计算机网络 第一次实验

姓名：周末

专业：计算机科学与技术

学号：2211349

网页服务器搭建

这里我使用Node.js搭建服务器，它能够使用HTTP模块来处理用户请求，创建一个静态文件服务器，从而在本地搭建了一个可以访问的网页服务器。在项目中添加js文件如下

```
const http = require('http');
const fs = require('fs');
const path = require('path');

const hostname = '127.0.0.1';
const port = 3000;

const server = http.createServer((req, res) => {
  const filePath = path.join(__dirname, req.url === '/' ? 'index.html' : req.url);

  const extname = String(path.extname(filePath)).toLowerCase();
  const mimeTypes = {
    '.html': 'text/html',
    '.js': 'text/javascript',
    '.css': 'text/css',
    '.png': 'image/png',
    '.jpg': 'image/jpeg',
    '.gif': 'image/gif',
    '.mp4': 'video/mp4'
  };

  fs.readFile(filePath, (err, content) => {
    if (err) {
      if (err.code == 'ENOENT') {
        res.writeHead(404, { 'Content-Type': 'text/plain' });
        res.end('404 Not Found');
      } else {
        res.writeHead(500);
        res.end(`Server Error: ${err.code}`);
      }
    } else {
      res.writeHead(200, { 'Content-Type': mimeTypes[extname] || 'application/octet-stream' });
      res.end(content);
    }
  });
});

server.listen(port, hostname, () => {
  console.log(`Server running at http://${hostname}:${port}/`);
});

server.on('error', (err) => {
```

```
    console.error('Server error:', err);
});
```

通过终端输入node server.js就可以访问http://127.0.0.1:3000，即可看到页面

HTML个人页面

```
<!doctype html>
<html>
<head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Personal Page</title>

    <style>
    .info {
        max-width: 800px;
        margin: auto;
        padding: 30px;
        border: 1px solid;
        box-shadow: 0 0 10px;
        font-size: 16px;
        line-height: 24px;
        font-family: 'Helvetica Neue', 'Helvetica', Helvetica, Arial, sans-serif;
        color: black;
    }

    .info table {
        width: 42%;
        line-height: inherit;
        text-align: center;
        margin: auto;
    }

    .info table td {
        padding: 5px;
        vertical-align: top;
    }


    .info table tr.heading td {
        background: rgb(182, 182, 183);
        border-bottom: 1px solid #ddd;
        font-weight: bold;
    }

    .info table tr.details td {
        padding-bottom: 20px;
    }
```

```
    </style>
</head>

<body>
    <div class="info">
        <center>
            <img src="image.jpg" style="width:80%; max-width:500px;">
        </center>
        <br>
        <p><center>
            <font style="font-family:楷体">
                <br>
                计算机网络-Lab2<br>
        </p></center>

        <table cellpadding="0" cellspacing="0">

            <tr class="heading" >
                <td>
                    姓名
                </td>

            </tr>

            <tr class="details">
                <td style="font-family:楷体">
                    周末
                </td>

            </tr>
            <tr class="heading">
                <td>
                    学号
                </td>

            </tr>

            <tr class="details">
                <td style="font-family:楷体">
                    2211349
                </td>

            </tr>
```

```
            <tr class="heading">
                <td>
                    专业
                </td>

            </tr>

            <tr class="details">
                <td style="font-family:楷体">
                    计算机科学与技术
                </td>

            </tr>
        </table>

        <center>
            <p>
                <audio controls>
                    <source src="audio.mp3" type="audio/mpeg">
                </audio>
            </p>
        </center>
    </div>
</body>
</html>
```

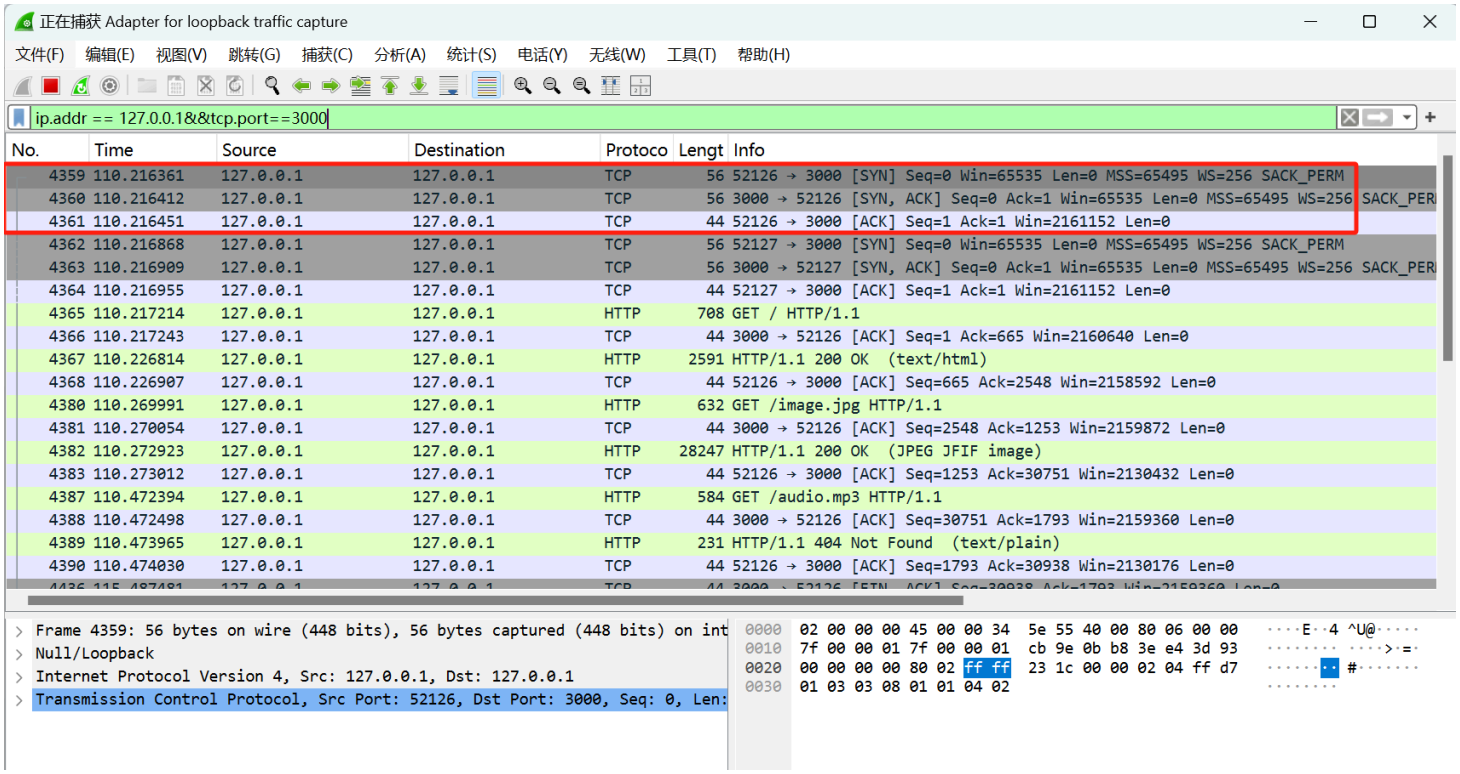
三次握手连接

TCP的三次握手确认客户端和服务器都具备发送和接收数据的能力，并确认各自的初始序列号,用于在客户端和服务器之间建立可靠的连接。

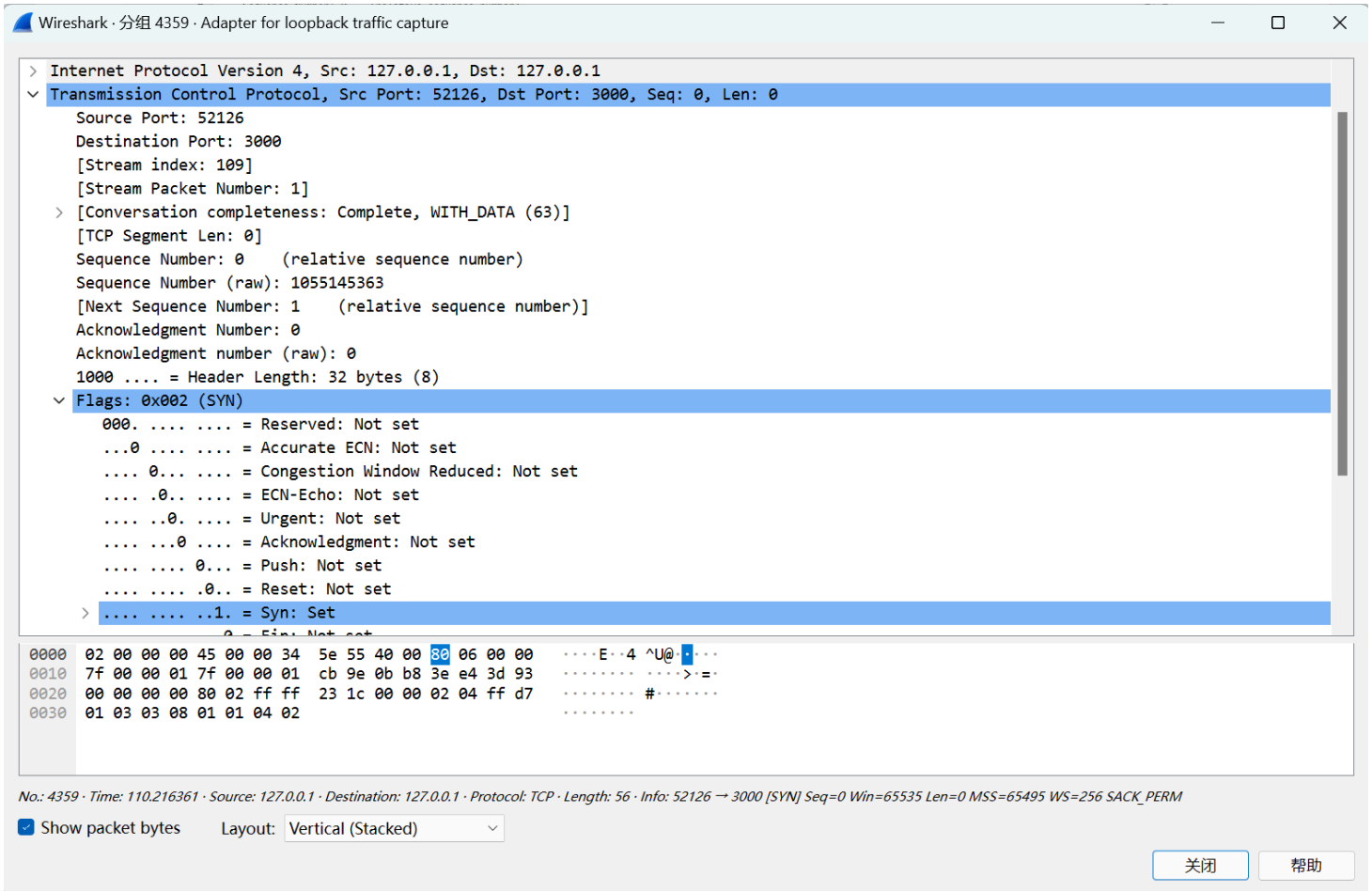
- 客户端发送 SYN：客户端向服务器发送一个SYN标志位为1的报文，表示请求建立连接，并携带初始序列号（seq），准备同步序列号。
- 服务器回应 SYN+ACK：服务器收到SYN后，向客户端回送一个带有SYN和ACK标志的报文，表示确认收到客户端的SYN，同时自己也发送一个SYN请求，与客户端建立同步。这一报文同样带有服务器的初始序列号和对客户端序列号的确认号，ack = 客户端seq + 1。
- 客户端发送 ACK：客户端收到服务器的SYN+ACK后，向服务器发送ACK报文，表示确认连接建立。此时客户端和服务器进入通信状态，完成三次握手。

选择**Adapter for Loopback Traffic Capture**捕获本地回环流量，即设备与自身的通信流量，并通过指令 `ip.addr == 127.0.0.1&&tcp.port==3000` ，过滤出目的地址为 127.0.0.1，即本地主机，以及端口为

3000的网络报文。下图所示三次握手过程。



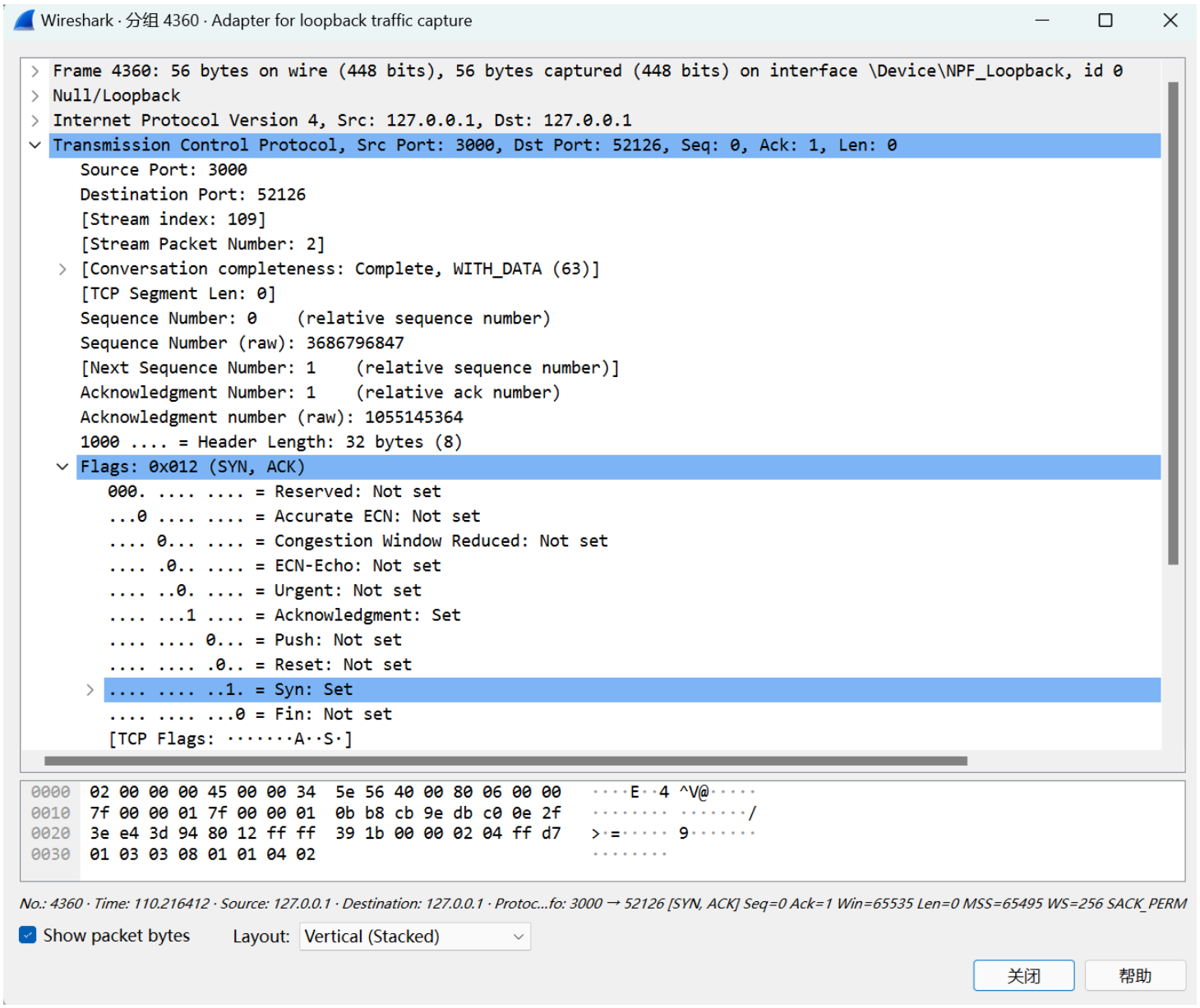
第一次握手



客户端向服务器发送的 TCP 连接请求，相关报文信息

- 源端口：52126
- 目标端口：3000
- TCP 标志（Flags）：SYN 位被设置为 1。表示这是一个连接请求报文，即三次握手中的第一次握手，用于建立连接。其他标志位均未设置，例如 ACK、FIN 等，这与 SYN 报文的性质一致。
- 序列号（Sequence Number）：相对序列号为 0，表示这是该连接的初始序列号。下一个序列号为 1，表示客户端准备发送的下一个数据包的序列号。
- 最大报文段长度（MSS）：MSS 值为 65495，表示客户端所能接收的最大数据段大小为 65495 字节。

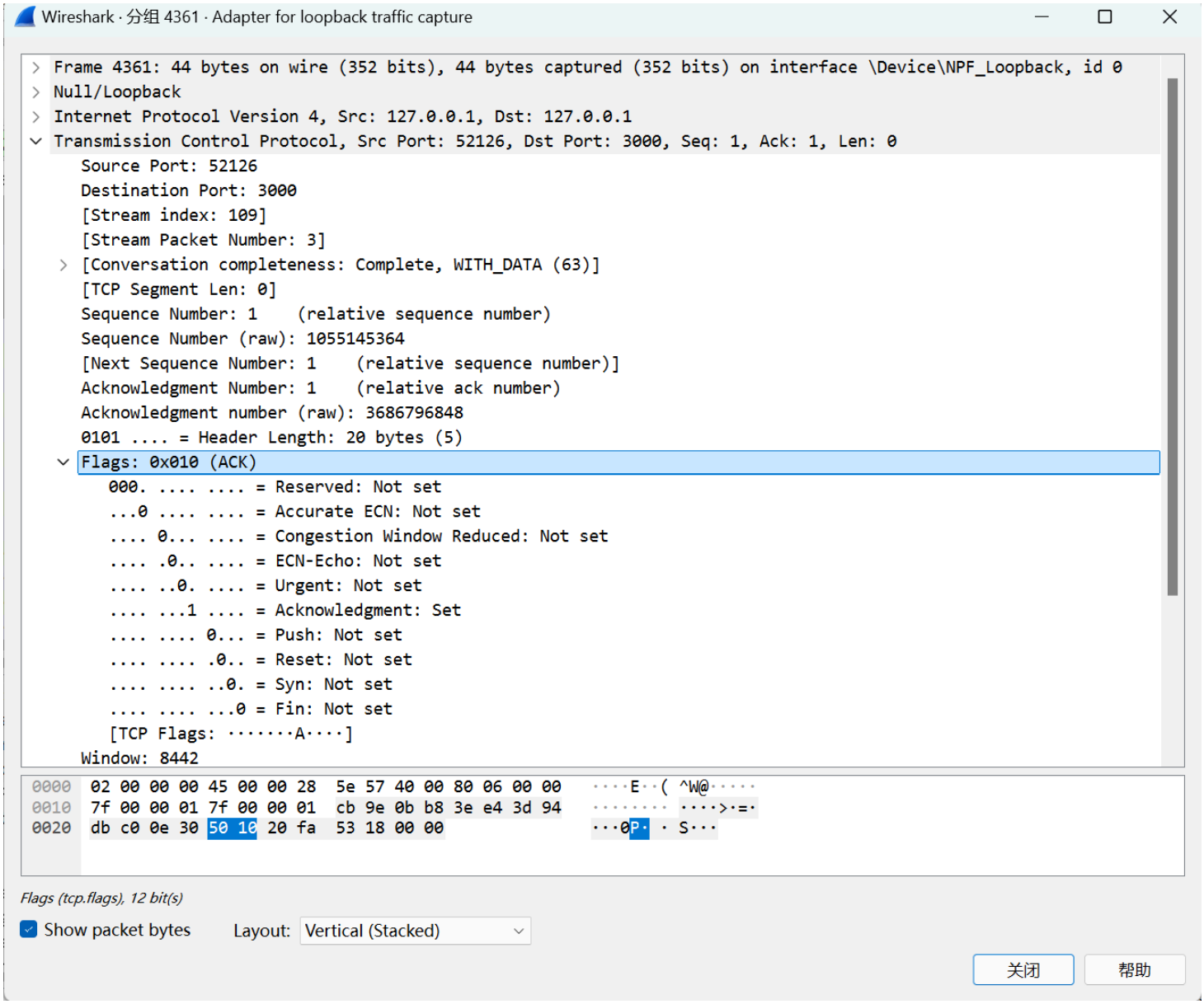
第二次握手



服务器接收到了客户端发起的连接请求后，给出应答

- TCP 标志：SYN 和 ACK 位都被设置为 1，这是三次握手中的第二次握手。服务器确认收到客户端的 SYN 请求，并向客户端发送了一个 SYN 请求以建立连接。
- 序列号：0，表明这是服务器向客户端发送的初始数据段。
- 确认号（Acknowledgment Number）：确认号为接收到的 Seq+1，因此设置为1，表示服务器确认收到客户端的初始序列号 0，并期望客户端接下来的数据从序列号 1 开始。

第三次握手

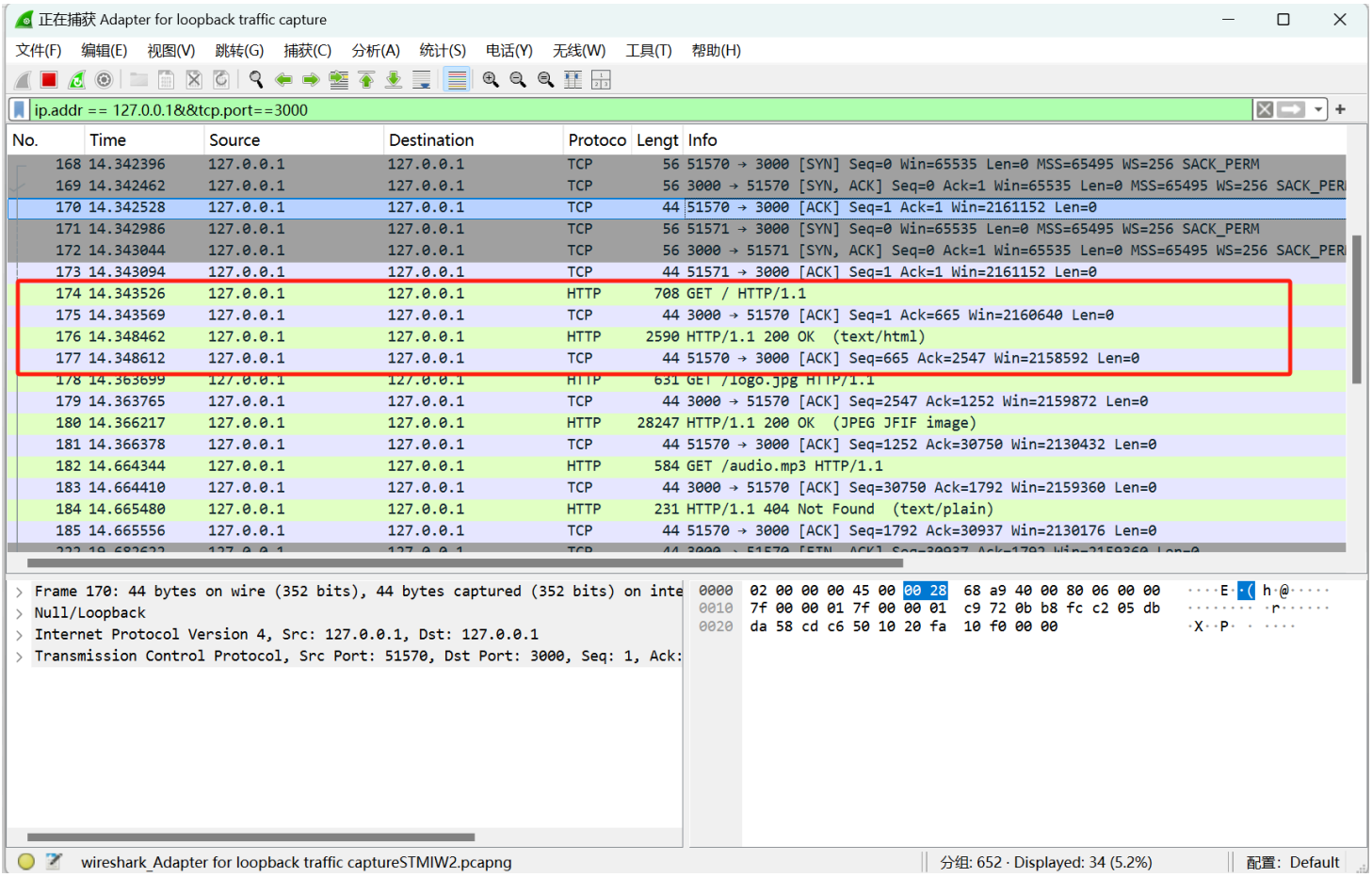


客户端收到服务器回应的确认报文后，对服务器回应

- TCP 标志：只有 ACK 一位有效，表示这只是一条确认报文，值为1

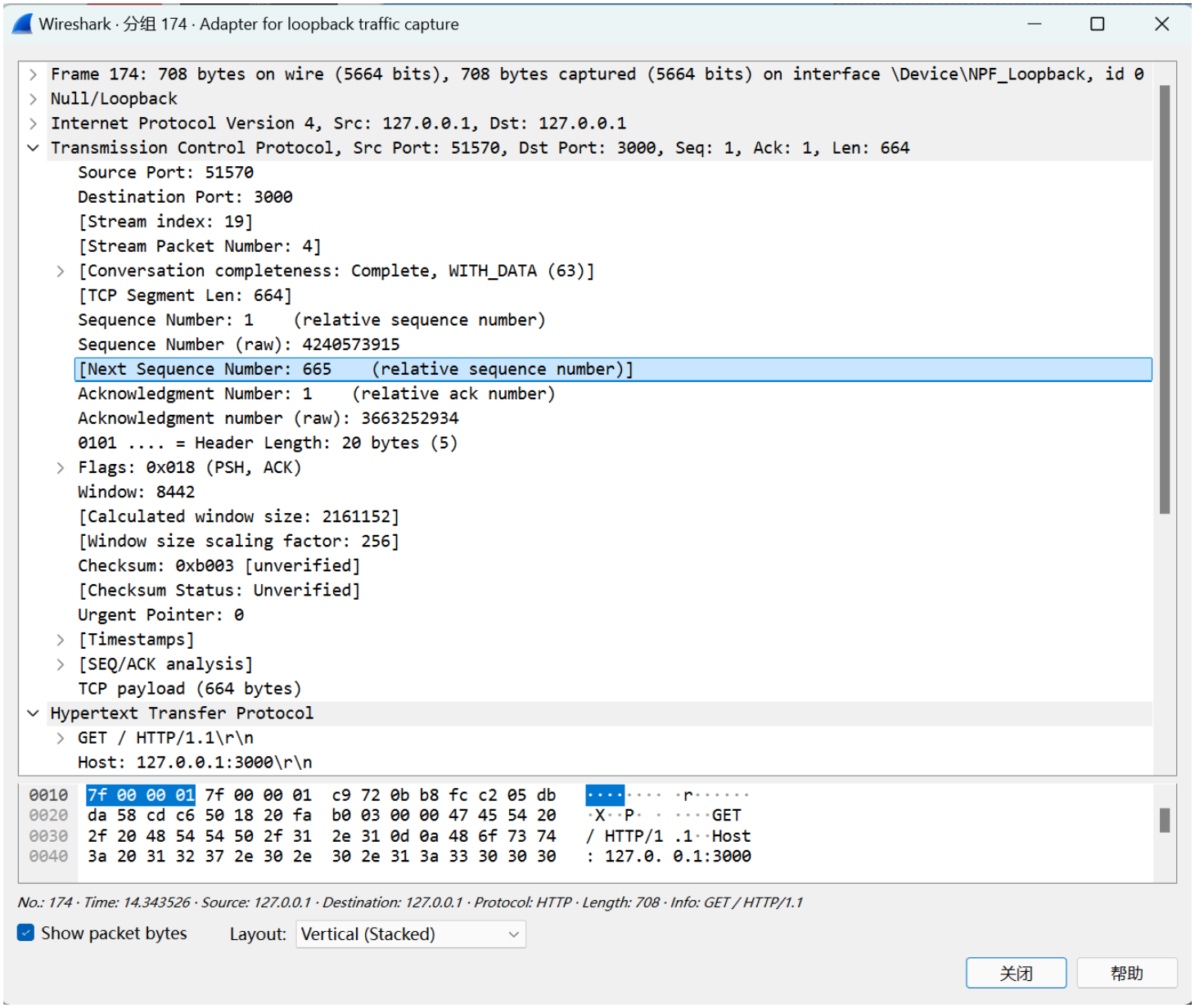
- 序列号：由于之前已经消耗了一个序号，因此这条报文的序号 Seq 为1

GET请求

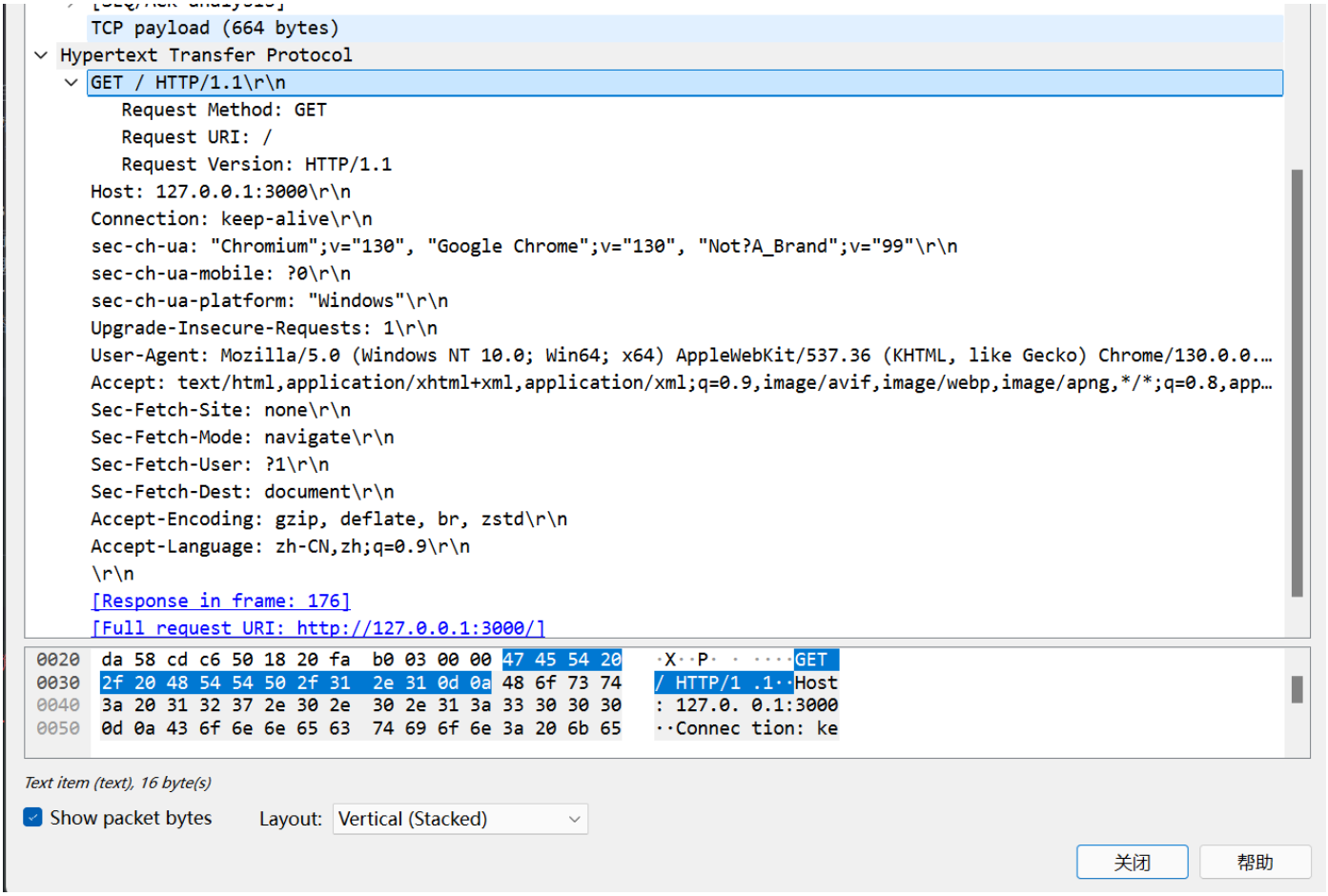


通过三次握手建立 TCP 连接后，客户端然后再通过 HTTP 协议发送请求获取 HTML 文件资源。这里可以观察到是从客户端口到服务器端口号的一次请求，客户端首先通过 HTTP 的 GET 请求向服务端请求 HTML 文件资源。

接着还有一条由服务器向客户端的报文，这是服务器通过TCP回应一条确认报文。



- PSH（Push Flag）：Flags新增PSH信号，表示该数据报文需要立即交付给上层应用程序。在 TCP 中，数据可以暂时缓存在接收端的 TCP 缓冲区中，而 PSH 标志的作用是通知接收端，立即将此数据交给应用层，不要等待更多的数据。
- Seq：这次发送的是一个 HTTP 请求，因此 Seq 从 1 开始。同时，因为 TCP 报文携带了 HTTP 数据（比如请求头和内容），数据段长度为 664 字节，因此下一次发送的 Seq 值会变成 1 + 664 = 665。

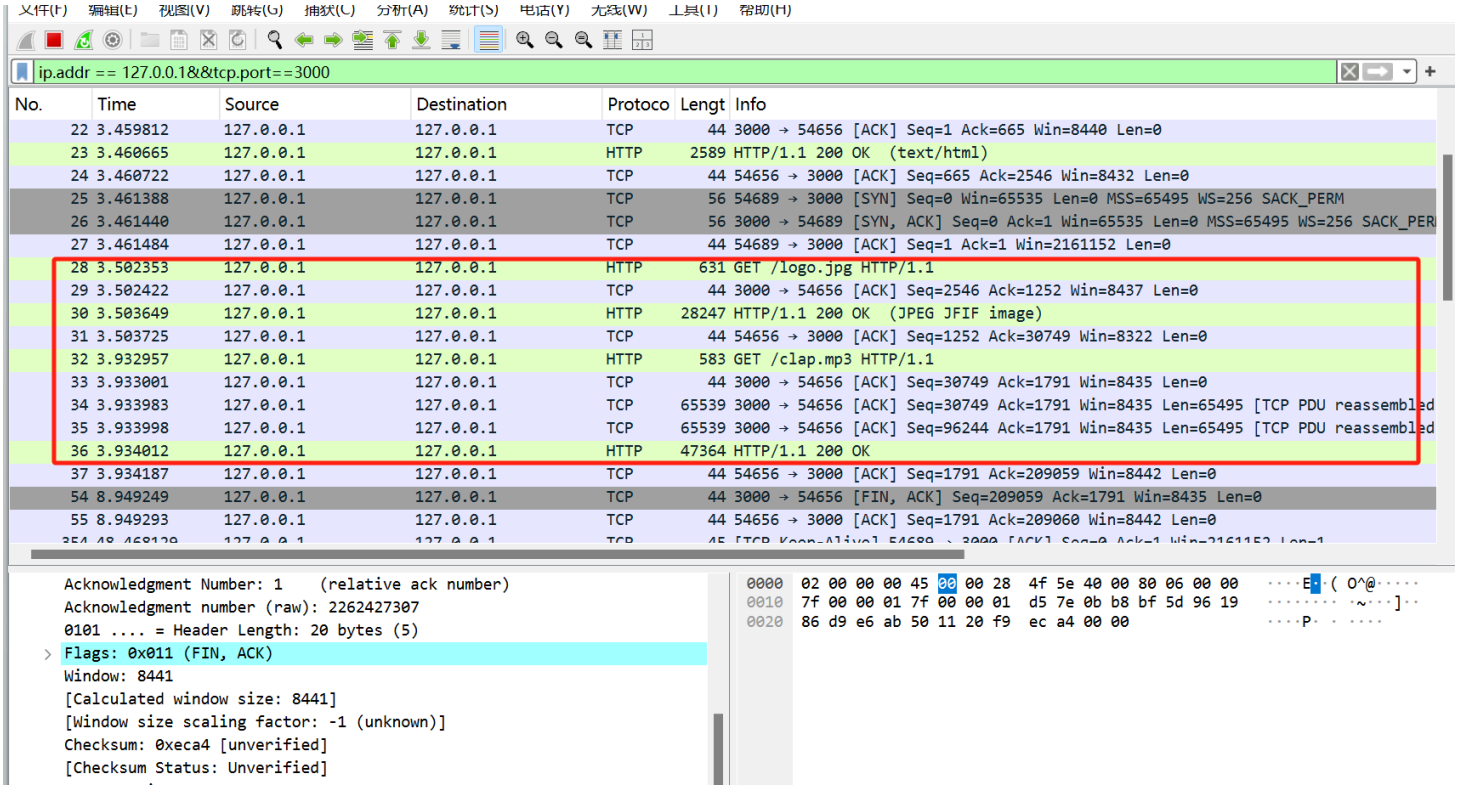


可以从GET请求头中看到一些信息：

- Host：请求的主机名，也就是服务器的地址
- Connection： 表示连接方式， keep-alive 表示长连接的方式
- User-Agent： 客户端代理类型，系统信息以及浏览器的类型
- Accept： 客户端可以识别的响应内容，可以看到html文件，image图片等资源

接着服务器在接收到了客户端发送的GET请求之后，会通过TCP回应一条确认报文。客户端在收到服务器的响应之后，同样会给服务器端发送确认报文。服务器在收到了客户端发送来的确认报文之后，然后再将HTML文件数据返回给客户端。接下来分析资源解析。

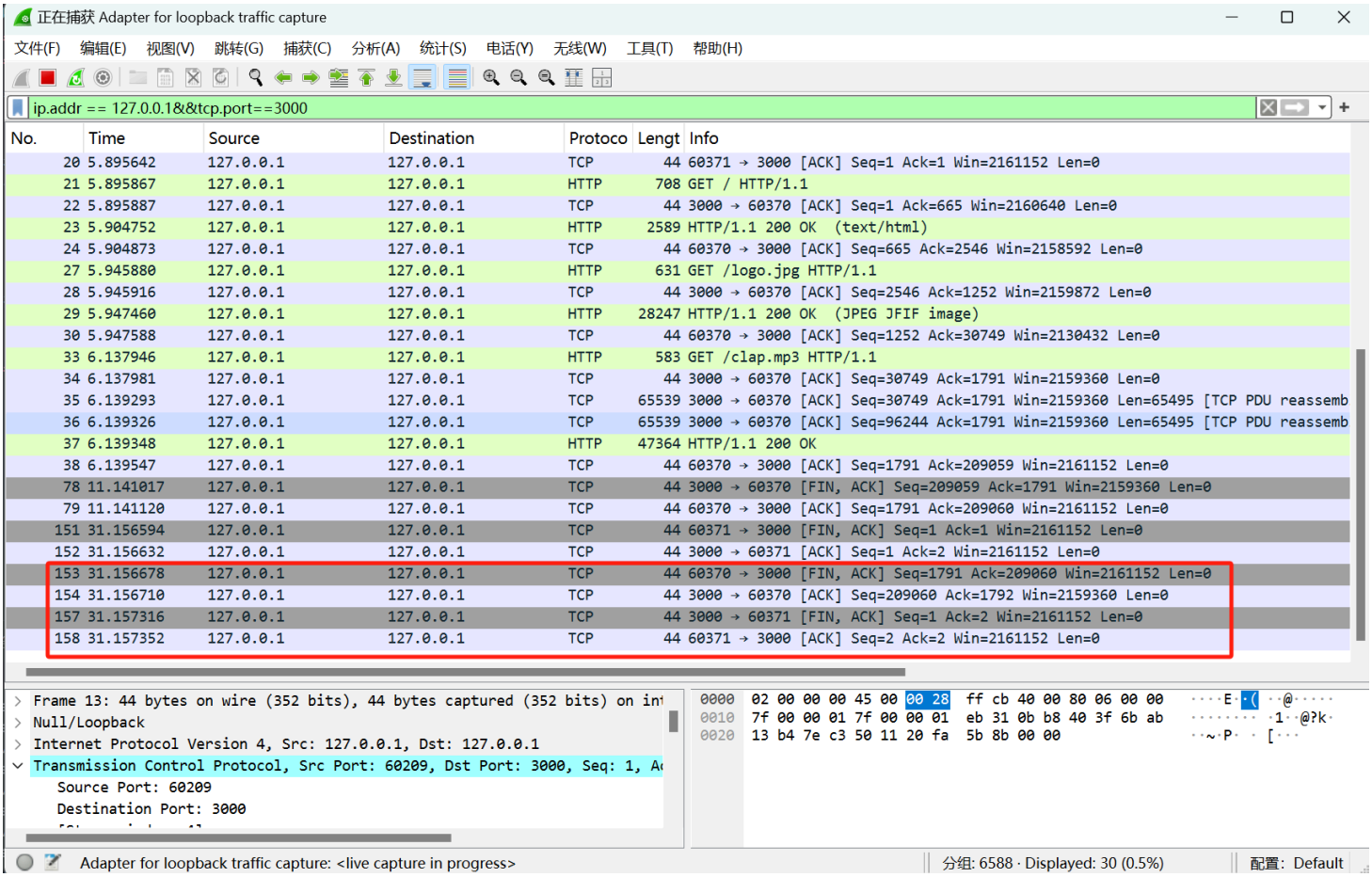
资源解析



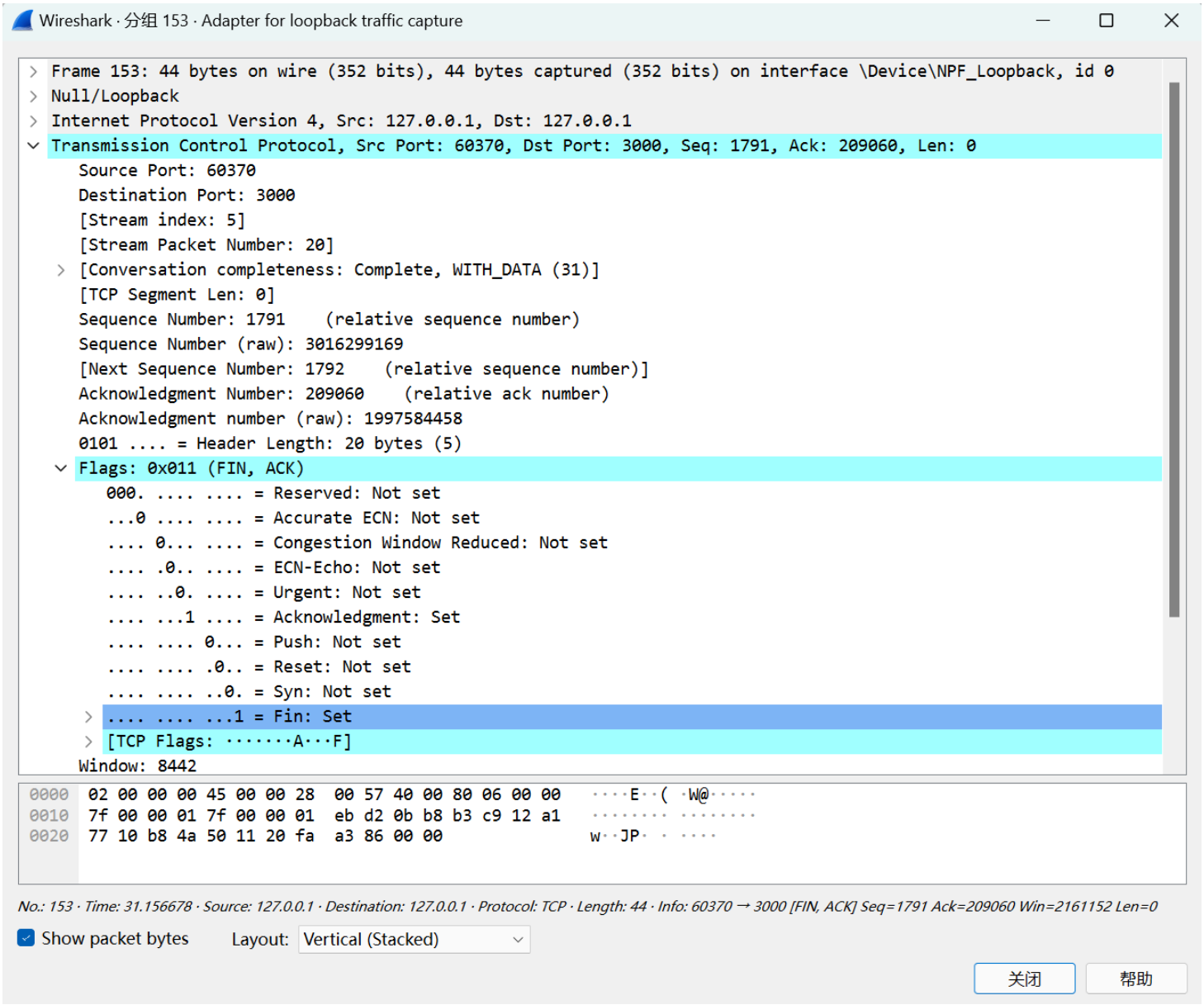
- 接着客户端会再次通过HTTP协议中的GET方法和服务器请求相关的资源，如接下来的图片和音频，与前面大致相同，这里不再赘述。
- 但可以观察到，为了请求 logo.jpg 之前，客户端又和服务器建立了一个三次握手的TCP连接过程。是因为在 HTTP/1.1 及之前的 HTTP 协议中，浏览器通常会为每一个资源（例如 HTML 文件、图片等）与服务器建立一个单独的 TCP 连接，为了以避免过多资源请求导致的阻塞。并且浏览器通常会同时加载页面上的多个资源，以提升页面加载速度。
- 同时观察到图片资源的TCP报文被拆分成了三段进行传输，客户端在接收到服务器发来的完整TCP报文之后才会给服务端发送 ACK 确认报文。这是因为数据量比较大，超过了 MSS，服务器端通过分别发送RGB三个通道的方式来传输图片。
- mps音频格式原理相同，传输方式大致类似，也不再赘述。

四次挥手

四次挥手用于在客户端和服务器之间断开连接，目的是确保双方都完成数据传输并同意断开。（发起断开的一方可以是客户端也可以是服务器，客户端完成了请求和接收数据，例如网页加载等；或是服务器完成了数据的发送，且判断该连接不再需要维持，都会主动断开连接）


正在捕获 Adapter for loopback traffic capture
文件(F) 编辑(E) 视图(V) 跳转(G) 捕获(C) 分析(A) 统计(S) 电话(Y) 无线(W) 工具(T) 帮助(H)
ip.addr == 127.0.0.1&&tcp.port==3000
No. Time Source Destination Protoco Lengt Info
20 5.895642 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60371 → 3000 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=2161152 Len=0
21 5.895867 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 708 GET / HTTP/1.1
22 5.895887 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60370 [ACK] Seq=1 Ack=665 Win=2160640 Len=0
23 5.904752 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 2589 HTTP/1.1 200 OK (text/html)
24 5.904873 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60370 → 3000 [ACK] Seq=665 Ack=2546 Win=2158592 Len=0
27 5.945880 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 631 GET /logo.jpg HTTP/1.1
28 5.945916 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60370 [ACK] Seq=2546 Ack=1252 Win=2159872 Len=0
29 5.947460 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 28247 HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
30 5.947588 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60370 → 3000 [ACK] Seq=1252 Ack=30749 Win=2130432 Len=0
33 6.137946 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 583 GET /clap.mp3 HTTP/1.1
34 6.137981 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60370 [ACK] Seq=30749 Ack=1791 Win=2159360 Len=0
35 6.139293 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 65539 3000 → 60370 [ACK] Seq=30749 Ack=1791 Win=2159360 Len=65495 [TCP PDU reassemb
36 6.139326 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 65539 3000 → 60370 [ACK] Seq=96244 Ack=1791 Win=2159360 Len=65495 [TCP PDU reassemb
37 6.139348 127.0.0.1 127.0.0.1 HTTP 47364 HTTP/1.1 200 OK
38 6.139547 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60370 → 3000 [ACK] Seq=1791 Ack=209059 Win=2161152 Len=0
78 11.141017 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60370 [FIN, ACK] Seq=209059 Ack=1791 Win=2159360 Len=0
79 11.141120 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60370 → 3000 [ACK] Seq=1791 Ack=209060 Win=2161152 Len=0
151 31.156594 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60371 → 3000 [FIN, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=2161152 Len=0
152 31.156632 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60371 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=2161152 Len=0
153 31.156678 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60370 → 3000 [FIN, ACK] Seq=1791 Ack=209060 Win=2161152 Len=0
154 31.156710 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60370 [ACK] Seq=209060 Ack=1792 Win=2159360 Len=0
157 31.157316 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 3000 → 60371 [FIN, ACK] Seq=1 Ack=2 Win=2161152 Len=0
158 31.157352 127.0.0.1 127.0.0.1 TCP 44 60371 → 3000 [ACK] Seq=2 Ack=2 Win=2161152 Len=0
Frame 13: 44 bytes on wire (352 bits), 44 bytes captured (352 bits) on int
Null/Loopback
Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 60209, Dst Port: 3000, Seq: 1, A
Source Port: 60209
Destination Port: 3000
0000 02 00 00 00 45 00 00 28 ff cb 40 00 80 06 00 00
0010 7f 00 00 01 7f 00 00 01 eb 31 0b b8 40 3f 6b ab
0020 13 b4 7e c3 50 11 20 fa 5b 8b 00 00
Adapter for loopback traffic capture: <live capture in progress>
分组: 6588 · Displayed: 30 (0.5%)
配置: Default

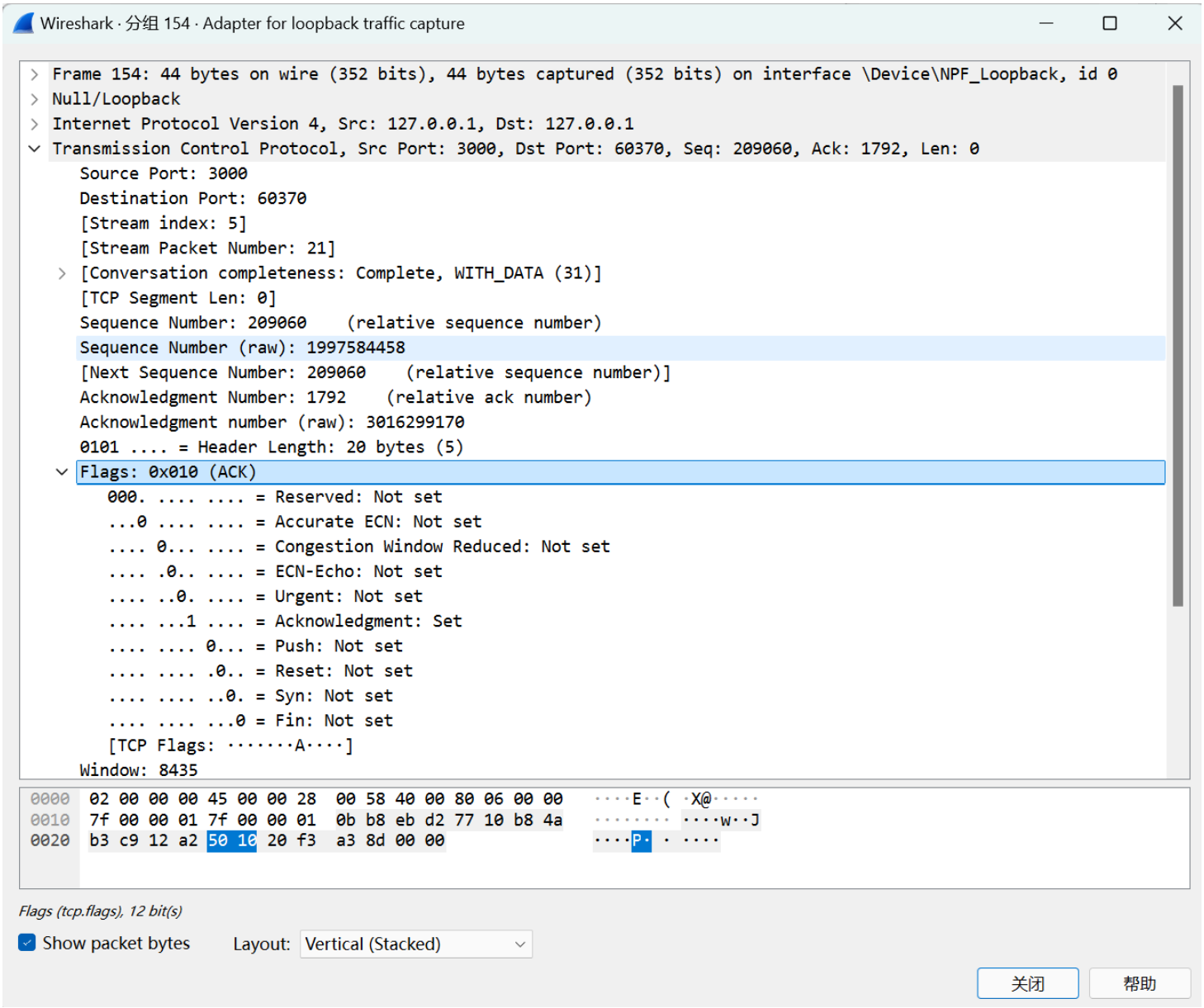
第一次挥手



客户端加载到全部所需的资源后，客户端主动向服务器发起了断开连接的请求。

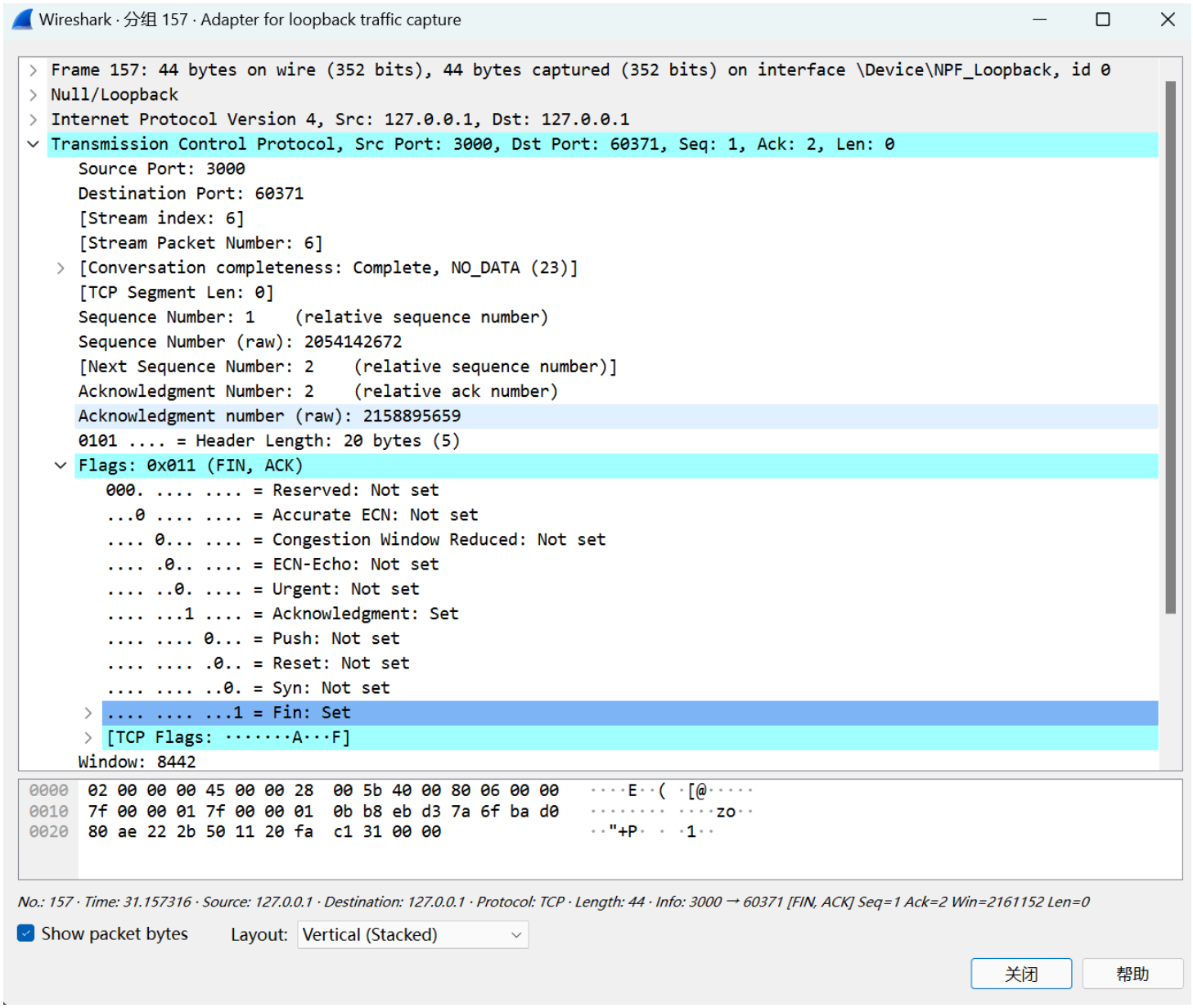
关闭连接时，发送一个带有 FIN 标志的报文，表示数据传输完成，并请求关闭连接。此时，客户端进入 FIN-WAIT-1 状态。FIN 报文还包含客户端的当前序列号1791。

第二次挥手



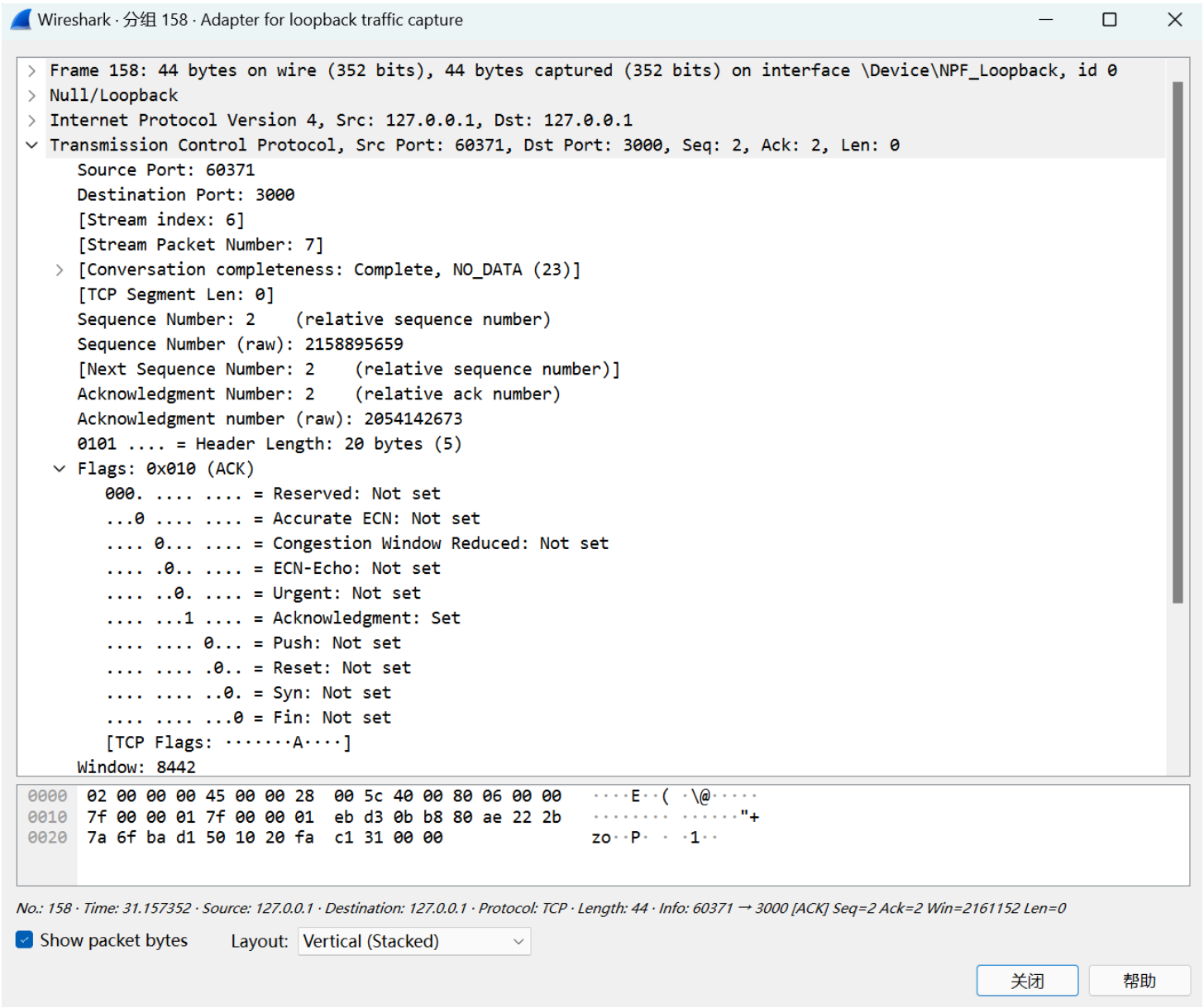
服务器接收到客户端的 FIN 后，发送一个带有 ACK 标志的报文，表示确认收到关闭请求。此时，服务器进入 CLOSE-WAIT 状态，而客户端进入 FIN-WAIT-2 状态，等待服务器的 FIN 报文。这个 ACK 的确认号为客户端的 FIN 报文的序列号加 1。

第三次挥手



服务器确认数据传输完成并准备关闭连接时，再次发送一个带有 FIN 标志的报文给客户端，表示同意断开连接。此时，服务器进入 LAST-ACK 状态，等待客户端的最终确认。

第四次挥手



客户端接收到服务器的 FIN 报文后，发送最后一个 ACK 报文，确认连接已关闭。此时，客户端进入 TIME-WAIT 状态，等待一段时间以确保服务器接收到了 ACK 后关闭。完成等待后，客户端进入 CLOSED 状态，最终断开连接。