实验二报告

李国楷 22[illegible] 26

实验目的：

学习捕获和分析网络数据包
掌握以太网 MAC 帧、 802.11 数据帧和 IPv4 数据包的构成，了解各字段的含义
掌握 ICMP 协议， ping 和 tracert 指令的工作原理
掌握 ARP 协议的请求/响应机理

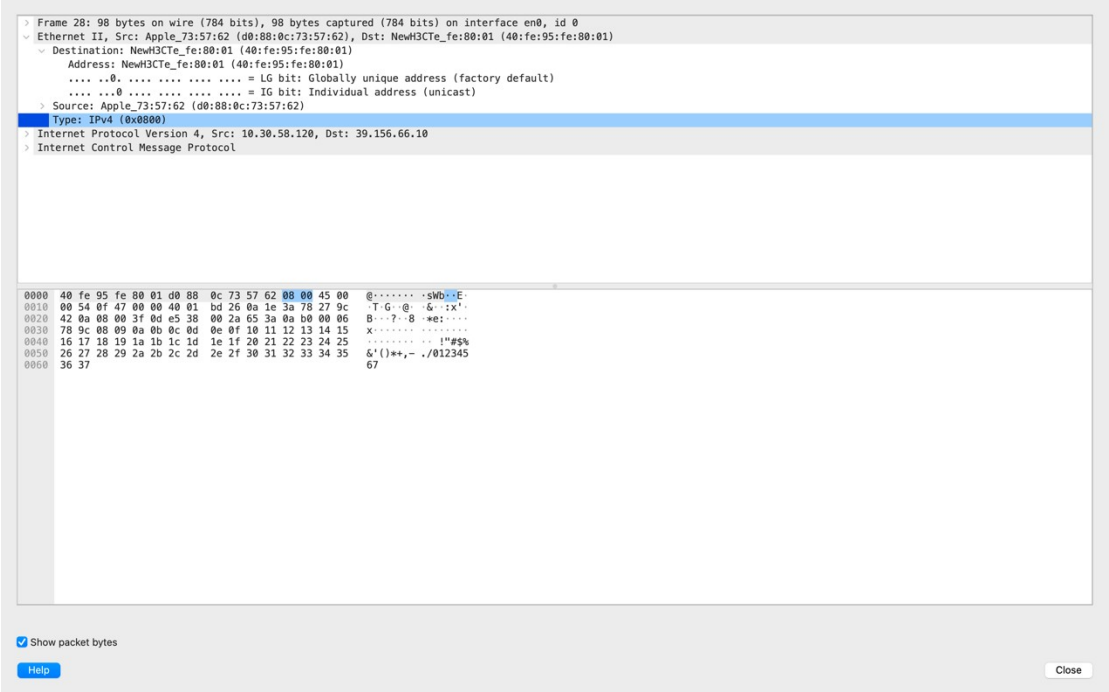
实验内容、结果、分析：

任务 1： 捕获和分析有线以太网数据包

Ping www.baidu.com

```
Ken-Lees-MacBook-Air:~ apple$ ping baidu.com
PING baidu.com (39.156.66.10): 56 data bytes
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=0 ttl=50 time=58.295 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=1 ttl=50 time=55.807 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=2 ttl=50 time=54.006 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=3 ttl=50 time=57.583 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=4 ttl=50 time=57.377 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=5 ttl=50 time=56.913 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=6 ttl=50 time=63.065 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=7 ttl=50 time=64.164 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=8 ttl=50 time=64.878 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=9 ttl=50 time=57.153 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=10 ttl=50 time=57.515 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=11 ttl=50 time=66.872 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=12 ttl=50 time=59.652 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=13 ttl=50 time=62.021 ms
64 bytes from 39.156.66.10: icmp_seq=14 ttl=50 time=56.255 ms
```

1.1观察 MAC 帧格式



EUI-48 解读：

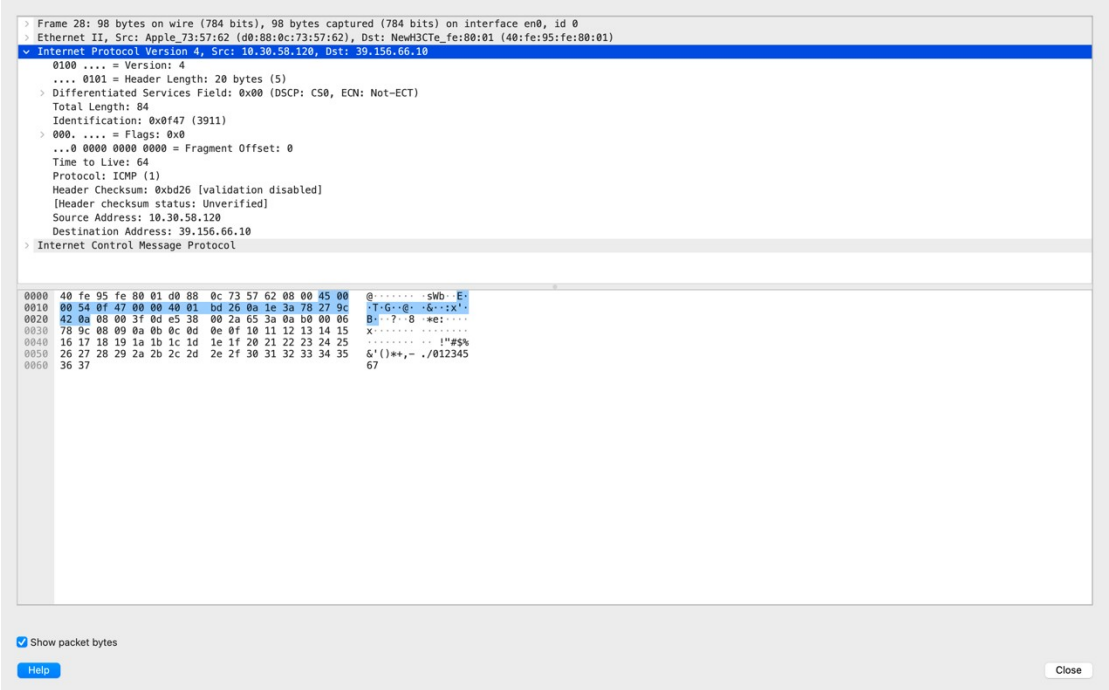
共有 48 位即 6 个字节，其中

前 3 个字节（24 位）：这部分通常用于标识制造商。这三个字节被称为组织唯一标识符。这个部分的前 6 位通常表示制造商标识，后 2 位则用于版本号或其他用途。

后 3 个字节（24 位）：这部分通常由制造商分配给其生产的具体设备。这个部分的前 1 位通常用于指示地址的类型（全球唯一的或本地管理的），后 23 位用于具体的设备识别。

1.2观察 IP 数据报首部结构

IPV4:



1.版本：4 位字段，指示使用的 IPv4 版本号。

2.头部长度：4 位字段，指示 IPv4 首部的长度。IPv4 首部的最小长度为 20 字节，最大长度为 60 字节。

3.服务类型：8 位字段，用于指示数据包的服务质量（Quality of Service）和优先级。

4.总长度：16 位字段，指示整个 IPv4 数据包的长度，包括首部和数据部分。

5.标识：16 位字段，用于标识数据包的唯一性，通常由发送方生成。

6.标志：3 位字段，包括 DF（Don't Fragment）、MF（More Fragments）和保留位。DF 位指示该数据包是否可以分片，MF 位指示是否还有更多分片，保留位为将来使用保留。

7.片偏移：13 位字段，用于指示分片相对于原始数据报开始位置的偏移量，以 8 字节为单位。

8.生存时间：8 位字段，指示数据包在网络中可以传播的最大跳数。每经过一个路由器，该值减 1，当生存时间为 0 时，数据包被丢弃。

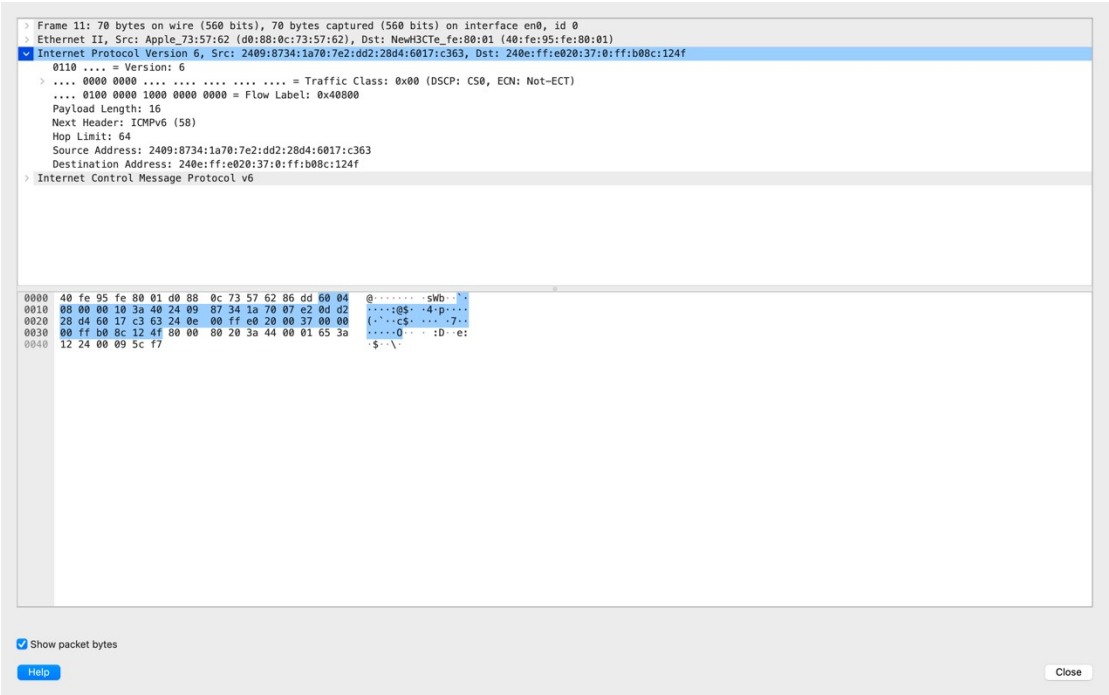
9.协议：8 位字段，指示数据部分使用的协议（例如，TCP、UDP、ICMP 等）。

10.首部校验和：16 位字段，用于检测首部中的错误，确保数据包在传输过程中没有被损坏。

11.源 IP 地址：32 位字段，指示数据包的发送者的 IP 地址。

12.目标 IP 地址：32 位字段，指示数据包的接收者的 IP 地址。

IPV6:



1.版本：4 位字段，表示 IPv6 协议的版本号，固定为 6。

2.流量等级：12 位字段，用于指示流量等级

3.ENC：用来实现拥塞管理，当网络中出现拥塞时，可以通过设置 ECN 字段来通知发送方减少发送速率。

4.流标签：20 位字段，用于在源主机和目标主机之间标识数据流，以便路由器可以提供特殊服务质量。

5.有效负载长度：16 位字段，表示 IPv6 数据报文中有效负载（不包括首部）的长度。

6.下一首部：8 位字段，表示紧随 IPv6 首部的下一个报文头的类型，类似于 IPv4 的协议字段。

7.跳数限制：8 位字段，类似于 IPv4 中的生存时间（Time to Live，TTL），用于限制数据报文在网络中可以传递的最大跳数。

8.源 IPv6 地址：128 位字段，表示数据报文的源 IPv6 地址。

9.目标 IPv6 地址：128 位字段，表示数据报文的目标 IPv6 地址。

10.下一首部：8 位

11.首部长度：8 位

12 拓展首部：若需要

13.数据内容

比较：

相比之下，IPv4 数据报的首部包括版本、头部长度、服务类型、总长度、标识、标志、片偏移、生存时间、协议、首部校验和、源 IPv4 地址和目标 IPv4 地址。IPv4 数据报支持分片，因此有关分片的字段在 IPv4 首部中。IPv4 首部的最小长度为 20 字节。

1.3IP 数据包分片

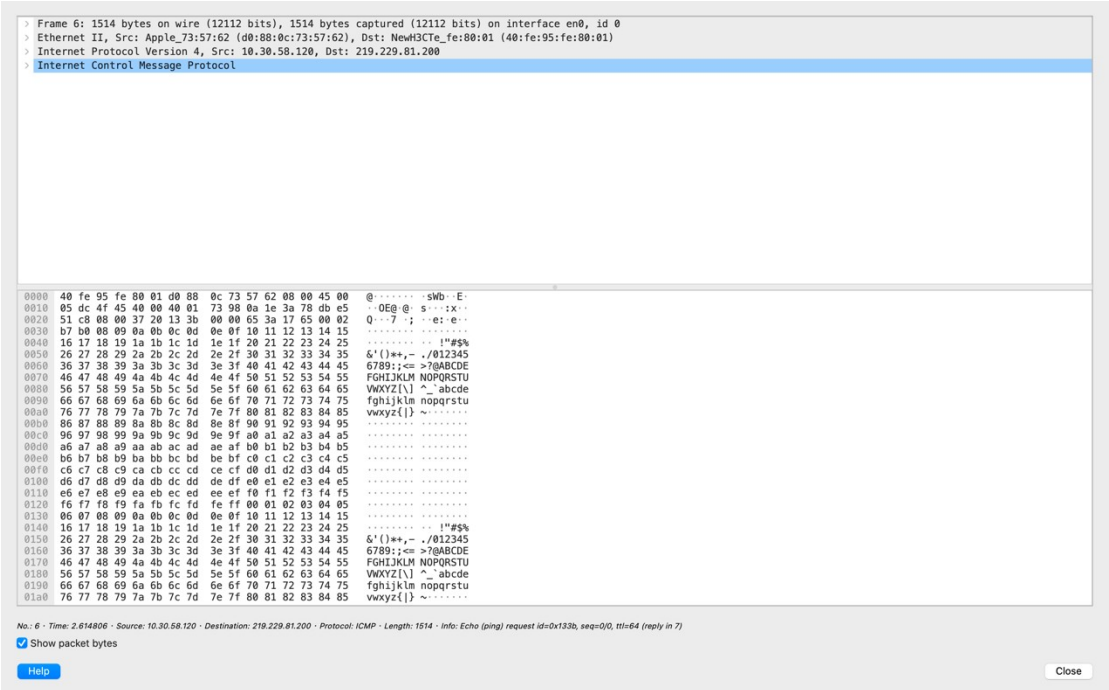
A

```
› Frame 69: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface en0, id 0
› Ethernet II, Src: Apple_73:57:62 (d0:88:0c:73:57:62), Dst: NewH3CTe_fe:80:01 (40:fe:95:fe:80:01)
› Internet Protocol Version 4, Src: 10.30.58.120, Dst: 219.229.81.200
› Internet Control Message Protocol
```

```
0000  40 fe 95 fe 80 01 d0 88  0c 73 57 62 08 00 45 00   @······ ·sWb··E·
0010  00 54 7f 40 00 00 40 01  89 25 0a 1e 3a 78 db e5   ·T·@··@· ·%··:x··
0020  51 c8 08 00 03 27 f8 3a  00 15 65 3a 16 77 00 00   Q····'·: ··e:·w··
0030  95 d4 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                                             67
```

这个命令使用 IPv4 地址（不使用 IPv6），向指定的 www.xmu.edu.cn 主机发送 ping 请求。这是一个标准的 IPv4 ping 请求。

B



向 www.xmu.edu.cn 发送一个大小为 1472 字节（不包括 IP 头部的字节）的 ping 请求（通过-l 1472 设置）。-f 选项表示在 ping 请求中设置"不分段"标志位，确保整个 ping 请求以一个完整的数据包发送。-n 1 表示只发送一个 ping 请求。

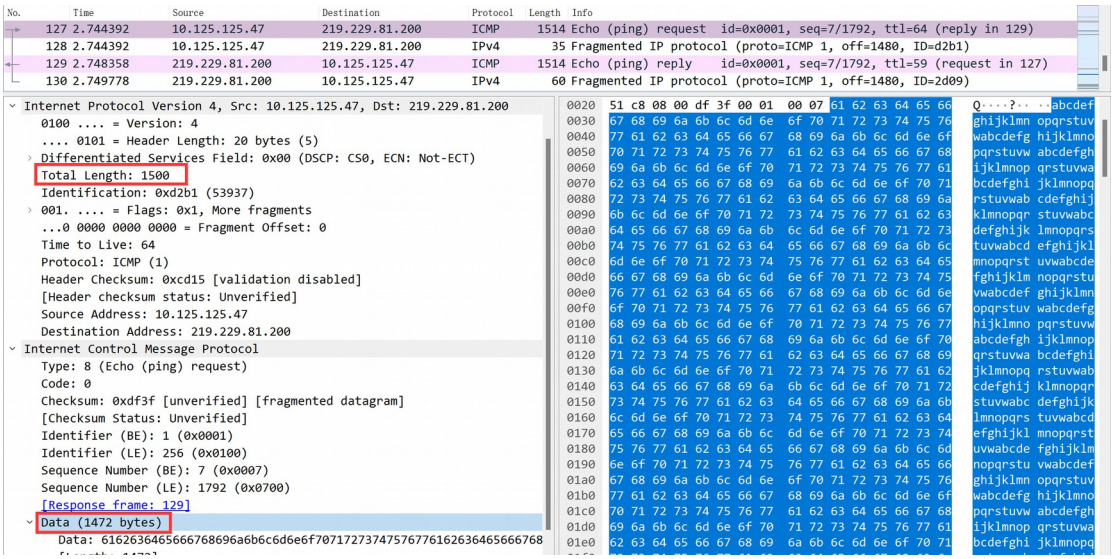
C.

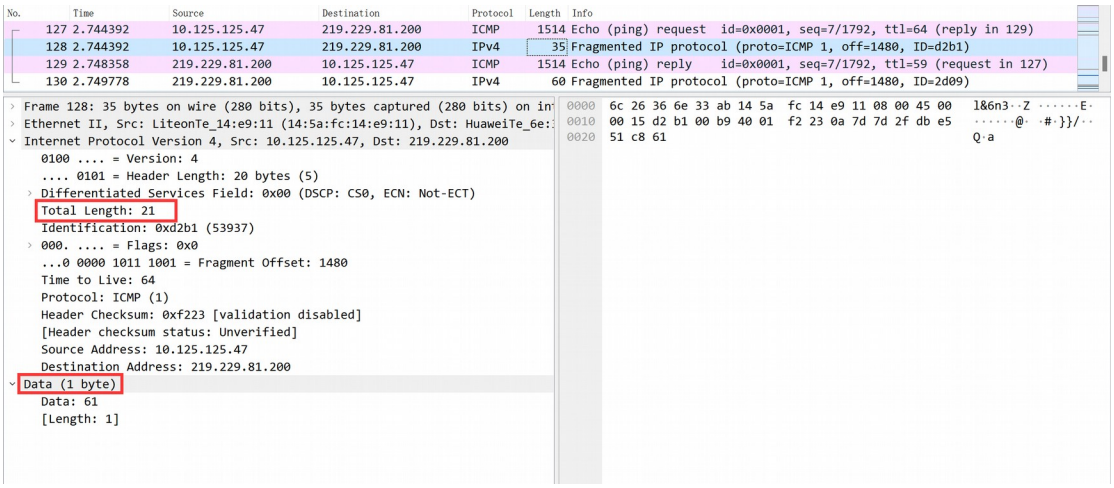
```
[Ken-Lees-MacBook-Air:~ apple$ ping -c 1 -s 1473 -D www.xmu.edu.cn
PING cmsn1.xmu.edu.cn (219.229.81.200): 1473 data bytes
ping: sendto: Message too long

--- cmsn1.xmu.edu.cn ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

同 B，但是因为包太大而没有数据返回

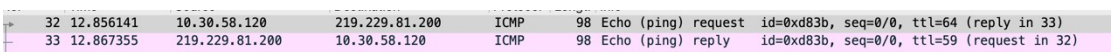
d.





这个命令取消了 f，数据可以分段，得到两个报文 IPv4 和 ICMP

1.4解释 ICMP 报文

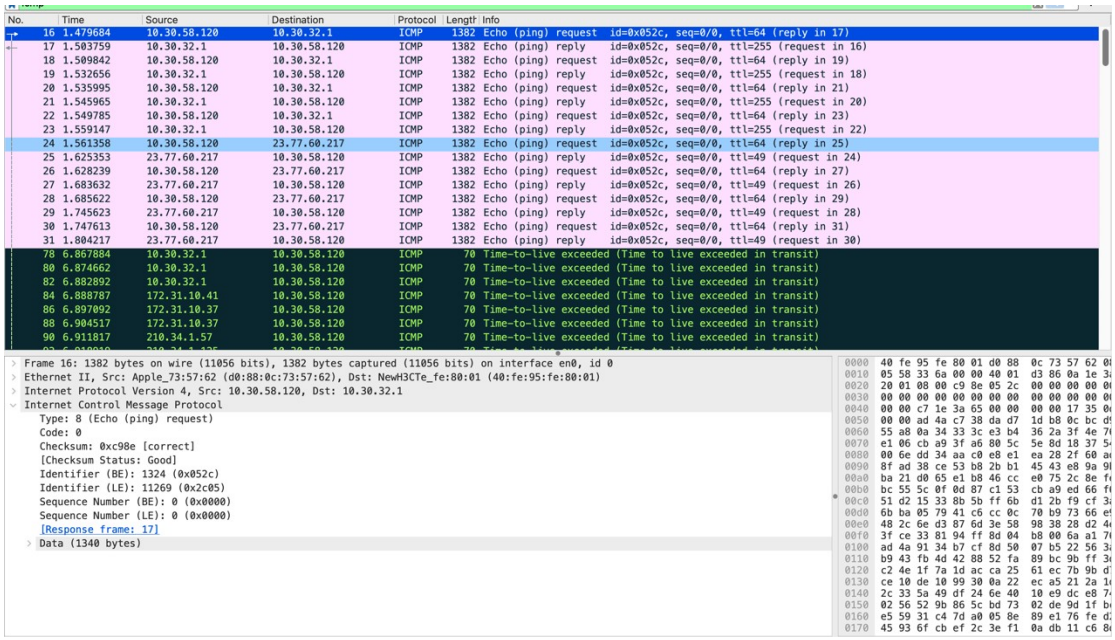


```
> Frame 32: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface en0, id 0
> Ethernet II, Src: Apple_73:57:62 (d0:88:0c:73:57:62), Dst: NewH3CTe_fe:80:01 (40:fe:95:fe:80:01)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.30.58.120, Dst: 219.229.81.200
v Internet Control Message Protocol
    Type: 8 (Echo (ping) request)
    Code: 0
    Checksum: 0x52aa [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Identifier (BE): 55355 (0xd83b)
    Identifier (LE): 15320 (0x3bd8)
    Sequence Number (BE): 0 (0x0000)
    Sequence Number (LE): 0 (0x0000)
    [Response frame: 33]
    Timestamp from icmp data: Oct 26, 2023 16:04:57.352046000 CST
    [Timestamp from icmp data (relative): 0.000154000 seconds]
  > Data (48 bytes)
```

```
v Internet Control Message Protocol
    Type: 0 (Echo (ping) reply)
    Code: 0
    Checksum: 0x5aaa [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Identifier (BE): 55355 (0xd83b)
    Identifier (LE): 15320 (0x3bd8)
    Sequence Number (BE): 0 (0x0000)
    Sequence Number (LE): 0 (0x0000)
    [Request frame: 32]
    [Response time: 11.214 ms]
    Timestamp from icmp data: Oct 26, 2023 16:04:57.352046000 CST
    [Timestamp from icmp data (relative): 0.011368000 seconds]
```

Ping 1 次得到一个请求报文和一个回应报文
差别：请求帧 type=8，回应帧 type=0

1.5tracert 命令



```
Ken-Lees-MacBook-Air:~ apple$ traceroute xmu.edu.cn
traceroute to xmu.edu.cn (219.229.81.200), 64 hops max, 52 byte packets
 1  10.30.32.1 (10.30.32.1)  15.642 ms  6.000 ms  8.231 ms
 2  172.31.10.41 (172.31.10.41)  5.884 ms
    172.31.10.37 (172.31.10.37)  7.317 ms  6.680 ms
 3  210.34.1.57 (210.34.1.57)  7.288 ms
    210.34.1.125 (210.34.1.125)  6.570 ms
    210.34.1.61 (210.34.1.61)  7.552 ms
 4  210.34.1.218 (210.34.1.218)  7.031 ms  6.155 ms  6.971 ms
 5  210.34.1.54 (210.34.1.54)  6.290 ms  6.721 ms  7.369 ms
 6  219.229.81.200 (219.229.81.200)  8.911 ms !Z  7.608 ms !Z  6.305 ms !Z
```

下面是 Tracert 的工作原理：

发送初始数据包：Tracert 从本地计算机向目标主机发送第一个数据包，通常是一个 ICMP Echo Request 数据包。

第一跳：第一个路由器（第一跳）接收到数据包，它将数据包传递到下一个路由器，然后返回一个 ICMP Echo Reply 数据包，指示它已经接收到数据包。

测量延迟：Tracert 记录了第一跳的响应时间，以便后续分析。

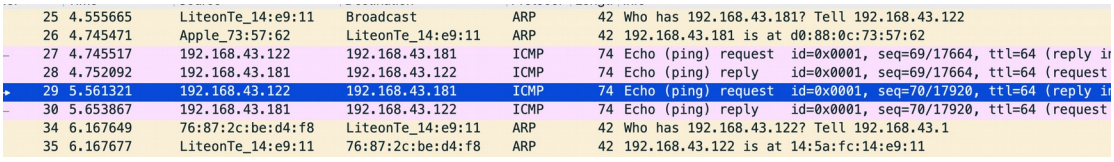
递增 TTL：Tracert 逐一增加数据包的 Time-to-Live（TTL）或 Hop Limit 字段，然后重新发送数据包。TTL 是数据包在网络中传播的时候逐跳递减的，当 TTL 减为 0 时，路由器会丢弃数据包并向发送方返回 ICMP Time Exceeded 消息。这个递增 TTL 的过程使 Tracert 能够追踪数据包在网络中的跳数。

追踪每一跳：Tracert 持续发送数据包并增加 TTL，每一跳路由器都会接收并传递数据包，然后返回 ICMP Echo Reply 或 Time Exceeded 消息。这样，Tracert 会记录每一跳的 IP 地址、响应时间以及可能的主机名（如果可用）。

终止条件：Tracert 会持续增加 TTL 并收集每一跳的信息，直到它达到指定的跳数限制或直到它到达目标主机。一旦 Tracert 到达目标主机，它会显示目标主机的信息，包括 IP 地址和响应时间。

分析结果：Tracert 会将收集到的每一跳的信息以列表形式显示，供用户分析。用户可以根据 Tracert 的输出来诊断网络问题，了解数据包的路径，找出网络瓶颈等信息

1.6ARP 协议分析

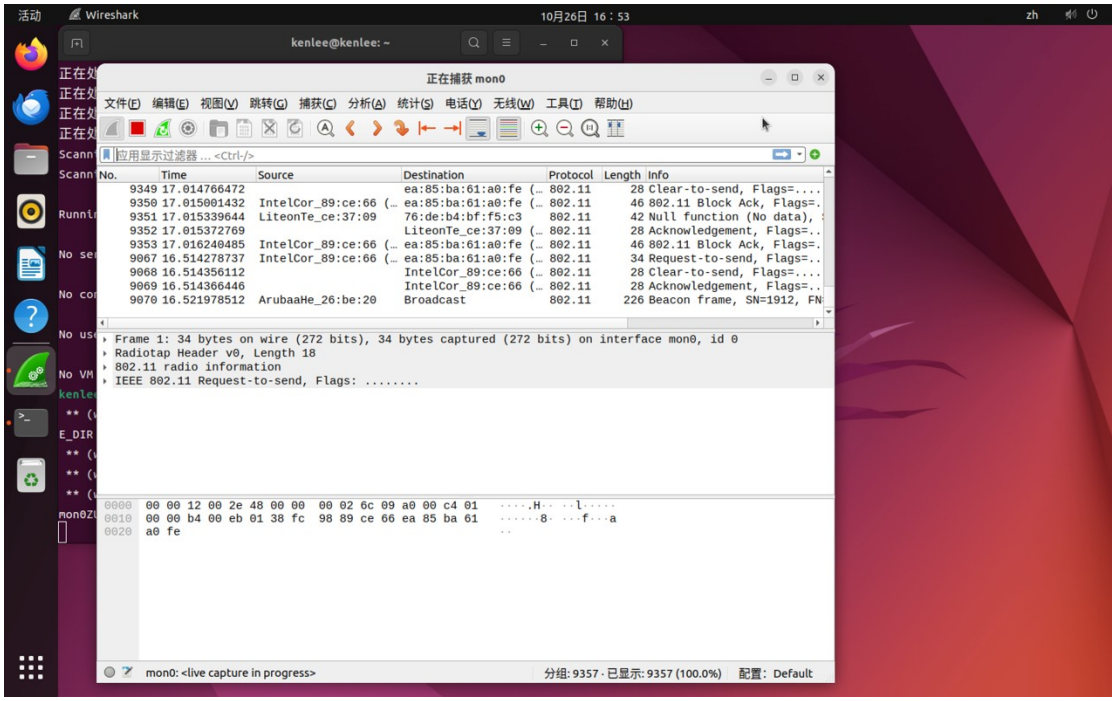


局域网内 apr 会询问谁有目标 ip 告诉本机，然后会得到回应，路由器也会向本机询问地址

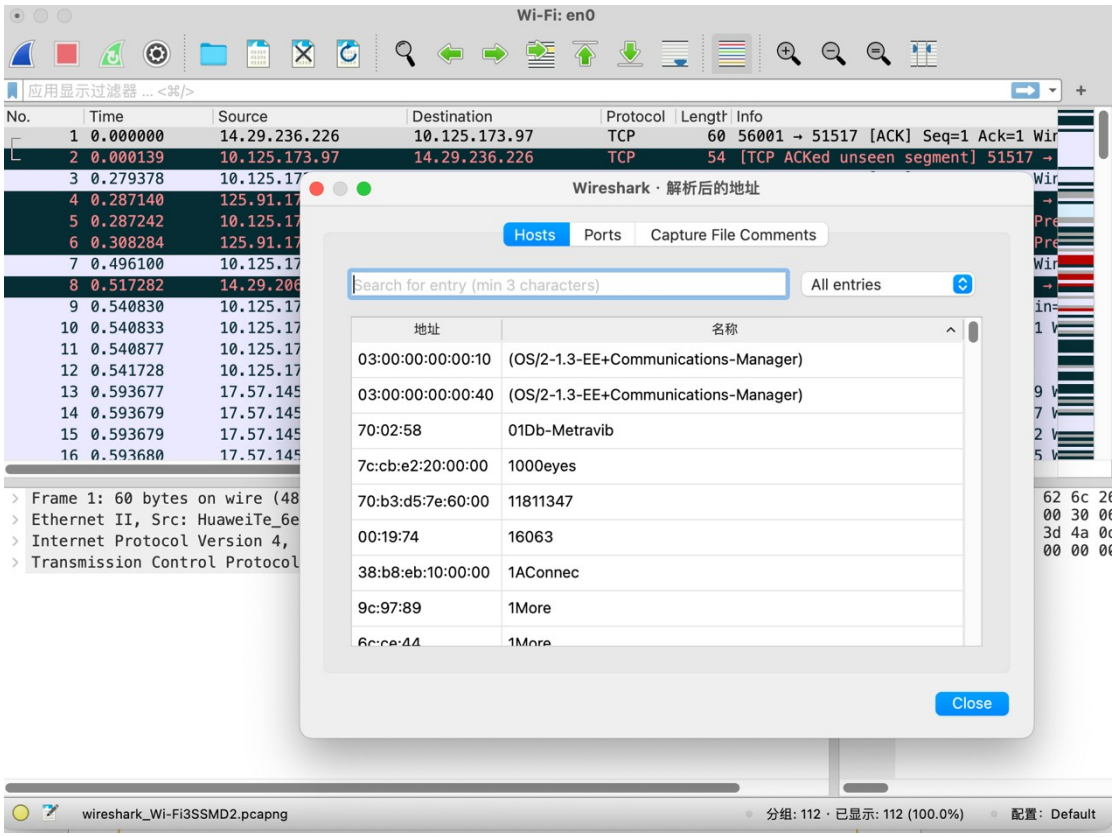
81	10.951647	LiteonTe_14:e9:11	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.43.1? Tell 192.168.43.122
82	10.953475	76:87:2c:be:d4:f8	LiteonTe_14:e9:11	ARP	42	192.168.43.1 is at 76:87:2c:be:d4:f8
107	17.877191	192.168.43.122	157.148.69.74	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=73/18688, ttl=64 (reply ir
108	17.931826	157.148.69.74	192.168.43.122	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=73/18688, ttl=51 (request
109	18.884632	192.168.43.122	157.148.69.74	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=74/18944, ttl=64 (reply ir
110	18.964239	157.148.69.74	192.168.43.122	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=74/18944, ttl=51 (request
111	19.888806	192.168.43.122	157.148.69.74	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=75/19200, ttl=64 (reply ir
112	19.931329	157.148.69.74	192.168.43.122	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=75/19200, ttl=51 (request
113	20.905429	192.168.43.122	157.148.69.74	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=76/19456, ttl=64 (reply ir
114	20.942422	157.148.69.74	192.168.43.122	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=76/19456, ttl=51 (request

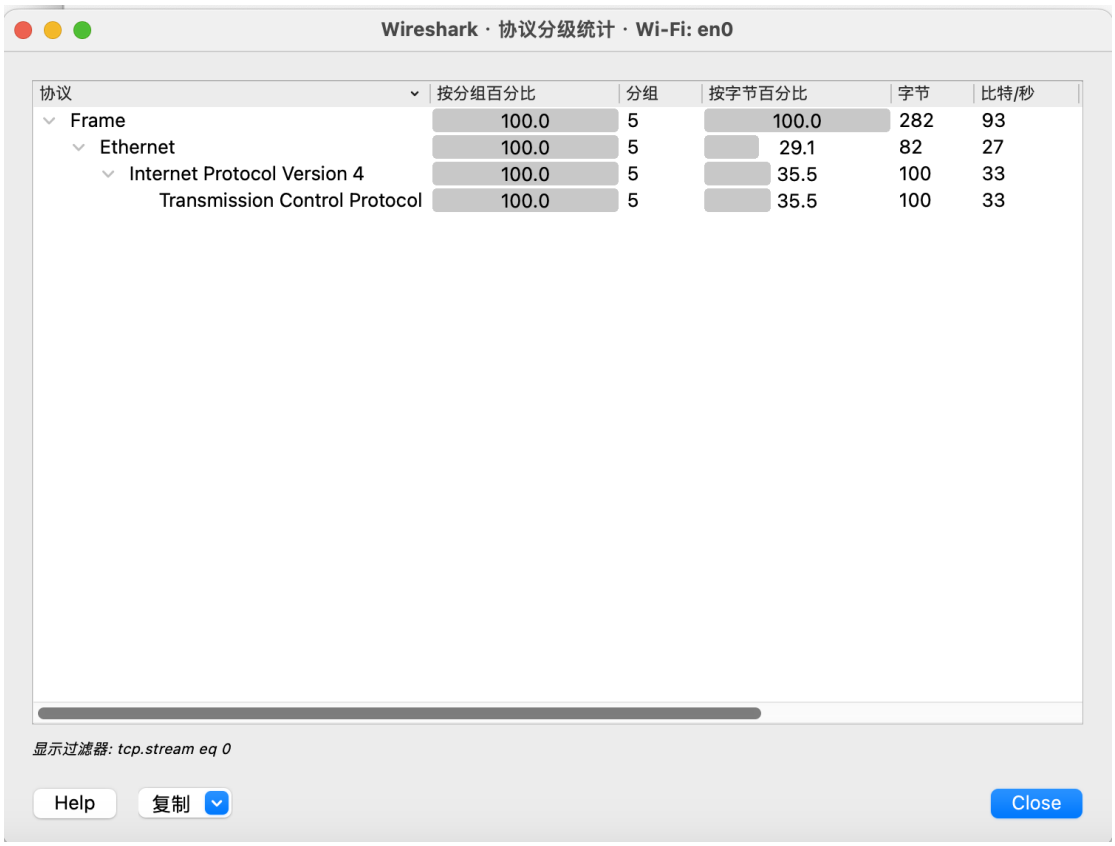
局域网外 apr 会询问谁有路由器 ip 而不是询问目标 ip，得到的是路由器的回应

任务 2： 捕获和分析 802.11 数据



3.1： 探索 Wireshark 更丰富的功能





Wireshark 还可以绘制 io 图标，解析地址，进行协议分级统计等等

3.2： 探索其它抓包工具

```
Ken-Lees-MacBook-Air:~ apple$ sudo tcpdump
tcpdump: data link type PKTAP
tcpdump: verbose output suppressed, use -v[v]... for full protocol decode
listening on pktap, link-type PKTAP (Apple DLT_PKTAP), snapshot length 524288 by
tes
14:29:03.574347 IP 10.125.173.97.49169 > 157.148.55.96.14000: Flags [P.], seq 57
0392393:570392510, ack 2684372800, win 4096, length 117
14:29:03.608399 IP 157.148.55.96.14000 > 10.125.173.97.49169: Flags [P.], seq 1:
81, ack 117, win 251, length 80
14:29:03.608471 IP 10.125.173.97.49169 > 157.148.55.96.14000: Flags [.], ack 81,
 win 4094, length 0
14:29:03.636248 IP 10.125.173.97.50403 > 192.168.31.1.domain: 31759+ PTR? 97.173
.125.10.in-addr.arpa. (44)
14:29:04.683135 IP 10.125.173.97.50403 > 192.168.31.1.domain: 31759+ PTR? 97.173
.125.10.in-addr.arpa. (44)
14:29:05.610693 IP 10.125.173.97.52497 > 64.87.36.59.broad.dg.gd.dynamic.163data
.com.cn.56001: Flags [.], ack 1271063307, win 20612, length 0
14:29:05.633790 IP 64.87.36.59.broad.dg.gd.dynamic.163data.com.cn.56001 > 10.125
.173.97.52497: Flags [.], ack 1, win 21, length 0
```

Tcpdump 是一个命令行网络抓包工具，它也可以在 macOS 上运行。你可以通过终端使用 Tcpdump 来捕获和分析网络数据包。

这里在苹果终端直接用 sudo tcpdump 命令即可进行抓包。

两个软件的区别：wireshark 有自己 ui 交互界面，用户体验很友好，Tcpdump 因为是命令行工具，需要以命令为基础，使用门槛高，突出专业性。

实验小结、感想：

Wireshark 是一个很强大的软件，通过学习 Wireshark 的使用，使我对 mac 帧，网络协议等有了进一步认识，让我们理解了信息流动的实质，还掌握了各种终端命令的工作原理。

相关代码文档和文件记录

本次课不要求保存文件，切不包含代码工作，截图记录详情见“实验内容、结果、分析”部分。