PB173 – Ovladače jádra – Linux

IV. Chyby souběhu

Jiri Slaby

ITI, Fakulta informatiky

8. 10. 2013

Chyby souběhu, zámky

LDD3 kap. 5 (zastaralá)

Co je chyba souběhu

- Chyba závislá na načasování/prokládání operací

```
int *addr;
...
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
```

Ukázkový kód

Příklad chyby souběhu

```
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
```

Uvažujme `*addr == 0`

`*addr`	Vlákno A	Vlákno B
0	`int a = load(addr);`	<waiting>
0	`a = a + 1;`	
0	<schedule>	

`*addr`	Vlákno A	Vlákno B
0	`int a = load(addr);`	`int a = load(addr);`
0	`a = a + 1;`	`a = a + 1;`
1	<waiting>	`store(a, addr);`

`*addr`	Vlákno A	Vlákno B
0	`int a = load(addr);`	<exited>
0	`a = a + 1;`	
/*>1<*/	`store(a, addr);`	

Řešení chyb souběhu

- Atomickou operací ve stylu `load_inc_store`
  - Nutná podpora CPU
  - Ne na všechno jsou operace (vesměs jen +, -, load, store)
- Kritickou sekcí
  - Kus kódu vykonávaný max. jedním procesem
  - Zámky
- Read-copy-update (RCU)
  - Podrobnosti v LDD

Část I

Atomické operace, bitmapy

Atomické operace

- `linux/atomic.h`, `Documentation/atomic_ops.txt`
- `atomic_t a = ATOMIC_INIT(5)`
- Pojme 32 bitů se znaménkem (`int`) (historicky jen 24)
- `atomic_read`, `atomic_set`
- `atomic_add`, `atomic_inc`, `atomic_sub`, `atomic_dec`, `atomic_*_return` a další (LXR)

```
int *addr;                          atomic_t a;
...                                 ...
int a = load(addr);        ⇒        atomic_inc(&a);
a = a + 1;                          /* nebo atomic_add(1, &a); */
store(a, addr);
```

Řešení pomocí atomických operací

- `atomic64_t` (drahý na 32-bitu)

Úkol

Práce s atomickými typy

1. Definice jednoho `atomic_t` v `module_init`
2. Nastavit hodnotu na -3 (nejlépe staticky)
3. Atomicky jednou operací „přičíst 1 a přečíst hodnotu”
4. Přečtenou hodnotu vypsat do logu
5. Přičíst 3
6. Odečíst 1
7. Přečíst hodnotu a vrátit jako návratovou

Pozn.: tento kód nemažte, budeme s ním nadále pracovat

Atomické bitové operace

- Stačí-li 1 bit namísto `int`
- `linux/bitops.h`, `Documentation/atomic_ops.txt`
- `DECLARE_BITMAP(a, 1000)`
- `set_bit`, `clear_bit`, `test_bit`
- `test_and_set_bit`, `test_and_clear_bit`

Bitmapy lze použít i NEATOMICKY (např. v kritických sekcích)

- `linux/bitmap.h`
- `__set_bit`, `__clear_bit`
- `bitmap_zero`, `bitmap_fill`, `bitmap_copy`
- `bitmap_OP`, kde `OP` $\in \{$`and`, `or`, `xor`, `andnot`, `complement`$\}$
- `bitmap_empty`, `bitmap_full`, ...

Úkol

Práce s bitmapami

1. Definice bitového pole o 100 bitech
2. Výmaz pole (`bitmap_zero`)
3. Nastavení 2., 63. a 76. bitu
4. Výpis *longu* (`%lx`) s 63. bitem (`bitmapa[BIT_WORD(63)]`)
5. Výpis celé bitmapy (`bitmap_scnprintf`)
6. Výpis *longů* obsahující „1” bity (`for_each_set_bit`)
7. Výpis *pozice* 1. nastaveného bitu (`find_first_bit`)

Část II

Zámky

Zámky

Vytvoření kritické sekce

- Spinlocky
  - Čekání ve smyčce (požírá strojový čas)
  - Rychlé, nesmí se uvnitř spát (čekat)
- Mutexy
  - Spící, fronta čekatelů
  - Pomalejší než spinlock (viz tělo `__mutex_lock_common`)
- Semafory
  - Podobné mutexům
  - Počítadlo (jsou rekurzivní)
  - Dnes se používají výjimečně

POZOR

Zámky lze držet jen v jádře (po dobu vykonávání syscallu)

Zámky v jádře – spinlocky

- Čekání ve smyčce
- `linux/spinlock.h`, `Documentation/spinlocks.txt`
- `DEFINE_SPINLOCK(lock)`, `spinlock_t lock`
- `spin_lock`, `spin_unlock`
- Podobné `pthread` spinlockům

```
int *addr;
...
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
```

$\Rightarrow$

```
DEFINE_SPINLOCK(addr_lock);
int *addr;
...
spin_lock(&addr_lock);
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
spin_unlock(&addr_lock);
```

Řešení pomocí spinlocků

Úkol

Práce se spinlocky

- Úkol s atomickými operacemi přepište
- `atomic_t` změnte na obyčejný `int`
- A celý kód obalte spinlockem
- Vyzkoušejte

Zámky v jádře – mutexy

Mutexy

- Spící, fronta čekatelů
- `linux/mutex.h`
- `DEFINE_MUTEX(name)`
- `mutex_lock`, `mutex_unlock`
- Podobné `pthread` mutexům

```
int *addr;
...
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
```

⇒

```
DEFINE_MUTEX(addr_lock);
int *addr;
...
mutex_lock(&addr_lock);
int a = load(addr);
a = a + 1;
store(a, addr);
mutex_unlock(&addr_lock);
```

Řešení pomocí mutexů

Zámky v jádře – ostatní

Semafory

- `linux/semaphore.h`
- Víceméně nepoužívat
- Pozor: `DECLARE_MUTEX(lock)`
- `down`, `up`

Big Kernel Lock (BKL)

- Historický
- Hrubozrnný
- Pochází z dob počátku Linuxu
- `lock_kernel`, `unlock_kernel`

Úkol

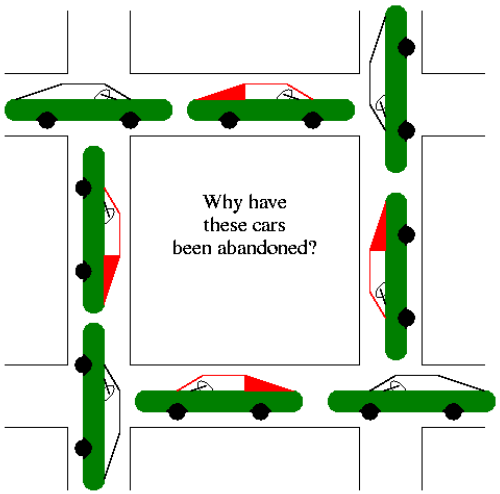
Atomické čtení/zápis bufferu o velikosti 128 bytů

- Globální buffer 128 B
- 2 znaková (misc) zařízení
  - 1 implementuje `.read`
  - 1 implementuje `.write`
- Zápis
  - Umožněn max. po 5 znacích (`.write` vrací max. 5)
  - Spí 20 ms po každém zápisu *znaku* do bufferu (`msleep` z `linux/delay.h`)
- Čtení
  - Vrátí naráz celých 128 B (je-li `count` dostatečně velký)
  - Musí vidět změny pouze po 5 znacích (až na poslední pětici)
- Vyzkoušejte

Pozn. 1: práce s `offp` v pb173/04
Pozn. 2: odevzdat s domácím

Deadlock

- 4 podmínky uváznutí
- Jádro spoléhá na programátora, že k němu nikdy nedojde
- LockDep
  - Dynamický mechanismus hledání chyb v zámcích
- Obvyklé typy chyb: ABBA, AA
- Obvyklé chyby: `lock` + `if` + `return` (*POZOR*)



Další problémy zámků

- Zpomalují kritický kód
  - Řešení: odstranit zámky
  - Např. kruhovými buffery
- Nevhodná granularita
  - Jeden zámek na všechno vs. jeden zámek na jednu činnost
  - Např. BKL, nebo naopak zámky každého registru
- Zahlcení
  - Příliš mnoho procesů čeká na zámek
  - Lze řešit přechodem na COW, RCU, RW zámky, . . .
  - Např. všechny procesy čekají na `tasklist_lock`