



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD PROFESIONAL CULHUACÁN

INGENIERIA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

SIP

EL PROTOCOLO QUE TRANSFORMÓ LAS COMUNICACIONES

Presentada por: Jorge Galindo Cedillo

**Asesores: M. en C. José Efrén Pérez Carmona
Ing. Alejandro Rodríguez Jiménez**

Ciudad de México

Marzo 2019

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESIS INDIVIDUAL

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de **INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA** deberá desarrollar el C.:

JORGE GALINDO CEDILLO

“SIP, EL PROTOCOLO QUE TRASFORMO LAS COMUNICACIONES”

LA TESIS SE TRATA DE COMO HAN EVOLUCIONADO LAS COMUNICACIONES DESDE EL TELEFONO ANALOGICO HASTA LAS NUEVAS TECNOLOGIAS, PASANDO POR DIFERENTES PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN, POR EJEMPLO: TDM, FRAME RELAY, 3GPP, HTTP, Y H.323 (VoIP). TAMBIEN SE HACE UN EJERCICIO RELIZANDO UNA LLAMADA DE VOZ DESDE UN SOFTPHONE CON TECNOLOGIA SIP INSTALADO EN UNA COMPUTADORA HACIA UN TELEFONO CELULAR INTELIGENTE EN EL QUE TAMBIEN SE INSTALA UNA APLICACIÓN DE TELEFONO SIP. SE CAPTURAN LAS PANTALLAS EN UN ANALIZADOR DE PROTOCOLOS Y SE ANALIZA EL RESULTADO PASO A PASO HASTA LLEGAR A LA LLAMADA DE VOZ O VOZ CON VIDEO.

CAPITULADO:

CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE

CAPITULO II. ELEMENTOS TEORICOS DE LA TESIS

CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ciudad de México, a 18 de Febrero del 2019.



M. EN C. JOSE EFREN PEREZ CARMONA
PRIMER ASESOR



ING. ALEJANDRO RODRIGUEZ JIMENEZ
SEGUNDO ASESOR





ING. EDGAR RICARDO GOMEZ NAVARRO
JEFE DE LA CARRERA DE I.C.E

ING. CARLOS AQUINO RUIZ
SUBDIRECTOR ACADEMICO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE TITULACIÓN PROFESIONAL



CARTA AUTORIZACION DE USO DE OBRA

En la Ciudad de México, a **18 de Febrero del 2019**, el que suscribe **JORGE GALINDO CEDILLO** alumno de la carrera de **Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica**, con número de registro **R-018/18**, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan, manifiesto que soy el autor intelectual del presente trabajo de **Tesis Individual**, bajo la asesoría del **M. en C. José Efrén Pérez Carmona** y el **Ing. Alejandro Rodríguez Jiménez** y otorgo el uso del trabajo titulado **SIP, EL PROTOCOLO QUE TRANSFORMA LAS COMUNICACIONES**, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o asesores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección de correo: jorge.galindo@absit.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



JORGE GALINDO CEDILLO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a esa energía divina del universo llamada “Dios” o con el nombre que lo conozcan en otras latitudes y religiones del mundo, no importa como lo llamen, lo importante es que estuvo siempre presente. *‘El ingeniero por excelencia’*, por darme las fuerzas, la inteligencia, la sabiduría, los recursos tanto materiales como humanos, necesarios durante el proceso de culminación de mi carrera profesional. El me da la fortaleza y la capacidad, para seguir adelante a pesar de las adversidades.

Gracias a mis padres por ser los promotores de mis sueños y mis anhelos. Ellos siempre supieron que sería ingeniero y siempre aguantaron que desbaratara los equipos electrónicos que había en la casa. Gracias a ellos por creer en mí y en mis capacidades. Gracias a mi madre por apoyarme en todo momento durante mis días de escuela que a veces eran interminables, Gracias a mi padre por el apoyo, por siempre desear lo mejor para mí y para mi vida. Gracias a los dos por enseñarme a ver la vida desde una óptica especial y enfocada en el amor por la familia. Agradezco a José y Dalila, por su inmenso amor, cariño, comprensión, cuidado, bendiciones y todo esos que hacemos los padres por nuestros hijos. Ellos han sido el pilar fundamental en mi formación y mi vida. LOS AMO.

También quiero agradecer a mis hermanos: Pepe y Mine. Gracias por quererme, ayudarme y siempre alentarme de una manera muy especial, son de lo mejor que me ha pasado en la vida. Y si, siempre serán mis hermanos. LOS AMO.

Agradezco a la vida por mis hijos Rebeca (Coti Coti) y Jorge (Coque). Ustedes son mi orgullo y mi gran motivación, pensando en ustedes puedo librar cualquier adversidad que se presente, ustedes me impulsan a superarme cada día. No es fácil, eso lo sé, pero si no los tuviera, no habría logrado tantas cosas, y seguramente mi vida no sería la misma.

De manera muy especial quiero agradecer a Ada (sin H y sin varita), la ayuda que me brindaste fue sumamente importante, estuviste siempre cerca en los momentos y situaciones más complicadas de mi vida y de este proyecto, siempre ayudándome. No fue sencillo culminar con éxito esta tesis, sin embargo, siempre fuiste muy motivadora y esperanzadora, me decías que lo lograría sin problema. Me ayudaste hasta donde te fue posible, incluso más que eso.

Al M. en C. José Efrén Pérez Cardona y al ingeniero Alejandro Rodríguez Jiménez, por su apoyo y colaboración en la elaboración de este proyecto.

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| ACRÓNIMOS | 7 |
| Objetivos generales | 9 |
| Objetivos particulares | 9 |
| CAPÍTULO 1 | 10 |
| 1.1 Estado del Arte | 10 |
| 1.2 Beneficios de VoIP (Voz sobre IP) y la telefonía IP | 16 |
| 1.2.1 Efectividad en costos | 16 |
| 1.2.2 Funcionalidad | 16 |
| 1.2.3 Administración / Control | 17 |
| 1.2.4 Ventajas de Voz sobre IP | 17 |
| 1.3 ¿Por qué elegir el protocolo SIP y no otro protocolo? | 17 |
| 1.4 Oportunidades con SIP | 17 |
| 1.5 Estándar vs propiedad tecnológica de cada protocolo | 17 |
| 1.6 SIP vs H.323, MGCP, y otros protocolos | 18 |
| 1.7 SIP es el futuro | 18 |
| CAPÍTULO 2 | 19 |
| 2.1 Elementos teóricos | 19 |
| 2.2 Servicios de Presencia | 24 |
| 2.3 Direccionamiento SIP (URI) | 24 |
| 2.4 Como habilitar voz, video y mensajería instantánea | 25 |
| 2.5 Protocolo de descripción de sesión (SDP) | 26 |
| 2.6 Protocolos RTP/RTCP | 27 |
| 2.7 Ejemplo de comunicación SIP | 29 |
| 2.8 Evolución desde RFC 2543 a RFC 3261 | 30 |
| 2.9 Evolución de RFC 3261 a 3GPP, 3GPP2 y TISPAN | 32 |
| 2.10 Una solución de presencia (SIMPLE) | 33 |
| 2.11 Componentes de una red SIP | 33 |
| 2.11.1 User Agent (Agente de usuario) | 34 |
| 2.12 Tipos de servidores SIP | 36 |
| 2.12.1 Registrar Server (Servidor de registro) | 36 |
| 2.12.2 Redirect Server (Servidor de redirección) | 37 |
| 2.12.3 Proxy Server (Servidor proxy) | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 2.12.4 Servidor de servicio de localización | 39 |
| 2.13 Agente de usuario consecutivo [Back to Back User Agent (B2BUA)] | 39 |
| 2.15 Sintaxis de mensajes SIP | 42 |
| 2.16 Detalles de inicio de llamada | 42 |
| 2.17 Encabezados | 45 |
| 2.17.1 El encabezado general | 45 |
| 2.17.2 Identificador de llamadas | 46 |
| 2.17.3 Cseq | 47 |
| 2.17.4 From (De) | 47 |
| 2.17.5 Max-Forwards | 48 |
| 2.17.6 A (To) | 48 |
| 2.17.7 Via | 49 |
| 2.18 Otros encabezados (Headers) | 49 |
| 2.18.1 Aceptar (Accept) | 49 |
| 2.18.2 Permitir (Allow) | 50 |
| 2.18.3 Contacto (Contact) | 50 |
| 2.18.4 Expira (Expires) | 50 |
| 2.18.5 Registro de ruta (Record-Route) | 50 |
| 2.18.6 Require (Requiere) | 51 |
| 2.18.7 Supported (Soportado) | 51 |
| 2.18.8 User Agent (Agente de usuario) | 51 |
| 2.19 Solicitudes SIP | 51 |
| 2.20 Línea de inicio | 52 |
| 2.21 Líneas de cabecera específicas para solicitudes SIP | 53 |
| 2.21.1 Authorization (Autorización) | 53 |
| 2.21.2 Priority (Prioridad) | 53 |
| 2.21.3 Proxy-Authorization (Autorización- Proxy) | 53 |
| 2.21.4 Proxy-Require | 54 |
| 2.21.5 Route (Ruta) | 54 |
| 2.21.6 Subject (asunto) | 54 |
| 2.22 Respuestas SIP | 54 |
| 2.23 Códigos de respuesta | 55 |
| 2.24 Líneas de encabezado específicas para respuestas SIP | 56 |
| 2.25 Ubicación de usuarios de direcciones SIP | 59 |
| CAPÍTULO 3 | 60 |
| DESARROLLO DEL PROYECTO | 60 |
| El Protocolo SIP en el desarrollo del proyecto | 60 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Proveedores de servicio VOIP/SIP, GATEWAY SIP/PSTN _____ | 61 |
| 3.1.1 Lista de proveedores de servicio VoIP / SIP _____ | 62 |
| 3.1.2 Proveedor CallCentric Internet Phone Service _____ | 62 |
| 3.2 Configuración de los dispositivos terminales SIP _____ | 64 |
| 3.2.1 Dispositivos terminales SIP _____ | 64 |
| 3.3 Dispositivo en Software: Softphone X-Lite versión 5.2 _____ | 66 |
| 3.3.1 Configuración de la cuenta SIP en el Softphone X-Lite 5.2 para CallCentric _____ | 66 |
| 3.4 Analizador de protocolos _____ | 70 |
| 3.5 Llamada desde softphone X-LITE hacia teléfono celular con aplicación BRIA MOBILE _____ | 71 |
| 3.6 Llamada desde teléfono celular hacia softphone X-LITE _____ | 74 |
| CAPÍTULO 4 _____ | 77 |
| Conclusiones y Recomendaciones _____ | 77 |
| 4.1 Conclusiones _____ | 77 |
| 4.2 Recomendaciones _____ | 78 |
| BIBLIOGRAFÍA _____ | 79 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Usuarios SIP tienen un alcance global de todos los clientes SIP conectados a Internet. _____ | 16 |
| Figura 2.1. RTP trabaja sobre UDP. _____ | 28 |
| Figura 2.2. Formato del paquete RTP. _____ | 28 |
| Figura 2.3. RTP restaura el orden de los paquetes. _____ | 28 |
| Figura 2.4 Transacciones SIP _____ | 30 |
| Figura 2.5. Arquitectura SIP dos componentes esenciales Agentes de Usuario y Servidores. _____ | 34 |
| Figura 2.6. UAS recibe mensajes desde UAC. _____ | 35 |
| Figura 2.7. Flujo de llamada desde UAC hacia UAS con mensaje INVITE. _____ | 35 |
| Figura 2.8. Funcionamiento del servidor de registro (Registrar). _____ | 37 |
| Figura 2.9. Funcionamiento del servidor de redirección. _____ | 37 |
| Figura 2.10 Ejemplo de SIP proxy server. _____ | 38 |
| Figura 2.11. Esquema de un B2BUA. _____ | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 2.12 Agentes de usuario SIP _____ | 41 |
| Figura 2.12 Uso del encabezado Cseq. _____ | 47 |
| Figura 2.13. Formato del mensaje de solicitud SIP _____ | 53 |
| Figura 2.14. Formato del mensaje de respuesta SIP _____ | 55 |
| 3.1. Diagrama funcional por etapas del protocolo SIP en el desarrollo del proyecto. _____ | 60 |
| Figura 3.2. Opción PAY PER CALL (Pago por llamada). _____ | 63 |
| Figura 3.3. Ingreso de datos como New customers. _____ | 63 |
| Figura 3.4. Número SIP o número CallCentric. _____ | 64 |
| Figura 3.5. Dispositivos en Software (Softphones). _____ | 65 |
| Figura 3.6. Softphones para móviles. _____ | 65 |
| Figura 3.7. Configuración de la cuenta SIP en el Softphone X-Lite 5.2. _____ | 66 |
| Figura 3.8. Ventana SIP Account X-Lite 5.2. _____ | 67 |
| Figura 3.9. Ventana Advanced X-Lite 5.2. _____ | 68 |
| Figura 3.10. Interfaz principal X-Lite 5.2: Registro exitoso. _____ | 68 |
| Figura 3.11. Aplicación para teléfono inteligente Bria versión para ios. _____ | 69 |
| Figura 3.12. Ajustes de configuración aplicación BRIA. _____ | 69 |
| Figura 3.13 Teclado numérico (caratula) de la aplicación Bria _____ | 70 |
| Figura 3.14. Llamada desde Softphone X-Lite hacia teléfono celular con aplicación SIP Bria. _____ | 71 |
| Figura 3.15. Tráfico recibido en el host (bits / segundo). _____ | 71 |
| Figura 3.16. Ventana RTP Streams. _____ | 72 |
| Figura 3.17. Ventana VoIP Calls _____ | 73 |
| Figura 3.18. Flujo de mensajes en una llamada VoIP: ventana Graph Analysis. _____ | 73 |
| Figura 3.19. Escenario de prueba: Llamada desde Teléfono celular con aplicación BRIA hacia Softphone X-Lite. _____ | 74 |
| Figura 3.20. Tráfico recibido en el host (bits / segundo). _____ | 75 |
| Figura 3.21. Ventana RTP Streams. _____ | 75 |
| Figura 3.22. Ventana VoIP Calls. _____ | 76 |
| Figura 3.23. Flujo de mensajes en una llamada VoIP: ventana Graph Analysis _____ | 76 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Encabezados definidos en RFC 3261 | 46 |
| Tabla 2.2 Códigos de respuesta SIP | 58 |
| Tabla 3.1 Resultados de funcionamiento: Llamada desde Softphone X-Lite hacia celular con aplicación SIP | 72 |
| Tabla 3.2. Resultados de funcionamiento: Llamada desde teléfono celular hacia Softphone X-Lite. | 75 |

ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------|--|
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project |
| ACK: | Acknowledgement. |
| ADC: | Analog to digital converter. |
| ARP: | Address Resolution Protocol. |
| ARP: | Address Resolution Protocol. |
| ARPANET: | Advanced Research Projects Agency Network. |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| B2BUA: | Back to Back User Agent. |
| CoS: | Class of Service. |
| DAC: | Digital to analog converter. |
| DARPA: | Defense Advanced Research Projects Agency. |
| DNS: | Domain Name System. |
| DSP: | Digital Signal Processor. |
| FTP: | File Transfer Protocol. |
| HTTP: | HyperText Transfer Protocol. |
| IEEE: | Institute of Electrical and Electronics Engineers. |
| IETF: | Internet Engineering Task Force. |
| IGMP: | Internet Group Management Protocol |
| IP: | Internet Protocol. |
| ISDN: | Integrated Services Digital Network. |
| ITU: | International Telecommunication Union. |
| LAN: | Local Area Network. |
| MAC: | Media Access Control. |
| NAT: | Network Address Translation. |
| NIC: | Network Interface Card. |
| PBX: | Private Branch Exchange. |

| | |
|----------------|-----------------------------------|
| PCM: | Pulse Code Modulation. |
| PDA: | Personal digital assistant. |
| PDU: | Protocol Data Unit. |
| POP: | Post Office Protocol. |
| POTS: | Plain Old Telephone Service. |
| PSK: | Pre Shared Key |
| PSTN: | Public Switched Telephone Network |
| TDM: | Time Division Multiplexing, |
| TELNET: | Telecommunication Network. |
| UA: | User Agent. |
| UAC: | User Agent Client. |
| UAS: | User Agent Server. |
| UDP: | User Datagram Protocol. |
| URI: | Uniform Resource Identifier. |
| URL: | Uniform Resource Locator |
| VoIP: | Voice Over Internet Protocol. |
| WAN: | Wide Area Network. |

Objetivos generales

Establecer una llamada basada en tecnología SIP, con el fin de conocer todo el proceso de una llamada, utilizando un dispositivo móvil, y un dispositivo fijó (laptop), contratando servicios de bajo costo.

Objetivos particulares

Conocer los estándares bajo los cuales opera la tecnología SIP.

Como se establece una llamada con la tecnología SIP.

La administración y control de las llamadas.

Empresas que ofrecen esta tecnología.

Los beneficios de utilizar la tecnología SIP con un ahorro de hasta un 90%.

Con SIP se puede beneficiar de la videoconferencia, mensajería instantánea, presencia, compartir archivos instantáneamente, entre otros.

CAPÍTULO 1

1.1 Estado del Arte

El término telefonía proviene del griego "tele" (lejos) y "fonía" (sonidos), que aparece a finales del siglo XIX con la invención del teléfono, inicialmente fue considerado como inventor del teléfono a Alexander Graham Bell, ya que él fue el primero en patentarlo, pero más tarde correctamente se le reconoció como inventor del teléfono a Antonio Meucci en el 2002.

Este artefacto (llamado teléfono), consistía principalmente de un altavoz y un micrófono, que se encontraba conectado con otro teléfono de similares características, ubicado a cierta distancia, esta conexión fue realizada a través de un cable, por medio de dicho cable se transmitía y recibía la señal de voz de cada uno de los teléfonos situados en los extremos, por medio de esto se consiguió mantener conversaciones a cierta distancia.

En su fase inicial, cada persona que tenía un teléfono, debía conectarlo por medio de un cable con el teléfono de la persona con la que se deseaba mantener una comunicación a distancia. En sus inicios el medio de transmisión se realizó a través de un hilo de hierro, además no disponían de circuitos de marcación.

El despliegue de esta red telefónica no fue ordenado. Porque comenzó como una simple agrupación de conexiones entre clientes, es decir una comunicación punto a punto.

Con el crecimiento del número de clientes esta situación en poco tiempo se volvió inmanejable, consecuentemente surgió la necesidad de crear una solución. Una entidad general que se encargue de gestionar los cables, llevando a la creación de centrales, como sitios donde se establecen conexiones entre los abonados, de modo que cada teléfono se conectó a una central, a las que llegaban los cables que provenían de todos los aparatos de una determinada zona.

Aquellas primeras centrales telefónicas no eran automáticas, la conexión entre el origen y el destino de la llamada se realizaba de forma manual en las centrales telefónicas, es decir debían estar controladas por un operador humano.

Para realizar una llamada telefónica, un abonado descolgaba el teléfono y se pedía al operador la comunicación con la persona deseada, esto permitía hablar con cualquier teléfono que estuviera conectado a la central; la operadora conectaba la clavija de comunicación en grandes paneles con numerosos conectores.

En las organizaciones, se comienza a utilizar el término PBX¹ (Public Branch Exchange), que no es más que un panel de conmutaciones o conexiones a cargo de un operador humano.

Este problema se solucionó con el invento de Almon Brown Strowger, que después de tener conocimiento de que la operadora o la telefonista encargada de la conmutación manual de las llamadas, había desviado la de un cliente hacia el negocio de un competidor, Strowger no descansó hasta inventar un sistema que pudiera evitar la intervención de operadores manuales.

Strowger inventó un sistema de marcado en los teléfonos, para que la llamada se conmute automáticamente al destino requerido, con el apoyo de su sobrino Walter S. Strowger realizaron un sistema de conmutación del que solicitó una patente en 1889, que le fue concedida con el número US447918 en 1891.

En 1960 empiezan a surgir las primeras centrales telefónicas automáticas electrónicas analógicas que realizaban la conmutación a través de relevadores. Con la invención de centrales telefónicas automáticas se consiguió eliminar los operadores humanos y acelerar el proceso de conmutación. En la actualidad, todo el proceso se ha automatizado, las modernas centrales se encargan de recibir todas las llamadas y realizan las conexiones de forma casi instantánea.

Por muchos años la red telefónica fue analógica, lo que se enviaba y recibía, por medios de los cables, era la transformación directa de la voz en voltaje. La señal transmitida, desde el origen hasta llegar a su destino, tenía que pasar por varios filtros analógicos, como amplificadores, repetidores, etc., debido a que generalmente en sistemas de transmisión analógica se utilizaba multiplexación por división de frecuencia (MDF)².

Estos dispositivos insertaban ruido en la señal original, además la señal era muy susceptible a interferencias por problemas en los cables; el ruido introducido por estos dispositivos y la interferencia, no podían ser eliminados fácilmente, generando una baja calidad en la comunicación.

Se pudo atenuar significativamente el ruido, mediante el desarrollo de la telefonía digital, utilizando convertidor analógico/digital y digital/analógico consiguiendo una importante mejora en la comunicación, lo que se envía ahora es la voz digitalizada, y al momento de pasar por los diversos dispositivos como repetidores, centrales, etc., la señal original es reconstruida totalmente.

¹ PBX (Private Branch Exchange) literalmente sucursal privada de intercambio, dispositivo que permite la interconexión de teléfonos (en este contexto extensiones), que interconectan una o varias salidas a la PSTN.

² multiplexación por división de frecuencia (MDF) o (FDM) del inglés Frequency Division Multiplexing, es un tipo de multiplexación utilizada generalmente en sistemas de transmisión analógicos.

Después de la invención del transistor y el avance de la electrónica digital, se empiezan a transformar las redes telefónicas en digitales, poco a poco en diversos países se han ido convirtiendo las redes telefónicas de analógicas a digitales, sobre todo la conexión entre centrales lo que se conoce como trunking, aunque la conexión entre el equipo de abonado (teléfonos) y la central continua siendo analógica, las centrales digitalizan las señales analógicas, tratando de atenuar el ruido, sobre todo en la conexión entre centrales.

Para la transmisión de señales analógicas utilizábamos la multiplexación por división de frecuencia, en la transmisión de señales digitales se modifica el modo de multiplexación por división de tiempo o (TDM), de esta forma se logra eliminar la presencia de filtros analógicos y un mejor aprovechamiento del medio de transmisión, porque ocupa un canal de transmisión (por lo general de gran capacidad) a partir de distintas fuentes o canales, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante un intervalo de tiempo.

En la multiplexación por división de tiempo (TDM)³, podemos enviar un fragmento de cierta conversación en menor tiempo que la original, la idea es poder comprimir la señal original, pensemos en la posibilidad de enviar un fragmento de una conversación que se originó en un extremo y que equivale a un segundo, mediante un cable tan solo ocupamos medio segundo, el medio de transmisión (el cable) se encuentra disponible en resto del medio segundo, por lo que se puede aprovechar el medio de transmisión para enviar un fragmento de otra conversación de duración medio segundo, y esto se consigue por medio de un solo cable y podemos tener dos conversaciones simultáneas.

El proceso se obtiene "intercalando" muestras de diferentes señales, para transmitir las en forma secuencial por el mismo canal.

Gracias a la digitalización de la voz, se puede dividir la conversación en pequeños fragmentos y puede ser enviada a través del medio de transmisión (el cable) en menos tiempo, de esta manera se puede optimizar el medio de transmisión, es decir a través de un solo cable tener numerosas conversaciones simultáneas.

Las Redes Públicas Telefónicas Conmutadas (PSTN), son un conjunto de equipos de switcheo y redes que pertenecen a los proveedores de servicio telefónico.

Cuando hablamos de PSTN, hablamos primeramente de redes de cableado telefónico y sus puntos de acceso a las redes inalámbricas tales como red celular, y comunicación satelital. Los abonados tienen acceso a la red alámbrica de la PSTN a través de grandes switches manejadores de voz, los cuales están localizados en las centrales telefónicas y proporcionan servicio telefónico ordinario analógico o sistemas digitales. El acceso puede ser vía teléfonos alámbricos o inalámbricos.

³ La multiplexación por división de tiempo (MDT) o (TDM), del Inglés Time Division Multiplexing, es el tipo de multiplexación más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales.

A mediados de los años 80 se identificó la necesidad de sustituir la red pública TDM lo cual no fue sencillo ni barato, reemplazar las redes por sistemas alternativos omnipresentes basados en paquetes, con nodos y enlaces de banda ancha, los cuales puedan ser administrados de manera dinámica desde la central pública hasta el cliente final. Parte de esta promesa pareció ser cumplida con la tecnología Modo de Transferencia Asíncrona (ATM), que sigue siendo una clave importante para la modernización de la red troncal de manera que la convergencia de la aplicación se puede realizar. Pero mientras la tecnología ATM gasta años desarrollando estándares amplios y precisos para soportar la nueva era de las redes públicas, el crecimiento explosivo de la experiencia de internet nos trajo una probada de como las redes convergentes integradas deberían ser.

El protocolo de internet (IP), ahora es el rey de los protocolos de red, hacia el cual virtualmente todas las aplicaciones apuntan a ser parte de la nueva red convergente. Las dos primeras son: telefonía de voz y aplicaciones de datos.

Aun la simple convergencia de una llamada telefónica de voz con aplicación de datos que requiere manejo de ancho de banda ha probado ser una tarea nada fácil. Los requisitos a menudo son contradictorios y las primeras implementaciones propietarias de las redes de convergencia deben llegar a ser interoperables en la red pública para obtener una amplia aceptación del consumidor. Al mismo tiempo cada proveedor está tratando de dar un salto en el mercado. Estos asuntos han sido el corazón del problema y trabajan continuamente a un ritmo frenético.

Una sencilla llamada entre dos partes en un teléfono analógico no es simple, incluso con el esquema actual en una red pública. Primero que nada, está el hecho de que existen realmente dos “nubes” en la PSTN la primera lleva consigo señalización y la otra transporta la banda de voz. Parte del problema con la convergencia en la infraestructura actual es la señalización en el acceso local que está basado en el hardware y adaptado para telefonía de voz, con algunas consideraciones fundamentales para los circuitos de Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), con video punto a punto y solo para aquellos que pueden pagarlo.

Esta es una severa limitación y una buena razón para buscar un cambio. El segundo aspecto es la dificultad de tener aplicaciones interactivas multimedia en el hogar como la enseñanza a distancia. Ambas, la señalización y la falta de suficiente ancho de banda son limitaciones severas. Entretenimiento bajo demanda y compras de conveniencia son también factores para la búsqueda de modernización de las redes. Video conferencia a todo color con precios accesibles podría no estar muy lejos en los nuevos servicios de telefonía. Todas estas nuevas capacidades pueden tener el efecto secundario de convertirnos en adictos a la televisión, pero también cuentan con serios beneficios al hacer posible el intercambio de información de una manera y conveniencia como nunca habíamos experimentado.

Si empezamos asumiendo que el problema del acceso a la banda ancha será resuelto entonces señalización y transporte de media deben ser reingenierizados en su totalidad para facilitar la convergencia, la telefonía analógica será cosa del pasado y la voz existirá en un formato digital punto a punto.

La tecnología de paquetes de la nueva infraestructura está siendo diseñada y estará basada en protocolos de Internet, la nueva conectividad será proveída por tres tecnologías principales Protocolo de control de acceso de medios (MGCP), H.323⁴ y Protocolo de Inicio de Sesión (SIP).

Hoy por hoy es posible transmitir la señal de voz en paquetes sobre las redes de datos IP, en nuestros días se lo conoce como Voz sobre IP (VoIP). Mediante VoIP permite unir la transmisión de voz con la transmisión de datos. La Voz sobre IP, permite la transmisión de la señal de voz, para conseguir esto la señal es comprimida y digitalizada de manera muy eficiente, estableciendo un modelo o sistema que permita “empaquetar” la señal de la voz, en las cuales la información a transmitir se divide en unidades de información denominados *paquetes*, para que puedan viajar a través de redes de datos.

El SIP, es ampliamente utilizado en la tecnología de Voz sobre IP, para la comunicación por voz y vídeo directa de persona a persona en tiempo real a través de Internet. Permitiendo mensajería instantánea, voz, video, intercambio de archivos, compartir aplicaciones y mucho más. El protocolo SIP contiene una entidad lógica denomina Back to Back User Agent (B2BUA)⁵, encargada del control, gestión de llamadas entre usuarios SIP, interconexión de red, transcodificación entre los puntos terminales de la llamada, entre otros.

Actualmente el SIP, es uno de los protocolos de señalización más utilizados en tecnología de voz sobre IP. SIP ha sido estandarizado y dirigido principalmente por el (IETF) Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet, mientras que el protocolo de VoIP H.323 ha sido tradicionalmente más asociado con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (“ITU”). Sin embargo, las dos organizaciones han promocionado ambos protocolos del mismo modo.

SIP parece muy sencillo, y realmente lo es. Pero detrás de su sencillez se oculta su gran fortaleza; SIP posee un diseño “modular”, el cual es considerado como la fortaleza del protocolo SIP, esto le ha permitido ser utilizado en muchas aplicaciones. El alcance del protocolo SIP es relativamente amplio, incluyendo el establecimiento de prácticamente cualquier tipo de sesión entre dos partes.

⁴ H.323 es, muy parecido a SIP, un protocolo diseñado para la configuración, administración y terminación de una sesión de comunicación. Es un conjunto de estándares de ITU-T, los cuales definen un conjunto de protocolos para proveer comunicación visual y de audio.

⁵ El B2BUA es una aplicación para controlar llamadas entre usuarios SIP y se diferencia de un Proxy SIP en que este únicamente gestiona el estado de una llamada cuando se realiza, mientras que el B2BUA mantiene el estado de las llamadas y las mantiene para conseguir información valiosa en determinados entornos como facturación, redireccionamiento de llamadas en caso de caída de un proveedor SIP.

SIP interviene en la parte de señalización al establecer la sesión de comunicación, pero este protocolo trabaja conjuntamente con protocolo de descripción de la sesión (SDP), y Protocolo de transporte en tiempo real (RTP/RTCP), donde SDP está diseñado para transportar información referente a las características de las sesiones y parámetros de capacidades de negociación entre los integrantes de la sesión, por ejemplo el listado de *Codecs*⁶ que están en la capacidad de soportar los integrantes de la sesión. Por otro lado, RTP/RTCP se encarga de transportar los flujos de medios o datos multimedia, propiamente dicho, transporta el audio o video.

Los distribuidores de VoIP, telefonía IP, mensajería instantánea (como el Microsoft MSN Messenger/Skype), están todos normalizados sobre SIP. En noviembre del año 2000, SIP fue aceptado como el protocolo de señalización de (3GPP)⁷ y elemento permanente de la arquitectura Subsistema Multimedia del Protocolo de Internet (IMS).

Hoy en día se está empezando a afirmar que lo que fue el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) para la Web, lo hará SIP para las telecomunicaciones. SIP tiene grandes repercusiones en la industria de las telecomunicaciones. Las empresas de celulares han decidido normalizar sobre SIP todas las aplicaciones futuras. La comunicación en tiempo real de persona a persona ahora es posible gracias al gran uso del internet, hoy por hoy el estándar de internet para comunicación, es el protocolo SIP.

Al igual que HTTP fue creado para la web y el Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP) creado para el correo electrónico, SIP esta creado a través del gran uso del Internet para la comunicación en tiempo real entre personas, SIP es actualmente el protocolo de elección para realizar las nuevas implementaciones de VoIP, lo cual esta evidenciado por el apoyo de Microsoft, MCI, AT&T y muchos otros. Los Usuarios SIP en la red de acceso local (LAN), tienen un alcance global y de todos los clientes SIP conectados a Internet, como se presenta en la figura 1.1.

⁶ Un **códec** es un programa o dispositivo hardware capaz de codificar o decodificar una señal o flujo de datos digitales. Códec es un acrónimo de *codificador-decodificador* o, menos comúnmente, *compresor-descompresor*. Su uso está muy extendido para la codificación de señales de audio y video dentro de un formato contenedor.

⁷ 3rd Generation Partnership Project (3GPP) es un acuerdo de colaboración en tecnología de telefonía móvil que fue establecido en diciembre de 1998.

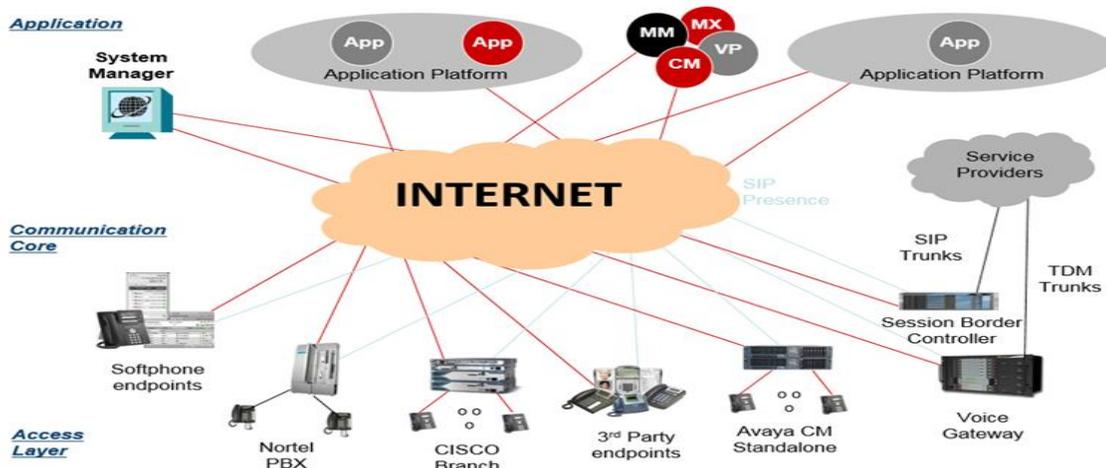


FIGURA 1.1: USUARIOS SIP TIENEN UN ALCANCE GLOBAL DE TODOS LOS CLIENTES SIP CONECTADOS A INTERNET.

Actualmente existen una gran cantidad de dispositivos terminales que soportan aplicaciones VoIP basadas en SIP, estas aplicaciones se encuentran tanto en hardware como en software, los cuales están disponibles comercialmente gracias a muchos fabricantes. Estos dispositivos terminales son teléfonos que permiten hacer llamadas utilizando tecnología VoIP, soportando SIP.

Las terminales físicas (hardware) tienen una apariencia como un teléfono convencional. Los teléfonos SIP pueden también estar basados en software denominados *Softphone*, que no es otra cosa que un software que emula las funciones de un teléfono físico tradicional, permitiendo que cualquier computador pueda ser utilizado como teléfono.

1.2 Beneficios de VoIP (Voz sobre IP) y la telefonía IP

Las principales razones de las empresas, organizaciones y consumidores para elegir la telefonía IP en lugar de la telefonía tradicional son las siguientes:

1.2.1 Efectividad en costos

Las empresas nacionales y organizaciones pueden ahorrar desde un 30 a un 40% de sus gastos de teléfono utilizando VoIP. Las empresas internacionales pueden ahorrar drásticamente más, quizás hasta un 90%.

1.2.2 Funcionalidad

La telefonía IP es solo el comienzo. Con Voz sobre IP se puede beneficiar de la videoconferencia, mensajería instantánea, presencia, compartir archivos instantáneamente, entre otros.

1.2.3 Administración / Control

Con la telefonía tradicional “POTS” (*Plain Old Telephone Service*) es el operador quien controla lo que puede y no puede hacer, y quien cobra incluso por un pequeño uso del sistema. Con VoIP se podría tener el control completo al instante.

Trabajo con mayor eficiencia

Con VoIP se puede dirigir las llamadas entrantes para satisfacer necesidades específicas y forma de trabajo. Por ejemplo, en un instante su oficina puede convertirse en centro de llamadas (*Call Center*).

1.2.4 Ventajas de Voz sobre IP

Las principales ventajas de la tecnología Voz sobre IP son las siguientes:

Voz sobre IP permite transmitir más de una llamada telefónica por el mismo canal o circuito virtual, optimizando recursos de infraestructura y ancho de banda. De esta manera es más sencillo incrementar una línea telefónica en el hogar u oficina.

VoIP proporciona movilidad, es decir es extremadamente flexible, con VoIP la ubicación del usuario es independiente, el usuario puede llevar su teléfono VoIP a cualquier lugar, siempre y cuando disponga de una conexión a la Internet, estará en la capacidad de recibir llamadas.

Si se desea implementar un sistema telefónico completo, con VoIP no hay necesidad de instalar un cableado telefónico dedicado, porque funciona por medio de la red informática existente. De la misma manera no es necesario instalar módems especiales de voz o tarjetas de telefonía.

1.3 ¿Por qué elegir el protocolo SIP y no otro protocolo?

Las principales razones para elegir SIP en lugar de otra tecnología son las siguientes:

1.4 Oportunidades con SIP

El protocolo SIP es un estándar para la comunicación de persona a persona, que le permite beneficiarse del servicio de telefonía IP, mensajería instantánea, presencia, videoconferencia, intercambio de archivos instantáneamente, entre otros.

Ya que es un estándar abierto que solo la imaginación es lo que limita a la gran variedad de aplicaciones que los proveedores de todo el mundo pueden dar.

1.5 Estándar vs propiedad tecnológica de cada protocolo

Existen muchos protocolos para la tecnología VoIP y telefonía IP. Algunas marcas utilizan la propiedad tecnológica, la cual prohíbe a los usuarios mezclar y combinar productos de diferentes fabricantes. SIP es un estándar mundial abierto. La elección de productos basados en el estándar SIP asegura que se pueden mezclar productos de diferentes fabricantes y que va a ser parte del mundo VoIP en el futuro.

1.6 SIP vs H.323, MGCP, y otros protocolos

SIP es un protocolo nuevo, y más simple que el protocolo H.323, y mucho más adecuado para VoIP y otras aplicaciones de internet. Por lo tanto, se observará una gran cantidad de aplicaciones basadas en SIP que en H.323⁴. “MGCP” o Protocolo de control de acceso de medios (*Media Gateway Control Protocol*), es un protocolo basado en ideas de un simple teléfono tradicional, donde el operador tiene el control total. SIP permite a los usuarios finales tener un control total.

1.7 SIP es el futuro

Más y más empresas y organizaciones alrededor del mundo eligen equipos compatibles con SIP. *Gartner Group* estimó que en el año 2008, el 90% de las redes de telefonía corporativa serán habilitadas para IP y se basaran en el protocolo SIP.

CAPÍTULO 2

2.1 Elementos teóricos

SIP es un protocolo de Internet de capa de aplicación para establecer, manipular y finalizar sesiones de comunicación. El protocolo está diseñado para ser extensible, es decir SIP se puede extender fácilmente para acomodar video, mensajería instantánea (IM), y los medios de comunicación aun no inventados. (XML es un ejemplo de lenguaje de programación extensible). Además, SIP también admite extensiones para mensajería instantánea, publicidad y seguimiento de disponibilidad de usuarios (ambos conocidos hoy como Facebook, Messenger, Skype etc.).

El concepto de "sesión" se introdujo por primera vez en RFC 2327 (Descripción del protocolo de la Sesión) como un conjunto de flujos de datos que transportan múltiples tipos de medios entre remitentes y receptores. Una sesión puede ser una llamada telefónica, una videoconferencia, un usuario que toma el control remoto de una PC o dos usuarios que comparten datos, chatean o intercambian mensajes instantáneos. El protocolo de inicio de sesión (SIP) se definió originalmente en RFC 2543 por el grupo de trabajo MMU-SIC (Control de sesión multimedia multi partita) del IETF. El grupo de trabajo MMUSIC estuvo trabajando en un completo marco multimedia basado en los siguientes protocolos:

- El protocolo de descripción de la sesión (SDP, RFC 2327) y el anuncio de la sesión Protocolo (SAP, RFC 2974).
- El protocolo de flujo en tiempo real (RTSP, RFC 2326) para controlar los servidores de datos en tiempo real, o más exactamente isócronos⁸.
- SIP.

Estos protocolos complementan los protocolos IETF existentes, como RTP (RFC 1889) del grupo de trabajo AVT (Audio / Video Transport), utilizado para la transferencia isócrona de datos, o RSVP del grupo de trabajo INTSERV (Servidores Integrados) para la asignación de ancho de banda.

⁸ Los elementos de datos de un flujo de datos isócrono, por ejemplo, muestras de voz, se deben reproducir con los mismos intervalos de tiempo relativos que cuando se grabaron.

SIP ahora tiene su propio grupo de trabajo dentro del IETF, que mantiene una estrecha coordinación con el grupo MMUSIC, ya que este último todavía está trabajando para mejorar el SDP que se usa ampliamente en SIP. Uno de los objetivos iniciales de SIP era seguir siendo simple, y para este propósito, se crearon los principios de diseño de protocolo de telecomunicaciones "clásicos", como aislamiento de capas de protocolo o separación completa de bloques funcionales (por ejemplo, sintaxis de mensaje, codificación y serialización de mensaje, retransmisión).

El SIP RFC inicial pretendía definir en un único documento de 150 páginas todos los detalles técnicos necesarios para la gestión de la sesión, que abarcaban la confiabilidad del mensaje, el transporte, la seguridad y un conjunto de primitivas genéricas para las siguientes funciones:

- Ubicación del usuario: determinación de los parámetros técnicos (dirección IP, etc.) necesarios para llegar a un sistema final para ser utilizado para la comunicación y asociación de usuarios finales con sistemas finales.
- Disponibilidad del usuario: determinación de la accesibilidad de un usuario final y la voluntad de la parte llamada para comunicarse.
- Capacidades de punto final: determinación de los tipos de medios, parámetros de medios y funciones del sistema que se pueden usar.
- Configuración de la sesión: 'timbre' de un dispositivo remoto, establecimiento de parámetros de sesión de medios tanto en las partes llamantes como las llamadas.
- Gestión de sesiones: incluida la transferencia y la finalización de sesiones, la modificación de parámetros de sesión y la invocación de servicios. Las funciones de control de conferencia se dejan a extensiones que pueden ser llevadas dentro de mensajes SIP. Tardó casi un año para que SIP se volviera sorprendentemente popular para un protocolo de telecomunicaciones, pero esto puede entenderse desde el contexto. Al igual que sus contemporáneos WAP o UMTS, el desarrollo del SIP se produjo en el pico de la burbuja de Internet, y muchas empresas de nueva creación gastaron una cantidad desmesurada de recursos de marketing para promover el estado omnipotente del SIP. Del mismo modo que la 'nueva economía' era elogiada como un nuevo paradigma muy superior a la 'vieja economía', agobiado por convenciones y procesos obsoletos, comenzó a difundirse que SIP era una nueva forma simple de diseñar sistemas de telecomunicaciones y que la antigua red pública era innecesariamente compleja e ineficiente. Incluso el protocolo H.323⁹, solo un par de años más antiguo que SIP, fue atrapado en esta ola y comenzó a ser criticado por su pesadez y herencia tradicional de telecomunicaciones.

⁹ De hecho, H.323 se basa en el protocolo Q.931 utilizado en las redes de telecomunicaciones actuales, y utiliza la herramienta de modelado de software más reciente, el Lenguaje de descripción y descripción-SDL, capaz de generar casos de prueba automáticos. H.323 define y separa muchos módulos de software funcionales, y utiliza una sintaxis abstracta (ASN.1) para describir sus mensajes, lo que permite generar automáticamente el código de análisis y serialización.

Después de la explosión de la burbuja de Internet, las nubes de marketing comenzaron a disiparse lentamente, y después de unos años de experiencia, las fortalezas y debilidades reales del SIP ahora son más fáciles de evaluar.

Una ventaja del protocolo es que los autores intentaron constantemente abstraerlo de cualquier uso específico. Por ejemplo, la mayoría de las veces, las primeras versiones de SIP se usaban para transportar objetos 'opacos' requeridos para una aplicación o medios específicos y no se entendían por la pila de protocolos SIP.¹⁰

Esto estimuló la imaginación de los desarrolladores y generó ideas interesantes, por ejemplo, el uso de SIP para mensajería instantánea.

SIP se utiliza para identificar, ubicar y ordenar a las partes que desean comunicarse utilizando cualquier tipo de medio de igual a igual. Sin embargo, SIP no transporta los medios en sí, eso es manejado por códecs dentro de los programas o dispositivos de comunicación.

SIP se basa en estándares de internet existentes.

Aunque SIP puede parecer nuevo, en realidad se basa en muchos protocolos que son ampliamente utilizados en la actualidad a través de Internet y en muchas aplicaciones empresariales. La comunidad IETF tomó los estándares de Internet como modelo, y usó un modelo basado en texto de solicitud/respuesta en el corazón del protocolo SIP.

Si usa navegadores web, entonces usted ya depende de un protocolo muy similar a SIP, llamado HTTP (Protocolo de transporte de hipertexto). SIP es modelado después de HTTP, y de hecho utiliza mucha de la sintaxis y semántica de HTTP.

Ambos son protocolos de texto codificado, lo que significa que son fáciles de leer y depurar. Esta legibilidad promueve integración en una arquitectura descentralizada (tales como Internet) y la interoperabilidad a través de una red distribuida.

En efecto, SIP es para comunicaciones convergentes HTTP, y para el intercambio de información en la World Wide Web (WWW). SIP hace que la infraestructura de comunicaciones sea transparente para los usuarios finales y permite un fácil acceso a muchos modos de comunicación. Del mismo modo que apunta su navegador a un sitio HTTP y que le permite reproducir videos, descargar imágenes, o subir archivos, SIP también ha sido diseñado para soportar comunicaciones multimedia.

¹⁰ Esta capacidad para transportar parámetros opacos también está presente en la mayoría de los otros protocolos, especialmente en H.323, utilizando los "Parámetros no estándar" que se pueden definir libremente dentro del marco del estándar. Tenga en cuenta también que en SIP el tamaño de los parámetros opacos está restringido por el hecho de que no se ha definido ningún mecanismo de segmentación para SIP sobre UDP.

Debido a que SIP 'potencialmente' se puede expandir, a menudo se cree y promociona que SIP 'Hace' todo. Este es el conocido síndrome 'es solo software'. Año tras año ha habido una acumulación de extensiones patentadas de SIP, a veces descrita en borradores de documentos, aunque a veces ni siquiera documentada, pero la falta de un proceso de estandarización bien definido ha impedido frecuentemente la convergencia de las implementaciones. La realidad, a pesar de afirmar lo contrario en eventos de interoperabilidad "patrocinados", es que solo los flujos de llamadas más comunes funcionan entre proveedores, y a menudo son demasiado triviales para abordar completamente la complejidad de las aplicaciones del mundo real.

Con demasiada frecuencia, SIP sigue siendo solo un nombre tranquilizador que oculta muchas extensiones propietarias. Como resultado, las redes SIP operacionales de hoy en día aún se construyen principalmente con equipos de infraestructura proporcionados o integrados por un solo proveedor. Sin embargo, la participación de los grupos de trabajo ETSI 3GPP y ETSI TISPAN mejoró enormemente la situación: estos grupos introdujeron modificaciones significativas al protocolo cuando definieron un perfil SIP para su uso en redes IMS, y el proceso de estandarización para este 'sabor' de SIP es mucho más riguroso. Como resultado, el perfil SIP IMS se ha convertido en un protocolo mucho más robusto e interoperable. La PSTN parecía ser mucho más compleja de lo que se había previsto originalmente, y, por lo tanto, SIP carecía de muchas de las funciones necesarias para el inter-funcionamiento adecuado con la PSTN. H.323v1 también había omitido algunos detalles, pero su herencia Q.931 hizo que fuera más fácil solucionar los problemas rápidamente de forma estándar entre los proveedores.

Como resultado, la mayoría de las redes de VoIP que interactúan con la PSTN inicialmente usaban H.323, y no SIP.¹¹ Tomó casi 10 años reducir el número de extensiones SIP propietarias requeridas para el inter funcionamiento apropiado, y finalmente, con el perfil TISPAN de SIP, un perfil SIP estándar y robusto para el inter funcionamiento PSTN.

La mayor complejidad del protocolo requerida por el inter-funcionamiento de PSTN se basan en el RFC inicial y se ha vuelto difícil de manejar con el enfoque original de diseño todo aislado. La vieja forma de estratificar protocolos y definir módulos funcionales destinados a gestionar la complejidad y garantizar una calidad uniforme a medida que el software evoluciona. Las últimas especificaciones SIP claramente vuelven a este enfoque modular, pero el diseño original y la falta de metodología formal hacen que esto sea muy difícil, y las últimas RFC todavía están cargados con excepciones y accesos directos entre capas de software que hacen que el protocolo sea difícil de implementar y probar. SIP ciertamente ya no es simple.

¹¹ En noviembre de 2002, el consorcio VASA (BellSouth, Chunghwa Telecom, Equant, France Telecom, SBC, Sprint PCS, Telecom Italia Lab, VeriSign, Verizon y WorldCom) publicó un estudio independiente de 'SIP en redes de operadores' que enfatizó que 'algunos operadores de redes han experimentado dificultades importantes en el Inter funcionamiento de productos de diferentes proveedores. En contraste con los objetivos iniciales de SIP, los operadores se dirigen hacia soluciones de proveedor único'. El estudio concluyó: "Para las redes existentes, los argumentos en contra de la migración inmediata de TDM o H.323 a SIP superan los posibles beneficios".

SIP va más allá de HTTP integrando en las comunicaciones inteligencia para detectar las capacidades de los medios del dispositivo final, así como la disponibilidad de un usuario para comunicarse.

Es evidente que el mundo de la telefonía con sus códigos de país, códigos de área, códigos de ciudad y números de teléfono continuará sirviendo a muchas personas durante algún tiempo. Entonces, ¿cómo les puede llamar a los usuarios de SIP con URI desde teléfonos tradicionales, y cómo llama a los usuarios de teléfonos fijos desde dispositivos habilitados para SIP?

Afortunadamente, se ha definido la correspondencia entre SIP y los protocolos de telefonía. Las puertas de enlace (Gateways) que conectan Internet con la PSTN son ampliamente implementadas y utilizadas por los usuarios de VoIP todos los días. Las URI de SIP también pueden ser utilizadas para llevar números telefónicos. Por ejemplo:

sip: +5215556781212@ejemplo.com; usuario = teléfono contiene el número de teléfono para asistencia de directorio en Ciudad de México.

Al transferir un número de teléfono PSTN a una puerta de enlace SIP/PSTN, las llamadas entrantes se pueden enrutar a teléfonos SIP y PBX.

Los proveedores de servicios ya han adoptado SIP para su enrutamiento interno de llamadas. Con el inter-funcionamiento SIP-PSTN (que proporciona conectividad entre estos dos sistemas a través de un estándar de interfaz definido), operadores como Alestra, Maxcom, Telefónica, TelMex y otros están trabajando con proveedores de equipos como Cisco, Huawei, Extreme y otros para ofrecer nuevos y fascinantes servicios de troncales SIP en el mercado empresarial.

Antes de SIP y VoIP, las empresas conectaban sus sistemas telefónicos internos basados en PBX con operadores a través de troncales dedicadas TDM (Time Division Multiplexing). Las empresas tenían que pagar aun si estaban inactivas o desviadas a otro destino, pagaron tarifas altas, especialmente costosas para llamadas de larga distancia.

Hoy en día, muchas compañías integran voz y datos a través de IP e interconectan sus sitios utilizando IP WAN para reducir los costos de comunicaciones dentro de la empresa. Sin embargo, los circuitos PSTN tradicionales aún se utilizan para comunicarse con sus clientes, proveedores, socios de negocios y el mundo exterior.

Las troncales SIP permiten a las empresas llevar sus datos y voz a través de una conexión IP pura con operadores en la nube, en lugar de a través de circuitos separados, como ha sido la práctica durante décadas. Un proxy SIP empresarial es compatible con un proxy SIP de Carrier, con las apropiadas protecciones de seguridad establecidas entre ellos. El circuito IP continúa transportando el correo electrónico, Internet y el resto del tráfico corporativo como lo hace hoy en día, y la voz

simplemente se coloca en capas en la parte superior del circuito como otra aplicación IP. SIP configura y desglosa las llamadas de voz hacia y desde la empresa a través de este circuito IP.

Las llamadas dentro de la red atraviesan hacia la red troncal de VoIP del operador (que normalmente está dedicada a la voz para garantizar la calidad). Las llamadas fuera de la red utilizan la red IP del operador hasta la última milla, donde una puerta de enlace convierte VoIP en TDM para las llamadas hacia de red pública (PSTN).

Las troncales SIP cambian la forma de hacer las conexiones a los operadores de telecomunicaciones.

2.2 Servicios de Presencia

SIP introduce un nuevo modelo de comunicaciones a través de su soporte de presencia. La presencia le permite ubicar a un usuario, determinar su disposición y capacidad de participar en una sesión, incluso antes de iniciar las comunicaciones. Esta información, reflejada a través de múltiples dispositivos como teléfonos IP, teléfonos celulares inteligentes y clientes de mensajería instantánea, hace que la comunicación sea simple y eficiente al ayudarlo a llegar a la persona indicada, en el momento adecuado, y en el dispositivo requerido.

SIP usa un lenguaje basado en texto. Eso no quiere decir que SIP solo admite texto; significa que los mensajes de SIP son fáciles de programar e interpretar, lo que facilita la interoperabilidad entre diferentes implementaciones de proveedores. SIP también es muy modular y extensible, lo que permite la integración de protocolos heredados existentes. Estas propiedades hacen de SIP un protocolo ideal para implementar comunicaciones convergentes basadas en estándares de red.

El estándar SIP se define por la norma RFC 3261 por el Equipo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF). El IETF es una gran comunidad abierta internacional de diseñadores de redes, operadores, vendedores e investigadores preocupados por la evolución de la arquitectura de Internet y su funcionamiento. Varios consorcios neutrales, incluidos SIPit, SIP Foundry y SIP Forum, organizan reuniones y eventos donde las empresas con base en SIP así como los productos de hardware y software pueden probar la interoperabilidad con otros productos basados en SIP. Esta prueba ayuda a promover la integración más fluida de productos basados en SIP en redes de transporte y redes empresariales.

2.3 Direccionamiento SIP (URI)

Una característica clave de SIP es su capacidad para usar la dirección de un usuario final de registro (AOR) como una sola dirección pública unificadora para todas las comunicaciones. Entonces, en el mundo de las comunicaciones mejoradas con SIP, el AOR de un usuario se convierte en su única dirección que enlaza al usuario con todos los dispositivos de comunicación o servicios que utiliza.

Por ejemplo, el AOR del usuario Juan Pérez se vería como SIP: `juanperez@dominio.com`. Usando este AOR, un llamador puede llegar a los dispositivos de comunicación múltiple de Juan (conocidos como agentes de usuario o UAs) sin tener que saber cada una de las direcciones de dispositivos o números de teléfono únicos de Juan. Para complementar el AOR, SIP proporciona un mecanismo llamado Identificador Uniforme de Recursos (URI) que establece un esquema común de direccionamiento para todos los agentes de usuario de un individuo. El formato de una dirección URI sigue el mismo formato básico como una dirección web o de correo electrónico: `direcciondecontacto@dominio.com`

Al aplicar este estilo de direccionamiento, SIP puede buscar y encontrar la dirección única de los múltiples dispositivos y servicios de un usuario en un dominio de comunicaciones, y luego vincular todos los agentes de usuario a un AOR único del usuario para ese dominio. Los siguientes son algunos ejemplos de cómo se podría aplicar este URI:

- Un teléfono: `sip: 55-5508-0060@dominio.com; user =teléfono`
- Un fax: `sip: 55-5678-2450@dominio.com; user = fax`
- Un usuario de IM: `sip: juanperez@dominio.com`

Un usuario generalmente solo tiene un SIP AOR, como: `juanperez@dominio.com`. Luego, cada uno de los dispositivos del usuario tiene su propia URI, por ejemplo:

`sip: 55-5678-2450@dominio.com; usuario = fax.`

2.4 Como habilitar voz, video y mensajería instantánea

De acuerdo con la filosofía IETF en definir protocolos simples con una funcionalidad potente, SIP continua con la arquitectura peer to peer (punto a punto) que contiene un pequeño conjunto de diferentes métodos (tipos de mensajes). Al mismo tiempo, SIP también es modular y extensible, lo que le permite integrar SIP en su entorno de comunicaciones heredado existente. Como resultado, SIP puede interoperar con muchos protocolos de telefonía tradicional y otros escenarios, así como con los servicios de comunicaciones emergentes.

Las propiedades mencionadas hacen que SIP sea un protocolo ideal para cualquier empresa que implementa una red convergente de comunicación basada en estándares.

Algo importante que debemos mencionar es que SIP no está diseñado simplemente para reemplazar la PSTN. Más bien, SIP va mucho más allá de la telefonía tradicional facilitando cualquier tipo de sesión de comunicación punto a punto, mensajería instantánea, videojuegos, conferencias y colaboración.

Básicamente, utilizas SIP para crear y finalizar las sesiones de medios (por ejemplo, sesiones de mensajería instantánea, texto, voz o video). SIP se combina con otros protocolos de red, así como las tecnologías de capa de aplicación para proporcionar funcionalidad de extremo a extremo. Uno de esos protocolos es el Protocolo de Descripción de Sesión (SDP), que lleva dentro de ella información sobre la sesión que está configurando (es decir, el tipo de medio, el códec a usar y el protocolo que transporta los medios).

2.5 Protocolo de descripción de sesión (SDP)

Es un formato o un lenguaje para describir los principales parámetros de inicialización que caracterizan a una sesión multimedia.

SIP trabaja conjuntamente con SDP y RTP/RTCP, donde SDP está diseñado para transportar información referente a las características de las sesiones, y parámetros de capacidades de negociación entre los integrantes de la sesión, este proceso permite asociar más de un flujo multimedia en una misma sesión, es decir en una misma sesión se puede asociar un flujo para audio, otro flujo para video, o también un flujo para transferir documentos. Por otro lado, RTP/RTCP se encarga de transportar los flujos de datos multimedia, es decir, transporta el audio o video.

Dentro del mensaje SDP se envían los parámetros a negociar, como por ejemplo el listado de *Codecs* que están en la capacidad de soportar los integrantes de la sesión, este códec se envía en orden de prioridad (g711U, g711A, GSM, entre otros). También SDP negocia parámetros como la tasa de muestreo de la señal y el tamaño de los paquetes.

Los paquetes SDP usualmente contienen la siguiente información sobre la sesión multimedia:

- La versión del protocolo.
- Propietario o creador, identificador de la sesión.
- Dirección IP (IPv4 o IPv6 direcciones o nombre del host).
- Nombre de la sesión y su propósito.
- Información de conexión.
- Tiempo que la sesión esta activa (tiempos de inicio y finalización de la sesión).
- Tipo de dato multimedia relacionado con la sesión, (video, audio, formatos, entre otros).
- RTP perfil (por lo general: RTP/AVP aunque existen otros como: RTP/SAVP).

- Número de puerto (utilizado por UDP o TCP para el transporte).
- Esquema de codificación (PCM A-Law, MPEG II video, entre otros).

Un mensaje SDP contiene tres niveles de información:

1. Nivel descripción de la sesión: contiene líneas que describen las características de la sesión completa.
2. Descripción del tiempo: contiene líneas que indican aspectos relacionados con el tiempo de la sesión.
3. Descripción multimedia: contiene líneas que caracterizan los diferentes datos multimedia presentes en la sesión.

SDP se envía conjuntamente con los mensajes *INVITE* y *200 OK*, cabe aclarar que: el mensaje *INVITE* se envía desde el origen hacia el destino, y el mensaje *200 OK* se envía desde el destino el hacía origen. En el caso del mensaje *200 OK* no siempre se envía SDP, porque existió un mensaje anterior que ya negoció estos parámetros.

2.6 Protocolos RTP/RTCP

Inmediatamente después de establecer la sesión, se transportan los datos en tiempo real (audio y/o video). El protocolo más utilizado para el transporte de los *datos multimedia*, (audio, video) en telefonía IP es RTP (*Real-time Transport Protocol*), RTP es un protocolo estándar (STD64) definido por el IETF, que proporciona servicios de entrega punto a punto, para datos con características en tiempo real. La función principal de RTP es la de transportar los *flujos multimedia* codificados en tiempo real (*Real-time Media Streaming*), mediante UDP.

Una sesión RTP está identificada por una dirección de transporte, e incluye solo un tipo de *flujos multimedia*. Esto es diferente del concepto de la sesión SDP, que incluye a todos los tipos de *flujos multimedia* que fluyen desde el usuario origen, hasta el usuario destino. Realmente, una sesión de SDP puede abarcar varias sesiones de RTP. Una sola sesión multimedia SDP podría, por ejemplo: incluir una sesión de voz RTP más una sesión video de RTP.

El protocolo RTP viaja sobre UDP para el transporte de la información, obteniendo mayor velocidad, puesto que UDP es un protocolo rápido, la información llega en el menor tiempo posible, por lo tanto, es utilizado en aplicaciones en tiempo real, como se presenta en la figura 2.1, además se presenta al paquete RTP encapsulado dentro del paquete UDP/IP.

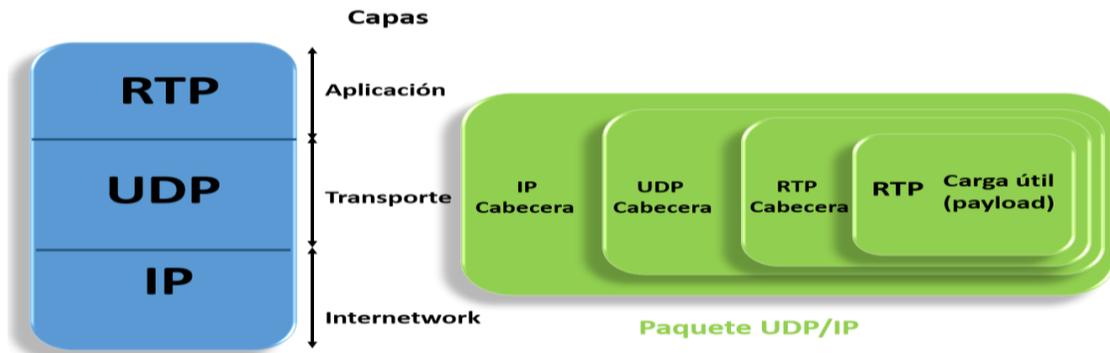


FIGURA 2.1. RTP TRABAJA SOBRE UDP.

Un paquete RTP se compone de una cabecera (*header*) y de los datos o datos carga útil (*payload*), en los datos de carga útil contiene voz o video real codificados, mientras que en la cabecera contiene información necesaria para prestar los servicios que proporciona el protocolo. En la figura 2.2, se presenta el formato del paquete RTP.

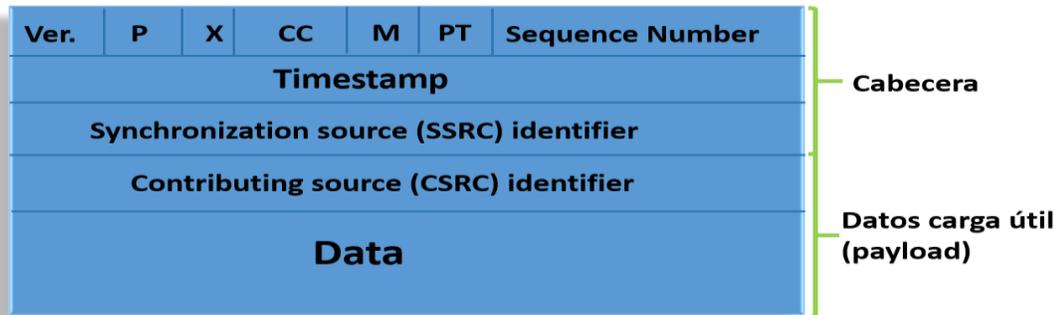


FIGURA 2.2. FORMATO DEL PAQUETE RTP.

Básicamente existen dos campos esenciales en la cabecera del formato del mensaje RTP, que proporcionan funcionalidades cruciales para transportar los media streams en tiempo real, estos campos son: *Timestamp* o (etiqueta de tiempo) y *Sequence number* o (número de secuencia). La información de la *etiqueta de tiempo* permite reconstruir la sincronización y eliminar el jitter. La información del campo *número de secuencia* es utilizada para verificar la entrega de los paquetes en orden, y en el caso de ser necesario restaurar el orden de los paquetes, es decir permite al receptor reconstruir la secuencia de los paquetes enviados, como se presenta en la figura 2.3.

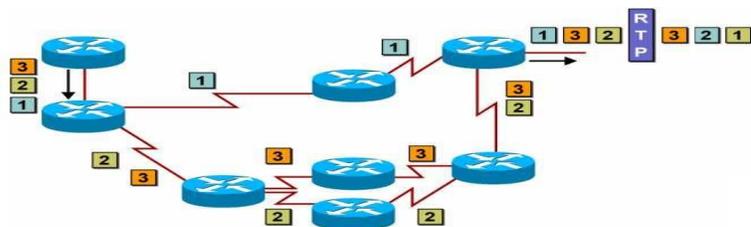


FIGURA 2.3. RTP RESTAURA EL ORDEN DE LOS PAQUETES.

RTP trabaja en conjunto con RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*), cuando RTP transporta los *flujos multimedia*, RTCP se encarga de monitorear, es decir, provee información sobre estadísticas de transmisión y calidad de servicio (QoS), como jitter, paquetes recibidos, paquetes enviados, paquetes perdidos, entre otros. Es útil para diagnosticar problemas o incluso provocar un cambio de *codec* (codificador-decodificador). Conjuntamente ayuda a sincronizar los múltiples *flujos de datos*. Las especificaciones más recientes de estos protocolos se encuentran en la RFC 3550.

Principales funciones de RTP/RTCP:

- Identifica el tipo de carga útil que se transporta (codecs de audio o video).
- Transporta información de sincronización de los múltiples flujos de datos, utilizada para la codificación y decodificación.
- RTCP monitorea la entrega de la información.
- RTCP proporciona un seguimiento de la calidad en la distribución de los datos, por ejemplo: mantiene el control de los codecs activos.
- RTCP también se utiliza para transportar un constante identificador de la fuente de RTP que se puede correlacionar con SSRC, (SSRC no es permanente, porque cambia entre sesiones). Este identificador se denomina CNAME, y es transportado en otro tipo de paquetes RTCP denominados SDES (Source Description).
- Informa el número de participantes por sesión con el propósito de ajustar la tasa de transmisión de datos.

El protocolo RTCP también utiliza al protocolo UDP, para enviar información de control hacia los participantes que intervienen en la sesión, por ejemplo, estadísticas de transmisión y calidad de servicio (QoS).

2.7 Ejemplo de comunicación SIP

A continuación, se analiza la comunicación SIP, en una llamada SIP existen varias *Transacciones SIP*. Las *Transacciones SIP* son secuencias de mensajes entre dos entidades SIP, es decir, es el intercambio de mensajes entre un cliente y un servidor. Una *Transacción SIP* representa a un mensaje de solicitud y a todos los mensajes de respuesta a esa solicitud, que adicionalmente se ordenan y agrupan en la misma transacción gracias al campo *CSeq*. El ejemplo de comunicación SIP se presenta en la figura 2.4.

Una comunicación SIP consta principalmente de las siguientes Transacciones:

1. Las primeras transacciones representadas en color rojo corresponden al registro de los usuarios.
2. Las siguientes transacciones representadas en color verde, corresponden al establecimiento o invitación de la sesión.
3. En este punto la llamada se encuentra establecida, y empieza el transporte de audio/video, representado en color amarillo, mediante el funcionamiento del protocolo RTP/RTCP.
4. La última transacción representada en color azul corresponde a la finalización de la sesión.

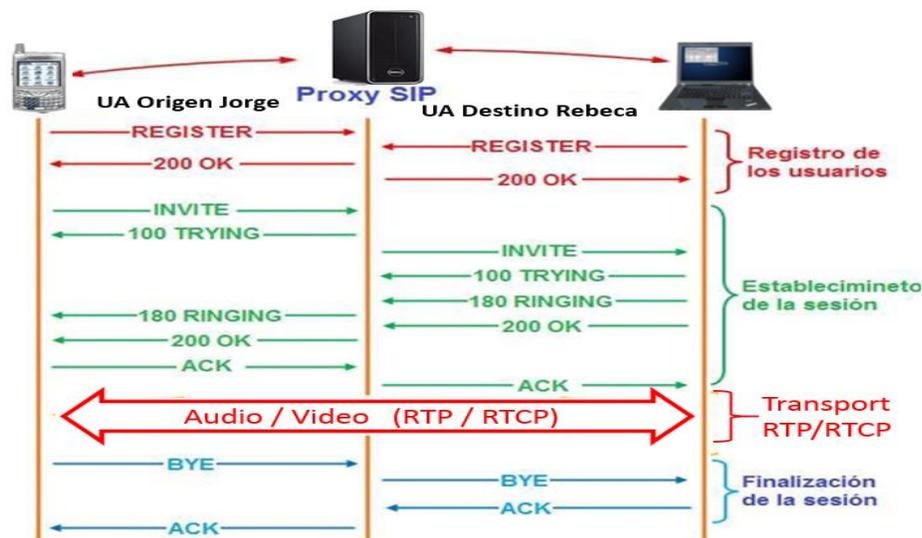


FIGURA 2.4 TRANSACCIONES SIP

2.8 Evolución desde RFC 2543 a RFC 3261

SIP se mantuvo como borrador durante mucho tiempo antes de que finalmente se publicara como RFC¹² en marzo de 1999 (RFC 2543). La primera versión publicada del protocolo fue SIP 2.0. Desafortunadamente, esta primera versión de RFC intentaba abarcar demasiado, contenía muchos errores y era demasiado vaga y ambigua como para ser un documento de especificación real. Fue más una especie de documento de lluvia de ideas técnica y fue tomado como tal por las muchas empresas de nueva creación que comenzaron a implementar productos SIP.

¹² Un RFC es creado por ingenieros y científicos en computación en forma de memorándum que describe métodos, comportamientos, investigaciones o innovaciones aplicables al funcionamiento de Internet y los sistemas conectados a Internet. Se presenta ya sea para la revisión o para transmitir nuevos conceptos e información. Los documentos de solicitud de comentarios fueron inventados por Steve Crocker en 1969 para ayudar a registrar notas no oficiales sobre el desarrollo de ARPANET. Los RFC se han convertido desde entonces en documentos oficiales de especificaciones de Internet, protocolos de comunicaciones, procedimientos y eventos.

Todas las primeras redes SIP de prueba usaron su "sabor" de SIP, con sus propias correcciones y expansiones a la especificación SIP original, y usaron solo los flujos de llamadas más simples definidas por el RFC.

Como la primera retroalimentación útil se obtuvo de estos ensayos, la RFC se actualizó con nueve versiones "bis" y, finalmente, todos los cambios se fusionaron en junio de 2002 en una nueva RFC, RFC 3261.

Los aspectos importantes de la especificación inicial se dividieron en RFC independientes. Aunque RFC 3261 no actualiza el número de versión SIP, que sigue siendo SIP 2.0, no solo corrige errores y aclara ambigüedades, sino que también realiza cambios importantes en el RFC 2543.

El protocolo ahora es más robusto y está más claramente documentado, aunque el RFC sigue siendo poco detallado y vago, con expresiones como 'nivel modesto de compatibilidad con versiones anteriores' o 'casi idénticas' que pueden ser engañosas. RFC 3261 es en realidad, una nueva versión importante de SIP, y no es compatible con RFC 2543, aunque la mayoría de los flujos de llamadas simples funcionarán en las dos versiones de RFC. En el proceso, el protocolo SIP perdió la aparente simplicidad de sus primeros días, y el tamaño de la RFC principal casi se duplicó a 270 páginas. Entre los documentos más importantes están los siguientes:

- **RFC 3262:** Confiabilidad de las respuestas provisionales en el protocolo de inicio de sesión (SIP). Esta RFC es obligatoria en todos los casos en que SIP necesita inter funcionar con una red telefónica.
- **RFC 3265:** Protocolo de inicio de sesión (SIP): notificación de evento específico. Esta RFC es utilizada por algunos proveedores para transportar tonos DTMF, pero su uso principal es para mensajería instantánea. Solo se especifican los métodos principales, y el contenido de los eventos se deja a los perfiles específicos de la aplicación.
- **RFC 3266:** Soporte para IPv6 en Session Description Protocol (SDP). Si bien IPv6 se tuvo en cuenta desde el principio en H.323, requirió algunas extensiones de sintaxis en SIP, ahora cubierto por esta nueva RFC. El uso de IPv6 para telefonía IP sigue siendo muy cuestionable, sin embargo, porque VoIP es la aplicación más sensible a los gastos generales del protocolo IP, que van de mal en peor en IPv6. Además, el problema de agotamiento de las direcciones IP, que es la principal motivación para la introducción de IPv6, se puede superar mediante el uso de proxies de nivel de aplicación y el uso inteligente de direcciones IP. El manejo de la calidad del servicio también es virtualmente idéntico en IPv4 e IPv6.

2.9 Evolución de RFC 3261 a 3GPP, 3GPP2 y TISPAN

Para gestionar la transición de las redes GSM hacia '3G', el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) inició en 1998 un esfuerzo conjunto de colaboración con otros siete organismos internacionales de normalización, denominado 'Proyecto de Asociación de Tercera Generación'. El proyecto 3GPP tuvo como objetivo armonizar los estándares para redes de tercera generación. Una de las principales evoluciones de estas redes de tercera generación fue la perspectiva de un uso generalizado de paquetes de datos. Para gestionar las comunicaciones de paquetes de datos, la versión 5 y la versión 6 de las especificaciones técnicas 3GPP presentan el 'subsistema multimedia IP' (IMS). El IMS es una arquitectura completa para la gestión de servicios en modo paquete, y seleccionó SIP como protocolo subyacente. La arquitectura IMS utiliza las capacidades de enrutamiento de SIP como una herramienta fundamental para el encadenamiento de servicios proporcionados a los usuarios.

De manera similar, la asociación 3GPP2 tiene como objetivo armonizar la transición de las redes ANSI / TIA / EIA-41 y CDMA 2000 hacia 3G. 3GPP2 reagrupa los mismos socios que 3GPP, con la excepción de ETSI, y utiliza, con algunas excepciones, especificaciones de 3GPP.

Para tener en cuenta las necesidades de 3GPP (documentado en RFC 3113) y de 3GPP2 (RFC 3131), se tuvieron que introducir muchas modificaciones en RFC 3261, principalmente como nuevos encabezados (RFC 3455) y especificaciones más precisas. El protocolo resultante, incluso si todavía aparece en mensajes de señalización como SIP 2.0, es de hecho un perfil muy específico, que llamaremos SIP / 3GPP.

La arquitectura de 3GPP y 3GPP2 es bastante compleja, debido a las limitaciones de movilidad y la extrema diversidad de servicios que se tienen en cuenta. 'Push To Talk' y 'Push to See' estuvieron entre los primeros servicios que se definieron por completo. De hecho, la telefonía, como se esperaba, demostró ser un hueso duro de roer. Los operadores móviles no planeaban usar voz en modo paquete antes de muchos años, mientras que los operadores fijos, que experimentaban despliegues masivos de redes VoIP, tenían prisa por extender el IMS a redes fijas y definir por completo el perfil de telefonía. Para acelerar la extensión de la arquitectura IMS a redes fijas (Next Generation Networks) y la estandarización del servicio de telefonía, ETSI formó en 2003 el grupo de trabajo TISPAN. TISPAN utiliza las especificaciones IMS 3GPP como su base, pero las simplificaciones las complementa según sea necesario. Por ejemplo, TISPAN especifica los procedimientos de conexión de red y control de recursos requeridos por las redes fijas. El trabajo de TISPAN se centra en dos escenarios: la sustitución de una red PSTN basada en circuitos por una red de paquetes transparente para los usuarios (servicio de telefonía PSTN 'emulado'); la replicación de servicios PSTN existentes para usuarios de terminales SIP "inteligentes" (servicios "emulados").

2.10 Una solución de presencia (SIMPLE)

Una de las extensiones clave de SIP definidas por el IETF es SIP para mensajería instantánea y extensiones de aprovechamiento de presencia (SIMPLE) (SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions). SIMPLE define funciones para presencia y mensajería instantánea.

En una red de comunicaciones avanzada, los usuarios pueden especificar sus preferencias de comunicación y disponibilidad. Esta característica se conoce como presencia: una "superposición de red" inteligente que hace que sea más fácil para una persona que llama, llegar a otra persona dispuesta a ser contactada. La presencia, agiliza el proceso de comunicación permitiendo a los usuarios informar a otros de su estado, su disponibilidad, y cómo pueden ser contactados antes de que incluso comience una sesión de comunicación. Muchos dispositivos pueden proporcionar información de presencia, y se vuelve extremadamente poderoso cuando está integrado en todos los dispositivos de comunicación del usuario tales como teléfonos IP, teléfonos celulares inteligentes, softphones, tableta, y dispositivos inalámbricos / Bluetooth. La realización de tal visión requiere no solo interoperabilidad abierta, sino también de ecosistemas bien construidos que promuevan la cooperación entre muchos jugadores de la industria, estándares y protocolos.

La presencia no está limitada a un solo usuario; también se puede aplicar a un grupo de usuarios (por ejemplo, un Grupo Financiero).

Aún más emocionante, tanto los usuarios como las aplicaciones pueden acceder a información de presencia, brindando la oportunidad de crear aplicaciones de comunicación convergente de siguiente generación.

2.11 Componentes de una red SIP

Una red SIP está compuesta principalmente por cinco entidades. Las entidades lógicas SIP son:

- *User Agent* (Agente de usuario)
- *Proxy server* (Servidor proxy)
- *Redirect server* (Servidor de redirección)
- *Registrar server* (Servidor de registro)
- *Back to Back User Agent* (B2BUA)

En una arquitectura funcional, un "dispositivo físico" puede tener funciones en una o más entidades lógicas SIP. Por ejemplo, un servidor de red puede trabajar como *Servidor Proxy* y también puede funcionar como *Registrar* al mismo tiempo, como se presenta en la figura 2.4.

Es importante entender los componentes que necesitará para formar la base de su SIP. Estos componentes pueden tomar la forma de un programa de software adicional (por ejemplo: en una

computadora portátil, o como una parte inherente de un dispositivo móvil como un tableta o teléfono celular inteligente.

En la arquitectura SIP existen dos componentes esenciales, los *Agentes de Usuario* y los *Servidores*. Cada entidad tiene funciones específicas y participa en la comunicación SIP, como *cliente* (inicia las solicitudes), o como *servidor* (responde a las solicitudes) estos pueden ser *Proxies*, *Redirect*, *Registrar*, o realizar ambas cosas, como se presenta en la figura 2.5.

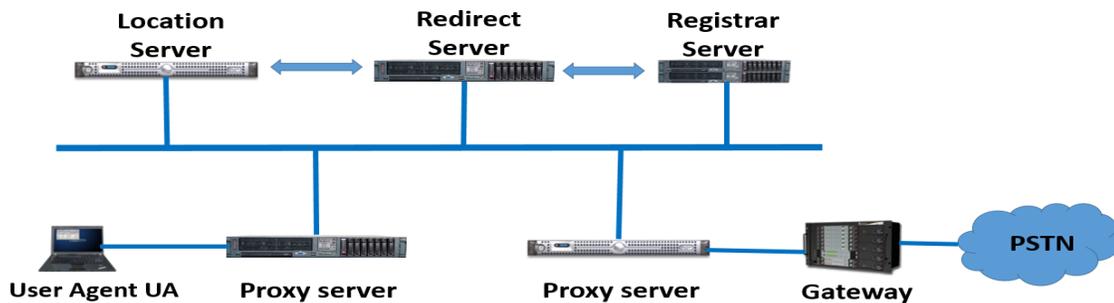


FIGURA 2.5. ARQUITECTURA SIP DOS COMPONENTES ESENCIALES AGENTES DE USUARIO Y SERVIDORES.

2.11.1 User Agent (Agente de usuario)

En SIP, los Agentes de Usuario, son entidades finales, los Agentes de Usuario inician y terminan sesiones mediante el intercambio de mensajes de solicitud y respuesta. En la RFC 3261 se define al Agente de Usuario como una aplicación que posee dos elementos fundamentales, uno es el Agente de Usuario Cliente (UAC: *User Agent Client*)¹³ y el otro es el Agente de Usuario Servidor (UAS: *User Agent Server*)¹⁴, estas entidades se localizan en un *Softphone*, teléfonos celulares SIP, terminales IP, *Hard-IP phones*, entre otros. UAC y UAS¹⁴ se definen a continuación:

- El Agente de Usuario Cliente (UAC) es una aplicación en la cual el cliente inicia o envía solicitudes SIP hacia la red IP, y recibe respuestas a estas solicitudes.
- El Agente de Usuario Servidor (UAS) es una aplicación que al momento de recibir una solicitud SIP de la red IP, realiza el contacto con el usuario o cliente y devuelve la respuesta a la solicitud, como se aprecia en la figura 2.6.

¹³ User Agent Client (UAC) es una aplicación de Protocolo de inicio de sesión (SIP) o de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) que sirve como puerta de enlace de comunicación punto a punto (P2P) y genera solicitudes de servicio de red distribuidas. Un UAC es un servidor de red, un cliente de correo electrónico, un motor de búsqueda o un navegador web.

¹⁴ User Agent Server (UAS) es una aplicación de Voz sobre protocolo de Internet (VoIP) que responde a solicitudes de servicio de cliente de agente de usuario (UAC) en función de la entrada u otros estímulos externos en los sistemas de protocolo de inicio de sesión (SIP). El SIP UA usa el protocolo cliente-servidor para facilitar las llamadas P2P (peer-to-peer). Durante la conversación cliente-servidor, la identidad de UA se transmite en HTTP o SIP a través del campo UA del encabezado. Esta información se usa para establecer parámetros de sesión de comunicación opcionales, como proporcionar contenido con formato correcto a equipos de escritorio o teléfonos inteligentes.

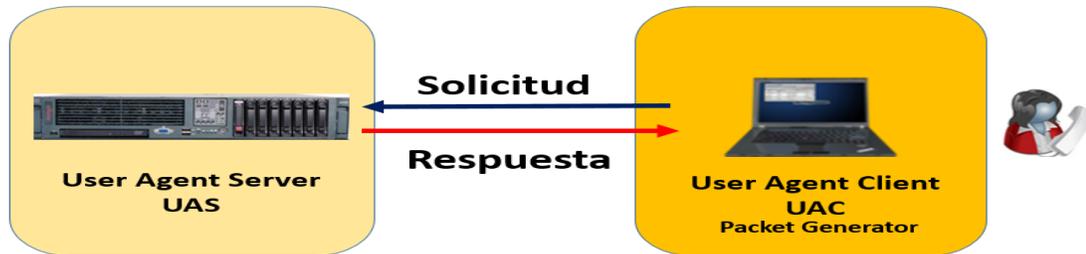


FIGURA 2.6. UAS RECIBE MENSAJES DESDE UAC.

Los procesos que realizan los UAC y UAS fundamentalmente dependen de dos factores: el primero es verificar que el mensaje (solicitud/respuesta) forme parte de un diálogo, y dependiendo de la solicitud, realice un método apropiado.

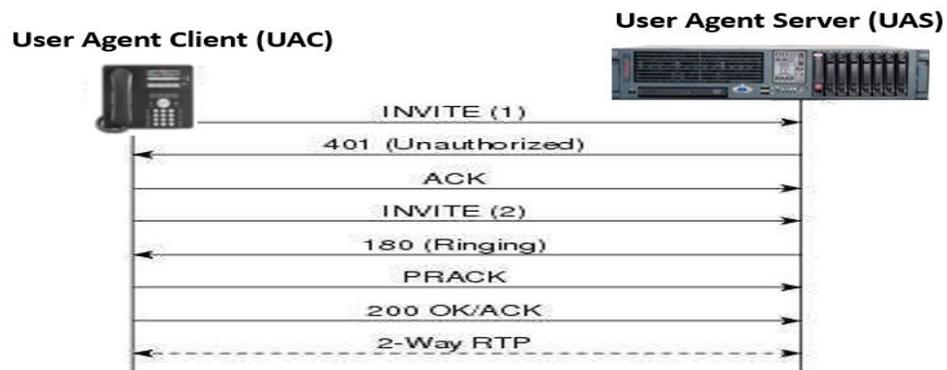


FIGURA 2.7. FLUJO DE LLAMADA DESDE UAC HACIA UAS CON MENSAJE INVITE.

Los diálogos, significan una relación punto a punto entre los Agentes de Usuario, establecida mediante mensajes SIP, por ejemplo, el mensaje INVITE, como se aprecia en la figura 2.7.

Los agentes de usuario (UA) son aplicaciones en los puntos finales SIP que hacen la interfaz entre el usuario y la red SIP. Un agente de usuario puede actuar como un cliente o como un servidor.

Al enviar mensajes SIP, el UA actúa como un cliente de agente de usuario (UAC), y al recibir mensajes, actúa como un agente de usuario de servidor (UAS). Un agente de usuario back-to-back (B2BUA) es una aplicación que actúa como intermediario entre dos partes, pero aparece como un punto final para ambas partes.

Sirve como UAS y UAC simultáneamente para procesar las peticiones de sesión.

Los dispositivos SIP pueden comunicarse directamente si conocen la URI o dirección IP de otros, pero en la práctica los servidores SIP son a menudo utilizados en la red para proporcionar una infraestructura y servicio para enrutamiento, registro y autenticación/autorización.

Los dispositivos basados en IP pueden identificarse y comunicarse unos con otros, y solo utiliza el direccionamiento IP. Sin embargo, en la mayoría de los casos, su red utiliza el Servicio de nombres

de dominio (DNS) para establecer sesiones con nombres de dispositivos, y el DNS lo traduce en direcciones IP. Del mismo modo, los dispositivos SIP con frecuencia consultan los servidores de directorio (a menudo por nombre), que proporcionan las direcciones a donde quieren comunicarse, después los dispositivos se ponen en contacto para establecer una llamada.

2.12 Tipos de servidores SIP

Los servidores SIP proporcionan información centralizada y habilitación de servicios en un ecosistema SIP. Los servidores SIP centrales y sus funciones se detallan a continuación.

2.12.1 Registrar Server (Servidor de registro)

Un servidor de registro es aquel que recibe solicitudes (mensaje REGISTER), y coloca o actualiza la información que recibe de esas solicitudes dentro una base de datos de ubicación o un servicio de ubicación o localización, estos servidores de registro son bases de datos que contienen la ubicación de todos los agentes de usuario, que se encuentran dentro de un determinado dominio. En mensajería SIP, estos servidores recuperan y envían direcciones IP de los participantes, asimismo envían otra información pertinente al servidor *proxy*. El servidor de registro usualmente es una entidad lógica que se encuentra junto al servidor *proxy*. Al servidor de registro en Inglés se lo denomina *SIP Registrar*, y su función se basa en asociar una SIP URI con una o varias direcciones IP, que comúnmente son del tipo *sip:*, sin embargo también son del tipo *tel:*, es posible que se asocie una SIP URI a varias direcciones IP, (por ejemplo cuando existen ruteadores intermedios) en este caso, cuando se realice una llamada a este SIP URI, las direcciones IP asociadas sonarán de manera simultánea.

En el momento que un usuario se conecta a la red, y ejecuta el *Softphone* en su computadora, o enciende su teléfono IP, entre otros agentes de usuario, estos UA envían mensaje REGISTER, hacia el *SIP Registrar* con el propósito de que éste conozca su ubicación. El *SIP Registrar* contesta estos mensajes (REGISTER), inmediatamente autentifica y valida la cuenta del usuario en una base de datos, que puede ser interna o externa, realizando un registro de la localización actual del usuario.

Cuando los usuarios se conectan, necesitan asegurarse de que los demás sepan que están disponibles para tomar y hacer llamadas. El registrador autentica y registra a los usuarios cuando entran en línea, y luego guardan la información sobre las identidades lógicas de los usuarios y los dispositivos que pueden usar para comunicarse. Los dispositivos son identificados por sus URI, cómo se presenta en la figura 2.8.



FIGURA 2.8. FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR DE REGISTRO (REGISTRAR).

2.12.2 Redirect Server (Servidor de redirección)

Un servidor de redirección es un agente de usuario servidor (UAS), que genera respuestas a las solicitudes que recibe, mediante mensajes con código 3xx, con la dirección del contacto, dirigidas al cliente. Un servidor de redirección tiene la característica de responder a las solicitudes, pero no puede reenviar solicitudes.

Cuando un servidor de redirección recibe una solicitud (mensaje *INVITE sip:B@sipserver.net*) de parte del cliente (usuario A), el servidor de redirección realiza la búsqueda en la base de datos o un servicio de ubicación con información de localización, para saber la localización del usuario al que se desea llamar (usuario B), creada por *Registrar Server*. Esta información de localización es enviada al cliente (usuario A) mediante un mensaje con código 3xx (*302 Moved Temporary, Contact: sip:B@sipserver.org*), a continuación el cliente (usuario A) extrae la información y responde con un mensaje *ACK* al servidor de redirección, posteriormente el cliente envía una nueva solicitud (mensaje *INVITE sip:B@sipserver.org*) directamente al resultado de la búsqueda (usuario B), como se presenta en la figura 2.9.

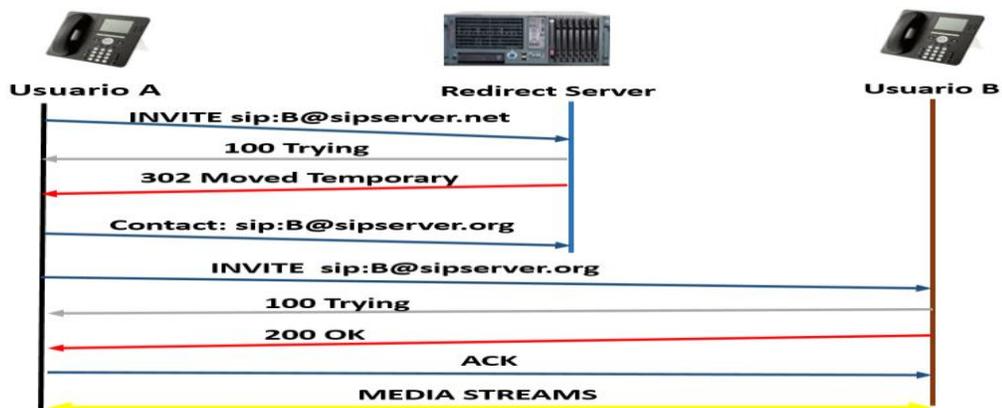


FIGURA 2.9. FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR DE REDIRECCIÓN.

Si los usuarios no están en sus dominios de origen, las sesiones para y hacia ellos, deben ser redirigidas a ellos. El servidor de redirección mapea una solicitud SIP destinada a la URL de un usuario, entonces busca al dispositivo "más cercano" al usuario.

Por ejemplo, si una llamada está destinada a `juanperez@dominio.com` y el usuario está en el camino, el servidor de redirección de la compañía puede responder al usuario (User Agent) de la persona que llama (o al servidor proxy solicitante) con la dirección de contacto del teléfono celular del usuario, para que la llamada entrante se puede redirigir al teléfono celular.

2.12.3 Proxy Server (Servidor proxy)

La palabra *Proxy* posee un origen jurídico, en inglés significa “poder de representación, apoderado o representante para que actúe en mi nombre”, es por esto que un *Proxy Server* es una entidad intermediaria.

Un *Proxy* tiene la capacidad de actuar como servidor y cliente, con el fin de generar solicitudes en nombre de otros clientes, es decir a nombre de un UA, estas solicitudes se dirigen hacia otro UA u otro *Proxy*. Un *Proxy Server* recibe las solicitudes SIP, de un UA (u otro *Proxy*) como si fuese un servidor, y devuelve una respuesta. En muchas ocasiones un *Proxy* tiene que consultar a otros *Proxies*, en este caso actúa como cliente (frente a otros *Proxies*) reenviando la solicitud.

Los *Proxy Server* también son utilizados para funciones de enrutamiento, esta es su tarea principal, se encarga de encaminar las solicitudes o invitaciones de sesión, hasta llegar al UA llamado o destino. Generalmente una invitación de sesión (solicitud), atraviesa por varios *Proxy Servers* hasta llegar a aquel que conozca la localización precisa del UA destino, como se presenta en la figura 2.10. Los *Proxies* también son útiles para aplicar cierto tipo de control, por ejemplo, verifica que un usuario está autorizado para hacer una llamada.

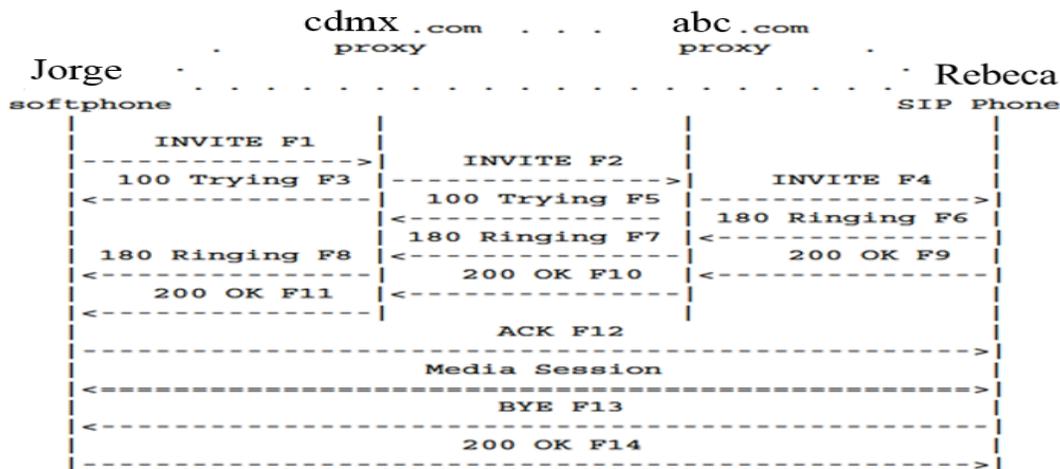


FIGURA 2.10 EJEMPLO DE SIP PROXY SERVER.

Un servidor proxy toma solicitudes SIP, los procesa y los pasa hacia abajo mientras envía respuestas hacia arriba a otros servidores o dispositivos SIP. Un servidor proxy puede actuar como un servidor y un cliente, y puede modificar una solicitud SIP antes de pasarla. Un proxy solo está involucrado en la creación y la finalización de una sesión de comunicación. Después de que los agentes de usuario establecen una sesión, las comunicaciones ocurren directamente entre las partes.

2.12.4 Servidor de servicio de localización

A medida que los usuarios se desplazan, la red necesita estar continuamente al tanto de sus ubicaciones. El servicio de localización es una base de datos que realiza un seguimiento de los usuarios y sus ubicaciones. El servicio de ubicación obtiene la información del servidor de registro y proporciona información clave al proxy y servidor de re direccionamiento. Un proxy SIP o servidor de re direccionamiento utiliza esta información para convertir la asignación de direcciones SIP lógicas a direcciones SIP físicas, para que las sesiones de comunicación se pueden establecer y mantener adecuadamente.

Ahora, puedes estar diciéndote a ti mismo, esos son muchos servidores. Sin embargo, estas funciones generalmente están integradas en un solo dispositivo. Por lo general utilizando alguna aplicación de virtualización de servidores.

2.13 Agente de usuario consecutivo [Back to Back User Agent (B2BUA)]

El Agente de Usuario consecutivo (B2BUA) es una entidad lógica en aplicaciones SIP, B2BUA es un elemento o componente lógico del protocolo SIP, para el control de llamadas entre usuarios SIP.

El B2BUA opera entre los dos puntos extremos de una llamada telefónica o entre una sesión de comunicación, y divide el canal de comunicación en dos sesiones, es decir negocia toda la señalización SIP entre los dos puntos extremos de la llamada, desde el establecimiento hasta la finalización de la llamada, es decir el B2BUA está involucrado en el establecimiento, administración y finalización de la llamada.

El B2BUA es utilizado típicamente como un servidor de aplicaciones SIP, que proporciona mayor funcionalidad, mediante el manejo de toda la señalización SIP, de la llamada como también entre las entidades que participan, permitiendo realizar un seguimiento desde el establecimiento hasta la finalización de la llamada.

A diferencia de un servidor *Proxy* SIP, este solo gestiona el estado de una llamada, en cambio el B2BUA mantiene el estado completo de las llamadas y participa en todas las solicitudes de la llamada. Manteniendo las llamadas con la capacidad de conseguir información en determinados escenarios como por ejemplo la exacta tasación de la llamada, prepago, facturación, redireccionamiento de las llamadas, entre otros.

El B2BUA puede proporcionar las siguientes funciones:

- Gestión o administración de llamadas (facturación, desconexión automática de llamadas, transferencia de llamadas, etc).
- Grabación de las llamadas.
- Interconexión de red (adaptación de protocolos).
- Ocultar información de la red entre los agentes de usuario (direcciones privadas, topología de red, etc).
- Transcodificación, es decir traduce codecs entre los puntos extremos de la llamada, permitiendo que un agente de usuario trabaje con un codec, y en el otro extremo el agente de usuario trabaje con un codec diferente.

En el segmento que origina la llamada, el B2BUA actúa como un Agente de Usuario Servidor (UAS), y procesa la solicitud como un Agente de Usuario Cliente (UAC) para el destinatario final, como se presenta en la figura 2.11. Es por tal razón que se podría traducir *Back to Back User Agent* como “un agente de usuario inmediatamente después de otro” o “un agente de usuario tras otro”

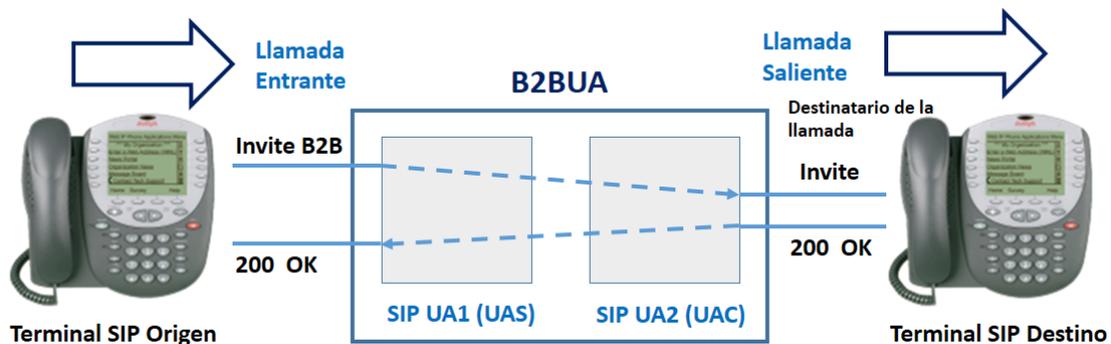


FIGURA 2.11. ESQUEMA DE UN B2BUA.

2.14 Operaciones básicas de SIP

Esta sección nos muestra como es una sesión de comunicación básica: cómo funciona y cómo es soportado por SIP.

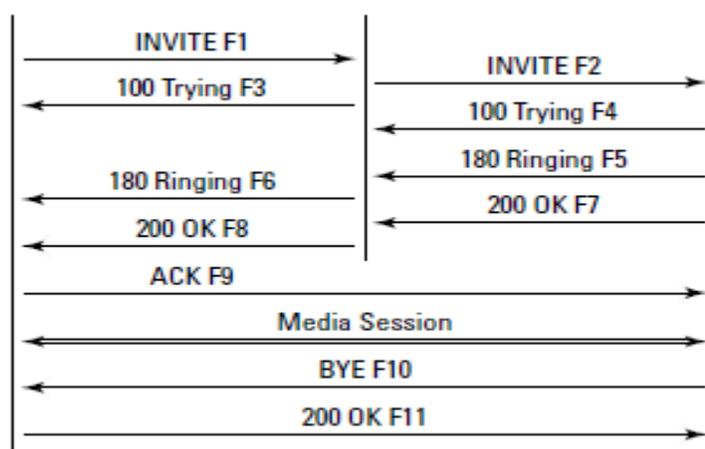


FIGURA 2.12 AGENTES DE USUARIO SIP

La figura 2.12, muestra dos usuarios: Rebeca@pyme.com y Jorge@corporacion.com - utilizando agentes de usuario SIP, llamando punto a punto a través de un servidor proxy. Los ejemplos de UA (User Agent) podrían ser un teléfono SIP de cualquier marca, un SIP softphone, o una aplicación de comunicación en una tableta o teléfono inteligente. El servidor proxy funciona para conectar los dos UA. La comunicación luego sigue estos pasos:

1. Rebeca@pyme.com (el UAC) inicia una sesión invitando a Jorge@corporacion.com.

Se genera una solicitud INVITE y se envía a Jorge. El mensaje INVITE contiene parámetros de Descripción del Protocolo de Sesión (SDP) que definen los tipos de medios de la persona que llama puede aceptar y dónde desea que se envíen los medios.

2. Una búsqueda de registro DNS SRV para servicios SIP se resuelve en el servidor proxy de Jorge, proxy.corporacion.com. La solicitud INVITE se envía al servidor proxy.

3. El servidor recibe y procesa la invitación, después busca el contacto de Rebeca en el Registrar (registrador).
4. El registrador devuelve `host@officephone.corporacion.com` donde se encuentra Jorge actualmente.
5. El servidor proxy genera y envía una solicitud INVITE al servidor `host@officephone.corporacion.com`.
6. El UAS en `host@officephone.corporacion.com` le pregunta a Jorge si quiere aceptar la llamada. Jorge puede escuchar un timbre, ver un mensaje de texto o ver un LED parpadeante.
7. La aceptación de Jorge se envía al servidor proxy.
8. El servidor proxy envía la aceptación a Rebeca.
9. El UA de Rebeca responde a la aceptación con un ACK (acuse de recibo), que le dice al servidor proxy y al UA de Jorge que Rebeca está lista para comenzar la llamada.
10. Al final de la conversación, Jorge cuelga su teléfono. Su UAC envía un mensaje BYE a Rebeca.
11. El UAC de Rebeca responde con un mensaje BYE que finaliza la sesión.

Aunque este flujo de llamadas describe el inicio de una llamada telefónica, la belleza de SIP es que el mismo flujo de llamadas básico también se aplicaría para establecer videoconferencias u otras sesiones de medios.

2.15 Sintaxis de mensajes SIP

Los mensajes SIP se codifican utilizando la sintaxis del mensaje HTTP / 1.1 (RFC 2068). El juego de caracteres es ISO 10.646 con codificación UTF-8. Las líneas terminan con CR LF (retorno de carro, avance de línea), pero los receptores también deben poder manejar CR o LF. Hay dos tipos de mensajes SIP: SOLICITUDES y RESPUESTAS.

2.16 Detalles de inicio de llamada

Los mensajes intercambiados por un cliente SIP y un servidor SIP son independientes del protocolo de transporte subyacente (excepto por algunos detalles, por ejemplo, el tamaño de los mensajes que no son TCP es limitado). El SIP RFC original solo requería sistemas SIP para admitir el protocolo de transporte UDP. RFC 3261 ahora requiere que los sistemas SIP admitan los protocolos de transporte UDP y TCP, pero UDP sigue siendo el protocolo más utilizado, ya que proporciona un mejor control en la retransmisión y la latencia. El único problema de UDP es que no puede

transportar grandes cantidades de información sin provocar la fragmentación de paquetes (SIP no define ningún mecanismo de fragmentación de nivel de aplicación). RFC3261 recomienda el uso de TCP o cualquier otro protocolo confiable controlado por congestión (definido en RFC 2914), si el tamaño de la solicitud está dentro de los 200 bytes de la ruta MTU, o si es mayor que 1300 bytes y la ruta es desconocida. Todas las implementaciones aún deben ser capaces de manejar paquetes de hasta 65.535 bytes (incluidos los encabezados IP y UDP). En la práctica, este cambio dinámico de los protocolos de transporte de UDP a TCP es engorroso y no funciona bien: muchas implementaciones simplemente dependen del mecanismo de fragmentación estándar del nivel de IP, que funciona bien.

Las conexiones a través de UDP o TCP requieren un número de puerto. Si no se especifica ningún puerto en el URI del SIP, la conexión se realiza en el puerto 5060 para los protocolos de transporte UDP, TCP y SCTP (Protocolo de transmisión de control de flujo, RFC 2960). Si el protocolo de transporte utilizado es TLS (Transport Layer Security, un protocolo de transporte seguro que usa TCP, definido en RFC 2246), el puerto predeterminado es 5061.

Al usar TCP, la misma conexión se puede usar para todas las solicitudes SIP y respuestas de un diálogo, o se puede usar una nueva conexión TCP para cada transacción. Si se utiliza UDP, la dirección y el puerto que se utilizarán para las respuestas a las solicitudes SIP se incluyen en el parámetro de encabezado 'Via' de la solicitud SIP. Las respuestas no se deben enviar a la dirección IP del cliente, excepto cuando el parámetro rport está presente en la línea Vía.

Dado que no se especifica ningún protocolo o puerto en nuestro SIP URI de muestra (sip:jorge@192.190.132.31), el agente de usuario de Marcos se establece de manera predeterminada en UDP, y enviará su primer mensaje SIP INVITE sobre UDP a la dirección IP 192.190.132.31, puerto 5060. Cuando se usa UDP, solo se puede enviar un mensaje SIP por datagrama UDP; cuando se usa un protocolo orientado a flujos como TCP, el encuadre del mensaje usa el encabezado Content-Length para determinar el final del mensaje y el comienzo del siguiente: por lo tanto, este encabezado debe estar presente cuando SIP se usa sobre protocolo orientado a flujo. Esta violación de la estricta estratificación del protocolo de transporte y presentación evita especificar un mecanismo de encuadre de la capa de transporte para los protocolos de flujo.

El diálogo se inicia con el siguiente mensaje INVITE:

```
INVITE sip:jorge@192.190.132.31 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 10.11.12.13;branch=z9hG4bK776asdhds
Max-Forwards: 70
To: "Jorge" <sip:jorge@192.190.132.31>
From: : "Marcos" <sip:marcos@10.11.12.13>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@mydomain.com
CSeq: 314159 INVITE
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 228
```

```
v=0
o=mark 114414141 12214 IN IP4 10.11.12.13
s=-
c=IN IP4 10.11.12.13
t=0 0
m=audio 49170 RTP/AVP 0
a=rtpmap:0 PCMU/8000
m=video 51372 RTP/AVP 31
a=rtpmap:31 H261/90000
m=video 53000 RTP/AVP 32
a=rtpmap:32 MPV/90000
```

La última parte del mensaje, después de la línea en blanco, es la descripción del medio que utiliza el SDP. Nos enfocaremos primero en la línea de inicio de Solicitud y en los encabezados más importantes que son obligatorios en cualquier solicitud de SIP (**en negrita**). Como se señaló anteriormente, SIP no es estrictamente independiente del protocolo de transporte, y el encabezado Content-Length es obligatorio solo sobre los protocolos de transporte de flujo, incluso si no hay carga útil en el mensaje SIP.

La línea de inicio es la primera línea del mensaje de solicitud de SIP. En el ejemplo, el método SIP que se utiliza es INVITE (una solicitud para establecer una nueva sesión, que se materializará en un nuevo diálogo SIP), y el objetivo es URI 'jorge@192.190.132.31'.

El encabezado Via contiene la dirección de destino que se debe usar para enviar la respuesta a esta solicitud: en el ejemplo 10.11.12.13, y el protocolo de transporte será UDP. Además, observamos el parámetro de rama que comienza con el valor mágico z9hG4bK: este agente de usuario admite los procedimientos definidos en RFC 3261.

El contador de saltos (encabezado Max-forwards) se inicializa a 70: se reducirá cada vez que un proxy reenvíe el mensaje.

H.323 utiliza una estratificación de protocolo más estricta y utiliza RFC 1006 con el fin de transportar mensajes a través de un protocolo orientado a flujo.

El encabezado Desde indica el URI del cliente SIP y el parámetro de etiqueta se inicializa. Este es uno de los elementos de información que identificará de forma única el diálogo SIP, junto con el valor de la etiqueta Call-ID y del encabezado To que se establecerá en la respuesta. El encabezado To simplemente contiene contenido informativo sin valor de protocolo. La etiqueta To está ausente ya que será añadida por el lado del servidor: la solicitud SIP podría ser bifurcada por intermediarios, en cuyo caso esta única solicitud podría iniciar múltiples diálogos SIP que se identificarían cada uno por la etiqueta A de la respuesta correspondiente.

Call-ID contiene el identificador único universal para esta llamada. Aquí, suponemos que Mydomain.com es un nombre DNS universal único, y el identificador antes del signo @ es localmente exclusivo para el cliente.

El encabezado CSeq contiene un valor que se usaría, en RFC 2543, para asociar respuestas a esta solicitud. En RFC 3261, sin embargo, el valor combinado de CSeq y el parámetro de bifurcación del encabezado 'Via' sirve para este propósito.

2.17 Encabezados

Los mensajes SIP usan muchas líneas de encabezado. Los tipos de cabecera definidos por RFC 3261 se enumeran en la Tabla 2.1.

2.17.1 El encabezado general

La parte de los campos de encabezado del 'Encabezado general' es obligatoria en todas las solicitudes SIP. La mayoría de las líneas de encabezado del encabezado general también están presentes en las respuestas SIP donde, por lo general, solo se copian de la solicitud correspondiente. Su función se explica a continuación:

TABLA 2.1 ENCABEZADOS DEFINIDOS EN RFC 3261

| | Present in requests | Present in responses |
|---------------------|---------------------|--|
| Accept | ✓ | 2xx, 415 |
| Accept-Encoding | | |
| Accept-Language | | |
| Alert-Info | ✓ | 180 |
| Allow | ✓ | ✓ |
| Authentication-Info | | 2xx |
| Authorization | ✓ | |
| Call-ID | ✓ | Copied |
| Call-Info | ✓ | ✓ |
| Contact | ✓ | ✓ (mandatory in 2xx response to an INVITE) |
| Content-Disposition | ✓ | ✓ |
| Content-Encoding | | |
| Content-Language | | |
| Content-Length | | |
| Content-Type | | |
| CSeq | ✓ | Copied |
| Date | ✓ | ✓ |
| Error-Info | | 3xx, 4xx, 5xx, 6xx |
| Expires | ✓ | ✓ |
| From | ✓ | Copied |
| In-Reply-To | ✓ | |
| Max-Forwards | ✓ | |
| Min-Expires | | 423 |
| MIME-Version | ✓ | ✓ |
| Organization | ✓ | ✓ |
| Priority | ✓ | |
| Proxy-Authenticate | | 401, 407 |
| Proxy-Authorization | ✓ | |
| Proxy-Require | ✓ | |
| Record-Route | ✓ | 2xx, 18x |
| Reply-To | ✓ | ✓ |
| Require | ✓ | ✓ |
| Retry-After | | 404, 413, 480, 486, 500, 503, 600, 603 |
| Route | ✓ | |
| Server | | ✓ |
| Subject | ✓ | |
| Supported | ✓ | 2xx |
| Timestamp | ✓ | ✓ |
| To | ✓ | Copied (+tag) |
| Unsupported | | 420 |
| User-Agent | ✓ | ✓ |
| Via | ✓ | Copied |
| Warning | | ✓ |
| WWW-Authenticate | | 401, 407 |

2.17.2 Identificador de llamadas

Ejemplo: ID de llamada: f81d4fae-7dec-11d0-a765- 00a0c91e6bf6@foo.bar.com
 El encabezado Call-ID contiene un identificador global único para la sesión multimedia actual. Por ejemplo, para una sesión SIP correspondiente a una llamada telefónica, la identificación de llamada seguirá siendo idéntico en todas las solicitudes SIP y las respuestas intercambiadas durante la llamada. En el caso de una conferencia multi partita, las distintas ramas de la llamada pueden contener el mismo identificador de llamada.

En el caso de transacciones aisladas, por ejemplo, una solicitud de REGISTRO u OPCIONES y sus respuestas, el identificador de llamadas identifica las distintas solicitudes que pertenecen a la misma sesión: cada REGISTRO (REGISTRO inicial y actualización) y las respuestas correspondientes contendrán el mismo ID de llamada. Para las solicitudes INVITACIÓN y REGISTRO, el valor de ID de llamada también ayuda para detectar duplicados (las solicitudes INVITE duplicadas pueden ocurrir cuando hay un proxy de bifurcación en la ruta). La combinación de los valores 'tag' de los encabezados To y From y el valor Call-ID identifican de manera única un diálogo SIP. Un agente de usuario SIP que inicia una sesión multimedia puede formar un nuevo valor de Call-ID al concatenar un identificador único local con un identificador global único para el agente de usuario, por ejemplo: su dirección IP pública, o su nombre DNS.

2.17.3 Cseq

Ejemplo: Cseq: 1234 INVITE

El valor del encabezado Cseq se usó para hacer coincidir las solicitudes y las respuestas correspondientes dentro de una transacción SIP en RFC 2543. En RFC 3261, se usa el valor combinado de CSeq y del parámetro 'rama' del encabezado Via. El valor de Cseq consiste en un número de secuencia que puede comenzar en cualquier valor arbitrario, seguido por el nombre del método de solicitud. La respuesta a una solicitud dada debe copiar su encabezado Cseq. Como se muestra en la Figura 2.13, los agentes de usuario de SIP deben incrementar el número de secuencia de Cseq en una unidad por cada nueva solicitud enviada dentro de un diálogo (no para retransmisiones), excepto para las solicitudes de ACK y CANCEL (para estas solicitudes, el encabezado Cseq identifica la solicitud que se confirma o cancela).

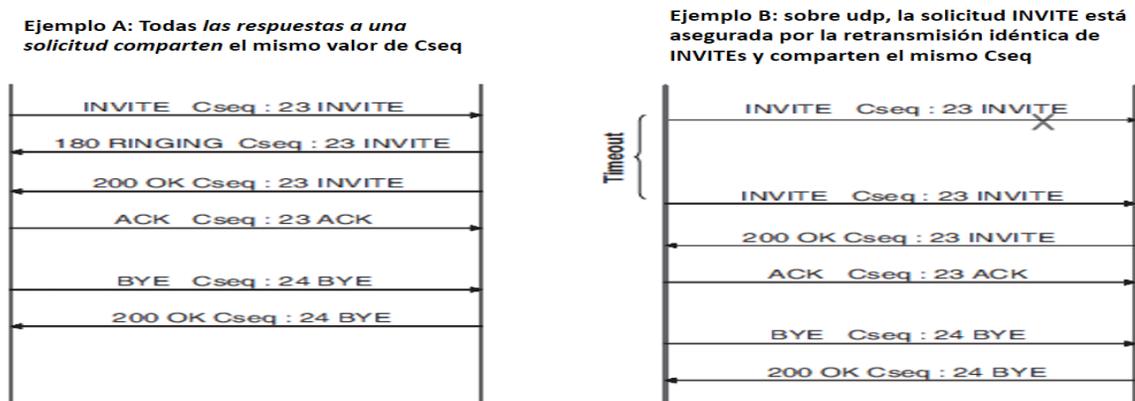


FIGURA 2.13 USO DEL ENCABEZADO CSEQ.

2.17.4 From (De)

Ejemplo: From: "MyDisplayName" <sip: myaccount@company.com>;
tag = 221411414

El encabezado From (De) identifica al remitente de la solicitud para implementaciones SIP según RFC 3261. Este campo debe estar presente en todas las solicitudes SIP y simplemente se copia en las respuestas SIP. El encabezado De puede contener un nombre de visualización opcional entre comillas dobles (a menos que este nombre para mostrar no tenga caracteres especiales), seguido del URI del remitente de la solicitud (entre signos '<' '>', a menos que no haya un nombre para mostrar en el encabezado o el URI no contiene ningún parámetro). Esta sintaxis se define en RFC 2822 y es comúnmente utilizada por las aplicaciones de mensajería. Si el remitente de la solicitud desea permanecer en el anonimato, puede usar la palabra clave Anónimo (sin comillas dobles) en lugar del nombre para mostrar.

El parámetro de etiqueta se volvió obligatorio en RFC 3261 ya que es uno de los parámetros clave, junto con la etiqueta A (To) y el ID de llamada, que identifica un cuadro de diálogo SIP. Se pueden agregar otros valores de etiquetas opcionales. RFC 3261 considera que el valor predeterminado de una etiqueta, si está ausente, es nulo (etiqueta = 0).

En el perfil SIP definido por 3GPP y TISPAN, este encabezado se vuelve informativo y se reemplaza por los encabezados 'P-Asserted-ID' o 'P-Preferred-ID'.

2.17.5 Max-Forwards

Este encabezado obligatorio se usa para evitar bucles cuando un mensaje es enrutado por proxies en la red. Cada proxy disminuye este contador por uno ya que transmite la solicitud y responde con un mensaje de error si el valor del contador llega a cero. El lado del servidor no copia este encabezado en las respuestas.

2.17.6 A (To)

Ejemplo: Para: Helpdesk <sip: helpdesk@company.com>; tag = 287447

El valor de la etiqueta del encabezado To se utiliza, junto con el valor de la etiqueta De (From) y el ID de la llamada, para identificar de manera única un diálogo SIP. El valor del encabezado To es simplemente copiado en respuestas SIP, que también agregan el valor To-tag.¹⁵

En las solicitudes REGISTER, el valor To header contiene el URI que debe registrarse y asociarse al valor del encabezado Contact, también presente en una solicitud REGISTER. El URI presente en el encabezado To se convierte en la "Dirección de registro" (terminología IETF) o "Identidad de usuario público" (terminología 3GPP) del agente de usuario, es decir, la dirección por la que los usuarios finales la identifican, en oposición a su dirección técnica como punto final de señalización. En otras solicitudes, el valor de campo es solo informativo y disponible de extremo a extremo para implementaciones de agentes de usuario. Por lo general, sin embargo, contiene el URI de destino de la solicitud.

¹⁵ Sin embargo, cada solicitud SIP se correlaciona con la respuesta SIP correspondiente mediante un valor coincidente del parámetro de bifurcación, no mediante el ID de llamada.

2.17.7 Via

Ejemplo: Via: SIP/2.0/UDP PXY1.provider.com; branch = z9hG4bk12345; received=10.0.0.3

La única forma de distinguir entre las dos versiones de SIP (RFC 2543 o RFC 3261) es considerar el valor del encabezado Via. En RFC 3261 debe contener un parámetro 'branch' que comience con 'magic value' 'z9hG4bK'. El valor del parámetro de bifurcación es el identificador de la transacción. SIP iniciada por el elemento que insertó el encabezado Vía. El papel bastante sorprendente de este parámetro es un ejemplo de las violaciones de diseño modular aún presentes en RFC 3261.

El principal objetivo del encabezado Vía es registrar la ruta de una solicitud, permitiendo que los proxis SIP intermediarios vuelvan a transmitir las respuestas SIP, siguiendo el mismo camino. A medida que reenvía una solicitud, cada proxy inserta un nuevo encabezado Vía que contiene su propia dirección en la posición más alta y agrega un parámetro de bifurcación específico para cada tramo descendente. Este mecanismo de acumulación también es muy útil para la detección de bucles de enrutamiento.

El lado del servidor simplemente copia los encabezados Vía en su respuesta y puede agregar parámetros adicionales, por ejemplo, un parámetro recibido que indique que recibió la última solicitud de una dirección IP que no corresponde a la indicada en el último encabezado Vía.

Si se utiliza UDP como protocolo de transporte, la dirección y el puerto que se utilizará para responder a una solicitud SIP se incluyen en el encabezado Vía: las respuestas no se deben enviar a la dirección IP de origen y al puerto del datagrama UDP recibido, excepto si el parámetro 'port' está presente (RFC 3581). Este mecanismo hace posible establecer y mantener diálogos SIP a través de enrutadores de traducción de direcciones de red (NAT).

2.18 Otros encabezados (Headers)

Estos encabezados aparecen en la Tabla 2.1, que especifica en qué solicitudes y respuestas se pueden usar. Los encabezados más comúnmente utilizados se enumeran a continuación:

2.18.1 Aceptar (Accept)

Ejemplo: Accept: application / sdp, text / html, application / x-myextension

El encabezado Aceptar especifica los tipos de carga útil del mensaje aceptados y entendidos por el remitente del mensaje. Si este encabezado está ausente, el valor 'application / sdp' está implícito. La sintaxis de este encabezado se especifica en RFC1288.

Hay otros encabezados 'Aceptar' para obtener información más específica relacionada con el contenido de los mensajes, por ejemplo, Aceptar Idioma: fr, en-gb; q = 0.8, en; q = 0.7
Especifica los idiomas hablados por el emisor (con un nivel de preferencia).

2.18.2 Permitir (Allow)

Ejemplo: Allow: INVITAR, ACK, CANCELAR, BYE, PRACK, ACTUALIZAR, REFERIR, MENSAJE

Este encabezado enumera los métodos SIP aceptados por el remitente.

2.18.3 Contacto (Contact)

Ejemplo: Contact: "Juan Lopez"

```
<sip:lopez@phone4.myoffice.net>;q=0.7;expires=3600, "Juan Lopez  
cell"<sip:lopez@phone2.mycellnetwork.net>;q=0.2
```

Este es uno de los encabezados SIP más complejos.

Cuando está presente en una solicitud de REGISTRO, el encabezado de Contacto contiene el URI (s) donde se puede alcanzar la 'Dirección de registro' (terminología IETF) / 'Identidad pública' (terminología 3GPP) especificada en el encabezado A de la misma solicitud. Cada URI de contacto puede ser calificado por un parámetro de preferencia y un período de validez para la asociación. De manera similar, cuando está presente en una respuesta 3xx, este encabezado indica direcciones alternativas donde se puede llegar a la 'Dirección de registro' / 'Identidad pública' de destino.

Cuando está presente en solicitudes o respuestas que establecen un cuadro de diálogo SIP, este encabezado indica un URI donde el cliente (servidor respectivo) acepta recibir solicitudes posteriores dentro del mismo cuadro de diálogo. Esto permite a los agentes de usuario cortocircuitar los proxis intermediarios.

La forma compacta de este encabezado es 'm:'

2.18.4 Expira (Expires)

Ejemplos:

```
Expires:Thu,01 Dec 2000 16:00:00 GMT
```

```
Expires:5
```

En el caso de una solicitud de REGISTRO, el encabezado Expires indica la duración de la validez del registro según lo deseado por el agente de usuario. El 'registrador' puede reducir este valor en su respuesta.

En el caso de una solicitud INVITE, este encabezado se puede usar para limitar la duración del enrutamiento y procesamiento de solicitudes (por ejemplo, algoritmos de búsqueda) en la red.

2.18.5 Registro de ruta (Record-Route)

Ejemplo: Record-Route:

```
sip:acd.support.com;maddr=192.168.123.234,sip:billing.net  
centrex.net;maddr=192.168.0.4
```

Algunos proxis pueden agregar o actualizar este encabezado si desean permanecer en la ruta de todos los mensajes relacionados con el diálogo SIP actual. Este encabezado se copia en todas las

respuestas que establecen un diálogo SIP, lo que permite al remitente aprender que necesita enrutar las solicitudes posteriores de este diálogo a través de los URI indicados.

2.18.6 Require (Requiere)

Ejemplo: `Require : sec-agree, 100-rel`

El agente de usuario puede insertar un encabezado `Require` dentro de una solicitud (o una respuesta) para indicar las extensiones de SIP que son necesarias para el correcto funcionamiento de la transacción. De forma similar, se puede insertar un encabezado `Proxy-Require` para indicar que cada proxy que enruta la solicitud debe admitir la extensión SIP especificada. Las extensiones de SIP deben estar documentadas en RFCs de "pista estándar", por ejemplo, `sec-agree` (RFC 3329), `precondición` (RFC 4032), `100-rel` (RFC 3262). Algunas extensiones SIP usan otros mecanismos de extensión, por ejemplo, el mecanismo de compresión de señalización de 3GPP usa un parámetro `comp = sigcomp` en el encabezado de la ruta.

2.18.7 Supported (Soportado)

Ejemplo: `Supported:path, 100-rel`

Cuando está presente en una solicitud, este encabezado enumera las extensiones que el cliente está preparado para aceptar del servidor en sus respuestas. Cuando está presente en una respuesta `2xx`, este encabezado enumera las extensiones que el cliente aceptará en las solicitudes posteriores. Estas extensiones se deben enumerar en una RFC de 'pista estándar', por ejemplo, RFC 3327 para la extensión 'ruta'.

2.18.8 User Agent (Agente de usuario)

Ejemplo: `User-Agent: MySoftPhone v1.3.4`

Este encabezado especifica la versión del agente de usuario que generó la solicitud. El formato es libre. Es muy útil para permitir que los servidores se adapten a las limitaciones bien conocidas o a un comportamiento específico de un cliente determinado.

2.19 Solicitudes SIP

Las solicitudes SIP se envían desde el terminal del cliente al terminal del servidor. Los siguientes métodos están definidos:

"ACK": una solicitud ACK es enviada por un cliente para confirmar que ha recibido una respuesta de un servidor, como `200 OK`, a una solicitud INVITE.

"BYE": una solicitud BYE es enviada por el agente llamante o por el agente llamado para soltar una sesión multimedia.

"CANCEL": se puede enviar una solicitud CANCEL para cancelar una solicitud que se envió anteriormente, siempre y cuando el servidor aún no haya enviado una respuesta final.

"INFO": definido en RFC 2976, utilizado para transportar información que no cambia el estado de llamada. Algunos proveedores lo utilizan para el transporte fuera de banda DTMF.

"INVITE": la solicitud INVITE se utiliza para iniciar una sesión multimedia.

"MESSAGE": esta solicitud se define en RFC 3428 y se usa para mensajería instantánea.

"NOTIFY": esta solicitud se define en RFC 3265 y se utiliza para enviar notificaciones de eventos.

"OPTIONS": un cliente envía una solicitud de OPCIONES a un servidor para conocer sus capacidades. El servidor devolverá una lista de los métodos que admite. También puede, en algunos casos, responder con el conjunto de capacidades del usuario mencionado en la URL y cómo habría respondido a una invitación.

"PRACK": definido en RFC 3262, se utiliza para implementar respuestas provisionales confiables.

"REFER": esta solicitud se define en RFC 3515 y se puede usar para redirigir sesiones.

"REGISTER": los clientes SIP utilizan esta solicitud para registrar su ubicación técnica de agente de usuario actual (uno o más URI de contacto) y asociarlos a una dirección pública ('Dirección de registro' en terminología IETF, 'Identidad pública' en terminología 3GPP) Un servidor SIP que puede aceptar un mensaje de registro se llama registrador.

"SUSCRIBE": Esta solicitud se define en RFC 3265 y se utiliza para solicitar notificaciones de eventos específicos.

"UPDATE": definido en RFC 3311, se utiliza para cambiar los parámetros de sesión de medios en los primeros cuadros de diálogo, es decir, antes de la respuesta final a la solicitud INVITE inicial.

2.20 Línea de inicio

La línea de inicio indica el método de solicitud (por ejemplo, INVITE), seguido del URI de solicitud que indica el usuario o servicio al que se dirige esta solicitud. Para todas las solicitudes excepto REGISTER, generalmente se establece en el mismo valor que el URI en el encabezado To (esto ya no es cierto en el modo específico 'enrutamiento estricto'). En el caso específico de la solicitud REGISTER, el parámetro URI es el del servidor registrador, y la línea encabezado To contiene la Dirección de registro (terminología IETF) o la Identidad pública (terminología 3GPP) del agente de usuario.

El último elemento de la línea de inicio es la versión del protocolo SIP, que es SIP / 2.0 para terminales que implementan RFC 2543 o 3261.

La Figura 2.14 ilustra el formato del mensaje de solicitud de SIP.

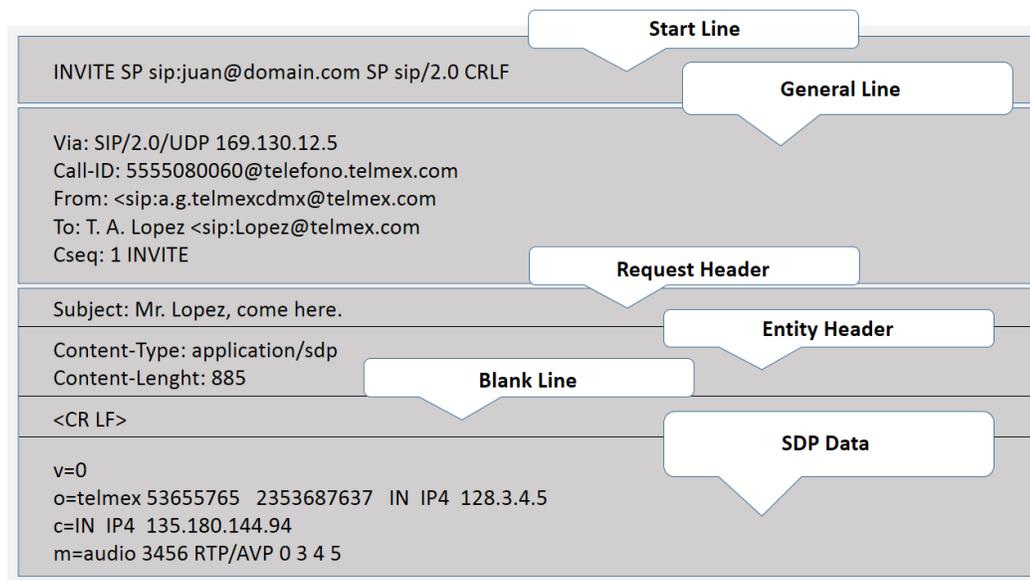


FIGURA 2.14. FORMATO DEL MENSAJE DE SOLICITUD SIP

2.21 Líneas de cabecera específicas para solicitudes SIP

Además de los campos obligatorios del encabezado general, las solicitudes pueden llevar campos adicionales en el encabezado de solicitud:

2.21.1 Authorization (Autorización)

Ejemplo: Authorization: Digest username = "alicia",
realm = "puebla.com",
nonce = "82a8b34f234ccd345", response = "3456ed345ac3434"

Esta línea de encabezado contiene los datos de autenticación del cliente, siguiendo una respuesta 401 del servidor SIP.

2.21.2 Priority (Prioridad)

Ejemplo: Priority: emergency

Esta línea de encabezado especifica el nivel de precedencia de la solicitud. Los valores posibles son los de RFC 2076 más 'emergencia'.

2.21.3 Proxy-Authorization (Autorización- Proxy)

Al igual que la línea de encabezado Authorization, esta línea de encabezado contiene los datos de autenticación del cliente, siguiendo una respuesta 407 del proxy SIP. Raramente se usa en la práctica.

2.21.4 Proxy-Require

Ejemplo: Proxy-Require: sec-agree

Esta línea de encabezado enumera las extensiones SIP que deben ser compatibles con cualquier proxy que enrute esta solicitud.

2.21.5 Route (Ruta)

Ejemplo: Ruta: <sip: box3.site3.atlanta.com; lr>

Cuando está presente en una solicitud SIP, la lista de líneas de encabezado de ruta indica los URI que la solicitud SIP debe visitar, en secuencia, antes de llegar al URI objetivo final especificado en la línea de inicio.

Como una solicitud para iniciar un diálogo SIP se enruta a su destino, los proxis pueden agregar encabezados Record-Route a lo largo del camino para indicar que deben permanecer en el camino de cualquier solicitud posterior. Esta lista de encabezados Record-Route se copia dentro de la respuesta SIP final enviada por el servidor SIP de destino al cliente. El cliente SIP debe copiar esta lista de URI como una lista de encabezados de ruta para todas las solicitudes posteriores enviadas dentro del mismo cuadro de diálogo SIP.

2.21.6 Subject (asunto)

Ejemplo: Subject: "Conference call on the SIP chapter"

Esto es solo texto¹⁶ que debería proporcionar cierta información sobre la naturaleza de la llamada.

2.22 Respuestas SIP

Un servidor SIP responde a una solicitud SIP con una o más respuestas SIP. La mayoría de las respuestas (2xx, 3xx, 4xx, 5xx y 6xx) son 'respuestas finales' y terminan la transacción SIP actual. Las respuestas 1xx son 'provisionales' y no terminan la transacción SIP.

El formato de respuesta SIP se ilustra en la Figura 2.15.

¹⁶ No debe contener ningún carácter que pueda causar problemas al análisis de la solicitud SIP.

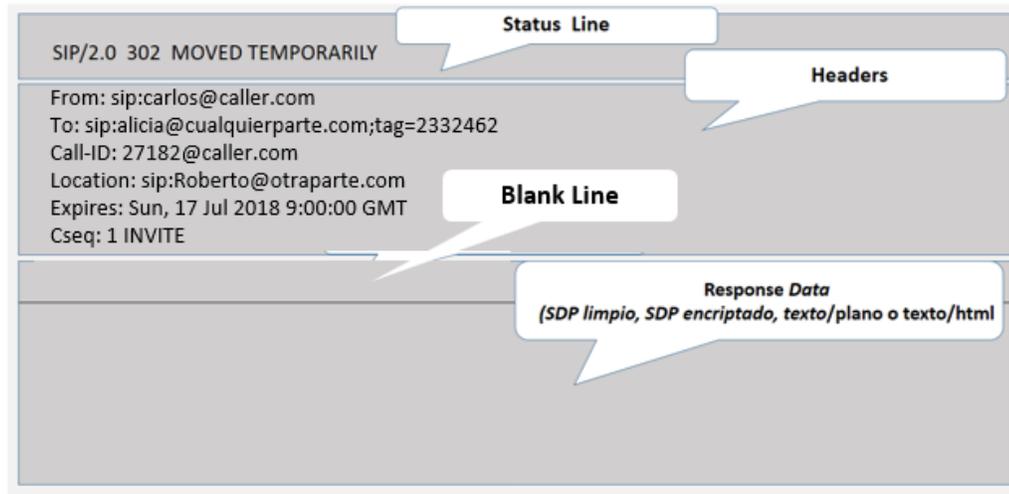


FIGURA 2.15. FORMATO DEL MENSAJE DE RESPUESTA SIP

La primera línea de una respuesta SIP siempre contiene un código de estado y una frase de razón legible por el ser humano. La mayor parte de la sección del encabezado se copia del mensaje de solicitud original.

Dependiendo del código de estado, también puede haber campos de encabezado adicionales, y la parte de datos de respuesta puede estar vacía o contener una descripción de sesión SDP o texto explicativo.

2.23 Códigos de respuesta

Hasta el momento, se han definido seis categorías de códigos de estado, clasificados según el primer dígito. Los códigos comunes se enumeran en la Tabla 2.2.

Esta clasificación hace que sea más fácil agregar nuevos códigos de estado: en caso de que un terminal viejo no comprenda un nuevo código CXX, debería tratarlo como un código C00. Por lo tanto, incluso los terminales antiguos podrán reaccionar 'inteligentemente' cuando enfrenten códigos de estado desconocidos. Estos terminales también pueden proporcionar información adicional al usuario si hay una frase de motivo presente.

RFC 3326 agregó una nueva razón de cabecera para facilitar la interoperabilidad con la PSTN al encapsular los códigos de causa definidos por Q.850:

```
Reason: Q.850 ;cause=16 ;text="Terminated"
```

2.24 Líneas de encabezado específicas para respuestas SIP

Además de los campos obligatorios del encabezado general, las respuestas pueden llevar campos adicionales en el encabezado de respuesta:

- **Autenticación-Info**

Ejemplo: Autenticación-Info: next-nonce = "
2e13164c23473432d0812c 1a5fb2 "

Esta línea de encabezado, especificada en RFC 2617 ('Autenticación HTTP: Autenticación de acceso básica y abstracta'), puede ser insertada por un servidor SIP en cualquier respuesta 200 OK que ha sido previamente autenticado con éxito. Presenta un nuevo desafío para el cliente SIP, que debe usarse para la próxima solicitud que requiera autenticación.

- **Min-Expires**

Ejemplo: Min-Expires: 60

Esta línea de encabezado contiene la demora de actualización de registro aceptable más corta, 60 segundos en el ejemplo.

- **Proxy-Authenticate**

Ejemplo: Proxy-Authenticate: Digest realm = "ipn.com",
domain = "sip: ss1.carrier.com", qop = "auth",
nonce = "f84f1cec41e6cbe5aea9c8e88d359",
opaque = "", obsoleto = FALSO, algoritmo = MD5

Esta línea de encabezado 407 se usa dentro de la respuesta de autenticación de proxy requerida. En la práctica, las respuestas 401 se usan con más frecuencia para la autenticación y usan una línea de encabezado WWW-Authenticate.

- **Servidor**

Ejemplo: Servidor: NCX CCSv3.3.8

Esta línea de encabezado permite que el servidor devuelva información sobre el proveedor, la versión del software, etc. Los clientes usan la línea de encabezado del cliente para un propósito similar.

Unsupported

Ejemplo: Unsupported: 100-rel

Cuando un servidor rechaza una solicitud SIP porque no se admite una extensión SIP requerida, el encabezado No compatible puede especificar qué extensión (es) no es compatible con esta línea de encabezado.

WWW-authenticate

Ejemplo: WWW-Authenticate: Digest realm = "homenetwork.com",
nonce = "ae45abc12c415abc12e5aea12e88d2c41",
Algoritmo = AKAv1-MD5

Esta línea de encabezado se usa con respuestas tipo 401, por agentes de usuario y registradores como parte de los procedimientos de autenticación.

TABLA 2.2 CÓDIGOS DE RESPUESTA SIP

| | | | |
|-----|---|-----|---|
| 1xx | Informational | | request received, continuing to process the request |
| | | 100 | Trying |
| | | 180 | Ringing |
| | | 181 | Call is being forwarded |
| | | 182 | Queued |
| 2xx | Success | 183 | Session progress |
| | | 200 | The action was successfully received, understood and accepted OK |
| | | 3xx | Redirection |
| 3xx | Redirection | | Further action must be taken in order to complete the request |
| | | 300 | |
| | | 301 | Moved permanently: user no longer can be found at the address Specified. New address is in contact header fields |
| | | 302 | Moved temporarily: alternative address in contact header, which May also specify duration of validity |
| | | 305 | User proxy: the specified destination must be reached through a proxy |
| 4xx | Client error | 380 | For future use: Alternative service, described in the message body |
| | | | The request contains bad syntax or cannot be fulfilled at this server |
| | | 400 | Bad request |
| | | 401 | Unauthorized |
| | | 402 | Payment required |
| | | 403 | Forbidden |
| | | 404 | Not found |
| | | 405 | Method not allowed |
| | | 406 | Not acceptable |
| | | 407 | Proxy authentication required |
| | | 408 | Request timeout |
| | | 409 | Conflict |
| | | 410 | Gone |
| | | 411 | Length required |
| | | 413 | Request message body too large |
| | | 414 | Request-URI too large |
| | | 415 | Unsupported media type |
| | | 420 | Bad extension |
| | | 480 | Temporarily not available |
| 481 | Call leg / Transaction does not exist | | |
| 482 | Loop detected | | |
| 483 | Too many hops | | |
| 484 | Address incomplete | | |
| 485 | Ambiguous | | |
| 486 | Busy here | | |
| 487 | Request terminated (By a CANCEL request) | | |
| 488 | Not acceptable here. Used if an unacceptable offer is received in an UPDATE | | |
| 491 | Offer received in an UPDATE while an offer was already pending | | |
| 5xx | Server Error | | The request contains bad syntax or cannot be fulfilled at this server |
| | | 500 | Internal server error. Also used when an UPDATE is received before an Answer has been generated to a previous UPDATE |
| | | 501 | Not implemented |
| | | 502 | Bad gateway |
| | | 503 | Service unavailable |
| | | 504 | Gateway timeout. Also used if an UPDATE request is not acceptable because The user must be prompted. Therefore no immediate response can be Generated |
| | | 505 | SIP version not supported |
| 6xx | Global Failure | | The request is invalid at any server |
| | | 600 | Busy everywhere |
| | | 603 | Decline |
| | | 604 | Does not exist anywhere |
| | | 606 | Not acceptable |

2.25 Ubicación de usuarios de direcciones SIP

Las direcciones SIP se llaman URI (Identificadores uniformes de recursos). Los URI son realmente nombres (excepto las direcciones SIP que usan una dirección IP de host, como la dirección utilizada en nuestro ejemplo de llamada simple) y no se refieren directamente a la dirección de transporte a llamar sino a una entidad abstracta que puede llegar al usuario directa o indirectamente.

Los URI de SIP tienen dos formas principales, un formulario tipo "correo electrónico" y un formulario de número de teléfono:

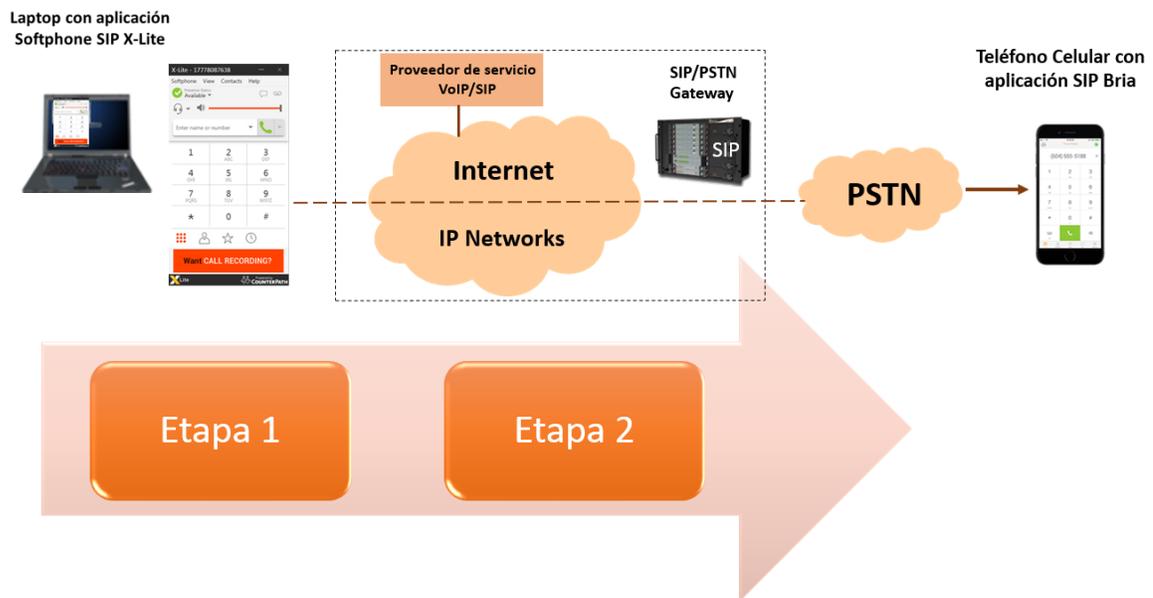
- El formato general de las URI de SIP de correo electrónico es `user @ host`, donde el host suele ser un nombre de dominio completamente cualificado, que puede resolverse en una dirección IP utilizando el sistema DNS. En muchos casos, la dirección SIP de un usuario será la misma que su dirección de correo electrónico.
- El formato general de un número de teléfono como URI de SIP es `número de teléfono @host`; usuario = teléfono. La parte del host es opcional y puede indicar un servidor que puede llegar a este número de teléfono, que se puede usar para especificar un proveedor de servicios preferido.
En la arquitectura IMS, el nombre de host es obligatorio e indica el dominio de inicio del agente de usuario. Muchos sistemas de telefonía, sin embargo, pueden decidir dónde enrutar la llamada telefónica basándose solo en el número de teléfono (a través de análisis de prefijos o una consulta de portabilidad numérica local), por lo que la parte del nombre de dominio no está presente en muchas aplicaciones de telefonía.
- Un formato de "Tel URI" se ha definido en RFC 3966 (que reemplaza RFC 2806). Esta El formato URI se puede usar para escribir números telefónicos locales o globales. Al comenzar con un símbolo '+', el número es un número de teléfono de alcance global E164, por ejemplo: + 52 5558713333. De lo contrario, el URI contiene un alcance local o un número de teléfono privado, y el contexto del plan de numeración debe especificarse en un parámetro 'contexto de teléfono'. Por ejemplo, `Tel: 066; phone-context = + 52` se puede usar para expresar un número de teléfono de emergencia en México. Claramente, la llamada llegará a un destino diferente dependiendo del país, y como no es un número de alcance global (no se puede llegar desde el extranjero), no se puede escribir como un número E164. El URI de Tel se definió no solo para SIP: también se puede usar en otros contextos, por ejemplo, en páginas web.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROYECTO

El Protocolo SIP en el desarrollo del proyecto

El presente proyecto analizará el tráfico de paquetes de información de Voz Sobre IP en una llamada hacia un teléfono celular inteligente con una aplicación SIP instalada, en una computadora personal empleando el Protocolo de Inicio de Sesiones (SIP), con *Back To Back User Agent (B2BUA)*¹⁷. Para una mejor comprensión del proyecto se ilustra en la figura 3.1 el diagrama funcional por etapas.



3.1. DIAGRAMA FUNCIONAL POR ETAPAS DEL PROTOCOLO SIP EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

✓ **Etapa 1.** Gráfica de los dispositivos terminales SIP.

Las aplicaciones VoIP basados en SIP se encuentran en dispositivos terminales tanto en *hardware* como en *software*, es por esto que este bloque contiene una computadora laptop en la cual se encuentra instalada la aplicación X-Lite para realizar llamadas VoIP denominada *Softphone (software)* hacia un teléfono celular inteligente a través de internet.

✓ **Etapa 2.** Proveedor de servicio VoIP / SIP, Gateway SIP/PSTN.

Para poder realizar llamadas desde la Internet hacia teléfonos convencionales fijos y celulares, es necesario suscribirse con un proveedor de servicio VoIP / SIP (*VoIP Internet Phone Service*). Estos proveedores ofrecen Voz sobre IP basados en el servicio de telefonía de banda ancha utilizando el protocolo SIP para los usuarios. A estos proveedores se los denomina ITSP (*Internet Telephony Service Providers*)¹⁸. Estos proveedores ofrecen servicios de puerta de enlace o *Gateway VoIP (Gateway SIP/PSTN)*. Además, estos proveedores permiten realizar y recibir llamadas desde los números de teléfonos analógicos tradicionales y números celulares. La puerta de enlace o *Gateway* proporciona un número de teléfono en el área solicitada, para recibir llamadas desde los números de teléfonos convencionales y celulares.

Para este ejemplo, realizaremos una llamada desde un teléfono celular inteligente con la aplicación SIP Bria instalada hacia un softphone instalado en una laptop y conectado a internet.

3.1 Proveedores de servicio VoIP/SIP, GATEWAY SIP/PSTN

Al momento de elegir un proveedor de servicios VoIP / SIP, la mejor opción es elegir uno que ofrezca servicios especiales en un área determinada, específicamente dentro de un país en particular (en el presente proyecto USA). La elección del proveedor dentro del mismo país que se desea realizar o recibir llamadas constantemente, puede potencialmente reducir los costos de manera significativa. Se realizaron llamadas a números internacionales fuera de estados unidos y las tarifas son extremadamente accesibles comparadas con otros proveedores de telefonía.

¹⁷ El B2BUA es una aplicación para controlar llamadas entre usuarios SIP y se diferencia de un Proxy SIP en que este únicamente gestiona el estado de una llamada cuando se realiza, mientras que el B2BUA mantiene el estado de las llamadas y las mantiene para conseguir información valiosa en determinados entornos como facturación, redireccionamiento de llamadas en caso de caída de un proveedor SIP, etc

¹⁸ Un **Internet telephony service provider (ITSP)** (Proveedor de Servicios de Telefonía por Internet) ofrece servicios de telecomunicaciones digitales basados en Voice over Internet Protocol (VoIP) que son provistos vía Internet. Básicamente, una ITSP puede ofrecer los mismos servicios que una operadora de telecomunicaciones tradicional, como llamadas nacionales e internacionales, líneas telefónicas, pero usando como medio la internet, y caracterizado por manejar tarifas mucho más bajas. Se espera que en unos años la mayor parte de las llamadas sean de este tipo.

3.1.1 Lista de proveedores de servicio VoIP / SIP

A continuación, se presenta una lista de los principales proveedores SIP recomendados, los cuales funcionan bastante bien en aplicaciones de telefonía VoIP.

✓ Call Centric (Canadá, EE.UU.)

Callcentric con sede en los Estados Unidos, permite hacer y recibir llamadas telefónicas por Internet sin cuotas de suscripción o mensual. También ofrecen un servicio de pago que permite elegir un número telefónico de EE.UU. o Canadá, y ofrece excelentes precios para llamar a números de teléfonos real.

✓ InPhonex (EE.UU., Reino Unido)

InPhonex ofrece un servicio gratuito de número telefónico SIP. Este proveedor posee Gateways PSTN en todas partes del mundo, por lo tanto, sólo cobran tarifas locales para ese país. InPhonex también ofrece un número "verdadero" de teléfono para residentes en EE.UU., Canadá y el Reino Unido.

3.1.2 Proveedor CallCentric Internet Phone Service

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el proveedor CallCentric (*Internet Phone Service*), debido a que ofrece VoIP basado en el servicio de teléfono de banda ancha utilizando el protocolo SIP para usuarios personales, residenciales y comerciales. Los servicios incluyen llamadas salientes (Destino), llamadas entrantes (Origen / DID / DDI) dentro de los EE.UU., Canadá y otros países. Callcentric soporta *Softphones (software)*, VoIP ATA, teléfonos VoIP (*hardware*), y equipos IP PBX.

Para poder realizar llamadas desde de la Internet hacia teléfonos convencionales o fijos, es necesario suscribirse con un proveedor de servicio VoIP / SIP, para obtener un número SIP, los pasos a seguir son los siguientes:

Paso 1.- Registrarse en CallCentric

Ingresa a la página principal: <http://www.callcentric.com/>, en la cual la primera opción es *IP FREEDOM*, opción en la cual permite llamadas gratuitas ilimitadas entre todos los miembros CallCentric sin cuotas mensuales. La segunda opción es *PAY PER CALL (Pago por llamada)*, la cual permite realizar llamadas a números fijos, sin cargos mensuales, solo se paga por las llamadas que realiza, a continuación, se hace click en *Order Now*, como se muestra en la figura 3.2.

CALLcentric™
INTERNET PHONE SERVICE

Home | **MAKE CALLS** | RECEIVE CALLS | ALL SERVICES

Make Calls

| Rate plan name | Outgoing coverage | Monthly fee | Setup fee | |
|--|--|-------------|-----------|---------------------------|
| IP Freedom | Unlimited in-network calling to Callcentric customers and other VoIP networks. | \$0.00 | \$0.00 | Order Now |
| Pay Per Call | Anywhere - low per-minute rates on the calls you make. | \$0.00 | \$0.00 | Order Now |
| North America Basic <small>new</small> | 120 minutes to USA, Canada, Puerto Rico. Worldwide at low per-minute rates | \$1.95 | \$1.50 | Order Now |
| North America 500 <small>new</small> | 500 minutes to USA, Canada, Puerto Rico. Worldwide at low per-minute rates | \$6.95 | \$1.50 | Order Now |
| North America 1000 <small>new</small> | 1000 minutes to USA, Canada, Puerto Rico. Worldwide at low per-minute rates | \$12.95 | \$1.50 | Order Now |
| North America Residential <small>Residential only</small> | Unlimited calling to USA, Canada, Puerto Rico for residential customers. | \$19.95 | \$1.50 | Order Now |
| World Select Residential <small>Residential only</small> | Unlimited calling to over 35 countries and destinations for residential customers. | \$29.95 | \$1.50 | Order Now |

FIGURA 3.2. OPCIÓN PAY PER CALL (PAGO POR LLAMADA).

Se realiza el ingreso de los datos necesarios (nombre, nombre de usuario, *password*, *e-mail*) para registrarse como nuevo cliente (*New customers*), como se presenta en la Figura 3.3.

New customers please sign up here:

First Name:
Last Name:
Username:
Password: **Password strength:**
Re-enter Password:
Email:

New customers please sign up here:

First Name:
Last Name:
Username:
Password: **Password strength:**
Re-enter Password:
Email:

FIGURA 3.3. INGRESO DE DATOS COMO NEW CUSTOMERS.

Finalmente aparecerá una nueva ventana en la cual se deberá hacer click en *Go to my Call CallCentric*. En esta ventana se encuentra la información del usuario, como también el numero SIP asignado que comienza con 1777 precedido por el nombre *Callcentric #*, como se muestra en la figura 3.4.

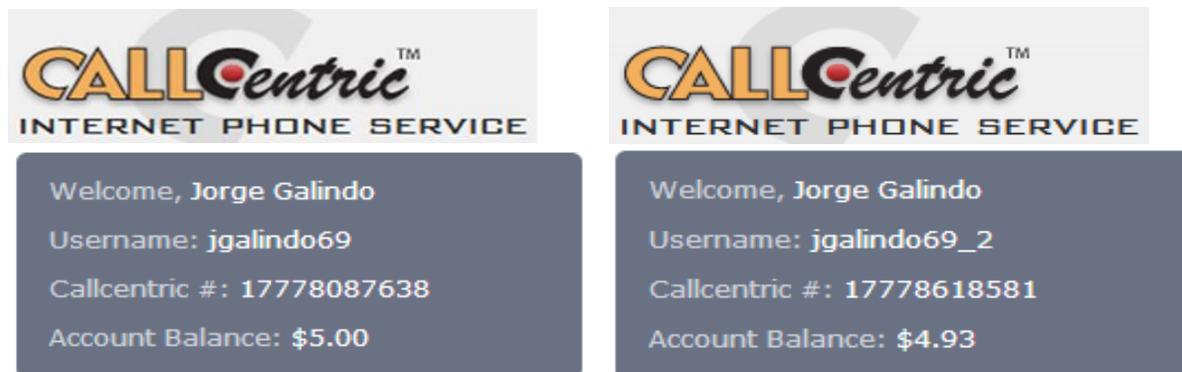


FIGURA 3.4. NÚMERO SIP O NÚMERO CALLCENTRIC.

Para poder realizar llamadas desde de la Internet hacia teléfonos fijos, es necesario añadir fondos (*add funds*) o comprar saldo. De la misma forma para poder recibir llamadas desde teléfonos fijos tradicionales y teléfonos celulares es necesario comprar un número de teléfono, el cual puede ser seleccionado dentro de varias aéreas en los Estados Unidos.

3.2 Configuración de los dispositivos terminales SIP

Los terminales físicos (hardware) tienen una apariencia como un teléfono convencional muy profesional. Los teléfonos SIP pueden también estar basados en software denominados *Softphone*, que no es otra cosa que un software que emula las funciones de un teléfono físico tradicional, permitiendo que cualquier computador pueda ser utilizado como teléfono.

3.2.1 Dispositivos terminales SIP

Hoy por hoy existe una gran cantidad de dispositivos terminales que soportan aplicaciones VoIP basados en SIP, estas aplicaciones se encuentran tanto en hardware como en software, los cuales están disponibles comercialmente gracias a muchos fabricantes. A continuación, en las figuras 3.5 y 3.6 se muestran, los principales dispositivos terminales SIP, para los cuales, el proveedor CallCentric ofrece soporte.

Desktop Softphones



FIGURA 3.5. DISPOSITIVOS EN SOFTWARE (SOFTPHONES).

Mobile Softphones

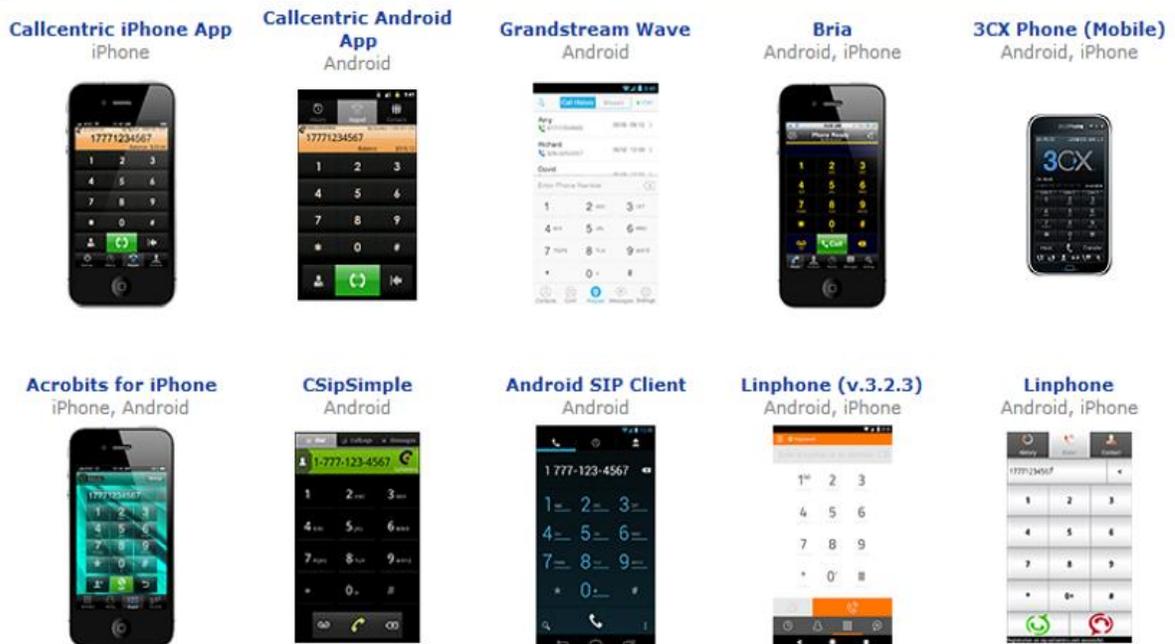


FIGURA 3.6. SOFTPHONES PARA MÓVILES.

3.3 Dispositivo en Software: Softphone X-Lite versión 5.2

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el dispositivo terminal SIP en *software*:

El *Softphone* X-Lite versión 5.2 para computadora.

X-Lite es un *software* de VoIP que utiliza el Protocolo de Inicio de Sesiones, X-Lite y ha sido desarrollado por *CounterPath Corporation*, es una compañía de *software* fundada en Vancouver. *CounterPath* ofrece una serie de *Softphones* los cuales funcional bien con *CallCentric* y están disponibles tanto para *Windows*, *Mac OS* y *Linux*.

En septiembre de 2016, *CounterPath* publicó la disponibilidad de X-Lite 5.2, el cual incorpora muchas características de X-lite 4.5, además cuenta con una interfaz de usuario rediseñada basada en el *Softphone Bria* de *CounterPath*. X-Lite 5.2 se encuentra disponible como una descarga gratuita, pero se debe pagar mensualmente para poder hacerlo.

3.3.1 Configuración de la cuenta SIP en el Softphone X-Lite 5.2 para CallCentric

Para realizar la configuración de la cuenta SIP se realizan los siguientes pasos:

Paso 1.- En el menú principal, se selecciona SIP Account, como se muestra en la figura 3.7.

The image shows a screenshot of the 'SIP Account' configuration window in the Softphone X-Lite 5.2 application. The window has a title bar with a close button and a tabbed interface with the following tabs: 'Account', 'Voicemail', 'Topology', 'Presence', 'Transport', and 'Advanced'. The 'Account' tab is currently selected. The configuration fields are as follows:

- Account name:** CallCentric JGC
- Protocol:** SIP
- Allow this account for:** Call, IM / Presence
- User Details:**
 - User ID:** 17778087638
 - Domain:** callcentric.com
 - Password:** masked with dots
 - Display name:** Jorge Galindo 1
 - Authorization name:** 17778087638
- Domain Proxy:** Register with domain and receive calls. Send outbound via: Domain, Proxy Address: [empty field]
- Dial plan:** #1\a\@.T;match=1;prestrip=2;

At the bottom right of the window, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

FIGURA 3.7. CONFIGURACIÓN DE LA CUENTA SIP EN EL SOFTPHONE X-LITE 5.2.

Paso 2.- En el apartado de *SIP Account*, y en la pestaña *Account* (Cuenta), se configura la información proporcionada por el proveedor de servicio VoIP *CallCentric*, esta información es la siguiente: *Account name*, *User ID*, *Domain*, *Password*, *Display name*, y *Authorization name*.

- *Account name*: Es el nombre del usuario de la cuenta.
- *User ID*: Es el número de *CallCentric*, este número comienza en 1777 con 7 dígitos adicionales.
- *Domain*: Es el dominio o Servidor proxy para conectarse a la red de la empresa que provee la Telefonía IP, en este caso es: *callcentric.com*
- *Password*: Es la misma contraseña que se utilizó para registrarse en la cuenta de *CallCentric*.
- *Display name*: Es la información que aparecerá en la pantalla del *Softphone X- Lite*.
- *Authorization name*: Es el número de *CallCentric*, este número comienza en 1777 con 7 dígitos adicionales.

Adicionalmente debe estar marcado el *checkbox*: *Register with domain and receive calls*, al igual que el botón *Domain*, como se muestra en la figura 3.8.

SIP Account

Account Voicemail Topology Presence Transport Advanced

Account name: CallCentric JGC

Protocol: SIP

Allow this account for

Call

IM / Presence

User Details

* User ID: 17778087638

* Domain: callcentric.com

Password: ●●●●●●●●

Display name: Jorge Galindo 1

Authorization name: 17778087638

Domain Proxy

Register with domain and receive calls

Send outbound via:

Domain

Proxy Address:

Dial plan: #1\|a.T;match=1;prestrip=2;

OK Cancel

FIGURA 3.8. VENTANA SIP ACCOUNT X-LITE 5.2.

Paso 3.- Dentro de la pestaña *Advanced*, solo debemos asegurarnos que esté marcada la opción: *Send SIP keep-alives*, y para guardar la configuración, se hace *click* en el botón *OK*, como se muestra en la figura 3.9.

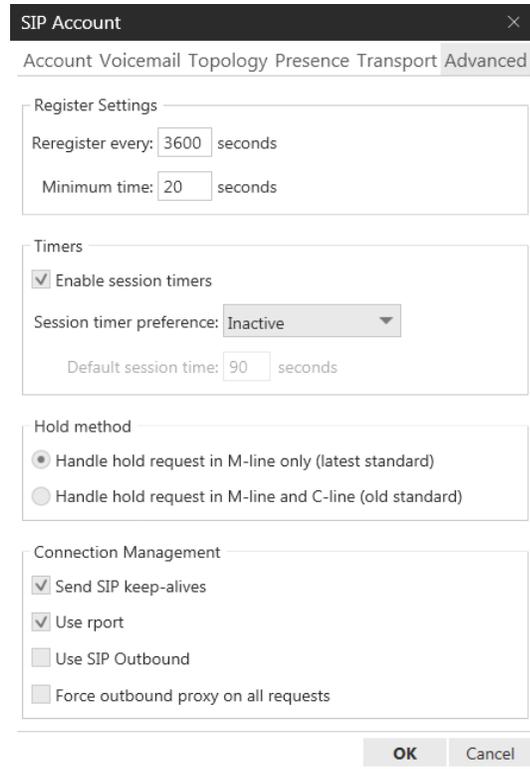


FIGURA 3.9. VENTANA ADVANCED X-LITE 5.2.

Paso 4.- La aplicación *Softphone X-Lite* intentará registrarse con el servidor de *CallCentric*. Se puede observar que esto sucede en pocos segundos y si el registro tiene éxito, se observará la siguiente pantalla, como se muestra en la figura 3.10.

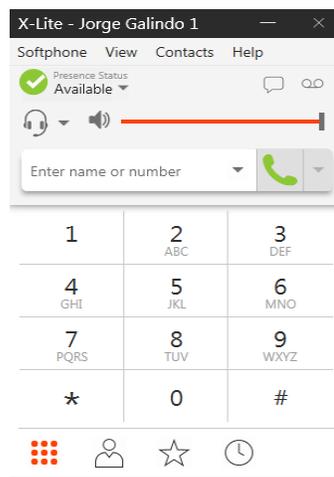


FIGURA 3.10. INTERFAZ PRINCIPAL X-LITE 5.2: REGISTRO EXITOSO.

Paso 5.- Una vez que el registro ha sido exitoso, el usuario está en la capacidad de realizar y recibir llamadas telefónicas.

A continuación, en la figura 3.11, se muestra la interfaz gráfica de la aplicación BRIA para teléfonos inteligentes con sistema operativo ios.



FIGURA 3.11. APLICACIÓN PARA TELÉFONO INTELIGENTE BRIA VERSIÓN PARA IOS.

En la figura 3.12, podemos ver la pantalla de configuración de la aplicación BRIA.



FIGURA 3.12. AJUSTES DE CONFIGURACIÓN APLICACIÓN BRIA.

En la figura 3.13, podemos apreciar un ejemplo del teclado numérico de la aplicación BRIA.

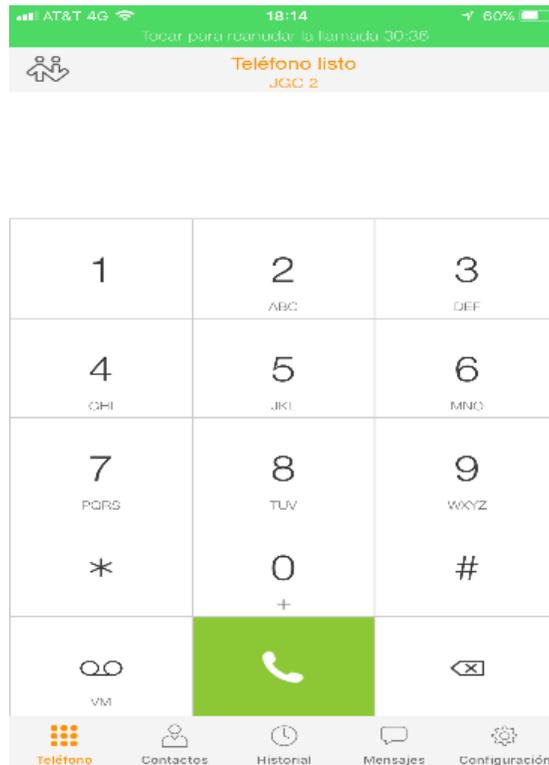


FIGURA 3.13 TECLADO NUMÉRICO (CARATULA) DE LA APLICACIÓN BRIA

3.4 Analizador de protocolos

Cuando se trabaja en el mundo de la telefonía IP es fundamental utilizar un analizador de protocolos de red, o también conocidos como: analizadores de paquetes, *packet sniffer* o *sniffer*. Con el propósito de entender como está circulando el tráfico por la red. Para la captura y el análisis de los paquetes de Voz sobre IP se utilizó un analizador de protocolos.

El analizador de protocolos es utilizado para realizar análisis de aplicaciones en tiempo real, como la telefonía IP. Además, permite solucionar problemas en redes de comunicaciones, tanto de paquetes enviados como recibidos. Soporta una gran cantidad de protocolos, permite filtrar la información, con el propósito de analizar específicamente al protocolo SIP.

3.5 Llamada desde softphone X-LITE hacia teléfono celular con aplicación BRIA MOBILE

Este escenario de prueba se presenta en la figura 3.14, en el cual se realiza el siguiente procedimiento:

- ✓ Inicia la captura de paquetes mediante el *anализador de protocolos*
- ✓ Se realiza una llamada desde el Softphone X-Lite hacia un teléfono celular
- ✓ Se finaliza la llamada.
- ✓ Se detiene la captura de paquetes.

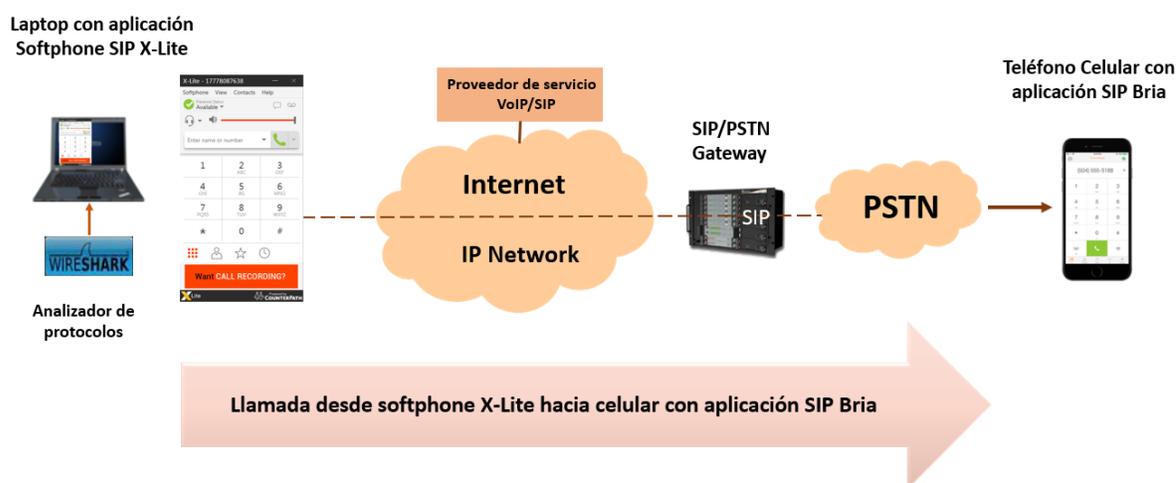


FIGURA 3.14. LLAMADA DESDE SOFTPHONE X-LITE HACIA TELÉFONO CELULAR CON APLICACIÓN SIP BRIA.

En la figura 3.15 se presenta el tráfico que está llegando al host (tráfico RTP). Para obtener estas graficas se utilizan las funciones *Statistics e IO Graphs* en el analizador de protocolos.

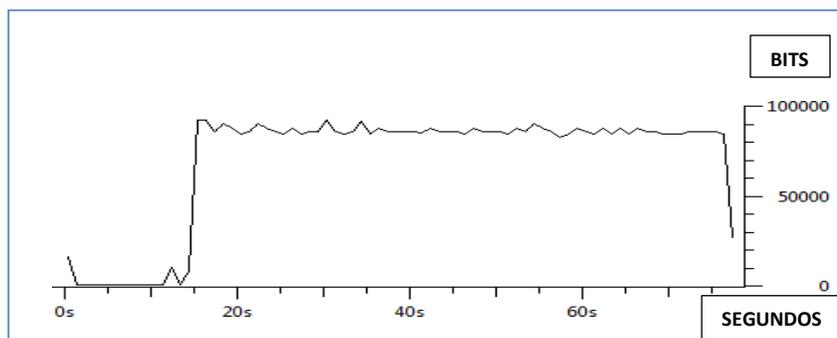


FIGURA 3.15. TRÁFICO RECIBIDO EN EL HOST (BITS / SEGUNDO).

- El ancho de banda aproximado de RTP es de 85Kpbs (G.711)

En la figura 3.16 se presentan los RTP Streams de la captura, se presentan dos streams por cada llamada. Se utilizan las funciones de *Telephony* en el menú del analizador de protocolos, posteriormente se selecciona *RTP* y *Show All Streams*.

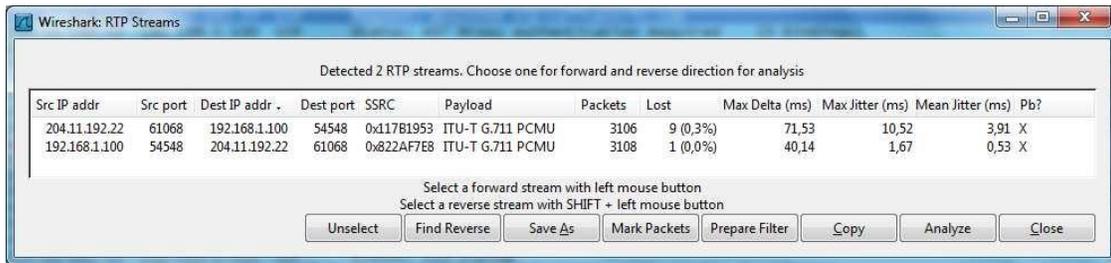


FIGURA 3.16. VENTANA RTP STREAMS.

En la tabla 3.1 se presenta los resultados de funcionamiento en el escenario de prueba: Llamada desde Softphone X-Lite hacia el teléfono celular.

TABLA 3.1 RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO: LLAMADA DESDE SOFTPHONE X-LITE HACIA CELULAR CON APLICACIÓN SIP

| Direcciones IP | | RTP Streams | | | | |
|----------------|---------------|-------------|----------|----------------|-----------------|------------------|
| Fuente | Destino | Paquetes | Perdidos | Max Delta (ms) | Max Jitter (ms) | Mean Jitter (ms) |
| 204.11.192.22 | 192.168.1.100 | 3106 | 9 (0,3%) | 71,53 | 10,52 | 3,91 |
| 192.168.1.100 | 204.11.192.22 | 3108 | 1 (0,0%) | 40,14 | 1,67 | 0,53 |

Para obtener gráficamente el flujo de mensajes en una llamada VoIP, se utiliza la opción *Telephony* en el analizador de protocolos, posteriormente se selecciona *VoIP Calls*, a continuación, se elige la llamada VoIP y se selecciona *Graph*, como se muestra en las figuras 3.17 y 3.18.

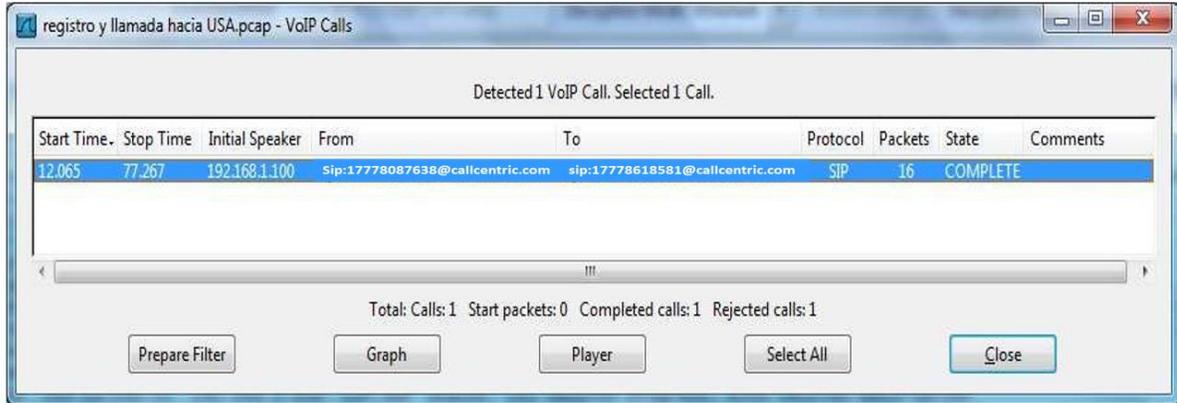


FIGURA 3.17. VENTANA VOIP CALLS

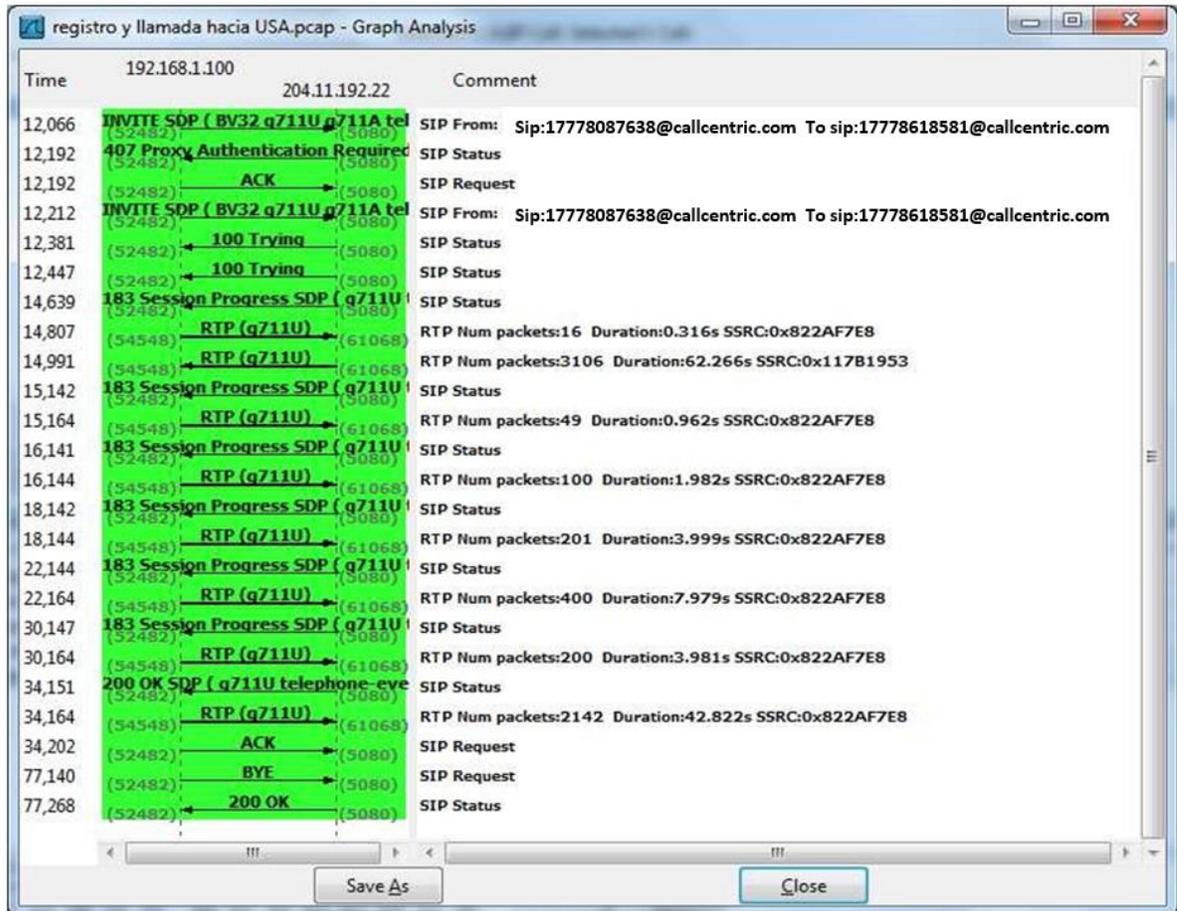


FIGURA 3.18. FLUJO DE MENSAJES EN UNA LLAMADA VOIP: VENTANA GRAPH ANALYSIS.

3.6 Llamada desde teléfono celular hacia softphone X-LITE

Este escenario de prueba se presenta en la figura 3.19, en la cual se realiza el siguiente procedimiento:

- ✓ Inicia la captura de paquetes mediante el analizador de protocolos.
- ✓ Se realiza una llamada desde un teléfono celular con aplicación SIP hacia el *Softphone X-Lite* (Para poder recibir llamadas, se dispone de un número en USA proporcionado por el proveedor de servicio VoIP *CallCentric*).
- ✓ Se finaliza la llamada.
- ✓ Se detiene la captura de paquetes.

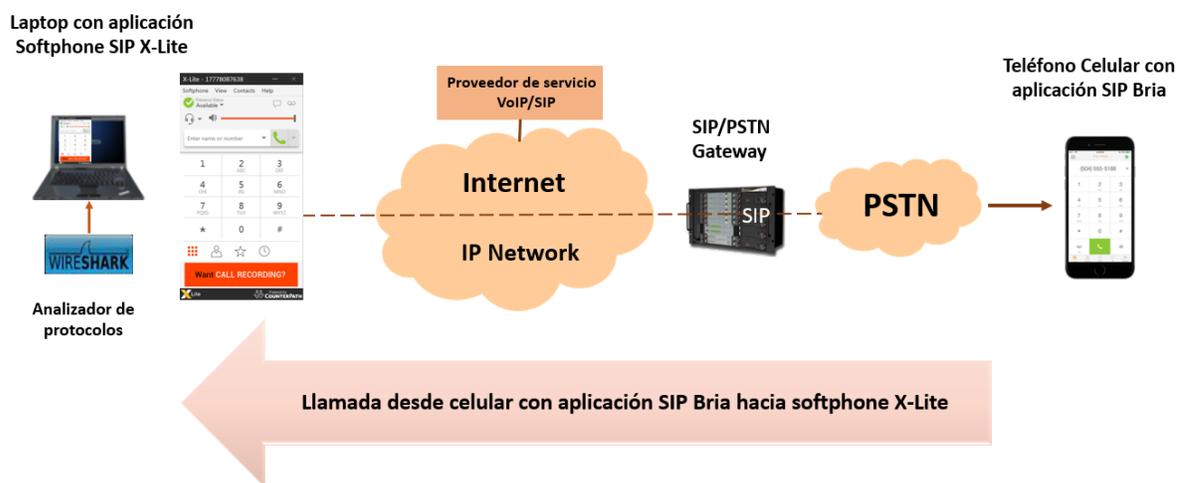


FIGURA 3.19. ESCENARIO DE PRUEBA: LLAMADA DESDE TELÉFONO CELULAR CON APLICACIÓN BRIA HACIA SOFTPHONE X-LITE.

En la figura 3.20 se presenta el tráfico que está llegando al host (tráfico RTP). Para obtener esta grafica se utilizan las funciones *Statistics e IO Graphs* en el analizador de protocolos.

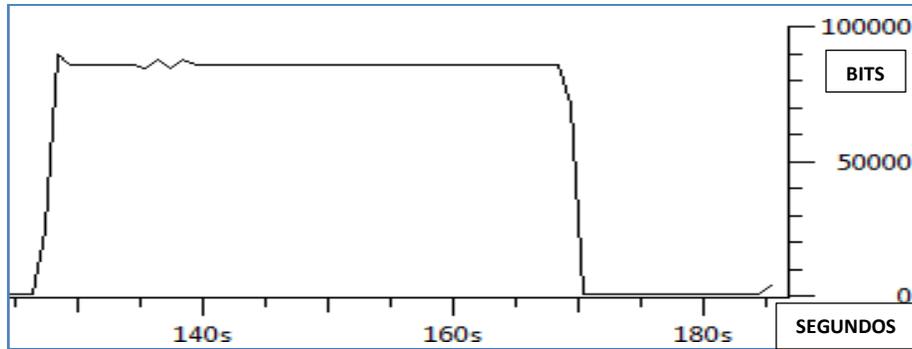


FIGURA 3.20. TRÁFICO RECIBIDO EN EL HOST (BITS / SEGUNDO).

- El ancho de banda aproximado de RTP es de 85Kpbs (G.711)

En la figura 3.21 se presentan los RTP Streams de la captura, se presentan dos streams por cada llamada. Se utilizan las funciones de *Telephony* en el menú del analizador de protocolos, posteriormente se selecciona *RTP* y *Show All Streams*.

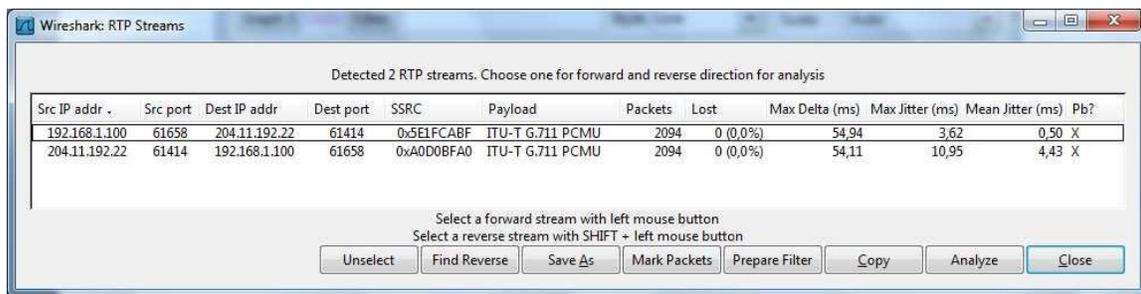


FIGURA 3.21. VENTANA RTP STREAMS.

En la tabla 3.2, se presenta los resultados de funcionamiento en el escenario de prueba: Llamada desde un teléfono celular con aplicación SIP Bria hacia el Softphone X-Lite instalado en una laptop con conexión a internet.

TABLA 3.2. RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO: LLAMADA DESDE TELÉFONO CELULAR HACIA SOFTPHONE X-LITE.

| Direcciones IP | | RTP Streams | | | | |
|----------------|---------------|-------------|----------|----------------|-----------------|------------------|
| Fuente | Destino | Paquetes | Perdidos | Max Delta (ms) | Max Jitter (ms) | Mean Jitter (ms) |
| 192.168.1.100 | 204.11.192.22 | 2094 | 0 (0,0%) | 54,94 | 3,62 | 0,50 |
| 204.11.192.22 | 192.168.1.100 | 2094 | 0 (0,0%) | 54,11 | 10,95 | 4,43 |

Para obtener gráficamente el flujo de mensajes en una llamada VoIP, se utiliza la opción *Telephony* en el analizador de protocolos, posteriormente se selecciona *VoIP Calls*, a continuación, se elige la llamada VoIP y se selecciona *Graph*, como se muestra en la figura 3.22 y 3.23.

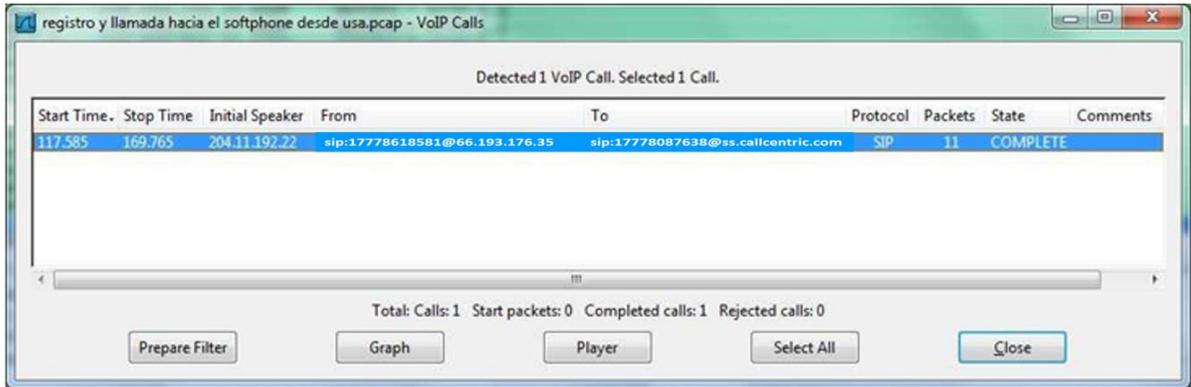


FIGURA 3.22. VENTANA VOIP CALLS.

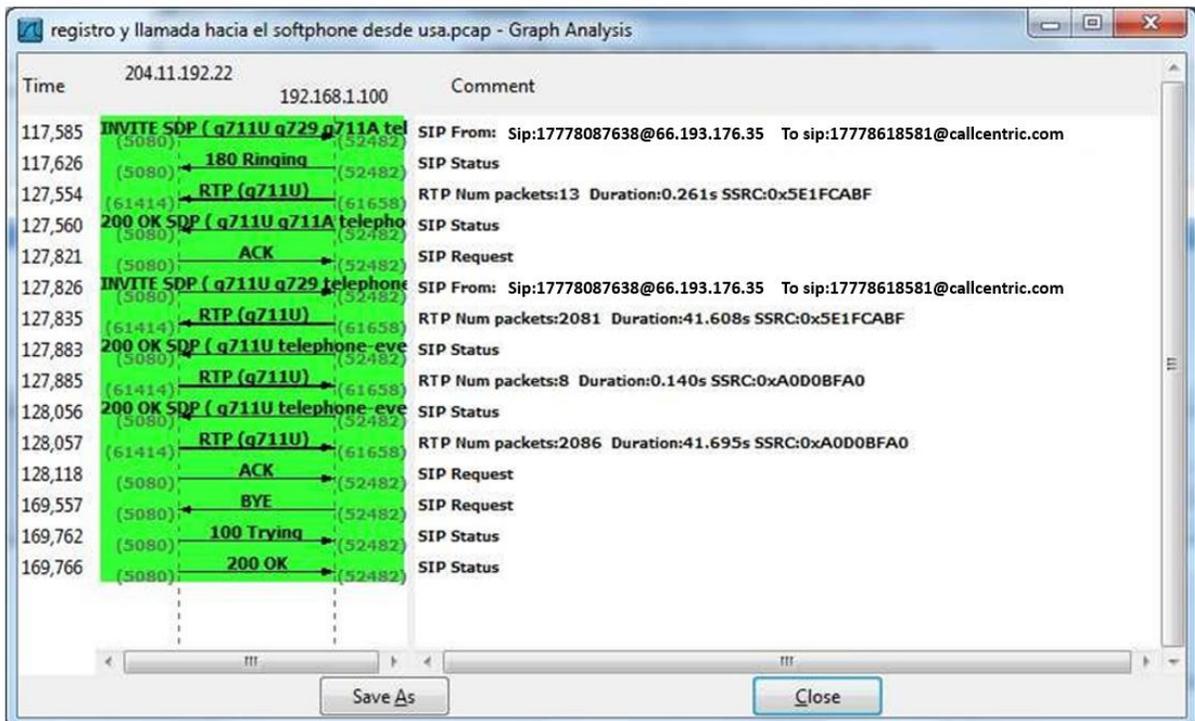


FIGURA 3.23. FLUJO DE MENSAJES EN UNA LLAMADA VOIP: VENTANA GRAPH ANALYSIS

CAPÍTULO 4

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

Con base a las pruebas y el estudio realizado, se determinó que el Protocolo SIP es más simple, más ligero, más rápido que otros protocolos, por lo tanto, más adecuado para VoIP y otras aplicaciones de internet. SIP, al utilizar SDP integra la mayoría de los parámetros para el inicio de una sesión de comunicación, después el RTP/RTCP se encarga de manejar el contenido multimedia dando como resultado una comunicación más rápida y eficaz, además, RTP viaja sobre el protocolo UDP que es un protocolo muy rápido para transportar la información en tiempo real, haciendo que la sesión fluya de manera más rápida y eficiente. Por esta razón más empresas y organizaciones alrededor del mundo eligen equipos compatibles con SIP. La elección de productos basados en el estándar SIP asegura que se pueden mezclar productos de diferentes fabricantes, así como de generaciones anteriores, haciendo que sea parte integral de las comunicaciones VoIP.

Derivado del proyecto de investigación realizado se determinó que hacer y recibir llamadas de voz a través de internet, está ganando terreno rápidamente, gracias a los dispositivos de voz, como teléfonos de modo dual con tecnología celular y Wi-Fi.

Las nuevas tecnologías ofrecen a los usuarios una amplia gama de dispositivos que soportan aplicaciones de voz, por lo que no está limitado a los teléfonos móviles. Las computadoras portátiles fueron de los primeros dispositivos en soportar voz por internet, pero los teléfonos celulares que actualmente cuentan con tecnología Wi-Fi y modo dual celular/Wi-Fi, están creciendo rápidamente, ofreciendo a los usuarios de VoIP soluciones inalámbricas.

VoIP puede garantizar una alta calidad en la transmisión de voz, si los canales de señalización y de audio, tienen prioridad sobre otros tipos de tráfico de la red. Para que los usuarios reciban un nivel aceptable de calidad de voz, el tráfico de VoIP debe garantizar ciertas compensaciones de: ancho de banda, latencia, y requisitos de Jitter. QoS asegura que los paquetes de voz de VoIP reciban el tratamiento preferencial que requieren.

El Funcionamiento del presente proyecto de tesis es satisfactorio, puesto que se cumplió con los objetivos y expectativas planteadas. Por lo que se puede concluir que, el proveedor *CallCentric* (*Internet Phone Service*), es una excelente alternativa en aplicaciones de Voz sobre IP basados en SIP, por su capacidad de funcionamiento y compatibilidad con un sin número de dispositivos terminales SIP, los cuales, el proveedor *CallCentric* ofrece soporte para cada uno de ellos. El Softphone X-Lite versión 5.2, presentan un desempeño exitoso, así como la aplicación SIP Bria que se instaló en un teléfono celular inteligente. Logrando de esta manera obtener una considerable reducción de costos, con respecto a las llamadas internacionales.

4.2 Recomendaciones

Para garantizar una buena calidad de Voz, se recomienda que los dispositivos terminales y los puntos de acceso, cumplan con los niveles de desempeño adecuado, referente a pérdida de paquetes, latencia, Jitter, entre otros.

Para evitar valores tan altos de *Jitter buffer*, es posible reducir el efecto del *Jitter* agregando técnicas de calidad de servicio, por ejemplo: dar prioridad al tráfico de voz con respecto al de datos y enlaces de mayor velocidad, entre otros. Teniendo en cuenta que: “Una disminución del *buffer* significa menos retardo, pero más pérdida de paquetes, caso contrario, un aumento del *buffer* significa menos pérdida de paquetes, pero más retardo”. Prácticamente los valores del *Jitter buffer* pueden ser configurados de forma manual o el equipo terminal (teléfono IP) puede estimar el mejor valor, siempre teniendo en cuenta la relación de compromiso de calidad. El porcentaje aceptable de paquetes perdidos se recomienda que sea menor o igual al 1%.

Al momento de elegir un proveedor de servicios VoIP / SIP, se recomienda elegir uno que ofrezca servicios especiales en un área determinada, específicamente dentro de un país en particular. La elección del proveedor dentro del mismo país que se desea realizar o recibir llamadas constantemente, puede potencialmente reducir los costos de telefonía de manera considerable.

BIBLIOGRAFÍA

- IP Telephony. The integration of Robust VoIP Services.
Bill Douskalis. Prentice Hall PTR Inc. 2000.
- IP Telephony. Deploying VoIP Protocols and IMS Infrastructure, Second Edition
Olivier Hersent. 2011 John Wiley & Sons Ltd.
- Practical IP and Telecom for Broadcast Engineering and Operations
Fred Huffman. 2004. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
- Historia de las Telecomunicaciones.
Biografía de Almon Brown Strowger.
- Javier Castillo Ruiz, “Desarrollo de b2bua filter criteria para s-cscf en ims”.
Universidad Politécnica de Catalunya, 2006.
- IETF “SIP: Session Initiation Protocol” RFC 3261. J. Rosenberg, dynamicsoft , H. Schulzrinne Columbia U., G. Camarillo Ericsson, A. Johnston WorldCom, J. Peterson, Neustar R. Sparks dynamicsoft, M. Handley ICIR, E. Schooler, AT&T. June 2002.
- Tella Llop, Jose Manuel: Fundamentos del TCP/IP. Publicado originalmente en septiembre de 1999 en los grupos de noticias microsoft.public.es.windows98. TCP/IP orientado a Windows
- TCP-IP Tutorial and Technical Overview Tutorial y descripción técnica de TCP/IP
Disponible en: http://www.cicei.com/ocon/gsi/tut_tcpip/3376c23.html
- Protocolos de Voz sobre IP Disponible en: www.laivent.com.ar
Julián María Ganzábal [jganzabal@laivent.com.ar]
- Entidades básicas de SIP
Disponible en: http://es.wikitel.info/wiki/Entidades_b%C3%A1sicas_SIP
- CounterPath Releases X-Lite 5.2
Disponible en: <http://www.counterpath.com/counterpath-xlite-5.2-release.html>