Programmazione concorrente – 1

- Molti sistemi sono inerentemente concorrenti
  - Occorrono strumenti per rappresentare e rendere esplicito il loro *parallelismo potenziale*
- **Programmazione concorrente** è l'insieme di notazioni e tecniche usate per
  - Esplicitare il parallelismo insito in un problema
    - Definendo e rappresentando singoli flussi di controllo come processi
  - Trattare i problemi di comunicazione e sincronizzazione da esso risultanti
- È disciplina distinta dalla realizzazione di parallelismo su uno o più elaboratori
  - Perché richiede la definizione di strategie e meccanismi di ordinamento dei processi (la seconda può non averne bisogno)

Programmazione concorrente – 2

- Un programma concorrente corretto non richiede di specificare a priori l'esatto ordine di esecuzione dei suoi processi
  - Come in un buon sistema operativo moderno
- L'ordinamento locale (tra gruppi di processi correlati) può essere reso esplicitamente tramite primitive di comunicazione e sincronizzazione
- L'ordinamento globale non deve avere influenza sul risultato funzionale (i valori prodotti)

Classificazione di sistemi – 1

- Diverse classi di sistemi concorrenti richiedono proprie politiche di ordinamento di processi
- 3 classi generali
  - **Sistemi "a lotti"** (*batch*)
    - Ordinamento predeterminato; lavori di lunga durata e limitata urgenza; prerilascio non necessario
  - **Sistemi interattivi**
    - Grande varietà di attività; prerilascio essenziale
  - **Sistemi in tempo reale**
    - Lavori di durata ridotta ma con elevata urgenza; l'ordinamento deve riflettere l'importanza del processo; prerilascio possibile

Classificazione di sistemi – 2

- Caratteristiche desiderabili delle politiche di ordinamento
  - Per tutti i sistemi
    - **Equità** (*fairness*)
      - Nella distribuzione delle opportunità di esecuzione
    - **Coerenza** (*enforcement*)
      - Nell'applicazione della politica a tutti i processi
    - **Bilanciamento**
      - Nell'uso di tutte le risorse del sistema

Obiettivi specifici delle politiche

- Per i **sistemi a lotti**
  - Massimo prodotto per unità di tempo (*throughput*)
  - Massima rapidità di servizio per singolo lavoro (*turn-around*)
    - Media statistica
  - Massimo utilizzo delle risorse di elaborazione
- Per i **sistemi interattivi**
  - Rapidità di risposta per singolo lavoro
    - Rispetto alla percezione dell'utente
  - Soddisfazione delle aspettative generali dell'utente
- Per i **sistemi in tempo reale**
  - Rispetto delle scadenze temporali (*deadline*)
  - Predicibilità di comportamento (*predictability*)

Politiche di ordinamento – 1

- Per sistemi a lotti
  - **FCFS** (***First come first served***)
    - Senza prerilascio, senza priorità
    - Ordine di esecuzione = ordine di arrivo
    - Massima semplicità, basso utilizzo delle risorse
  - **SJB** (***Shortest job first***)
    - Senza prerilascio, richiede conoscenza dei tempi richiesti di esecuzione
    - Esegue prima il lavoro (*job*) più breve
    - Non è equo con i lavori non presenti all'inizio
  - **SRTN** (***Shortest remaining time next***)
    - Variante di SJB con prerilascio
    - Esegue prima il processo più veloce a completare
    - Tiene conto di nuovi processo quando essi arrivano

In generale parliamo di lavori quando operiamo senza prerilascio e di processi quando operiamo on prerilascio

Politiche di ordinamento – 2

- Per sistemi interattivi (1/2)
  - **OQ** : Ordinamento a quanti (***round robin***)
    - Con prerilascio, senza priorità
    - Ogni processo esegue al più per un quanto alla volta
    - Lista circolare di processi
  - **OQP** : Ordinamento a quanti con priorità
    - Quanti diversi per livello di priorità
      - Come attribuire priorità a processi e come farle eventualmente variare
  - **GP** : Con garanzia per processo
    - Con prerilascio e con promessa di una data quantità di tempo di esecuzione (p.es. **1/n** per **n** processi concorrenti)
      - Le necessità di ciascun processo devono essere note (stimate) a priori
    - Esegue prima il lavoro maggiormente penalizzato rispetto alla promessa
      - Verifica periodica o ad evento (soddisfacimento della promessa)

Politiche di ordinamento – 3

- Per sistemi interattivi (2/2)
  - **SG**: Senza garanzia
    - Con prerilascio e priorità, opera sul principio della lotteria
      - Ogni processo riceve numeri da giocare
      - A priorità più alta corrispondono più numeri da giocare
      - Ad ogni scelta per assegnazione di risorsa, essa va al processo possessore del numero estratto
      - Le estrazioni avvengono periodicamente (= quanti) e/o ad eventi (p.es. attesa di risorse non disponibili)
    - Comportamento impredicibile sul breve periodo, ma tende a stabilizzarsi statisticamente nel tempo
  - **GU** : Con garanzia per utente
    - Come GP ma con garanzia riferita a ciascun utente (possessore di più processi)

Politiche di ordinamento – 4

- Per sistemi in tempo reale (1/7)
  - I sistemi in tempo reale sono sistemi concorrenti nei quali il valore corretto deve essere prodotto entro un tempo fissato
    - Oltre tale limite, il valore prodotto ha utilità decrescente o nulla
  - L'ordinamento (*scheduling*) di processi deve fornire garanzie di completamento adeguate ai processi
    - Deve essere analizzabile staticamente (predicibile)
  - Il caso peggiore è sempre quando tutti i processi sono pronti insieme per eseguire all'istante iniziale (*critical instant*)

Politiche di ordinamento – 5

- Per sistemi in tempo reale (2/7)
  - Modello semplice (***cyclic executive***)
    - L'applicazione consiste di un insieme fissato di processi periodici (ripetitivi) ed indipendenti con caratteristiche note
    - Ciascun processo è suddiviso in una sequenza ordinata di procedure di durata massima nota
    - L'ordinamento è costruito a tavolino come una sequenza di chiamate a procedure di processi fino al loro completamento
    - Un ciclo detto maggiore (*major cycle*) racchiude l'invocazione di tutte le sequenze di tutti i processi
    - Il ciclo maggiore è suddiviso in N cicli minori (*minor cycle*) di durata fissa che racchiude l'invocazione di specifiche sottosequenze

Esempio 1
Modello semplice senza suddivisione

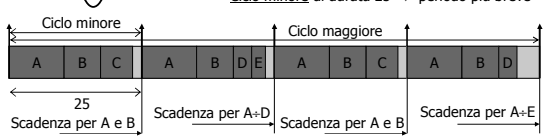
Processo	Periodo T	Durata C
A	25	10
B	25	8
C	50	5
D	50	4
E	100	2

Conviene che i periodi siano armonici!

$U = \Sigma_i (C_i / T_i) = 46/50 = 0.92$

Ciclo maggiore di durata 100 → MCM di tutti i periodi

Ciclo minore di durata 25 → periodo più breve



Politiche di ordinamento – 6

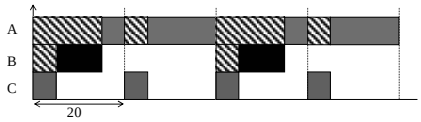
- Per sistemi in tempo reale (3/7)
  - **Ordinamento a priorità fissa**
    - Preferibilmente *con* prerilascio (a priorità!)
      - Processi periodici, indipendenti e noti
    - Assegnazione di priorità secondo il periodo (*rate monotonic*)
      - Per scadenza uguale a periodo (D = T), priorità maggiore per periodo più breve
      - Test di ammissibilità sufficiente ma non necessario per *n* processi (Liu e Layland, 1973)

$$U = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{C_i}{T_i} \right) \leq f(n) = n(2^{1/n} - 1)$$

Esempio 2
Caso semplice ordinamento a priorità

Processo	Periodo T	Durata C	Priorità
A	80	40	1 ← Bassa
B	40	10	2
C	20	5	3 ← Alta

Il test di ammissibilità fallisce U = 1 > $f(3)$ = 0,78 ma il sistema è ammissibile!



Politiche di ordinamento – 7

- Per sistemi in tempo reale (4/7)
  - **Ordinamento a priorità fissa con prerilascio** e scadenza inferiore a periodo (D < T)
    - Assegnazione di priorità secondo la scadenza
    - Modello di processi generalizzato
      - Condivisione di risorse e processi sporadici
    - Rischio di **inversione di priorità**
      - Processi a priorità maggiore *bloccati* dall'esecuzione di processi a priorità minore
      - Effetto causato dall'accesso esclusivo a risorse condivise
      - Può condurre a blocco circolare (*deadlock*)

Politiche di ordinamento – 8

- Per sistemi in tempo reale (5/7)
  - **Innalzamento della priorità** (***priority ceiling***)
    - Ogni processo *j* ha una priorità statica di base fissata PB_j
    - Ogni risorsa condivisa *i* ha una priorità (*ceiling*) PC_i pari alla massima priorità dei processi che la stanno richiedendo
    - Ogni processo *j* ha una priorità dinamica $P_j = \max\{PB_j, PC_i\}$ $\forall$ risorsa *i* in suo possesso che causa blocco
    - Un processo può acquisire una risorsa solo se la sua priorità dinamica corrente è maggiore del *ceiling* di tutte le risorse attualmente in possesso di altri processi
      - Un processo a priorità maggiore può essere bloccato *una sola volta* durante l'intera sua esecuzione
      - Non vi è più rischio di *deadlock*

Politiche di ordinamento – 9

- **Innalzamento delle priorità** – 2
  - Versione originale (***Basic Priority Inheritance***)
    - L'innalzamento avviene solo quando un processo a priorità maggiore si blocca all'ingresso di una risorsa in possesso di un processo a priorità inferiore
    - Richiede il controllo delle condizioni di blocco
  - Versione avanzata (***Immediate Ceiling Priority***)
    - PC_i diventa il massimo tra le priorità dei processi che *possono* usare la risorsa
    - $P_j = \max\{PB_j, PC_i\}$ $\forall$ risorsa *i* in suo possesso
    - L'innalzamento avviene non appena il processo acquisisce la risorsa (prima ancora che il blocco possa avvenire)
    - Un processo può subire blocco solo prima di acquisire effettivamente la CPU

Politiche di ordinamento – 10

- Per sistemi in tempo reale (7/7)
  - Calcolo del tempo di risposta $\mathbf{R}_i$ del processo *i*
    - Tempo di **blocco** di processo *i*
      - $\mathbf{B}_i = \max_k\{C_k\}$ $\forall$ risorsa *k* usata da processi a priorità più bassa di *i*
    - **Interferenza** subita da *i* da parte di tutti i processi *j* a più alta priorità
      - $\mathbf{I}_i = \Sigma_j \lceil \mathbf{R}_i/T_j \rceil C_j$
    - $\mathbf{R}_i = C_i + \mathbf{B}_i + \mathbf{I}_i$

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

$$\omega_i^{k+1} := C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{\omega_i^k}{T_j} \right\rceil C_j \qquad \omega_i^0 = C_i$$

Tempo di risposta **R**