KWANGWOON UNIVERSITY

2022년 2학기 **운영체제실습** 7주차

Thread

System Software Laboratory
School of Computer and Information Engineering
Kwangwoon Univ.

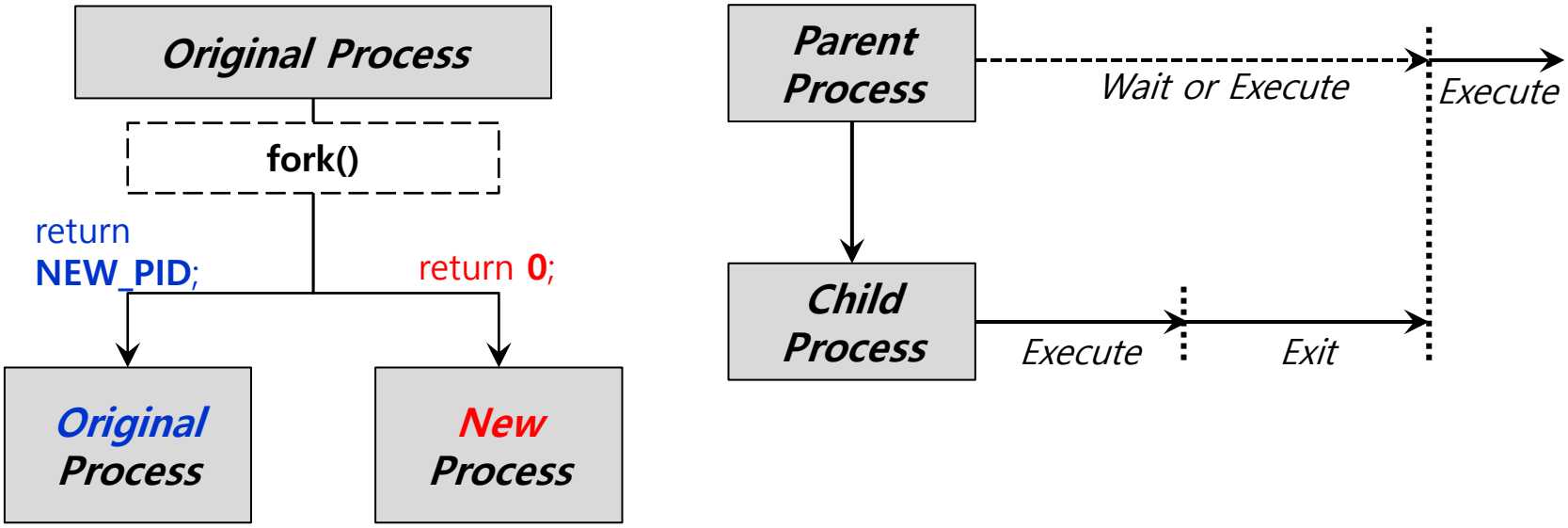
Contents

- Process Creation API
- 실습 1. Process Creation
- Process wait
- 실습 2-1. Process wait-wait()
- 실습 2-2. Process wait-waitpid()

- Thread의 이해
- POSIX Thread
- 실습 3. POSIX Thread

Process Creation API

- **fork()**
  - 새로운 프로세스는 부모 프로세스로부터 생성
    - 생성된 프로세스 : 자식 프로세스 (child process)
    - fork()를 호출한 프로세스 : 부모 프로세스 (parent process)
    - 이 시점에서 두 프로세스가 동시 작업 수행



실습 1. Process Creation

- process. c

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

#define MAX 5

void child();
void parrent();

int main()
{
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if(pid == -1)
        {
                printf("can't, fork, erro\n");
                exit(0);
        }
        if(pid == 0)
        {
                child();
        }
        else
        {
                parent();
        }
        return 0;

}

void child()
{
        int j;
        for(j=0; j < MAX; j++)
        {
                printf("child : %d\n", j);
                sleep(1);
        }
        printf("child done\n");
        exit(0);
}

void parent()
{
        int i;
        for(i=0; i < MAX; i++)
        {
                printf("parent : %d\n", i);
                sleep(1);
        }
        printf("parent done\n");
        exit(0);
}
```

실습 1. Process Creation

- ./a.out

```
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ ./a.out
parent : 0
child : 0
parent : 1
child : 1
parent : 2
child : 2
parent : 3
child : 3
child : 4
parent : 4
parent done
child done
```

Process wait

- **자식 프로세스가 부모 프로세스에게 자원 반납**
- **좀비 프로세스를 만들지 않기 위함**
- 자식프로세스가 종료될 때까지 sleep

- **사용 함수: wait()**

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

pid_t wait(int *status);
```

  - int *status : status를 통해 자식 프로세스의 상태를 전달 받음
  - return : 종료된 프로세스의 pid

Process wait

- **특정 프로세스가 종료될 때까지 sleep**

- **사용 함수: waitpid()**

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

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

  - pid_t pid : 종료한 프로세스의 pid
  - int *status : status를 통해 자식 프로세스의 상태를 전달 받음
  - int option : waitpid의 옵션
  - return : 종료된 프로세스의 pid

실습 2-1. Process Wait-wait()

- process_wait. c

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

#define MAX 5

int main()
{
        pid_t pid;
        int i, a;

        for(i=0; i<MAX; i++)
        {
                if((pid = fork()) < 0)
                        return 1;
                else if(pid == 0)
                        exit(i);
        }

        for(i=0; i<MAX; i++)
        {
                wait(&a);
                printf("original exit valiable  : %d\n",a);
                printf("shift exit valiable     : %d\n\n", a>>8);
        }
        return 0;
}

```

```
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ ./a.out
original exit valiable  : 0
shift exit valiable     : 0

original exit valiable  : 256
shift exit valiable     : 1

original exit valiable  : 512
shift exit valiable     : 2

original exit valiable  : 768
shift exit valiable     : 3

original exit valiable  : 1024
shift exit valiable     : 4
```

실습 2-2. Process Wait-waitpid()

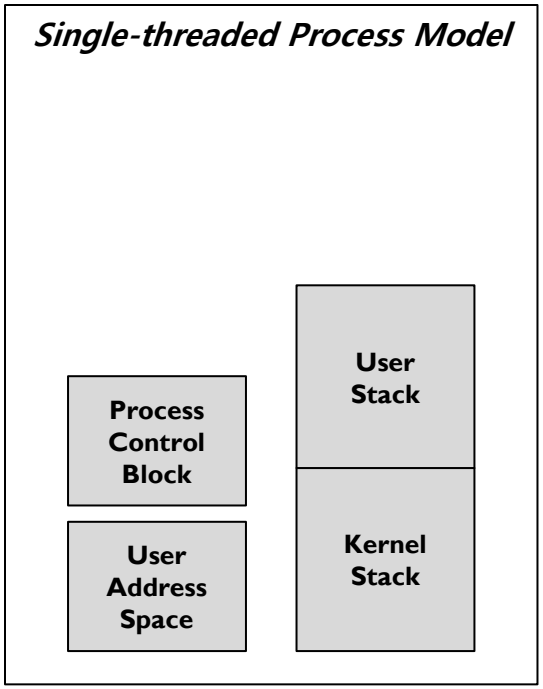
- process_waitpid. c

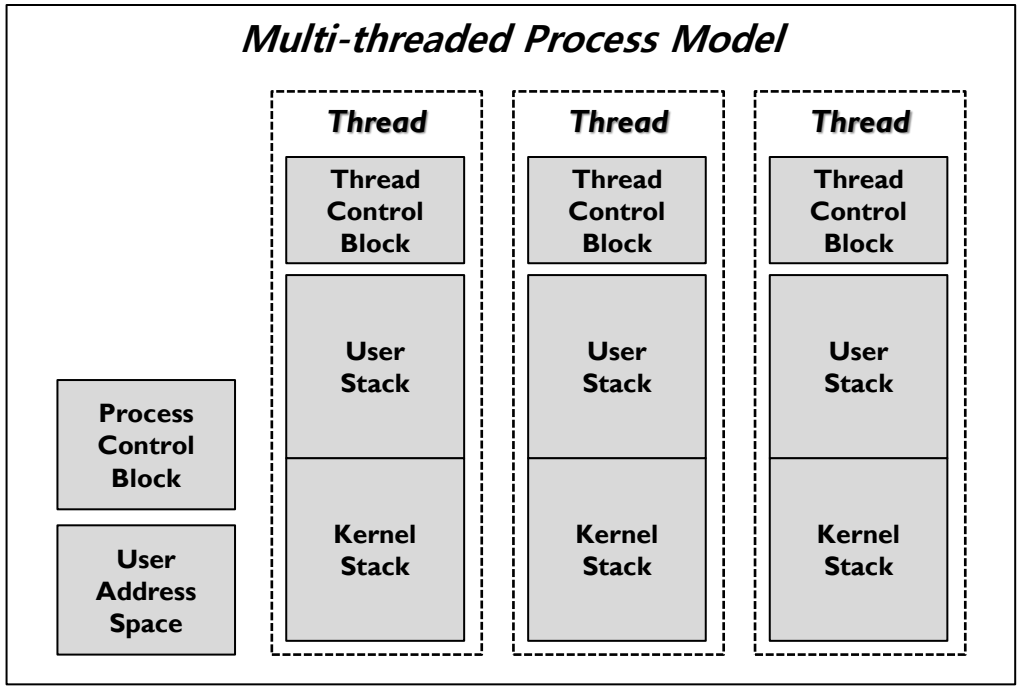
```c
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
        int pid1, pid2, status;
        pid_t child_pid;
        int a = 0;
        int b = 0;

        if((pid1 = fork()) == -1)
        {
                perror("fotk failed");
        }

        if(pid1 == 0)
        {
                a = 1;
                printf("child_pid 1 = %d\n", getpid());
                if((pid2 = fork()) == 0)
                {
                        a = 2;
                        printf("child_pid 2 = %d\n\n", getpid());
                        exit(a);
                }
                else
                {
                        child_pid = waitpid(pid2, &status, 0);
                        printf("child_pid       : %d\n", child_pid);
                        printf("original status : %d\n", status);
                        printf("shift status    : %d\n\n", status >> 8);
                        exit(a);
                }
        }
        else if(pid1 != 0)
        {
                child_pid = waitpid(pid1, &status, 0);
                printf("child_pid       : %d\n", child_pid);
                printf("original status : %d\n", status);
                printf("shift status    : %d\n\n", status >> 8);
        }
}
```

```
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ ./a.out
child_pid 1 = 46006
child_pid 2 = 46007

child_pid       : 46007
original status : 512
shift status    : 2

child_pid       : 46006
original status : 256
shift status    : 1
```

Thread의 이해

- **Thread**
  - 특정 Process 내에서 실행되는 하나의 흐름을 나타내는 단위
  - 독립된 program counter를 갖는 단위
  - 독립된 register set과 stack을 가짐
  - 비동기적인(asynchronous) 두 개의 작업이 서로 독립적으로 진행 가능
    - 처리를 위해 조건 변수나 mutex, semaphore와 같은 방법을 사용함





POSIX Thread

- **POSIX**
  - 이식 가능 운영 체제 인터페이스(Portable Operating System Interface)
  - 서로 다른 UNIX OS의 공통 API를 정리하여 이식성이 높은 유닉스 응용 프로그램을 개발하기 위한 목적으로 IEEE가 책정한 애플리케이션 인터페이스 규격

- **POSIX Thread**

함수명	설명
pthread_create	새로운 Thread를 생성함
pthread_detach	Thread가 자원을 해제하도록 설정
pthread_equal	두 Thread의 ID 비교
pthread_exit	Process는 유지하면서 지정된 Thread 종료
pthread_kill	해당 Thread에게 Signal을 보냄
pthread_join	임의의 Thread가 다른 Thread의 종료를 기다림
pthread_self	자신의 Thread id를 얻어옴

  - 컴파일시 -pthread 옵션 추가
    - e.g. $ gcc **-pthread** thread_test.c

POSIX Thread: Creation

- **Thread는 pthread_t 타입의 thread ID로 처리**
- **POSIX thread는 사용자가 지정한 특정 함수를 호출함으로써 시작**
  - 이 thread 시작 function은 void* 형의 인자를 하나 취한다

- **사용 함수: pthread_create()**

```
#include <pthread.h>

int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr, void *(*start_routine)(void*), void *arg);
```

- pthread_t ***thread** : Thread ID
- const pthread_attr_t ***attr** : Thread 속성 지정,기본값은 NULL
- void *(***start_routine**)(void*) : 특정 함수(**start_routine**)를 호출함으로써 thread가 시작
- void ***arg** : start 함수의 인자

POSIX Thread: Termination

- **Process는 유지 하면서 pthread_exit() 함수를 호출하여 thread 자신을 종료**

- **단순히 thread를 종료 하는 역할만 수행**
  - 단, thread의 resource가 완전히 정리되지 않음

```
#include <pthread.h>

void pthread_exit(void *retval);
```

  - void *retval : Return value가 저장. 사용하지 않으면, NULL

POSIX Thread: Detach and Join

- **Join: 결합**
  - 생성된 thread가 pthread_join()을 호출한 thread에게 반환값을 전달하고 종료
- **Detach: 분리**
  - Process와 thread가 분리되면서 종료 시 자신이 사용했던 자원을 바로 반납
- **즉, thread를 종료 할 때 결합 혹은 분리가 필요**

POSIX Thread: Detach

- **결합 가능(joinable)한 상태의 thread**
  - 분리되지 않은 thread
  - 종료되더라도 자원이 해제되지 않음

- **pthread_detach()**
  - Thread 종료 시 자원을 반납하도록 지정된 thread를 분리(detach) 상태로 만든다.

```
#include <pthread.h>

int pthread_detach (pthread_t thread);
```

    - pthread_t thread :분리 시킬 thread 식별자
    - Return value
      - 성공 시: 0
      - 실패 시: 0이 아닌 오류 코드

POSIX Thread: Join

- **다른 thread가 thread_join()을 반드시 호출해야 함**
  - Thead의 memory resource가 완전히 정리되지 않음

- **pthread_join()**
  - 지정된 thread가 종료될 때까지 호출 thread의 수행을 중단

```
#include <pthread.h>

int pthread_join (pthread_t thread, void **retval);
```

  - waitpid()의 역할과 유사

  - pthread_t **thread** : 기다릴 thread의 식별자
  - void ****retval** : thread의 종료코드가 저장될 장소, 사용하지 않으면 NULL
  - Return value
    - 성공 시: 0
    - 실패 시: 0이 아닌 오류 코드

POSIX Thread: Thread Cleanup Handler

- **Thread cleanup handler 등록**
  - thread 종료 시 호출되는 특정 함수 등록
  - 하나의 thread에 둘 이상의 handler를 두는 것도 가능
    - 여러 handler는 하나의 스택에 등록
- **pthread_cleanup_push()**
  - 지정된 마무리 함수를 스택에 등록

```
#include <pthread.h>

void pthread_cleanup_push(void(*routine)(void*), void* arg);
```

    - **routine** : cleanup handler function
    - void* **arg**: routine 함수의 인자
  - handler 호출 조건
    - thread가 pthread_exit() 호출
    - thread가 pthread_cancel()에 반응

```
int pthread_cancel(pthread_t thread);
```

      - 인자로 주어진 thread에 종료 요청을 보냄
    - thread가 execute 인수에 0이 아닌 값을 넣어 pthread_cleanup_pop()을 호출

POSIX Thread: Thread Cleanup Handler

- **Thread cleanup handler 제거**
  - 스택에 등록된 cleanup handler를 제거

- **pthread_cleanup_pop()**
  - 지정된 마무리 함수를 스택에서 제거

```
#include <pthread.h>

void pthread_cleanup_pop(int execute);
```

  - int **execute** : 값이 0일 경우 등록된 handler를 호출하지 않고 삭제함
    값이 1일 경우 등록된 handler를 호출하고 삭제함

  - cleanup handler는 스택에 등록된 반대 순서로 호출됨
  - 이들은 매크로로 구현될 수 있기 때문에, push-pop의 호출은 반드시 한 thread 범위 안에서 짝을 맞춰 주어야 함
    - push가 { 문자를 포함하고, pop이 } 문자를 포함

실습 3. POSIX Thread

- thread. c

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

void* thread_func(void *arg);
void cleanup_func(void *arg);

int main()
{
        pthread_t tid[2];

        pthread_create(&tid[0], NULL, thread_func, (void*)0);
        pthread_create(&tid[1], NULL, thread_func, (void*)1);

        printf("main    gettid = %ld\n", (unsigned long)gettid());
        printf("main    getpid = %ld\n", (unsigned long)getpid());

        pthread_join(tid[0], NULL);
        pthread_join(tid[1], NULL);

        return 0;
}

void* thread_func(void *arg)
{
        int i;
        pthread_cleanup_push(cleanup_func, "first cleanup");
        pthread_cleanup_push(cleanup_func, "second cleanup");
        printf("$tid[%d] start\n", (int)arg);
        printf("$tid[%d] gettid = %ld\n", (int)arg, (unsigned long)gettid());
        printf("$tid[%d] getpid = %ld\n", (int)arg, (unsigned long)getpid());
        for(i = 0; i < 0x40000000; ++i);
        if((int)arg == 0)
                pthread_exit(0);
        pthread_cleanup_pop(0);
        pthread_cleanup_pop(0);
        return (void*)1;
}


void cleanup_func(void *arg)
{
        printf("%s\n", (char*)arg);
}

pid_t gettid(void)
{
        return syscall(__NR_gettid);
}
```

실습 3. POSIX Thread

- **Makefile**

```
1 LDFLAGS=-pthread
2
3 thread: thread.o
4
5 clean:
6         $(RM) thread thread.o
```

Linking시 자동으로 포함되는 변수

```
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ make
cc     -c -o thread.o thread.c
cc -pthread   thread.o    -o thread
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ ./thread
main            gettid = 46201
main            getpid = 46201
$tid[1] start
$tid[1] gettid = 46203
$tid[1] getpid = 46201
$tid[0] start
$tid[0] gettid = 46202
$tid[0] getpid = 46201
^Z
[1]+  Stopped                 ./thread
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ ps -L
    PID     LWP TTY          TIME CMD
   2758    2758 pts/1    00:00:00 bash
  46201   46201 pts/1    00:00:00 thread
  46201   46202 pts/1    00:00:00 thread
  46201   46203 pts/1    00:00:00 thread
  46206   46206 pts/1    00:00:00 ps
sslab@ubuntu:~/7_Thread$ fg
./thread
second cleanup
first cleanup
sslab@ubuntu:~/7_Thread$
```

Ctrl + z키를 누름. SIGSTOP Signal을 보냄.

LWP(Light-Weight Process) : Thread를 의미

fg명령어. SIGCONT Signal을 보냄.

KWANGWOON UNIVERSITY

Assignment 3

- 제출 기한: 2022. 10.06목) ~ 2022.11.10(목) 23:59:59
- Delay 없음
- 업로드 양식에 어긋날 경우 감점 처리
- Hardcopy 제출하지 않음