数据通信作业

姓名：刘浩文　　学号：517021911065　　日期：2020/5/15

一、 实验名称及内容

名称：利用 *Winsock* 完成类似于系统自带的 ping 远程主机的功能

内容：利用 *Winsock* 完成基于 **ICMP** 协议的 **ping** 程序，该程序完成类似于系统自带的 ping 远程主机的功能，可以直接 ping **IP** 地址，也可以自动进行域名解析，并且可以指定 ping 次数和统计 ping 结果，基本包含了系统自带的 ping 命令的基本功能。并且，若一台远程主机有多个 **IP**，则该程序会自动依次 ping 该主机所有 **IP**。用户可以通过该程序 ping 远程主机来测试连接性。

二、实验过程和结果

环境

物理主机系统：*macOS Catalina 10.15.4*

虚拟机系统：*Windows 10 专业版 x64*

计算机名：*691B*

虚拟机软件：*Parallels Desktop 15 for Mac Pro Edition, version 15.1.4 (47270)*

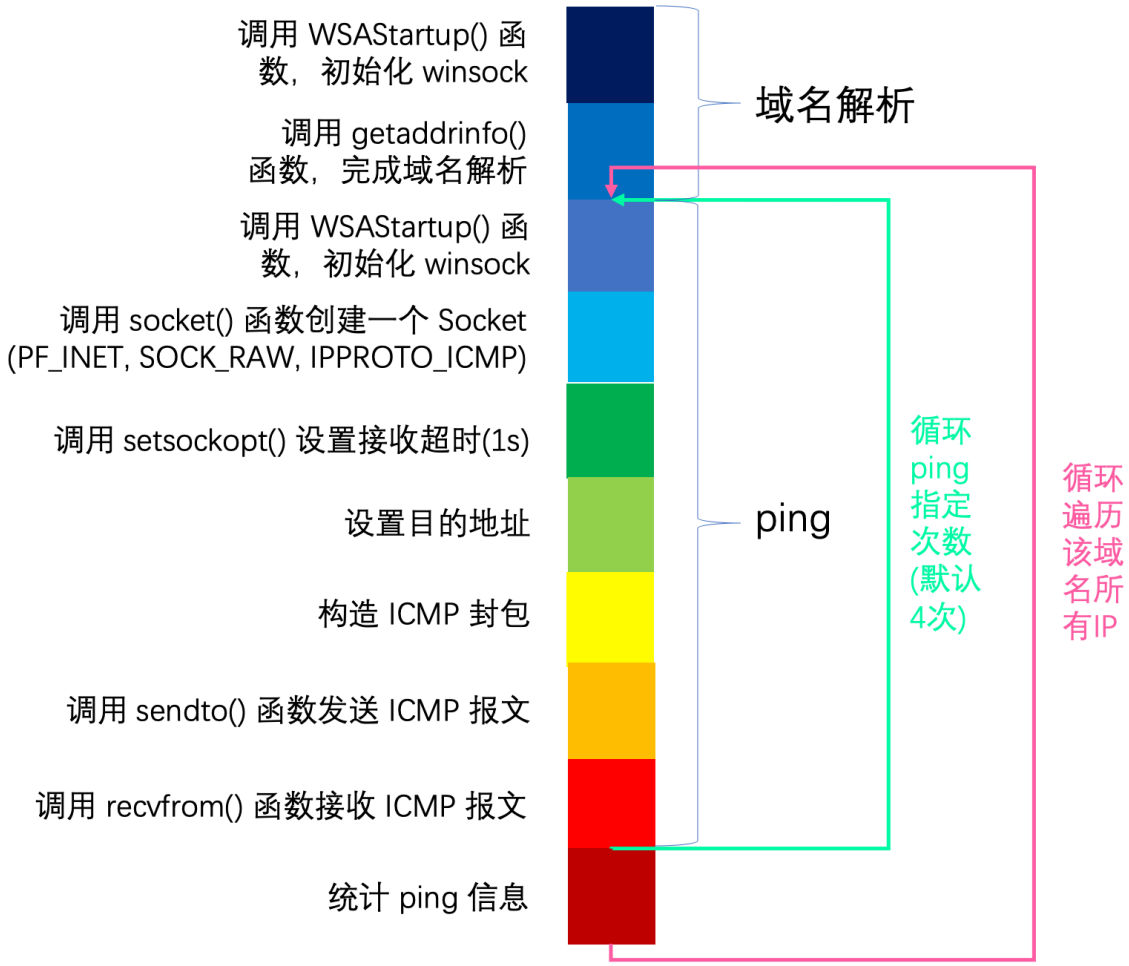
编程环境(IDE)：*Visual Studio 2019*

程序设计

1. 域名解析（获取远程主机名）
    1. 调用 *WSAStartup()* 函数，初始化 *winsock*
    2. 调用 *getaddrinfo()* 函数，获得指定 **IP** 或域名的主机信息，完成域名解析

2. ping 远程主机，循环指定次数，默认 4 次
    1. 调用 *WSAStartup()* 函数，初始化 *winsock*
    2. 调用 *socket()* 函数创建一个 **Socket (PF_INET, SOCK_RAW, IPPROTO_ICMP)**
    3. 调用 *setsockopt()* 设置接收超时(1s)
    4. 设置目的地址
    5. 构造 **ICMP** 封包
        1. 构造 **ICMP** 报头
        2. 在报头后填充数据，可以任意
        3. 计算校验和
    6. 调用 *sendto()* 函数发送 **ICMP** 报文
    7. 调用 *recvfrom()* 函数接收 **ICMP** 报文
    8. 统计 ping 信息

程序流程图



程序使用

编译后在命令行运行可执行程序：

```
myping.exe [IP/DN] ([times](default 4 times))
```

如：

```
myping.exe baidu.com
```

```
myping.exe baidu.com 10
```

```
myping.exe 39.156.69.79 10
```

程序主体说明

数据结构

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include <Winsock2.h>
#include <ws2tcpip.h>
#include <Windows.h>
#include <sstream>
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

#pragma comment (lib, "ws2_32.lib")

// 2字节 对齐 sizeof(icmp_header) == 8
// 这是ping 在wireshark抓包中的数据结构
typedef struct icmp_header          // ICMP报头
{
    unsigned char icmp_type;        // 消息类型
    unsigned char icmp_code;        // 代码
    unsigned short icmp_checksum;   // 校验和
    unsigned short icmp_id;         // 用来惟一标识此请求的ID号，通常设置为进程ID
    unsigned short icmp_sequence;   // 序列号
} icmp_header;
```

函数

```
u_short ss2n(string s)    // 将字符串转为数字，用来将argv指向的字符串类型的指定ping次数转为短整型
{
  stringstream ss;
  u_short u;
  ss << s;
  ss >> u;
  return u;
}
```

```
// 计算校验和
unsigned short chsum(struct icmp_header* picmp, int len)
{
    long sum = 0;
    unsigned short* pusicmp = (unsigned short*)picmp;
    while (len > 1)
    {
        sum += *(pusicmp++);
        if (sum & 0x80000000)
            sum = (sum & 0xffff) + (sum >> 16);
        len -= 2;
    }
    if (len)
        sum += (unsigned short)*(unsigned char*)pusicmp;
    while (sum >> 16)
        sum = (sum & 0xffff) + (sum >> 16);
    return (unsigned short)~sum;
}
```

```
// ping 函数
static int respNum = 0;
static int minTime = 65535, maxTime = 0, sumTime = 0;
int ping(char* szDestIp)
{
    //printf("destIp = %s\n",szDestIp);
    int bRet = 1;

    WSADATA wsaData;
    int nTimeOut = 1000;//1s
    char szBuff[ICMP_HEADER_SIZE + 32] = { 0 };
    icmp_header* pIcmp = (icmp_header*)szBuff;
    char icmp_data[32] = { 0 };

    WSAStartup(MAKEWORD(2, 2), &wsaData);
    // 创建原始套接字
    SOCKET s = socket(PF_INET, SOCK_RAW, IPPROTO_ICMP);

    // 设置接收超时
```

```
    setsockopt(s, SOL_SOCKET, SO_RCVTIMEO, (char const*)&nTimeOut, sizeof(nTimeOut));

    // 设置目的地址
    sockaddr_in dest_addr;
    dest_addr.sin_family = AF_INET;
    inet_pton(AF_INET, szDestIp, &dest_addr.sin_addr);
    dest_addr.sin_port = htons(0);

    // 构造ICMP封包
    pIcmp->icmp_type = ICMP_ECHO_REQUEST;
    pIcmp->icmp_code = 0;
    pIcmp->icmp_id = (USHORT)::GetCurrentProcessId();
    pIcmp->icmp_sequence = 0;
    pIcmp->icmp_checksum = 0;

    // 填充数据，可以任意
    memcpy((szBuff + ICMP_HEADER_SIZE), "abcdelmnopqrstuvwiammekakuactor", 32);

    // 计算校验和
    pIcmp->icmp_checksum = chsum((struct icmp_header*)szBuff, sizeof(szBuff));

    sockaddr_in from_addr;
    char szRecvBuff[1024];
    int nLen = sizeof(from_addr);
    int ret, flag = 0;

    DWORD  start = GetTickCount();
    ret = sendto(s, szBuff, sizeof(szBuff), 0, (SOCKADDR*)&dest_addr, sizeof(SOCKADDR));
    //printf("ret = %d ,errorCode:%d\n",ret ,WSAGetLastError() );

    int i = 0;
    //这里一定要用while循环，因为recvfrom 会接受到很多报文，包括 发送出去的报文也会被收到！ 不信你可以用 wireshark 抓包查看，这个问题纠结来了一晚上 才猜想出来!
    while (1) {
        if (i++ > 5) {// icmp报文 如果到不了目标主机，是不会返回报文，多尝试几次接受数据，如果都没收到 即请求失败
            flag = 1;
            break;
        }
        memset(szRecvBuff, 0, 1024);
        //printf("errorCode1:%d\n",WSAGetLastError() );
        int ret = recvfrom(s, szRecvBuff, MAXBYTE, 0, (SOCKADDR*)&from_addr, &nLen);
        //printf("errorCode2:%d\n",WSAGetLastError() );
        //printf("ret=%d,%s\n",ret,inet_ntoa(from_addr.sin_addr)) ;
```

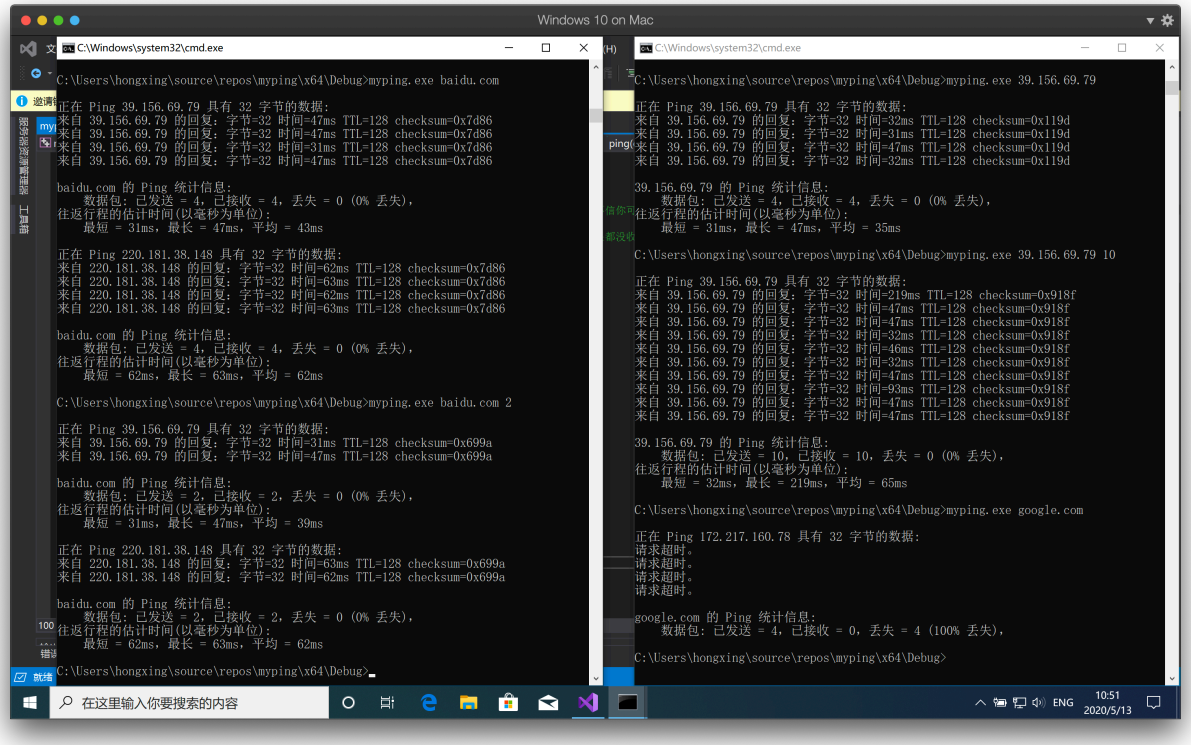
```
62          //接受到 目标ip的 报文
63          char str[INET_ADDRSTRLEN];
64          char* ptr = (char*)inet_ntop(AF_INET, &from_addr.sin_addr, str,
sizeof(str));
65          if (strcmp(ptr, szDestIp) == 0) {
66              respNum++;
67              break;
68          }
69      }
70
71      DWORD  end = GetTickCount();
72      DWORD time = end - start;
73
74      if (flag) {
75          printf("请求超时。\n");
76          return bRet;
77      }
78      sumTime += time;
79      if (minTime > time) {
80          minTime = time;
81      }
82      if (maxTime < time) {
83          maxTime = time;
84      }
85
86
87      // Windows的原始套接字开发，系统没有去掉IP协议头，需要程序自己处理。
88      // ip头部的第一个字节（只有1个字节不涉及大小端问题），前4位表示ip协议版本号，后4
位表示IP头部长度(单位为4字节)
89      char ipInfo = szRecvBuff[0];
90      // ipv4头部的第9个字节为TTL的值
91      unsigned char ttl = szRecvBuff[8];
92      //printf("ipInfo = %x\n",ipInfo);
93
94
95      int ipVer = ipInfo >> 4;
96      int ipHeadLen = ((char)(ipInfo << 4) >> 4) * 4;
97      if (ipVer == 4) {
98          //ipv4
99          //printf("ipv4 len = %d\n",ipHeadLen);
100         // 跨过ip协议头，得到ICMP协议头的位置，不过是网络字节序。
101         // 网络字节序 是大端模式 低地址 高位字节 高地址 低位字节。-> 转换为 本地字
节序 小端模式 高地址高字节 低地址低字节
102         icmp_header* icmp_rep = (icmp_header*)(szRecvBuff + ipHeadLen);
103         //由于校验和是 2个字节 涉及大小端问题，需要转换字节序
104         unsigned short checksum_host = ntohs(icmp_rep->icmp_checksum);//
转主机字节序
105
```

```
        //printf("type = %d , checksum_host = %x\n",icmp_rep,checksum_host);

        if (icmp_rep->icmp_type == 0) { //回显应答报文
            printf("来自 %s 的回复：字节=32 时间=%2dms TTL=%d checksum=0x%x\n", szDestIp, time, ttl, checksum_host);
        }
        else {
            bRet = 0;
            printf("请求超时。type = %d\n", icmp_rep->icmp_type);
        }
    }
    else {
        // ipv6 icmpv6 和 icmpv4 不一样，要做对应的处理
        //printf("ipv6 len = %d\n",ipLen);
    }
    return bRet;
}
```

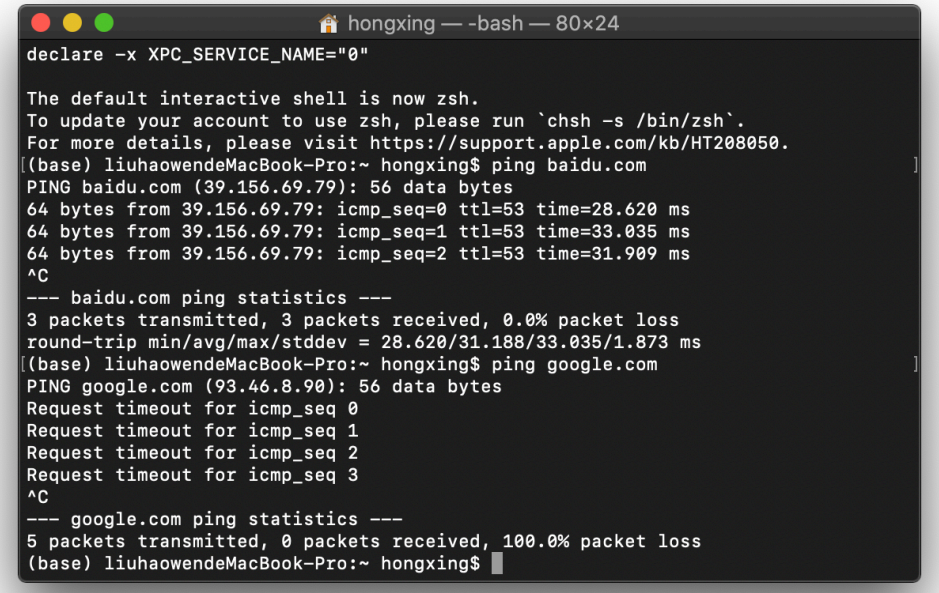
```
// 主函数，包括完成域名解析功能
int main(int argc, char** argv)
{
    if (argc < 2) {
        printf("please input:myping ipaddr!\n");
        return 0;
    }
    u_short times;
    if (argv[2])
        times = ss2n(argv[2]);
    else times = 4;

    struct addrinfo* result = NULL;
    struct addrinfo* hostEntry = NULL;
    struct addrinfo hints;
    struct sockaddr_in addr;
    ZeroMemory(&hints, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_INET;    /* Allow IPv4 */
    hints.ai_flags = AI_PASSIVE;  /* For wildcard IP address */
    hints.ai_protocol = 0;        /* Any protocol */
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;

    char** ppAlias = NULL;  // 主机别名
    char** ppAddr = NULL;   // 点分十进制ip地址
    WORD sockVersion = MAKEWORD(2, 2);
    WSADATA wsaData;
    if (WSAStartup(sockVersion, &wsaData) != 0) {
        return false;
    }

```

```
    DWORD dwRetval;
    dwRetval = getaddrinfo(argv[1], NULL, &hints, &result); // 域名解析

    if (result == NULL) {
        cout << "无法解析域名。\n";
        return 0;
    }

    for (hostEntry = result; hostEntry != NULL; hostEntry = hostEntry->ai_next)
    {
        addr = *(struct sockaddr_in*)hostEntry->ai_addr;
        char str[INET_ADDRSTRLEN];
        char* ptr = (char*)inet_ntop(AF_INET, &addr.sin_addr, str, sizeof(str));
        printf("\n正在 Ping %s 具有 32 字节的数据:\n", ptr);
        int i = 0;

        while (i < times)
        {
            int result = ping(ptr);
            Sleep(500);
            i++;
        }

        printf("\n%s 的 Ping 统计信息:\n", argv[1]);
        printf("    数据包: 已发送 = %d, 已接收 = %d, 丢失 = %d (%d%% 丢失),\n", i, respNum, i - respNum, (i - respNum) * 100 / i);
        if (i - respNum >= 4) {
            return 0;
        }
        printf("往返行程的估计时间(以毫秒为单位):\n");
        printf("    最短 = %dms, 最长 = %dms, 平均 = %dms\n", minTime, maxTime, sumTime / respNum);
        minTime = 65535, maxTime = 0, sumTime = 0;
        respNum = 0;
    }
    return 0;
}
```

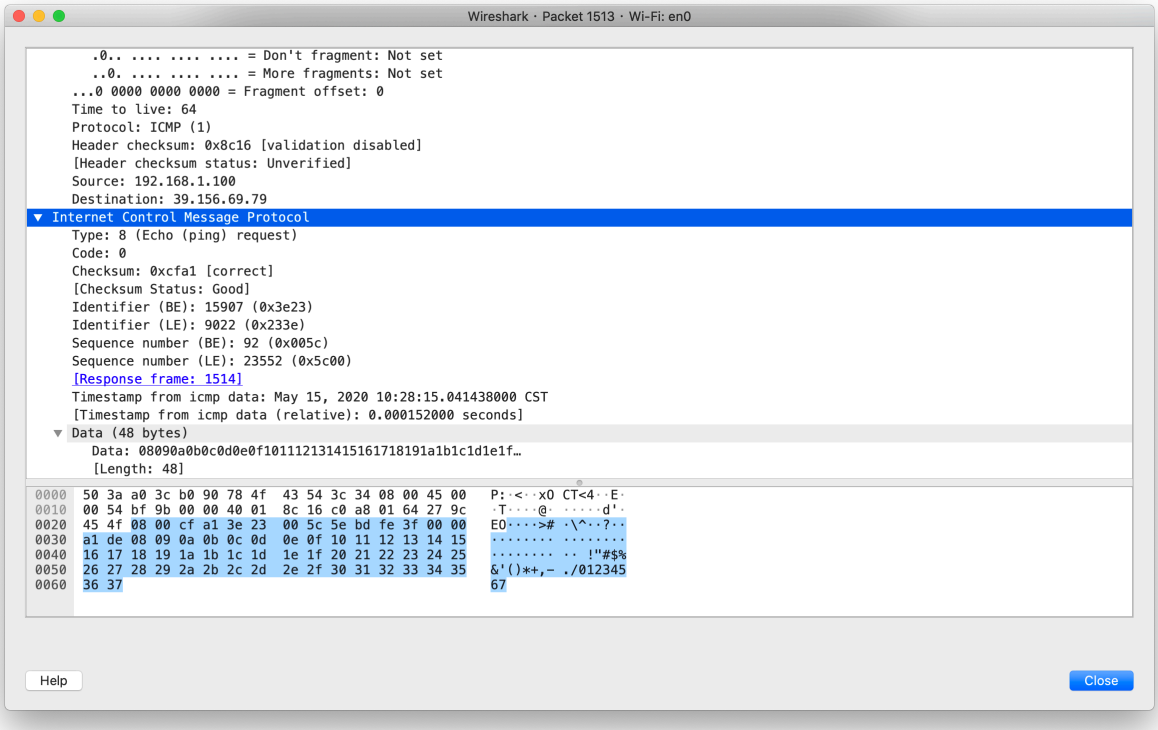
实验结果



上图一共成功进行了五个实验。第一个实验是 ping 一个域名，选择 **baidu.com**，不设置 ping 次数，结果显示由于该域名解析出两个 **IP**，于是每个 **IP** 均成功 ping 了四次，四次均可达，连通性良好，最后对每个 **IP** 的 ping 结果都进行了正确统计。第二个实验仍 ping **baidu.com**，设置 ping 次数为 2，结果显示每个 **IP** 均成功 ping 了两次，两次均可达，连通性良好，最后对每个 **IP** 的 ping 结果都进行了正确统计。第三个和第四个实验是 ping **baidu.com** 其中一个域名 39.156.69.79，前者不设置 ping 次数，后者设置 ping 10 次，均成功并符合程序设计的逻辑。最后一个实验是 ping **google.com**，由于该域名在中国内地被封禁，所以理应无法连通，实验结果也证明了这一点。最后用 *macOS* 的终端的 ping 命令来测试一下上述结果进行对照实验，结果一模一样，所以本设计的程序能够完成系统自带 ping 命令的基本功能。



三、问题与思考



该实验最大的难点是 **ICMP** 请求报文的构造。虽然在《计算机通信网络》课程上已经详细介绍过 **ICMP** 报文的结构，但自己用 *C++* 构造一个还是有难度的。为了能够正确地完成 **ICMP** 请求报文的构造，我使用 *Wireshark* 抓取了一些使用系统 ping 命令发出的 **ICMP** 请求报文，依次查看各项的含义、类型、大小，以及在报文中的位置，再结合网上的资料，成功构造了 **ICMP** 数据包。第二个困难是域名解析，但由于之前已经做过类似实验，所以也顺利解决了。