Procesy

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

Martin Dražar, Martin Husák, Petr Velan

Fakulta informatiky
Masarykova univerzita
drasar@ics.muni.cz

Brno, 18. října 2015

Úvod

systémová volání

Systémová volání

Jsou způsobem komunikace s jádrem systému.

```
man syscalls
```

Je zde ještě důležitější než u jiných funkcí kontrolovat návratové hodnoty!

Chybové kódy systémových volání

- obvykle: 0 v případě úspěchu, -1 při chybě
- ```
  #include <errno.h>
  int errno;
  ```
- příklady hodnot:

```
EACCES      Permission denied
EAGAIN      Resource temporarily unavailable
EBADF       Bad file descriptor
...
```
```

Ošetření chyb

- tisk chybové zprávy na stderr

```
#include <stdio.h>
void perror(const char *s);
```

- řetězec popisující chybu

```
#include <string.h>
char *strerror(int errnum);
```

- skupina funkcí z `err(3)`

Příklad

```
fd = open ("file.txt", O_RDONLY);
if (fd == -1) {
    fprintf (stderr, "open system call failed (%s)\n",
        strerror(errno));
    /* here you should cope with the error, e.g. exit program */
}
```

Procesy

vytvoření, ukončení a čekání na ukončení procesů

Co je to proces I

Proces

Instance běžícího programu – objekt pracující podle kódu programu, má vlastní adresní paměťový prostor, využívá prostředky jádra a komunikuje s ostatními procesy.

Co je to proces I

Proces

Instance běžícího programu – objekt pracující podle kódu programu, má vlastní adresní paměťový prostor, využívá prostředky jádra a komunikuje s ostatními procesy.

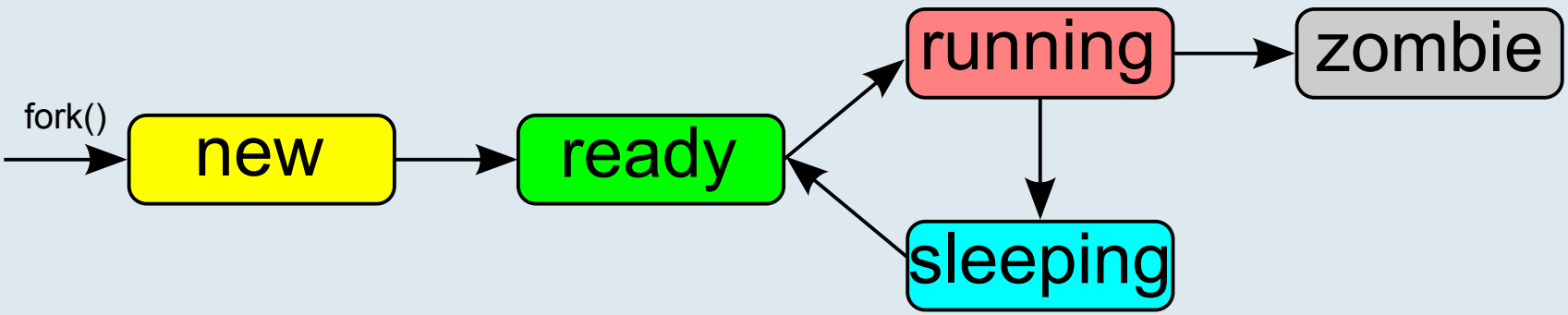
- jednoznačná identifikace procesu pomocí *process id* (PID)

```
$ ps
  PID TTY          TIME CMD
 3370 pts/0    00:00:00 bash
28553 pts/0    00:00:59 kile
```

- každý proces má svého rodiče
  - → výjimkou je pouze proces `init`
  - → struktura procesů má podobu stromu s kořenem v podobě procesu `init`
- další informace o procesu najdete v adresáři `/proc/<PID>/`

Co je to proces II

Životní cyklus procesu



Stavy procesu (podle `ps`)

- R – připravený nebo běžící (running)
- S – blokovaný (sleep)
- Z – zombie, defunct
- T – pozastavený nebo krokovaný (stopped, traced)
- D – nepřerušitelný spánek
- X – mrtvý

Vytvoření nového procesu I

```
#include <stdlib.h>
int system(const char *command);
```

- snadné použití
- blokující
- neefektivní – funkce `system()` vytváří proces shellu (interpret příkazů) a v rámci něj volá požadovaný příkaz

  ```
  /bin/sh -c command
  ```

- nespoléhejte na dostupnost konkrétního shellu!
  Problém přenositelnosti není jen v jazyce C – bash, dash, ...

Vytvoření nového procesu I

```
#include <stdlib.h>
int system(const char *command);
```

- snadné použití
- blokující
- neefektivní – funkce `system()` vytváří proces shellu (interpret příkazů) a v rámci něj volá požadovaný příkaz

  ```
  /bin/sh -c command
  ```

- nespoléhejte na dostupnost konkrétního shellu!
  Problém přenositelnosti není jen v jazyce C – bash, dash, ...

úkol

Napište program, který vytiskne seznam procesů.

Vytvoření nového procesu II

```
#include <unistd.h>
pid_t fork(void);
```

- vytvoří nový proces jako kopii nadřízeného procesu
- neblokující – rozdělení běhu programu do dvou samostatných instancí
- nový proces se liší svým PID

Funkce pro zjištění PID

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t getpid(void);
pid_t getppid(void);
```

úkol

Pomocí `fork()` vytvořte nový proces – oba procesy vytisknou hlášku, která je identifikuje.

Příklad – fork()

```c
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

int main () {
    pid_t child; /* child's PID */

    child = fork();
    if (child == -1) {                  /* some error ocured */
        perror("fork() failed");
        return 1;
    } else if (child == 0) {               /* child process */
        printf("Child process\n");
        printf("\tPID          : %d\n", (int)getpid());
        printf("\tparent's PID: %d\n", (int)getppid());
    } else {                                /* parent process */
        printf("Parent process\n");
        printf("\tPID          : %d\n", (int)getpid());
        printf("\tchild's PID : %d\n", (int)child);
    }
    return 0;
}
```

Skupina funkcí exec

```
#include <unistd.h>
int execl(const char *path, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execle(const char *path, const char *arg,
                  ..., char * const envp[]);
int execv(const char *path, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- nahrazení běžícího procesu jiným programem
- v případě úspěchu se funkce nikdy nevrací

úkol

Rozšiřte předchozí příklad o volání funkce z rodiny `exec` a vypsání běžících procesů. Rodičovský proces stále vypisuje svůj identifikační řetězec.

Příklad – execlp()

```c
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

int main () {
    pid_t child; /* child's PID */

    child = fork();
    if (child == -1) {        /* some error ocured */
        perror("fork() failed");
        return 1;
    } else if (child == 0) {      /* child process */
        execlp("ls", "ls", "-l", NULL);
        /* never should be here */
        perror("exec failed");
        exit(1);
    }

    /* do some useful work */

    return 0;
}
```

Čekání na ukončení procesu I

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
pid_t wait(int *status);
```

- čekání na ukončení libovolného z podřízených procesů
- pouze blokující režim

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

- čekání na ukončení (nebo změnu stavu – podle nastavení `options`) konkrétního podřízeného procesu
- blokující i neblokující (`WNOHANG`) režim

úkol

Upravte předchozí program tak, aby rodičovský proces vypsal svůj text VŽDY jako poslední.

Čekání na ukončení procesu II

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
int waitid(idtype_t idtype, id_t id, siginfo_t *infop, int options);
```

- od verze Linuxového jádra 2.6.9
- umožňuje čekat na konkrétní změnu stavu
- identifikace procesu, na který se čeká, podle různých kritérií: `P_PID`, `P_PGID`, `P_ALL`
- struktura `siginf_t` obsahuje po návratu stavové informace o procesu

Příklad – waitid()

```
int main () {
    pid_t child; /* child's PID */
    int ret;
    siginfo_t info;

    child = fork();
    if (child == -1) {        /* some error ocured */
        perror("fork() failed"); exit(1);
    } else if (child == 0) {      /* child process */
            execlp("ls", "ls", "-l", "myfile", NULL);
            /* never should be here */
            perror("exec failed"); _exit(1);
    }

    ret = waitid(P_PID, (int)child, &info, WEXITED);
    if (ret == -1) {
            perror("waitid failed"); return 1;
    }
    printf("Child's exit status: %d\n", info.si_status);

    return 0;
}
```

Činnosti při ukončení procesu

```
#include <stdlib.h>
int atexit(void (* function)(void));
int on_exit(void (*function)(int , void *), void *arg);
```

- registrace funkcí prováděných při ukončení procesu (`exit(3)` a `return` ve funkci main)
- funkce se volají v opačném pořadí než jsou registrovány

Činnosti při ukončení procesu

```
#include <stdlib.h>
int atexit(void (* function)(void));
int on_exit(void (*function)(int , void *), void *arg);
```

- registrace funkcí prováděných při ukončení procesu (`exit(3)` a `return` ve funkci main)
- funkce se volají v opačném pořadí než jsou registrovány

```
#include <unistd.h>
void _exit(int status);
```

Další operace s procesy

- asynchronní uklízení podřízených procesů
- ukončování jiných procesů
- a nejen to

Další operace s procesy

- asynchronní uklízení podřízených procesů
- ukončování jiných procesů
- a nejen to

Signály

Úvod

nastavení a změna práv procesu

Práva procesu I

Každý proces má přiřazena práva uživatele (UID) a skupiny (GID) – vlastně jich je několik.

Reálné ID (RID)

- ID uživatele/skupiny, který spustil daný proces
- kontrolované při volání `access(2)`
- kontrolované při posílání signálů
- kontrolované při změně EID

Efektivní ID (EID)

- ID uživatele/skupiny vlastnící (**setuid/setgid**) spustitelný soubor
- kontrolovaný při ostatních operacích (systémová volání)
- pokud EID $\neq 0$, lze ho změnit pouze na hodnotu RID nebo uloženého Set-User/Group-ID
- pokud EID $= 0$, lze ho změnit na jakoukoliv hodnotu

Práva procesu II

Uložené Set-User/Group-ID

- kopie EID při startu procesu

set-UID/GID programy

- z příkazové řádky pomocí *chmod(1)*: `# chmod u+s myprog`

```
# chmod 4711 myprog
# ls -l myprog
-rwsr-xr-x    1 root     root    302485 Jun 15 10:45 myprog
```

POSIX funkce pro práci s ID

- getuid(), geteuid(), getgid(), getegid()
- setuid() (*a.k.a. one-way trip*), setgid()
- seteuid(), setreuid(), setegid(), setregid()
- getresuid, setresuid(), getresgid(), setresgid() - GNU rozšíření

Dropping Privileges

```
/* Init UID: real=10 effective=0 saved=0 */
orig_euid = geteuid();

/* drop privileges temporarily */
seteuid(getuid());

/* do some work with UID: real=10 effective=10 saved=0 */

/* drop privileges permanently */
setuid(getuid());
```

Dropping Privileges

```
/* Init UID: real=10 effective=0 saved=0 */
orig_euid = geteuid();

/* drop privileges temporarily */
seteuid(getuid());

/* do some work with UID: real=10 effective=10 saved=0 */

/* drop privileges permanently */
setuid(getuid());

/* WRONG! Since it's not a privileged process it affects only EID */
/* UID: real=10 effective=10 saved=0 */

/* do it right now */
setreuid(getuid(), getuid());

/* if RID specified, it also changes saved ID to the EID value */
/* UID: real=10 effective=10 saved=10 */
```

Nebezpečí privilegovaných procesů

- pracujte vždy s nejnižšími právy
- vyhněte se volání `access()` (time-of-check/time-of-use)
- pamatujte na hodnotu `umask()` (a mód volání `creat`)
- pozor na `exec()` (nebo `system()`, `popen()`, etc.)
  - dropněte práva
  - zavřete všechny nepotřebné file deskriptory
  - vyčistěte sadu proměnných prostředí
- vyhněte se `exec` funkcím používajícím PATH
- kontrolujte návratové hodnoty funkcí

Závěr

domácí úkoly a zdroje

Domácí úkol I.

Vytvořte základ pro Internet of Tanks

- 3 samostatné programy: world, tank, tankclient
- Všechny programy překládá buildystém najednou
- Každý program zpracovává parametry příkazové řádky a obsahuje nápovědu pro každý z nich

Domácí úkol II.

World

- Podle konfigurace spouští daný počet tanků každého týmu
- Každý tank bude spuštěn na náhodných neobsazených celočíselných souřadnicích v mezích herní plochy
- Po ukončení procesu tanku (zničení) spustí nový tank ze stejného týmu
- Program se ukončí po zničení daného počtu tanků
- Program bude průběžně zobrazovat herní plochu s barevně odlišenými tanky a také statistiku kolik tanků bylo zničeno
- Herní plocha bude vykreslena pomocí ncurses
- Při ukončení programu vypíše finální statistiku
- Přepínače
  - –green-tanks N (Vytvoří N zelených tanků)
  - –red-tanks N (Vytvoří N červených tanků)
  - –total-respawn N (Bude obnoveno celkem N zničených tanků)
  - –area-size N M (Herní oblast velikost N x M)
  - –help|-h (Vypíše nápovědu)

Domácí úkol III.

Tank

- Tank se po spuštění na náhodný čas uspí (man usleep(3)) a pak se ukončí
- Délka spánku je ovlivněna parametry při spuštění
- Přepínače
  - –sleep-max N (Horní hranice pro uspání v sekundách)
  - –sleep-min N (Dolní hranice pro uspání v sekundách)
  - –help|-h (Vypíše nápovědu)

Tankclient

- Zatím nic nedělá
- Přepínače
  - –help|-h (Vypíše nápovědu)

Kontrolujte smysluplnost parametrů!

Knihovna ncurses

- Knihovna pro vytváření textových uživatelských rozhraní
- Stejné API napříč systémy a různými typy terminálů
- Abstrakce oken, panelů a jiných objektů známých z grafických rozhraní
- Umožňuje reagovat na jednotlivá zmáčknutí kláves a změny velikostí okna

Knihovna ncurses – příklad

```
#include <ncurses.h>

void main()
{
   initscr();    // Inicializace ncurses
   // Nove okno: 12 radku, 30 sloupcu,
   //                pozice (0,0)
   WINDOW* win = newwin(12,30, 0, 0);
   // Posun kurzoru na pozici (5,5)
   wmove(win, 5, 5);
   wprintw(win, "Hello␣World"); // Vypise text
   delwin(win); // Smaze okno
   endwin(); // Ukonceni ncurses
}
```

Zdroje

ošetření chyb

- www.ibm.com/developerworks/aix/library/au-errnovariable/

procesy

- www.linuxjournal.com/article/3814
- oreilly.com/catalog/linuxkernel/chapter/ch10.html

ncurses

- http://invisible-island.net/ncurses/ncurses-intro.html