

《现代交换原理》实验报告

实验名称 SIP 拨打电话实验

班 级 2022211305

学 号 2022211683、2022211124、2022211130

姓 名 张晨阳、梁维熙、金建名

指导教师 赵学达

目录

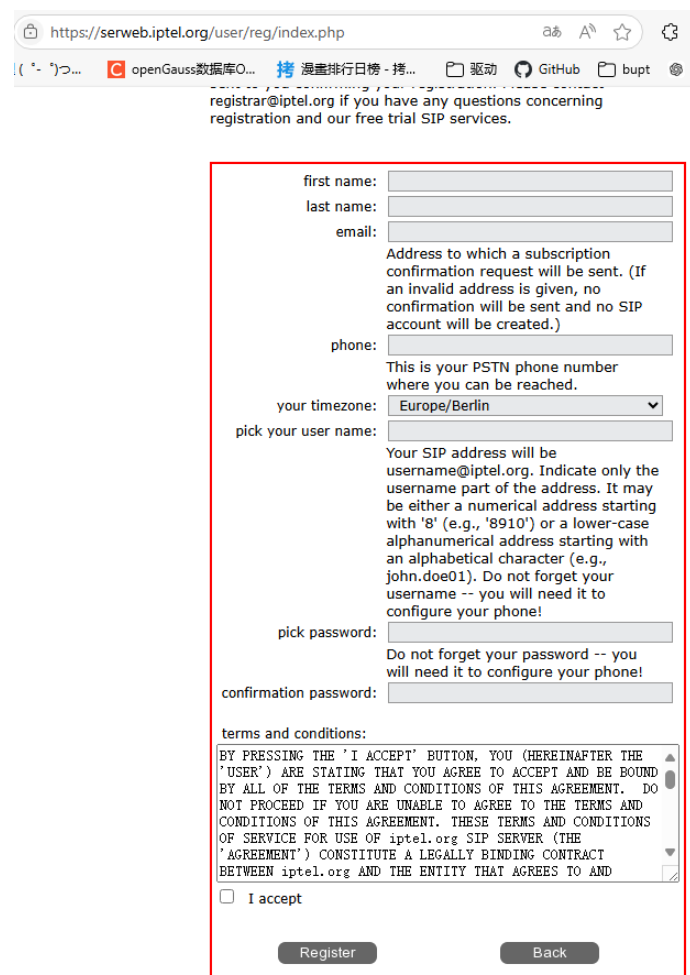
一、实验目的.....	1
二、实验内容与实验步骤	1
2.1. 下载软件并注册 SIP 账号.....	1
2.2. 拨打电话并抓包分析.....	4
正常呼叫 SIP 流	4
被叫久叫不应.....	7
主叫主动挂断.....	8
被叫超时无响应.....	9
被叫拒接.....	10
三、实验结果分析	11
407 安全协议授权.....	11
四、实验心得.....	13

一、实验目的

本实验需要实验者通过将课堂中所讲的 SIP 信令工作流程，对 SIP 电话呼叫的信令进行抓包分析，理解 VoIP 呼叫中的会话信令、媒体协商信令的作用，从而加深对 VoIP 的理解。

二、实验内容与实验步骤

2.1. 下载软件并注册 SIP 账号



The screenshot shows a web browser window with the URL <https://serweb.iptel.org/user/reg/index.php>. The page contains a registration form with the following fields and instructions:

- first name:** [text input]
- last name:** [text input]
- email:** [text input]
- phone:** [text input] with instructions: "Address to which a subscription confirmation request will be sent. (If an invalid address is given, no confirmation will be sent and no SIP account will be created.)"
- your timezone:** [dropdown menu] with "Europe/Berlin" selected and instructions: "This is your PSTN phone number where you can be reached."
- pick your user name:** [text input] with instructions: "Your SIP address will be username@iptel.org. Indicate only the username part of the address. It may be either a numerical address starting with '8' (e.g., '8910') or a lower-case alphanumerical address starting with an alphabetical character (e.g., john.doe01). Do not forget your username -- you will need it to configure your phone!"
- pick password:** [text input] with instructions: "Do not forget your password -- you will need it to configure your phone!"
- confirmation password:** [text input]
- terms and conditions:** A scrollable text area containing legal terms, followed by a checkbox labeled "I accept".

At the bottom of the form are two buttons: "Register" and "Back".

- 首先,我们进入网站 <https://serweb.iptel.org/user/reg/index.php> 注册一个 SIP 账号。
- 本次实验中, 本组三名成员总共注册了。
分别是: morina@iptel.org、whisperwind123@iptel.org、Williamshine@iptel.org

- 接着我们进行软件的下载，打开网站 <https://www.microsip.org/downloads> 进行软件下载，下载完成后单击可运行文件进行安装



- 安装完成后，单击添加账户，将注册的帐号添加至 MicroSIP 中。

帐号

账号名

SIP 服务器

SIP 代理

用户名*

域名*

登录名

密码

显示名称

语音信箱号码

拨号前缀

拨号规则

隐藏来电显示

☐

加密媒体

禁用

透传

UDP

公共地址

自动

刷新注册

300

保持在线

15

发布状态

☐

允许 IP 重写

☐

ICE

☐

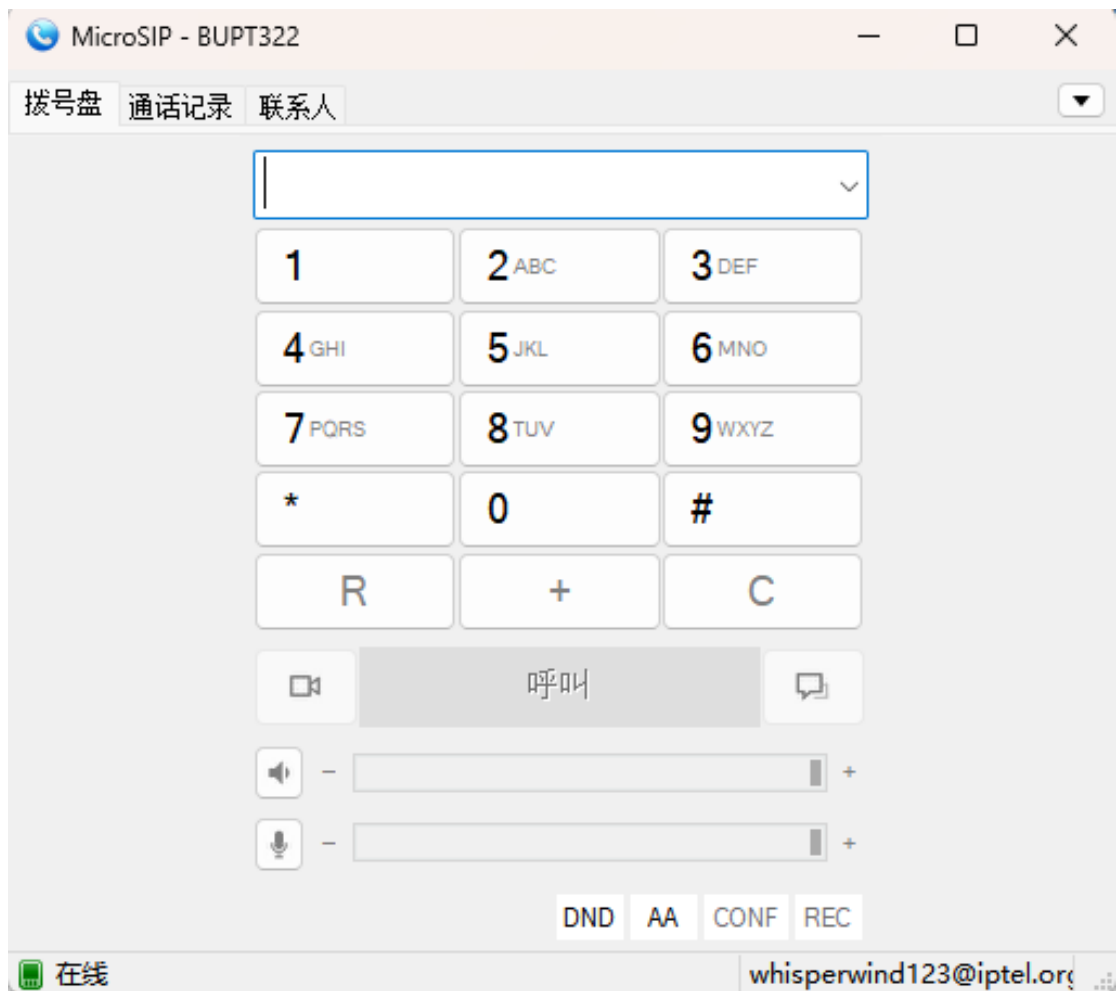
禁用会话计时器

☐

保存

取消

- 添加账户完成后，运行 MicroSIP，即可开始进行实验。



2.2. 拨打电话并抓包分析

本实验中，我们主要对以下场景进行模拟并抓包，以进行分析：

- 正常呼叫 SIP 流
- 被叫久叫不应
- 主叫主动挂断
- 被叫超时无响应
- 被叫拒接

正常呼叫 SIP 流

- 基本呼叫建立过程

建立过程中的 SIP 包传输流程如下图所示：



基本呼叫建立流程

其中，终端代理 A（以下简称主叫），向代理服务器（以下简称服务器）首先发送呼叫建立请求（INVITE），然后服务器同时向主叫发送 100 Trying 包与 407

Proxy Authentication Required，要求主叫进行安全认证，主叫发回 ACK 进行确认。

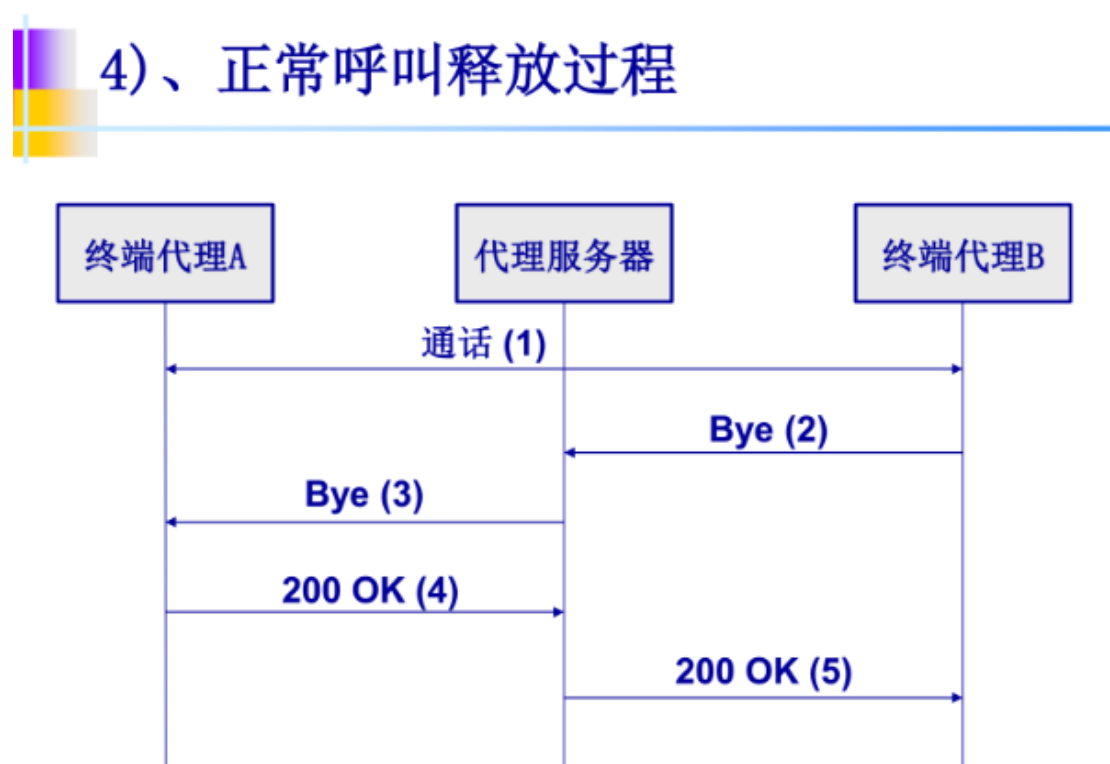
接着，主叫向服务器发送加上终端代理安全认证信息的呼叫建立请求（INVITE），服务器接收后向终端代理 B（以下简称为被叫）发送呼叫建立请求，并给主叫发回 100 Trying 表示正在尝试建立呼叫连接。

被叫接收到服务器的呼叫请求后，先后向其发送 100 Trying 与 180 Ringing，表示尝试建立连接并送回铃声。服务器接收到后，将 180 Ringing 发给主叫送回铃声。

当被叫接受通话后，向服务器发送 200 OK 包表示请求成功，服务器接收到后，向主叫发送 200 OK 表示请求成功，然后主叫发回 ACK 进行确认，服务器接收到后向被叫发送 ACK 进行确认，此时通话建立成功。

- 正常呼叫释放过程

释放过程中的 SIP 包流程图如下所示：



首先，终端代理 B（以下简称为挂断方）向服务器发出 Bye 包，服务器接收到后，向终端代理 A（以下简称为被挂断方）发出 SIP 包头中 From 字段与 To 字段相同的 Bye 包提出结束通话请求。被挂断方接收到后，向服务器发送 200 OK

表示释放成功，服务器接收到后，向挂断方发送 200 OK 进行通话释放。

- **wireshark 抓包：**

The image displays two side-by-side Wireshark packet capture windows. Both windows show a list of captured packets with columns for No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info.

Left Window (A: 正常呼叫正常停止.pcapng): This window shows a successful SIP call sequence. The packets include INVITE, 180 Ringing, and 200 OK messages. The final packet is a 200 OK message from 10.29.91.34 to 212.79.111.155.

Right Window (B: 非正常呼叫正常停止.pcapng): This window shows a SIP call sequence that fails. The packets include INVITE, 180 Ringing, and a 408 Status: 408 (Request Timeout) message. The final packet is a 408 status message from 10.29.91.34 to 212.79.111.155.

被叫久叫不应

- SIP 包流程图如下：



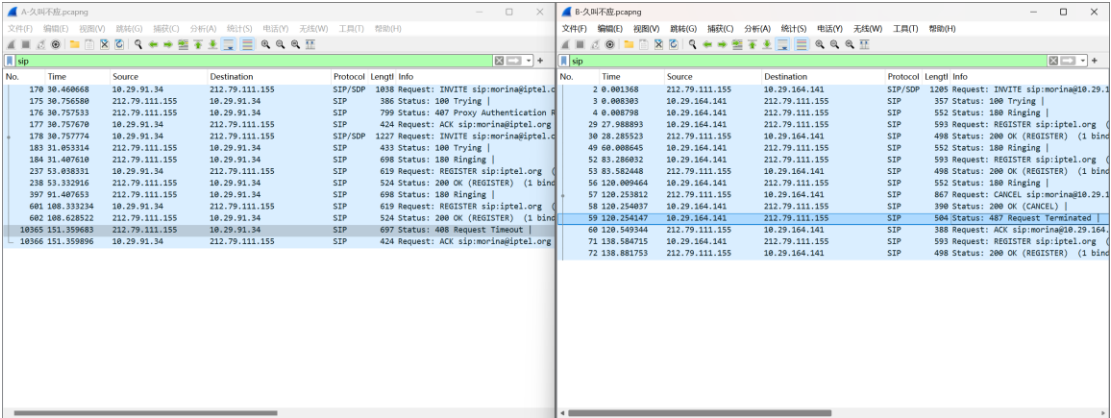
根据图片中的流程描述，主叫（终端代理 A）首先向服务器（代理服务器）发送呼叫建立请求 INVITE。

随后，服务器同时向主叫发送 100 Trying 和 180 Ringing，表示正在尝试建立连接并送回铃声。

经过等待时间后，等待时间计时器超时，服务器先向被叫发送 Cancel 请求，然后向主叫发出 408 Request timeout 结束呼叫请求。

被叫接收到 Cancel 包后向服务器发送 200 OK 包与 487 Request Canceled 结束通话，服务器向其发送 ACK 确认收到。然后主叫发送 ACK 确认收到超时通知。

- wireshark 中抓到的包如下所示：



主叫主动挂断

- SIP 包流程图如下：



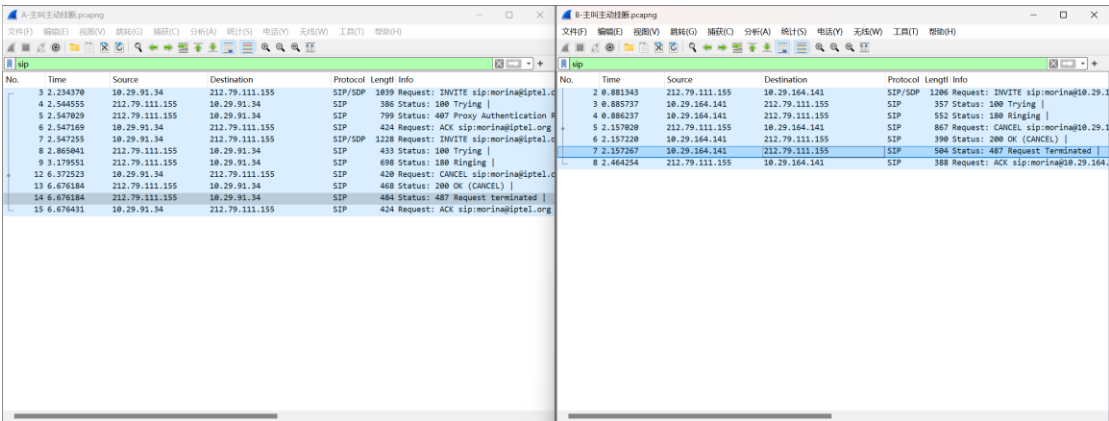
主叫（终端代理 A）首先向代理服务器发送 INVITE 请求发起呼叫，服务器收到后向主叫回复 100 Trying 响应并转发 INVITE 至被叫（终端代理 B）。

被叫返回 100 Trying 和 180 Ringing 响应（经服务器转发给主叫）。

由于被叫无应答，主叫发送 CANCEL 请求，服务器回复 200 OK 确认并向被叫转发 CANCEL。

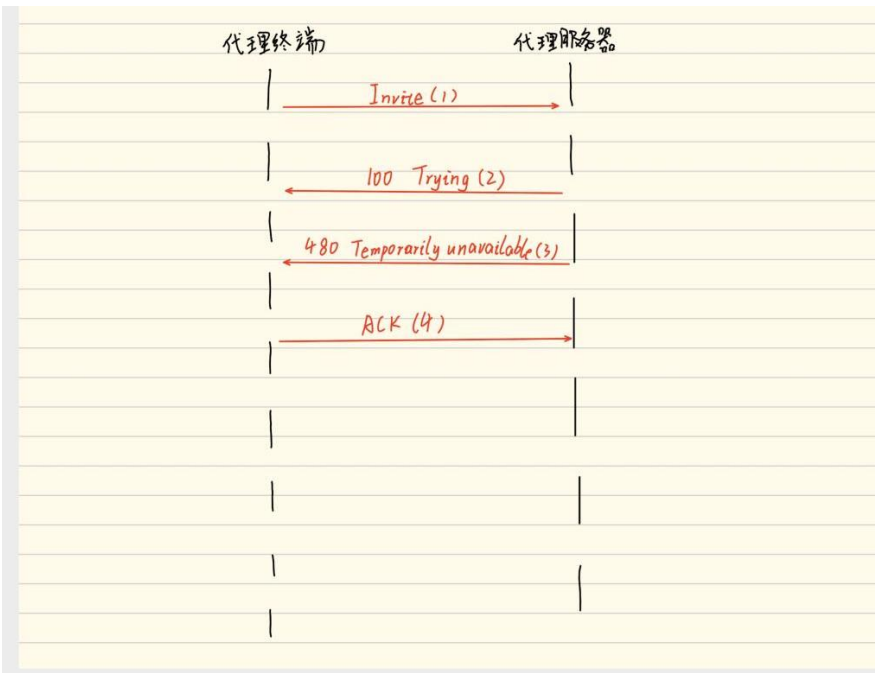
被叫终止呼叫后返回 487 Request Terminated 和 200 OK（经服务器转发），最终各方通过 ACK 完成确认。

- wireshark 抓包如下：



被叫超时无响应

- SIP 包流程图如下:



主叫（代理终端）向代理服务器发送 INVITE 请求发起呼叫，服务器收到后立即返回 100 Trying 响应表示正在处理。随后服务器判定呼叫暂时不可达，向主叫终端发送 480 Temporarily Unavailable 响应，主叫终端收到后回复 ACK 进行确认，最终终止此次呼叫请求。

- wireshark 抓包如下（我们通过设置请勿打扰状态模拟繁忙无响应）:

The screenshot shows a Wireshark capture of SIP packets. The packet list is as follows:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	0.837584	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP/SDP	1037	Request: INVITE sip:morina@iptel.org
6	1.137508	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	385	Status: 100 Trying
7	1.140802	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	798	Status: 407 Proxy Authentication Required
8	1.140980	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP	423	Request: ACK sip:morina@iptel.org
9	1.141096	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP/SDP	1226	Request: INVITE sip:morina@iptel.org
14	1.441934	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	432	Status: 100 Trying
15	1.449338	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	704	Status: 480 Temporarily unavailable
16	1.449544	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP	423	Request: ACK sip:morina@iptel.org

被叫拒接

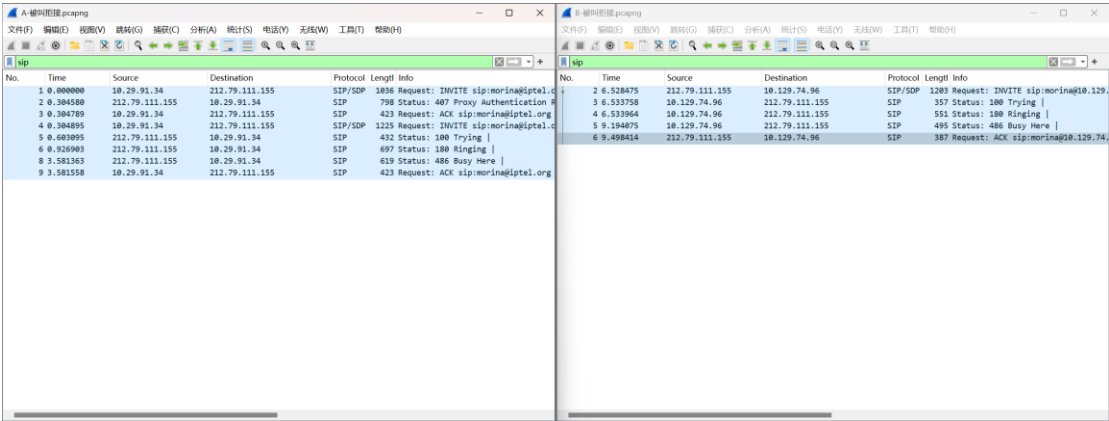
- SIP 包流程图如下：



主叫（终端代理 A）向代理服务器发送 INVITE 请求发起呼叫，服务器收到后转发给被叫（终端代理 B），同时向主叫返回 100 Trying 响应。

被叫收到 INVITE 后也返回 100 Trying,但因线路忙直接回复 486 Busy here，服务器将该响应转发给主叫。最后，主叫和服务端分别发送 ACK 确认结束流程，完成呼叫终止。

- wireshark 抓包如下：



三、实验结果分析

407 安全协议授权

通过分析，我们可以看到主叫方每次与服务器建立连接前均存在以下过程：

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	1.870032	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP/SDP	1038	Request: INVITE sip:morina@iptel.org
6	2.170133	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	386	Status: 100 Trying
7	2.175510	212.79.111.155	10.29.91.34	SIP	799	Status: 407 Proxy Authentication Required
8	2.175661	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP	424	Request: ACK sip:morina@iptel.org
9	2.175755	10.29.91.34	212.79.111.155	SIP/SDP	1227	Request: INVITE sip:morina@iptel.org

服务器会返回一个 407 Proxy Authentication Required 包请求安全授权信息，下面我们对分析创建连接的两个 INVITE 包

- 初始 INVITE 包

```
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.29.91.34, Dst: 212.79.111.155
> User Datagram Protocol, Src Port: 55886, Dst Port: 5060
> Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:morina@iptel.org SIP/2.0
  > Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 10.29.91.34:55886;rport;branch=z9hG4bKPj29fd762c09bd4cbeb4c
      Max-Forwards: 70
    > From: "麻里秦美" <sip:whisperwind123@iptel.org>;tag=ff96d49f739a4a9e916cb742
      SIP from display info: "麻里秦美"
      > SIP from address: sip:whisperwind123@iptel.org
      SIP from tag: ff96d49f739a4a9e916cb7427aee0c1
    > To: <sip:morina@iptel.org>
      > SIP to address: sip:morina@iptel.org
    > Contact: "麻里秦美" <sip:whisperwind123@10.29.91.34:55886;ob>
      SIP C-URI display info: "麻里秦美"
      > Contact URI: sip:whisperwind123@10.29.91.34:55886;ob
      Call-ID: 14c3cfbe4da9465bb10f356359c4c097
      [Generated Call-ID: 14c3cfbe4da9465bb10f356359c4c097]
    > CSeq: 16529 INVITE
      Allow: PRACK, INVITE, ACK, BYE, CANCEL, UPDATE, INFO, SUBSCRIBE, NOTIFY, REF
      Supported: replaces, 100rel, timer, norefersub
      Session-Expires: 1800
      Min-SE: 90
      User-Agent: MicroSIP/3.21.6
      Content-Type: application/sdp
      Content-Length: 336
  > Message Body
```

- 第二个 INVITE 包

```

> Frame 9: 1227 bytes on wire (9816 bits), 1227 bytes captured (9816 bits) on interface
> Ethernet II, Src: CloudNetwork_cc:f8:bb (d8:80:83:cc:f8:bb), Dst: ArubaHewlett_6c:0c
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.29.91.34, Dst: 212.79.111.155
> User Datagram Protocol, Src Port: 55886, Dst Port: 5060
< Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:morina@iptel.org SIP/2.0
  < Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 10.29.91.34:55886;rport;branch=z9hG4bKPj2004a6892b2c4cffab167
      Max-Forwards: 70
    < From: "麻里秦美" <sip:whisperwind123@iptel.org>;tag=ff96d49f739a4a9e916cb7427ae
      SIP from display info: "麻里秦美"
      > SIP from address: sip:whisperwind123@iptel.org
      SIP from tag: ff96d49f739a4a9e916cb7427aeec0c1
    < To: <sip:morina@iptel.org>
      > SIP to address: sip:morina@iptel.org
    < Contact: "麻里秦美" <sip:whisperwind123@10.29.91.34:55886;ob>
      SIP C-URI display info: "麻里秦美"
      > Contact URI: sip:whisperwind123@10.29.91.34:55886;ob
      Call-ID: 14c3cfbe4da9465bb10f356359c4c097
      [Generated Call-ID: 14c3cfbe4da9465bb10f356359c4c097]
    > CSeq: 16530 INVITE
      Allow: PRACK, INVITE, ACK, BYE, CANCEL, UPDATE, INFO, SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER
      Supported: replaces, 100rel, timer, norefersub
      Session-Expires: 1800
      Min-SE: 90
      User-Agent: MicroSIP/3.21.6
    < Proxy-Authorization: Digest username="whisperwind123", realm="iptel.org", nonce
      Authentication Scheme: Digest
      Username: "whisperwind123"
      Realm: "iptel.org"
      Nonce Value: "Z/0ujGf9EUDe3jYGNQqSuQ1XJFnyrZUk"
      Authentication URI: "sip:morina@iptel.org"
      Digest Authentication Response: "b273fbb7ac2113fe4cc8204d695882e8"
      Content-Type: application/sdp
      Content-Length: 336
  > Message Body

```

通过对比内容，我们可以发现第二个包中在 SIP 头中增加了相对应的 Proxy-Authorization 字段。通过查阅，我们了解到该包用于进行鉴权，验证主叫的身份。其流程如下：

- 用户代理客户端将 SIP 消息发送到用户代理服务器
- 用户代理服务器以 4xx 质询回应
- 用户代理客户端使用质询包中的数据来加密身份凭证，然后将加密后的凭证加入 SIP 头中作为 Proxy-Authorization 字段发送给用户代理服务器

观察 Proxy-Authorization 字段，我们可以发现 Nonce Value 参数，代表密码通信中仅使用一次的任意数字。主叫使用它作为加密凭证，加密方法为单向不对称的 SHA2 加密算法。

四、实验心得

这次实验让我们对 SIP 协议和 VoIP 通话有了更直观的理解。

刚开始注册账号和配置 MicroSIP 的时候还觉得挺简单的，但真正开始抓包分析时才发现原来一个简单的电话呼叫背后有这么多信令交互。

通过这次实验，我们不仅练习了使用 Wireshark 抓包分析，更重要的是理解了 VoIP 通话的完整生命周期。从呼叫建立、媒体协商到通话释放，每个环节都有严谨的信令控制。特别是看到 486 Busy 和 480 Unavailable 这些状态码时，终于明白平时打电话听到的“您拨打的电话正在通话中”是怎么实现的。

整体来说，这次实验收获很大，让我们对现代通信协议的设计理念有了更深的体会。