Практикум на ЭВМ
Системные вызовы.
Ввод, вывод, fork, exec.

Баев А.Ж.

Казахстанский филиал МГУ

23 сентября 2021

Справочные страницы man

1. Исполняемые программы или команды оболочки (shell)
2. Системные вызовы (функции, предоставляемые ядром)
3. Библиотечные вызовы (функции, предоставляемые программными библиотеками)
4. Специальные файлы (обычно находящиеся в каталоге /dev)
5. Форматы файлов и соглашения, например о /etc/passwd
6. Игры
7. Разное (включает пакеты макросов и соглашения), например man(7)
8. Команды администрирования системы (обычно, запускаемые только суперпользователем)
9. Процедуры ядра [нестандартный раздел]

Разделы

Можно посмотреть информацию о команде shell, системном вызове и прочее.

```
man cd
man fork
man man
```

Можно делать приближенный поиск и уточнять раздел поиска

```
man -k read
man -k . -s 2
```

Выход из справки: q.
Нам нужен второй раздел

```
man 2 mkdir
man mkdir
```

Немного о типах

Используйте те типы, которые указаны в описании функции.
Для указания количества или размера используются

```
1 size_t
2 ssize_t
```

которые являются аналогами *unsigned long* и *long* соответственно.
Отрицательные значения, как правило, должны сигнализировать об ошибке.

Обработка ошибок

В случае ошибки (возвращает отрицательно число), номер ошибки сохраняется в errno.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void perror(const char *s);
```

Выводим текст ошибки со своими комментариями.

Системный ввод и вывод

Низкоуровневый ввод и вывод:

```
1 #include <unistd.h>
2
3 ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
4 ssize_t write(int fd, void *buf, size_t count);
```

здесь `fd` — файловый дескриптор (0 - ввод, 1 - вывод, 2 - ошибки, остальные - по умолчанию закрыты), `buf` — указатель на буфер при чтении или записи, `count` — максимальный размер.

Пример

```
1  int main(int argc, char **argv) {
2      char buf[10];
3      size_t count = 10;
4      size_t len = read(0, buf, count);
5      if (len < 0) {
6          perror("My comment of failed read()");
7          return 1;
8      }
9      if (write(1, buf, len) < 0) {
10         perror("My comment of failed write()");
11         return 1;
12     }
13     return 0;
14 }
```

Если попытаться вывести в дескриптор 3. то будет

```
1  My comment of failed write(): Bad file descriptor
```

Файл

```
1 #include <sys/types.h>
2 #include <sys/stat.h>
3 #include <fcntl.h>
4 #include <unistd.h>
5
6 int open(const char *pathname, int flags);
7 int open(const char *pathname, int flags, mode_t m);
8 int close(int fd);
```

Файл

```
1  int fd = open("info.txt", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC,
2                 S_IRUSR|S_IWUSR);
3  if (fd < 0) {
4      perror("Hey! You could not open file:");
5      return 1;
6  }
7  if (write(fd, "Hello", 6) < 0) {
8      perror("Hey! You could not write to file:");
9      return 1;
10 }
11 if (close(fd) < 0) {
12     perror("Hey! You could not close the file:");
13     return 1;
14 }
```

O_WRONLY, O_CREAT, O_TRUNC — открыть файла на запись; создать, если нет файла; начать запись файла с начала.
S_IRUSR, S_IWUSR — дать права пользователю на чтение и запись.

Права доступа

```
1 l -l
2 drwxr-xr-x  2 user user 4096 sep 23 23:33 Downloads/
3 -rw-rw-r--  1 user user 8950 sep  1 12:54 1.py
```

Тип файла: d или -.
Права доступа: чтение (r -), запись (w -), запуск (x -) для пользователя, группы пользователей, всех остальных.
Права доступа можно записать в 8-ричной системе счисления (r=4), запись (w=2), запуск (x=1):

```
1 755 Downloads/
2 664 1.py
```

Изменить права доступа

```
1 chmod 744
2 chmod u=rwx 1.py
3 chmod go=rw- 1.py
4
5 chmod +x 1.py
```

```
1 chown user:user 1.py
```

Файл

Фильтр потока ошибок

```
./prog 1>/dev/null
```

Логирование потока ошибок

```
./prog 2>log.txt
```

Убрать поток ошибок

```
./prog 2>/dev/null
```

Убрать оба потока

```
./prog 2>&1 1>/dev/null
```

Работа с директориями

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

int mkdir(const char *pathname, mode_t mode);
int mkdir(const char *pathname);
int chdir(const char *pathname);
int rmdir(const char *pathname);
char *getcwd(char *buf, size_t size);
```

```c
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

DIR *opendir(const char *pathname);
struct dirent *readdir(DIR *dir);
int closedir(DIR *);
```

Пример

```
1  #include <sys/types.h>
2  #include <dirent.h>
3
4  ...
5      int n_files = 0, n_dirs = 0;
6      char dir[] = "/home/user/";
7      DIR* d = opendir(dir);
8      if (d == NULL)
9          err(1, "opendir");
10
11     while (1) {
12         errno = 0;
13         struct dirent* entry = readdir(d);
14         if (errno != 0) {
15             err(1, "readdir");
16         if (entry == NULL)
17             break;
18         puts(entry->d_name);
```

Пример

```
1          if (entry->d_type == DT_DIR) {
2              if (entry->d_name[0] == '.')
3                  continue;
4              n_dirs++;
5          }
6          if (entry->d_type == DT_REG)
7              n_files++;
8      }
9      closedir(d);
10     ...
```

Идентификатор процесса pid

Посмотреть топ процессы

```
1 top
```

```
1 PID    USER   VIRT     %CPU  %MEM  TIME+      COMMAND
2 17800  alen   4508     100,0 0,0   0:07.04    prog03
3 17802  alen   52604    12,5  0,1   0:00.02    top
4  1275  alen   3837112  6,2   10,6  59:14.75   gnome-sh
5 16965  alen   2302848  6,2   6,9   1:31.32    firefox
```

Предварительно запустили висящий процесс с именем prog03.

Идентификатор процесса pid

```
1 #include  <unistd.h>
2
3 pid_t getpid(void);
4 pid_t getppid(void);
```

Родительский процесс — тот кто создал (по умолчанию init — процесс с id 1).

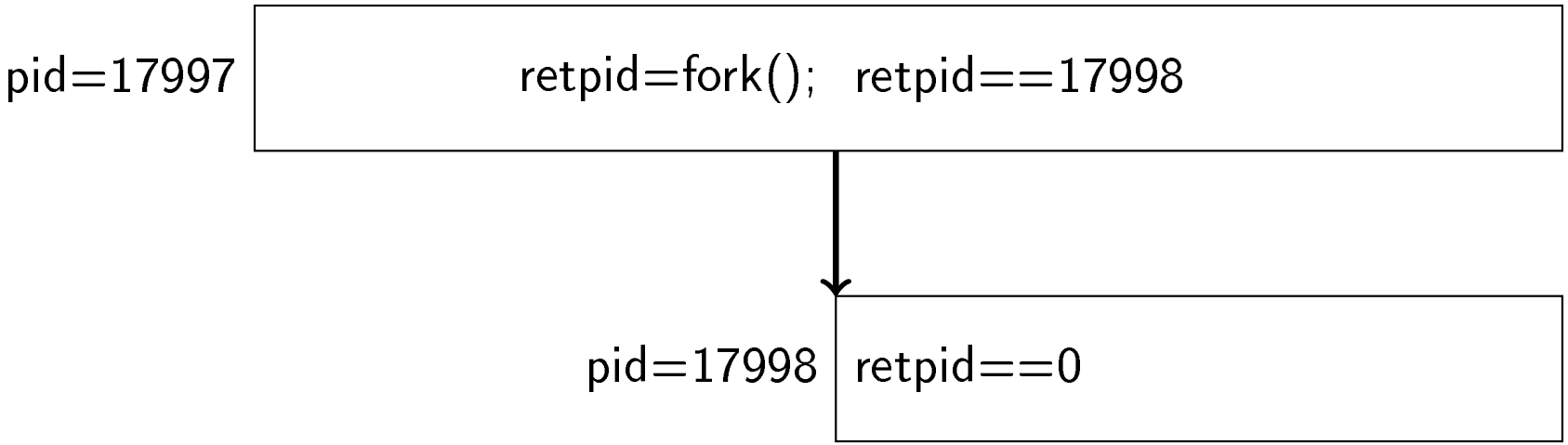
prog03.c

```
 1 #include <unistd.h>
 2 #include <stdio.h>
 3
 4 int main(int argc, char **argv) {
 5     pid_t pid = getpid();
 6     printf("%u\n", pid);
 7     while(1) {
 8     }
 9     return 0;
10 }
```

Создание дочернего процесса

```
1 #include <sys/types.h>
2 #include <unistd.h>
3
4 pid_t fork(void);
```

Отличия: результат возврата fork (в дочке – ноль, в родителе – pid дочки).
Копируются: сегмент кода и сегменты данных.
Сохраняются: дескрипторы.



prog04.c

```
1  #include <sys/types.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(int argc, char **argv) {
6      pid_t pid = fork();
7      if (pid == 0) {
8          printf("I␣am␣child,␣pid:␣%u\n",
9                 getpid());
10     } else {
11         printf("I␣am␣parent,␣pid:␣%u\n",
12                getpid());
13     }
14     while (1) {
15     }
16     return 0;
17 }
```

prog04.c

Вывод:

```
1 I am parent, pid: 17997
2 I am child, pid: 17998
```

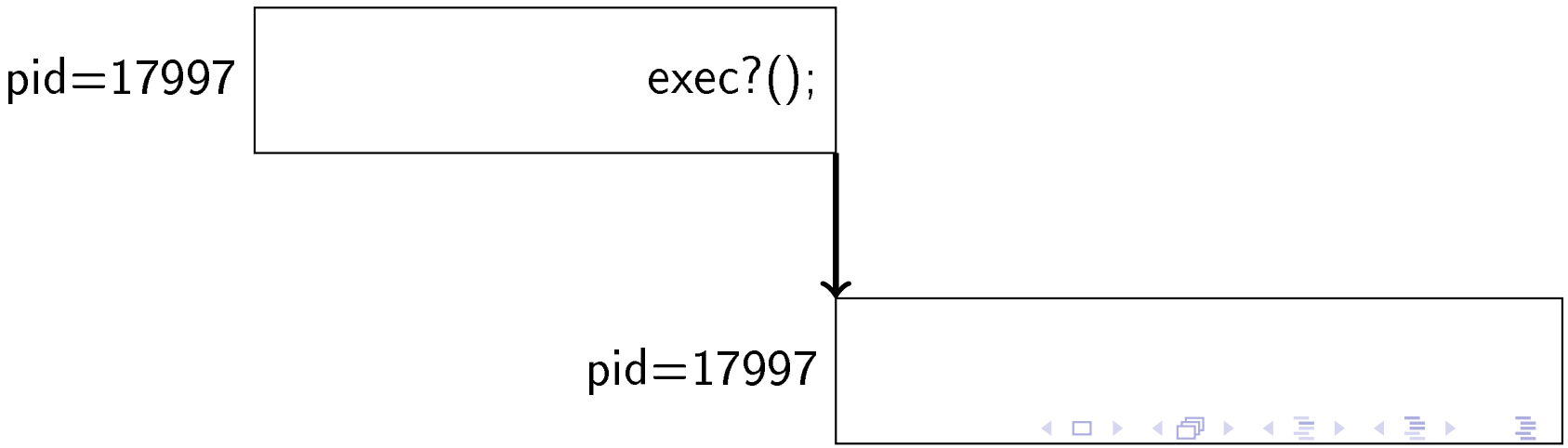
Результат top:

```
1 PID   USER  VIRT    %CPU  %MEM TIME+     COMMAND
2 17997 alen  4508    100,0 0,0  0:15.20   prog04
3 17998 alen  4508    100,5 0,0  0:15.19   prog04
```

Замена процесса exec

```
1 #include <unistd.h>
2 int execl(const char *path,
3           const char *arg,.., NULL);
4 int execlp(const char *file,
5            const char *arg,.., NULL);
6 int execv(const char *path, char *const argv[]);
7 int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

Заменяются: сегмент код, сегмент данных. Сохраняются: дескрипторы. Суффикс p: ищет в bin и /usr/bin.



prog05.c

```
1 #include <unistd.h>
2 #include <stdio.h>
3 int main(int argc, char **argv) {
4     if (execlp("ls", "ls", "-l", NULL) < 0) {
5         perror("ls failed");
6         return 1;
7     }
8     return 0;
9 }
```

Запускается команда *ls*. В качестве аргументов передается: *ls* и $-l$.

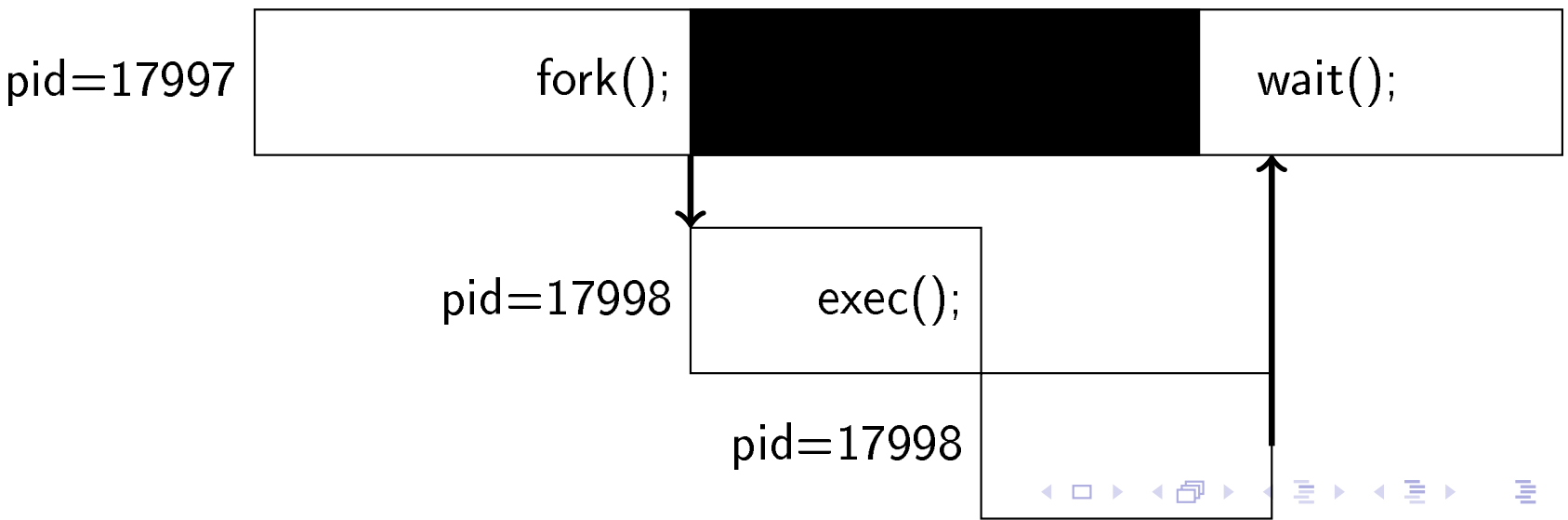
prog06.c

```
1  #include <unistd.h>
2  #include <stdio.h>
3  int main(int argc, char **argv) {
4      char cmd[] = "ls";
5      char arg1[] = "-l";
6      char arg2[] = "-a";
7      char *arg_vec[4] = {cmd, arg1, arg2, NULL};
8      if (execvp(cmd, arg_vec) < 0) {
9          perror("ls failed");
10         return 1;
11     }
12     return 0;
13 }
```

arg_vec — массив из четырех указателей типа char * (то есть массив из 4 строк).

Классическая схема запуска другого процесса

```
1       if (fork() > 0){ /* parent*/
2           wait(NULL);
3       } else { /* child */
4           if (exec?(cmd, ...) < 0) {
5               perror("exec failed");
6               return 1;
7           }
8       }
```



Трассировщик вызовов

```
1 sudo apt install strace
2 strace program
```

write

```
1  .text
2  .global main
3  main:
4      mov $1, %rax //write
5
6      mov $1, %rdi     //write(1, ., .)
7      mov $ptr, %rsi   //write(., ptr, .)
8      mov $7, %rdx     //write(., ., 7)
9      syscall
10
11     ret
12
13 .data
14 ptr:
15     .ascii "Hello\n"
```

```
1 gcc prog.S -o prog -no-pie && ./prog
```

Почитать

По системным вызовам
https://ejudge.ru/study/3sem/unix.shtml

По ассемблеру (факультативно) http://blog.rchapman.org/posts/Linux_System_Call_Table_for_x86_64/