



Propuesta de arquitectura para una Red Basada en Intenciones

Ismanuel Basulto Díaz, Caridad Anías Calderón

RESUMEN / ABSTRACT

El concepto emergente de Redes Basada en Intenciones ha ganado prominencia como una innovadora solución para la gestión autónoma de redes. Representando un cambio de paradigma en la planificación y gestión de las redes, la novedad de esta aproximación ha dado lugar a la ausencia de una arquitectura de red que garantice idealmente el ciclo de vida de la intención. Mientras importantes fabricantes e instituciones han propuesto arquitecturas para facilitar dicho ciclo de vida, aún persisten desafíos para alcanzar este objetivo íntegramente, en gran medida por la falta de comprensión de las funcionalidades de las Redes Basada en Intenciones y la gran dificultad presente al implementar estas funcionalidades a partir de los adelantos de las redes neuronales actuales. Este trabajo propone una arquitectura que resuelve las deficiencias y limitaciones identificadas en arquitecturas previas, asegurando la realización afectiva del ciclo de vida de la intención, integrando herramientas de inteligencia artificial y dispositivos de red tanto físicos como virtuales. Esta solución representa un paso significativo hacia el establecimiento de las Redes Basada en Intenciones, pues facilita la automatización de la gestión.

Palabras claves: Redes Basadas en la Intención, Gestión de Redes Autónoma, Arquitectura de red

The emerging concept of Intent-Based Networking has gained prominence as an innovative solution for autonomous network management. Representing a paradigm shift in network planning and management, the novelty of this approach has resulted in the absence of a network architecture that ideally guarantees the life cycle of intent. While important manufacturers and institutions have proposed architectures to facilitate this life cycle, challenges still persist to fully achieve this objective, largely due to the lack of understanding of the functionalities of Intent-Based Networks and the great difficulty present when implementing these functionalities based on the advances of current neural networks. This work proposes an architecture that resolves the deficiencies and limitations identified in previous architectures, ensuring the affective realization of the life cycle of the intention, integrating artificial intelligence tools and both physical and virtual network devices. This solution represents a significant step towards the establishment of Intent-Based Networks, as it facilitates the automation of management.

Keywords: *Intent-Based Networks, Autonomous Network Management, Network Architecture*

Propose of architecture for an Intent Based Networking

1. –INTRODUCCIÓN

Desde años atrás, la promesa de redes autónomas [1] está pendiente en el mundo de las telecomunicaciones[2]. Numerosos esfuerzos han aportado avances en la automatización de determinadas funciones y procesos en la gestión de las redes, pero sin llegar a obtener resultados que satisfagan por completo la necesidad de simplificar la gestión y eliminar el desalineamiento entre lo que se pretende hacer y su implementación en la infraestructura de telecomunicaciones [3-7]. Uno de los conceptos que recientemente ha surgido y que promete ser el cambio de paradigma en la gestión que se necesita son las Redes Basadas en la Intención [8].

Las Redes Basadas en Intenciones (IBN, del término en inglés *Intent-Based Networking*) constituyen un enfoque innovador para la gestión de redes que busca simplificar y automatizar el proceso de configuración y operación de una red. En lugar de

Recibido: 03/2024 Aceptado: 07/2024

dependen de configuraciones manuales y estáticas, las IBN se centran en los objetivos y las intenciones del administrador de la red; este define las intenciones y requisitos deseados en lenguaje natural y luego la red utiliza la automatización y la inteligencia artificial para traducir las intenciones en configuraciones y acciones concretas. Esto puede hacer que la gestión de la red sea más eficiente y reduce la posibilidad de errores humanos. Luego de eso, el sistema se autogestiona para garantizar las intenciones del usuario. La idea principal detrás de las IBN es separar la lógica de control de la infraestructura subyacente, añadiendo una capa superior de traducción de las intenciones de los administradores de red, buscando que el lenguaje hombre-máquina sea lo más natural posible. Esto hace posible una mayor automatización, adaptabilidad y simplicidad en la gestión de la red, lo que conduce a una red más ágil y flexible.

Desde 2019, fabricantes como Juniper y Cisco han invertido esfuerzos en conseguir resultados con IBN, pero no fue hasta octubre de 2022, que IETF propuso algunos conceptos claves sobre el ciclo de vida de la intención [9]. A partir de ese momento algunas empresas empezaron a correr detrás de la introducción de este paradigma en sus soluciones de red y hasta la fecha se han escrito numerosos artículos sobre el impacto de la intención en los diferentes tipos de redes [10].

Aunque se han discutido los fundamentos y principios de las IBN, aún no se ha logrado proponer una arquitectura de red capaz de cumplir el ciclo de vida de la intención y tampoco se ha hablado mucho sobre el empleo de la inteligencia artificial en este tipo de redes. Realmente, definir una arquitectura conceptual se ha convertido en un reto pues las grandes empresas no se han puesto de acuerdo y muchas trabajan en sus propios conceptos de IBN, lo que provoca la existencia de soluciones de red que especulan ser IBN, pero no cumplen los requisitos de estas.

Lo ideal en una IBN es que la planeación sea tarea de las inteligencias de la red, pudiéndose lograr esto con inteligencias artificiales, pero las soluciones existentes, exigen que se introduzca la red existente, por lo que no planean la red desde cero. Esto es una deuda que han dejado los fabricantes para las futuras y más complejas IBN.

Otro requisito muy importante en este tipo de redes es la auto optimización y auto recuperación, pero las arquitecturas de las soluciones existentes no dan cabida a una profunda retroalimentación de la red. Esto es un problema grave, pues si no hay retroalimentación no hay IBN. Y es que la mayoría de los creadores de soluciones IBN se enfocan en la traducción de la intención y no le prestan atención al resto de las funciones imprescindibles de estas.

Unos de los problemas urgentes a resolver en el establecimiento de las Redes Basada En Intenciones es la no existencia de una arquitectura de red recomendada que sirva como partida para el desarrollo de soluciones de gestión autónoma, por eso esta investigación tiene el objetivo principal de proponer una arquitectura de red que garantice el ciclo de vida de la intención y pueda integrar modelos de inteligencia artificial.

Las contribuciones científicas fundamentales que se hacen en este trabajo es el proporcionar una arquitectura de red para la gestión de Redes Basada en Intenciones que no existía antes, se provee además un entorno ideal donde diferentes fabricantes podrían desarrollar soluciones de gestión autónoma y desplegarlos en un entorno común para mejorar las redes del futuro. Todo esto representa un paso significativo hacia el establecimiento de la gestión autónoma, y contribuye a una mayor comprensión del ciclo de vida de la intención en las Redes Basada en Intenciones.

2. CONTENIDO

Para concebir la arquitectura de Red Basada en Intenciones que se propone se realizó un exhaustivo análisis del estado del arte de las IBN, incluyendo las definiciones, conceptos y soluciones existentes. Los casos analizados tienen menos de 5 años de antigüedad y son representativos, abarcando dos proveedores del primer mundo y dos Universidades de América Latina.

El estudio de la solución Juniper Apstra se basó en su posición como fabricante líder mundial en soluciones de red con inteligencia artificial [11]. Por otro lado, la elección de la solución Cisco DNA Center se fundamentó en su popularidad en el mercado y la amplia experiencia que Cisco tiene en soluciones de red [12,13].

Asimismo, se consideró la solución propuesta por Romero Salas, perteneciente a la Universidad de Guayaquil, Ecuador [14]. Esta universidad ha estado investigando y publicando artículos sobre la automatización de redes mediante inteligencia artificial desde hace varios años.

Por último, se estudió la solución propuesta por Grande Zúñiga, proveniente de la Universidad del Perú. Esta elección se realizó debido a su afinidad con los objetivos planteados en esta investigación [15].

Además del análisis anteriormente mencionado, se evaluó el cumplimiento del ciclo de vida en las IBN siguiendo las recomendaciones establecidas por IETF en la RFC9315. Posteriormente, se estudiaron las arquitecturas propuestas por cada una de las soluciones mencionadas con el fin de identificar deficiencias y necesidades aún no resueltas. Estos estudios arrojaron deficiencias en el logro del ciclo de vida de la intención y poco uso de la inteligencia artificial. Se encontró, además, que la causa de estas deficiencias está, principalmente, en que las arquitecturas de red existentes no tenían capacidad de integración con inteligencia artificial y tecnologías de red de diferentes fabricantes y no existía una

retroalimentación de los parámetros de monitoreo de la red para tenerlos hacia la entrada, lo cual es imprescindible para lograr la gestión autónoma.

Queda mucho trabajo para la implementación de una IBN, pero se trabajó primeramente en el diseño de una arquitectura sólida, generalizada y recomendada para cualquier solución IBN, con el fin de implementar luego las funcionalidades de cada elemento de esta.

En las soluciones IBN del mercado solo se añade una capa de traducción de la intención para la gestión de un controlador SDN desde el cual se controlan dispositivos de un solo fabricante, esto genera grandes problemas pues no permite un aprendizaje autónomo. La arquitectura propuesta representa un paso de avance con respecto a las arquitecturas anteriores ya que permite la gestión de toda la red sin importar cuán heterogénea sea y no de limitados dispositivos, integra inteligencia artificial para el logro de la intención y permite una retroalimentación de los parámetros de gestión, de modo que la red puede aprender y mejorar con el tiempo usando inteligencia artificial.

2.1. ARQUITECTURA DE IBN

La arquitectura de Red Basada en Intención que se propone integra herramientas de inteligencia artificial y dispositivos de red físicos y virtuales para lograr las intenciones de los usuarios. Esta arquitectura se muestra en la Figura 1.

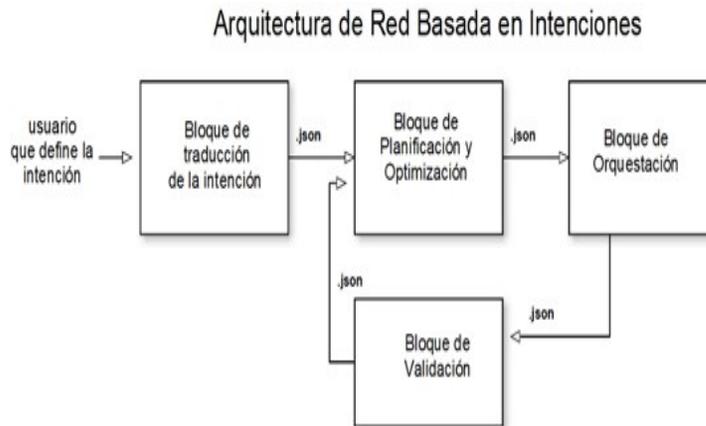


Figura 1.

Arquitectura General de Red Basada en Intenciones

En la arquitectura de Red Basada en Intención de la figura 1 se observa cuatro bloques bien definidos: bloque de traducción de la intención, bloque de planificación y optimización, bloque de orquestación y bloque de validación de la intención.

La intención del administrador de red se introduce en el Bloque de Traducción de la Intención. Este bloque se encarga de traducir y enviar la intención a un formato comprensible para el Bloque de Planificación y Optimización, el cual, como su nombre lo indica, realiza la planificación y optimización de la red de acuerdo con la intención introducida. Para realizar sus funciones este bloque utiliza herramientas de inteligencia artificial como el aprendizaje automático, las redes neuronales y los algoritmos genéticos que le permiten tomar decisiones inteligentes y generar una solución óptima para la red. Una vez que se ha generado la decisión, esta se envía al Bloque de Orquestación donde se ejecutan las configuraciones y conexiones virtuales y físicas, necesarias para implementar la solución en la red real. A partir de este momento se monitorean los parámetros de la red y estos son introducidos en el Bloque de Validación, donde se encuentra la Fuente Única de la Verdad (SSoT del término en inglés *Single Source of Truth*). Este bloque se encarga de analizar si la red se ha desviado de la intención establecida. Si se detectan desviaciones o problemas en el rendimiento de la red, se generan consideraciones y mejoras que se envían de vuelta al Bloque de Planificación y Optimización. Estas mejoras se utilizan para ajustar y mejorar la red. A continuación, se profundiza en las características de cada bloque de la arquitectura.

2.1.1. BLOQUE DE TRADUCCIÓN DE LA INTENCIÓN

En la Figura 2 se propone una vista más detallada del Bloque de Traducción de la Intención.

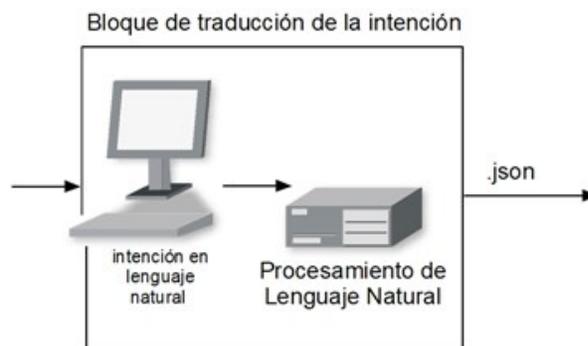


Figura 2.

Bloque de traducción de la intención

El *chat bot* es un programa de computadora diseñado para interactuar con los usuarios a través de mensajes de texto o voz. En el contexto de la arquitectura IBN que se propone, este se utiliza para recibir la intención del administrador de red en lenguaje natural. El administrador puede comunicarse con el *chat bot* y expresar su intención utilizando palabras y frases comunes. Es importante mencionar que este es el espacio de interacción entre la máquina y el hombre. Lo ideal es que fuera una conversación bidireccional, lo que significaría que la máquina podría hacerle preguntas al usuario buscando claridad en la intención deseada. La implementación de esta función no es difícil, pues existen múltiples plataformas de código abierto [16] para la creación de *chat bot*.

El Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP del término en inglés *Natural Language Processing*) es una tecnología que permite a las computadoras comprender y procesar el lenguaje humano de manera similar a como lo haría un ser humano y convertirlo a un lenguaje de máquina [17,18]. En el Bloque de Traducción de la arquitectura IBN que se propone, el procesador de lenguaje natural se utiliza para analizar y comprender el mensaje enviado por el administrador a través del *chat bot*. Para ello el procesador de lenguaje natural extrae de este la información relevante y la estructura en un formato comprensible para los demás bloques. El formato más amigable para este tipo de funciones es *.json* por ser descriptivo y entendible por las máquinas. JSON (del término en inglés *JavaScript Object Notation*) es un formato de intercambio de datos ligero fácil de leer y escribir para los humanos y las máquinas [19].

El procesamiento que se debe usar en la arquitectura IBN que se propone debe trabajar en un modelo lógico gramatical para la recuperación y extracción de información y utilizar diferentes niveles de análisis como el morfológico, léxico, sintáctico y semántico. El procesamiento no solo debe comprender el lenguaje natural sino también generarlo. En términos prácticos y comparativos con otros modelos NLP, la carga de procesamiento que en este caso se requiere no es muy grande, pues no necesita enormes cantidades de datos para generar textos. Lo importante es ordenar los datos de forma coherente para que la máquina pueda comprender la intención del usuario y responder en lenguaje natural el estado de la intención pues para la obtención de informes de gestión el administrador solicitaría a través del *chat* la información que necesita.

2.1.2. BLOQUE DE PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

En la Figura 3 se observa el bloque de la Planificación y Optimización de la arquitectura IBN que se propone. Ese bloque viene siendo el cerebro de la arquitectura pues, como su nombre lo indica, realiza dos funcionalidades importantes: la planificación y la optimización de la red.

La planificación de la red permite concebir el diseño de la infraestructura de la red de acuerdo con los requisitos y objetivos establecidos. Esto implica determinar la ubicación y configuración óptima de los elementos de red, como *routers*, *switches* y enlaces, para garantizar la intención con un rendimiento óptimo y una cobertura adecuada. Se tienen en cuenta factores como la capacidad, la disponibilidad, la escalabilidad y los requisitos de seguridad al planificar la red.

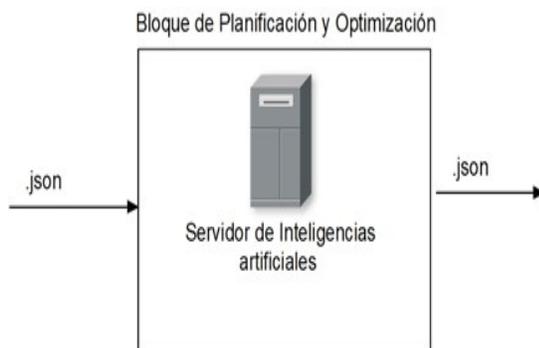


Figura 3

Bloque de Planificación y Optimización.

Utilizando algoritmos complejos, como los genéticos de optimización basados en heurísticas, se generan diferentes posibles configuraciones de red. Estas configuraciones se evalúan por las herramientas de inteligencia artificial en función de los objetivos y restricciones establecidos anteriormente.

Finalmente, se selecciona la arquitectura más óptima para la red en función de los resultados del análisis y la evaluación que se hagan. Esta arquitectura puede incluir la ubicación de los dispositivos, la asignación de recursos y las políticas de enrutamiento.

La optimización de la red se centra en mejorar el rendimiento y la eficiencia de esta. Esto implica analizar el desempeño de la red en tiempo real, recopilando datos sobre el tráfico, la latencia, el ancho de banda y otros parámetros relevantes. Estos datos se utilizan para identificar cuellos de botella, puntos débiles o áreas de mejora en la red. A partir de esto, se definen estrategias y acciones de optimización, como reconfiguraciones, ajustes de capacidad, redistribución del tráfico o implementación de nuevas tecnologías. Se deben utilizar algoritmos de optimización y técnicas de aprendizaje automático para automatizar y agilizar el proceso de optimización.

La inteligencia artificial juega un papel importante en la planificación y optimización. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar grandes cantidades de datos históricos sobre el rendimiento de la red y utilizar esta información para predecir cómo diferentes configuraciones afectarán el rendimiento futuro.

Una vez que se ha realizado la planificación y optimización de la red, los datos relevantes se exportan en formato .json al bloque de Orquestación. Los datos exportados pueden incluir información sobre la asignación de recursos, las rutas optimizadas y los eventos programados, entre otros. Esto es utilizado en el bloque de Orquestación para coordinar y controlar las operaciones de la red de manera eficiente.

2.1.3. BLOQUE DE ORQUESTACIÓN

En la figura 4 se aprecian las características del Bloque de Orquestación de la arquitectura IBN que se propone

El bloque de Orquestación es responsable de coordinar y gestionar todas las funciones y componentes de la red. En este bloque, interactúan tres elementos principales: el controlador SDN (del término en inglés *Software Define Networking*), el servidor Funciones de Red Virtualizadas (VNF del término en inglés *Virtual Network Function*) y los dispositivos físicos y virtuales.

El controlador SDN se encarga de recibir las configuraciones para la red, y traducirlas en instrucciones específicas para los dispositivos de red. Estas instrucciones se envían a los dispositivos a través de protocolos de comunicación como OpenFlow, permitiendo al controlador tener un control centralizado sobre la configuración y el comportamiento de la red [20].

El servidor VNF es responsable de ejecutar las funciones de red virtualizadas en las IBN [21]. Estas funciones pueden incluir enrutamiento, *firewall*, balanceo de carga y optimización de tráfico, entre otras. Las VNF puede ser implementadas como software en servidores físicos o como máquinas virtuales en entornos de virtualización. El controlador SDN se encarga de gestionar y orquestar estas funciones virtuales según las políticas y objetivos establecidos.

Los dispositivos físicos y virtuales son los elementos finales de la red basada en la intención. Estos dispositivos incluyen *routers*, *switches*, *firewalls*, servidores, entre otros. Los dispositivos físicos son los componentes tradicionales de la red, mientras que los dispositivos virtuales son instancias virtuales que pueden ser creadas y gestionadas por el controlador SDN. Estos dispositivos implementan las instrucciones y políticas definidas por el controlador SDN, permitiendo el funcionamiento de la red de acuerdo con la intención establecida.

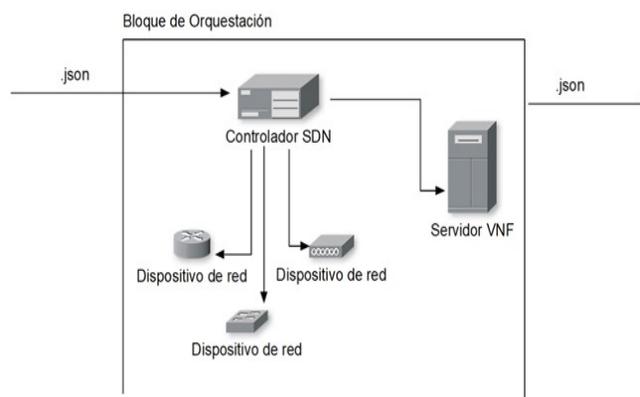


Figura 4.

Bloque de Orquestación

El Bloque de Orquestación tiene como objetivo principal coordinar y gestionar los recursos de red de manera eficiente y automatizada. Esto se logra a través de diferentes funcionalidades:

- **Provisionamiento de servicios:** se encarga de establecer y configurar los servicios de red necesarios para cumplir con los requisitos establecidos por el Bloque de Planificación y Optimización. Esto implica la asignación de recursos de red, la configuración de políticas de seguridad y la implementación de servicios de red virtualizados.
- **Control de políticas:** garantiza que las políticas definidas por los administradores y las restricciones establecidas en el Bloque de Planificación y Optimización se apliquen correctamente en toda la red. Esto implica la configuración de reglas de *firewall*, el control de acceso a la red y la aplicación de políticas de calidad de servicio.
- **Gestión de recursos:** supervisa y gestiona los recursos de red, como ancho de banda, capacidad de almacenamiento y potencia de procesamiento. Esto implica la asignación dinámica de recursos según las necesidades del tráfico de red y la optimización del uso de recursos para maximizar el rendimiento y minimizar los costos.
- **Automatización y programabilidad:** permite la automatización de tareas repetitivas y la programabilidad de la red. Esto se logra mediante la utilización de Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs del término en inglés *Application Programming Interfaces*) que permiten la integración de sistemas y aplicaciones, facilitando así la implementación rápida y eficiente de nuevos servicios y aplicaciones.
- **Monitoreo y análisis:** recopila datos en tiempo real sobre el estado de la red, el rendimiento de los servicios y el cumplimiento de las políticas establecidas. Estos datos se utilizan para monitorear y analizar el rendimiento de la red, identificar posibles problemas y ejecutar acciones correctivas buscando la optimización de la red.

Para una mayor comprensión del Bloque de Orquestación se pueden distinguir dos planos fundamentales: el plano de orquestación y el plano de infraestructura.

El plano de orquestación se encarga de coordinar y automatizar los procesos y flujos de trabajo necesarios para que los servicios funcionen correctamente. Esto implica la definición de flujos de trabajo, que son secuencias de tareas que deben ejecutarse en un orden específico. Estas tareas pueden incluir desde acciones simples, como el inicio o detención de un servicio, hasta acciones más complejas, como la ejecución de *scripts* o la interacción con otros sistemas.

La orquestación también implica la asignación de recursos a los dispositivos. Por ejemplo, si un servicio requiere el uso de un servidor virtual, el plano de orquestación debe asignar ese recurso y asegurarse de que esté disponible para su uso. De manera similar, cuando un servicio ya no es necesario, el plano de orquestación debe desactivar y liberar los recursos asociados.

La gestión de eventos también es una parte importante del plano de orquestación. Los eventos pueden ser acciones o cambios que ocurren en el entorno y que requieren una respuesta por parte del sistema. Por ejemplo, si un servidor falla, el plano de orquestación debe detectar este evento y tomar medidas para solucionarlo, como iniciar una instancia de respaldo o notificar a un administrador.

Por su parte, el plano de infraestructura se encarga de la creación y gestión de los recursos físicos y virtuales necesarios para el funcionamiento de la infraestructura de los servicios. Esto incluye la asignación y liberación de recursos, como servidores virtuales, almacenamiento, ancho de banda y capacidad de procesamiento. El plano de infraestructura también se encarga de la monitorización del rendimiento de estos recursos y la optimización de su uso.

En términos prácticos, el plano de infraestructura utiliza herramientas de virtualización y gestión de recursos para crear y asignar servidores virtuales, almacenamiento y otros recursos necesarios. Estas herramientas permiten la creación rápida y eficiente de recursos, así como su asignación dinámica según las necesidades del servicio.

2.1.4. BLOQUE DE VALIDACIÓN

En la figura 5 se muestra una imagen más detallada del componente por el que está compuesto el bloque de Validación.



Figura 5.

Bloque de Validación

El Bloque de Validación es responsable de verificar y validar que los servicios de red cumplan con los estándares de calidad establecidos, a través de medidas y procesos, definiendo métricas y objetivos de calidad específicos, para medir y evaluar su desempeño, teniendo como referencias más importantes la intención inicial del usuario y el estándar TL9000 [22]. Esto quiere decir que en este bloque se recibirían los datos del monitoreo del bloque de Orquestación y se compararían con la intención inicial y las métricas del estándar TL9000 para determinar la desviación o no de la intención inicial y el cumplimiento del estándar.

Es importante destacar que la SSoT contiene los datos que describen el estado actual de la red y la intención inicial del usuario. Esto es importante porque la red sufre cambios en el tiempo, y se necesita saber el estado en que esta se encuentra para tomar decisiones futuras en la optimización, sin embargo, la intención nunca puede sufrir cambios.

Además, el bloque de Validación debe realizar auditorías y revisiones periódicas para evaluar el cumplimiento de los servicios según los estándares establecidos. Estas auditorías pueden incluir pruebas de rendimiento, análisis de datos y revisión de procesos. Si se identifican desviaciones o incumplimientos, se toman medidas correctivas para mejorar la calidad de los servicios en el Bloque de Planificación y Optimización.

Los valores de salida del bloque en cuestión no necesariamente deben ser *True* o *False*, (que se ha desviado de la intención o no, o se cumplen o no los parámetros de calidad) sino que se puede usar lógica difusa para mejorar la toma de decisiones en el bloque de Optimización, en pos de aumentar la eficiencia de la red. Estos valores de salida se entregarán al Bloque de Planificación y Optimización en formato *.json* para su mejor comprensión.

Esto genera un ciclo cerrado de la red en el cual, como dice el ciclo de vida de la intención, la red planifica, configura, monitorea, analiza los datos de monitoreo y planifica optimizaciones, de forma constante y usando inteligencia artificial.

La figura 6 muestra un resumen de la arquitectura propuesta con los elementos integrados de cada bloque.

2.1.5. EL USO DE .JSON

El formato *.json* se utiliza como mecanismo para comunicar servidores de red mediante el intercambio de datos estructurados. Este formato es legible tanto para humanos como para máquinas, lo que lo hace ideal para la transmisión de datos entre sistemas.

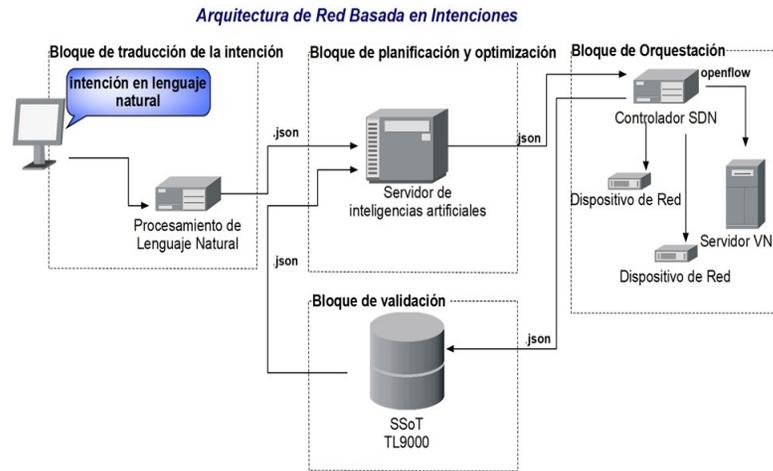


Figura 6.

Arquitectura de Red Basada en Intenciones

Para utilizar .json como mecanismo de comunicación entre los diferentes elementos de la plataforma, se pueden seguir los siguientes pasos:

- a. Crear un archivo .json con la estructura de datos que se desea transmitir. Este archivo puede contener información en forma de objetos y arreglos, y puede ser generado manualmente o a través de un programa o script.
- b. Enviar el archivo .json desde el servidor emisor al servidor receptor a través de una solicitud HTTP u otro protocolo de comunicación.
- c. El servidor receptor procesa el archivo .json y extrae la información necesaria para su uso.

Las ventajas de utilizar .json como mecanismo para comunicar los elementos de la plataforma incluyen:

- **Ligereza:** El formato .json es ligero y fácil de leer, lo que lo hace ideal para la transmisión rápida y eficiente de datos a través de redes.
- **Flexibilidad:** .json permite representar una amplia variedad de estructuras de datos, incluyendo objetos anidados y arreglos, lo que lo hace versátil para diferentes tipos de información.
- **Fácil integración con lenguajes de programación:** .json es compatible con muchos lenguajes de programación populares, lo que facilita su uso en aplicaciones web y sistemas distribuidos.
- **Soporte nativo en muchos frameworks y herramientas:** Muchos frameworks y herramientas modernas tienen soporte nativo para la manipulación y transmisión de datos en formato .json, lo que facilita su implementación en entornos tecnológicos actuales.

2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS IBN.

En las IBN, la inteligencia artificial (IA) juega un papel crucial para automatizar y optimizar las operaciones de red. La IA se utiliza para analizar grandes volúmenes de datos de red en tiempo real y tomar decisiones inteligentes basadas en patrones y tendencias identificadas. Esto permite que la red se ajuste automáticamente para cumplir con las intenciones establecidas.

Existen varias herramientas factibles para utilizar la inteligencia artificial en este tipo de redes. Primariamente, se podría pensar en desarrollar herramientas de AI desde cero, pero existen muchas creadas que ya hacen algunas funciones que exigen las IBN, por lo que usar herramientas que ya estén entrenadas en otras tareas y especializarlas para las IBN, es una posibilidad a tener en cuenta. Algunas funciones que deben cumplir estas herramientas incluyen:

- **Comprender y generar lenguaje natural** para la conversación con el usuario. Habría que entrenarlas para especializarse en temas referentes a parámetros de calidad y de redes de telecomunicaciones.

- Analizar datos históricos de la red y aprender patrones de comportamiento. Esta función es usada en el monitoreo de la red y su mejora, pues los datos de monitoreo deben ser usados como datos de aprendizaje para la planificación de futuras redes.
- Predecir y tomar decisiones basadas en patrones de comportamiento
- Resolver problemas complejos y tomar decisiones basadas en múltiples variables. La planificación de una red no es tarea sencilla, y se deben tener en cuenta múltiples variables.
- Encontrar soluciones óptimas a problemas específicos.

Las redes neuronales necesitan bases de datos para el aprendizaje que contengan entradas y salidas a partir de las cuales pueda tomar decisiones de optimización de la red creada. Estas bases se deben ir creando para lograr el correcto aprendizaje automático.

El desarrollo de modelos de inteligencia artificial orientado a las telecomunicaciones, a día de hoy, es cada vez mayor. Numerosos desarrolladores apuestan por este tipo de soluciones en el entorno de las redes para garantizar un servicio y una gestión más eficiente. Sin embargo, cada vez es más difícil integrarlos en la infraestructura de red por la complejidad que añade a la gestión. La propuesta de arquitectura de red provee un entorno modular y flexible para que numerosos desarrolladores y fabricantes trabajen en un marco común sin entrar en contradicciones. Al estar en modo de bloques con entradas y salidas definidas, esta arquitectura representa un modelo organizativo para la gestión autónoma, permitiendo el desarrollo parejo de todos los bloques y la implementación de nuevos modelos de inteligencia artificial, mientras se simplifica la gestión.

3. CONCLUSIONES

Las soluciones de Redes basada en Intenciones existentes en el mercado no cumplen con el ciclo de vida de la intención propuesto por la IRTF, en gran medida, por las limitaciones en sus arquitecturas de red. La arquitectura de Red Basada en Intenciones que se propone en este trabajo ofrece un enfoque estructurado y sistémico que garantiza la retroalimentación y el aprendizaje automático de la red, aspectos necesarios para lograr una gestión autónoma, a la vez que emplea las últimas tecnologías existentes en las telecomunicaciones. El uso de inteligencia artificial en la arquitectura que se propone juega un papel determinante.

La propuesta presentada proporciona un modelo organizativo para el desarrollo de la gestión autónoma. Esto representa un paso significativo en el establecimiento del paradigma de gestión autónoma, por eso como líneas futuras de investigación se recomienda la aplicación de esta propuesta en redes privadas de pequeña escala, donde se puedan hacer pruebas con modelos de inteligencia artificial y paquetes de VNF. Además, se trabajará en la creación de una serie de pasos que permita el paso de la gestión estandarizada y normalizada de hoy a la gestión autónoma.

REFERENCIAS

1. Encinosa L. A. R. , García I. D. A. Gestión Autónoma. Telemática [Internet]. 2011 [citado 22 de octubre de 2023];10(1). Disponible en: <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/53>
2. Martins da Silva R. B., Barbosa S. J. M. Network Autonomic Management: A Tutorial with Conceptual, Functional and Practical Issues. IEEE Latin America Transactions. marzo de 2014;12(2):306-14.
3. Casanova M. P., Calderón C. A. Modelo para la gestión de infraestructuras de tecnologías de la información. TecnoLógicas. 2020;23(48):31-53.
4. Zhang H, Zhao M, Wang W, Gong X, Que X. A novel autonomic architecture for QoS management in wired network. En: 2010 IEEE Globecom Workshops [Internet]. 2010 [citado 8 de noviembre de 2023]. p. 529-33. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5700376>
5. Rosendo D, Endo PT, Sadok D, Kelner J. An autonomic and policy-based authorization framework for OpenFlow networks. En: 2017 13th International Conference on Network and Service Management (CNSM) [Internet]. 2017 [citado 8 de noviembre de 2023]. p. 1-5. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8255990>
6. Arzo ST, Bassoli R, Granelli F, Fitzek FHP. Multi-Agent Based Autonomic Network Management Architecture. IEEE Transactions on Network and Service Management. septiembre de 2021;18(3):3595-618.
7. Granelli F, Bassoli R. Towards Autonomic Mobile Network Operators. En: 2018 IEEE 7th International Conference on Cloud Networking (CloudNet) [Internet]. 2018 [citado 8 de noviembre de 2023]. p. 1-4. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8549552>

8. Gharbaoui M, Martini B, Castoldi P. Intent-Based Networking: Current Advances, Open Challenges, and Future Directions. En: 2023 23rd International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) [Internet]. 2023 [citado 22 de octubre de 2023]. p. 1-5. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10207407>
9. Clemm A., Ciavaglia L., Granville L.Z., Tantsura J. Intent-Based Networking - Concepts and Definitions [Internet]. Internet Engineering Task Force; 2022 oct [citado 22 de octubre de 2023]. Report No.: RFC 9315. Disponible en: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9315>
10. Wei Y, Peng M, Liu Y. Intent-based networks for 6G: Insights and challenges. Digital Communications and Networks. 1 de julio de 2020;6.
11. Red Apstra basada en la intención | Juniper Networks [Internet]. 2023 [citado 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.juniper.net/mx/es/products/network-automation/apstra.html>
12. SCC. Cisco DNA para mejorar el rendimiento de la red, descúbrelo [Internet]. 2020 [citado 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sccenlared.es/cisco-dna-para-mejorar-el-rendimiento-de-la-red/>
13. PeerSpot. Compare Apstra Operating System vs Cisco DNA Center. [Internet]. [citado 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.peerspot.com/product_comparisons/32439-34877
14. Romero D.I. S., Sánchez G. N. V. Propuesta de diseño de una red IBN mediante la automatización de procesos de red a través de inteligencia artificial [Internet]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones; 2023 [citado 22 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67747>
15. Grande J.L. Z. Diseño de una red corporativa para una MYPE gestionada mediante el paradigma IBNM (Intent Based Networking Management). 5 de noviembre de 2021 [citado 8 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/20810>
16. Gutiérrez J. M. S. Desarrollo de chatbots con entornos de código abierto. Chatbots development with open source frameworks [Internet]. 12 de julio de 2019 [citado 22 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/16456>
17. Gutiérrez J. R. SONIA: un chatbot basado en Procesamiento del Lenguaje Natural. 21 de junio de 2023 [citado 22 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/135329>
18. Intent Expression Through Natural Language Processing in an Enterprise Network | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore [Internet]. 21 [citado 22 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10148046>
19. Banhara N., Duarte D., Schreiner G. Extração de Esquemas de Documentos JSON: O que há de Novo? En: Anais da Escola Regional de Banco de Dados (ERBD) [Internet]. SBC; 2023 [citado 22 de octubre de 2023]. p. 11-20. Disponible en: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbd/article/view/24342>
20. Menéndez E. A. R., Vera E. J. R. Mapeo sistemático sobre redes definidas por software con virtualización de las funciones de red [Internet] 2023 [citado 22 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25927>
21. Pei J, Hong P, Pan M, Liu J, Zhou J. Optimal VNF Placement via Deep Reinforcement Learning in SDN/NFV-Enabled Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. febrero de 2020;38(2):263-78.
22. González Y. D., Calderón C. A. Gestión de la calidad en las telecomunicaciones. Un acercamiento a la norma TL9000. Telemática. 19 de junio de 2013;12(1):23-31.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno de los autores manifestó la existencia de posibles conflictos de intereses que debieran ser declarados en relación con este artículo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Ismanuel Basulto Díaz: conceptualización, metodología, investigación, visualización y redacción -borrador original.

Dr. C Caridad Anías Calderón: administración de proyecto, supervisión y redacción- revisión y edición

AUTORES

Ismanuel Basulto Díaz, estudiante de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), Municipio Especial Isla de la Juventud, Cuba , correo electrónico: ismanuelbasulto00@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9820-6435>. Sus principales intereses de investigación son Gestión de Redes de Telecomunicaciones, Inteligencia artificial, infraestructura de telecomunicaciones.

Caridad Anías Calderón, Ingeniera en Telecomunicaciones, Master en Telemática y Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora, titular y de mérito de la Universidad Tecnológica de La Habana, Cujae, Cuba, correo electrónico: catcha@tesla.cujae.edu.cu, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5781-6938>. Sus principales intereses de investigación están centrados en las redes y servicios de telecomunicaciones y en especial en su gestión.



Esta revista se publica bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)