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:	李云帆
学　　院:	计算机学院
系:	
专　　业:	计算机科学与技术
学　　号:	3200102555
指导教师:	邱劲松

2022 年　　12 月　　30 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：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿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**

以下实验记录均需结合屏幕截图（截取源代码或运行结果），进行文字标注（看完请删除本句）。

- 描述请求数据包的格式（画图说明），请求类型的定义

type	IP_addr	^	port	$
content				

- 描述响应数据包的格式（画图说明），响应类型的定义

type			
content			
IP_addr	^	port	$
IP_addr	^	port	$
IP_addr	^	port	$

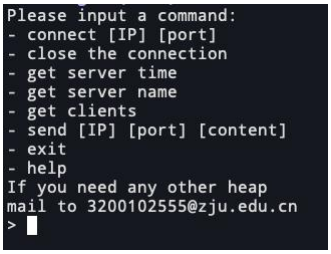
type 表示类型值，定义关系如下:

type	
11	time
12	server name
13	server list
14	response

- 描述指示数据包的格式（画图说明），指示类型的定义

type	content

- 客户端初始运行后显示的菜单选项



- 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）

```cpp
void socketClient::run()
{
    help();
    while (true)
    {
        std::cout<<"> ";
        std::string line;
        getline(std::cin, line);
        // split
        std::regex whitespace("\\s+");
        std::vector<std::string> words(std::sregex_token_iterator(line.begin(), line.end(), whitespace, -1),
                                       std::sregex_token_iterator());
        if (words[0] == "")
        {
            continue;
        }
        else if (words[0] == "connect")
        {
            if (-1 != sockfd) std::cout<<RED<<"Connected!\n"<<NORMAL;
            else connect(words[1], std::stoi(words[2]));
        }
        else if (words[0] == "close")
        {
            if (-1 == sockfd) std::cout<<RED<<"No connection.\n"<<NORMAL;
            else
            {
                char buffer = 50;
                send(sockfd, &buffer, sizeof(buffer), 0);
                mt.lock();
                pthread_cancel(connection_thread);
                mt.unlock();
                close(sockfd);
```

```
            close(sockfd);
            sockfd = -1;
            std::cout<<GREEN<<"Connection closed.\n"<<NORMAL;
        }
    }
    else if (words[0] == "get_server_time")
    {
        for(int i=1; i<=100; ++i)
        {
            char buffer = 1;
            messageStruct timemsg;
            send(sockfd, &buffer, sizeof(buffer), 0);
            msgrcv(msqid, &timemsg, BUFFER_MAX, 11, 0);
            time_t time = atol(timemsg.text);
            std::cout<<i<<"  times: ";
            std::cout<<YELLOW<<" Server time: "<<ctime(&time)<<NORMAL;
        }

    }
    else if (words[0] == "get_server_name")
    {
        char buffer = 2;
        send(sockfd, &buffer, sizeof(buffer), 0);
        messageStruct namemsg;
        msgrcv(msqid, &namemsg, BUFFER_MAX, 12, 0);
        std::cout<<YELLOW<<"Server host name: "<<namemsg.text<<'\n'<<NORMAL;
    }
    else if (words[0] == "get_clients")
    {
        char buffer = 3;
        send(sockfd, &buffer, sizeof(buffer), 0);
        messageStruct peermsg;
```

主体部分的工作原理就是不断读入这几种指令，然后根据这些指令调用对应函数或执行对应操作

- 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）

```
messageStruct msg;
key_t key = ftok("/",'a');
int msqid = msgget(key, IPC_CREAT | 0666);
while (1)
{
    memset(buffer, 0, BUFFER_MAX);
    recv(cfd, buffer, BUFFER_MAX, 0);
    if (20 == buffer[0])
    {
        std::cout<<buffer + 1<<'\n';
        continue;
    }
    msg.type = buffer[0];
    strcpy(msg.text, buffer + 1);
    msgsnd(msqid, &msg, BUFFER_MAX, 0);
}
```

用 buffer 存储子线程

- 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）

```
while (true)
{
    sockaddr_in client;                    (unsigned int)16U
    unsigned int clientAddrLength = sizeof(client);
    int connection_fd = accept(sockfd, (sockaddr*)&client, (socklen_t*)&clientAddrLength);
    clientList.push_back(std::pair<int, ip_port>(connection_fd, ip_port(inet_ntoa(client.sin_addr), ntohs
    std::cout<<inet_ntoa(client.sin_addr)<<":"<<ntohs(client.sin_port)<<" connected.\n";
    pthread_t connection_thread;
    pthread_create(&connection_thread, nullptr, thread_handle, &connection_fd);
}
```

- 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）

根据 buffer_recv 的值判断用户需求，根据不同的需求调用对应的函数或进行相应的操作

```
while (true)
{
    recv(cfd, buffer_recv, BUFFER_MAX, 0);
    memset(buffer_send, 0, BUFFER_MAX);
    mt.lock(  char buffer_recv[256]
    switch (buffer_recv[0])
    {
    case 0:
        {
            for (auto it = clientList.begin(); it != clientList.end(); )
            {
                if ((*it).first == cfd)
                {
                    it = clientList.erase(it);
                    break;
                }
                else  ++it;
            }
            break;
        }
    case 1:
        {
            time_t t;
            time(&t);
            std::cout<<cfd<<" get server time: "<<t<<'\n';
            buffer_send[0] = 11;
            sprintf(buffer_send + strlen(buffer_send), "%ld", t);
            send(cfd, buffer_send, strlen(buffer_send), 0);
            break;
        }
    case 2:
```

- 客户端选择连接功能时，客户端和服务端显示内容截图。

```
➜  src git:(main) ✗ ./client
Please input a command:
- connect [IP] [port]
- close the connection
- get server time
- get server name
- get clients
- send [IP] [port] [content]
- exit
- help
If you need any other heap
mail to 3200102555@zju.edu.cn
> connect 127.0.0.1 2555
> hello
>
```

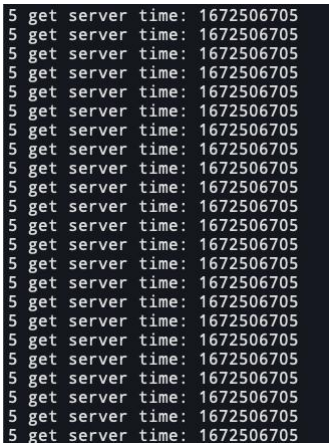
```
➜  src git:(main) ✗ ./serve
Listening
127.0.0.1:59795 connected.
```

Wireshark 抓取的数据包截图：

453 11.366496	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	57 61717 → 2555 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=6379 Len=1 TSval=1037977133 TSecr=2078950535
454 11.366546	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 2555 → 61717 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=6379 Len=0 TSval=2079015622 TSecr=1037977133
455 11.367606	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 61717 → 2555 [FIN, ACK] Seq=2 Ack=1 Win=6379 Len=0 TSval=1037977134 TSecr=2079015622
456 11.367639	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 2555 → 61717 [ACK] Seq=1 Ack=3 Win=6379 Len=0 TSval=2079015623 TSecr=1037977134
777 21.052738	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68 61919 → 2555 [SYN] Seq=0 Win=65535 Len=0 MSS=16344 WS=64 TSval=1272523763 TSecr=0 SAC…
778 21.052855	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	68 2555 → 61919 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=65535 Len=0 MSS=16344 WS=64 TSval=295565866 T…
779 21.052868	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 61919 → 2555 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=408256 Len=0 TSval=1272523763 TSecr=295565866
780 21.052881	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 [TCP Window Update] 2555 → 61919 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=408256 Len=0 TSval=295565866 T…
781 21.053010	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	62 2555 → 61919 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=408256 Len=6 TSval=295565866 TSecr=1272523763
782 21.053034	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	56 61919 → 2555 [ACK] Seq=1 Ack=7 Win=408256 Len=0 TSval=1272523763 TSecr=295565866

- 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。

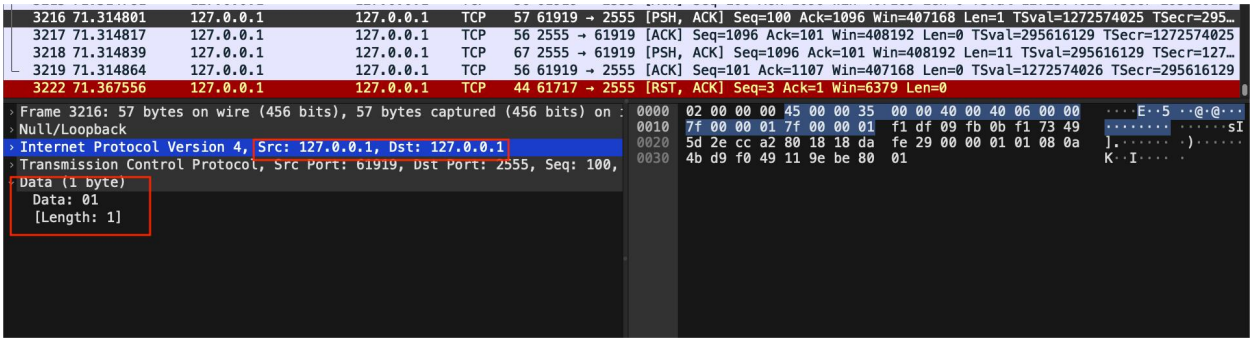
```
1  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
2  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
3  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
4  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
5  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
6  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
7  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
8  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
9  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
10  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
11  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
12  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
13  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
14  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
15  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
16  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
17  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
18  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
19  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
20  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
21  times:  Server time: Sun Jan  1 01:11:45 2023
```



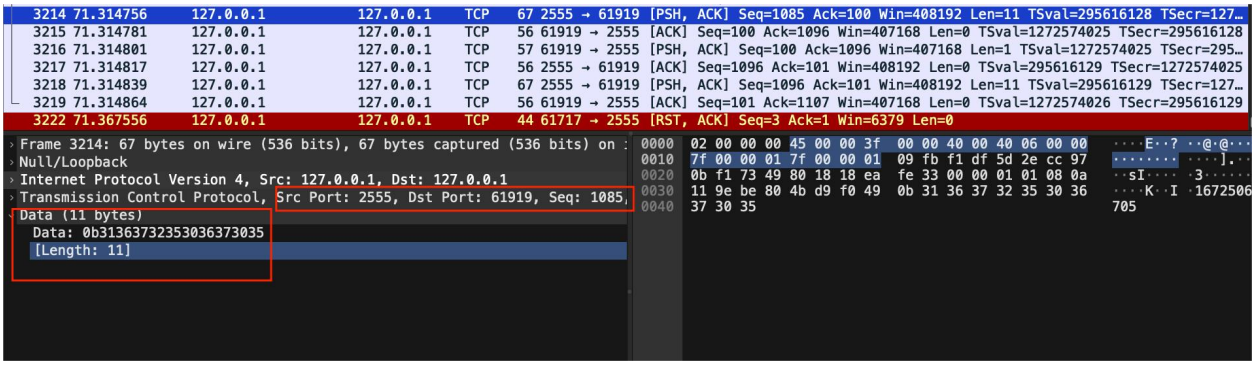
```
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
5 get server time: 1672506705
```

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）：

请求包:



响应包:



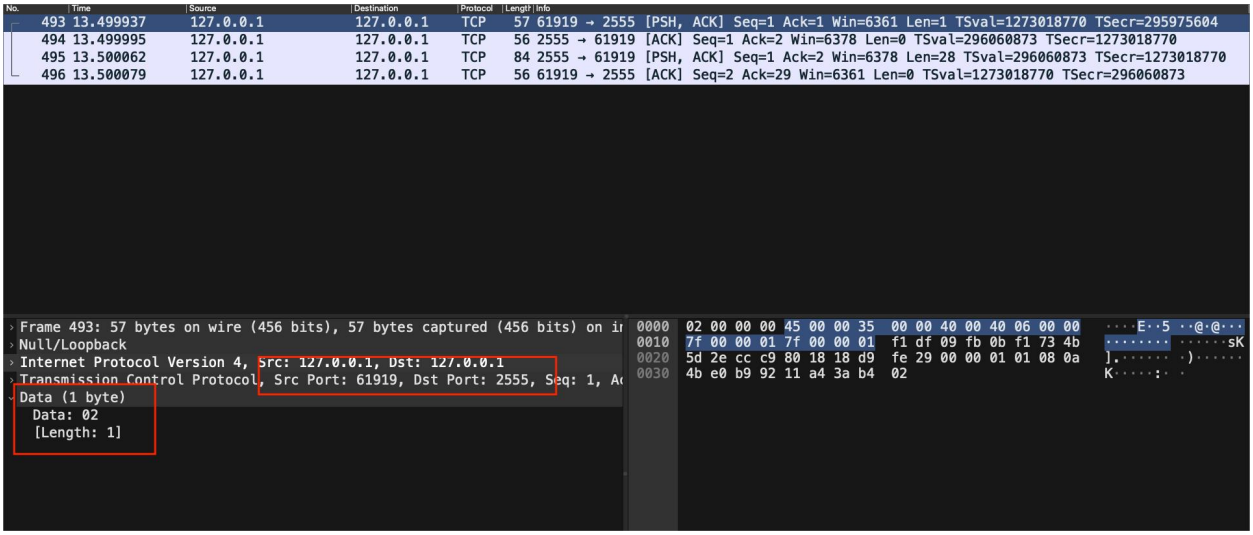
- 客户端选择获取名字功能时，客户端和服务端显示内容截图。

```
> get_server_name
Server host name: liyunfandeMacBook-Air.local
```

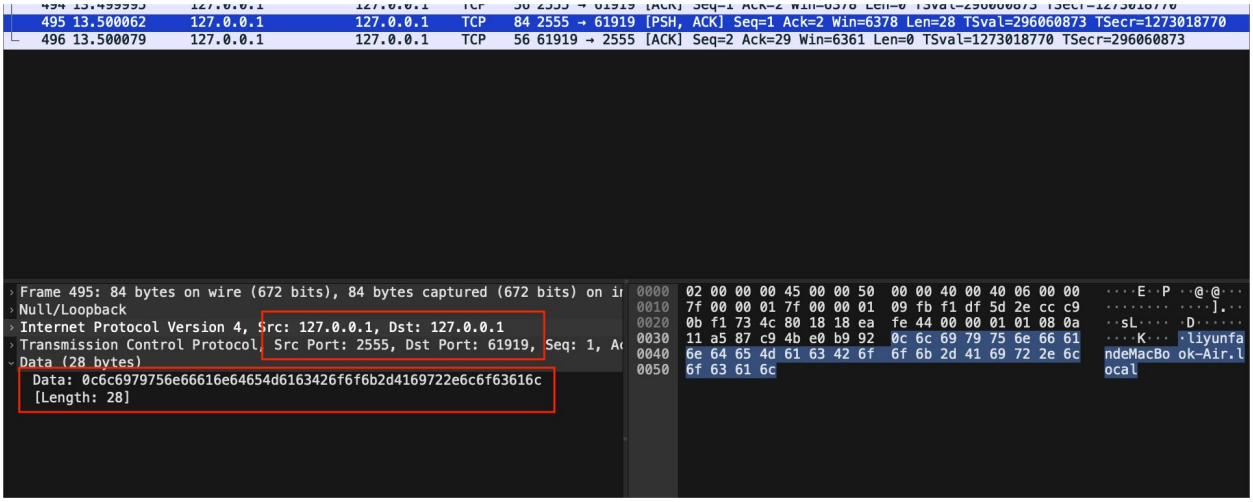
```
5 get server name
```

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）：

请求包:



响应包:



相关的服务器的处理代码片段:

```
    std::cout<<cfd<<" get server name"<<'\n';
    buffer_send[0] = 12;
    gethostname(buffer_send + strlen(buffer_send),
sizeof(buffer_send) - sizeof(char));
    send(cfd, buffer_send, strlen(buffer_send), 0);
    break;
```

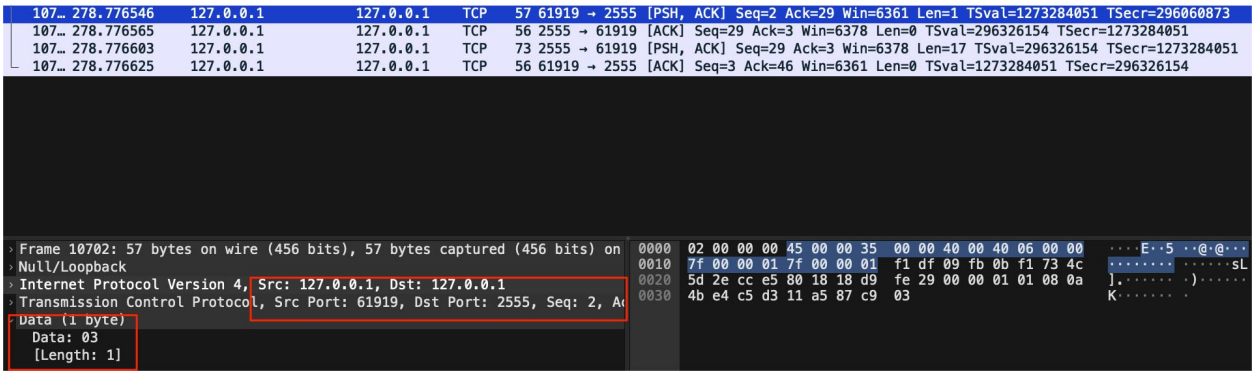
- 客户端选择获取客户端列表功能时，客户端和服务端显示内容截图。

```
> get_clients
0 127.0.0.1 61919
```

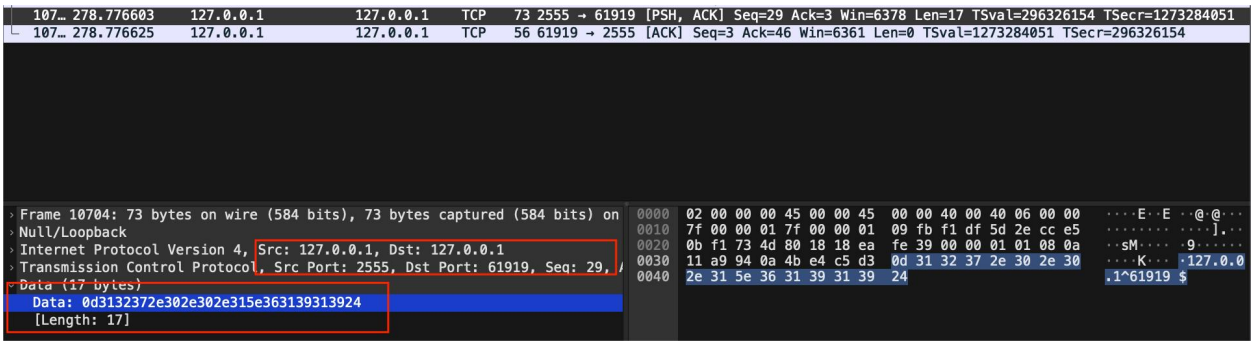
```
5 get server clients
```

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）：

请求包:



响应包:



相关的服务器的处理代码片段:

```
   std::cout<<cfd<<" get server clients"<<'\n';
   buffer_send[0] = 13;
   for (auto& it: clientList)
   {
   sprintf(buffer_send + strlen(buffer_send), "%s",
it.second.first.c_str());
   sprintf(buffer_send + strlen(buffer_send), "^");
   sprintf(buffer_send + strlen(buffer_send), "%d",
it.second.second);
   sprintf(buffer_send + strlen(buffer_send), "$");
   }
```

```
    send(cfd, buffer_send, strlen(buffer_send), 0);
    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：

```
> send 127.0.0.1 61919 hi
```

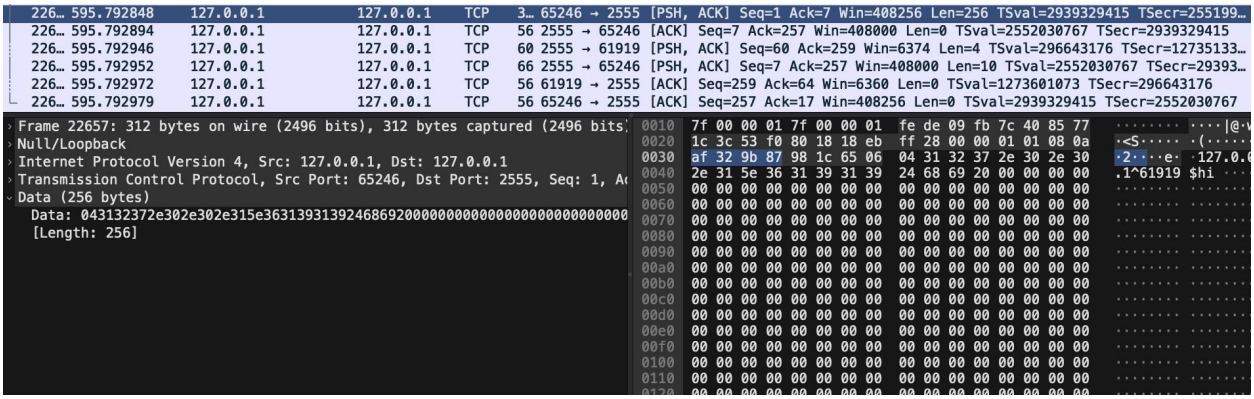
服务器：

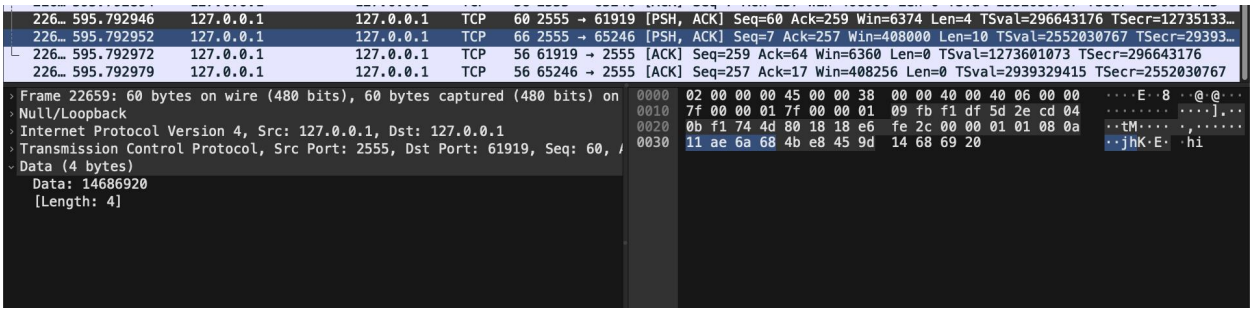
```
6 send message to 127.0.0.1:61919
```

接收消息的客户端：

```
hi
Success.
>
```

Wireshark 抓取的数据包截图（发送和接收分别标记）：





相关的服务器的处理代码片段:

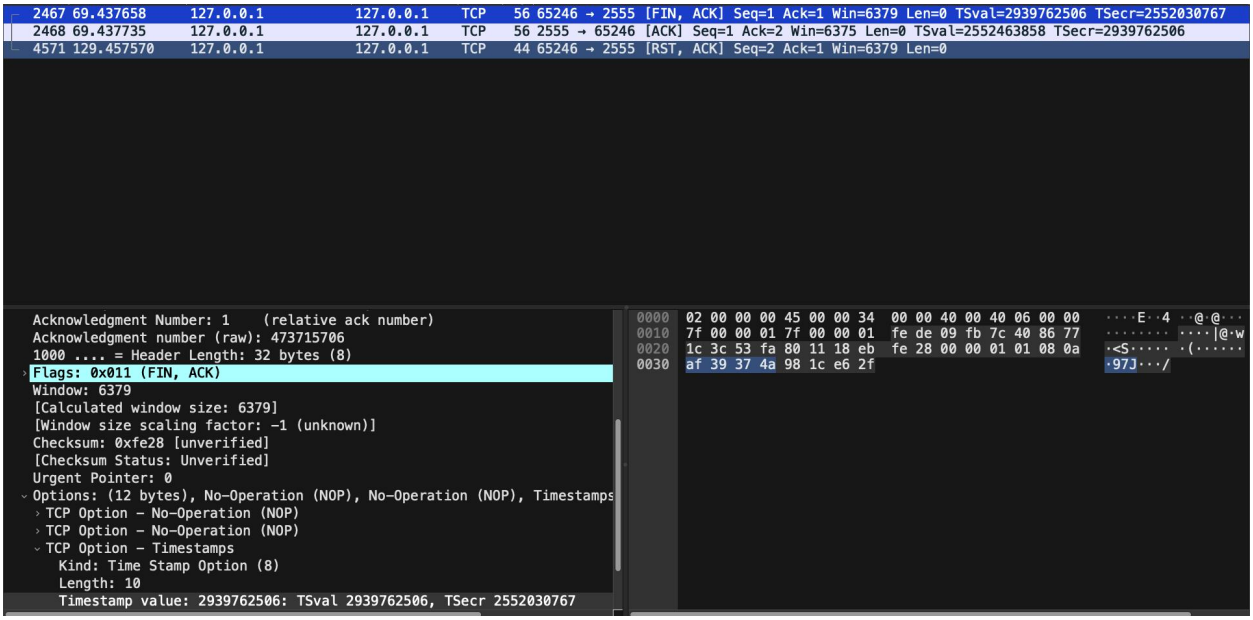
```
for (auto it = clientList.begin(); it != clientList.end();
++it)
{
if (it->second.first == ip_addr && it->second.second == port)
{
sock = it->first;
break;
}
}
std::cout<<cfd<<" send message to
"<<ip_addr<<":"<<port<<'\n';
buffer_send[0] = 14;
if (-1 == sock) sprintf(buffer_send + 1, "Fail.\n");
else
{
send_msg(sock, content);
sprintf(buffer_send + 1, "Success.\n");
}
send(cfd, buffer_send, strlen(buffer_send), 0);
```

相关的客户端（发送和接收消息）处理代码片段:

```
for (int i = 3; i < words.size(); ++i)
{
sprintf(buffer + strlen(buffer), "%s", words[i].c_str());
```

```
if (i != words.size()) sprintf(buffer + strlen(buffer), " ");
else sprintf(buffer + strlen(buffer), "\n");
}
send(sockfd, buffer, BUFFER_MAX, 0);
//receive
buffer[0] = 5;
sprintf(buffer + strlen(buffer), "receive");
send(sockfd, buffer, BUFFER_MAX, 0);
```

- 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。

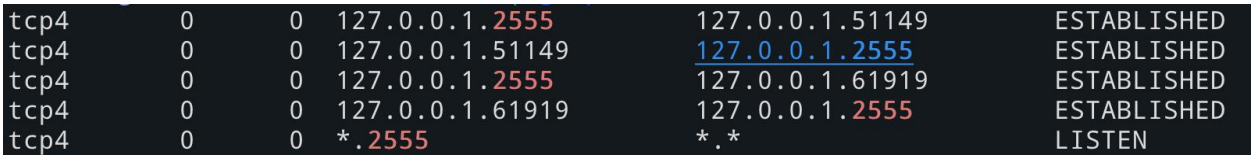


采用退出终端的方式模拟拔掉网线，可以观察到退出后状态变为了 FIN，也确实抓到了断开连接的包，但是由于采用的是退出终端的方式模拟，可能和真实情况有所差异，理论分析的结果应该是无法抓取到这个包

```
tcp4       0      0  127.0.0.1.2555         127.0.0.1.61919        ESTABLISHED
tcp4       0      0  127.0.0.1.61919        127.0.0.1.2555         ESTABLISHED
tcp4       0      0  *.2555                 *.*                    LISTEN
```

可以观察到连接消失了

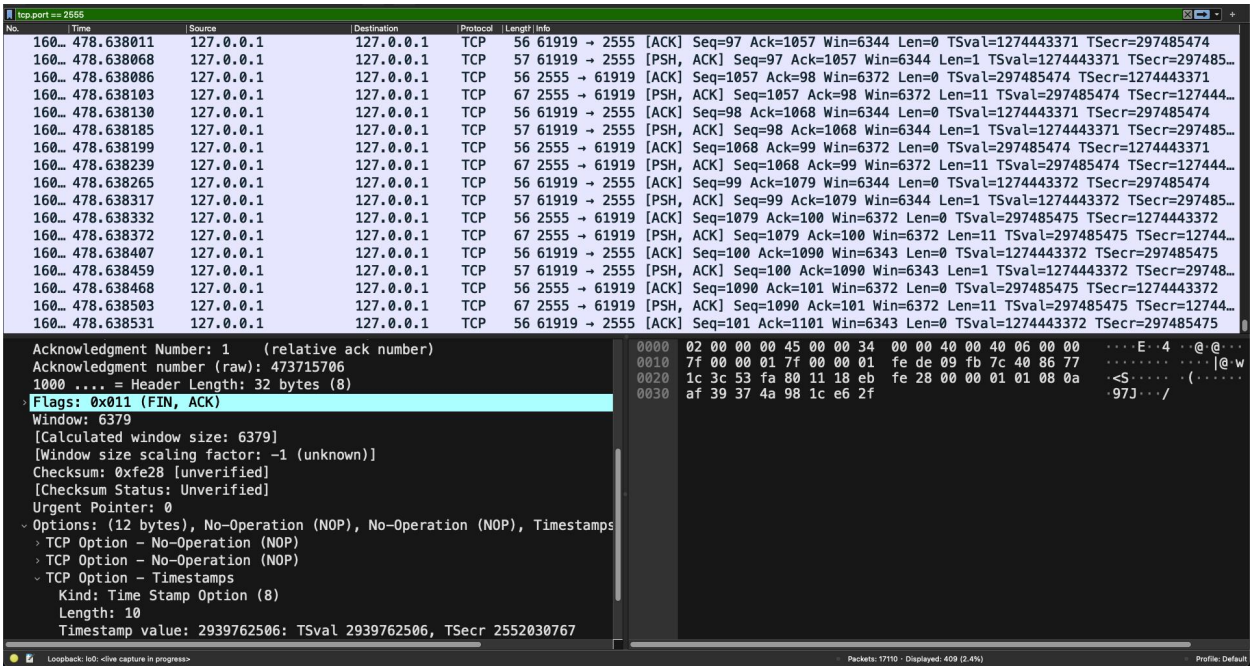
- 再次连上客户端的网线，重新运行客户端程序。选择连接功能，连上后选择获取客户端列表功能，查看之前异常退出的连接是否还在。选择给这个之前异常退出的客户端连接发送消息，出现了什么情况？



连接还在，但是无法发送消息

- 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。

```
67  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
68  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
69  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
70  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
71  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
72  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
73  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
74  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
75  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
76  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
77  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
78  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
79  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
80  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
81  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
82  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
83  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
84  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
85  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
86  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
87  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
88  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
89  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
90  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
91  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
92  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
93  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
94  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
95  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
96  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
97  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
98  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
99  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
100  times:  Server time: Sun Jan  1 01:42:54 2023
```



观察右下角可以发现减去原来的包数量正好为 400

- 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

```
63  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
64  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
65  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
66  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
67  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
68  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
69  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
70  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
71  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
72  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
73  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
74  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
75  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
76  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
77  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
78  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
79  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
80  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
81  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
82  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
83  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
84  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
85  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
86  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
87  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
88  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
89  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
90  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
91  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
92  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
93  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
94  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
95  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
96  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
97  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
98  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
99  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
100  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:54 2023
```

```
63  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
64  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
65  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
66  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
67  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
68  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
69  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
70  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
71  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
72  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
73  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
74  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
75  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
76  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
77  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
78  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
79  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
80  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
81  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
82  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
83  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
84  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
85  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
86  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
87  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
88  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
89  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
90  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
91  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
92  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
93  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
94  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
95  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
96  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
97  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
98  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
99  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
100  times:  Server time: Sun Jan  1 01:44:53 2023
```

```
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
7 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
5 get server time: 1672508693
```

六、 实验结果与分析

根据你编写的程序运行效果，分别解答以下问题（看完请删除本句）：

- 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？

  不需要;产生在调用 connect 的时候, socket 为客户自动分配了一个端口;不是保持不变的

- 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?

  不能

- 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?

  不完全一致，大数据测试时产生了偏差

- 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?

  通过句柄进行判断

- 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）

  断开连接后 TCP 连接状态为 FIN；大约 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?

  不会发生变化；用一个定时器隔一段时间对所有 Client 检测一次，看对应的 Ping 时间是否超时，如果是则直接关闭和释放资源

七、 讨论、心得

恰逢新冠疫情爆发，先是父母感染照顾父母，接着自己又感染，一直低烧将近 10 天都不退烧，父母康复了才带我去医院拿了药，因此晚了很久才交上，希望老师能原谅这次迟交