计算机网络实验报告（二）

> 专业：计算机科学与技术
> 学号：2011188
> 姓名：邵琦

一、实验要求

基于UDP服务设计可靠传输协议并编程实现（1）

利用数据报套接字在用户空间实现面向连接的可靠数据传输，功能包括：建立连接、差错检测、确认重传等。流量控制采用停等机制，完成给定测试文件的传输。

具体要求：

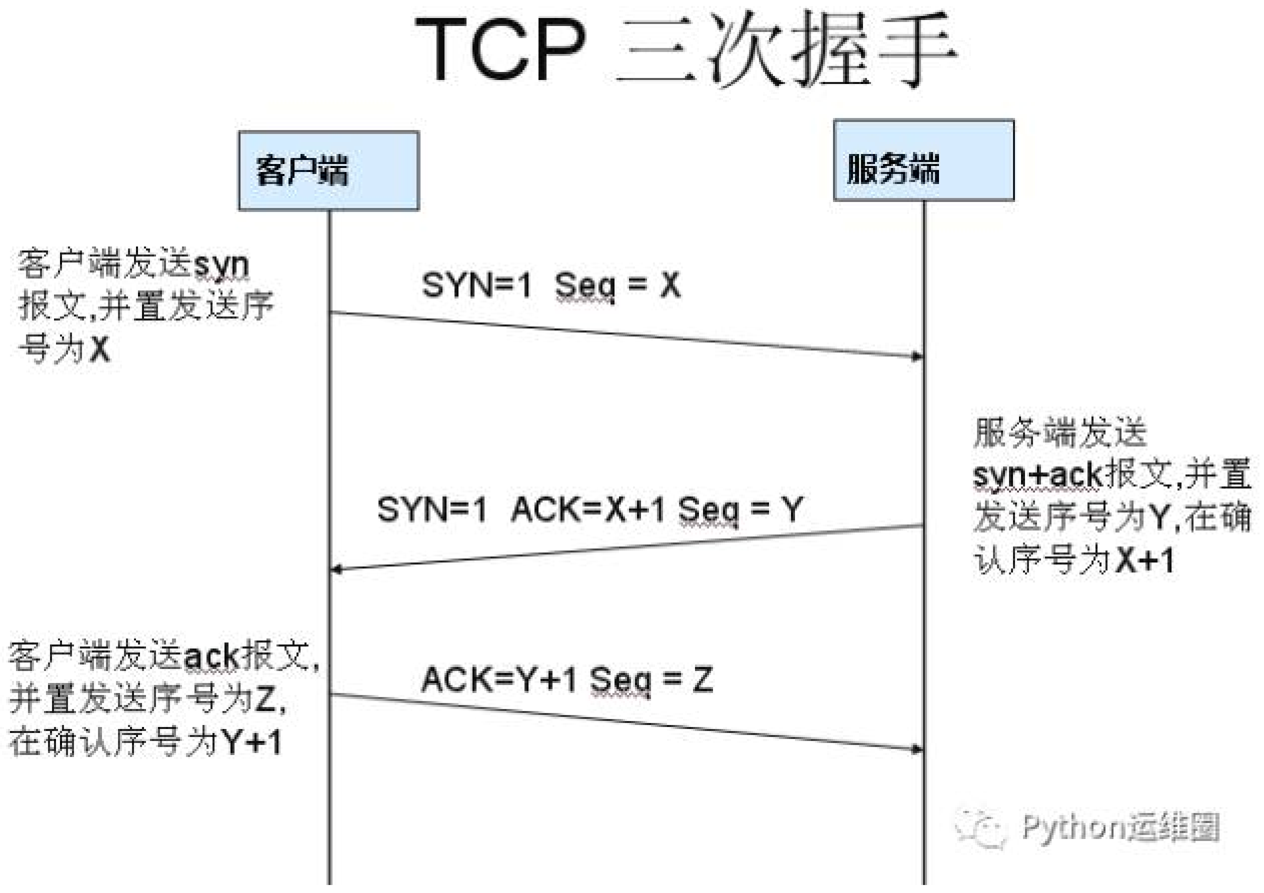
1. 实现单向传输。
2. 对于每一个任务要求给出详细的协议设计。
3. 给出实现的拥塞控制算法的原理说明。
4. 完成给定测试文件的传输，显示传输时间和平均吞吐率。
5. 性能测试指标：吞吐率、时延，给出图形结果并进行分析。
6. 完成详细的实验报告（每个任务完成一份）。
7. 编写的程序应结构清晰，具有较好的可读性。
8. 提交程序源码和实验报告。

二、实验设计

2.1 建立连接&断开连接

三次握手建立连接

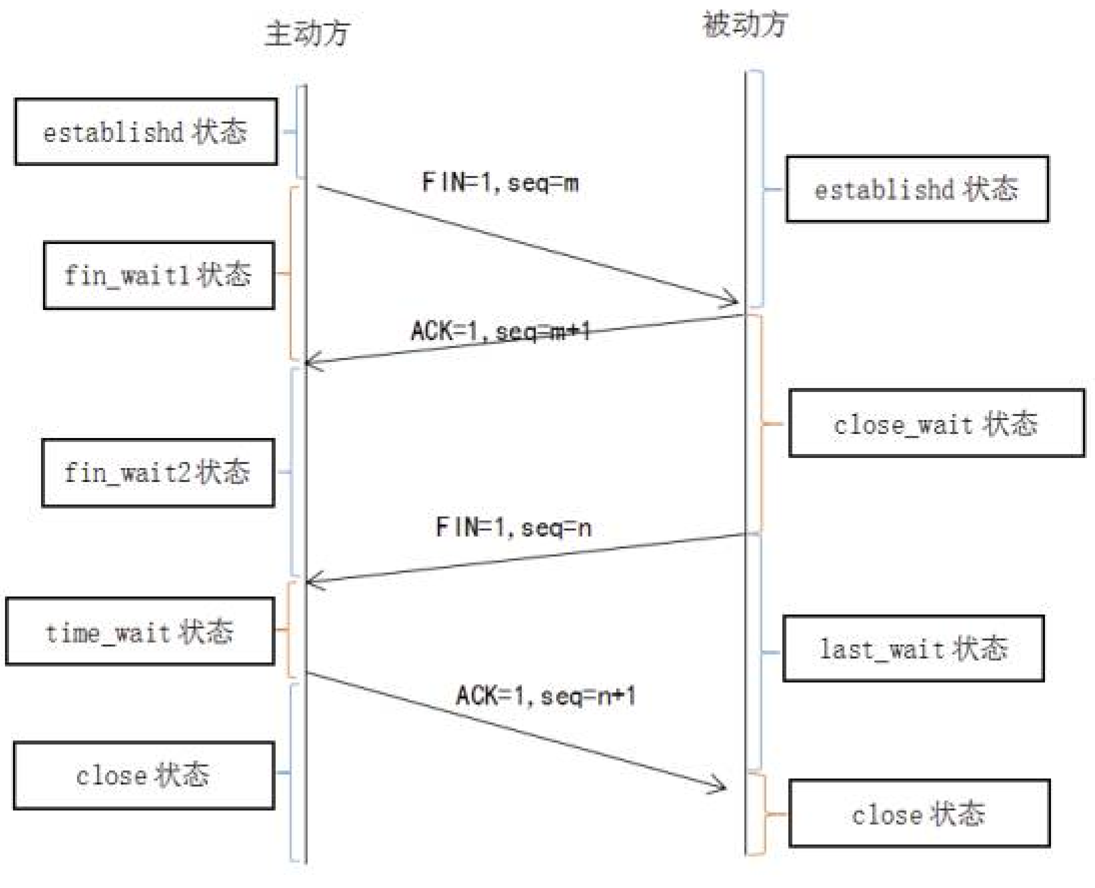
1. 第一次握手：客户端给服务端发一个SYN报文，并指明客户端的初始化序列号ISN。此时客户端处于SYN_SENT状态。
2. 第二次握手：服务器收到客户端的SYN报文之后，会以自己的SYN报文作为应答，并且也指定了自己的初始化序列号ISN(s)。同时会把客户端的ISN+1作为ACK的值，表示自己已经收到了客户端的SYN，此时服务器处于SYN_RCVD的状态。在确认报文段中SYN=1，ACK=1，确认号ACK=x+1，初始序号SEQ=y。
3. 第三次握手：客户端收到SYN报文之后，会发送一个ACK报文，当然，也是一样把服务器的ISN+1作为ACK的值，表示已经收到了服务端的SYN报文，此时客户端处ESTABLISHED状态。服务器收到ACK报文之后，也处于ESTABLISHED状态。
4. 此时，双方已建立起了连接。


TCP 三次握手
客户端
服务端
客户端发送syn报文,并置发送序号为X
SYN=1 Seq = X
服务端发送syn+ack报文,并置发送序号为Y,在确认序号为X+1
SYN=1 ACK=X+1 Seq = Y
客户端发送ack报文,并置发送序号为Z,在确认序号为Y+1
ACK=Y+1 Seq = Z
Python运维圈

四次挥手断开连接

1. 第一次挥手：客户端发送一个FIN报文，报文中会指定一个序列号。此时客户端处于FIN_WAIT1状态。即发出连接释放报文段（FIN=1，序号seq=u），并停止再发送数据，主动关闭TCP连接，进入FIN_WAIT1（终止等待1）状态，等待服务端的确认。
2. 第二次挥手：服务端收到FIN之后，会发送ACK报文，且把客户端的序列号值+1作为ACK报文的序列号值，表明已经收到客户端的报文了，此时服务端处于CLOSE_WAIT状态。即服务端收到连接释放报文段后即发出确认报文段（ACK=1，确认号ack=u+1，序号seq=v），服务端进入CLOSE_WAIT（关闭等待）状态，此时的TCP处于半关闭状态，客户端到服务端的连接释放。客户端收到服务端的确认后，进入FIN_WAIT2（终止等待2）状态，等待服务端发出的连接释放报文段。
3. 第三次挥手：如果服务端也断开连接，和客户端的第一次挥手一样，发给FIN报文，且指定一个序列号。此时服务端处于LAST_ACK的状态。
   即服务端没有要向客户端发出的数据，服务端发出连接释放报文段（FIN=1，ACK=1，序号seq=w，确认号ack=u+1），服务端进入LAST_ACK（最后确认）状态，等待客户端的确认。
4. 第四次挥手：客户端收到FIN之后，一样发送一个ACK报文作为应答，且把服务端的序列号值+1作为自己ACK报文的序列号值，此时客户端处于TIME_WAIT状态。需要过一阵子以确保服务端收到自己的ACK报文之后才会进入CLOSED状态，服务端收到ACK报文之后，就处于关闭连接了，处于CLOSED状态。即客户端收到服务端的连接释放报文段后，对此发出确认报文段（ACK=1，

seq=u+1，ack=w+1），客户端进入TIME_WAIT（时间等待）状态。此时TCP未释放掉，需要经过时间等待计时器设置的时间2MSL后，客户端才进入CLOSED状态。
5. 此时，双方已断开了连接。



TCP 关闭连接（四次握手）

2.2 数据传输

发送端和接收端的接收机均采用rdt3.0进行数据传输。

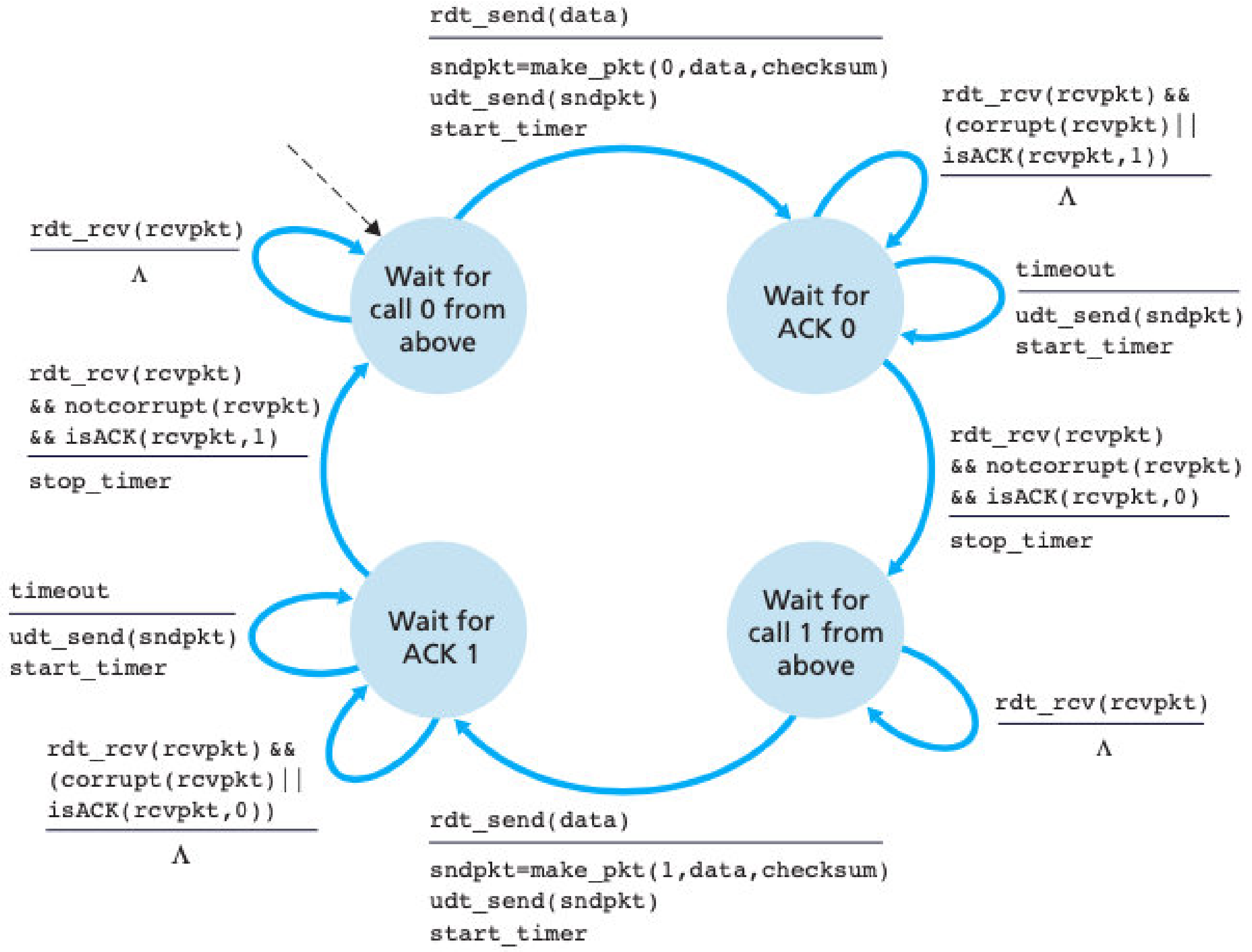
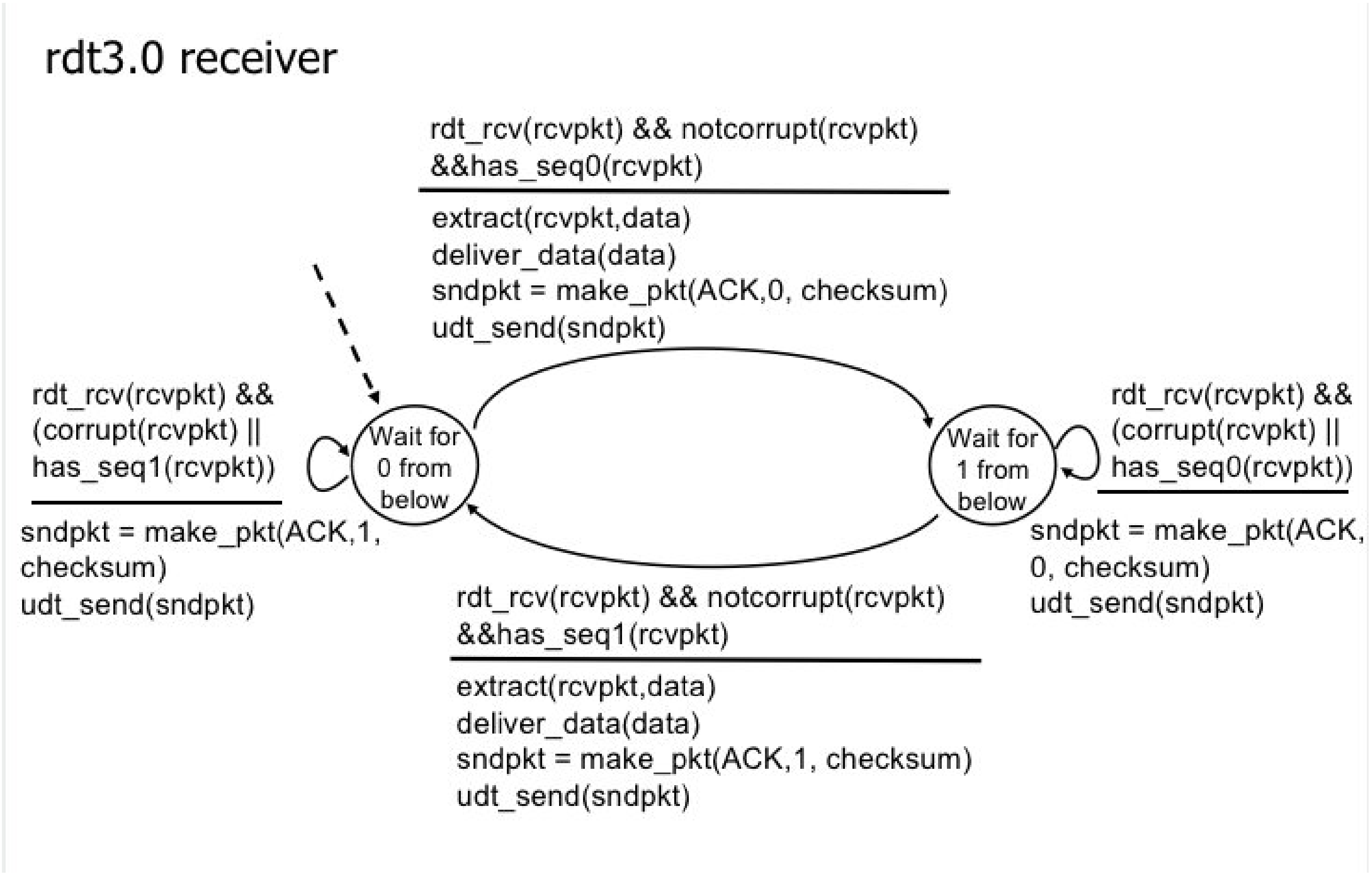

rdt_send(data)
sndpkt=make_pkt(0,data,checksum)
udt_send(sndpkt)
start_timer
rdt_rcv(rcvpkt) && (corrupt(rcvpkt)|| isACK(rcvpkt,1))
Λ
rdt_rcv(rcvpkt)
Λ
Wait for call 0 from above
Wait for ACK 0
timeout
udt_send(sndpkt)
start_timer
rdt_rcv(rcvpkt) && notcorrupt(rcvpkt) && isACK(rcvpkt,1)
stop_timer
rdt_rcv(rcvpkt) && notcorrupt(rcvpkt) && isACK(rcvpkt,0)
stop_timer
timeout
udt_send(sndpkt)
start_timer
Wait for ACK 1
Wait for call 1 from above
rdt_rcv(rcvpkt)
Λ
rdt_rcv(rcvpkt) && (corrupt(rcvpkt)|| isACK(rcvpkt,0))
Λ
rdt_send(data)
sndpkt=make_pkt(1,data,checksum)
udt_send(sndpkt)
start_timer

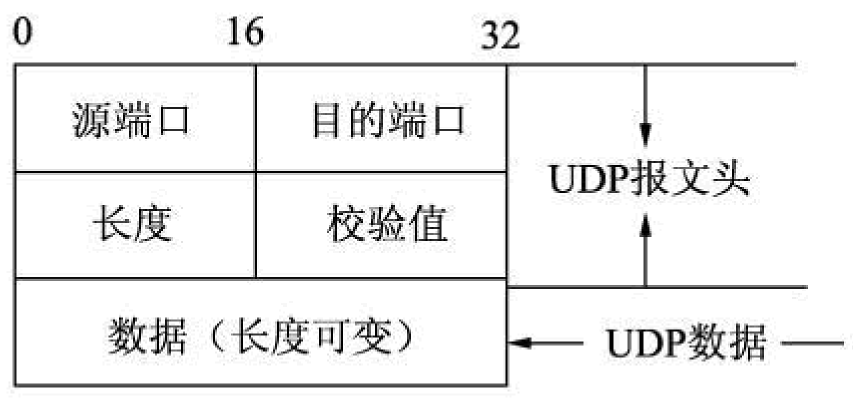
Figure 3.15 ♦ rdt3.0 sender



数据在传输时，将一个文件分为数个包进行分段传输，每个包的内容为数据头+数据。在传输时，需要接受到上一个发送包序号的ACK=1才能发送下一个数据包；接收端接收到了一个数据包，先要进行校验，如果检查无误，则向发送放返回该序列号的ACK=1。在一定时间内，如果没有收到该序列号的ACK=1，将会重新传输该包。如果接收端收到了重复的包裹，则将其中一个丢弃，但仍需要向发送方发送该序列号的ACK=1。在最后，发送方需要向接收端发送一个FIN=1，ACK=1，SYN=1的包裹，表示文件传输结束；接收端收到该包裹后，需要向发送方返回一个ACK=1，表示收到文件传输结束的信号。

三、代码实现

3.1 报文格式



报文头长度为48位

前16位为数据长度，用于记录数据区的大小

17-32位为校验和，用于检验传输的正确性

33-40位为标志位，只使用低3位，分别为FIN，ACK，SYN

40-48位为传输的数据包的序号，0-255循环使用

```
const int MAXSIZE = 1024;//传输缓冲区最大长度
const unsigned char SYN = 0x1;          //SYN = 1 ACK = 0
const unsigned char ACK = 0x2;          //SYN = 0, ACK = 1
const unsigned char ACK_SYN = 0x3;      //SYN = 1, ACK = 1
const unsigned char FIN = 0x4;          //FIN = 1 ACK = 0
const unsigned char FIN_ACK = 0x6;      //FIN = 1 ACK = 1
const unsigned char OVER = 0x7;         //结束标志
double MAXTIMEOUT = CLOCKS_PER_SEC;//最大时延

#pragma pack(1)
//报文格式
struct HEADER
{
        u_short sum = 0;//校验和 (16位)
        u_short datasize = 0;//数据长度 (16位)
        unsigned char flag = 0;//FIN, ACK, SYN (8位)
        unsigned char seq = 0;//传输序列号 (8位)
        HEADER()
        {
                sum = 0;
                datasize = 0;
                flag = 0;
                seq = 0;
        }
};
#pragma pack()
```

3.2 计算校验和

发送方生成检验和

1. 发送方将发送的进行检验和运算的数据分成若干个16位的位串，每个位串看成一个二进制数。
2. 将首部中的检验和字段置为0，该字段也参与检验和运算。
3. 对这些16位的二进制数进行1的补码和运算，累加的结果再取反码即生成了检验码。将检验码放入检验和字段中。其中1的补码和运算，即带循环进位的加法，最高位有进位应循环进到最低位。

接收方校验检验和

1. 接收方将接收的数据(包括检验和字段)按发送方的同样的方法进行1的补码和运算，累加的结果再取反码。
2. 进行校验，如果结果为0，表示传输正确；否则，说明传输有差错。

```
//差错检测：计算校验和
u_short CheckSum(u_short* message, int size)
{
        int count = (size + 1) / 2;
        u_short* buffer = (u_short*)malloc(size + 1);
        memset(buffer, 0, size + 1);
        memcpy(buffer, message, size);
        u_long sum = 0;
        while (count != 0)
        {
                sum += *buffer;
                buffer++;
                count--;
                if (sum & 0xffff0000)
                {
                        sum &= 0xffff;
                        sum++;
                }
        }
        return ~(sum & 0xffff);
}
```

3.3 建立连接（三次握手)

服务器端

```
//建立连接
int Connect(SOCKET& sockServ, SOCKADDR_IN& ClientAddr, int& ClientAddrLen)
{
	HEADER header;
	char* buffer = new char[sizeof(header)];
	//第一次握手（接收）
	while (1)
	{
		if (recvfrom(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (SOCKADDR*)&ClientAddr, &Clier
		{
			cout << 1 << endl;
			return 0;
		}
		memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
		if (header.flag == SYN && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)
		{
			cout << "第一次握手成功" << endl;
			break;
		}
	}

	//第二次握手（发送）
	header.flag = ACK_SYN;
	header.sum = 0;
	header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
	memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
	if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, ClientAddrLen) =
	{
		return 0;
	}
	clock_t start = clock();//发送时间

	//第三次握手（接收）
	while (recvfrom(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, &ClientAddr
	{
		if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
		{
			header.flag = ACK_SYN;
			header.sum = 0;
			header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
			memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
			if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr,
			{
				return 0;
			}
			cout << "第二次握手超时，正在重传" << endl;
		}
	}
	cout << "第二次握手成功" << endl;
	HEADER temp_header;
```

```
        memcpy(&temp_header, buffer, sizeof(temp_header));
        if (temp_header.flag == ACK && CheckSum((u_short*)&temp_header, sizeof(temp_header)) ==
        {
                cout << "第三次握手成功" << endl;
        }
        else
        {
                cout << "连接发生错误! " << endl;
                return 0;
        }
        cout << "三次握手结束，连接成功" << endl;
        return 1;
}
```

客户端

```
int Connect(SOCKET& socketClient, SOCKADDR_IN& servAddr, int& servAddrlen)
{
        HEADER header;
        char* buffer = new char[sizeof(header)];
        //第一次握手（发送）
        header.flag = SYN;
        header.sum = 0;
        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        if (sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrlen) =
        {
                return 0;
        }
        //cout << "第一次握手成功" << endl;
        clock_t start = clock();
        //设置为非阻塞的socket
        u_long mode = 1;
        ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);

        //第二次握手（接收）
        while (recvfrom(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, &servAddr
        {
                if (clock() - start > MAXTIMEOUT)//超时，重新传输第一次握手
                {
                        header.flag = SYN;
                        header.sum = 0;
                        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                        sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, se
                        start = clock();
                        cout << "第一次握手超时，正在重传" << endl;
                }
        }
        cout << "第一次握手成功" << endl;
        memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
        if (header.flag == ACK_SYN  && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)
        {
                cout << "第二次握手成功" << endl;
        }
        else
        {
                cout << "连接发生错误！" << endl;
                return 0;
        }

        //第三次握手（发送）
        header.flag = ACK;
        header.sum = 0;
        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
        if (sendto(socketClient, (char*)&header, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAc
        {
                return 0;
        }
        cout << "第三次握手成功" << endl;
        cout << "三次握手结束，连接成功" << endl;
}
```

3.4 断开连接（四次挥手）

服务器端

```
int DisConnect(SOCKET& sockServ, SOCKADDR_IN& ClientAddr, int& ClientAddrLen)
{
        HEADER header;
        char* buffer = new char[sizeof(header)];
        //第一次挥手（接收）
        while (1)
        {
                if (recvfrom(sockServ, buffer, sizeof(header) + MAXSIZE, 0, (sockaddr*)&ClientAc
                {
                        return 0;
                }
                memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
                if (header.flag == FIN && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)
                {
                        cout << "第一次挥手成功" << endl;
                        break;
                }
        }

        //第二次挥手（发送）
        header.flag = ACK;
        header.sum = 0;
        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, ClientAddrLen) =
        {
                return 0;
        }

        //第三次挥手（发送）
        header.flag = FIN_ACK;
        header.sum = 0;
        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, ClientAddrLen) =
        {
                return 0;
        }
        clock_t start = clock();

        //第四次挥手（接收）
        while (recvfrom(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, &ClientAddr
        {
                if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
                {
                        header.flag = ACK;
                        header.sum = 0;
                        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                        if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr,
                {
                        return 0;
                }
                header.flag = FIN_ACK;
                header.sum = 0;
                header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr,
                {
                        return 0;
                }
                cout << "第二/三次挥手超时，正在重传" << endl;
        }
}
cout << "第二次&第三次挥手成功" << endl;
HEADER temp_header;
memcpy(&temp_header, buffer, sizeof(header));
if (temp_header.flag == ACK && CheckSum((u_short*)&temp_header, sizeof(temp_header)) ==
{
        cout << "第四次挥手成功" << endl;
}
else
{
        cout << "连接发生错误！" << endl;
        return 0;
}

cout << "四次挥手结束，连接断开" << endl;
return 1;
```
}

客户端

```
int DisConnect(SOCKET& socketClient, SOCKADDR_IN& servAddr, int& servAddrlen)
{
        HEADER header;
        char* buffer = new char[sizeof(header)];
        //第一次挥手（发送）
        header.flag = FIN;
        header.sum = 0;
        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        if (sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrlen) =
        {
                return 0;
        }
        clock_t start = clock();
        u_long mode = 1;
        ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);

        //第二次挥手（接收）
L: while (recvfrom(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, &servAddrlen)
{
        if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
        {
                header.flag = FIN;
                header.sum = 0;
                header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrle
                start = clock();
                cout << "第一次挥手超时，正在重传" << endl;
        }
}
cout << "第一次挥手成功" << endl;
memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
if (header.flag == ACK && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)
{
        cout << "第二次挥手成功" << endl;
}
else
{
        cout << "连接发生错误！" << endl;
        return 0;
}
start = clock();

//第三次挥手（接收）
while (recvfrom(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, &servAddrlen) <=
{
        if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
        {
                header.flag = FIN;
                header.sum = 0;
                header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrle
                start = clock();
                cout << "第三次挥手超时，正在重传" << endl;
                goto L;
        }
}
memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
if (header.flag == FIN_ACK && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)
{
        cout << "第三次挥手成功" << endl;
}
else
{
        cout << "连接发生错误！" << endl;
        return 0;
}

//第四次挥手（发送）
header.flag = ACK;
header.sum = 0;
header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
if (sendto(socketClient, (char*)&header, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrlen) =
{
        return 0;
}
cout << "第四次挥手成功" << endl;
cout << "四次挥手结束，连接断开" << endl;
return 1;
}
```

3.5 数据传输

服务器端（接收）

```
int ReceiveMessage(SOCKET& sockServ, SOCKADDR_IN& ClientAddr, int& ClientAddrLen, char* message)
{
        HEADER header;
        int FileLen = 0;
        char* buffer = new char[MAXSIZE + sizeof(header)];
        int seq = 0;
        while (1)
        {
                int len = recvfrom(sockServ, buffer, sizeof(header) + MAXSIZE, 0, (sockaddr*)&Cl
                memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
                if (header.flag == OVER && CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header)) == 0)//判
                {
                        cout << "文件接收成功" << endl;
                        break;
                }
                if (header.flag == unsigned char(0) && CheckSum((u_short*)buffer, len) == 0)
                {
                        if (seq != int(header.seq))//判断是否接受的是别的包
                        {
                                //返回ACK
                                header.flag = ACK;
                                header.datasize = 0;
                                header.seq = (unsigned char)seq;
                                header.sum = 0;
                                header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                                //重发ACK
                                sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAc
                                cout << "Send to Client\tACK:" << (int)header.seq << "\tSEQ:" <<
                                continue;//丢弃数据包
                        }
                        seq = (int)header.seq;
                        if (seq > 255)
                        {
                                seq -= 256;//seq:0~255
                        }
                        //取出buffer中的内容
                        cout << "Receive message:" << len - sizeof(header) << "bytes" << "\tFlag
                        char* temp = new char[len - sizeof(header)];
                        memcpy(temp, buffer + sizeof(header), len - sizeof(header));
                        memcpy(message + FileLen, temp, len - sizeof(header));
                        FileLen += int(header.datasize);
                        //返回ACK
                        header.flag = ACK;
                        header.datasize = 0;
                        header.seq = (unsigned char)seq;
                        header.sum = 0;
                        header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                        //重发ACK
                sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, Clie
                cout << "Send to Client" << "\tACK:" << int(header.seq) << "\tSEQ:" << i
                seq++;
                if (seq > 255)
                {
                        seq -= 256;
                }
        }
    }
    //结束
    header.flag = OVER;
    header.sum = 0;
    header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
    memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
    if (sendto(sockServ, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&ClientAddr, ClientAddrLen) =
    {
            return 0;
    }
    return FileLen;
}
```

客户端（发送）

发送单个数据包

```
//发送单个数据包
void SendPacket(SOCKET& socketClient, SOCKADDR_IN& servAddr, int& servAddrlen, char* message, ir
{
        HEADER header;
        char* buffer = new char[MAXSIZE + sizeof(header)];
        header.datasize = len;
        header.seq = unsigned char(order);//序列号
        header.flag = unsigned char(0x0);
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        memcpy(buffer + sizeof(header), message, sizeof(header) + len);
        header.sum = CheckSum((u_short*)buffer, sizeof(header) + len);
        memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
        sendto(socketClient, buffer, len + sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrlen)
        cout << "Send message:" << len << "bytes" << "\tFlag:" << int(header.flag) << "\tSEQ:" <
        clock_t start = clock();
        //接收ACK等信息
        while (1)
        {
                u_long mode = 1;
                ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);
                while (recvfrom(socketClient, buffer, MAXSIZE, 0, (sockaddr*)&servAddr, &servAdc
                {
                        if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
                        {
                                header.datasize = len;
                                header.seq = unsigned char(order);
                                header.flag = unsigned char(0x0);
                                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                                memcpy(buffer + sizeof(header), message, sizeof(header) + len);
                                //header.sum = 0;
                                header.sum = CheckSum((u_short*)buffer, sizeof(header) + len);
                                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                                sendto(socketClient, buffer, len + sizeof(header), 0, (sockaddr*
                                cout << "发送超时，正在重传" << endl;
                                cout<<"Resend message:"<<len<<"bytes"<<"\tFlag:"<<int(header.fla
                                start = clock();
                        }
                }
                memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
                if (header.seq == unsigned char(order) && header.flag == ACK)
                {
                        cout<<"发送成功"<< "\tFlag:" << int(header.flag) << "\tSEQ:" << int(heade
                        break;
                }
        }
        u_long mode = 0;
        ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);//改回阻塞模式
}
```

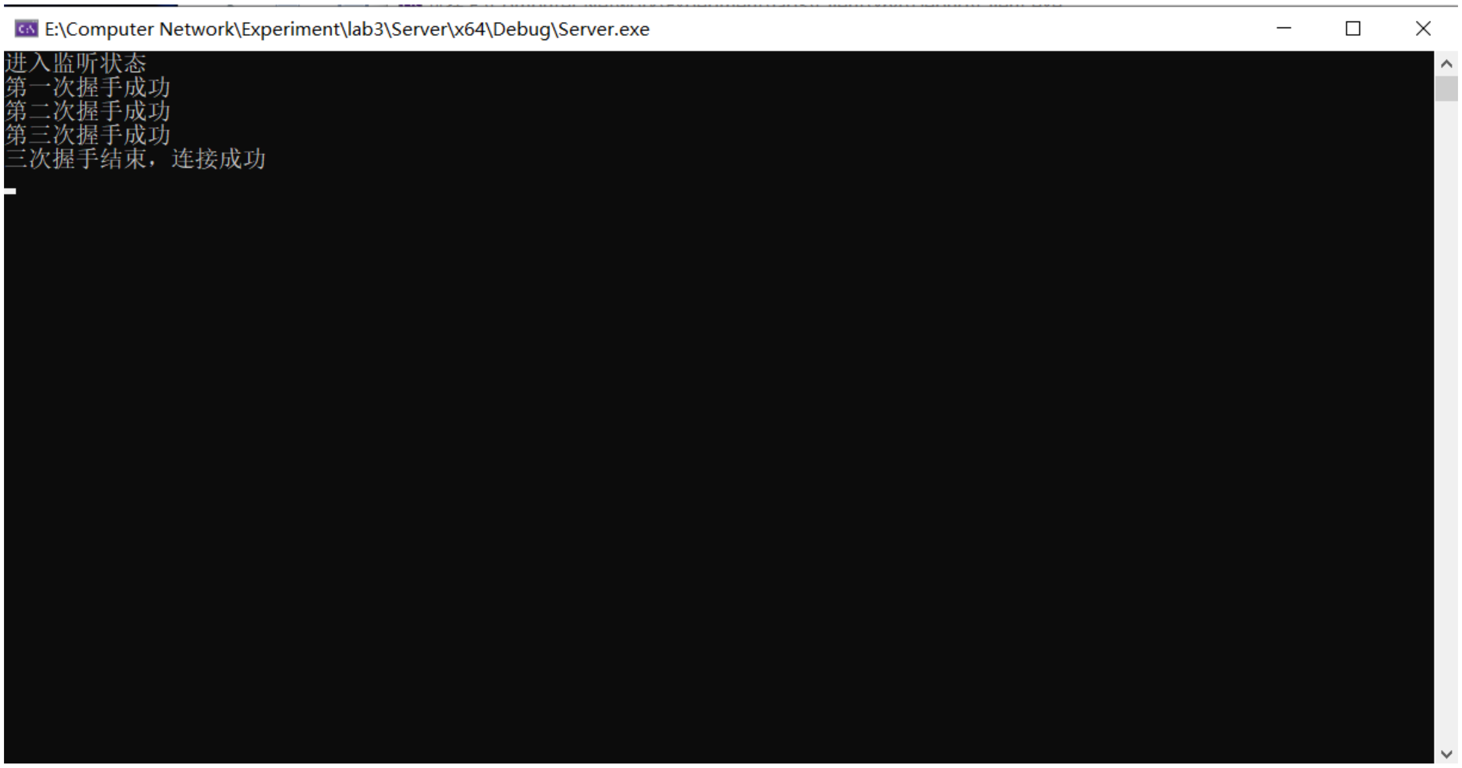
发送文件

```
//发送整个文件
void Send(SOCKET& socketClient, SOCKADDR_IN& servAddr, int& servAddrlen, char* message, int len)
{
	int PacketNum;
	int seqnum = 0;
	if (len % MAXSIZE == 0)
	{
		PacketNum = len / MAXSIZE;
	}
	else
	{
		PacketNum = len / MAXSIZE + 1;
	}
	for (int i = 0; i < PacketNum; i++)
	{
		int templen;
		if (PacketNum == i + 1)
		{
			templen = len - i * MAXSIZE;
		}
		else
		{
			templen = MAXSIZE;
		}
		//cout << message<<endl;
		SendPacket(socketClient, servAddr, servAddrlen, message + i * MAXSIZE, templen,
		seqnum++;
		if (seqnum > 255)
		{
			seqnum -= 256;
		}
	}
	//发送结束信息
	HEADER header;
	char* buffer = new char[sizeof(header)];
	header.flag = OVER;
	header.sum = 0;
	header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
	memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
	sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&servAddr, servAddrlen);
	cout << "发送结束" << endl;
	clock_t start = clock();
	while (1)
	{
		u_long mode = 1;
		ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);
		while (recvfrom(socketClient, buffer, MAXSIZE, 0, (sockaddr*)&servAddr, &servAdc
		{
			if (clock() - start > MAXTIMEOUT)
			{
```

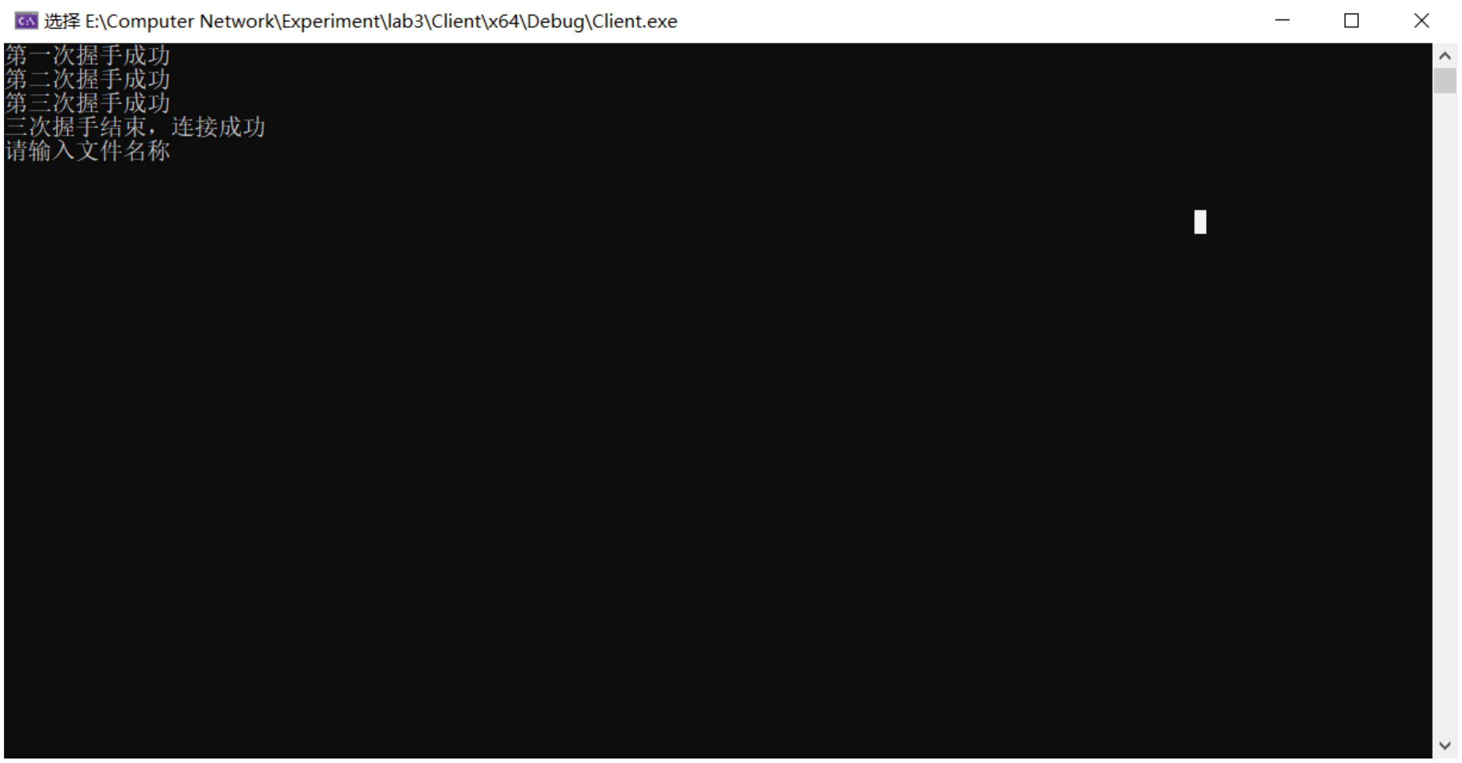
```
                                char* buffer = new char[sizeof(header)];
                                header.flag = OVER;
                                header.sum = 0;
                                header.sum = CheckSum((u_short*)&header, sizeof(header));
                                memcpy(buffer, &header, sizeof(header));
                                sendto(socketClient, buffer, sizeof(header), 0, (sockaddr*)&serv
                                cout << "结束超时，正在重传" << endl;
                                start = clock();
                        }
                }
                memcpy(&header, buffer, sizeof(header));
                if (header.flag == OVER)
                {
                        cout << "发送成功，对方已成功接收文件" << endl;
                        break;
                }
        }
        u_long mode = 0;
        ioctlsocket(socketClient, FIONBIO, &mode);
}
```

四、实验结果

4.1 三次挥手建立连接



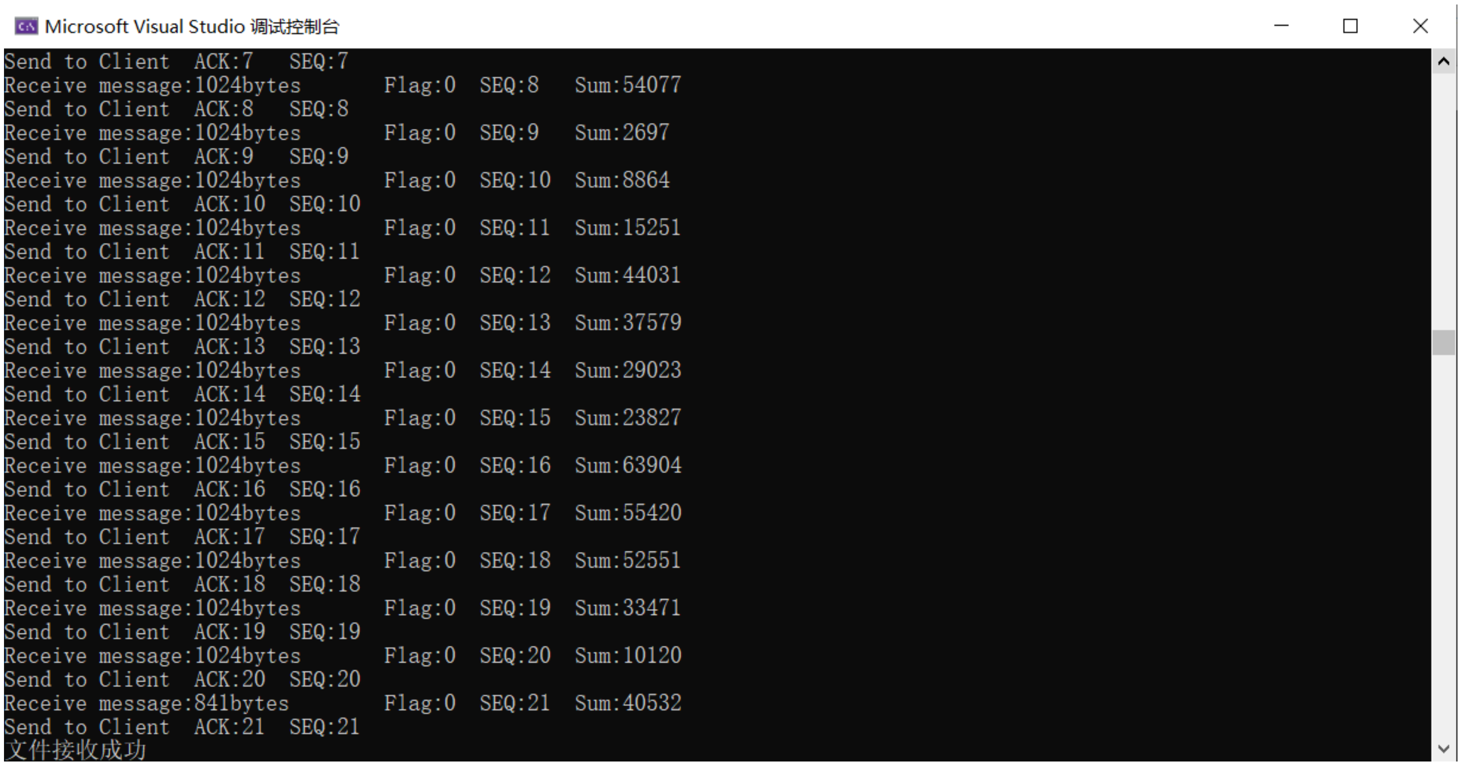
```
E:\Computer Network\Experiment\lab3\Server\x64\Debug\Server.exe
进入监听状态
第一次握手成功
第二次握手成功
第三次握手成功
三次握手结束，连接成功
```



选择 E:\Computer Network\Experiment\lab3\Client\x64\Debug\Client.exe

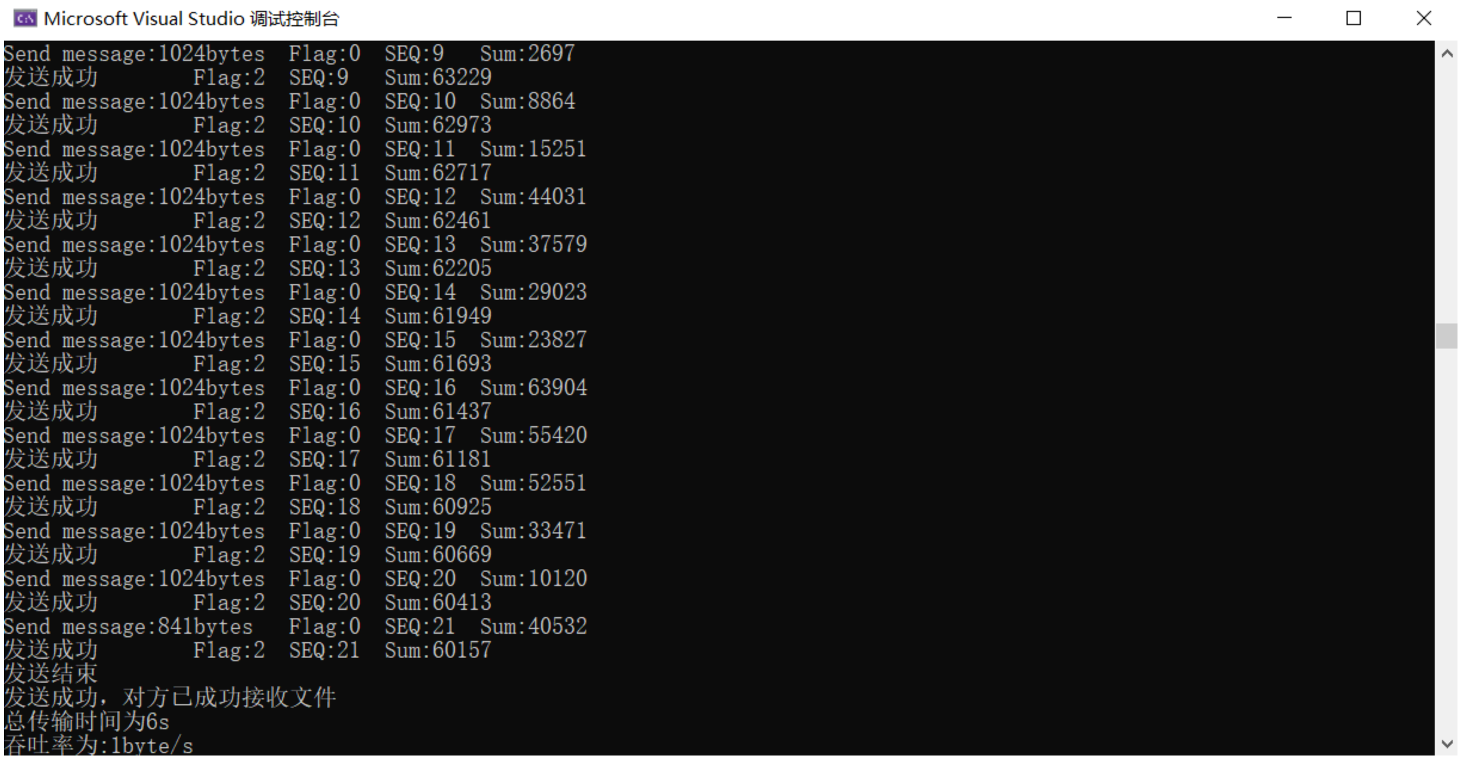
```
第一次握手成功
第二次握手成功
第三次握手成功
三次握手结束，连接成功
请输入文件名称
```

4.2 数据传输



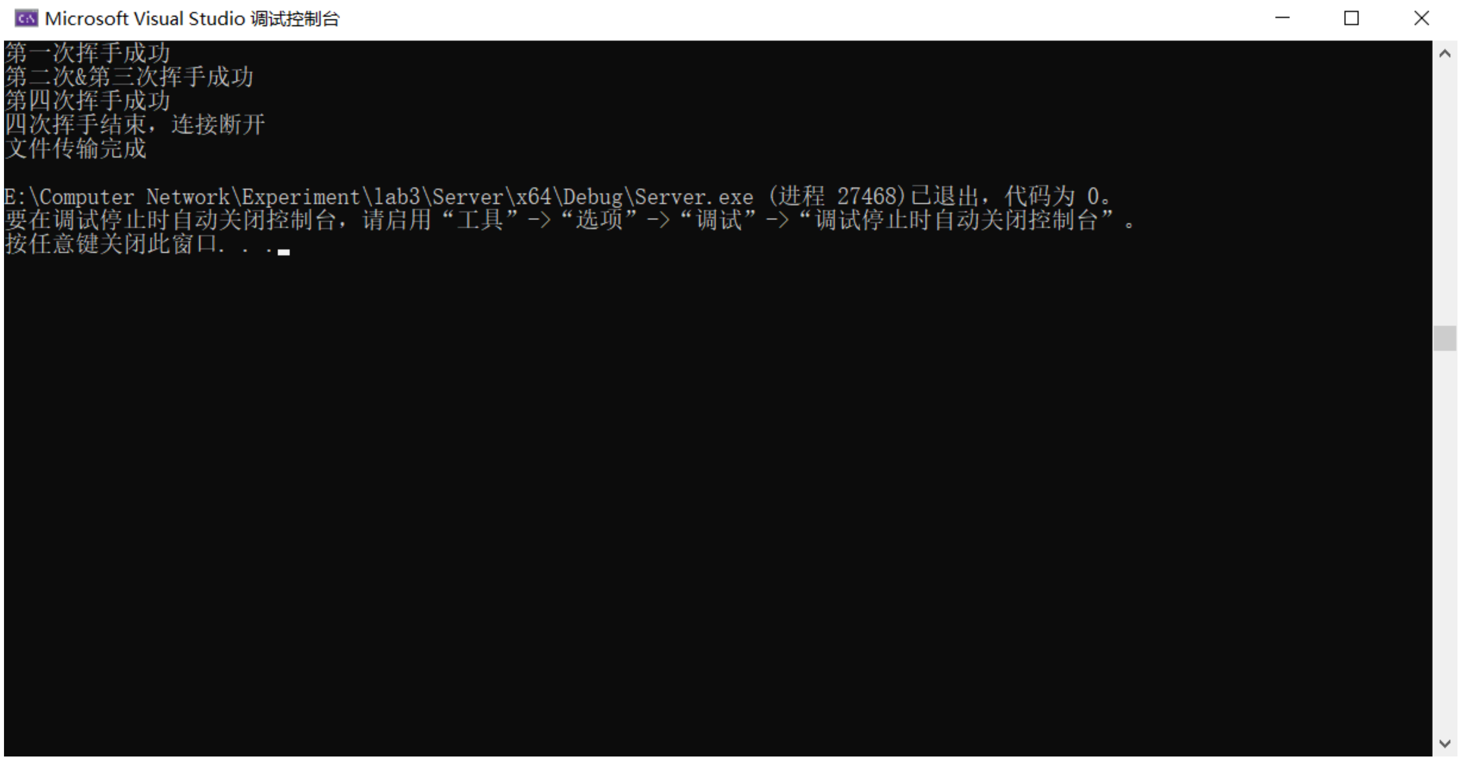
Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
Send to Client  ACK:7   SEQ:7
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:8   Sum:54077
Send to Client  ACK:8   SEQ:8
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:9   Sum:2697
Send to Client  ACK:9   SEQ:9
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:10  Sum:8864
Send to Client  ACK:10  SEQ:10
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:11  Sum:15251
Send to Client  ACK:11  SEQ:11
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:12  Sum:44031
Send to Client  ACK:12  SEQ:12
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:13  Sum:37579
Send to Client  ACK:13  SEQ:13
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:14  Sum:29023
Send to Client  ACK:14  SEQ:14
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:15  Sum:23827
Send to Client  ACK:15  SEQ:15
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:16  Sum:63904
Send to Client  ACK:16  SEQ:16
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:17  Sum:55420
Send to Client  ACK:17  SEQ:17
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:18  Sum:52551
Send to Client  ACK:18  SEQ:18
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:19  Sum:33471
Send to Client  ACK:19  SEQ:19
Receive message:1024bytes       Flag:0  SEQ:20  Sum:10120
Send to Client  ACK:20  SEQ:20
Receive message:841bytes        Flag:0  SEQ:21  Sum:40532
Send to Client  ACK:21  SEQ:21
文件接收成功
```


Microsoft Visual Studio 调试控制台

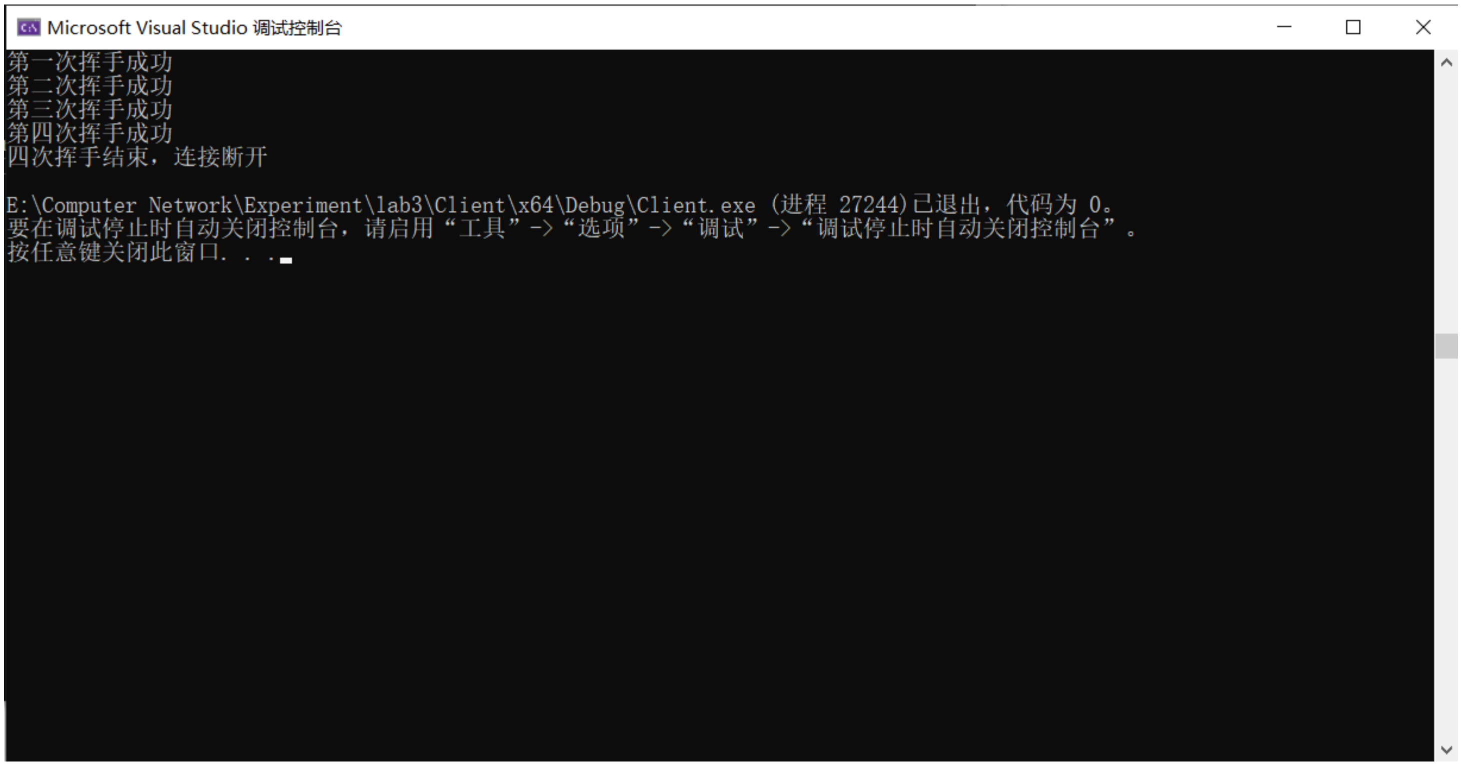
```
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:9   Sum:2697
发送成功        Flag:2  SEQ:9   Sum:63229
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:10  Sum:8864
发送成功        Flag:2  SEQ:10  Sum:62973
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:11  Sum:15251
发送成功        Flag:2  SEQ:11  Sum:62717
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:12  Sum:44031
发送成功        Flag:2  SEQ:12  Sum:62461
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:13  Sum:37579
发送成功        Flag:2  SEQ:13  Sum:62205
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:14  Sum:29023
发送成功        Flag:2  SEQ:14  Sum:61949
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:15  Sum:23827
发送成功        Flag:2  SEQ:15  Sum:61693
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:16  Sum:63904
发送成功        Flag:2  SEQ:16  Sum:61437
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:17  Sum:55420
发送成功        Flag:2  SEQ:17  Sum:61181
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:18  Sum:52551
发送成功        Flag:2  SEQ:18  Sum:60925
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:19  Sum:33471
发送成功        Flag:2  SEQ:19  Sum:60669
Send message:1024bytes  Flag:0  SEQ:20  Sum:10120
发送成功        Flag:2  SEQ:20  Sum:60413
Send message:841bytes   Flag:0  SEQ:21  Sum:40532
发送成功        Flag:2  SEQ:21  Sum:60157
发送结束
发送成功，对方已成功接收文件
总传输时间为6s
吞吐率为:1byte/s
```

4.3 四次挥手断开连接


Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
第一次挥手成功
第二次&第三次挥手成功
第四次挥手成功
四次挥手结束，连接断开
文件传输完成

E:\Computer Network\Experiment\lab3\Server\x64\Debug\Server.exe (进程 27468)已退出，代码为 0。
要在调试停止时自动关闭控制台，请启用“工具”->“选项”->“调试”->“调试停止时自动关闭控制台”。
按任意键关闭此窗口. . .
```


Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
第一次挥手成功
第二次挥手成功
第三次挥手成功
第四次挥手成功
四次挥手结束，连接断开

E:\Computer Network\Experiment\lab3\Client\x64\Debug\Client.exe (进程 27244)已退出，代码为 0。
要在调试停止时自动关闭控制台，请启用“工具”->“选项”->“调试”->“调试停止时自动关闭控制台”。
按任意键关闭此窗口. . .
```