哈爾濱工業大學
Harbin Institute of Technology

# 计算机网络
# 课程实验报告

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 实验名称 | IPv4 分组收发实验，<br>Ipv4 分组转发实验 | | | | |
| 姓名 | 田雪洋 | | 院系 | 计算机科学与技术学院 | |
| 班级 | 1937102 | | 学号 | 1190202110 | |
| 任课教师 | 李全龙 | | 指导教师 | 李全龙 | |
| 实验地点 | 格物 207 | | 实验时间 | 2021.11.13 | |
| 实验课表现 | 出勤、表现得分(10) | | 实验报告<br>得分(40) | | 实验总分 | |
| | 操作结果得分(50) | | | | |
| 教师评语 | | | | | |
| | | | | | |

计算机科学与技术学院 SINCE 1956...
School of Computer Science and Technology

实验目的：

本次实验的主要目的。

实验4：

IPv4 协议是互联网的核心协议，它保证了网络节点（包括网络设备 和主机）在网络层能够按照标准协议互相通信。IPv4 地址唯一标识了网 络节点和网络的连接关系。在我们日常使用的计算机的主机协议栈中， IPv4 协议必不可少，它能够接收网络中传送给本机的分组，同时也能根 据上层协议的要求将报文封装为 IPv4 分组发送出去。 本实验通过设计实现主机协议栈中的 IPv4 协议，让学生深入了解网 络层协议的基本原理，学习 IPv4 协议基本的分组接收和发送流程。 另外，通过本实验，学生可以初步接触互联网协议栈的结构和计算 机网络实验系统，为后面进行更为深入复杂的实验奠定良好的基础。

实验5：

通过前面的实验，我们已经深入了解了 IPv4 协议的分组接收和发送 处理流程。本实验需要将实验模块的角色定位从通信两端的主机转移到 作为中间节点的路由器上，在 IPv4 分组收发处理的基础上，实现分组的 路由转发功能。网络层协议最为关注的是如何将IPv4分组从源主机通过网络送达目 的主机，这个任务就是由路由器中的 IPv4 协议模块所承担。路由器根据 自身所获得的路由信息，将收到的IPv4分组转发给正确的下一跳路由器。 如此逐跳地对分组进行转发，直至该分组抵达目的主机。IPv4 分组转发 是路由器最为重要的功能。本实验设计模拟实现路由器中的 IPv4 协议，可以在原有 IPv4 分组 收发实验的基础上，增加 IPv4 分组的转发功能。对网络的观察视角由主 机转移到路由器中，了解路由器是如何为分组选择路由，并逐跳地将分 组发送到目的主机。本实验中也会初步接触路由表这一重要的数据结构， 认识路由器是如何根据路由表对分组进行转发的。

实验内容：

实验4：

1) 实现 IPv4 分组的基本接收处理功能

对于接收到的IPv4分组，检查目的地址是否为本地地址，并检查IPv4 分组头部中其它字段的合法性。提交正确的分组给上层协议继续处理， 丢弃错误的分组并说明错误类型。

2) 实现 IPv4 分组的封装发送

根据上层协议所提供的参数，封装 IPv4 分组，调用系统提供的发送 接口函数将分组发送出去。

实验5：

1) 设计路由表数据结构。

设计路由表所采用的数据结构。要求能够根据目的 IPv4 地址来确定 分组处理行为（转发情况下需获得下一跳的 IPv4 地址）。路由表的数据 结构和查找算法会极大的影响路由器的转发性能，有兴趣的同学可以深 入思考和探

索。

2) IPv4 分组的接收和发送。

对前面实验（IP 实验）中所完成的代码进行修改，在路由器协议栈 的IPv4模块中能够正确完成分组的接收和发送处理。具体要求不做改变， 参见“IP 实验”。

3) IPv4 分组的转发。

对于需要转发的分组进行处理，获得下一跳的 IP 地址，然后调用发 送接口函数做进一步处理。

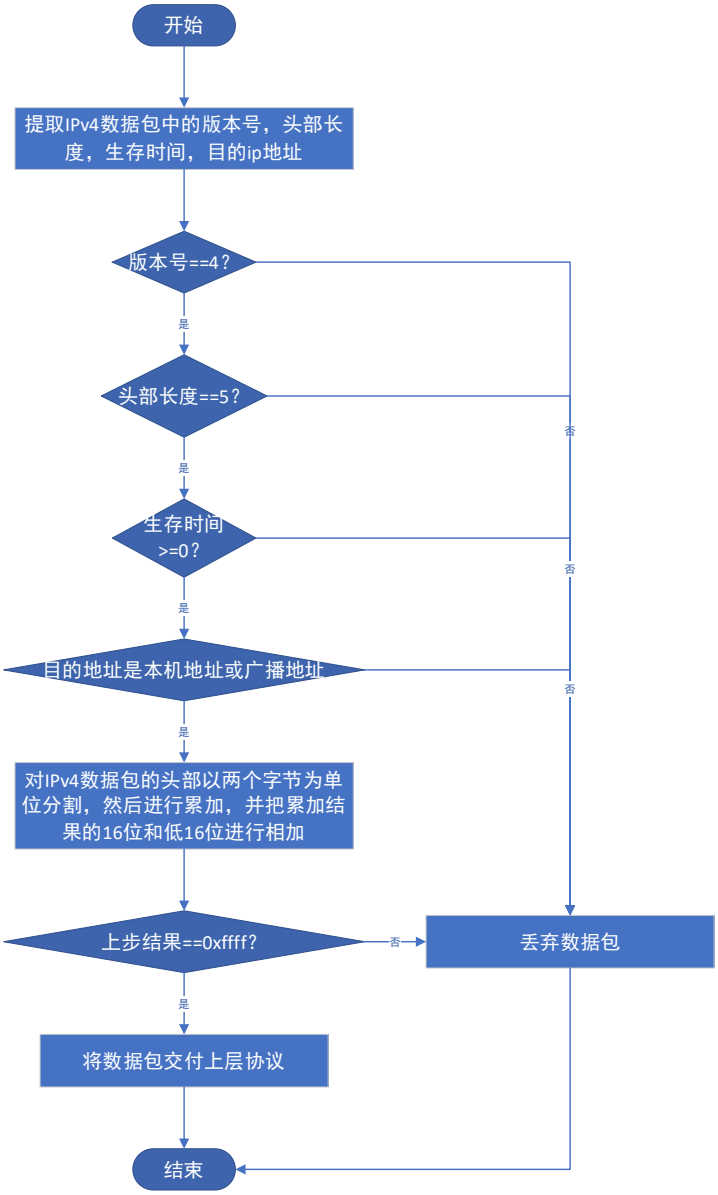
实验过程：

以文字描述、实验结果截图等形式阐述实验过程，必要时可附相应的代码截图或以附件形式提交。

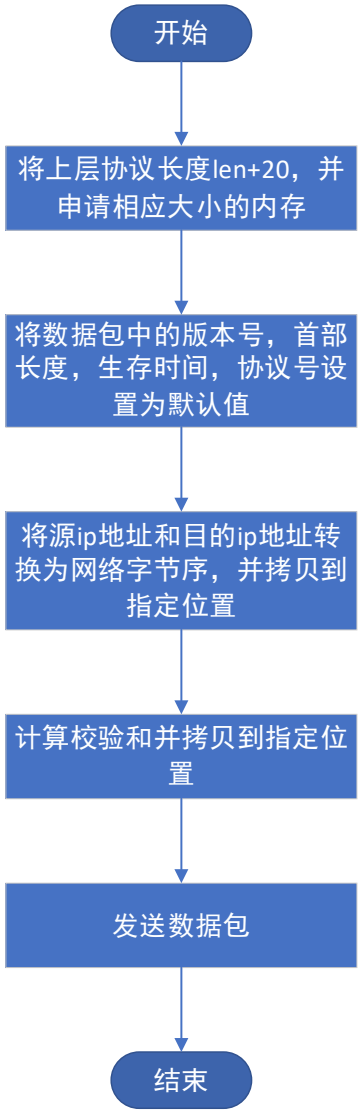
一．IPv4分组收发实验

（1） 发送和接收函数的实现程序流程图

接收函数stud_ip_recv流程图



发送函数stud_ip_Upsend()的流程图：




（2） 自己所新建的数据结构说明

本程序没有自己新建的数据结构

（3） 版本号（Version）、头部长度（IP Head length）、生存时间（Time to live）以及头校验和（Header checksum）字段的错误检测原理并根据实验具体情况给出错误的具体数据

下图为ipv4的头部信息


1.版本号，首部长度，生存时间，目的地址

从上图可以看到，版本号位于第一个字节的前4位，首部长度位于第一个字节的后4位，生存时间位于第九个字节的前4位，目的地址位于第17-20个字节，所以只需要从相应位置将他们读出，然后和默认值进行比较即可判断是否发生错误，若发生错误，则调用ip_DiscardPkt()函数并输入相应的错误类型

```
//检测ip报文的版本号是否为4
if (version != 4)
{

    //如果出现版本号不为4的错误，报告错误并返回1

    ip_DiscardPkt(pBuffer, STUD_IP_TEST_VERSION_ERROR);

    return 1;

}
//检测ip报文的头部长度是否正确
if (total_length < 5)
{
    //ip报文的头部长度要>=20字节，若小于，报错，返回1
      ip_DiscardPkt(pBuffer, STUD_IP_TEST_HEADLEN_ERROR);
      return 1;
}
//检测ip报文的生存时间
if (ttl <= 0)
{
    //ip报文的生存时间要>0,否则，报错，返回1
    ip_DiscardPkt(pBuffer, STUD_IP_TEST_TTL_ERROR);
    return 1;
}
//检测ip报文的目的地址
if (destination != getIpv4Address() && destination != 0xffff)
{
    //ip报文的目的地址是否为目标地址或者广播地址，若不是，报错，返回1
    ip_DiscardPkt(pBuffer, STUD_IP_TEST_DESTINATION_ERROR);
    return 1;
}
```

2.头部校验和

将头部字段以两个字节为单位进行分割，然后将分割的子串分别累加，将累加得到的数值的高16位和低16位再次相加，若结果不为0xffff，则调用ip_DiscardPkt()函数并输入错误类型STUD_IP_TEST_CHECKSUM_ERROR。

```
//计算校验和
unsigned long check = 0;

//将ip报文每2个字节为单位分割，进行累加
for (int i = 0; i < total_length * 2; i++)
{
    check += ((unsigned char)pBuffer[i * 2] << 8)+ (unsigned char)pBuffer[i * 2 + 1];
}
unsigned short low = check & 0xffff; //取出低16位
unsigned short high = check >> 16; //取出高16位
if (low + high!= 0xffff) //低16位与高16位相加
{
    //如果出现首部校验和的错误(计算结果不为0xffff)，报错，返回1
    ip_DiscardPkt(pBuffer, STUD_IP_TEST_CHECKSUM_ERROR);
    return 1;
}
```

(4)实验代码（含详细注释）

见附录

二．IPv4分组转发实验

(1) 路由表初始化、路由增加、路由转发的实现程序流程图

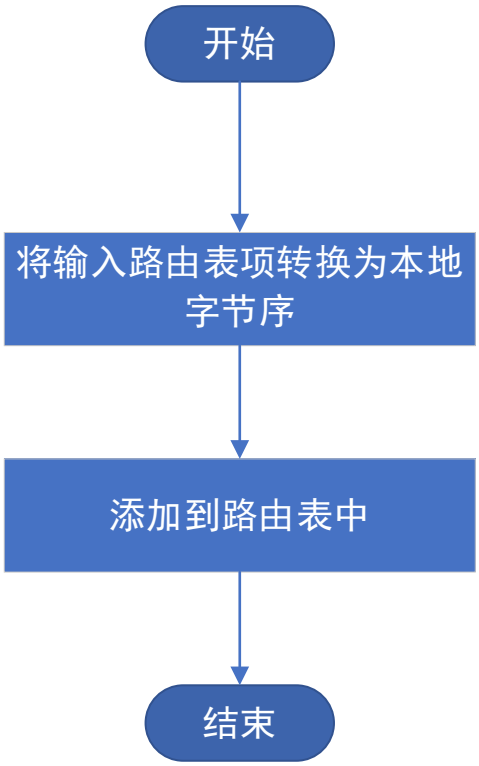
1. 路由表初始化

由于使用了全局变量作为存储路由表的结构，其在创建的时候便已经自动完成了初始化，因此在stud_Route_Init ()不需要执行任何操作，因此该函数的流程图便没有画的必要。

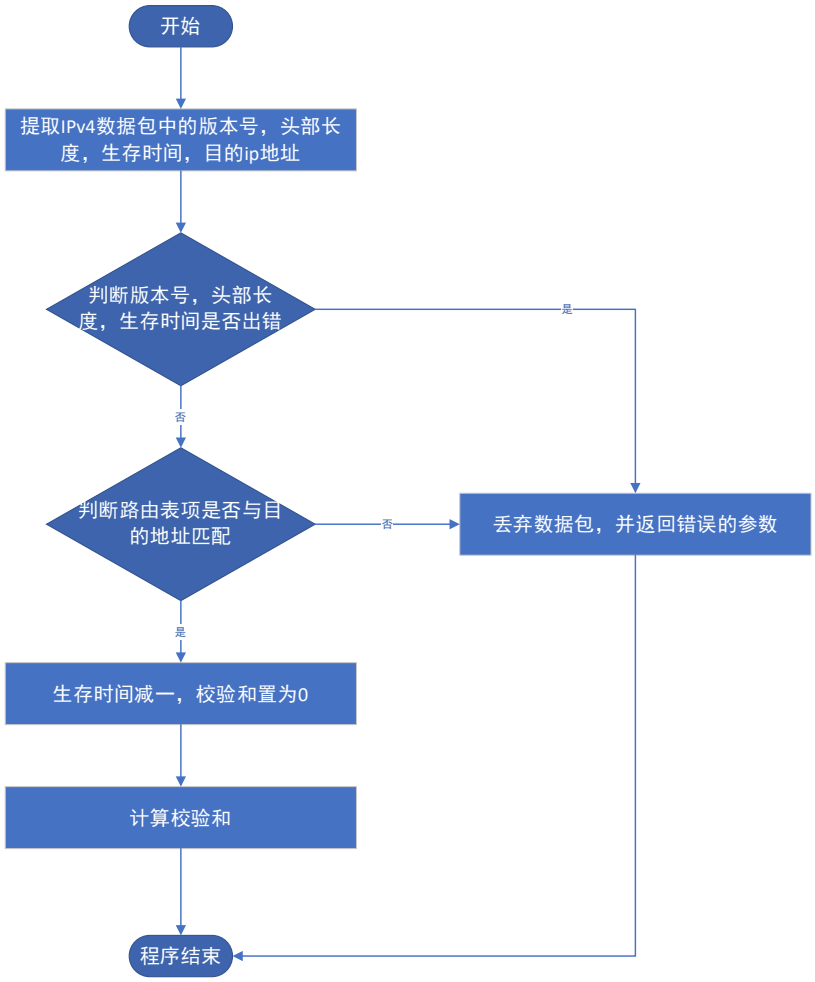
路由表结构如下：

```
vector<stud_route_msg> route;  //路由表
```

2. 路由增加




路由转发




(2) **自己所新建的数据结构的说明**

**建立了一个 vector 数组，作为路由表来存储路由表项** stud_route_msg，路由表初始化为空，每次通过遍历查找路由表项，若需要添加路由表项，只需要在路由表后面直接添加即可。

```
vector<stud_route_msg> route;  //路由表
```

(3) **提高转发效率的原理**

通过提高遍历路由表的速度(比如对路由表进行有序存储)可以提高转发效率，这样能够更快找到符合要求的路由表项进行转发。

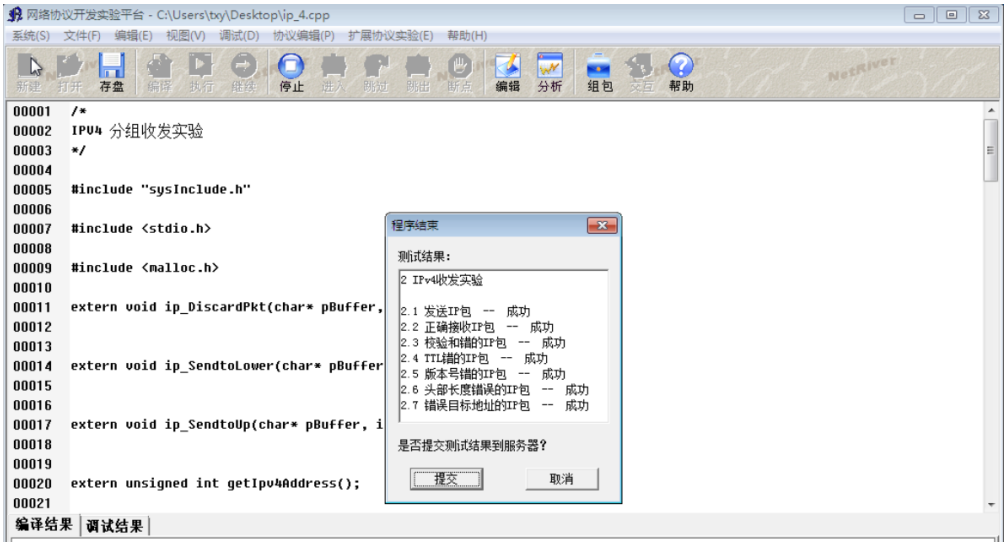
(4)实验代码（含详细注释）

见附录

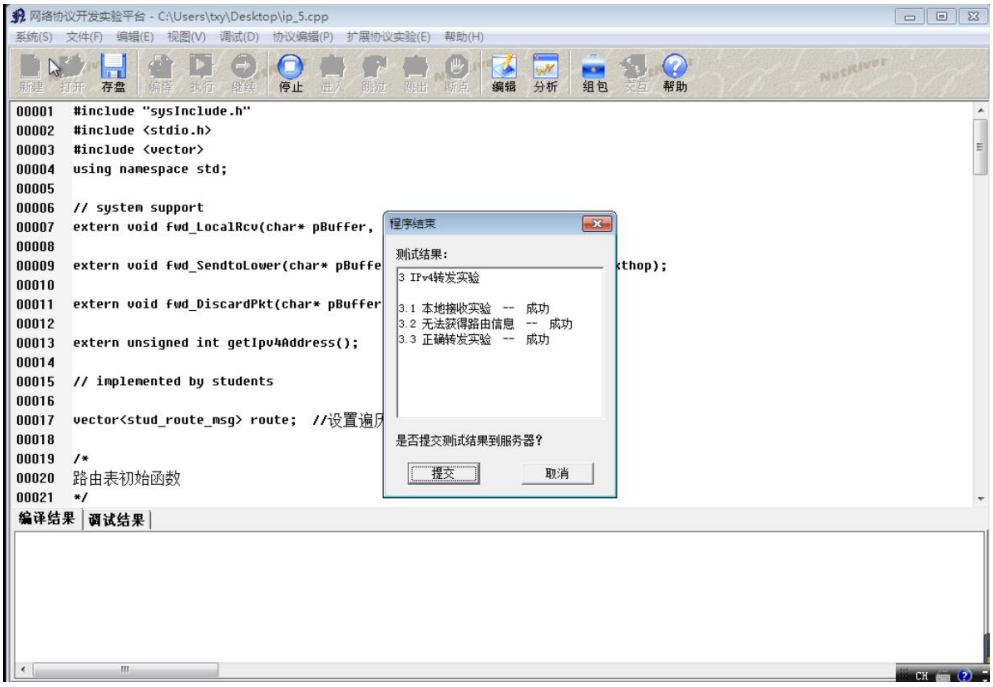
实验结果：

采用演示截图、文字说明等方式，给出本次实验的实验结果。

一. Ipv4分组收发实验：




二. Ipv4分组转发实验：




登录到实验平台查看分数如下：


| 学期 | 序号 | 学号 | 姓名 | 院系 | 班级 | 实验名称 | 实验日期 | 实验结果 | 总成绩 | 程序 | 报告 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2021年秋季 | 1 | 1190202110 | 田雪洋 | 软件工程 | 1937102 | IPv4收发实验 | 2021-11-11 | | 10 | | |
| 2021年秋季 | 2 | 1190202110 | 田雪洋 | 软件工程 | 1937102 | IPv4转发实验 | 2021-11-11 | | 10 | | |

问题讨论：

## 提高转发效率的原理

1. 如果继续使用本次实验中所使用的vector进行效率的提高，最简单的方式就是将路由表进行有序的存储（如按照IP目的地址的大小存储），在vector进行二分查找，将每次转发搜索路由表的时间由O(n)变为O(logn)。
2. 若改进路由表的数据结构为哈希表，能将其都优化为插入和查找的时间复杂度都是为O(1)

心得体会：

结合实验过程和结果给出实验的体会和收获。

通过在实验中，模拟实现分组收发和分组转发，对于路由器的功能实现有了更深的认识。

希望学校能开发一套新的实验平台，该平台设施过于老旧，而且这次实验的内容比起前2个实验来说，有些偏简单，建议增加难度。