哈尔滨工业大学软件学院

《计算机网络》实验指导书

李全龙

2015 年 10 月

前　言

《计算机网络》课程是计算机科学与技术专业的重要专业课程之一。随着计算机网络技术的迅速发展和在当今信息社会中的广泛应用，给《计算机网络》课程的教学提出了新的更高的要求。

由于计算机网络是一门实践性较强的技术，课堂教学应该与实践环节紧密结合。将《计算机网络》课程建设成世界一流的课程，是近期《计算机网络》课程努力的方向。

希望同学们在使用本实验指导书及进行实验的过程中，能够帮助我们不断地发现问题，并提出建议，使《计算机网络》成为具有世界一流水平的课程。

实验要求

计算机网络是现代信息社会最重要的基础设施之一。在过去十几年里得到了迅速的发展和应用。《计算机网络》课程实验的目的是为了使学生在课程学习的同时，通过在一个计算机网络环境中的实际操作，对现代计算机网络的基本功能有一个初步的了解；通过实现一个数据链路层协议，掌握计算机网络通信协议的基本实现技术；通过一个简单文件传送协议的设计和实现，了解计算机网络高层协议设计实现的环境和方法；还提供了一些可以选作的实验以供有余力有兴趣的同学进一步提高。总之，通过上述实验环节，使学生加深了解和更好地掌握《计算机网络》课程教学大纲要求的内容。

在《计算机网络》的课程实验过程中，要求学生做到：

（1）在各次实验之前提前预习实验指导书有关部分,认真做好实验准备, 就实验可能出现情况提前做出思考和分析。

（2)仔细观察上机和上网操作时出现的各种现象,记录主要情况,做出必 要说明和分析。

（3）认真书写实验报告。实验报告包括实验目的和要求,实验情况及其分 析。对需要编程的实验,写出程序设计说明,给出源程序框图和清单。

（4）遵守机房纪律,服从辅导教师指挥,爱护实验设备。

（5）实验课程不迟到。根据迟到时间长短扣除相应出勤分数。无故缺席, 当次实验按零分计,过后不补。

（6）实验采用当堂检查方式,每个实验都应当在规定的时间内完成并检查 通过。检查指标包括对实验内容的操作完成情况和对指导老师提出的问题的回答 情况。当堂没有完成实验的同学,下次课检查,实验操作分按满分 45 分计算,后 推一次课满分扣除 5 分,依次类推。

（7）每次完成实验之后,应在一周内在软件学院教学系统上提交实验报告。 如本周一进行的实验,在下周一之前应提交到实验系统中。

（8）部分实验有加分内容,如果完成加分内容,则在操作分数上额外加 5-10 分,但最终全部实验总分数不超过原定满分。实验的验收将分为两个部分：

实验的验收将分为两个部分:

第一部分是上机操作,包括检查程序的运行或者相应实验操作的熟练程度,

以及能够即时回答实验指导老师提出的问题,对遇到的现象能给出合理的解答。

第二部分是提交电子版的实验报告。根据完成实验报告情况给予相应分数。

本实验指导书包含的实验分为两部分实验一至实验四为必做部分,学生需要在课堂完成实验后,由指导教师进行实验结果验收。实验五、实验六为选做部分，有兴趣的同学可按指导书的指导课后完成，完成后联系助教老师进行检查，可相应加分。

实验 1：HTTP 代理服务器的设计与实现

1、实验目的

- 熟悉并掌握 Socket 网络编程的过程与技术；
- 深入理解 HTTP 协议，掌握 HTTP 代理服务器的基本工作原理；
- 掌握 HTTP 代理服务器设计与编程实现的基本技能。

2、实验环境

- 接入 Internet 的实验主机；
- Windows xp 或 Windows 7/8；
- 开发语言：C/C++（或 Java）等。

3、实验内容

(1) 设计并实现一个基本 HTTP 代理服务器。要求在指定端口（例如 8080）接收来自客户的 HTTP 请求并且根据其中的 URL 地址访问该地址所指向的 HTTP 服务器（原服务器），接收 HTTP 服务器的响应报文，并将响应报文转发给对应的客户进行浏览。

(2) 设计并实现一个支持 Cache 功能的 HTTP 代理服务器。要求能缓存原服务器响应的对象，并能够通过修改请求报文（添加 if-modified-since 头行），向原服务器确认缓存对象是否是最新版本。（选作内容，加分项目，可以当堂完成或课下完成）

(3) 扩展 HTTP 代理服务器，支持如下功能：（选作内容，加分项目，可以当堂完成或课下完成）

a) 网站过滤：允许/不允许访问某些网站；

b) 用户过滤：支持/不支持某些用户访问外部网站；

c) 网站引导：将用户对某个网站的访问引导至一个模拟网站（钓鱼）。

4、实验方式

每位同学上机实验，实验指导教师现场指导。

5、实验过程

（1）浏览器使用代理

为了使浏览器访问网址时通过代理服务器，必须进行相关设置，以 IE 浏览器设置为例：打开浏览器→工具→浏览器选项→连接→局域网设置→代理服务器，具体过程如图 1-1 所示。

图 1-1 浏览器的代理服务器设置

（2）多线程使用

使用函数_beginthreadex 创建子线程，使用函数_endthreadex 结束线程，详情见 CSDN。

6、参考内容

代理服务器，俗称“翻墙软件”，允许一个网络终端（一般为客户端）通过这个服务与另一个网络终端（一般为服务器）进行非直接的连接。如图 1-2 所示，为普通 Web 应用通信方式与采用代理服务器的通信方式的对比。

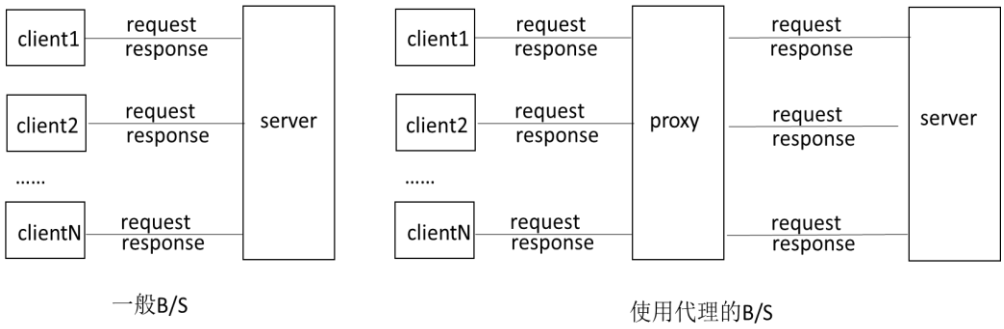


图 1-2 Web 应用通信方式对比

代理服务器在指定端口（例如 **8080**）监听浏览器的访问请求（需要在客户端浏览器进行相应的设置），接收到浏览器对远程网站的浏览请求时，代理服务器开始在代理服务器的缓存中检索 URL 对应的对象（网页、图像等对象），找到对象文件后，提取该对象文件的最新被修改时间；代理服务器程序在客户的请求报文首部插入<If-Modified-Since: 对象文件的最新被修改时间>，并向原 Web 服务器转发修改后的请求报文。如果代理服务器没有该对象的缓存，则会直接向原服务器转发请求报文，并将原服务器返回的响应直接转发给客户端，同时将对象缓存到代理服务器中。代理服务器程序会根据缓存的时间、大小和提取记录等对缓存进行清理。

本实验需实现一个简单的 HTTP 代理服务器，可以分为两个步骤：（首先请设置浏览器开启本地代理，注意设置代理端口与代理服务器监听端口保持一致）。

a) 单用户代理服务器

单用户的简单代理服务器可以设计为一个非并发的循环服务器。首先，代理服务器创建 HTTP 代理服务的 TCP 主套接字，通过该主套接字监听等待客户端的连接请求。当客户端连接之后，读取客户端的 HTTP 请求报文，通过请求行中的 URL，解析客户期望访问的原服务器 IP 地址；创建访问原（目标）服务器的 TCP 套接字，将 HTTP 请求报文转发给目标服务器，接收目标服务器的响应报文，当收到响应报文之后，将响应报文转发给客户端，最后关闭套接字，等待下一次连接。

b) 多用户代理服务器

多用户的简单代理服务器可以实现为一个多线程并发服务器。首先，代理服务器创建 HTTP 代理服务的 TCP 主套接字，通过该主套接字监听等待客户端的连接请求。当客户端连接之后，创建一个子线程，由子线程执行上述一对一的代理过程，服务结束之后子线程终止。与此同时，主线程继续接受下一个客户的代理服务。

参考代码

```
#include "stdafx.h"
#include <stdio.h>
#include <Windows.h>
#include <process.h>
```

```
#include <string.h>

#pragma comment(lib,"Ws2_32.lib")

#define MAXSIZE 65507 //发送数据报文的最大长度
#define HTTP_PORT 80 //http 服务器端口

//Http 重要头部数据
struct HttpHeader{
    char method[4]; // POST 或者 GET，注意有些为 CONNECT，本实验暂不考虑
    char url[1024];     // 请求的 url
    char host[1024]; // 目标主机
    char cookie[1024 * 10]; //cookie
    HttpHeader(){
        ZeroMemory(this,sizeof(HttpHeader));
    }
};

BOOL InitSocket();
void ParseHttpHead(char *buffer,HttpHeader * httpHeader);
BOOL ConnectToServer(SOCKET *serverSocket,char *host);
unsigned int __stdcall ProxyThread(LPVOID lpParameter);

//代理相关参数
SOCKET ProxyServer;
sockaddr_in ProxyServerAddr;
const int ProxyPort = 10240;

//由于新的连接都使用新线程进行处理，对线程的频繁的创建和销毁特别浪费资源
//可以使用线程池技术提高服务器效率
//const int ProxyThreadMaxNum = 20;
//HANDLE ProxyThreadHandle[ProxyThreadMaxNum] = {0};
//DWORD ProxyThreadDW[ProxyThreadMaxNum] = {0};

struct ProxyParam{
    SOCKET clientSocket;
    SOCKET serverSocket;
};

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    printf("代理服务器正在启动\n");
```

```
        printf("初始化...\n");
        if(!InitSocket()){
            printf("socket 初始化失败\n");
            return -1;
        }
        printf("代理服务器正在运行，监听端口 %d\n",ProxyPort);
        SOCKET acceptSocket = INVALID_SOCKET;
        ProxyParam *lpProxyParam;
        HANDLE hThread;
        DWORD dwThreadID;
        //代理服务器不断监听
        while(true){
            acceptSocket = accept(ProxyServer,NULL,NULL);
            lpProxyParam = new ProxyParam;
            if(lpProxyParam == NULL){
                continue;
            }
            lpProxyParam->clientSocket = acceptSocket;
            hThread = (HANDLE)_beginthreadex(NULL, 0,
&ProxyThread,(LPVOID)lpProxyParam, 0, 0);
            CloseHandle(hThread);
            Sleep(200);
        }
        closesocket(ProxyServer);
        WSACleanup();
        return 0;
    }


    //************************************
    // Method:       InitSocket
    // FullName:    InitSocket
    // Access:       public
    // Returns:     BOOL
    // Qualifier:  初始化套接字
    //************************************
    BOOL InitSocket(){

        //加载套接字库（必须）
        WORD wVersionRequested;
        WSADATA wsaData;
        //套接字加载时错误提示
        int err;
        //版本 2.2
```

```
        wVersionRequested = MAKEWORD(2, 2);
        //加载 dll 文件 Scoket 库
        err = WSAStartup(wVersionRequested, &wsaData);
        if(err != 0){
            //找不到 winsock.dll
            printf("加载 winsock 失败，错误代码为: %d\n", WSAGetLastError());
            return FALSE;
        }
        if(LOBYTE(wsaData.wVersion) != 2 || HIBYTE(wsaData.wVersion) !=2)
        {
            printf("不能找到正确的 winsock 版本\n");
            WSACleanup();
            return FALSE;
        }
        ProxyServer= socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
        if(INVALID_SOCKET == ProxyServer){
            printf("创建套接字失败，错误代码为：%d\n",WSAGetLastError());
            return FALSE;
        }
        ProxyServerAddr.sin_family = AF_INET;
        ProxyServerAddr.sin_port = htons(ProxyPort);
        ProxyServerAddr.sin_addr.S_un.S_addr = INADDR_ANY;
        if(bind(ProxyServer,(SOCKADDR*)&ProxyServerAddr,sizeof(SOCKADD
R)) == SOCKET_ERROR){
            printf("绑定套接字失败\n");
            return FALSE;
        }
        if(listen(ProxyServer, SOMAXCONN) == SOCKET_ERROR){
            printf("监听端口%d 失败",ProxyPort);
            return FALSE;
        }
        return TRUE;
    }

    //************************************
    // Method:       ProxyThread
    // FullName:    ProxyThread
    // Access:       public
    // Returns:     unsigned int __stdcall
    // Qualifier:  线程执行函数
    // Parameter: LPVOID lpParameter
    //************************************
    unsigned int __stdcall ProxyThread(LPVOID lpParameter){
        char Buffer[MAXSIZE];
```

```
        char *CacheBuffer;
        ZeroMemory(Buffer,MAXSIZE);
        SOCKADDR_IN clientAddr;
        int length = sizeof(SOCKADDR_IN);
        int recvSize;
        int ret;
        recvSize = recv(((ProxyParam
*)lpParameter)->clientSocket,Buffer,MAXSIZE,0);
        if(recvSize <= 0){
            goto error;
        }
        HttpHeader* httpHeader = new HttpHeader();
        CacheBuffer = new char[recvSize + 1];
        ZeroMemory(CacheBuffer,recvSize + 1);
        memcpy(CacheBuffer,Buffer,recvSize);
        ParseHttpHead(CacheBuffer,httpHeader);
        delete CacheBuffer;
        if(!ConnectToServer(&((ProxyParam
*)lpParameter)->serverSocket,httpHeader->host)) {
            goto error;
        }
        printf("代理连接主机  %s  成功\n",httpHeader->host);
        //将客户端发送的 HTTP 数据报文直接转发给目标服务器
        ret = send(((ProxyParam *)lpParameter)->serverSocket,Buffer,strlen(Buffer)
+ 1,0);
        //等待目标服务器返回数据
        recvSize = recv(((ProxyParam
*)lpParameter)->serverSocket,Buffer,MAXSIZE,0);
        if(recvSize <= 0){
            goto error;
        }
        //将目标服务器返回的数据直接转发给客户端
        ret = send(((ProxyParam
*)lpParameter)->clientSocket,Buffer,sizeof(Buffer),0);
        //错误处理
    error:
        printf("关闭套接字\n");
        Sleep(200);
        closesocket(((ProxyParam*)lpParameter)->clientSocket);
        closesocket(((ProxyParam*)lpParameter)->serverSocket);
        delete    lpParameter;
        _endthreadex(0);
        return 0;
    }
```

```
//************************************
// Method:      ParseHttpHead
// FullName:    ParseHttpHead
// Access:      public
// Returns:     void
// Qualifier:  解析 TCP 报文中的 HTTP 头部
// Parameter: char * buffer
// Parameter: HttpHeader * httpHeader
//************************************
void ParseHttpHead(char *buffer,HttpHeader * httpHeader){
	char *p;
	char *ptr;
	const char * delim = "\r\n";
	p = strtok_s(buffer,delim,&ptr);//提取第一行
	printf("%s\n",p);
	if(p[0] == 'G'){//GET 方式
		memcpy(httpHeader->method,"GET",3);
		memcpy(httpHeader->url,&p[4],strlen(p) -13);
	}else if(p[0] == 'P'){//POST 方式
		memcpy(httpHeader->method,"POST",4);
		memcpy(httpHeader->url,&p[5],strlen(p) - 14);
	}
	printf("%s\n",httpHeader->url);
	p = strtok_s(NULL,delim,&ptr);
	while(p){
		switch(p[0]){
		case 'H'://Host
			memcpy(httpHeader->host,&p[6],strlen(p) - 6);
			break;
		case 'C'://Cookie
			if(strlen(p) > 8){
				char header[8];
				ZeroMemory(header,sizeof(header));
				memcpy(header,p,6);
				if(!strcmp(header,"Cookie")){
					memcpy(httpHeader->cookie,&p[8],strlen(p) -8);
				}
			}
			break;
		default:
			break;
		}
		p = strtok_s(NULL,delim,&ptr);
```

```
        }
    }

    //************************************
    // Method:       ConnectToServer
    // FullName:    ConnectToServer
    // Access:       public
    // Returns:     BOOL
    // Qualifier: 根据主机创建目标服务器套接字，并连接
    // Parameter: SOCKET * serverSocket
    // Parameter: char * host
    //************************************
    BOOL ConnectToServer(SOCKET *serverSocket,char *host){
        sockaddr_in serverAddr;
        serverAddr.sin_family = AF_INET;
        serverAddr.sin_port = htons(HTTP_PORT);
        HOSTENT *hostent = gethostbyname(host);
        if(!hostent){
            return FALSE;
        }
        in_addr Inaddr=*( (in_addr*) *hostent->h_addr_list);
        serverAddr.sin_addr.s_addr = inet_addr(inet_ntoa(Inaddr));
        *serverSocket = socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0);
        if(*serverSocket == INVALID_SOCKET){
            return FALSE;
        }
        if(connect(*serverSocket,(SOCKADDR *)&serverAddr,sizeof(serverAddr))
== SOCKET_ERROR){
            closesocket(*serverSocket);
            return FALSE;
        }
        return TRUE;
    }
```

7. 实验报告

在实验报告中需要总结说明：

（1）Socket 编程的客户端和服务器端主要步骤；

（2）HTTP 代理服务器的基本原理；

（3）HTTP 代理服务器的程序流程图；

（4）实现 HTTP 代理服务器的关键技术及解决方案；

（5）HTTP 代理服务器实验验证过程以及实验结果；

（6）HTTP 代理服务器源代码（带有详细注释）。

实验 2：可靠数据传输协议的设计与实现

1、实验目的

理解可靠数据传输的基本原理；掌握停等协议的工作原理；在理解停等协议的基础上，理解滑动窗口协议的基本原理；掌握 GBN 的工作原理；掌握基于 UDP 设计并实现一个 GBN 协议的过程与技术。

2、实验环境

- 接入 Internet 的实验主机；
- Windows xp 或 Windows 7/8；
- 开发语言：C/C++（或 Java）等。

3、实验内容

1) 基于 UDP 设计一个简单的停等协议;

2) 引入滑动窗口技术,改进停等协议,实现一个简单的 GBN 协议;

2) 模拟引入数据包的丢失，验证所设计协议的有效性;

3) 改进所设计的 GBN 协议，支持双向数据传输；（选作内容，加分项目，可以当堂完成或课下完成）

4）将所设计的 GBN 协议改进为 SR 协议。（选作内容，加分项目，可以当堂完成或课下完成）

4、实验方式

每位同学上机实验，实验指导教师现场指导。

5、实验要点

1) 深刻理解停等协议与 GBN 协议的区别;

2) 基于 UDP 实现的 GBN 协议，可以不进行差错检测，可以利用 UDP 协议差错检测；

3) 自行设计数据帧的格式，应至少包含序列号 Seq 和数据两部分；

4) 自行定义发送端序列号 Seq 比特数 L 以及发送窗口大小 W，应满足条件 $W+1<=2^L$。

5) 一种简单的服务器端计时器的实现办法：设置套接字为非阻塞方式，则服务器端在 recvfrom 方法上不会阻塞，若正确接收到 ACK 消息，则计时器清零，若从客户端接收数据长度为-1（表示没有接收到任何数据），则计时器+1，对计

时器进行判断，若其超过阈值，则判断为超时，进行超时重传。（当然，如果服务器选择阻塞模式，可以用到 select 或 epoll 的阻塞选择函数，详情见 MSDN）

6) 为了模拟 ACK 丢失，一种简单的实现办法：客户端对接收的数据帧进行计数，然后对总数进行模 N 运算，若规定求模运算结果为零则返回 ACK，则每接收 N 个数据帧才返回 1 个 ACK。当 N 取值大于服务器端的超时阀值时，则会出现服务器端超时现象。

7) 当设置服务器端发送窗口的大小为 1 时，GBN 协议就是停-等协议。

6、参考内容

作为只实现单向数据传输的 GBN 协议，实质上就是实现为一个 C/S 应用。

服务器端：使用 UDP 协议传输数据（比如传输一个文件），等待客户端的请求，接收并处理来自客户端的消息（如数据传输请求），当客户端开始请求数据时进入“伪连接”状态（并不是真正的连接，只是一种类似连接的数据发送的状态），将数据打包成数据报发送，然后等待客户端的 ACK 信息，同时启动计时器。当收到 ACK 时，窗口滑动，正常发送下一个数据报，计时器重新计时；若在计时器超时前没有收到 ACK，则全部重传窗口内的所以已发送的数据报。

客户端：使用 UDP 协议向服务器端请求数据，接收服务器端发送的数据报并返回确认信息 ACK（注意 GBN 为累积确认，即若 ACK=1 和 3，表示数据帧 2 已经正确接收），必须能够模拟 ACK 丢失直至服务器端超时重传的情况。

(1) 服务器端设计参考

1）命令解析

为了测试客户端与服务器端的通信交互，方便操作，设置了此过程。首先，服务器接收客户端发来的请求数据，

“-time”表示客户端请求获取当前时间，服务器回复当前时间；

“-quit”表示客户端退出，服务器回复“Good bye!”；

“-testgbn”表示客户端请求开始测试 GBN 协议，服务器开始进入 GBN 传输状态；

其他数据，则服务器直接回复原数据。

2）数据传输数据帧格式定义

在以太网中，数据帧的 MTU 为 1500 字节，所以 UDP 数据报的数据部分应小于 1472 字节（除去 IP 头部 20 字节与 UDP 头的 8 字节），为此，定义 UDP 数据报的数据部分格式为：

Seq	Data	0

Seq 为 1 个字节，取值为 0~255，（故序列号最多为 256 个）；

Data≤1024 个字节，为传输的数据；

最后一个字节放入 EOF0，表示结尾。

3）源代码

```
#include "stdafx.h" //创建 VS 项目包含的预编译头文件
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <WinSock2.h>
#include <fstream>

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

#define SERVER_PORT       12340     //端口号
#define SERVER_IP         "0.0.0.0" //IP 地址
const int BUFFER_LENGTH = 1026;        //缓冲区大小，（以太网中 UDP 的数据帧中包长度应小于 1480 字节）
const int SEND_WIND_SIZE = 10;//发送窗口大小为 10，GBN 中应满足 W + 1 <= N（W 为发送窗口大小，N 为序列号个数）
                                       //本例取序列号 0...19 共 20 个
                                       //如果将窗口大小设为 1，则为停-等协议

const int SEQ_SIZE = 20; //序列号的个数，从 0~19 共计 20 个
                                       //由于发送数据第一个字节如果值为 0，则数据会发送失败
                                       //因此接收端序列号为 1~20，与发送端一一对应

BOOL ack[SEQ_SIZE];//收到 ack 情况，对应 0~19 的 ack
int curSeq;//当前数据包的 seq
int curAck;//当前等待确认的 ack
int totalSeq;//收到的包的总数
int totalPacket;//需要发送的包总数

//************************************
// Method:      getCurTime
// FullName:    getCurTime
// Access:      public
// Returns:     void
// Qualifier:  获取当前系统时间，结果存入 ptime 中
// Parameter: char * ptime
//************************************
void getCurTime(char *ptime){
    char buffer[128];
    memset(buffer,0,sizeof(buffer));
    time_t c_time;
    struct tm *p;
    time(&c_time);
```

```
        p = localtime(&c_time);
        sprintf_s(buffer,"%d/%d/%d %d:%d:%d",
                p->tm_year + 1900,
                p->tm_mon,
                p->tm_mday,
                p->tm_hour,
                p->tm_min,
                p->tm_sec);
        strcpy_s(ptime,sizeof(buffer),buffer);
}

//*************************************
// Method:       seqIsAvailable
// FullName:    seqIsAvailable
// Access:       public
// Returns:     bool
// Qualifier: 当前序列号 curSeq 是否可用
//*************************************
bool seqIsAvailable(){
        int step;
        step = curSeq - curAck;
        step = step >= 0 ? step : step + SEQ_SIZE;
        //序列号是否在当前发送窗口之内
        if(step >= SEND_WIND_SIZE){
                return false;
        }
        if(ack[curSeq]){
                return true;
        }
        return false;
}

//*************************************
// Method:       timeoutHandler
// FullName:    timeoutHandler
// Access:       public
// Returns:     void
// Qualifier: 超时重传处理函数，滑动窗口内的数据帧都要重传
//*************************************
void timeoutHandler(){
        printf("Timer out error.\n");
        int index;
        for(int i = 0;i< SEND_WIND_SIZE;++i){
                index = (i + curAck) % SEQ_SIZE;
```

```
            ack[index] = TRUE;
        }
        totalSeq -= SEND_WIND_SIZE;
        curSeq = curAck;
    }

    //************************************
    // Method:      ackHandler
    // FullName:    ackHandler
    // Access:      public
    // Returns:     void
    // Qualifier: 收到 ack，累积确认，取数据帧的第一个字节
    //由于发送数据时，第一个字节（序列号）为 0（ASCII）时发送失败，因此加一了，此处需要减一还原
    // Parameter: char c
    //************************************
    void ackHandler(char c){
        unsigned char index = (unsigned char)c - 1; //序列号减一
        printf("Recv a ack of %d\n",index);
        if(curAck <= index){
            for(int i= curAck; i <= index;++i){
                ack[i] = TRUE;
            }
            curAck = (index + 1) % SEQ_SIZE;
        }else{
            //ack 超过了最大值，回到了 curAck 的左边
            for(int i = curAck;i< SEQ_SIZE;++i){
                ack[i] = TRUE;
            }
            for(int i = 0; i<= index;++i){
                ack[i] = TRUE;
            }
            curAck = index + 1;
        }
    }

    //主函数
    int main(int argc, char* argv[])
    {
        //加载套接字库（必须）
        WORD wVersionRequested;
        WSADATA wsaData;
        //套接字加载时错误提示
        int err;
```

```
        //版本 2.2
        wVersionRequested = MAKEWORD(2, 2);
        //加载 dll 文件 Scoket 库
        err = WSAStartup(wVersionRequested, &wsaData);
        if(err != 0){
            //找不到 winsock.dll
            printf("WSAStartup failed with error: %d\n", err);
            return -1;
        }
        if(LOBYTE(wsaData.wVersion) != 2 || HIBYTE(wsaData.wVersion) !=2)
        {
            printf("Could not find a usable version of Winsock.dll\n");
            WSACleanup();
        }else{
            printf("The Winsock 2.2 dll was found okay\n");
        }
        SOCKET sockServer = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM,IPPROTO_UDP);
        //设置套接字为非阻塞模式
        int iMode = 1; //1：非阻塞，0：阻塞
        ioctlsocket(sockServer,FIONBIO, (u_long FAR*) &iMode);//非阻塞设置
        SOCKADDR_IN addrServer;       //服务器地址
        //addrServer.sin_addr.S_un.S_addr = inet_addr(SERVER_IP);
        addrServer.sin_addr.S_un.S_addr = htonl(INADDR_ANY);//两者均可
        addrServer.sin_family = AF_INET;
        addrServer.sin_port = htons(SERVER_PORT);
        err = bind(sockServer,(SOCKADDR*)&addrServer, sizeof(SOCKADDR));
        if(err){
            err = GetLastError();
            printf("Could not bind the port %d for socket.Error code
is %d\n",SERVER_PORT,err);
            WSACleanup();
            return -1;
        }

        SOCKADDR_IN addrClient;       //客户端地址
        int length = sizeof(SOCKADDR);
        char buffer[BUFFER_LENGTH]; //数据发送接收缓冲区
        ZeroMemory(buffer,sizeof(buffer));
        //将测试数据读入内存
        std::ifstream icin;
        icin.open("../test.txt");
        char data[1024 * 113];
        ZeroMemory(data,sizeof(data));
        icin.read(data,1024 * 113);
```

```
            icin.close();
            totalPacket = sizeof(data) / 1024;
            int recvSize ;
            for(int i=0; i < SEQ_SIZE; ++i){
                ack[i] = TRUE;
            }
            while(true){
                //非阻塞接收，若没有收到数据，返回值为-1
                recvSize                                                    =
recvfrom(sockServer,buffer,BUFFER_LENGTH,0,((SOCKADDR*)&addrClient),&length);
                if(recvSize < 0){
                    Sleep(200);
                    continue;
                }
                printf("recv from client: %s\n",buffer);
                if(strcmp(buffer,"-time") == 0){
                    getCurTime(buffer);
                }else if(strcmp(buffer,"-quit") == 0){
                    strcpy_s(buffer,strlen("Good bye!") + 1,"Good bye!");
                }else if(strcmp(buffer,"-testgbn") == 0){
                    //进入 gbn 测试阶段
                    //首先 server（server 处于 0 状态）向 client 发送 205 状态码（server
进入 1 状态）
                    //server 等待 client 回复 200 状态码，如果收到（server 进入 2 状态），
则开始传输文件，否则延时等待直至超时\
                    //在文件传输阶段，server 发送窗口大小设为
                    ZeroMemory(buffer,sizeof(buffer));
                    int recvSize;
                    int waitCount = 0;
                    printf("Begain to test GBN protocol,please don't abort the process\n");
                    //加入了一个握手阶段
                    //首先服务器向客户端发送一个 205 大小的状态码（我自己定义的）
表示服务器准备好了，可以发送数据
                    //客户端收到 205 之后回复一个 200 大小的状态码，表示客户端准
备好了，可以接收数据了
                    //服务器收到 200 状态码之后，就开始使用 GBN 发送数据了
                    printf("Shake hands stage\n");
                    int stage = 0;
                    bool runFlag = true;
                    while(runFlag){
                        switch(stage){
                            case 0://发送 205 阶段
                                buffer[0] = 205;
                                sendto(sockServer,      buffer,      strlen(buffer)+1,      0,
```

```
(SOCKADDR*)&addrClient, sizeof(SOCKADDR));
                    Sleep(100);
                    stage = 1;
                    break;
                case 1://等待接收 200 阶段，没有收到则计数器+1，超时则放弃此次“连接”，等待从第一步开始
                    recvSize = recvfrom(sockServer,buffer,BUFFER_LENGTH,0,((SOCKADDR*)&addrClient),&length);
                    if(recvSize < 0){
                        ++waitCount;
                        if(waitCount > 20){
                            runFlag = false;
                            printf("Timeout error\n");
                            break;
                        }
                        Sleep(500);
                        continue;
                    }else{
                        if((unsigned char)buffer[0] == 200){
                            printf("Begin a file transfer\n");
                            printf("File size is %dB, each packet is 1024B and packet total num is %d\n",sizeof(data),totalPacket);
                            curSeq = 0;
                            curAck = 0;
                            totalSeq = 0;
                            waitCount = 0;
                            stage = 2;
                        }
                    }
                    break;
                case 2://数据传输阶段
                    if(seqIsAvailable()){
                        //发送给客户端的序列号从 1 开始
                        buffer[0] = curSeq + 1;
                        ack[curSeq] = FALSE;
                        //数据发送的过程中应该判断是否传输完成
                        //为简化过程此处并未实现
                        memcpy(&buffer[1],data + 1024 * totalSeq,1024);
                        printf("send a packet with a seq of %d\n",curSeq);
                        sendto(sockServer, buffer, BUFFER_LENGTH, 0, (SOCKADDR*)&addrClient, sizeof(SOCKADDR));
                        ++curSeq;
                        curSeq %= SEQ_SIZE;
                        ++totalSeq;
```

```
                                    Sleep(500);
                                }
                                //等待 Ack，若没有收到，则返回值为-1，计数器+1
                                recvSize =
recvfrom(sockServer,buffer,BUFFER_LENGTH,0,((SOCKADDR*)&addrClient),&length);
                                if(recvSize < 0){
                                    waitCount++;
                                    //20 次等待 ack 则超时重传
                                    if (waitCount > 20)
                                    {
                                        timeoutHandler();
                                        waitCount = 0;
                                    }
                                }else{
                                    //收到 ack
                                    ackHandler(buffer[0]);
                                    waitCount = 0;
                                }
                                Sleep(500);
                                break;
                            }
                        }
                    }
                    sendto(sockServer, buffer, strlen(buffer)+1, 0, (SOCKADDR*)&addrClient,
sizeof(SOCKADDR));
                    Sleep(500);
                }
                //关闭套接字，卸载库
                closesocket(sockServer);
                WSACleanup();
                return 0;
            }
```

(2) 客户端设计参考

1) ACK 数据帧定义

ACK	0

由于是从服务器端到客户端的单向数据传输，因此 ACK 数据帧不包含任何数据，只需要将 ACK 发送给服务器端即可。

ACK 字段为一个字节，表示序列号数值；

末尾放入 0，表示数据结束。

2）命令设置

客户端的命令和服务器端的解析命令向对应，获取当前用户输入并发送给服务器并等待服务器返回数据，如输入“-time”得到服务器的当前时间。

此处重点介绍“-testgbn [X] [Y]”命令，[X],[Y]均为[0,1]的小数，其中：

[X]表示客户端的丢包率，模拟网络中报文丢失；

[Y]表示客户端的 ACK 的丢失率。（使用随机函数完成）。

如果用户不输入，则默认丢失率均为 0.2。

3）源代码

```
// GBN_client.cpp : 定义控制台应用程序的入口点。
//
#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>
#include <WinSock2.h>
#include <time.h>

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

#define SERVER_PORT     12340 //接收数据的端口号
#define SERVER_IP       "127.0.0.1" //  服务器的 IP 地址

const int BUFFER_LENGTH = 1026;
const int SEQ_SIZE = 20;//接收端序列号个数，为 1~20

/****************************************************************/
/*          -time  从服务器端获取当前时间
            -quit  退出客户端
            -testgbn [X]  测试 GBN 协议实现可靠数据传输
                        [X] [0,1]  模拟数据包丢失的概率
                        [Y] [0,1]  模拟 ACK 丢失的概率
*/
/****************************************************************/
void printTips(){
    printf("*****************************************\n");
    printf("|        -time to get current time      |\n");
    printf("|        -quit to exit client           |\n");
    printf("|        -testgbn [X] [Y] to test the gbn   |\n");
    printf("*****************************************\n");
}

//***********************************
// Method:      lossInLossRatio
// FullName:    lossInLossRatio
// Access:      public
// Returns:     BOOL
```

```
    // Qualifier: 根据丢失率随机生成一个数字，判断是否丢失,丢失则返回 TRUE，否则返回 FALSE
    // Parameter: float lossRatio [0,1]
    //************************************
    BOOL lossInLossRatio(float lossRatio){
        int lossBound = (int) (lossRatio * 100);
        int r = rand() % 101;
        if(r <= lossBound){
            return TRUE;
        }
        return FALSE;
    }

    int main(int argc, char* argv[])
    {
        //加载套接字库（必须）
        WORD wVersionRequested;
        WSADATA wsaData;
        //套接字加载时错误提示
        int err;
        //版本 2.2
        wVersionRequested = MAKEWORD(2, 2);
        //加载 dll 文件 Scoket 库
        err = WSAStartup(wVersionRequested, &wsaData);
        if(err != 0){
            //找不到 winsock.dll
            printf("WSAStartup failed with error: %d\n", err);
            return 1;
        }
        if(LOBYTE(wsaData.wVersion) != 2 || HIBYTE(wsaData.wVersion) !=2)
        {
            printf("Could not find a usable version of Winsock.dll\n");
            WSACleanup();
        }else{
            printf("The Winsock 2.2 dll was found okay\n");
        }
        SOCKET socketClient = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
        SOCKADDR_IN addrServer;
        addrServer.sin_addr.S_un.S_addr = inet_addr(SERVER_IP);
        addrServer.sin_family = AF_INET;
        addrServer.sin_port = htons(SERVER_PORT);
        //接收缓冲区
        char buffer[BUFFER_LENGTH];
        ZeroMemory(buffer,sizeof(buffer));
```

```
        int len = sizeof(SOCKADDR);
        //为了测试与服务器的连接，可以使用 -time 命令从服务器端获得当前时间
        //使用 -testgbn [X] [Y] 测试 GBN 其中[X]表示数据包丢失概率
        //                                    [Y]表示 ACK 丢包概率
        printTips();
        int ret;
        int interval = 1;//收到数据包之后返回 ack 的间隔，默认为 1 表示每个都返回 ack，0 或者负数均表示所有的都不返回 ack
        char cmd[128];
        float packetLossRatio = 0.2;  //默认包丢失率 0.2
        float ackLossRatio = 0.2;      //默认 ACK 丢失率 0.2
        //用时间作为随机种子，放在循环的最外面
        srand((unsigned)time(NULL));
        while(true){
            gets_s(buffer);
            ret = sscanf(buffer,"%s%f%f",&cmd,&packetLossRatio,&ackLossRatio);
            //开始 GBN 测试，使用 GBN 协议实现 UDP 可靠文件传输
            if(!strcmp(cmd,"-testgbn")){
                printf("%s\n","Begin to test GBN protocol, please don't abort the process");
                printf("The loss ratio of packet is %.2f,the loss ratio of ack is %.2f\n",packetLossRatio,ackLossRatio);
                int waitCount = 0;
                int stage = 0;
                BOOL b;
                unsigned char u_code;//状态码
                unsigned short seq;//包的序列号
                unsigned short recvSeq;//接收窗口大小为 1，已确认的序列号
                unsigned short waitSeq;//等待的序列号
                sendto(socketClient, "-testgbn", strlen("-testgbn")+1, 0, (SOCKADDR*)&addrServer, sizeof(SOCKADDR));
                while (true)
                {
                //等待 server 回复设置 UDP 为阻塞模式

    recvfrom(socketClient,buffer,BUFFER_LENGTH,0,(SOCKADDR*)&addrServer, &len);
                    switch(stage){
                    case 0://等待握手阶段
                        u_code = (unsigned char)buffer[0];
                        if ((unsigned char)buffer[0] == 205)
                        {
```

```
                printf("Ready for file transmission\n");
                buffer[0] = 200;
                buffer[1] = '\0';
                sendto(socketClient, buffer, 2, 0,
(SOCKADDR*)&addrServer, sizeof(SOCKADDR));
                stage = 1;
                recvSeq = 0;
                waitSeq = 1;
            }
            break;
        case 1://等待接收数据阶段
            seq = (unsigned short)buffer[0];
            //随机法模拟包是否丢失
            b = lossInLossRatio(packetLossRatio);
            if(b){
                printf("The packet with a seq of %d loss\n",seq);
                continue;
            }
            printf("recv a packet with a seq of %d\n",seq);
            //如果是期待的包，正确接收，正常确认即可
            if(!(waitSeq - seq)){
                ++waitSeq;
                if(waitSeq == 21){
                    waitSeq = 1;
                }
                //输出数据
                //printf("%s\n",&buffer[1]);
                buffer[0] = seq;
                recvSeq = seq;
                buffer[1] = '\0';
            }else{
            //如果当前一个包都没有收到，则等待 Seq 为 1 的数
据包，不是则不返回 ACK（因为并没有上一个正确的 ACK）
                if(!recvSeq){
                    continue;
                }
                buffer[0] = recvSeq;
                buffer[1] = '\0';
            }
            b = lossInLossRatio(ackLossRatio);
            if(b){
                printf("The ack of %d loss\n",(unsigned
char)buffer[0]);
                continue;
```

```
                    }
                    sendto(socketClient, buffer, 2, 0,
(SOCKADDR*)&addrServer, sizeof(SOCKADDR));
                    printf("send a ack of %d\n",(unsigned char)buffer[0]);
                    break;
                }
                Sleep(500);
            }
        }
        sendto(socketClient, buffer, strlen(buffer)+1, 0,
(SOCKADDR*)&addrServer, sizeof(SOCKADDR));
        ret =
recvfrom(socketClient,buffer,BUFFER_LENGTH,0,(SOCKADDR*)&addrServer,
&len);
        printf("%s\n",buffer);
        if(!strcmp(buffer,"Good bye!")){
            break;
        }
        printTips();
    }
    //关闭套接字
    closesocket(socketClient);
    WSACleanup();
    return 0;
}
```

7、实验报告

在实验报告中要说明所设计 GBN 协议数据分组格式、确认分组格式、各个域作用，协议两端程序流程图，协议典型交互过程，数据分组丢失验证模拟方法，程序实现的主要类（或函数）及其主要作用、实验验证结果，详细注释源程序等。

实验 3：典型网络协议的深入认识与分析

1、实验目的

深入认识网络协议实体间进行交互以及报文交换的情况, 熟悉并掌握 Wireshark 的基本操作。

2、实验环境

- Windows 9x/NT/2000/XP/2003；
- 与因特网连接的计算机网络系统；
- Wireshark

3、实验内容

1) 学习 Wireshark 的使用
2) 利用 Wireshark 分析 HTTP 协议
3) 利用 Wireshark 分析 TCP 协议
4) 利用 Wireshark 分析 IP 协议
5) 利用 Wireshark 分析 Ethernet 数据帧

选做内容：

a) 利用 Wireshark 分析 DNS 协议
b) 利用 Wireshark 分析 UDP 协议
c) 利用 Wireshark 分析 ARP 协议

4、实验方式

每位同学上机实验，并与指导教师讨论。

5、参考内容

要深入理解网络协议，需要仔细观察协议实体之间交换的报文序列。为探究协议操作细节，可使协议实体执行某些动作，观察这些动作及其影响。这些任务可以在仿真环境下或在如因特网这样的真实网络环境中完成。观察在正在运行协议实体间交换报文的基本工具被称为分组嗅探器（packet sniffer）。顾名思义，一个分组嗅探器俘获（嗅探）计算机发送和接收的报文。一般情况下，分组嗅探器将存储和显示出被俘获报文的各协议头部字段的内容。图 1 为一个分组嗅探器的结构。

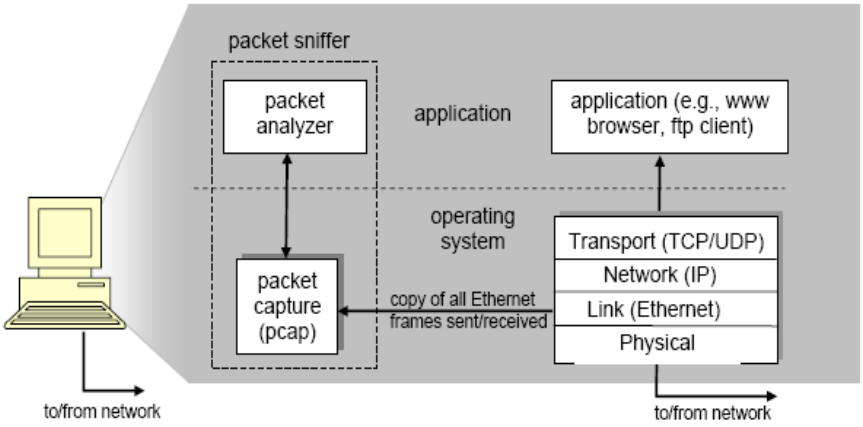


图 3-1 分组嗅探器的结构

图 3-1 右边是计算机上正常运行的协议（在这里是因特网协议）和应用程序（如：web 浏览器和 ftp 客户端）。分组嗅探器（虚线框中的部分）是附加计算机普通软件上的，主要有两部分组成。分组俘获库（packet capture library）接收计算机发送和接收的每一个链路层帧的拷贝。高层协议（如：HTTP、FTP、TCP、UDP、DNS、IP 等）交换的报文都被封装在链路层帧中，并沿着物理媒体（如以太网的电缆）传输。图 1 假设所使用的物理媒体是以太网，上层协议的报文最终封装在以太网帧中。

分组嗅探器的第二个组成部分是分析器。分析器用来显示协议报文所有字段的内容。为此，分析器必须能够理解协议所交换的所有报文的结构。例如：我们要显示图 4-1 中 HTTP 协议所交换的报文的各个字段。分组分析器理解以太网帧格式，能够识别包含在帧中的 IP 数据报。分组分析器也要理解 IP 数据报的格式，并能从 IP 数据报中提取出 TCP 报文段。然后，它需要理解 TCP 报文段，并能够从中提取出 HTTP 消息。最后，它需要理解 HTTP 消息。

Wireshark 是一种可以运行在 Windows, UNIX, Linux 等操作系统上的分组分析器。Wireshark 是免费的，可以从 https://www.wireshark.org/download.html 得到,Wireshark 的 User's Guide 可以从 https://www.wireshark.org/docs/ 获得。运行 Wireshark 程序时，其图形用户界面如图 3-2 所示。最初，各窗口中并无数据显示。在用户选择接口，点击开始抓包按钮之后，Wireshark 的用户界面会变成如图 3-3 所示。

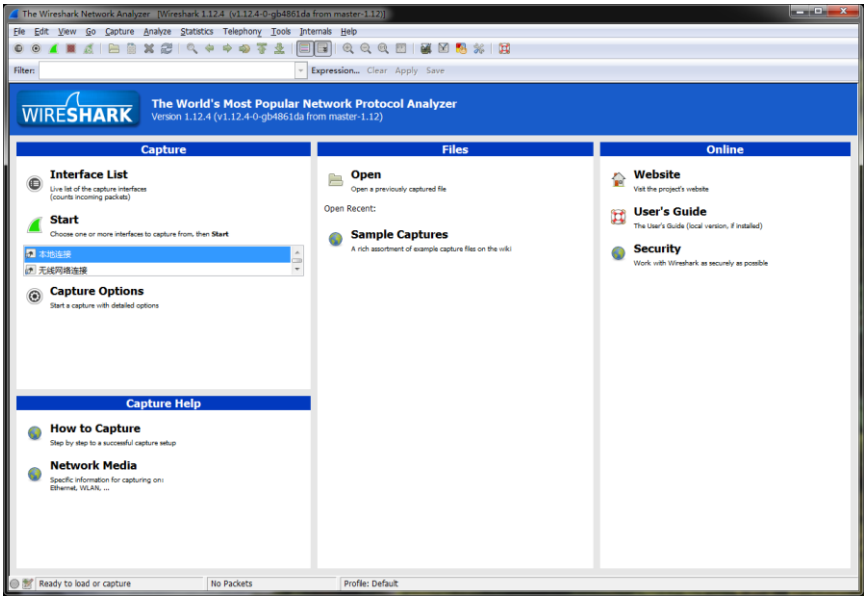


图 3-2 Wireshark 初始用户界面

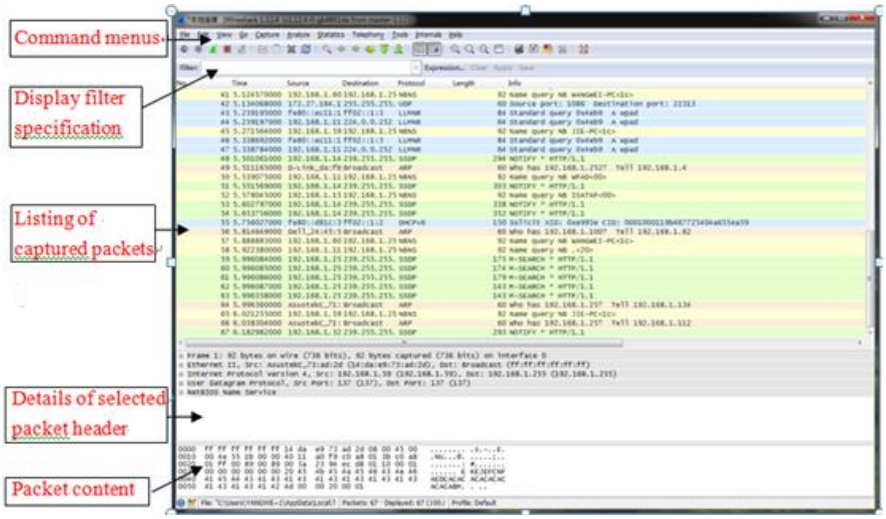


图 3-3 Wireshark 的用户界面

此时 Wireshark 的用户界面主要有 5 部分组成，如图 3-3 所示。

- **命令菜单**（command menus）：命令菜单位于窗口的最顶部，是标准的下拉式菜单。最常用菜单命令有两个：File、Capture。File 菜单允许你保存俘获的分组数据或打开一个已被保存的俘获分组数据文件或退出 Wireshark 程序。Capture 菜单允许你开始俘获分组。
- **俘获分组列表**（listing of captured packets）：按行显示已被俘获的分组内容，其中包括：Wireshark 赋予的分组序号、俘获时间、分组的源地址和目的地址、协议类型、分组中所包含的协议说明信息。单击某一列的列名，可以使分组按指定列进行排序。在该列表中，所显示的协议类型是发送或接收分组的**最高层协议**的类型。
- **分组头部明细**（details of selected packet header）：显示俘获分组列表窗口中被选中分组的头部详细信息。包括：与以太网帧有关的信息，与包含在该分组中的 IP 数据报

有关的信息。单击以太网帧或 IP 数据报所在行左边的向右或向下的箭头可以展开或最小化相关信息。另外，如果利用 TCP 或 UDP 承载分组，Wireshark 也会显示 TCP 或 UDP 协议头部信息。最后，分组最高层协议的头部字段也会显示在此窗口中。

- **分组内容窗口**（packet content）：以 ASCII 码和十六进制两种格式显示被俘获帧的完整内容。
- 显示**筛选规则**（display filter specification）：在该字段中，可以填写协议的名称或其他信息，根据此内容可以对分组列表窗口中的分组进行过滤。

（一）Wireshark 的使用

- 启动主机上的 web 浏览器。
- 启动 Wireshark。你会看到如图 3-2 所示的窗口，只是窗口中没有任何分组列表。
- 开始分组俘获：选择“capture”下拉菜单中的“Capture Options”命令，会出现如图 3-3 所示的“Wireshark: Capture Options”窗口，可以设置分组俘获的选项。
- 在实验中，可以使用窗口中显示的默认值。在“Wireshark: Capture Options”窗口（如图 3-4 所示）的最上面有一个“Interface List”下拉菜单，其中显示计算机所具有的网络接口（即网卡）。当计算机具有多个活动网卡时，需要选择其中一个用来发送或接收分组的网络接口（如某个有线接口）。随后，单击“Start”开始进行分组俘获，所有由选定网卡发送和接收的分组都将被俘获。

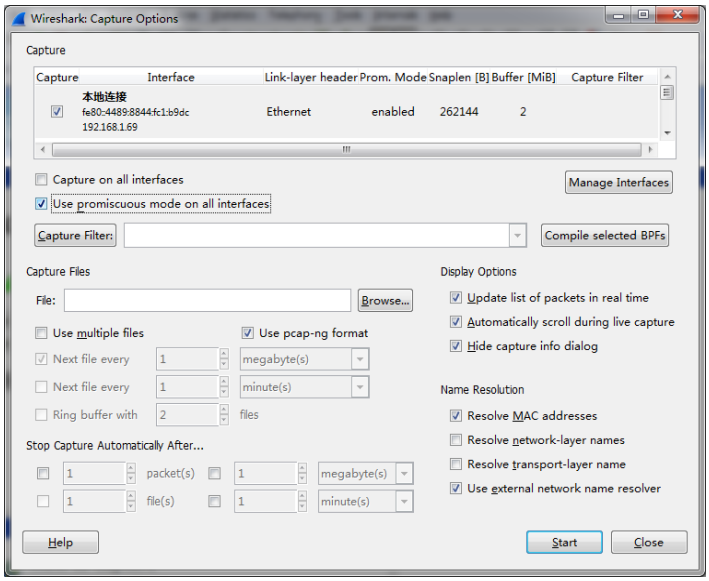


图 3-4 Wireshark 的 Capture Option

- 开始分组俘获后，会出现如图 3-5 所示的窗口。该窗口统计显示各类已俘获数据包。在该窗口的工具栏中有一个“stop”按钮，可以停止分组的俘获。但此时你最好不要停止俘获分组。
- 在运行分组俘获的同时，在浏览器地址栏中输入某网页的 URL，如：http://www.hit.edu.cn。为显示该网页，浏览器需要连接 www.hit.edu.cn 的服务器，并与之交换 HTTP 消息，以下载该网页。包含这些 HTTP 报文的以太网帧将被 Wireshark 俘获。

- 当完整的页面下载完成后，单击 Wireshark 菜单栏中的 stop 按钮，停止分组俘获。Wireshark 主窗口显示已俘获的你的计算机与其他网络实体交换的所有协议报文，其中一部分就是与 www.hit.edu.cn 服务器交换的 HTTP 报文。此时主窗口与图 3-3 相似。
- 在显示筛选规则中输入“http”，单击“回车”，分组列表窗口将只显示 HTTP 协议报文。
- 选择分组列表窗口中的第一条 http 报文。它应该是你的计算机发向 www.hit.edu.cn 服务器的 HTTP GET 报文。当你选择该报文后，以太网帧、IP 数据报、TCP 报文段、以及 HTTP 报文首部信息都将显示在分组首部子窗口中。单击分组首部详细信息子窗口中向右和向下箭头，可以最小化帧、以太网、IP、TCP 信息显示量，可以最大化 HTTP 协议相关信息的显示量。

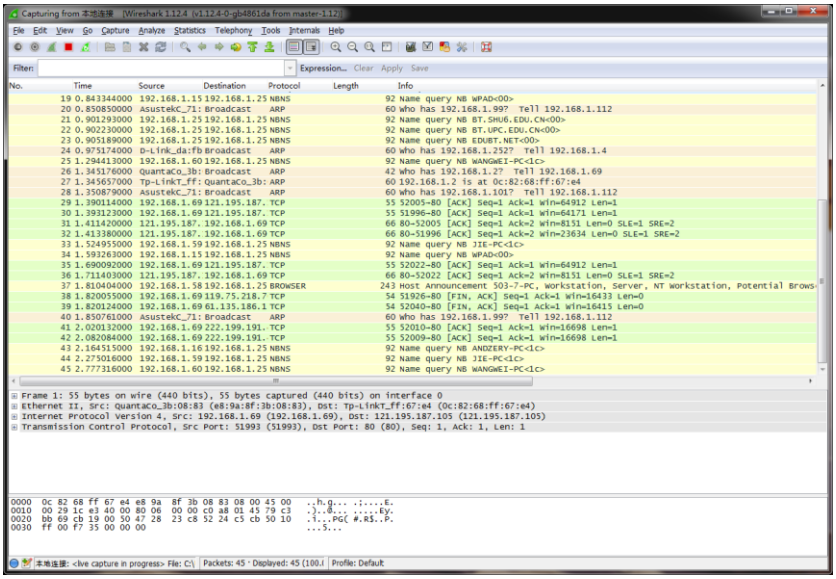


图 3-5 Wireshark 的抓包界面

（二）HTTP 分析

1）HTTP GET/response 交互

- ✧ 启动 Web browser，然后启动 Wireshark 分组嗅探器。在窗口的显示过滤说明处输入“http”，分组列表子窗口中将只显示所俘获到的 HTTP 报文。
- ✧ 开始 Wireshark 分组俘获。
- ✧ 在打开的 Web browser 窗口中输入一下地址：http://hitgs.hit.edu.cn/news
- ✧ 停止分组俘获。

根据俘获窗口内容，思考以下问题：

- ✧ 你的浏览器运行的是 HTTP1.0，还是 HTTP1.1？你所访问的服务器所运行 HTTP 协议的版本号是多少？
- ✧ 你的浏览器向服务器指出它能接收何种语言版本的对象？
- ✧ 你的计算机的 IP 地址是多少？服务器 http://hitgs.hit.edu.cn/news 的 IP 地址是多少？
- ✧ 从服务器向你的浏览器返回的状态代码是多少？

2）HTTP 条件 GET/response 交互

- ✧ 启动浏览器，清空浏览器的缓存（在浏览器中，选择“工具”菜单中的“Internet 选项”

命令，在出现的对话框中，选择“删除文件”）。

✧ 启动 Wireshark 分组俘获器。开始 Wireshark 分组俘获。

✧ 在浏览器的地址栏中输入以下 URL: http://hitgs.hit.edu.cn/news,在你的浏览器中重新输入相同的 URL 或单击浏览器中的“刷新”按钮。

✧ 停止 Wireshark 分组俘获，在显示过滤筛选说明处输入“http”,分组列表子窗口中将只显示所俘获到的 HTTP 报文。

根据俘获窗口内容，思考以下问题：

✧ 分析你的浏览器向服务器发出的第一个 HTTP GET 请求的内容，在该请求报文中，是否有一行是：IF-MODIFIED-SINCE？

✧ 分析服务器响应报文的内容，服务器是否明确返回了文件的内容？如何获知？

✧ 分析你的浏览器向服务器发出的较晚的“HTTP GET”请求，在该请求报文中是否有一行是：IF-MODIFIED-SINCE？如果有，在该首部行后面跟着的信息是什么？

✧ 服务器对较晚的 HTTP GET 请求的响应中的 HTTP 状态代码是多少？服务器是否明确返回了文件的内容？请解释。

（三）TCP 分析

注：访问以下网址需要设置代理服务器。如无法访问可与实验 TA 联系，下载 tcp-Wireshark-trace 文件，利用该文件进行 TCP 协议分析。

A. 俘获大量的由本地主机到远程服务器的 TCP 分组

（1） 启动浏览器，打开http://gaia.cs.umass.edu/Wireshark-labs/alice.txt网页，得到ALICE'S ADVENTURES IN WONDERLAND文本，将该文件保存到你的主机上。

（2） 打开http://gaia.cs.umass.edu/Wireshark-labs/TCP-Wireshark-file1.html，如图4-6所示，窗口如下图所示。在Browse按钮旁的文本框中输入保存在你的主机上的文件ALICE'S ADVENTURES IN WONDERLAND的全名（含路径），此时不要按“Upload alice.txt file”按钮。

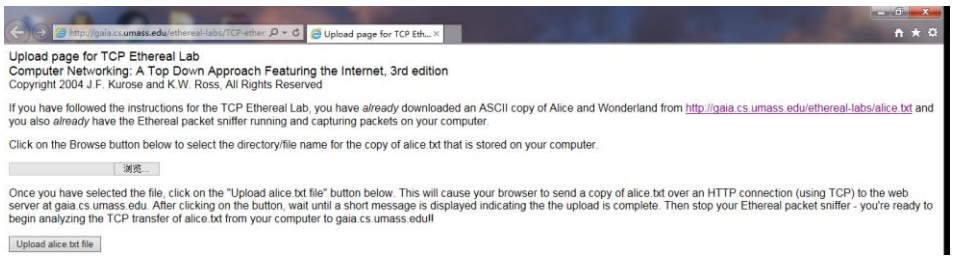


图3-6 Wireshark-labs网页截图

（3） 启动Wireshark，开始分组俘获。

（4） 在浏览器中，单击“Upload alice.txt file”按钮，将文件上传到gaia.cs.umass.edu服务器，一旦文件上传完毕，一个简短的贺词信息将显示在你的浏览器窗口中。

（5） 停止俘获。

B. 浏览追踪信息

在显示筛选规则中输入“tcp”,可以看到在本地主机和服务器之间传输的一系列 tcp 和

http 报文，你应该能看到包含 SYN 报文的三次握手。也可以看到有主机向服务器发送的一个 HTTP POST 报文和一系列的“http continuation”报文。

根据操作思考以下问题：

- 向 gaia.cs.umass.edu 服务器传送文件的客户端主机的 IP 地址和 TCP 端口号是多少？
- Gaia.cs.umass.edu 服务器的 IP 地址是多少？对这一连接，它用来发送和接收 TCP 报文的端口号是多少？

C. TCP 基础

根据操作思考以下问题：

- 客户服务器之间用于初始化 TCP 连接的 TCP SYN 报文段的序号（sequence number）是多少？在该报文段中，是用什么来标示该报文段是 SYN 报文段的？
- 服务器向客户端发送的 SYNACK 报文段序号是多少？该报文段中，Acknowledgement 字段的值是多少？Gaia.cs.umass.edu 服务器是如何决定此值的？在该报文段中，是用什么来标示该报文段是 SYNACK 报文段的？
- **你能从捕获的数据包中分析出 tcp 三次握手过程吗？**
- 包含 HTTP POST 命令的 TCP 报文段的序号是多少？
- 如果将包含 HTTP POST 命令的 TCP 报文段看作是 TCP 连接上的第一个报文段，那么该 TCP 连接上的第六个报文段的序号是多少？是何时发送的？该报文段所对应的 ACK 是何时接收的？
- 前六个 TCP 报文段的长度各是多少？
- 在整个跟踪过程中，接收端公示的最小的可用缓存空间是多少？限制发送端的传输以后，接收端的缓存是否仍然不够用？
- 在跟踪文件中是否有重传的报文段？进行判断的依据是什么？
- TCP 连接的 throughput (bytes transferred per unit time)是多少？请写出你的计算过程。

（四）IP 分析

通过分析执行 traceroute 程序发送和接收到的 IP 数据包，我们将研究 IP 数据包的各个字段，并详细研究 IP 分片。

A. 通过执行 traceroute 执行捕获数据包

为了产生一系列 IP 数据报，我们利用 traceroute 程序发送具有不同大小的数据包给目的主机 X。回顾之前 ICMP 实验中使用的 traceroute 程序，源主机发送的第一个数据包的 TTL 设位 1，第二个为 2，第三个为 3，等等。每当路由器收到一个包，都会将其 TTL 值减 1。这样，当第 n 个数据包到达了第 n 个路由器时，第 n 个路由器发现该数据包的 TTL 已经过期了。根据 IP 协议的规则，路由器将该数据包丢弃并将一个 ICMP 警告消息送回源主机。

在 Windows 自带的 tracert 命令不允许用户改变由 tracert 命令发送的 ICMP echo 请求消息（ping 消息）的大小。一个更优秀的 traceroute 程序是 pingplotter，下载并安装 pingplotter。ICMP echo 请求消息的大小可以通过下面方法在 pingplotter 中进行设置。Edit->Options->Packet，然后填写 Packet Size(in bytes，default=56)域。实验步骤：

（1） 启动 Wireshark 并开始数据包捕获

（2） 启动 pingplotter 并“Address to Trace Window”域中输入目的地址。

在“# of times to Trace”域中输入“3”，这样就不过采集过多的数据。Edit->Options->Packet，将 Packet Size(in bytes,default=56)域设为 56，这样将发送一系列大小为 56 字节的包。然后按下“Trace”按钮。得到的 pingplotter 窗口如图 3-7 所示。

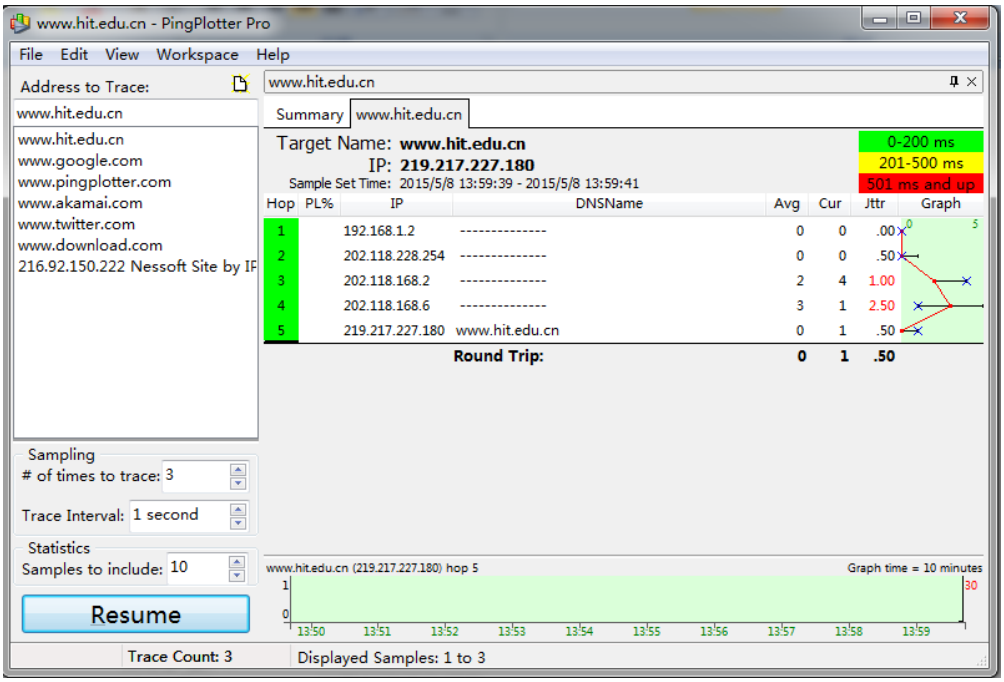


图 3-7 pingplotter 窗口

（1） Edit->Options->Packet，然后将 Packet Size(in bytes,default=56)域改为 2000，这样将发送一系列大小为 2000 字节的包。然后按下“Resume”按钮。

（2） 最后，将 Packet Size(in bytes,default=56)域改为 3500，发送一系列大小为 3500 字节的包。然后按下“Resume”按钮。

（3） 停止 Wireshark 的分组捕获。

注：如无法访问可与实验 TA 联系，下载已有的 ip-Wireshark-trace 文件，利用该文件进行 IP 协议分析

B. 对捕获的数据包进行分析

（1）在你的捕获窗口中，应该能看到由你的主机发出的一系列ICMP Echo Request包和中间路由器返回的一系列ICMP TTL-exceeded消息。选择第一个你的主机发出的ICMP Echo Request消息，在packet details窗口展开数据包的Internet Protocol部分，如图3-8所示。

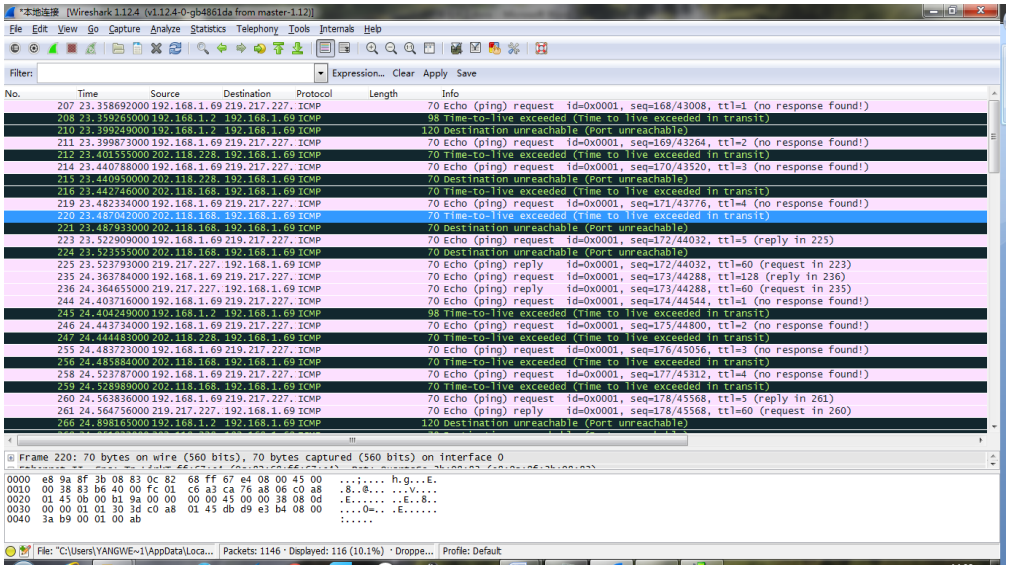


图3-8 Wrieshark窗口

思考下列问题：

- 你主机的IP地址是什么？
- 在IP数据包头中，上层协议（upper layer）字段的值是什么？
- IP头有多少字节？该IP数据包的净载为多少字节？并解释你是怎样确定
- 该IP数据包的净载大小的？
- 该IP数据包分片了吗？解释你是如何确定该P数据包是否进行了分片

（2）单击Source列按钮，这样将对捕获的数据包按源IP地址排序。选择第一个你的主机发出的ICMP Echo Request消息，在packet details窗口展开数据包的Internet Protocol部分。在“listing of captured packets”窗口，你会看到许多后续的ICMP消息（或许还有你主机上运行的其他协议的数据包）

思考下列问题：

- 你主机发出的一系列ICMP消息中IP数据报中哪些字段总是发生改变？
- 哪些字段必须保持常量？哪些字段必须改变？为什么？
- 描述你看到的IP数据包Identification字段值的形式。

（3）找到由最近的路由器（第一跳）返回给你主机的ICMP Time-to-live exceeded消息。

思考下列问题：

- Identification字段和TTL字段的值是什么？
- 最近的路由器（第一跳）返回给你主机的ICMP Time-to-live exceeded消息中这些值是否保持不变？为什么？

（4）单击Time列按钮，这样将对捕获的数据包按时间排序。找到在将包大小改为2000字节后你的主机发送的第一个ICMP Echo Request消息。

思考下列问题：

- 该消息是否被分解成不止一个IP数据报？

- 观察第一个IP分片，IP头部的哪些信息表明数据包被进行了分片？IP头部的哪些信息表明数据包是第一个而不是最后一个分片？该分片的长度是多少

C. 找到在将包大小改为3500字节后你的主机发送的第一个ICMP Echo Request消息。

思考下列问题：

- 原始数据包被分成了多少片？
- 这些分片中IP数据报头部哪些字段发生了变化？

（五）抓取 ARP 数据包

（1）利用 MS-DOS 命令：arp 或 c:\windows\system32\arp 查看主机上 ARP 缓存的内容。

（2）在命令行模式下输入：ping 192.168.1.82（或其他 IP 地址）

（3）启动 Wireshark，开始分组俘获。抓取的数据包大致如下图 3-9 所示。

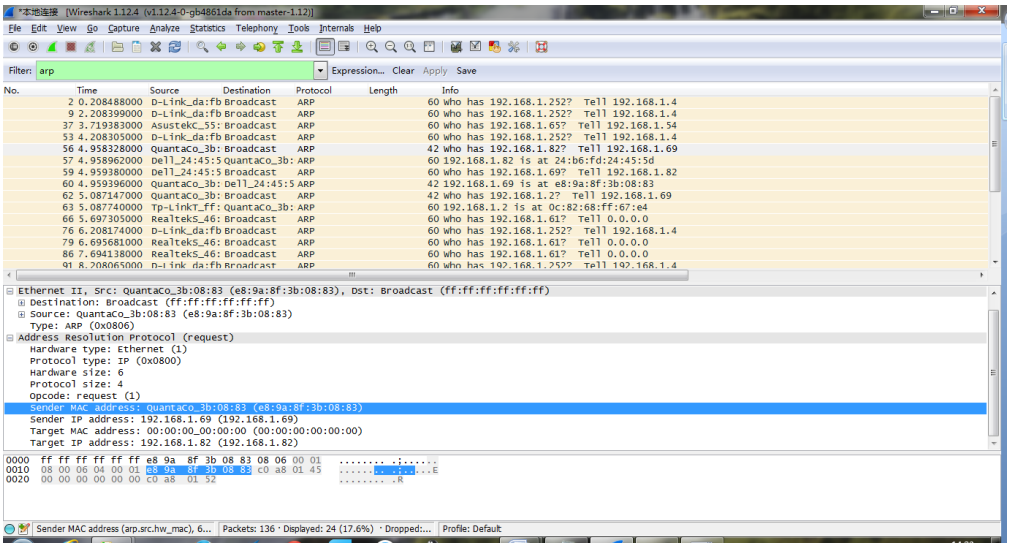


图 3-9 ARP 广播包

从 Wireshark 的第一栏中，我们看到这是个 ARP 解析的广播包，如上图。由于这个版本的 Wireshark 使用的是 Ethernet II 来解码的，我们先看看 Ethernet II 的封装格式。如图 4-10 所示。

图 3-10 Ethernet II 的封装格式

从 Ethernet II 知道了是 ARP 解析以后，我们来看看 Wireshark 是如何判断是 ARP 请求呢还是应答的。

以太网的 ARP 请求和应答的分组格式，如图 3-11 所示。

图 3-11 ARP 请求和应答的分组格式

从上图中我们了解到判断一个 ARP 分组是 ARP 请求还是应答的字段是“OP”，当其值为 0×0001 时是请求，为 0×0002 时是应答。如下两图：

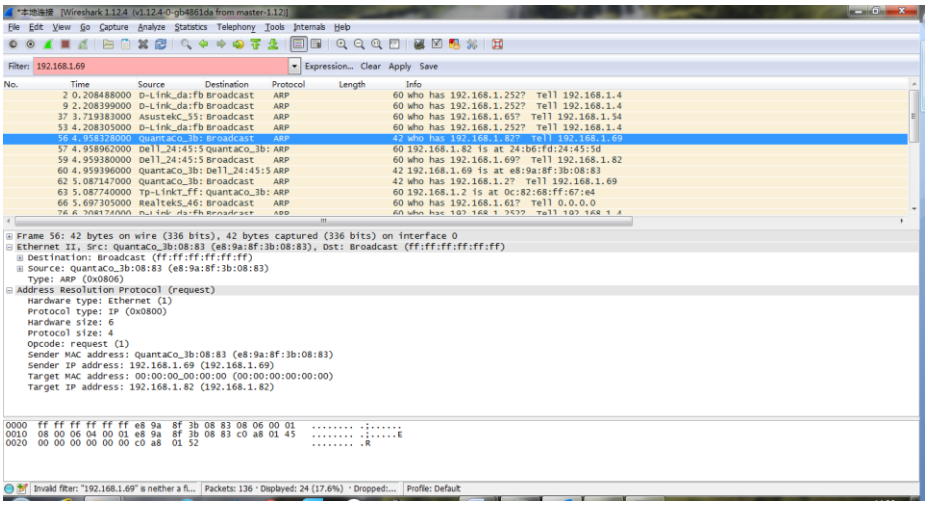


图 3-12 ARP 请求包格式

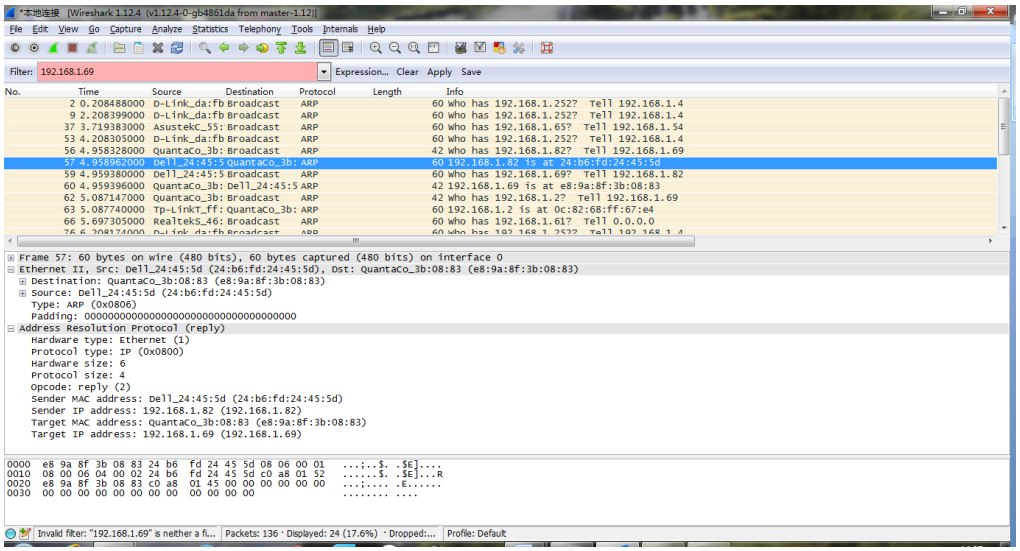


图 3-13 ARP 应答包格式

思考下面问题：

（1）利用 MS-DOS 命令：arp 或 c:\windows\system32\arp 查看主机上 ARP 缓存的内容。说明 ARP 缓存中每一列的含义是什么?

（2）清除主机上 ARP 缓存的内容,抓取 ping 命令时的数据包。分析数据包,回答下面的问题：

- ARP数据包的格式是怎样的？由几部分构成，各个部分所占的字节数是多少？
- 如何判断一个ARP数据是请求包还是应答包？
- 为什么ARP查询要在广播帧中传送，而ARP响应要在一个有着明确目的局域网地址的帧中传送？

（六）抓取 UDP 数据包

（1）启动 Wireshark，开始分组捕获；

（2）发送 QQ 消息给你的好友；

（3）停止 Wireshark 组捕获；

（4）在显示筛选规则中输入“udp”并展开数据包的细节，如图 3-14 所示。

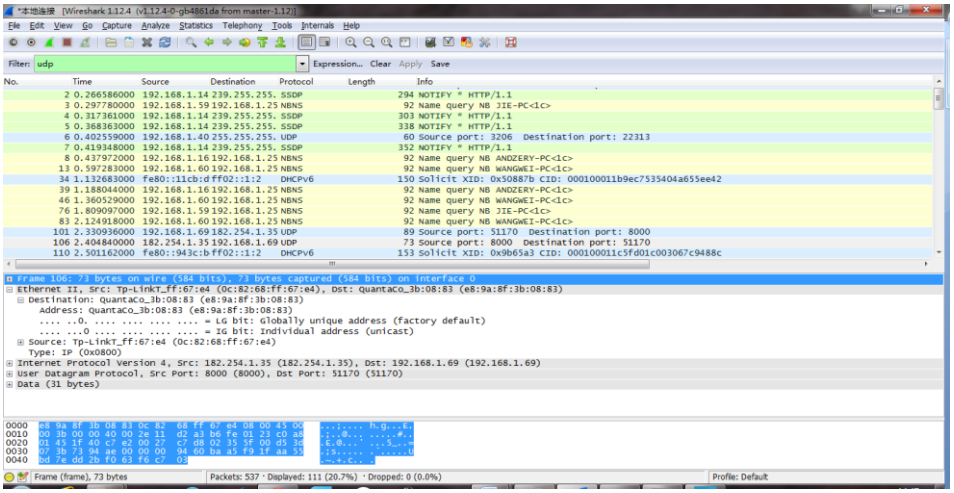


图 3-14 UDP 抓包图

分析 QQ 通讯中捕获到的 UDP 数据包。根据操作思考以下问题：

- 消息是基于UDP的还是TCP的？
- 你的主机ip地址是什么？目的主机ip地址是什么？
- 你的主机发送QQ消息的端口号和QQ服务器的端口号分别是多少？
- 数据报的格式是什么样的？都包含哪些字段，分别占多少字节？
- 为什么你发送一个ICQ数据包后，服务器又返回给你的主机一个ICQ数据包？这UDP的不可靠数据传输有什么联系？对比前面的TCP协议分析，你能看出UDP是无连接的吗？

（七）利用 WireShark 进行 DNS 协议分析

（1）打开浏览器键入:www.baidu.com

（2）打开 Wireshark,启动抓包.

（3）在控制台回车执行完毕后停止抓包.Wireshark 捕获的 DNS 报文如图 3-15 所示。

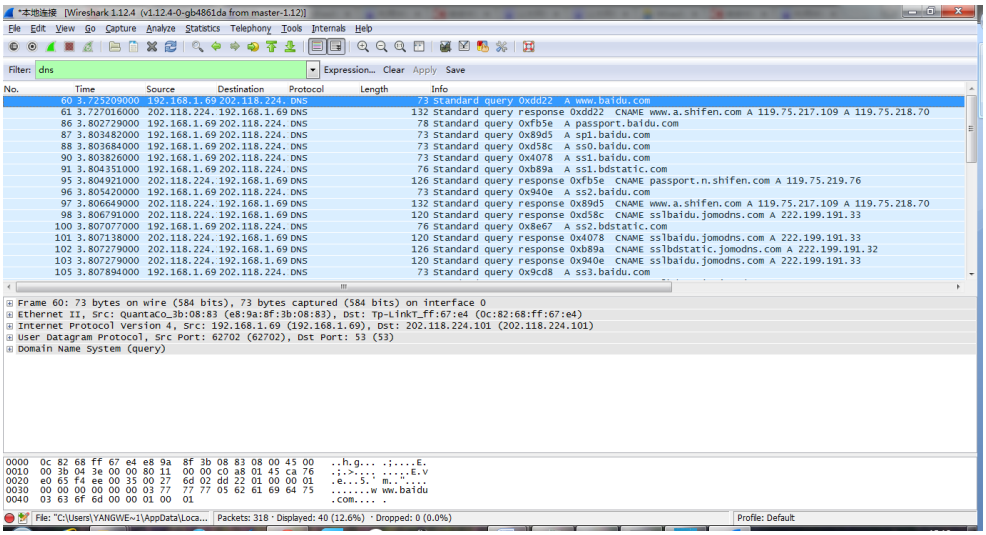


图 3-15 DNS 报文

实验报告

要求撰写实验报告对利用 Wireshark 分析 HTTP、TCP、IP、以太网帧、ARP、DNS 等的抓包分析实验过程、发现的问题、得到的结果、对协议的认识等内容进行总结（可结合每个实验后面的思考题进行分析、总结）。

实验 4：简单网络组建及配置

1、实验目的

- 了解路由器、交换机的启动过程；
- 掌握路由器、交换机的配置模式及 CISCO 的 IOS 命令行风格；
- 掌握路由器、交换机的 console 口配置方法和 telnet 配置方法；
- 掌握路由器、交换机的基本配置：show，帮助“?”， ^Z，exit，no，简写等；
- 掌握路由器端口配置，并可进行简单组网配置；

2、实验环境

- cisco2811 路由器两台；
- cisco3560 三层交换机一台；
- cisco2960 二层交换机两台；
- PC 机 4 台，接线板一台，网线若干。

3、实验内容

1）按如下拓扑（图 4-1）选择设备，并将所选设备进行物理链路连接；
2）配置各网络设备使各个 pc 机之间可以相互 ping 通。

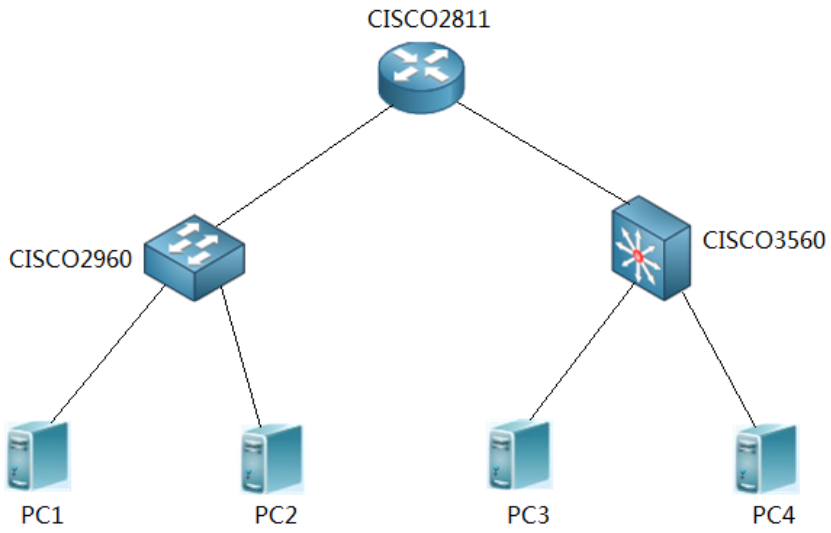


图 4-1

说明：
pc1：192.168.1.1/24； pc2：192.168.1.2/24；
pc3：192.168.2.1/24； pc4：192.168.3.1/24；
路由器和交换机均为出厂设置。

4、实验方式

每位同学亲自动手实验，实验指导教师现场指导。

5、实验过程

（1）按照图 4-1 所示，将网络设备用适当的线路连接好，注意 console 控制线和双绞线不要混淆。

（2）通过“超级终端”软件连接到路由器或交换机的控制口，进入 IOS 系统。初步了解 IOS 系统特性，为路由器或交换机配置名称、密码等，启用 telnet 服务，使以后的配置可以通过 telnet 方式进行。

（3）通过 telnet 方式进入 IOS 的 CLI 配置界面，分别对三台网络设置进行适当的配置，使局域网的四台计算机可以互相 ping 同。

（4）自行设计更为复杂的网络结构（**选作内容，加分项目**）。你设计的复杂网络适合在什么情况下使用？可适当咨询辅导老师。

思考：

a.直通线和交叉线有哪些不同点？两种接线法各使用于哪些种网络设备的连接？

b.两台计算机通过双绞线实现直连安装网络接口卡。这个情况应该采用哪种接法的双绞线？

c.组网实验中每台计算机的网关如何设置？

d.图 4-1 拓扑结构中，三层交换机换成二层交换机是否可行，说明理由？

e.HUB 和交换机区别，什么是洪范、冲突域和广播域？

6、参考内容

（一）连接不同各个类型的网络设备所使用的双绞线类型

（1）双绞线连接网卡与网卡

10M、100M 网卡之间直接连接时，可以不用 Hub，应采用交叉线接法。

（2）双绞线连接网卡与交换机(集线器)

双绞线为直通线接法。

（3）双绞线连接集线器与集线器（交换机与交换机）

考虑到交换机有的可能有级联口(UPLINK 口)有以下三种情况的链接：

1、交换机的 UPLINK 口连接到交换机的普通口；

2、交换机的 UPLINK 口连接到交换机的 UPLINK 口；

3、交换机的普通口连接到交换机的普通口。

这三种级连的接线也是不同的：第一种情况用平行线；第二种情况用交叉线；第三种情况也用交叉线。一个方便记忆的方法：就是交换机级连中，如果要进行级连的两口的属性相

同（要么都是UPLINK 口，要么都是普通口），那么就用交叉线！其他情况就用平行线。

（二）网络调试

可以用通过 ping 命令调试网络是否连通。

格式：ping ip 地址

（三）配置局域网参考

（1）双机直连

双机直连需要交叉双绞线。连好后应该可以看到网卡上的指示灯在闪烁。然后设置 IP 地址，建议一般设置成： 192.168.0.1，子网掩码是：255.255.255.0。另一台设置成 192.168.0.2，子网掩码：255.255.255.0。然后使用 DOS 命令：ping 192.168.0.X，如果反馈信息是 XXms，

就表示网络畅通，双机互联成功了。否则就要检查网线接触、网线的类型以及网线的连通性等部分是否有问题。

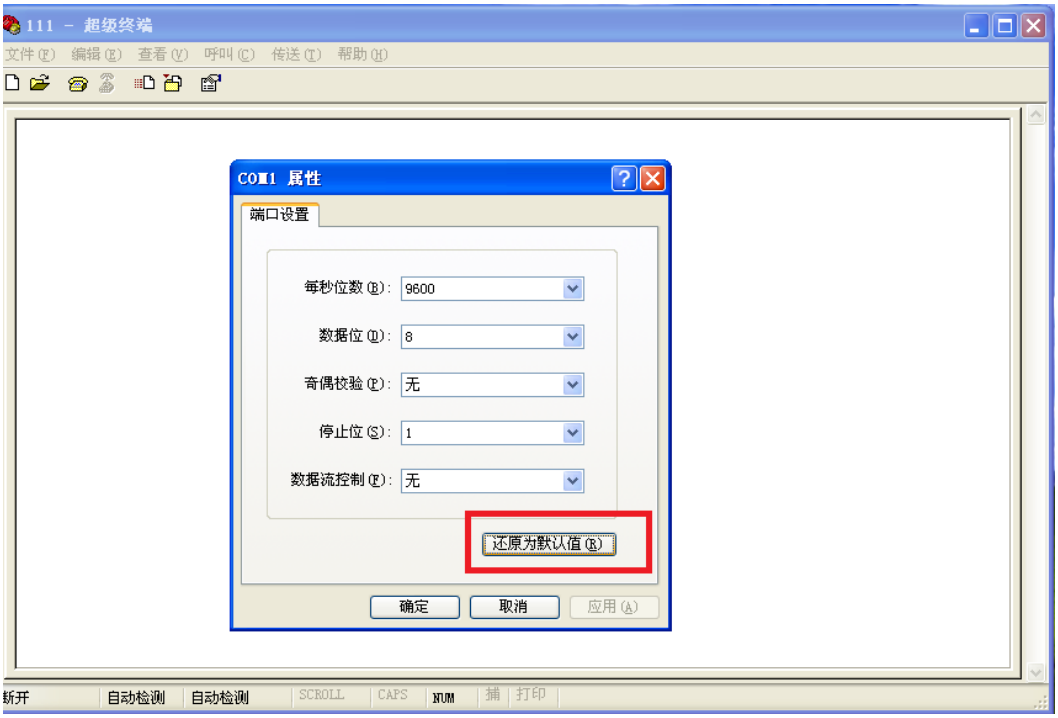
（2）超级终端的使用

准备：通过 windows 系统自带的超级终端建立连接。

用设备自带的专用线缆将计算机和思科设备的 console 口连接起来。（路由器的第一次设置必须通过这种方式进行）在调试网络设备时，我们常用 widows 自带的超级终端来做为显示。步骤如下：

通过点击 开始→程序→附件→通讯中的 超级终端，我们可以打开一个新的终端。

然后，设置好名称(随意)，选择好端口（如 COM1），参数配置为：



然后就可以开始使用超级终端了。

（3）CISCO 交换机、路由器基本配置

1）命令状态

路由器名字>

这种提示符为用户命令状态。这时用户可以看路由器的连接状态，但不能看到和更改路由器的设置内容。

路由器名字#

路由器名字>提示符下键入enable,进入特权命令状态 （路由器名字#），这时可以使用所有命令。

路由器名字(config)#

路由器名字#提示符下键入configure terminal,出现提示符｛路由器名字(config)#｝，此时路由器处于全局设置状态，这时可以设置路由器的全局参数。

路由器名字(config-if)#；路由器名字(config-line)#;...

路由器处于局部设置状态，这时可以设置路由器某个局部的参数

2）常用的查看命令

show（注释# 为特权用户使用）

查看 cisco 设备的型号、软件版本、设备工作时间、MAC 等信息。

#show version

查看设备运行配置（启动配置）

show running-conf (startup-conf)

查看接口状态

show interface

查看设备 ip 信息

show ip

查看访问列表信息
show access-list
查看 MAC 绑定情况
show arp

3）基本参数配置（无特殊提示均为通用命令）

> Enable // 进入特权模式
configure terminal // 进入配置模式
(config)# Hostname 机器名 xxx // 配置路由器或交换机名称
(config)# enable password xxx // 设置特权用户密码
(config)# Exit // 退出配置模式
// 特权命令状态
#disa // 退到用户状态
>exit // 用户命令状态

4）telnet 服务配置

(config)# line vty 0 4
(config-line)# password 123456 // telnet 登录密码设置
(config-line)# login
(config-line)# exit // 退出 vty 配置模式
(config)#

5）接口配置

步骤：

(config)# interface fastEthernet 0/0 // 进入接口
(config-if)# ip address 202.118.232.100 255.255.255.0 // 配置 ip 地址
(config-if)# no shutdown // 激活接口

6）交换机相关命令

#sh vlan // 查看 vlan 信息
#vlan database // 建立 Vlan
(vlan)#vlan x name xx // 名字可以随便起
(vlan)#apply // vlan 配置更新
configure terminal // 进入配置模式
(config)# interface fastEthernet 0/0 // 进入接口
(config-if)# switchport access vlan 2 // 将端口映射到 Vlan 2
(config-if)#exit
configure terminal
(config)# interface vlan 1
(config-if)#ip address 202.118.232.100 255.255.255.0 // 配置 ip 地址（路由器为接口配置地址，交换机为 vlan 配置地址）
configure terminal
ip routing // 在三层交换机上开启路由功能

configure terminal
#ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.1.252 // 设置路由
#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.118.232.254 // 设置缺省路由

7、实验报告

按实验步骤的内容作详细记录、分析。在实验报告中写出网络配置过程以及分析网络中的二层交换、三层交换机和路由器的作用。回答报告中提出的问题。