



다중 접속 IO 모델

MM4220 게임서버 프로그래밍

정내훈

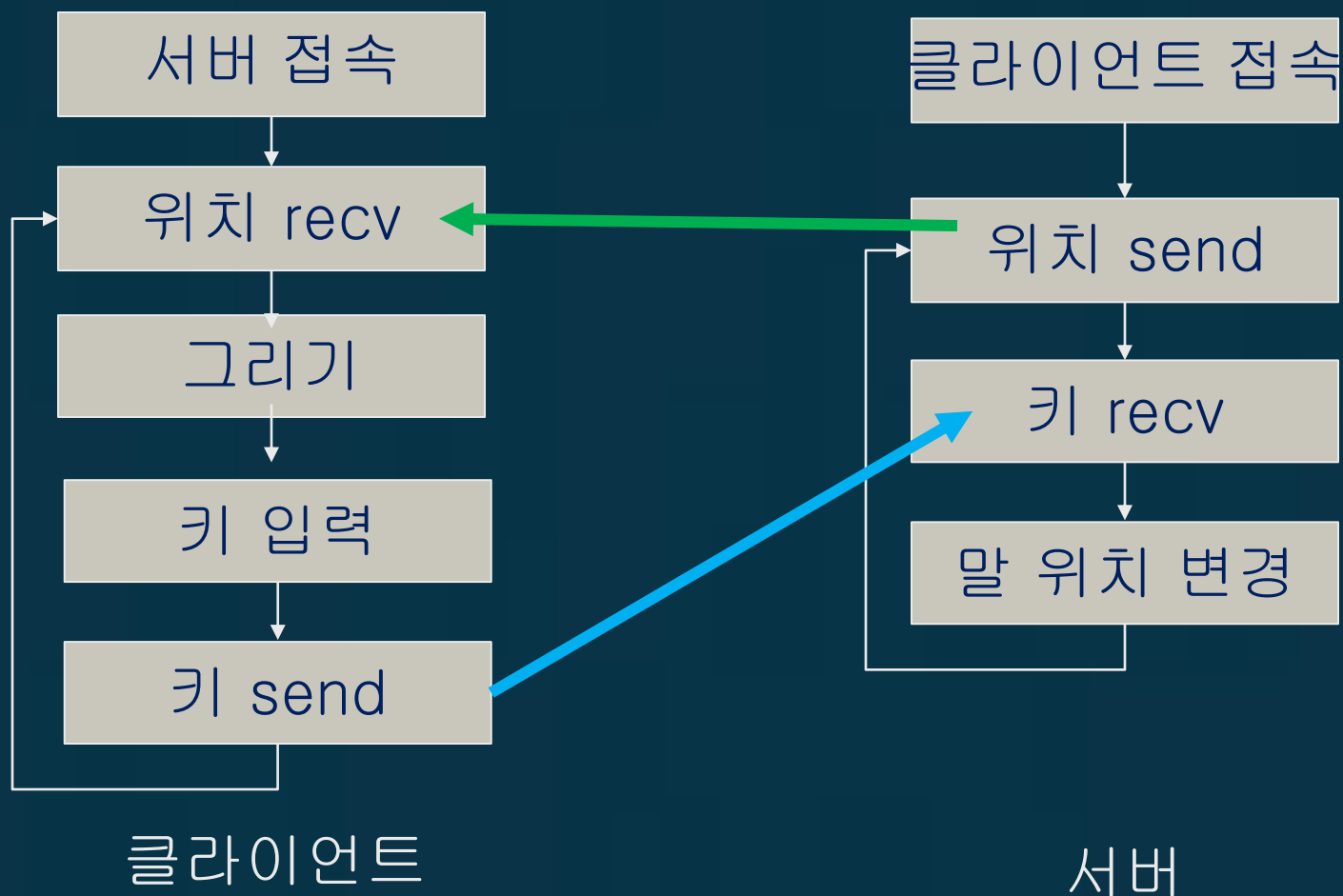
1 : 1 접속

- 과제 #2



1 : 1 접속

- 지난 주 과제

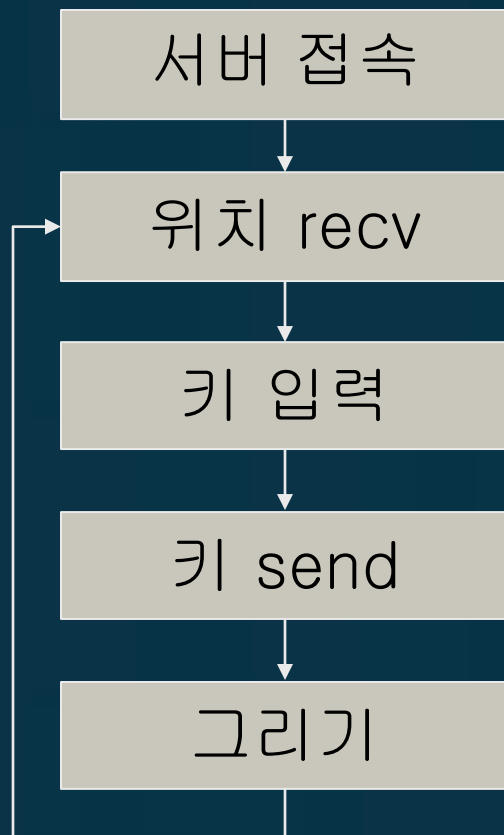


1 : 1 접속

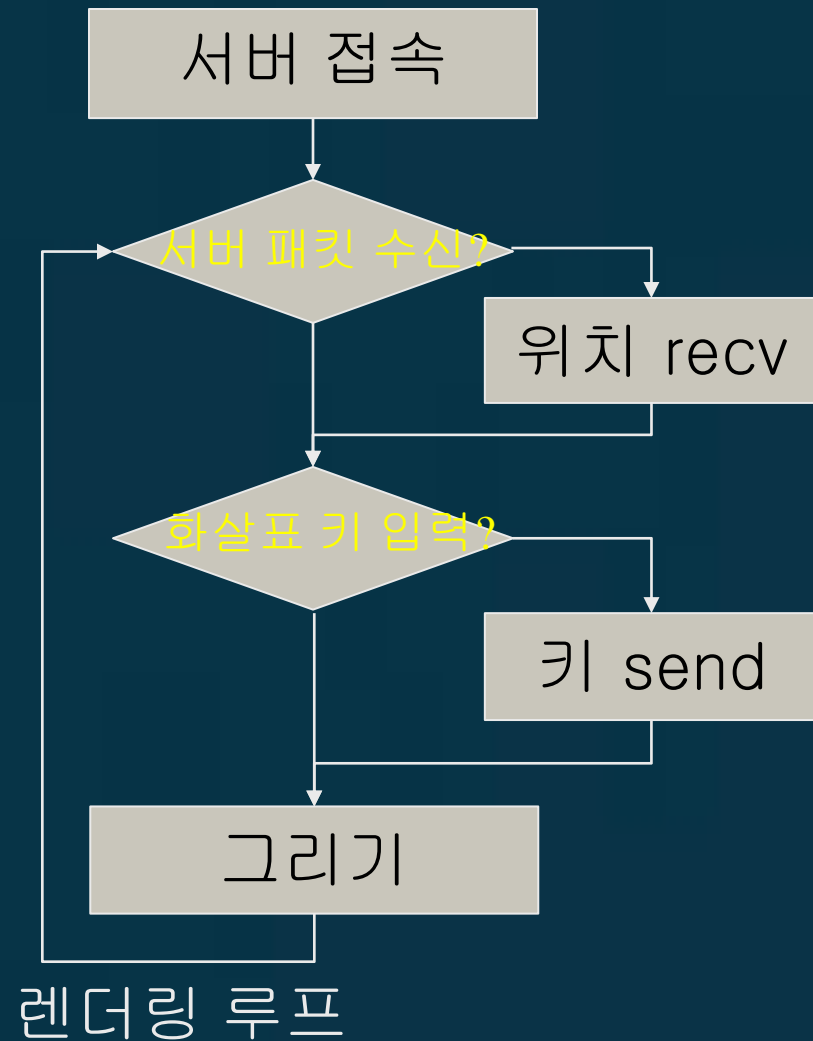
- 게임프로그램의 특징
 - 게임의 진행 속도는 CPU의 속도가 아니라 실제 시간이다.
 - 내가 명령을 입력할 때까지 기다리지 않는다.
 - 적어도 렌더링은 계속 된다.
 - 모든 객체가 독립적으로 행동한다.
 - 게임의 진행이 미리 정해져 있지 않다.

1 : 1 접속

- 클라이언트는 3D



2D → 3D



1 : 1 접속

- 데이터 수신 확인 방법

- 소켓의 모드를 Non-Blocking모드로 바꾸고 WSARecv를 한다.
 - 데이터가 도착하지 않았을 경우에도 그대로 리턴한다.

- Non-blocking I/O

```
unsigned long noblock = 1;  
int nRet = ioctlsocket(sock, FIONBIO, &noblock);
```

- Socket의 모드를 blocking에서 non-blocking으로 변환
- WSARecv() 호출을 즉시 완료할 수 없을 때.
 - 즉 도착한 데이터가 없을 때
 - WSAEWOULDBLOCK 에러를 내고 끝난다.
 - 기다리지 않는다

다중 접속 서버

- 그러면 $n : 1$ 온라인 게임의 구현은?
 - 클라이언트는 달라지는 것이 거의 없다.
 - 서버가 지시하는 여러 개의 객체를 동시에 그려야 한다.
 - 서버가 문제이다.
 - 성능 문제
 - 많은 클라이언트로 인한 잦은 WSARecv 실패
 - 효율적인 네트워크 API 호출을 위한 서버용 네트워크 I/O 모델 필요.
 - recv 뿐만 아니라 accept도 고려해야 한다.
 - 멀티쓰레드 고려 필요

다중 접속 서버

- 서버 메인 루프 (Non-Blocking I/O)

```
while (true) {  
    // Process Client Packet  
    ret = recv(client_A, buf);  
    if (SUCCESS == ret) process_packet(client_A, buf);  
    ret = recv(client_B, buf);  
    if (SUCCESS == ret) process_packet(client_B, buf);  
  
    // Update World  
    // do NPC AI, do Heal, ...  
    ...  
}
```

- 무엇이 문제인가?

- 실패한 Recv == CPU 낭비

네트워크 I/O 모델

- 게임 서버에서의 다중 접속
 - 정해지지 않은 동작 순서
 - 그래도 멈추지 않아야 하는 게임
 - 수 천 개의 접속
 - 상대적으로 낮은 접속 당 bandwidth
 - 효율적인 API 호출 필요
- 네트워크 I/O 모델이 필요한 이유
 - 블럭킹 방지
 - 비 규칙적인 입출력의 효율적 관리
 - 대규모 다중 접속 관리

Windows I/O 모델 (2023)

- Non-blocking I/O
- Socket Thread
- Select
- WSAAsyncSelect
- WSAEventSelect
- Overlapped I/O (Event)
- Overlapped I/O (Callback)
- I/O Completion Port

Windows I/O 모델

- Non-blocking I/O

- 단점 : Busy Waiting

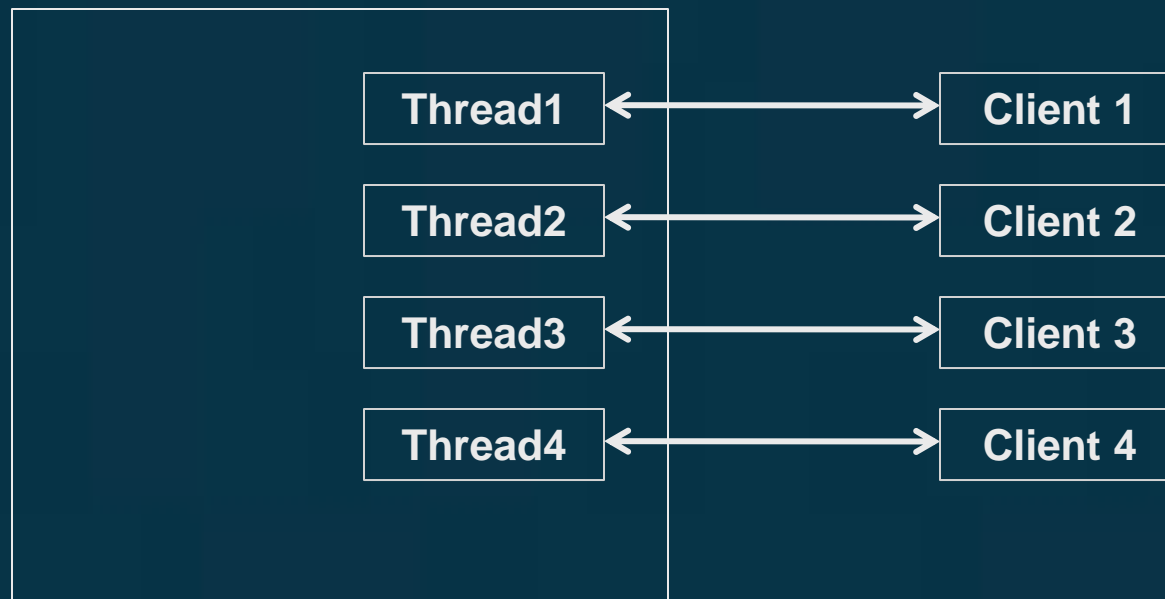
- 모든 소켓의 recv를 돌아가면서 반복 호출해야 함.
 - 많은 실패한 recv
 - 잦은 시스템 Call -> CPU낭비 -> 성능 저하

서버 메인 루프

```
while (true) {  
    for (SOCKET s : sockets) {  
        recv(s, ...);  
        if (success) 패킷 처리;  
    }  
    다른 작업;  
}
```

Windows I/O 모델

- Socket Thread
 - Thread를 통한 처리
 - 1:1 게임서버가 여러 개 있는 것과 비슷하다.



서버

Windows I/O 모델

- Thread를 통한 처리

```
while (!shutdown) {  
    new_sock = accept(sock, &addr, &len);  
    thread t = thread { do_io, new_sock };  
}
```

```
void do_io(mysock) {  
    while (true) {  
        recv(mysock);  
        process_packet();  
    }}
```

- 다중 소켓 처리 가능
- non-blocking 불필요 => 효율적인 API 호출
- 과도한 thread 개수로 인한 운영체제 Overhead
 - thread당 오버헤드 : 컨텍스트 스위치, Thread Control Block, **Stack 메모리**

Windows I/O 모델

- Coroutine을 사용한 처리
 - 프로그래밍 방법은 thread-I/O와 동일
 - Coroutine API에서 오버헤드 전부 해결
 - Thread Pool을 사용하여 적은 개수의 Thread로 많은 개수의 coroutine 실행
- 문제
 - C++20에 coroutine이 들어갔는데, 아직 초기단계
 - C++23에 제대로 구현예정
- 지금 사용하고 싶다면
 - GO 언어나 Erlang계열의 언어를 사용

Windows I/O 모델

- Select

- Unix시절부터 내려온 고전적인 I/O 모델
- 여러 개의 소켓의 데이터 도착 여부를 하나의 API로 검사
 - 효율적인 API 호출
- 단점
 - socket 개수의 한계 존재
 - unix: 64, linux: 1024
 - socket의 개수가 많아질수록 성능 저하 증가
 - linear search

Windows I/O 모델

● Select

```
int select(  
    __in int nfd,  
    __inout fd_set* readfds,  
    __inout fd_set* writefds,  
    __inout fd_set* exceptfds,  
    __in const struct timeval* timeout );
```

- nfd : 검사하는 소켓의 개수, Windows에서는 무시
- readfds : 읽기 가능 검사용 소켓 집합 포인터
- writefds : 쓰기 가능 검사용 소켓 집합 포인터
- exceptfds : 에러 검사용 소켓 집합 포인터
- timeout : select가 기다리는 최대 시간
- return value : 사용 가능한 소켓의 개수

Windows I/O 모델

- Select

- 실제 코딩

```
FD_SET(sock1, &rfd);  
FD_SET(sock2, &rfd);  
  
select(0, &rfd, NULL, NULL, &time);  
  
if (FD_ISSET(sock1, &rfd)) recv(sock1, buf, len, 0)  
if (FD_ISSET(sock2, &rfd)) recv(sock2, buf, len, 0)
```

- 서버 구조

```
while (true) {  
    select(&all_sockets);  
    for (i : all_sockets)  
        if (IS_READY(i)) {  
            recv(socket[i], buf, ...);  
            process_packet(i, buf);  
        }  
    다른 작업;  
}
```

Windows I/O 모델

- WSAAsyncSelect

- 소켓 이벤트를 특정 윈도우의 메시지로 받는다

```
int WSAAsyncSelect(  
    __in SOCKET s,  
    __in HWND hWnd,  
    __in unsigned int wMsg,  
    __in long lEvent );
```

- s : 소켓
- hWnd : 메시지를 받을 윈도우
- wMsg : 메시지 번호
- lEvent : 반응 event 선택

Windows I/O 모델

- WSAAsyncSelect
 - 클라이언트에 많이 쓰임
 - 윈도우 필요
 - 윈도우 메시지 큐를 사용 -> 성능 느림

IEvent

비트 값	의미
FD_READ	Recv 할 데이터가 있음
FD_WRITE	Send할 수 있는 버퍼 공간 있음
FD_OOB	Out-of-band 데이터 있음
FD_ACCEPT	Accept 준비가 됨
FD_CONNECT	접속이 완료됨
FD_CLOSE	소켓연결이 종료됨

Windows I/O 모델

- WSAAsyncSelect
 - 자동으로 non-blocking mode로 소켓 전환
 - 아래와 같은 함수로 이벤트 처리

```
LRESULT CAsyncSelectDlg::OnSocketMsg(WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    SOCKET sock=(SOCKET)wParam;
    int nEvent = WSAGETSELECTEVENT(lParam);
    switch(nEvent) {
        case FD_READ :
        case FD_ACCEPT :
        case FD_CLOSE :
```

Windows I/O 모델

- WSAEventSelect

```
int WSAEventSelect(  
    __in SOCKET s,  
    __in WSAEVENT hEventObject,  
    __in long lNetworkEvents );
```

- s : 소켓
- hEventObject : 데이터 처리 필요 알리미.
- lNetworkEvents : WSAAsyncSelect와 같음
- 메시지를 처리할 윈도우가 필요 없음.

Windows I/O 모델

- WSAEVENT란?
 - 운영체제가 관리하는 플랙.
 - 세마포어나 컨디션변수와 비슷
 - 운영체제가 응용프로그램에게 어떠한 EVENT가 발생했음을 알리는 용도로 사용,
 - 응용프로그램은 EVENT가 true가 될 때까지 실행을 멈출 수 있음 (CPU낭비 없이)
 - 이때 여러 개의 이벤트를 하나의 명령으로 대기할 수 있음.

Windows I/O 모델

- WSAEventSelect
 - socket과 event의 array를 만들어서 `WSAWaitForMultipleEvents()` 의 리턴값으로 부터 socket 추출
 - 소켓의 개수 64개 제한!
 - 멀티 쓰레드를 사용해서 제한 극복가능

Windows I/O 모델

- WSAEventSelect
 - 다음의 API로 socket 대기 상태 검출

```
DWORD WSAWaitForMultipleEvents(  
    DWORD nCount,  
    const WSAEVENT *lphEvents,  
    BOOL bWaitAll,  
    DWORD dwMilliseconds);
```

```
int WSAEnumNetworkEvents(SOCKET s,  
    WSAEVENT hEventObject,  
    LPWSANETWORKEVENTS lpNetworkEvents);
```

```
lpNetworkEvents->lNetworkEvents;    // FD_READ, FD_WRITE,  
                                     // FD_ACCEPT, ...
```


Windows I/O 모델

- WSAEventSelect : 동작

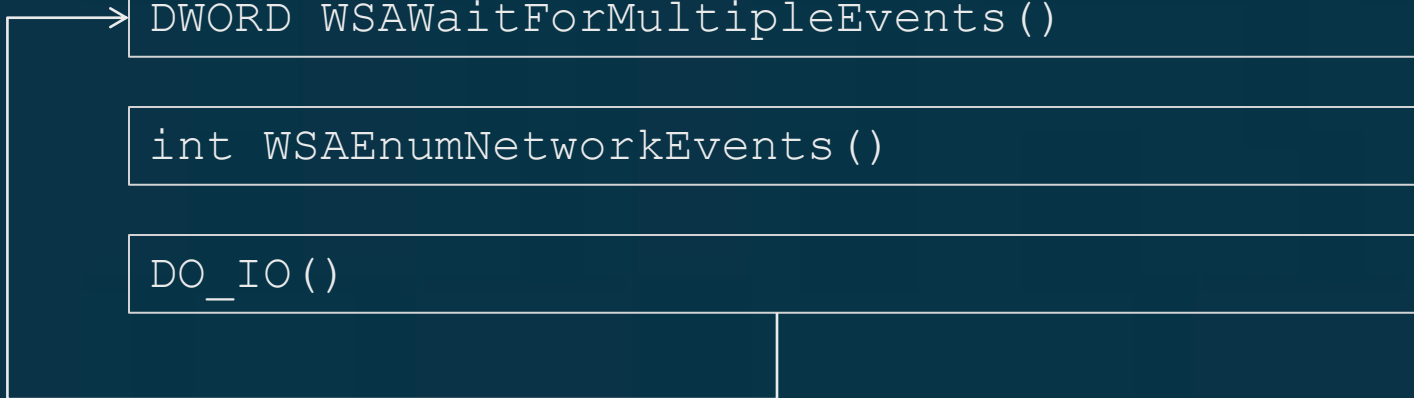
CreateEvent()

WSAEventSelect()

→ DWORD WSAWaitForMultipleEvents()

int WSAEnumNetworkEvents()

DO_IO()



Windows I/O 모델

- WSAEventSelect : 예제
 - <http://perfectchoi.blogspot.com/2009/09/wsaeventselect.html>



WSAEventSelect.txt

Windows I/O 모델

● Overlapped I/O 모델

- Windows에서 추가된 고성능 I/O 모델
- 다른 이름으로는 **Asynchronous I/O** 또는 **비동기 I/O**
 - 리눅스의 경우 boost/asio 라이브러리로 사용 가능
- 대용량 고성능 네트워크 서버를 위해서는 필수 기능
- IOCP도 Overlapped I/O를 사용
- 사용 방법이 select style의 I/O 모델과 다르다.
 - I/O요청을 먼저하고 I/O의 종료를 나중에 확인한다.
 - 요청 후 즉시 리턴
 - Non-Blocking과는 다르게 거의 실패하지 않는다.
 - I/O요청 후 기다리지 않고 다른 일을 할 수 있다.
 - 여러 개의 I/O요청을 동시에 할 수 있다.

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O 모델

```
while (true) {  
    select(&all_sockets);  
    for (i : all_sockets)  
        if (IS_READY(i)) {  
            recv(socket[i], buf, ...);  
            process_packet(i, buf);  
        }  
}
```

non-overlapped I/O
aka. select 모델

overlapped I/O

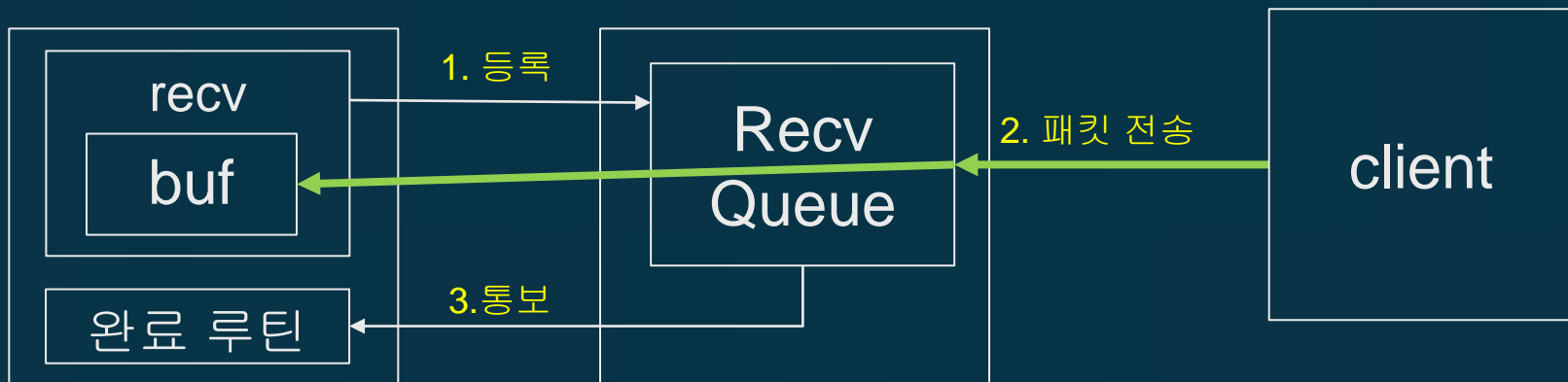
```
for (sock : all_sockets)  
    recv(sock, buf[sock]);  
while (true) {  
    sock = wait_for_completed_recv();  
    process_packet(sock, buf[sock]);  
    recv(sock, buf[sock], ...);  
}
```

Windows I/O 모델

- Non-Overlapped I/O 모델



- Overlapped I/o



Windows I/O 모델

- Overapped I/O 모델

- 소켓 내부 버퍼를 사용하지 않고 직접 사용자 버퍼에서 데이터를 보내고 받을 수 있다. (옵션)

```
int result;  
int buffsize = 0;  
result = setsockopt(s, SOL_SOCKET, SO_SNDBUF, &buffsize, sizeof(buffsize));
```

- Select I/O 모델들은 recv와 send의 **가능 여부**만 검사 후 I/O수행, Overlapped는 I/O 요청 후 실행 완료 통보

- Non-Blocking IO와의 차이

- I/O 호출과 완료의 분리
 - Non-Blocking IO는 실패와 성공이 있고 거기서 끝, 뒤끝이 없음
 - Overlapped IO는 요청이 커널에 남아서 수행됨. 버퍼가 커널에 등록됨, 실패 없음
- I/O 다중 수행, Network Data Copy 감소

Windows I/O 모델

- Overapped I/O 모델

- Send와 Recv를 호출했을 때 패킷 송수신의 완료를 기다리지 않고 Send, Recv함수 종료
- 이때 Send와 Recv는 송수신의 시작을 지시만 하는 함수
 - 이미 도착한 데이터가 있으면 받을 수도 있지만, 그렇게 하지 않을 것임.
- 여러 개의 Recv, Send를 겹쳐서 실행함으로써 여러 소켓에 대한 동시 다발적 Recv, Send도 가능
 - 하나의 socket은 하나의 recv만 가능!!!

Windows I/O 모델

- 운영체제의 입장

- 동기식 : 네트워크에서 데이터가 왔을 때 따로 버퍼에 저장해 두고 Recv요청이 올 때 까지 기다린다. 요청이 오면 복사해서 보낸다.
- 비동기식 : 네트워크에서 데이터가 왔을 때 저장된 Recv요청이 있다면 요청된 버퍼에 데이터를 저장하고 즉시 완료 시킨다.

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O
 - SOCKET **WSASocket**(int af, int type, int protocol, LPWSAProtocolInfo lpProtocolInfo, GROUP g, DWORD dwFlags)
 - af : address family
 - AF_INET만 사용 (AF_NETBIOS, AF_IRDA, AF_INET6)
 - type : 소켓의 타입
 - tcp를 위해 SOCK_STREAM사용 (SOCK_DGRAM)
 - protocol : 사용할 프로토콜 종류
 - IPPROTO_TCP (IPPROTO_UDP)
 - lpProtocolInfo : 프로토콜 정보
 - 보통 NULL
 - g : 예약
 - dwFlags : **WSA_FLAG_OVERLAPPED**

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O
 - `int WSARecv(SOCKET s, LPWSABUF lpBuffers, DWORD dwBufferCount, LPDWORD lpNumberOfBytesRecv, LPDWORD lpFlags, LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped, LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE lpCompletionRoutine)`
 - `s` : 소켓
 - `lpBuffers` : 받은 데이터를 저장할 버퍼
 - `dwBufferCount` : 버퍼의 개수
 - `lpFlags` : 동작 옵션(MSG_PEEK, MSG_OOB)
 - `lpNumberOfBytesRecv` : 받은 데이터의 크기 => `NULL`
 - `lpOverlapped` : `NULL`이 아닌 경우 overlapped I/O로 동작
 - `lpCompletionRoutine` : `NULL`이 아닌 경우 overlapped I/O가 callback 모드로 동작

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O
 - LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped

```
typedef struct WSAOVERLAPPED {  
    DWORD Internal;  
    DWORD InternalHigh;  
    DWORD Offset;  
    DWORD OffsetHigh;  
    WSAEVENT hEvent;  
} WSAOVERLAPPED, FAR *LPWSAOVERLAPPED;
```

- Internal, InternalHigh, Offset, OffsetHigh : 0으로 초기화 후 사용
- hEvent I/O가 완료 되었음을 알려주는 event 핸들
- LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE
lpCompletionRoutine
 - callback 함수, 뒤에 설명

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O 모델
 - Overlapped I/O가 언제 종료되었는지를 프로그램이 알아야 함
 - 두 가지 방법이 존재
 - Overlapped I/O Event모델
 - Overlapped I/O Callback모델

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Event 모델
 - WSARecv의 LPWSAOVERLAPPED
lpOverlapped 구조체의 WSAEVENT hEvent
사용
 - 작업 결과 확인
 - `WSAWaitForMultipleEvents()` : 완료 확인
 - `WSAGetOverlappedResult()` : 정보 얻기

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Event 모델

- WSAGetOverlappedResult()

```
BOOL WSAGetOverlappedResult(  
    SOCKET s,  
    LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped,  
    LPDWORD lpcbTransfer,  
    BOOL fWait,  
    LPDWORD lpdwFlags);
```

- s : socket
- lpOverlapped : WSARecv에 넣었던 구조체
- lpcbTransfer : 전송된 데이터 크기
- fWait : 대기 여부
- lpdwFlags : Recv의 lpFlag의 결과

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Event 모델
 1. `WSACreateEvent()`를 사용해서 이벤트 생성
 2. `WSAOVERLAPPED`구조체 변수선언, 0으로 초기화
`hEvent`에 1의 이벤트
 3. `WSASend()`, `WSARecv()`
 - 2의 구조체를 `WSAOVERLAPPED`에
 - 중복 사용 불가능!! 호출 완료 후 재사용
 - `lpCompletionRoutine`에 `NULL`
 4. `WSAWaitForMultipleEvents()`함수로 완료 이벤트 감지
 5. `WSAGetOverlappedResult()`함수로 정보 획득

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Event 모델
 - 단점
 - 시스템 호출이 빈번하다.
 - 최대 동접 64이다.
 - 대안
 - Overlapped I/O Callback 사용

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Callback 모델
 - 이벤트 제한 개수 없음
 - 사용하기 편리
 - WSARecv와 WSASend의
LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE
lpCompletionRoutine 함수 사용
 - Overlapped I/O가 끝난후 lpCompletionRoutine이
호출됨

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Callback 모델
 - Callback함수

```
void CALLBACK CompletionROUTINE(  
    DWORD dwError,  
    DWORD cbTransferred,  
    LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped,  
    DWORD dwFlags);
```

- dwError : 작업의 성공 유무
- cbTransferred : 전송된 바이트 수
- lpOverlapped : WSASend/WSARecv에서 사용한 구조체
- dwflags : WSASend/WSARecv에서 사용한 flag

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O Callback 모델
 - 누가/언제 Callback을 호출하는가?
 - 멀티쓰레드로 동시에 Callback이 실행되는가? **NO**
 - 운영체제가 실행중인 프로그램을 강제로 멈추고 Callback을 실행하는가? **NO**
 - Linux의 signal은 이렇게 동작.
 - 문제가 많다. signal handler의 작성이 까다롭다.
 - 프로그램이 운영체제를 호출하고 대기중일 때, 운영체제에서 실행을 요청한다.
 - 운영체제를 호출하는 프로그램에서 호출에 대한 응답인지 Callback실행 요청인지를 판단해야 한다.
 - 모든 운영체제 호출이 Callback을 검사하지 않는다.
 - 해당 운영체제 호출 : **SleepEx** **SignalObjectAndWait** **MsgWaitForMultipleObjectsEx** **WaitForMultipleObjectsEx**
 - Callback을 사용한 프로그램의 구조
 - 할 일이 있으면 하고, 없으면 SleepEx를 호출한다.

Windows I/O 모델

- Overlapped I/O
 - Overlapped I/O 구분

lpOverlapped	hEvent	lpCompletionRoutine	Completion 여부 식별
NULL	세팅 불가	무시됨	동기적 실행
Not-NULL	NULL	NULL	Overlapped 동작, 완료 검사 불가능
Not-NULL	Not-NULL	NULL	Overlapped 동작, Event객체로 완료 검사
Not-NULL	무시됨	Not-NULL	Overlapped 동작, completion routine을 통해서 완료 관리

실습 순서

- 1 : 1 Overlapped Echo Client
- 1 : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Chatting Server

실습 : Overlapped_Client (1/2)

```
#include <iostream>
#include <WS2tcpip.h>
using namespace std;
#pragma comment(lib, "WS2_32.LIB")

constexpr short SERVER_PORT = 3500;
constexpr int BUF_SIZE = 200;
WSAOVERLAPPED s_over;
SOCKET s_socket;
WSABUF s_wsabuf[1];
char s_buf[BUF_SIZE];

int main()
{
    WSADATA WSAData;
    WSASStartup(MAKEWORD(2, 2), &WSAData);
    s_socket = WSASocket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0, 0, 0, WSA_FLAG_OVERLAPPED);
    SOCKADDR_IN svr_addr;
    memset(&svr_addr, 0, sizeof(svr_addr));
    svr_addr.sin_family = AF_INET;
    svr_addr.sin_port = htons(SERVER_PORT);
    inet_pton(AF_INET, "127.0.0.1", &svr_addr.sin_addr);
    WSAConnect(s_socket, reinterpret_cast<sockaddr*>(&svr_addr), sizeof(svr_addr), 0, 0, 0, 0);
    do_send_message();
    while (true) SleepEx(100, true);
    closesocket(s_socket);
    WSACleanup();
}
```

실습 : Overlapped_Client (2/2)

```
void CALLBACK send_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags);
void do_send_message()
{
    cout << "Enter Messsage: ";
    cin.getline(s_buf, BUF_SIZE - 1);
    s_wsabuf[0].buf = s_buf;
    s_wsabuf[0].len = static_cast<int>(strlen(s_buf)) + 1;
    memset(&s_over, 0, sizeof(s_over));
    WSASend(s_socket, s_wsabuf, 1, 0, 0, &s_over, send_callback);
}

void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags)
{
    cout << "Server Sent: " << s_buf << endl;
    do_send_message();
}

void CALLBACK send_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags)
{
    s_wsabuf[0].len = BUF_SIZE;
    DWORD r_flag = 0;
    memset(over, 0, sizeof(*over));
    WSARecv(s_socket, s_wsabuf, 1, 0, &r_flag, over, recv_callback);
}
```

실습 : Overlapped_Server (1/2)

```
#include <iostream>
#include <WS2tcpip.h>
#pragma comment(lib, "WS2_32.lib")
using namespace std;
constexpr int PORT_NUM = 3500;
constexpr int BUF_SIZE = 200;
SOCKET client;
WSAOVERLAPPED c_over;
WSABUF c_wsabuf[1];
CHAR c_mess[BUF_SIZE];

int main()
{
    WSADATA WSAData;
    WSASStartup(MAKEWORD(2, 2), &WSAData);
    SOCKET server = WSASocket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0, NULL, 0, WSA_FLAG_OVERLAPPED);
    SOCKADDR_IN server_addr;
    memset(&server_addr, 0, sizeof(server_addr));
    server_addr.sin_family = AF_INET;
    server_addr.sin_port = htons(PORT_NUM);
    server_addr.sin_addr.S_un.S_addr = INADDR_ANY;
    bind(server, reinterpret_cast<sockaddr*>(&server_addr), sizeof(server_addr));
    listen(server, SOMAXCONN);
    SOCKADDR_IN cl_addr;
    int addr_size = sizeof(cl_addr);
    client = WSAAccept(server, reinterpret_cast<sockaddr*>(&cl_addr), &addr_size, NULL, NULL);

    do_recv();
    while (true) SleepEx(100, true);
    closesocket(server);
    WSACleanup();
}
```


실습 : Overlapped_Server (2/2)

```
void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags);
void do_recv()
{
    c_wsabuf[0].buf = c_mess;
    c_wsabuf[0].len = BUF_SIZE;
    DWORD recv_flag = 0;
    memset(&c_over, 0, sizeof(c_over));
    WSAREcv(client, c_wsabuf, 1, 0, &recv_flag, &c_over, recv_callback);
}

void CALLBACK send_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags)
{
    do_recv();
}

void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED over, DWORD flags)
{
    if (0 == num_bytes) return;
    cout << "Client sent: " << c_mess << endl;
    c_wsabuf[0].len = num_bytes;
    memset(&c_over, 0, sizeof(c_over));
    WSASend(client, c_wsabuf, 1, 0, 0, &c_over, send_callback);
}
```

1:1 echo 실습

- 클라이언트 코드 중

```
while (true) SleepEx(100, true);
```

- 클라이언트에서 Rendering Main Loop를 돌아야 하는데... 없어서 대신 넣음
- **SleepEx**(100, true)
 - Busy Waiting으로 인한 CPU낭비 방지
 - True를 넣으면 Callback 함수를 처리해줌.

1:1 echo 실습

- 에러 처리 시 주의
 - WSARecv/WSASend는 항상 오류를 리턴한다.
 - 이때, Error 값이 `WSA_IO_PENDING`이면 정상적으로 IO가 등록이 된 것이다.

실습 순서

- 1 : 1 Overlapped Echo Client
- 1 : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Chatting Server

n : 1 echo server

- 클라이언트는 변경할 내용이 없음
- 서버에서 여러 개의 접속을 유지해야 함
 - 여러 개의 소켓과 그 소켓에 대한 정보(추가 데이터)가 필요
 - 소켓에 대한 정보를 세션(**SESSION**)이라고 많이 부름
 - 따라서 `unordered_map< i n t , SESSION>`이 필요.
 - SESSION 내용 : `recv`를 위한 **overlapped**구조체, **WSABUF**, **network_buffer**가 필요함
 - `Recv`할 때마다 `new/delete` 하는 것 보다 효율적

n : 1 echo server

- 다중 접속 Accept

```
while (true) {  
    SOCKET s_client = WSAAccept(server,  
                                reinterpret_cast<sockaddr*>(&cl_addr),  
                                &addr_size, NULL, NULL);  
    add_session(s_client);  
    do_recv(s_client);  
}
```

- 모든 컨텐츠는 callback에서 실행되며 메인 루틴은 accept를 계속 받음
 - blocking socket API는 callback함수를 실행

n : 1 echo server

- Overlapped I/O사용시 주의
 - Callback함수에서 어떤 소켓의 Callback인지 판단이 필요.
 - 해결 방법
 - 예) Overlapped 구조체의 hEvent 항목에 소켓 값 넣기.
 - 예) Overlapped 구조체의 주소를 socket값으로 매핑하는 자료구조 관리
 - Send/Recv에서 사용하는 Overlapped구조체는 독립적으로 사용해야 한다.
 - 하나의 구조체를 여러 곳의 Send/Recv에서 동시에 사용하면 안된다.
 - 재사용은 가능하나 Send/Recv가 완료된 후 Clear하고 재사용해야 한다.
 - echo_server의 경우는 하나의 overlapped 구조체의 재사용으로 충분 (게임서버는 아니다.)

n : 1 echo server

```

class SESSION {
private:
    int _id;
    WSABUF _recv_wsabuf;
    WSABUF _send_wsabuf;
    WSAOVERLAPPED _recv_over;
    SOCKET _socket;
public:
    char _recv_buf[BUFSIZE];
SESSION() {
    cout << "Unexpected Constructor Call Error!\n";
    exit(-1);
}
SESSION(int id, SOCKET s) : _id(id), _socket(s) {
    _recv_wsabuf.buf = _recv_buf;    _recv_wsabuf.len = BUFSIZE;
    _send_wsabuf.buf = _recv_buf;    _send_wsabuf.len = 0;
}
~SESSION() { closesocket(_socket); }
void do_recv() {
    DWORD recv_flag = 0;
    ZeroMemory(&_recv_over, sizeof(_recv_over));
    _recv_over.hEvent = reinterpret_cast<HANDLE>(_id);
    WSAREcv(_socket, &_recv_wsabuf, 1, 0, &recv_flag, &_recv_over, recv_callback);
}
void do_send(int num_bytes) {
    ZeroMemory(&_recv_over, sizeof(_recv_over));
    _recv_over.hEvent = reinterpret_cast<HANDLE>(_id);
    _send_wsabuf.len = num_bytes;
    WSASend(_socket, &_send_wsabuf, 1, 0, 0, &_recv_over, send_callback);
} };

```


n : 1 echo server

```
#include <iostream>
#include <WS2tcpip.h>
#include <unordered_map>
using namespace std;
#pragma comment (lib, "WS2_32.LIB")
const short SERVER_PORT = 4000;
const int BUFSIZE = 256;
unordered_map <int, SESSION> clients;
void CALLBACK send_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED send_over, DWORD recv_flag)
{
    int s_id = reinterpret_cast<int>(send_over->hEvent);
    clients[s_id].do_recv();
}
void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED recv_over, DWORD recv_flag)
{
    int s_id = reinterpret_cast<int>(recv_over->hEvent);
    cout << "Client Sent [" << num_bytes << "bytes] : " << clients[s_id]._recv_buf << endl;
    clients[s_id].do_send(num_bytes);
}
int main()
{
    WSADATA WSAData;
    WSASStartup(MAKEWORD(2, 2), &WSAData);
    SOCKET s_socket = WSASocket(AF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP, 0, 0, WSA_FLAG_OVERLAPPED);
    SOCKADDR_IN server_addr;
    ZeroMemory(&server_addr, sizeof(server_addr));
    server_addr.sin_family = AF_INET;
    server_addr.sin_port = htons(SERVER_PORT);
    server_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    bind(s_socket, reinterpret_cast<sockaddr*>(&server_addr), sizeof(server_addr));
    listen(s_socket, SOMAXCONN);
    INT addr_size = sizeof(server_addr);
    for (int i = 1; ; ++i) {
        SOCKET c_socket = WSAAccept(s_socket, reinterpret_cast<sockaddr*>(&server_addr), &addr_size, 0, 0);
        clients.try_emplace(i, i, c_socket);
        clients[i].do_recv();
    }
    clients.clear();
    closesocket(s_socket);
    WSACleanup();
}
```

실습 순서

- 1 : 1 Overlapped Echo Client
- 1 : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Echo Server
- n : 1 Overlapped Chatting Server

채팅 서버

- Echo Server 에서 채팅서버로 진화
 - 진정한 멀티플레이의 시작
 - 클라이언트에 다른 클라이언트의 메시지도 전달해 주어야 한다.
 - 메시지에 클라이언트 ID도 넣어 주어야 한다.
 - 전송 데이터의 Packet화
 - Packet 단위로 Send/Recv가 되어야 한다.
 - size정보 필요
 - 패킷의 구조 (size + id + message)
 - 더 이상 send와 recv가 차례로 호출 되지 않는다.
 - 정해진 순서가 없고, 동시 다발적으로 발생한다.

채팅 서버

- Echo Server 에서 채팅서버로 진화
 - Send/Recv의 실행 순서가 존재하지 않는다.
 - Send_callback에서 더 이상 recv를 호출하지 않는다.
 - recv호출은 recv_callback에서 해야 한다.
 - Send/Recv가 더 이상 OVERLAPPED, WSABUF, BUF를 공유할 수 없다.
 - 완료를 기다리지 않고 send가 독립적으로 (비동기적으로) 실행되기 때문
 - 따라서 모든 send는 overlapped/wsabuf/buf를 별도의 객체를 사용해서 수행해야 한다.
 - 3개의 객체를 따로 관리하는 것이 비효율적이므로 하나의 클래스에 묶어서 관리한다. => class EXP_OVER
 - Overlapped 포인터로 WSABUF와 BUF의 주소를 찾아야 한다.

채팅 서버

```
class EXP_OVER {
public:
    WSAOVERLAPPED _wsa_over;
    size_t _s_id;
    WSABUF _wsa_buf;
    char _send_msg[BUFSIZE];
public:
    EXP_OVER(size_t s_id, char num_bytes, char *mess) : _s_id(s_id)
    {
        ZeroMemory(&_wsa_over, sizeof(_wsa_over));
        _wsa_buf.buf = _send_msg;
        _wsa_buf.len = num_bytes + 2;

        memcpy(_send_msg + 2, mess, num_bytes);
        _send_msg[0] = num_bytes + 2;
        _send_msg[1] = s_id;
    }

    ~EXP_OVER() {}
};
```

채팅 서버

- WSABUF와 BUF의 관리
 - EXP_OVER를 통해 통합 관리

```
void do_send(int sender_id, int num_bytes, char *mess)
{
    EXP_OVER *ex_over = new EXP_OVER(sender_id, num_bytes, mess);
    WSASend(_socket, &ex_over->_wsa_buf, 1, 0, 0, &ex_over->_wsa_over, send_callback);
}
```

```
void CALLBACK send_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED send_over,
DWORD f)
{
    EXP_OVER* ex_over = reinterpret_cast<EXP_OVER*>(send_over);
    delete ex_over;
}
```

채팅 서버

- Recv Callback 수정

```
void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes,
                             LPWSAOVERLAPPED recv_over, DWORD recv_flag)
{
    unsigned long long s_id =
        reinterpret_cast<unsigned long long>(recv_over->hEvent);
    cout << "Client [" << s_id << "] Sent[" << num_bytes;
    cout << "bytes] : " << clients[s_id]._recv_buf << endl;
    for (auto &cl : clients)
        cl.second.do_send(s_id, num_bytes, clients[s_id]._recv_buf);
    clients[s_id].do_recv();
}
```

채팅 서버

- 클라이언트 수정 필요
 - send/recv가 정해진 순서 없이 실행
 - Scanf와 recv를 어떻게 동시에?? => Windows 프로그래밍 필요 => **아몰라!!!**
 - recv시 자주 여러 개의 패킷이 뭉쳐서 도착
 - 분리 필요

```
void CALLBACK recv_callback(DWORD err, DWORD num_bytes, LPWSAOVERLAPPED recv_over, DWORD f)
{
    char* p = s_buf;
    while (p < s_buf + num_bytes) {
        char packet_size = *p;
        int c_id = *(p + 1);
        cout << "Client[" << c_id << "] Sent[" << packet_size - 2 << "bytes] : " << p + 2 << endl;
        p = p + packet_size;
    }
    do_send_message(); }

```


채팅 서버

- 실습에서 누락된 사항
 - 서버에서도 클라이언트에 보낸 패킷이 뭉쳐왔을 때 처리가 있어야 한다.
 - 패킷이 뭉쳐 오기도 하지만 임의의 위치에서 잘려 오기도 한다. 이를 이어주는 코드도 필요

게임으로의 확장

- 클라이언트 변경
 - Avatar와 PC가 존재
 - Avatar : 나
 - PC : Playing Character, 다른 사람
 - 그래픽 상 구분 필요 (카메라는 아바타 연동)
- 서버 변경
 - 객체 상태 변화 => BroadCast (ID 필요: 클라이언트와 ID정보 공유)
 - Session확장 : X, Y, ID
- 패킷 종류의 다양화 => 프로토콜 정의 필요
 - 종류 : Object 추가/이동/삭제
 - 구성 : Size, Type, DATA(id, 좌표, Avatar여부)
- 패킷 재조립 필수

숙제 (#3)

- 멀티플레이어 온라인 게임 서버/클라이언트 프로그램 작성
 - 내용
 - 숙제 (#2)의 프로그램의 다중 사용자 버전
 - Client/Server 모델, 서버는 반드시 Overlapped I/O callback 을 사용할 것
 - 클라이언트 10개 까지 접속 가능 하게 수정
 - 모든 클라이언트 에서 다른 모든 클라이언트의 말의 움직임이 보임
 - 클라이언트 접속 종료 시 해당 말이 사라지도록 구현
 - 목적
 - Windows 다중 접속 Network I/O 습득
 - Overlapped I/O 습득
 - 제약
 - Windows에서 Visual Studio로 작성 할 것
 - 그래픽의 우수성을 보는 것이 아님
 - 제출
 - Zip으로 소스를 묶어서 eclass로 제출
 - 컴파일 및 실행이 가능해야 함, 필요 없는 중간 파일 및 폴더들 포함 시키지 말 것

Reference

- <https://www.microsoftpressstore.com/articles/article.aspx?p=2224047&seqNum=5>
 - Overlapped I/O API 상세 설명
- 네트워크 연결상태 측정
 - <https://github.com/microsoft/ctsTraffic>