
VoIP simplificado: Una visión clara para implementación y beneficios empresariales

VoIP simplified: A clear vision for implementation and business benefits

Amalia Patricia Bernal Arce¹

Resumen:

A través de una metodología de investigación integral que comprende una revisión de literatura especializada, se ha desarrollado el presente estudio con el objetivo de ofrecer una visión simplificada pero relevante de la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet. Se abordan aspectos como su definición, funcionamiento, arquitectura para una implementación exitosa y los beneficios que aporta a empresas y organizaciones. La investigación se ha simplificado para presentar la información más relevante de manera accesible y comprensible, dirigida tanto a profesionales técnicos como no técnicos para que todos puedan obtener valor de este conocimiento.

El artículo comienza con una introducción sobre el procesamiento de voz, los fundamentos de las redes telefónicas tradicionales e Internet. Este contexto inicial proporciona los conocimientos necesarios para comprender a fondo los hallazgos de la investigación, que profundiza en diversos aspectos de la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet, incluyendo el Protocolo de Inicio de Sesión, su arquitectura y la interacción entre sus componentes. Se continúa con un análisis detallado sobre la integración de las redes de voz convencionales con Internet, examinando los componentes tecnológicos clave que posibilitan esta integración, como son, el Signaling Gateway, el Media Gateway Controller, el Media Gateway, entre otros.

Finalmente, el artículo explora los beneficios de un sistema de Voz sobre Protocolo de Internet, en términos de calidad de servicio, optimización de recursos, escalabilidad de servicios y reducción de costos, resaltando su relevancia en el ámbito empresarial y organizacional.

Palabras clave: Arquitectura SIP, Beneficios de VoIP, Integración de redes de voz con Internet, Protocolo SIP, Sistemas VoIP.

¹ Instituto Superior Tecnológico Guayaquil, Magister en Telecomunicaciones, <https://orcid.org/0009-0002-1650-867X>

Autor de correspondencia: apbernal@istg.edu.ec



Abstract:

Through a comprehensive research methodology that includes a review of specialized literature, the present study has been developed with the aim of offering a simplified yet relevant insight into Voice over Internet Protocol technology. It addresses aspects such as its definition, functioning, architecture for successful implementation, and the benefits it brings to companies and organizations. The research has been streamlined to present the most relevant information in an accessible and understandable manner, aimed at both technical and non-technical professionals so that everyone can derive value from this knowledge.

The article begins with an introduction to voice processing, the fundamentals of traditional telephone networks, and the Internet. This initial context provides the necessary knowledge to thoroughly understand the research findings, which delve into various aspects of Voice over Internet Protocol technology, including the Session Initiation Protocol, its architecture, and the interaction among its components. It continues with a detailed analysis of the integration of conventional voice networks with the Internet, examining key technological components that enable this integration, such as the Signaling Gateway, the Media Gateway Controller, the Media Gateway, among others.

Finally, the article explores the benefits of a Voice over Internet Protocol system in terms of service quality, resource optimization, service scalability, and cost reduction, highlighting its relevance in the business and organizational sphere.

Keywords: *SIP architecture, VoIP benefits, Integration of voice networks with the Internet, SIP protocol, VoIP systems.*

Introducción

A lo largo del tiempo, el campo de las telecomunicaciones ha experimentado una constante evolución, en este proceso, ha surgido la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP: Voice over Internet Protocol), que permite realizar llamadas telefónicas utilizando redes IP, ampliando significativamente el alcance y las capacidades de los servicios de comunicación. Esta innovación proporciona una gama de oportunidades al permitir la escalabilidad de los servicios ofrecidos por un sistema VoIP, además de optimizar recursos y reducir costos en las llamadas telefónicas. Estos beneficios destacados han posicionado a la tecnología VoIP como una opción altamente demandada por empresas de todos los tamaños.

En este contexto, es esencial comprender el funcionamiento de un sistema VoIP, desde sus fundamentos técnicos, arquitectura de implementación y los beneficios asociados que ofrece a las organizaciones. Para lograr esta comprensión integral, es necesario introducir conceptos fundamentales, como el proceso de digitalización de señales de voz analógicas para su transmisión a través de canales digitales, la evolución de las redes telefónicas tradicionales incluyendo sus protocolos de señalización, y los conceptos básicos de Internet.

Una vez que se adquieren estos conocimientos fundamentales, se facilita la comprensión del funcionamiento y la operatividad de un sistema de telecomunicaciones VoIP, lo que incluye su arquitectura, las tecnologías implicadas y su interacción en conjunto. Este entendimiento sienta las bases para una implementación exitosa y el aprovechamiento pleno de los beneficios que ofrece la tecnología VoIP en el contexto empresarial.

Para transportar la voz a través de un sistema de telecomunicaciones, como las redes telefónicas, es necesario digitalizarla, considerando que la mayoría de los canales de transmisión en la actualidad son digitales. El proceso de digitalización y transmisión de la voz comprende los siguientes pasos, tabla 1

Tabla 1

Proceso de digitalización y transmisión de voz

Fases	Descripción
Muestreo	La técnica de muestreo implica capturar muestras de la señal de voz analógica en momentos específicos y de forma regular en el tiempo. La frecuencia de muestreo es de 8 kHz, lo que significa que se toman 8000 muestras por segundo para representar la forma de onda de la señal de voz analógica para su posterior digitalización
Cuantización	Es el proceso mediante el cual se asignan valores discretos, representados por bits, a las muestras de la señal de voz analógica. La cantidad de bits empleados para representar cada muestra es esencial para la calidad de la digitalización: más bits significan más niveles discretos disponibles y por lo tanto mejor calidad de la señal de voz digital resultante
Codificación	Las muestras cuantizadas se expresan mediante una secuencia de bits
Compresión	Su objetivo es minimizar la cantidad de datos necesarios para representar la señal de voz digitalizada sin pérdida significativa de calidad. La compresión es esencial cuando se pretende transmitir la señal de voz digital a través de canales con un ancho de banda limitado

Transmisión	La señal digital resultante se envía a través de canales digitales en una red telefónica
Decodificación	En el lado receptor, se realiza el proceso inverso. La información binaria se convierte nuevamente en una señal analógica, permitiendo la reproducción de la señal de voz original

Nota. Gupta et al., (2018)

Este procedimiento es llevado a cabo mediante el uso de códecs de voz. Un códec de voz es un codificador-decodificador que varía en términos de ancho de banda, velocidad de bits, complejidad de algoritmo, retraso y otros factores que influyen en la capacidad y la calidad del servicio (Gupta et al., 2018).

Los códecs de audio estandarizados y más utilizados en un sistema VoIP son los siguientes: G.711 con una tasa de 64 kbps utilizado principalmente en telefonía; G.723.1 con una tasa de 5.3 kbps y 6.3 kbps, este es un códec de voz de doble velocidad, ideal para canales de transmisión con un ancho de banda reducido; G.726 que ofrece múltiples tasas de bits de 16, 24 y 32 kbps; G.729 utilizado principalmente en aplicaciones de VoIP por su requerimiento de bajo ancho de banda, opera a una tasa de 8 kbps (Huerta et al., 2013).

Existen otros códecs como el Opus que es un códec de código abierto, ofrece tasas de bits variables desde 6 hasta 510 kbps, compatible con una amplia gama de aplicaciones de comunicaciones de voz y ofrece una óptima calidad de voz; y el códec Adaptive Multi-Rate (AMR), un códec utilizado en redes móviles para la transmisión de voz en tiempo real, ofrece tasas de bits de 4.75 a 12.2 kbps y es compatible con una amplia gama de dispositivos móviles (Suárez, 2023).

La telefonía tradicional se denomina Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN: Public Switched Telephone Network) y facilita la conectividad y comunicación entre teléfonos o abonados.

En la PSTN, la interconexión de teléfonos se realiza mediante conmutadores también llamados centrales. Existen tres elementos en una red PSTN, los terminales, las centrales locales y las centrales centrales. La línea que conecta el dispositivo telefónico del usuario con la central local se denomina bucle de abonado y permite la transmisión de señales entre el dispositivo del usuario y la red telefónica; la línea que conecta las centrales locales con las centrales centrales se llama troncal y puede manejar múltiples llamadas simultáneas facilitando el tráfico entre distintas áreas o sistemas telefónicos.

La PSTN funciona principalmente como una red de conmutación de circuitos, estableciendo una conexión dedicada entre el abonado que llama y el abonado receptor de la llamada, asegurando una calidad de voz consistente, pero con menor eficiencia en términos de utilización de recursos de la red. La PSTN ha sido utilizada para la transmisión de voz analógica durante muchos años, no obstante, conforme las tecnologías de comunicación han experimentado mejoras gracias a la era de la digitalización, se ha efectuado una transición hacia redes digitales que transportan la señal de voz a través de canales digitales, con el fin de aprovechar los beneficios que ofrece, tales como la óptima utilización de los recursos de la red y la capacidad de integración con servicios de datos y multimedia.

La señalización representa un elemento funcional crucial en cualquier estructura de telecomunicaciones, ya que habilita todos los elementos de la red para el establecimiento, gestión y configuración de servicios (Castellanos, 2004). La señalización telefónica no es más que el proceso de configurar, gestionar y controlar

el inicio, mantenimiento y terminación de llamadas telefónicas. La señalización transmite información que controla y facilita la gestión de llamadas y otros servicios.

En las primeras redes telefónicas se utilizaba la señalización dentro de banda llamada Señalización Asociada al Canal (CAS: Channel Associated Signalling), donde la información de señalización y datos de voz se transmitía a través del mismo canal (Lin, 1996). Cada canal de comunicación de voz transporta su propia señalización, esto implica que la señalización está vinculada al canal específico a través del cual se transmite la llamada.

Existe otro método de señalización denominado Señalización de Canal Común (CCS: Common Channel Signalling), en donde se utilizan dos canales separados: uno para transportar los mensajes de señalización y otro para transportar los datos de voz, la señalización se transmite en canales separados, independientes de los canales de voz, además, en un canal CCS, se gestionan los procesos de supervisión, direccionamiento y suministro de información de llamadas telefónicas (Lin, 1996)

El canal de señalización CCS es compartido para la señalización de todas las llamadas, permite controlar varias llamadas de voz a la vez. Este enfoque de señalización permite un control mejorado de las llamadas.

El Sistema de Señalización 7 (SS7: Signaling System 7) es un conjunto de protocolos empleados en redes telefónicas para gestionar los procedimientos de señalización involucrados en el establecimiento, mantenimiento y terminación de llamadas. SS7 permite la implementación de señalización fuera de banda CCS (transmisión de señalización a través de un canal diferente al utilizado para la transmisión de voz) en una red PSTN, sin embargo, esto no quiere decir que todos los sistemas CCS emplean necesariamente el protocolo SS7. Es importante también destacar que el protocolo de señalización SS7 se utiliza en diversas infraestructuras de comunicación, como la red telefónica básica pública, la red telefónica digital, las redes inteligentes y las redes celulares, incluso se puede implementar en el ámbito de Internet. Entre las diferentes funciones de este protocolo están la provisión de recursos para mantener la continuidad de una llamada, autenticación y autorización de la parte que realiza la llamada, otorgamiento de los privilegios necesarios para realizar llamadas internacionales o entre diferentes operadores, portabilidad numérica entre operadoras de telecomunicaciones, movilidad y roaming en llamadas celulares y mensajería móvil. Así mismo, SS7 desempeña un papel fundamental al permitir la interconexión entre redes que utilizan tecnologías diferentes. Finalmente, cabe destacar que el protocolo SS7 exhibe notables niveles de robustez y capacidad para resistir fallos. Todas estas funciones y prestaciones de SS7 influyen en gran medida en la calidad de experiencia del usuario (QoE).

El Internet constituye una red mundial de computadoras interconectadas y que se comunican a través del Protocolo de Internet (IP: Internet Protocol). El protocolo IP es un conjunto definido de reglas que facilitan la transmisión de datos entre dispositivos de red. Al momento en que un usuario realiza el envío de información por medio de Internet, los datos son fragmentados en paquetes de tamaño reducido, cada uno de los paquetes tiene asociado una dirección IP de origen y una dirección IP destino, estos paquetes se transportan por la red a través de diversas rutas hasta llegar a su destino, donde son reensamblados para recuperar la información original. La comunicación de datos en Internet implica el direccionamiento eficiente de los paquetes a través de la estructura de la red, lo cual facilita un intercambio fluido de información entre los dispositivos que se encuentran conectados a Internet.

Una vez introducidos estos temas y conceptos fundamentales respecto a las redes telefónicas tradicionales e Internet que permiten una mejor comprensión de los

temas que se desarrollan a continuación, el presente estudio busca proporcionar una visión simplificada pero relevante de la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) y describir sus beneficios para empresas y organizaciones, presentándola como una solución versátil y escalable para las necesidades de comunicación empresarial. Se destacan los aspectos más importantes de VoIP de manera accesible, evitando un exceso de tecnicismos para garantizar que tanto profesionales técnicos como no técnicos puedan comprender y aprovechar este conocimiento. El propósito final es que las empresas comprendan la tecnología VoIP, reconozcan sus beneficios y consideren su adopción en sus operaciones.

Metodología

Se emplea la metodología de investigación Análisis-Síntesis, que consiste en primer lugar en investigar y explicar conceptos introductorios y fundamentales sobre cada uno de los elementos tecnológicos que componen un sistema VoIP. Posteriormente, se describe cómo todos estos elementos se integran e interactúan entre sí para visualizarlos como un todo formando un sistema VoIP. En otras palabras, se parte de lo particular para llegar a lo general. Además, este estudio se basa en una revisión bibliográfica y documental exhaustiva centrada en la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP). Se llevó a cabo una investigación integral que incluyó la revisión de libros, tesis y artículos especializados sobre VoIP y temas relacionados. A partir de esta investigación, se identificó, analizó y sintetizó la información más relevante para comprender los fundamentos de VoIP, incluyendo su definición, funcionamiento y protocolos de señalización como SIP, así como la integración de redes telefónicas tradicionales con Internet.

Para este trabajo, se utilizaron herramientas como Consensus, que permite encontrar y resumir artículos científicos respondiendo preguntas de investigación.

Resultados y Discusión

Sistema VoIP

Un sistema VoIP es un servicio de telecomunicación basado en el protocolo de Internet IP, que permite transmitir datos de voz a través de redes conmutadas por paquetes permitiendo así una comunicación global (Singh et al., 2014). En esta afirmación, es esencial aclarar que el VoIP no se restringe únicamente a las comunicaciones de voz entre abonados pertenecientes exclusivamente a la red de Internet, sino que, abarca las comunicaciones entre abonados de redes telefónicas tradicionales e Internet, así como entre abonados de dos redes PSTN que se interconectan a través de Internet. Por ejemplo, un usuario de la red PSTN puede comunicarse con un usuario de la red de Internet, o un usuario de la red PSTN puede comunicarse con otro usuario de una red PSTN diferente, en donde las redes PSTN se interconectan a través de Internet.

Es importante destacar que en un sistema VoIP, Internet actúa como una red telefónica, es decir, transmite datos de señalización además de los datos de voz propiamente dichos. También es relevante señalar que muchas personas utilizan el término "telefonía IP" para referirse a la tecnología VoIP, pero en realidad, estos términos no son sinónimos.

La telefonía IP es una aplicación de VoIP, pero no es lo mismo que VoIP. La telefonía IP se refiere específicamente a la comunicación entre abonados que se

encuentran exclusivamente en la red de Internet. La telefonía por Internet representa una forma contemporánea de comunicación, una tecnología que aprovecha las capacidades de Internet para enviar señales de voz; en términos sencillos, nuestra voz, es decir, las palabras que utilizamos para comunicarnos con otros, se transforman mediante sistemas de codificación especiales en paquetes de datos; estos paquetes se transmiten a través de Internet utilizando el protocolo TCP/IP hasta su destino, donde son descomprimidos y decodificados de nuevo en señales de voz convencionales; las direcciones IP (xxx.xxx.xxx.xxx) sirven como identificadores de abonados, es decir, en esencia, como números de teléfono (Czech, 2022).

En resumen, para que un sistema sea considerado VoIP, debe permitir la convergencia entre redes telefónicas tradicionales e Internet y permitir la transmisión de señalización a través de Internet además de la transmisión de los datos de voz.

Comunicación de la voz en los sistemas VoIP

Una vez que la voz es codificada y comprimida, se almacena y se transmite en paquetes IP. Tratándose de datos de voz, en una comunicación por Internet, es necesario garantizar un flujo continuo y sin retrasos de los paquetes que llevan los datos de voz, y para ello, se utiliza el Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP: Real-time Transport Protocol) y el Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (RTCP: Real-time Transport Control Protocol), ambos protocolos utilizados para la comunicación de voz en tiempo real en Internet. RTP proporciona funciones de transporte de datos como audio y video, en tiempo real, a través de servicios de red de multidifusión o unidifusión en un sistema VoIP (Asante et al., 2012). RTCP proporciona mecanismos de calidad de servicio al controlar que los paquetes RTP sean enviados correctamente y verificar que sean recibidos de manera correcta, en los tiempos respectivos. El protocolo RTCP en un sistema VoIP permite medir las pérdidas de paquetes, el retraso entre llegadas y la variación del retraso (jitter) en la transmisión de datos de voz a través de redes IP (Heyi, 2015).

En conclusión, RTP se encarga de transportar los datos multimedia, como el audio y el video, a través de Internet en tiempo real, mientras que RTCP se encarga de la monitorización y control de la calidad de la transmisión de datos en tiempo real.

Señalización en los sistemas VoIP

En los sistemas VoIP, la señalización es un componente esencial que se encarga de establecer, modificar y finalizar las sesiones de comunicación, así como de gestionar las funciones de control del servicio. La señalización en un sistema VoIP es responsable de la transmisión de información relacionada con el establecimiento, mantenimiento y terminación de llamadas, identificación de dispositivos, negociación de parámetros de comunicación y otros aspectos esenciales para el perfecto funcionamiento del servicio VoIP. Los protocolos de señalización colaboran con otros elementos del sistema VoIP para ofrecer una experiencia de comunicación consistente y de alta calidad. Uno de los protocolos de señalización más destacados en un sistema VoIP es el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP: Session Initiation Protocol).

Protocolo de inicio de sesión (SIP)

El Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) es un protocolo de control de capa de aplicación que posibilita la creación, modificación y finalización de sesiones o llamadas multimedia; estas sesiones multimedia abarcan conferencias, aprendizaje a distancia, telefonía por Internet y otras aplicaciones similares (Handley et al., 2002).

Para la comunicación de voz por Internet, es crucial establecer sesiones en la red, y para ello se emplea el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP). Se envía una señalización para establecer la llamada; luego se transmite la voz y también se transmite señalización durante la comunicación, la señalización durante la comunicación es debido a que las terminales ocasionalmente verifican la disponibilidad de la otra terminal para continuar la comunicación, o incluso puede haber cambios en la sesión durante la conversación; finalmente se envía una señalización para finalizar la llamada.

En este proceso de señalización, SIP abarca funciones imprescindibles para garantizar una gestión efectiva del servicio de llamada, a continuación, se describen las funciones principales de la señalización efectuada por el protocolo SIP:

Tabla 2

Funciones de la señalización del protocolo SIP

Nº	Descripción
1	Registro de teléfonos u otros dispositivos SIP en los servidores de registro
2	Registro de usuarios en los servidores SIP
3	Establecimiento, modificación y finalización de sesiones de comunicación
4	Autenticación y autorización de usuarios
5	Localización del usuario llamado
6	Solicitud de camino o ruta de llamada al servidor correspondiente
7	Intercambio de información para permitir establecer la sesión
8	Negociación de parámetros de sesión como códecs de audios y video, características de seguridad, números de puertos a utilizar para la transmisión de medios, características de calidad de servicio, etc
9	Redireccionamiento de llamadas
10	Registro y publicación de información sobre presencia
11	Solicitud de entrega de información sobre presencia
12	Notificación de eventos
13	Gestión de las solicitudes de calidad de servicio entre los distintos elementos de la red
14	Mensajería instantánea entre usuarios

Así mismo, el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) puede otorgar servicios tales como: transferencia de llamadas, monitoreo de llamadas, historial de llamadas, grabación de llamadas, videoconferencias, llamadas de emergencia, llamadas en espera, contestador automático de llamadas, entre otros, (Huerta et al., 2013).

Durante la sesión de una comunicación, además de SIP, también se utiliza el Protocolo de Descripción de Sesión (SDP: Session Description Protocol), el cual especifica la información necesaria para describir una sesión multimedia, esta información puede incluir: direcciones IP, número de puertos, tiempos y fechas de la sesión, el códec a utilizar, etc.

SIP puede distribuir mensajes SDP entre los distintos participantes de una conversación, ya que el paquete SIP lleva los mensajes SDP.

Es fundamental comprender que solo SIP puede intercambiar información de señalización, solo SIP puede negociar y modificar los parámetros de la sesión, por lo

tanto, solo SIP puede establecer, modificar y finalizar sesiones de comunicación, mientras que SDP se limita a describir las sesiones establecidas por SIP.

Es importante resaltar que el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) opera según una estructura cliente-servidor, en la cual los usuarios efectúan llamadas utilizando un servidor SIP, el cual se encarga de facilitar la conexión entre ambos abonados (Suárez, 2023).

Componentes de la arquitectura SIP desde un punto de vista lógico

Agentes de Usuario:

López (2011) plantea que los dispositivos de telefonía IP, incorporan cierta capacidad de procesamiento proporcionada por un Agente de Usuario (UA: User Agent), estos Agentes de Usuario son entidades que se fundamentan en un software o lógica de aplicación, están ubicados en los extremos de la red e interactúan con otras entidades con el objetivo de iniciar y terminar las sesiones o comunicaciones, utilizando mensajes para solicitar servicios, responder solicitudes y solicitar respuestas.

Tabla 3

Agentes de usuario

Agentes	Descripción
Agente de Usuario Cliente (UAC: User Agent Client):	Un Agente de Usuario Cliente es un elemento que opera en representación de un abonado iniciando solicitudes SIP. Un UAC envía solicitudes SIP como INVITE para establecer una sesión, BYE para finalizar una sesión o REGISTER para registrar su ubicación en un servidor de registro, entre otras.
Agente de Usuario Servidor (UAS: User Agent Server):	Un Agente de Usuario Servidor es un elemento que opera en representación de un abonado, aceptando o rechazando solicitudes SIP enviadas por un Agente de Usuario Cliente. El UAS se comunica con el abonado receptor de una solicitud SIP, procesa la solicitud y luego envía una respuesta al abonado remitente de la solicitud en representación del abonado receptor. Un UAS desempeña el papel de responder la solicitud SIP (las cuales son utilizadas para iniciar, modificar o finalizar sesiones de comunicación) en nombre del abonado al que está dirigida la solicitud SIP.

Nota. López (2011)

Los Agentes de Usuario son lógica de software que están presentes en diversos dispositivos y aplicaciones como teléfonos ip, softphones (aplicaciones de software para llamadas), sistemas de videoconferencia u otros dispositivos que son abonados y actúan como puntos finales en una sesión SIP.

Es importante destacar que dentro de una sesión SIP, la diferenciación entre UAC y UAS se basa en la dirección de la solicitud. Cuando un usuario inicia una comunicación telefónica, se le denomina Agente de Usuario Cliente (UAC); mientras que cuando recibe una llamada, se le conoce como Agente de Usuario Servidor (UAS). Estos roles pueden ser ejercidos de manera dinámica durante una sesión. Como resultado, los usuarios o dispositivos finales, incluidos teléfonos IP, softphones (aplicaciones de software para llamadas), sistemas de videoconferencia u otros dispositivos que sirven como puntos finales en una sesión SIP, pueden funcionar

como UAC o UAS, dependiendo de la acción específica que estén realizando dentro de la sesión SIP. Esto ejemplifica la versatilidad del protocolo SIP al adaptarse a diversas funciones durante la comunicación en tiempo real.

- **Back-to-Back User Agent (B2BUA):** Un B2BUA es un tipo de proxy que se sitúa entre dos Agentes de Usuario, se posiciona entre los puntos finales de una comunicación y asume el rol de intermediario para gestionar la señalización y la transmisión de medios entre ellos. Un B2BUA recibe una solicitud SIP, puede modificar los mensajes SIP según crea necesario y retransmitir la solicitud SIP como una nueva petición. Es importante comprender que un B2BUA posee control sobre la señalización SIP, lo que le permite alterar o reescribir mensajes SIP según lo considere necesario. A diferencia de un servidor proxy que sólo reenvía la señalización, un B2BUA ejerce decisiones sobre la señalización para los procesos de establecimiento, modificación y terminación de las sesiones de una llamada, tiene la capacidad de influir en aspectos tales como la negociación de códecs de audio, las direcciones IP y los puertos utilizados por los participantes, así como otras funciones relacionadas con la transmisión de medios, además, proporciona funcionalidades adicionales como la grabación de llamadas, el enrutamiento inteligente y la adaptación de códecs. Desde una perspectiva determinada, es factible concluir que un B2BUA incluye las funcionalidades de un proxy SIP, junto con las atribuciones de un Agente de Usuario Cliente (UAC) y un Agente de Usuario Servidor (UAS). Lógicamente, un B2BUA está compuesto por dos Agentes de Usuario, los cuales pueden tener un rol de Agente de Usuario Servidor o Agente de Usuario Cliente y están enlazados a través de un control lógico de llamada (López, 2011).

Servidores: Son servidores porque distintos Agentes de Usuarios pueden hacer peticiones a ese servidor.

Tabla 4

Descripción de las funciones de servidores

Servidores	Descripción
Servidor de registro	Es un servidor que acepta solicitudes de registro, almacena información sobre la ubicación de los Agentes de Usuario de la red. Cuando un usuario SIP se conecta a la red, su dispositivo, a través de su Agente de Usuario, emite una solicitud de registro al servidor de registro para notificar su ubicación actual y disponibilidad, este servidor almacena esta información dentro de una base de datos de ubicación SIP, otorgando así a otros usuarios SIP la capacidad de localizar y establecer comunicación con el usuario registrado a su discreción. Pueden ser servidores físicos o instancias de software en la infraestructura de red.
Servidor de localización	Es un servidor que almacena información de ubicación relacionadas con el usuario SIP como direcciones IP y nombres de dominio, no registra la presencia o disponibilidad de los usuarios SIP en tiempo real como si lo hace el servidor de registro. El servidor de localización es utilizado por un servidor de redirección o por un servidor proxy para obtener información sobre la posible ubicación del abonado destino de la llamada (Handley et al., 2002)
Servidor proxy:	El servidor proxy funciona como intermediario entre los Agentes de Usuario (UA), facilitando el reenvío de solicitudes SIP y respuestas entre

Servidor de
redirección

ellos. El servidor proxy tiene la capacidad de llevar a cabo tareas tales como la gestión de enrutamiento de llamadas, verificación de identidad, autorización de acceso y administración de seguridad. Situados en ubicaciones estratégicas dentro de la red con el propósito de encaminar y administrar las solicitudes SIP, un servidor proxy puede ser un servidor físico dedicado o software que se ejecuta en equipos de red. Por lo general, una solicitud de sesión (invitación) pasa por varios servidores de intermediarios (proxies) antes de llegar al que posea la información exacta sobre la ubicación del Agente de Usuario destino. (López, 2011)

Proporciona información de redireccionamiento a los usuarios o servidores SIP. Envía a un usuario o servidor remitente, la información de la ubicación alternativa de un usuario destinatario, en caso de que la ubicación inicial se encuentre inaccesible. Ofrece respuestas de redireccionamiento a las solicitudes SIP, proporcionando información actualizada acerca de la ubicación del destinatario. Si una petición es dirigida a una dirección que no corresponde, el servidor de redirección procede a enviar al cliente, información sobre la dirección correcta. López (2011) aclara que un servidor de redireccionamiento no puede reenviar solicitudes, únicamente responde a las solicitudes con la dirección del contacto solicitado. Es decir, un servidor de redirección no maneja la comunicación y no reenvía la solicitud SIP en sí como lo haría un servidor proxy, sino que le envía al cliente la dirección del destinatario al que debe dirigirse para que pueda continuar la comunicación. Estos servidores también pueden manifestarse en forma de servidores físicos o servidores virtuales

Nota. López (2011) y (Handley et al., 2002)

Gateway:

Es un componente que facilita la interoperabilidad y la interconexión entre redes de telefonía que utilizan diferentes protocolos de señalización. Un gateway traduce los mensajes originados por el protocolo de señalización de una red al formato compatible con el protocolo de señalización de otra red, y viceversa, con el fin de posibilitar la comunicación entre redes de telecomunicaciones diversas. El Gateway SIP realiza la traducción de un formato de transmisión de datos (paquetes multimedia) y procedimientos de comunicación (señalización) a otro y viceversa (López, 2011). En particular, un gateway SIP se utiliza para permitir la comunicación entre la red SIP y otras redes de comunicación que pueden usar protocolos distintos, como la red telefónica convencional PSTN que utiliza el protocolo de señalización SS7. La función principal de un Gateway radica en permitir la interconexión fluida entre redes con tecnologías y protocolos diferentes, posibilitando así una comunicación global.

Interacción entre componentes SIP: A través de un servidor proxy

Fase de señalización:

1) Un UAC inicia una solicitud SIP tipo INVITE. Cuando un usuario tiene la intención de efectuar una llamada, el UAC procede a generar una solicitud SIP llamada INVITE. La solicitud SIP tipo INVITE abarca información sobre el destinatario de la llamada como la dirección ip, los códecs de audio admitidos, el mensaje SDP (Session Description Protocol) que describe los parámetros correspondientes a la configuración

de la sesión multimedia, entre otros datos. La solicitud SIP tipo INVITE abarca detalles sobre la sesión que se pretende establecer y se transmite al servidor proxy de su dominio.

2) El servidor proxy recibe la solicitud SIP tipo INVITE y determina cómo enrutarla. Inicialmente, el servidor proxy debe consultar su tabla de enrutamiento para determinar si el destinatario está dentro de su dominio o si debe ser reenviado a otro dominio. Si el destinatario está dentro de su dominio, el servidor proxy SIP tiene la capacidad de enrutar directamente la solicitud al destinatario. Si el destinatario se encuentra fuera de su dominio, el servidor proxy SIP puede consultar un servidor de redirección para obtener información sobre cómo enrutar la solicitud.

3) En caso de que el servidor proxy SIP requiera información para direccionar la solicitud SIP, puede llevar a cabo una consulta al servidor de redirección SIP. El servidor de redirección SIP puede generar instrucciones sobre dónde enviar la solicitud, puede ofrecer instrucciones como la dirección de otro servidor proxy alternativo que pueda manejar la solicitud de manera más eficiente, o puede ofrecer una lista de direcciones SIP alternativas a las que el servidor proxy puede intentar reenviar la solicitud.

4) En caso de requerirse, se recurre al uso del servidor de localización para obtener la ubicación actual del usuario destinatario. Este paso es opcional y puede no considerarse necesario si el servidor proxy ya posee los datos sobre la ubicación del usuario destino.

5) El UAS del usuario destino recibe la solicitud INVITE y procede a responder con otro mensaje SIP, por ejemplo, enviando un mensaje de estado 200 OK para aceptar la llamada. El mensaje SIP 200 OK que responde el UAS también incluye el mensaje SDP (Session Description Protocol) que sirve para proporcionar detalles sobre los parámetros de medios.

Como se puede observar, los Agentes de Usuario Cliente (UAC) y los Agentes de Usuario Servidor (UAS) participan en la negociación de parámetros de medios a través del intercambio de mensajes SIP y actualizaciones SDP, asegurando así un acuerdo mutuo sobre los detalles específicos de la comunicación de voz.

6) Con la negociación de parámetros de medios completada y la aceptación de la llamada confirmada con el mensaje 200 OK, se ha establecido la sesión entre el UAC y UAS.

7) Al finalizar la llamada, se emplea el mensaje BYE para finalizar la sesión. Ambos clientes SIP envían mensajes BYE al servidor SIP, que a su vez reenvía los mensajes a los abonados para confirmar la finalización.

Fase de comunicación (establecimiento de medios):

Después de haber concluido exitosamente el proceso de negociación de medios y de haberse establecido la sesión, los Agentes de Usuario (abonado origen y abonado destino) inician la transmisión de voz de manera directa entre ellos, punto a punto, evitando así la intermediación de servidores SIP. Es importante destacar que la transmisión de comunicaciones multimedia se basa en los protocolos de transmisión de datos RTP (Real-time Transport Protocol) y RTCP (Real-time Transport Control Protocol).

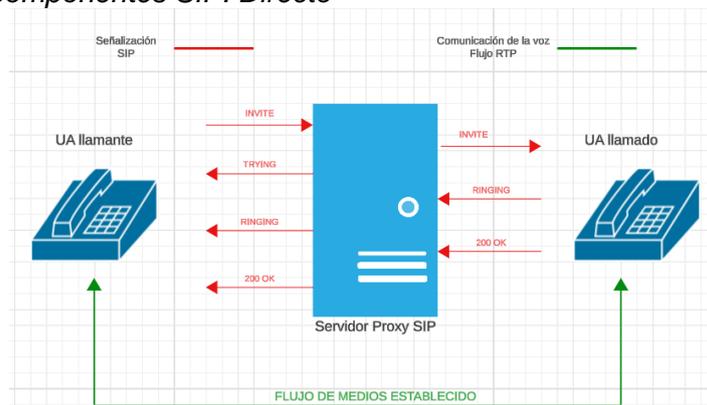
Durante la transmisión de voz en un sistema VoIP, es común que el intercambio de mensajes de señalización continúe incluso después de que la sesión esté establecida. La presencia continua y constante de esta señalización SIP a lo largo de todo el ciclo de vida de la llamada es esencial para desempeñar una serie de funciones como la

modificación de códecs, el ajuste de configuraciones durante la llamada, las transferencias de llamada, la gestión de errores y problemas, entre otros aspectos.

Es fundamental comprender que la señalización (establecimiento, modificación y finalización de la sesión) y la transmisión de medios (comunicación de voz) son procesos distintos que utilizan canales diferentes dentro de un sistema VoIP. Cada proceso abarca su conjunto único de mensajes y operaciones. La señalización se encarga de coordinar, gestionar y controlar las sesiones de llamadas para garantizar una buena experiencia de usuario y para ello hace uso de los mensajes SIP que son enrutados a través de servidores SIP específicos de la red. Por otro lado, la comunicación de medios es la transmisión de voz realizada directamente entre los clientes SIP (abonado origen y abonado destino) y utiliza el Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP) y el Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (RTCP).

Figura 1

Interacción entre componentes SIP: Directo



Nota. Autora, 2024

Interacción entre componentes SIP: Back-to-Back User Agent (B2BUA)

Fase de señalización:

1) El abonado origen que actúa como un UAC inicia una llamada enviando una solicitud INVITE al B2BUA. La solicitud INVITE incluye detalles sobre la llamada como la dirección del abonado receptor, los códecs de medios que admite el abonado origen, el mensaje SDP, etc.

2) El B2BUA, en este punto, actúa con el rol de UAS ya que recibe la solicitud INVITE y procesa la información correspondiente a la solicitud, influye o modifica el mensaje SIP con la solicitud INVITE según crea necesario y posteriormente reenvía la solicitud INVITE al abonado destino actuando esta vez ya con un rol de UAC ya que realiza una nueva solicitud.

3) Posteriormente, el B2BUA desde el rol de UAS genera una respuesta de TRYING al abonado origen que inició la llamada.

4) El abonado destino que actúa como un UAS recibe la solicitud INVITE enviada desde el B2BUA desde el rol de UAC, una vez que responde la llamada, envía una respuesta 200 OK al B2BUA que en este punto mantiene el rol de UAC, finalmente, el B2BUA reenvía esta respuesta al abonado origen desde un rol de UAS. En este momento, los abonados están listos para establecer la sesión.

En el transcurso de esta comunicación entre los abonados origen y destino, se negocia los parámetros de sesión a través de mensajes SIP que llevan encapsulado los mensajes SDP que describen los parámetros a negociar.

Cabe destacar que una llamada que atraviesa un B2BUA consta de dos transacciones: una es el establecimiento de sesión SIP entre el abonado origen y el B2BUA y la otra es el establecimiento de sesión entre el B2BUA y el abonado destino; estas sesiones SIP se mantienen independientes una de otra, pero la sesión de medios es directa entre el abonado origen y el abonado destino; además, un B2BUA debe aplicar el mapeo de los mensajes de solicitud y respuestas que recibe de una sesión SIP con los mensajes de solicitud y respuesta correspondiente a la otra sesión SIP generando un costo de procesamiento adicional (Noldus et al., 2011).

Es importante recordar que un B2BUA tiene influencia sobre la señalización, los B2BUA pueden influir en información de señalización relacionada con códecs de medios, puertos a utilizar, características de seguridad, características de calidad de servicio, entre otra información.

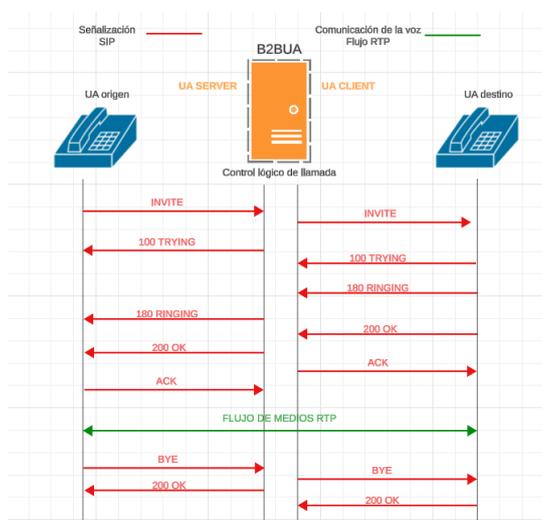
Un B2BUA posee capacidades más amplias en comparación con un proxy de enrutamiento, por ejemplo, un B2BUA puede finalizar una sesión SIP, lo cual podría ser necesario en situaciones como parte de una aplicación de facturación en tiempo real, donde se determina que el crédito disponible para el abonado que llama se ha agotado; otro escenario común para un B2BUA es en una aplicación SIP que requiere interrumpir una sesión de voz para reproducir un anuncio, conectando a las partes involucradas con un dispositivo de reproducción de anuncios (Noldus et al., 2011).

Fase de comunicación (establecimiento de medios):

Una vez que se ha establecido la sesión SIP, la comunicación de voz se lleva a cabo de manera directa entre el abonado origen y el abonado destino, través de flujos de medios RTP.

Figura 2

Interacción entre componentes SIP: Back-to-Back User Agent



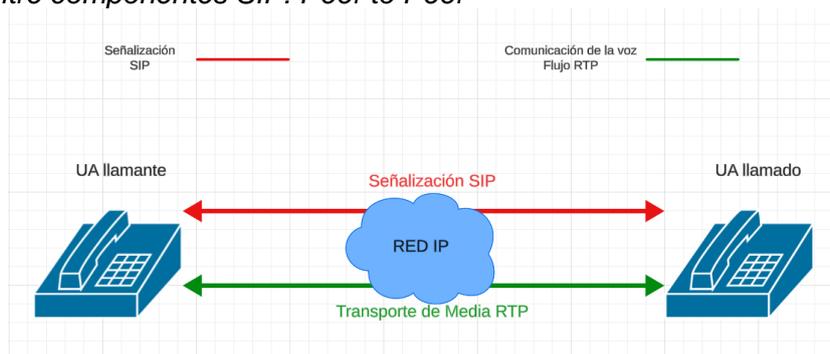
Nota. Autora, 2024

Interacción entre componentes SIP: Topología Peer to Peer

Una topología peer to peer o también llamado “modo de cliente a cliente” significa que se puede establecer una sesión de manera directa entre dos agentes de usuario sin la intervención de ningún servidor SIP. En este escenario, el proceso de señalización y transmisión de voz sigue el mismo procedimiento detallado previamente, pero en este caso prescindiendo de la intervención de un servidor SIP. La comunicación peer to peer (P2P) entre dos agentes de usuario en una arquitectura SIP normalmente implica el uso de dos canales, uno para la señalización y el otro para la comunicación de voz durante toda la sesión.

Figura 3

Interacción entre componentes SIP: Peer to Peer



Nota. Autora, 2024

Integración de redes de voz con internet: Sistema VoIP

Una vez comprendido el funcionamiento de la red telefónica en Internet bajo la arquitectura SIP y cómo opera la telefonía tradicional con señalización SS7, se aprecia con mayor claridad la integración de estas dos tecnologías, cuya convergencia da lugar a un verdadero sistema VoIP. Esto facilita la formación de una red de comunicaciones global que abarca tanto las redes telefónicas convencionales como las comunicaciones a través de Internet. Para lograr esta interoperabilidad e interconexión de estas dos redes distintas, la tecnología VoIP hace uso de los siguientes elementos:

Tabla 5

Integración de redes

Elementos	Descripción
Signaling Gateway (SG)	Elemento de la red que facilita la interconexión e interoperabilidad entre redes con tecnologías de comunicación diferentes. El signalling gateway puede interconectar redes tradicionales de telefonía como las PSTN que utilizan señalización SS7, con redes de telefonía IP que utilizan señalización SIP. Facilita la comunicación entre ambas redes al convertir las señales de control de llamadas (señalización) de un formato a otro, de manera bidireccional. Es decir, permite adaptar la señalización SS7 a una red SIP y permite adaptar la señalización SIP a una red SS7.

Signaling
Transport
(SIGTRAN)

Es un conjunto de protocolos que tiene por objetivo transportar la señalización de redes telefónicas tradicionales como las PSTN que utilizan señalización SS7, en paquetes IP, hacia el Media Gateway Controller (MGC). Ya en este punto, la señalización continúa haciendo uso del protocolo SIP para su procesamiento en una red de telefonía IP. Para transportar la señalización SS7 de redes PSTN en paquetes IP hasta el MGC, SIGTRAN utiliza el Protocolo de Control de Transmisión de Flujos (SCTP: Stream Control Transmission Protocol), ya que ofrece funcionalidades específicas para la transmisión de señalización como la capacidad de enviar múltiples flujos de datos de manera independiente, control de congestión, detección y recuperación de fallos.

Media Gateway
(MG)

Elemento de la red responsable de transmitir datos de voz desde una red tradicional como la PSTN hacia una red IP y viceversa. Media Gateway convierte los flujos de datos multimedia que recibe de la PSTN y los adapta para transmitirlos a través de la red IP utilizando el protocolo RTP. Igualmente realiza este proceso en sentido inverso

Media Gateway
Controller
(MGC)

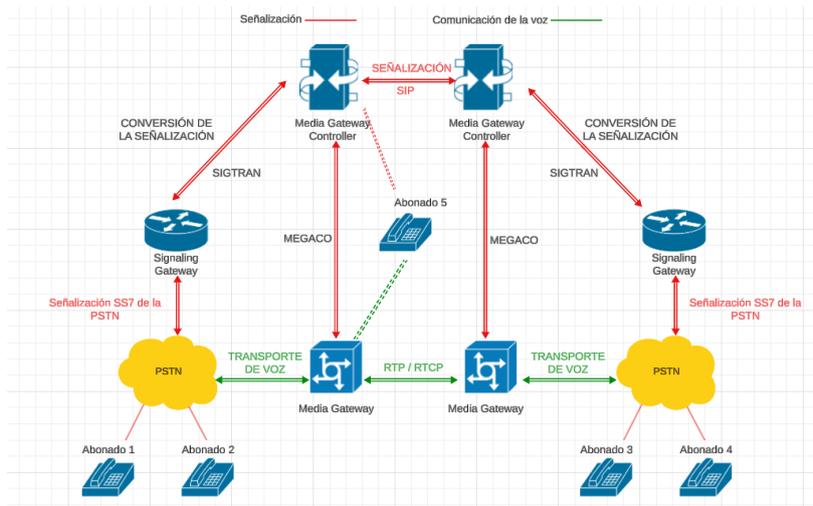
Elemento de la red que supervisa y controla las operaciones del Media Gateway. El Media Gateway Controller (MGC) transmite comandos y mensajes de control al Media Gateway (MG) para configurar, iniciar, modificar y terminar sesiones de llamadas, al mismo tiempo que supervisa el enrutamiento de llamadas y la calidad de servicio (QoS). Para ello, el MGC hace uso del protocolo MEGACO

Megaco:

MEGACO gestiona la transferencia simultánea de voz y señalización a través de vías distintas y abarca tareas como el control de recursos, establecimiento y terminación de llamadas, configuración de parámetros de calidad de servicio (QoS), pasarela de medios proporcionando adaptación de medios entre distintos tipos de redes, entre otras funciones

Figura 4

Integración de redes telefónicas tradicionales con telefonía IP: Sistema VoIP



Nota. Autora, 2024

Beneficios de un sistema VoIP.

Calidad de servicio: La utilización del protocolo RTCP en la transmisión de datos de audio y video en tiempo real, conlleva a una mejora en la calidad del servicio al reducir la latencia y pérdida de paquetes de datos de voz. El protocolo RTCP proporciona capacidades de detección de pérdida de paquetes y corrección de errores, monitorea el flujo de datos RTP ofreciendo información sobre aspectos de calidad de transmisión como pérdida de paquetes, latencia (el tiempo de demora experimentado entre la transmisión y recepción de paquetes de datos en el destino), y congestión de la red. Así mismo, RTCP incorpora mecanismos para rectificar la pérdida de paquetes como la retransmisión de paquetes perdidos y el ajuste dinámico de la velocidad de bits para mitigar la pérdida. Además, RTCP se puede aprovechar para recopilar estadísticas de rendimiento de la red e identificar áreas de mejora en la infraestructura de la red. Todo esto permite a los sistemas VoIP tomar medidas de forma proactiva para abordar los problemas de calidad y garantizar una óptima calidad de servicio y una experiencia de usuario satisfactoria.

Optimización de recursos y mayor rendimiento: Un sistema VoIP puede reducir significativamente el consumo de ancho de banda de una llamada telefónica al utilizar técnicas de codificación y compresión de los datos de voz para reducir el tamaño de estos y requerir una menor capacidad de transferencia de datos para su transmisión, esto habilita poder gestionar más llamadas simultáneamente en una misma infraestructura de red, todo esto sin degradar la calidad de la voz. Czech (2022) señala que una llamada telefónica convencional requiere una línea telefónica dedicada completa, lo que resulta en una utilización ineficiente del rendimiento y redundancia innecesaria, por otro lado, la telefonía por Internet utiliza las infraestructuras existentes de líneas telefónicas y las tecnologías de Internet modernas, lo que permite la transmisión de paquetes de datos de múltiples llamadas a través de la misma línea, aprovechando al máximo su capacidad, de este modo, una sola línea telefónica puede atender a varios abonados simultáneamente. Igualmente, los sistemas de comunicación VoIP pueden gestionar la asignación de ancho de banda para favorecer

el tráfico de voz en detrimento de otros tipos de datos gracias a la implementación de estrategias de calidad de servicio (QoS), esto asegura que las llamadas de voz tengan acceso preferencial al ancho de banda disponible, disminuyendo así la probabilidad de retrasos o interrupciones en las llamadas. Suárez (2023) señala que la calidad de servicio (QoS) puede ser mejorada mediante la implementación de técnicas como la priorización de llamadas de voz, la reserva de ancho de banda específicamente para la voz y la gestión del tráfico. Así mismo, los sistemas VoIP tienen la capacidad de adaptarse y ampliarse con facilidad, lo que les confiere una mayor flexibilidad y escalabilidad en función de las variaciones de la demanda, esto tiene el potencial de mejorar la capacidad de la red para manejar los picos de tráfico y optimizar los recursos disponibles para garantizar una calidad de servicio constante.

Escalabilidad de servicios: La tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) opera a través de la red de Internet para la transmisión de voz en paquetes RTP sobre paquetes IP, empleando el protocolo de señalización SIP para habilitar la telefonía (señalización) en línea. Dado que SIP es un protocolo a nivel de aplicación, se puede considerar que VoIP posibilita una amplia gama de servicios en comparación con las tecnologías telefónicas tradicionales. Además de las funciones de telefonía tales como la marcación y el establecimiento de llamadas, la tecnología VoIP permite la integración de funciones y servicios adicionales como la transferencia de llamadas, conferencias telefónicas, mensajería unificada, grabación de llamadas y enrutamiento inteligente de llamadas, sin necesidad de realizar modificaciones en la infraestructura de la red. También permite otros servicios más complejos como la integración con diversas aplicaciones empresariales entre las que se puede mencionar: sistemas de gestión de relaciones con el cliente (CRM), correo electrónico, plataformas de automatización de marketing y otras aplicaciones de colaboración. La tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) brinda la posibilidad de incorporar aplicaciones de terceros y servicios alojados en la nube con el fin de enriquecer las capacidades de un sistema VoIP. Stanislovaitis (2016) señala que incluso se puede realizar llamadas telefónicas desde un navegador web, una aplicación para teléfono inteligente o un programa informático. A modo de ilustración, las entidades empresariales podrían incorporar herramientas de videoconferencia, colaboración en tiempo real y mensajería instantánea en su plataforma de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) con el fin de potenciar la interacción y eficiencia laboral de los trabajadores. Como se ha podido observar, todos los servicios que ofrece la tecnología VoIP exceden por mucho las prestaciones de una infraestructura telefónica convencional.

Disminución de costos: La adopción de un sistema VoIP puede representar un costo inferior en comparación con el mantenimiento de una red telefónica convencional. Los sistemas VoIP requieren menos hardware físico y pueden administrarse de manera más eficiente y de forma remota, lo que lleva a menores costos operativos. Los costos de mantenimiento de hardware y software generalmente tienden a ser menores, dado que una parte importante de las actualizaciones y reparaciones pueden realizarse a través de medios remotos y centralizados.

Mediante la implementación de VoIP, una entidad puede consolidar la transmisión de voz y datos en una misma red, lo que suprime la necesidad de gestionar infraestructuras individuales para las comunicaciones telefónicas y la red de datos, esto resulta en una reducción de los costos relacionados con la adquisición, mantenimiento y gestión de equipos y líneas telefónicas dedicadas. Un sistema VoIP proporciona la fusión de servicios de telecomunicaciones, incluyendo voz, datos,

video e Internet, en una única red, de manera eficiente, rápida y efectiva (Huerta et al., 2013).

En comparación con los servicios telefónicos convencionales, la tecnología de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) presenta tarifas de llamadas más asequibles, particularmente en el contexto de comunicaciones de larga distancia e internacionales, al aprovechar la infraestructura de Internet para enrutar las llamadas, de esta manera, VoIP tiene el potencial de evitar los cargos vinculados con las redes telefónicas tradicionales, generando así ahorros sustanciales en los costos de comunicación.

Finalmente, un sistema VoIP permite efectuar y recibir llamadas sin importar su ubicación, siempre que los abonados cuenten con acceso a Internet, lo que elimina la necesidad de líneas telefónicas convencionales, esto es particularmente ventajoso para organizaciones con empleados remotos o móviles. En la actualidad, las empresas están adoptando ampliamente las redes de voz sobre IP debido a sus numerosos beneficios, la reducción de costos por llamada se destaca como uno de los principales atractivos de esta tecnología, ya que permite la integración de voz, datos y video en una sola red, utilizando un único protocolo (Huerta et al., 2013).

Los resultados de la investigación contribuyen significativamente al conocimiento sobre la integración de tecnologías de comunicación en las organizaciones. Al presentar la información de manera accesible tanto para profesionales técnicos como no técnicos, se facilita la comprensión y asimilación del conocimiento contenido en el presente estudio. Esto, a su vez, fomenta la consideración de la adopción de un sistema VoIP en las organizaciones. De esta manera, las empresas pueden aprovechar los beneficios de un sistema VoIP en términos de calidad de servicio, optimización de recursos, escalabilidad de servicios y reducción de costos, lo que les permite mejorar su rendimiento y competitividad en el mercado.

Conclusiones

Los resultados de la investigación cumplen con los objetivos planteados de describir de manera simplificada, pero destacando los aspectos más relevantes de cómo funciona y cómo es la arquitectura de un sistema VoIP. Además, demuestran que la implementación de sistemas VoIP en las organizaciones puede generar beneficios significativos en términos de calidad de servicio, optimización de recursos, escalabilidad de servicios y reducción de costos. Esto sugiere que la implementación correcta de un Sistema VoIP puede tener un impacto positivo en la operatividad y eficiencia de las empresas.

En conclusión, este estudio proporciona una visión clara de la importancia de la arquitectura correcta de los sistemas VoIP y sus beneficios para las organizaciones. Resalta la importancia de considerar la adopción de sistemas VoIP como una estrategia clave para mejorar el rendimiento y la competitividad en el mercado empresarial actual. Se recomienda que futuras investigaciones profundicen en aspectos específicos, como la implementación y gestión eficaz de estos sistemas en diferentes contextos empresariales.

Referencias

- Gupta, N., Kumar, N., & Kumar, H. (2018). Comparative Analysis of Voice Codecs Over Different Environment Scenarios in VoIP. *2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 540-544. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663241>
- Huerta, E., Barron, J., Quintanilla, J., Aguirre, J., & Mata, R. (2013). Infraestructura clave para el establecimiento de un sistema de comunicación VoIP. En M. Ramos & V. Aguilera (Eds.), *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-II* (pp. 205-216). ECORFAN. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4777672>
- Suárez, A. (2023). *INTRODUCCION VOZ IP*. Independently published.
- Castellanos, W. (2004). SEÑALIZACIÓN EN COMUNICACIONES MULTIMEDIA EN TIEMPO REAL SOBRE REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN. *Revista GTI*, 3(5), 11-19. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/1565>
- Lin, Y. (1996). Signaling System Number 7. *IEEE Potentials*, 15(3), 5-8. <https://doi.org/10.1109/45.535225>
- Singh, H., Singh, S., Singh, J., & Khan, S. (2014). VoIP: State of art for global connectivity - A critical review. *J. Netw. Comput. Appl.*, 37, 365-379. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.02.026>
- Czech, J.K. (2022). *HOW TO START YOUR OWN VOIP BUSINESS*. https://www.amazon.com/-/es/Czech-J-Kimberly-ebook/dp/B09W2RW13Q/ref=monarch_sidesheet
- Asante, G., Hayfron-Acquah, J., & Riverson, K. (2012). Leveraging VOIP on Local Area Network using Java Media Framework. *International Journal of Computer Applications*, 113(9), 12-19. <https://doi.org/10.5120/19933-1608>
- Heyi, B. (2015). Voice over IP End-to-End Delay Measurements. *American Journal of Networks and Communications*, 4(4), 85-89. <https://doi.org/10.11648/J.AJNC.20150404.11>
- Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M., & Schooler, E. (2002). SIP: Session Initiation Protocol. *Network Working Group*. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3261>
- López, V. (2011). *ANÁLISIS DE LA PAQUETIZACIÓN DE VOZ SOBRE IP EMPLEANDO EL PROTOCOLO DE INICIO DE SESIONES SIP CON BACK TO BACK USER AGENT (B2BUA) EN UNA APLICACIÓN SOBRE REDES WI-FI* [Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4845/2/T-ESPE-032947-A.pdf>
- Noldus, R., Olsson, U., Mulligan, C., Fikouras, I., Ryde, A., & Stille, M. (2011). Introduction to Session Initiation Protocol. En R. Noldus, U. Olsson, C. Mulligan, I. Fikouras, A. Ryde & M. Stille (Eds.), *IMS Application Developer's Handbook* (pp. 145-22). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382192-8.00007-X>
- Stanislovaitis, V. (2016). *How to Start a Volp Business*. Vilius Stanislovaitis.