

Práce s pamětí

Tématicky zaměřený vývoj aplikací v jazyce C
skupina Systémové programování – Linux

Jiří Novosad

Fakulta informatiky
Masarykova univerzita
novosad@fi.muni.cz

Brno, 9. 12. 2016

Hrátky s pamětí

Sdílená a mapovaná paměť

Sdílená paměť

- jeden ze základních způsobů meziprocesové komunikace
- dva a více procesů sdílejí tutéž oblast v paměti
- velikost sdílené paměti je vždy násobkem velikosti stránky v systému (viz `man 3 sysconf` a `_SC_PAGESIZE`)
- nejrychlejší způsob komunikace (nekopírují se žádná data, teoreticky se nevstupuje do kernel-space)
- je ale třeba **důsledně** řídit přístup k paměti!

Sdílená paměť

- jeden ze základních způsobů meziprocesové komunikace
- dva a více procesů sdílí tutéž oblast v paměti
- velikost sdílené paměti je vždy násobkem velikosti stránky v systému (viz `man 3 sysconf` a `_SC_PAGESIZE`)
- nejrychlejší způsob komunikace (nekopírují se žádná data, teoreticky se nevstupuje do kernel-space)
- je ale třeba **důsledně** řídit přístup k paměti!

Princip fungování

- 1 jeden z procesů alokuje segment paměti požadované velikosti pro konkrétní klíč
- 2 ostatní procesy se k alokovanému segmentu připojují – musí znát identifikátor segmentu, který získají buď předáním ID nebo pomocí klíče a `shmget()`
- 3 po skončení práce se všechny procesy odpojí od alokovaného segmentu
- 4 jeden z procesů paměť nakonec dealokuje

Sdílená paměť – vytvoření / získání segmentu

```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/types.h>

int shmget(key_t key, size_t size, int shmflg);
key_t ftok(const char *pathname, int proj_id);
```

key – identifikátor segmentu, IPC_PRIVATE vytvoří nový segment

shmflg – IPC_CREAT, IPC_EXCL, přístupová práva (~ open(2))

pathname – cesta k existujícímu souboru

proj_id – 1 – 255

Sdílená paměť – použití segmentu

```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/types.h>

void *shmat(int shmid, const void *shmaddr, int shmflg);
int shmdt(const void *shmaddr);
int shmctl(int shmid, int cmd, struct shmids *buf);
```

shmflg – SHM_RND, SHM_RDONLY

cmd – IPC_STAT, IPC_RMID (exit nechává paměť alokovanou!), IPC_SET, ...

Ladění pomocí příkazu `ipcs -m`, odstranění příkazem `ipcrm`.

Sdílená paměť – ukázka

```
/* prepare key */
key_t shmkey = ftok("./somefile", 1);

/* get a piece of memory */
size_t page_size = sysconf(_SC_PAGESIZE);
int shmid = shmget(shmkey, page_size, IPC_CREAT | S_IRUSR | S_IWUSR);

/* attach to the process address space */
void *shared_memory = shmat(shmid, NULL, 0);

/* do the job */

/* declare memory to be destroyed */
if (shmctl(shmid, IPC_RMID, NULL) == -1) {
    perror("shmctl FAILURE");
}

/* detach the memory */
shmdt(shared_memory);
```

úkol

- program po spuštění uloží do sdílené paměti řetězec (parametr programu)
- následně každou sekundu v cyklu vypisuje řetězec obsažený ve sdílené paměti
- \Rightarrow při spuštění další instance programu začnou všechny předchozí instance vypisovat nový řetězec
- (zatím) neřešte synchronizaci

Mapovaná paměť

- opět jeden z nástrojů meziprocesové komunikace
- dva a více procesů komunikují pomocí sdíleného souboru (paměťový segment se jménem)
- druhým (častějším) použitím je urychlení (zjednodušení) práce se souborem
- se souborem budeme pracovat jako s pamětí, bez `read()/write()`
- Linux vytvoří asociaci mezi souborem a pamětí a obsah souboru namapuje do stránek v paměti
- `/proc/$PID/maps`

Mapovaná paměť

```
#include <sys/mman.h>
void *mmap(void *addr, size_t length, int prot, int flags,
           int fd, off_t offset);
int munmap(void *addr, size_t length);
```

prot – PROT_READ, PROT_WRITE, PROT_EXEC, PROT_NONE

flags – MAP_PRIVATE / MAP_SHARED, MAP_LOCKED, MAP_ANONYMOUS

offset – násobek `sysconf(_SC_PAGE_SIZE)`

```
#include <sys/mman.h>
int msync(void *addr, size_t length, int flags);
```

flags – MS_ASYNC / MS_SYNC, MS_INVALIDATE

Mapovaná paměť – ukázka

- opening file

```
if ((fd = open("./mapped_file", O_CREAT | O_RDWR,  
              S_IRUSR | S_IWUSR)) == -1) {  
    perror("open failed");  
}
```

- map the file into the memory

```
mm_addr = (char *)mmap(NULL, length, PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);  
if (mm_addr == MAP_FAILED) {  
    perror("mmap failed");  
}
```

Mapovaná paměť – ukázka

- opening file

```
if ((fd = open("./mapped_file", O_CREAT | O_RDWR,  
              S_IRUSR | S_IWUSR)) == -1) {  
    perror("open failed");  
}
```

- getting space in the file

```
ftruncate(fd, length);
```

- map the file into the memory

```
mm_addr = (char *)mmap(NULL, length, PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);  
if (mm_addr == MAP_FAILED) {  
    perror("mmap failed");  
}
```

úkol

- reimplementujte předchozí úkol pomocí mapované paměti

úkol

- reimplementujte předchozí úkol pomocí mapované paměti
- přidejte synchronizaci procesů, například pomocí čtecích/zápisových zámků souborů

Přístupová práva k paměti

- Změna práv nastavených pomocí parametru `prot` funkce `mmap`

```
#include <sys/mman.h>
int mprotect(const void *addr, size_t len, int prot);
```

Uzamykání stránek ve fyzické paměti

```
#include <sys/mman.h>
int mlock(const void *addr, size_t len);
int munlock(const void *addr, size_t len);
int mlockall(int flags);
int munlockall(void);
```

- zabránění přesunu dat z RAM do SWAPu
- uzamykají se pouze celé stránky
- zamykat může proces do velikosti RLIMIT_MEMLOCK, s právy superuživatele neomezeně
- požadavek na nízkou latenci (RT)
- požadavek na bezpečnost

Vytváření dočasných souborů

Vytváření dočasných souborů

```
#include <stdlib.h>
int mkstemp(char *template);
char *mkdtemp(char *template);

int mkostemp(char *template, int flags);
int mkstemps(char *template, int suffixlen);
int mkostemps(char *template, int suffixlen, int flags);

FILE *tmpfile(void);
```

- **bezpečné** vytváření dočasných souborů (adresářů) – řešení problému souběhu
- `template` je modifikován, takže nesmí jít o konstantní řetězec
- formát `template` je `'jmenoXXXXXX'`
- nepoužívat: `mktemp(3)`, `tempnam(3)`, `tmpnam(3)`

Závěr

shrnutí, domácí úkoly a zdroje

Domácí úkol

Dokončete úlohy ze cvičení

Zdroje

- beej.us/guide/bgipc/output/html/multipage/mmap.html
- www.cs.cf.ac.uk/Dave/C/node27.html
- www.tldp.org/HOWTO/Secure-Programs-HOWTO/avoid-race.html