06.
Čtenáři – písaři
Plánování procesů

ZOS 2016

1. zápočtový test

- 10. a 16. listopadu 2016
  - v čase cvičení (na poloviny dle domluvy na cvičení)
  - u školního PC pod speciálním účtem
  - 30 minut čistého času na test
  - otázka z 1.-5. prezentace přednášek
  - různé varianty testů
- Hodnocení
  - Každý úkol ANO/NE -> zisk bodů
  - nadpoloviční většina bodů

1. zápočtový test

- Pomůcky k dispozici
  - manuálové stránky (man)
  - nic víc

tipy:
- syntaxe: help if, help case, help test, man test
- umět poznat, že je skript spuštěný s 0, 1, 2, .. parametry
- umět iterovat přes soubory (včetně adresářů) v daném adresáři

poznámka

Ukázky kódu v textu přednášek jsou v pseudokódu, který slouží k pochopení daného algoritmu

V pseudokódu jsou použity konstrukce jak jazyka C, tak Pascalu

Zejména se dbá na to, aby přiřazení = a porovnání == bylo ve stylu jazyka C

Pascal používal pro přiřazení := a pro porovnání =

Problém čtenářů a písařů

modeluje přístup do databáze

rezervační systém (místenky, letenky)

množina procesů, souběžné čtení a zápis

- souběžné čtení lze
- výhradní zápis (žádný další čtenář ani písař)

Častá praktická úloha, lze realizovat s předností čtenářů, nebo s předností písařů.
Pro komerční aplikace je samozřejmě vhodnější přednost písařů.

```
// pseudokód
 semaphore m=1 ;          {chrání čítač}
 semaphore w=1;           {přístup pro zápis }
 int rc = 0;              { počet čtenářů }

void writer()
{
 P(w);
        // zapisuj
 V(w);
}
```

```
void reader()
{
 P(m);
 rc = rc + 1;
 if (rc == 1) P(w);    //1. čtenář blok. písaře
 V(m);
          // čti
 P(m);
 rc = rc - 1;
 if (rc==0) V(w);      // poslední čtenář odblokuje pí.
 V(m) ;
}
```

Čtenáři – písaři popis

čtenáři

- první čtenář provede P(w)
- další zvětšují čítač rc
- po “přečtení” čtenáři zmenšují rc
- poslední čtenář provede V(w)

semafor w

- zabrání vstupu písaře, jsou-li čtenáři
- zabrání vstupu čtenářům při běhu písaře:
  - prvnímu zabrání P(w)
  - ostatním brání P(m)

toto řešení je s předností čtenářů

- písaři musí čekat, až všichni čtenáři skončí

Implementace zámků v operačních a databázových systémech

přístup procesu k souboru nebo záznamu databázi

výhradní zámek (pro zápis)
- nikdo další nesmí přistupovat

sdílený zámek (pro čtení)
- mohou o něj žádat další procesy

granularita zamykání
- celý soubor x část souboru
- tabulka x řádka v tabulce

Implementace zámků v OS

Linux, UNIX lze zamknout část souboru funkcí

fcntl (fd, F_SETLK, struct flock)

```
int fd;
struct flock fl;
fd = open("testfile", O_RDWR);
fl.l_type = F_WRLCK;            - zámek pro zápis
fl.l_whence = SEEK_SET;         - pozice od začátku souboru
fl.l_start = 100; fl,l_len = 10;  - pozice, kolik
fcntl (fd,F_SETLK, &fl);        - zamkneme pro zápis
 // vrací -1 pokud se nepovede
```

Implementace zámků v OS

Odemknutí

fl.l_type = F_UNLCK;	- odemknutí
fl.l_whence = SEEK_SET;	- pozice od začátku souboru
fl.l_start = 100; fl,l_len = 10;	- pozice, kolik
fcntl (fd,F_SETLK, &fl);	- nastavíme

operace

F_SETLK	- set / clear lock, nečeká
F_GETLK	- info o zámku
F_SETLKW	- nastavení zámku, čeká když je zamčený

Implementace zámků v OS

zámky jsou odstraněny, když proces skončí (teoreticky)

zámky poradní (advisory)
- nejsou vynucené
- pro kooperující procesy
- defaultní chování

zámky mandatory

různé způsoby zamykání:
fcntl, flock, lockf

Poznámky

mandatory vs. advisory locks:

http://stackoverflow.com/questions/575328/fcntl-lockf-which-is-better-to-use-for-file-locking

Locking in unix/linux is by default **advisory**, meaning other processes don't need to follow the locking rules that are set. So it doesn't matter which way you lock, as long as your co-operating processes also use the same convention.

Linux does support **mandatory** locking, but only if your file system is mounted with the option on and the file special attributes set. You can use mount -o mand to mount the file system and set the file attributes g-x,g+s to enable mandatory locks, then use fcntl or lockf. For more information on how mandatory locks work see here.

Note that locks are applied not to the individual file, but to the inode. This means that 2 filenames that point to the same file data will share the same lock status.

In Windows on the other hand, you can actively exclusively open a file, and that will block other processes from opening it completely. Even if they want to. I.e. The locks are mandatory. The same goes for Windows and file locks. Any process with an open file handle with appropriate access can lock a portion of the file and no other process will be able to access that portion.

Zámky v DB systémech

např. s každým záznamem databáze sdružen zámek

funkce:

db_lock_r(x)	zámek pro čtení
db_lock_w(x)	uzamkne záznam x pro zápis
db_unlock_r(x)	odemčení záznamu x
db_unlock_w(x)	dtto

Algoritmus je složitější, ale v praxi více použitelný uveden jen na ukázku

čtenáři – písaři s předností písařů

```
type zamek = record
 int wc = 0; int rc = 0;          // počet písařů a čtenářů
 semaphore mutw = 1;              // chrání přístup k čítači wc
 semaphore mutr = 1;              // chrání přístup k čítači rc
 semaphore wsem = 1;              // blokování písařů
 semaphore rsem = 1;              // blokuje 1. čtenáře (písař)
 semaphore rdel  = 1;             // blokování ostatních čtenářů
end;
```

```
void db_lock_w(var x: zamek)

 // uzamčení záznamu pro zápis
{
 P(x.mutw);
 x.wc = x.wc+1;
 if (x.wc==1) P(x.rsem);          // 1.písař zablokuje 1. čtenáře
 V(x.mutw);
 P(x.wsem);                       // blokování písařů
}
```

```
void db_unlock_w(var x: zamek) {

// odemčení zápisů pro zápis
// sníží počet písařů, poslední písař odblokuje čtenáře

 V(x.wsem);                    // odblokování písařů
 P(x.mutw);
 x.wc = x.wc-1;
 if (x.wc==0)
          V(x.rsem); // poslední písař pustí 1.čten.
 V(x.mutw);
}
```

```
void db_lock_r(var x: zamek)
{
 P(x.rdel);                    // nejsou blokováni ostatní čtenáři
 P(x.rsem);                    // není blokován 1. čtenář
 P(x.mutr);
 x.rc = x.rc+1;
 if (x.rc==1)  P(x.wsem);      // 1. čtenář zablokuje písaře
 V(x.mutr);
 V(x.rsem);
 V(x.rdel);
}
```

```
void db_unlock_r(var x: zamek)
{
 P(x.mutr);
 x.rc = x.rc-1;
 if (x.rc==0)   V(x.wsem);        // poslední čtenář odblokuje
                                  // písaře
 V(x.mutr) ;
}
```

Další problémy meziprocesové komunikace

- problém spícího holiče
- problém populárního pekaře (Lamport 1974)
  - Google: Lamport baker
  - Každý zákazník dostane unikátní číslo
- plánovač hlavičky disku

- další probrané
  - problém večeřících filozofů
  - producent – konzument
  - čtenáři – písaři
- Knížka *The Little Book of Semaphores* (zdarma pdf)

Plánování procesů

Základní stavy procesu:

běžící – může běžet tolik, kolik je jader procesů (a hypethreading)
připraven – čeká na CPU
blokován – čeká na zdroj nebo zprávu

nový (new) – proces byl právě vytvořen
zombie – ukončený proces, ale stále má záznam v PCB
ukončený (terminated) – proces byl ukončen

Správce procesů – udržuje tabulku procesů

Záznam o konkrétním procesu – PCB (Process Control Block)
– souhrn dat potřebných k řízení procesů

opakování (!!)

v Linuxu je datová struktura task_struct, která obsahuje informace o procesu (tj. představuje PCB)

každý proces má záznam (řádku) v **tabulce procesů**

tomuto záznamu se říká **PCB** (process control block)

PCB obsahuje všechny potřebné informace (tzv. kontext procesu) k tomu, abychom mohli proces kdykoliv pozastavit (odejmout mu procesor) a znovu jej od tohoto místa přerušení spustit (Program Counter: CS:EIP)

proces po opětovném přidělení CPU pokračuje ve své činnosti, jako by k žádnému přerušení vykonávání jeho kódu nedošlo, je to z jeho pohledu transparentní

opakování (!!)

kde leží tabulka procesů?
v paměti RAM, je to datová struktura jádra OS

kde leží informace o PIDu procesu?
v tabulce procesů -> v PCB (řádce tabulky) tohoto procesu

jak procesor ví, kterou instrukci procesu (vlákna) má vykonávat?
podle program counteru (PC, typicky CS:EIP), ukazuje na oblast v paměti, kde leží vykonávaná instrukce;
obsah CS:EIP, stejně jako dalších registrů je součástí PCB

opakování (!!)

jak vytvořím nový proces?
systémovým voláním fork()

jak vytvořím nové vlákno?
voláním pthread_create()

jak spustím jiný program?
systémovým voláním execve()
začne vykonávat kód jiného programu
v rámci existujícího procesu

Běh programu v C

Pohled na program C
z hlediska programátora a z hlediska OS

Spuštění funkce main

- Může mít argumenty argc, argv

Návrat z funkce main – return

- Ukončení programu
- Předání návratové hodnoty,
  např. z bashe otestovat echo $?

Běh programu v C (z pohledu OS)

- OS vytvoří virtuální paměťový prostor pro daný proces
  - Kód, data, zásobník
- Nahraje program do paměťového prostoru, včetně knihoven
- OS předá řízení danému programu

- Crt0 – C runtime 0

Plánovač x dispatcher

- dispatcher předává řízení procesu vybranému short time plánovačem:
  - přepnutí kontextu
  - přepnutí do user modu
  - skok na uloženou adresu instrukce pouštěného programu, aby pokračovalo jeho vykonávání

- více připravených procesů k běhu – plánovač vybere, který spustí jako první
- plánovač procesů (scheduler) používá plánovací algoritmus (scheduling algorithm)

Pamatuj

Plánovač určí, který proces (vlákno) by měl běžet nyní.

Dispatcher provede vlastní přepnutí z aktuálního běžícího procesu na nově vybraný proces.

Plánování procesů - vývoj

dávkové systémy
- Úkol: spustit další úlohu, nechat ji běžet do konce
- Uživatel s úlohou nekomunikuje, zadá program plus vstupní data např. v souboru
- O výsledku je uživatel informován, např. e-mailem aj.

systémy se sdílením času
- Můžeme mít procesy běžící na pozadí
- interaktivní procesy – komunikují s uživatelem

kombinace obou systémů (dávky, interaktivní procesy)

chceme: přednost interaktivních procesů
- Srovnejte: odesílání pošty x zavírání okna

Střídání CPU a I/O aktivit procesu

Během vykonávání procesu

CPU burst (vykonávání kódu)

I/O burst (čekání)

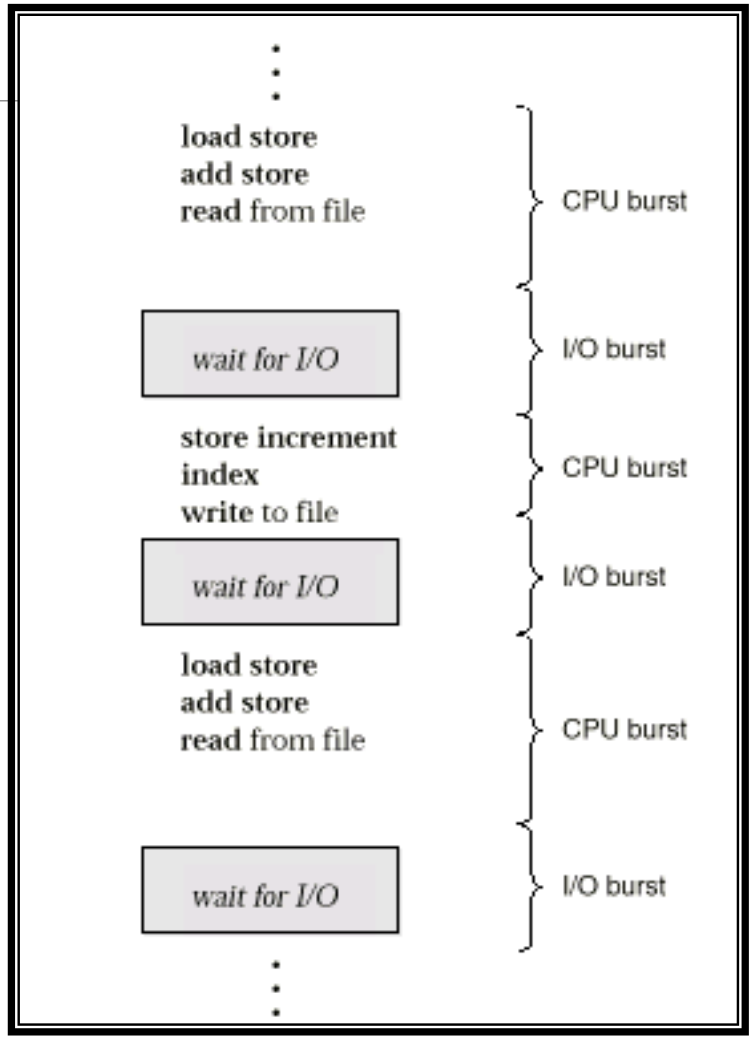
střídání těchto fází

končí CPU burstem

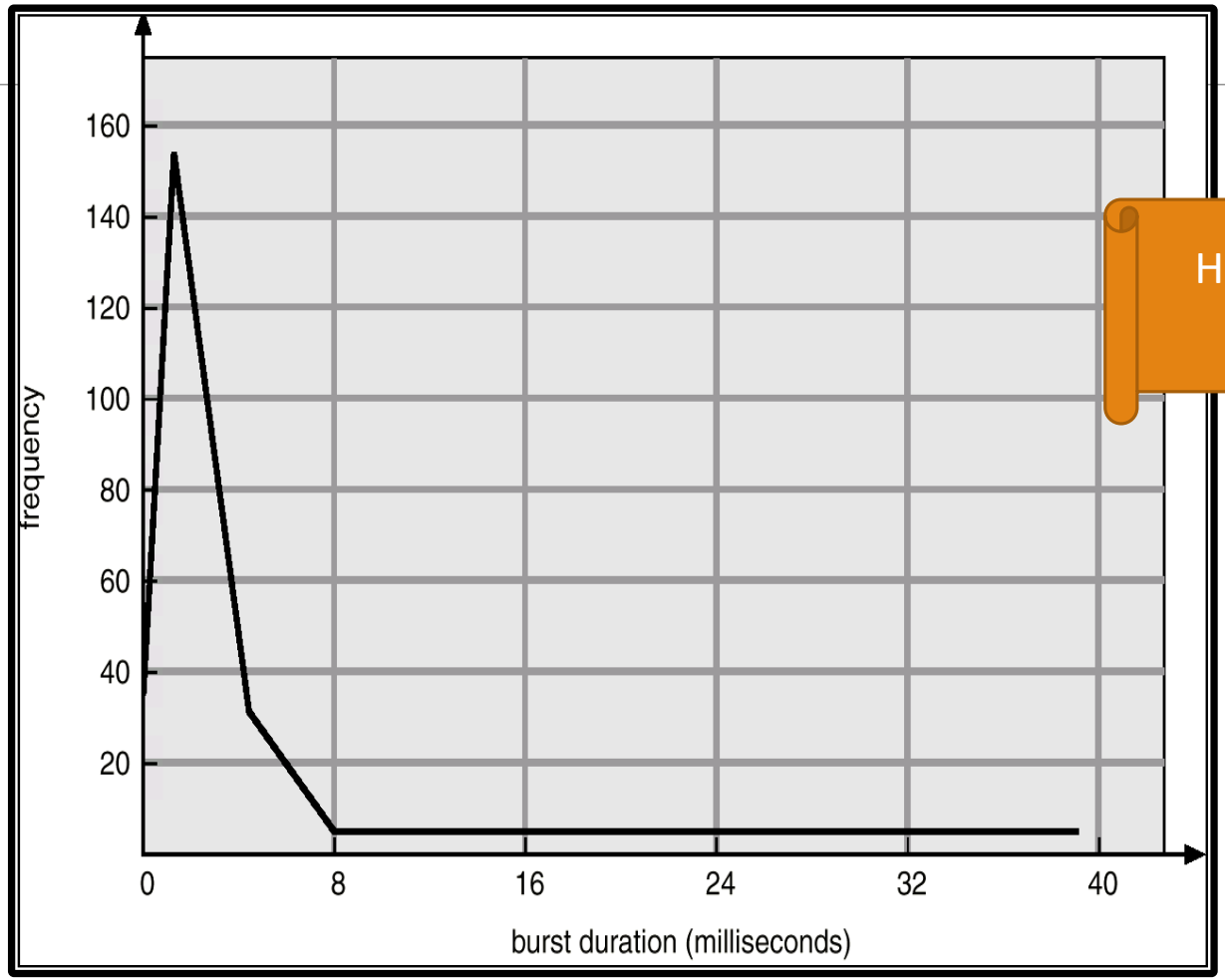
Typicky máme:

hodně krátkých CPU burstů

málo dlouhých



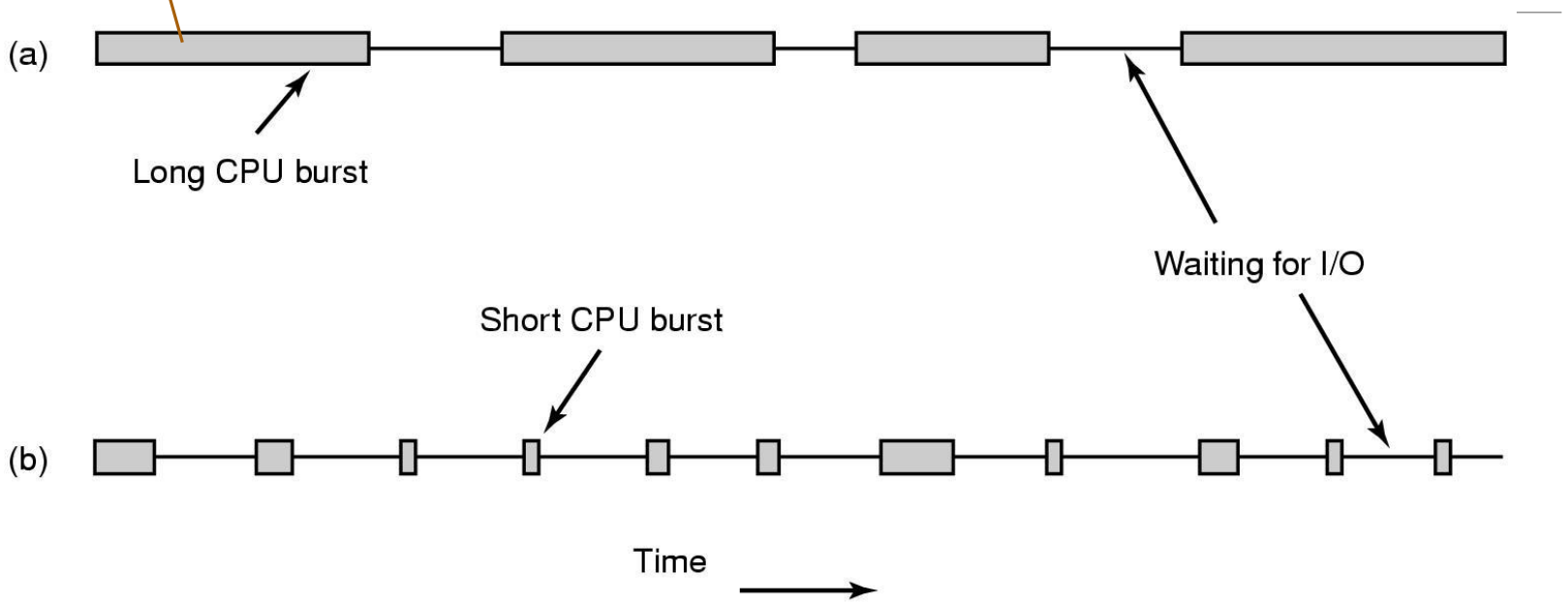
Histogram CPU burstů



Hodně krátkých burstů

počítám

Plánování



a) CPU-vázaný proces („hodně času tráví výpočtem“)
b) I/O vázaný proces („hodně času tráví čekáním na I/O“)

Uveďte příklady CPU vázaného a I/O vázaného procesu

Preemptivní vs. non-preemptivní plánování

Non-preemptivní

- každý proces dokončí svůj CPU burst (!!!!)
- proces si podrží kontrolu nad CPU, dokud se jí sám nevzdá (I/O čekání, ukončení)
- lze v dávkových systémech, není příliš vhodné pro time sharingové (se sdílením času)
- Win 3.x non-preemptivní (kooperativní) plánování
- od Win95 preemptivní
- od Mac OS 8 preemptivní
- na některých platformách může být stále (ale spíše speciální)

Jaký má vliv non-preemptivnost systému na obsluhu kritické sekce u jednojádrového CPU?

Preemptivní vs. non-preemptivní plánování

Preemptivní plánování

- proces lze přerušit **KDYKOLIV** během CPU burstu a naplánovat jiný (-> problém kritických sekcí !!!)
- dražší implementace kvůli přepínání procesů (režie)
- Vyžaduje speciální hardware – timer (časovač)
  časovač je na základní desce počítače, pravidelně generuje hardwarová přerušení systému od časovače

Část výkonu systému spotřebuje režie nutná na přepínání procesů.
K přepnutí na jiný proces také může dojít v nevhodný čas (ošetření KS).
Preemptivnost je ale u současných systémů důležitá, pokud potřebujeme interaktivní odezvu systému.
Časovač tiká (generuje přerušení), a po určitém množství tiků se určí, zda procesu nevypršelo jeho časové kvantum.

Otázky preemptivní plánování

Nutnost koordinovat přístup ke sdíleným datům

preempce jádra OS

- přeplánování ve chvíli, kdy se manipuluje s daty (I/O fronty) používanými jinými funkcemi jádra..
- UNIX (když nepreemptivní)
  - čekání na dokončení systémového volání
  - nebo na dokončení I/O
  - výhodou jednoduchost jádra
  - nevýhodou výkon v RT a na multiprocesorech

Preempce se může týkat nejen uživatelských procesů, ale i jádra OS. Linux umožňuje zkompilovat preemptivní jádro.

Cíle plánování - společné

Spravedlivost (Fairness)

- Srovnatelné procesy srovnatelně obsloužené

Vynucení politiky (Policy enforncement)

- Bude vyžadováno dodržení stanovených pravidel

Balance (Balance)

- Snaha, aby všechny části systému (CPU, RAM, periferie) byly vytížené

Nízká režie plánování

Cíle plánování

All systems

Fairness - giving each process a fair share of the CPU
Policy enforcement - seeing that stated policy is carried out
Balance - keeping all parts of the system busy

Batch systems

Throughput - maximize jobs per hour
Turnaround time - minimize time between submission and termination
CPU utilization - keep the CPU busy all the time

Interactive systems

Response time - respond to requests quickly
Proportionality - meet users' expectations

Real-time systems

Meeting deadlines - avoid losing data
Predictability - avoid quality degradation in multimedia systems

Některé cíle jsou společné, jiné se liší dle typu systému

Cíle plánování – dávkové systémy

Propustnost (Throughput)

- maximalizovat počet jobů za hodinu

Doba obrátky (Turnaround time)

- minimalizovat čas mezi přijetím úlohy do systému a jejím dokončením

CPU využití

- snaha mít CPU pořád vytížené

Zajímavosti

V roce 1973 provedli na MITu
shut-down systému IBM 7094
a našli low priority proces,
který nebyl dosud spuštěný
a přitom byl založený …..

Zajímavosti

..v roce 1967 ..

Plánovač (!!!)

rozhodovací mód

- okamžik, kdy jsou vyhodnoceny priority procesu a vybrán proces pro běh

prioritní funkce

- určí prioritu procesu v systému

rozhodovací pravidla

- jak rozhodnout při stejné prioritě

Tři zásadní údaje, které charakterizují plánovač

Plánovač – **Rozhodovací mód**

nepremptivní

- Proces využívá CPU, dokud se jej sám nevzdá (např. I/O)
- jednoduchá implementace
- vhodné pro dávkové systémy
- nevhodné pro interaktivní a RT systémy

preemptivní

- Kdy dojde k vybrání nového procesu pro běh ?
  - přijde nový proces (dávkové systémy – algoritmus SRT)
  - periodicky – kvantum (interaktivní systémy)
  - jindy – priorita připraveného > běžícího (RT systémy)
- Náklady (režie)
  - přepínání procesů, logika plánovače

Plánovač – **Prioritní funkce**

Funkce, bere v úvahu parametry procesu a systémové parametry

určuje prioritu procesu v systému

externí priority

- třídy uživatelů, systémové procesy

priority odvozené z chování procesu
(dlouho neběžel, čekal …)

Většinou dvě složky – statická a dynamická priorita

- Statická – přiřazena při startu procesu
- Dynamická – dle chování procesu (dlouho čekal, aj.)

Prioritní funkce (!)

priorita = statická + dynamická

proč 2 složky?
pokud by chyběla:

- statická – nemohl by uživatel např. při startu označit proces jako důležitější než jiný
- dynamická – proces by mohl vyhladovět, mohl by být neustále předbíhán v plánování jinými procesy s větší prioritou

Plánovač – Prioritní funkce

Co všechno může vzít v úvahu prioritní funkce:

čas, jak dlouho proces využíval CPU

aktuální zatížení systému

paměťové požadavky procesu

čas, který strávil v systému

celková doba provádění úlohy (limit)

urgence (RT systémy)

Plánovač – **Rozhodovací pravidlo**

malá pravděpodobnost stejné priority

- náhodný výběr

velká pravděpodobnost stejné priority

- cyklické přidělování kvanta
- chronologický výběr (FIFO)

Prioritní funkce může být navržena tak, že málokdy vygeneruje stejné priority, nebo naopak může být taková, že často (nebo když se nepoužívá vždy) určí stejnou hodnotu.
Pak nastupuje rozhodovací pravidlo.

Cíle plánovacích algoritmů

Každý algoritmus nutně upřednostňuje nějakou třídu úloh na úkor ostatních.

dávkové systémy
- dlouhý čas na CPU, omezí se přepínání úloh

interaktivní systémy
- Interakci s uživatelem, tj. I/O úlohy

systémy reálného času
- Dodržení deadlines

Společné cíle

spravedlivost

- srovnatelné procesy srovnatelně obsloužené

vynucovat stanovená pravidla

efektivně využít všechny části systému

nízká režie plánování

Dávkové systémy (!)

průchodnost (throughput)

- počet úloh dokončených za časovou jednotku

průměrná doba obrátky (turnaround time)

- průměrná doba od zadání úlohy do systému do dokončení úlohy

využití CPU

Průchodnost a průměrná doba obrátky jsou různé údaje ! Někdy snaha vylepšit jednu hodnotu může zhoršit druhou z nich.

Dávkové systémy

maximalizace průchodnosti nemusí nutně minimalizovat dobu obrátky

modelový příklad:

- dlouhé úlohy následované krátkými
- upřednostňování krátkých
- bude tedy dobrá průchodnost
- dlouhé úlohy se nevykonají
  - doba obrátky bude nekonečná

Interaktivní systémy

Chceme:

Minimalizaci doby odpovědi

ale je třeba dbát na:

efektivitu – drahé přepínání mezi procesy

Realtimové systémy

Dodržení deadlines

- termín, do kdy musí být daný proces obsloužen

Předvídatelnost

- Některé akce pravidelné, periodické (např. generování zvuku)

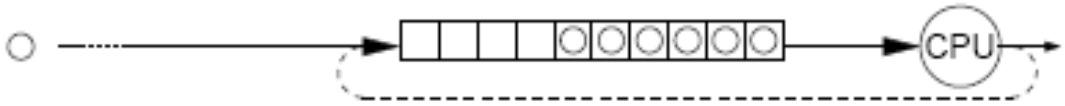
Plánování úloh v dávkových systémech

- FCFS (First Come First Served)
- SJF (Shortest Job First)
- SRT (Shortest Remaining Time)
  jediný z nich je preemptivní – vychází z SJF
- Multilevel Feedback

FCFS (First Come First Served)

FIFO

Nepreemptivní FIFO



Základní varianta

- Nově příchozí na konec fronty připravených
- Úloha běží dokud neskončí, poté vybrána další ve frontě (viz 1.)

Co když úloha provádí I/O operaci?

1. Zablokována, CPU se nevyužívá (základní varianta)
2. Do stavu blokovaný, běží jiná úloha po dokončení I/O zařazena na **konec** fronty připravených (častá varianta !!!)
   - I/O vázané úlohy znevýhodněny před výpočetně vázanými
3. Další možná modifikace –> po dokončení I/O na začátek fronty připravených

Poznámka

V následujících příkladech předpokládáme, že se uvažovaná úloha skládá jen z 1 dlouhého CPU burstu, tj. nečeká na I/O, tj. jen počítá

-aby šlo lépe nakreslit diagramy

U dávkových úloh můžeme odhadnout dobu provádění úlohy (třeba z dřívějších běhů) a tento čas může být velmi významný pro rozhodnutí plánovače.

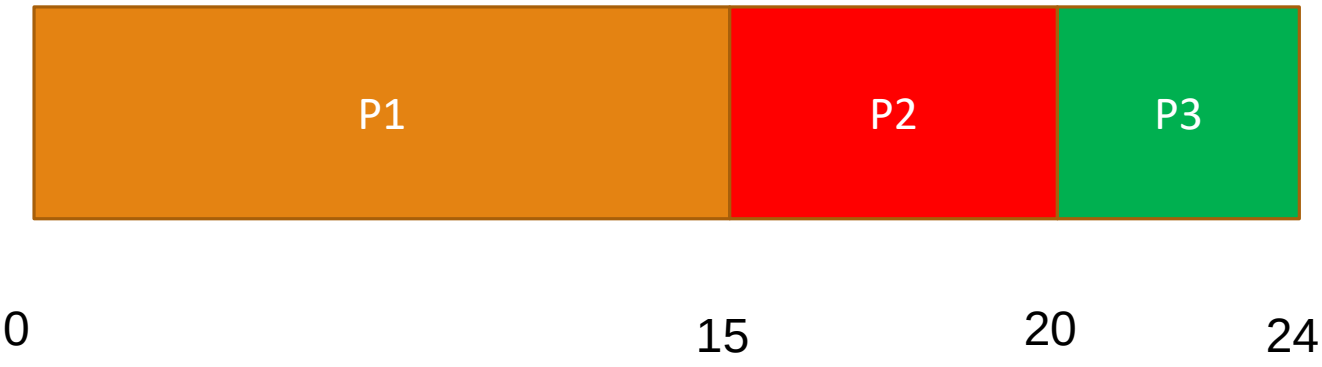
FCFS příklad

V čase nula budou v systému procesy P1, P2, P3 přišlé v tomto pořadí.

proces	Doba trvání (s)
P1	15
P2	5
P3	4

doba obrátky:
odešel
-
přišel

tedy:
P1: 15-0 = 15
P2: 20-0 = 20
P3: 24-0 = 24



průměrná doba obrátky: (15+20+24) / 3 = 19,666

SJF (Shortest Job First)

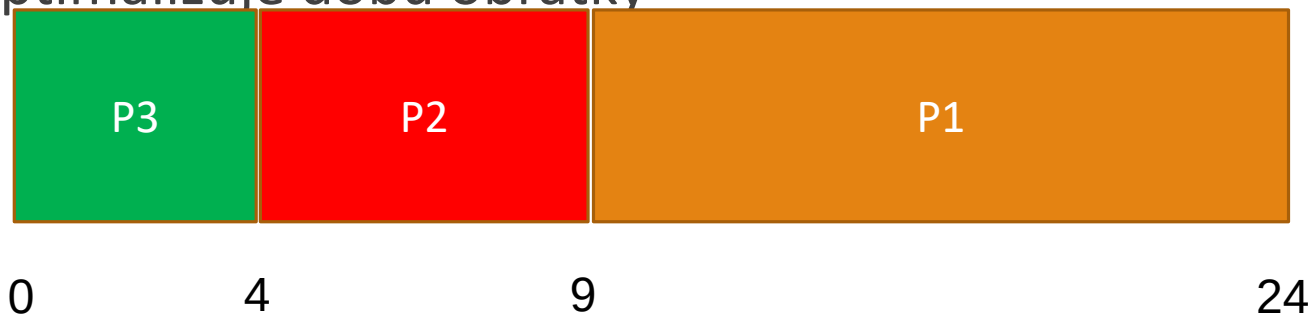
Nejkratší úloha jako první

Předpoklad – známe přibližně dobu trvání úloh

Nepreemptivní

- Jedna fronta příchozích úloh
- Plánovač vybere vždy úlohu s nejkratší dobou běhu

Optimalizuje dobu obrátky



průměrná doba obrátky: (4+9+24) / 3 = 12,3

Výpočet průměrné doba obrátky

Do systému přijdou v čase nula úlohy A,B,C,D s dobou běhu: 8, 4, 4, 4 minut. Úlohy budou tvořeny jedním CPU burstem.

FCFS

-Spustí v pořadí A, B, C, D dle strategie FCFS

-Doba obrátky:

- A 8 minut
- B 8+4 = 12 minut
- C 8+4+4 = 16 minut
- D 8+4+4 +4 = 20 minut

-Průměrná doba obrátky:
(8+12+16+20) / 4 = 14 minut

Výpočet průměrné doby obrátky

strategie plánovače **SJF**

V pořadí B, C, D, A – od nejkratší

- B 4 minuty
- C 4+4 = 8 minut
- D 4+4+4 = 12 minut
- A 4+4+4+8 = 20 minut

Průměrná doba obrátky
(4+8+12+20) / 4 = 11 minut

Průměrná doba obrátky je v tomto případě lepší

SRT (Shortest Remaining Time)

Úlohy můžou přicházet **kdykoliv *(nejen v čase nula)***

Preemptivní (!! možný přechod běžící - připravený)

- Plánovač vždy vybere úlohu, jejíž **zbývající** doba běhu je nejkratší (!!!)

Př. KDY dojde k preempci:
Právě prováděné úloze zbývá 10 minut, do systému právě teď přijde úloha s dobou běhu 1 minutu – systém prováděnou úlohu pozastaví a nechá běžet novou úlohu

i když by byla tvořena jen CPU burstem

Možnost vyhladovění dlouhých úloh (!) => neustále předbíhány krátkými

SRT příklad

Čas příchodu	Název úlohy	Doba úlohy (s)
0	P1	7
0	P2	5
3	P3	1

V čase 0 máme na výběr P1, P2. Naplánujeme P2 s kratší dobou běhu

V čase 3 přijde do systému nová úloha. Zkontrolujeme zbývající doby běhu úloh: P1(7), P2 (2), P3(1). Naplánujeme P3.

Jakmile skončí P3, naplánujeme P2, až doběhne, naplánujeme P1, …

Multilevel feedback

N prioritních úrovní

Každá úroveň má svojí frontu úloh

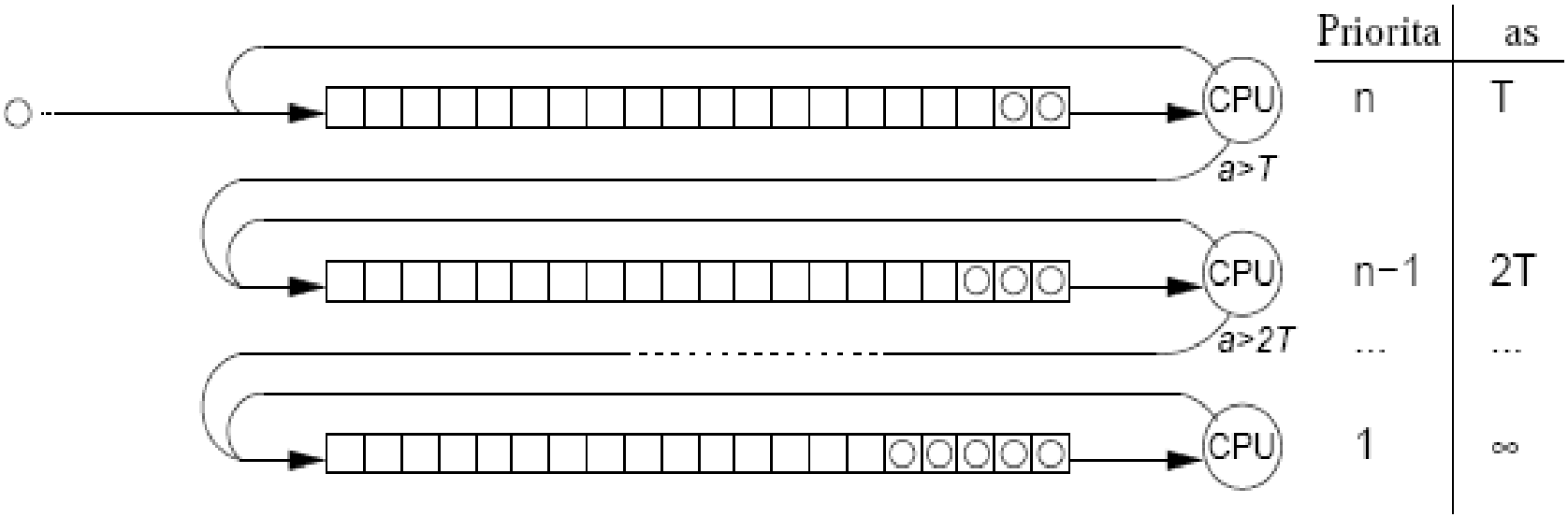
Úloha vstoupí do systému do fronty s nejvyšší prioritou (!)

Na každé prioritní úrovni

- Stanoveno maximum času CPU, který může úloha obdržet
- Např.: T na úrovni n, 2T na úrovni n-1 atd.
- Pokud úloha překročí tento limit, její priorita se sníží
- Na nejnižší prioritní úrovni může úloha běžet neustále nebo lze překročení určitého času považovat za chybu

Procesor obsluhuje nejvyšší neprázdnou frontu (!!)

Multilevel feedback



Výhoda – rozlišuje mezi I/O-vázanými a CPU-vázanými úlohami

Upřednostňuje I/O vázané – déle se drží ve vysokých frontách

Shrnutí – dávkové systémy

algoritmus	Rozh. mód	Prioritní funkce	Rozh. pravidlo
FCFS	Nepreemptivní	P(r) = r	Náhodně
SJF	Nepreemptivní	P(t) = -t	Náhodně
SRT	**Preemptivní (při příchodu úlohy)**	P(a,t) = a-t	FIFO nebo náhodně
MLF	nepreemptivní	Viz popis ☺	FIFO v rámci fronty

r celkový čas strávený úlohou v systému
t předpokládaná délka běhu úlohy
a čas strávený během úlohy v systému