Principles of Computer Networks
Homework 4*

Chenghua Liu†
liuch18@mails.tsinghua.edu.cn
Department of Computer Science
Tsinghua University

目录

1 problems in chapter 4

1.1 problem 2

纯 ALOHA 协议的信道利用率最高为 18.4%。所以有

$$N\frac{1000\ bit}{100\ s} \leq 56\ kbps \times 18.4\%$$

得到 $N \leq 1030$，因此最多同时支持 1030 个站点。

*problems from Computer Networks, 5th Edition
†2018011687

1.2 problem 13

Ethernet 使用曼彻斯特编码，每发送一位数据需要信号变化两次，因此需要的波特率是比特率的两倍，即 20MHz。

1.3 problem 14

对于曼彻斯特编码，LH 表示 0，HL 表示 1，输出为

$$LH\ LH\ LH\ HL\ HL\ HL\ LH\ HL\ LH\ HL$$

1.4 problem 15

本题增加以下两点补充条件：

1. 本题采用了确认帧来检测可能的发送错误，因此发送方不需要使发送时间达到二倍信道传输延迟来检测冲突。
2. 若信道空闲且有数据要发送，则立即发送数据。

发送方数据发送时间

$$\frac{256\ b}{10\ Mbps} = 25.6\ \mu s$$

数据帧传输时间

$$\frac{1\ km}{200\ m/ms} = 5\ \mu s$$

确认帧发送时间

$$\frac{32\ b}{10\ Mbps} = 3.2\ \mu s$$

确认帧传输时间 5 μs，所以总传输时间为 38.8 μs。

所以数据传输速率为

$$\frac{256 - 32\ b}{38.8\ \mu s} = 5.77\ Mbps$$

1.5 problem 18

Fast Ethernet 所要求的线路延迟是 Ethernet 的 1/10。因此只需 1/10 的时间就能获知线路发生冲突。

1.6 problem 25

每帧数据的错误率

$$p = 1 - (1 - 10^{-7})^{64\times 8} = 5.12 \times 10^{-5}$$

因此平均每秒损坏帧数

$$\frac{11\ Mbps}{64 \times 8\ b} \times p = 1.1$$

1.7 problem 27

一种可能的情况是，如果应用环境要求很高的实时性，即一个损坏的帧没有时间来重传，我们可以用纠错码来修复。

另一种情况，如果链路的误码率较高，使得重传成本过大，那么可以用纠错码来尝试修复一部分损坏的帧。

2 IEEE 802.3 协议实验

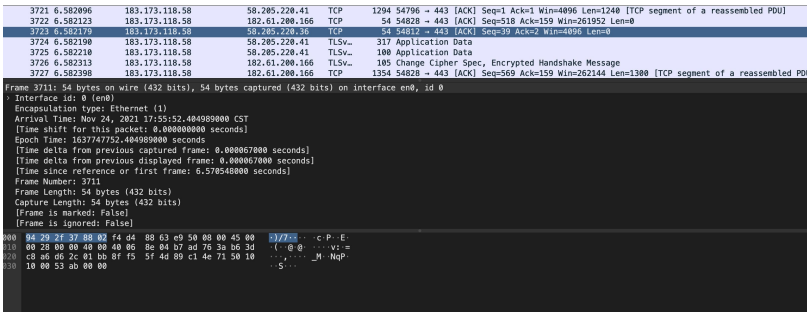
2.1 IPv4 部分 (ARP 协议)

1) 依次查看捕获的各数据帧，目的地为实验主机的数据帧中长度最小的是多大？查看这种帧的各个域，看看先导域是否包含在记录的数据中；记录的数据是从哪个字段开始，至哪个字段结束？这是否验证了 IEEE 802.3 标准中规定的最小帧长为 64 字节？

答：

前同步码	目的地址	源地址	数据长度	数据	校验
8	2	2	2	$46 \sim 1500$	4

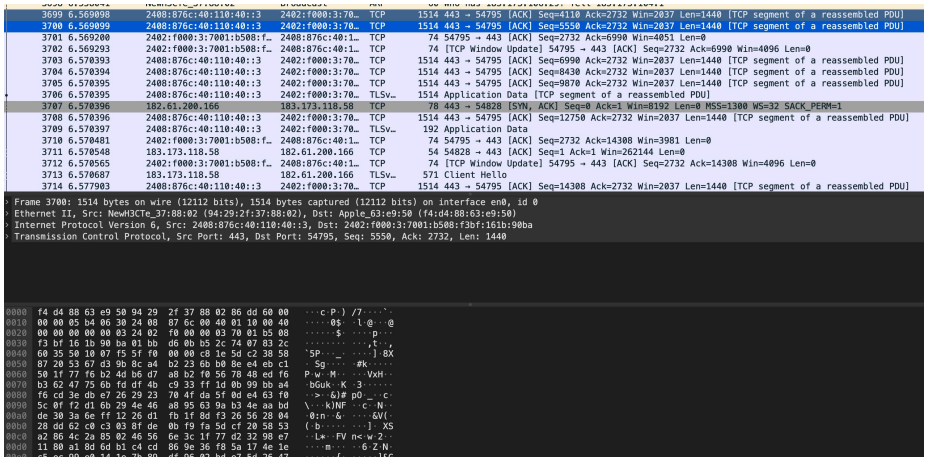
最小帧长 54: 有些数据没有填入。验证了 IEEE 802.3 标准中规定的最小帧长为 64 字节。



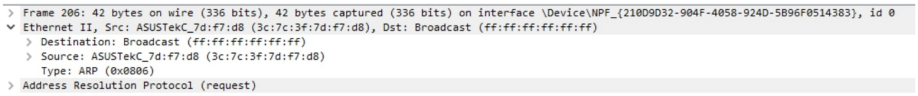
2) 查找捕获帧中长度最长的帧。可以多访问一些网页以捕获更多的帧，看看这些帧的长度最大是多大？为什么？

答：

帧的格式: 7 个字节的前导码 +6 个字节的源 mac 地址 +6 个字节的目的 mac 地址 +2 个字节的类型 $+46-1500$ 个字节的数据 +4 个字节的奇偶验证，在实际操作中帧最长为 1514 ，最短为 54 。

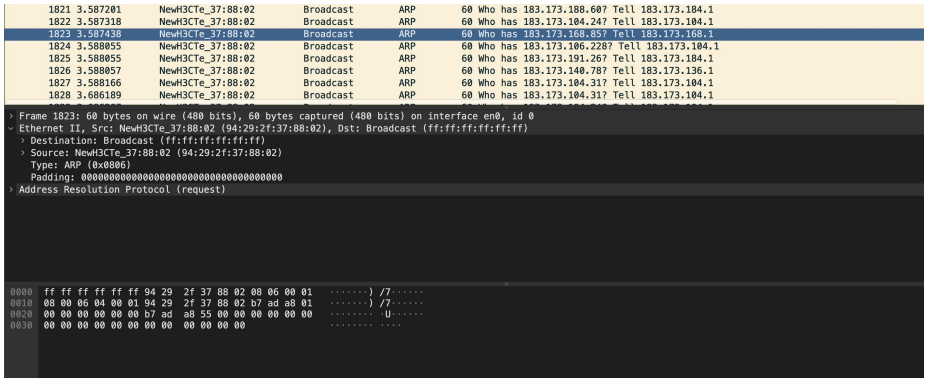


3) 找到捕获帧中由实验主机发出的 ARP 请求（Request）帧，辨认其目的地址域和源地址域，参照下图。看看它的目的 MAC 地址是多少?



答：

目的 MAC 地址：94: 29: 2f: 37: 88: 02



4) 对比一下封装 ARP 分组的帧和其他帧（封装 IP 分组的帧），看看它们的类型字段分别是多少?

封装 ARP 分组的帧的类型字段占 2 字节，对应的值如下：

- ARP 请求：1
- ARP 响应：2
- RARP 请求：3

- RARP 响应：4

封装 IP 分组的帧的类型字段占 8 字节，具体为

- 过程字段：3 位，设置了数据包的重要性，取值越大数据越重要，取值范围为：0（正常） 7（网络控制）
- 延迟字段：1 位，取值：0（正常）、1（期特低的延迟）
- 流量字段：1 位，取值：0（正常）、1（期特高的流量）
- 可靠性字段：1 位，取值：0（正常）、1（期特高的可靠性）
- 成本字段：1 位，取值：0（正常）、1（期特最小成本）
- 未使用：1 位

答：

5) 在验证最小帧长的时候, 选择的数据帧是目的地为实验主机的数据帧。如果选择由实验主机发出的数据帧则会发现, 帧长度可能会比 60 字节还小, 例如上图中的帧就只有 42 字节。试分析这种帧的各个域, 并解释这一现象。

答：该帧由 14 bytes 的以太网首部 (目的 MAC、源 MAC、类型) 和 28 bytes 的 ARP 数据包组成。与收到的 60 bytes 长的 ARP 包相比，这个包少了 18 bytes 的填充字段，这是因为 Wireshark 捕获的发出帧是尚未封装完全的。

6) 上网查找资料, 看看除了 IP 和 ARP 之外, 还有哪些 IEEE 802.3 协议支持的网络层分组类型, 编码分别是什么? 列举一个。

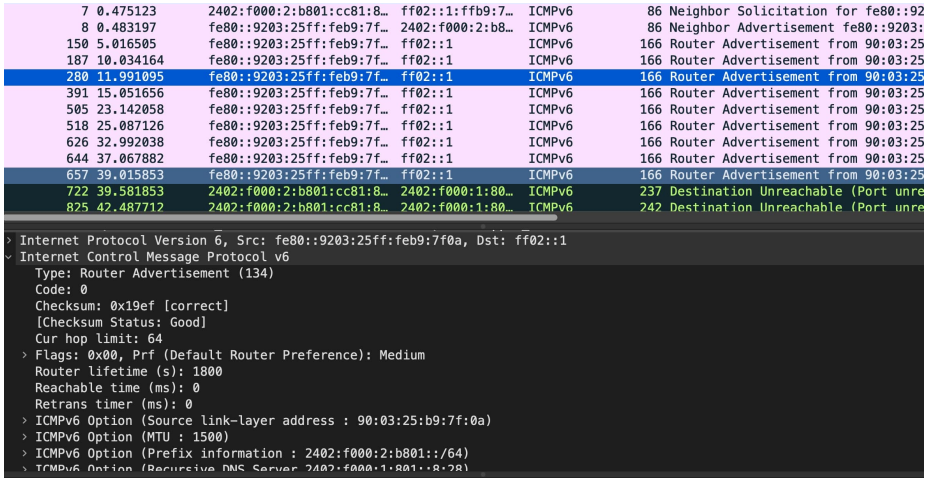
答：还有 PPP (0x880B)，GSMP (0x880C)，PPPoE (0x8863, 0x8864) 等等。

2.2 IPv6 部分 (ND 协议)

1) 你观察到的 ND 报文有几种类型（Type）? 这些报文的长度是多少?

答：报文类型的长度为 1 字节。通过观察（见下图），ND 协议定义了 5 种 ICMPv6 报文类型，如下表所示：

ICMPv6 类型	消息名称
Type = 133	RS(Router Solicitation, 路由器请求)
Type = 134	RA(Router Advertisement, 路由器公告)
Type = 135	NS(Neighbor Solicitation, 邻居请求)
Type = 136	RA(Neighbor Advertisement, 邻居公告)
Type = 137	Redirect(重定向报文)



2) 你所在的网络中, 路由器是否会周期性地发送其 IPv6 和 MAC 地址? 如果是, 发送周期大约是多少?

   答：会周期性发送，发送周期大约为 3-5 秒左右。

3) Router Solicitation (路由器请求, RS) 和 Router Advertisement (路由器通告, RA) 报文的 IPv6 目标地址分别是多少, 它们代表什么含义? RS 和 RA 的以太网帧的 MAC 目标地址分别是多少, 它们又代表什么含义?

   答：

   RS：

   Destination: HuaweiTe_b9:7f:0a (90:03:25:b9:7f:0a)

   MAC: Apple_63:e9:50 (f4:d4:88:63:e9:50)

   RA：

   Destination: Apple_63:e9:50 (f4:d4:88:63:e9:50)

   MAC: HuaweiTe_b9:7f:0a (90:03:25:b9:7f:0a)

4) 观察并总结 Neighbor Solicitation（邻居请求, NS）报文的 IPv6 目标地址的特点, 查阅资料并解释 IPv6 Solicited-Node Multicast Address 如何计算。观察并总结 RS、RA 以及 NS 以太网帧的 MAC 目标地址的特点, 查阅并解释 IPv6 Multicast MAC Address 如何计算。

   答：因为所有的 Solicited-Node 多播地址的前缀都是相同的，只有最后 24 位不同，而最后 24 位取自单播或者任播地址的最后 24 位。并且，按照规定，单播地址或任播地址的后 64 位除特殊情况必须是该接口的接口标识符（Interface Identifier, 即 Interface ID）。所以，这 24 位实际就是取自于 64 位接口标识符的后 24 位，也就是说，一般情况下，特别强调是一般情况下，一个接口，无论配置了多少 IPv6 地址，这些地址对应的被请求-节点多播地址是相同的且只有一个，所以仅仅需要加入一个多播地址。

Solicited-Node 多播地址 (被请求的节点多播地址) 是作为节点的单播地址和任播地址的函数，通过计算得出的。Solicited-Node 多播地址按如下方法形成：取地址 (单播或任播) 的低阶 24 位，把这些位挂到前缀 FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104 上，产生从 FF02:0:0:0:0:1:FF00:0000 到 FF02:0:0:0:0:1:FFFF:FFFF 范围内的多播地址。例如，对应 IPv6 地址 4037::01:800:200E:8C6C 的 Solicited-Node 多播地址是 FF02::1:FF0E:8C6C。仅高阶比特不同的 IPv6 地址 (例如，由于与不同聚合关联的多个高阶前缀) 将映射到相同的 Solicited-Node 地址，由此减少了节点必须加入的多播地址数目。

对于 IPv6 Multicast MAC Address，取 IPv6 组播地址（Multicast Address）的最后 32bit，再在前面加上 16bit 的 33-33，就是 MAC 组播地址了。例如：请求节点组播地址为：FF02:0:0:0:0:1:FF1E:8329 取 IPv6 组播地址的最后 32bit：FF-1E-83-29 再在前面加上 16bit 的 33-33，就是 MAC 组播地址：33-33-FF-1E-83-29。