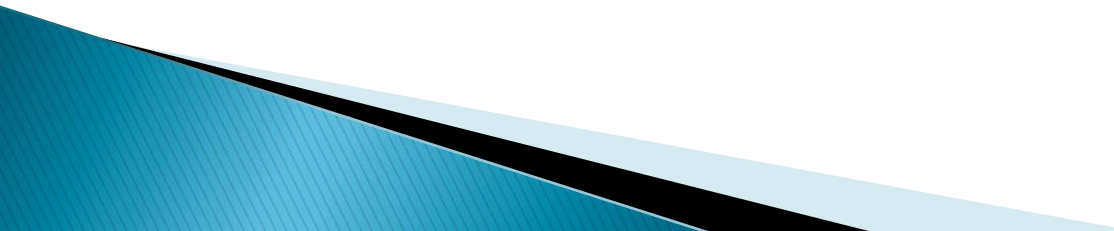


# 윈도우 네트워크 프로그래밍

# 목차

1. 기본 정보 . . . 4p
  2. TCP/IP . . . 6p
  3. 소켓(socket) . . . 11p
  4. 원속 초기화/종료 . . . 13p
  5. 오류 처리 . . . 14p
  6. TCP 서버/클라이언트 . . . 18p
  7. Blocking(Sync) Socket . . . 24p
- 

# 목차

- 8. 멀티스레드(multi thread) . . . 33p
  - 9. 스레드 동기화 . . . 40p
  - 10. Non-blocking(Async) Socket . . . 43p
  - 11. IOCP . . . 60p
  - 12. Packet 구조체 . . . 74p
  - 13. 연습문제 . . . 75p
- 

# 기본 정보

## ▶ 종단 시스템(end-system)/ 호스트(host)

- 최종 사용자(end-user)를 위한 어플리케이션을 수행하는 주체
- Ex)인터넷이 연결된 PC, 스마트폰 등등

## ▶ 라우터(router)

- 종단 시스템에 속한 네트워크와 다른 네트워크를 연결, 서로 다른 네트워크에 속한 종단 시스템끼리 상호 데이터를 교환 할 수 있도록 하는 장비

## ▶ 프로토콜

- 종단 시스템간 통신 수행을 위한 정해진 절차와 방법

# 기본 정보

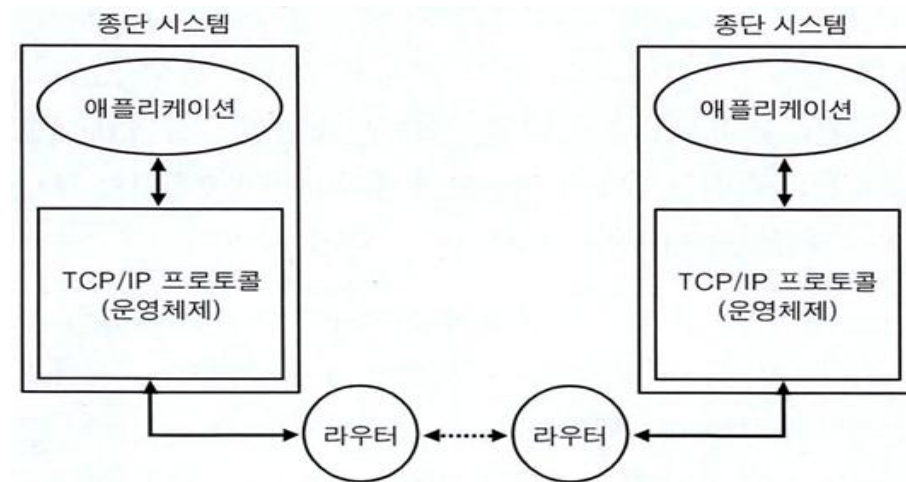
## ▶ 프로토콜 TCP와 UDP의 특징 비교

TCP (Transmission Control Protocol)	UDP (User Datagram Protocol)
연결형(connection-oriented) 프로토콜 - 연결에 성공해야 통신이 가능	비연결형(connectionless) 프로토콜 - 연결 없이 통신 가능
데이터 경계를 구분하지 않음 - 바이트 스트림(byte-stream) 서비스	데이터 경계를 구분 - 데이터그램(datagram) 서비스
신뢰성 있는 데이터 전송 - 데이터를 재전송함	비신뢰적인 데이터 전송 - 데이터를 재전송하지 않음
1 대 1 통신(unicast)	1 대 1 통신(unicast) 1 대 다 통신(broadcast) 다 대 다 통신(multicast)

# TCP/IP

## ▶ TCP/IP 프로토콜

- **인터넷의 핵심 프로토콜**이 **TCP와 IP**이며 이를 포함한 **각종 프로토콜**을 TCP/IP 프로토콜이라 한다



TCP/IP 프로토콜을 이용한 통신

# TCP/IP

## ▶ TCP/IP 계층(layer) 구조

- 일반적으로 프로토콜 계층은 기능별로 나누어 있다

### ◆ 네트워크 액세스 계층(network access layer)

- 물리적 네트워크를 통한 실질적인 데이터 전송 담당

물리적 주소 . . . . . : 10-10-00-10-00-00

### ◆ 인터넷 계층(internet layer)

- 네트워크 액세스 계층의 도움을 받아, 전송 계층이 내려 보낸 데이터를 종단 시스템(호스트)까지 전달하는 역할
- 물리적 주소를 사용하지 않고 논리 주소인 IP 주소(internet Protocol address)를 사용
- 데이터 전송을 위해서는 전송 경로가 필요하기 때문에 **전송 경로를 알아오기 위한 라우팅(routing)** 작업이 필요
- 라우팅 : 목적지까지 데이터를 보내기 위한 일련의 작업, 전용 컴퓨터를 라우터(router)라 부른다

### ◆ 전송 계층(transport layer)

- 최종적인 통신 목적지를 정하고, **오류 없이 데이터를 전송**하는 역할
- 해당 **프로세스를 지정하는 일종의 주소인 포트 번호(port number)**를 사용
- TCP(Transmission Control Protocol)과 UDP(User Datagram Protocol)를 사용

### ▶ 전송 계층(transport layer)

- 최종적인 통신 목적지를 정하고, **오류 없이 데이터를 전송**하는 역할
- 해당 **프로세스를 지정하는 일종의 주소인 포트 번호(port number)**를 사용
- TCP(Transmission Control Protocol)과 UDP(User Datagram Protocol)를 사용

### ▶ 애플리케이션 계층(application layer)

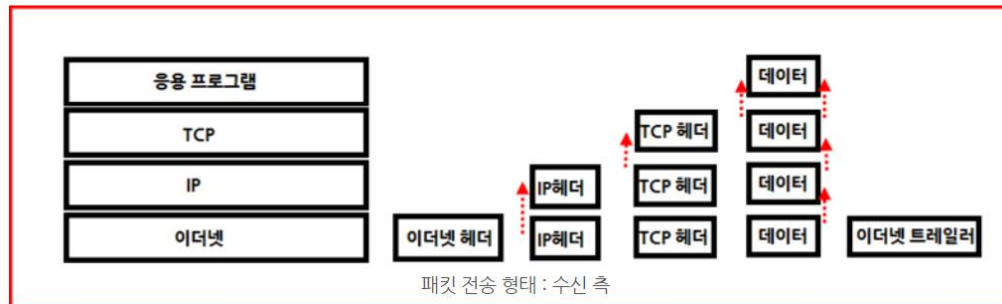
- 전송 계층을 기반으로 하는 다수의 프로토콜과 이 프로토콜을 이용하는 응용 프로그램(application)을 포괄한다(Telnet, FTP, HTTP, SMTP...)
- **소켓을 이용한 네트워크 애플리케이션**도 여기에 속한다

애플리케이션 계층	TELNET, FTP, HTTP, SMTP, MIME, SNMP, ...
전송 계층	TCP, UDP
인터넷 계층	IP
네트워크 액세스 계층	디바이스 드라이버 네트워크 하드웨어

# TCP/IP

## ▶ 패킷 전송 원리

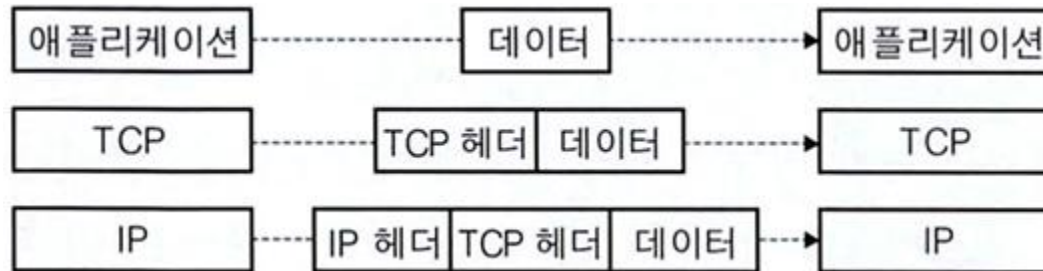
- 애플리케이션에서 보내는 데이터를 목적지까지 전송하기 위해서는 각각의 프로토콜에서 정의한 **제어 정보**(IP주소, 포트 번호, ...)가 필요
- 제어 정보는 위치에 따라 앞에 붙는 **헤더(header)**와 뒤에 붙는 **트레일러(trailer)**로 나누며, 이러한 제어 정보가 결합된 형태의 실제 전송하는 데이터를 패킷(packet)이라 부른다
- 패킷(packet) = 제어 정보 + 데이터



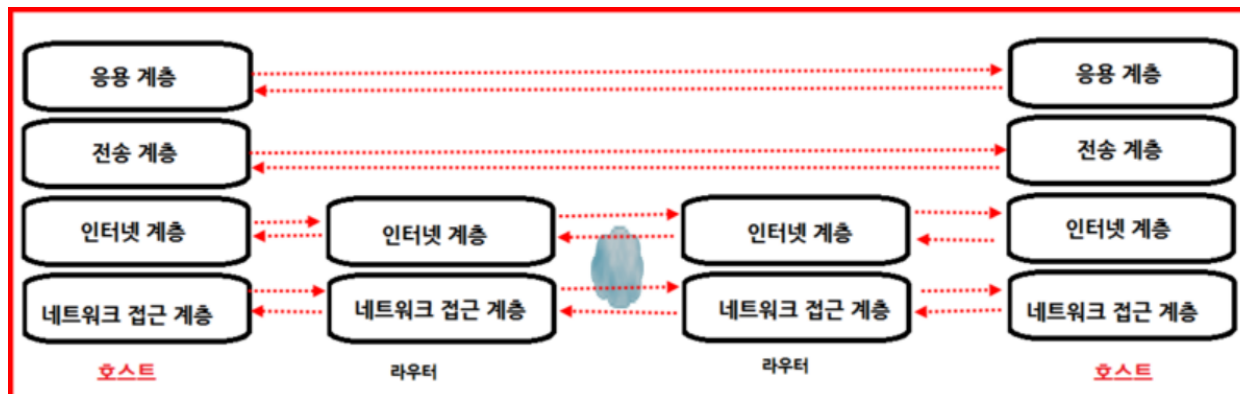


# TCP/IP

## ▶ 계층 관점에서 본 패킷 전송 형태



## ▶ 계층간의 통신



# TCP/IP

## ▶ IP 주소

- IPv4: 32비트, 8비트 단위 4부분으로 구분, 10진수로 표기(예) 255.255.255.255)
- IPv6: 128비트, 16비트 단위 8부분으로 구분, 16진수로 표기 (2020:230:abcd:ffff:0000:0000:ffff:1111)
- 폐쇄된 네트워크이거나 IP를 공유하는 경우가 아니라면 **IP 주소는 전세계적으로 유일한 값**을 가진다
- IPv4형식의 주소가 고갈될 것으로 보여 IPv6형식의 주소가 만들어 졌다

## ▶ 포트 번호

- 전송된 데이터가 **어느 프로세스(process)에서 사용되는지 알기 위한 식별자**
- 16비트의 정수, 0 ~ 65535( $2^{16}$ 개)의 범위를 사용 가능
- 0 ~ 1023은 용도가 정해져 있어 함부로 사용하면 안된다
- 일반적으로 **1024 ~ 49151 범위의 값을 사용**한다

포트 번호	분류
0 ~ 1023	Well-known port(유명한, 알려진 서버)
1024 ~ 49151	Registered port(기업 등에서 관리를 위한 포트)
49152 ~ 65535	Dynamic and/or private port(일반 사용자들이 자유롭게 사용 가능한 포트)

# 소켓(socket)

## ▶ 윈도우 소켓

- 버클리 유닉스(Berkeley Software Distribution UNIX)에서 사용하던 네트워크 인터페이스인(소켓)을 **윈도우 환경에서 사용할 수 있게 만든 것**
- Windows Socket을 줄여 **원속(winsock)**이라 부른다

## ▶ 소켓(Socket)

- 소프트웨어로 작성된 추상적인 개념의 **통신 접속점**
- 네트워크 애플리케이션은 **소켓을 통하여** 통신망의 **데이터를 송수신** 한다

## ▶ 소켓의 개념을 바라보는 관점

- A. 데이터 타입
- B. 통신 종단점(communication end-point)
- C. 네트워크 프로그래밍 인터페이스

# 소켓(socket)

## ◆ 데이터 타입

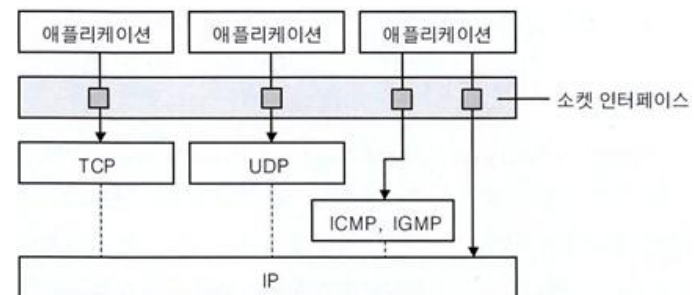
- 파일 디스크립터(file descriptor) 혹은 핸들(handle)과 유사한 개념(**통신을 위해 관리하는 데이터를 간접적으로 참조할 수 있게 한다**)
- 파일 입출력과 유사한 형태**를 지녔다
- 통신과 관련된 다양한 작업을 할 수 있는 **간편한 데이터 타입**

## ◆ 통신 중단점

- 통신을 하기 위한 다섯 가지 정보(**프로토콜, 송신측 IP 주소, 포트 번호, 수신측 IP주소, 포트번호**)의 집합체
- 클라이언트 소켓이 서버 소켓으로 **send()**를 호출하여 **데이터를 보내고**, 서버의 소켓이 클라이언트 소켓에서 보낸 데이터를 **recv()** 함수를 호출하여 **받는다**

## ◆ 네트워크 프로그래밍 인터페이스

- 하나의 네트워크 프로그래밍 인터페이스
- 양쪽 모두 소켓을 사용할 필요는 없다**
- 양쪽 모두 **동일한 프로토콜**을 사용, **정해진 형태와 절차**에 따라 데이터를 주고 받아야 한다
- 일반적으로 애플리케이션 계층과 전송 계층 사이에 위치하는 것으로 간주하여 전송계층을 건너뛰고 인터넷 계층과 연결하는 것도 가능



# 원속 초기화/종료

## ▶ WSStartup()

- 모든 원속 프로그램에서 소켓 API를 호출하기 전에 반드시 해당 초기화 함수를 호출해야 한다

```
WSADATA wsa;  
if (WSStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsa) != 0) return -1;
```

## ▶ WSACleanup()

- 원속 사용 중지함을 운영체제에 알리고 관련 리소스를 반환하는 역할을 한다
- 함수 호출 실패할 경우 WSAGetLastError() 함수로 알 수 있다

## ▶ 새 프로젝트 => 콘솔 응용 프로그램

```
#define _WINSOCK_DEPRECATED_NO_WARNINGS  
#pragma comment(lib, "ws2_32.lib") // 원속 라이브러리 사용을 알린다.  
#include <WinSock2.h> // 원속 사용을 위하여 헤더 파일 추가.  
int main()  
{  
    // 원속 초기화 (2.2 버전)  
    WSADATA wsa;  
    if (WSStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsa) != 0) return -1;  
    // TODO : 소켓 네트워크 프로그래밍 Code 작성.  
  
    // 원속 사용이 끝났다.  
    WSACleanup();  
    return 0;  
}
```

# 오류 처리

## ▶ 오류 처리를 할 필요가 없는 경우

- 리턴 값이 없거나 호출 시 항상 성공하는 일부 소켓 함수

## ▶ 리턴 값만으로 오류를 처리하는 경우

- WSASocket() 함수

## ▶ 리턴 값으로 오류 발생을 확인, 구체적인 내용은 오류 코드를 이용하여 확인하는 경우

- 대부분의 소켓 함수

## ▶ WSAGetLastError()

- 소켓 함수 호출 결과, 오류가 발생할 경우 해당 함수를 이용하여 **오류 코드**를 얻을 수 있다

```
if (소켓 함수() == 오류)
{
    int error_code = WSAGetLastError();
    std::cout << "error_code에 맞는 오류 메시지 출력";
}
```

# 오류 처리

## ▶ FormatMessage()

- 프로젝트 속성 => 구성 속성 => 고급 => 문자 집합: **멀티바이트 문자 집합 사용**
- WSAGetLastError()에서 얻은 **오류 코드를 오류 메시지로** 자동으로 **변경**시켜 준다

FormatMessage(DWORD dwFlags, LPCVOID lpSource, DWORD dwMessageId, DWORD dwLanguageId, LPSTR lpBuffer, DWORD nSize, va\_list \*Arguments);

dwFlags : **FORMAT\_MESSAGE\_ALLOCATE\_BUFFER** (오류 메시지 저장 공간을 함수가 알아서 할당한 다)|  
**FORMAT\_MESSAGE\_FROM\_SYSTEM**(운영체제로부터 오류 메시지를 가져온다)

lpSource : **NULL**

dwMessageId : **WSAGetLastError()**

dwLanguageId : 오류 메시지를 표시할 언어

**MAKELANGID(LANG\_NEUTRAL, SUBLANG\_DEFAULT)** *사용자가 제어판에 설정한 기본 언어를 사용*

lpBuffer : 오류 메시지의 시작 주소가 저장된다.

오류 메시지 사용이 끝나면 **LocalFree()** 함수로 **할당된 메모리를 반환** 하여야 한다

nSize : **0**

Arguments : **NULL**

# 오류 처리

```
void err_quit(const char* msg)
{
    LPVOID lpMsgBuf;
    FormatMessage(
        FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER | FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM,
        NULL,
        WSAGetLastError(),
        MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT),
        (LPTSTR)&lpMsgBuf, 0, NULL);

    // msg : 메시지 박스의 타이틀(Caption)
    MessageBox(NULL, (LPCSTR)lpMsgBuf, msg, MB_ICONERROR);

    // 메모리 해제, 핸들 무효화.
    LocalFree(lpMsgBuf);

    exit(-1);
}
```

- 오류 메시지를 메시지 박스에 출력 후 애플리케이션을 종료 시킨다



# 오류 처리

```
void err_display(const char* msg)
{
    LPVOID lpMsgBuf;
    FormatMessage(
        FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER | FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM,
        NULL,
        WSAGetLastError(),
        MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT),
        (LPTSTR)&lpMsgBuf, 0, NULL);

    printf("[%s] %s\n", msg, (LPCSTR)lpMsgBuf);

    LocalFree(lpMsgBuf);
}
```

- 오류 메시지를 출력하고 애플리케이션을 속행
- 사소한 오류가 발생할 경우 사용

# TCP 서버 / 클라이언트

## ▶ 클라이언트 / 서버 **모델**

- 두 개의 애플리케이션이 상호 작용하는 방식을 나타내는 용어
- 프로세스간 통신(IPC, Inter-Process Communication) 기법을 이용하여 상호 정보를 교환
- 서로 다른 종단 시스템에서 실행된 프로세스가 있고 서로 접속을 하려고 할 때, 반드시 서로의 프로세스가 실행 중이어야 하는데 타이밍의 문제로 접속 실패할 확률이 높아 이를 보완하기 위한 방법으로 만들어 졌다

## ▶ 서버

- ❖ 먼저 실행
- ❖ 클라이언트 접속을 대기
- ❖ 클라이언트에서 보내는 패킷에 정보가 있어 IP 주소(or 도메인 이름)와 포트 번호를 미리 알 필요가 없다

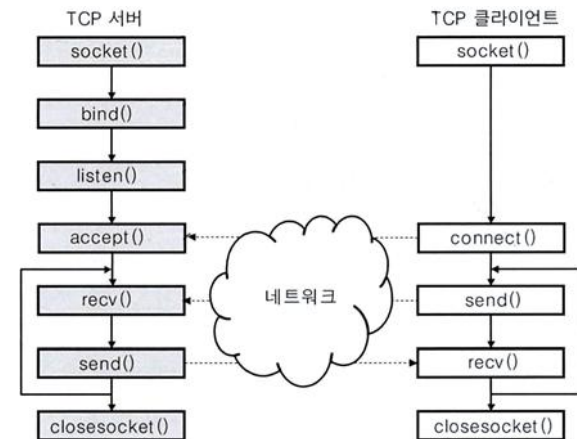
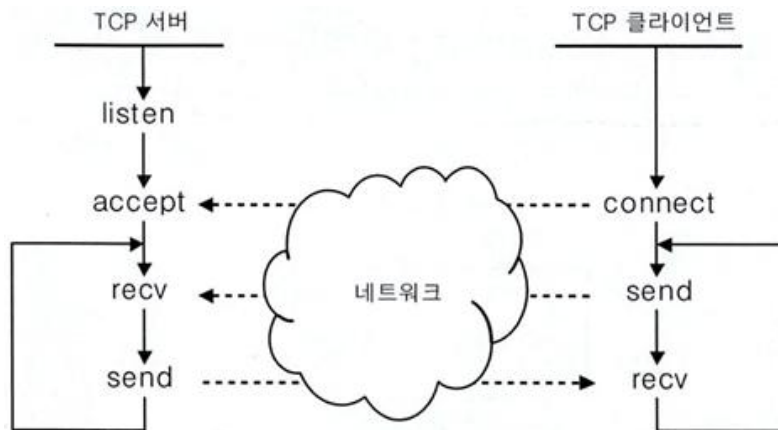
## ▶ 클라이언트

- ❖ 서버보다 나중에 실행
- ❖ 서버에 접속을 시도
- ❖ 서버에 접속하기 위한 IP 주소(or 도메인 이름)와 포트 번호를 알고있어야 한다

# TCP 서버/클라이언트

## ▶ TCP 서버/클라이언트의 동작 방식

- ① 서버 : 먼저 실행되어 클라이언트 접속을 대기(listen)
- ② 클라이언트 : 서버에 접속(connect)하여 데이터를 보낸다(send)
- ③ 서버 : 클라이언트 접속을 수용(accept)
- ④ 서버 : 클라이언트가 보낸 데이터를 받아(recv) 처리
- ⑤ 서버 : 처리한 데이터를 클라이언트에 보낸다(send)
- ⑥ 클라이언트 : 서버가 보낸 데이터를 받아(recv) 자신의 목적에 맞게 사용



# TCP 서버 / 클라이언트

## ▶ 서버 함수

- **socket()** : 통신을 위한 소켓을 생성
- **bind()** : 지역 IP 주소와 지역 포트 번호를 결정
- **listen()** : TCP 상태를 LISTENING으로 변경, 접속 받을 준비
- **accept()** : 접속한 클라이언트와 통신할 수 있는 새로운 소켓(클라이언트) 생성  
원격 IP 주소와 원격 포트 번호가 결정
- **send(), recv()** : 클라이언트와 통신을 수행
- **closesocket()** : 통신이 끝나면 사용이 끝난 소켓을 닫는다

## ▶ 클라이언트 함수

- **socket()** : 서버 접속을 위한 소켓을 생성
- **connect()** : 서버에 접속
- **send(), recv()** : 서버와 통신을 수행
- **closesocket()** : 서버와의 통신이 끝나면 소켓을 닫는다

- ❖ 지역 IP 주소, 포트 번호 : 서버 또는 클라이언트 자신의 정보
- ❖ 원격 IP 주소, 포트 번호 : 서버 또는 클라이언트가 통신하는 상대의 정보

# TCP 서버 / 클라이언트

## ▶ 블로킹(blocking) 소켓

- 동기 소켓
- send() 함수를 호출할 때, 송신 버퍼의 여유 공간이 보낼 데이터의 크기보다 작을 경우 해당 프로세스를 대기 상태(wait state)로 만들고 송신 버퍼의 여유 공간이 생기면 깨어나 크기만큼 데이터 복사가 이루어 진다

## ▶ 논블로킹(nonblocking) 소켓

- 비동기 소켓
- ioctlsocket() 함수를 이용하여 블로킹 소켓을 논블로킹 소켓으로 변경할 수 있다
- send() 함수가 호출되면 송신 버퍼의 여유 공간 만큼 데이터 복사 후 실제 복사된 바이트 수를 리턴한다
- 프로그램이 복잡해 지며, CPU 사용량이 증가한다

# TCP 서버 / 클라이언트

- ▶ **SOCKET** `socket(int af, int type, int protocol)`
  - **af** : 주소 체계를 지정, **AF\_INET**(internetwork : **TCP**, UDP, etc를 사용, IPv4)
  - **type** : 소켓 타입 지정, **SOCK\_STREAM** 또는 **SOCK\_DGRAM** 사용
  - **protocol** : 사용할 프로토콜 지정, **프로토콜 결정에 모호함이 없다면 0**을 사용

소켓 타입	특성	
SOCK_STREAM	신뢰성 있는 데이터 전송 제공, <b>연결형</b> 프로토콜	
SOCK_DGRAM	비신뢰적인 데이터 전송 기능 제공, <b>비연결형</b> 프로토콜	
사용할 프로토콜	주소 체계	소켓 타입
TCP	AF_INET	SOCK_STREAM
UDP	AF_INET	SOCK_DGRAM

- ▶ **int** `closesocket(SOCKET s)`
  - 소켓을 닫고 관련 리소스를 반환

# TCP 서버 / 클라이언트

## ▶ TCP/IP 프로토콜(IPv4) 구조체

**sin\_family** : 주소 체계

**sin\_port** : 포트 번호

**sin\_addr** : IP 주소, in\_addr 구조체

**sin\_zero** : 사용되지 않는다, 0.

```
struct SOCKADDR_IN {  
    unsigned short sin_family; // 2 바이트.  
    unsigned short sin_port;   // 2 바이트.  
    IN_ADDR sin_addr;          // 4 바이트. IPv4 Internet address 구조체.  
    char sin_zero[8];          // 8 바이트.  
} // 16 바이트.
```

## ▶ 바이트 정렬 : 메모리 데이터를 저장할 때의 바이트 순서

- **의도하지 않은 프로세스로 데이터 전달될 위험 방지**

- **빅 엔디안(big-endian)** : 최상위 바이트(Most Significant Byte)부터 차례로 정렬

- **리틀 엔디안(little-endian)** : 최하위 바이트(Least Significant Byte)부터 차례로 정렬

- **IP 주소, 포트 번호**는 **빅 엔디안**을 사용

- **네트워크 바이트 정렬(network byte ordering)** : 빅 엔디안을 사용

- **호스트 바이트 정렬(host byte ordering)** : 시스템 내의 고유한 바이트 정렬

```
u_short htons( u_short hostshort); // host to network short
```

```
u_long htonl(u_long hostlong);    // host to net work long
```

```
u_short ntohs(u_short hostshort);
```

```
u_long ntohl(u_long hostlong);
```

# Blocking(Sync) Socket

- TCP/IP Server 새 콘솔 프로젝트 생성

```
int main()
{
    // 윈속 초기화.
    ...

    // socket() listen_socket 생성.
    SOCKET listen_socket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (INVALID_SOCKET == listen_socket) err_quit("socket");

    // 계속 작업 진행...

    // closesocket(listen_socket)
    closesocket(listen_socket);

    // 윈속 사용이 끝났다.
    ...
}
```



# Blocking(Sync) Socket

```
int main()
{
    // 원속 초기화.
    ...
    // socket() listen_socket 생성.
    ...

    // 서버 정보 객체 설정.
    // INADDR_ANY : 자신의 IP를 알아와 주는 매크로 함수.
    SOCKADDR_IN serveraddr;
    ZeroMemory(&serveraddr, sizeof(serveraddr));
    serveraddr.sin_family = AF_INET;
    serveraddr.sin_port = htons(9000);
    serveraddr.sin_addr.S_un.S_addr = htonl(INADDR_ANY);

    // closesocket(listen_socket)
    ...
    // 원속 사용이 끝났다.
    ...
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
int main()
{
    ...

    // bind() 소켓 설정.
    if (bind(listen_socket, (SOCKADDR*)&serveraddr, sizeof(serveraddr)) == SOCKET_ERROR)
    {
        closesocket(listen_socket);
        WSACleanup();
        err_quit("bind");
    }

    // listen() 수신 대기열 생성.
    if (listen(listen_socket, SOMAXCONN) == SOCKET_ERROR)
    {
        closesocket(listen_socket);
        WSACleanup();
        err_quit("listen");
    }

    ...
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
#define MAX_BUFFER_SIZE 256
int main()
{
    ...
    // 데이터 통신에 사용할 변수.
    SOCKADDR_IN clientaddr;
    int addrlen = sizeof(SOCKADDR_IN);
    ZeroMemory(&clientaddr, addrlen);

    SOCKET client_socket;
    int retval;
    char buf[MAX_BUFFER_SIZE + 1];
    while (1) {
        // accept() 연결 대기.
        client_socket = accept(listen_socket, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen);
        if (INVALID_SOCKET == client_socket) continue;

        printf("[TCP 서버] 클라이언트 접속 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n ", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port));

        // recv()
        // send()

        // 클라이언트 소켓 종료.
        closesocket(client_socket);
        printf("[TCP 서버] 클라이언트 종료 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n ", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port));
    }
    ...
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
int main()
{
    ...
    while (1)
    {
        ...
        // 데이터 통신.
        while (1)
        {
            ZeroMemory(buf, sizeof(buf));
            // 데이터 받기.
            retval = recv(client_socket, buf, sizeof(buf), 0);
            if (SOCKET_ERROR == retval) break;
            else if (0 == retval) break;

            // 받은 데이터 출력.
            buf[retval - 1] = '\0';
            printf("Wn[TCP/%s:%d] %sWn ", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port), buf);

            // 데이터 보내기.
            retval = send(client_socket, buf, retval, 0);
            if (SOCKET_ERROR == retval) break;
        }
        ...
    }
    ...
}
```

# Blocking(Sync) Socket

- TCP/IP Client 새 콘솔 프로젝트 생성

```
int main()
{
    // 윈속 초기화.
    ...

    // socket() 소켓 생성.
    SOCKET sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (INVALID_SOCKET == sock) return -1;

    // 작업 진행...

    closesocket(sock);

    // 윈속 사용이 끝났다.
    WSACleanup();
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
int main()
{
    ...

    // 서버 정보 객체 설정.
    // 127.0.0.1 : 루프백(Loopback) IP
    // IPv4 및 IPv6에서 자기 자신을 가리키기 위한 목적으로 쓰기 위해 예약된 IP 주소.
    SOCKADDR_IN serveraddr;
    ZeroMemory(&serveraddr, sizeof(serveraddr));
    serveraddr.sin_family = AF_INET;
    serveraddr.sin_port = htons(9000);
    serveraddr.sin_addr.S_un.S_addr = inet_addr("127.0.0.1");

    // connect()
    if (SOCKET_ERROR == connect(sock, (SOCKADDR*)&serveraddr, sizeof(serveraddr)))
        err_quit("connect");

    ...
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
#define MAX_BUFFER_SIZE 256
int main()
{
    ...
    int len, retval;
    char buf[MAX_BUFFER_SIZE + 1];
    while (1)
    {
        ZeroMemory(buf, sizeof(buf));
        printf("\n[보낼 데이터]");
        if (fgets(buf, MAX_BUFFER_SIZE, stdin) == NULL) break;

        len = strlen(buf);
        if (buf[len - 1] == '\n') buf[len - 1] = '\0';
        if (strlen(buf) == 0) break;

        // 데이터 보내기.
        retval = send(sock, buf, len, 0);
        if (SOCKET_ERROR == retval) break;

        printf("[TCP 클라이언트] %d바이트를 보냈습니다.\n", retval);
    }
}
```

# Blocking(Sync) Socket

```
// 데이터 받기.
```

```
ZeroMemory(buf, sizeof(buf));
```

```
retval = recv(sock, buf, sizeof(buf), 0);
```

```
if (SOCKET_ERROR == retval) break;
```

```
else if (0 == retval) break;
```

```
// 받은 데이터 출력.
```

```
buf[retval - 1] = '\0';
```

```
printf("[TCP 클라이언트] %d바이트를 받았습니다.\n", retval);
```

```
printf("[받은 데이터]%s\n", buf);
```

```
}
```

```
...
```

```
}
```



# 멀티스레드(multi thread)

## ▶ 스레드

- 실제 CPU 시간을 할당 받아 수행되는 실행단위

## ▶ 스레드 함수(thread function)

- 스레드 실행 시작점이 되는 함수
- 예) main()

## ▶ 주 스레드(primary thread)

- **main(), WinMain()**에서 시작되는 스레드
- 프로세스가 실행될 때 생성

## ▶ 컨텍스트 전환(context switch)

- **CPU와 운영체제**의 협동으로 이루어지는 **스레드 실행 상태의 저장과 복원 작업**
- 각 스레드는 **다른 스레드의 존재와 무관하게 자신의 상태를 유지하며 실행 가능**

- ❖ 스레드가 많아지면 CPU에 무리를 주기 때문에 사용에 주의!

# 멀티스레드(multi thread)

## ▶ 스레드 생성

- 스레드 생성 함수 : CreateThread(), \_beginthread(), \_beginthreadex()
- 스레드 생성시에 CreateThread()를 쓰지 않는 것이 좋다
- ❖ (c/c++ 런타임 함수를 사용할경우, 함수는 실행되지 않고 스레드만 죽는다)

```
HANDLE CreateThread(  
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,  
    SIZE_T dwStackSize,  
    LPTHREAD_START_ROUTINE lpStartAddress,  
    LPVOID lpParameter,  
    DWORD dwCreationFlags,  
    LPDWORD lpThreadId);
```

lpThreadAttributes : 구조체 변수의 주소값, NULL을 사용

dwStackSize : 새로 생성할 스레드에 할당될 스택의 크기, 0 사용 시 기본 1MB가 할당

lpStartAddress : 함수 스레드의 시작 주소, DWORD WINAPI ThreadProc(LPVOID lpParameter) {}

lpParameter : 스레드 함수에 전달될 인자, 전달할 인자가 없다면 NULL

dwCreationFlags : 스레드 생성을 제어하는 값, 사용하지 않으면 NULL

lpThreadId : 스레드의 ID가 저장, 필요 없다면 NULL(Dos에서는 사용 하면 안됨)

# 멀티스레드(multi thread)

## ▶ TCP 서버

```
SOCKET client_socket;
HANDLE hThread;
DWORD threadID;
while (1)
{
    // accept() 연결 대기.
    client_socket = accept(listen_socket, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen);
    if (INVALID_SOCKET == client_socket) continue;

    printf("\n[TCP 서버] 클라이언트 접속 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n",
        inet_ntoa(clientaddr.sin_addr),
        ntohs(clientaddr.sin_port));

    // 스레드 생성.
    hThread = CreateThread(NULL, 0, ProcessClient, (LPVOID)client_socket, 0, &threadID);
    if (NULL == hThread) std::cout << "[오류] 스레드 생성 실패!" << std::endl;
    else CloseHandle(hThread);
}
```

# 멀티스레드(multi thread)

```
DWORD WINAPI ProcessClient(LPVOID arg)
{
    SOCKET client_sock = (SOCKET)arg;
    SOCKADDR_IN clientaddr;
    int addrlen = sizeof(clientaddr);
    getpeername(client_sock, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen); // 클라이언트 정보 얻기.
    int retval;
    while (1)
    {
        // recv(), send()
        ...
    }

    // closesocket()
    closesocket(client_sock);
    printf("Wn[TCP 서버] 클라이언트 종료 : IP 주소=%s, 포트 번호=%dWn",
        inet_ntoa(clientaddr.sin_addr),
        ntohs(clientaddr.sin_port));
    return 0;
}
```

# 멀티스레드(multi thread)

## ▶ 스레드 종료

- 정상적인 종료 방법
- ❖ 스레드 함수에서 리턴한다
- ❖ 스레드 함수 내에서 **ExitThread()** 함수를 호출
- 강제적인 종료 방법
- ❖ **TerminateThread()** 함수를 호출
- ❖ 주 스레드가 종료되면서 모든 스레드가 종료된다

## ▶ 소켓 정보 가져오기

- `Int getpeername(SOCKET s, struct sockaddr* name, int* namelen)`
- 소켓 데이터 구조체에 저장된 **원격** IP 주소와 포트 번호를 알려준다
- `Int getsockname(SOCKET s, struct sockaddr* name, int* namelen)`
- 소켓 데이터 구조체에 저장된 **지역** IP 주소와 포트 번호를 알려준다

# 멀티스레드(multi thread)

## ▶ 공유 리소스 만들기

- 접속한 모든 클라이언트에 데이터 전송을 위한 공유 리소스
- 접속되어 있는 모든 클라이언트에 데이터를 해주기 위한 스레드 공유 리소스 필요

## ▶ TCP Server

```
#include <vector>
#include <algorithm>
std::vector<SOCKET> g_vSocket; // 전역 변수.
int main()
{
    ...
    while (1)
    {
        // accept() 연결 대기.
        client_socket = accept(listen_socket, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen);
        if (INVALID_SOCKET == client_socket) continue;

        g_vSocket.push_back(client_socket); // 접속한 클라이언트의 소켓 vector에 보관.
        ...
        // 스레드 생성.
        ...
    }
}
```

# 멀티스레드(multi thread)

```
DWORD WINAPI ProcessClient(LPVOID arg)
{
    ...
    while (1)
    {
        ...
        for (const auto& sock : g_vSocket) // 접속한 모든 클라이언트에 데이터 전송.
        {
            // 데이터 보내기.
            ...
            retval = send(sock, buf, retval, 0); // 수정.
            ...
        }
    }

    // vector에서 접속을 종료한 socket 제거.
    auto itr = std::find(g_vSocket.begin(), g_vSocket.end(), client_sock);
    if(g_vSocket.end() != itr) g_vSocket.erase(itr);

    // closesocket()
    ...
}
```

# 스레드 동기화

## ▶ 스레드 동기화(thread synchronization)란?

- 멀티스레드 환경에서 발생하는 문제를 해결하기 위한 일련의 작업
- 하나의 자원을 한 번에 하나의 스레드만 사용하도록 하는 기술

## ▶ 필요한 경우

- 두 개 이상의 스레드가 **공유 리소스를 접근할 때**, 오직 한 스레드만이 접근을 허용해야 하는 경우
- 특정 사건 발생을 다른 스레드에 알리는 경우  
*ex)한 스레드가 작업을 완료 후, 대기 중인 다른 스레드를 깨우는 경우*

## ▶ 동기화 객체(synchronization object)

- 하나의 자원을 사용함에 있어 진행을 계속하거나 대기 하도록 하는 **매개체 역할을 할 수 있는 것**  
**들**

종류	주요 용도
임계 영역(critical section)	공유 리소스에 대해 오직 하나의 스레드만 접근 허용 (한 프로세스에 속한 스레드에만 사용 가능) <i>일반적인 동기화 객체보다 빠르고 효율적, 동기화 객체로 분류 X</i>
뮤텍스(mutex)	공유 리소스에 대해 오직 하나의 스레드만 접근 허용 (서로 다른 프로세스에 속한 스레드에도 사용 가능)
이벤트(event)	특정 사건 발생을 다른 스레드에 알린다
세마포어(semaphore)	한정된 개수의 자원을 여러 스레드가 사용하려 할 때 접근 제어
대기 기능 타이머(waitable timer)	특정 시간이 되면 대기 중인 스레드를 깨운다



# 스레드 동기화

## ▶ 뮤텝스

- 하나의 프로세스에서 여러 스레드를 사용할 때 사용한다
- 어떠한 데이터를 사용하고 있는 동안 다른 스레드는 이 데이터를 건드리지 못하게 한다
- 데이터를 먼저 사용하고 있는 다른 스레드에서 사용이 끝날 때 까지 대기

```
HANDLE g_hMutex; // 뮤텝스 핸들.
```

```
// 뮤텝스를 생성.
```

```
// NULL:하위 프로세스에 상속 불가.
```

```
// false:해당 뮤텝스의 권한을 호출한 스레드가 가지지 못하게 한다.
```

```
// NULL:해당 뮤텝스의 이름. 이름 없이 작성.
```

```
g_hMutex = CreateMutex(NULL, false, NULL);
```

```
// 공용 리소스를 사용, 임의의 시간(INFINITE:작업이 끝날 때 까지)동안 대기.
```

```
WaitForSingleObject(g_hMutex, INFINITE);
```

```
ReleaseMutex(g_hMutex); // 공용 리소스 사용이 끝났다.
```

```
CloseHandle(g_hMutex); // 뮤텝스 사용을 끝내고 제거.
```

# 스레드 동기화

```
HANDLE g_hMutex; // 전역 변수.
int main()
{
    g_hMutex = CreateMutex(NULL, false, NULL);
    if (NULL == g_hMutex) return -1; // 뮤텁스 생성 실패.
    if (GetLastError() == ERROR_ALREADY_EXISTS) // 이미 생성된 뮤텁스가 있습니다!!
    {
        CloseHandle(g_hMutex);
        return -1;
    }

    ...

    // 공용 리소스를 다른 스레드에서 사용하고 있다면 대기,
    WaitForSingleObject(g_hMutex, INFINITE);
    // 다른 스레드에서도 사용하는 공용 리소스를 사용한다.
    ...
    //공용 리소스 사용이 끝났음을 알린다.
    ReleaseMutex(g_hMutex);

    ...

    CloseHandle(g_hMutex);
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

- TCP/IP Server 새 콘솔 프로젝트 생성

```
void err_display(const int& errcode)
{
    LPVOID lpMsgBuf;
    FormatMessage(
        FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER | FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM,
        NULL, errcode,
        MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT),
        (LPTSTR)&lpMsgBuf, 0, NULL);

    printf("[오류] %s", (LPCTSTR)lpMsgBuf);

    LocalFree(lpMsgBuf);
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
#define BUFSIZE 256
struct SOCKETINFO
{
    SOCKET sock;
    char buf[BUFSIZE + 1];
};

// listen 소켓을 포함한, 현재 접속한 client의 수.
int g_nTotalSockets = 0;
// 논블로킹 소켓으로 만든 소켓의 정보.
SOCKETINFO* arrSocketInfo[WSA_MAXIMUM_WAIT_EVENTS];
// 소켓이 어떤 처리를 할 수 있는지에 대한 이벤트.
WSAEVENT arrEvent[WSA_MAXIMUM_WAIT_EVENTS];

// 논블로킹 소켓으로 사용할 소켓 정보 추가.
bool AddSocketInfo(SOCKET sock);
// 소켓 정보 삭제.
void RemoveSocketInfo(int index);
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
bool AddSocketInfo(SOCKET sock)
{
    if (WSA_MAXIMUM_WAIT_EVENTS <= g_nTotalSockets) {
        printf("[오류] 소켓 정보를 추가할 수 없습니다!\n");
        return false;
    }

    SOCKETINFO* ptr = new SOCKETINFO;
    if (NULL == ptr) {
        printf("[오류] 메모리가 부족합니다!\n");
        return false;
    }

    WSAEVENT hEvent = WSACreateEvent();
    if (WSA_INVALID_EVENT == hEvent) {
        err_display("WSACreateEvent()");
        return false;
    }

    ptr->sock = sock;
    arrSocketInfo[g_nTotalSockets] = ptr;
    arrEvent[g_nTotalSockets] = hEvent;
    g_nTotalSockets++;

    return true;
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
void RemoveSocketInfo(int index)
{
    SOCKETINFO* ptr = arrSocketInfo[index];

    // 클라이언트 정보 얻기.
    SOCKADDR_IN addr;
    int addrlen = sizeof(addr);
    getpeername(ptr->sock, (SOCKADDR*)&addr, &addrlen);
    printf("[TCP 서버] 클라이언트 종료 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n", inet_ntoa(addr.sin_addr), ntohs(addr.sin_port));

    closesocket(ptr->sock);
    delete ptr;
    WSACloseEvent(arrEvent[index]);

    // 배열 공간을 한 칸씩, 앞으로 이동.
    for (int i = index + 1; g_nTotalSockets > i; i++)
    {
        arrSocketInfo[i - 1] = arrSocketInfo[i];
        arrSocketInfo[i] = nullptr;

        arrEvent[i - 1] = arrEvent[i];
        arrEvent[i] = 0;
    }
    g_nTotalSockets--;
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
int main()
{
    // 윈속 초기화.
    ...

    // socket() listen_socket 생성.
    SOCKET listen_socket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (INVALID_SOCKET == listen_socket) err_quit("socket");

    // 소켓 정보 추가.
    if (FALSE == AddSocketInfo(listen_socket)) return -1;

    // WSAEventSelect() : 콘솔 프로젝트에서 사용, 해당 소켓을 논브로킹 소켓으로 만들어 준다.
    // FD_ACCEPT : 클라이언트에서 연결 요청이 왔을 때.
    // FD_CONNECT : connect()를 이용하여 서버에서 연결을 수락 했을 때.
    // FD_CLOSE : 해당 소켓이 연결을 해제 했을 때.
    // FD_READ : 소켓을 읽어 들일 데이터가 있을 때.
    // FD_WRITE : send()할 수 있을 때, 소켓의 버퍼가 비어있을 때.
    // listen_socket은 accept()와 closesocket()을 해야할 경우만 이벤트를 받도록 한다.
    int retval = WSAEventSelect(listen_socket, arrEvent[g_nTotalSockets - 1], FD_ACCEPT | FD_CLOSE);
    if (SOCKET_ERROR == retval)
    {
        closesocket(listen_socket);
        err_quit("WSAEventSelect()");
    }
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
// bind()
...
// listen()
...

int index;
WSANETWORKEVENTS NetworkEvents;
SOCKET client_sock;
SOCKADDR_IN clientaddr;
int addlen = sizeof(SOCKADDR_IN);
while (true)
{
    // 아래 페이지에서 작성.
}

// closesocket(listen_socket)
closesocket(listen_socket);
// 원속 사용이 끝났다.
...
}
```



# Non-blocking(Async) Socket

```
// TODO: 여기서부터 while문 안의 내용.  
// 현재 페이지의 내용은 반드시 while문 제일 첫 줄에, 순서에 맞게 작성되어야 한다.  
// 이벤트 객체 관찰.  
// 몇 번째 WSAEVENT배열에 이벤트가 발행했는지 index를 알 수 있다.  
index = WSAWaitForMultipleEvents(g_nTotalSockets, arrEvent, FALSE, WSA_INFINITE, FALSE);  
if (WSA_WAIT_FAILED == index)  
{  
    err_display("WSAWaitForMultipleEvents()");  
    continue;  
}  
// 반환 값에 WSA_WAIT_EVENT_0를 뺀 값이 배열의 index  
index -= WSA_WAIT_EVENT_0;  
  
// 구체적인 네트워크 이벤트 알아내기.  
// 해당 소켓에 발행한 이벤트를 WSANETWORKEVENTS 객체를 통해 알아온다.  
retval = WSAEnumNetworkEvents(arrSocketInfo[index]->sock, arrEvent[index], &NetworkEvents);  
if (SOCKET_ERROR == retval)  
{  
    err_display("WSAEnumNetworkEvents()");  
    continue;  
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
// FD_ACCEPT 이벤트 처리.
if (NetworkEvents.INetworkEvents & FD_ACCEPT)
{
    // FD_ACCEPT 이벤트에 발생한 오류를 확인.
    if (0 != NetworkEvents.iErrorCode[FD_ACCEPT_BIT])
    {
        err_display(NetworkEvents.iErrorCode[FD_ACCEPT_BIT]);
        continue;
    }

    // accept()
    client_sock = accept(arrSocketInfo[index]->sock, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen);
    if (INVALID_SOCKET == client_sock)
    {
        err_display("accept()");
        continue;
    }
    printf("[TCP 서버] 클라이언트 접속 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port));

    // 접속 수 제한.
    if (WSA_MAXIMUM_WAIT_EVENTS <= g_nTotalSockets)
    {
        printf("[오류] 더 이상 접속을 받아들일 수 없습니다!\n");
        closesocket(client_sock);
        continue;
    }
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
// 클라이언트 소켓 정보 추가.
if (!AddSocketInfo(client_sock)) continue;

// WSAEventSelect()
// client_sock은 클라이언트에서 send()하여 recv()해야 할 경우와 클라이언트가 종료되어 closesocket()을 해야할 경우만 이벤트를 받도록 한다.
retval = WSAEventSelect(client_sock, arrEvent[g_nTotalSockets - 1], FD_READ | FD_CLOSE);
if (SOCKET_ERROR == retval) err_quit("WSAEventSelect()");
} // FD_ACCEPT 이벤트.

// FD_READ 이벤트 처리.
if (NetworkEvents.iNetworkEvents & FD_READ)
{
    if (0 != NetworkEvents.iErrorCode[FD_READ_BIT])
    {
        err_display(NetworkEvents.iErrorCode[FD_READ_BIT]);
        continue;
    }

    SOCKETINFO* ptr = arrSocketInfo[index];
    retval = recv(ptr->sock, ptr->buf, BUFSIZE, 0);
    if (SOCKET_ERROR == retval)
    {
        if (WSAEWOULDBLOCK != WSAGetLastError())
        {
            err_display("recv()");
            RemoveSocketInfo(index);
        }
        continue;
    }
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
ptr->buf[retval] = 'W0';
getpeername(ptr->sock, (SOCKADDR*)&clientaddr, &addrlen);
printf("[TCP/%s:%d]sWn", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port), ptr->buf);

retval = send(ptr->sock, ptr->buf, retval, 0);
if (SOCKET_ERROR == retval)
{
    if (WSAEWOULDBLOCK != WSAGetLastError())
    {
        err_display("send()");
        RemoveSocketInfo(index);
    }
    continue;
}
} // FD_READ 이벤트.

// FD_CLOSE 이벤트 처리.
if (NetworkEvents.INetworkEvents & FD_CLOSE)
{
    if (0 != NetworkEvents.iErrorCode[FD_CLOSE_BIT])
    {
        err_display(NetworkEvents.iErrorCode[FD_CLOSE_BIT]);
    }
    RemoveSocketInfo(index);
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

- **TCP/IP Client 새 데스크톱 어플리케이션 프로젝트 생성**

- ❖ [문자 집합:멀티바이트 문자 집합 사용]으로 변경

// WM\_USER 초과한 값을 사용하여 개인적인 윈도우 메시지를 만들어 사용할 수 있다.

```
#define WM_SOCKET (WM_USER + 1)
```

```
#define BUFSIZE 256
```

```
SOCKET g_sock;
```

```
std::string g_strChat;
```

```
std::vector<std::string> g_vLog;
```

```
void AddLog(const char* str);
```

```
void ErrorQuit(const char* caption);
```

```
void ErrorDisplay(HWND hWnd, const char* caption);
```

```
void ErrorDisplay(HWND hWnd, const int& errorCode, const char* caption);
```

```
void SocketProc(HWND hWnd, UINT message, WPARAM wParam, LPARAM lParam);
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
void AddLog(const char* str)
{
    if (26 <= g_vLog.size()) g_vLog.erase(g_vLog.begin());
    g_vLog.push_back(str);
}

void ErrorQuit(const char* caption)
{
    LPVOID lpMsgBuf;
    FormatMessage(FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER | FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM, NULL, WSAGetLastError(), MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT),
        (LPTSTR)&lpMsgBuf, 0, NULL);
    MessageBox(NULL, (LPCTSTR)lpMsgBuf, caption, MB_ICONERROR);
    LocalFree(lpMsgBuf);
    exit(-1);
}

void ErrorDisplay(HWND hWnd, const char* caption) { ErrorDisplay(hWnd, WSAGetLastError(), caption); }

void ErrorDisplay(HWND hWnd, const int& errorCode, const char* caption)
{
    LPVOID lpMsgBuf;
    FormatMessage(FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER | FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM, NULL, errorCode, MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT), (LPTSTR)&lpMsgBuf,
        0, NULL);
    char buf[256];
    ZeroMemory(&buf, sizeof(buf));
    sprintf_s(buf, "[%s] %s", caption, (LPCTSTR)lpMsgBuf);
    AddLog(buf);
    InvalidateRect(hWnd, NULL, true);
    LocalFree(lpMsgBuf);
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
int APIENTRY wWinMain(_In_ HINSTANCE hInstance,
                     _In_opt_ HINSTANCE hPrevInstance,
                     _In_ LPWSTR lpCmdLine,
                     _In_ int nCmdShow)
{
    ...

    //if (!InitInstance(hInstance, nCmdShow))
    //{
    //    return FALSE;
    //}
    HWND hWnd = CreateWindowW(szWindowClass, szTitle, WS_SYSMENU, CW_USEDEFAULT, 0, 800, 600, nullptr, nullptr,
                              hInstance, nullptr);
    if (!hWnd) return FALSE;

    ShowWindow(hWnd, nCmdShow);
    UpdateWindow(hWnd);

    // 원속 초기화.
    WSADATA wsa;
    if (WSAStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsa) != 0) return -1;

    // 서버 접속을 위한 소켓 생성.
    g_sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (INVALID_SOCKET == g_sock) ErrorQuit("socket()");
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

// WSAAsyncSelect() : 데스크톱 응용프로그램에서 사용, 해당 소켓을 논브로킹(비동기) 소켓으로 만들어 준다.

```
int retval = WSAAsyncSelect(g_sock, hWnd, WM_SOCKET, FD_CONNECT);
```

```
if (SOCKET_ERROR == retval)
```

```
{
```

```
    closesocket(g_sock);
```

```
    ErrorQuit("WSAAsyncSelect()");
```

```
};
```

// 서버 접속을 위한, 서버 주소 설정.

```
SOCKADDR_IN serveraddr;
```

```
ZeroMemory(&serveraddr, sizeof(serveraddr));
```

```
serveraddr.sin_family = AF_INET;
```

```
serveraddr.sin_port = htons(9000);
```

```
serveraddr.sin_addr.S_un.S_addr = inet_addr("127.0.0.1");
```

// 비동기 소켓으로 WM\_SOCKET에서 오류 및 FD\_CONNECT 메시지 처리, 여기서 오류 처리 X.

```
connect(g_sock, (SOCKADDR*)&serveraddr, sizeof(serveraddr));
```

```
MSG msg;
```

// 기본 메시지 루프입니다:

```
...
```

// 원속 종료.

```
WSACleanup();
```

```
return (int) msg.wParam;
```

```
}
```



# Non-blocking(Async) Socket

```
void SocketProc(HWND hWnd, UINT message, WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    if (WSAGETSELECTERROR(lParam)) // 오류 발생 여부 확인.
    {
        ErrorDisplay(hWnd, WSAGETSELECTERROR(lParam), "ERROR");
        closesocket(g_sock);
        return;
    }
    std::string msg;
    switch (WSAGETSELECTEVENT(lParam))
    {
    {
        case FD_CONNECT: msg = "FD_CONNECT";
            if (SOCKET_ERROR == WSAAsyncSelect(g_sock, hWnd, WM_SOCKET, FD_CLOSE | FD_READ))
            {
                closesocket(g_sock);
                ErrorQuit("WSAAsyncSelect()");
            };
            break;
        case FD_CLOSE: msg = "FD_CLOSE : 서버와 연결이 끊겼습니다."; closesocket(g_sock); break;
        case FD_READ: { msg = "FD_READ : ";
            char buf[BUFSIZE];
            int retval = recv(g_sock, buf, BUFSIZE, 0);
            msg.append(buf);
        } break;
    }
    msg.append("WO");
    AddLog(msg.c_str());
    InvalidateRect(hWnd, NULL, true);
}
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
LRESULT CALLBACK WndProc(HWND hWnd, UINT message, WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    switch (message)
    {
        case WM_SOCKET: SocketProc(hWnd, message, wParam, lParam); break;
        case WM_CHAR:
        {
            const char& ch = (TCHAR)wParam;
            if ('Wn' != ch && 'Wr' != ch)
            {
                if ('Wb' == ch)
                {
                    if (0 < g_strChat.length()) g_strChat = g_strChat.substr(0, g_strChat.length() - 1);
                }
                else g_strChat += ch;
                InvalidateRect(hWnd, NULL, true);
            }
        } break;
        case WM_KEYUP:
            if (VK_RETURN == wParam)
            {
                if (0 < g_strChat.length())
                {
                    char buf[BUFSIZE + 1];
                    strcpy_s(buf, g_strChat.c_str());
                    send(g_sock, buf, g_strChat.length(), 0);
                    g_strChat.clear();
                }
            } break;
    }
```

# Non-blocking(Async) Socket

```
case WM_PAINT:
{
    PAINTSTRUCT ps;
    HDC hdc = BeginPaint(hWnd, &ps);
    // TODO: 여기에 hdc를 사용하는 그리기 코드를 추가합니다...

    // 발생한 socket 이벤트의 로그 출력.
    for (int i = 0; g_vLog.size() > i; i++)
        TextOut(hdc, 0, i * 20, g_vLog[i].c_str(), g_vLog[i].length());

    // 입력한 문자 출력.
    TextOut(hdc, 0, 540, g_strChat.c_str(), g_strChat.length());

    EndPaint(hWnd, &ps);
}
break;
case WM_DESTROY:
    PostQuitMessage(0);
    break;
default:
    // 멀티바이트 문자 집합 사용으로 DefWindowProc() => DefWindowProcW() 변경.
    return DefWindowProcW(hWnd, message, wParam, lParam);
}
return 0;
}
```

# IOCP

## ▶ I/O

- **입력(Input)/출력(Output)**의 약자로, 컴퓨터 및 주변장치에 대하여 데이터를 전송하는 프로그램 혹은 장치

## ▶ IOCP(I/O Completion Port)

- **Windows I/O 모델 중 최고의 성능**을 가진다
- 특수한 경우, 다른 모델이 IOCP 모델 보다 더 높은 성능을 보이기도 한다
- **멀티쓰레드**에서 동작
- IOCP 객체는 여러 소켓을 DEVICE LIST에 등록/관리하는 자료구조
- DEVICE LIST는 유저가 접근/제어 할 수 없다
- IOCP는 **무조건 OVERLAPPED I/O로만 동작**
- **OVERLAPPED I/O Callback**을 사용

## ▶ OVERLAPPED

- **비동기(Async)/비봉쇄(non-blocking) 응용 모델**
- OVERLAPPED I/O 중첩을 허용하는 특징이 있어, "중첩 입출력 모델"이라고 부르기도 한다

# IOCP

- **IOCP Server** 새 콘솔 프로젝트 생성

```
#include <map>
#include <vector>
#include <process.h>
#include <mutex>

enum class OverlappedType { Invalid = -1, Recv, Send, };
struct Overlapped
{
    WSAOVERLAPPED wsaOverlapped;
    WSABUF wsaBuf;
    OverlappedType type;
};
// WSAOVERLAPPED 객체의 포인터를 이용하여 ClientInfo 객체를 얻기 때문에,
// 반드시 WSAOVERLAPPED는 가장 첫 라인에 있어야 한다.
struct ClientInfo
{
    Overlapped overlapped;
    SOCKET socket;
    char buf[MAX_BUFFER_SIZE];
    int prevBytes;

    ClientInfo()
    {
        prevBytes = 0;
        overlapped.wsaBuf.buf = buf;
        overlapped.type = OverlappedType::Invalid;
    }
};
```

# IOCP

## ▶ `std::mutex`

- `#include <mutex>`에 포함
- `CreateMutex()`를 통해 얻은 Mutex와 달리 서로 다른 프로세스 간의 동기화에 사용할 수 없기 때문에 임계 영역(critical section)과 같다고 볼 수 있다

## ▶ `HANDLE CreateIoCompletionPort(HANDLE FileHandle, HANDLE ExistingCompletionPort, ULONG_PTR CompletionKey, DWORD NumberOfConcurrentThreads)`

- 지정된 파일 핸들에 연결하거나, 파일 핸들과 아직 연결되지 않은 IOCP를 만들어 나중에 연결
- `FileHandle` : 연결할 핸들, 새로 만들 경우 `INVALID_HANDLE_VALUE`
- `ExistingCompletionPort` : 기존 IOCP의 핸들, 새로 만들 경우 `NULL`
- `CompletionKey` : 연결할 핸들에 대한 사용자 정의 Key
- `NumberOfConcurrentThreads` : O/S에서 IOCP에 대한 I/O 완료 패킷을 동시에 처리할 수 있는 최대 스레드 수  
0이면 시스템에서 시스템에 프로세서가 있는 만큼 동시에 스레드를 실행

## ▶ `SOCKET WSASocket(int af, int type, int protocol, LPWSAProtocolInfo, GROUP g, DWORD dwFlags)`

- 세부 정보 : [링크](#)
- `IpProtocolInfo` : 만들 소켓의 특성을 정의하는 `WSAProtocolInfo` 구조체에 대한 포인터
- `g` : 새 소켓 그룹을 만들 때 수행할 소켓 그룹 ID
- `dwFlags` : 추가 소켓 특성을 지정하는 데 사용, 일반적으로 `WSA_FLAG_OVERLAPPED`를 사용

# IOCP

```
std::mutex g_acceptLock;
std::mutex g_lock;
HANDLE g_hIOCP;
SOCKET g_listenSocket;
std::map<ULONG_PTR, ClientInfo> g_sockInfoList; // 클라이언트의 SOCKET을 DWORD(ULONG_PTR)로 변경해 Key로 사용.
```

```
unsigned int WINAPI ThreadMain(LPVOID);
bool CreateWorkerThread();
bool Recv(ClientInfo* info);
void Send(ClientInfo* info);
void CloseSocket(SOCKET socket);
```

```
int main()
{
    // 윈속 초기화.
    ...

    // IOCP(Io Completion Port) 객체 생성.
    g_hIOCP = CreateIoCompletionPort(INVALID_HANDLE_VALUE, NULL, 0, 0);
    // socket() 소켓 생성.
    g_listenSocket = WSASocket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0, NULL, 0, WSA_FLAG_OVERLAPPED);
    if (INVALID_SOCKET == g_listen_socket) err_quit("socket");
    // bind() 소켓 설정.
    ...

    // listen() 수신 대기열 생성.
    ...

    // Worker Thread 생성.
    if (!CreateWorkerThread()) return -1;
```

# IOCP

```
// 데이터 통신에 사용할 변수.
SOCKADDR_IN clientaddr;
int addrlen = sizeof(SOCKADDR_IN);
ZeroMemory(&clientaddr, addrlen);
while (1)
{
    g_acceptLock.lock();
    // WSAAccept() : Winsock2에서 지원하는 accept()
    SOCKET clientSocket = WSAAccept(g_listenSocket, (SOCKADDR*)&clientAddr, &addrlen, NULL, NULL);
    g_acceptLock.unlock();
    if (INVALID_SOCKET == clientSocket) continue;

    printf("\n[IOCP 서버] 클라이언트 접속 : IP 주소=%s, 포트 번호=%d\n ", inet_ntoa(clientaddr.sin_addr), ntohs(clientaddr.sin_port));

    g_lock.lock();
    ClientInfo* info = &g_sockInfoList[(ULONG_PTR)clientSocket];
    info->socket = clientSocket;
    info->overlapped.type = OverlappedType::Recv;
    g_lock.unlock();
    // 클라이언트의 SOCKET을 IOCP의 HANDLE과 CompletionKey로 사용.
    if (g_hIOCP != CreateIoCompletionPort((HANDLE)info->socket, g_hIOCP, (ULONG_PTR)info->socket, 0)) break;
    if (!Recv(info)) break;
}
closesocket(g_listenSocket);
// 윈속 사용이 끝났다.
WSACleanup();
}
```



# IOCP

## ▶ VOID GetSystemInfo(LPSYSTEM\_INFO lpSystemInfo)

- #include <process.h>에 포함
- 현재 시스템에 대한 정보를 검색
- LPSYSTEM\_INFO : [링크](#)

## ▶ uintptr\_t \_\_cdecl \_beginthreadex(void\* \_Security, unsigned \_StackSize, \_beginthreadex\_proc\_type \_StartAddress, void\* \_ArgList, unsigned \_InitFlag, unsigned\* \_ThrdAddr)

- ◆ CreateThread()대신 \_beginthreadex()를 써야하는 경우
  - 부동 소수형 변수나 함수를 사용
  - C의 malloc과 free나 C++의 new와 delete를 사용
  - stdio.h 나 io.h에서 어떤 함수를 호출
  - strtok() 나 rand() 와 같이 정적 버퍼를 사용 하는 어떤 런타임 함수를 호출
- Security : SECURITY\_ATTRIBUTES 자식 프로세스에서 상속할 수 있는지 여부를 결정하는 구조체에 대한 포인터
- StackSize : 새로 생성할 스레드에 할당될 스택의 크기
- StartAddress : 함수 스레드의 시작 주소
- ArgList : 스레드 함수에 전달될 인자, 전달할 인자가 없다면 NULL
- InitFlag : 초기 상태를 제어하는 플래그, CREATE\_SUSPENDED(ResumeThread() 함수가 호출되기 전까지 실행되지 않음)
- ThrdAddr : 스레드 식별자를 수신하는 변수, NULL을 허용하지 않음

# IOCP

```
bool CreateWorkerThread()
{
    // 시스템 정보 가져온다.
    SYSTEM_INFO sysInfo;
    GetSystemInfo(&sysInfo);

    // CPU 갯수 확인.
    printf_s("[IOCP 서버] CPU : %d개\n", sysInfo.dwNumberOfProcessors);

    // 적절한 작업 스레드의 갯수 = (CPU * 2) + 1
    const int numThread = sysInfo.dwNumberOfProcessors * 2 + 1;
    unsigned int threadId;
    HANDLE hThread;
    for (int i = 0; numThread > i; i++)
    {
        hThread = (HANDLE)_beginthreadex(NULL, 0, &ThreadMain, NULL, CREATE_SUSPENDED, &threadId);
        if (!hThread) false;

        ResumeThread(hThread);
    }

    return true;
}
```

# IOCP

- ▶ `int WSARecv(SOCKET s, LPWSABUF lpBuffers, DWORD dwBufferCount, LPDWORD lpNumberOfBytesRecv, LPDWORD lpFlags, LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped, LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE lpCompletionRoutine)`
  - Winsock2에서 지원하는 `recv()`
  - overlapped I/O와 부분 데이터그램 수신(Partial Datagram Notification)등 몇 가지 기능이 추가
  - `s` : `recv`에 연결하는 소켓
  - `lpBuffers` : `WSABUF` 배열에 대한 포인터
  - `dwBufferCount` : `WSABUF` 배열의 길이
  - `lpNumberOfBytesRecv` : 수신이 바로 완료됐을 경우 받은 데이터 크기
  - `lpFlags` : 함수 호출 동작을 수정하는데 사용되는 플래그. 일반적으로 0을 사용
  - `lpOverlapped` : `WSAOVERLAPPED` 구조체에 대한 포인터
  - `lpCompletionRoutine` : 수신 작업이 완료될 때 호출되는 완료 루틴에 대한 포인터

# IOCP

```
bool Recv(ClientInfo* info)
{
    info->overlapped.wsaBuf.len = MAX_BUFFER_SIZE;
    ZeroMemory(info->buf, MAX_BUFFER_SIZE);
    ZeroMemory(&info->overlapped.wsaOverlapped, sizeof(info->overlapped.wsaOverlapped));

    DWORD flags = 0;
    DWORD recvBytes;
    int retval = WSAREcv(
        info->socket,
        &info->overlapped.wsaBuf,
        1,
        &recvBytes,
        &flags,
        &info->overlapped.wsaOverlapped,
        NULL);

    // WSA_IO_PENDING: 겹치는 작업이 성공적으로 시작되었으며 나중에 완료가 표시.
    if ((SOCKET_ERROR == retval) && (WSAGetLastError() != WSA_IO_PENDING))
    {
        err_display("WSARcev");
        info->overlapped.type = OverlappedType::Invalid;
        return false;
    }
    return true;
}
```

# IOCP

```
▶ int WSA_send( SOCKET s,  
               LPWSABUF lpBuffers,  
               DWORD dwBufferCount,  
               LPDWORD lpNumberOfBytesSent,  
               DWORD dwFlags,  
               LPWSAOVERLAPPED lpOverlapped,  
               LPWSAOVERLAPPED_COMPLETION_ROUTINE lpCompletionRoutine)
```

- Winsock2에서 지원하는 send()
- s : send에 연결하는 소켓
- lpBuffers : WSABUF 배열에 대한 포인터
- dwBufferCount : WSABUF 배열의 길이
- lpNumberOfBytesSent : 송신이 바로 완료됐을 경우 받은 데이터 크기
- lpFlags : 함수 호출 동작을 수정하는데 사용되는 플래그. 일반적으로 0을 사용
- lpOverlapped : WSAOVERLAPPED 구조체에 대한 포인터
- lpCompletionRoutine : 수신 작업이 완료될 때 호출되는 완료 루틴에 대한 포인터

# IOCP

```
void Send(ClientInfo* info)
{
    info->overlapped.type = OverlappedType::Send;
    DWORD sendBytes, flags = 0;
    int retval;
    for (auto& clientInfo : g_sockInfoList)
    {
        retval = WSASend(
            clientInfo.second.socket,
            &info->overlapped.wsaBuf,
            1,
            &sendBytes, flags,
            NULL, NULL);

        if ((SOCKET_ERROR == retval) && (WSAGetLastError() != WSA_IO_PENDING))
        {
            err_display("WSASend");
            clientInfo.second.overlapped.type = OverlappedType::Invalid;
        }
    }
    if (OverlappedType::Invalid != info->overlapped.type) info->overlapped.type = OverlappedType::Recv;
    Recv(info);
}

Void CloseSocket(SOCKET socket)
{
    g_sockInfoList.erase((ULONG_PTR)socket);
    closesocket(socket);
}
```

# IOCP

- ▶ **BOOL** GetQueuedCompletionStatus(**HANDLE** CompletionPort, **LPDWORD** lpNumberOfBytesTransferred, **PULONG\_PTR** lpCompletionKey, **LPOVERLAPPED\*** lpOverlapped, **DWORD** dwMilliseconds)
- CompletionPort : IOCP의 핸들
- lpNumberOfBytesTransferred : 완료된 I/O 작업에서 전송된 바이트 수
- lpCompletionKey : I/O 작업이 완료된 파일 핸들과 연결된 완료 키 값
- lpOverlapped : 완료된 I/O 작업이 시작될 때 지정한 **OVERLAPPED** 구조체의 주소를 수신하는 변수에 대한 포인터(WSARecv(), WSASend()에서 지정)
- dwMilliseconds :  
완료 패킷이 완료 포트에 나타날 때까지 호출자가 대기하려는 시간  
완료 패킷이 지정된 시간 내에 나타나지 않으면 **FALSE**를 반환하고 lpOverlapped는 **NULL**

# IOCP

```
unsigned int __stdcall ThreadMain(LPVOID)
{
    DWORD bytesTrans;
    SOCKET completionKey;
    ClientInfo* clientInfo;
    while (true)
    {
        bool result = GetQueuedCompletionStatus(
            g_hIOCP,
            &bytesTrans,
            (PULONG_PTR)&completionKey,
            (LPOVERLAPPED*)&clientInfo,
            INFINITE);
        int error = GetLastError();

        if ((!result && WAIT_TIMEOUT != error) ||
            (OverlappedType::Invalid == clientInfo->overlapped.type) ||
            0 == bytesTrans)
        {
            g_lock.lock();
            printf_s("[IOCP 서버] socket(%lu)클라이언트 접속 종료\n", completionKey);
            CloseSocket(completionKey);
            g_lock.unlock();
            continue;
        }
    }
}
```



# IOCP

```
if (OverlappedType::Recv == clientInfo->overlapped.type)
{
    g_lock.lock();
    clientInfo->overlapped.wsaBuf.len = bytesTrans;

    printf_s("[수신 socket:%lu] Msg : %s(%d byte)\n",
        clientInfo->socket,
        clientInfo->overlapped.wsaBuf.buf,
        clientInfo->overlapped.wsaBuf.len);

    // 받은 패킷 그대로 모든 클라이언트에게 보내기.
    Send(clientInfo);
    g_lock.unlock();
}
} // while()

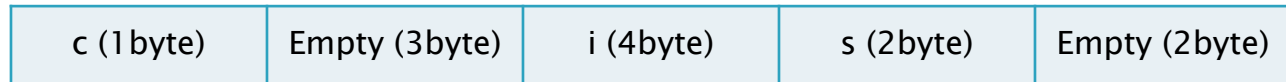
return 0;
} // ThreadMain()
```

# Packet 구조체

## ▶ 구조체 메모리 정렬

```
typedef struct
{
    char c; // 4byte
    int i; // 4byte
    short s; // 4byte
}TEST; // 12byte
```

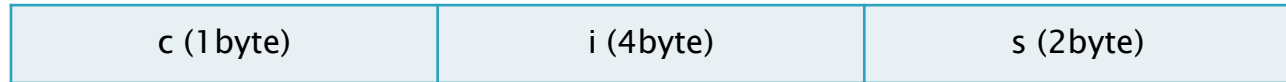
struct 메모리 구조



```
#pragma pack(1)
```

```
typedef struct
{
    char c; // 1byte
    int i; // 4byte
    short s; // 2byte
}TEST; // 7byte
#pragma pack()
```

struct 메모리 구조



## ▶ Packet으로 데이터 주고 받기

```
// 데이터 받기.
```

```
char buf[sizeof(Packet)];
ZeroMemory(buf, sizeof(buf));
recv(client_sock, buf, sizeof(buf), 0);
Packet* recv_packet = (Packet*)buf;
```

```
// 데이터 보내기.
```

```
Packet send_packet;
// TODO : 발송할 데이터를 패킷에 적용.
send(sock, (char*)&send_packet, sizeof(Packet), 0);
```

# 연습문제

WinAPI에서 만들었던  
보드 게임(**오목**, **체스**)을  
**소켓 네트워크 서버**를 만들어  
2인 플레이가 가능하게 만들어 봅시다

- ❖ 첫 번째 접속자가 *Player1*(**오목**:흑, **체스**:백)
- ❖ 두 번째 접속자가 *Player2*(**오목**:백, **체스**:흑)