



The Integration of Network Management Heterogeneous Environments.

Doris Mercedes Pérez Alvarez, Yamilé Hotman Cardoso and
Estanislao Hilda Lombillo Rivera

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

May 30, 2023

**LA INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DE REDES EN AMBIENTES
HETEROGÉNEOS**

***THE INTEGRATION OF NETWORK MANAGEMENT HETEROGENEOUS
ENVIRONMENTS***

Doctorando Ms.C. Doris Mercedes Pérez Alvarez ^{1*}, Dr. Yamilé Hotman Cardoso ², Dr. Estanislao Hilda Lombillo Rivera ³

¹ Centro de Estudios de Tecnologías y Sistemas. Calle 36 entre Avenida Zoológico y Calle 38 Edificio 229 Apto 2. Nuevo Vedado. Plaza de la Revolución. La Habana. flaky29@gmail.com

² Centro de Estudios de Tecnologías y Sistemas. Calle 206 entre Avenida 25 y Avenida 27 Edificio 2506 Apto 11. La Coronela. La Lisa. La Habana. hotman@gmail.com

³ Centro de Estudios de Tecnologías y Sistemas. Calle 240A entre Avenida 3raC y Avenida Río Número 3C10. Jaimanitas. Playa. La Habana. ehlrivera@uci.cu

* Autor para correspondencia: flaky29@gmail.com

Resumen

Actualmente, la gestión de redes heterogéneas afecta el desempeño de las infraestructuras en muchas organizaciones, tanto dentro como fuera del país, provocando pérdidas económicas y la degradación de la calidad de los servicios. La gran diversidad de estándares y organizaciones de normalización existentes para la gestión de redes y la no existencia de una guía para la selección de los mecanismos adecuados, hacen del diseño de un sistema de gestión integrada una tarea ardua. Esta investigación revisa las mejores prácticas en la gestión de redes heterogéneas, los estándares más utilizados, las recomendaciones de los fabricantes de herramientas de gestión y de dispositivos de red más reconocidos, la opinión de especialistas en el área, entre otros. Además, realiza un acercamiento a esta temática en el área de la gestión que permitirá a las organizaciones diseñar sistemas de gestión con un alto nivel de integración en ambientes de red heterogéneos.

Palabras clave: gestión de redes, redes heterogéneas, gestión integrada, telecomunicaciones

Abstract

Currently, the management of heterogeneous networks affects the performance of infrastructures in many organizations, both inside and outside the country, causing economic losses and the degradation of the quality of services. The great diversity of existing standards and standardization organizations for network management and the non-existence of a guide for selecting the appropriate mechanisms make the design of an integrated management system an arduous task. This research reviews the best practices in the management of heterogeneous networks, the most used standards, the recommendations of the most recognized manufacturers of management tools and network devices, the opinion of specialists in the area, among others. In addition, it makes an approach to this topic in the area of management that will allow organizations to design management systems with a high level of integration in heterogeneous network environments.

Keywords: *network management, heterogeneous networks, integrated management, telecommunications*

Introducción

La gestión es considerada por algunos un área prescindible de las redes, sin saber que la calidad y el buen funcionamiento de los servicios ofrecidos a través de una red de telecomunicaciones dependen de la misma. Esto responde a que el objetivo de la gestión es el logro de un monitoreo y control eficiente de los servicios y de la administración de los recursos, reduciendo el OPEX (Gasto Operacional, *Operational Expenditure* por sus siglas en inglés), ofreciendo rendimiento garantizado de la red, permitiendo la recuperación de fallas y maximizando el control y la seguridad de la red (Anías, 2017a).

Las grandes empresas del mundo dan servicio en sus plataformas a terceras compañías a través de Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs por sus siglas en inglés, *Application Programming Interface*). En el sector de los datos y los servicios las APIs se han convertido en una herramienta esencial para el control de la infraestructura, el intercambio de datos y la aplicación de funcionalidades a los productos finalistas.

En la actualidad, una amplia variedad de servicios, como los bancarios, la salud, el comercio y otros, han comenzado a introducirse en la era digital, imponiendo como requerimiento a las redes: alta eficiencia, disponibilidad y seguridad. Estas características solo pueden ser alcanzadas a través de una gestión organizada y robusta.

La gestión de redes en ambientes multiprovedores y multitecnologías se ve afectada por las limitaciones de la gestión heterogénea. Además, el paso a la gestión normalizada o integrada

es obstaculizada por la presencia de múltiples mecanismos de integración incompatibles entre sí.

Desarrollo

2.1 Evolución de la gestión de redes

La gestión de redes tiene múltiples definiciones, por ejemplo, la ofrecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T, 2004): “es la planificación, organización, supervisión y control de los elementos que forman una red para garantizar un nivel de servicio de acuerdo a un costo”.

La necesidad de gestionar las redes está dada por varios factores:

- Los volúmenes de información digital son cada vez mayores, así como las necesidades de su almacenamiento en la nube.
- Los sistemas de información son imprescindibles y se soportan sobre redes.
- Existen diversidad de productos y servicios de redes de múltiples fabricantes con diferentes tecnologías que provocan aumento constante de la complejidad tanto en cantidad como en heterogeneidad.
- Es necesario utilizar coherentemente la información que puedan aportar los diferentes recursos gestionados que existan en una red para su correcta operación (Rodríguez D. et al., 2022).

En resumen, la motivación de la gestión de redes se basa en: controlar de activos estratégicos, controlar la complejidad, mejorar el servicio, reducir la indisponibilidad y controlar los costos.

La gestión adecuada permite mejorar la eficiencia, la disponibilidad y el rendimiento de las redes y sus servicios, aumentar la relación calidad/costo en el diseño y operación de las mismas, aumentar la satisfacción de los usuarios, brindar una segura y mejor imagen de la organización empleando centros de asistencia a los usuarios y reducir la necesidad de recursos humanos en la operación de la red (Anías, 2017b; Martínez A. et al., 2014)

La gestión, al igual que las redes, ha evolucionado con el tiempo. La primera etapa se conoce como gestión autónoma, presente en las primeras redes en las que existían pocos nodos y cada nodo tenía su propio sistema de gestión local. Como consecuencia, los cambios que afectaban a más de un nodo implicaban la comunicación entre los responsables de los mismos (Anías, 2017b). Con el crecimiento de las redes esta estrategia resultó insostenible. Surge entonces la gestión homogénea en redes donde se emplean equipos y protocolos de un mismo fabricante, el cual oferta su sistema gestor propietario, por lo general, centralizado en un único nodo.

La expansión de las redes ha continuado hasta llegar a su tamaño actual. El crecimiento exponencial del tráfico de Internet no da tregua a la industria de las telecomunicaciones, acortando visiblemente los ciclos de vida de las tecnologías. Para soportar la demanda de tráfico, la industria se ha centrado en la evolución de los planos de datos y de control, realizando progresos acelerados en ambos aspectos. Sin embargo, las innovaciones en el mercado no han alcanzado el plano de gestión a la misma velocidad, existiendo problemas de interoperabilidad de gestión (Martínez A. et al., 2014).

Además, la competencia entre proveedores ha llevado a la implementación de funcionalidades de gestión específicas no estándar en sus equipos, intentando ganar una mayor participación de mercado. La gestión de red propietaria, con los protocolos y las representaciones de datos de gestión específicos del proveedor, son el sello distintivo de muchos fabricantes. Sin embargo, estas decisiones impulsadas por el mercado y el negocio dan como resultado serias limitaciones de interoperabilidad para la gestión de redes heterogéneas. Este problema va más allá del alcance de los protocolos estándar para la gestión de la red y se adentra en el campo de los proveedores de dispositivos, muchos de los cuales rechazan firmemente la idea de gestionar los productos de la competencia.

La prevalencia de los enfoques propietarios en la industria es el resultado de fuerzas impulsadas por proveedores de equipos y no por proveedores de redes y servicios, por lo que destaca el interés divergente de ambas partes. Mientras que los últimos ansían la interoperabilidad de gestión en redes heterogéneas, los proveedores de equipos apuntan claramente a sus propios intereses comerciales (Martínez A. et al., 2014).

Debido a las causas antes mencionadas, la gestión de redes entra en una fase conocida como gestión heterogénea. Esta fase de la gestión posee un conjunto de limitaciones que no permite lograr el máximo rendimiento de una red (Anías, 2017b; Martínez A. et al., 2014):

- Imposibilita la visión global de la red.
- Obliga a los proveedores de redes y servicios a especializarse en múltiples sistemas gestión.
- Se requiere contratar mayor cantidad de personal calificado.
- Provoca la duplicación de información y funciones.
- Afecta el tiempo de respuesta ante fallas en la red.
- Complejiza las tareas de gestión.
- Incrementa los gastos de operación.
- Disminuye la calidad de los servicios ofrecidos.

De esta manera se puede afirmar que la gestión de redes en ambientes multiprovedores y multitecnologías se ve afectada por las limitaciones de la gestión heterogénea, necesitándose una gestión normalizada o integrada. Esta es obstaculizada por la presencia de múltiples formas de integración incompatibles entre sí.

2.2 Estándares de gestión en función de la gestión integrada

Numerosas son las organizaciones que han dedicado grandes esfuerzos para el logro de la gestión integrada. Entre ellas podemos mencionar:

- Fuerza de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, por las siglas del término en inglés *Internet Engineering Task Force*).
- Fuerza de Trabajo de Gestión Distribuida (DMTF, por las siglas del término en inglés *Distributed Management Task Force*).
- Fórum de Tele-Gestión (TMForum, por las siglas del término en inglés *Telecommunication Management Forum*).

Cada una de estas organizaciones ha desarrollado múltiples estándares de gestión, que permiten a las herramientas de gestión que los implementan cubrir una o varias áreas funcionales.

IETF

La IETF es una institución de normalización sin fines de lucro y abierta a la participación de cualquier persona, cuyo objetivo es velar para que la arquitectura de Internet y los protocolos que la conforman funcionen correctamente (IETF, 2019).

Esta organización ha realizado grandes aportes a la integración de la gestión de redes heterogéneas. Por ejemplo, el protocolo el Protocolo Simple de Gestión de Redes (SNMP, por las siglas del término en inglés *Simple Network Management Protocol*), orientado al monitoreo y control de los dispositivos de red.

El protocolo SNMP pertenece al nivel de aplicación de la arquitectura TCP/IP, que ofrece servicios de gestión, monitoreo y control de dispositivos de red (Ding, 2010). Existen 3 versiones de SNMP: SNMPv1, SNMPv2 y SNMPv3. SNMPv1 fue efectiva y sencilla de implementar, pero tenía limitaciones y carecía de seguridad. SNMPv2 introdujo mejoras que resultaron en la resolución de algunas de sus limitaciones, sin embargo, los mecanismos de seguridad propuestos eran demasiado complejos y fueron rechazados por la industria. Finalmente, SNMPv3 agregó los mecanismos de seguridad necesarios para ofrecer control de acceso, autenticación y cifrado de la información de gestión (Ding, 2010; IETF, 2011).

Otros de los grandes aportes de la IETF a la gestión de redes fue el monitoreo remoto (RMON, por las siglas del término en inglés *Remote Monitoring*). RMON define MIBs de monitoreo remoto que complementan la MIB-II y proveen a los administradores de red con información vital sobre la red (Ding, 2010).

Entre los aportes más recientes de la IETF se encuentra YANG, un lenguaje empleado para modelar datos de configuración y de estado de los elementos de la red. Se puede usar, además, para definir el formato de notificaciones de eventos emitidos por la red y permitir a los modeladores de datos la definición de la firma de las Llamadas a Procedimientos Remotos (RPC, por las siglas del término en inglés *Remote Procedure Call*) que pueden ser invocados por los elementos de la red vía el Protocolo de Configuración de Red (NETCONF, por las siglas del término en inglés *Network Configuration*) y RESTCONF (IETF, 2011).

El protocolo NETCONF define un mecanismo simple a través del cual un dispositivo de red puede ser gestionado, la información de configuración puede ser recuperada y nuevos datos de configuración pueden ser cargados y manipulados (IETF, 2011).

RESTCONF es un protocolo basado en el Protocolo de Transferencia de HiperTexto (HTTP por las siglas del término en inglés *Hypertext Transfer Protocol*) que provee una interfaz programable para acceder a los datos definidos en YANG a través de una interfaz de Transferencia de Estado Representacional (REST, por las siglas del término en inglés *Representational State Transference*) (IETF, 2017).

DMTF

La DMTF trabaja desarrollando estándares que permitan la gestión de diversas tecnologías tradicionales y emergentes, como la nube, la virtualización, la red y la infraestructura, para simplificar la capacidad de administración de las redes a través de estándares abiertos y de esfuerzos de colaboración por parte de las principales compañías de tecnología (DMTF, 2023a).

Entre los aportes más importantes de la DMTF se encuentra el Modelo de Información Común (CIM, por las siglas del término en inglés *Common Information Model*), que provee una definición común de la información de gestión para los sistemas, redes, aplicaciones y servicios (DMTF, 2023b).

Las Bases de Datos de Gestión de Configuración (CMDB, por las siglas en inglés del término *Configuration Management Database*) son otros de los grandes aportes de la DMTF. Puede ser parte de un sistema de gestión de configuración e integrar otros repositorios de datos de

gestión, incluidas otras CMDB. La utilidad de una CMDB depende de la calidad, confiabilidad y seguridad de los datos organizados a través de ella (DMTF, 2023c).

Una CMDB contiene datos que describen recursos gestionados, como sistemas informáticos, software de aplicaciones y las relaciones entre estas entidades. Adicionalmente puede incluir otros tipos de información como los registros de incidentes, problemas y cambios de configuración. Los contenidos de la CMDB sirven como base y punto de integración para otros procesos de administración de las Tecnologías de la Información (IT, por las siglas del término en inglés *Information Technologies*), como la administración de cambios y de disponibilidad (DMTF, 2023c).

La Administración Empresarial Basada en la Web (WBEM, por las siglas del término en inglés *Web-Based Enterprise Management*) es un conjunto de especificaciones publicadas por DMTF que definen cómo los recursos modelados, utilizando el Modelo de Información Común, se pueden descubrir, acceder y manipular. WBEM proporciona la capacidad para que la industria entregue un conjunto bien integrado de herramientas de administración basadas en estándares, lo que facilita el intercambio de datos a través de tecnologías y plataformas heterogéneas (DMTF, 2023d).

TMForum

El TMForum es la asociación industrial global que dirige la colaboración y resolución colectiva de problemas para maximizar el éxito del negocio de las comunicaciones y de los proveedores de servicios digitales y su entorno de abastecedores (O'Brien J. & Rizk A., 2018). Algunos de los estándares más significativos en los que trabaja el TMForum son la Interfaz de Sistemas de Operaciones Multi-Tecnología (MTOSI, por las siglas del término en inglés *Multi-Technology Operation System Interface*), Gestión de Redes Multi-Tecnología (MTNM, por las siglas del término en inglés *Multi-Technology Network Management*) y el Open API Map.

MTOSI es un conjunto de interfaces de Sistema de Operaciones (OS, por las siglas del término en inglés *Operation System*) a OS basadas en XML. MTOSI utiliza una infraestructura de interfaz única y aplica los mismos patrones en múltiples tecnologías (TMForum, 2023a; Yousefvand M. & Ayazi F., 2012). El empleo de MTOSI permite (TMForum, 2023a):

- Reducir el "impuesto de integración" de los Sistemas de Soporte a las Operaciones (OSS por sus siglas en inglés), es decir, el costo de integrar y mantener los sistemas.
- Que los proveedores de servicios mezclen y combinen OSS de diversos proveedores en función de factores como el precio, la calidad y la funcionalidad.

- Aumentar la interoperabilidad al aumentar el suministro de componentes y aplicaciones intercambiables.
- Acelerar el tiempo de comercialización de nuevos servicios y productos de proveedores.

MTMN es un conjunto de interfaces de sistemas de gestión de elementos de red a sistemas de gestión de red basados en CORBA. A diferencia de MTOSI, MTNM se encuentra únicamente en el nivel de recursos. Incluye soporte para inventario, aprovisionamiento, administración de fallas y administración de desempeño (TMForum, 2023b).

El TMForum actualmente centra sus esfuerzos en un proyecto llamado Open API Map, con el objetivo de crear un conjunto de APIs comunes que permita reducir los costos de la integración. Actualmente cuentan con más de 50 APIs REST para múltiples funciones, las cuales son genéricas y no solo se aplican a la industria de las telecomunicaciones (Chappell, 2019; O'Brien J. & Rizk A., 2018).

2.3 Estado de implementación de los estándares de gestión

Anteriormente se evidenció que existe una amplia diversidad de estándares que, desde el punto de vista teórico, podrían resolver el problema de la integración de la gestión de redes heterogéneas. Sin embargo, existe un factor clave que aún no se ha analizado: la implementación de los estándares.

Para el caso de dispositivos de propósito general que utilizan sistemas operativos altamente personalizables como Windows o Linux, la implementación de los estándares es relativamente sencilla. Existen implementaciones de SNMP, NETCONF, RESTCONF, REDFISH, CIM, WBEM y muchos otros, tanto en software libre como en software propietario.

Para el caso de los dispositivos de red, la situación es diferente. Normalmente los sistemas operativos ofrecidos por los fabricantes son cerrados, de forma que se tiene acceso solamente a los estándares que el mismo ha implementado. Algunos como SNMP son implementados por muchos fabricantes (aunque en algunos casos no implementan SNMP v3, o limitan las funcionalidades del estándar), son pocos los que incluyen en sus dispositivos comerciales estándares recientes como NETCONF.

También es común que los fabricantes implementen sus propias formas de gestión, con protocolos y modelos de información propietarios, y permitiendo el acceso a algunas características solo a través de ellos. En ocasiones, incluso cuando emplean el estándar SNMP, usan MIBs propietarias, lo que impide el uso de otros gestores a menos que el fabricante distribuya o comercialice sus MIBs.

Por tanto, el problema de la integración de la gestión se complejiza aún más. Además de existir una gran diversidad de estándares, es necesario enfrentar las restricciones que imponen los fabricantes de dispositivos, generalmente para obligar a sus clientes a comprar un sistema de gestión propietario. Esta situación se agrava considerablemente si durante el diseño de la red en la que se desea integrar la gestión no se tuvo en cuenta la capacidad de gestión de los dispositivos.

Una posible solución, podría ser emplear las herramientas de gestión de cada fabricante de dispositivos y hacer que estas trabajen de forma conjunta. Sin embargo, esta vía, además de tener un costo excesivo en la mayoría de los casos, es también compleja. Las herramientas de gestión, tanto las de software libre como las propietarias, necesitan tener interfaces para comunicarse. Normalmente las interfaces se dividen en dos grupos: Interfaces al Norte (NBI, por las siglas del término en inglés *Northbound Interface*) e Interfaces al Sur (SBI, por las siglas del término en inglés *Southbound Interface*).

Las NBI son aquellas utilizadas por los Elementos de Red (NE, por las siglas del término en inglés *Network Element*) o Sistema de Gestión de Redes (NMS, por las siglas del término en inglés *Network Management System*) para comunicarse con entidades superiores. Permiten la conexión entre múltiples NMS de bajo nivel con un NMS de nivel superior o un OSS. Existen también NBI estandarizadas, como MTMN, MTOSI y las APIs del TMForum, pero son pocos los fabricantes que las implementan. Lo más típico es el uso de APIs REST propietarias. Aunque generalmente se ofrece una amplia documentación sobre estas APIs, la forma de encuestarlas es diferente para cada fabricante y, por tanto, los sistemas no son compatibles entre ellos a menos que se diseñe una herramienta que funciones como proxy.

Las SBI son empleadas por los NMS para comunicarse con sistemas inferiores. Normalmente se emplean para la comunicación con los NEs, aunque para el caso de un NMS de nivel superior o un OSS, se usará para comunicarse con otros NMSs de nivel inferior.

Las capacidades de las NBI y de la SBI para el intercambio de información entre NMSs varía de una implementación a otra. Las interfaces más completas permiten el intercambio, prácticamente, de todo tipo de información de gestión. Las más simples, solo permiten intercambiar algún tipo información específica, como las alarmas o el inventario. Por tanto, no solo basta con encontrar sistemas de gestión que posean interfaces compatibles, sino que estas interfaces deben ser capaces de transmitir toda la información necesaria para lograr la integración. Por lo general, el costo del sistema que cubrirá el rol de NMS superior u OSS con

interfaces que permitan el intercambio de todo tipo de información de gestión es extremadamente elevado.

2.4 Integración de herramientas de gestión

Existen dos enfoques básicos para la integración de las herramientas de gestión: las plataformas de gestión y las soluciones de gestión. Una plataforma de gestión provee una infraestructura de servicios común para las aplicaciones de gestión, junto a otras funciones básicas, típicamente orientadas al monitoreo de redes. Las plataformas normalmente contienen Kits de Desarrollo de Software (SDK, por las siglas del término en inglés *Software Development Kit*) que facilitan la creación de *plugins* y APIs que permiten la integración de softwares de terceros a la plataforma. Todas las aplicaciones que funcionan sobre una misma plataforma de gestión están integradas por defecto, por lo que en un proyecto de integración el empleo de una plataforma facilita considerablemente el proceso. La figura 1 muestra un sistema de gestión basado en plataforma de gestión.

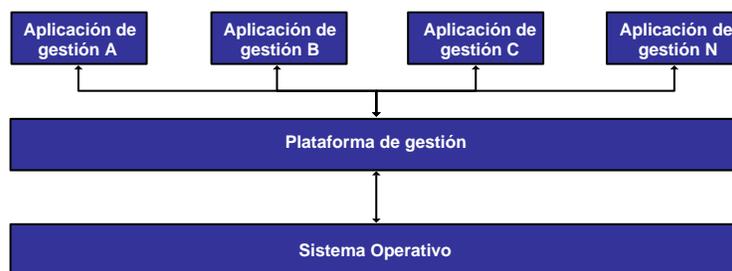


Figura. 1 Sistema de gestión basado en plataforma de gestión (Clemm, 2007)

Otra posible opción es el empleo de soluciones de integración. Una solución, en lugar de utilizar una plataforma de gestión, intenta integrar por diferentes vías aplicaciones independientes, de forma que conformen la infraestructura que se emplea para la gestión de la red. La integración por esta vía puede resultar en un sistema que se ajuste mejor a las necesidades la organización. Sin embargo, en la práctica, funciones de gestión en varias aplicaciones se pueden solapar, provocando redundancia en la información almacenada por cada una y sondeos múltiples con el mismo objetivo a los NE, por lo que es importante definir quién controla cada función de gestión y la información necesaria para cumplirla.

Esto no impide que varias aplicaciones puedan realizar una copia de la información en su propia base de datos para emplearla, sino que la modificación de la información original debe residir en una aplicación bien definida. De esta manera se facilita la resolución de los problemas dentro del sistema de gestión en caso que surjan.

En las soluciones de integración, normalmente es muy útil emplear una aplicación o componente sombrilla que se encargue de establecer las relaciones entre todos los demás componentes o aplicaciones del sistema. El uso de un componente sombrilla es más sencillo y menos costoso que establecer una malla de relaciones entre todos los componentes del sistema. La figura 2 muestra una solución de integración de la gestión tipo sombrilla y la figura 3 presenta una de tipo malla.

En una solución de integración de la gestión se puede aplicar la integración sistemática y a diferentes niveles. Es posible empezar con pasos simples para lograr una integración inicial y luego continuar profundizando paulatinamente. La integración toca varios aspectos técnicos de los sistemas que se desean integrar.

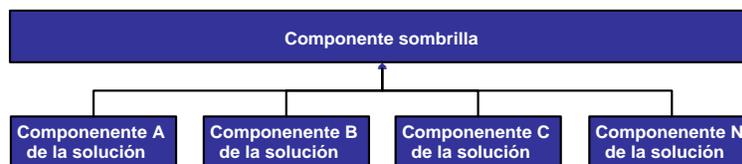


Figura 2 Solución de integración de gestión tipo sombrilla (Clemm, 2007)

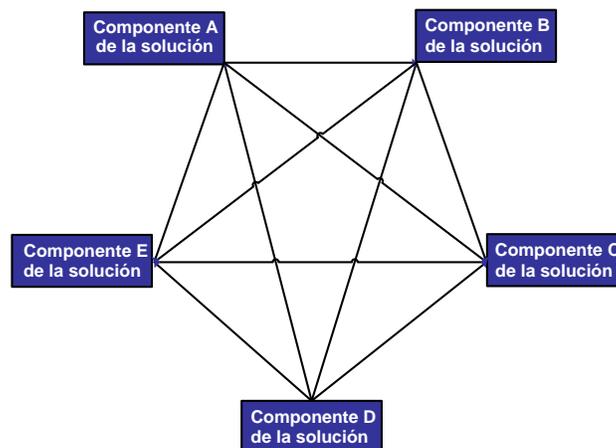


Figura 3 Solución de integración de gestión tipo malla (Clemm, 2007)

Muchos de estos aspectos son independientes entre sí, por ejemplo: la integración de las bases de datos tiene poco impacto en la integración de las interfaces de usuarios y viceversa. Algunos de los aspectos a integrar pueden ser:

- Interfaces de usuario: son la forma que tienen las aplicaciones de interactuar con los usuarios. Se ha alcanzado un alto nivel de integración cuando el usuario no es capaz de diferenciar qué función pertenece a cada aplicación.

- Bases de datos: en ellas se almacena la información que emplean las herramientas de gestión. Se ha alcanzado un alto nivel de integración cuando las aplicaciones comparten toda la información y no necesitan realizar copias individuales de ella.
- Comunicación: implica la comunicación entre las aplicaciones y los dispositivos de red y la coordinación entre las aplicaciones. Se ha alcanzado un alto nivel de integración cuando un dispositivo de red nunca es encuestado dos veces con el mismo propósito.

Conclusiones

Es recomendable utilizar un enfoque orientado a la integración de una plataforma de gestión con herramientas de gestión independientes siempre que sea posible. Emplear una plataforma facilita considerablemente la gestión por todas las funciones y por el nivel de integración que posee por defecto.

Las herramientas independientes, por lo general ofrecen funcionalidades novedosas, que no están implementadas en las plataformas y permiten el diseño de un sistema que se ajuste más a los requerimientos del proyecto. Si la plataforma y las herramientas independientes son de código abierto, con amplia documentación y soporte y basadas en lenguajes amigables, hacen mucho más simple el proceso de integración.

Lograr la integración entre las aplicaciones de gestión que funcionan sobre la plataforma y las aplicaciones de gestión independientes, permitirá diseñar sistemas más completos y eficientes, sin embargo, esta tarea requiere de amplios conocimientos de programación, informática y gestión de redes.

La gestión de redes en un ambiente heterogéneo es un problema complejo debido a que existen varios estándares de gestión y al hecho de que los proveedores imponen, en muchos casos, sus soluciones de gestión propietarias. La importancia de implementar una gestión integrada, radica en facilitar la gestión y análisis de infraestructuras y servicios de redes de telecomunicaciones, lograr un adecuado seguimiento de incidencias, mejorar los indicadores de disponibilidad y calidad de los servicios ofrecidos, entre otros; contribuyendo así al aumento de la satisfacción de los usuarios.

En investigaciones futuras se debe trabajar en función de diseñar sistemas propios de gestión integrada, los cuales deben ser más completos y eficientes. Y aparejado a ello establecer modelos y procedimientos para facilitar la implementación de estos en las redes de datos de nuestras instituciones.

Referencias

- Anías, C. (2017a). *Introducción a la Gestión de Redes*.
- Anías, C. (2017b). *Evolución de la Gestión*.
- Chappell, C. (2019). *Mapping Open APIs With TM Forum*. 18.04.23
<https://www.lightreading.com/>
- Clemm, A. (2007). *Network Management Fundamentals* (Vol. 1). Cisco Press
- Ding, J. (2010). *Advances in Network Management*. Taylor & Francis Group.
- DMTF. (2023a). *Standards and Technology*. DMTF. 18.04.23 <https://www.dmtf.org/standards>
- DMTF. (2023b). *Common Information Model*. DMTF. 18.04.23
<https://www.dmtf.org/standards/cim>
- DMTF. (2023c). *Configuration Management Database Federation*. DMTF. 18.04.23
<https://www.dmtf.org/standards/cmdbf>
- DMTF. (2023d). *Web-Based Enterprise Management*. DMTF. 18.04.23
<https://www.dmtf.org/standards/wbem>
- IETF. (2011). RFC6241 Network Configuration Protocol (NETCONF). In. RFC Editor, United States.
- IETF. (2017). RFC8040 RESTCONF Protocol. In. RFC Editor, United States.
- IETF. (2019). IETF Official Website. <https://www.ietf.org/>
- Martínez A., Yannuzzi M., López V., López D., Ramírez W., Serral-Gracià R., Masip-Bruin X., Maciejewski M., & J., A. (2014). Network Management Challenges and Trends in Multi-Layer and Multi-Vendor Settings for Carrier-Grade Networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(4), 2207 - 2230.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2327754>
- O'Brien J., & Rizk A. (2018). *What are Open APIs? Interview with TM Forum*. TM Forum.
<https://www.tmforum.org/oda/implementation/open-apis/>
- Rodríguez D., Anías C., & Gámez L. (2022). Sistema Integrado de Gestión de conmutadores LAN empleando el protocolo SNMP. *RIELAC*, 43, 1-14.
- TMForum. (2023a). *MTOSI*. 20.04.23 <https://www.tmforum.org/mtosi/>
- TMForum. (2023b). *TMF814 Multi-Technology Network Management (MTNM)*. 20.04.23
<https://www.tmforum.org/mtnm/>
- UIT-T. (2004). Recomendación UIT-T E.408 SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL SERVICIO Y FACTORES HUMANOS In *Requisitos de seguridad para las redes de telecomunicaciones* UIT.
- Yousefvand M., & Ayazi F. (2012). *An integrated functional architecture model for the Operations Support Systems: Using MTOSI-based standard APIs*