8장 프로세스

8.1 쉘과 프로세스

쉘(Shell)이란 무엇인가?

- 쉘의 역할
  - 쉘은 사용자와 운영체제 사이에 창구 역할을 하는 소프트웨어
  - 명령어 처리기(command processor)
  - 사용자로부터 명령어를 입력받아 이를 처리한다

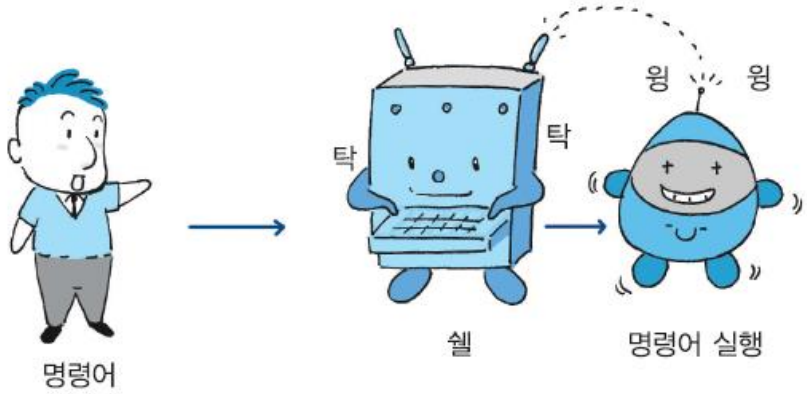
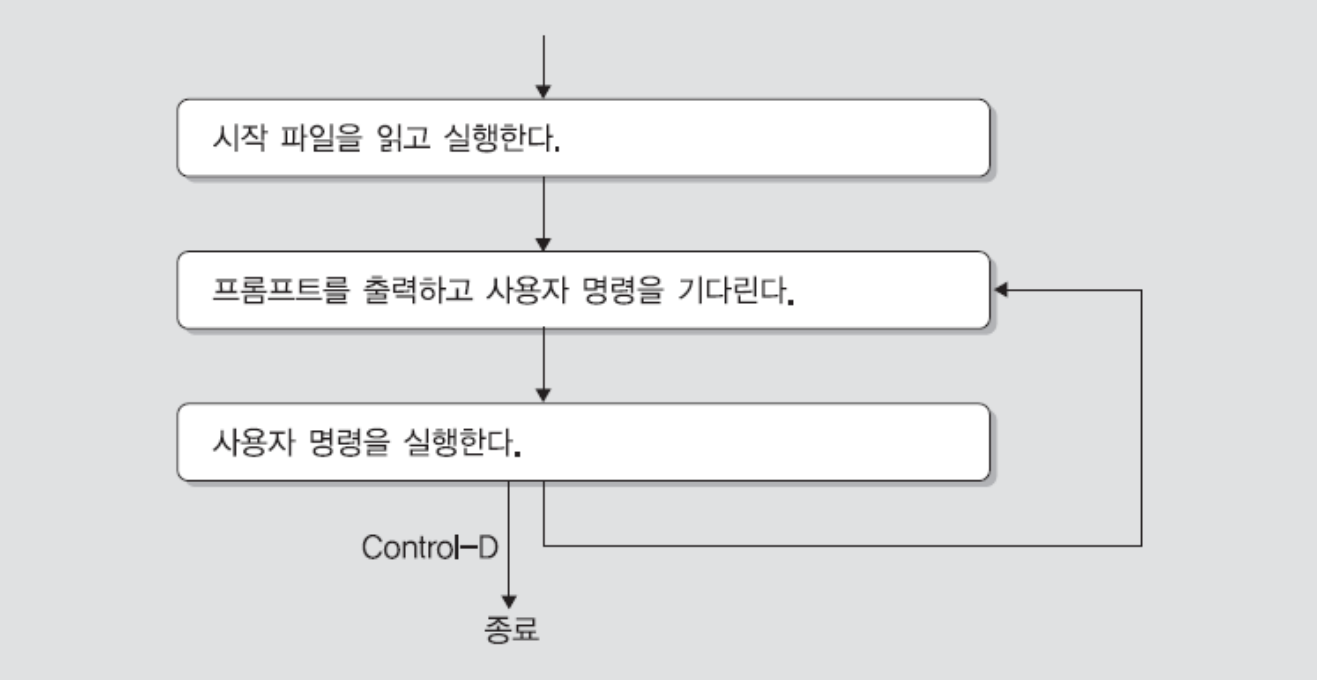


그림 6.1 쉘의 역할

쉘의 실행 절차


시작 파일을 읽고 실행한다.
프롬프트를 출력하고 사용자 명령을 기다린다.
사용자 명령을 실행한다.
Control-D
종료

복합 명령어

- 명령어 열(command sequence)

  $ 명령어1; … ; 명령어n

  $ date; who; pwd

- 명령어 그룹(command group)

  $ (명령어1; … ; 명령어n)

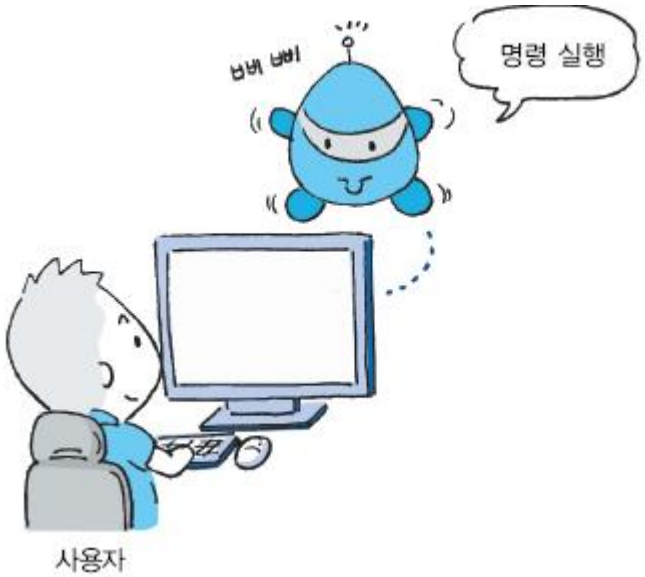
  $ date; who; pwd > out1.txt

  $ (date; who; pwd) > out2.txt

전면 처리 vs 후면처리

- 전면 처리
  - 명령어를 입력하면 명령어가 전면에서 실행되며 명령어 실행이 끝날 때까지 쉘이 기다려 준다.

- 후면 처리
  - 명령어들을 후면에서 처리하고 전면에서는 다른 작업을 할 수 있으면 동시에 여러 작업을 수행할 수 있다.
  - $ 명령어 &



후면 처리 예

- $ (sleep 100; echo done) &
  [1] 8320
- $ find . -name test.c -print &
  [2] 8325
- $ jobs
  [1]- 실행중 (sleep 100; echo done)
  [2]+ 완료 find . -name test.c –print

- $ fg %작업번호 // 해당 후면 작업을 전면 작업으로 전환한다.
  $ fg %1
  (sleep 100; echo done)

- 후면처리 입출력
  $ find . -name test.c -print > find.txt &
  $ find . -name test.c -print | mail chang &
  $ wc < inputfile &

프로세스(process)

- 실행중인 프로그램을 **프로세스**(process)라고 부른다.
- 각 프로세스는 유일한 프로세스 번호 PID를 갖는다.
- ps 명령어를 사용하여 나의 프로세스들을 볼 수 있다.

```
$ ps
PID      TTY   TIME      CMD
31745 pts/0 00:00:00 bash
59887 pts/0 00:00:00 ps
```

```
$ ps u
USER     PID %CPU %MEM    VSZ   RSS    TTY  STAT   START  TIME  COMMAND
chang   1517  0.0  0.2 174124  6748   tty2 Ssl+ 10월12  0:00  gdm-x-session
chang   1521  0.0  1.8 266776 55496   tty2  Sl+ 10월12  0:57  Xorg ...
chang   1557  0.0  0.4 198524 13976   tty2  Sl+ 10월12  0:00  gnome-session
chang  31745  0.0  0.1  21380  5572 pts/0   Ss 10월13  0:01  bash
chang  59455  0.0  0.1  21436  3348 pts/0   R+  01:44  0:00  ps u
```

프로세스 상태: ps

- ps [-옵션] 명령어
  - 현재 존재하는 프로세스들의 실행 상태를 요약해서 출력

```
$ ps
PID      TTY   TIME      CMD
31745 pts/0 00:00:00 bash
59887 pts/0 00:00:00 ps
```

- $ ps -aux (BSD 유닉스)
  - - a: 모든 사용자의 프로세스를 출력
  - - u: 프로세스에 대한 좀 더 자세한 정보를 출력
  - - x: 더 이상 제어 터미널을 갖지 않은 프로세스들도 함께 출력
- $ ps -ef (시스템 V)
  - - e: 모든 사용자 프로세스 정보를 출력
  - - f: 프로세스에 대한 좀 더 자세한 정보를 출력

프로세스 상태: ps

```
$ ps -ef | more
UID PID PPID C STIME TTY TIME   CMD
root 1   0   0 9월30 ? 00:00:23 /sbin/init auto noprompt
root 2   0   0 9월30 ? 00:00:00 [kthreadd]
root 3   2   0 9월30 ? 00:00:00 [rcu_gp]
root 4   2   0 9월30 ? 00:00:00 [rcu_par_gp]
root 6   2   0 9월30 ? 00:00:00 [kworker/0:0H-events_highpri]
root 9   2   0 9월30 ? 00:00:00 [mm_percpu_wq]
root 10  2   0 9월30 ? 00:00:00 [rcu_tasks_rude_]
root 11  2   0 9월30 ? 00:00:00 [rcu_tasks_trace]
root 12  2   0 9월30 ? 00:00:03 [ksoftirqd/0]
root 13  2   0 9월30 ? 00:01:07 [rcu_sched]
root 14  2   0 9월30 ? 00:00:02 [migration/0]
...
root 24  2   0 9월30 ? 00:00:00 [netns]
root 25  2   0 9월30 ? 00:00:00 [inet_frag_wq]
root 26  2   0 9월30 ? 00:00:00 [kauditd]
--More--
```

프로세스 제어

- 프로세스들을 제어하기 위한 명령어들
  - sleep 명령어
  - kill 명령어
  - wait 명령어
  - exit 명령어

- sleep 명령어
  - 지정된 시간만큼 실행을 중지한다.

$ sleep 초

$ (echo 시작; sleep 5; echo 끝)

kill

- kill 명령어
  - 현재 실행중인 프로세스를 강제로 종료

$ kill [-시그널] 프로세스번호

$ kill %작업번호

$ (sleep 100; echo done) &

[1] 8320

$ kill 8320 혹은 $ kill %1

[1]+ 종료됨 (sleep 100; echo done)

wait

$ wait [프로세스번호]

- 해당 프로세스 번호를 갖는 자식 프로세스가 종료될 때까지 기다린다.
- 프로세스 번호를 지정하지 않으면 모든 자식 프로세스를 기다린다.

$ (sleep 10; echo 1번 끝) &

1231

$ echo 2번 끝; wait 1231; echo 3번 끝

2번 끝

1번 끝

3번 끝

$ (sleep 10; echo 1번 끝) &

$ (sleep 10; echo 2번 끝) &

$ echo 3번 끝; wait; echo 4번 끝

3번 끝

1번 끝

2번 끝

4번 끝

exit

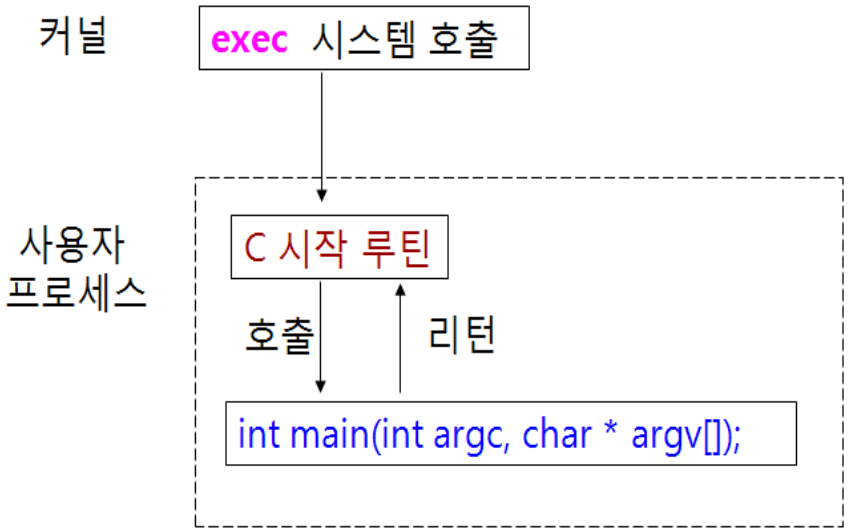
- exit
  - 쉘을 종료하고 종료코드(exit code)을 부모 프로세스에 전달

$ exit [종료코드]

8.2 프로그램 실행

프로그램 실행 시작

- exec 시스템 호출
  - C 시작 루틴에 명령줄 인수와 환경 변수를 전달하고
  - 프로그램을 실행시킨다.



- C 시작 루틴(start-up routine)
  - main 함수를 호출하면서 명령줄 인수, 환경 변수를 전달

```
exit( main( argc, argv) );
```

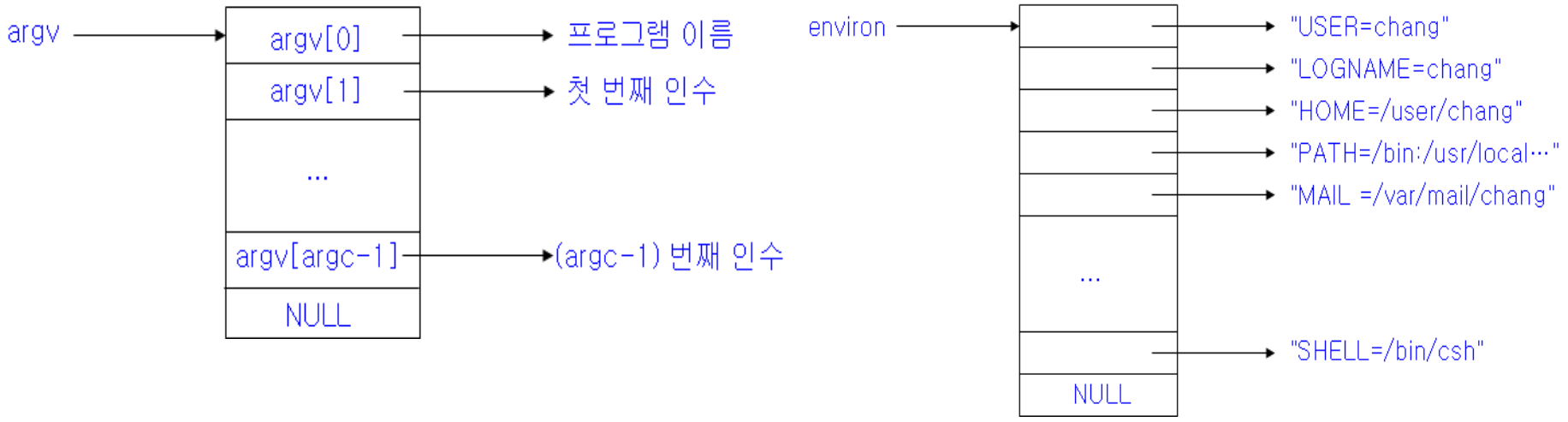
  - 실행이 끝나면 반환값을 받아 exit 한다.

명령줄 인수/환경 변수

int main(int argc, char *argv[]);

argc : 명령줄 인수의 개수

argv[] : 명령줄 인수 리스트를 나타내는 포인터 배열



명령줄 인수 출력: args.c

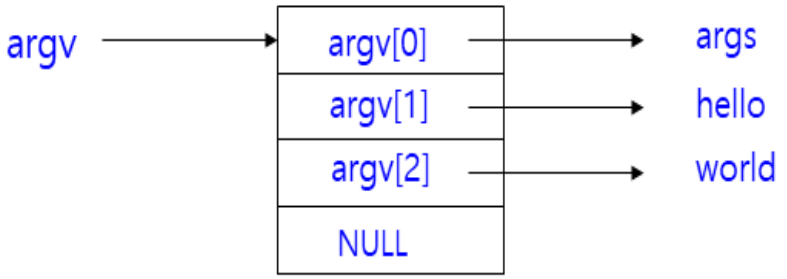
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

/* 모든 명령줄 인수를 출력한다. */
int main(int argc, char *argv[])
{
    int i;

    for (i = 0; i < argc; i++)      /* 모든 명령줄 인수 출력 */
        printf("argv[%d]: %s ₩n", i, argv[i]);

    exit(0);
}
```

```
$ args hello world
argv[0]: args
argv[1]: hello
argv[2]: world
```



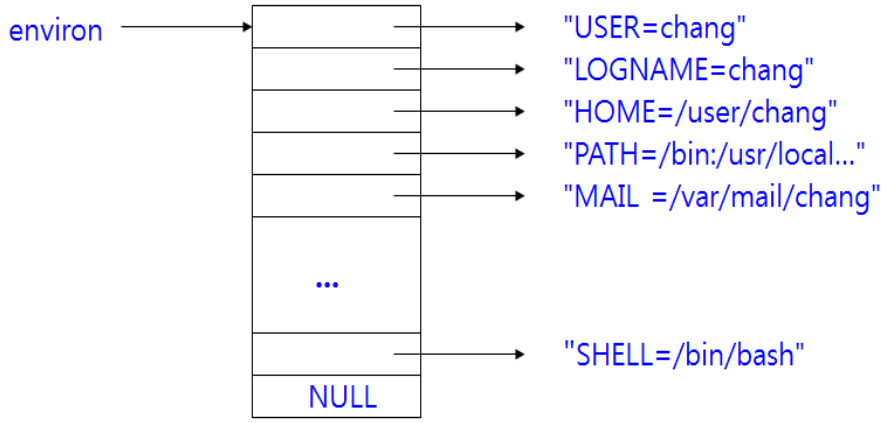
환경 변수 출력: environ.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
/* 모든 환경 변수를 출력한다. */
int main(int argc, char *argv[])
{
    char **ptr;
    extern char **environ;

    for (ptr = environ; *ptr != 0; ptr++) /* 모든 환경 변수 값 출력*/
        printf("%s ₩n", *ptr);

    exit(0);
}
```

```
$ environ
HOME=/user/faculty/chang
PATH=.:/usr/local/bin:/bin:/sbin:/usr/bin:/usr
/ucb:/etc:/usr/sbin:/usr/ccs/bin
```



환경 변수 접근

- getenv() 시스템 호출을 사용하여 환경 변수를 하나씩 접근하는 것도 가능하다.

```
#include <stdlib.h>

char *getenv(const char *name);
```

환경 변수 name의 값을 반환한다. 해당 변수가 없으면 NULL을 반환한다.

myenv.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

/* 환경 변수를 3개 프린트한다. */
int main(int argc, char *argv[])
{
    char    *ptr;

    ptr = getenv("HOME");
    printf("HOME = %s ₩n", ptr);

    ptr = getenv("SHELL");
    printf("SHELL = %s ₩n", ptr);

    ptr = getenv("PATH");
    printf("PATH = %s ₩n", ptr);

    exit(0);
}
```

환경 변수 설정

- putenv(), setenv()를 사용하여 특정 환경 변수를 설정한다.

#include <stdlib.h>

int putenv(const char *name);

name=value 형태의 스트링을 받아서 이를 환경 변수 리스트에 넣어준다. name이 이미 존재하면 원래 값을 새로운 값으로 대체한다.

int setenv(const char *name, const char *value, int rewrite);

환경 변수 name의 값을 value로 설정한다. name이 이미 존재하는 경우에는 rewrite 값이 0이 아니면 원래 값을 새로운 값으로 대체하고 rewrite 값이 0이면 그대로 둔다.

int unsetenv(const char *name);

환경 변수 name의 값을 지운다.

8.3 프로그램 종료

프로그램 종료

- 정상 종료(normal termination)
  - main() 실행을 마치고 리턴하면 C 시작 루틴은 이 리턴값을 가지고 exit()을 호출
  - 프로그램 내에서 직접 exit()을 호출
  - 프로그램 내에서 직접 _exit()을 호출
- 비정상 종료(abnormal termination)
  - abort()
    - 프로세스에 SIGABRT 시그널을 보내어 프로세스를 비정상적으로 종료
  - 시그널에 의한 종료

프로그램 종료

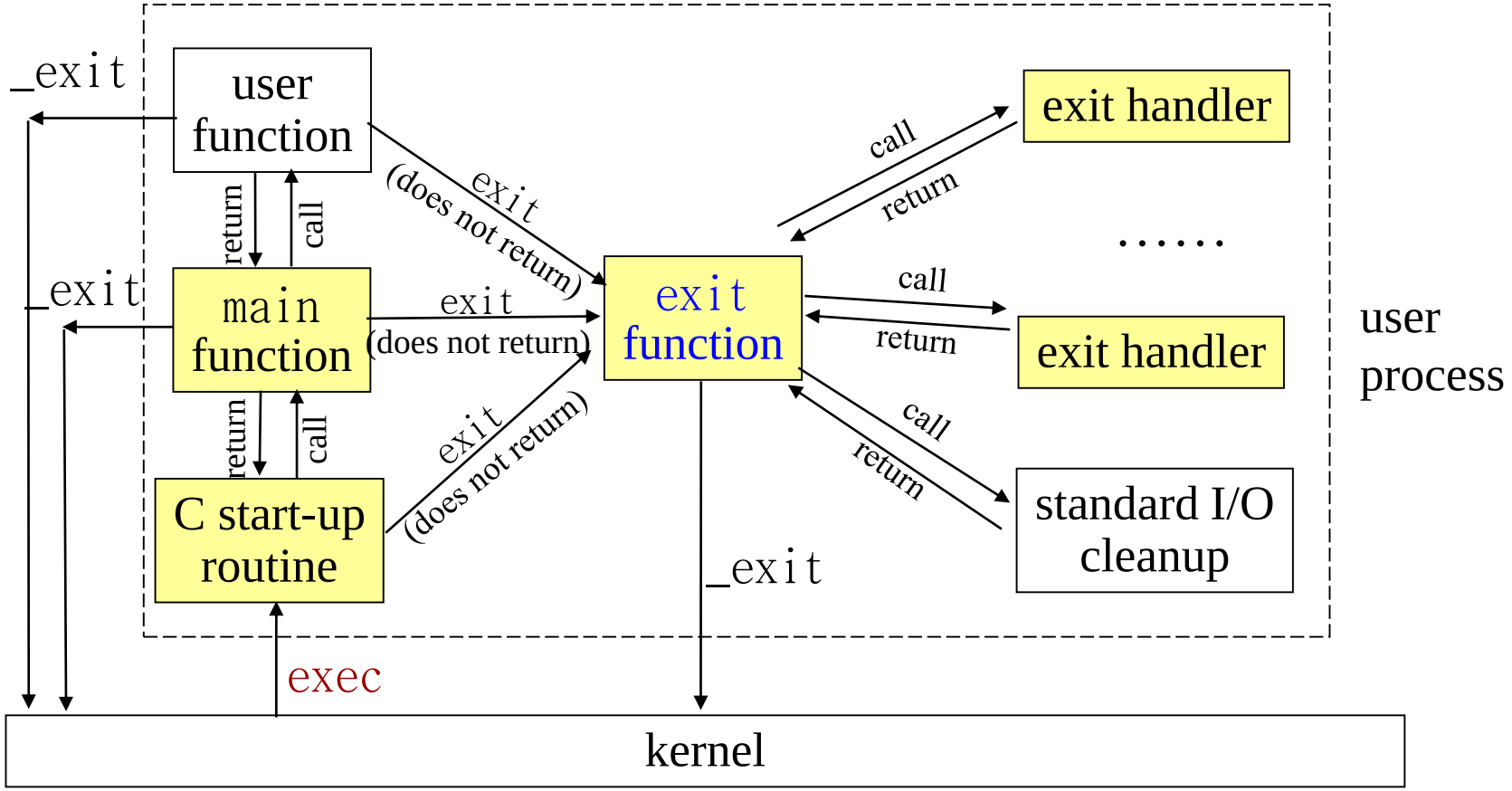
- exit()
  - 모든 열려진 스트림을 닫고(fclose), 출력 버퍼의 내용을 디스크에 쓰는(fflush) 등의 뒷정리 후 프로세스를 정상적으로 종료
  - **종료 코드**(exit code)를 부모 프로세스에게 전달한다.

```
#include <stdlib.h>
void exit(int status);
뒷정리를 한 후 프로세스를 정상적으로 종료시킨다.
```

- _exit()

```
#include <stdlib.h>
void _exit(int status);
뒷정리를 하지 않고 프로세스를 즉시 종료시킨다.
```

C 프로그램 시작 및 종료



exit 처리기 atexit()

```
#include <stdlib.h>

void atexit(void (*func)(void));
                        returns: 0 if OK, nonzero on error
```

- exit 처리기를 등록한다
  - 프로세스당 32개까지
- func
  - exit 처리기
  - 함수 포인터(이름)
- exit() 는 exit handler 들을 등록된 역순으로 호출한다

exit 처리기 예

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdio.h>
3  static void exit_handler1(void),
                exit_handler2(void);
4
5 int main(void)
6 {
7  if (atexit(exit_handler1) != 0)
8     perror("exit_handler1 등록할 수 없음");
9  if (atexit(exit_handler2) != 0)
10     perror("exit_handler2 등록할 수 없음"
11  printf("main 끝 ₩n");
12 exit(0);
13 }
```

```
15 static void exit_handler1(void)
16 {
17    printf("첫 번째 exit 처리기₩n");
18 }
19
20 static void exit_handler2(void)
21 {
22    printf("두 번째 exit 처리기₩n");
23 }
```

```
$ atexit
main 끝
두 번째 exit 처리기
첫 번째 exit 처리기
```

8.4 프로세스 ID와 프로세스의 사용자 ID

프로세스 ID

- 각 프로세스는 프로세스를 구별하는 번호인 프로세스 ID를 갖는다.
- 각 프로세스는 자신을 생성해준 부모 프로세스가 있다.

```
#include <unistd.h>
int getpid( );      프로세스의 ID를 리턴한다.
int getppid( );     부모 프로세스의 ID를 리턴한다.
```

프로세스 번호 출력: pid.c

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3
4 /* 프로세스 번호를 출력한다. */
5 int main()
6 {
7       printf("나의 프로세스 번호 : [%d] ₩n", getpid());
8       printf("내 부모 프로세스 번호 : [%d] ₩n", getppid());
9 }
```

```
$ pid
나의 프로세스 번호 : [23502]
내 부모 프로세스 번호 : [22692]
```

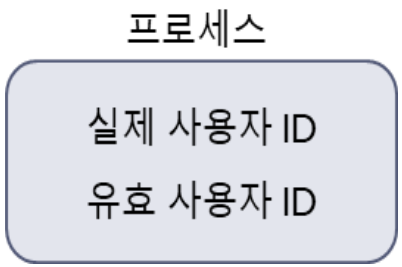
프로세스의 사용자 ID

- 프로세스는 프로세스 ID 외에
- 프로세스의 사용자 ID와 그룹 ID를 갖는다.
  - 그 프로세스를 실행시킨 사용자의 ID와 사용자의 그룹 ID
  - 프로세스가 수행할 수 있는 연산을 결정하는 데 사용된다.

프로세스의 사용자 ID

- 프로세스의 실제 사용자 ID(real user ID)
  - 그 프로세스를 실행한 원래 사용자의 사용자 ID로 설정된다.
  - 예를 들어 chang이라는 사용자 ID로 로그인하여 어떤 프로그램을 실행시키면 그 프로세스의 실제 사용자 ID는 chang이 된다.

- 프로세스의 유효 사용자 ID(effective user ID)
  - 현재 유효한 사용자 ID로 새로 파일을 만들 때나 파일에 대한 접근 권한을 검사할 때 주로 사용된다.
  - 보통 유효 사용자 ID와 실제 사용자 ID는 특별한 실행파일을 실행할 때를 제외하고는 동일하다.



프로세스의 사용자 ID

- 프로세스의 실제/유효 사용자 ID 반환
- 프로세스의 실제/유효 그룹 ID 반환

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
uid_t getuid( );      프로세스의 실제 사용자 ID를 반환한다.
uid_t geteuid( );     프로세스의 유효 사용자 ID를 반환한다.
uid_t getgid( );      프로세스의 실제 그룹 ID를 반환한다.
uid_t getegid( );     프로세스의 유효 그룹 ID를 반환한다.
```

프로세스의 사용자 ID: uid.c

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <pwd.h>
#include <grp.h>

/* 사용자 ID를 출력한다. */
int main()
{
   printf("나의 실제 사용자 ID : %d(%s) ₩n", getuid(), getpwuid(getuid())->pw_name);
   printf("나의 유효 사용자 ID : %d(%s) ₩n", geteuid(), getpwuid(geteuid())->pw_name);
   printf("나의 실제 그룹 ID : %d(%s) ₩n", getgid(), getgrgid(getgid())->gr_name);
   printf("나의 유효 그룹 ID : %d(%s) ₩n", getegid(), getgrgid(getegid())->gr_name);
}
```

```
$ uid
나의 실제 사용자 ID : 1000(chang)
나의 유효 사용자 ID : 1000(chang)
나의 실제 그룹 ID : 1000(chang)
나의 유효 그룹 ID : 1000(chang)
```

프로세스의 사용자 ID

- 프로세스의 실제/유효 사용자 ID 변경
- 프로세스의 실제/유효 그룹 ID 변경

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
int setuid(uid_t uid);          프로세스의 실제 사용자 ID를 uid로 변경한다.
int seteuid(uid_t uid);         프로세스의 유효 사용자 ID를 uid로 변경한다.
int setgid(gid_t gid);          프로세스의 실제 그룹 ID를 gid로 변경한다.
int setegid(gid_t gid);         프로세스의 유효 그룹 ID를 gid로 변경한다.
```

set-user-id 실행권한

- 특별한 실행권한 set-user-id(set user ID upon execution)
  - set-user-id 설정된 실행파일을 실행하면
  - 이 프로세스의 유효 사용자 ID는 그 실행파일의 소유자로 바뀜.
  - 이 프로세스는 실행되는 동안 그 파일의 소유자 권한을 갖게 됨.

- 예 : /bin/passwd 명령어

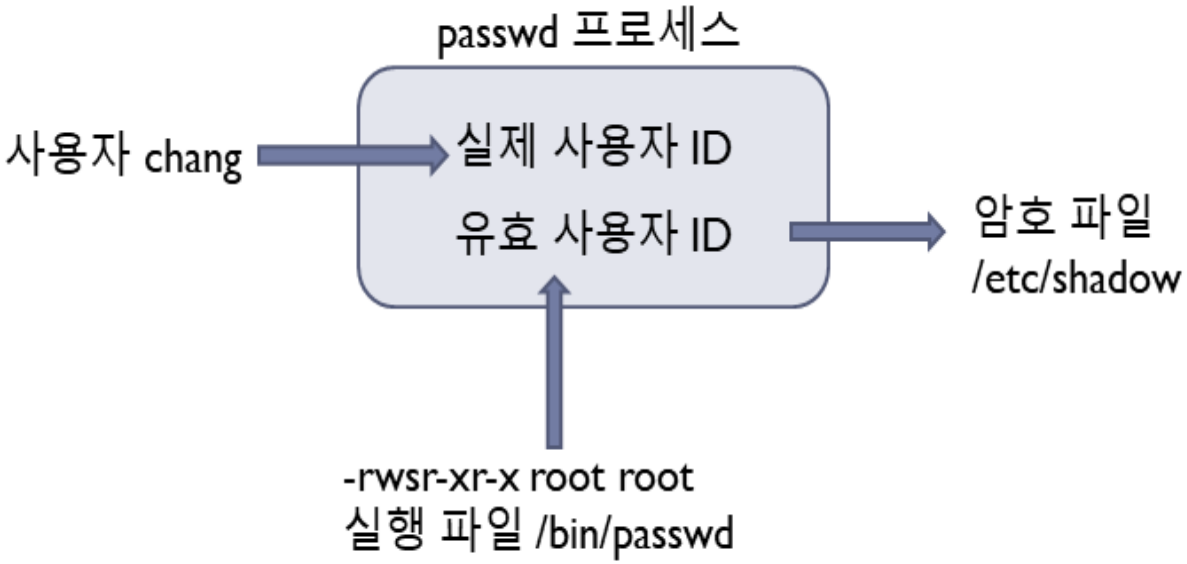
  (1) set-user-id 실행권한이 설정된 실행파일이며 소유자는 root

  (2) 일반 사용자가 이 파일을 실행하면 이 프로세스의 유효 사용자 ID는 root가 됨.

  $ /bin/passwd

  (3) /etc/shadow처럼 root만 수정할 수 있는 파일의 접근 및 수정 가능

/bin/passwd 명령어



set-user-id 실행권한 설정

- set-user-id 실행권한은 심볼릭 모드로 's'로 표시

  $ ls –asl /bin/su /usr/bin/passwd
  32 -rwsr-xr-x. 1 root root 32396 2011-05-31 01:50 /bin/su
  28 -rwsr-xr-x. 1 root root 27000 2010-08-22 12:00 /usr/bin/passwd

- set-user-id 실행권한 설정
  $ chmod 4755 file1

- set-group-id 실행권한 설정
  $ chmod 2755 file1

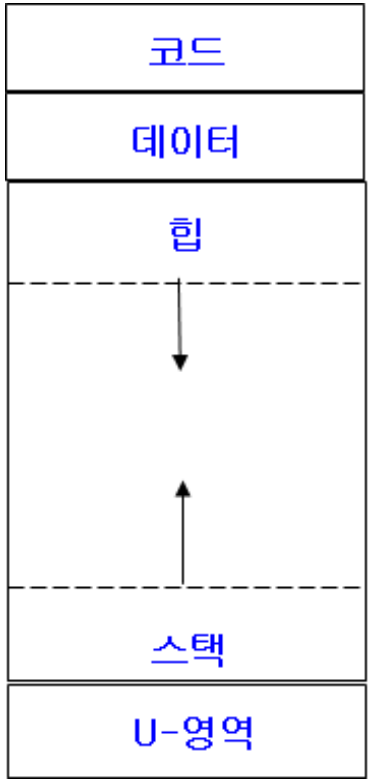
실행 예

```
$ su
# chown root uid
# chmod 4755 uid
# exit
$ uid
나의 실제 사용자 ID : 1000(chang)
나의 유효 사용자 ID : 0(root)
나의 실제 그룹 ID : 1000(chang)
나의 유효 그룹 ID : 1000(chang)
```

8.5 프로세스 이미지

프로세스

- 프로세스는 실행중인 프로그램이다.
- 프로그램 실행을 위해서는
  - 프로그램의 코드, 데이터, 스택, 힙, U-영역 등이 필요하다.
- 프로세스 이미지(구조)
  - 메모리 내의 프로세스 레이아웃
- 프로그램 자체가 프로세스는 아니다 !



프로세스 구조

- 텍스트(text)
  - 프로세스가 실행하는 실행코드를 저장하는 영역이다.
- 데이터 (data)
  - 전역 변수(global variable) 및 정적 변수(static variable)를 위한 메모리 영역이다.
- 힙(heap)
  - 동적 메모리 할당을 위한 영역이다. C 언어의 malloc 함수를 호출하면 이 영역에서 동적으로 메모리를 할당해준다.
- 스택(stack area)
  - 함수 호출을 구현하기 위한 실행시간 스택(runtime stack)을 위한 영역으로 활성 레코드(activation record)가 저장된다.
- U-영역(user-area)
  - 열린 파일 디스크립터, 현재 작업 디렉터리 등과 같은 프로세스의 정보를 저장하는 영역이다.

핵심 개념

- 프로세스는 실행중인 프로그램이다.
- 쉘은 사용자와 운영체제 사이에 창구 역할을 하는 소프트웨어로 사용자로부터 명령어를 입력받아 이를 처리하는 명령어 처리기 역할을 한다.
- 프로그램이 실행되면 프로그램의 시작 루틴에게 명령줄 인수와 환경변수가 전달된다.
- exit()는 뒷정리를 한 후 프로세스를 정상적으로 종료시키고 _exit()는 뒷정리를 하지 않고 프로세스를 즉시 종료시킨다.
- exit 처리기는 exit()에 의한 프로세스 종료 과정에서 자동으로 수행된다.
- 각 프로세스는 프로세스 ID를 갖는다. 각 프로세스는 자신을 생성해 준 부모 프로세스가 있다.
- 각 프로세스는 실제 사용자 ID와 유효 사용자 ID를 가지며 실제 그룹 ID와 유효 그룹 ID를 갖는다.
- 프로세스 이미지는 텍스트(코드), 데이터, 힙, 스택 등으로 구성된다.