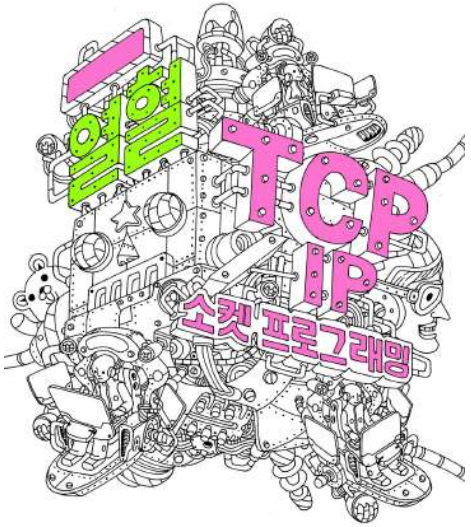
윤성우의 열혈 TCP/IP 소켓 프로그래밍

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

Chapter 10. 멀티프로세스 기반의 서버 구현



Chapter 10-1. 프로세스의 이해와 활용

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

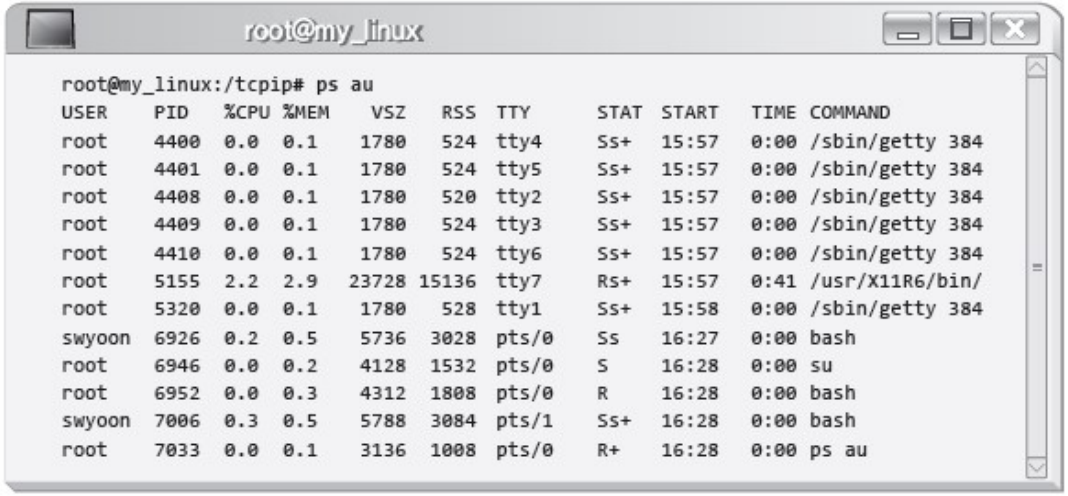
다중 접속 서버의 구현 방법들

- 멀티프로세스 기반 서버 — 다수의 프로세스를 생성하는 방식으로 서비스 제공
- 멀티플렉싱 기반 서버 — 입출력 대상을 묶어서 관리하는 방식으로 서비스 제공
- 멀티쓰레딩 기반 서버 — 클라이언트의 수만큼 쓰레드를 생성하는 방식으로 서비스 제공

다중 접속 서버란 둘 이상의 클라이언트에게 동시에 접속을 허용하여, 동시에 둘 이상의 클라이언트에게 서비스를 제공하는 서버를 의미한다.

프로세스와 프로세스의 ID

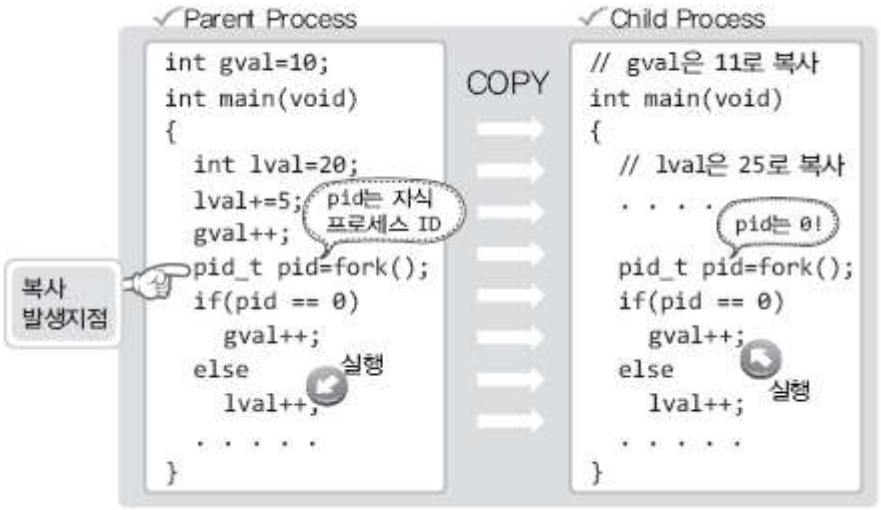
- 프로세스란?
  - 간단하게는 실행 중인 프로그램을 뜻한다.
  - 실행중인 프로그램에 관련된 메모리, 리소스 등을 총칭하는 의미이다.
  - 멀티프로세스 운영체제는 둘 이상의 프로세스를 동시에 생성 가능하다.
- 프로세스 ID
  - 운영제제는 생성되는 모든 프로세스에 ID를 할당한다.



fork 함수의 호출을 통한 프로세스의 생성

```
#include <unistd.h>

pid_t fork(void);
    ➜ 성공 시 프로세스 ID, 실패 시 -1 반환
```

fork 함수가 호출되면, 호출한 프로세스가 복사되어 fork 함수 호출 이후를 각각의 프로세스가 독립적으로 실행하게 된다.

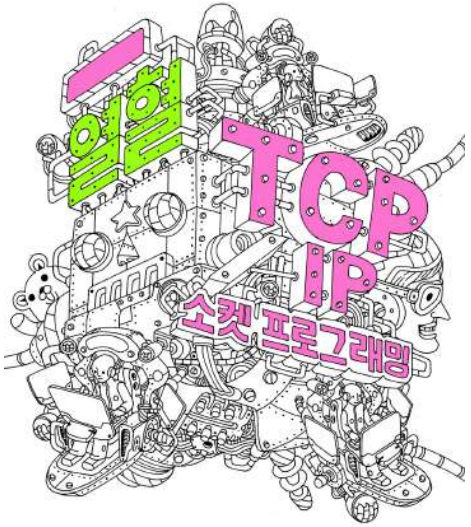


fork 함수 호출 이후의 반환 값은 다음과 같다. 따라서 반환 값의 차를 통해서 부모 프로세스와 자식 프로세스의 프로그램 흐름을 구분하게 된다.

- 부모 프로세스 fork 함수의 반환 값은 자식 프로세스의 ID
- 자식 프로세스 fork 함수의 반환 값은 0

fork 함수를 호출한 프로세스는 **부모 프로세스**,

fork 함수의 호출을 통해서 생성된 프로세스는 **자식 프로세스**



Chapter 10-2. 프로세스 & 좀비 프로세스

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

좀비 프로세스의 이해

- 좀비 프로세스란?
  - 실행이 완료되었음에도 불구하고, 소멸되지 않은 프로세스
  - 프로세스도 main 함수가 반환되면 소멸되어야 한다.
  - 소멸되지 않았다는 것은 프로세스가 사용한 리소스가 메모리 공간에 여전히 존재한다는 의미이다.
- 좀비 프로세스의 생성 원인
  - 자식 프로세스가 종료되면서 반환하는 상태 값이 부모 프로세스에게 전달되지 않으면 해당 프로세스는 소멸되지 않고 좀비가 된다.

- 인자를 전달하면서 exit를 호출하는 경우
- main 함수에서 return문을 실행하면서 값을 반환하는 경우

자식 프로세스의 종료 상태 값이 운영체제에 전달되는 경로

좀비 프로세스의 생성 확인

예제 zombie.c의 일부

```
pid_t pid=fork();

if(pid==0)  // if Child Process
{
    puts("Hi, I am a child process");
}
else
{
    printf("Child Process ID: %d \n", pid);
    sleep(30);  // Sleep 30 sec.
}

if(pid==0)
    puts("End child process");
else
    puts("End parent process");
return 0;
```

실행결과

```
root@my_linux:/tcpip# gcc zombie.c -o zombie
root@my_linux:/tcpip# ./zombie
Hi, I am a child process
End child process
Child Process ID: 10977
```

자식 프로세스의 종료 값을 반환 받을 부모 프로세스가 소멸되면, 좀비의 상태로 있던 자식 프로세스도 함께 소멸되기 때문에 부모 프로세스가 소멸되기 존에 좀비의 생성을 확인해야 한다.

```
root@my_linux:/tcpip# ps au
USER    PID   %CPU %MEM    VSZ   RSS  TTY      STAT START   TIME COMMAND
. . . . .
root    10976 0.0  0.0    1628   368  pts/0    S+   20:26   0:00 ./zombie
root    10977 0.0  0.0       0     0  pts/0    Z+   20:26   0:00 [zom] <defunct>
. . . . .
```

좀비 프로세스의 소멸: wait 함수의 사용

예제 zombie.c의 일부

```
int status;
pid_t pid=fork();

if(pid==0)
{
    return 3;
}
else
{
    printf("Child PID: %d \n", pid);
    pid=fork();
    if(pid==0)
    {
        exit(7);
    }
    else
    {
        printf("Child PID: %d \n", pid);
        wait(&status);
        if(WIFEXITED(status))
            printf("Child send one: %d \n", WEXITSTATUS(status));
        wait(&status);
        if(WIFEXITED(status))
            printf("Child send two: %d \n", WEXITSTATUS(status));
        sleep(30);  // Sleep 30 sec.
    }
}
```

자식 프로세스 생성 종료

자식 프로세스 생성 종료

부모 프로세스 실행 영역

```
root@my_linux:/tcpip# gcc wait.c -o wait
root@my_linux:/tcpip# ./wait
Child PID: 12337
Child PID: 12338
Child send one: 3
Child send two: 7
```

실행결과

- WIFEXITED

  자식 프로세스가 정상 종료한 경우 '참(true)'을 반환한다.

- WEXITSTATUS

  자식 프로세스의 전달 값을 반환한다.

wait 함수의 경우 자식 프로세스가 종료되지 않은 상황에서는 반환하지 않고 **블로킹 상태에 놓인다**는 특징이 있다.

좀비 프로세스의 소멸2: waitpid 함수의 사용


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

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

➜ 성공 시 종료된 자식 프로세스의 ID(또는 0), 실패 시 -1 반환

- pid — 종료를 확인하고자 하는 자식 프로세스의 ID 전달, 이를 대신해서 -1을 전달하면 wait 함수와 마찬가지로 임의의 자식 프로세스가 종료되기를 기다린다.
- statloc — wait 함수의 매개변수 statloc과 동일한 의미로 사용된다.
- options — 헤더파일 sys/wait.h에 선언된 상수 WNOHANG을 인자로 전달하면, 종료된 자식 프로세스가 존재하지 않아도 블로킹 상태에 있지 않고, 0을 반환하면서 함수를 빠져 나온다.

wait 함수는 블로킹 상태에 빠질 수 있는 반면, waitpid 함수는 블로킹 상태에 놓이지 않게끔 할 수 있다는 장점이 있다.

waitpid 함수의 예

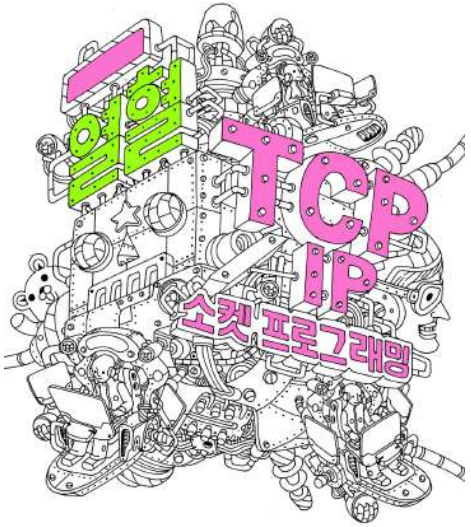
예제 waitpid.c

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    int status;
    pid_t pid=fork();

    if(pid==0)
    {
        sleep(15);
        return 24;
    }
    else
    {
        while(!waitpid(-1, &status, WNOHANG))
        {
            sleep(3);
            puts("sleep 3sec.");
        }

        if(WIFEXITED(status))
            printf("Child send %d \n", WEXITSTATUS(status));
    }
    return 0;
}
```

```
root@my_linux:/tcpip# gcc waitpid.c -o waitpid
root@my_linux:/tcpip# ./waitpid
sleep 3sec.
sleep 3sec.
sleep 3sec.
sleep 3sec.
sleep 3sec.
Child send 24
```

실행결과

waitpid 함수 호출 시 첫 번째 인자로 -1, 세 번째 인자로 WNOHANG가 전달되었으니, 임의의 프로세스가 소멸되기를 기다리되, 종료된 자식 프로세스가 없으면 0을 반환하면서 함수를 빠져나온다.



Chapter 10-3. 시그널 핸들링

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

시그널과 시그널 등록의 이해

- 시그널이란?
  - 특정 상황이 되었을 때 운영체제가 프로세스에게 해당 상황이 발생했음을 알리는 일종의 메시지를 가리켜 시그널이라 한다.

등록 가능한 시그널의 예

• SIGALRM	alarm 함수호출을 통해서 등록된 시간이 된 상황
• SIGINT	CTRL+C가 입력된 상황
• SIGCHLD	자식 프로세스가 종료된 상황

- 시그널 등록이란?
  - 특정 상황에서 운영체제로부터 프로세스가 시그널을 받기 위해서는 해당 상황에 대해서 등록의 과정을 거쳐야 한다.

시그널과 시그널 함수


```
#include <signal.h>

void (*signal(int signo, void (*func)(int)))(int);
```

➡ 시그널 발생시 호출되도록 이전에 등록된 함수의 포인터 반환

시그널 등록에 사용되는 함수

- 함수 이름 signal
- 매개변수 선언 int signo, void(*func)(int)
- 반환형 매개변수형이 int이고 반환형이 void인 함수 포인터

시그널 등록의 예

signal(SIGCHLD, mychild);	자식 프로세스가 종료되면 mychild 함수를 호출해 달라!
signal(SIGALRM, timeout);	alarm 함수호출을 통해서 등록된 시간이 지나면 timeout 함수호출!
signal(SIGINT, keycontrol);	CTRL+C가 입력되면 keycontrol 함수를 호출해 달라!

시그널 등록되면, 함께 등록된 함수의 호출을 통해서 운영체제는 시그널의 발생을 알린다.

시그널 핸들링 예제

예제 signal.c

```
void timeout(int sig)
{
    if(sig==SIGALRM)
        puts("Time out!");
    alarm(2);
}
void keycontrol(int sig)
{
    if(sig==SIGINT)
        puts("CTRL+C pressed");
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    int i;
    signal(SIGALRM, timeout);
    signal(SIGINT, keycontrol);
    alarm(2);

    for(i=0; i<3; i++)
    {
        puts("wait...");
        sleep(100);
    }
    return 0;
}
```

이 예제에서 보이는 signal 함수는 운영체제 별로 동작방식의 차이를 보이기 때문에 이어서 설명하는 sigaction 함수를 대신 사용한다. signal 함수는 과거 프로그램과의 호환성을 유지하기 위해서 제공된다.

```
root@my_linux:/tcpip# gcc signal.c -o signal
root@my_linux:/tcpip# ./signal
wait...
Time out!
wait...
Time out!
wait...
Time out!
```

실행결과

시그널이 발생하면, sleep 함수의 호출을 통해서 블로킹 상태에 있던 프로세스가 깨어난다. 그래서 이 예제의 경우 코드의 내용대로 300초의 sleep 시간을 갖지 않는다.

sigaction 함수


```
#include <signal.h>

int sigaction(int signo, const struct sigaction * act, struct sigaction * oldact);
```

➜ 성공 시 0, 실패 시 −1 반환

- signo — signal 함수와 마찬가지로 시그널의 정보를 인자로 전달.
- act — 첫 번째 인자로 전달된 상수에 해당하는 시그널 발생시 호출될 함수(시그널 핸들러)의 정보 전달.
- oldact — 이전에 등록되었던 시그널 핸들러의 함수 포인터를 얻는데 사용되는 인자, 필요 없다면 0 전달.

```
struct sigaction
{
    void (*sa_handler)(int);
    sigset_t sa_mask;
    int sa_flags;
}
```

sigaction 구조체 변수를 선언해서, 시그널 등록 시 호출될 함수의 정보를 채워서 위의 함수 호출 시 인자로 전달한다. sa_mask의 모든 비트는 0, sa_flags는 0으로 초기화! 이 둘은 시그널관련 정보의 추가 전달에 사용되는데, 좀비의 소멸을 목적으로는 사용되지 않는다.

sigaction 함수의 호출 예

예제 sigaction.c

```
void timeout(int sig)
{
    if(sig==SIGALRM)
        puts("Time out!");
    alarm(2);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    int i;
    struct sigaction act;
    act.sa_handler=timeout;
    sigemptyset(&act.sa_mask);
    act.sa_flags=0;
    sigaction(SIGALRM, &act, 0);

    alarm(2);

    for(i=0; i<3; i++)
    {
        puts("wait...");
        sleep(100);
    }
    return 0;
}
```

실행 결과

```
root@my_linux:/tcpip# gcc sigaction.c -o sigaction
root@my_linux:/tcpip# ./sigaction
wait...
Time out!
wait...
Time out!
wait...
Time out!
```

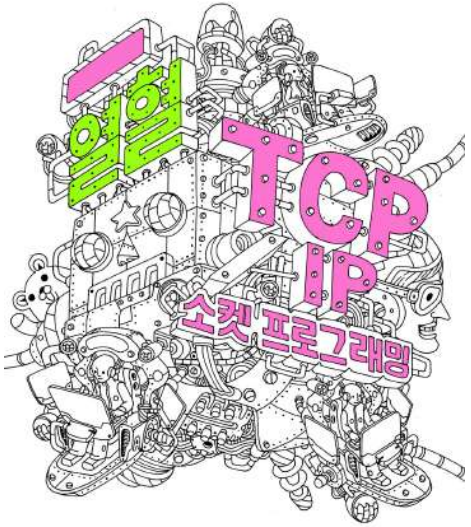
시그널 핸들링을 통한 좀비 프로세스의 소멸


```
int main(int argc, char *argv[])
{
    pid_t pid;
    struct sigaction act;
    act.sa_handler=read_childproc;
    sigemptyset(&act.sa_mask);
    act.sa_flags=0;
    sigaction(SIGCHLD, &act, 0);
    . . . . .
```

SIGCHID에 대해서 시그널 핸들링을 등록하였으니, 이 때 등록된 함수 내에서 좀비의 소멸을 막으면 좀비 프로세스는 생성되지 않는다.

```
void read_childproc(int sig)
{
    int status;
    pid_t id=waitpid(-1, &status, WNOHANG);
    if(WIFEXITED(status))
    {
        printf("Removed proc id: %d \n", id);
        printf("Child send: %d \n", WEXITSTATUS(status));
    }
}
```

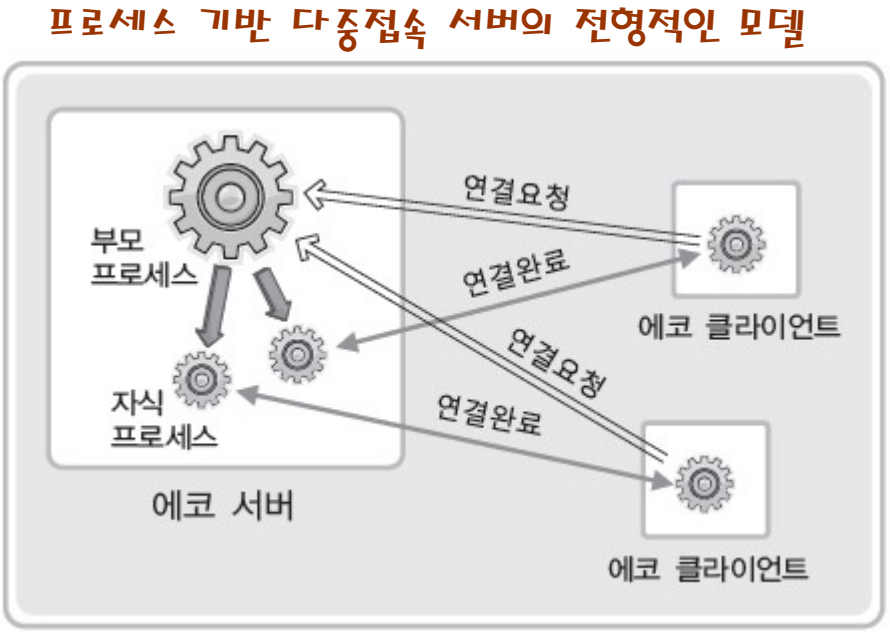
가장 기본적인 좀비의 소멸 코드로 함수가 정의되어 있다.



Chapter 10-4. 멀티태스킹 기반의 다중접속 서버

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

프로세스 기반 다중접속 서버 모델



핵심은 연결이 하나 생성될 때마다 프로세스를 생성해서 해당 클라이언트에 대해 서비스를 제공하는 것이다.

- 1단계 에코 서버(부모 프로세스)는 accept 함수호출을 통해서 연결요청을 수락한다.
- 2단계 이때 얻게 되는 소켓의 파일 디스크립터를 자식 프로세스를 생성해서 넘겨준다.
- 3단계 자식 프로세스는 전달받은 파일 디스크립터를 바탕으로 서비스를 제공한다.

다중접속 에코 서버의 구현

예제 echo_mpserv.c의 일부

```
while(1)
{
    adr_sz=sizeof(clnt_adr);
    clnt_sock=accept(serv_sock, (struct sockaddr*)&clnt_adr, &adr_sz);
    if(clnt_sock==-1)
        continue;
    else
        puts("new client connected...");
    pid=fork();
    if(pid==-1)
    {
        close(clnt_sock);
        continue;
    }
    if(pid==0)  /* 자식 프로세스 실행영역 */
    {
        close(serv_sock);
        while((str_len=read(clnt_sock, buf, BUF_SIZE))!=0)
            write(clnt_sock, buf, str_len);

        close(clnt_sock);
        puts("client disconnected...");
        return 0;
    }
    else
        close(clnt_sock);
}
```

클라이언트와 연결되면

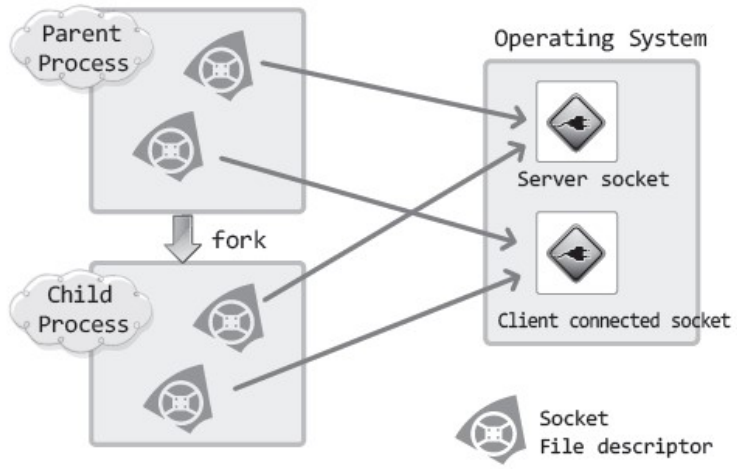
자식 프로세스를 생성해서

자식 프로세스가 서비스를 제공하게 한다.

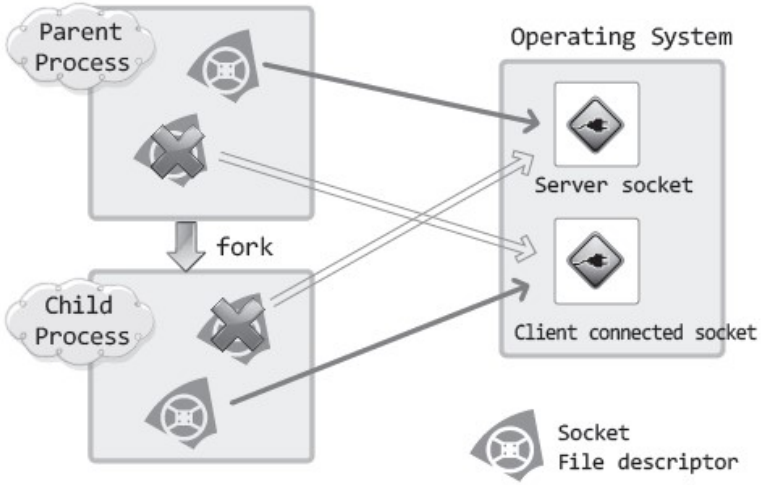
잠시 후에 설명

물론, 좀비 프로세스의 소멸을 위해서 앞서 보인, 좀비의 해결을 위한 함수의 호출과정은 거쳐야 한다. 이 코드에서는 이 내용을 보이지 않고 있다.

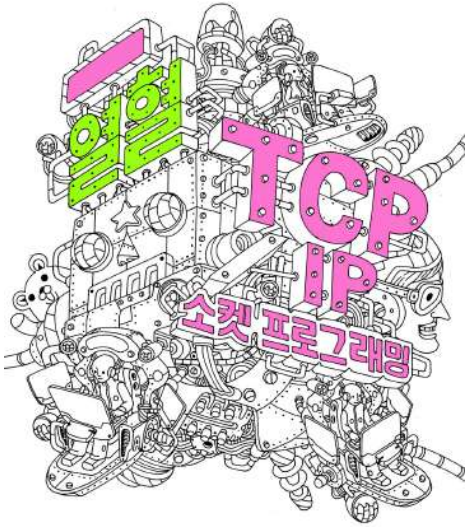
fork 함수호출을 통한 디스크립터의 복사



프로세스가 복사되는 경우 해당 프로세스에 의해 만들어진 소켓이 복사되는 게 아니고, 파일 디스크립터가 복사되어 왼쪽 그림의 형태가 된다.



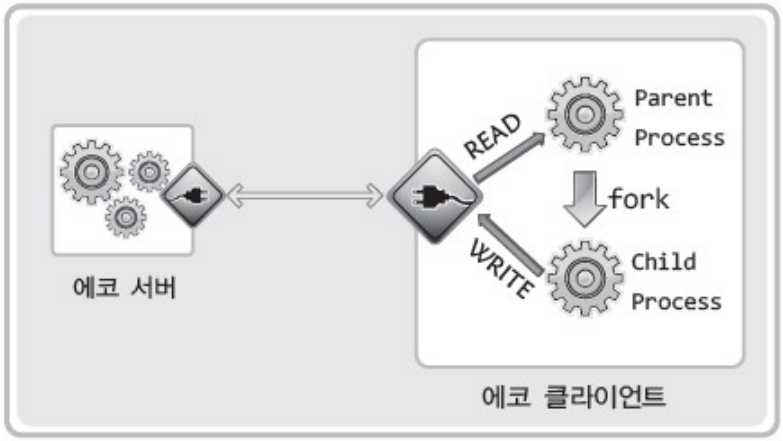
하나의 소켓에 두 개의 파일 디스크립터가 존재하는 경우, 두 파일 디스크립터 모두 종료되어야 해당 소켓 소멸 그래서 fork 함수호출 후에는 서로에게 상관없는 파일 디스크립터를 종료한다.



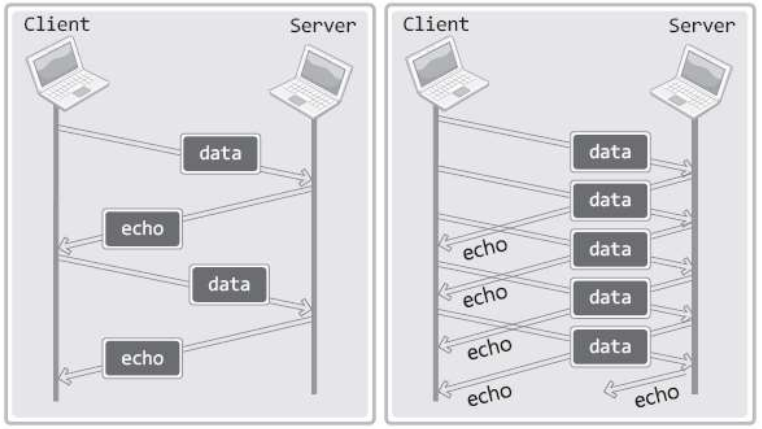
Chapter 10-5. TCP의 입출력 루틴 분할

윤성우 저 열혈강의 TCP/IP 소켓 프로그래밍 개정판

입출력 루틴 분할의 이점과 의미



소켓은 양방향 통신이 가능하다. 따라서 왼쪽 그림과 같이 입력을 담당하는 프로세스와 출력을 담당하는 프로세스를 각각 생성하면, 입력과 출력을 각각 별도로 진행시킬 수 있다.



입출력 루틴을 분할하면, 보내고 받는 구조가 아니라, 이 둘이 동시에 진행 가능하다.

에코 클라이언트의 입출력 분할의 예

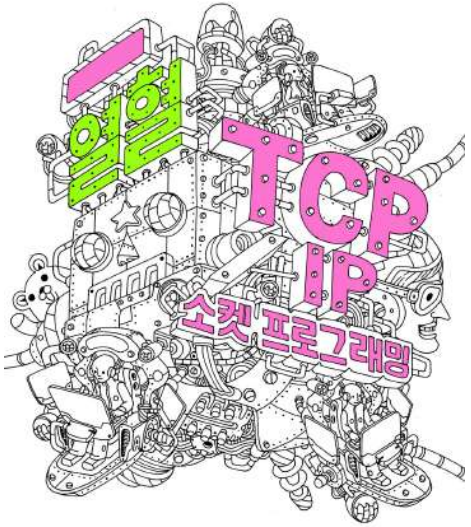
예제 echo_mpclient.c의 일부

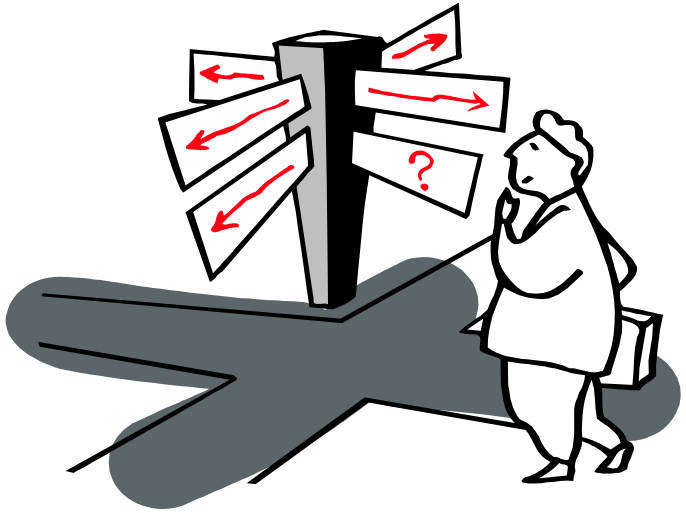
```
if(connect(sock, (struct sockaddr*)&serv_adr, sizeof(serv_adr))==-1)
    error_handling("connect() error!");

pid=fork();
if(pid==0)
    write_routine(sock, buf);
else
    read_routine(sock, buf);
```

```
void read_routine(int sock, char *buf)
{
    while(1)
    {
        int str_len=read(sock, buf, BUF_SIZE);
        if(str_len==0)
            return;

        buf[str_len]=0;
        printf("Message from server: %s", buf);
    }
}
void write_routine(int sock, char *buf)
{
    while(1)
    {
        fgets(buf, BUF_SIZE, stdin);
        if(!strcmp(buf,"q\n") || !strcmp(buf,"Q\n"))
        {
            shutdown(sock, SHUT_WR);
            return;
        }
        write(sock, buf, strlen(buf));
    }
}
```

입력을 담당하는 함수와 출력을 담당하는 함수를 구분 지어 정의했기 때문에, 구현의 용이성에도 좋은 점수를 줄 수 있다.

물론, 인터랙티브 방식의 데이터 송수신을 진행하는 경우에는 이러한 분할이 큰 의미를 부여하지 못한다. 즉, 이러한 형태의 구현이 어울리는 상황이 있고, 또 어울리지 않는 상황도 있다.





Chapter 10이 끝났습니다. 질문 있으신지요?