

Literature review Software Defined Networking for VoIP, SDN - Revisión de literatura Redes Definidas por Software para manejo de VoIP

Lorena Catalina Salazar Rangel
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Abstract— An analysis of implementations of SDN networks was carried out, focusing on networks with VoIP services. Implementations with OpenFlow as a base were identified, as well as implementations with approaches to virtualization of SIP services. Currently the use of SDN with VoIP is used to allow QoS and QoE control in a dynamic, efficient way and with low implementation cost. Finally, SDN developments focused on security, CAC (Call Admission Control) and approaches to resource management were analyzed.

Resumen - Se realizó un análisis de implementaciones de redes SDN enfocándonos a redes con servicios VoIP. Se identificaron implementaciones con OpenFlow como base, así como implementaciones con enfoques de virtualización de servicios SIP. Actualmente el uso de SDN con VoIP se utiliza para permitir un control de QoS y QoE de manera dinámica, eficaz y con bajo coste de implementación. Por último se analizaron desarrollos de SDN enfocados a seguridad, CAC (Call Admisión Control) y enfoques a la gestión de recursos.

Index Terms— SDN, OpenFlow, VoIP, QoE, QoS, Call Admission Control, API.

I. INTRODUCCIÓN

Las arquitecturas de red tradicionales se están enfrentando a una creciente demanda de servicios, consultas y tráfico de red realizadas por una enorme cantidad de usuarios y dispositivos, en muchos casos móviles. Adicional a estos dispositivos, cada vez más especializados, consumen servicios específicos como Streaming de audio y video (VoIP), descarga de canciones, juegos en línea y/o IoT.

Para satisfacer esta demanda de servicios especializados, las redes definidas por software, (SDN Software Define Network), se presenta como un nuevo paradigma que permite cubrir estas necesidades de manera ágil, dinámica y sin un alto costo computacional o de infraestructura.

SDN tiene como objetivo facilitar la implementación de servicios de red de una manera determinista, dinámica y escalable [20], permitiendo administración a alto nivel dejando

las tareas de bajo nivel al sistema. Esto se logra separando el plano de control del plano de datos, manejando las aplicaciones o servicios manejen la red como identidad lógica.

Esto permite la creación de redes con un grado alto de escalabilidad, flexibilidad, seguridad, control y automatización. Que permite que los servicios especializados, como VoIP, se implementen, controlen y ofrezcan calidad de servicio de manera rápida y eficiente en la red.

En este documento realizaremos la revisión de la literatura científica actual de redes SDN con implementación de VoIP, verificando el estado actual de implementación, resultados teóricos, tipos de simulaciones, ambientes e implementaciones reales. Analizaremos el estado de las implementaciones, el futuro de VoIP con SDN y que tan viable es su implementación en redes empresariales en Colombia.

II. MARCO REFERENCIA

ARQUITECTURA SDN

La arquitectura base de SDN se compone de un modelo de 3 capas o planos, como se evidencia en la figura 1 [5]

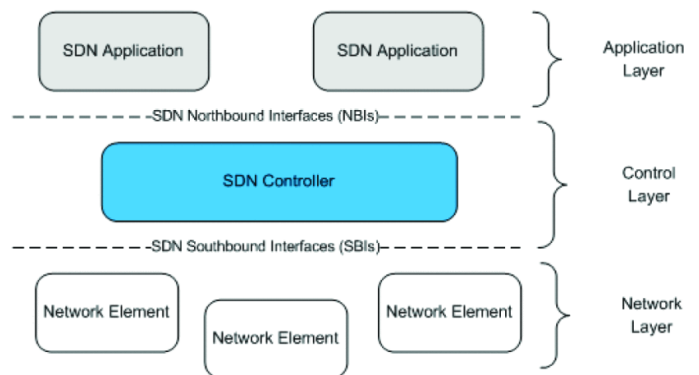


Fig. 1 Modelo SDN

Se identifica una separación de los planos de control, del de

aplicaciones y de red, evidenciando el uso de interfaces abiertas y programables (API) para la comunicación entre el plano de control con el plano de aplicación (Northbound) y/o con el plano de red (Southbound).

Capa de aplicaciones

Conjunto de aplicaciones o programas que comunican las necesidades, requerimientos y/o los comportamientos deseados en la red al controlador SDN. Ejemplos: Firewall, Redes MPLS, balanceadores, autenticadores, etc.

Capa de control

Controlador SDN que recibe las peticiones y datos de las API, procesa la información y envía (a través de las mismas API) a las capas las respuestas, información, comandos.

Capa de red

Corresponden a los dispositivos físicos como enrutadores y conmutadores que conectan la red y equipos.

MANEJO DE RED SDN

SDN maneja 4 conceptos críticos para el manejo de la red. Así mismo está pensada su topología e implementación

1) Programabilidad de la red: el control de la red se realiza mediante API y controladores que administran la red y dispositivos de hardware. Permitiendo flexibilidad y dinamismo en la red lo que facilita la administración, nuevas implementaciones, crecimientos o la salida de nuevos servicios de manera rápida.

2) Centralizar control, administración y dinamismo de la red: la arquitectura SDN se basa en una topología de control centralizada, que administra los dispositivos (que tienen un conocimiento limitado del estado de red). Así mismo en la capa de control se realiza la administración de políticas de restauración, seguridad y/o de calidad de servicio (QoS) como ancho de banda, así como enrutamientos, denegación de tráfico o puertos de manera autónoma o inteligente, optimizados y en tiempos óptimos, en algunos casos casi tiempo real. Así se tiene un control y visión de toda la red de manera integral

3) Abstracción de la red: los servicios y las aplicaciones que se ejecutan en la tecnología SDN no están atados a las tecnologías y/o sistemas de los equipos físicos (hardware) que proporcionan la conectividad física. Las API se encargan de realizar la comunicación con cada uno de los hardware.

4) Inter-operatividad entre equipos de diferentes fabricantes: SDN desde sus inicios promovió protocolos de comunicación entre equipos de diferentes proveedores o fabricantes, para permitir la comunicación y abrir paso a la comunicación a través de API.

Esto genera ambientes de hardware híbridos donde se puedan tener diferentes dispositivos o hardware de diferentes proveedores que puedan comunicarse entre si y ser administrados por la camp de administración central.

Por último, el desarrollo constante de API abiertas ha generado una alta especialización de estas, por lo que soportan una amplia gama de aplicaciones como orquestación de la nube, OSS/BSS, SaaS y aplicaciones en red críticas para el negocio.

Uno de los primeros protocolos de comunicación de SDN fue el modelo OpenFlow que fue la base para el desarrollo temprano y estandarización de SDN

OpenFlow, desarrollador en la Universidad de Stanford y California en 2008, permite las conexiones de red por software, fue adoptado rápidamente como un estándar de código abierto por la mayoría de los fabricantes en sus equipos. Su funcionamiento se basa en la programación de las tablas de flujos en los switches y router, dejando esta tarea de calculo de la ruta a la capa de control.

Con la rápida absorción de SDN y los protocolos como OpenFlow de parte de los fabricantes, proveedores de servicio y empresas dispuestas a adoptar la arquitectura, se ha generado un interés por desarrollador protocolos mas eficientes y especializados para generar mas flexibilidad, escalabilidad y abarcar un gran número de servicios que demanda el mercado. Gracias a esto a salido al mercado nuevos protocolos como NFV Network Functions Virtualization o Software Defined Wireless Networking SDWN.

VoIP

Voice Over Internet Protocol (Voz sobre Protocolo de Internet) corresponde al conjunto de normas técnicas, dispositivos especializados y protocolos que permite transmitir voz sobre el protocolo IP.

La arquitectura estándar de VoIP incluye los siguientes protocolos:

- Protocolo de inicio de sesión (SIP)
- Protocolo de transporte en tiempo real (RTP)
- Calidad de servicio (QoS)
- Protocolo de datagramas de usuario (UDP)
- Códecs

Para la implementación de VoIP, de manera tradicional, se utilizan hardware específicos:

- Servidores proxy SIP
- Conmutadores
- Enrutadores con capacidades QoS y teléfonos VoIP.
- Decodificadores

Para la implementación de QoS en las llamadas, se basa tradicionalmente en políticas SLA estáticas preestablecidas, que deben configurarse en toda la red, lo que conlleva a realizar cambios e implementaciones en cada uno de los equipos de hardware de la red. Por lo cual cada cambio a estas políticas implica reconfiguración en cada equipo individual, lo que genera un alto costo operativo.

Debido a estos altos costos, se han planteado diferentes alternativas de implementación y mantenimiento de las redes con servicios VoIP. Dentro de estas alternativas se han planteado modelos de redes SDN con servicios VoIP.

III. IMPLEMENTACIÓN SDN CON VOIP

Esta sección contiene un número considerable de investigaciones de diferentes tendencias tecnológicas actuales que implementan diferentes redes, topologías y servicios con SDN, con un enfoque especial modelamientos, desarrollo e implementaciones de redes para manejo de VoIP.

Gestión eficaz de enrutamiento y recursos

Uno de los retos al momento de implementar y administrar redes con servicios VoIP, es la gestión eficaz de los anchos de banda disponibles, así como recursos de CPU o memoria en los equipos físicos. En topologías actuales, se tienen enrutamientos ya establecidos para los servicios de voz, por lo que cualquier afectación, incidente o requerimiento (cambio de equipo o actualización), que implique cambios significativos, se debe realizar en cada uno de los equipos, lo que constituye una actividad extenuante, larga y con alto costo operativo y dinero.

Con una red SDN se pueden realizar estos cambios de manera dinámica, flexible y sin costo operacional, como se realizó en [2] a través de diferentes flujos VoIP, calculados según la selección de ruta por SDN, a través de conocer número de saltos y utilización de enlaces para determinar por qué cola deben pasar los flujos de VoIP entrantes. De igual manera en [17] y [19] se implementan diferentes modelos que están analizando la red, identificando cambios en canales de comunicación (caídas, pérdida de paquetes o saturación) y escogiendo rutas alternas y modificando enrutamientos dinámicamente durante la operación, con tiempos de afectación cortos.

Otro punto importante en el uso efectivo de recursos de red es el consumo de CPU y memoria en los equipos especializados de voz, como PBX o firewall de voz. Estos equipos usualmente tienen consumo alto de CPU al estar realizando negociación de códecs o transcoding con los orígenes de llamada. Una solución a esto, en SDN, a través de API conocer con anterioridad el códec de la llamada y así enrutar a través de los dispositivos que conozcan ese códec, tal como se implemento en [3]. En [9] se implementa un modelo similar, pero con selección dinámica de Códecs en redes móviles, dependiendo de los recursos actuales de red y los parámetros de calidad escogidos.

Seguridad VoIP

La seguridad es uno de los parámetros que pueden ser administrador en SDN de manera rápida en toda la red, con un tiempo corto de implementación y de bajo costo operativo. En [16] se implementa un framework que se enfoca en la seguridad de los paquetes de voz, evitando la interceptación y modificación de estos en toda la red, sin impactar los niveles de servicio ni calidad de voz.

Calidad de Servicio QoS – QoE

Uno de los retos que se presentan en redes con servicios VoIP es garantizar la calidad de servicio (QoS) o la experiencia del servicio (QoE), que permite tener una comunicación fluida, sin ruido o afectación en la voz. Para lograr esto se aplican diversas técnicas, protocolos o políticas en toda la red que permitan garantizar niveles de parámetros claves como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, fluctuación del retardo o jitter, etc. Estas políticas se deben aplicar en todos los equipos que intervienen en el proceso de transmisión de voz, lo que implica un proceso manual y operativo grande.

En una red SDN, el manejo de las políticas de QoS se realiza de manera dinámica en la red sin generar carga operativa y de manera masiva en toda la red, como se realiza en [1] [12] y [8], donde dinámicamente se identifica la pérdida de paquetes, jitter o saturación de canales para enrutar por un mejor canal garantizando la política de QoS. En [7] se plantea todo un framework que permite crear estándares de redes DN con VoIP garantizando QoS en cualquiera red de uso corporativo, determinando las mejores rutas, caminos o equipos para realizar la comunicación end-to-end. Testeado en problemas físicos de los canales de comunicación y enrutamientos automáticos por el mejor camino.

En [15] se proponen estas funcionalidades con redes WAN Y SDWN para lograr interconectividad en zonas rurales con servicios VoIP que permitan comunicar zonas aisladas en Senegal. Un planteamiento similar se ejecuta en [14] pero enfocado a redes WAN para empleados que realizan trabajo Home Office y utilizan recursos VoIP.

En [5] se plantea un framework dedicado a CAC (Call Admission Control) como método para garantizar QoS a través de API para conectar diferentes IP-PBX de diferentes fabricantes, permitiendo desacoplar el mecanismo y adoptar un modelo totalmente independiente de las plataformas VoIP.

Aunque estas implementaciones están planteadas en redes pequeñas (máximo 3 equipos de VoIP) o en las pruebas iniciales son simuladas o ambientes pequeños, sirven como base para aplicaciones empresariales o en ambientes de producción de call center

Nuevos framework o protocolos SDN con implementación

SIP

El cambio de paradigma que propone SDN ha generado que se planteen nuevos framework o implementaciones de protocolos para VoIP, donde se implementa la virtualización de servidores, como proxy SIP o Firewall SIP, reduciendo costos de implementación. Así como el uso de API y servicios especializados que permiten llegar a reemplazar estos equipos en la capa de control. así como una revisión de la capa 5 o 6 de los paquetes en la capa de control. [5][6][13]

Nuevos modelos de implementación de SDN con VoIP

Se ha desarrollado modelos para la gestión de voz IP donde la capa de control se transfiere al host final y sea el mismo que realice los calculo y gestión de paquetes en la red [4]. Mostrando resultados en redes pequeñas de alto impacto sobre calidad de voz y pérdida de paquetes.

De igual manera, [11] desarrollo una red SDN basada en servicios, en especial VoIP, mezclando diferentes tipos de redes, diferentes tipos de hardware (router de diferente proveedor, AP, router por fibra o por cobre, etc.) así como diferentes tipos de equipos finales. Esta pensado para edificios pequeños de coworking o empresas de IoT que ofrezcan servicios de domótica.

Implementaciones SDN en Colombia con VoIP

A nivel nacional se han realizado diferentes acercamientos para la implementación de redes SDN a nivel empresarial, como planteo [20] con switches que poseen empresas del sector de Telcos y con una implementación base para estas empresas.

Así mismo en [22] y [23] se han planteado la creación de una red SDN Mobile, para la implementación de 5G en el país con segmentación de recursos y sistemas difusos (fuzzy) permitiendo controlar aspectos de la red con tal de ofrecer servicios VoIP con QoS. Aunque son planteamientos teóricos, probados con simulaciones o en un laboratorio controlado.

IV. CONCLUSIONES

Después de la revisión realiza en la literatura científica, se puede observar que existen diferentes desarrollos, modelamiento e implementaciones de redes SDN aplicadas a VoIP, en diferentes aspectos como seguridad, calidad de servicio y calidad de experiencia. Dentro de la literatura se encuentran implementaciones en pequeños sistemas o ambiente simulados, pero diferenciados por la topología que utilizan, así como los equipos de red utilizados, así como el API.

De igual manera se han identificados diferentes enfoques en

redes SDN como aplicada a un edificio con múltiples dispositivos y múltiples tipos de redes y hardware, como a cambios en el paradigma de la centralización del control. Así mismo se ha visto un avance en la creación o evolución de API para los bordes norte y sur, permitiendo una alta especialización y control de los servicios a prestar.

Esta información nos permite identificar el estado de las redes SDN que manejan VoIP y nos permite plantear los puntos de partida en el planteamiento de topologías para manejo de VoIP a nivel empresarial o en grandes redes.

Por último, se identificó los desarrollos realizados en el país, con planteamientos de modelos aplicados a empresas del sector de telecomunicaciones o en modelos de la red 5G que está por llegar al país. No se encontraron evidencias del uso en grandes proyectos sociales donde se tengan o se apliquen redes SDN con VoIP. En este caso se podrían plantear un proyecto como en [15] que plantea dar comunicaciones a zonas rurales con SDN en Senegal con equipos virtualizados y con bajo costo de implementación.

REFERENCES

- [1] B. Siniarski, C. Olariu, P. Perry and J. Murphy, "OpenFlow based VoIP QoS monitoring in enterprise SDN," 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM), 2017, pp. 660-663, doi: 10.23919/INM.2017.7987354.
- [2] W. Jia, Y. Chou and Y. Chen, "QoS Improvement of VoIP over SDN," 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/CCNC46108.2020.9045152.
- [3] P. Vieira and A. Fiorese, "VoIP traffic and resource management using Software-Defined Networking," 2019 26th International Conference on Telecommunications (ICT), 2019, pp. 172-176, doi: 10.1109/ICT.2019.8798833.
- [4] A. Al-Najjar, S. Layeghy, M. Portmann and J. Indulska, "Enhancing Quality of Experience of VoIP Traffic in SDN based End-hosts," 2018 28th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/ATNAC.2018.8615286.
- [5] D. Zanuttini et al., "Using Software Defined Networking for Call Admission Control and VoIP applications," 2018 Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/CACIDI.2018.8584371.
- [6] R. Gandotra and L. Perigo, "SDVoIP—A Software-Defined VoIP Framework For SIP And Dynamic QoS," in *The Computer Journal*, vol. 64, no. 1, pp. 254-263, Nov. 2019, doi: 10.1093/comjnl/bxaa152.
- [7] M. Xezonaki, E. Liotou, N. Passas and L. Merakos, "An SDN QoS Monitoring Framework for VoIP and Video Applications," 2018 IEEE 19th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/WoWMoM.2018.8449801.
- [8] C. Thorpe, A. Hava, J. Langlois, A. Dumas and C. Olariu, "iMOS: Enabling VoIP QoS Monitoring at Intermediate Nodes in an OpenFlow SDN," 2016 IEEE International Conference on Cloud Engineering Workshop (IC2EW), 2016, pp. 76-81, doi: 10.1109/IC2EW.2016.33.
- [9] H. Sinha, G. Raj and T. Choudhury, "Computing an adaptive mVoIP Services through SDN networks," 2016 International Conference System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART), 2016, pp. 170-174, doi: 10.1109/SYSMART.2016.7894512.
- [10] A. Issa, N. Hakem and N. Kandil, "Wireless SDN architecture Testbed to support IP Multimedia Subsystem," 2019 Fourth International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ACTEA.2019.8851107.
- [11] M. Tomic, O. Ikovic and D. Boskovic, "SDN based service provisioning management in smart buildings," 2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2016, pp. 754-759, doi: 10.1109/MIPRO.2016.7522241.
- [12] T. Bakhshi and I. Nadir, "On MOS-Enabled Differentiated VoIP Provisioning in Campus Software Defined Networking," 2019 15th International Conference on Emerging Technologies (ICET), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICET48972.2019.8994425.
- [13] A. Montazerolghaem, M. H. Y. Moghaddam and A. Leon-Garcia, "OpenSIP: Toward Software-Defined SIP Networking," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 15, no. 1, pp. 184-199, March 2018, doi: 10.1109/TNSM.2017.2741258.
- [14] D. Radcliffe, E. Furey and J. Blue, "An SD-WAN Solution Assuring Business Quality VoIP Communication for Home Based Employees," 2019 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/SmartNets48225.2019.9069755.
- [15] B. Koné, A. D. Kora and A. Nantoume, "A Software-Defined Networking Solution for Rural Connectivity," 2020 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2020, pp. 162-165, doi: 10.1109/TSP49548.2020.9163519.
- [16] D. Hyun, J. Kim, J. P. Jeong, H. Kim, J. Park and T. Ahn, "SDN-based network security functions for VoIP and VoLTE services," 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2016, pp. 298-302, doi: 10.1109/ICTC.2016.7763489.
- [17] B. Koné and A. D. Kora, "Management and Orchestration for Network Function Virtualization in a VoIP Testbed: A Multi-domain Case," 2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2021, pp. 372-376, doi: 10.1109/TSP52935.2021.9522622.
- [18] Implementation of a software defined network that makes it possible to provide safe VoIP Service Oviedo Bayas, Bryon Wladimir, Zhuma Mera, Emilio Rodrigo, Bowen Calero, Génesis Katherine, & Patiño Maisanche, Bryan Sleyter. (2021). Implementación de una red definida por software que permita brindar servicio de VoIP Seguros. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 389-396. Epub 02 de abril de 2021. Recuperado en 10 de septiembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000200389&lng=es&tng=es.
- [19] Diseño e implementación de una aplicación de red bajo la arquitectura SDN Maldonado, D. A. (2014). Diseño e implementación de una aplicación de red bajo la arquitectura SDN. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/12745>.
- [20] Barrera Pérez, Miguel Ángel, Neider Yampol Serrato Losada, Elisa Rojas Sánchez, and Giovanni Mancilla Gaona. State of the Art in Software Defined Networking (SDN). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2019. Web.
- [21] barra Lancheros, Kevin Sneider, and Gustavo Adolfo Puerto Leguizamón. *Evaluación De La Calidad De Servicio En Redes Móviles 5G Implementando Segmentación De Recursos Basada En Arquitectura SDN*. Web.
- [22] Albarracin Sanchez, Luis Felipe, and Gustavo Adolfo Puerto Leguizamón. Fuzzy Systems: An Approach to 5G Networks Under the SDN Paradigm/ Sistemas Difusos: Una Aproximación a Las Redes 5G Bajo El Paradigma SDN. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Web.
- [23] B. Koné, A. D. Kora, R. Botez, I. -A. Ivanciu and V. Dobrota, "Use Case of a Management and Orchestration for Network Functions Virtualization in a VoIP Testbed," 2021 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/BlackSeaCom52164.2021.9527877.