

第五部分 信令与协议



主要内容

■ SS7 七号信令

■ SIP 初始会话协议

SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术

SIP

- SIP(Session Initiation Protocol)会话发起协议:
 - 是由IETF提出的IP电话信令协议。
 - 基于文本的应用层控制协议,独立于底层协议,用于建立、修改和终止IP网上的双方或多方多媒体会话。
 - 多媒体会话可以是多媒体会议、远程教学、因特网电话等各种应用。
 - 可与RTP/RTCP、SDP、RTSP、DNS等协议配合。
 - SIP已被3GPP采纳为IMS的协议标准之一

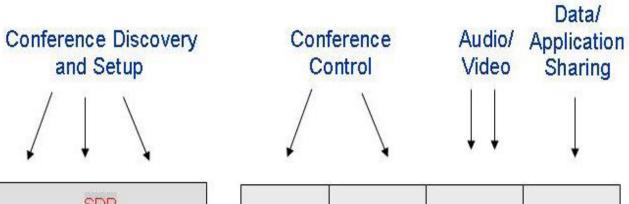


SIP的相关协议

- 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
- RFC3515
 - SIP: Refer Method



SIP协议结构

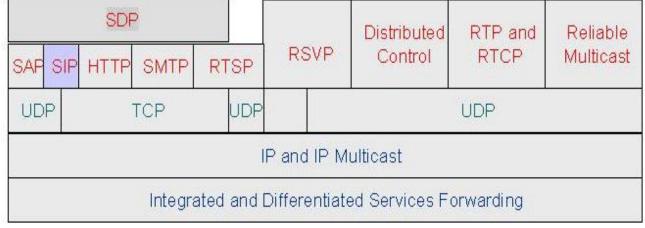


SDP : Session Description Protocol
SIP : Session Initiation Protocol
SAP : Session Announcement

Protocol

RTSP: Real Time Streaming Protocol

RTP: Real time Transport Protocol







SIP协议特点

- SIP(Session Initiation Protocol):
 - 应用层协议,独立于较低层次的传输协议
 - 基于文本的消息编码 使用UTF-8字符集,易于实现、调试方便,便于跟踪和手工操作。
 - 具有多个层次的可实现性,最小的实现非常简单。最完全的实现相对复杂,但能够完成非常多的功能
 - 通过代理、重定向功能支持用户的移动性
 - 易实现性
 - 易扩展性



SIP核心功能

- 用户定位
- 能力协商
- 会话管理

SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术



SIP 实体组成

- SIP系统的核心组件主要包括:
 - 用户代理(User Agent)、
 - 代理服务器(Proxy Server)、
 - 注册服务器(Registrar Server)和重定向服务器(Redirect Server)。



SIP 实体--用户代理(User Agent)

- 用户代理(User Agent)是SIP系统的基础组件,它代表了终端用户在SIP 网络中的接入点。用户代理可以是硬件设备(如IP电话)或软件应用(如软电话客户端)。
- 它负责发起和接收SIP请求,用户代理包含两个功能实体:
- ▶ 用户代理客户端(User Agent Client, UAC): 负责发起SIP请求
- ▶ 用户代理服务器(User Agent Server, UAS): 负责接收和处理SIP请求



SIP 实体--代理服务器(Proxy Server)

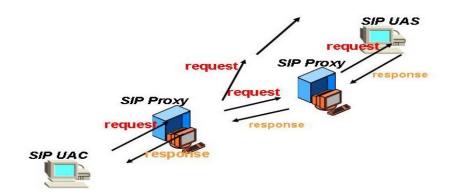
■ 代理服务器在SIP网络中扮演着关键的中介角色。它的主要职责是接收SIP 请求,查询位置服务器以确定被叫用户的位置,然后将请求转发给正确的目的地。代理服务器可以是有状态的或无状态的,具体取决于是否需要维护会话状态信息。

代理服务器还承担着其他重要功能:

路由选择:根据网络拓扑和策略选择最优路径

负载均衡: 平衡网络负载, 优化资源利用

安全性:提供认证、加密等安全措施



SIP 实体-注册服务器(Registrar Server)

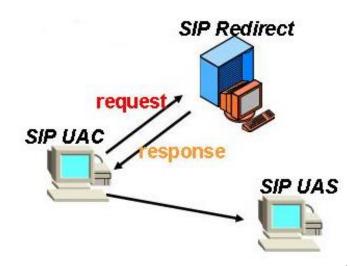
- 注册服务器在SIP系统中负责处理用户的注册请求。主要功能包括:
- 存储用户的位置信息
- 提供用户定位服务
- > 实现用户身份验证
- 注册服务器通常与位置服务器协同工作,共同维护用户的位置信息。





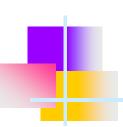
SIP 实体--重定向服务器Redirect Server

- 重定向服务器在SIP系统中提供了一种灵活的方式来处理呼叫请求。当代理服务器不确定被叫用户的确切位置时,它可以向重定向服务器查询。重定向服务器会返回一个新的URI(统一资源标识符),指示请求者应该向何处发送后续请求。这种方法提高了系统的灵活性,尤其是在跨域通信或用户频繁移动的情况下。
- 301 Moved Permanently
- 302 Moved Temporarily



SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术



SIP消息

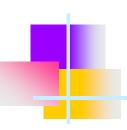
- SIP协议是一个基于文本的协议,其消息包括请求和响应。
 - 请求消息从UAC到UAS: INVITE、ACK、OPTIONS、BYE、 CANCEL、 REGISTER等。
 - 响应消息从UAS到UAC: 1XX、2XX、3XX、4XX、5XX、6XX等。

SIP消息——请求

- 呼叫控制请求
 - 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 查询服务器的能力

SIP消息——响应

- 1XX: 通知服务器或代理正在执行处理,终端应该等待响应
 - 100: Trying
 - 180: Ringing
 - **183**
- 2XX: 请求成功
 - **200:** OK
- 3XX : 重定向响应,终端应向新地址发起新请求
 - **301** 302
- 4XX : 请求失败,终端的请求被拒绝
 - **404**
- 5XX : 服务器内部错误造成请求不能被响应
 - **503**
- 6XX : 全局错误,所有未来的对该用户的请求都将失败



SIP消息格式

- · SIP消息格式通常包括起始行、消息头和消息体三个部分。
 - ➤ 起始行指示了消息类型和SIP版本。
 - ▶ 消息头包含了如"From"、"To"、"Call-ID"等关键字段,用于 指示消息的发送者、接收者和会话标识等重要信息。
 - ➤ 空行(CRLF)
 - ➤ 消息体则可包含会话描述,例如使用SDP(Session Description Protocol)描述媒体会话的详细信息。

SIP头字段

- 关键的SIP头部字段及其用途:
- · From: 包含发起请求的用户的地址信息,通常是一个SIP URI。
- · To:表示请求的目标地址,即被邀请加入会话的用户的SIP URI。
- · Call-ID: 是一个唯一的标识符,用于标识一个对话。
- · CSeq:用于序列化请求,它包含一个命令序列号和请求方法名。
- · Via: 描述请求经过的SIP服务器的路径,它记录了请求的路由信息。
- · Contact: 提供与会话相关的联系信息。
- · Content-Type: 指示消息体的数据类型,如"text/plain"或"application/sdp"。
- · Content-Length: 提供消息体的长度,用于辅助接收方正确地处理消息。



Request Example (1)

```
REGISTER sip:registrar.biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP bobspc.biloxi.com:5060;branch=z9hG4bKnashds7
Max-Forwards: 70
From: Bob <sip:bob@biloxi.com>;tag=456248
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
Call-ID: 843817637684230@998sdasdh09
CSeq: 1826 REGISTER
Contact: <sip:bob@192.0.2.4>
Expires: 7200
Content-Length: 0
```

SIP Request Example (2)

```
INVITE sip:picard@wcom.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP host.wcom.com:5060
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
Contact: sip:alan.johnston@wcom.com
Subject: Where are you these days?
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 124
\mathbf{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
```

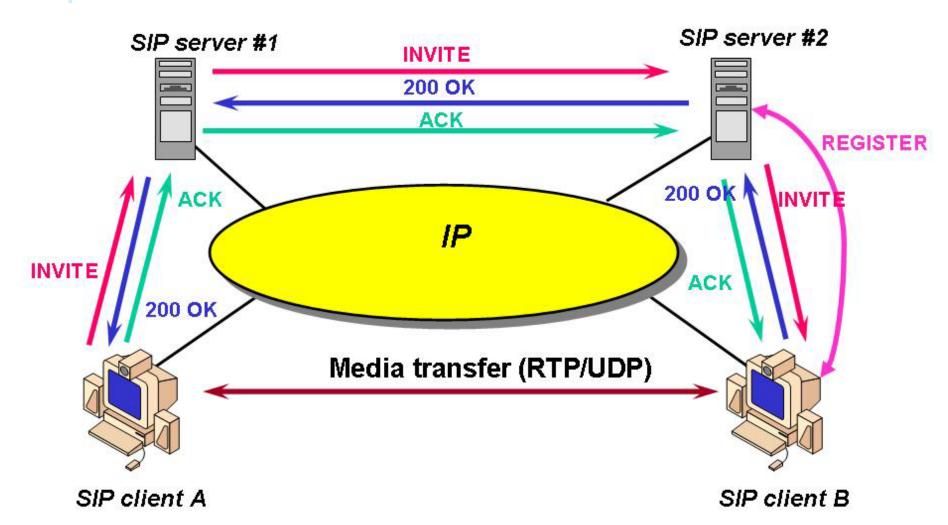


Response Example (1)

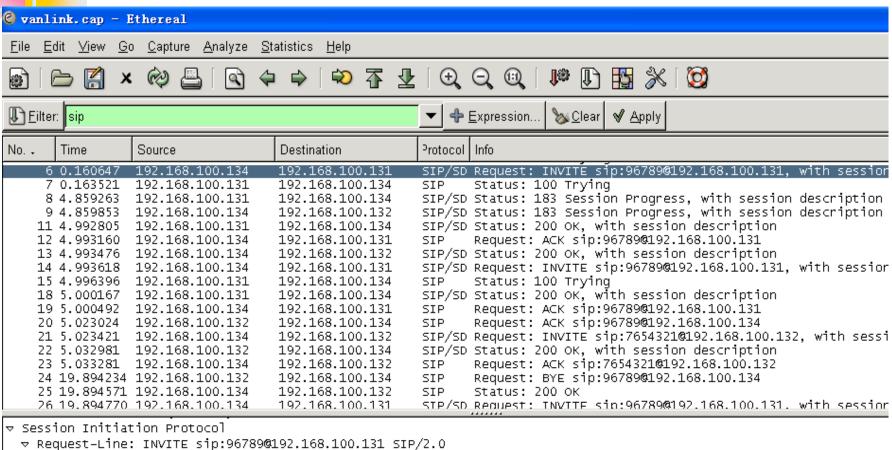
```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP host.wcom.com
From: Alan Johnston <sip:alan.johnston@wcom.com>
To: Jean Luc Picard <sip:picard@wcom.com>
Call-ID: 314159@host.wcom.com
CSeq: 1 INVITE
Contact: sip:picard@wcom.com
Subject: Where are you these days?
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 107
v=0
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
```



SIP消息过程举例



SIP消息流抓图



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

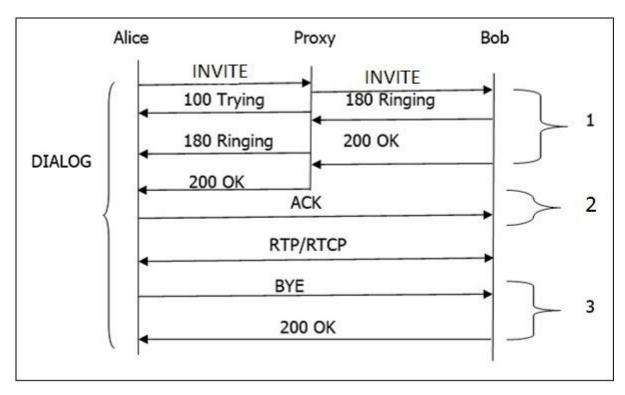
¬ To: <sip:96789@192.168.100.131>

SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术

SIP 对话 事务

- 完整的呼叫过程, 称为 对话 Dialog
- 从UAC发出请求,到UAS回送最终响应,称为事务 transaction
- 在RFC3261中定义了四种事务类型,分别是invite client transaction(ICT), invite server transaction(IST), NON-invite client transaction(NICT), NON-invite server transaction(NIST)

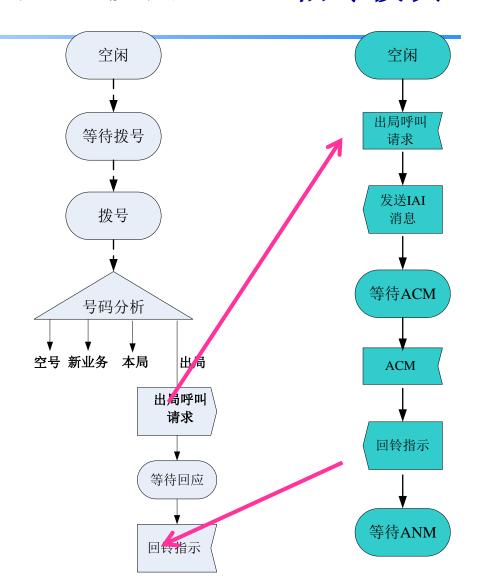




呼叫处理模块

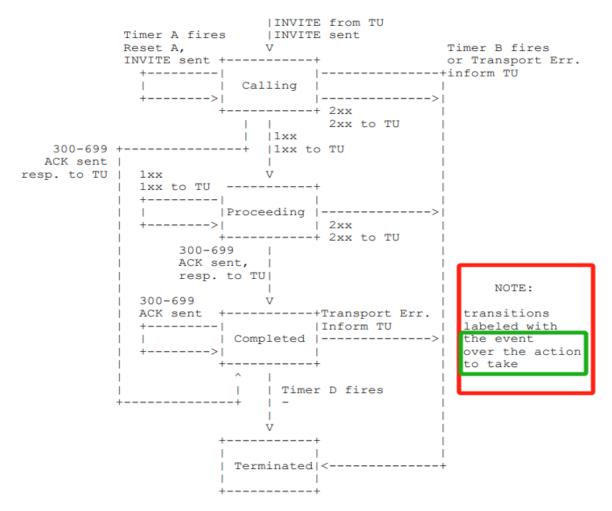
信令模块

- > 呼叫处理是不变的。
- ➤ 信令模块可以替换,比如交换 机voip改造升级,可以把2M PCM电路中继替换为IP通信板。
- ➤ 七号信令模块被替换为SIP信令 模块。



SIP 事务状态机 ICT

RFC 3261 SIP: Session Initiation Protocol June 2002



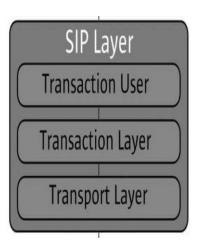


Figure 5: INVITE client transaction



SIP 事务状态机 NICT

	Reques	st from TU
	send	request
Timer E	V	
send request	+	+
+	I	+
1	Trying	Timer F
+>	1	or Transport Err. inform TU
	+	+ inform TU
200-699	1 1	1
resp. to TU	1xx	1
+	+ resp.	to TU
I	I I	1
Timer E	V	Timer F
send req	+	+ or Transport Err.
+		inform TU
1 1	Proceeding	>
+>		+
I		+ 1xx
	^	resp to TU
200-699		+
resp. to TU	I	
	I	
l .	V	
	+	+
l .		
	Completed	l I
l .	Į.	I
l :	+	+
l .	^	
1	Time:	r K
+	+ i -	
	1	
NOTE .	V	
NOTE:	+	+
tropoitions	Manminated	 <+
transitions	rerminated	
labeled with		
the event	T	T
over the action		
to take		

Figure 6: non-INVITE client transaction

SIP 事务状态机 IST

INVITE	
pass INV	7 to TU
	00 if TU won't in 200ms
send response++	
	+101-199 from TU
Proceeding	send response
+> <-	+
i i	Transport Err.
I I	Inform TU
	>+
++	The second secon
300-699 from TU 2xx f	rom TU
send response send	response
	>+
	The second secon
INVITE V T	imer G fires
send response++ s	send response
+	+
Completed	I I
Completed +> <-	·
++	The second secon
I I	The state of the s
ACK	I I
- +	>+
Tim	ner H fires
	Transport Err.
++	Inform TU
I I	The state of the s
Confirmed	The second secon
I I	The state of the s
++	1
I	The state of the s
Timer I	fires
I -	The state of the s
I	The state of the s
V	I I
++	The state of the s
I I	I I
Terminated <-	+
I I	
++	

Figure 7: INVITE server transaction

SIP 事务状态机 NIST

	Reques pass t V	st received to TU	
	Trying		+ 200-699 from TU
,	 lxx fr send r		send response
Request send response	+	1xx from TU	
i +>	Proceeding	<+	
Trnsprt Err +	¦	-	
 		99 from TU response	
send response	I		
 + +<	Completed	<	+
Trnsprt Err + Inform TU	 Timer	J fires	
 	- 		
	Terminated	-	

Figure 8: non-INVITE server transaction

SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术



•RTP/RTCP/SDP 会话三要素

- SIP 消息体可以使用SDP会话描述协议
- 用于描述这次会话的媒体信息
- 媒体流使用RTP/RTCP传输

SDP Header

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



RTP Audio Profile

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 Examples

Example 1

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

Example 2

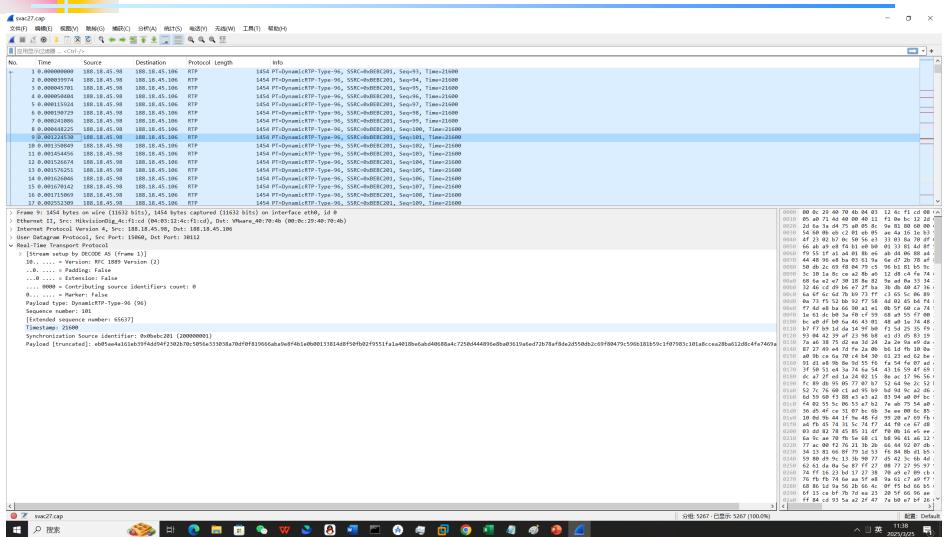
v=0
o= 0 0 IN IP4 13.0.1.1
s=session
c=IN IP4 13.0.1.2
t=0 0
m=audio 37696 RTP/AVP 97 0 8 4
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:4 G723/8000

- 协议结构(标注 * 的表示可选)
 - v = (协议版本)
 - o = (<u>所有者</u>/创建者和会话<u>标识符</u>)
 - s = (会话名称)
 - i=*(会话信息)
 - u = * (URI 描述)
 - e = * (Email 地址)
 - p=* (电话号码)
 - c=* (连接)
 - b = * (帯宽信息)
 - 时间描述
 - z=* (时间区域调整)
 - k=* (加密密钥)
 - a = * (o 个或多个会话属性行)
 - t = (会话活动时间)
 - r=*(o或多次重复次数)
 - 媒体描述
 - m = (媒体名称和传输地址)
 - i = * (媒体标题)
 - c=*(连接)
 - b=* (帯宽信息)
 - k=*(加密密钥)
 - a=*(o个或多个会话属性行)



- RTP --- Real-time Transport Protocol
 - 用于Internet上针对多媒体数据流的传输协议
 - 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





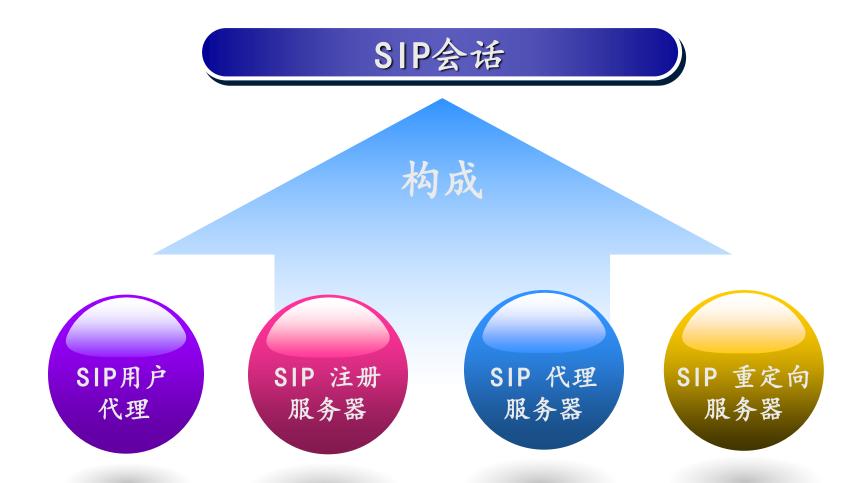


RTCP --- RTP Control Protocol

- 基本思想
 - 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
 - RTCP最基本的功能,和其他运输层协议的流量控制和拥塞控制功能密切相关
 - 反馈信息用于控制自适应编码
 - ▶诊断数据分配故障
 - RTCP发送者报告和接收这报告完成反馈功能



SIP协议流程

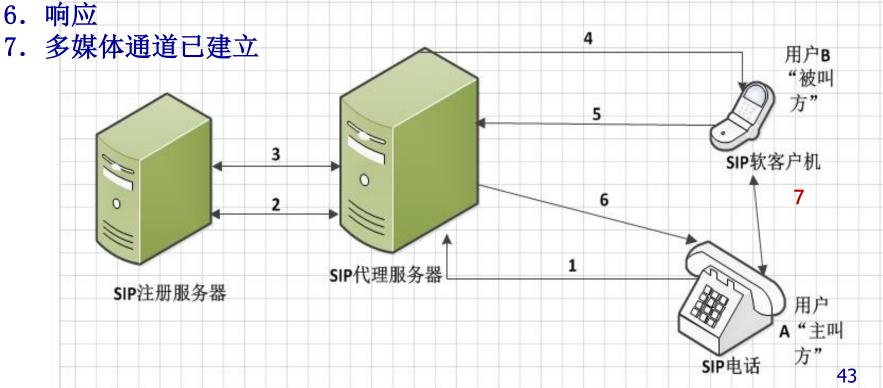


SIP流程举例

- 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PSDN的呼叫过程

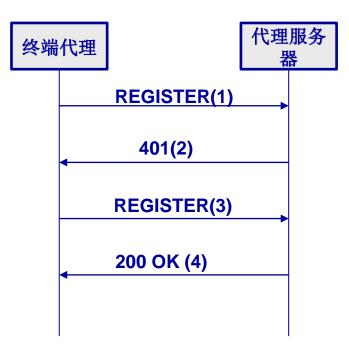
在同一域中建立 SIP 会话

- 1. 呼叫用户 B
- 2. 查询B 在哪里
- 响应B 的 SIP 地址
- 4. 呼叫
- 5. 响应
- 6. 响应





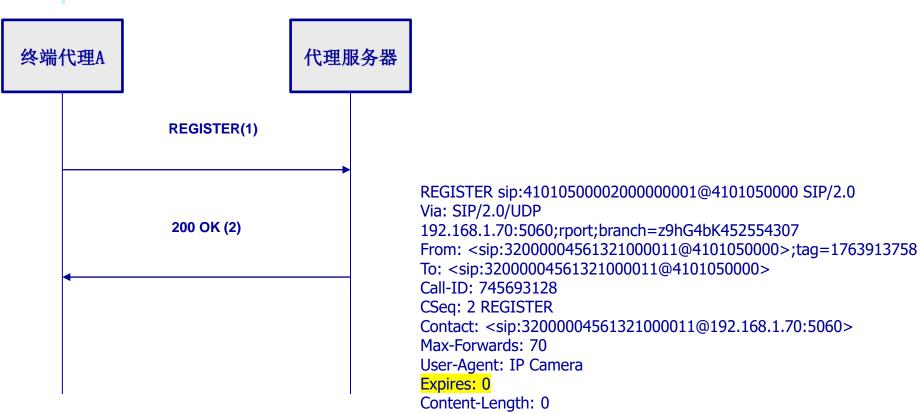
1)、注册流程



```
REGISTER sip:example.com SIP/2.0
Via: SIP/2. 0/UDP 192. 168. 1. 100:5060: branch=z9hG4bK123456
From: <sip:user@example.com>;tag=987654
To: <sip:user@example.com>
Call-ID: abcdef123456@192, 168, 1, 100
CSeq: 1 REGISTER
Contact: <sip:user@192.168.1.100:5060>
Expires: 3600
Content-Length: 0
SIP/2.0 401 Unauthorized
Via: SIP/2. 0/UDP 192. 168. 1. 100:5060; branch=z9hG4bK123456
From: <sip:user@example.com>;tag=987654
To: <sip:user@example.com>;tag=xyz789
Call-ID: abcdef123456@192.168.1.100
CSeq: 1 REGISTER
WWW-Authenticate: Digest realm="example.com", nonce="dcd98b7102dd2f0e8b11d0f600bfb0c093", algorithm=MD5
Content-Length: 0
关键字段: nonce用于客户端计算response值, algorithm=MD5声明加密方式
REGISTER sip:example.com SIP/2.0
Via: SIP/2. 0/UDP 192. 168. 1. 100:5060; branch=z9hG4bK654321
From: <sip:user@example.com>;tag=987654
To: <sip:user@example.com>
Call-ID: abcdef123456@192.168.1.100
CSea: 2 REGISTER
Contact: <sip:user@192.168.1.100:5060>
Expires: 3600
Authorization: Digest username="user", realm="example.com", nonce="dcd98b7102dd2f0e8b11d0f600bfb0c093",
uri="sip:example.com",
               response="39677e3edaed7037bd8af592d8d2a038"
Content-Length: 0
MD5计算逻辑: HA1 = MD5(username:realm:password) HA2 = MD5(REGISTER:uri)
                                                                              response = MD5 (HA1:nonce:HA2)
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.1.100:5060;branch=z9hG4bK654321
From: <sip:user@example.com>;tag=987654
To: <sip:user@example.com>;tag=xyz789
Call-ID: abcdef123456@192.168.1.100
CSeq: 2 REGISTER
Contact: <sip:user@192.168.1.100:5060>;expires=3600
Content-Length: 0
```

45

2)、注销流程

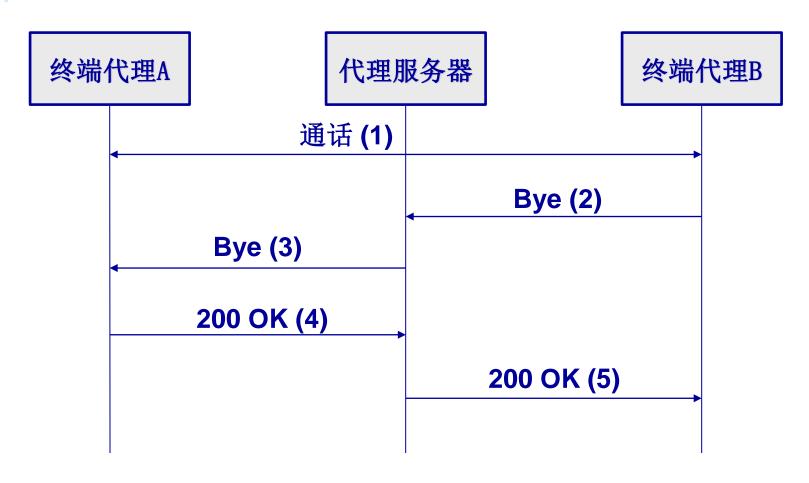


3)、基本呼叫建立过程





4)、正常呼叫释放过程



5)、被叫忙呼叫释放



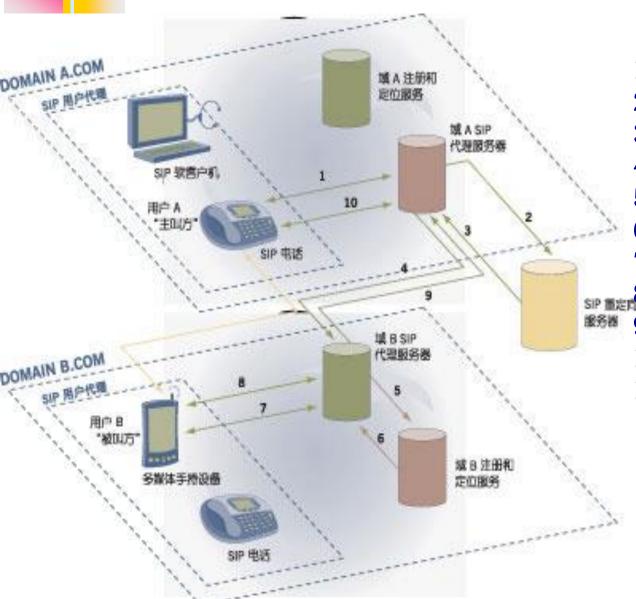
6)、被叫无应答流程一



7)、被叫无应答流程二

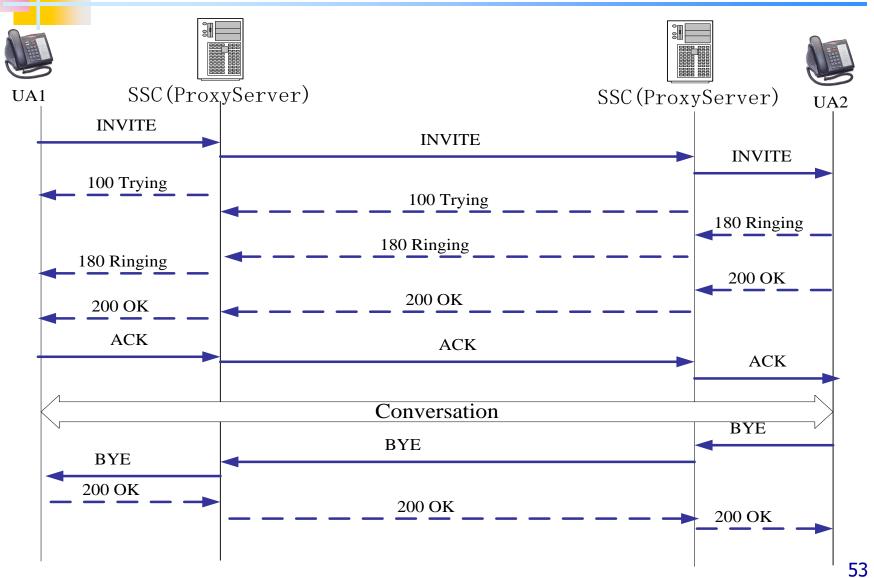


在不同的域中建立 SIP 会话



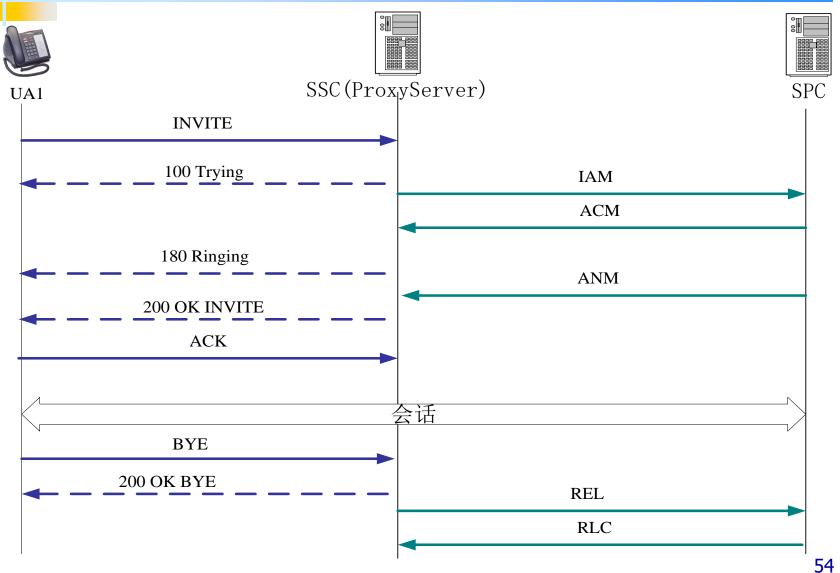
- 1. 呼叫用户 B
- 2. 询问B 中的用户
- 3. 响应
- 4. 呼叫域 B 的 SIP 代理
- 5. 查询B 在哪里
- 6. 用户 B 的地址
- 7. 代理呼叫
- 8. 响应
- 9. 响应
- 10. 响应
- 11. 多媒体通道已建立

8)、跨域呼叫过程





9)、SIP网络与PSTN网络互通



SIP

- · RFC协议框架与核心功能
- ·SIP实体组成
- · 消息种类、消息结构与字段分析
- · 对话、事务、状态机
- · RTP/RTCP/SDP 会话三要素
- · 协议流程与安全机制
- · 4G/5G 信令增强
- · 5G 统一消息技术

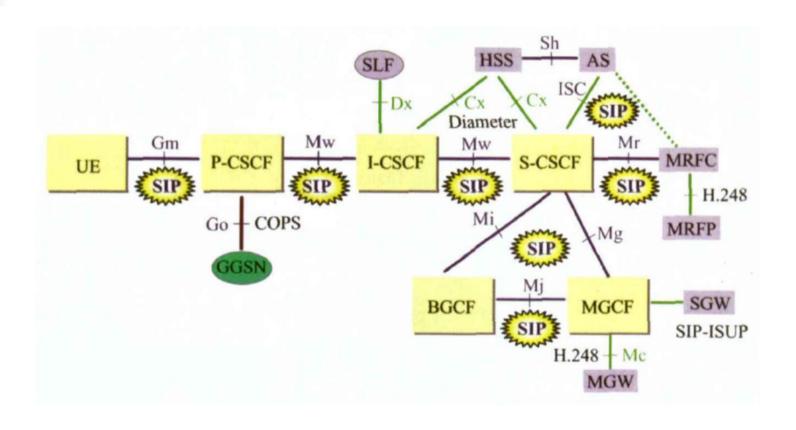


VoLTE 消息例

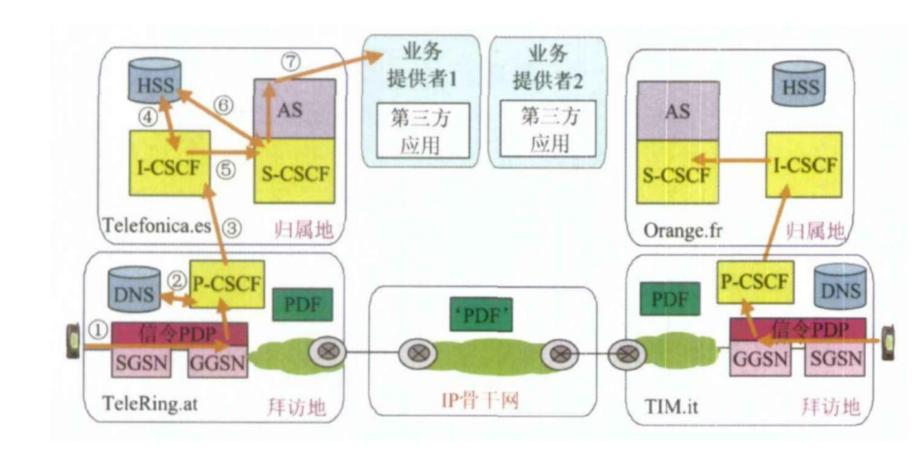
/**UE 向网侧发起 INVITE 请求,

```
@ims.mnc060.mcc460.3gppnetwork.org 是 IMPU
sip:1880120
           是被叫的号码, SIP/2.0 是协议版本号*/
1880120
                     @ims.mnc060.mcc460.3gppnetwork.org;user=phone
INVITE sip:1880120
SIP/2.0
/**电话是 1881305
                    呼出的,*/
From: <sip:+861881308
                        @ims. huawei. com>; tag=ccecbow
/**被叫电话是 1880120
                       */
To:
"1880120
            "<sip:1880120
                            @ims.mnc060.mcc460.3gppnetwork.org;user=
phone>
P-Preferred-Identity: <sip:+861881305
                                        @ims.huawei.com>
Contact:
<sip:460602013050 @192.168.57.10:5060>;+sip.instance="<urn:gsma:ime</pre>
i:86527602-00 7-4>";+g.3gpp.icsi-ref="urn%3Aurn-7%3A3gpp-service.
ims. icsi. mmtel"; +g. 3gpp. mid-call; +g. 3gpp. srvcc-alerting; video
Accept-Contact:
```

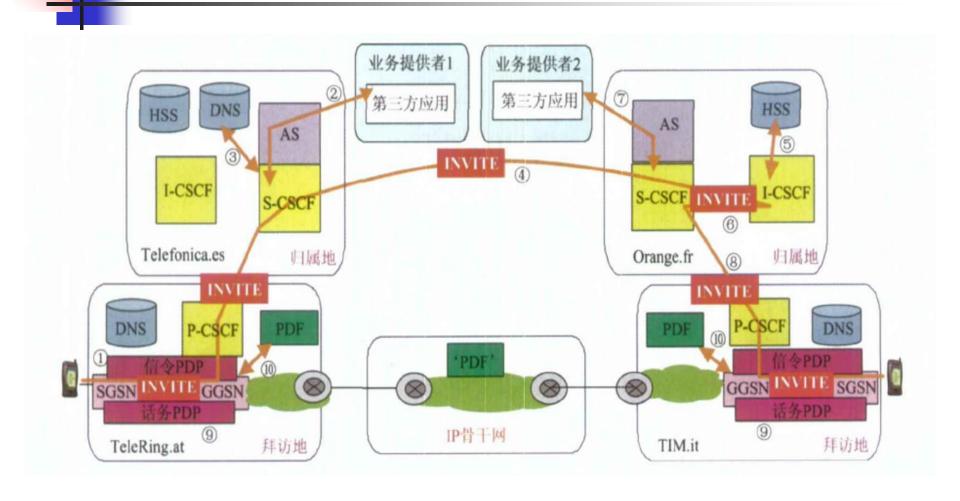
IMS主要信令协议



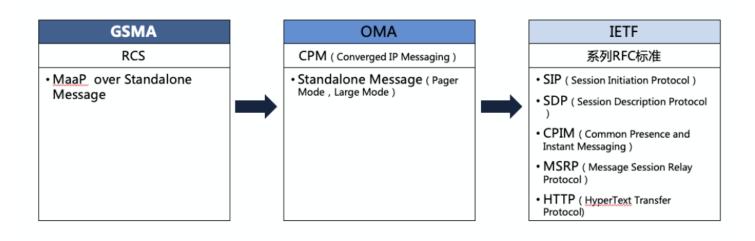
IMS关键流程举例-用户注册



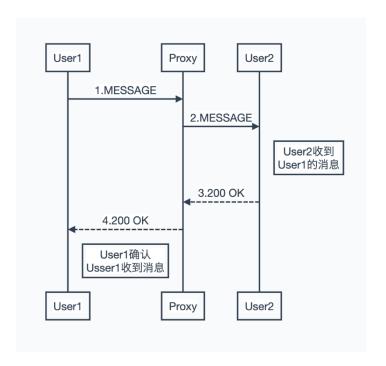
IMS关键流程举例-完整呼叫



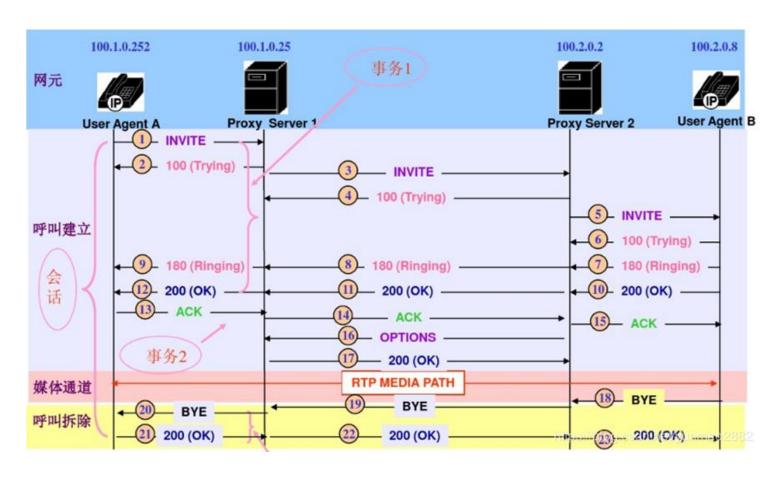
- ❖ 2020年4月8日中国移动、中国电信、中国联通携手华为、小米、vivo、 OPPO、中兴等11家终端厂商联合发布了《5G消息白皮书》
- ❖ 面对传统短信的技术落后、创新能力不足,全球主流运营商推动GSMA RCS UP (Universal Profile)技术标准成为终端消息服务升级的共同选择; RCS (RichCommunication Services)实现消息的多媒体化、交互化,带来全新人机交互模式,并引入"消息即平台(MaaP)"技术实现行业消息的交互化。
- MaaP (Messaging as a Platform)



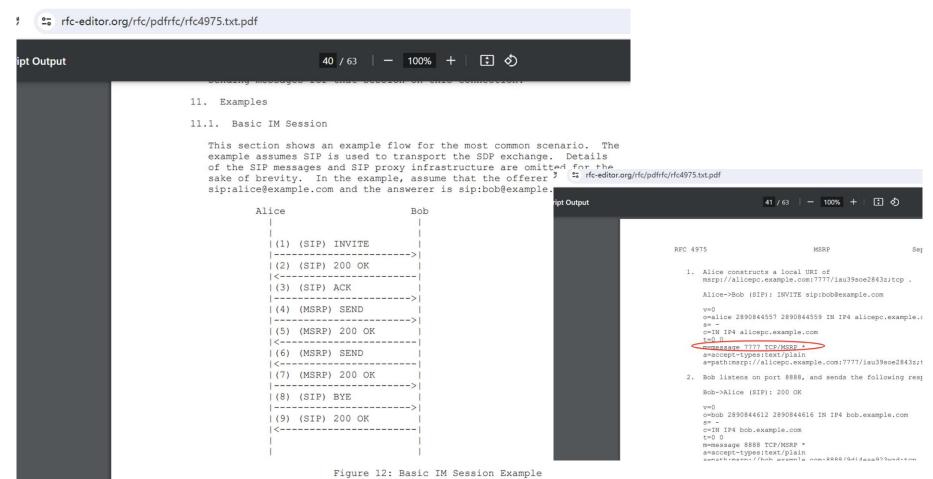
- ❖ 在Sip消息通信应用过程中,一般存在着两种会话模式:
 - Pager Model
 - Large Model



❖ Large model







SIP作业

下图表示了SIP分组语音与七号信令电路语音互通时的信令转换,请回答:

- 1) SDP在SIP的哪个消息里携带?
- 2)被叫用户摘机应答后,发送的消息是哪几个?
- 3) 主被叫双方的双向RTP语音流是在哪个消息之后开始传输的?

