# 实验 3：可靠数据传输协议-GBN 协议的设计与实现

## 1. 实验目的

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 GBN 协议，实现单向可靠数据传输（服务器到客户的数据传输）。

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

每位同学独立上机编程实验，实验指导教师现场指导。

## 5. 实验要点

1) 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；

2) 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；

3) 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 $W+1<=2^L$。

4) 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）

5) 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。

6) 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；

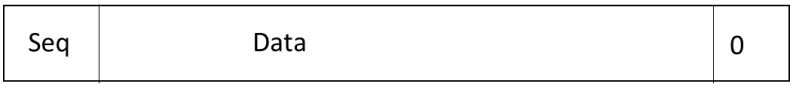
“-quit”表示客户端退出，服务器回复“Good bye!”；

“-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 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*)&addrServe
r, &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。