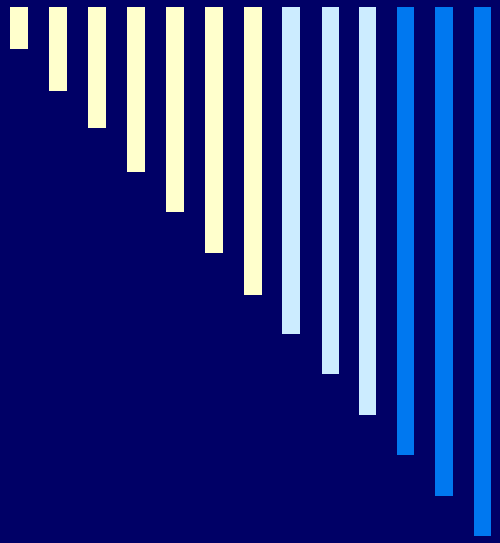
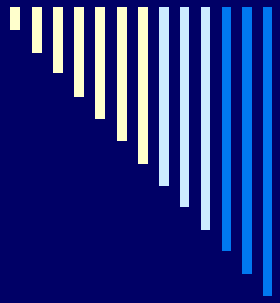


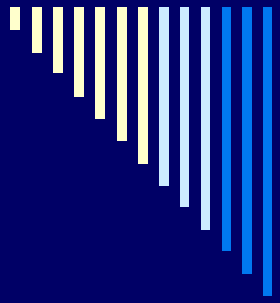
08.
Deadlock
Přidělování paměti

ZOS 2006, L. Pešička



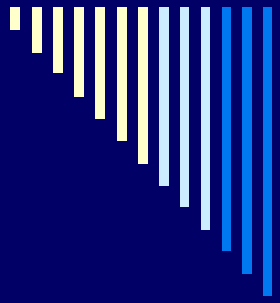
Obsah

- Deadlock
  - Jak předcházet, detekovat, reagovat
- Metody přidělování paměti



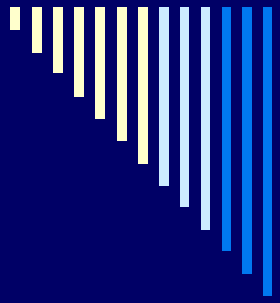
Jak se vypořádat s uvíznutím

1. Problém uvíznutí je zcela ignorován
2. Detekce a zotavení
3. Dynamické zabránění pomocí pečlivé alokace zdrojů
4. Prevence, pomocí strukturální negace jedné z dříve uvedených nutných podmínek pro vznik uvíznutí



1. Ignorování problému

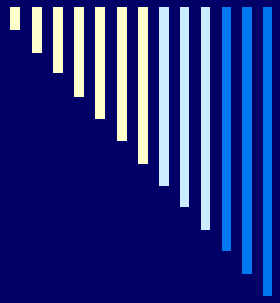
- Předstíráme, že problém neexistuje ☺
  - „pštrosí algoritmus“
- Vysoká cena za eliminaci uvíznutí
  - Např. činnost uživatelských procesů je omezena
  - Neexistuje žádné univerzální řešení
- Žádný ze známých OS se nezabývá uvíznutím uživatelských procesů
  - Snaha o eliminaci uvíznutí pro činnosti jádra



2. Detekce a uvíznutí

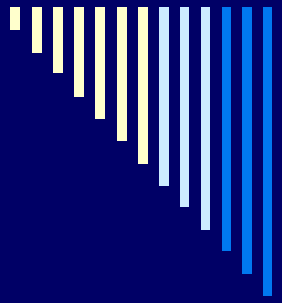
- Systém se nesnaží zabránit vzniku
- Detekuje uvíznutí
- Pokud nastane, provede akci pro zotavení

- Detekce pro 1 zdroj každého typu
  - Při žádostech o zdroj OS konstruuje graf alokace zdrojů
  - Detekce cyklu – pozná, zda nastalo uvíznutí
  - Různé algoritmy (teorie grafů)
    - Např. prohledávání do hloubky z každého uzlu, dojdeme-li do uzlu, který jsme již prošli - cyklus



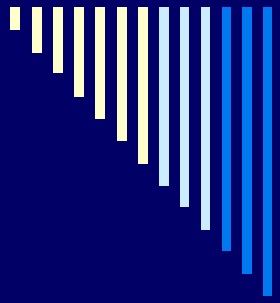
Zotavení z uvíznutí (pokračování 2.)

- Zotavení pomocí preempce
  - Vlastníkovi zdroj dočasně odejmout
  - Závisí na typu zdroje – často obtížné či nemožné
    - Tiskárna – po dotištění stránky proces zastavit, ručně vyjmout již vytištěné stránky, odejmout procesu a přiřadit jinému



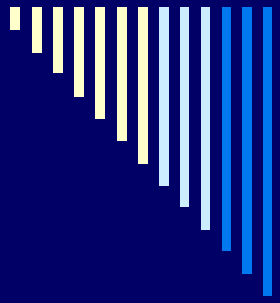
Zotavení z uvíznutí

- Zotavení pomocí zrušení změn (rollback)
  - **Častá uvíznutí** – checkpointing procesů
    = zápis stavu procesů do souboru, aby proces mohl být v případě potřeby vrácen do uloženého stavu
  - **Detekce uvíznutí** – nastavení na dřívější checkpoint, kdy proces ještě zdroje nevlastnil (následná práce ztracena)
  - Zdroj přiřadíme uvízlému procesu – zrušíme deadlock
  - Proces, kterému jsme zdroj odebrali – pokusí se ho alokovat - usne



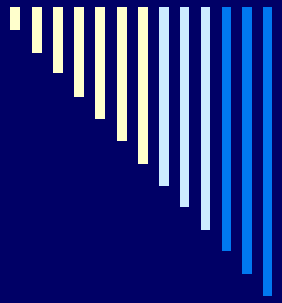
Zotavení z uvíznutí

- Zotavení pomocí zrušení procesu
  - Nejhorší způsob – zrušíme jeden nebo více procesů
  - Zrušit proces v cyklu
    - Pokud nepomůže, zrušíme další
- Často alespoň snaha zrušit procesy, které je možné spustit od začátku



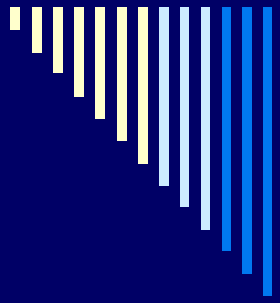
3. Dynamické zabránění

- Ve většině systémů procesy žádají o zdroje po jednom
- Systém rozhodne, zda je přiřazení zdroje bezpečné, nebo hrozí uvíznutí
- Pokud bezpečné – zdroj přiřadí, jinak pozastaví žádající proces
- Stav je bezpečný, pokud existuje alespoň jedna posloupnost, ve které mohou procesy doběhnout bez uvíznutí
- I když stav není bezpečný, uvíznutí nemusí nutně nastat



Bankéřův algoritmus pro jeden typ zdroje

- Předpokládáme více zdrojů stejného typu
  - Např. N magnetopáskových jednotek
- Algoritmus plánování, který se dokáže vyhnout uvíznutí (Dijkstra 1965)
- Bankéř na malém městě, 4 zákazníci – A, B, C, D
- Každému garantuje půjčku (6, 5, 4, 7) = 22 dohromady
- Bankéř ví, že všichni zákazníci nebudou chtít půjčku současně, pro obsluhu zákazníků si ponechává pouze 10



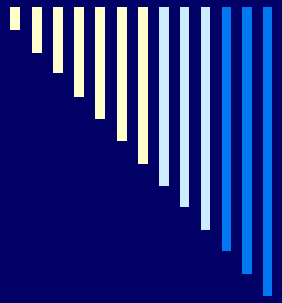
Bankéřův algoritmus

Zákazník	Má půjčeno	Max. půjčka
A	1	6
B	1	5
C	2	4
D	4	7

Bankéř má volných prostředků: 10 – (1+1+2+4) = 2

Stav je bezpečný, bankéř může pozastavit všechny požadavky kromě C

Dá C 2 jednotky, C skončí a uvolní 4, může použít pro D nebo B

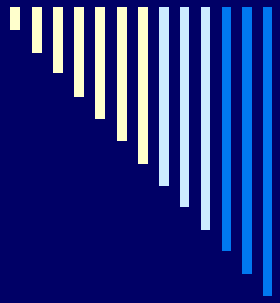


Bankéřův algoritmus (B o 1 více)

Zákazník	Má půjčeno	Max. půjčka
A	1	6
B	2	5
C	2	4
D	4	7

Dáme B o jednotku více;

Stav není bezpečný – pokud všichni budou chtít maximální půjčku, bankéř nemůže uspokojit žádného – nastalo by uvíznutí
Uvíznutí nemusí nutně nastat, ale s tím bankéř nemůže počítat …

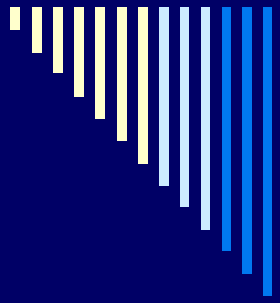


Rozhodování bankéře

- U každého požadavku - zda vede k bezpečnému stavu:

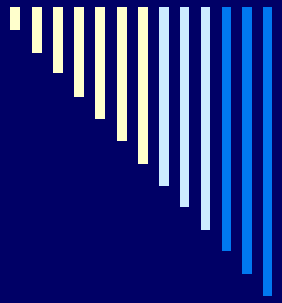
- Bankéř předpokládá, že požadovaný zdroj byl procesu přiřazen a že všechny procesy požádaly o všechny bankéřem garantované zdroje
- Bankéř zjistí, zda je dostatek zdrojů pro uspokojení některého zákazníka; pokud ano – předpokládá, že zákazníkovi byla suma vyplacena, skončil a uvolnil (vrátil) všechny zdroje

- Bankéř opakuje krok 2, pokud mohou všichni zákazníci skončit, je stav bezpečný



Vykonání požadavku

- Proces požaduje nějaký zdroj
- Zdroje jsou poskytnuty pouze tehdy, pokud požadavek vede k bezpečnému stavu
- Jinak je požadavek odložen na později
  – proces je pozastaven



Bankéřův algoritmus pro více typů zdrojů

- zobecněn pro více typů zdrojů
- používá dvě matice
  (sloupce – třídy zdrojů, řádky – zákazníci)
  - matice přiřazených zdrojů (current allocation matrix)
    - který zákazník má které zdroje
  - matice ještě požadovaných zdrojů (request matrix)
    - kolik zdrojů kterého typu budou procesy ještě chtít

	Zdroj R	Zdroj S	Zdroj T
Zák. A	3	0	1
Zák. B	0	1	0
Zák. C	1	1	1
Zák. D	1	1	0

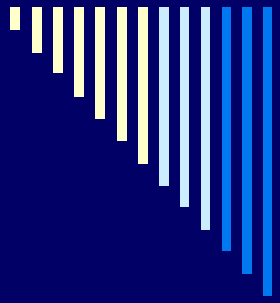
Matice přiřazených zdrojů

	Zdroj R	Zdroj S	Zdroj T
Zák. A	1	1	0
Zák. B	0	1	1
Zák. C	3	1	0
Zák. D	0	0	1

Matice ještě požadovaných zdrojů

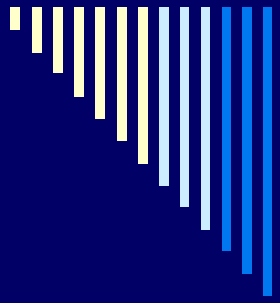
zavedeme vektor A volných zdrojů (available resources)

např. A = (1, 0, 1) znamená jeden volný zdroj typu R, 0 typu S, 1 typu T



Určení, zda je daný stav bezpečný

1. V matici ještě požadovaných zdrojů hledáme řádek, který je menší nebo roven A.
   Pokud neexistuje, nastalo by uvíznutí.
2. Předpokládáme, že proces obdržel všechny požadované zdroje a skončil. Označíme proces jako ukončený a přičteme všechny jeho zdroje k vektoru A.
3. Opakujeme kroky 1. a 2., dokud všechny procesy neskončí (tj. původní stav byl bezpečný), nebo dokud nenastalo uvíznutí (původní stav nebyl bezpečný)



Bankéřův algoritmus & použití v praxi

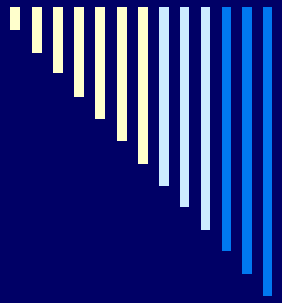
- publikován 1965, uváděn ve všech učebnicích OS
- v praxi v podstatě nepoužitelný
  - procesy obvykle nevědí dopředu, jaké budou jejich maximální požadavky na zdroje
  - počet procesů není konstantní (uživatelé se přihlašují, odhlašují, spouštějí procesy, ...)
  - zdroje mohou zmizet (tiskárně dojde papír ...)
- nepoužívá se v praxi pro zabránění uvíznutí
- odvozené algoritmy lze použít pro detekci uvíznutí při více zdrojích stejného typu

4. Prevence uvíznutí

- jak skutečné systémy zabraňují uvíznutí?
- viz 4 Coffmanovy podmínky vzniku uvíznutí

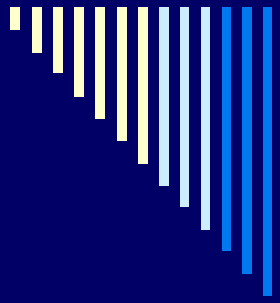
1. vzájemné vyloučení – výhradní přiřazování zdrojů
2. hold and wait – proces držící zdroje může požadovat další
3. nemožnost zdroje odejmout
4. cyklické čekání

- pokud některá podmínka nebude splněna – uvíznutí strukturálně nemožné



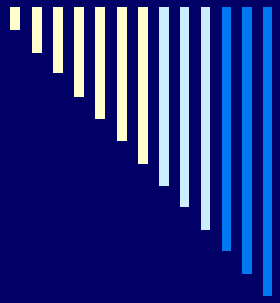
P1 – Vzájemné vyloučení

- prevence – zdroj nikdy nepřiřadit výhradně
- problém pro některé zdroje (tiskárna)
- spooling
  - pouze daemon přistupuje k tiskárně
  - nikdy nepožaduje další zdroje – není uvíznutí
- spooling není možný pro všechny zdroje (záznamy v databázi)
- převádí soutěžení o tiskárnu na soutěžení o diskový prostor – 2 procesy zaplní disk, žádný nemůže skončit



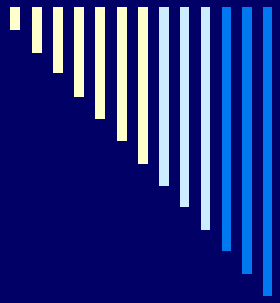
P2- Hold and wait

- proces držící výhradně přiřazené zdroje může požadovat další zdroje
- požadovat, aby procesy alokovaly všechny zdroje před svým spouštěním
  - většinou nevědí, které zdroje budou chtít
  - příliš restriktivní
  - některé dávkové systémy i přes nevýhody, zabraňuje deadlocku
- pokud proces požaduje nové zdroje, musí uvolnit zdroje které drží a o všechny požádat v jediném požadavku



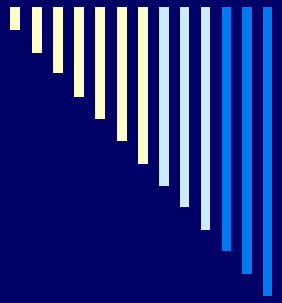
P3 – Nemožnost zdroje odejmout

- odejímat zdroje poměrně obtížné



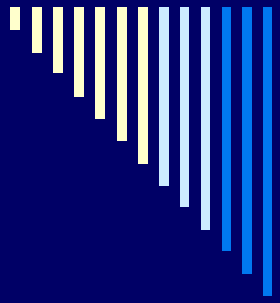
P4 – Cyklické čekání

- Proces může mít jediný zdroj, pokud chce jiný, musí předchozí uvolnit – restriktivní, není řešení ☹
- Všechny zdroje očíslovány, požadavky musejí být prováděny v číselném pořadí
  - Alokační zdroj nemůže mít cykly
  - Problém – je těžké nalézt vhodné očíslování pro všechny zdroje
  - Není použitelné obecně, ale ve speciálních případech výhodné (jádro OS, databázový systém, …)



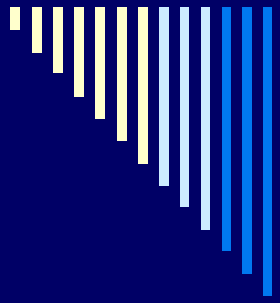
Př. Dvoufázové zamykání

- V DB systémech
- První fáze
  - Zamknutí všech potřebných záznamů v číselném pořadí
  - Pokud je některý zamknut jiným procesem
    - Uvolní všechny zámky a zkusí znovu
- Druhá fáze
  - Čtení & zápis, uvolňování zámků
- Zamyká se vždy v číselném pořadí, uvíznutí nemůže nastat



Shrnutí přístupu k uvíznutí

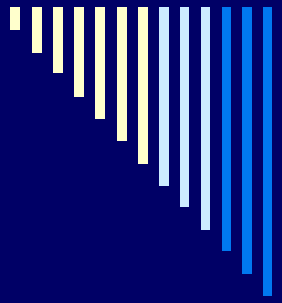
- Ignorování problému – většina OS ignoruje uvíznutí uživatelských procesů
- Detekce a zotavení – pokud uvíznutí nastane, detekujeme a něco s tím uděláme (vrátíme čas – rollback, zrušíme proces …)
- Dynamické zabránění – zdroj přiřadíme, pouze pokud bude stav bezpečný (bankéřův algoritmus)
- Prevence – strukturálně negujeme jednu z Coffman. Podmínek
  - Vzájemné vyloučení – spooling všeho
  - Hold and wait – procesy požadují zdroje na začátku
  - Nemožnost odejmutí – odejmi (nefunguje)
  - Cyklické čekání – zdroje očíslujeme a žádáme v číselném pořadí



Vyhladovění

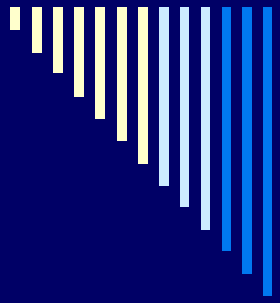
- Procesy požadují zdroje – pravidlo pro jejich přiřazení
- Může se stát, že některý proces zdroj nikdy neobdrží
  - I když nenastalo uvíznutí !

- Př. Večeřící filozofové
  - Každý zvedne levou vidličku, pokud je pravá obsazena, levou položí
  - Vyhladovění, pokud všichni zvedají a pokládají současně



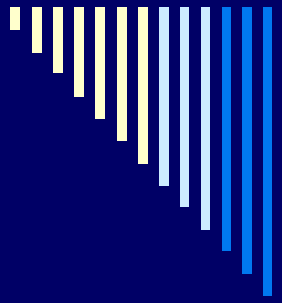
Vyhladovění 2

- Př. Přiřazování zdroje strategií SJF
  - Tiskárnu dostane proces, který chce vytisknout nejkratší soubor
  - 1 proces chce velký soubor, hodně malých požadavků – může dojít k vyhladovění
- Řešení – FIFO
- Řešení – označíme požadavek časem příchodu a při překročení povolené doby setrvání v systému bude obsloužen



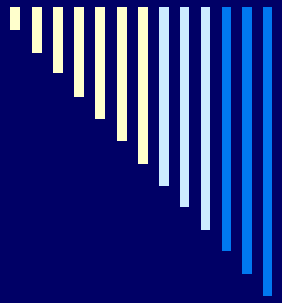
Terminologie

- Blokovaný (blocked, waiting), někdy: čekající
  - Základní stav procesu
- Uvíznutí, uváznutí, deadlock, někdy: zablokování
  - Neomezené čekání na událost
- Vyhladovění, starvation někdy: umoření
  - Procesy běží, ale nemohou vykonávat žádnou činnost
- Aktivní čekání (busy wait), s předbíháním (preemptive)



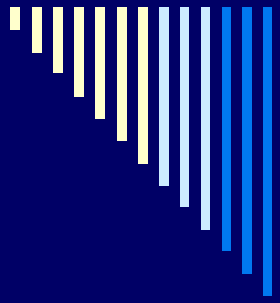
Správa hlavní paměti

- Ideál programátora
  - Paměť nekonečně velká, rychlá, levná
  - Zároveň persistentní (uchovává obsah po vypnutí)
  - Bohužel neexistuje
- Reálný počítač – hierarchie pamětí („pyramida“)
  - Registry CPU
  - Malé množství rychlé cache paměti
  - Stovky MB až gigabajty RAM paměti
  - GB na pomalých, levných, persistentních discích



Správce paměti

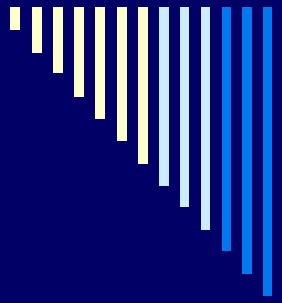
- Část OS, která spravuje paměť
- Udržuje informaci, které části paměti se používají a které jsou volné
- Alokuje paměť procesům podle potřeby
  - Důsledek malloc v jazyce C, new v Pascalu
- Zařazuje paměť do volné paměti po uvolnění procesem
  - Free v jazyce C, release v Pascalu



Mechanismy správy pamětí

- Od nejjednodušších (program má veškerou paměť) po propracovaná schémata (stránkování se segmentací)

- Dvě kategorie
- Základní mechanismy
  - Program je v paměti po celou dobu běhu
- Mechanismy s odkládáním
  - Programy přesouvány mezi hlavní pamětí a diskem



Základní mechanismy pro správu paměti

- Nejprve probereme základní mechanismy
- Bez odkládání a stránkování

- Jednoprogramové systémy
- Multiprogramování s pevným přidělením paměti
- Multiprogramování s proměnnou velikostí oblasti

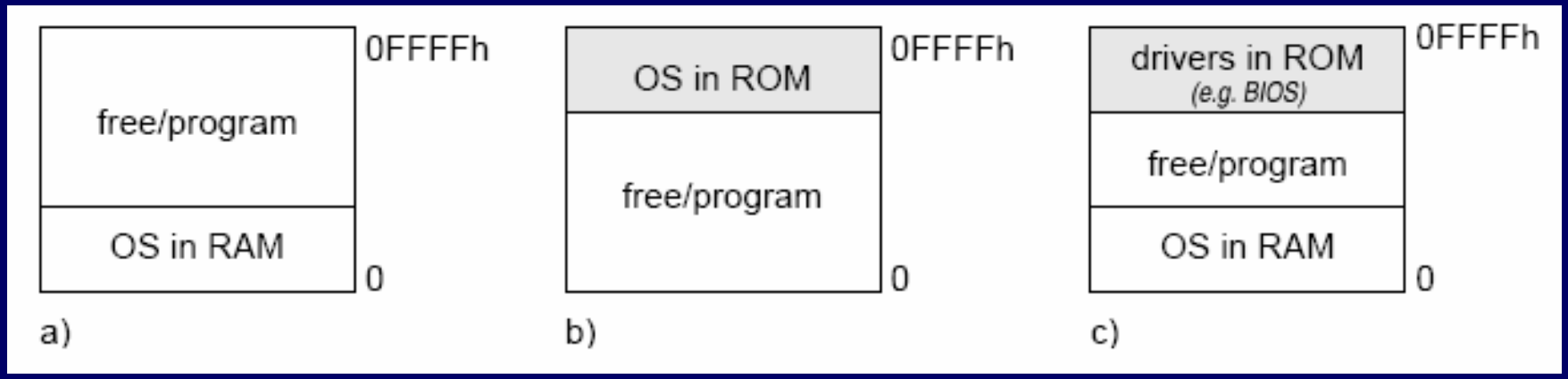
Jednoprogramové systémy

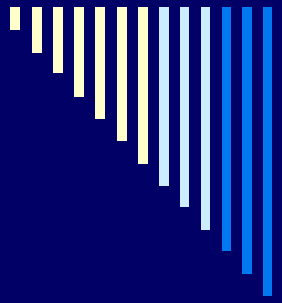
- Spouštíme pouze jeden program v jednom čase
- Uživatel – příkaz , OS zavede program do paměti
- Dovoluje použít veškerou paměť, kterou nepotřebuje OS
- Po skončení procesu lze spustit další proces

- Tři varianty rozdělení paměti

1. OS ve spodní části adresního prostoru v RAM (minipočítače)
2. OS v horní části adresního prostoru v ROM (zapouzdřené systémy)
3. OS v RAM, ovladače v ROM (PC – MS DOS v RAM, BIOS v ROM)

Jednoprogramové systémy

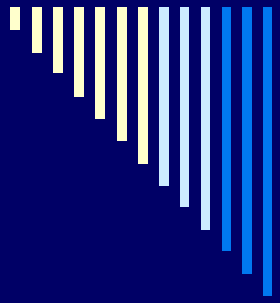




Multiprogramování s pevným přidělením paměti

- Většina současných systémů – paralelní nebo pseudoparelelní běh více programů = multiprogramování
- Práce více uživatelů, maxim. využití CPU apod.

- Nejjednodušší schéma – rozdělit paměť na n oblastí (i různé velikosti)
  - V historických systémech – ručně při startu stroje
  - Po načtení úlohy do oblasti je obvykle část oblasti nevyužitá
  - Snaha umístit úlohu do nejmenší oblasti, do které se vejde

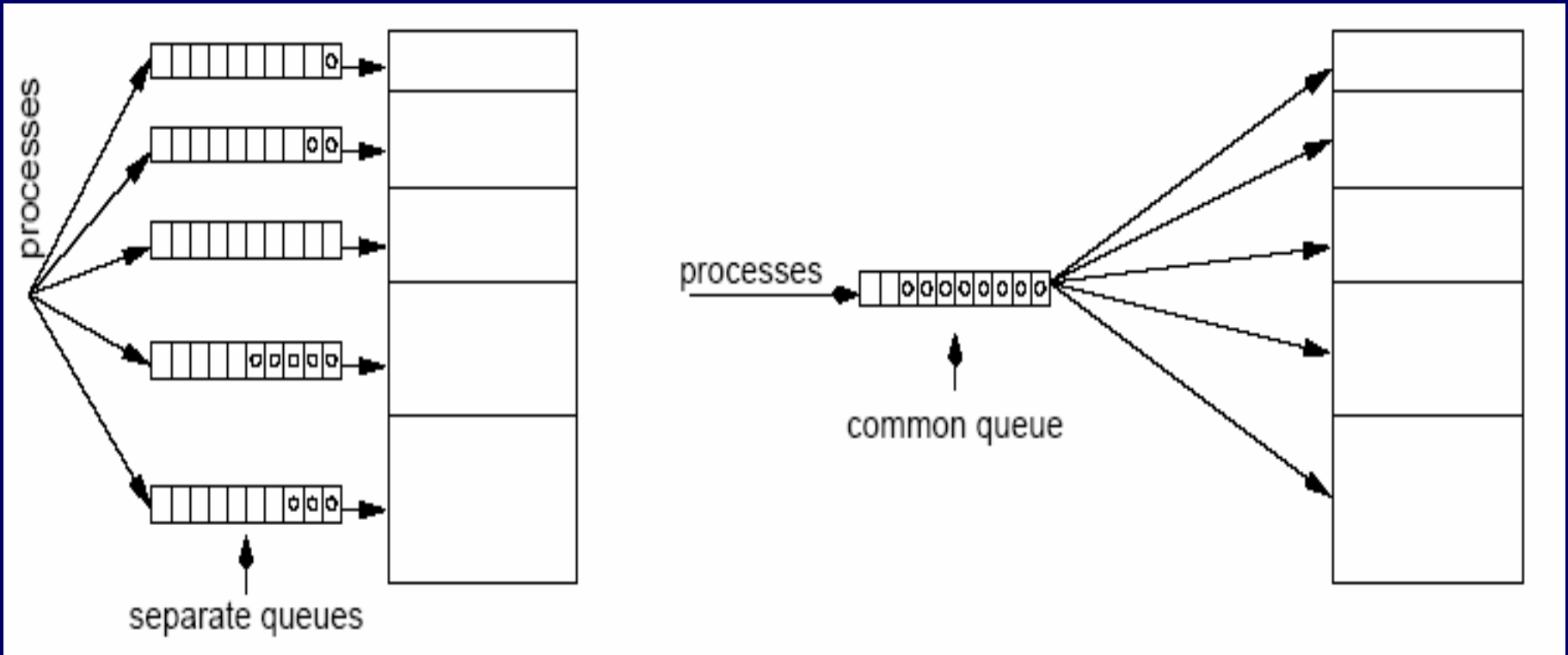


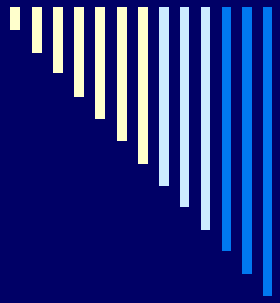
Pevné rozdělení sekcí

- Několik strategií

1. Více front, každá úloha do nejmenší oblasti, kam se vejde
2. Jedna fronta – po uvolnění oblasti z fronty vybrat největší úlohu, která se vejde

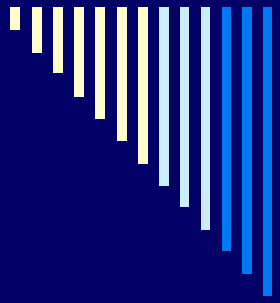
Pevné rozdělení sekcí





Pevné rozdělení sekcí - vlastnosti

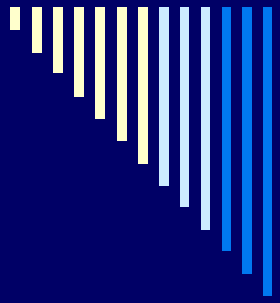
- Strategie 1.
  - Může se stát, že existuje neprázdná oblast, která se nevyužije, protože úlohy čekají na jiné oblasti
- Strategie 2.
  - Diskriminuje malé úlohy x malým bychom měli obvykle poskytnout nejlepší službu
  - Řešení – mít vždy malou oblast, kde poběží malé úlohy
  - Řešení – s každou úlohou ve frontě sdružit „čítač přeskočení“, bude zvětšen při každém přeskočení úlohy; po dosažení mezní hodnoty už nesmí být úloha přeskočena



Pevné rozdělení sekcí - poznámky

- Používal např. systém OS/360 (Multiprogramming with Fixed Number of Tasks)

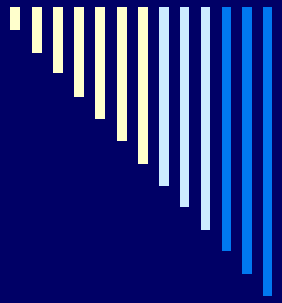
- Multiprogramování zvyšuje využití CPU
- Proces – část času p tráví čekáním na dokončení I/O
- N procesů – pst, že všechny čekají na I/O je: p^n
- Využití CPU je u = 1 – p^n



Poznámky

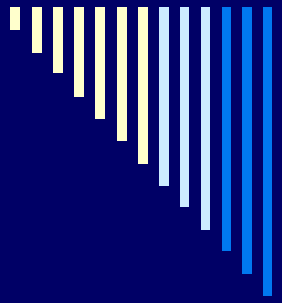
- Využití CPU je u = 1 – p^n
- Pokud proces tráví 80% času čekáním, p = 0.8
- n = 1 … u = 0.2 (20% času CPU využito)
- n = 2 … u = 0.36 (36%)
- n = 3 … u = 0.488 (49%)
- n = 4 … u = 0.5904 (59%)

- n je tzv. stupeň multiprogramování
- Zjednodušení, předpokládá nezávislost procesů, což při jednom CPU není pravda



Poznámky

- Při multiprogramování – všechny procesy je nutné mít alespoň částečně zavedeny v paměti, jinak neefektivní
- Odhad velikosti paměti
- Fiktivní PC 32MB RAM, OS 16MB, uživ. programy po 4MB
  - Max. 4 programy v paměti
- Čekání na I/O 80% času, využití CPU u=1 -0.8^4 = 0.5904
- Přidáme 16MB RAM, stupeň multiprogramování n bude 8
  - Využití CPU u=1 -0.8^8 = 0.83222784
- Přidání dalších 16MB – 12 procesů, u = 0.9313
- První přidání zvýší průchodnost 1.4x (o 40%)
  další přidání 1.12x (o 12%) – druhé přidání se tolik nevyplatí



Multiprogramování s proměnnou velikostí oblasti

- Viz p8mm.pdf