Sisteme de Operare

Gestiunea proceselor
(partea a II-a)

Cristian Vidrașcu

https://profs.info.uaic.ro/~vidrascu

Cursul precedent

- Conceptul de proces
- Stările procesului
- Relații între procese
- Procese concurente
- Planificarea proceselor
  - Obiective
  - Cozi de planificare
  - Planificatoare

Cuprins

- Planificarea proceselor (continuare)
  - Structura planificării
  - Schimbarea contextului
  - Priorități
  - Algoritmi de planificare:
    FCFS, SJF, Priorități, RR, ș.a.

Structura planificării /1

- Structura planificării
  - Deciziile de planificare a CPU se iau în următoarele situații:
    1. când un proces trece din starea running în starea waiting (e.g. cerere I/O, sau apel wait)
    2. când un proces trece din starea running în starea ready (e.g. când apare o întrerupere hardware de ceas ce marchează sfârșitul unei cuante de timp procesor)
    3. când un proces trece din starea waiting în starea ready (e.g. terminarea unei operații I/O)
    4. când un proces se termină

Structura planificării /2

- Structura planificării
  - Pentru situațiile 1. și 4., un nou proces (dacă există vreunul în starea ready) trebuie să fie selectat pentru execuție.
  - Când planificarea se face numai datorită situațiilor 1. și 4., schema de planificare este numită **ne-preemptivă**; altfel, ea este **preemptivă**.
  - O politică de planificare este numită **preemptivă** dacă, o dată ce unui proces i s-a dat CPU-ul, acesta poate mai târziu să-i fie luat.
    Și este **ne-preemptivă** dacă CPU-ul nu mai poate fi luat procesului ce-l deține, i.e. fiecare proces rulează până la terminare sau la efectuarea unei cereri I/O, sau apel wait.

Structura planificării /3

- Structura planificării
  - O politică ne-preemptivă implică mai puțină încărcătură (*overhead*) a sistemului și face ca timpul total de la startul execuției unui program și până la terminarea lui să fie mai ușor de anticipat.
  - Schemele preemtive sunt importante în sistemele în timp real și în cele cu timp partajat, dar acestea implică schimbarea frecventă a proceselor pe CPU (*process switching*), ceea ce poate determina o încărcare suplimentară semnificativă a sistemului.

Structura planificării /4

- **Preempţie**
  - Politicile de planificare pot fi *preemptive* sau *ne-preemptive*. *Preempţie*: planificatorul poate forţa un proces să renunțe la procesor înainte ca procesul să se blocheze (i.e. să inițieze o operație I/O), să renunțe singur la CPU, sau să se termine.
- **Cuantificarea timpului CPU** (*timeslicing*) previne monopolizarea CPU-ului de către vreun proces
  - Planificatorul alege un proces ready și-l execută o *cuantă* de timp.
  - Un proces ce se execută mai mult decât cuanta sa de timp, este forţat să renunțe la CPU de către codul planificatorului rulat prin *handler*-ul întreruperii hardware de ceas.
- In politicile de planificare pe bază de **priorități** se folosește preempţia pentru a onora prioritățile
  - Procesul curent running este preemptat dacă un proces cu o prioritate mai mare intră în starea ready.

Schimbarea contextului

- **Schimbarea contextului** (*context switch*)
  - Comutarea CPU-ului către alt proces necesită salvarea stării vechiului proces și încărcarea stării salvate a noului proces ce urmează să se execute
  - Timpul necesar pentru schimbarea contextului constituie o încărcare suplimentară a sistemului (de ordinul 1-100 μs (microsecunde)), dar depinde foarte mult de suportul oferit de hardware

Priorități /1

- **Prioritate**
  - Anumite obiective pot fi îndeplinite prin încorporarea în disciplina de planificare de bază (gen round-robin) a unei noțiuni de *prioritate* a proceselor.
  - Fiecare proces din coada ready are asociată o anumită valoare a priorității; planificatorul favorizează procesele cu valori mai ridicate ale priorității.

Priorități /2

- Valori *externe* ale priorității
  - sunt impuse sistemului din afara sa
  - reflectă preferințe externe pentru anumiți utilizatori sau joburi
    ("Toate joburile sunt egale, dar unele sunt mai egale decât altele...")
  - exemplu: primitiva Unix nice() micșorează prioritatea unui job
  - exemplu: joburile urgente intr-un sistem de control in timp real
- Manipularea priorităților
  - extern – valori statice, în funcție de rangul utilizatorului, ș.a.
  - intern – planificatorul calculează dinamic prioritățile și le utilizează pentru gestiunea cozilor de planificare
    (i.e., sistemul ajustează intern valorile priorităților, pe parcursul execuției joburilor, printr-o tehnică implementată în planificator.)

Priorități /3

Prioritățile trebuie manevrate cu grijă atunci când există dependințe între procese cu priorități diferite.

– Un proces cu prioritatea P ar trebui să nu împiedice niciodată progresul unui proces cu prioritatea Q > P.
  O astfel de situație se numește *inversiunea priorității* și trebuie să se evite apariția sa.
– Soluția cea mai simplă constă într-o *moștenire a priorității*:
  Când un proces cu prioritatea Q așteaptă o anumită resursă, deținătorul ei (cu prioritatea P) moștenește temporar prioritatea Q dacă Q > P.
  Moștenirea s-ar putea să fie necesară și atunci când procesele se coordonează prin IPC (Inter-Process Communication).
– Moștenirea este utilă și în alte situații, spre exemplu, pentru a îndeplini anumite termene limită.

Planificarea proceselor

- **Algoritmi de planificare**
  - Criterii:
    - Gradul de utilizare a CPU-ului (% timp non-idle; 40%-90%)
    - Rata de servire (numărul de procese/unitatea de timp)
    - Timpul *turnaround* (intervalul scurs între momentul submiterii și cel al terminării unui proces; timpul de viață)
    - Timpul de așteptare (timpul petrecut în coada ready)
    - Timpul de răspuns (timpul scurs între emiterea unei comenzi de către utilizator și producerea primului răspuns la acea comandă)
  - Scopuri:
    - Maximizarea utilizării CPU și a ratei de servire
    - Minimizarea timpilor turnaround, de așteptare și de răspuns

Algoritmi de planificare /1

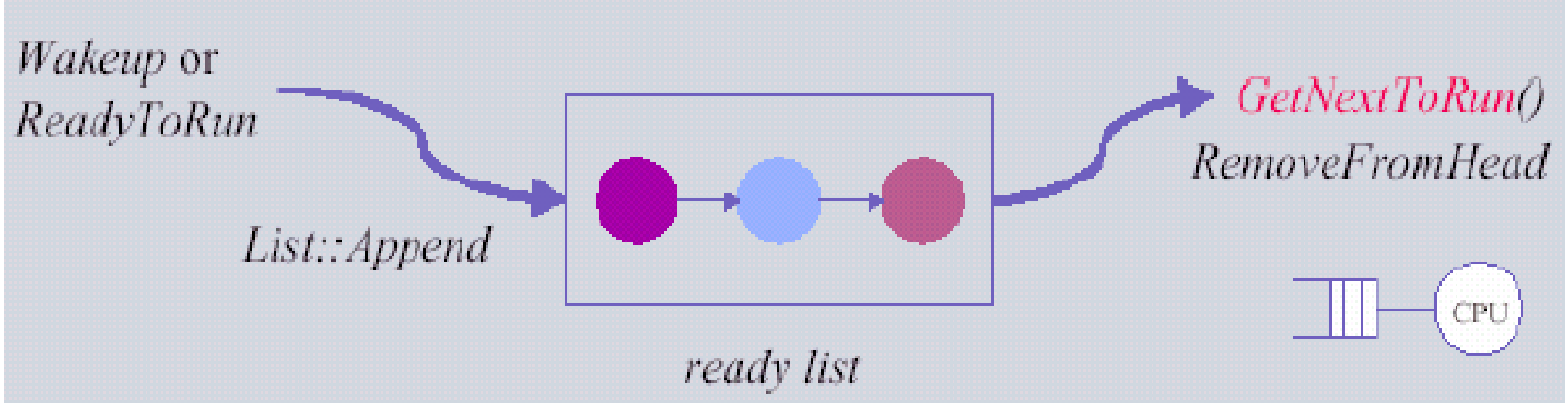
- **Algoritmi de planificare**
  - First-Come, First-Served (FCFS)
  - Shortest-Job-First (SJF)
  - Planificarea cu priorități
  - Round-Robin (RR)
  - Planificarea cu cozi pe nivele multiple
  - Planificarea în timp real
  - Planificarea cu procesoare multiple

Algoritmi de planificare /2

- **First-Come, First-Served (FCFS)**
  - procesul care solicită primul să i se acorde timp CPU, este primul căruia i se va aloca CPU-ul
  - implementare: o simplă structură FIFO
  - algoritmul este simplu de scris și de înțeles
  - alg. de planificare FCFS este ne-preemtiv (deci nu poate fi utilizat pentru medii interactive)
  - procesele lungi sunt favorizate de politica de planificare FCFS, iar cele scurte sunt defavorizate

Algoritmi de planificare /3

- **First-Come, First-Served (FCFS)**
  - rata de servire – alg. FCFS este la fel de bun ca orice altă politică de planificare ne-preemtivă ...
    ... dacă CPU-ul ar fi singura resursă planificabilă din sistem
  - echitate – alg. FCFS este intuitiv echitabil
  - timpul de răspuns – procesele lungi le țin pe toate celelalte în așteptare



Algoritmi de planificare /4

- **First-Come, First-Served (FCFS)**

Scenariu:
(exemplu)

Ipoteză de lucru:
doar procese
CPU-intensive
(fără nici o op. I/O)

Procese	Momentul sosirii	Timpul de serviciu solicitat
A	0	3
B	1	5
C	3	2
D	9	5
E	12	5

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	A	A	B	B	B	B	B	C	C	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	

Algoritmi de planificare /5

- **First-Come, First-Served (FCFS)**

Rezultatele planificării FCFS

Proces	Sosire	Serviciu	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	0	3	3	0	1.0
B	1	5	3	8	7	2	1.4
C	3	2	8	10	7	5	3.5
D	9	5	10	15	6	1	1.2
E	12	5	15	20	8	3	1.6

Notații:

Start = momentul când devine *running*; Finish = momentul când se termină de executat

t = timpul de execuție propriu-zisă (i.e. timpul de serviciu)

T = timpul de viață (= moment finish – moment sosire)

W = timpul de așteptare (în coada ready) (= T – t)

P = rata de penalitate = T/t ; **R** = rata de răspuns = t/T

Algoritmi de planificare /6

- **First-Come, First-Served (FCFS)**

Al doilea scenariu (exemplu): procesele pot face și operații I/O (pentru simplitate, în cazul lor în coloana Serviciu se vor specifica atât duratele rafalelor CPU, cu negru, cât și duratele operațiilor IO, cu roșu)

Rezultatele planificării FCFS

Proces	Sosire	Serviciu	Start	Finish	T	W	P
A	0	2;2;1	0	8	8	3	1.6
B	1	5	2	7	6	1	1.2
C	3	2	8	10	7	5	3.5
D	9	3;2;2	10	20	11	4	1.57
E	12	5	13	18	6	1	1.2

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	A	B	B	B	B	B	A	C	C	D	D	D	E	E	E	E	E	D	D	

Algoritmi de planificare /7

- **Shortest-Job-First (SJF)**
  - **Ideea**: scoaterea rapidă din sistem a proceselor scurte pentru a minimiza numărul de procese aflate în așteptare cât timp rulează un proces lung
  - Intuitiv: procesele cele mai lungi dăunează cel mai mult pentru timpii de aşsteptare ai competitorilor lor
  - SJF este **optimal** (lucru demonstrabil matematic), în sensul că produce cel mai mic timp mediu de așteptare pentru o mulțime dată de procese
  - Este nevoie de **anticiparea** timpilor de serviciu CPU

Algoritmi de planificare /8

- **Shortest-Job-First (SJF)**
  - Plnificarea SJF poate fi ne-preemptivă sau preemptivă
  - Planificarea SJF preemptivă este numită planificare **shortest-remaining-time-first (SRTF)**
  - SJF favorizează procesele interactive, ce necesită răspuns rapid și care interacționează cu utilizatorul în mod repetat
  - SJF favorizează procesele ce produc rafale (*bursts*) I/O – care se blochează curând, țin perifericele ocupate, eliberând astfel CPU-ul
  - Atenția este îndreptată spre o măsură *medie* a performanței, unele procese lungi pot fi înfometate în cazul unei încărcări masive a sistemului sau a unui flux constant de noi procese scurte ce intră în sistem

Algoritmi de planificare /9

- **Shortest-Job-First (SJF)**
  - Sacrifică echitatea pentru a micșora timpul mediu de răspuns
  - Planificarea SJF pură este impracticabilă: planificatorul nu poate anticipa durata unui proces
  - Totuși, SJF are valoare în sistemele reale:
    - Multe aplicații execută o secvență de rafale CPU scurte cu operații I/O între acestea
    - E.g., joburile *interactive* se blochează în mod repetat pentru a accepta input din partea utilizatorului
      Scop: furnizarea celui mai bun timp de răspuns pentru utilizator
    - E.g., joburile pot trece prin perioade de activitate I/O intensivă
      Scop: cererea următoarei operații I/O cât mai repede posibil pentru a ține perifericele ocupate și a furniza cea mai bună rată de servire pe ansamblu
    - Folosirea *priorității interne adaptive* pentru a încorpora SJF în RR
      Strategia meteorologilor: previziunea viitorului apropiat pe baza trecutului recent

Algoritmi de planificare /10

- **Shortest-Job-First (SJF)**

Rezultatele planificării SJF (nepreemptiv)

Proces	Sosire	Serviciu	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	0	3	3	0	1.0
B	1	5	5	10	9	4	1.8
C	3	2	3	5	2	0	1.0
D	9	5	10	15	6	1	1.2
E	12	5	15	20	8	3	1.6

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	A	A	C	C	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	

Algoritmi de planificare /11

- **Planificarea cu priorități**
  - Fiecare proces are asociată o prioritate, iar CPU-ul este alocat procesului ready cu prioritatea cea mai mare
  - Procesele cu priorități egale sunt planificate în ordinea FCFS
  - Valorile priorităților depind de implementarea S.O. (numerele mici pot semnifica prioritati mari, sau invers)
  - Observație: SJF poate fi privit ca un algoritm cu priorități, unde prioritatea (p) este inversul duratei următoarei rafale CPU anticipate (c) : $p = 1/c$

Algoritmi de planificare /12

- **Planificarea cu priorități**
  - Poate fi preemptivă sau ne-preemptivă
  - Problemă:
    Blocarea nelimitată sau *înfometarea* (*starvation*) proceselor cu priorități mici
  - Soluție:
    Imbătrânirea (*aging*) : creșterea graduală a priorității proceselor care așteaptă în sistem pentru o perioadă mare de timp

Algoritmi de planificare /13

- **Planificarea cu priorități**

Rezultatele planificării cu priorități statice, preemptivă

Proces	Sosire	Serviciu	Prioritate	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	1	0	20	20	17	6.6
B	1	5	2	1	8	7	2	1.4
C	3	2	4	3	5	2	0	1.0
D	9	5	3	9	19	10	5	2.0
E	12	5	5	12	17	5	0	1.0

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	B	B	C	C	B	B	B	A	D	D	D	E	E	E	E	E	D	D	A	

Algoritmi de planificare /14

- **Planificarea Round-Robin (RR)**
  - Fiecărui proces i se oferă serviciul CPU pentru o perioadă scurtă de timp (numită *cuantă* sau *felie de timp*), după care, doar dacă nu a fost terminat, revine la sfârșitul cozii ready și așteaptă să-i vină din nou rândul la CPU
  - Această perioadă este adesea de ordinul 10 ÷ 100 ms
  - A fost proiectată special pentru sistemele cu timp partajat
  - Coada ready este tratată ca o coadă circulară
  - Comutarea CPU-ului de la un proces la altul (schimbarea contextului) implică o încărcare suplimentară considerabilă a sistemului

Algoritmi de planificare /15

- **Planificarea Round-Robin (RR)**
  - *Timpul de viață*

    RR reduce timpul de viață pentru procesele scurte
    - Pentru o încărcare dată a sistemului, timpul de viață al unui proces este direct proporțional cu durata sa de serviciu
  - *Echitate*

    RR reduce variația în timpii de așteptare
    - Dar: RR forțează procesele să aștepte pentru alte procese intrate mai târziu în sistem
  - *Throughput* (*rata de servire*)

    RR impune o încărcare suplimentară a sistemului pentru schimbarea contextului, ceea ce dăunează ratei.

    Pe un sistem *multiprocesor*, RR poate îmbunătăți rata de servire sub o încărcare ușoară (i.e. număr mic de joburi).

Algoritmi de planificare /16

- **Planificarea Round-Robin (RR)**

  Primul scenariu (o cuantă = 1 unitate de timp)

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	B	A	B	C	A	B	C	B	D	B	D	E	D	E	D	E	D	E	E	

Rezultatele planificării RR, cuanta=1

Proces	Sosire	Serviciu	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	0	6	6	3	2.0
B	1	5	1	11	10	5	2.0
C	3	2	4	8	5	3	2.5
D	9	5	9	18	9	4	1.8
E	12	5	12	20	8	3	1.6

Algoritmi de planificare /17

- **Planificarea Round-Robin (RR)**

  Al doilea scenariu (o cuantă = 4 unități de timp)

Sumarul planificării:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	A	A	B	B	B	B	C	C	B	D	D	D	D	E	E	E	E	D	E	

Rezultatele planificării RR, cuanta=4

Proces	Sosire	Serviciu	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	0	3	3	0	1.0
B	1	5	3	10	9	4	1.8
C	3	2	7	9	6	4	3.0
D	9	5	10	19	10	5	2.0
E	12	5	14	20	8	3	1.6

Algoritmi de planificare /18

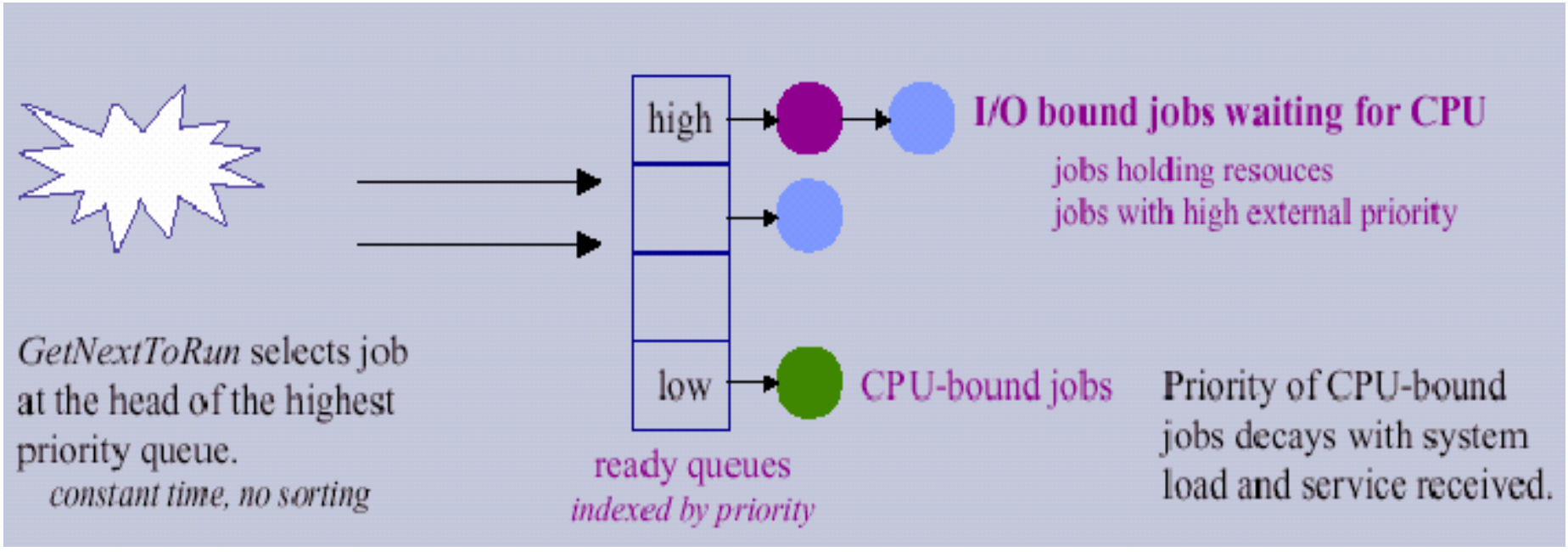
- **Planificarea Round-Robin (RR)**
  - Problemă: Cât ar trebui să fie cuanta de timp ?
  - Dacă e prea mare, pur și simplu RR devine FIFO
  - Daca e prea mică, CPU-ul este folosit (aproape) în întregime doar de către rutina dispecer pentru selecție și comutarea contextului, deci joburile utilizatorilor nu mai apucă să fie executate
  - Durata ideală a cuantei de timp depinde de mulți factori
  - O bună regulă generală este: acea perioadă de timp în care marea majoritate a utilizatorilor interactivi pot fi satisfăcuți (10 ÷ 100 ms)
  - Durata cuantei este adesea schimbată de două ori pe zi (este mai lungă noaptea, când rulează joburi de tip batch)

Algoritmi de planificare /19

- **Planificarea cu cozi pe nivele multiple**
  - Divizarea cozii ready în mai multe (sub-)cozi ready separate
    E.g., coada proceselor *foreground* (joburi interactive) și coada proceselor *background* (batch-joburi)
  - Procesele sunt asignate permanent uneia dintre cozi, în general pe baza unei proprietăți a procesului (dimensiunea memoriei, tipul procesului, etc.)
  - Fiecare coadă are propriul algoritm de planificare
  - Trebuie să existe o planificare între cozi (e.g., poate fi utilizată o planificare preemptivă cu priorități fixe)

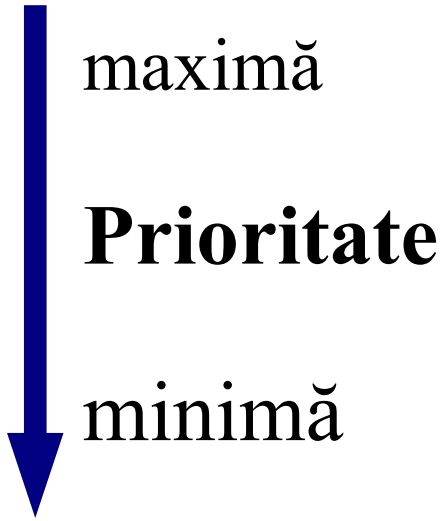
Algoritmi de planificare /20

- **Planificarea cu cozi pe nivele multiple**



Algoritmi de planificare /21

- **Planificarea cu cozi pe nivele multiple**
  - Exemplu:
    - Procese de sistem
    - Procese interactive
    - Procese de editare de texte
    - Procese batch



  - Fiecare coadă are întâietate absolută asupra cozilor cu priorități mai joase
  - Altă soluție: de împărțit timpul în cuante (*time slice*) între cozi

Algoritmi de planificare /22

- **Planificarea cu cozi pe nivele multiple, cu feedback**
  - Se permite unui proces să migreze între cozi
  - Parametri:
    - Numărul de cozi
    - Algoritmul de planificare pentru fiecare coadă
    - Metoda utilizată pentru a decide când un proces să fie avansat într-o coadă cu prioritate mai mare
    - Metoda utilizată pentru a decide când un proces să fie degradat într-o coadă cu prioritate mai mică
    - Metoda utilizată pentru a decide în ce coadă va intra inițial un proces (i.e., atunci când acesta este lansat în execuție)

Algoritmi de planificare /23

- **Planificarea în timp real**
  - Planificatoarele în timp real trebuie să suporte execuții regulate, periodice, ale taskurilor (e.g., flux media continuu)
  - *Rezervări timp CPU*

    "Am nevoie să execut X din fiecare Y unități de timp."
    - Planificatorul exercită *controlul admiterii* la momentul rezervării: aplicația trebuie să gestioneze eșecul unei cereri de rezervare
  - *Constrângeri temporale*

    "Rulează această aplicație înainte de termenul meu limită: momentul T."

Algoritmi de planificare /24

- **Planificarea cu procesoare multiple** (multiprocesare)
  - Probleme:
    - Tipul procesoarelor: sisteme omogene vs. sisteme heterogene
    - Tipul cozilor de planificare: coada ready comună vs. câte o coadă ready separată pentru fiecare procesor
  - Sisteme SMP: toate procesele intră într-o coadă și sunt planificate pe oricare dintre procesoarele disponibile
  - Planificare master-slave (multiprocesare asimetrică)

Algoritmi de planificare /25

- **Planificarea multiprocesor**

Scenariu: planificare SMP (o singură coadă ready), cu două procesoare

Rezultatele planificării cu priorități statice, preemptivă

Proces	Sosire	Serviciu	Prioritate	Start	Finish	T	W	P
A	0	3	1	0	5	5	2	1.66
B	1	7	2	1	12	11	4	1.57
C	2	2	4	2	4	2	0	1.0
D	6	5	3	6	11	5	0	1.0
E	7	5	5	7	12	5	0	1.0

Sumarul planificării:

Procesor	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
CPU1	A	A	C	C	A		D	D	D	D	D	B		
CPU2		B	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E		

Bibliografie

- **Bibliografie obligatorie**

  capitolele despre *gestiunea proceselor* din

  – Silberschatz : "*Operating System Concepts*"

  (cap.5 din [OSCE8])

  sau

  – Tanenbaum : "*Modern Operating Systems*"

  (a patra parte a cap.2 din [MOS3])

Sumar

- Planificarea proceselor (continuare)
  - Structura planificării
  - Schimbarea contextului
  - Priorități
  - Algoritmi de planificare:
    FCFS, SJF, Priorități, RR, ș.a.

Întrebări ?