



## 第五章 信令与协议 (2)

---

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

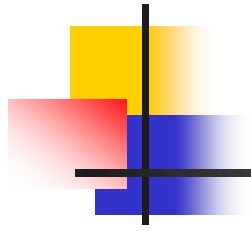
2023年5月8日



# 提要

---

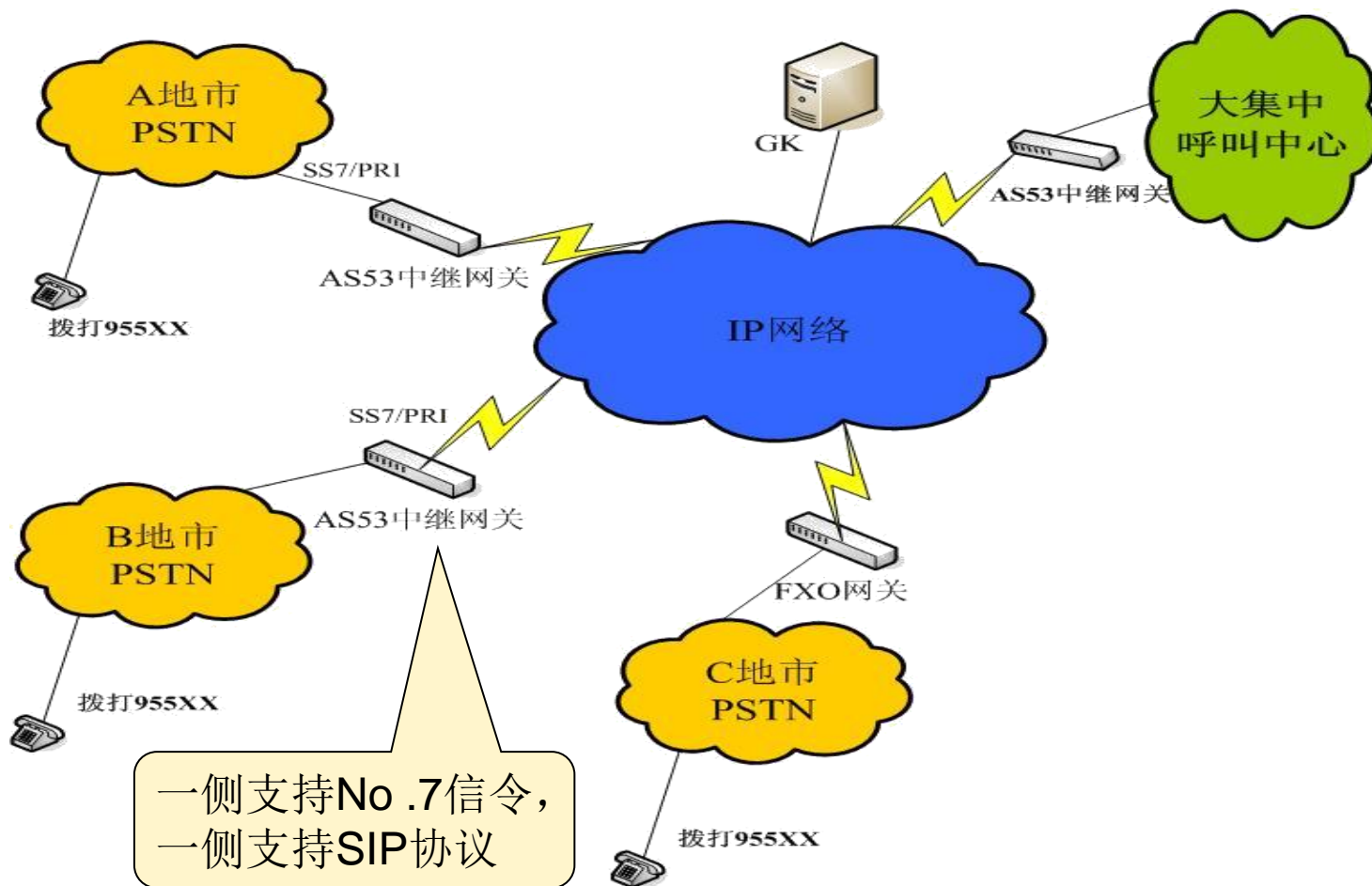
- VoIP技术
- SIP协议
  - 概述
  - 功能实体
  - SIP消息
  - SIP消息流程



# VoIP技术

# VoIP的实例：电话银行

## ■ VoIP: Voice over IP



# VoIP的三种形式（PC-PC）

- 计算机在**IP网络内部**的话音通信
  - 利用**IP地址**进行呼叫
  - **PC**完成**话音压缩、编解码、打包**
  - 例如：腾讯会议

*IP Telephony  
enabled PC*

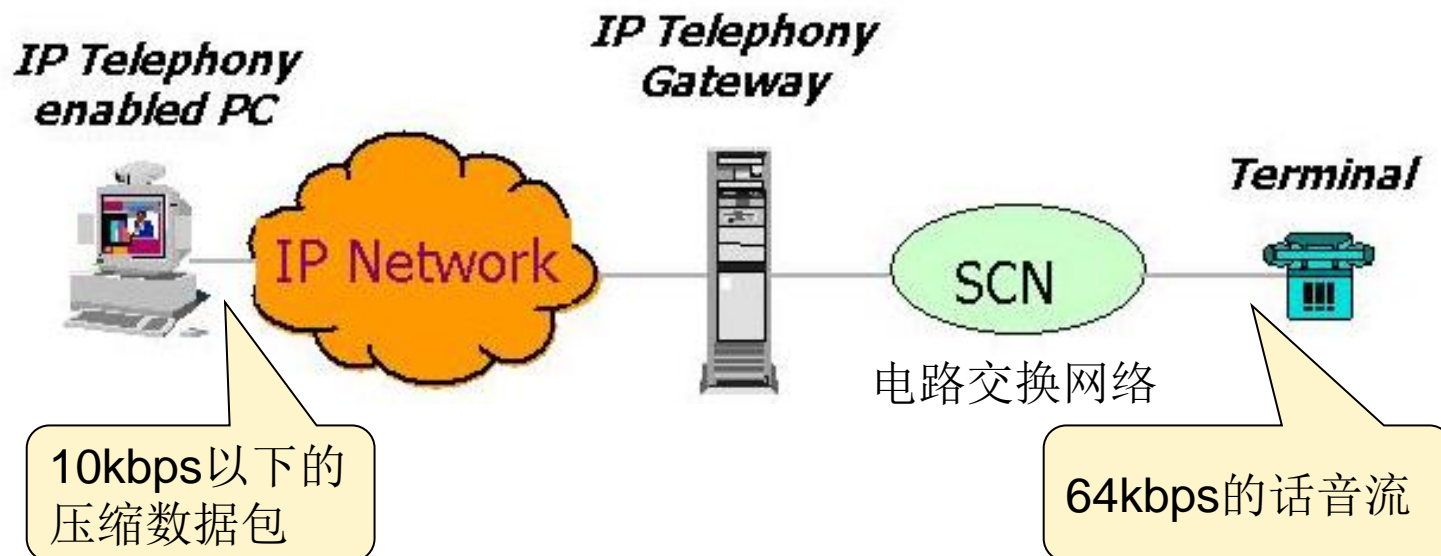


*IP Telephony  
enabled PC*



# VoIP的三种形式（PC-Phone）

- 传统电话网与IP网络电话业务的互通
  - IP网关完成IP地址与电话号码的翻译及话音编解码和打包
  - 例如：Skype打固定电话



# VoIP的三种形式（Phone-Phone）

- 普通电话经电话网连到IP电话网关
  - 用电话号码呼叫
  - 传统电话网将IP网络视为其业务承载网
  - 发端IP网关鉴别主叫用户；将被叫电话号码翻译成网关IP地址，将呼叫连接到最靠近被叫的网关，完成话音编码和打包
  - 收端IP网关完成拆包、解码及反向地址翻译，将呼叫连到被叫用户
  - 例如：呼叫中心





---

# SIP协议

概述、功能实体、SIP消息、SIP消息流程





# SIP协议

- 会话初始化协议（Session Initiation Protocol, SIP）
  - 由IETF提出，已被3GPP采纳为IMS的协议标准之一
  - 基于文本的应用层会话控制协议
    - 使用UTF-8字符集，易于实现、调试方便
    - 用于建立、修改和终止IP网上的双方或多方多媒体会话（如多媒体会议、远程教学、因特网电话等）
  - 可与SDP、RTP/RTCP、RTSP、DNS等协议配合
    - SDP：描述多媒体会话
    - RTP/RTCP（Real-time Transport Protocol / Real-time Transport Control Protocol）：实时传输
    - RTSP（Real Time Streaming Protocol）：实时流控制
    - DNS（Domain Name System）：域名解析

SIP协议只进行会话控制，**不负责语音和视频流的传输！**

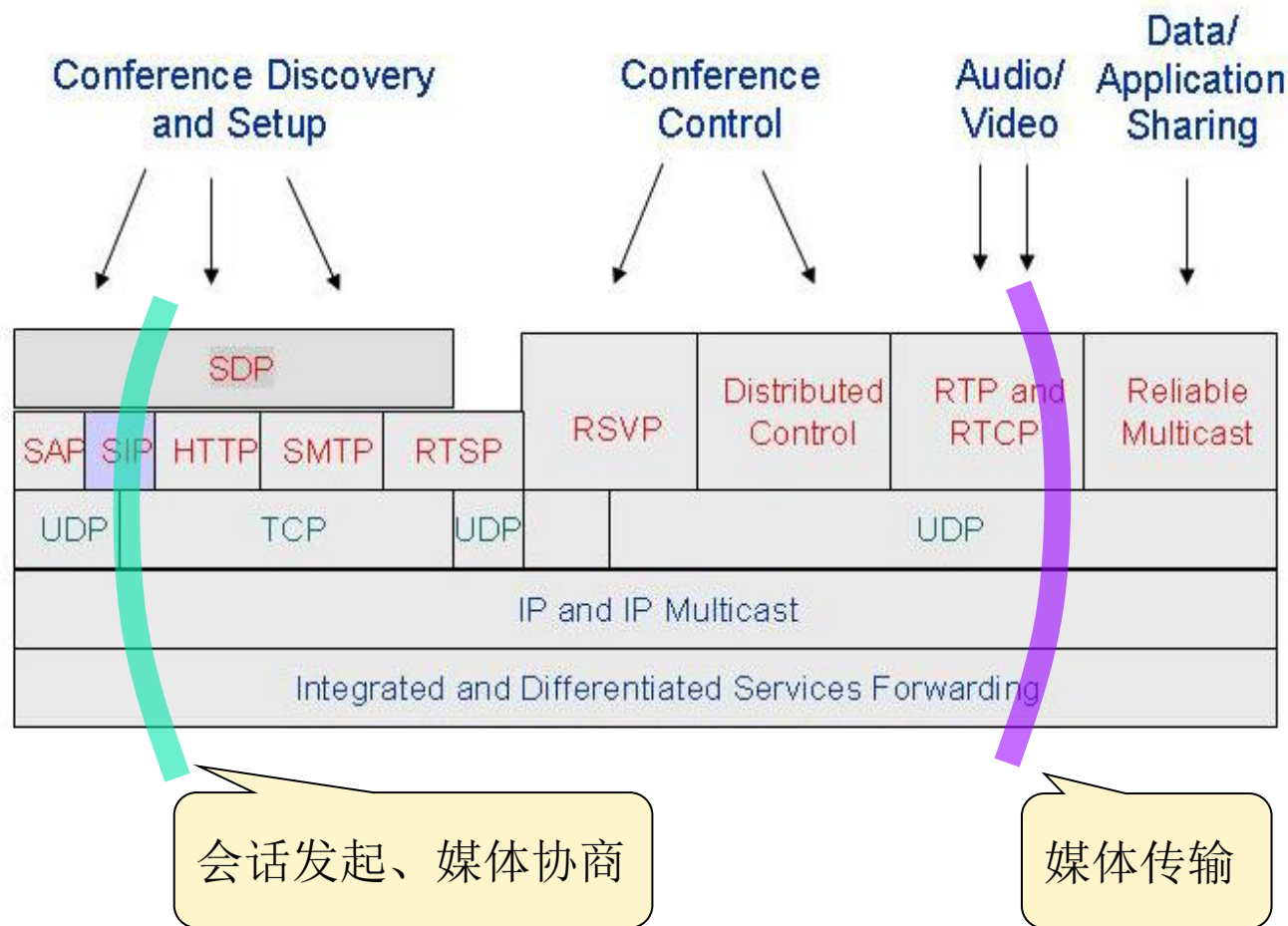


# SIP相关协议

---

- RFC2543 (original SIP standard) March 1999
- RFC3261 (latest SIP revision) June 2002
- RFC3262
  - Reliability of Provisional Responses in SIP
- RFC3263
  - SIP: Locating SIP Servers
- RFC3264
  - An offer/answer model with Session Description Protocol
- RFC3265
  - SIP: Specific Event Notification

# SIP协议结构



SDP : Session Description Protocol  
SIP : Session Initiation Protocol  
SAP : Session Announcement Protocol  
RTSP : Real Time Streaming Protocol  
RTP : Real time Transport Protocol





---

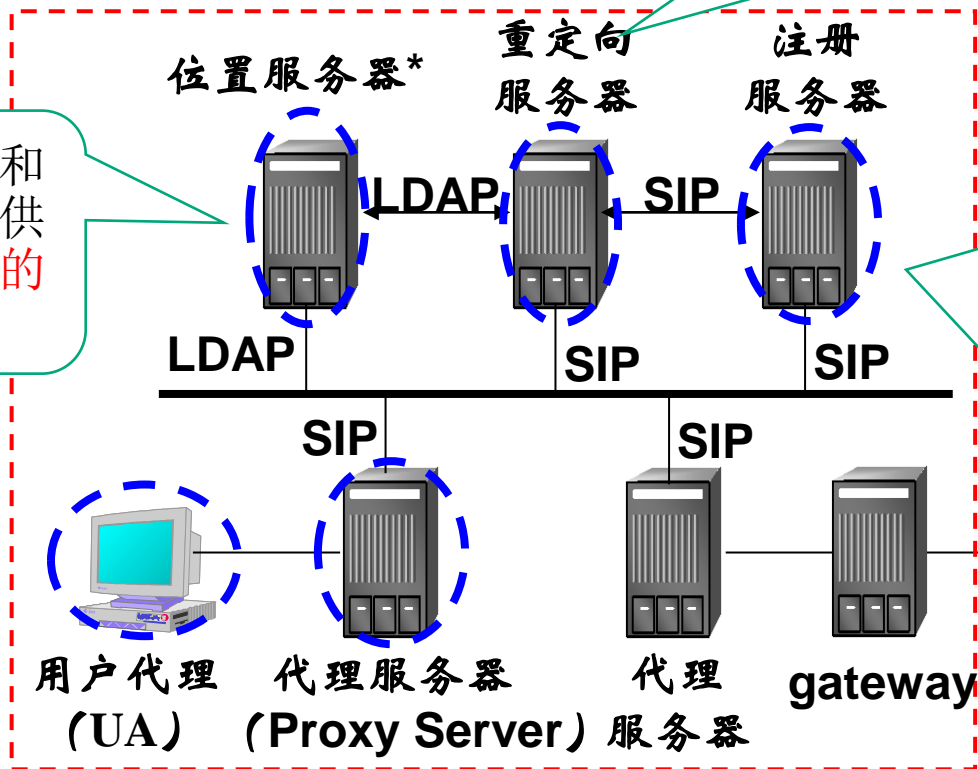
# SIP协议

概述、功能实体、SIP消息、SIP消息流程

# SIP的系统组成

允许代理服务器将SIP会话邀请信息定向到外部域。重定向服务器可以与注册服务器和代理服务器同在一个硬件上。

配合代理服务器和重定向服务器提供可能的被叫用户的地址（或位置）



包含域中所有用户代理位置的数据库。在SIP通信中，注册服务器会检索参与方的IP地址和其他相关信息，并发送到SIP代理服务器

终端用户设备，用于创建和管理SIP会话的移动电话、PC等。UAC发出消息，UAS对消息进行响应

接受UA的会话请求并查询SIP注册服务器，获取被叫UA的地址信息。然后，将会话邀请转发给被叫UA（如果它位于同一域中）或代理服务器（如果UA位于另一域中）

# SIP的功能实体



- SIP用户代理（UA）：包括逻辑实体
  - User Agent Client (UAC)，用于发起一个呼叫请求
  - User Agent Server (UAS)，用于对呼叫请求进行回应
  - **UA=UAC+UAS**，UA既可以作为UAC发起呼叫，也可以作为UAS接收呼叫，UAC和UAS是逻辑上的不同角色，不是独立的物理实体
- SIP网络服务器
  - 注册服务器（Register Server）
    - 接收用户的注册请求，记录终端的IP地址，记录用户的当前位置
    - 是实现号码移动性的基础
  - 位置服务器\*（Location Server）
    - 记录了注册服务器接收到的UA信息（二者独立部署或共同部署）
    - 配合代理服务器和重定向服务器提供被叫用户的地址（或位置）

# SIP的功能实体

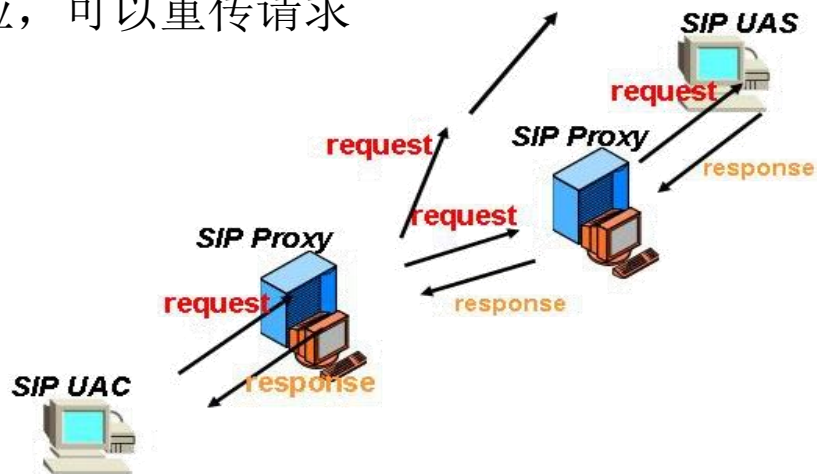
## ■ SIP网络服务器

### ■ 代理服务器（Proxy Server）

- 完成路由功能，将SIP请求消息发送到下一跳代理或用户，并将SIP响应消息传递回上一跳代理或用户
- 有两种类型的代理服务器：

无状态代理服务器（stateless） - 仅转发接收的消息，不存储呼叫或事务的任何信息

状态代理服务器（stateful） - 跟踪收到的每个请求和响应。如果没有来自另一方的响应，可以重传请求



# SIP的功能实体

- SIP网络服务器

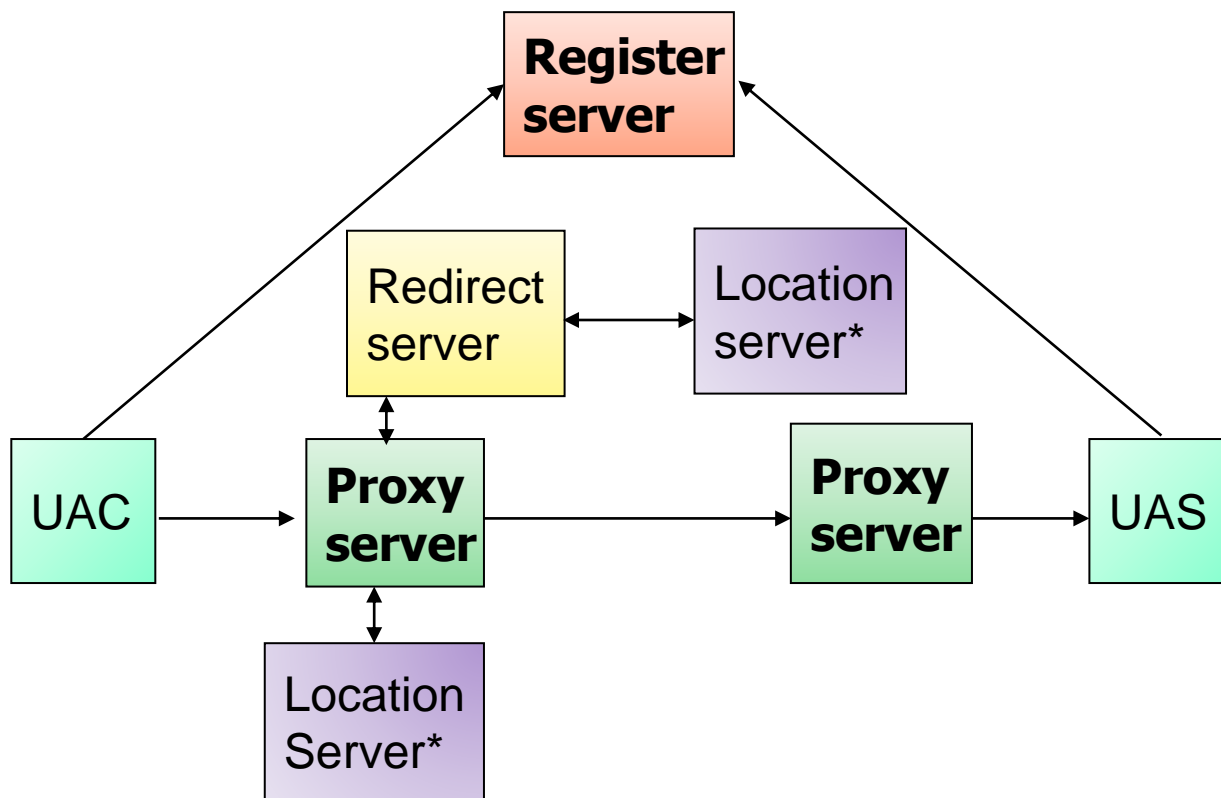
- 重定向服务器（Redirect Server）

- 通过**响应**告诉客户下一跳服务器的地址，然后客户根据此地址向下一跳服务器**重新发送请求**



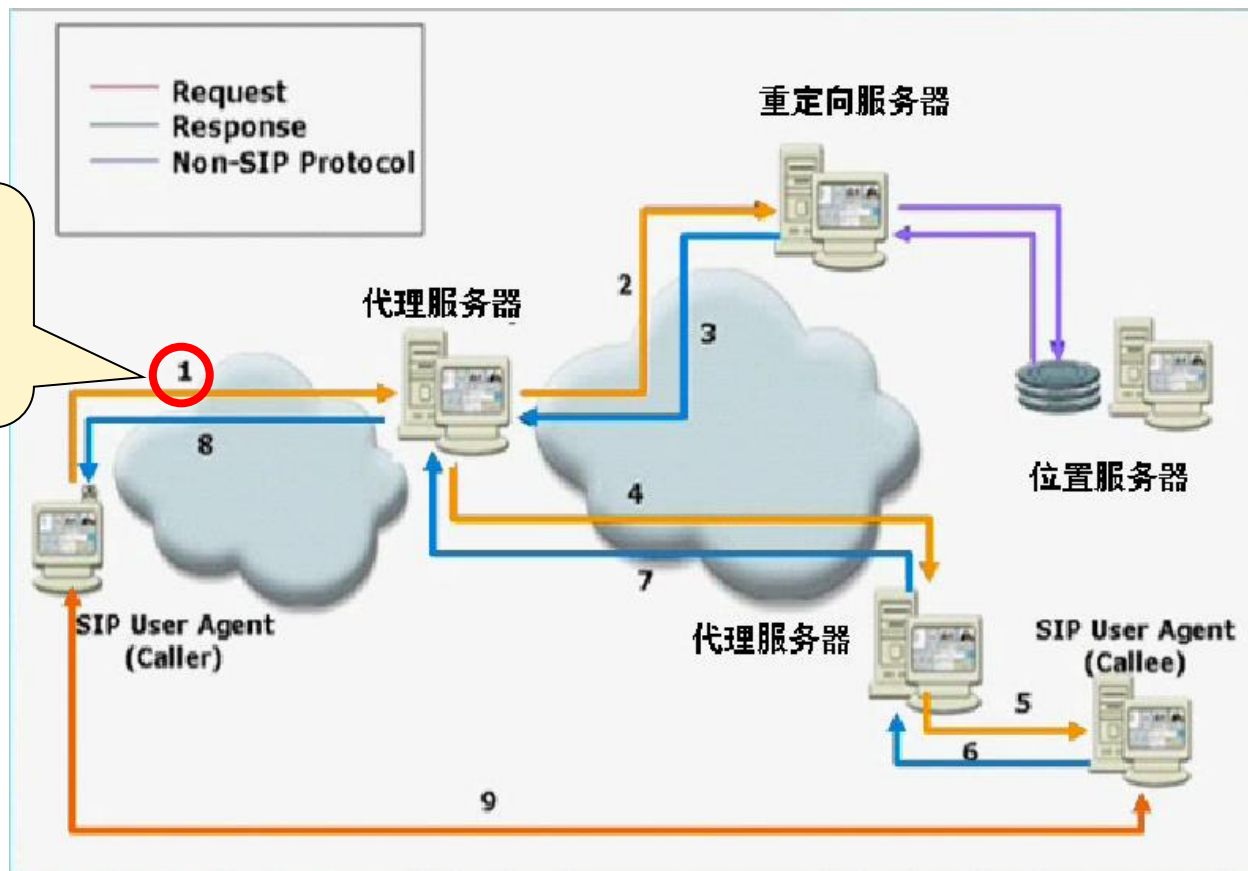


# SIP的功能实体——网络布局



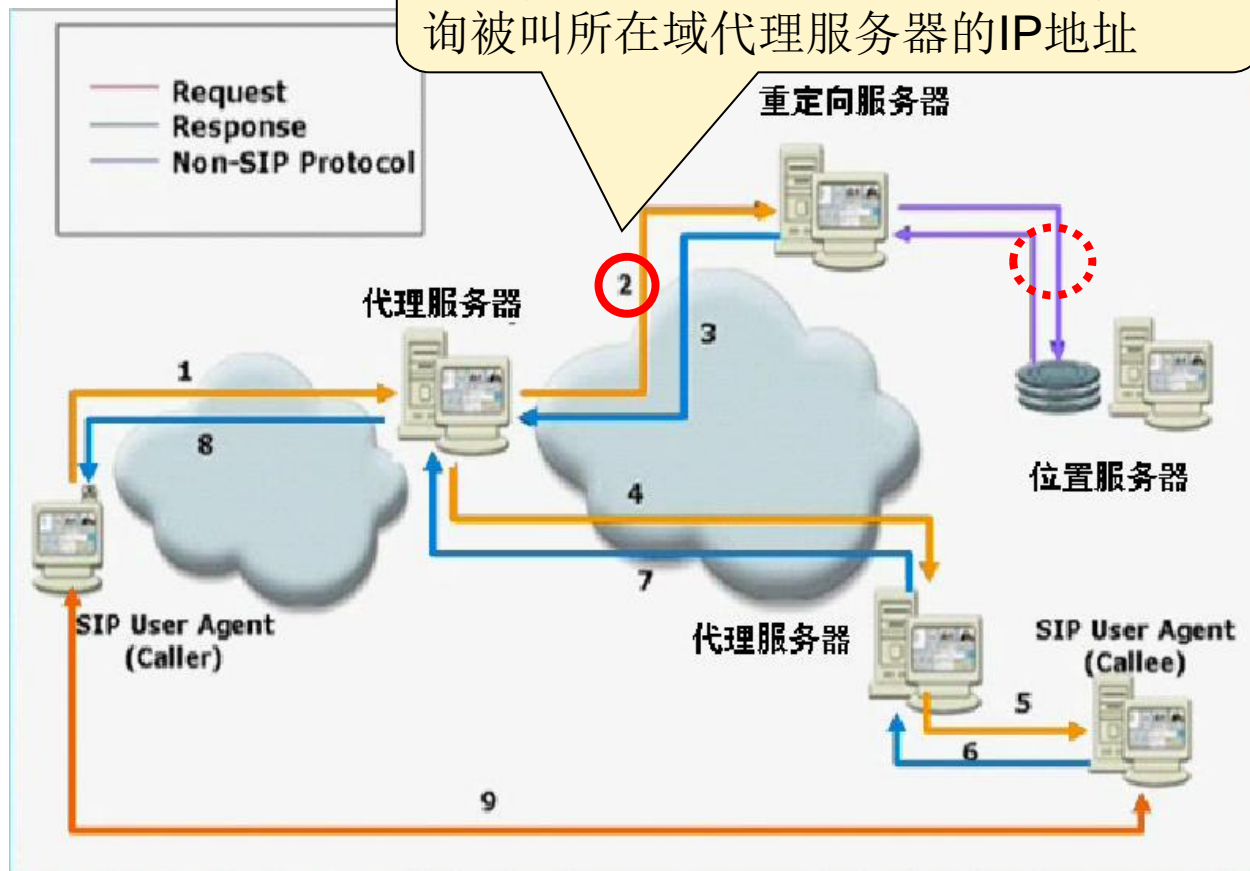
# SIP的功能实体——交互过程

主叫发起呼叫请求，消息送往主叫所在域的代理服务器

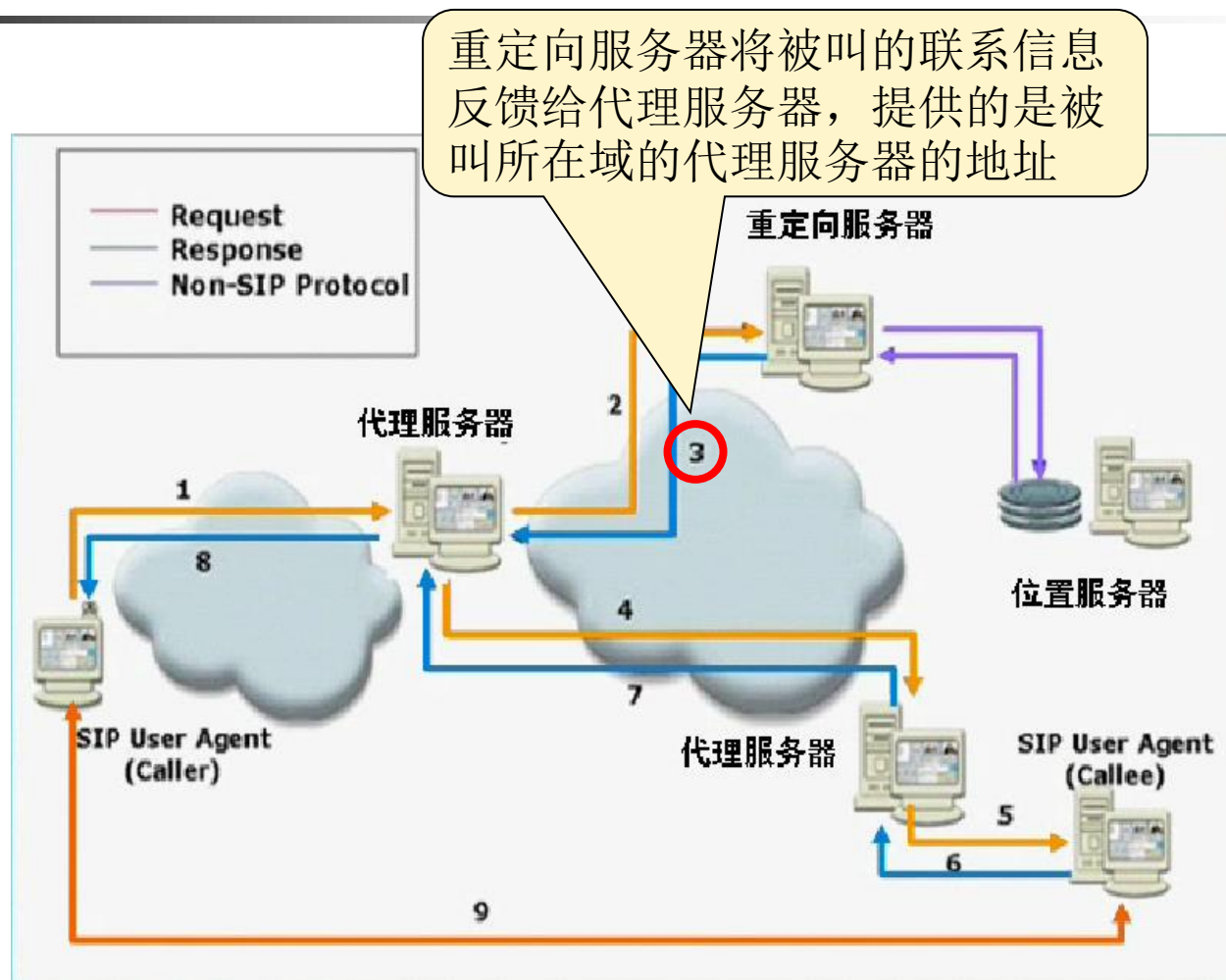


# SIP的功能实体——交互过程

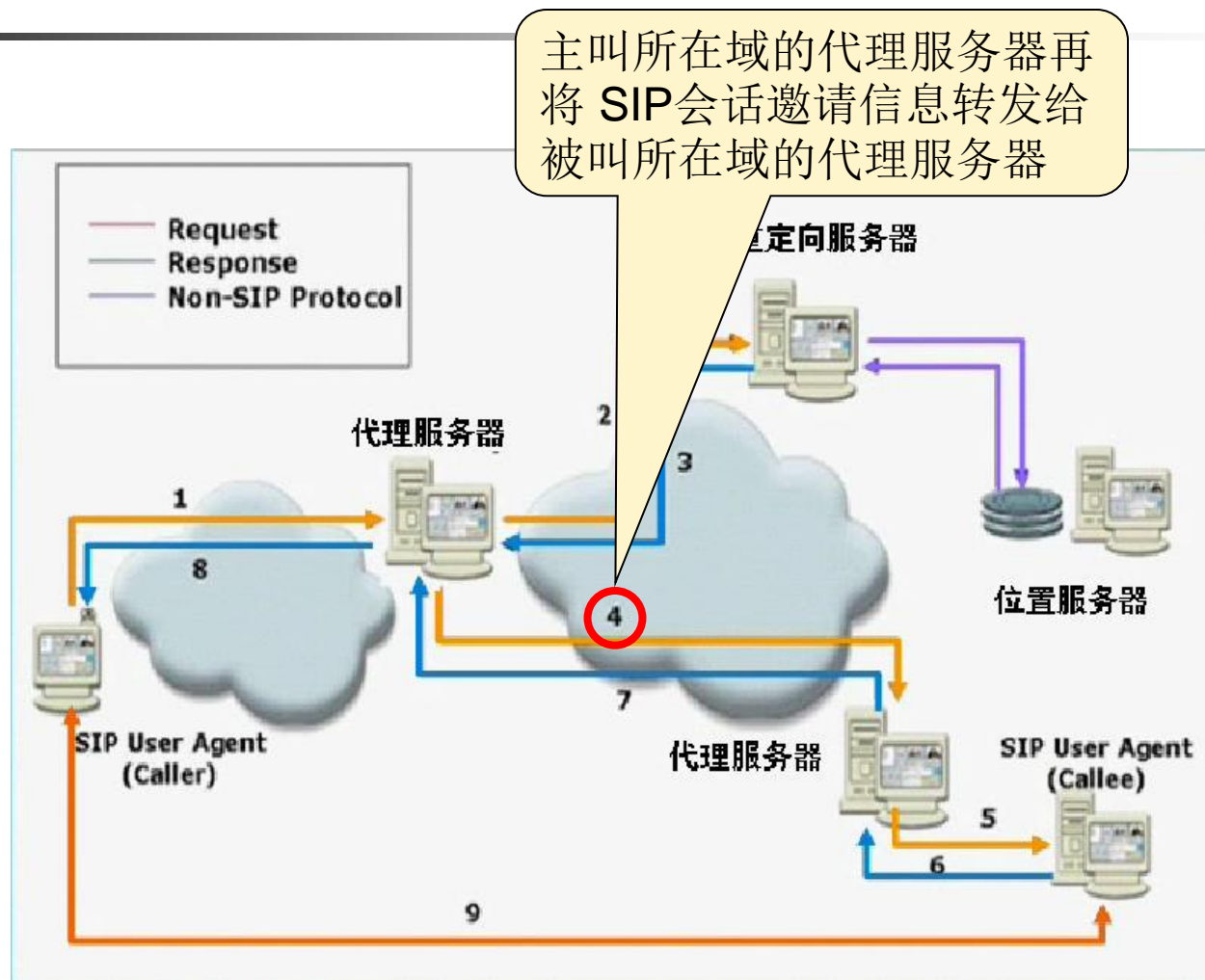
主叫所在域代理服务器无法找到被叫的注册信息，则发消息给重定向服务器查询被叫所在域代理服务器的IP地址



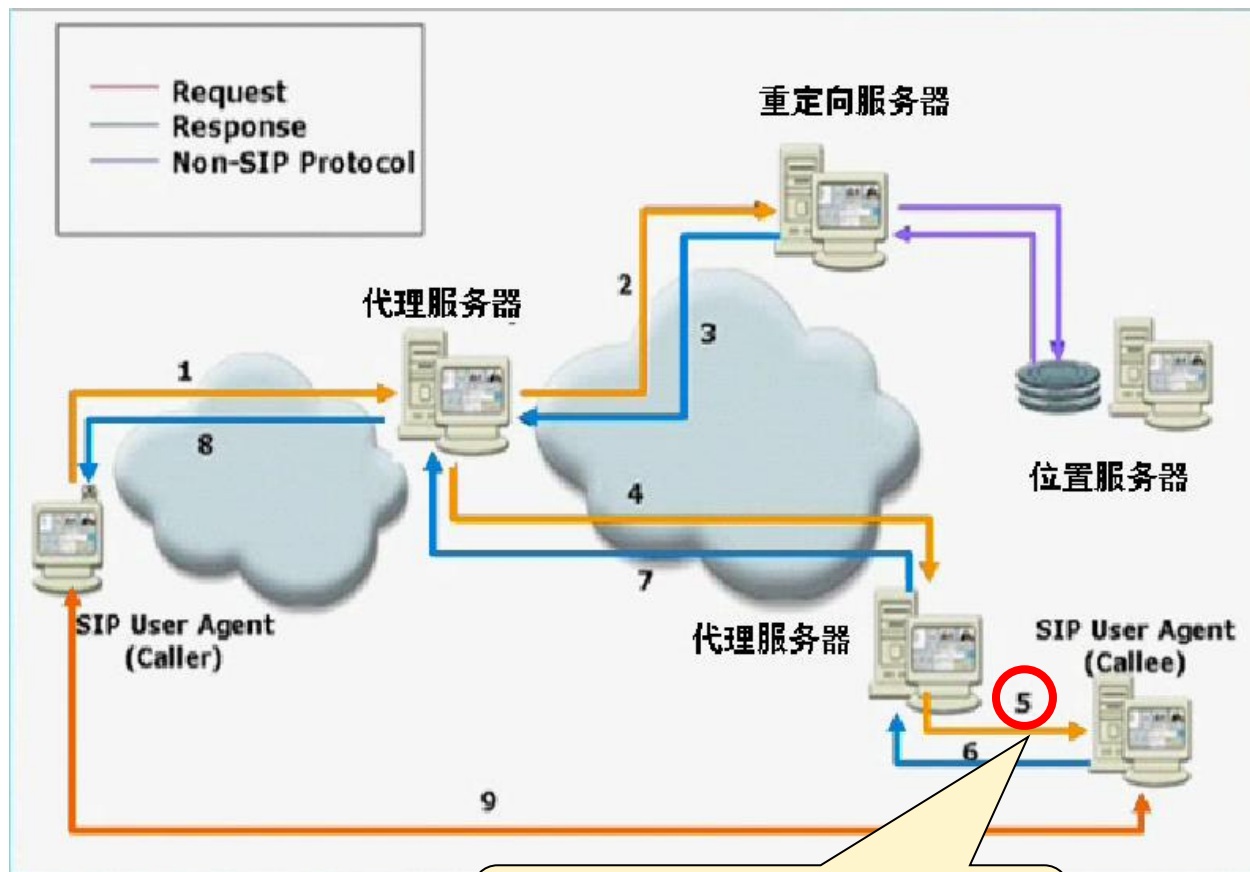
# SIP的功能实体——交互过程



# SIP的功能实体——交互过程

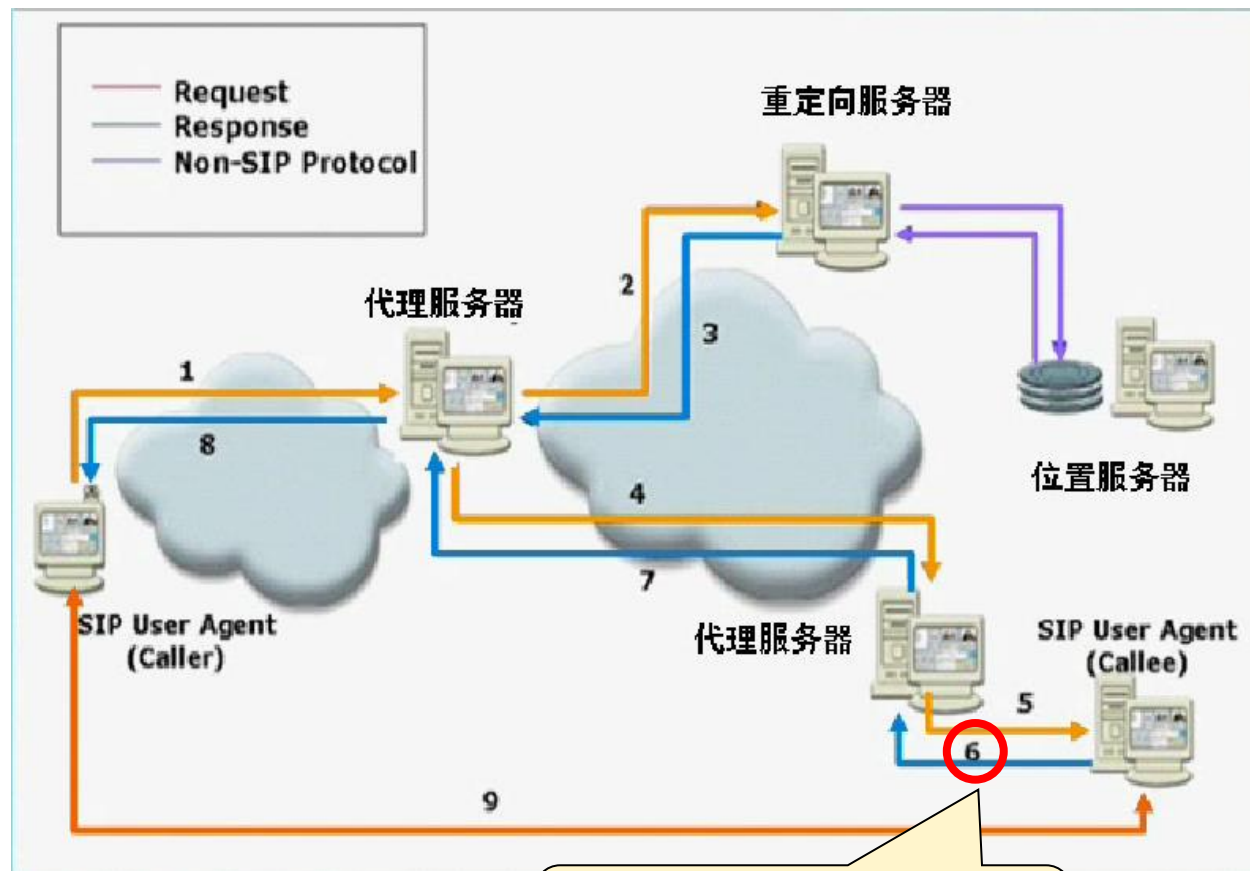


# SIP的功能实体——交互过程



被叫所在域中的代理服务器向被叫发会话邀请信息

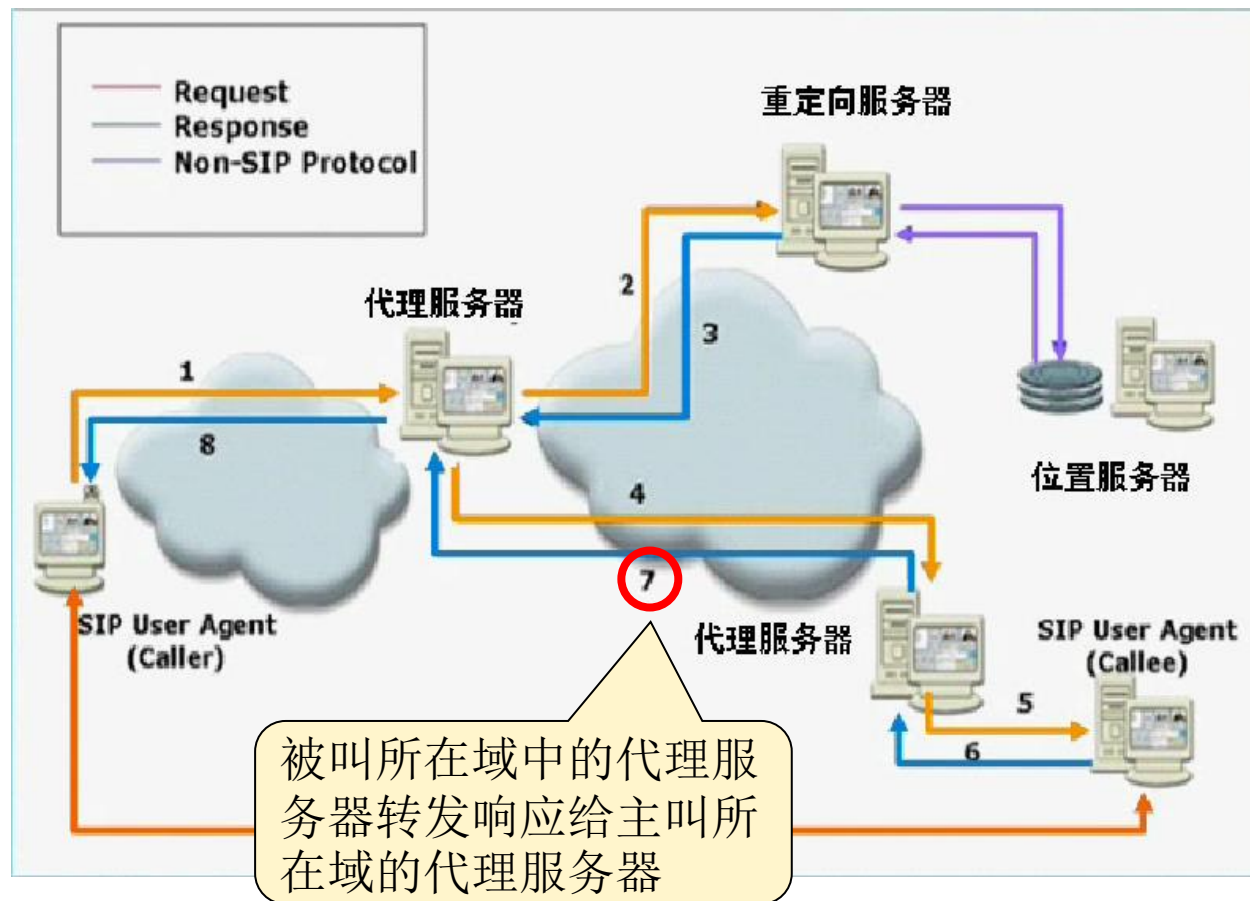
# SIP的功能实体——交互过程



被叫向所在域中的代理服务器发送响应信息

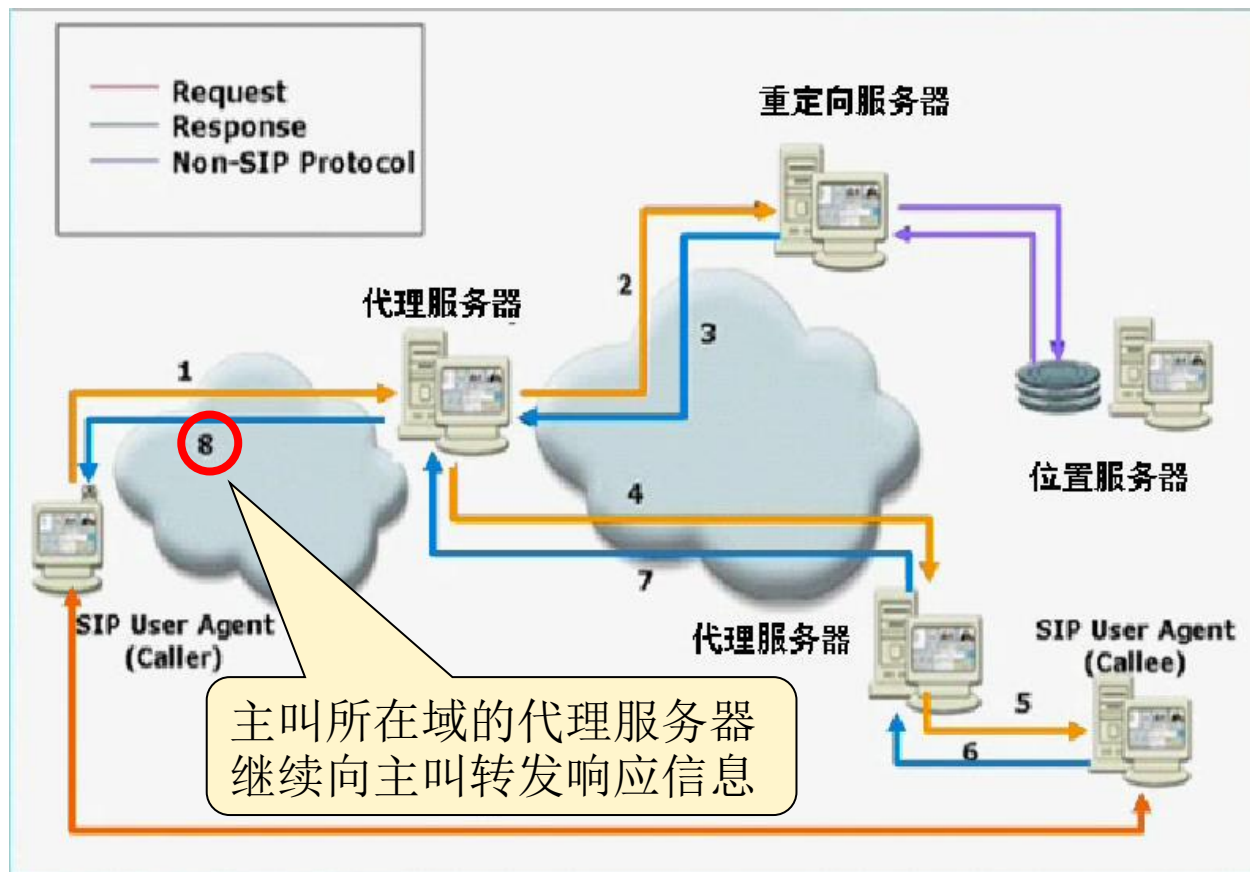


# SIP的功能实体——交互过程



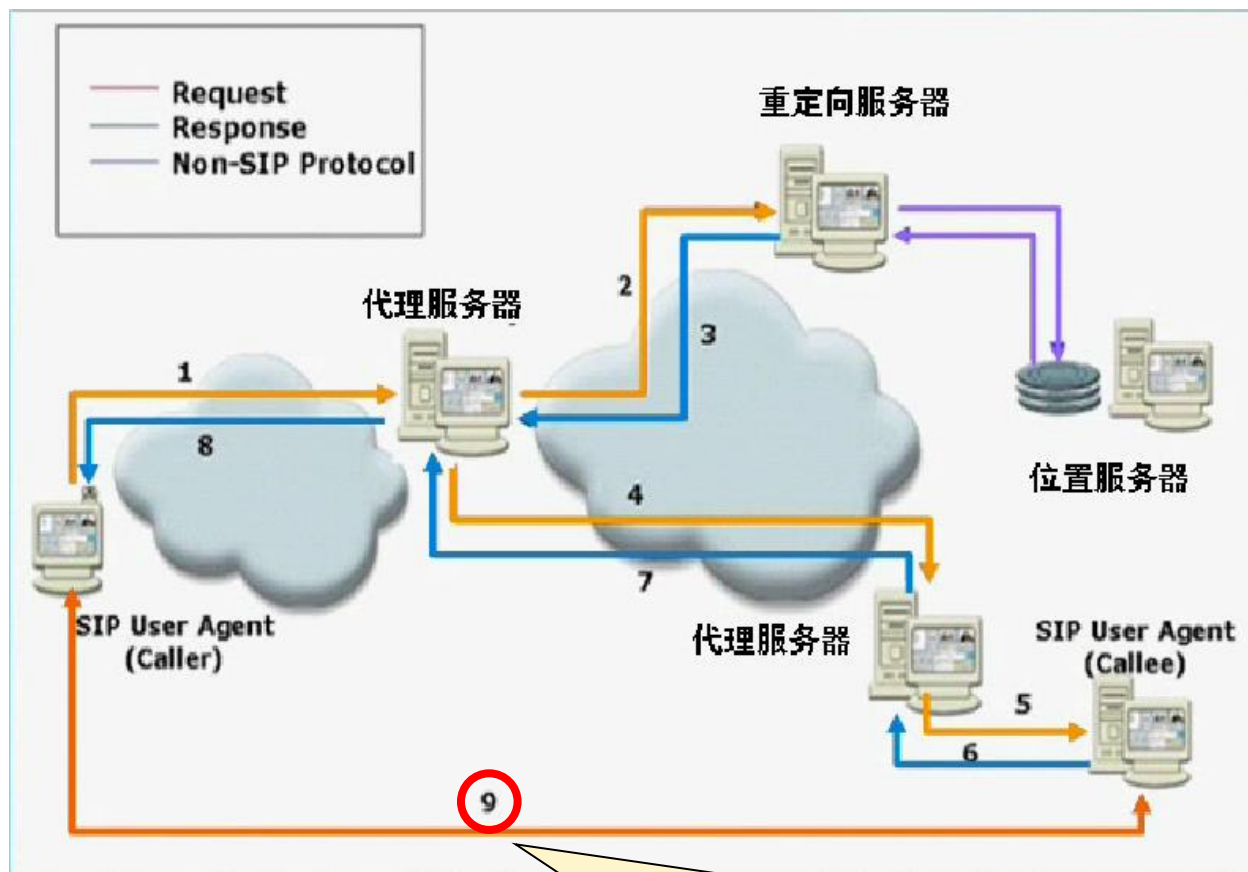


# SIP的功能实体——交互过程



前述会话邀请信息和响应信息  
用于协商两者的媒体通道

# SIP呼叫建立流程



协商好媒体通道后，主被叫在协商好的媒体通道上直接进行语音的通信（**RTP/RTCP**）

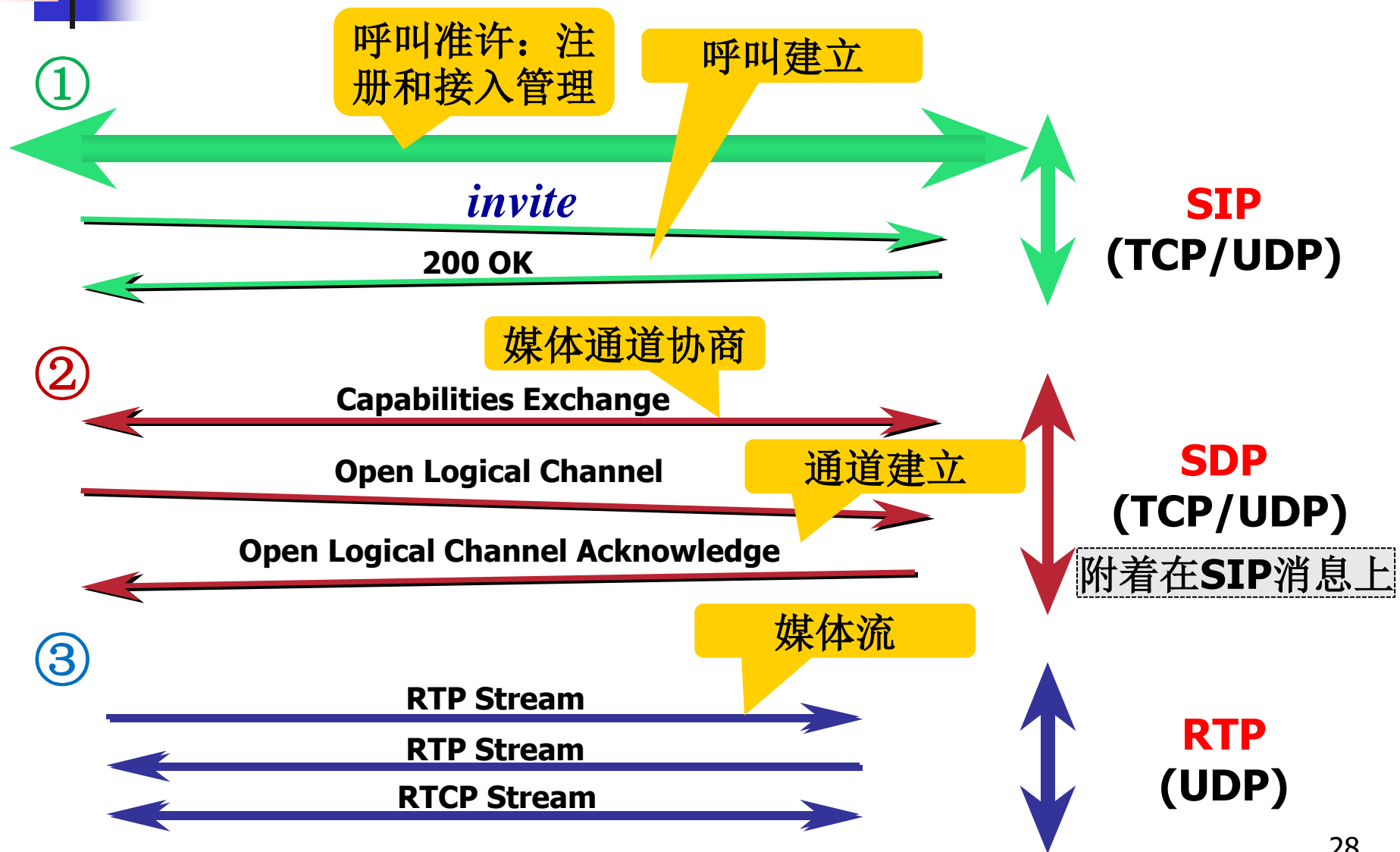


---

# SIP协议

概述、功能实体、**SIP消息**、SIP消息流程

# SIP呼叫建立的三个阶段



# SIP消息类型：请求、响应

## ■ 呼叫控制请求

携带主叫**SDP**

- **INVITE** 发起呼叫，并对会话进行描述
- **ACK** 主叫确认收到被叫发送的对**INVITE**的确认响应
- **BYE** 释放连接，可以由主叫方发出，也可以由被叫方发出
- **CANCEL** 主叫取消呼叫，在连接建立起来之前发送

## ■ 注册请求

- **REGISTER** 在注册服务器上注册用户代理

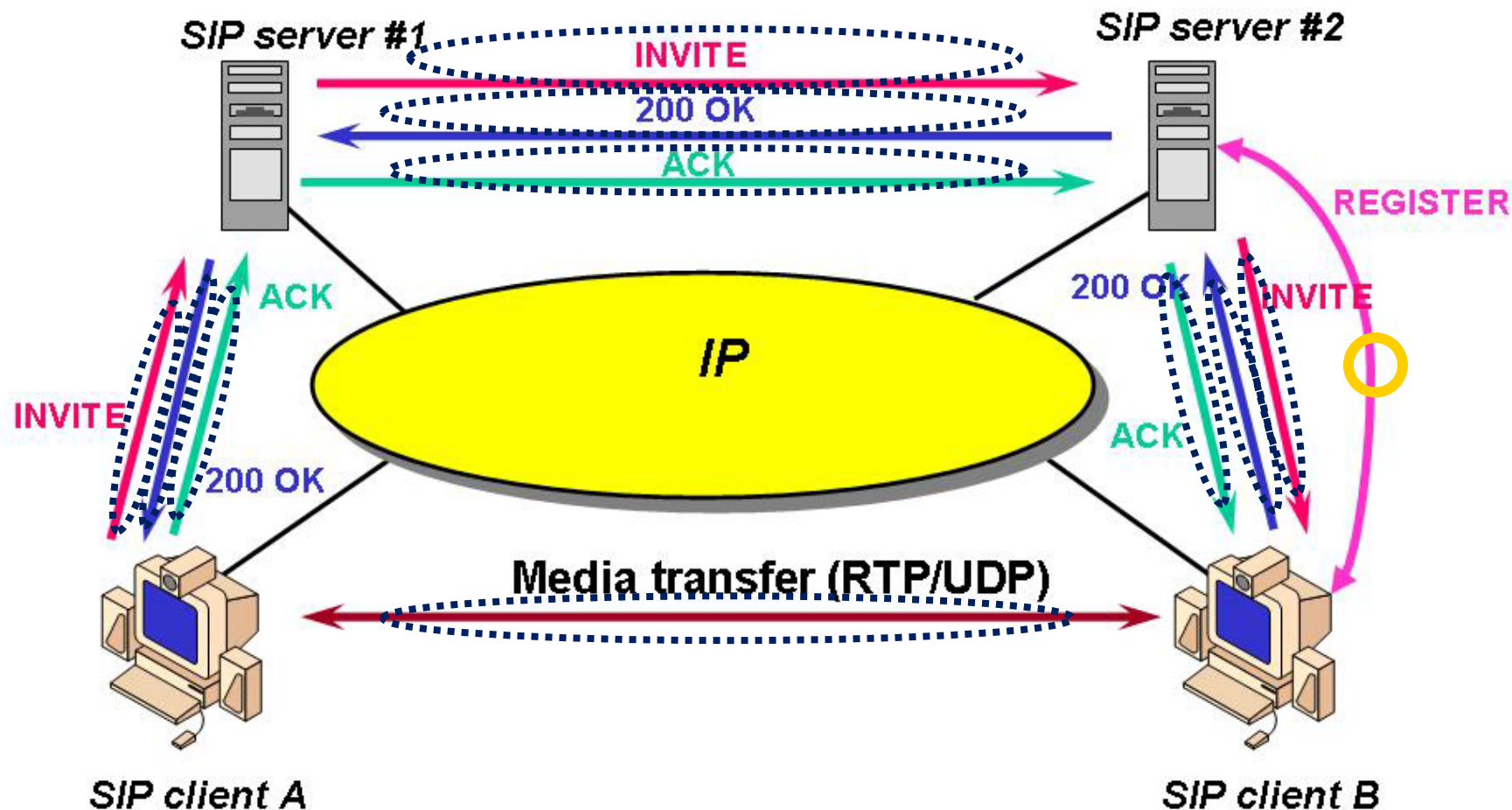
## ■ 能力查询请求

- **OPTIONS** 查询其他**UA**或者代理服务器的能力，但不建立呼叫

# SIP消息类型：请求、响应

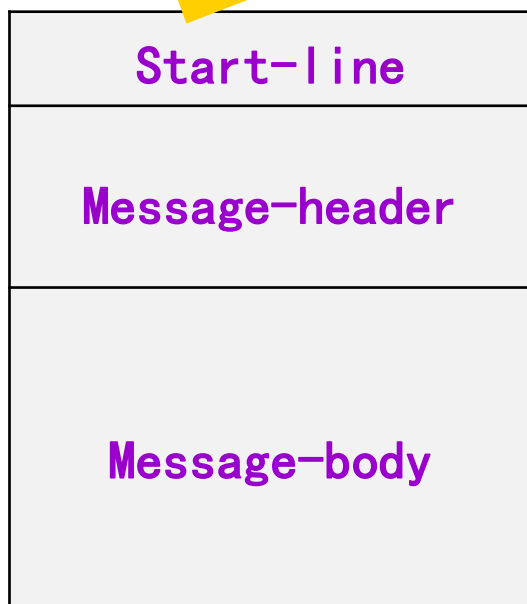
- 1XX：通知发送方正在执行处理，应该等待响应
  - 100: Trying
  - 180: Ringing
- 2XX：请求成功
  - 200: OK 携带被叫**SDP**
- 3XX：重定向响应，终端应向新地址发起新请求
- 4XX：请求失败，终端的请求被拒绝
- 5XX：服务器内部错误造成请求不能被响应
- 6XX：全局错误，所有未来的对该用户的请求都将失败

# SIP消息过程举例



# SIP消息结构

请求行/状态行：  
区分消息类型



From	请求发起者AOR (SIP:user@domain)地址
To	请求目的端AOR (SIP:user@domain)地址
Call-ID	呼叫标识
Contact	请求发起人实际联系地址
Cseq	消息序号
Max-Forward	网络生存跳数
Via	请求转发记录
Content-Type	消息体类型
Content-Length	消息体长度

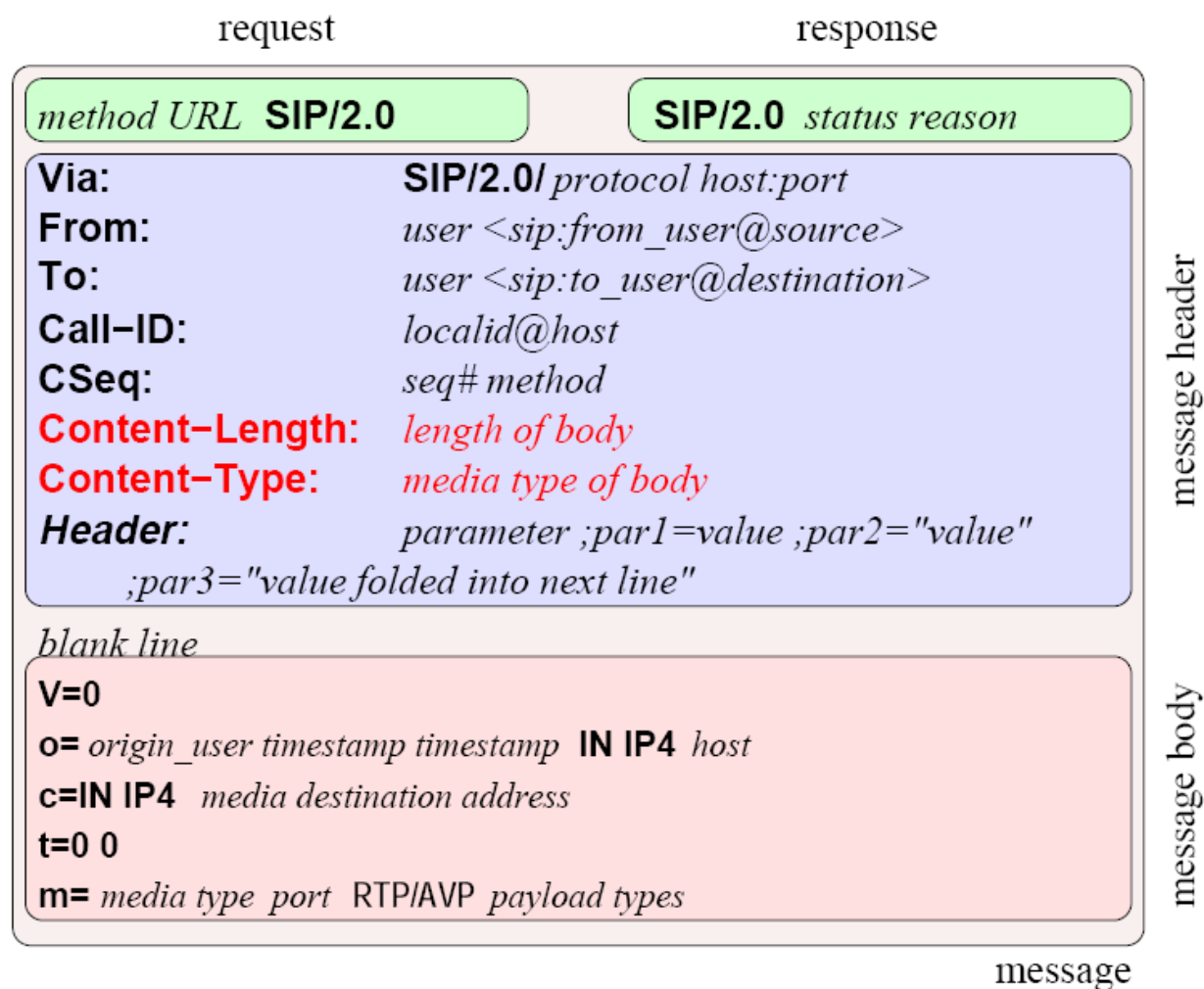
可用于携带承载/媒体协商信息（SDP）

语音**audio**: **AMR**、**G.711A**、**G.711u**、**G.723**、**G.729**

视频**video**: **H.263**、**H.264**



# SIP消息结构



# SIP消息抓包

vanlink.cap - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: sip

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
6	0.160647	192.168.100.134	192.168.100.131	SIP/SD	Request: INVITE sip:96789@192.168.100.131, with session
7	0.163321	192.168.100.131	192.168.100.134	SIP	Status: 100 Trying
8	4.859263	192.168.100.131	192.168.100.134	SIP/SD	Status: 183 Session Progress, with session description
9	4.859853	192.168.100.134	192.168.100.132	SIP/SD	Status: 183 Session Progress, with session description
11	4.992805	192.168.100.131	192.168.100.134	SIP/SD	Status: 200 OK, with session description
12	4.993160	192.168.100.134	192.168.100.131	SIP	Request: ACK sip:96789@192.168.100.131
13	4.993476	192.168.100.134	192.168.100.132	SIP/SD	Status: 200 OK, with session description
14	4.993618	192.168.100.134	192.168.100.131	SIP/SD	Request: INVITE sip:96789@192.168.100.131, with session
15	4.996396	192.168.100.131	192.168.100.134	SIP	Status: 100 Trying
18	5.000167	192.168.100.131	192.168.100.134	SIP/SD	Status: 200 OK, with session description
19	5.000492	192.168.100.134	192.168.100.131	SIP	Request: ACK sip:96789@192.168.100.131
20	5.023024	192.168.100.132	192.168.100.134	SIP	Request: ACK sip:96789@192.168.100.134
21	5.023421	192.168.100.134	192.168.100.132	SIP/SD	Request: INVITE sip:7654321@192.168.100.132, with session
22	5.032981	192.168.100.132	192.168.100.134	SIP/SD	Status: 200 OK, with session description
23	5.033281	192.168.100.134	192.168.100.132	SIP	Request: ACK sip:7654321@192.168.100.132
24	19.894234	192.168.100.132	192.168.100.134	SIP	Request: BYE sip:96789@192.168.100.134
25	19.894571	192.168.100.134	192.168.100.132	SIP	Status: 200 OK
26	19.894770	192.168.100.134	192.168.100.131	SIP/SD	Request: INVITE sip:96789@192.168.100.131, with session

Session Initiation Protocol

- Request-Line: INVITE sip:96789@192.168.100.131 SIP/2.0
  - Method: INVITE
  - [Resent Packet: False]
- Message Header
  - via: SIP/2.0/UDP 192.168.100.134:5060;branch=z9hG4bK3f6bc5f6;rport
  - From: "7654321" <sip:7654321@192.168.100.134>;tag=as21ce8a47
    - SIP display info: "7654321"
    - SIP from address: sip:7654321@192.168.100.134
    - SIP tag: as21ce8a47
  - To: <sip:96789@192.168.100.131>

# SIP消息示例: Register 请求

请求转发路径

REGISTER sip:registrar.biloxi.com SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP

传输层基于UDP

bobspc.biloxi.com:5060;branch=z9hG4bKnashds7

Max-Forwards: 70

branch表示一个事务

To: Bob <sip:bob@biloxi.com>

要注册的URL地址

From: Bob <sip:bob@biloxi.com>;tag=456248

Call-ID: 843817637684230@998sdasdh09

CSeq: 1826 REGISTER

新请求时加1, 区分是否重传

Contact: <sip:bob@192.0.2.4>

UA的IP地址,  
默认5060端口

Expires: 7200

注册有效期

Content-Length: 0

表示一个dialog

# SIP消息示例: Invite 请求

```
INVITE sip:picard@wcom.com SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP host.wcom.com:5060
```

请求每次被转发，  
追加转发节点的URL，  
以便响应原路返回

```
From: Alan Johnston <sip:alan.johnston@wcom.com>  
To: Jean Luc Picard <sip:picard@wcom.com>  
Call-ID: 314159@host.wcom.com
```

被叫URL

```
CSeq: 1 INVITE
```

```
Contact: sip:alan.johnston@wcom.com
```

用于响应时的  
直接消息路由

```
Subject: Where are you these days?
```

```
Content-Type: application/sdp
```

```
Content-Length: 124
```

消息体类型

消息体长度

消息体

```
v=0
```

```
o=ajohnston 5462346 332134 IN IP4 host.wcom.com
```

```
s=Let's Talk
```

```
t=0 0
```

```
c=IN IP4 10.64.1.1
```

```
m=audio 49170 RTP/AVP 0 3
```

主叫的承载、媒体能力

# SIP消息示例：200 OK 响应

与收到的  
invite  
一致

SIP/2.0 200 OK 状态行

Via: SIP/2.0/UDP host.wcom.com 逐跳返回响应

From: Alan Johnston <sip:alan.johnston@wcom.com>

To: Jean Luc Picard <sip:picard@wcom.com>

Call-ID: 314159@host.wcom.com

CSeq: 1 INVITE 表示对哪条请求的响应

Contact: sip:picard@wcom.com

Subject: Where are you these days?

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 107

v=0

o=picard 124333 67895 IN IP4 uunet.com

s=Engage!

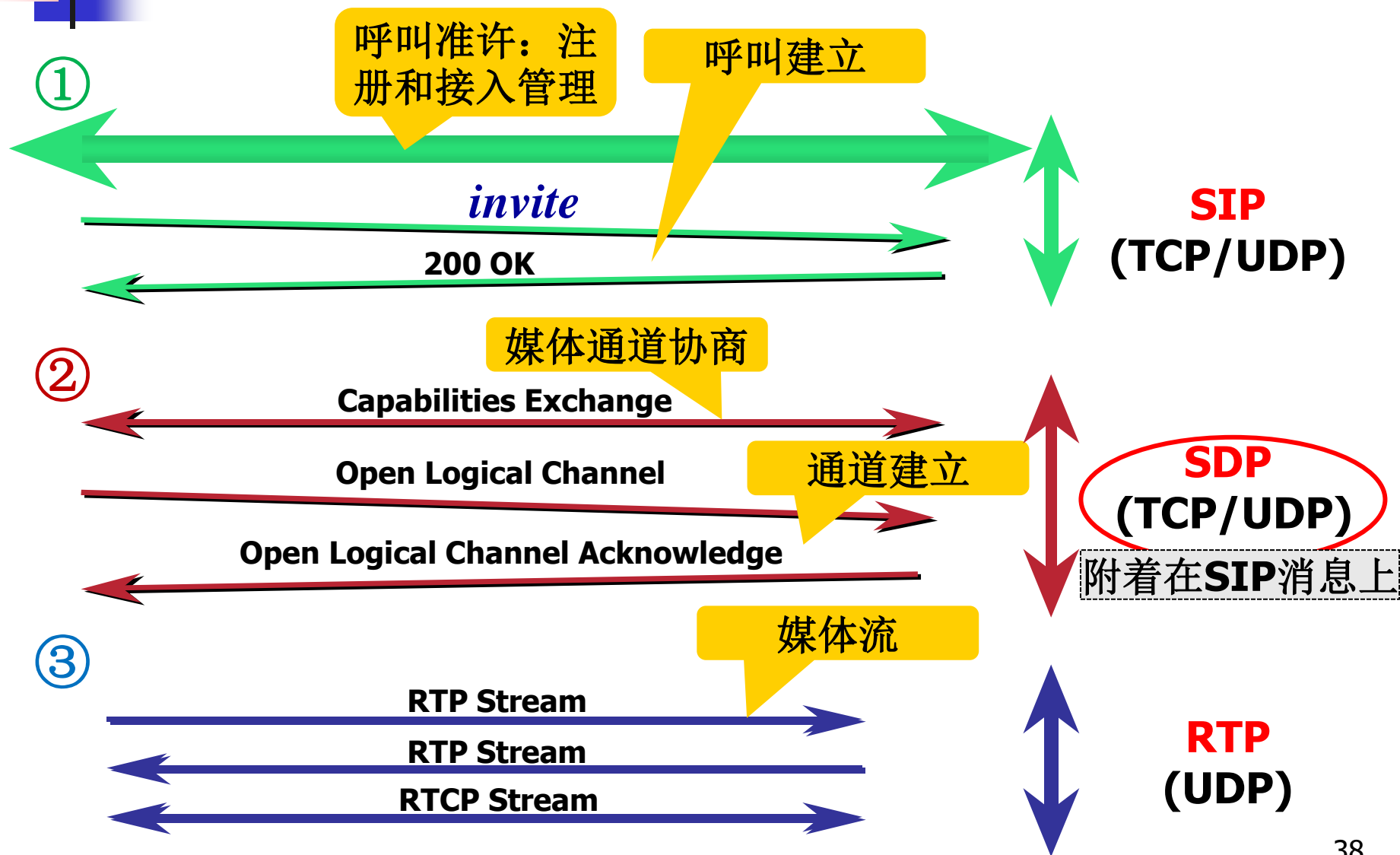
t=0 0

c=IN IP4 11.234.2.1

m=audio 3456 RTP/AVP 0

被叫的承载、媒体能力

# SIP呼叫建立的三个阶段



# SDP协议结构 (Session Description Protocol)

## SDP 协议 结构

Field	Description
<b>Version</b>	v=0
<b>Origin</b>	o=<username> <session id> <version> <network type> <address type> <address>
<b>Session Name</b>	s=<session name>
<b>Times</b>	t=<start time> <stop time>
<b>Connection Data</b>	c=<network type> <address type> <connection address>
<b>Media</b>	m=<media> <port> <transport> <media format list>

## RTP Audio/Video Profile (AVP)

PT	encoding name	media type	clock rate (Hz)	channels
0	PCMU	A	8,000	1
3	GSM	A	8,000	1
4	G723	A	8,000	1
8	PCMA	A	8,000	1
9	G722	A	8,000	1
15	G728	A	8,000	1
18	G729	A	8,000	1

# SDP示例

```
v=0
o=picard 124333 67895 IN IP4 uunet.com
s=Engage!
t=0 0
c=IN IP4 101.234.2.1
m=audio 3456 RTP/AVP 0
```

媒体通道地址

音频

端口号

PCMU

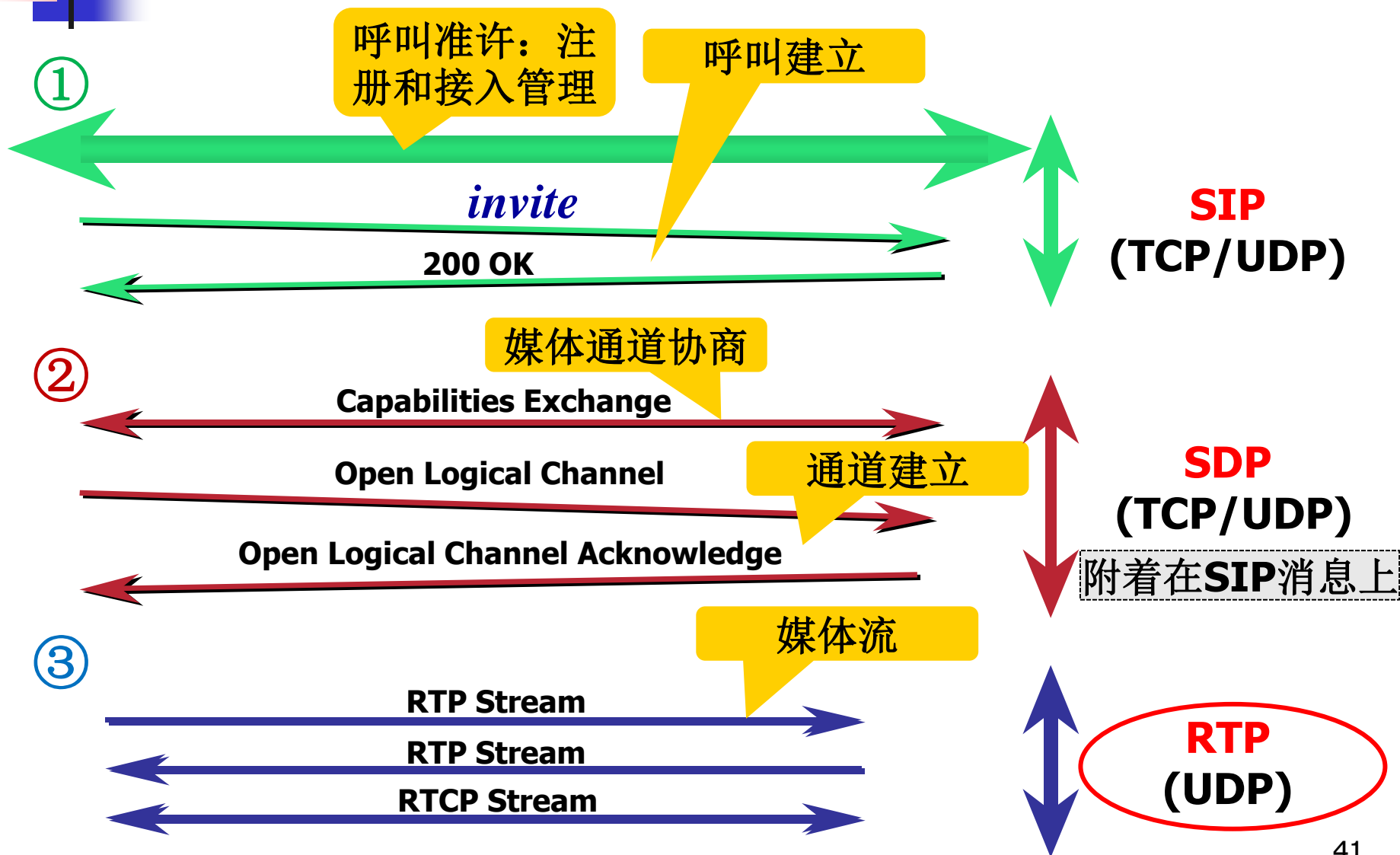
```
v=0
o= 0 0 IN IP4 13.0.1.1
s=session
c=IN IP4 13.0.1.2
t=0 0
m=audio 37696 RTP/AVP 97 0 8 4
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:4 G723/8000
```

对m的具体  
解释（可选）

Field	Description
Version	v=0
Origin	o=<username> <session id> <version> <network type> <address type> <address>
Session Name	s=<session name>
Times	t=<start time> <stop time>
Connection Data	c=<network type> <address type> <connection address>
Media	m=<media> <port> <transport> <media format list>



# SIP呼叫建立的三个阶段





# RTP/RTCP

---

- RTP（Real-time Transport Protocol）
  - Internet上的多媒体数据流传输协议
  - 功能
    - 提供净荷类型指示（即数据类型和编码方法）
    - 数据分组序号
    - 数据发送时间戳
    - 数据源标识
  - 通常使用UDP来传送数据
  - 如果底层网络提供组播分配，那么RTP可以使用该组播分配支持多路目标文件的数据传输



# RTP/RTCP

---

- RTCP (Real-time Transport Control Protocol)
  - 采用和数据分组同样的配送机制向RTP会话中的所有与会者周期性地传送控制分组，从而提供数据传送QoS的检测手段，并获知与会者的信息
  - 功能：提供数据传送质量的反馈信息
    - 利用发送者报告 (SR) 和接收者报告 (RR) 完成反馈功能
    - 与其他传输层协议 (TCP、UDP) 的流量控制和拥塞控制功能相关
    - 反馈信息用于控制自适应编码
    - 反馈信息用于诊断网络故障



---

# SIP协议

概述、功能实体、SIP消息、SIP消息流程

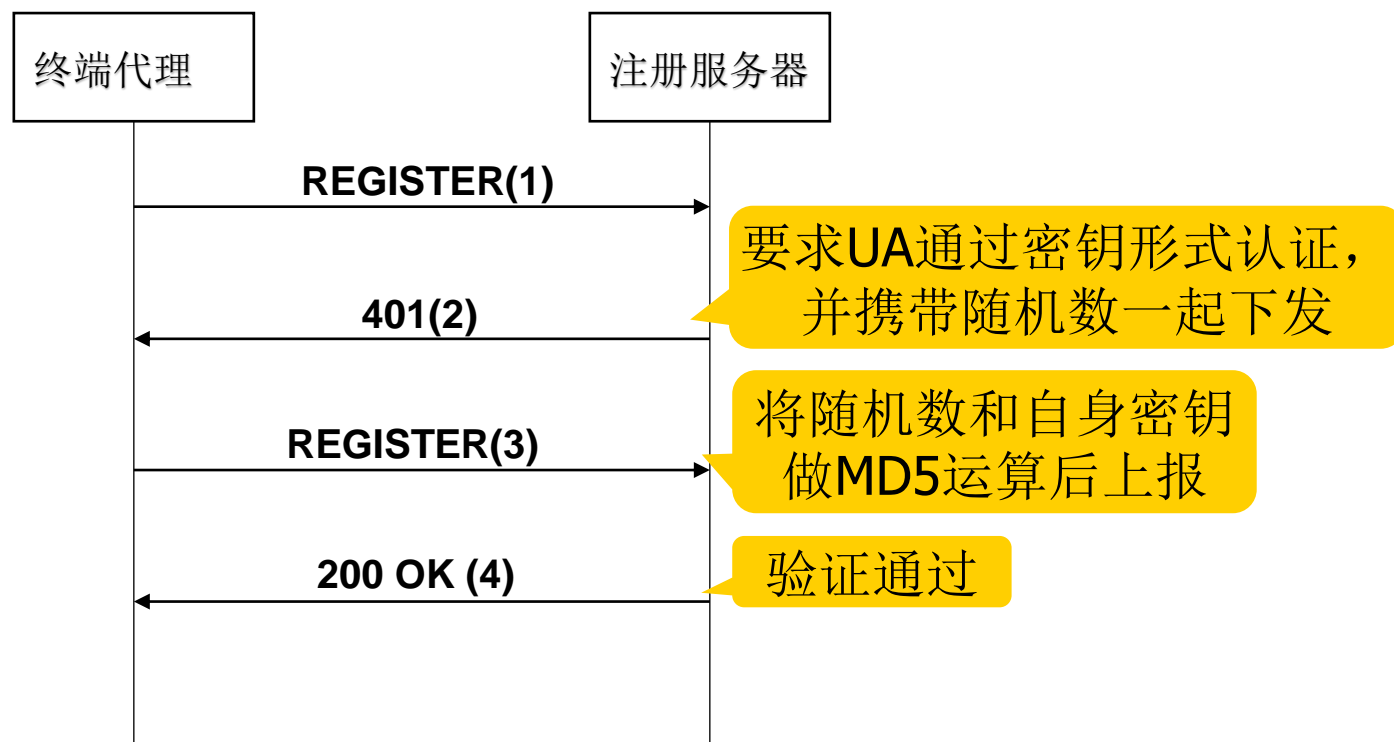


# SIP消息流程举例

---

- ① 注册流程
- ② 注销流程
- ③ 基本呼叫建立过程
- ④ 正常呼叫释放过程
- ⑤ 被叫忙呼叫释放
- ⑥ 被叫无应答流程一
- ⑦ 被叫无应答流程二
- ⑧ 跨域呼叫流程
- ⑨ **SIP与PSTN的呼叫过程**

# ① 注册流程

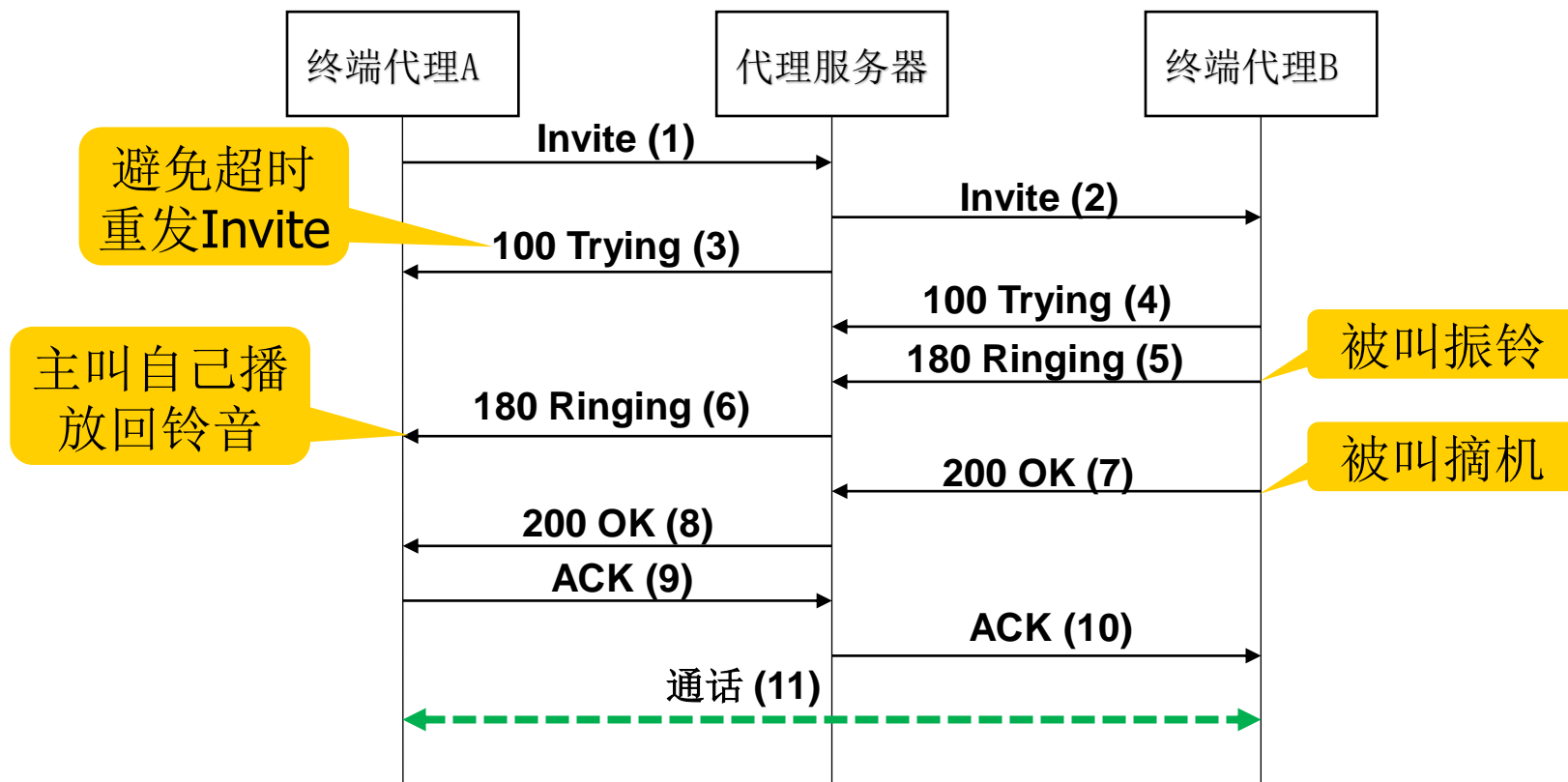


## ② 注销流程



```
REGISTER sip:registrar.biloxi.com
SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
    bobspc.biloxi.com:5060;branch=z9h
    G4bKnashds7
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
From: Bob
    <sip:bob@biloxi.com>;tag=456248
Call-ID: 843817637684230@998sdasdh09
CSeq: 1826 REGISTER
Contact: <sip:bob@192.0.2.4>
Expires: 0
Content-Length: 0
```

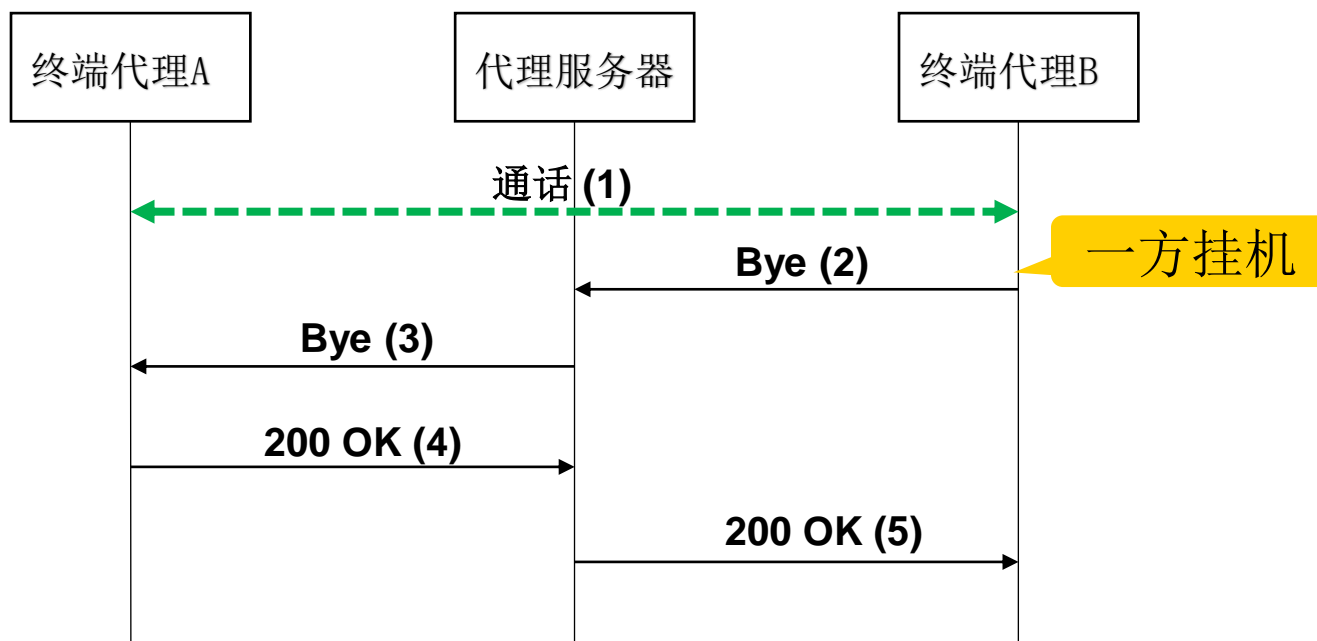
### ③ 基本呼叫建立过程



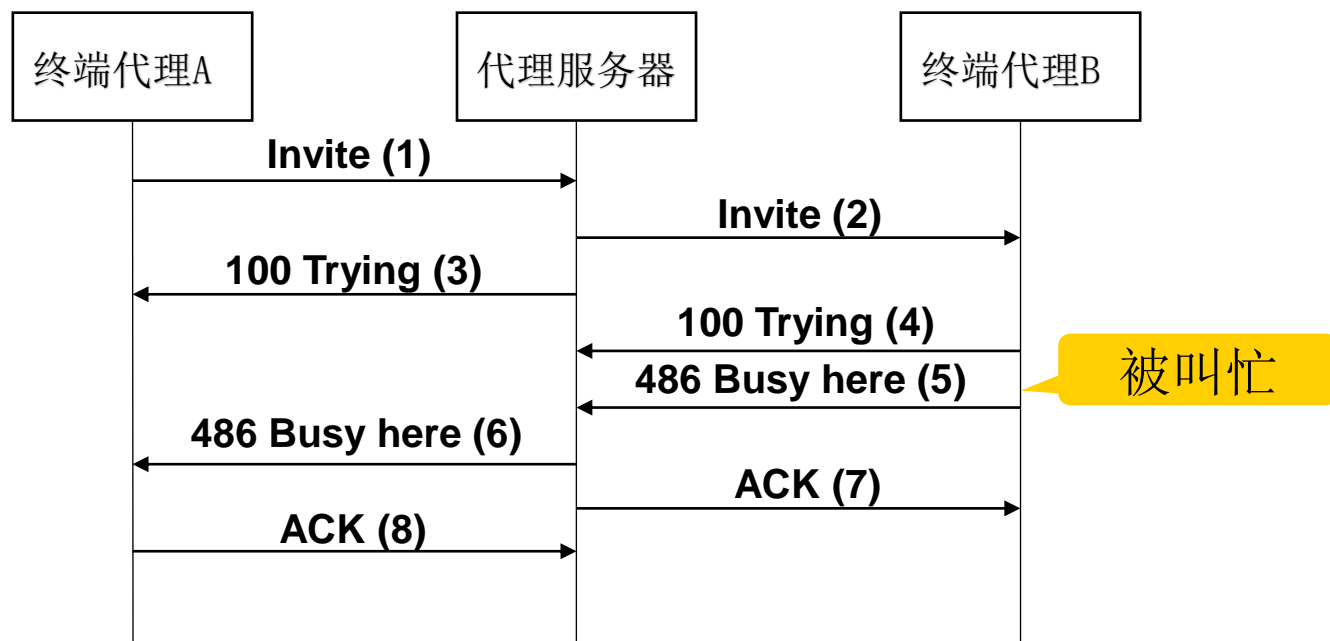
在Invite和200 OK上附着SDP，  
分别描述主被叫的媒体能力



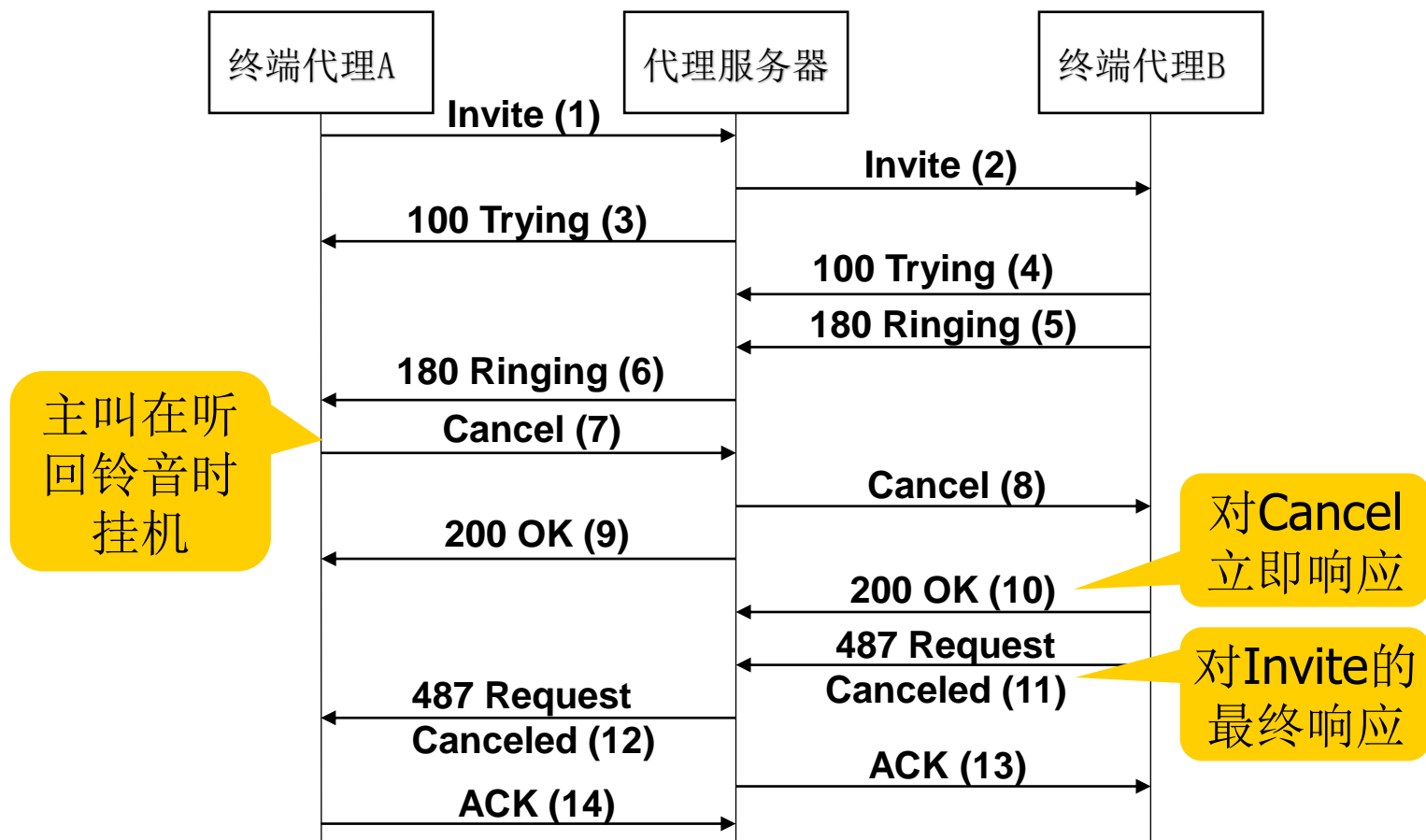
## ④ 正常呼叫释放过程



## ⑤ 被叫忙呼叫释放



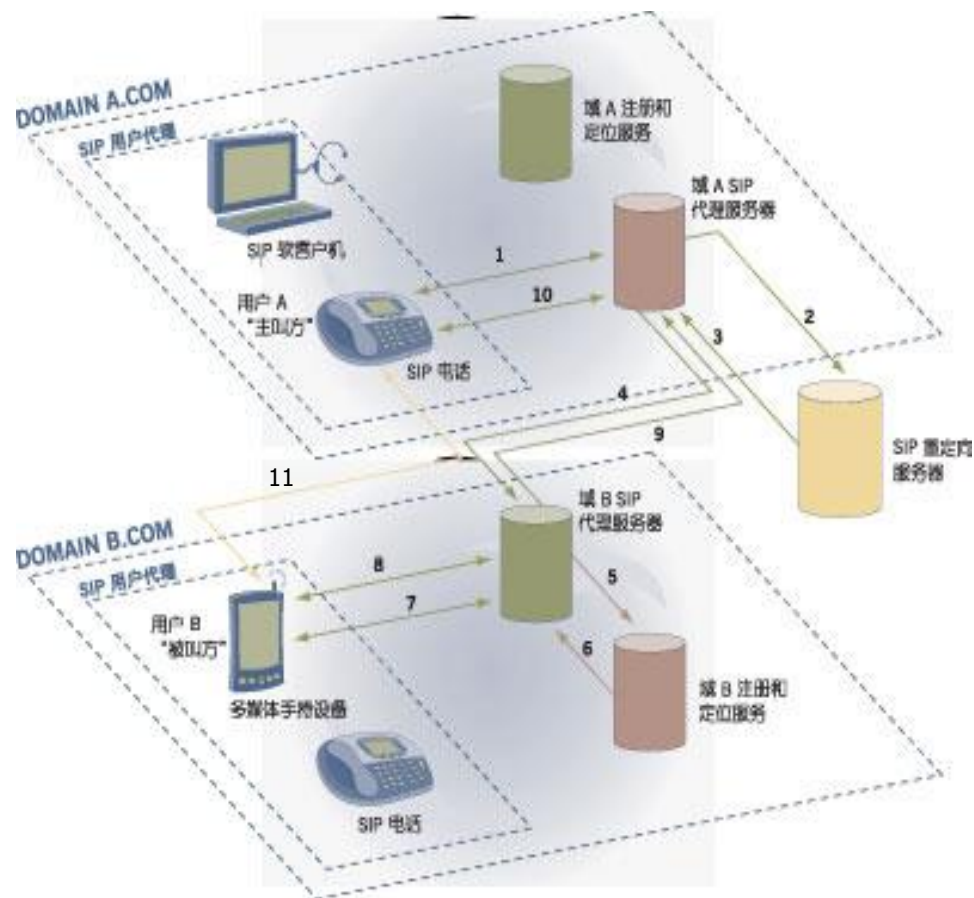
## ⑥ 被叫无应答流程一



## ⑦ 被叫无应答流程二

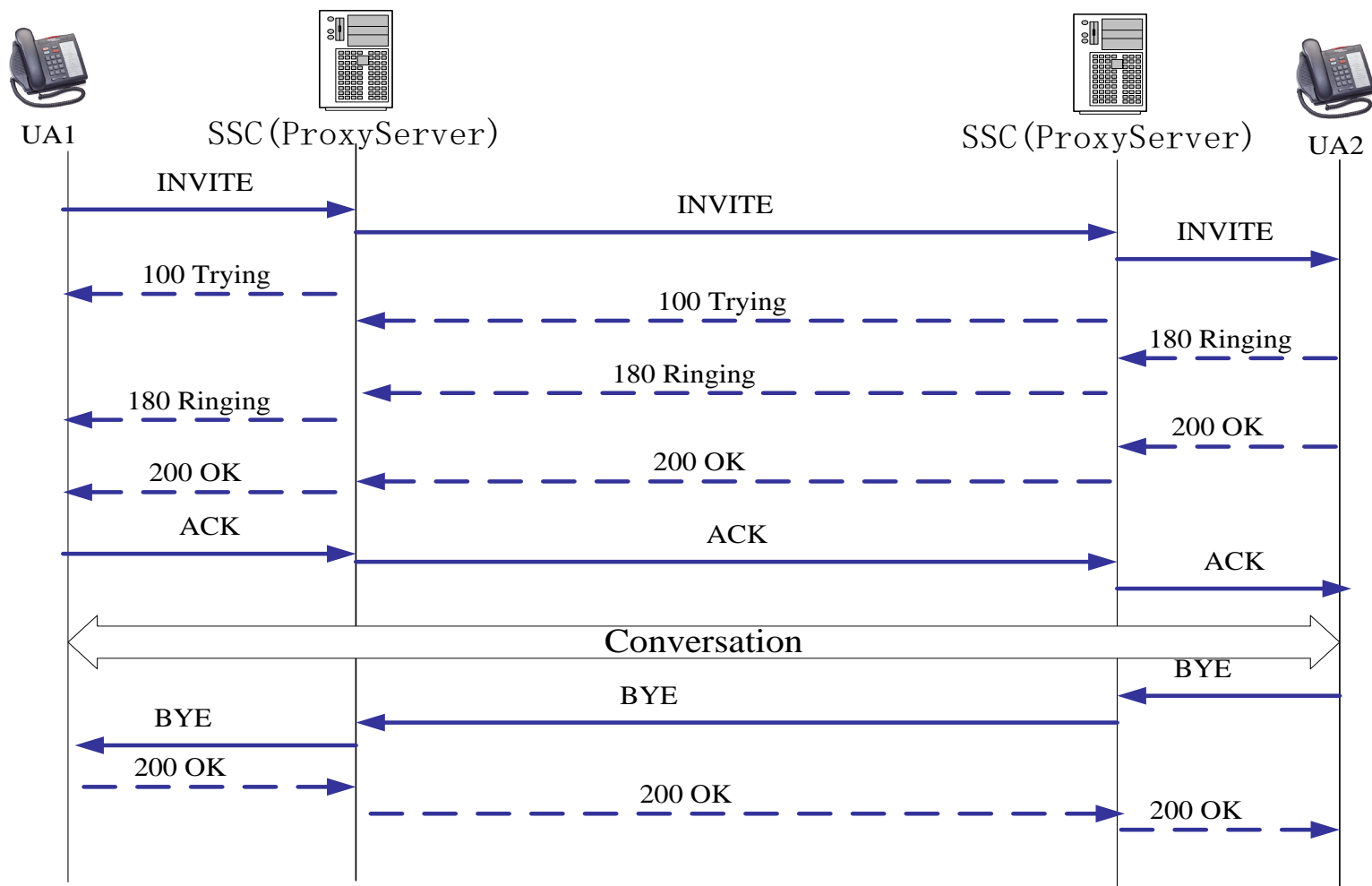


## ⑧ 跨域呼叫过程

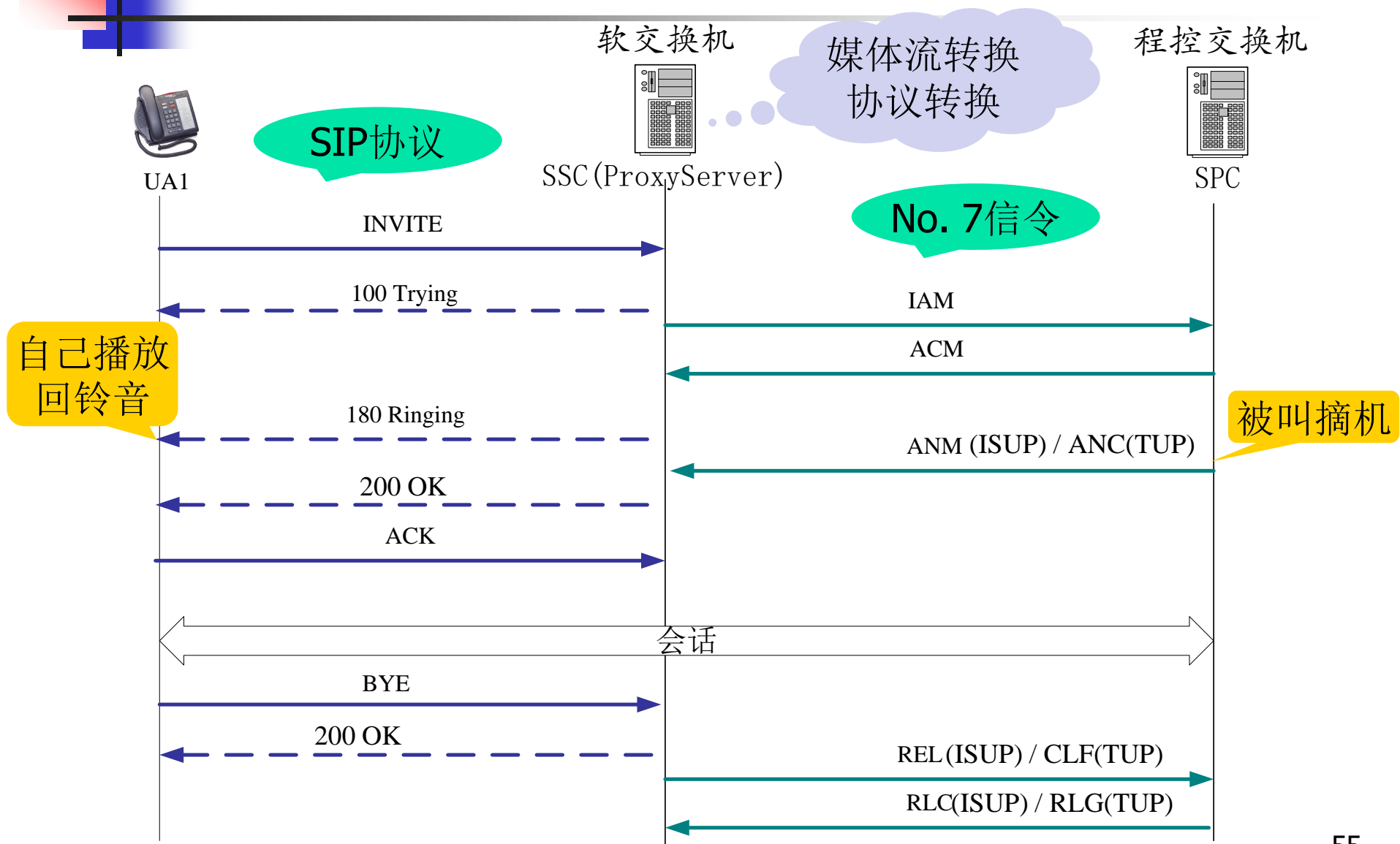


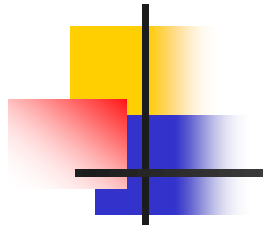
1. 呼叫用户B
2. 询问B中的用户
3. 响应
4. 呼叫域 B 的 SIP 代理
5. 查询B 在哪里
6. 用户 B 的地址
7. 代理呼叫
8. 响应
9. 响应
10. 响应
11. 多媒体通道已建立

## ⑧ 跨域呼叫过程



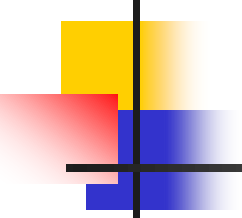
## ⑨ SIP网络与PSTN网络互通





# 作业





## ■ 作业

- 程控交换机通过综合型网关与VoIP侧的SIP UA互通，实现电路交换侧用户与VoIP侧用户通话，实现No. 7信令与SIP协议转换。
  - 参照课件上SIP流程③-⑦，画出终端代理的SDL图，并分析代理服务器是否需要采用状态机来描述其工作过程。
- ## ■ 利用第五章MOOC复习，并完成测验



## Q & A

---

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

2023年5月8日