모바일 컴퓨팅 HW5

2018037356 – 안동현

1. 다음은 짧은 TCP connection을 wireshark을 이용하여 capture한 trace 이다.

No.	Time	Source	Destination	Info
3382	6.104950	10.16.18.218	49.1.244.170	5182 > 80 [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
3418	6.112692	49.1.244.170	10.16.18.218	80 > 5182 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5840 Len=0 MSS=1380 SACK_PERM=1 WS=128
3419	6.112748	10.16.18.218	49.1.244.170	5182 > 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=16384 Len=0
3421	6.113435	10.16.18.218	49.1.244.170	GET /mad/KHAN/nr_slot_txt3.html HTTP/1.1
3463	6.121541	49.1.244.170	10.16.18.218	80 > 5182 [ACK] Seq=1 Ack=468 Win=6912 Len=0
3473	6.124986	49.1.244.170	10.16.18.218	[TCP Previous segment lost] 80 > 5182 [FIN, ACK] Seq=1496 Ack=468 Win=6912 Len=0
3474	6.125005	10.16.18.218	49.1.244.170	[TCP Dup ACK 3421#1] 5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1 Win=16384 Len=0
3475	6.125173	49.1.244.170	10.16.18.218	[TCP Out-Of-Order] [TCP segment of a reassembled PDU]
3476	6.125187	10.16.18.218	49.1.244.170	[TCP Dup ACK 3421#2] 5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1 Win=16384 Len=0 SLE=1381 SRE=1496
3477	6.125913	49.1.244.170	10.16.18.218	[TCP Fast Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
3478	6.125969	10.16.18.218	49.1.244.170	5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1497 Win=16384 Len=0
3483	6.126983	10.16.18.218	49.1.244.170	5182 > 80 [FIN, ACK] Seq=468 Ack=1497 Win=16384 Len=0
3507	6.132686	49.1.244.170	10.16.18.218	80 > 5182 [ACK] Seq=1497 Ack=469 Win=6912 Len=0

a. 3477 번 packet 의 경우 wireshark 에서 Fast Retransmission 이라 표현하였는데 그렇게 생각하는지 근거를 제시하여 설명하세요. 만일 Fast Retransmission 이 아니라 생각할 경우, 마찬가지로 근거를 제시하여 설명하세요. (6pts)

먼저 Fast Retransimission 이 아니라고 생각합니다.

위의 패킷은 포트 번호 5182, 80 간의 패킷들만이 보이는 것으로 미루어 보아 먼저 와이어 샤크 내에서 tcp.port == 80 필터링을 통해 확인한 패킷 중에서 특정한 웹사이트에 대한 연결 요청과 HTTP 요청을 나타내는 패킷들의 흐름임을 추정할 수 있습니다.

A = 10.16.18.218 (클라이언트), B = 49.1.244.170 (웹 서버)

라고 할 때 순차적으로

[SYN] -> [SYN, ACK] -> [ACK] 를 통해 3-Way Handshaking 이 문제 없이 진행되고 있는 것을 확인 할 수 있고 그 다음에는 A -> B 로 HTTP 웹페이지 요청에 대한 패킷을 날리는 것을 확인 할 수 있습니다. 아마 해당 HTTP 패킷에 대한 TCP 헤더에는 HTTP 로 바로 올리기 위해서

[PSH, ACK] 비트가 활성화되어있음을 추측할 수 있고 실제로 저의 와이어 샤크를 통해 확인해본 결과

31719	432.795026	192.168.45.252	211.115.106.205	HTTP	424 GET /jk?c=106&p=wGf6Tm_BtgE94+w0FKmjLM

Flags: 0x018 (PSH, ACK) 해당 옵션을 확인할 수 있었습니다. 여기에 B -> A 로 해당 패킷에 대한 ACK 까지 확인할 수 있었으며, 여기까지는 정상적입니다.

그러나 그 다음에 캡쳐된 패킷을 확인해보면

```
3473 6.124986  49.1.244.170  10.16.18.218  [TCP Previous segment lost] 80 > 5182 [FIN, ACK] Seq=1496 Ack=468 Win=6912 Len=0
3474 6.125005  10.16.18.218  49.1.244.170  [TCP Dup ACK 3421#1] 5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1 Win=16384 Len=0
3475 6.125173  49.1.244.170  10.16.18.218  [TCP Out-Of-Order] [TCP segment of a reassembled PDU]
3476 6.125187  10.16.18.218  49.1.244.170  [TCP Dup ACK 3421#2] 5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1 Win=16384 Len=0 SLE=1381 SRE=1496
3477 6.125913  49.1.244.170  10.16.18.218  [TCP Fast Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
3478 6.125969  10.16.18.218  49.1.244.170  5182 > 80 [ACK] Seq=468 Ack=1497 Win=16384 Len=0
3483 6.126983  10.16.18.218  49.1.244.170  5182 > 80 [FIN, ACK] Seq=468 Ack=1497 Win=16384 Len=0
3507 6.132686  49.1.244.170  10.16.18.218  80 > 5182 [ACK] Seq=1497 Ack=469 Win=6912 Len=0
```

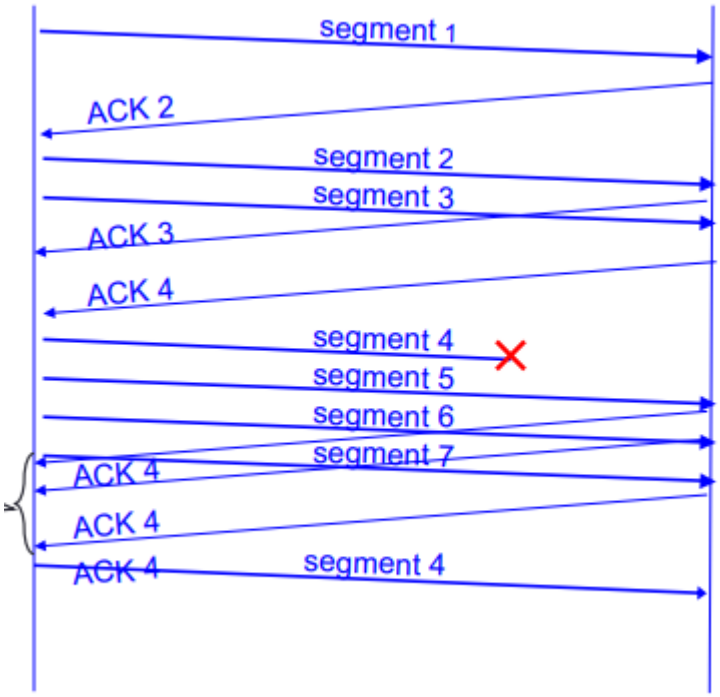
이렇게 여러 추가 옵션이 달리게 된 것을 확인 할 수 있습니다.

먼저 [TCP Previous segment lost] 입니다. 해당 옵션은 TCP 패킷 전송시 SEQ/ACK 번호를 부여하는데, 이 번호와 이전 패킷에서 쓰여 있던 번호를 토대로 와야하는데 오지 못한 패킷이 있는지를 확인해줍니다. 따라서 해당 옵션이 떴다는 것은 해당 패킷 이전에 와야할 패킷이 오지 못했다는 것을 의미하고 그것은

```
31721 432.798313  211.115.106.205  192.168.45.252  HTTP  238 HTTP/1.1 200 OK
```

해당 패킷과 같은 HTTP 요청에 대한 확인 패킷이라고 볼 수 있습니다. 따라서 해당 패킷은 어떠한 이유로 인해서 [TCP Previous segment lost] 옵션의 패킷보다 앞서 도착하지 못했다고 추측할 수 있고, 그것이 패킷 드랍을 의미하는지 아니면 단순히 늦게 도착하는지는 아직 모르는 상태입니다.

이제 이로 인해서 [TCP Dup ACK] 옵션이 붙은 ACK 가 날아오기 시작하는 것을 확인할 수 있습니다.

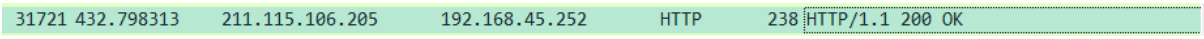


강의자료의 일부를 보면 손실된 패킷 4 에 대해서 계속 ACK 를 쳐주는 것을 볼 수 있습니다.

하지만 위의 그림은 실제로 패킷이 손실되었을 때 + 중복 ACK 가 연속 3 번 도착해 실제로 송신자 쪽이 패킷이 손실되었음을 확정한 경우로 fast retransmission 을 수행한 경우입니다.

저희의 문제의 경우를 보았을 때 바로 다음 패킷은 [TCP Out-Of-Order] 옵션을 가진 패킷이 웹서버로부터 오는 것을 확인할 수 있는데, 이는 뒤바뀐 순서로 늦게 도착한 패킷을 의미하고

이게 바로 이전에 언급한



이 부분에 대한 패킷이라고 추측할 수 있습니다. 즉 해당 패킷은 드랍되지 않았고 단순히 모종의 이유로 늦게 도착한 것임을 추측할 수 있고,

따라서 [TCP Dup ACK] 옵션이 붙은 패킷은 3 개가 아닌 2 개만 캡쳐되었다고 볼 수 있습니다.

이 부분이 중요한 점으로 fast retransmission 은 결국 송신자가 [TCP Dup ACK] 옵션을 3 개를 받아서 해당 패킷이 손실되었다고 판단했을 때 보내는 패킷이므로, 위의 경우

fast retransmission 이 아니었고 매우 빠른 패킷들을 캡쳐하는 와이어 샤크의 오류라고 판단할 수 있을 것 같습니다.

b. 10.16.18.218 목적지에 도착한 패킷들 중 순서대로 도착하지 않은 첫번째 패킷의 사이즈는 얼마인가? (6pts)

먼저 캡쳐한 순간의 패킷을 기준으로 하는 것이 아니라 해당 TCP 에 맞는 사이즈를 기준으로 한다면, 이더넷 헤더와 IP 헤더를 제거하고 생각하는 것이 맞습니다.

따라서 [TCP Previous segment lost] 옵션이 붙은 패킷이 처음으로 순서에 맞지 않게 도착한 패킷이라고 할 수 있으므로, 해당 패킷의 사이즈를 생각해 본다면

Info 부분을 보았을 때 해당 패킷은 ACK 와 함께 더 이상 보낼 데이터가 없다는 의미로 FIN 플래그를 키고 있어서 데이터 영역은 0 이라고 생각됩니다. 따라서 헤더의 길이만 생각해주면 되고, 첫 패킷과는 다르게 MSS, WS, SACK 에 대한 옵션이 없는 걸 볼 수 있으므로 옵션을 제외한 TCP 의 헤더 길이인 20byte 라고 추측할 수 있습니다.

c. 위의 trace 에는 몇개의 data segment 가 있나요? (7pts)

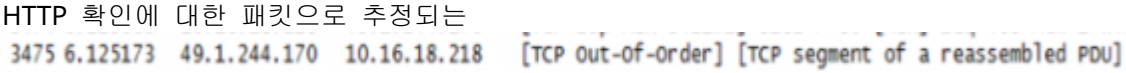
패킷의 길이를 추측하고 data 영역에 data 가 존재할지 생각해본다면, 먼저 3-Way Handshaking 의 경우 SEQ 이 각각 1 씩 증가하는 것들로 보아 모두 데이터가 존재하지 않는다고 볼 수 있습니다.

하지만 이후

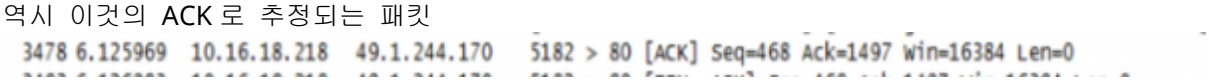
해당 HTTP 요청 이후 ACK 가 468 인걸 미루어 보아 해당 패킷에는 data segment 가 존재함을 추측할 수 있습니다.

또한

HTTP 확인에 대한 패킷으로 추정되는



역시 이것의 ACK 로 추정되는 패킷



로 인해서 data segment 가 있다고 추측되고

HTTP 확인에 대한 패킷의 재전송으로 추측되는

```
3477 6.125913   49.1.244.170   10.16.18.218    [TCP Fast Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
```

역시 똑같이 data segment 를 가질것이라고 추측됩니다.

따라서 총 3 개입니다.

d. 3478 번 ack 패킷은 몇번 패킷까지를 ack 처리했나요? (7pts)

중요한 점은

3478번 패킷은 과연

```
3475 6.125173   49.1.244.170   10.16.18.218    [TCP Out-Of-Order] [TCP segment of a reassembled PDU]
```

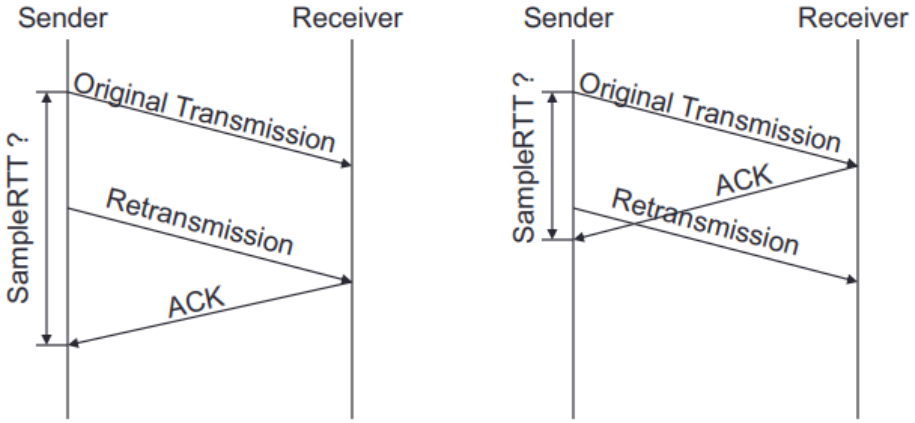
이것에 대한 ACK인가 아니면

```
3477 6.125913   49.1.244.170   10.16.18.218    [TCP Fast Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
```

이것에 대한 ACK인가 입니다. 강의 자료를 인용해 보았을 때

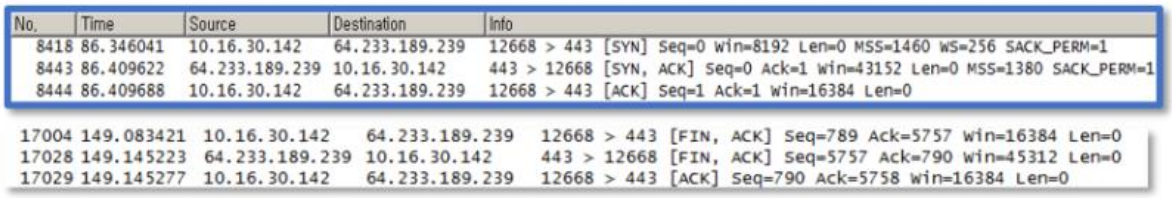
Problem: Ambiguous Measurement

- How to differentiate between the real ACK, and ACK of the retransmitted packet?



이처럼 애매한 상황일 때 RTT의 샘플은 오리지널에 대해서 한다고 했습니다. 따라서 위의 경우도 그런 이유로 지연된 오리지널 패킷의 ACK라고 판단할 수 있다고 생각하고 3478 이전에 3474, 3476패킷이 중복 ACK를 내놓는 걸로 보아 사실상 3475번 뿐만 아니라, 순서상 나중에 왔어야 할 3473번 역시 ACK를 쳐준다고 볼 수 있습니다.

2. 다음의 TCP trace를 보고 문제에 답하세요.



No.	Time	Source	Destination	Info
8418	86.346041	10.16.30.142	64.233.189.239	12668 > 443 [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
8443	86.409622	64.233.189.239	10.16.30.142	443 > 12668 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=43152 Len=0 MSS=1380 SACK_PERM=1
8444	86.409688	10.16.30.142	64.233.189.239	12668 > 443 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=16384 Len=0
17004	149.083421	10.16.30.142	64.233.189.239	12668 > 443 [FIN, ACK] Seq=789 Ack=5757 Win=16384 Len=0
17028	149.145223	64.233.189.239	10.16.30.142	443 > 12668 [FIN, ACK] Seq=5757 Ack=790 Win=45312 Len=0
17029	149.145277	10.16.30.142	64.233.189.239	12668 > 443 [ACK] Seq=790 Ack=5758 Win=16384 Len=0

a. 데이터 교환을 위해 사용한 MSS 는 얼마인가? (2pts)

더 작은 값이 협상되니 1380byte 라고 할 수 있습니다.

b. 10.16.30.142 로부터 64.233.189.239 로 보내진 데이터는 총 몇 byte 인가? (6pts)

패킷들을 보아하니, 핸드 쉐이킹과, 터미네이션 과정에서 SYN, ACK 등이 1 씩 증가하는 것을 제외하면 데이터의 이동은 10.16.30.142 -> 64.233.189.239 의 ACK 가 갑자기 증가한 부분인 5757 을 보고 추측할 수 있습니다. 따라서 5757 – (핸드 쉐이킹 과정의 1) = 5756byte 입니다.

b. 64.233.189.239 로부터 10.16.30.142 로 보내진 데이터는 총 몇 byte 인가? (6pts)

위와는 반대의 이유로 64.233.189.239 -> 10.16.30.142 의 ACK가 갑자기 증가한 부분인 789을 보고 추측하면 789 – (핸드 쉐이킹 과정의 1) = 788byte입니다.

3. Generate and capture both TCP 3 way hand-shake packets (SYN, SYN-ACK, and ACK) and tear-down packets (FIN, FIN-ACK, and ACK). You can use any applications for that. Upload pcap files and explain how you obtain them. (5pts)

(in Korean: TCP 연결을 만드는 packet 과 연결을 종료하는 packet 을 스스로 만든 뒤 wireshark 을 활용하여 capture 하세요. 그 과정을 설명하고 pcap file 을 업로드하세요.)

먼저 간단히 설명 드리자면, TCP 연결을 통해 클라이언트와 서버간의 연결을 맺고 서버에서 hello world 라는 문자열을 받아와서 출력한 후 연결을 해제하는 프로그램입니다.

클라이언트는 21 행에서 먼저 소켓 라이브러리를 초기화 해주고

24 ~ 33 행에서 소켓을 생성하고, 그것을 바탕으로 서버에 연결 요청을 합니다.

36 행은 recv 함수를 호출함으로 서버로부터 전송되는 데이터를 수신해주고

마지막으로 42 행에서 소켓 라이브러리를 해제해줍니다.

서버는 21 행에서 소켓 라이브러리를 초기화 해주고,

24 ~ 33 행에서 소켓을 생성하고 해당 소켓에 IP 주소와 PORT 번호를 할당해줍니다.

이후 36 행에서 listen 함수를 호출하여 소켓을 서버 소켓으로 완성시켜줍니다.

40 행에서는 클라이언트의 연결 요청을 수락하기 위해 accept 함수를 호출해주며, 44 행에서는 send 함수를 통해서 클라이언트에게 데이터를 전송해줍니다. 마지막으로 47 행에서 소켓 라이브러리를 해제해줍니다.

클라이언트

hello_client_win.c

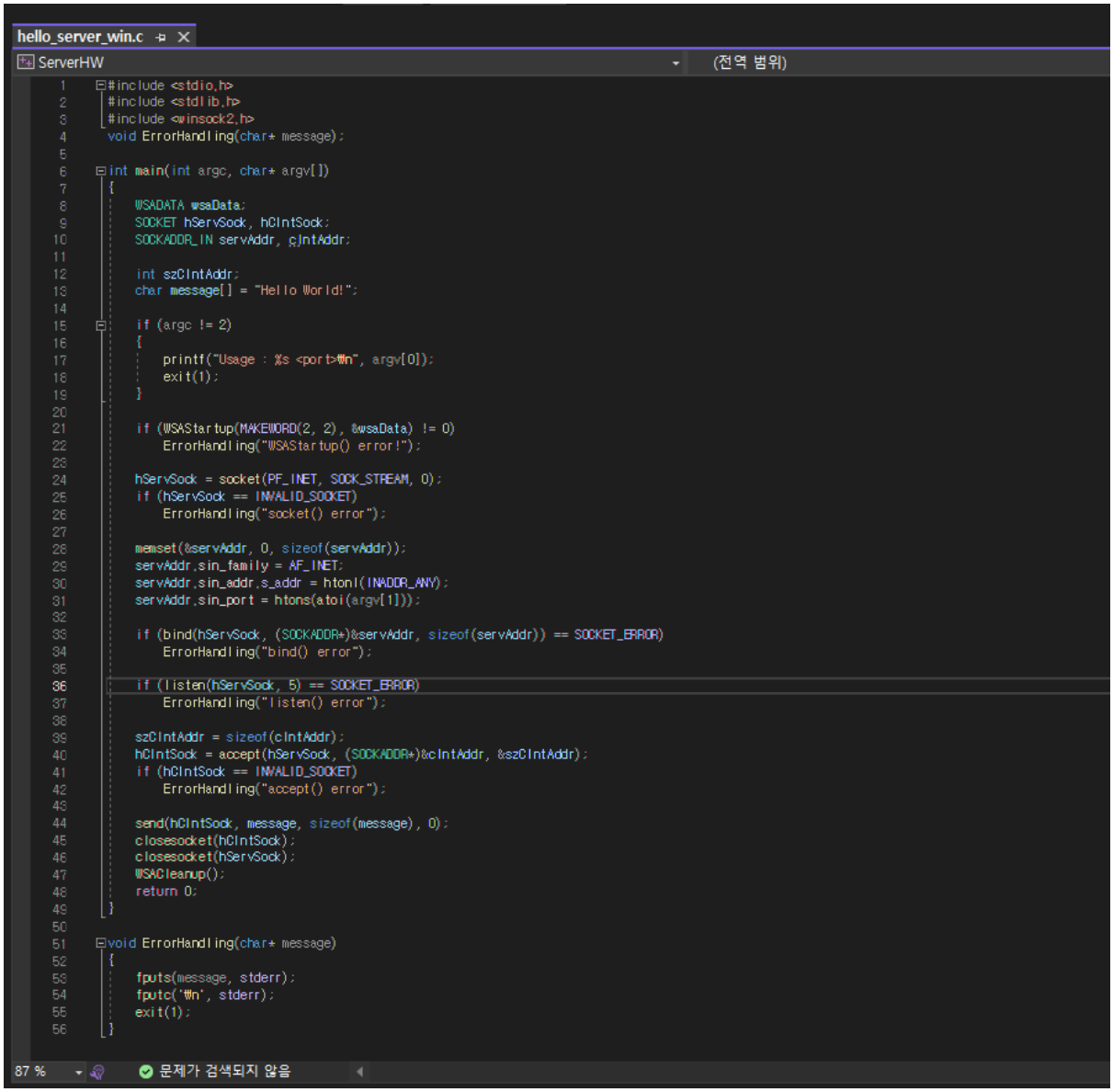
ClientHW (전역 범위)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <winsock2.h>
void ErrorHandling(char* message);

int main(int argc, char* argv[])
{
    WSADATA wsaData;
    SOCKET hSocket;
    SOCKADDR_IN servAddr;

    char message[30];
    int strLen;

    if (argc != 3)
    {
        printf("Usage : %s <IP> <port>\n", argv[0]);
        exit(1);
    }

    if (WSAStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsaData) != 0)
        ErrorHandling("WSAStartup() error!");

    hSocket = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (hSocket == INVALID_SOCKET)
        ErrorHandling("socket() error");

    memset(&servAddr, 0, sizeof(servAddr));
    servAddr.sin_family = AF_INET;
    servAddr.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]);
    servAddr.sin_port = htons(atoi(argv[2]));

    if (connect(hSocket, (SOCKADDR*)&servAddr, sizeof(servAddr)) == SOCKET_ERROR)
        ErrorHandling("connect() error!");

    strLen = recv(hSocket, message, sizeof(message) - 1, 0);
    if (strLen == -1)
        ErrorHandling("read() error!");
    printf("Message from server: %s \n", message);

    closesocket(hSocket);
    WSACleanup();
    return 0;
}

void ErrorHandling(char* message)
{
    fputs(message, stderr);
    fputc('\n', stderr);
    exit(1);
}
```

96 % 문제가 검색되지 않음

오류 목록

서버



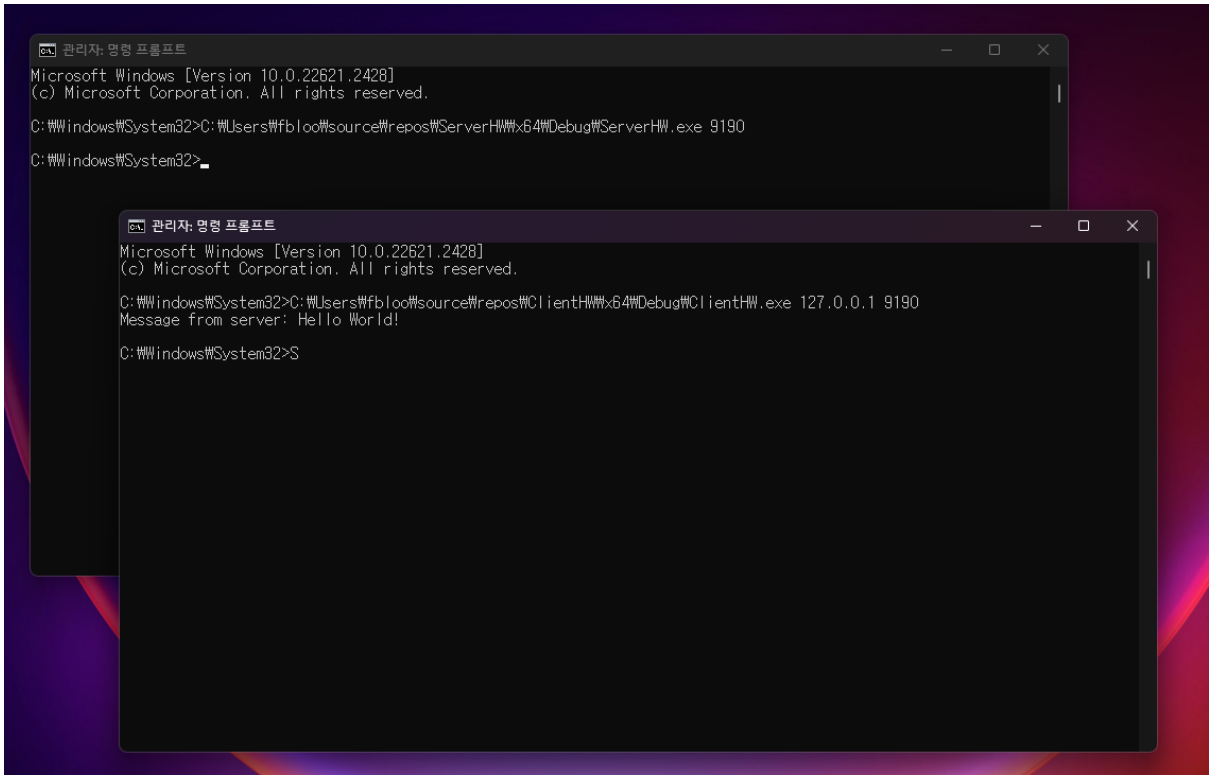
hello_server_win.c

ServerHW (전역 범위)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <winsock2.h>
void ErrorHandling(char* message);

int main(int argc, char* argv[])
{
    WSADATA wsaData;
    SOCKET hServSock, hClntSock;
    SOCKADDR_IN servAddr, clntAddr;

    int szClntAddr;
    char message[] = "Hello World!";

    if (argc != 2)
    {
        printf("Usage : %s <port>\n", argv[0]);
        exit(1);
    }

    if (WSAStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsaData) != 0)
        ErrorHandling("WSAStartup() error!");

    hServSock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (hServSock == INVALID_SOCKET)
        ErrorHandling("socket() error");

    memset(&servAddr, 0, sizeof(servAddr));
    servAddr.sin_family = AF_INET;
    servAddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    servAddr.sin_port = htons(atoi(argv[1]));

    if (bind(hServSock, (SOCKADDR*)&servAddr, sizeof(servAddr)) == SOCKET_ERROR)
        ErrorHandling("bind() error");

    if (listen(hServSock, 5) == SOCKET_ERROR)
        ErrorHandling("listen() error");

    szClntAddr = sizeof(clntAddr);
    hClntSock = accept(hServSock, (SOCKADDR*)&clntAddr, &szClntAddr);
    if (hClntSock == INVALID_SOCKET)
        ErrorHandling("accept() error");

    send(hClntSock, message, sizeof(message), 0);
    closesocket(hClntSock);
    closesocket(hServSock);
    WSACleanup();
    return 0;
}

void ErrorHandling(char* message)
{
    fputs(message, stderr);
    fputc('\n', stderr);
    exit(1);
}
```

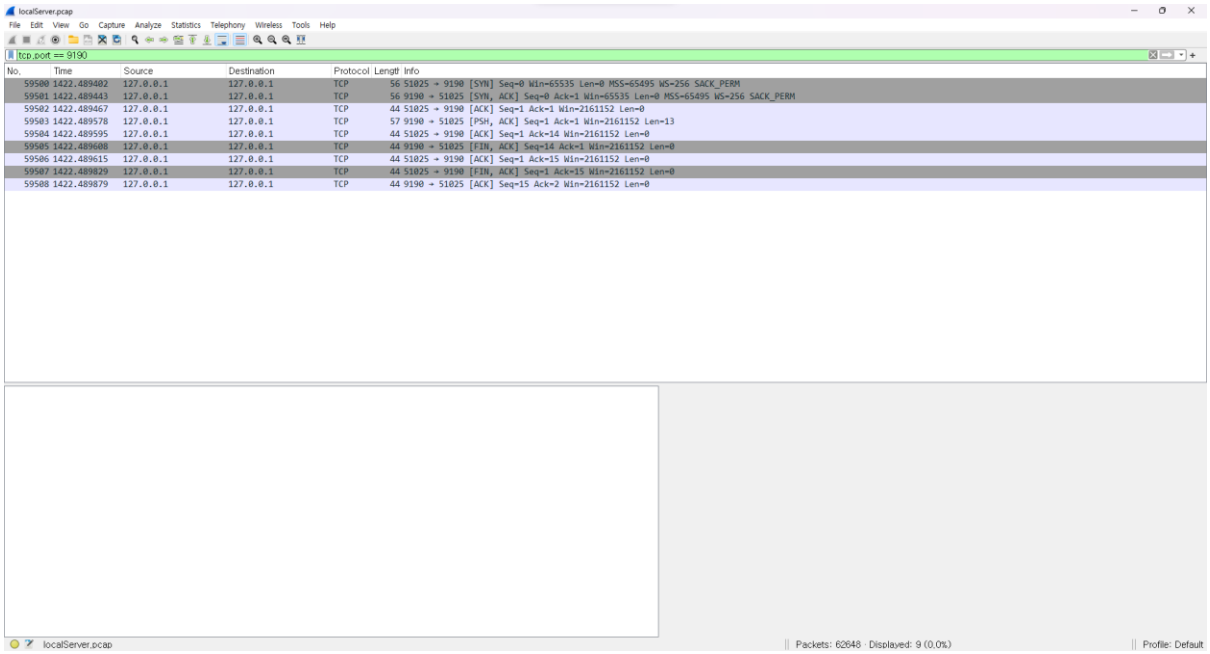
87 % 문제가 검색되지 않음

서버 작동



이런식으로 서버를 먼저 작동시켜서 임의의 PORT 번호를 통해 서버를 열어주고, 클라이언트를 작동시켜서 루프백 IP와 할당한 PORT 번호를 통해 저 자신이 다시 받을 수 있도록 합니다.

패킷 캡쳐



그렇게 진행해서 와이어 샤크의 loopback 인터페이스를 살펴보면 이렇게 정상적으로 해당 포트에 대한 3 way hand-shake 와 데이터 전송, 그리고 tear-down 을 확인하는 것이 가능합니다.

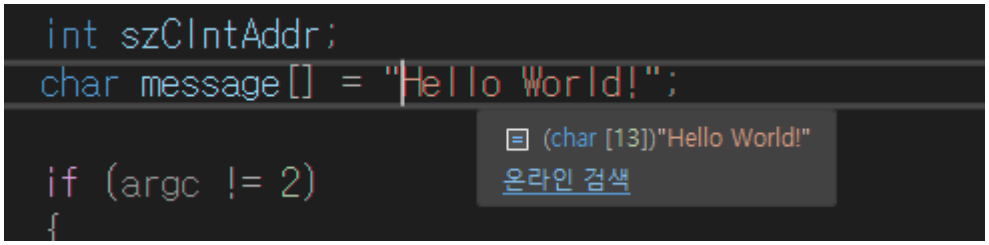
해당 데이터를 자세히 살펴보면

```
56 51025 → 9190 [SYN] Seq=0 Win=65535 Len=0 MSS=65495
56 9190 → 51025 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=65535 Len=
44 51025 → 9190 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=2161152 Len=0
```

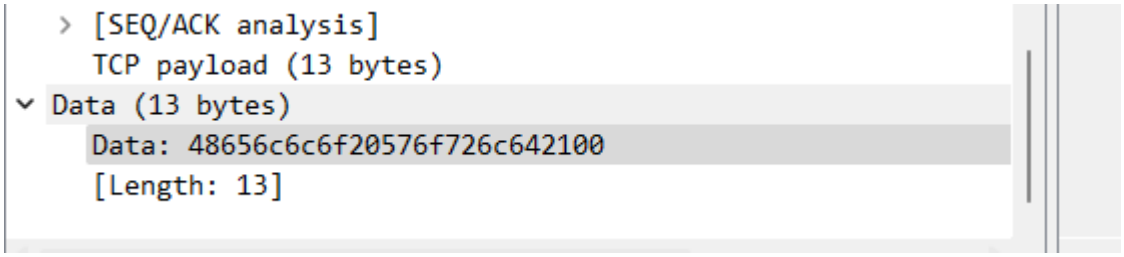
첫 3 way hand-shake에서 SEQ와 ACK를 정상적으로 확인할 수 있고, 바로 종료하지 않고 데이터를 주고받은 것 만큼

```
57 9190 → 51025 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Wi
44 51025 → 9190 [ACK] Seq=1 Ack=14 Win=21
```

이부분을 통해 ACK가 갑자기 14로 뛴 만큼 13바이트의 데이터를 주고받았음을 확인할 수 있습니다.

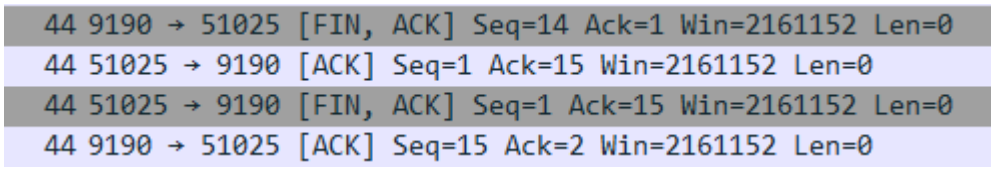


실제로 전송한 13바이트의 문자열로 인해 정상적으로 작동함을 확인할 수 있고



와이어 샤크에서 데이터 영역에 13바이트를 확인할 수 있었습니다.

또한



해당 부분을 통해서도 종료 역시 잘 됨을 확인할 수 있었습니다.

느낀점

개인적으로는 이번 과제가 지금까지 중 가장 어렵다고 느꼈습니다. ARP, IP, ICMP 등은 그 관계가 꽤나 명확함을 볼 수 있지만, TCP의 경우 양방향으로 계속해서 패킷 주고받는데, 그 과정에서 각각의 패킷들이 언제 도착할지 보장하지 못한다는 점이 해석하는데 애를 먹었습니다. 최대한 논리적으로 생각하려고 노력한 결과, 어느정도 이야기를 만들어낼 수 있었지만 아직도 많이 헷갈리는 것 같아서 강의 자료에 있던 그림들처럼 하나하나 순서를 그려가며 패킷을 추적해보는 것이 많은 도움이 될 것이라고 생각했고, 개인적으로 궁금했던 점은 그냥 tcp.port == 80 을 통해서 패킷들을 관찰해보고 있었는데, 서버 -> 클라 쪽으로 가는 데이터에는 항상 이더넷 프레임에 6바이트의 패딩이 붙는다는 점이였습니다. arp가 아니라서 패딩이 붙지 않을줄 알았는데, 패딩이 붙어서 이 부분에 대해 고민을 해본 결과 아직도 이유를 모르겠어서 이 부분에 대해서 면밀한 조사가 필요하겠다고 생각했습니다.