



Redes e Serviços de Internet

1º Semestre 2017/2018

Projecto VoIP

Autores (Grupo 13):

Beatriz Marques, nº80809

Bernardo Amaral, nº 81216

Paulo Eusébio, nº 81607

Docente responsável:

Paulo Rogério Barreiros D'Almeida Pereira

Turno:

Quarta-feira, 15:30h-17:00h

Índice

Introdução	3
Configurações Iniciais	3
Protocolos usados	4
Descrição do funcionamento dos protocolos	5
1. Arranque da Aplicação	5
2. O utilizador telefona para o sistema de menus e a chamada é atendida	6
3. O utilizador desliga carregando na tecla 0	7
4. O utilizador desliga carregando na tecla vermelha	8
5. A aplicação telefónica termina	9
6. O utilizador põe a chamada em espera	10
7. O utilizador retoma a chamada que estava em espera	11
8. O utilizador telefona para o sistema de menus e desliga a chamada antes de ser atendida.	12
9. O utilizador liga ao operador e a chamada é atendida	13
10. O utilizador liga ao operador e a chamada é rejeitada pelo operador	15
11. O utilizador liga ao operador e a chamada não é atendida dentro do tempo limite	16
12. Directmedia desativado	17
Conclusão	18

Introdução

Este trabalho consiste na familiarização com as tecnologias de voz sobre IP (VoIP), desenvolvendo um servidor simples e interativo. Os principais protocolos utilizados e analisados serão SIP/SDP, para controlo de sessões e RTP para fluxo de dados. Serão apresentadas e esquematizadas análises de fluxos de dados.

É importante referir que todas as capturas de pacotes foram feitas para no mesmo sistema operativo Windows, com dois telefones de versões diferentes a correr na mesma máquina, logo qualquer chamada entre esses dois telefones terá como destino e origem o mesmo endereço IP, contudo os portos são diferentes o que permite o funcionamento normal da aplicação. Dado que algumas capturas foram feitas em diferentes ocasiões e redes, os endereços IP podem variar de captura para captura.

Configurações Iniciais

O ficheiro .zip submetido é constituído pelos seguintes ficheiros:

1. O relatório do projeto;
2. Ficheiros de configuração do Asterisk, sip.conf e extensions.conf, que devem ser colocados no diretório /etc/asterisk;
3. Zip com pasta com ficheiros de som a ser extraída para o diretório /usr/share/asterisk, de modo a que todos os ficheiros de som necessários (que estão dentro da pasta) fiquem no diretório de reprodução de sons configurado para o Asterisk, que é, no nosso caso, /usr/share/asterisk/sounds (para a sua reprodução, o utilizador asterisk tem de ter permissão de leitura sobre a pasta e todos os seus ficheiros);
4. Um script php, que deve ser introduzido no diretório /usr/share/asterisk/agi-bin, e para o qual deve ser dada permissão de execução ao utilizador asterisk.

Assim que os ficheiros indicados forem colocados nas respetivas diretorias, de uma máquina virtual com o os Ubuntu e o programa Asterisk instalado, é necessário fazer um *reload* do Asterisk de modo a que as novas configurações sejam introduzidas. Para isso, numa janela de comando, insere-se o comando **sudo asterisk -vvvv** (cada v corresponde a um nível de verbosidade, não sendo, portanto necessária, apenas útil, a sua utilização) que abre uma sessão e um terminal de comando do Asterisk. Neste novo terminal de comando deve-se introduzir os comandos **sip reload** e **dialplan reload**, para carregar as novas permissões e configurações.

De modo a testar todas as funcionalidades desenvolvidas, deve-se instalar no Windows um softphone, que pode ser por exemplo o X-Lite. Devem ser instaladas duas instâncias diferentes deste programa, de modo a poder testar a comunicação entre p.e. um utilizador e um operador (dois utilizadores diferentes). De maneira a que estes softphones possam comunicar com o servidor Asterisk, devem ser configuradas contas, com a parcela *domain* contendo o ip do servidor, e a parcela *ID* contendo um dos ID's que constem do ficheiro sip.conf (foram usados neste trabalho os ID's 3000 e 4000). Cada utilizador tem de ter um ID diferente.

A partir daqui, basta fazer as ligações pedidas no enunciado do projeto.

Protocolos usados

Os protocolos usados são SIP/SDP para estabelecimento, controlo de sessão que estão ao nível da camada de aplicação. Para o fluxo de vídeo e áudio, usa-se o protocolo RTP também presente na camada de aplicação. Ambos os protocolos se encontram imediatamente acima da camada de transporte. Torna-se mais fácil a diferenciação se se utilizar a representação de camadas OSI, lembrando que a representação TCP/IP apenas compacta as camadas 5 a 7 numa só camada. A pilha tem o formato apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Correspondência entre camadas OSI e respetivos protocolos

Camada OSI (TCP/IP)	Protocolo
7 – Aplicação (5)	Aplicação (ex.: X-lite)
6 – Apresentação (5)	Controlo de chamada/codecs
5 – Sessão (5)	SIP, SDP, RTP
4 - Transporte (4)	UDP
3 – Rede (3)	IP
2 – Data Link (2)	Ethernet
1 – Física (1)	Meio físico

Descrição do funcionamento dos protocolos

1. Arranque da aplicação

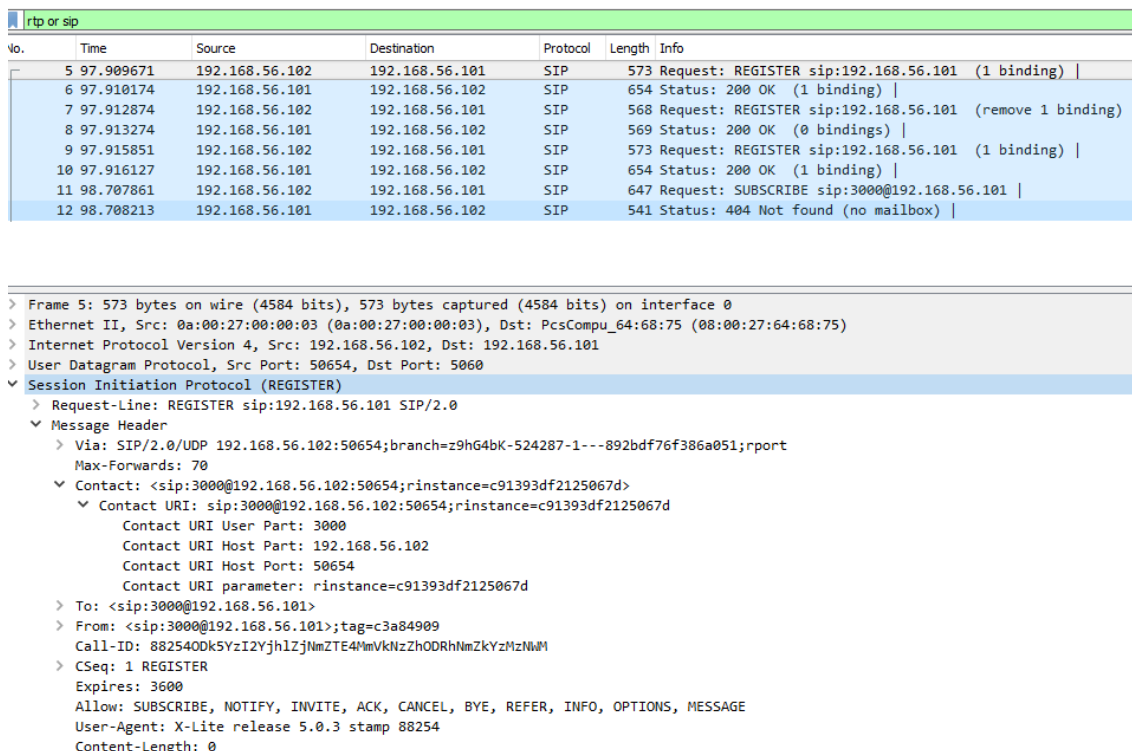


Figura 1 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Analisando a Figura 1, observa-se que no arranque da aplicação X-Lite, esta envia uma mensagem de pedido SIP com o método REGISTER com destino ao servidor *asterisk*. Como resposta à mensagem de pedido, obteve-se uma mensagem SIP 200 OK por parte do servidor, o que indica um sucesso. Através desta troca de pacotes, a aplicação telefónica fica registada no PBX. Na Figura 2, encontra-se o diagrama temporal correspondente a esta situação.

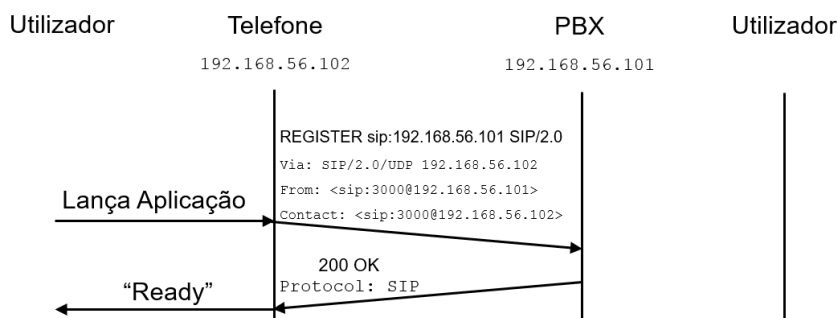


Figura 2 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

2. O utilizador telefona para o sistema de menus e a chamada é atendida

rtp or sip						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	1.600688	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	953	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101
4	1.601549	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	550	Status: 100 Trying
5	1.601815	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	869	Status: 200 OK
6	1.614351	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	492	Request: ACK sip:80809@192.168.56.101:5060
7	1.620575	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x1F766D6E, Seq=9494, Time=4008319766, Mark
8	1.621160	192.168.56.101	192.168.56.102	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x197D187F, Seq=54219, Time=160, Mark

```

> Frame 3: 953 bytes on wire (7624 bits), 953 bytes captured (7624 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03), Dst: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.102, Dst: 192.168.56.101
> User Datagram Protocol, Src Port: 50654, Dst Port: 5060
> Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:80809@192.168.56.101 SIP/2.0
  > Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:50654;branch=z9hG4bK-524287-1---a5bcf83c9972d04f;rport
    Max-Forwards: 70
    > Contact: <sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d>
      > Contact URI: sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d
        Contact URI User Part: 3000
        Contact URI Host Part: 192.168.56.102
        Contact URI Host Port: 50654
        Contact URI parameter: rinstance=c91393df2125067d
      > To: <sip:80809@192.168.56.101>
        > SIP to address: sip:80809@192.168.56.101
      > From: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=be2ac648
        > SIP from address: sip:3000@192.168.56.101
        SIP from tag: be2ac648
      Call-ID: 88254NzZjOWZlMmM1YjcyOGUyZWY3OTc0MDAzMTliNjQxNmU
      > CSeq: 1 INVITE
      Allow: SUBSCRIBE, NOTIFY, INVITE, ACK, CANCEL, BYE, REFER, INFO, OPTIONS, MESSAGE
      Content-Type: application/sdp
      Supported: replaces
      User-Agent: X-Lite release 5.0.3 stamp 88254
      Content-Length: 338
    > Message Body
  
```

Figura 3 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

A Figura 3 apresenta os pacotes trocados quando se efetua uma chamada através da aplicação X-Lite. Verifica-se que a aplicação envia uma mensagem de pedido SIP com o método INVITE, que contém todas as informações sobre a conexão, os *codecs* e o tipo de eventos DTMF. Como resposta do servidor, obteve-se uma mensagem SIP 100 Trying. Esta é uma mensagem meramente informativa que indica que está a ser feita uma procura pelo destinatário. Seguidamente, obteve-se uma mensagem de sucesso SIP 200 OK, cujo corpo contém toda a informação sobre a sessão. Finalmente, o PBX envia uma mensagem ACK, que indica que a ligação está feita e que a chamada irá ser efetuada. Esta chamada está representada acima pela sessão bidirecional RTP. O diagrama temporal representante desta situação encontra-se na Figura 4.

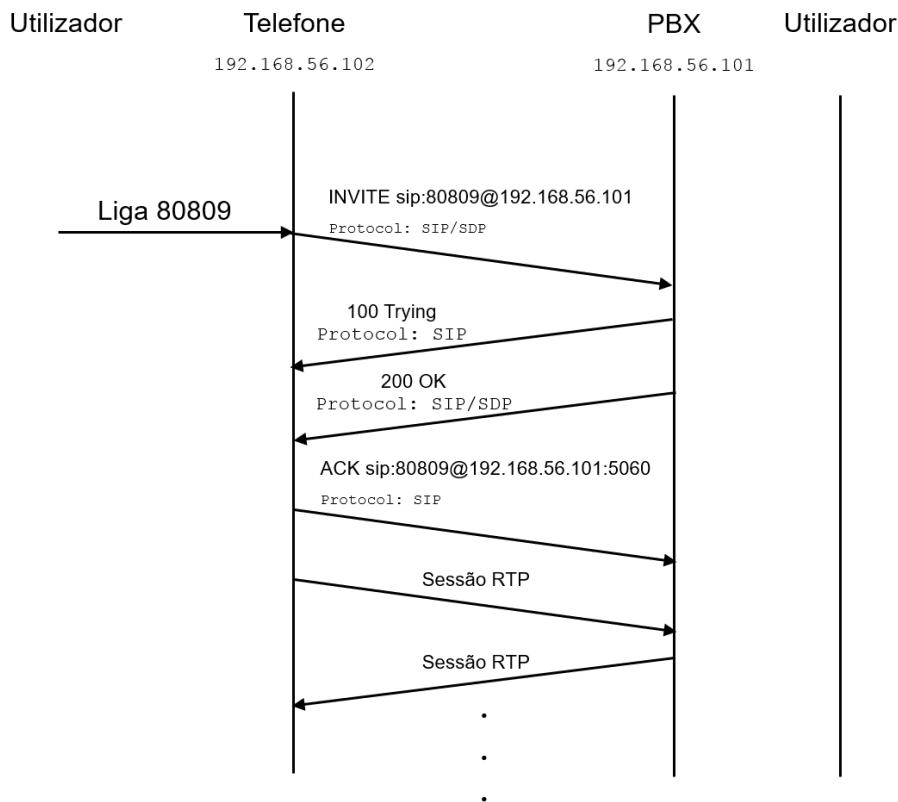


Figura 4 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

3. O utilizador desliga carregando na tecla 0

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1567	193.521911	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x635B2D46, Seq=13298, Time=4009854982
1568	193.522470	192.168.56.101	192.168.56.102	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x263EAE77, Seq=47767, Time=47840
1569	193.541882	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x635B2D46, Seq=13299, Time=4009855142
1570	193.542622	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	505	Request: BYE sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d
1572	193.571290	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	433	Status: 200 OK


```

> Frame 1570: 505 bytes on wire (4040 bits), 505 bytes captured (4040 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75), Dst: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.101, Dst: 192.168.56.102
> User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 50654
< Session Initiation Protocol (BYE)
  > Request-Line: BYE sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d SIP/2.0
  < Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.101:5060;branch=z9hG4bK2b0f821a;rport
    Max-Forwards: 70
    < From: <sip:80809@192.168.56.101>;tag=as0caa8ccf
      > SIP from address: sip:80809@192.168.56.101
      SIP from tag: as0caa8ccf
    < To: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=4d15d567
      > SIP to address: sip:3000@192.168.56.101
      SIP to tag: 4d15d567
      Cell-ID: 88254ZDIxNwNlZmI4MTkwNzQ3YVw4ZDM4ZGVlZGMhZMTQ
    > CSeq: 102 BYE
    User-Agent: Asterisk PBX 11.7.0~dfsg-1ubuntu1
    > X-Asterisk-HangupCause: Normal Clearing
    > X-Asterisk-HangupCauseCode: 16
    Content-Length: 0
  
```

Figura 5 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Através da análise da Figura 5 conclui-se que, ao desligar a chamada usando o botão 0 do menu, a aplicação telefónica X-Lite envia um pacote RTP Event com a informação resultante de pressionar o botão. O PBX responde através de uma mensagem de pedido SIP com o método BYE. Seguidamente, obteve-se uma

mensagem 200 OK e a chamada é desligada, ou seja, a sessão bidirecional RTP termina. Na Figura 6, encontra-se o diagrama temporal que demonstra esta situação.

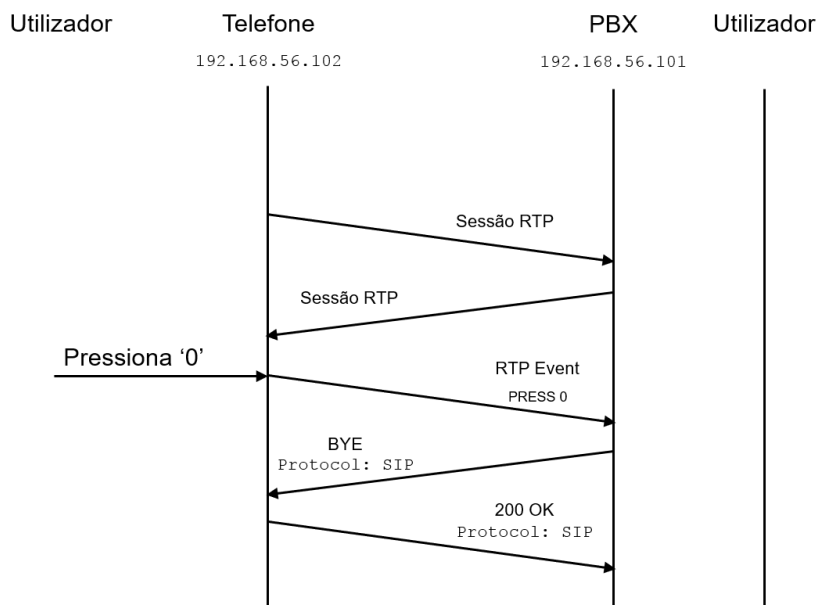


Figura 6 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

4. O utilizador desliga carregando na tecla vermelha

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2147	272.552486	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x5AE627B7, Seq=21365, Time=4010487230
2148	272.554283	192.168.56.101	192.168.56.102	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x4F140B8C, Seq=12800, Time=43200
2150	272.574115	192.168.56.101	192.168.56.102	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x4F140B8C, Seq=12801, Time=43360
2151	272.587704	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	492	Request: BYE sip:80809@192.168.56.101:5060
2152	272.588130	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	516	Status: 200 OK


```

> Frame 2151: 492 bytes on wire (3936 bits), 492 bytes captured (3936 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03), Dst: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.102, Dst: 192.168.56.101
> User Datagram Protocol, Src Port: 50654, Dst Port: 5060
> Session Initiation Protocol (BYE)
  > Request-Line: BYE sip:80809@192.168.56.101:5060 SIP/2.0
  > Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:50654;branch=z9hG4bK-524287-1---18265b6deeb51f;rport
      Max-Forwards: 70
    > Contact: <sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d>
      > Contact URI: sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d
        Contact URI User Part: 3000
        Contact URI Host Part: 192.168.56.102
        Contact URI Host Port: 50654
        Contact URI parameter: rinstance=c91393df2125067d
      > To: <sip:80809@192.168.56.101>;tag=as700b0c3a
        > SIP to address: sip:80809@192.168.56.101
        SIP to tag: as700b0c3a
      > From: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=783fca66
        > SIP from address: sip:3000@192.168.56.101
        SIP from tag: 783fca66
      Call-ID: 88254ZWVhOTE3ZmEwZjA5OGMzMjM2NDdkZmRlMjF1Zj1hYzE
      > CSeq: 2 BYE
      User-Agent: X-Lite release 5.0.3 stamp 88254
      Content-Length: 0
    
```

Figura 7 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Analisando a Figura 7, verifica-se que ao desligar a chamada usando o botão vermelho, a aplicação envia uma mensagem de pedido SIP com o método BYE. O *asterisk* responde com uma mensagem de sucesso SIP 200 OK. Após esta mensagem, a sessão bidirecional RTP é terminada.

Note-se que esta situação e a discutida anteriormente são muito semelhantes. A única diferença sendo a *source* e *destination* na mensagem de pedido SIP com o método BYE. No caso em que se usa o menu do telefone para desligar a chamada, o PBX é quem envia esta mensagem; no caso em que a chamada é terminada na tecla vermelha, esta mensagem tem origem no telefone. O diagrama temporal encontra-se na Figura 8.

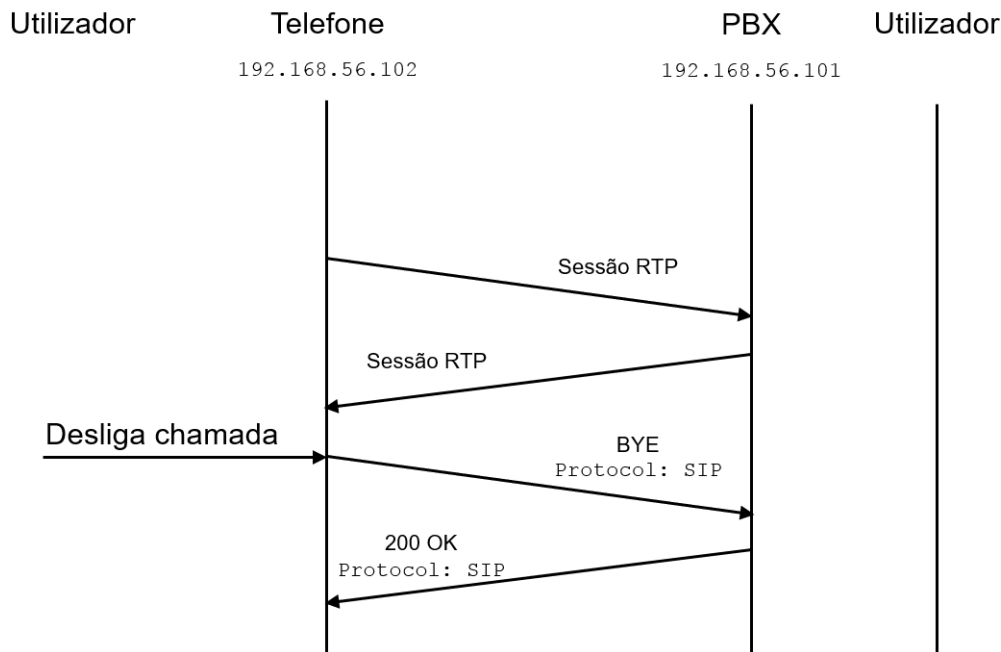


Figura 8 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

5. A aplicação telefónica termina

Io.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2128	244.605106	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	492	Request: BYE sip:80809@192.168.56.101:5060
2129	244.605449	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	516	Status: 200 OK
2130	244.607993	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	568	Request: REGISTER sip:192.168.56.101 (remove 1 binding)
2131	244.608372	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	569	Status: 200 OK (0 bindings)

> Frame 2130: 568 bytes on wire (4544 bits), 568 bytes captured (4544 bits) on interface 0

> Ethernet II, Src: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03), Dst: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75)

> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.102, Dst: 192.168.56.101

> User Datagram Protocol, Src Port: 50654, Dst Port: 5060

✓ Session Initiation Protocol (REGISTER)

> Request-Line: REGISTER sip:192.168.56.101 SIP/2.0

▼ Message Header

> Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:50654;branch=z9hG4bK-524287-1---68f6167667a313d;rport
Max-Forwards: 70

▼ Contact: <sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d>;expires=0

▼ Contact URI: sip:3000@192.168.56.102:50654;rinstance=c91393df2125067d

Contact URI User Part: 3000

Contact URI Host Part: 192.168.56.102

Contact URI Host Port: 50654

Contact URI parameter: rinstance=c91393df2125067d

Contact parameter: expires=0

▼ To: <sip:3000@192.168.56.101>

> SIP to address: sip:3000@192.168.56.101

▼ From: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=c3a84909

> SIP from address: sip:3000@192.168.56.101

SIP from tag: c3a84909

Call-ID: 882540Dk5YzI2Yjh1ZjNmZTE4NmVKNzZhODRmNmZkYzMzNmM

> Cseq: 4 REGISTER

Allow: SUBSCRIBE, NOTIFY, INVITE, ACK, CANCEL, BYE, REFER, INFO, OPTIONS, MESSAGE

User-Agent: X-Lite release 5.0.3 stamp 88254

Content-Length: 0

Figura 9 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Analisando a Figura 9, observa-se que, para terminar a conexão, o X-Lite envia uma mensagem de pedido SIP com o método REGISTER. Esta mensagem serve para “pedir” ao *asterisk* que encerre a ligação. Como resposta à mensagem de pedido, obteve-se uma mensagem SIP 200 OK por parte do servidor, o que indica sucesso. O diagrama temporal representante desta situação encontra-se na Figura 10.

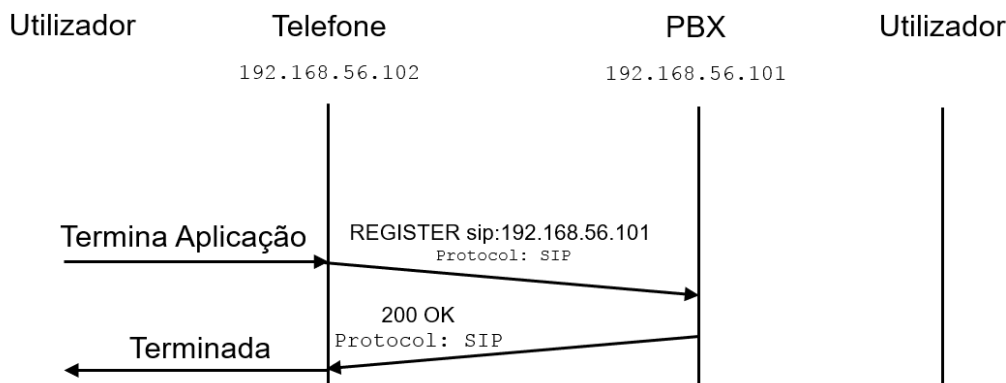


Figura 10 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

6. O utilizador põe a chamada em espera

A captura de pacotes no Wireshark mostra a seguinte sequência de eventos:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
18	80.317281	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	953	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101
20	85.316010	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK
355	88.736085	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	973	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101:5060, in-dialog
357	88.736599	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK
385	94.976465	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	973	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101:5060, in-dialog
387	94.977000	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK

Detalhes da mensagem de protocolo SIP (No. 355):

- Contact: <sip:3000@192.168.56.102:64303;rinstance=4fe11fd081baf9e6>
- To: <sip:80809@192.168.56.101>;tag=a73ec410
- From: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=a73ec410
- Call-ID: 88254MwY0NMi3YzN0MjQwMzgWYjM4YzU4ZDg2NmVlNjI4MTQ
- CSeq: 2 INVITE
- Allow: SUBSCRIBE, NOTIFY, INVITE, ACK, CANCEL, BYE, REFER, INFO, OPTIONS, MESSAGE
- Content-Type: application/sdp
- Supported: replaces
- User-Agent: X-Lite release 5.0.3 stamp 88254
- Content-Length: 338

Detalhes do corpo da mensagem (Message Body):

- Session Description Protocol
- Session Description Protocol Version (v): 0
- Owner/Creator, Session Id (o): - 13157952378727614 2 IN IP4 192.168.56.102
- Session Name (s): X-Lite release 5.0.3 stamp 88254
- Connection Information (c): IN IP4 192.168.56.102
- Time Description, active time (t): 0 0
- Media Description, name and address (m): audio 56290 RTP/AVP 9 8 120 0 84 101
- Media Attribute (a): rtpmap:120 opus/48000/2
- Media Attribute (a): fmtp:120 useinbandfec=1; usedtx=1; maxaveragebitrate=64000
- Media Attribute (a): rtpmap:84 speex/16000
- Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
- Media Attribute (a): fmtp:101 0-15
- Media Attribute (a): sendonly

Figura 11 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Analisando a figura 11, observa-se que, numa pausa de chamada feita pelo utilizador, é enviada, por parte deste com destino ao servidor PBX, uma mensagem SIP Request do tipo INVITE *in-dialog*. Analisando os atributos SDP, o código “sendonly”, indica ao servidor para estar apenas em Listen Mode, que responde com a mensagem 200 OK, com o atributo “recvonly”, depois de efetuar a alteração

da sessão com sucesso. O utilizador responde um ACK para confirmar a ultima mensagem que recebeu do servidor. Esta sequência de mensagens está representada na figura 12.

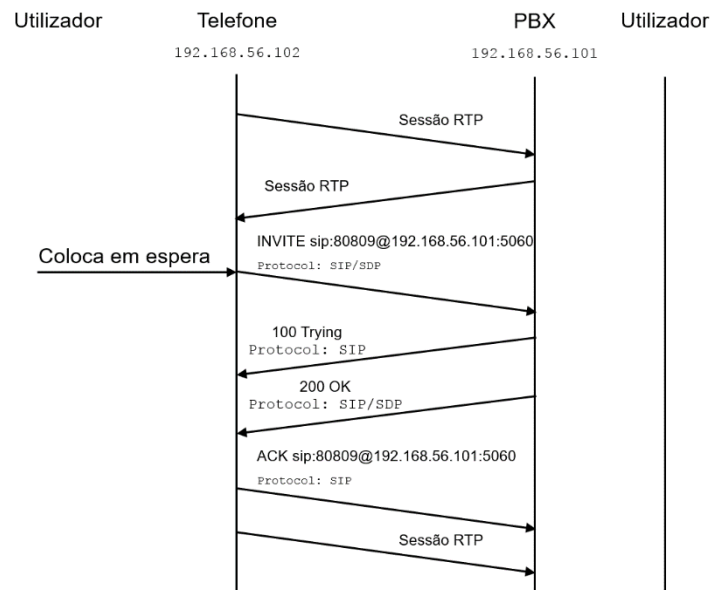


Figura 12 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

7. O utilizador retoma a chamada que estava em espera

sdp or sip or rtp						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
18	80.317281	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	953	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101
20	85.316010	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK
355	88.736085	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	973	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101:5060, in-dialog
357	88.736599	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK
385	94.976465	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	973	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101:5060, in-dialog
387	94.977000	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	871	Status: 200 OK

Content-Length: 338	
Message Body	
Session Description Protocol	
Session Description Protocol Version (v): 0	
Owner/Creator, Session Id (o): - 13157952378727614 3 IN IP4 192.168.56.102	
Owner Username: -	
Session ID: 13157952378727614	
Session Version: 3	
Owner Network Type: IN	
Owner Address Type: IP4	
Owner Address: 192.168.56.102	
Session Name (s): X-Lite release 5.0.3 stamp 88254	
Connection Information (c): IN IP4 192.168.56.102	
Connection Network Type: IN	
Connection Address Type: IP4	
Connection Address: 192.168.56.102	
Time Description, active time (t): 0 0	
Media Description, name and address (m): audio 56290 RTP/AVP 9 8 120 0 84 101	
Media Attribute (a): rtpmap:120 opus/48000/2	
Media Attribute (a): fmp:120 useinbandfec=1; usedtx=1; maxaveragebitrate=64000	
Media Attribute (a): rtpmap:84 speex/16000	
Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000	
Media Attribute (a): fmp:101 0-15	
Media Attribute (a): sendrecv	

Figura 13 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Analisando a Figura 13, observa-se que, na retoma da chamada pelo utilizador, é enviada, novamente para o servidor PBX uma mensagem SIP Request do tipo INVITE in-dialog. Nos atributos SDP pode-se observar o código “sendrecv”, do tipo 2-Way Connection, o que significa que tanto o utilizador como o servidor passam a enviar dados na sessão. O PBX responde com a mensagem 200 OK, também com o atributo “sendrecv”, depois de efetuar a alteração com sucesso. Novamente o utilizador responde um ACK para confirmar a última mensagem que recebeu do servidor. Esta sequência de mensagens está representada na figura 14.

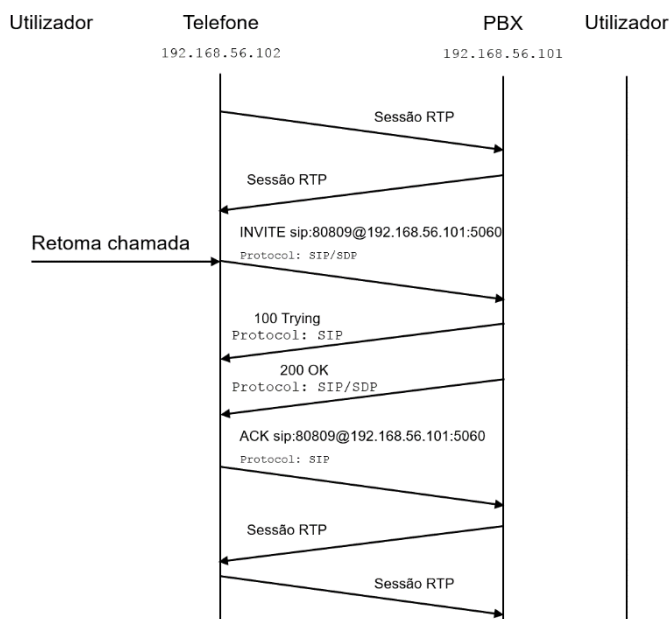


Figura 14 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

8. O utilizador telefona para o sistema de menus e desliga a chamada antes de ser atendida

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	953	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101
2	0.000722	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	550	Status: 100 Trying
19	2.511054	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	409	Request: CANCEL sip:80809@192.168.56.101
20	2.511389	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	535	Status: 487 Request Terminated
21	2.511446	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	519	Status: 200 OK
22	2.536098	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	372	Request: ACK sip:80809@192.168.56.101


```

> Frame 1: 953 bytes on wire (7624 bits), 953 bytes captured (7624 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03), Dst: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.102, Dst: 192.168.56.101
> User Datagram Protocol, Src Port: 61166, Dst Port: 5060
> Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:80809@192.168.56.101 SIP/2.0
  > Message Header
    > Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:61166;branch=z9hG4bK-524287-1---f755b250e5054975;rport
      Max-Forwards: 70
    > Contact: <sip:3000@192.168.56.102:61166;rinstance=63b9cc10ea7e6308>
      > Contact URI User Part: 3000
      > Contact URI Host Part: 192.168.56.102
      > Contact URI Host Port: 61166
      > Contact URI parameter: rinstance=63b9cc10ea7e6308
    > To: <sip:80809@192.168.56.101>
      > SIP to address: sip:80809@192.168.56.101
    > From: <sip:3000@192.168.56.101>;tag=6be42014
      > SIP from address: sip:3000@192.168.56.101
      > SIP from tag: 6be42014
    Call-ID: 88254f0d1mJi00TkxZGVmNGE1YVWjYWZkH5OTJjZGY2MTg
    > CSeq: 1 INVITE
  
```

Figura 15 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Na figura 15, observa-se uma chamada para o sistema de menus, que é cancelada antes de ser atendida. O utilizador envia uma mensagem SIP Invite de estabelecimento de sessão para o servidor, este responde com o código 100 Trying, isto é, está à espera que seja invocada a rotina Answer para atender. Contudo o utilizador cancela a chamada antes da invocação da rotina, enviando uma mensagem SIP Cancel, que cancela o pedido pendente, o servidor recebe e confirma o pedido com o código 200 OK, que é reconhecido pelo utilizador com um ACK. Esta sequência está representada na figura 16.

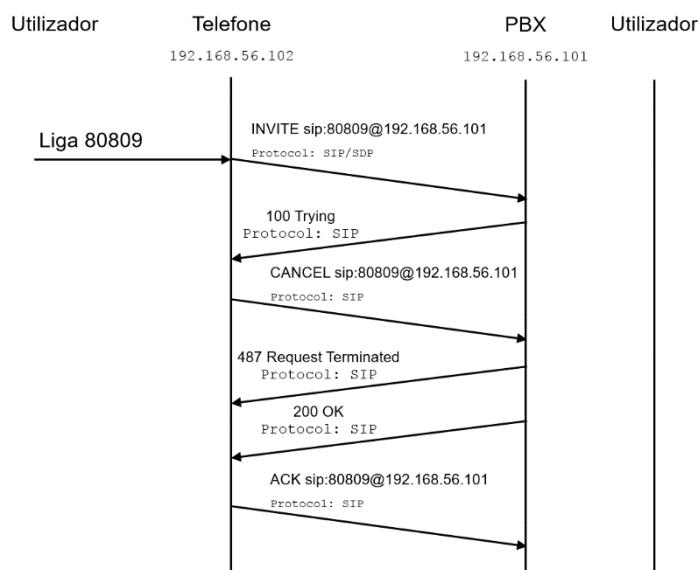


Figura 16 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

9. O utilizador liga ao operador e a chamada é atendida

2	3.388179	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	953 Request: INVITE sip:80809@192.168.56.101
3	3.388855	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	550 Status: 100 Trying
6	8.389452	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	869 Status: 200 OK
7	8.398226	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	492 Request: ACK sip:80809@192.168.56.101:5060
151	9.793089	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	1102 Request: INVITE sip:4000@192.168.56.102:3864
162	9.895563	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	477 Status: 180 Ringing
506	13.305141	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	1037 Status: 200 OK
507	13.305556	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	509 Request: ACK sip:4000@192.168.56.102:3864;r
508	13.305835	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	899 Request: INVITE sip:3000@192.168.56.102:6038
509	13.305961	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	936 Request: INVITE sip:4000@192.168.56.102:3864
518	13.389023	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	325 Status: 100 Trying
523	13.410496	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	788 Status: 200 OK
524	13.410946	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	474 Request: ACK sip:3000@192.168.56.102:6038;r
527	13.708874	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	831 Status: 200 OK
528	13.709268	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	509 Request: ACK sip:4000@192.168.56.102:3864;r
529	13.709354	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	936 Request: INVITE sip:4000@192.168.56.102:3864
530	13.709493	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	899 Request: INVITE sip:3000@192.168.56.102:6038
531	13.744933	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	788 Status: 200 OK
532	13.745389	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	474 Request: ACK sip:3000@192.168.56.102:6038;r
533	13.811220	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	831 Status: 200 OK
534	13.811519	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	509 Request: ACK sip:4000@192.168.56.102:3864;r
535	13.813038	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	831 Status: 200 OK
536	13.813259	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	509 Request: ACK sip:4000@192.168.56.102:3864;r

Figura 17 – Captura de pacotes com o protocolo SIP

Na figura 17, observa-se o pedido do utilizador para efetuar uma chamada ao servidor com o operador, que é aceite. A conexão entre os dois é feita pelo servidor, da seguinte forma:

- O servidor estabelece ligação com o operador, pelos protocolos habituais, este atende o pedido, de seguida o PBX verifica se os codecs para o fluxo de áudio são compatíveis entre os dois telefones, caso sejam a ligação é “entregue” aos telefones, isto é, a origem e destino do fluxo são os dois participantes da chamada sem que seja intermediado pelo servidor. De notar, que no Wireshark obtido, não se observa o fluxo RTP depois desta “entrega”, já que a captura no sistema operativo Windows não captura todas as interfaces em uso. No entanto é perceptível que o servidor deixa de receber e transmitir os dados do tipo RTP.

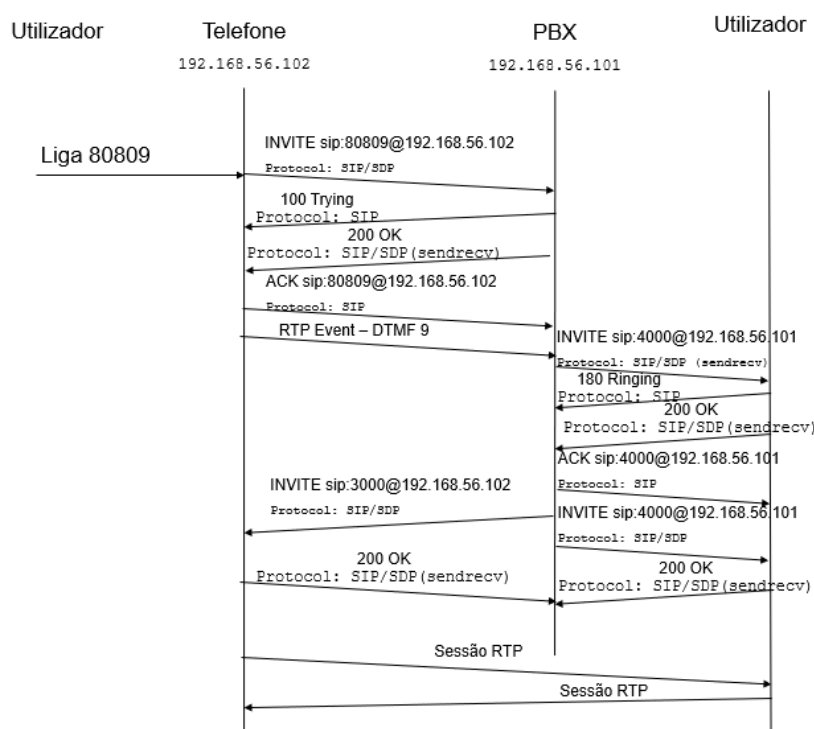


Figura 18 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

10. O utilizador liga ao operador e a chamada é rejeitada pelo operador

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
242	2.361094	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	1100	Request: INVITE sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
253	2.463300	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	477	Status: 180 Ringing
475	4.671152	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	424	Status: 480 Temporarily Unavailable
476	4.671542	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	509	Request: ACK sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016

> Frame 475: 424 bytes on wire (3392 bits), 424 bytes captured (3392 bits) on interface 0
 > Ethernet II, Src: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03), Dst: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75)
 > Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.101, Dst: 192.168.56.102
 > User Datagram Protocol, Src Port: 12540, Dst Port: 5060
 > Session Initiation Protocol (480)
 > Status-Line: SIP/2.0 480 Temporarily Unavailable
 > Status-Code: 480
 > [Resent Packet: False]
 > [Request Frame: 242]
 > [Response Time (ms): 2310]
 > Message Header
 > Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:5060;branch=z9hG4bK43292431;rport=5060
 > To: <sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016>;tag=a643346f
 > From: <sip:3000@192.168.56.102>;tag=as63f0e0aa
 > Call-ID: 2b30135c1fe39e3c36aa652349b765fe@192.168.56.102:5060
 > CSeq: 102 INVITE
 > Sequence Number: 102
 > Method: INVITE
 > User-Agent: X-Lite release 10031 stamp 30942
 > Content-Length: 0

Figura 19 – Captura de pacotes com o protocolo SIP

Na figura 19, observa-se uma chamada ao operador que é rejeitada por este mesmo. É feita a ligação já analisada anteriormente entre o utilizador e o operador, no entanto, após o pacote SIP de *Ringing*, este envia o pacote 400 Temporarily Unavailable, o que significa que foi pressionado o botão de rejeitar chamada. De seguida a observasse um pacote ACK que verifica a presença do operador, e a ligação entre o PBX e o utilizador continua normalmente. O diagrama correspondente a esta sequência está representado na figura 20.

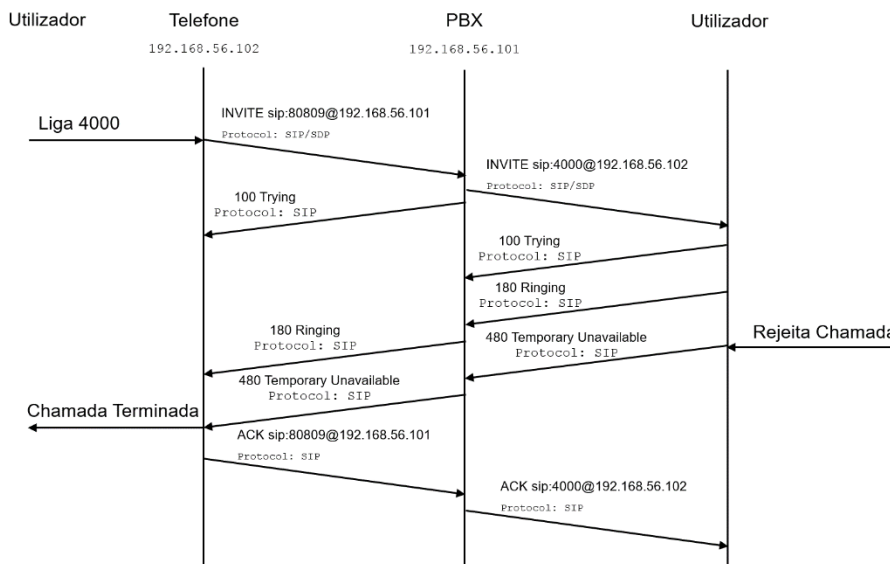


Figura 20 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

11. O utilizador liga ao operador e a chamada não é atendida dentro do tempo limite

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
14 70.443666	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	953	Request: INVITE sip:80809@192.168.56.102
15 70.444411	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	550	Status: 100 Trying
17 75.444887	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	869	Status: 200 OK
18 75.455331	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	492	Request: ACK sip:80809@192.168.56.102:5060
162 76.823781	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	1100	Request: INVITE sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
173 76.926124	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	477	Status: 180 Ringing
664 81.824180	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	461	Request: CANCEL sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
674 81.929482	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	472	Status: 200 OK
675 81.929512	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	419	Status: 487 Request Terminated
676 81.929796	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	509	Request: ACK sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016

Frame 664: 461 bytes on wire (3688 bits), 461 bytes captured (3688 bits) on interface 0
 Ethernet II, Src: PcsCompu_64:68:75 (08:00:27:64:68:75), Dst: 0a:00:27:00:00:03 (0a:00:27:00:00:03)
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.56.102, Dst: 192.168.56.101
 User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 12540
 Session Initiation Protocol (CANCEL)
 Request-Line: CANCEL sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016 SIP/2.0
 Method: CANCEL
 Request-URI: sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
 [Resent Packet: False]
 Message Header:
 Via: SIP/2.0/UDP 192.168.56.102:5060;branch=z9hG4bK6cdd5961;rport
 Max-Forwards: 70
 From: <sip:3000@192.168.56.102>;tag=as715397f5
 To: <sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016>
 Call-ID: 579148616c473b801b7feb2a350a8efc@192.168.56.102:5060
 CSeq: 102 CANCEL
 Sequence Number: 102
 Method: CANCEL

Figura 21 – Captura de pacotes com o protocolo SIP

Na figura 21, observa-se mais uma vez uma chamada ao operador, mas que desta vez em vez de rejeitada simplesmente não é atendida. É inicialmente feita a ligação já analisada anteriormente entre o utilizador e o operador, no entanto, 5 segundos após o pacote SIP de *Ringing*, o servidor envia o pacote CANCEL para o operador que termina a tentativa de ligação entre o utilizador e o operador. O operador envia um pacote SIP de 200 OK, e de seguida um pacote SIP de *Request Terminated* que define o término da ligação. O diagrama correspondente a esta sequência está representado na figura 22.

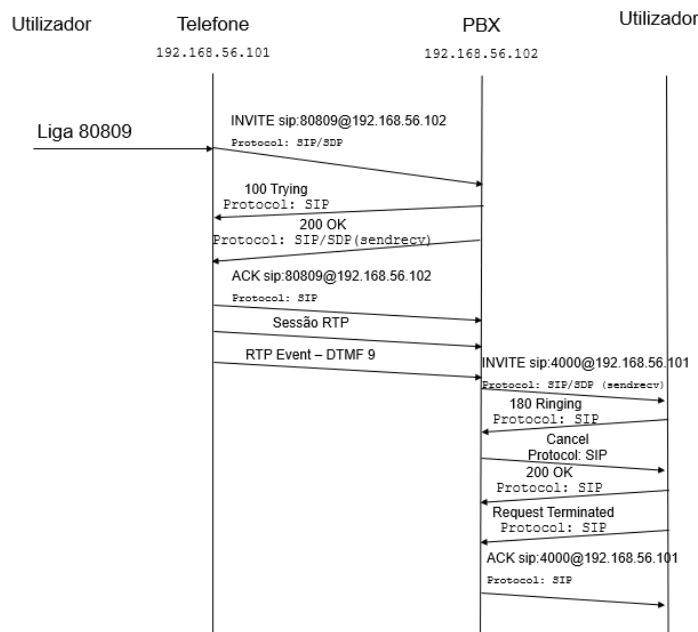


Figura 22 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

12. Directmedia desativado

sip or rtp					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
551	5.421238	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP/SDP	1100 Request: INVITE sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
562	5.523914	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP	477 Status: 180 Ringing
816	8.032394	192.168.56.101	192.168.56.102	SIP/SDP	1037 Status: 200 OK
817	8.032826	192.168.56.102	192.168.56.101	SIP	509 Request: ACK sip:4000@192.168.56.101:12540;rinstance=8eb5027ed4fc0016
819	8.040021	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29915, Time=2380113849, Mark
821	8.060064	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29916, Time=2380114009
823	8.080112	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29917, Time=2380114169
825	8.100421	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29918, Time=2380114329
827	8.120456	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29919, Time=2380114489
829	8.140538	192.168.56.102	192.168.56.101	RTP	214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x68AC36F8, Seq=29920, Time=2380114649

Figura 23 – Captura de pacotes com os protocolos SIP e RTP

Na figura 23, observa-se uma ligação entre o utilizador e o operador, semelhante à situação analisada na figura 17, no entanto, neste caso, foi alterado no ficheiro sip.conf, o parâmetro *directmedia* de modo a que este seja negativo, ou seja, *directmedia=no*. Ao analisar a transferência de pacotes para esta ligação, apesar de não se verificarem muitas diferenças no pacotes relativos ao protocolo SIP, em relação à situação anterior em que *directmedia=yes*, é possível observar que os pacotes RTP, após ter sido feita a ligação entre o utilizador e o operador, não são enviados diretamente de utilizador para utilizador, ou seja, são sempre enviados de utilizador para servidor e só depois do servidor para o utilizador, o que significa que o parâmetro diretamente faz com que não seja possível a transferência direta de pacotes de informação entre utilizadores. Pode-se concluir que este parâmetro é bastante útil, na medida em que possibilita um rastreio da informação por parte do servidor, não havendo privacidade nas comunicações entre utilizadores. O diagrama correspondente a esta sequência está representado na figura 24.

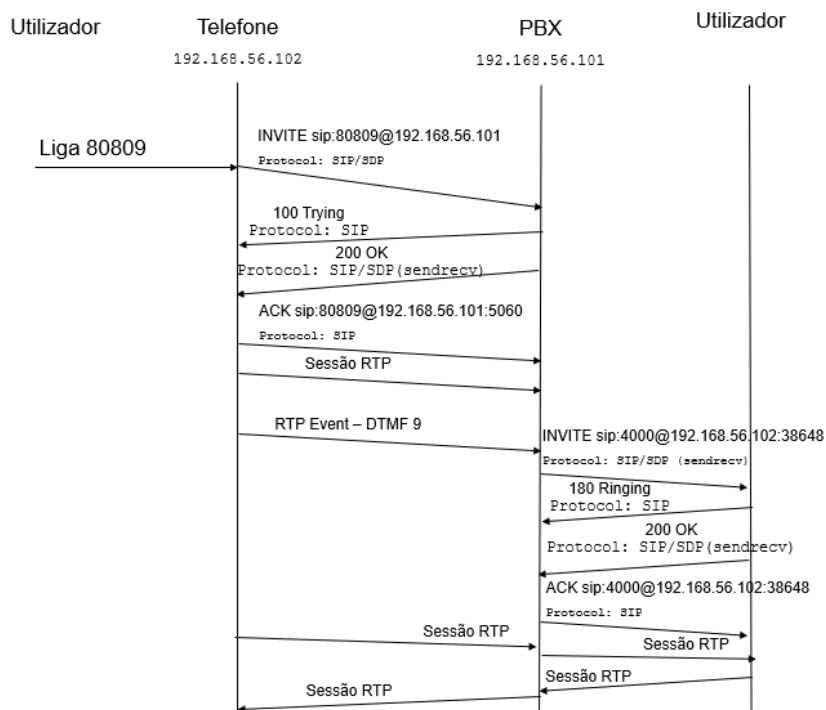


Figura 24 – Diagrama temporal dos protocolos enviados e recebidos

Conclusão

Cada secção deste relatório já apresenta as conclusões a retirar de cada situação. No entanto, podemos afirmar que este trabalho nos permitiu compreender o desenvolvimento de um sistema de IVR e os protocolos utilizados, como funciona um servidor PBX, como são feitas as comunicações entre utilizadores e servidores de serviços VoIP, bem como a maneira como são feitas as configurações necessárias para que essa comunicação seja possível.

Todos os requisitos do projeto foram atingidos e considerámos a elaboração deste trabalho uma experiência enriquecedora.