4. 고급 소켓 프로그래밍

- **다중처리 기술**
  - **동시에 여러 작업을 병행처리**
  - **멀티태스킹**(multitasking)
  - **다중화**(multiplexing)

4.1 다중처리 기술

- 네트워크 프로그램은 다중 처리할 경우가 많다.
  - 여러 개의 입출력을 동시 처리
  - 서버 프로그램은 다수의 클라이언트와 동시에 통신
- 다중처리를 제공하는 방법
  - 멀티태스킹
  - 다중화

멀티태스킹

- **여러 작업을 병행하여 처리하는 기법**
  - Unix는 **멀티태스킹을 위해 멀티프로세스 또는 멀티스레드를 사용**
- **멀티프로세스**
  - **프로세스를 여러 개 실행**
- **멀티스레드**
  - **스레드를 여러 개 실행**

멀티프로세스

- 독립적으로 처리해야 할 작업의 수만큼 프로세스를 생성
  - 예 : 토크 프로그램
    - 상대방에 메시지를 화면에 출력하는 프로세스
    - 키보드 입력을 받아 상대방에 전송하는 프로세스
- 장점
  - 프로세스들이 독립적으로 작업을 처리하므로 간편한 구현
- 단점
  - 프로세스 증가로 인한 프로그램의 성능 저하
  - 프로세스간 데이터 공유가 불편함
  - 프로세스간 데이터 공유를 위해 IPC(Inter Process Communication)를 사용해야 함
  - IPC를 사용할 경우 프로그램의 복잡성 증가

멀티스레드

- 프로세스 내에서 독립적으로 실행되는 작업 단위
- 프로세스 내에서 여러 스레드를 실행시켰을 경우 외부에서는 하나의 프로세스처럼 취급
- 스레드는 프로세스의 이미지를 복사하여 사용하지 않고 원래 프로세스의 이미지를 같이 사용
  - 원래의 이미지를 공유
  - 생성된 스레드용 스택 영역은 별도로 배정
    - 스레드간에 스택은 공유되지 않음
- 데이터 공유
  - 프로세스 이미지를 공유하므로 전역변수를 같이 사용
    - 동기화 문제 발생
- 장점
  - 필요한 메모리 양은 프로세스보다 훨씬 적다.
  - 스레드 생선시간도 프로세스보다 매우 짧다.
  - 스레드간의 스케줄링도 프로세스보다 빠르다.

다중처리 기술의 선택

- 멀티프로세스
  - 다중처리 작업들이 독립적으로 진행되어야 하는 경우
- 멀티스레드
  - 다중처리 작업들이 밀접하게 연관되어 데이터 공유가 많이 필요한 경우

다중화

- 블록 : 시스템(네트워크)가 어떤 조간이 만족할 때까지 기다림
  - 예) read() 시스템 콜
    - 수신한 데이터를 읽기 위해 read()를 호출한 경우 버퍼에 수신된 데이터가 있으면 리턴
    - 수신한 데이터가 없으면 데이터가 도착할 때까지 기다림(블록)
- 다수의 입출력 처리시 블록될 수 있는 입출력 함수 사용은 지양
  - 한 곳에서 입출력이 블록되면 프로그램 전체가 블록됨
  - 멀티스레드, 멀티프로세스의 경우는 무관
    - 동시에 처리할 입출력 수만큼 프로세스(스레드)를 생성
    - 각 프로세스는 입출력을 독립적으로 수행
    - 프로세스(스레드) 수의 한계 때문에 사용에 제한
- 다중화 : 한 프로세스(스레드) 내에서 이루어지는 다중 처리 방법
  - 폴링(polling)
  - 셀렉팅(selecting)
  - 인터럽트(interrupt)

폴링

- 처리해야 할 작업들을 순차적으로 돌아가면서 처리하는 방법
  - 예 : 서버가 각 클라이언트로부터의 데이터 수신을 순차적으로 처리
- 입출력 함수가 블록되지 않아야 하므로 소켓을 넌블록 모드로 설정
  - 넌블록(non-block) 모드
    - 즉시 처리할 수 있으면 결과를 바로 리턴
    - 처리할 수 없는 경우라도 리턴되어 다음 작업을 진행
- 여러 클라이언트가 고르게 트래픽을 발생 시키는 경우에 적합
  - 폴링할 때마다 수신할 데이터가 항상 대기

셀렉팅

- 폴링과 반대 개념으로 동작
- 데이터가 도착하면 해당 클라이언트와의 입출력을 처리
- 클라이언트들로부터의 데이터 도착이 불규칙적인 경우에 유리
- 유닉스의 select() 함수와 함께 소켓을 비동기(asynchronous)모드로 변경하여 사용

인터럽트

- 프로세스가 어떤 작업을 처리하는 중에 특정 이벤트가 발생하면 해당 이벤트를 처리하는 방식
  - 예 : 키보드 입력시 발생하는 인터럽트(하드웨어 인터럽트)

- 유닉스에서 프로세스 사이에 이벤트 전달은 시그널(signal)을 사용하여 데이터 입출력을 인터럽트 방식으로 처리
  - 시그널은 소프트웨어 인터럽트

다중처리의 예 (채팅 프로그램)

- 채팅 서버 : 참가요청 접수, 클라이언트 메시지를 수신하여 방송
- 멀티프로세스형 서버 프로그램
  - 새로운 클라이언트 접속시 해당 클라이언트와의 통신을 담당하는 프로세스를 생성
  - 프로그램 작성이 편리하지만 수백명 이상의 클라이언트에서는 프로세스 수가 많아지는 문제가 있음
- 폴링형 서버 프로그램
  - 소켓을 넌블록 모드로 설정
  - 서버 프로그램은 순서대로 접속된 클라이언트의 입출력 상태는 확인
- 셀렉팅형 서버 프로그램(4.3에서 설명)
  - 소켓은 비동기 모드로 설정
  - 비동기형 방식이라고도 함
- 인터럽트형 서버 프로그램
  - 원하는 I/O 이벤트가 발생 하였을 때 서버 프로세스에게 시그널로 알림
  - 서버가 시그널 처리 루틴에서 통신 서비스를 수행
  - 소켓을 비동기 모드로 설정

4.2 소켓의 동작 모드

- **블록**(blocking) **모드**
- **넌블록**(non-blocking) **모드**
- **비동기**(asynchronous) **모드**

블록(blocking) 모드

- **소켓의 기본 모드**
- **소켓에 대해 시스템 콜을 호출했을 경우 시스템이 동작을 완료할 때까지 프로세스가 멈추어 있는 모드**
- **블록될 수 있는 소켓 관련 시스템 콜**
  - listen(), connect(), accept(), recv(), send(), read(), write()
  - recvfrom(), sendto(), close()
- **프로그램에서 프로세스가 영원히 블록 상태에 있을 가능성에 주의**
- **전화 예**
  - **전화를 걸어 원하는 상대방이 받을 때까지 계속 기다리는 모드**

넌블록(non-blocking) 모드

- 시스템이 즉시 처리할 수 있으면 결과를 리턴하고 처리할 수 없는 경우에도 바로 리턴
- 다중화를 위해서 시스템 콜의 성공 여부가 확인될 때까지 폴링 방법을 주로 사용
- 전화 예
  - 원하는 상대방이 전화를 받을 수 없으면 전화를 끊고, 상대방과 통화될 때까지 반복해서 전화를 거는 모드

비동기(asynchronous) 모드

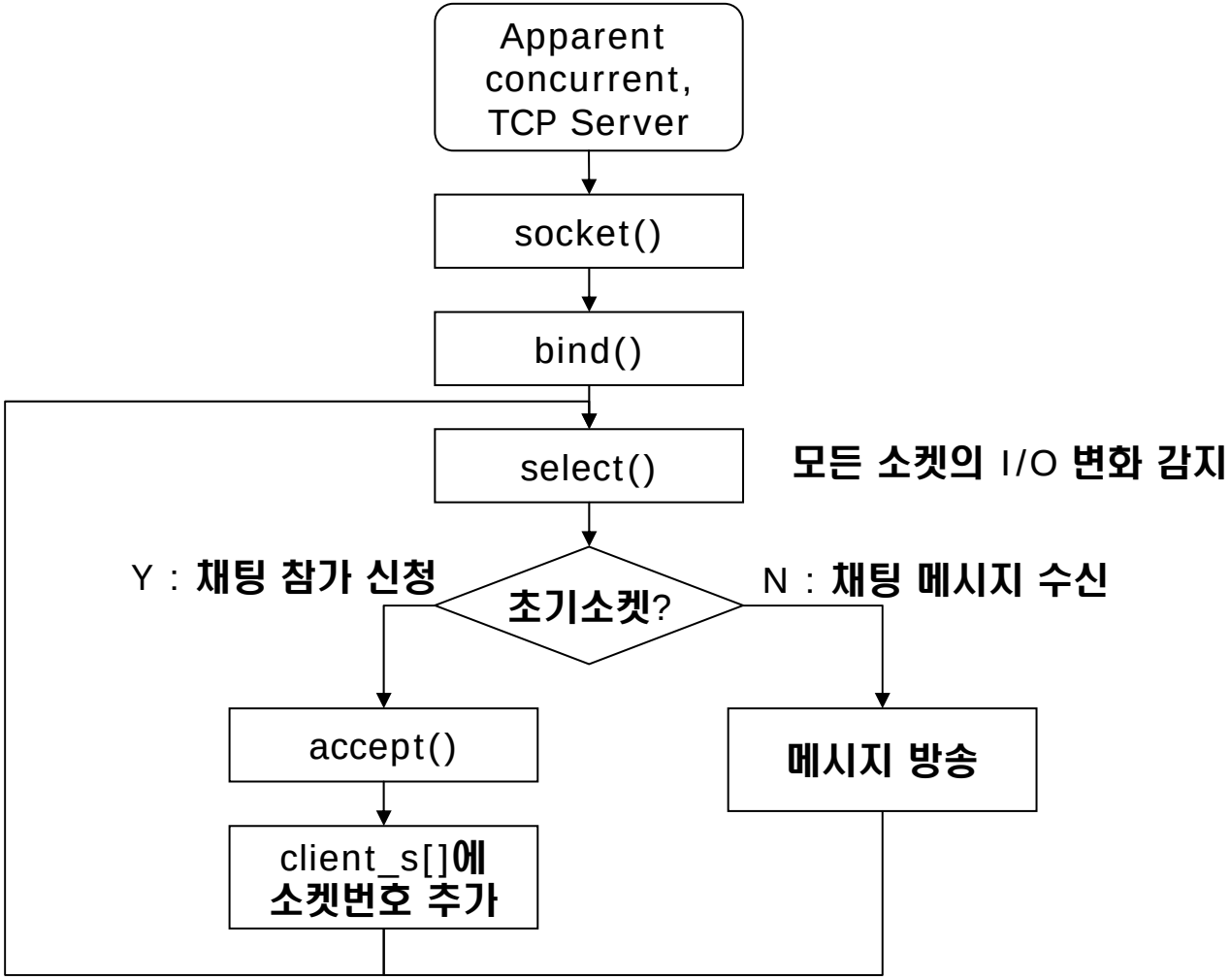
- 소켓에서 어떤 I/O 변화가 발생하면 이를 응용 프로그램에게 알려 원하는 동작을 실행시키는 모드
- 소켓을 비동기 모드로 변환해야 함
  - select(), fcntl()을 이용하여 signal-driven I/O 모드로 변환
- select()를 이용하는 방법
  - I/O 변화가 발생할 수 있는 소켓을 대상으로 select()를 호출해 두면 대상 소켓에서 I/O 변화가 발생하였을 때 select()가 리턴 되고 이때 해당 소켓에 대해 원하는 작업을 수행
- signal-driven I/O 방법
  - 특정 소켓에서 I/O 변화가 발생했을 때 SIGIO 시그널을 발생시키고 이 시그널을 받은 응용 프로그램에서 필요한 작업을 수행
- 전화 예
  - 원하는 상대방이 통화 가능할 때 전화를 걸어 달라고 부탁하는 모드

4.3 비동기형 채팅 프로그램

- selecting을 이용한 채딩 서버 프로그램
  - 채팅 참가 요청 처리 프로세스
  - 여러 클라이언트와 통신을 동시에 처리
  - select() 시스템 콜을 사용 비동기 모드 소켓 설정

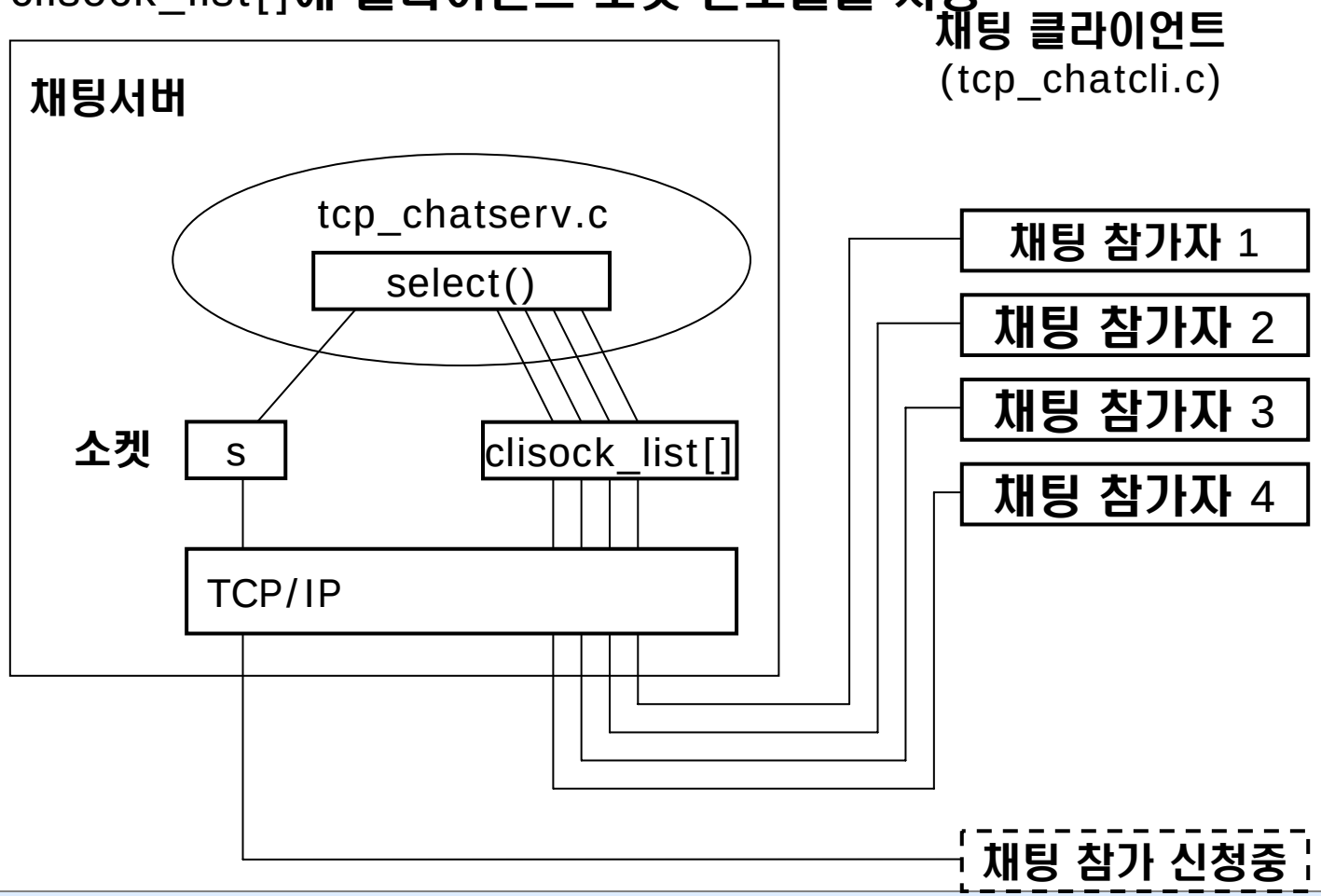
채팅 서버 프로그램 구조

- select()**를 이용한 비동기형 채팅 서버**



채팅 서버와 클라이언트의 연결 관계

- 4명의 클라이언트가 참가하고 새로운 참가자가 요청 중
  - 연결형 소켓 s로 새 참가자 처리
  - clisock_list[]에 클라이언트 소켓 번호들을 저장

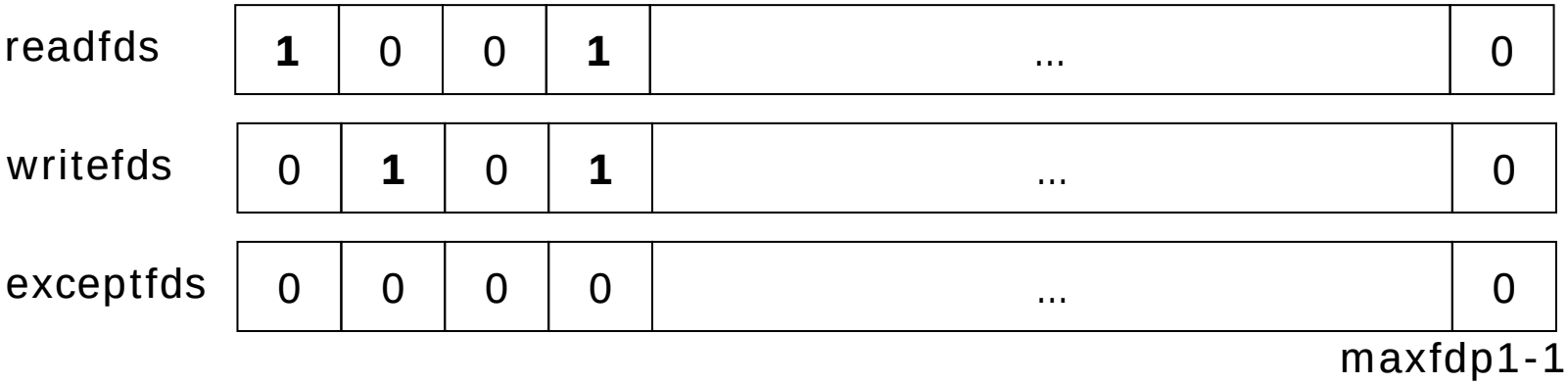


select()

- int select(int maxfdp1, fd_set *readfds,
  fd_set *writefds, fd_set *exceptfds,
  struct timeval *tvptr);

  - Maxfdp1 : I/O **변화를 감지할 총 소켓의 개수** + 1
  - readfds : **읽기** I/O **변화를 감지할 소켓**
  - writefds : **쓰기** I/O **변화를 감지할 소켓**
  - exceptfds : **예외 상황** I/O **변화를 감지할 소켓**
  - tvptr : select() **시스템 콜이** I/O **변화를 기다리는 시간**
    - NULL : I/O **변화가 감지할 때까지 대기**
    - 0 : I/O **변화를 기다리지 않고 바로 리턴**
    - > 0 : **지정된 시간만큼 기다린 후 리턴 (도중에 변화가 감지되면 바로 리턴)**
- **연결 소켓** s**와 참가한 클라이언트들의 소켓에서 발생하는** I/O **변화를 감시**

select() 시스템 콜의 동작



- fd_set **타입 구조체에** I/O **변화를 감지할 소켓(파일)을** 1**로 세트하며** select()**를 호출해 두면 해당 조건이 만족되는 순간** select()**문이 리턴**
- readfds
  - 0, 3**번이 세트되어 있으므로 키보드(표준입력** 0), **소켓번호** 3**에서 어떤 데이터가 입력되어 프로그램이 이를 읽을 수 있는 상태가 되면** select()**문이 리턴**
- writefds
  - 1, 3**번이 세트되어 있으므로 파일기술자(표준출력** 1)**나 소켓번호** 3**번이** write**를 할 수 잇는 상태로 변하면** select()**문이 리턴**

fd_set 구조체의 값을 지정하기 위한 매크로

- **매크로**
  - FD_ZERO(fd_set *fdset);
    - fdset**의 모든 비트를 지움(삭제)**
  - FD_SET(int fd, fd_set *fdset);
    - fdset **중 소켓** fd**에 해당하는 비트를** 1**로 지정**
  - FD_CLR(int fd, fd_set *fdset);
    - fdset **중 소켓** fd**에 해당하는 비트를** 0**로 지정**
  - FD_ISSET(int fd, fd_set *fdset);
    - fdset **중 소켓** fd**에 해당하는 비트가 세트되어 있으면 양수값을 리턴**

- fd_set **지정**

```
fd_set read_fds;
FD_ZERO(&read_fds);        // 모든 비트를 지움
FD_SET(s, &read_fds);      // 초기소켓(클라이언트 참가용)을 선택
for(i=0; i<num_chat, i++)  // 참가중인 모든 클라이언트의 소켓을 선택
{
        FD_SET(client_s[i], &read_fds);
}
```

fd_set에서의 변화 확인

- **읽기 변화 인자를 지정, 쓰기와 예외 발생 인자는 NULL로 한 예**

```
select(maxnfdsp1, &read_fds, (fd_set *)0, (fd_set *)0, (struct timeval *)0);
```

- **지정된 fd_set에 어떤 소켓에서 변화가 있었는지 확인**

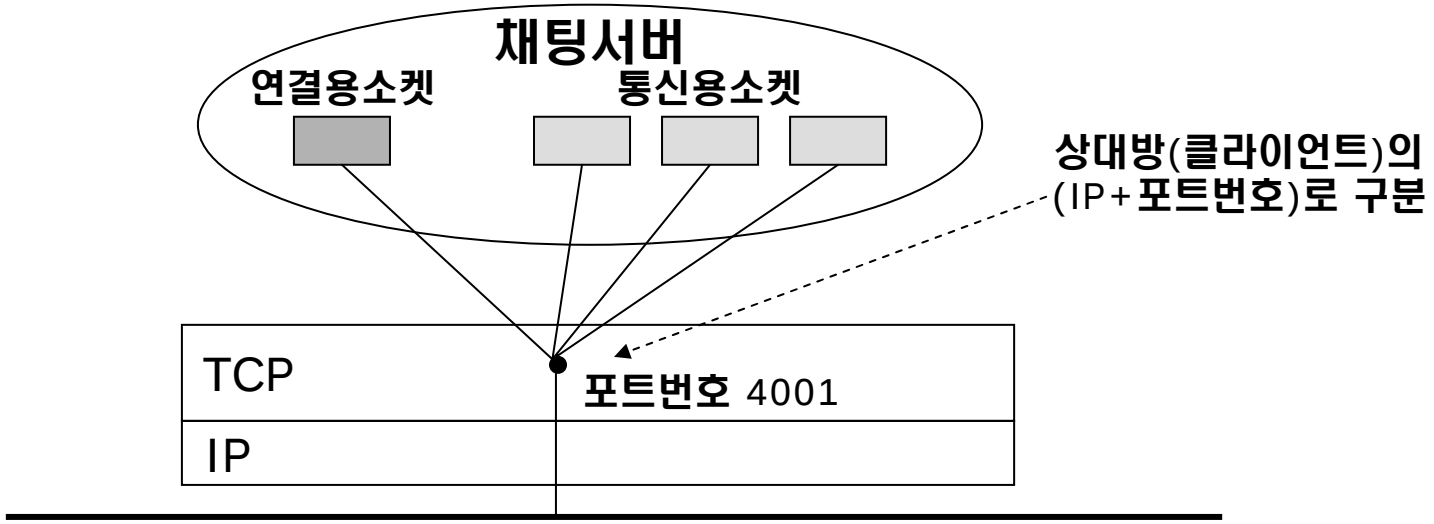
```
FD_ISSET(s, &read_fds);


if (FD_ISSET(s, &read_fds)) {
        // 초기소켓 s에서 입력 발생
        // 채팅 참가 신청 처리
}

// 클라이언트 소켓번호 배열 clisock_list[]를 차례로 검색
for (i=0; i<num_chat, i++) {
        if (FD_ISSET(clisock_list[i], &read_fds)) {
                // 통신용 소켓 clisock_list[i]에서 채팅 메시지 수신
                // 모든 참가자에게 채팅 메시지 방송
        }
}
```

통신용 소켓 구분

- 서버는 클라이언트와의 통신에 사용하기 위한 다수의 통신용 소켓을 개설
  - 소켓들은 모두 같은 포트번호를 사용
  - 모든 통신용 소켓은 새로운 포트번호를 배정받는 것이 아니라 같은 4001번 포트를 사용
- 한 개의 포트번호를 이용한 각 클라이언트의 구분
  - 서버는 각 연결을 구분하기 위해서 클라이언트의 IP주소와 포트번호를 내부적인 키로 사용



채팅 서버 프로그램

- 기능
  - 새로운 채팅 참가자 처리
  - 클라이언트가 보낸 메시지를 모든 클라이언트에게 방송
  - 종료 메시지를 보낸 클라이언트의 소켓번호를 clisock_list[]에서 제거
  - 비정성적으로 종료시킨 클라이언트를 처리

- select()
  - 읽기 변화만 감시하므로 두 번째 인자 read_fds만 지정

- 새로운 참가자 요청을 검사
  - FD_ISSET(s, &read_fds)

- 어떤 클라이언트가 메시지를 보냈는지를 검사
  - FD_ISSET(clisock_list[i], &read_fds)

채팅 클라이언트 프로그램

- 기능
  - 키보드 입력 메시지를 서버로 전송
  - 서버가 전송한 메시지를 수신하여 화면에 출력

- select()
  - 사용자의 키보드 입력 처리와 수신 메시지 출력을 처리
  - 소켓은 읽기에 대한 I/O만 처리하면 되므로 fd_set 구조체 read_fds 만 사용
  - 키보드 입력을 위해 파일 디스크립터 0(표준 입력)을 read_fds에 사용

4.4 폴링형 채팅 프로그램

- 폴링 방식으로 채팅서버를 구현
- 소켓을 non-blocking 모드로 설정

fcntl()

- fcntl() **시스템 콜의 기능**
  - **소켓을 넌블록 모드로 설정**
  - **소켓을 비동기 모드로 설정**
  - **소켓의 소유자 설정 또는 현재 소유자를 얻음**
- **넌블록 모드 설정**

```
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>

int fcntl(int fd, int cmd, long flag);
```

  - fd : **소켓 디스크립터**
  - cmd
    - F_SETFL : **플래그 세트**
    - F_GETFL : **플래그 읽기**
    - F_SETOWN : **소켓의 소유자 설정**
    - F_GETOWN : **소켓의 소유자 얻기**
  - flag
    - O_NONBLOCK : **넌블록 모드로 설정**
    - O_ASYNC : SIGIO **시그널에 의해 구동되도록 비동기 모드로 설정**

fcntl()

- **소켓을 넌블록 모드로 설정하는 코드**
  - **기존의 플래그 값을 유지하기 위하여** F_GETFL **명령으로 얻은 후 이를** O_NONBLOCK**와** OR **연산**

```
int val;

if ((val = fcntl(sock_fd, F_GETFL, 0)) < 0)
    exit(1);

val |= O_NONBLOCK;

if ((fcntl, F_SETFL, val) < 0)
   exit(1);
```

비동기 모드

- select() **함수는 블록형 함수**
  - **인터럽트형 다중화에서는** SIGIO **등의 시그널이 발생할 때 입출력 처리가 가능**
  - **이를 위해 소켓을 비동기 모드로 설정해야 함**

```
int flag;

if ((flag = fcntl(fd, F_GETFL, 0)) < 0)
  exit(1);

Flag |= O_ASINC;

If ((fcntl, F_SETFL, flag) < 0)
  exit(1);
```

  - **소켓을 처음 생성하면 소유자가 없음**
  - **시그널 수신을 위해서는 소유자가 필요하므로 소유자 설정이 필요함**

```
fcntl(fd, F_SETOWN, getpid());
fcntl(fd, F_GETOWN, &pid);
```

  - **시그널을 이용한 인터럽트 방식의 다중화는 시그널 처리가 복잡하고, 시스템에 따라 시그널 처리 내용이 다르기 때문에 잘 사용하지 않는다**

폴링형 채팅 서버

- **넌블록 모드**
  - fcntl()**을 이용하여 넌블록 모드로 설정한 후 무한 루프를 돌면서 입출력을 폴링**
  - **넌블록 모드의 소켓에 대한** read(), write()**는 바로 리턴**
    - **원하는 작업의 실행여부를 확인해야 함**
    - **정상의 경우** 0, **에러이면** -1**을 반환**
    - **에러일 경우** errno**의 값으로 확인 가능**
    - **넌블록 모드의 소켓으로 즉시 리턴된 것이면** EWOULDBLOCK**의** errno **값을 가짐**

```
n = recv(s, buf, length, 0);
if (n>0) {
    // 정상적으로 읽은 데이터 처리
}
else if (n==-1 && errno == EWOULDBLOCK)
    //에러가 아니므로 다음 작업으로 진행
else if (n==-1 && errno != EWOULDBLOCK)
    // 시스템 콜 자체에서 에러가 발생함
    // 에러 처리
```

폴링형 채팅 서버

- recv()를 호출했을 때 EWOULDBLOCK 이외의 에러
  - 클라이언트와의 연결 종료 또는 클라이언트가 리셋을 보낸 경우이므로 클라이언트를 채팅 목록에서 제거하는 등의 에러처리를 해야 함
- accept()
  - 넌블록 모드의 소켓에 accept()를 호출한 경우 accept()가 리턴한 소켓은 블록 모드(연결형 소켓의 소유자를 상속)이므로 필요한 경우 명시적으로 넌블록 모드로 변환해야 함
- 소켓의 모드 확인
  - fcntl() 함수를 사용

```
int is_nonblock(int sockfd)
{
    int val;
    // 기존의 플래그 값을 얻어온다.
    val = fcntl(sockfd, F_GETFL, 0);

    // 넌블록 모드인지 확인
    if (val & O_NONBLOCK)
        return 0;
    return -1;
}
```