



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA

Proyecto ELO-323

*Investigación y demostración en detalle de
funcionamiento protocolo SIP*

Matías Márquez
Loreto Romero

28 de Febrero de 2020

Resumen

Frente a la necesidad de un protocolo que sirviese de estándar para el manejo de sesiones interactivas del usuario con elementos multimedia en la red, surge el desarrollo de SIP, del inglés *Session Initiation Protocol*, como una alternativa eficiente, flexible y simplificada, capaz de soportar comunicaciones altamente fiables y resistentes a cualquier tipo de red. SIP cuenta con características a su favor, como el permitir el registro de usuarios y la movilidad entre redes, sin embargo, en un comienzo no fue este su propósito funcional, sino más bien, fue diseñado originalmente para establecer sesiones de comunicación de extremo a extremo en el mundo de la telefonía sobre IP.

En base a ello, se procede a llevar a cabo una demostración experimental que visualiza el funcionamiento de SIP ante una llamada de voz, con el objetivo de visualizar las partes de la comunicación que participan de ella, los mensajes intercambiados y los pasos que se ejecutan. Con esto, se comprobará la importancia de la participación de SIP en la transferencia de voz y su trascendencia en las comunicaciones del mundo contemporáneo.

Introducción

En la telefonía tradicional, las llamadas se realizan vía red telefónica tradicional, una red dedicada en forma analógica o digital. No obstante, hace menos de 30 años, surge el desarrollo de la telefonía IP que se basa en la capacidad de utilizar el protocolo de Internet, no solo para transmitir datos, sino también la voz. El establecimiento de esta nueva forma de comunicación se pudo lograr con la implementación de SIP, el protocolo de capa de aplicación parte del conjunto de recursos que ejecutan la tarea de dirigir la señal de voz. A través VoIP, la señal se envía en forma digital y no precisa los circuitos de transmisión que utiliza la telefónica convencional.

Dada la capacidad de adaptabilidad y expansibilidad de SIP, el avance del tiempo permitió que ofreciese la implementación de nuevos servicios, tales como la compartición de documentos, mensajería instantánea y otras aplicaciones más comunes de comunicación, llegando a posicionarse como uno de los estándares de voz sobre IP y multimedia más utilizado por desarrolladores de hardware y software.

En la presente investigación, se dará paso a la exposición de las funciones principales que cubre el protocolo en la Sección 1, su arquitectura y forma de operar la comunicación en la Sección 2, los protocolos con que interactúa y cómo depende de cada uno de ellos para lograr el intercambio multimedia en la red en la Sección 3, sus principales ventajas y aspectos pendientes por mejorar en la Sección 4, y finalmente la comprobación experimental de aspectos relevantes del funcionamiento de SIP en la Sección 5,

Es válido mencionar algunos tópicos relacionados con el protocolo que no se profundizan en este proyecto pero que pueden ser de interés para el lector. Entre estos, se puede mencionar el tema de la seguridad en entidades remotas, las alternativas comerciales del protocolo, entre otros.

1. Acerca del protocolo

SIP es un protocolo de señalización abierto utilizado para establecer, modificar y finalizar sesiones de comunicación a través de la red IP. Dichas sesiones pueden ser tan simples como la comunicación de voz entre dos puntos, o más complejas como en el caso de una conferencia web multipartita con voz, video y uso compartido de documentos. Además, puede invitar a los participantes a sesiones ya existentes, como conferencias de multidifusión.

¿Qué significa ser un protocolo de señalización?

Al decir que SIP es un protocolo de señalización se refiere a que SIP se encarga del manejo de la sesión pero no transporta audio ni vídeo. SIP hace uso de otros protocolos que se encargan de realizar dichas funciones, las toma por hechas y no las vuelve a desarrollar. De esta forma, SIP funciona en colaboración con otros muchos protocolos, tal como se describe en la Sección 3.

Funcionalidades

Los principales aspectos cubiertos por SIP incluyen (1):

- Ubicación del usuario
- Disponibilidad del usuario
- Capacidades del usuario
- Configuración de parámetros de la sesión
- Gestión de sesiones
- Invocación de servicios

Sumado a lo anterior, los servidores de SIP mantienen la localización de los usuarios, estableciendo un registro de la localización de los terminales, facilitando la movilidad del usuario.

2. Forma de operar

El protocolo SIP utiliza agentes de usuario (User Agents), los cuales emiten y reciben los mensajes, para administrar las sesiones SIP. El agente de usuario cliente (UAC) es el que envía una petición, y el agente de usuario servidor (UAS) es quien responde. Estas posiciones son intercambiables en una sesión dependiendo de quien envíe una petición y quien responda. Las peticiones siempre llevan nombres de solicitudes, como (2) (3):

- INVITE para establecer una sesión con otro dispositivo
- ACK para confirmar que se ha recibido la respuesta al INVITE

- BYE para finalizar la sesión
- CANCEL para cancelar el establecimiento de la sesión
- REGISTER para comunicar la localización de usuario, nombre de equipo e IP
- OPTIONS para comunicar la información acerca de las capacidades de envío y recepción

Por otro lado, las respuestas a las peticiones siempre son códigos de estado con alguna frase, gran parte de estos códigos son compartidos con HTTP. Los códigos están divididos en base a categorías marcadas por el primer número del código:

- 1xx: son respuestas provisionales, es decir, que no son una respuesta final
- 2xx: la petición se ha cumplido con éxito
- 3xx: nueva ubicación del usuario o servicios alternativos para mantener la llamada
- 4xx: fallas en la petición particular
- 5xx: se ha producido un error en el servidor
- 6xx: falla global

Para iniciar una sesión SIP, el UAC parte enviando una solicitud INVITE, luego, el UAS responde con un código 100 Trying, que indica que la petición fue recibida, y una acción se está llevando a para generar una respuesta. Le sigue un 180 Ringing, que indica que el dispositivo está alertando al usuario que hay una llamada entrante. Cuando el usuario contesta la llamada, envía un 200 OK para indicar que acepta la llamada con las condiciones establecidas. Cuando el cliente recibe este último, responde con un ACK, y comienzan a intercambiar datos.

Si el UAS cancela la llamada antes de contestar, se envía una respuesta 603 Decline, indicando que el usuario no quiere atender la llamada. El UAC en cambio, cuando cancela la llamada antes de que se establezca la conexión, envía una petición CANCEL.

Tanto la petición de INVITE, como la respuesta OK cuando se contesta la llamada, llevan los parámetros de la sesión, como el protocolo que utilizarán para el envío de los mensajes o el formato multimedia que utilizará cada uno.

Cuando un usuario termina la llamada, el agente envía una petición BYE, a lo que el otro agente responde con un código 200: OK y finaliza la sesión.

Como las direcciones SIP permiten cualquier nombre o número más algún dominio como dirección -como lo son las direcciones de email, el cual no está relacionado con su dirección IP, es necesario que cuando un usuario se conecte a la red en su dispositivo, este comunique su dirección IP actual para que quienes lo llamen sepan a donde dirigir sus mensajes. Esto se hace mediante una petición de REGISTER, que comunica a un servidor de registro su ubicación. Una vez registrado, el servidor de registro envía una respuesta 200: OK al usuario, indicando que su dirección ya se encuentra asociada a una dirección física.

Luego, cuando un cliente quiera realizar una llamada recurre a un servidor, el cual puede actuar como intermediario de los mensajes, reenviando las peticiones y respuestas que le llegan a sus destinatarios finales, este tipo de servidor es llamado servidor proxy SIP. El otro tipo de servidor son los servidores de redirección, estos en cambio, devuelven al cliente la dirección del servidor en forma de una respuesta 3xx.

De esta manera, SIP logra solucionar el problema de movilidad de los usuarios a través de distintas redes (4).

3. Protocolos con que interactúa

SIP debe trabajar en conjunto con otros protocolos para completar las llamadas multimedia.

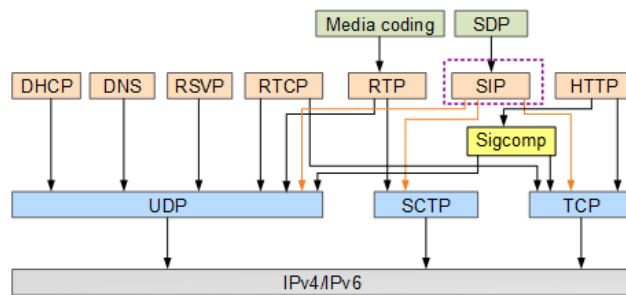


Figura 1: Interacciones entre protocolos y SIP (5)

Los mensajes y declaraciones SDP (Session Description Protocol) van encapsulados dentro de los mensajes SIP (3). SDP se encarga de entablar una negociación entre las entidades que intervienen en la sesión y definir el perfil de la sesión, pero tampoco se encarga de entregar los contenidos multimedia por sí mismo, sino que está pensado para describir las sesiones de comunicación multimedia cubriendo aspectos como anuncio de sesión, invitación a sesión y negociación de parámetros (ver figura 1).

Una vez que el intercambio de los mensajes de configuración son completados, la comunicación es intercambiada utilizando otro protocolo, el cual suele ser RTP (Real-Time Transmission Protocol), portador del contenido de voz y vídeo que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP, en conjunto con RTCP para controlar la transmisión.

Adicionalmente, puede hacer uso de protocolos como TLS (Transport Layer Security) y SRTP (Secure Real-time Transport Protocol) para añadir seguridad a sus señalizaciones.(5)

4. Ventajas y desventajas

Entre las principales ventajas de SIP, se puede destacar en primer lugar que conserva algunos aspectos de HTTP y SMTP, tales como el que sus mensajes están basados en texto ASCII y en el mecanismo de petición-respuesta en el procedimiento de sus llamadas. Esto ayuda a la detección, comprensión y solución de problemas. Resulta conveniente este parecido pues le permite utilizar varios de sus métodos de solicitud, como se muestra en la Sección 2.

No obstante, al tener formato de texto, puede agregar retraso de procesamiento cuando los paquetes son demasiado extensos para redes con problemas de ancho de banda.

Por otro lado, debido a la naturaleza de los sistemas de comunicación IP modernos, estos están expuestos a ataques de ciberdelincuentes y personas malintencionadas. El principal problema y debilidad de las Troncales SIP yace en su ubicuidad. Muchas herramientas utilizadas para realizar ataques sobre Troncales SIP, tales como Tests de Penetración, están disponibles en línea, por lo que los atacantes pueden utilizar estas herramientas para explotar las vulnerabilidades en la estructura de las Troncales SIP y acceder a la red.

Breve comparativa con un protocolo similar: H.323

Tanto el protocolo SIP como el H.323 están dispuestos para soportar voz sobre IP y sesionar las comunicaciones multimedia en Internet. Sin embargo, cada uno fue desarrollado de acuerdo a distintas configuraciones de estandarización, y por lo tanto, se construyeron de forma distinta con sus propias características.

A lo largo de los años, H.323 ha sido uno de los protocolos más relevantes en la transferencia de videos (6). Con el avance de la tecnología y las nuevas necesidades globales, el intercambio de archivos multimedia y conferencias en vivo ha propulsado el mejoramiento del estándar de señalización. Ante esto, SIP presenta algunas singularidades que le han permitido adaptarse a la demanda. Un ejemplo de ello es la inclusión de un sistema de registro de usuarios que favorece la movilidad del usuario y le admite recibir llamadas desde distintos terminales, como se explica en la Sección 2. Sumado a ello, SIP es altamente flexible, lo cual le permite a desarrolladores expandir sus capacidades, o bien agregar nuevas, soportar comunicaciones de alta calidad, transferencia de datos, entre otros (7).

A continuación, la figura 2 muestra una comparativa entre características de cada uno.

	H.323	SIP
Desarrollo	ITU-T	IETF
Arquitectura	Monolítica	Modular
Implementación	Costosa	Más sencilla
Negociación Param.	Si. Amplia.H.245	SI. SDP
Señalización	Q.931 sobre TCP	SIP sobre UDP/TCP
Codificación	Binaria (ASN.1)	TEXTO (UTF-8)
Media	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Vigencia	En declive	En auge

Figura 2: Distintos aspectos entre H.323 y SIP (8)

5. Comprobación experimental

Para la prueba del protocolo SIP se hará una llamada entre un computador y un smartpho-
ne vía aplicaciones SIP, utilizando Express Talk para el computador, y la aplicación Linp-
hone para el smartphone. Se ocupará Wireshark en el computador para hacer la captura de
paquetes.

En esta prueba se realizará una llamada desde el computador hacia el smartphone. Se verán los escenarios en donde se contesta la llamada, se corta la llamada antes de que se conteste, y cuando se rechaza. Se analizarán los paquetes en cada una de estas situaciones para ver la comunicación entre ambos dispositivos, la relación cliente/servidor que existe entre quien hace la llamada y quien la recibe, y el orden de los mensajes que son enviados para informar al otro dispositivo las acciones realizadas por cada uno.

Resultados

Se puede ver en la figura 3, usando el filtro para ver solo los mensajes SIP, el intercambio de paquetes que se utilizaron para iniciar y terminar la sesión. Primero, el computador (IP: 192.168.42.166) envía la petición INVITE al smartphone (IP:91.121.209.194), luego de recibir este mensaje, el smartphone responde con un 100 Trying, seguido de un 110 Push sent, mensaje que envían estos dispositivos para alertar que una notificación ha sido creada para alertar de una llamada, y finalmente un 180 Ringing.

Una vez que el usuario del smartphone contesta la llamada, el dispositivo envía una respuesta 200 OK, a lo que el computador responde con el ACK.

En este caso vemos que el usuario del smartphone fue quien terminó la llamada, ya que fue él quien envió la petición BYE, y el computador quien respondió con el 200 OK.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3.255639	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP/SDP	926	Request: INVITE sip:+56998254703@sip.linphone.org
3.540419	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	449	Status: 100 Trying
3.546314	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	346	Status: 110 Push sent
8.905403	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	694	Status: 180 Ringing
10.974002	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP/SDP	1153	Status: 200 Ok
10.978792	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	618	Request: ACK sip:+56998254703@sip.linphone.org;gr=urn:uuid:5d58d96a-5ce6-00f0-a839-3901327c22fc
17.047003	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	661	Request: BYE sip:mmarquez@191.119.5.15:8982
17.047075	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	565	Status: 200 OK

Figura 3: Captura de los paquetes de inicio y término de la sesión SIP.

En la figura 4 se analiza el interior del paquete INVITE, el cual fue enviado usando UDP, con puerto de destino 5060, y utilizando la versión de SIP 2.0. Además, como se ve también en la figura 3, también incluye un paquete SDP (al igual que la respuesta 200 OK cuando la llamada es aceptada) para acordar las características de la sesión.

```
> Frame 31: 926 bytes on wire (7408 bits), 926 bytes captured (7408 bits) on interface \Device\NPF_{3AE0BC72-2368-4700-9875-CF43858BA026}, id 0
> Ethernet II, Src: MS-NLB-PhysServer-12_3a:63:60:39 (02:0c:3a:63:60:39), Dst: ae:df:8f:80:37:92 (ae:df:8f:80:37:92)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.42.166, Dst: 91.121.209.194
> User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060
v Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:+56998254703@sip.linphone.org SIP/2.0
  > Message Header
  v Message Body
    > Session Description Protocol
```

Figura 4: Contenido de la petición INVITE.

Para ver los paquetes enviados cuando se corta o rechaza la llamada antes de que se inicie la sesión, nos fijaremos en las figuras 5 y 6.

Vemos que cuando el computador cancela la llamada, este envía la petición CANCEL, a lo que el smartphone responde con un 200 OK y un 487 Request Terminated. Con estas 2

respuestas, el dispositivo avisa que ha recibido la petición de cancelar la llamada, y que la petición de invitación ya no es válida.

Cuando el smartphone cancela la llamada en cambio, se envía una respuesta 603 Decline, informándole al computador que el usuario no quiso atender la llamada.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
19.235360	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP/SDP	927	Request: INVITE sip:+56998254703@sip.linphone.org
19.552215	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	449	Status: 100 Trying
19.558064	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	347	Status: 110 Push sent
20.319896	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	695	Status: 180 Ringing
20.824548	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	409	Request: CANCEL sip:+56998254703@sip.linphone.org
21.112950	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	358	Status: 200 OK
21.118808	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	374	Status: 487 Request Terminated
21.118809	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	374	Status: 487 Request Terminated
21.120199	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	421	Request: ACK sip:+56998254703@sip.linphone.org

Figura 5: Captura de paquetes cuando el UAC cancela la llamada.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
23.585771	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP/SDP	927	Request: INVITE sip:+56998254703@sip.linphone.org
23.874029	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	449	Status: 100 Trying
23.885757	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	347	Status: 110 Push sent
24.766717	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	695	Status: 180 Ringing
26.406583	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP	488	Status: 603 Decline
26.408143	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	415	Request: ACK sip:+56998254703@sip.linphone.org

Figura 6: Captura de paquetes cuando el UAS rechaza la llamada.

Utilizando un filtro para mostrar solo paquetes SIP y RTP, en la figura 7 se puede ver el uso del protocolo RTP para intercambiar mensajes una vez iniciada la sesión SIP.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10.974002	91.121.209.194	192.168.42.166	SIP/SDP	1153	Status: 200 Ok
10.978792	192.168.42.166	91.121.209.194	SIP	618	Request: ACK sip:+56998254703@sip.linphone.org;gr=urn:uuid:5d58d96a-5ce6-00f0-a839-3901327c22fc
11.085808	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41438, Time=1197646302, Mark
11.105740	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41439, Time=1197646462
11.125752	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41440, Time=1197646622
11.145779	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41441, Time=1197646782
11.165932	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41442, Time=1197646942
11.186239	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41443, Time=1197647102
11.206263	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41444, Time=1197647262
11.226260	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41445, Time=1197647422
11.246271	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41446, Time=1197647582
11.266240	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41447, Time=1197647742
11.286386	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41448, Time=1197647902
11.306071	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41449, Time=1197648062
11.326040	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41450, Time=1197648222
11.346350	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41451, Time=1197648382
11.366314	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41452, Time=1197648542
11.386285	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41453, Time=1197648702
11.406300	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41454, Time=1197648862
11.426300	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41455, Time=1197649022
11.446296	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41456, Time=1197649182
11.453587	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=0, Time=1956709059
11.453589	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=1, Time=1956709219
11.453589	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=2, Time=1956709379
11.465264	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=3, Time=1956709539
11.466272	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41457, Time=1197649342
11.486453	192.168.42.166	91.121.209.194	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xDDEA16247, Seq=41458, Time=1197649502
11.504355	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=4, Time=1956709699
11.504356	91.121.209.194	192.168.42.166	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x9DCEAE7, Seq=5, Time=1956709859

Figura 7: Captura de paquetes cuando se acepta la llamada.

Conclusiones

SIP, por las cualidades anteriormente descritas, resulta ser un protocolo ligero y flexible en comparación de otros, pues usa menos recursos al reutilizar protocolos ya existentes, a la vez que minimiza la complejidad de SIP permitiendo que se trabaje con una variedad más amplia de aplicaciones.

Aún así, SIP enfrenta desafíos, como por ejemplo su falta de identidad, de funcionar dentro de un tipo específico de implementación -a diferencia del H.323- significa que no siempre es interoperable, y por lo tanto soportar SIP a través de un firewall se puede volver problemático. Además, al ser un protocolo ligero y derivar tantas tareas puede volverlo dependiente en gran medida del resto, siendo incapaz de funcionar aisladamente.

En comparación con H.323, SIP representa una alternativa más flexible y adaptable a las necesidades del desarrollador. Sin embargo, ambos se mantienen vigentes y tienen cualidades destacables, donde el uso de uno o del otro dependerá de la necesidad del proveedor de servicio o de las exigencias de su aplicación.

En conclusión, SIP constituye una solución a la distribución de contenidos multimedia de manera instantánea, pues presenta una manera fácil de iniciar, modificar o terminar conversaciones ya sea de texto, audio o video, entre 2 o más personas, y se prevee que continúe siendo el protocolo dominante para el establecimiento y mantenimiento de sesiones multimedia.

Referencias

- [1] SIP. E. Lopez. Extraído desde <https://www.scribd.com/document/387109351/Sip>
- [2] SIP: Session Initiation Protocol RFC. Network Working Group. (2002, Junio) Extraído desde <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>
- [3] Fundamentos de señalización mediante SIP. F. Matango. (2016, Septiembre, 15). ServerVoIP. Extraído desde <http://www.servervoip.com/blog/tag/senalizacion-sip/>
- [4] SIP. F. Matango. (2016, Septiembre, 13). ServerVoIP. Extraído desde <http://www.servervoip.com/blog/tag/como-funciona-el-protocolo-sip/>
- [5] What Is the SIP Protocol. (2019, Febrero, 22). Huawei. Extraído desde <https://support.huawei.com/enterprise/de/doc/ED0C1100067358/efac2025/what-is-the-sip-protocol>
- [6] Pros and cons of H.323 and SIP [2020]. A. Galvita. (2019, Febrero, 20) TrueConf. Extraído desde <https://trueconf.com/blog/reviews-comparisons/why-sip-better-than-h323.html>
- [7] H.323 vs SIP. (2017, Junio, 21). Dinecom. Extraído desde <https://dinecom.cl/h323-vs-sip-cual-es-la-diferencia-entre-los-dos/>
- [8] VoIP: Un enfoque práctico. A. Sagredo. (2007, Noviembre, 9) <https://es.slideshare.net/albersag/voip-un-enfoque-practico>