OS MMXXII

MIT ;)

https://pdos.csail.mit.edu/6.828

Zámky

Prečo nás má táto téma zaujímať?

- Používateľ spúšťa viacero programov naraz
- Jadro by malo vedieť obsluhovať viacero systémových volaní súčasne
- Takže viacero tokov vykonávania súčasne môže pristupovať k rôznym dátovým štruktúram

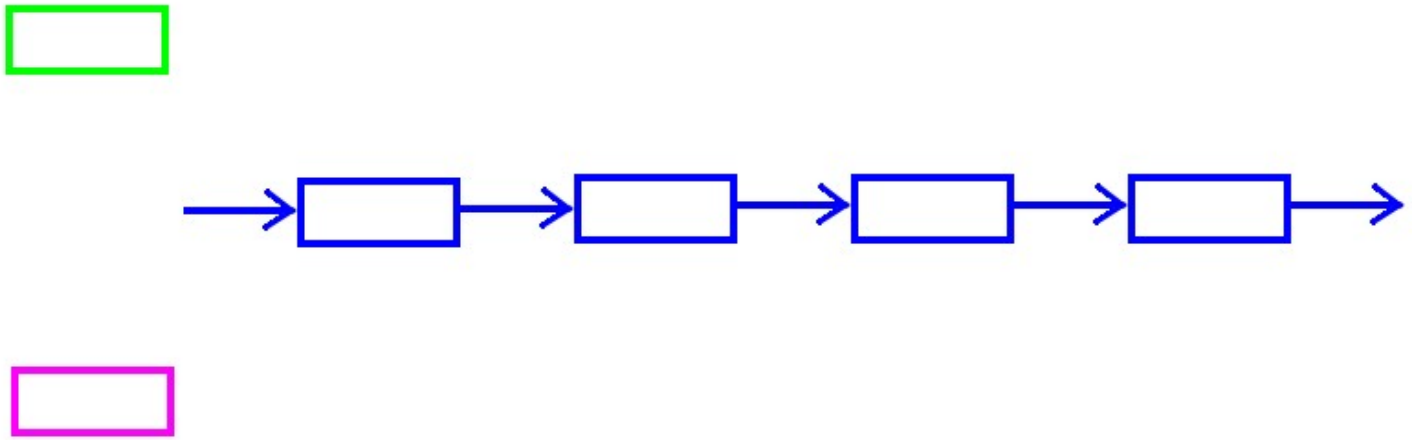
Prečo nás má táto téma zaujímať?

- Používateľ spúšťa viacero programov naraz
- Jadro by malo vedieť obsluhovať viacero systémových volaní súčasne
- Takže viacero tokov vykonávania súčasne môže pristupovať k rôznym dátovým štruktúram

- Zámky nám pomáhajú túto situáciu zvládať (spoločne to zvládneme?)
- Zámky znižujú efektivitu paralelného vykonávania (nie vždy to spoločne zvládneme!)

Prečo nás má táto téma zaujímať?

- Ukážka: zmažme `acquire()`/`release()` v `kfree()`
  - xv6 naštartuje normálne
  - Zbehnú všetky usertesty, okrem stratenia nejakých pamäťových rámcov... `` `usertests reparent2` ``
- Prečo príde k strate rámcov? Obrázok so súbehom
- Potrebujeme zámky pre zabezpečenie správnosti fungovania, ale zároveň strácame výkon (`kfree()` beží sériovo)



ADT Lock

- Už sme o ňom hovorili na minulej prednáške

- `lock l`
- `acquire(l)`
- `  x = x + 1` // KO (*critical section*)
- `release(l)`

ADT Lock

- Ak viacero vlákien (súčasne) vyvolá `acquire(l)`
  - Iba jednému vláknu sa podarí z funkcie vrátiť a pokračovať vo vykonavání ďalšieho kódu
  - Ostatné musia čakať na uvoľnenie (`release()`)

ADT Lock

- Ak viacero vlákien (súčasne) vyvolá `acquire(l)`
  - Iba jednému vláknu sa podarí z funkcie vrátiť a pokračovať vo vykonavání ďalšieho kódu
  - Ostatné musia čakať na uvoľnenie (`release()`)

- Zámok nie je automaticky spätý so žiadnou premennou – je na programátorovi, aby samotným kódom určil, na čo bude zámok slúžiť

Kedy použiť v kóde zámok?

- Ak viac tokov vykonávania môže súčasne pristúpiť k spoločnému pamäťovému miestu a aspoň jeden z týchto tokov vykonáva operáciu zápisu na danom pamäťovom mieste

- **Nikdy** v programe **nepristupuj** k zdieľaným údajom **bez** použitia správneho zámku (každý údaj môže mať vlastný zámok)

Automatické uzamykanie

- Vyššie programovacie jazyky poskytujú ADT s automatickou podporou uzamykania
- Tento prístup nie je možné použiť na všetky prípady použitia

Automatické uzamykanie

- Tento prístup nie je možné použiť na všetky prípady použitia
  - Napr. `rename("dir1/file1", "dir2/file2")`
    - `lock(dir1), erase(file1), unlock(dir1)`
    - `lock(dir2), add(file2), unlock(dir2)`
  - Problém: súbor istý časový interval nejestvuje
  - `rename()` musí byť **atomická** operácia

Automatické uzamykanie

- Tento prístup nie je možné použiť na všetky prípady použitia
  - Napr. `rename("dir1/file1", "dir2/file2")`
    - `lock(dir1), erase(file1), unlock(dir1)`
    - `lock(dir2), add(file2), unlock(dir2)`
  - Problém: súbor istý časový interval nejestvuje
  - `rename()` musí byť **atomická** operácia:
    - `lock(dir1), lock(dir2)`
    - `erase(file1), add(file2)`
    - `unlock(dir2), unlock(dir1)`
- Programátor musí mať kontrolu nad použitím

Na čo sú zámky dobré

1. Aby sme sa vyhli stratám údajov pri ich aktualizácii

Na čo sú zámky dobré

1. Aby sme sa vyhli stratám údajov pri ich aktualizácii
2. Aby sme dokázali z viackrokovej operácie urobiť atomickú operáciu (ukryť interný nekonzistentný medzistav)

Na čo sú zámky dobré

1. Aby sme sa vyhli stratám údajov pri ich aktualizácii
2. Aby sme dokázali z viackrokovej operácie urobiť atomickú operáciu (ukryť interný nekonzistentný medzistav)
3. Vo všeobecnosti na zachovanie *invariantov* pri rôznych ADT
   - Invariant je platný pred začatím operácie
   - Zámky „ukryjú” dočasné porušenie invariantu
   - Na konci operácie pred uvoľnením zámku sa platnosť invariantu obnoví

Uviaznutie

- Majme verziu `rename( )` s 2 zámkami

vlákno A:	vlákno B:
rename(“a/1”,”b/2”)	rename(“b/3”,”a/4”)
lock(a)	lock(b)
lock(b)	lock(a)
…	…

- Aké môže byť riešenie?

Uviaznutie

- Uzamykanie v tom istom poradí
  - Musíme vedieť, o ktoré zámky sa jedná
  - Zoradiť ich, a až potom volať `acquire()`
  - Príliš komplexné riešenie

- Programátor2 musí poznať kód, význam jednotlivých zámkov a miesta ich použitia

Zámky versus paralelné vykonávanie

- Zámky **ZNEMOŽŇUJÚ** paralelné vykonávanie

Zámky versus paralelné vykonávanie

- Zámky **ZNEMOŽŇUJÚ** paralelné vykonávanie
- Na umožnenie (čiastočného) paralelizmu je často nutné rozdeliť dátovú množinu (ktorú zámok chráni) na menšie časti
- Každá menšia časť bude mať vlastný zámok
- Viď úlohy cvičenia

- V zmysle delenia dátovej množiny hovoríme o granularite (hrubá versus jemná)

Zámky versus paralelné vykonávanie

- Nájdenie optimálnej granularity je netriviálna úloha

Zámky versus paralelné vykonávanie

- Nájdenie optimálnej granularity je netriviálna úloha
  - Celý FS / per adresár a súbor / per diskový blok
  - Celé jadro systému / každý subsystém / každý objekt

Zámky versus paralelné vykonávanie

- Nájdenie optimálnej granularity je netriviálna úloha
  - Celý FS / per adresár a súbor / per diskový blok
  - Celé jadro systému / každý subsystém / každý objekt

- Úloha 1 z cvičenia
  - 1 zoznam voľných rámcov RAM rozdeliť na toľko zoznamov, koľko je CPU
  - Každé CPU bude využívať svoj zoznam
  - Cieľ: môžu pristupovať k zoznamom súčasne

Granularita zámkov

- Ako nájsť správnu granularitu?

Granularita zámkov

- Ako nájsť správnu granularitu?
- Návrh začneme jedným veľkým zámkom (tzv. *big lock*)
  - Menšia šanca uviaznutia
  - Menej dokazovania správnosti invariantov

Granularita zámkov

- Ako nájsť správnu granularitu?
- Návrh začneme jedným veľkým zámkom (tzv. *big lock*)
  - Menšia šanca uviaznutia
  - Menej dokazovania správnosti invariantov
- Zmeriame efektivitu riešenia
  - Často riešenie s veľkými zámkami postačuje

Granularita zámkov

- Ako nájsť správnu granularitu?
- Návrh začneme jedným veľkým zámkom (tzv. *big lock*)
  - Menšia šanca uviaznutia
  - Menej dokazovania správnosti invariantov
- Zmeriame efektivitu riešenia
  - Často riešenie s veľkými zámkami postačuje
- Jemnejšiu granularitu riešime, iba ak je to nutné (s ohľadom na zmeranú efektivitu riešenia)

Implementácia zámkov

```
1 struct lock { int locked; }
2 acquire(l) {
3    while(1) {
4        if (l->locked == 0) {
5            l->locked = 1;
6            return;
7        }
8    }
9 }
```

Implementácia zámkov

- Ako vyriešiť súbeh?
- Potrebujeme atomickú operáciu

Implementácia zámkov

- Ako vyriešiť súbeh?
- Potrebujeme atomickú operáciu
  - Výmeny obsahu pamäťového miesta
  - Môže byť aj zložitejšia: CAS (*compare-and-swap*)

Implementácia zámkov

- Ako vyriešiť súbeh?
- Potrebujeme atomickú operáciu
  - Výmeny obsahu pamäťového miesta
  - Môže byť aj zložitejšia: CAS (*compare-and-swap*)
- Atomická inštrukcia `swap(addr, reg)`
  1. lock addr (globálne zamkne adresu (zbernicu))
  2. temp := *addr
  3. *addr := reg
  4. reg := temp
  5. unlock addr

Implementácia zámkov

- Implementácia ADT Spinlock pomocou CAS

Implementácia zámkov

- Implementácia ADT Spinlock pomocou CAS

```
acquire(l) {
     while(__sync_lock_test_and_set(&lk->locked, 1) != 0)
          ;
   }
```

Implementácia zámkov

- Implementácia ADT Spinlock pomocou CAS

```
acquire(l) {
    while(__sync_lock_test_and_set(&lk->locked, 1) != 0)
        ;
}
```

  - Ak `lk->locked` bolo rovné 1, inštrukcia znovu nastaví hodnotu 1; zároveň vráti hodnotu 1 (pôvodnú hodnotu pred zmenou)
  - Ak `lk->locked` bolo rovné 0, inštrukcia nastaví hodnotu 1 a vráti hodnotu 0 (pôvodnú hodnotu pred zmenou)

Poradie inštrukcií

- Doteraz sme predpokladali, že program sa vykonáva sekvenčne
  - T. j. majme sekvenciu ASM inštrukcií
  - Inštrukcie sa vykonávajú za sebou

Poradie inštrukcií

- Doteraz sme predpokladali, že program sa vykonáva sekvenčne
  - T. j. majme sekvenciu ASM inštrukcií
  - Inštrukcie sa vykonávajú za sebou

- Toto nie je pravda
  - GCC môže optimalizáciou poprehadzovať inštr.
  - CPU môže pri vykonavaní poprehadzovať inštr.

Poradie inštrukcií

Program 1:

locked = 1

x = x + 1

locked = 0

Program 2:

while(locked == 1)

….

locked = 1

x = x + 1

locked = 0

==========

locked = 1

locked = 0

x = x + 1

Poradie inštrukcií

- Aby sme zabránili poprehadzovaniu inštrukcií narábajúcich s pamäťou (ukazateľmi), využívame ďalšiu gcc *intrinsic* funkciu `__sync_synchronize()`

Poradie inštrukcií

- Aby sme zabránili poprehadzovaniu inštrukcií narábajúcich s pamäťou (ukazateľmi), využívame ďalšiu gcc *intrinsic* funkciu `__sync_synchronize()`

- Kompilátor nemôže presunúť inštrukcie pracujúce s pamäťou za volanie tejto „funkcie”
- Kompilátor by mal vygenerovať inštrukciu „*memory barrier*” pre cieľové CPU, aby ani CPU neprehodilo žiadnu pamäťovú inštrukciu spred bariéry za ňu

Načo je dobrý ADT Spinlock

- Neustále vyťažuje na 100% CPU; je potrebný?

- Využíva sa pri čakaní na „krátky” čas
  - Krátky čas znamená kratšie, ako je réžia nutná k preplánovaniu vlákna pri ADT Sleeplock
- Zároveň pri ADT Spinlock **NESMIE** prísť ku preplánovaniu
  - Pri možnosti preplánovania by mohlo nastať uviaznutie

Uviaznutie pri držaní ADT Spinlock

- Počas `sched()` P1 drží *spinlock* L1
- Obnoví sa beh procesu P2, a ten sa pokúsi vykonať `acquire(L1)`
- Keďže `acquire()` beží s vypnutými prerušeniami
  - tak časovač nemôže doručiť prerušenie,
  - preto sa P2 nemôže vzdať CPU,
  - takže P1 nemôže byť naplánovaný na beh,
  - a teda nemôže byť uvoľnený zámok L1.
- Nastáva uviaznutie (*deadlock*)

Načo je dobrý ADT Sleeplock

- Ak je čakanie dlhšie než réžia nutná k použitiu ADT Sleeplock
- Ak je nutné preplánovanie

- Čakajúce vlákno uvoľní CPU
- Zväčša sa čaká na externé udalosti (údaje zo zariadení)
- Klávesnica, disk, sieťová karta…

Domáce čítanie

Chapter 6

Locking

xv6: a simple, Unix-like teaching operating system

Implementácia ADT Sleeplock samoštúdium