

# 计算机网络原理第四次作业

计92 甘乔尹 2019011240

## 书面作业部分

- 4.2 解：**由于纯 ALOHA 协议最高信道利用率为 18.4%，  
所以实际最大传输速率为  $56 \times 18.4\% = 10.304\text{kbps}$ ，  
所以最大站点数量  $N = 10.304 \times 1000 / (1000/100) = 1030.4$ ，  
所以  $N$  的最大值为 1030。
- 4.13 解：**由于经典以太网采用曼彻斯特编码，信号在每个周期变化两次，  
所以波特率为  $10 \times 10^6 \times 2 = 2 \times 10^7\text{baud}$ 。
- 4.14 答：**将低电平记为  $L$ ，高电平记为  $H$ ，编码输出为： $LHLHLHHLHLHLLHHLHLLHHL$ 。
- 4.15 解：**总花费的时间为发送数据和确认帧，以及传输时间的总和，  
 $t = (256 + 32)/10^7 + 2 \times 1000 / (200 \times 10^6) = 3.88 \times 10^{-5}\text{s}$ ，  
有效传输速率为  $224 / (3.88 \times 10^{-5}) = 5.77\text{Mbps}$ 。
- 4.18 答：**在快速以太网中的链路延迟是以太网的十分之一，这样就维持了同样的最小帧长度限制。
- 4.25 解：**一个帧被损坏的概率  $p = 1 - (1 - 10^{-7})^{64 \times 8} = 5.12 \times 10^{-5}$ ，  
平均每秒钟发送的帧数为  $N = 11 \times 10^6 / (64 \times 8) = 21484.375$  帧，  
所以平均每秒钟损坏的帧数为  $n = Np = 21484.375 \times 5.12 \times 10^{-5} = 1.1$  帧。
- 4.27 答：**理由一：有些网络传输发送错误的概率很高，在这种情况下进行检错和重传，重传帧也可能损坏，所以纠错机制更加实用；理由二：有些网络提供的是即时通信服务，在这种情况下由于即时性的限制不能进行重传。

## IEEE 802.3 实验

### • IPv4 部分

操作系统环境：MacOS；网络环境：Tsinghua-Secure 校园网

1) 目的地为实验主机的数据帧中，长度最小的是 60 字节。先导域不包含在记录的数据中，记录的数据从目的地址开始到填充域结束，因为 4 字节的校验和域不包含在内，所以这验证了 IEEE 802.3 标准中规定的最小帧长为 64 字节。

Wireshark · Packet 1 · Wi-Fi: en0

> Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface en0

> Ethernet II, Src: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06), Dst: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

> Destination: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

> Source: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06)

Type: IPv4 (0x0800)

Padding: 000000000000

> Internet Protocol Version 4, Src: 120.92.103.226, Dst: 183.172.246.134

> Transmission Control Protocol, Src Port: 10001, Dst Port: 63873, Seq: 1, Ack: 1, Le

0000a4 83 e7 3a 68 25 90 03 25 b9 7f 06 08 00 45 00...:h%... %.....E.

001000 28 54 74 40 00 34 06 63 ea 78 5c 67 e2 b7 ac...(Tt@.4. c.x\g...

0020f6 86 27 11 f9 81 3f d8 4c ba 83 d6 3c a5 50 10...'...? L...<P.

003000 03 b3 be 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00.....

Help

Close

2) 捕获帧中长度最长的帧为 1514 字节，因为数据域的长度最长为 1500 字节，所以帧最长为 6+6+2+1500=1514 字节，抓包结果如下所示：

Wireshark · Packet 243 · Wi-Fi: en0

> Frame 243: 1514 bytes on wire (12112 bits), 1514 bytes captured (12112 bits) on int

✓ Ethernet II, Src: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06), Dst: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

> Destination: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

> Source: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06)

Type: IPv4 (0x0800)

> Internet Protocol Version 4, Src: 182.61.200.6, Dst: 183.172.246.134

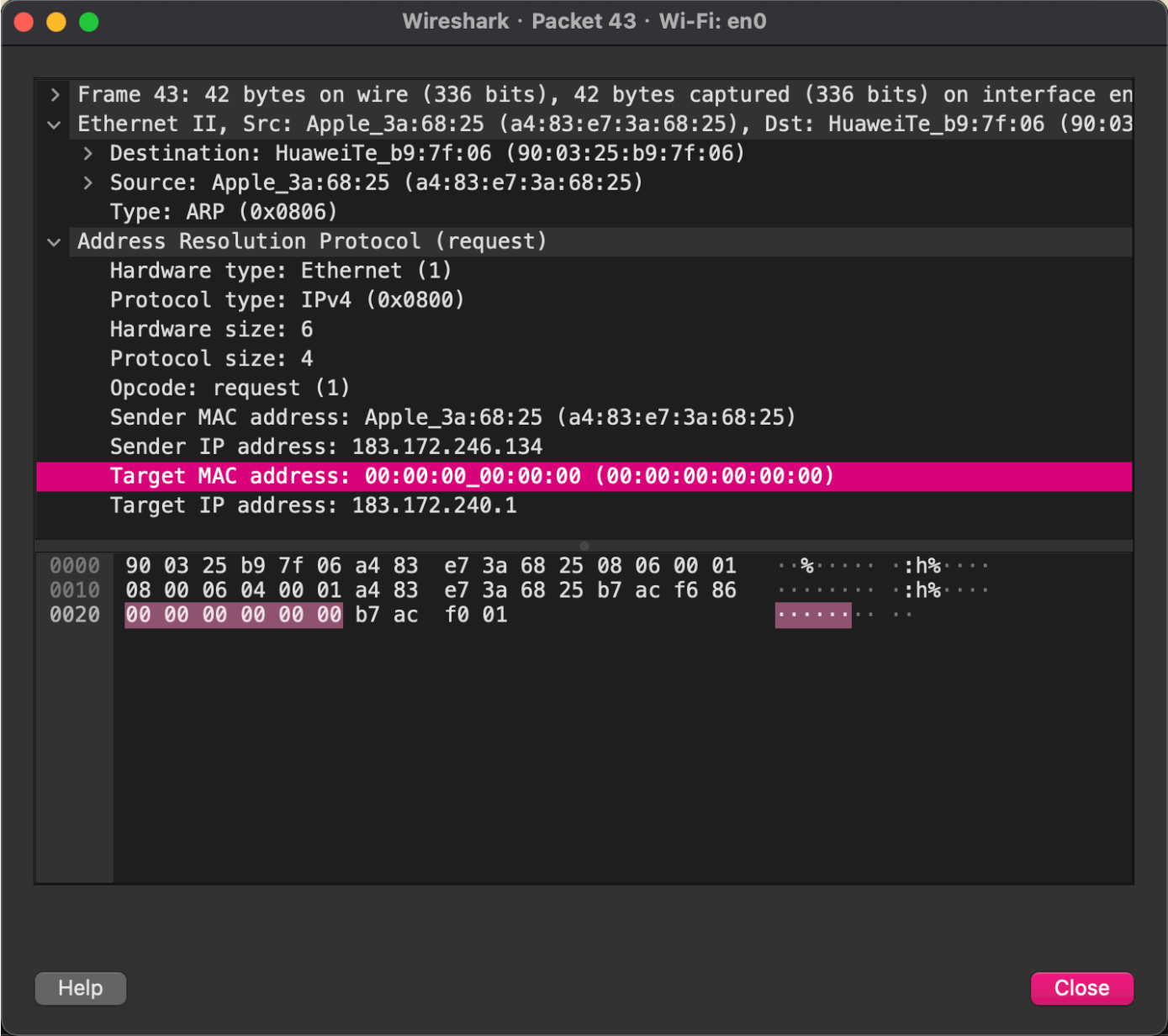
> Internet Control Message Protocol

|      |   |                   |
|------|---|-------------------|
| 0000 | a4 83 e7 3a 68 25 90 03 25 b9 7f 06 08 00 45 00 | ...:h%.. %.....E. |
| 0010 | 05 dc be ca 00 00 32 01 97 df b6 3d c8 06 b7 ac | .....2. ....=...  |
| 0020 | f6 86 00 00 fc 9f bc 17 00 04 61 a4 95 3d 00 07 | ..... ..a...=...  |
| 0030 | d7 08 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 | .....             |
| 0040 | 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 | ..... !"# \$%     |
| 0050 | 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 | &'()*+,-./012345  |
| 0060 | 36 37 38 39 3a 3b 3c 3d 3e 3f 40 41 42 43 44 45 | 6789:;<= >?@ABCDE |
| 0070 | 46 47 48 49 4a 4b 4c 4d 4e 4f 50 51 52 53 54 55 | FGHIJKLM NOPQRSTU |
| 0080 | 56 57 58 59 5a 5b 5c 5d 5e 5f 60 61 62 63 64 65 | VWXYZ[\] ^_`abcde |
| 0090 | 66 67 68 69 6a 6b 6c 6d 6e 6f 70 71 72 73 74 75 | fghijklm nopqrstu |
| 00a0 | 76 77 78 79 7a 7b 7c 7d 7e 7f 80 81 82 83 84 85 | vwxyz{ } ~.....   |
| 00b0 | 86 87 88 89 8a 8b 8c 8d 8e 8f 90 91 92 93 94 95 | .....             |
| 00c0 | 96 97 98 99 9a 9b 9c 9d 9e 9f a0 a1 a2 a3 a4 a5 | .....             |
| 00d0 | a6 a7 a8 a9 aa ab ac ad ae af b0 b1 b2 b3 b4 b5 | .....             |
| 00e0 | b6 b7 b8 b9 ba bb bc bd be bf c0 c1 c2 c3 c4 c5 | .....             |
| 00f0 | c6 c7 c8 c9 ca cb cc cd ce cf d0 d1 d2 d3 d4 d5 | .....             |
| 0100 | d6 d7 d8 d9 da db dc dd de df e0 e1 e2 e3 e4 e5 | .....             |

Help

Close

3) 找到由实验主机发出的 ARP 请求帧如下所示：



目的地址域为 90 03 25 b9 7f 06，源地址域为 a4 83 47 3a 68 25，在 ARP 地址解析协议中，请求的目的 MAC 地址为全 0，而在封装后目的 MAC 地址为真正的 MAC 地址 90:03:25:b9:7f:06。

- 4) 封装 ARP 分组的帧类型字段为 0x0806，封装 IP 分组的帧类型字段为 0x0800。
- 5) Wireshark 抓包的优先级可能比设备驱动程序更高，在驱动程序还没有填充不到 64 字节帧的时候，已经捕获了数据。例如上述 ARP 请求帧就没有捕获 padding 域。
- 6) ICMP协议（RFC792），在以太网中的帧类型字段为 0x0800。

• IPv6 部分

操作系统环境：MacOS；网络环境：Tsinghua-Secure 校园网

1) 我所观察到的 ND 报文有四种类型。

1、Router Solicitation：路由器请求，Type = 133，报文长度 16 字节。

Wireshark · Packet 15 · Wi-Fi: en0

> Frame 15: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface en0

✓ Ethernet II, Src: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25), Dst: IPv6mcast\_02 (33:33:00:00:00:02)

> Destination: IPv6mcast\_02 (33:33:00:00:00:02)

> Source: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

Type: IPv6 (0x86dd)

> Internet Protocol Version 6, Src: fe80::14cb:bd22:ccbe:c04b, Dst: ff02::2

✓ Internet Control Message Protocol v6

Type: Router Solicitation (133)

Code: 0

Checksum: 0x2952 [correct]

[Checksum Status: Good]

Reserved: 00000000

> ICMPv6 Option (Source link-layer address : a4:83:e7:3a:68:25)

|      |                   |                   |             |          |           |
|------|-------------------|-------------------|-------------|----------|-----------|
| 0000 | 33 33 00 00 00 02 | a4 83 e7 3a 68 25 | 86 dd 60 0c | 33 ..... | :h%..`.   |
| 0010 | 08 00 00 10 3a ff | fe 80 00 00 00 00 | 00 00 14 cb | ....:    | .....     |
| 0020 | bd 22 cc be c0 4b | ff 02 00 00 00 00 | 00 00 00 00 | ..".     | ..K.....  |
| 0030 | 00 00 00 00 00 02 | 85 00 29 52 00 00 | 00 00 01 01 | .....    | ..)R..... |
| 0040 | a4 83 e7 3a 68 25 |                   |             | ....:    | h%        |

Help

Close

2、Router Advertisement, 路由器公告, Type = 134, 报文长度 128 字节。

Wireshark · Packet 348 · Wi-Fi: en0

> Frame 348: 174 bytes on wire (1392 bits), 174 bytes captured (1392 bits) on interface

✓ Ethernet II, Src: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06), Dst: Apple\_3a:68:25 (a4:83:25:ff:fe:b9:7f:06)

> Destination: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

> Source: HuaweiTe\_b9:7f:06 (90:03:25:b9:7f:06)

Type: IPv6 (0x86dd)

Trailer: 21e27eff

Frame check sequence: 0x43fd6030 [unverified]

[FCS Status: Unverified]

> Internet Protocol Version 6, Src: fe80::9203:25ff:feb9:7f06, Dst: ff02::1

✓ Internet Control Message Protocol v6

Type: Router Advertisement (134)

Code: 0

Checksum: 0xe1f6 [correct]

[Checksum Status: Good]

Cur hop limit: 64

> Flags: 0x00, Prf (Default Router Preference): Medium

Router lifetime (s): 1800

Reachable time (ms): 0

Retrans timer (ms): 0

> ICMPv6 Option (Source link-layer address : 90:03:25:b9:7f:06)

|      |  |                   |
|------|--|-------------------|
| 0000 | a4 83 e7 3a 68 25 90 03 25 b9 7f 06 86 dd 6c 00    | ...:h%.. %.....l. |
| 0010 | 00 00 00 70 3a ff fe 80 00 00 00 00 00 00 92 03    | ...p:.. .....     |
| 0020 | 25 ff fe b9 7f 06 ff 02 00 00 00 00 00 00 00 00    | %..... .....      |
| 0030 | 00 00 00 00 00 00 01 86 00 e1 f6 40 00 07 08 00 00 | ..... ..@.....    |
| 0040 | 00 00 00 00 00 00 00 01 01 90 03 25 b9 7f 06 05 01 | ..... ..%.....    |
| 0050 | 00 00 00 00 05 dc 03 04 40 c0 00 00 0e 10 00 00    | ..... @.....      |
| 0060 | 0e 10 00 00 00 00 24 02 f0 00 00 02 f0 01 00 00    | .....\$. .....    |
| 0070 | 00 00 00 00 00 00 19 03 00 00 00 00 07 08 24 02    | .....\$. .....    |
| 0080 | f0 00 00 01 08 01 00 00 00 00 00 08 00 28 19 03    | .....\$. .....    |
| 0090 | 00 00 00 00 07 08 24 02 f0 00 00 01 08 01 00 00    | .....\$. .....    |
| 00a0 | 00 00 00 08 00 29 21 e2 7e ff 43 fd 60 30          | .....)! ~C`0      |

Help

Close

3、Neighbor Solicitation, 邻居请求, Type = 135, 报文长度 32 字节。

Wireshark · Packet 1399 · Wi-Fi: en0

> Frame 1399: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface

> Ethernet II, Src: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25), Dst: IPv6mcast\_ff:b9:7f:06 (33:33:ff:b9:7f:06)

> Destination: IPv6mcast\_ff:b9:7f:06 (33:33:ff:b9:7f:06)

> Source: Apple\_3a:68:25 (a4:83:e7:3a:68:25)

Type: IPv6 (0x86dd)

> Internet Protocol Version 6, Src: 2402:f000:2:f001:dd55:27f9:10fe:551b, Dst: ff02::

> Internet Control Message Protocol v6

Type: Neighbor Solicitation (135)

Code: 0

Checksum: 0x6248 [correct]

[Checksum Status: Good]

Reserved: 00000000

Target Address: fe80::9203:25ff:feb9:7f06

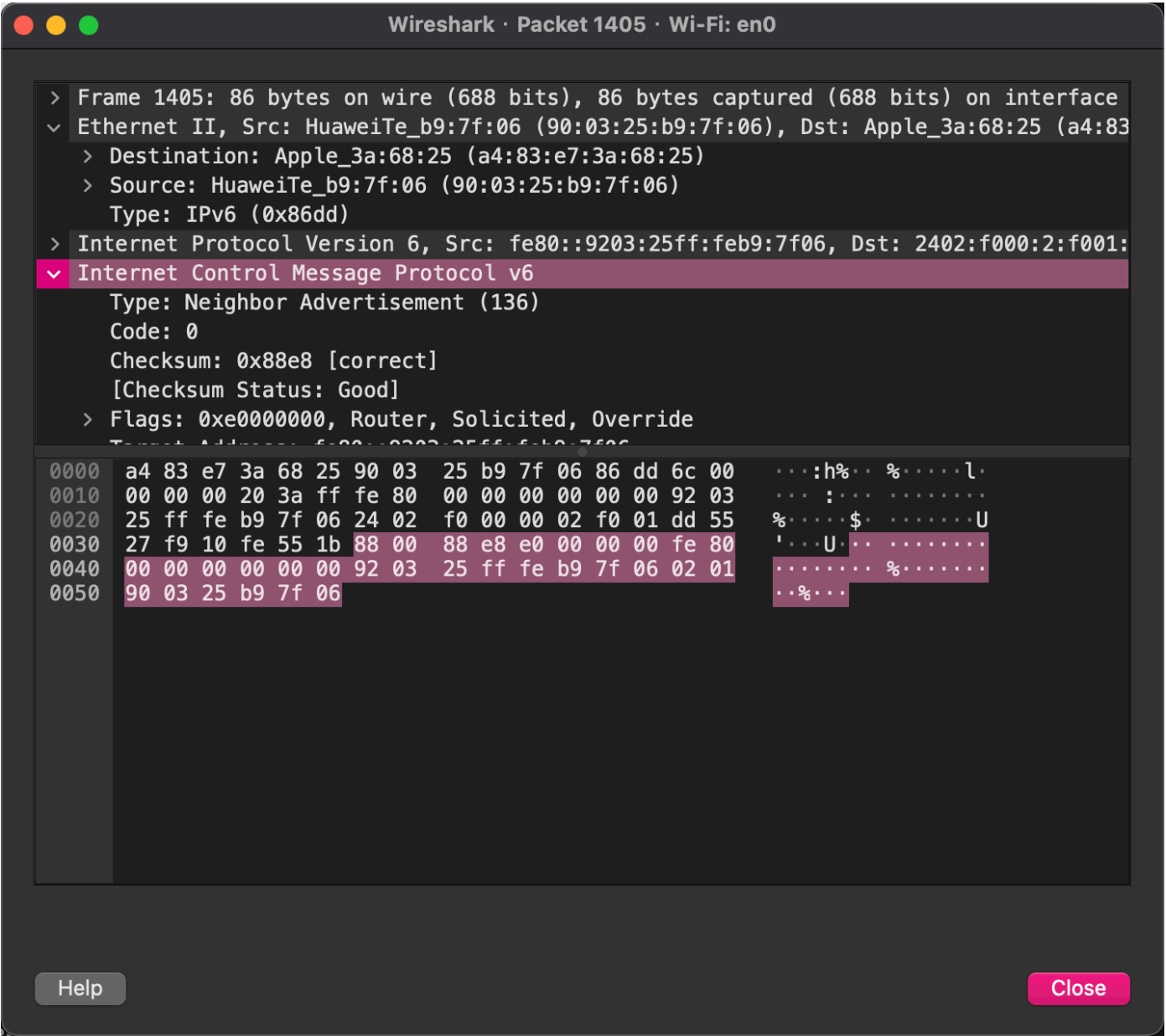
|      |   |                |
|------|---|----------------|
| 0000 | 33 33 ff b9 7f 06 a4 83 e7 3a 68 25 86 dd 60 00 | 33.....:h%..`. |
| 0010 | 00 00 00 20 3a ff 24 02 f0 00 00 02 f0 01 dd 55 | ...:.\$.....U  |
| 0020 | 27 f9 10 fe 55 1b ff 02 00 00 00 00 00 00 00 00 | '...U.....     |
| 0030 | 00 01 ff b9 7f 06 87 00 62 48 00 00 00 00 fe 80 | .....bH.....   |
| 0040 | 00 00 00 00 00 00 92 03 25 ff fe b9 7f 06 01 01 | .....%.....    |
| 0050 | a4 83 e7 3a 68 25                               | ...:h%         |

No.: 1399 · Time: 12.651336 · Destination: ff02::1:ffb9:7f06 · Pr...Solicitation for fe80::9203:25ff:feb9:7f06 from a4:83:e7:3a:68:25

Help

Close

4、Neighbor Advertisement, 邻居公告, Type = 136, 报文长度 32 字节。



2) 如下所示, 会周期发送, 周期约为 6s:

|      |           |         |        |                       |     |   |
|------|-----------|---------|--------|-----------------------|-----|---|
| 1482 | 17.824844 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1612 | 23.136903 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1634 | 28.941233 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1637 | 32.016677 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1782 | 34.035006 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1818 | 37.136224 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |
| 1973 | 45.123391 | ff02::1 | ICMPv6 | fe80::9203:25ff:fe... | 166 | Router Advertisement from 90:03:25:b9:7f:06 |

3) 对于 RS 报文, IPv6 目标地址为 `ff02::2`, 代表链路本地范围内所有路由器。以太网帧目标 MAC 地址为 `33:33:00:00:00:02`, 代表链路本地范围内所有路由器。对于 RA 报文, IPv6 目标地址为 `ff02::1`, 代表链路本地范围内所有节点。以太网帧目标 MAC 地址为本机 MAC 地址。

4) NS 报文发送使用组播的方式, 报文的目的 IPv6 地址为被请求的 IPv6 地址对应的组播地址, 报文的目的 MAC 为组播 MAC。RS 的 MAC 目标地址为链路本地范围内所有路由器, RA 的目标地址为本机MAC地址。

IPv6 Solicited-Node Multicast Address(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。它可以按照下面的方法计算: 取单播或任播地址的低24位, 填充到前缀 `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。



IPv6 Multicast MAC Address : 取 IPv6 Solicited-Node Multicast Address 的最后 32 位, 再在前面加上16位的 33:33 即可。