stefano Quer
Dipartimento di Automatica e Informatica
Politecnico di Torino

Stallo (deadlock)

- Condizione di **stallo** (**deadlock**)
  - Un P/T richiede una risorsa non disponibile, entra in uno stato di attesa e l'attesa non termina più
- Lo stallo consiste quindi in
  - Un insieme di P/T attendono tutti il verificarsi di un evento che può essere causato solo da un altro processo dello stesso insieme
- Deadlock **implica** starvation **non** il contrario
  - La starvation di un P/T implica che tale P/T attende indefinitamente ma gli altri P/T possono procedere in maniera usuale e non essere in deadlock
  - Tutti i P/T in deadlock sono in starvation

Condizioni per il verificarsi di un deadlock

Condizioni	Descrizione
Mutua esclusione (mutual exclusion)	Deve esserci almeno una risorsa **non condivisibile**. La prima richiesta è soddisfatta, le successive no.
Possesso e attesa (hold and wait)	Un processo **mantiene** almeno una risorsa e **attende** per aquisire almeno un'altra risorsa.
Impossibilità di prelazione (no preemption)	**Non** esiste il diritto di **prelazione** per almeno una risorsa. Almeno una risorsa non può essere sottratta ma solo rilasciata da chi la utilizza.
Attesa circolare (circular wait)	Esiste un insieme $\{P_1, \ldots, P_n\}$ di P tale che P_1 **attende** una risorsa tenuta da P_2, P_2 **attende** una risorsa tenuta da P_3, …, P_n **attende** una risorsa tenuta da P_1.

Devono verificarsi tutte contemporaneamente per avere un deadlock

Condizioni necessarie ma non sufficienti
Sono distinte ma non indipendenti (e.g., 4→2)

Sommario dell'unità

- Modellizzazione del deadlock
- Strategie di gestione
  - Dello "struzzo"
    - Si ignora il problema supponendo la probabilità di un deadlock nel sistema sia bassissima
    - Metodo utilizzato da molti sistemi operativi, Windows e Unix inclusi
    - Tanto meno appropriato quanto più aumentano la concorrenza e la complessità dei sistemi

Sezione (corrente) 01

  - A posteriori
    - Rilevare
    - Ripristinare

... e nel caso si sia verificato uno stallo ...

  - A priori
    - Prevenire
    - Evitare

Sezione 02

Sezione 03

Termine simile ma tecnica diversa

Modellizzazione del deadlock

- Grafo di allocazione (o assegnazione) delle risorse
  - G = (V, E)
  - Permette di descrivere e analizzare deadlock
- L'insieme dei vertici V è suddiviso in
  - $P = \{P_1, P_2, \ldots, P_n\}$
    - Insieme dei processi del sistema (n in tutto)
    - I processi sono indistinguibili e in numero indefinito
    - Ogni processo utilizza una risorsa facendone accesso mediante protocollo standard costituito da
      - Richiesta
      - Utilizzo
      - Rilascio

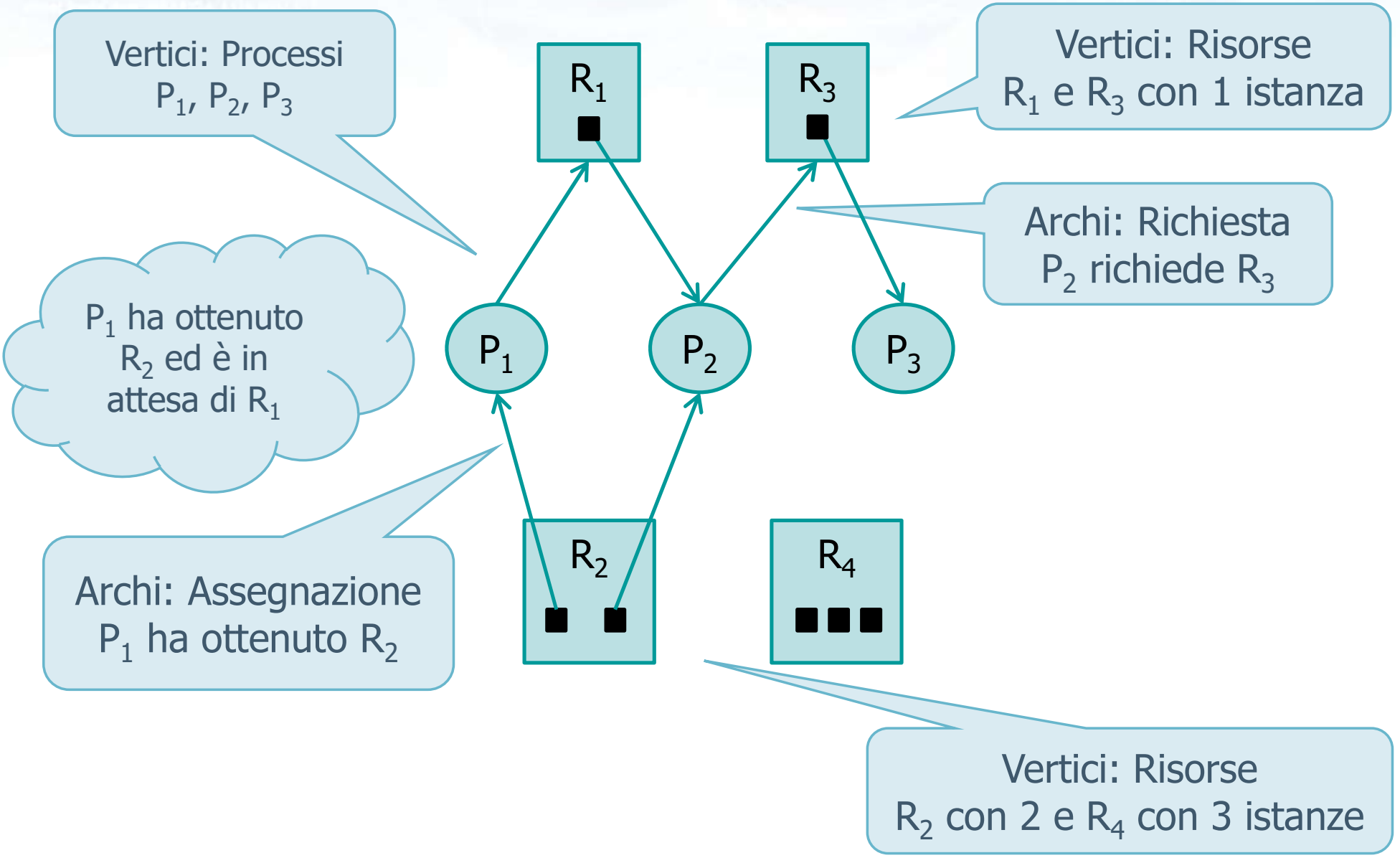
Modellizzazione del deadlock

- $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$
  - Insieme delle risorse del sistema (m in tutto)
  - Le risorse sono suddivise in classi (tipi)
  - Ogni risorsa di tipo R_i ha W_i istanze
  - Tutte le istanze di una classe sono **identiche**: una qualsiasi istanza soddisfa una richiesta per quel tipo di risorsa

- L'insieme degli archi E è suddiviso in
  - Archi di richiesta
    - $P_i \rightarrow R_j$, i.e., da processo a risorsa
  - Archi di assegnazione
    - $R_j \rightarrow P_i$, i.e., da risorsa a processo

Se così non fosse occorrerebbe riformulare la suddivisione in classi

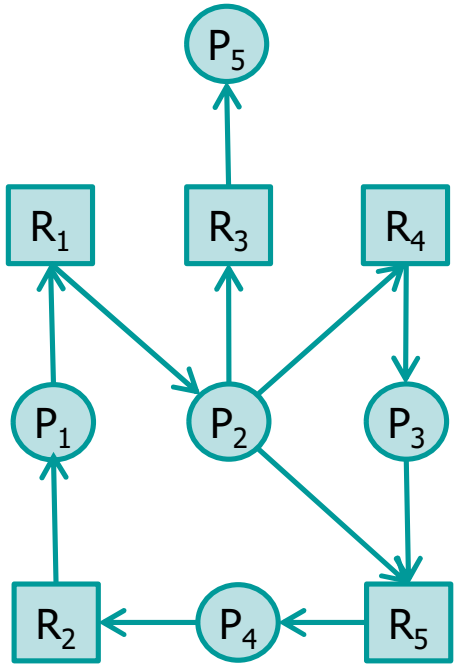
Modellizzazione del deadlock

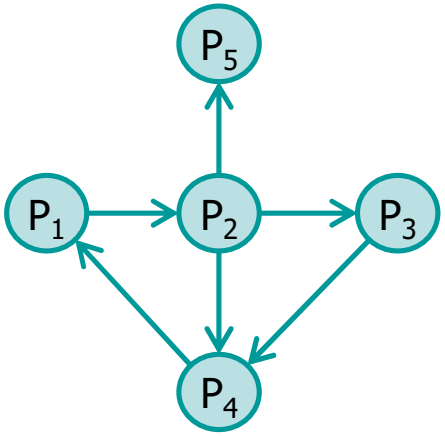


Modellizzazione del deadlock

- In alcuni casi è utile semplificare il grafo di allocazione in un **grafo di attesa**
  - Si eliminano i vertici di tipo risorsa
  - Si compongono gli archi tra i vertici rimanenti
- Utilizzo e considerazioni simili al grafo di assegnazione

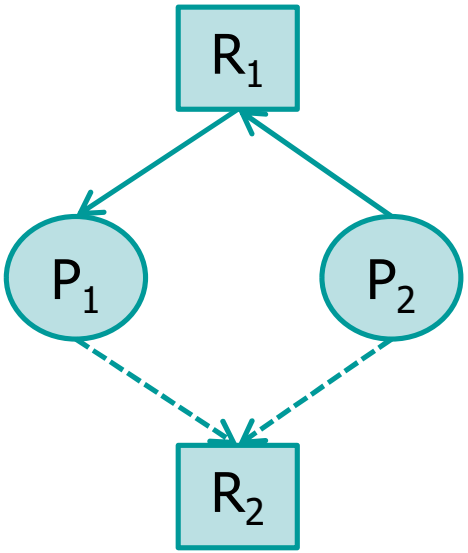
Proprietà transitiva
(valida per istanze singole)





Modellizzazione del deadlock

- In alcuni casi è utile estendere il grafo di allocazione in un **grafo di rivendicazione**
  - Si aggiungono al grafo di allocazione delle risorse degli archi di reclamo, di rivendicazione o di intenzione di richiesta (claim edge)
    - $P_i \rightarrow R_j$
      - Indica che il processo P_j richiederà (in futuro) la risorsa R_j
      - È rappresentato mediante linea tratteggiata



Tecniche di gestione a posteriori

- Si permette al sistema di entrare in uno stato di deadlock per poi intervenire
- L'algoritmo richiede quindi due passi
  - **Rilevazione** (della condizione di stallo)
    - Il sistema esegue un algoritmo di rilevazione dello stallo all'interno del sistema (**detection**)
  - **Ripristino** (del sistema)
    - Se esiste uno stallo si applica una strategia di ripristino (**recovery**)

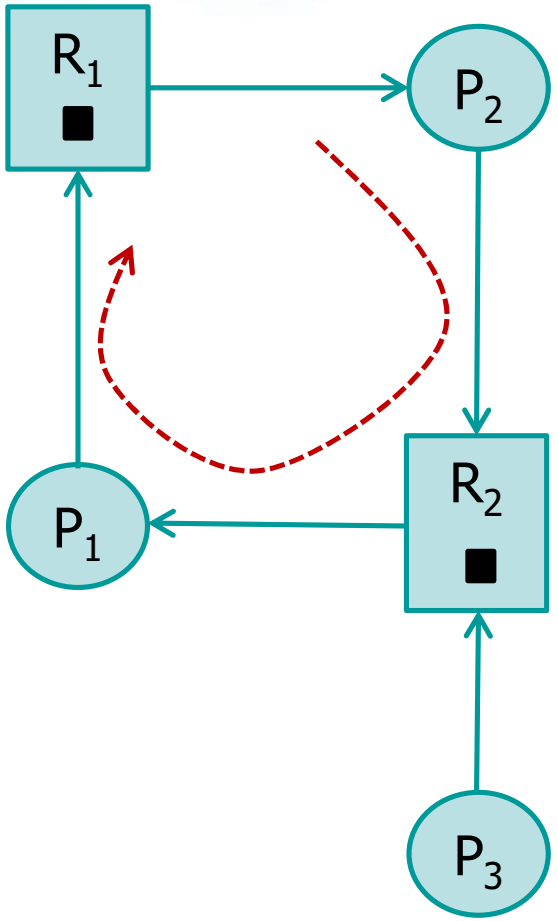
Rilevazione

- Dato un grafo di assegnazione è possibile verificare la presenza di uno stallo verificando la presenza di cicli
  - Se il grafo non contiene cicli allora non c'è deadlock
  - Se il grafo contiene uno o più cicli allora
    - C'è sicuramente deadlock, se esiste solo un'istanza per ciascun tipo di risorsa
    - C'è la possibilità di deadlock, se esiste più di un'istanza per tipo di risorsa
      - La presenza di cicli è condizione necessaria ma non sufficiente nel caso di istanze multiple

Nei casi di istanze multiple si veda l'"Algoritmo del Banchiere"

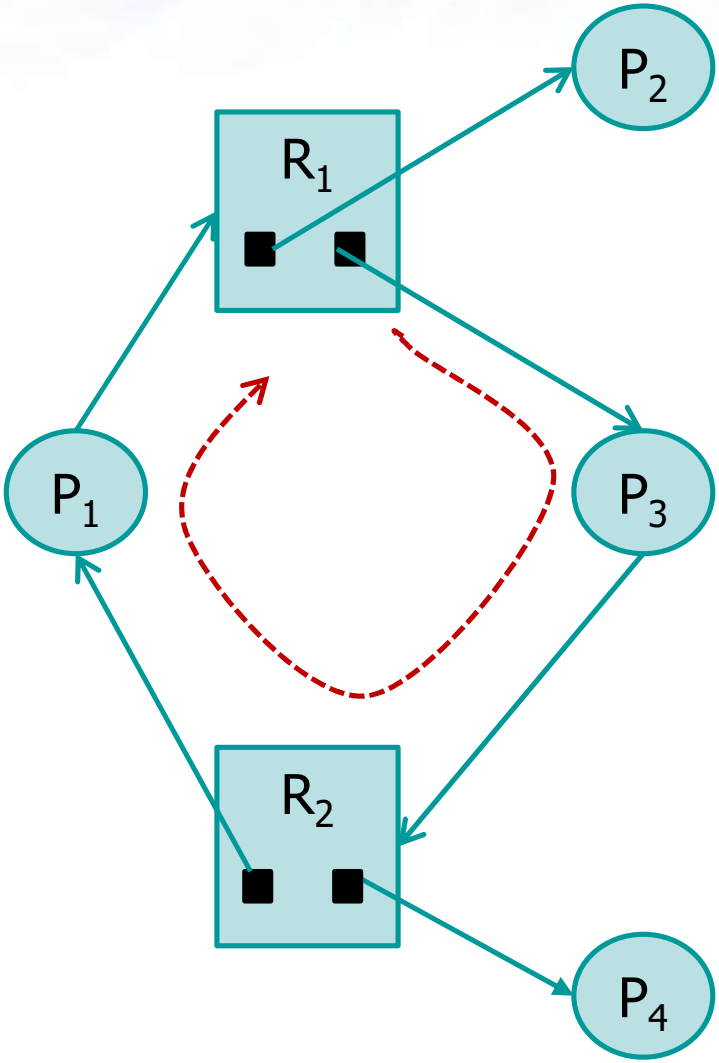
Esempio

- Processi
  - P_1, P_2, P_3
- Risorse
  - R_1 e R_2 con una istanza
- Esistenza di un ciclo
- Condizione di stallo
  - P_1 attende P_2
  - P_2 attende P_1



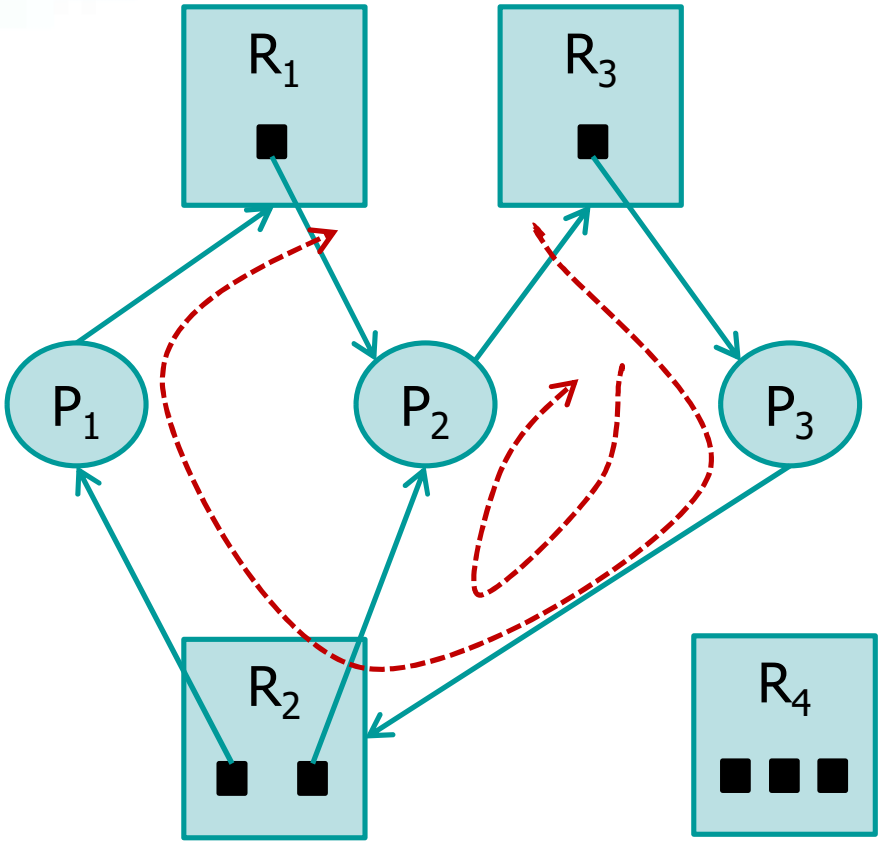
Esempio

- Processi
  - P_1, P_2, P_3, P_4
- Risorse
  - R_1 e R_2 con due istanze
- Esistenza di un ciclo
- Non esite stallo
  - P_2 e P_4 possono terminare
  - P_1 può acquisire R_1 e terminare
  - P_3 può acquisire R_2 e terminare



Esempio

- Processi
  - P_1, P_2, P_3
- Risorse
  - R_1 e R_3 con una istanza
  - R_2 con due istanza
  - R_4 con tre istanze
- Esistenza di due cicli
- Condizione di stallo
  - P_1 attende R_1
  - P_2 attende R_3
  - P_3 attende R_2



Complessità

- Ogni fase di rilevazione ha un costo
  - Determinazione dei ciclo nel grafo
    - La presenza di cicli può essere verificata mediante visita in profondità
    - Un grafo è aciclico se un visita in profondità non incontra archi etichettati "backward" verso vertici grigi
      - Se si raggiunge un vertice grigio, ovvero si attraversa un arco backward, si ha un ciclo
    - Il costo temporale di tale operazione è pari a
      - $\Theta(|V|+|E|)$ per rappresentazioni con lista di adiacenza
      - $\Theta(|V|^2)$ per rappresentazioni con matrice di adiacenza

Complessità

- Quando spesso si effettuano le rilevazioni?
  - Ogni volta che un processo fa una richiesta non soddisfatta immediatamente
  - A intervalli di tempo fissi, e.g., ogni 30 minuti
  - A intervalli di tempo variabili, e.g., quando l'utilizzo della CPU scende sotto una certa soglia

Ripristino

- Per ripristinare un corretto funzionamento sono possibili diverse strategie
  - Agire sui vertici del grafo di assegnazione
  - Agire sugli archi del grafo di assegnazione

Ripristino

- Agire sui vertici del grafo di assegnazione

Strategia	Descrizione
Terminare tutti i processi in stallo	• Complessità: semplice causare inconsistenze sulle basi dati • Costo: molto più alto di quanto potrebbe essere strettamente necessario
Terminare un processo alla volta tra quelli in stallo	• Si seleziona un processo, si termina, si ri-controlla la condizione di stallo, eventualmente si itera • Complessità: alta in quanto occorre selezionare l'ordine delle vittime con criteri oggettivi (priorità, tempo di esecuzione effettuato e da effettuare, numero risorse possedute, etc.) • Costo: elevato, i.e., dopo ogni terminazione occorre riverificare la condizione di stallo

Ripristino

- Agire sugli archi del grafo di assegnazione

Strategia	Descrizione
Rimuovere le richieste verso risorse non concesse	• Il procedimento è simile a quello di una system call bloccante che dopo un certo tempo va in time-out e risponde che la risorsa non può essere concessa • Complessità: spesso più accettabile (da parte del processo)
Prelazionare le risorse a un processo alla volta	• Si seleziona un processo, si prelazionano le sue risorse, se ne fa il roll-back, si ri-controlla la condizione di stallo, eventualmente si itera • Complessità: occorre effettuare il rollback, i.e., fare ritornare il processo vittima in uno stato sicuro • Costo: la selezione di una vittima deve minimizzare il costo della prelazione

Conclusioni

- Rilevazione e ripristino sono operazioni
  - Complesse logicamente
  - Onerose temporalmente
- In ogni caso se un processo richiede molte risorse è possibile causare starvation
  - Lo stesso processo viene ripetutamente scelto come vittima e incorre in rollback ripetuti
    - È opportuno inserire il numero di terminazioni tra i parametri di scelta della vittima, facendone aumentare la priorità o simili