리눅스시스템 및 응용

Week 11

File & Concurrency Programming

학습목표

- 파일 기본 시스템호출
  - open(), close(), write(), read(), lseek()
- 파일 정보 검색 시스템호출
  - stat(), fstat(), access()
- 파일 접근 권한 제어
  - chmod()
- 파일 링크 생성, 검색, 제어
  - link(), symlink(), lstat(), readlink(), realpath()
  - unlink()
- 파일 잠금(locking) 및 동시성 제어(Binary Semaphore)

1. 파일 기본 시스템호출

- 파일을 다루기 위한 시스템 호출/표준 라이브러리 함수

함수	의미
open	이미 존재하는 파일을 읽기 또는 쓰기용으로 열거나, 새로운 파일을 생성하여 연다.
creat	새로운 파일을 생성하여 연다.
close	open 또는 creat로 열려진 파일을 닫는다.
read	열려진 파일로부터 데이터를 읽어 들인다.
write	열려진 파일에 데이터를 쓴다.
lseek	파일 안에서 읽기/쓰기 포인터를 지정한 바이트 위치로 이동한다.
unlink/remove	파일을 삭제한다.

- 파일 기술자(file descriptor)
  - 실행중인 프로그램과 하나의 파일 사이에 연결된 개방 상태
  - 음수가 아닌 정수형 값으로 시스템이 결정
  - 프로그램 작성 시 실제 값이 무엇인지 알 필요 없음
  - 파일 개방이 실패하면 -1이 됨
  - 커널에 의해서 관리

  - 하나의 프로그램은 동시에 여러 개의 파일을 개방할 수 있다.
  - 여러 개의 프로그램이 동시에 하나의 파일을 개방할 수 있다.
  - 어떤 경우든 커널에 의해서 각 개방상태가 유일하게 식별되어 관리된다.

- 읽기/쓰기 포인터 (read/write pointer)
  - 개방된 파일 내에서 읽기 작업이나 쓰기 작업을 수행할 바이트 단위의 위치
  - 특정 위치를 기준으로 한 상대적인 위치를 의미
    - 그래서 오프셋(offset)이라고 한다.
  - 파일을 개방한 직후에 읽기/쓰기 포인터는 0
    - 파일의 첫 번째 바이트를 가리킨다.
    - 파일의 내용을 읽거나 파일에 새로운 데이터를 작성하면 그 만큼 증가한다.
  - 파일 기술자마다 하나씩 존재
    - 서로 다른 프로그램이 동일한 파일을 개방해도 파일 기술자가 다르기 때문에 마찬가지로 서로 다른 읽기/쓰기 포인터를 가진다.
    - 즉, 서로의 작업이 상대에게 영향을 주지 않는다.

open()

- 기존의 파일을 개방하거나 새로운 파일을 생성한 후에 개방한다

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

int open(const char *pathname, int flags, [mode_t mode]);
```

pathname	개방할 파일의 경로 이름을 가지고 있는 문자열의 포인터이다.
flags	파일의 개방 방식을 지정한다.
mode	대부분의 경우 생략할 수 있는 값으로 새롭게 생성하는 파일의 초기 접근 권한을 지정한다.
반환값	정상적으로 파일을 개방하게 되면 파일 기술자를 반환하게 된다. 파일 개방이 실패할 경우 -1을 반환한다.

  - 이미 존재하는 파일을 개방하려면 반드시 open을 사용한다. 새로운 파일을 생성할 때는 open이나 creat를 사용한다.

```
/* 절대 경로로 지정 */
filedes = open("/home/lsp/data.txt", O_RDONLY);
/* 상대 경로로 지정 */
filedes = open("data.txt", O_RDONLY);
…
/* 문자열을 담고 있는 배열 */
char pathname[] = "data.txt";
/* 배열의 포인터로 경로를 지정 */
filedes = open(pathname, O_RDONLY);
```

- flags
  - 파일을 개방하고 난 후의 접근 방식
  - 읽기 전용, 쓰기 전용, 읽기 쓰기용
    - O_RDONLY
      - : 읽기만 가능한 상태로 접근
    - O_WRONLY
      - : 쓰기만 가능한 상태로 접근
    - O_RDWR
      - : 읽기, 쓰기 모두 가능한 상태로 접근
    - O_CREAT
      - : 지정한 경로의 파일이 존재하지 않으면 새롭게 생성한 후 개방한다.지정한 경로의 파일이 존재하면 지정한 상태로 개방한다.

- O_EXCL
  - : 독점적으로 파일을 접근
- O_APPEND
  - : 파일을 개방한 직후에 읽기/쓰기 포인터의 위치를 파일 내용의 마지막 바로 뒤로 이동
- O_TRUNC
  - : 파일을 개방한 직후에 읽기/쓰기 포인터의 위치를 파일 내용의 첫 부분으로 이동. 파일의 이전 내용은 지워진다

- mode
  - 파일의 접근 권한을 의미한다.
  - 이미 존재하는 파일을 개방하여 사용할 경우 생략한다.
  - 새로운 파일을 생성할 때 적용한다.

- **filedes = open(filename, O_RDWR);**
  - filename으로 지정한 파일을 읽기와 쓰기가 가능한 상태로 개방
- **filedes = open(filename, O_RDONLY | O_CREAT);**
  - filename으로 지정한 파일이 존재할 경우 읽기 전용으로 개방
  - 만약 파일이 존재하지 않으면 새롭게 생성한 후 읽기 전용으로 개방
  - (파일의 권한을 생략했기 때문에 기본 값으로 초기권한이 설정)
- **filedes = open(filename, O_WRONLY | O_CREAT, 0644);**
  - filename으로 지정한 파일이 존재할 경우 쓰기 전용으로 개방
  - 만약 파일이 존재하지 않으면 새롭게 생성한 후 쓰기 전용으로 개방
  - 초기 권한이 0644로 설정
- **filedes = open(filename, O_WRONLY | O_CREAT | O_EXCL, 0644);**
  - filename으로 지정한 파일이 존재하면 open의 수행이 실패
  - 만약에 파일이 존재하지 않으면 초기권한 0644로 새롭게 파일을 생성 (쓰기 전용으로 개방)

- 반환값
  - 호출이 성공하면 음이 아닌 정수형의 값을 반환한다.
    - 파일 기술자(file descriptor)
  - 프로그램 내에서 파일 기술자는 중복되지 않는다.
    - 0, 1, 2는 반환값으로 나타나지 않는다.
    - 0, 1, 2는 각각 표준 입력, 표준 출력, 표준 에러로 사용
  - 반환값이 -1이면 파일 개방에 실패했다.
    - 지정한 파일이 존재하지 않는다.
    - 접근 권한이 없다.

- open 호출 실패에 대한 대비
  - open의 반환값으로 호출의 성공 여부를 확인할 수 있다.
  - 호출 실패시 적절한 대응이 있어야 한다.

```
…
filedes = open("data.txt", O_RDONLY);
/* filedes가 -1이면 open 호출이 실패했다. */
if(filedes == -1)
{
    printf("file open error!\n");
    exit(1);
}
```

open() 으로 새로운 파일 생성하기

- O_CREAT flag
  - open으로 새로운 파일을 생성할 때 사용한다.
  - **`filedes = open("/tmp/tmpfile.txt", O_RDWR | O_CREAT, 0644);`**

  - O_CREAT
    - /tmp/tmpfile.txt가 존재하지 않을 경우 새롭게 생성
    - 새로운 파일을 생성할 때 반드시 사용
    - 0644
      - 새롭게 생성된 파일의 접근 권한은 0644이다.
      - rw-r--r--

```c
/* openex.c */
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>


int main(){
    int filedes;
    char pathname[] = "temp.txt";

     if((filedes = open(pathname, O_CREAT | O_RDWR, 0644)) == -1)
     {
         printf("file open error!\n");
         exit(1);
     }
     close(filedes);
}
```

- O_EXCL flag
  - 이미 존재하는 파일을 O_CREAT 플래그를 사용하여 개방할 때O_EXCL
  - 플래그가 파일의 개방을 막는다. (즉 개방이 실패한다.)

  - 이미 존재하는 파일을 O_CREAT 플래그를 사용하여 개방하면 기존의 내용을 수정하는 실수를 범할 수 있다.
    - O_EXCL 플래그를 사용하여 개방 자체를 실패하게 한다.

  - **`filedes = open(pathname, O_CREAT | O_RDWR | O_EXCL, 0644);`**

    - pathname에 해당하는 파일이 존재하지 않으면 새롭게 생성한 후에 읽기와 쓰기가 가능한 상태로 만들고 접근 권한은 0644이다.
    - 이미 존재하면 open이 실패한다.

close()

- close()

```
#include <unistd.h>

int close(int filedes);
```

filedes	이전에 open이나 creat에 의해 개방된 파일의 파일 기술자이다.
반환값	작업이 성공할 경우 0이 반환되며, 실패할 경우 -1이 반환된다.

- open이나 creat에 의해 개방된 파일을 닫는다.
  - 할당 받은 파일 기술자를 반환한다.
- 개방된 파일을 사용이 끝나면 반드시 닫아주어야 한다.
  - 하나의 프로세스가 동시에 개방할 수 있는 파일의 수는 제한되어 있음
  - 시스템 차원에서 동시에 개방할 수 있는 파일의 수는 제한되어 있음
- 개방된 파일을 닫지 않고 프로그램이 종료한 경우
  - 프로그램이 종료할 때 개방된 파일은 커널에 의해 자동으로 닫힌다.
  - 이런 사실을 알고 있더라도 사용된 파일은 마지막에 닫아주는 것이 좋다.

```
/* 파일을 읽기 전용 상태로 개방한다. */
filedes = open("data.txt", O_RDONLY);
…
/* data.txt를 사용하는 코드가 위치 */
…
close(filedes);
```

creat()

- **creat()**
  - 새로운 파일을 생성

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

int creat(const char *pathname, mode_t mode);
```

pathname	개방할 파일의 경로 이름을 가지고 있는 문자열의 포인터이다.
mode	새롭게 생성하는 파일의 초기 접근 권한을 지정한다. creat는 존재하지 않는 파일을 새롭게 생성하는 것이 사용 목적이기 때문에 생략할 수 없다.
반환값	정상적으로 파일을 개방하게 되면 파일 기술자를 반환하게 된다. 파일 개방이 실패할 경우 -1을 반환한다.

  - creat는 open을 다음의 플래그와 함께 사용하는 것과 같다.
    - O_WRONLY, O_CREAT, O_TRUNC

- 이미 존재하는 파일을 지정하여 creat를 사용하는 경우
  - 해당 파일을 개방함과 동시에 파일이 가지고 있는 데이터를 모두 삭제한다

```
filedes = creat(pathname, 0644);
    …
filedes = open(pathmame, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0644);
```

  - creat에서 지정한 파일이 함부로 변경되어서는 안될 경우
    - creat보다는 open을 O_EXCL 플래그와 함께 사용한다.

```c
/* createx.c */
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>

int main(){
     int filedes1, filedes2;

     filedes1 = open("data1.txt", O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0644);
     filedes2 = creat("data2.txt", 0644);

     close(filedes1);
     close(filedes2);
}
```

read()

- read()
  - 파일 기술자로 지정한 파일에서 데이터(내용)를 읽어온다

```
#include <unistd.h>

size_t read(int filedes, void *buf, size_t count);
```

filedes	읽기 작업을 수행할 파일에 대한 기술자이다.
buf	파일로부터 읽어 들인 내용을 저장하기 위한 공간이다. 일반적으로 배열을 사용하게 되는데 배열의 데이터 형식은 어느 것이라도 상관없다.
count	읽어 들일 파일 내용의 크기를 지정한다. 바이트 단위로 기술한다.
반환값	파일로부터 읽기 작업이 성공할 경우 1) 읽어 들인 파일 내용의 바이트 크기가 반환 (1 이상의 값) 2) 읽어 들인 내용이 없을 경우 (EOF일 경우) 0을 반환 읽기 작업이 실패할 경우 1) -1을 반환

write()

- write()
  - 파일 기술자로 지정한 파일로 데이터(내용)를 저장한다

```
#include <unistd.h>

size_t write(int filedes, const void *buf, size_t count);
```

filedes	쓰기 작업을 수행할 파일에 대한 기술자이다.
buf	파일로 쓰려고 하는 내용이 저장되어 있는 공간이다. 일반적으로 배열을 사용하게 되면 배열의 데이터 형식은 어느 것이라도 상관없다.
count	buf에 있는 데이터 중에 실제로 파일로 저장할 데이터의 크기이다.
반환값	파일로 쓰기가 성공한 데이터의 크기이다. 대부분의 경우 count에서 지정한 값과 동일한 값이 반환된다. 만약 count의 값과 반환값이 다르다면 쓰기 작업이 실패한 것이다.

- read/write를 사용할 수 있는 파일의 개방 상태

함수	파일 개방 상태	
read()	O_RDONLY	O_RDWR
write()	O_WRONLY	

- 함수 호출의 성공 여부 판단
  - read 함수
    - 대부분의 경우 세 번째 인수 count로 지정한 값이 반환됨
    - 파일의 마지막 부분을 읽을 경우 count보다 작은 값이 반환됨
    - 반환값이 0일 경우 읽기/쓰기 포인터가 EOF(end-of-file)에 있음
  - write 함수
    - 모든 경우에서 반환값은 세 번째 인수 count로 지정한 값이 반환됨
    - 반환값이 count로 지정한 값이 아닌 경우 쓰기 작업이 실패함

- read/write의 성공 여부를 검사하는 예제 코드

```
/* read가 정상적으로 수행되었는지 검사 */
if((nread = read(filedes, buf, BUFSIZE)) > 0)
   …
```

  - read는 0 이상의 값을 반환할 때 호출이 성공한 것이다.
  - read가 0을 반환하면 파일의 내용을 모두 읽었기 때문에 더 이상 읽을 것이 없음을 의미한다.

```
/* write가 정상적으로 수행되었는지 검사 */
if((write(filedes, buf, nread) < nread)
   …
```

  - write는 항상 세 번째 인수로 지정한 것과 같은 값이 반환되어야 호출이 성공한 것이다.
  - 호출이 실패할 경우 반환값은 세 번째 인수의 값보다 작다.

```c
/* readwritex.c */
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>

int main(){
     int fdin, fdout;
     size_t nread;
     char buffer[1024];

     fdin = open("temp1.txt", O_RDONLY);
     fdout = open("temp2.txt", O_WRONLY | O_CREAT| O_TRUNC, 0644);
     while((nread = read(fdin, buffer, 1024)) > 0){

        if(write(fdout, buffer, nread) < nread){
            close(fdin);
            close(fdout);
        }
     } /* while */
    close(fdin);
    close(fdout);
}
```

lseek()

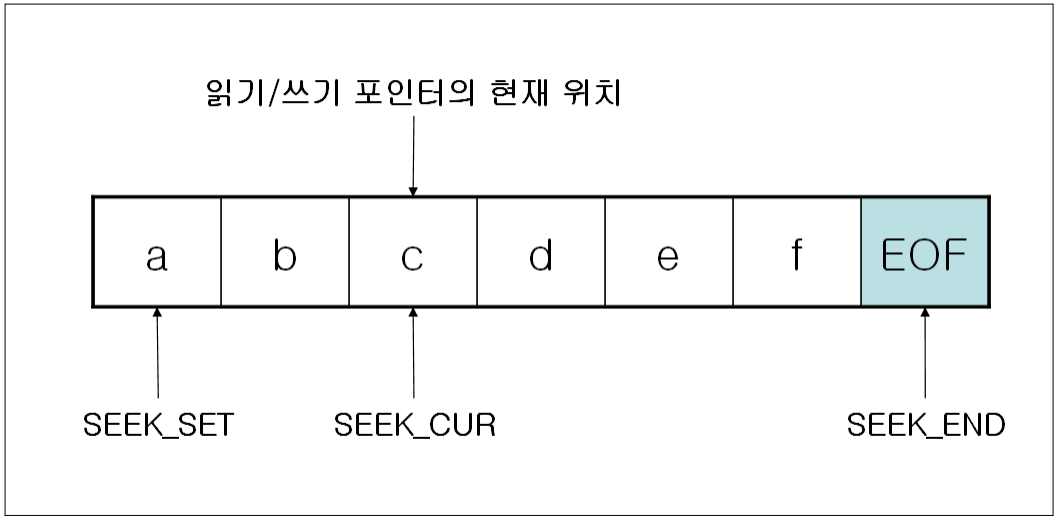
- lseek()
  - 지정한 파일에 대해서 읽기/쓰기 포인터의 위치를 임의로 변경

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

off_t lseek(int filedes, off_t offset, int whence);
```

filedes	읽기/쓰기 포인터를 변경할 파일을 지정한다.
offset	새롭게 지정할 읽기/쓰기 포인터의 위치를 의미한다. 오프셋이기 때문에 기준에 따라 음수가 될 수도 있다.
whence	offset의 기준이 된다. 파일의 맨 처음(SEEK_SET), 현재 포인터의 위치(SEEK_CUR), 파일의 맨 마지막(SEEK_END) 등 세 가지가 있다.
반환값	작업이 성공하면 파일의 첫 부분을 기준으로 한 포인터의 오프셋을 반환한다. 작업이 실패할 경우 (off_t)-1이 반환된다.

- whence
  - offset의 기준
  - **SEEK_SET**
    - 파일의 첫 번째 바이트를 시작점으로
  - **SEEK_CUR**
    - 읽기/쓰기 포인터의 현재 위치를 시작점으로
  - **SEEK_END**
    - 파일의 끝(end-of-file)을 시작점으로



- lseek의 사용 예

```
off_t newpos;
newpos = lseek(filedes, (off_t)0, SEEK_SET);
```

  - 파일의 첫 번째 바이트로 읽기/쓰기 포인터를 옮긴다

```
newpos = lseek(filedes, (off_t)2, SEEK_CUR);
```

  - 현재 위치에서 뒤로 2바이트만큼 옮긴다.

```
newpos = lseek(filedes, (off_t)0, SEEK_END);
```

  - 파일의 마지막 바이트 바로 뒤(EOF)로 옮긴다.

```
newpos = lseek(filedes, (off_t)-1, SEEK_END);
```

  - 파일의 마지막 바이트로 옮긴다.

```
01 /* lseekex.c : 파일의 크기를 계산한다. */
02 #include <sys/types.h>
03 #include <unistd.h>
04 #include <fcntl.h>
05
06 int main()
07 {
08     int filedes;
09     off_t newpos;
10
11     filedes = open("data1.txt", O_RDONLY);
12
13     /* 읽기/쓰기 포인터를 EOF로 이동한다. */
14    newpos = lseek(filedes, (off_t)0, SEEK_END);
15
16     printf("file size : %ld\n", newpos);
17 }
```

remove()

- remove()
  - 경로명으로 지정한 파일을 삭제

```
#include <unistd.h>
int unlink(const char *pathname);
…
#include <stdio.h>
int remove(const char *pathname);
```

pathname	삭제할 파일의 경로 이름이다.
반환값	작업이 성공할 경우 0이 반환되며, 실패할 경우 -1이 반환된다.

  - pathname으로 지정한 파일을 삭제한다.
  - 비어 있는 디렉터리는 remove만 삭제할 수 있다. (unlink는 불가능)
    - 비어 있지 않은 디렉터리는 두 함수 모두 삭제할 수 없다.

File Locking

- Linux는 다중 사용자/다중 프로세스 환경
- 특정 파일이나 특정 device를 일시 독점적 사용이 필요
- 예
  - lpr process에 의한 특정 프린터 출력 시 충돌 방지 필요
  - /dev/modem의 사용 시 특정 프로세스에서 독점 사용 필요
- File locking은 Linux의 중요 기능
- Locking method
  - 파일 전체 잠금: atomic way
  - 파일 부분 잠금: 파일 내용중 특정 부분만

- 잠금 표식 파일
  - Printer daemon에 의한 다수 출력물 충돌 방지
    - /usr/spool/lpr/lock file을 일시 생성, 프린트 완료 후 제거
    - 위 파일을 잠금 표식 파일(Locking Indicator file)
  - 일종의 binary Semaphore
  - 파일의 생성은 low level system call 사용
    - open(), read(), write(), close()

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <errno.h>

int main()
{
    int file_desc;
   int save_errno;

    file_desc = open("/tmp/LCK.test", O_RDWR | O_CREAT | O_EXCL, 0444);

 if (file_desc == -1) {
      save_errno = errno;
      printf("Open failed with error %d\n",save_errno);
    }
    else printf("Open succeeded\n");
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Critical Section

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <errno.h>

const char *lock_file = "/tmp/LCK.test2";

int main() {
    int file_desc;
    int tries = 50;

    while (tries--) {
        file_desc = open(lock_file, O_RDWR |
  O_CREAT | O_EXCL, 0444);
        if (file_desc == -1) {
            printf("%d - Lock already present,
  Try Again ~\n", getpid());
            sleep(1);
        }
        else {
            /* critical region */
            printf("%d - I have exclusive
access\n",
                   getpid());
            sleep(1);
            (void)close(file_desc);
            (void)unlink(lock_file);
            /* non-critical region */
            sleep(1);
        }
    } /* while */
    printf("Done . . .\n");
}
```

Question?