浙江大学

本科实验报告

课程名称：　计算机网络基础

实验名称：　基于 Socket 接口实现自定义协议通信

姓　　名：　何煦明

学　　院：　计算机学院

系：

专　　业：　计算机科学与技术

学　　号：　3210101822

指导教师：　陆系群

2023 年 12 月 16 日

浙江大学实验报告

实验名称：基于 Socket 接口实现自定义协议通信　实验类型：编程实验

同组学生：宋开石　实验地点：计算机网络实验室

一、 实验目的

- 学习如何设计网络应用协议
- 掌握 Socket 编程接口编写基本的网络应用软件

二、 实验内容

根据自定义的协议规范，使用 Socket 编程接口编写基本的网络应用软件。

- 掌握 C 语言形式的 Socket 编程接口用法，能够正确发送和接收网络数据包
- 开发一个客户端，实现人机交互界面和与服务器的通信
- 开发一个服务端，实现并发处理多个客户端的请求
- 程序界面不做要求，使用命令行或最简单的窗体即可
- 功能要求如下：
  1. 运输层协议采用 TCP
  2. 客户端采用交互菜单形式，用户可以选择以下功能：
     a) 连接：请求连接到指定地址和端口的服务端
     b) 断开连接：断开与服务端的连接
     c) 获取时间: 请求服务端给出当前时间
     d) 获取名字：请求服务端给出其机器的名称
     e) 活动连接列表：请求服务端给出当前连接的所有客户端信息（编号、IP 地址、端口等）
     f) 发消息：请求服务端把消息转发给对应编号的客户端，该客户端收到后显示在屏幕上
     g) 退出：断开连接并退出客户端程序
  3. 服务端接收到客户端请求后，根据客户端传过来的指令完成特定任务：
     a) 向客户端传送服务端所在机器的当前时间
     b) 向客户端传送服务端所在机器的名称
     c) 向客户端传送当前连接的所有客户端信息
     d) 将某客户端发送过来的内容转发给指定编号的其他客户端
     e) 采用异步多线程编程模式，正确处理多个客户端同时连接，同时发送消息的情况
- 根据上述功能要求，设计一个客户端和服务端之间的应用通信协议
- **本实验涉及到网络数据包发送部分不能使用任何的 Socket 封装类，只能使用最底层的 C 语言形式的 Socket API**
- 本实验可组成小组，服务端和客户端可由不同人来完成

三、 主要仪器设备

- 联网的 PC 机、Wireshark 软件
- Visual C++、gcc 等 C++集成开发环境。

四、 操作方法与实验步骤

- 设计请求、指示（服务器主动发给客户端的）、响应数据包的格式，至少要考虑如下问题：
  a) 定义两个数据包的边界如何识别
  b) 定义数据包的请求、指示、响应类型字段
  c) 定义数据包的长度字段或者结尾标记
  d) 定义数据包内数据字段的格式（特别是考虑客户端列表数据如何表达）
- 小组分工：1 人负责编写服务端，1 人负责编写客户端
- 客户端编写步骤（**需要采用多线程模式**）
  a) 运行初始化，调用 socket()，向操作系统申请 socket 句柄
  b) 编写一个菜单功能，列出 7 个选项
  c) 等待用户选择
  d) 根据用户选择，做出相应的动作（未连接时，只能选连接功能和退出功能）
    1. 选择连接功能：请用户输入服务器 IP 和端口，然后调用 connect()，等待返回结果并打印。连接成功后设置连接状态为已连接。**然后创建一个接收数据的子线程，循环调用 receive()，如果收到了一个完整的响应数据包，就通过线程间通信（如消息队列）发送给主线程，然后继续调用 receive()，直至收到主线程通知退出。**
    2. 选择断开功能：调用 close()，并设置连接状态为未连接。通知并等待子线程关闭。
    3. 选择获取时间功能：组装请求数据包，类型设置为时间请求，然后调用 send()将数据发送给服务器，**接着等待接收数据的子线程返回结果**，并根据响应数据包的内容，打印时间信息。
    4. 选择获取名字功能：组装请求数据包，类型设置为名字请求，然后调用 send()将数据发送给服务器，接着等待接收数据的子线程返回结果，并根据响应数据包的内容，打印名字信息。
    5. 选择获取客户端列表功能：组装请求数据包，类型设置为列表请求，然后调用 send()将数据发送给服务器，接着等待接收数据的子线程返回结果，并根据响应数据包的内容，打印客户端列表信息（编号、IP 地址、端口等）。
    6. 选择发送消息功能（选择前需要先获得客户端列表）：请用户输入客户端的列表编号和要发送的内容，然后组装请求数据包，类型设置为消息请求，然后调用 send()将数据发送给服务器，接着等待接收数据的子线程返回结果，并根据响应数据包的内容，打印消息发送结果（是否成功送达另一个客户端）。
    7. 选择退出功能：判断连接状态是否为已连接，是则先调用断开功能，然后再退出程序。否则，直接退出程序。
    8. 主线程除了在等待用户的输入外，还在处理子线程的消息队列，如果有消息到达，则进行处理，如果是响应消息，则打印响应消息的数据内容（比如时间、名字、客户端列表等）；如果是指示消息，则打印指示消息的内容（比如服务器转发的别的客户端的消息内容、发送者编号、IP 地址、端口等）。
- 服务端编写步骤（**需要采用多线程模式**）
  a) 运行初始化，调用 socket()，向操作系统申请 socket 句柄
  b) 调用 bind()，绑定监听端口（**请使用学号的后 4 位作为服务器的监听端口**），接着调用 listen()，设置连接等待队列长度
  c) 主线程循环调用 accept()，直到返回一个有效的 socket 句柄，在客户端列表中增加一个新客户端的项目，并记录下该客户端句柄和连接状态、端口。然后创建一个子线程后继续调用 accept()。该子线程的主要步骤是（**刚获得的句柄要传递给子线程，子线程内部要使用该句柄发送和接收数据**）：

- ✧ 调用 send()，发送一个 hello 消息给客户端（可选）
- ✧ 循环调用 receive()，如果收到了一个完整的请求数据包，根据请求类型做相应的动作：
  1. 请求类型为获取时间：调用 time()获取本地时间，然后将时间数据组装进响应数据包，调用 send()发给客户端
  2. 请求类型为获取名字：将服务器的名字组装进响应数据包，调用 send()发给客户端
  3. 请求类型为获取客户端列表：读取客户端列表数据，将编号、IP 地址、端口等数据组装进响应数据包，调用 send()发给客户端
  4. 请求类型为发送消息：根据编号读取客户端列表数据，如果编号不存在，将错误代码和出错描述信息组装进响应数据包，调用 send()发回源客户端；如果编号存在并且状态是已连接，则将要转发的消息组装进指示数据包。调用 send()发给接收客户端（使用接收客户端的 socket 句柄），发送成功后组装转发成功的响应数据包，调用 send()发回源客户端。

d) 主线程还负责检测退出指令（如用户按退出键或者收到退出信号），检测到后即通知并等待各子线程退出。最后关闭 Socket，主程序退出。

- 编程结束后，双方程序运行，检查是否实现功能要求，如果有问题，查找原因，并修改，直至满足功能要求
- 使用多个客户端同时连接服务端，检查并发性
- 使用 Wireshark 抓取每个功能的交互数据包

五、 实验数据记录和处理

请将以下内容和本实验报告一起打包成一个压缩文件上传：

- **源代码：客户端和服务端的代码分别在一个目录**
- **可执行文件：可运行的.exe 文件或 Linux 可执行文件，客户端和服务端各一个**

- 描述请求数据包的格式（画图说明），请求类型的定义

请求数据包的格式如下：

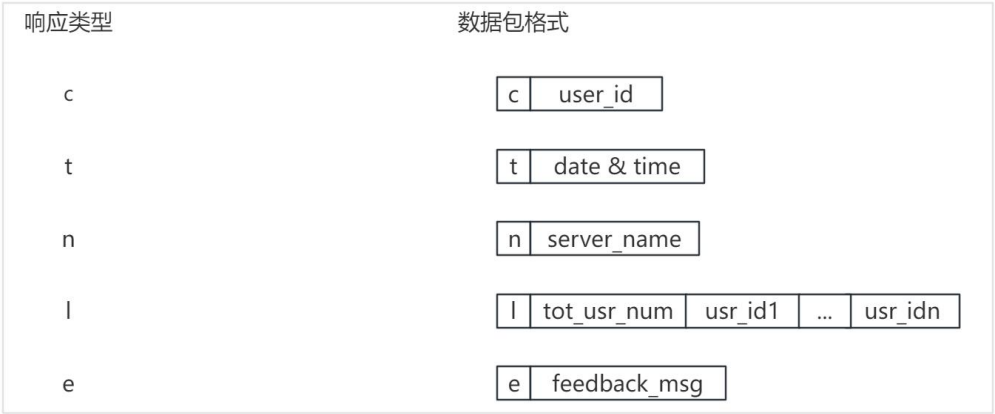
其中，receiver_id 表示接收方 id，&表示分隔符，message 表示发送的消息

请求数据包的定义如下：

请求类型	定义
c	请求服务器返回本客户端的 ID
t	请求服务器返回本地时间
n	请求服务器返回服务端的机器名
l	请求服务器返回当前连接的所有客户端 ID
s	向连接在同一服务器上的另一个用户发送指定信息

- 描述响应数据包的格式（画图说明），响应类型的定义

响应数据包的格式如下：



其中，user_id 表示该客户端的 id，date&time 表示服务端本地时间，server_name 表示服务端机器名，tot_usr_num 表示连接用户总数，usr_id1 表示第一个用户 id，usr_idn 表示第 n 个用户 id，feedback_msg 表示发送失败或者成功

响应数据包的定义如下：

响应类型	定义
c	服务器当前客户端 ID
t	服务器返回本地时间
n	服务器返回服务端的机器名
l	服务器返回当前连接的所有客户端 ID
e	服务器返回当前信息是否发送成功

- 描述指示数据包的格式（画图说明），指示类型的定义

指示数据包的格式如下：

响应类型	数据包格式
s	s | sender_id | message

其中 `sender_id` 表示发送方 `id`，`message` 表示信息

指示类型的定义如下：

指示类型	定义
s	服务器向目标客户端转发的信息

- 客户端初始运行后显示的菜单选项

```
[System]Please enter your user name:abc
[System]Hello, abc!
[System]Supported functions are as follows:
        +---------------------+--------------------------------+
        |       Command       |            Function            |
        +---------------------+--------------------------------+
        |          -c         | Connect to the chosen server.  |
        |          -e         | Exit.                          |
        |          -h         | Get help.                      |
        +---------------------+--------------------------------+
[abc]
```

这里系统首先要求用户输入用户名，之后会弹出未连接状态下的可用命令列表。

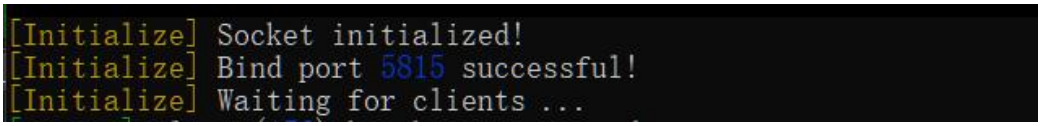
- 客户端的主线程循环关键代码截图（描述总体，省略细节部分）

```
void Handle()
{
    char str[100];
    while(1){
        scanf("%s", str);
        if(str[0]!='-'){
            PrintSystemPrefix();
            printf("Not a command.\n");
        }
        else{
            char command=str[1];
            switch(command){
                case 'c':
                    connect_status=Connect();
                    break;
                case 'd':
                    Disconnect();
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                case 't':
                    GetTime();
                    break;
                case 'n':
                    GetName();
                    break;
                case 'l':
                    UserList();
                    break;
                case 's':
                    Send();
                    break;
                case 'e':
                    Exit();
                case 'h':
                    PrintMenu();
                    break;
                default:
                    PrintSystemPrefix();
                    printf("Not a command.\n");
                    PrintUserPrefix();
                    break;
            }
        }
    }
}
```

- 客户端的接收数据子线程循环关键代码截图（描述总体，省略细节部分）

```
DWORD WINAPI RecvHandleThread(LPVOID lpParameter)
{
    SOCKET* clntSock=(SOCKET*)lpParameter;
    char RecvBuff[MAXBUFFSIZE];
    while(1){
        int n=0;
        n=recv(* clntSock, RecvBuff, sizeof(RecvBuff), 0);
        if(n>0){
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);   //黄色
            char command=RecvBuff[0];
            switch(command){
                case 'e':
                    //服务器对转发包的反馈
                    printf("\n");
                    PrintServerPrefix();
                    printf("%s\n", (char*)(RecvBuff+1));
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                case 't':
                    PrintServerPrefix();
                    printf("No.%d Current time: %s", cnt, (char*)(RecvBuff+1));
                    cnt++;
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                case 'n':
                    PrintServerPrefix();
                    printf("Server's PC name: %s.\n", (char*)(RecvBuff+1));
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                case 'l':{
                    PrintServerPrefix();
                    int numClients=RecvBuff[1];
                    printf("Number of clients coonnected to the server: %d\n", numClients);
                    printf("        +----------------------+\n");
                    printf("        |     User Id List     |\n");
                    printf("        +----------------------+\n");
                    int offset=2;
                    for(int i=0; i<numClients; i++){
                        char usr_id[4];
                        memcpy(usr_id, RecvBuff+offset, 3);
                        usr_id[3]='\0';
                        printf("        |         %d          |\n", atoi(usr_id));
                        offset+=3;
                    }
                    printf("        +----------------------+\n");
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                }
                case 's':{
                    Sleep(20);
                    printf("\n");
                    PrintServerPrefix();
                    char src_id[4];
                    memcpy(src_id, RecvBuff+1, 3);
                    printf("Message from [%s]: %s\n", src_id, (char*)(RecvBuff+4));
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                }
                case 'c':{
                    printf("\n");
                    PrintServerPrefix();
                    char id[10];
                    strcpy(id, RecvBuff+1);
                    printf("User ID: %s.\n", id);
                    user_id=stoi(id);
                    PrintUserPrefix();
                    break;
                }
                default:
                    break;
            }
        }
    }
}
```

- 服务器初始运行后显示的界面



- 服务器的主线程循环关键代码截图（描述总体，省略细节部分）

```
int main() {
    hConsole = GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE); // 用于更改控制台输出颜色
    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
    WSAData wsd;
    WSAStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsd);
    SOCKET ListenSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    PrintInitialPrefix();
    cout << "Socket initialized!" << endl;
    SOCKADDR_IN ListenAddr;
    ListenAddr.sin_family = AF_INET;
    ListenAddr.sin_addr.S_un.S_addr = INADDR_ANY; // 表示填入本机ip
    ListenAddr.sin_port = htons(PORT);
    int n;
    n = bind(ListenSocket, (LPSOCKADDR)&ListenAddr, sizeof(ListenAddr));
    if (n == SOCKET_ERROR) {
        PrintInitialPrefix();
        cout << "Bind failed!" << endl;
        return -1;
    }
    else {
        PrintInitialPrefix();
        cout << "Bind port ";
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
        cout << PORT;
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
        cout << " successful!" << endl;
    }
    int l = listen(ListenSocket, 20);
    PrintInitialPrefix();
    cout << "Waiting for clients ..." << endl;

    while (1) {
        // 循环接收客户端连接请求并创建服务线程
        SOCKET* ClientSocket = new SOCKET;
        ClientSocket = (SOCKET*)malloc(sizeof(SOCKET));
        // 接收客户端连接请求
        int SockAddrlen = sizeof(sockaddr);
        *ClientSocket = accept(ListenSocket, 0, 0);
        clients.push_back(make_pair(ClientSocket, int(*ClientSocket)));

        PrintSystemPrefix();
        cout << "Client(";
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
        cout << *ClientSocket;
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
        cout << ") has been connected" << endl;
        CreateThread(NULL, 0, &ServerThread, ClientSocket, 0, NULL);
    }
    closesocket(ListenSocket);
    WSACleanup();
}
```

- 服务器的客户端处理子线程循环关键代码截图（描述总体，省略细节部分）

```
DWORD WINAPI ServerThread(LPVOID lpParameter) {
    SOCKET* ClientSocket = (SOCKET*)lpParameter;
    int receByt = 0;
    char RecvBuf[MaxBufSize];
    char SendBuf[MaxBufSize];
    while (1) {
        receByt = recv(*ClientSocket, RecvBuf, sizeof(RecvBuf), 0);
        if (receByt > 0) {
            PrintSystemPrefix();
            cout << "Receive message: ";
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
            cout << RecvBuf[0];
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
            cout << " -- from client ";
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
            cout << *ClientSocket << endl;
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);

            switch (RecvBuf[0])
            {
            case 't': // 服务端所在机器的当前时间
            {
                time_t now = time(0); // 把 now 转换为字符串形式
                char* dt = ctime(&now);
                PrintSystemPrefix();
                cout << "Local date & time: ";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
                cout << dt;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                SendBuf[0] = 't';
                strcpy((SendBuf + 1), dt);

                int k = 0;
                k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                if (k < 0) {
                    PrintSystemPrefix();
                    cout << "Send failed!" << endl;
                }

                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                break;
            }
```

```
case 'n': // 服务端所在机器的名称
{
    DWORD ComputerNameLength = 100;
    strcpy(SendBuf, "n");

    TCHAR t_name[100];
    GetComputerNameW((LPWSTR)t_name, &ComputerNameLength); // 获取本机名称
    char name[100];
    wcstombs(name, (wchar_t *)t_name, 100);
    strcat(SendBuf, name);

    int k = 0;
    k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
    if (k < 0) {
        PrintSystemPrefix();
        cout << "Send failed!" << endl;
    }
    PrintSystemPrefix();
    cout << "Server's PC name: ";
    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
    cout << SendBuf + 1 << endl;
    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);

    memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
    break;
}
case 'l': // 当前连接的所有客户端信息
{
    cout << "         User id list:";
    for (auto iter : clients)
    {
        cout << " " << iter.second;
    }
    cout << endl;
    SendBuf[0] = 'l';
    SendBuf[1] = clients.size();
    char Buf[4] = { 0 };
    for (auto iter : clients)
    {
        char Buf[4] = { 0 };
        itoa(iter.second, Buf, 10);
        strcat(SendBuf, Buf);
    }

    int k = 0;
    k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
    if (k < 0) {
        PrintSystemPrefix();
        cout << "Send failed!" << endl;
    }

    memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
    break;
}
```

```
case 's':
{
    char dst_port[10];
    // 提取接收方id
    int idx = 1;
    while (RecvBuf[idx] != '&') {
        dst_port[idx - 1] = RecvBuf[idx];
        idx++;
    }

    int dst_port_id = atoi(dst_port);
    SOCKET* dst_client = NULL;

    for (auto iter : clients)
    {
        if (iter.second == dst_port_id)
        {
            dst_client = iter.first;
            break;
        }
    }
    if (!dst_client)
    {
        PrintSystemPrefix();
        cout << "Client(";
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
        cout << dst_port_id;
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
        cout << ") is not connected" << endl;
        // 发个反馈包
        strcpy(SendBuf, "eInvalid receiver ID!");
        send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
        break;
    }
```

```
                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                SendBuf[0] = 's';
                char Buf[4] = { 0 };
                for (auto iter : clients)
                {
                    if (iter.first == ClientSocket)
                    {
                        itoa(iter.second, Buf, 10);
                        strcat(SendBuf, Buf);
                        break;
                    }
                }
                strcat_s(SendBuf, RecvBuf + idx + 1);

                int k = 0;
                k = send(*dst_client, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                if (k < 0) {
                    PrintSystemPrefix();
                    cout << "Send failed!" << endl;
                }
                PrintSystemPrefix();
                cout << "Sender(";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
                cout << *ClientSocket;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                cout << ") -- Receiver(";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
                cout << *dst_client << ")" << endl;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                cout << "         Message is: ";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
                cout << SendBuf + 4 << endl;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                // 发个反馈包
                strcpy(SendBuf, "eSuccessfully sent!");
                send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                break;
            }
            case 'c': // 返回用户id
            {
                strcpy(SendBuf, "c");
                int id = *ClientSocket;
                char usr_id[10];
                strcat(SendBuf, itoa(id, usr_id, 10));
                int k = 0;
                k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                if (k < 0) {
                    PrintSystemPrefix();
                    cout << "Send failed!" << endl;
                }

                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                break;
            }
            default:
                cout << "Undefined Behavior." << endl;
                break;
            }
        }
        else
        {
            PrintSystemPrefix();
            cout << "Client(";
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
            cout << *ClientSocket;
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
            cout << ") has been disconnected" << endl;

            for (auto iter = clients.begin(); iter != clients.end(); iter++) {
                if ((*iter).first == ClientSocket) {
                    iter = clients.erase(iter);
                    break;
                }
            }
            break;
        }

        memset(RecvBuf, 0, sizeof(RecvBuf));
    }
    closesocket(*ClientSocket);
    free(ClientSocket);
    return 0;
}
```

- 客户端选择连接功能时，客户端和服务端显示内容截图。

  客户端：

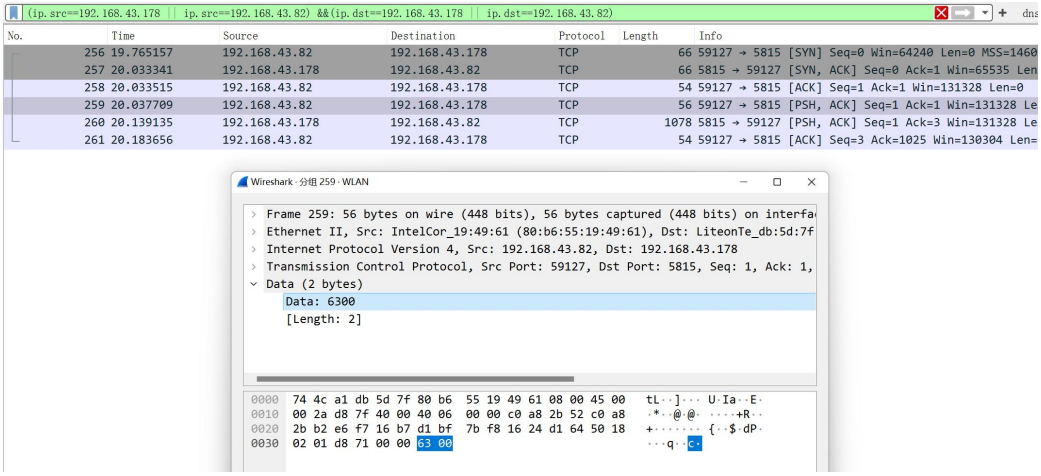
```
[abc]-c
[System]Please enter server's ip: 192.168.43.178
[System]Please enter server's port: 5815
[System]Success to connect to server 192.168.43.178.
[Server]User ID: 156.
```

服务端：

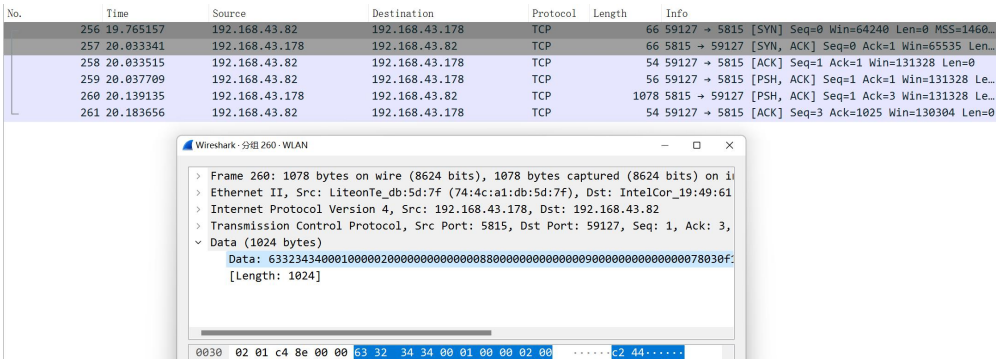
```
[System] Client(244) has been connected
[System] Receive message: c -- from client 244
```

Wireshark 抓取的数据包截图：

客户端向服务器发送“c”数据包：



服务端向客户端返回“c244”数据包(244 为 user_id)：

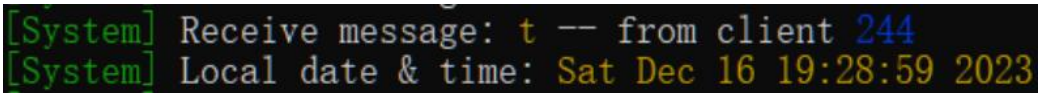


- 客户端选择获取时间功能时，客户端和服务端显示内容截图。

客户端：

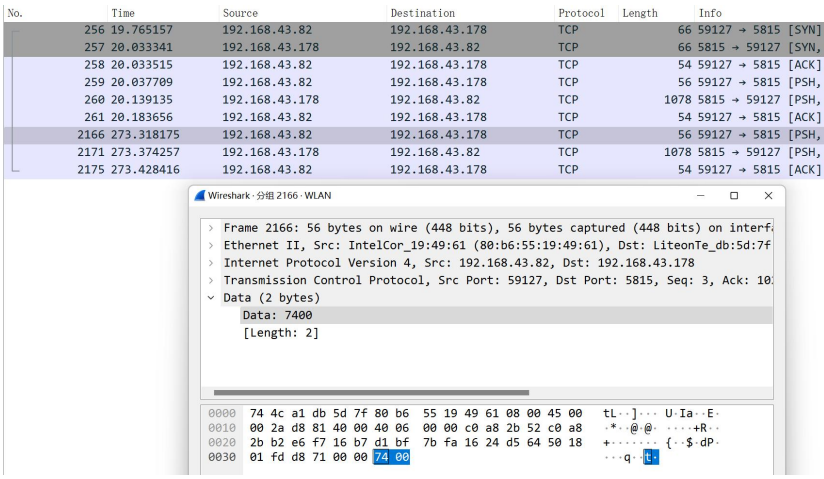
```
[abc]-t
[Server]Current time: Sat Dec 16 19:16:22 2023
```

服务端：

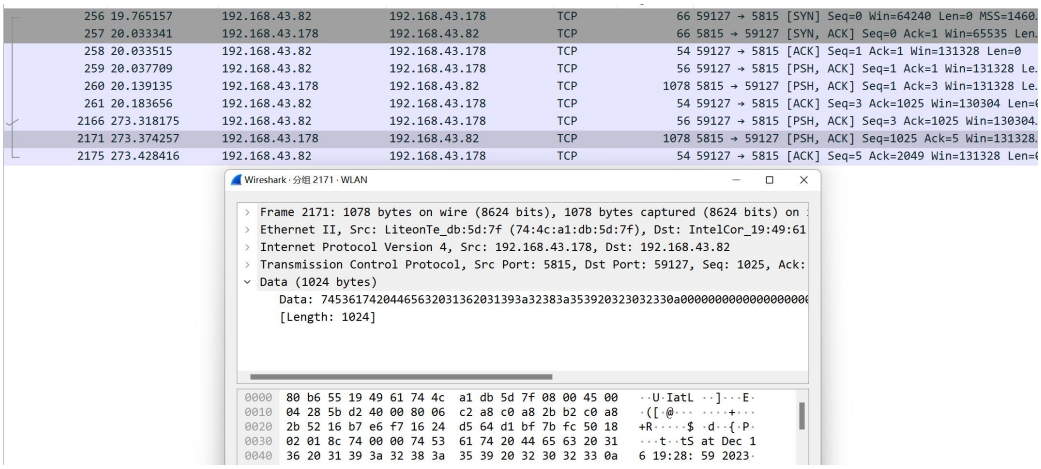


Wireshark 抓取的数据包截图（展开应用层数据包，标记请求、响应类型、返回的时间数据对应的位置）：

客户端向服务端发送“t”请求获取数据：



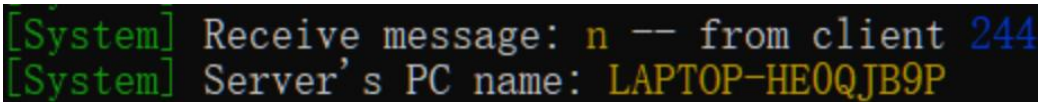
服务端向客户端返回“t+本地时间”：



- 客户端选择获取名字功能时，客户端和服务端显示内容截图。

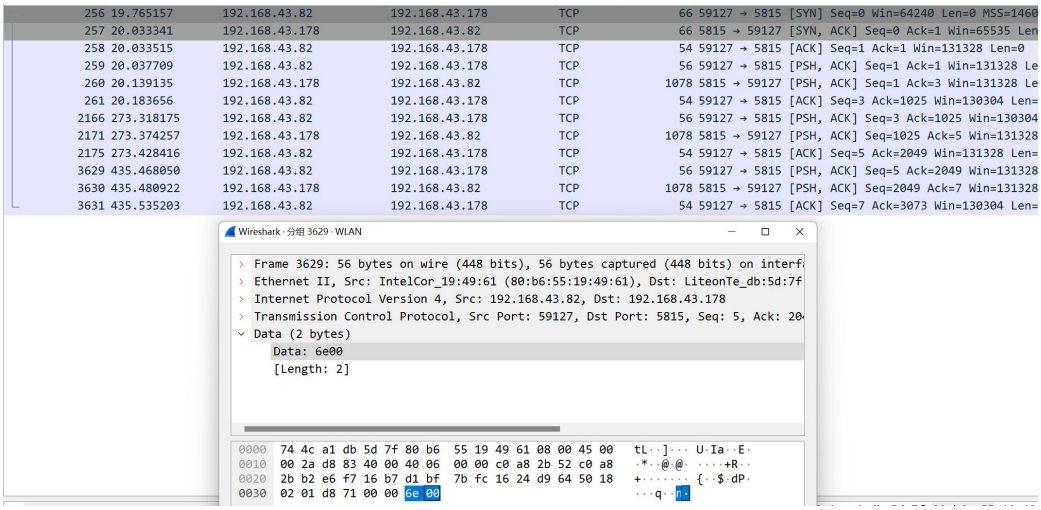
客户端：

服务端：

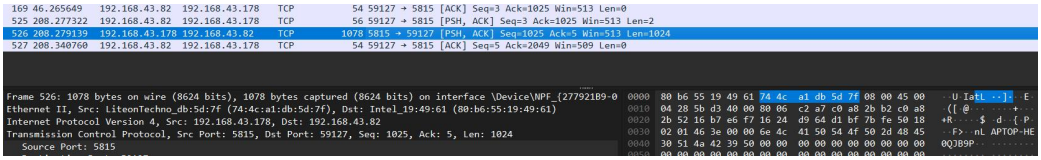


Wireshark 抓取的数据包截图（展开应用层数据包，标记请求、响应类型、返回的名字数据对应的位置）：

客户端向服务端获取名字“n”：



服务端向客户端返回“n+机器名”：



相关的服务器的处理代码片段：

```
case 'n': // 服务端所在机器的名称
{
    DWORD ComputerNameLength = 100;
    strcpy(SendBuf, "n");

    TCHAR t_name[100];
    GetComputerNameW((LPWSTR)t_name, &ComputerNameLength); // 获取本机名称
    char name[100];
    wcstombs(name, (wchar_t *)t_name, 100);
    strcat(SendBuf, name);

    int k = 0;
    k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
    if (k < 0) {
        PrintSystemPrefix();
        cout << "Send failed!" << endl;
    }
    PrintSystemPrefix();
    cout << "Server's PC name: ";
    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
    cout << SendBuf + 1 << endl;
    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);

    memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
    break;
}
```

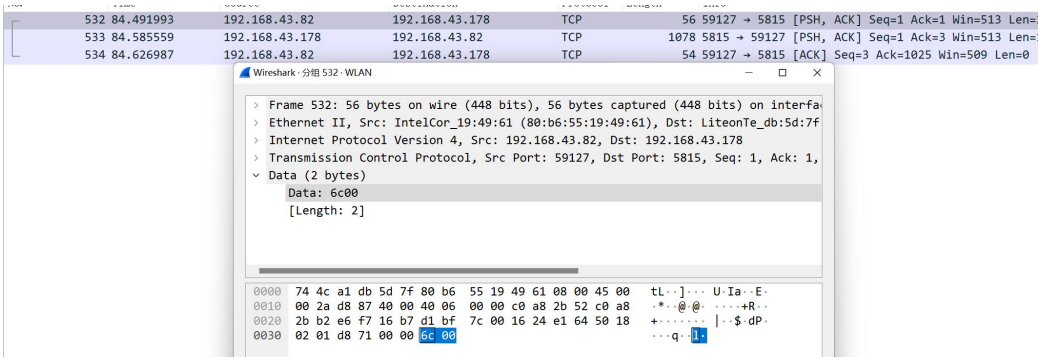
- 客户端选择获取客户端列表功能时，客户端和服务端显示内容截图。

  客户端

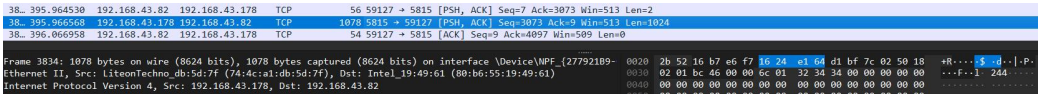
服务端：

Wireshark 抓取的数据包截图（展开应用层数据包，标记请求、响应类型、返回的客户端列表数据对应的位置）：

客户端向服务端发送“1”：



服务器向客户端发送“1+用户列表”：



相关的服务器的处理代码片段：

```
case 'l': // 当前连接的所有客户端信息
{
    cout << "         User id list:";
    for (auto iter : clients)
    {
        cout << " " << iter.second;
    }
    cout << endl;
    SendBuf[0] = 'l';
    SendBuf[1] = clients.size();
    char Buf[4] = { 0 };
    for (auto iter : clients)
    {
        char Buf[4] = { 0 };
        itoa(iter.second, Buf, 10);
        strcat(SendBuf, Buf);
    }

    int k = 0;
    k = send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
    if (k < 0) {
        PrintSystemPrefix();
        cout << "Send failed!" << endl;
    }

    memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
    break;
}
```

- 客户端选择发送消息功能时，客户端和服务端显示内容截图。

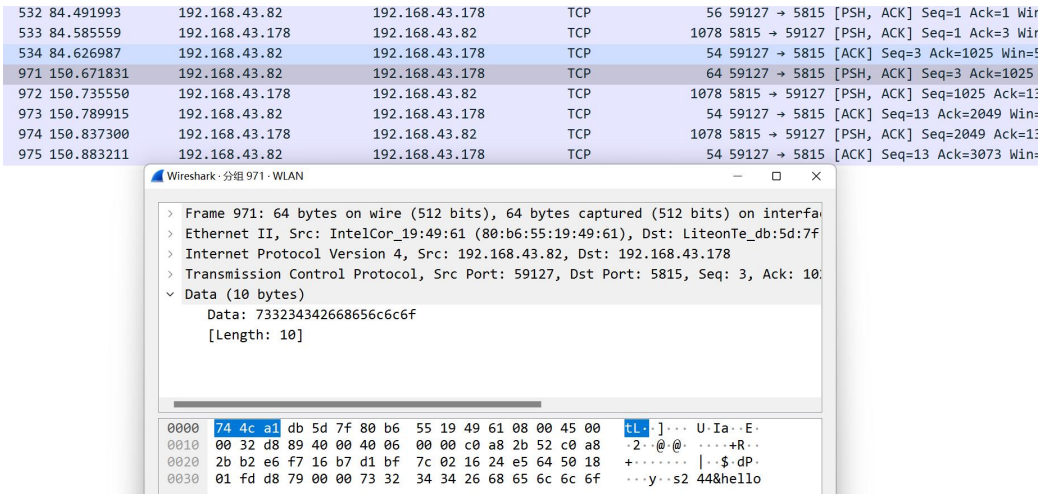
发送消息的客户端：

服务器：

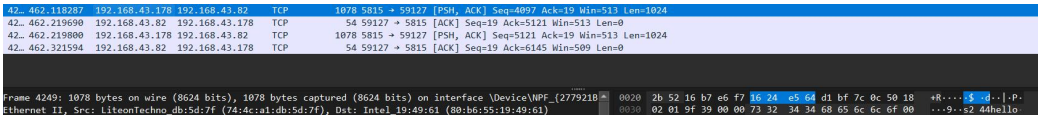
接收消息的客户端：

Wireshark 抓取的数据包截图（发送和接收分别标记）：

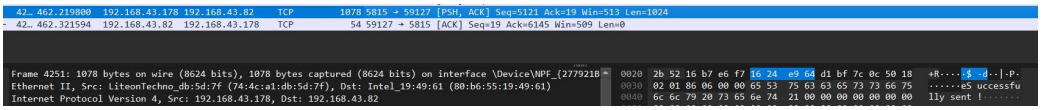
发送方向服务器发送“s+接收方 id+&+发送内容”：



服务器向接收方发送“s+发送方 id+发送信息”：



服务端向发送方发送“e+反馈信息”：



相关的服务器的处理代码片段：

```
            case 's':
            {
                char dst_port[10];
                // 提取接收方id
                int idx = 1;
                while (RecvBuf[idx] != '&') {
                    dst_port[idx - 1] = RecvBuf[idx];
                    idx++;
                }

                int dst_port_id = atoi(dst_port);
                SOCKET* dst_client = NULL;

                for (auto iter : clients)
                {
                    if (iter.second == dst_port_id)
                    {
                        dst_client = iter.first;
                        break;
                    }
                }
                if (!dst_client)
                {
                    PrintSystemPrefix();
                    cout << "Client(";
                    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
                    cout << dst_port_id;
                    SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                    cout << ") is not connected" << endl;
                    // 发个反馈包
                    strcpy(SendBuf, "eInvalid receiver ID!");
                    send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                    break;
                }

                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                SendBuf[0] = 's';
                char Buf[4] = { 0 };
                for (auto iter : clients)
                {
                    if (iter.first == ClientSocket)
                    {
                        itoa(iter.second, Buf, 10);
                        strcat(SendBuf, Buf);
                        break;
                    }
                }
                strcat_s(SendBuf, RecvBuf + idx + 1);

                int k = 0;
                k = send(*dst_client, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                if (k < 0) {
                    PrintSystemPrefix();
                    cout << "Send failed!" << endl;
                }
                PrintSystemPrefix();
                cout << "Sender(";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
                cout << *ClientSocket;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                cout << ") -- Receiver(";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_BLUE);
                cout << *dst_client << ")" << endl;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                cout << "         Message is: ";
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);
                cout << SendBuf + 4 << endl;
                SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
                // 发个反馈包
                strcpy(SendBuf, "eSuccessfully sent!");
                send(*ClientSocket, SendBuf, sizeof(SendBuf), 0);
                memset(SendBuf, 0, sizeof(SendBuf));
                break;
            }
```

相关的客户端（发送和接收消息）处理代码片段：

发送：

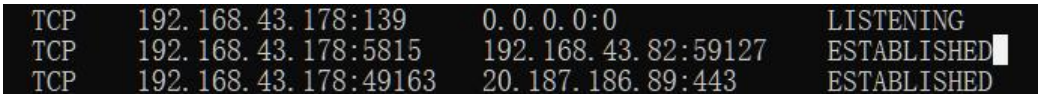
```
void Send()
{
    if(connect_status){
        int _ReceiverId;
        char Message[MAXBUFFSIZE];
        char SendBuff[MAXBUFFSIZE+12]="s";
        char ReceiverId[10];
        //读取receiver id
        PrintSystemPrefix();
        printf("Please enter receiver's id: ");
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);   //黄色
        scanf("%d", &_ReceiverId);
        getchar();
        _itoa(_ReceiverId, ReceiverId, 10);
        //拼接"&"来区分id和message
        strcat(ReceiverId, "&");
        //读取发送信息
        PrintSystemPrefix();
        printf("Please enter message to be sent: ");
        SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN);   //黄色
        //要忽略空格，否则读不全
        CustomizeRead(Message, MAXBUFFSIZE);
        strcat(SendBuff, ReceiverId);
        strcat(SendBuff, Message);
        int status=send(servSock, SendBuff, strlen(SendBuff), 0);
        if(status<0){
            PrintSystemPrefix();
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED);
            printf("Send failed");
            SetConsoleTextAttribute(hConsole, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_BLUE);
            printf(".\n");
            return;
        }
    }
    else{
        //尚未连接
        PrintSystemPrefix();
        printf("No server connected.\n");
        PrintUserPrefix();
    }
}
```

接收：

```
case 's':{
    Sleep(20);
    printf("\n");
    PrintServerPrefix();
    char src_id[4];
    memcpy(src_id, RecvBuff+1, 3);
    printf("Message from [%s]: %s\n", src_id, (char*)(RecvBuff+4));
    PrintUserPrefix();
    break;
}
```

- 拔掉客户端的网线，然后退出客户端程序。观察客户端的 TCP 连接状态，并使用 Wireshark 观察客户端是否发出了 TCP 连接释放的消息。同时观察服务端的 TCP 连接状态在较长时间内（10 分钟以上）是否发生变化。

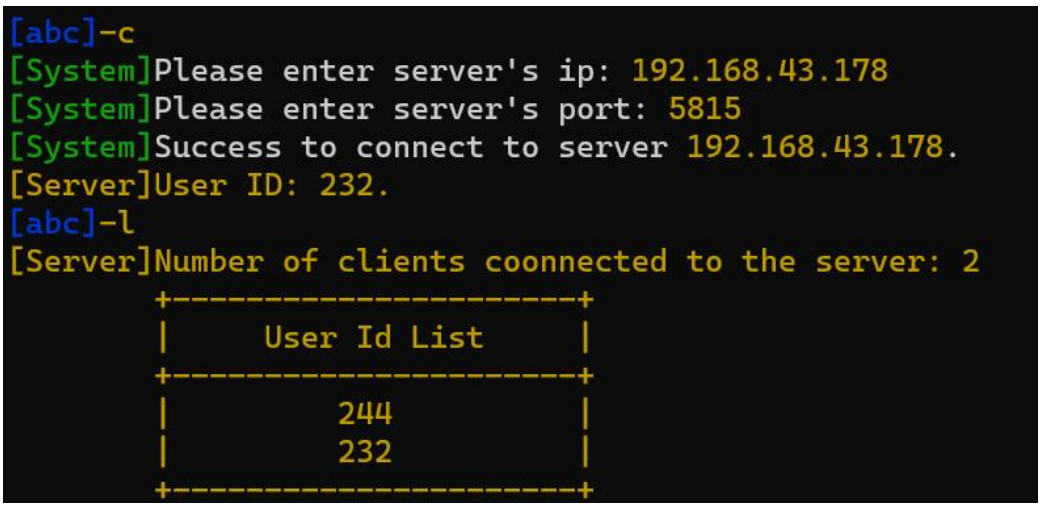
在设备上运行用户 `id` 为 244 的客户端，连接 IP 地址为 192.168.43.178，端口号为 5815 的服务端。两者成功建立联系如下：



关闭客户端网络连接等待 10min 后，通过 `netstat -an` 指令查看发现客户端的 TCP 连接状态仍为 `ESTABLISHED`。且服务端并未显示该用户断开连接的提示。

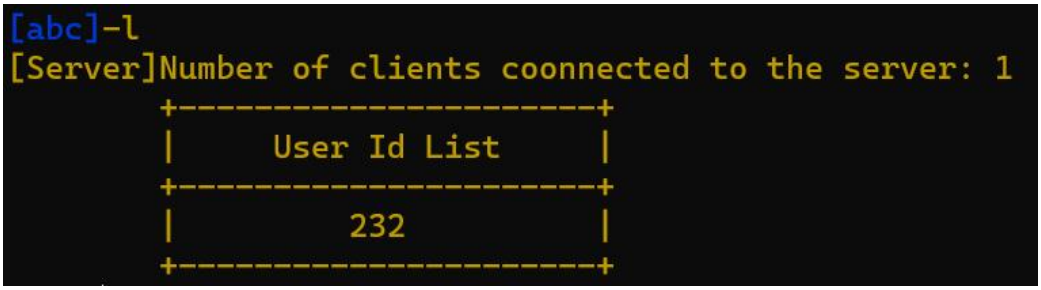
- 再次连上客户端的网线，重新运行客户端程序。选择连接功能，连上后选择获取客户端列表功能，查看之前异常退出的连接是否还在。选择给这个之前异常退出的客户端连接发送消息，出现了什么情况？

  客户端查询用户列表，发现异常连接的客户端(244)仍然在用户列表中：

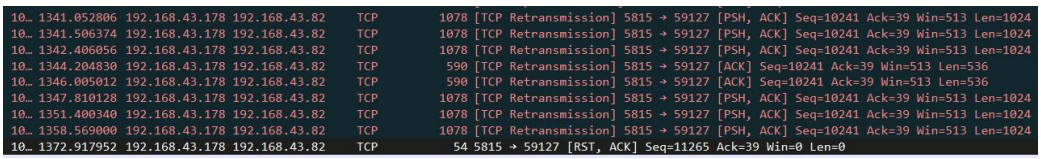


  用新的客户端(232)向异常客户端(244)发送信息，发现显示异常用户 id：

  再次请求用户列表，发现异常客户端(244)已经断开连接：



  Wireshark 抓包记录：



  发现服务端连续向异常客户端重传多个[PSH,ACK]包均失败随后服务端释放线程。此后再次在新客户端(232)上获取用户连接列表，发送信息等功能都可以正常返回。

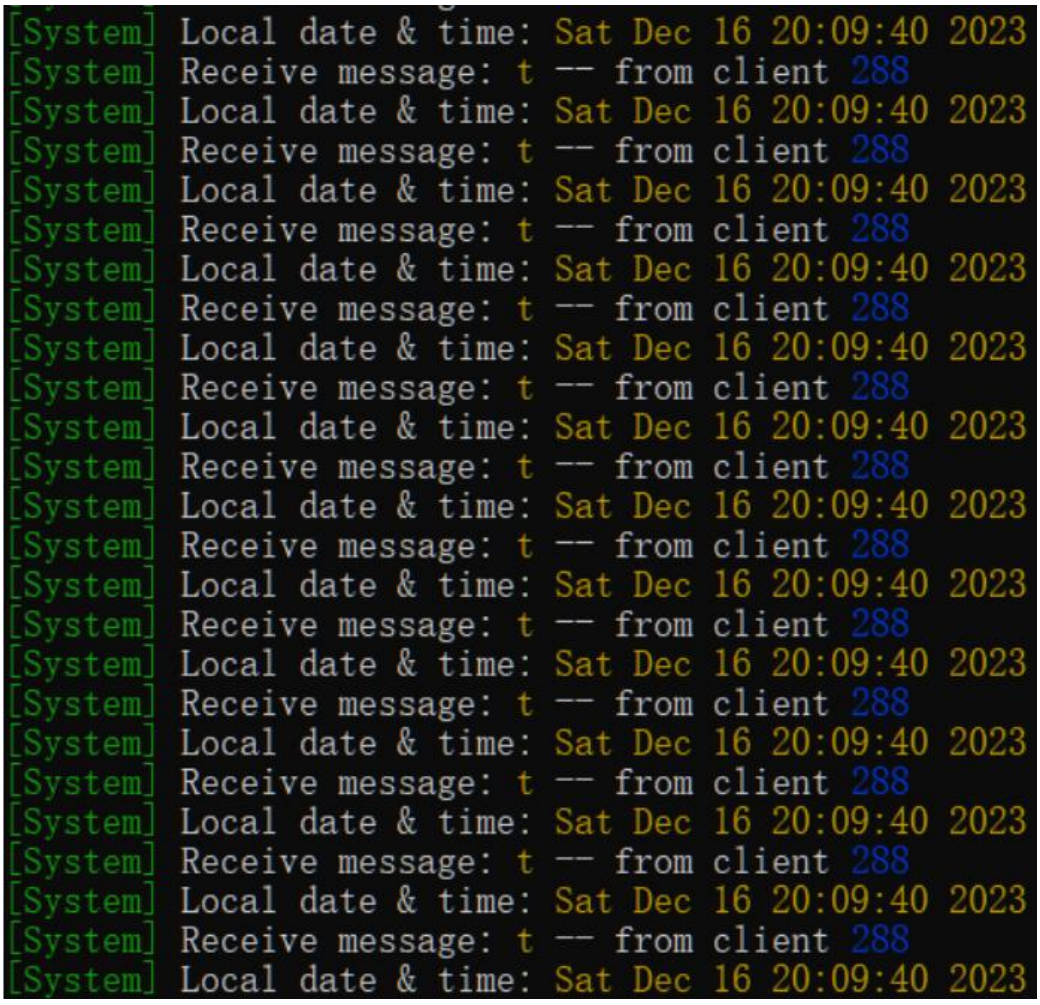
- 修改获取时间功能，改为用户选择 1 次，程序内自动发送 100 次请求。服务器是否正常处理了

100 次请求，截取客户端收到的响应（通过程序计数一下是否有 100 个响应回来），并使用 Wireshark 抓取数据包，观察实际发出的数据包个数。

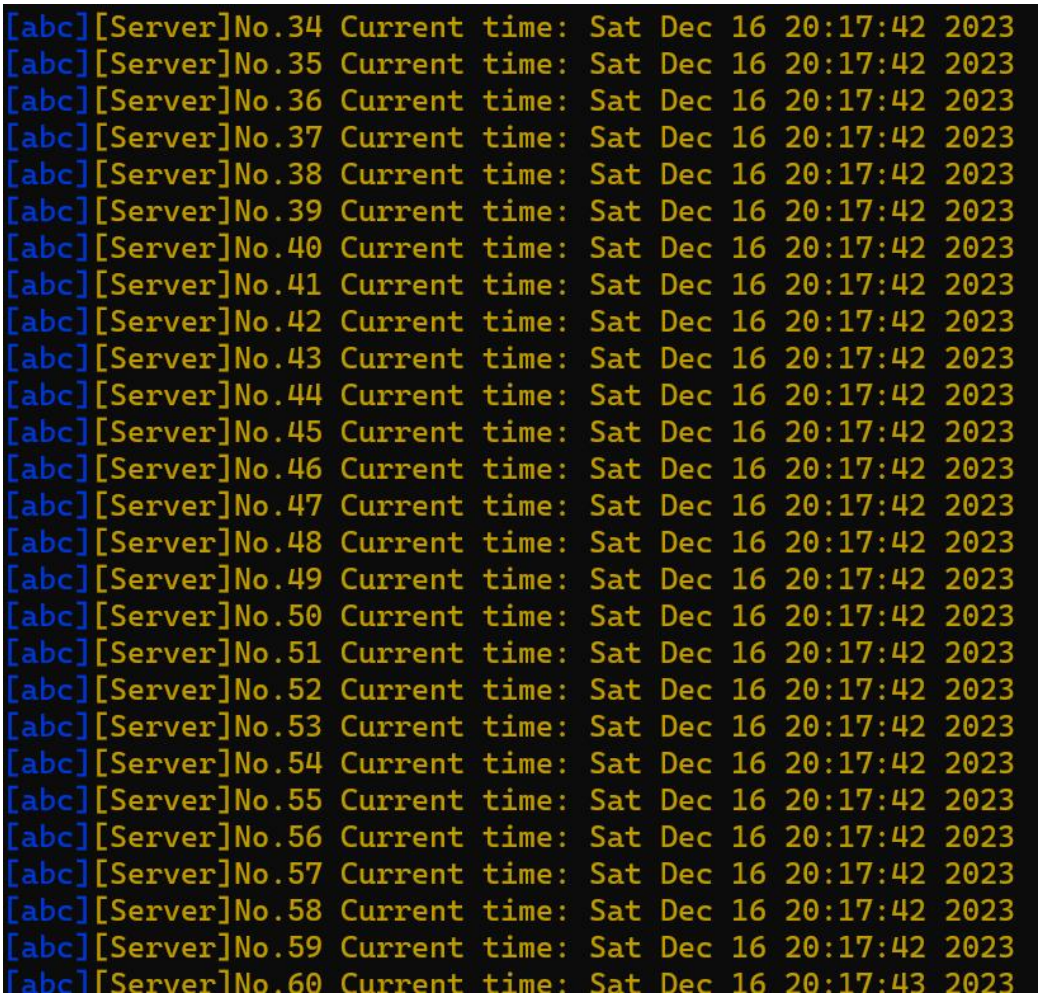
更改后的获取时间功能：

```
void GetTime()
{
    if(connect_status){
        char SendBuff[2]="t";
        for(int i=0; i<100; i++){
            send(servSock, SendBuff, sizeof(SendBuff), 0);
            Sleep(5);
        }
    }
    else{
        //尚未连接
        PrintSystemPrefix();
        printf("No server connected.\n");
        PrintUserPrefix();
    }
}
```

服务端：



客户端：

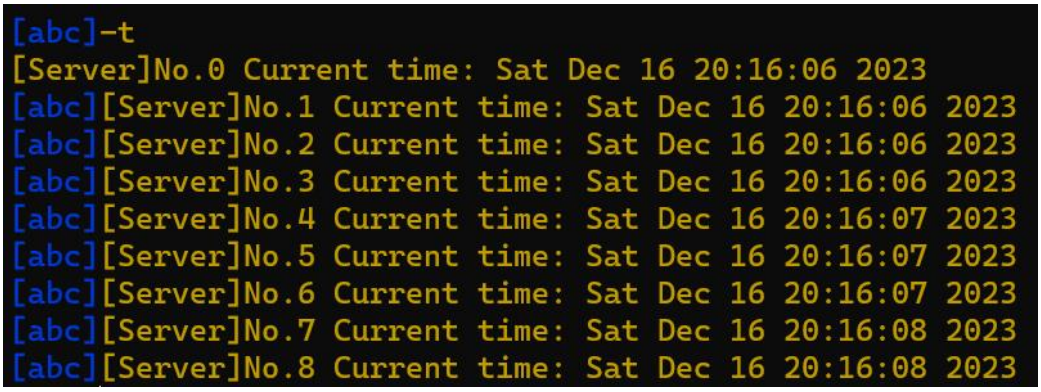


发现客户端发送了 60 次时间请求

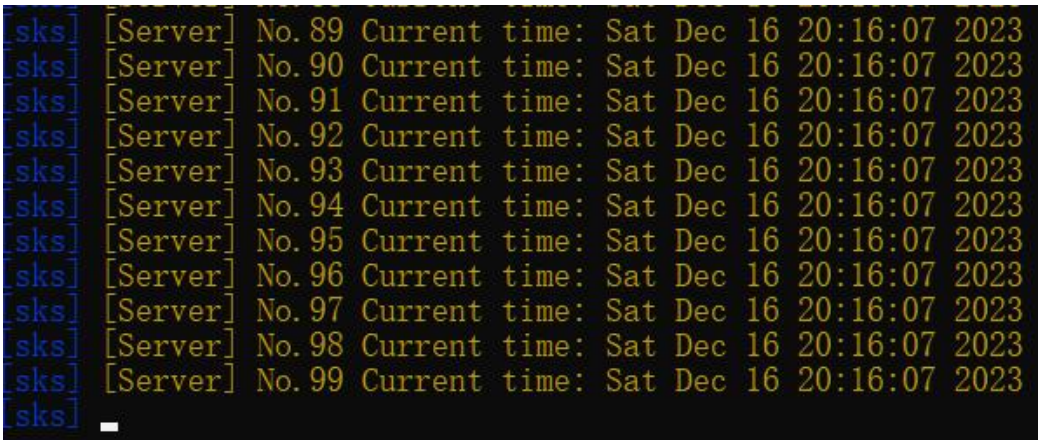
——在这里我们还测试了 Sleep(1) 的情况，发现客户端收到了 2 次响应，同时在 wireshark 上抓包也显示实际发出了 2 个数据包

- 多个客户端同时连接服务器，同时发送时间请求（程序内自动连续调用 100 次 send），服务器和客户端的运行截图

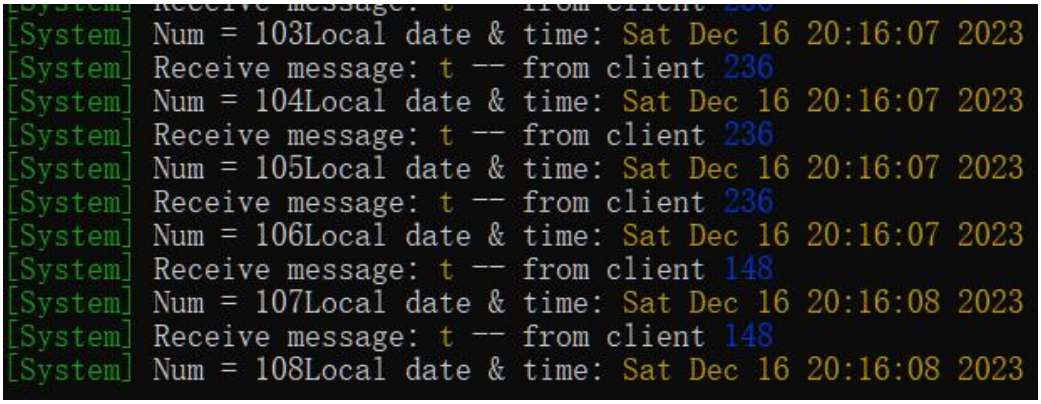
  客户端 1：



  客户端 2：



服务端：



这里我们均是从 0 开始计数，因此客户端 1 收到的响应包为 9 个，客户端 2 收到的响应包为 100 个，服务端发出的响应包为 109 个，这是对应的。

六、 实验结果与分析

- 客户端是否需要调用 bind 操作？它的源端口是如何产生的？每一次调用 connect 时客户端的端口是否都保持不变？

  客户端不需要调用 bind 操作，源端口在 connect 的时候由操作系统分配，每次调用 connect 时客户端的端口会发生变化

- 假设在服务端调用 listen 和调用 accept 之间设了一个调试断点，暂停在此断点时，此时客户端调用 connect 后是否马上能连接成功？

  客户端可以马上连接成功

- 连续快速 send 多次数据后，通过 Wireshark 抓包看到的发送的 Tcp Segment 次数

是否和 send 的次数完全一致？

并不完全一致，连续快速发送包会导致多个包合并发送，实际发送的数量小于 send 的数量

- 服务器在同一个端口接收多个客户端的数据，如何能区分数据包是属于哪个客户端的？

  可以依靠客户端 IP 或者 FP 区分

- 客户端主动断开连接后，当时的 TCP 连接状态是什么？这个状态保持了多久？（可以使用 netstat -an 查看）

  保持 CLOSE_WAIT 或者 FIN_WAIT_2 约 1min

- 客户端断网后异常退出，服务器的 TCP 连接状态有什么变化吗？服务器该如何检测连接是否继续有效？

  不会立刻有变化，但是服务器可以每过一段时间向客户端发送数据包进行探测，观察其是否在设定的超时时间内进行回应。如果客户端没有在指定时间内进行回应，则服务端会主动断开 TCP 连接。

七、 讨论、心得

本次实验由我和队友分工完成，我负责客户端代码的撰写，客户端内容相对更丰富一些，但是一个个写还是相对顺利的。通过查找相关参考资料并加以借鉴自己也逐渐掌握了一些 socket API 的功能以及使用方法。