



Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos

Universidad Politécnica de Madrid



Proyecto de Tesis Doctoral

**Especificación de Modelos de Información de
Gestión de Red Integrada
Mediante el Uso de Ontologías y
Técnicas de Representación del Conocimiento**

Autor:

Jorge Enrique López de Vergara Méndez

Ingeniero de Telecomunicación

Director:

Víctor Abraham Villagrà González

Doctor Ingeniero de Telecomunicación

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ESTADO DEL ARTE	4
2.1	MODELOS DE GESTIÓN DE RED INTEGRADA	4
2.2	ESTUDIOS TEÓRICOS DEL PROBLEMA DE INTEGRACIÓN.....	6
2.3	SOLUCIONES DE INTEGRACIÓN ESTÁNDAR PROPUESTAS	9
2.3.1	<i>IIMC</i>	9
2.3.2	<i>DMI-SNMP</i>	10
2.3.3	<i>JIDM</i>	10
2.3.4	<i>Resumen de soluciones</i>	11
3	ENTORNO DE LA TESIS DOCTORAL.....	12
3.1	GESTIÓN BASADA EN WEB	12
3.2	ONTOLOGÍAS	17
3.3	CONCLUSIÓN	19
4	OBJETIVOS	20
5	PLAN DE DESARROLLO.....	23
6	MEDIOS.....	26
7	BIBLIOGRAFÍA	27

1 Introducción

La gestión de redes y servicios ha sido un campo en el que tradicionalmente se han impuesto soluciones y mecanismos propietarios de distintos fabricantes, que exigían que la gestión de sus equipos y servicios solo se pudiera realizar con el gestor del propio fabricante. Ante este escenario, a finales de los años 80 y principios de los 90 surgieron los denominados modelos de gestión de red integrada, que definían un protocolo y unos modelos de información de gestión estándares que rompían la propiedad en el acceso de gestión remota, permitiendo en teoría la interoperabilidad entre gestores y elementos gestionados de múltiples fabricantes. Debido a diversas razones, fueron dos los modelos propuestos: el de gestión de red de Internet (más conocido como SNMP) y el modelo de gestión de red de OSI (conocido también con el nombre de su protocolo: CMIP). Estos modelos son incompatibles entre sí, lo que ha hecho que al cabo de los años cada modelo tenga su ámbito de aplicación distinto: mientras que la gestión OSI se utiliza sobre todo para la gestión de equipos y servicios en redes de telecomunicación, la gestión Internet está más orientada a la gestión de equipos y servicios sobre redes de datos. No obstante, existen diversos entornos en los que ambos modelos deben coexistir con la problemática que ello conlleva.

Posteriormente han surgido otros modelos de gestión de red integrada, que tratan de utilizar otras tecnologías para la gestión de los equipos. El ejemplo más notable es el modelo WBEM (Gestión basada en Web) y su modelo de información asociado CIM, usado sobre todo en la gestión de sistemas y aplicaciones.

Ante la heterogeneidad de modelos de Gestión de Red integrada se hace necesario establecer mecanismos que posibiliten la interoperabilidad entre los distintos dominios implicados. Los estudios existentes dividen este trabajo básicamente en dos partes, que son el protocolo de comunicaciones y el modelo de información: si es posible definir un conjunto de reglas que traduzcan ambas partes, la interoperabilidad es posible. Sin embargo, un aspecto que todavía no tiene fácil solución se presenta cuando en dos dominios distintos de gestión se representa un mismo concepto de distinta manera: una traducción meramente sintáctica de un modelo origen no proporcionará el concepto existente en el modelo destino. Se hace por tanto necesaria una traducción semántica que haga corresponder directamente los conceptos de ambos dominios.

Esta tesis se enmarca en la interoperabilidad entre modelos de información, analizando los requisitos necesarios para llevar a cabo la traducción semántica. Para ello se utiliza la

disciplina de representación del conocimiento conocida como ontología, dado que proporciona las construcciones necesarias para añadir semántica a la información representada (ver Figura 1)

La aplicación de esta disciplina al campo de la gestión de redes y servicios permita afrontar una gestión realmente integrada de los diversos recursos que forman parte de un sistema en red, que normalmente pertenecen a distintos dominios de gestión: Conmutadores y encaminadores gestionados con SNMP, ordenadores administrados con DMI o servicios electrónicos accesibles con una interfaz CORBA se gestionarían de manera unificada desde un gestor con un único modelo de información.

Además, la capacidad declarativa que añaden las ontologías permite incluir definiciones de reglas que modelen el comportamiento del gestor, de forma añadida al modelo de información de gestión que se haya especificado. Con esto, se podría especificar de manera conjunta toda la información relativa a la gestión: la información definida para gestionar los distintos recursos junto con la información relativa al comportamiento de un gestor que quiera administrar dichos recursos.

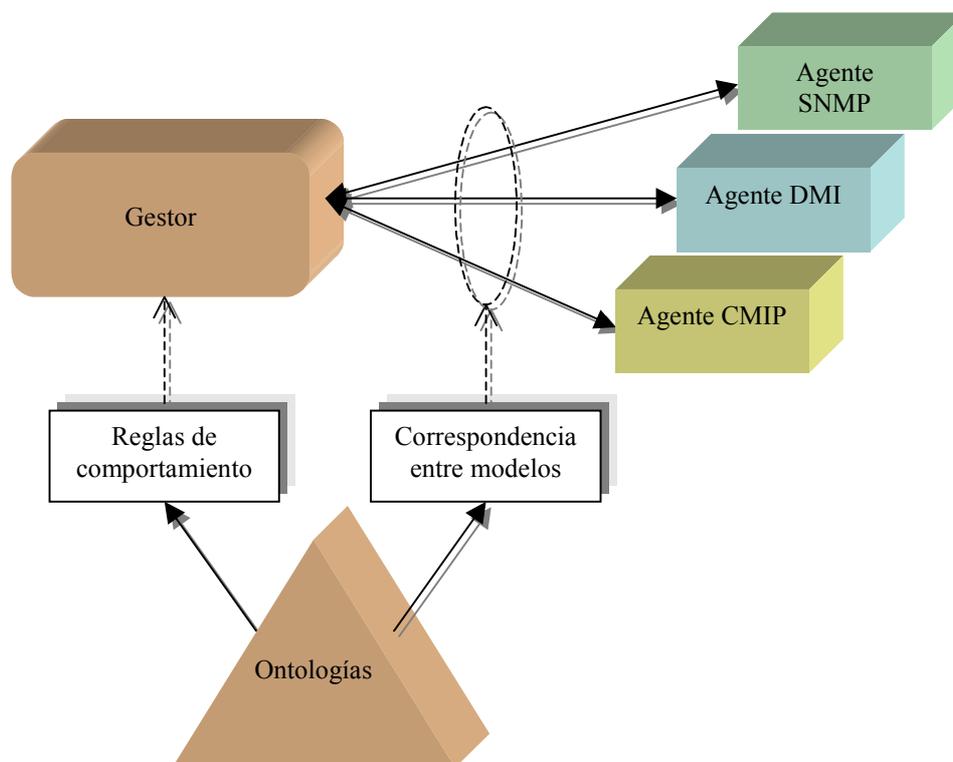


Figura 1. Finalidad de la tesis

Las siguientes secciones del documento se estructuran de la siguiente forma:

- ❑ A continuación, la sección 2 da una panorámica del estado actual del arte en lo que se refiere a los modelos de gestión de red integrada y las técnicas existentes para establecer mecanismos de interoperabilidad entre ellos.
- ❑ Tras esto, la sección 3 presentará el entorno de la tesis doctoral, en el que, por un lado, aparece la Gestión Basada en Web como solución parcial al problema de interoperabilidad al no resolver el problema de integrar la semántica de la información de gestión. Por otro lado, se presentan las ontologías y se proponen como medio que ayude a integrar la información de gestión definida desde un punto de vista semántico.
- ❑ Después, la sección 4 planteará el objetivo de la tesis doctoral, plasmado en un conjunto de subobjetivos.
- ❑ Estos objetivos se desarrollarán conforme a un plan de trabajo, que se expone en la sección 5.
- ❑ La sección 6 enumera los medios con los que se contará para la realización de la tesis doctoral.
- ❑ Finaliza este documento la sección 7, que incluye la bibliografía empleada en la redacción del mismo.

2 Estado del arte

Para comprender el problema que atañe a esta tesis doctoral, es necesario explicar el estado del arte actual en lo que se refiere a gestión de red y las distintas aproximaciones propuestas hasta la fecha para facilitar la interoperabilidad de los distintos modelos existentes. Esta sección pretende dar una visión sobre esta cuestión. Para esto, la siguiente sección presenta de manera resumida los distintos modelos de gestión de red integrada existentes, explicando sus incompatibilidades, pasando a continuación a exponer los estudios teóricos que se han realizado respecto al problema de la integración de estos modelos. Tras ello, se mostrarán las distintas soluciones que actualmente integran hasta cierto punto los distintos modelos presentados, relacionando todas finalmente en un resumen que enseña las distintas combinaciones que se pueden dar para que interoperen los distintos modelos de gestión.

2.1 Modelos de gestión de red integrada

La aparición en los años 90 de modelos de gestión de red integrada, tales como SNMP (Simple Network Management Protocol, Protocolo de Gestión de Red Simple) [Case99a], propuesto en Internet y OSI SM (Open Systems Interconnection - Systems Management, Interconexión de Sistemas Abiertos, Gestión de Sistemas) [ITUT92a], propuesto por ISO (International Standardization Organization, Organización de Normalización Internacional), posibilitó el acceso de manera uniforme a los recursos gestionados de una red de comunicaciones. Dichos modelos normalizaron el protocolo de comunicaciones, la estructura de la información de gestión y conjuntos de definiciones de dicha información de gestión.

Las distintas soluciones que han permitido en este tiempo una gestión integrada de recursos heterogéneos también han supuesto la paradoja de que no pueda existir realmente una gestión totalmente integrada: SNMP se utiliza ampliamente en el mundo Internet, mientras que OSI se ha aplicado en redes de operadoras de telecomunicación a través de TMN (Telecommunication Management Network, Red de Gestión de las Telecomunicaciones) [ITUT92c]. El problema de esta falta de interoperabilidad reside en que cada modelo de gestión utiliza su propio protocolo, su propia estructura de la información y sus propias definiciones de información:

- En el caso del protocolo, en Internet se emplea SNMP [Case99b], mientras que en OSI se utiliza CMIP (*Common Management Information Protocol*, Protocolo de Información de Gestión Común) [ISO90b] y CMIS (*Common Management*

Information Service, Servicio de Información de Gestión Común) [ISO90a]. El modelo de gestión de Internet optó por un protocolo simple que basa su funcionamiento en un gestor centralizado, mientras que OSI-SM utilizó un protocolo potente que balanceaba la carga de la gestión entre gestor y agentes.

- ❑ En lo que se refiere a la estructura de la información, en Internet se ha definido SMI (Structure of Management Information, Estructura de la Información de Gestión) [McCloghrie99a, McCloghrie99b, McCloghrie99c], mientras que OSI definió GDMO (Guidelines for the Definition of Managed Objects, Guía para la Definición de Objetos Gestionados) [ITUT92b]. De nuevo en este caso hay grandes diferencias, puesto que SMI define estructuras de datos muy simples (variables y tablas) mientras que GDMO es un modelo orientado a objetos con gran capacidad expresiva. Actualmente se está estudiando una nueva versión de SMI llamada SMIng (SMI Next Generation, la Siguiete Generación de SMI) [Schönwälder99] que permita definir más claramente las relaciones existentes entre conceptos definidos en SMI [Schönwälder01]. En cualquier caso, SMIng no llega a ser un modelo con tanta capacidad expresiva como GDMO.
- ❑ La definición de la información en ambos modelos, partiendo de que se han definido mediante dos lenguajes distintos (SMI y GDMO) con distinta capacidad expresiva, también es diferente. Además, cada modelo ha definido su información de manera totalmente independiente al otro. Por ejemplo, en Internet se ha definido un conjunto de información estándar conocido como la MIB-II (Management Information Base II, Base de Información de Gestión II) [McCloghrie91]. TMN, por su parte, definió en la recomendación M.3100 [ITUT95] un modelo genérico de información de red.

Para añadir mayor complejidad a este escenario, la gestión de equipos de sobremesa, tales como ordenadores personales (PCs), ha sido llevada a cabo por otro modelo, DMI (*Desktop Management Interface*, Interfaz de Gestión de Equipos de Sobremesa) [DMTF98], independiente de los anteriores, y de nuevo con su propio protocolo, estructura de la información (MIF, *Managed Information Format*, Formato de la Información Gestionada) y definición de la misma.

Además, la utilización de CORBA (Common Object Request Broker Architecture, Arquitectura Común de un Intermediario de Peticiones de Objetos) [OMG01a] como aplicación de una tecnología de procesamiento distribuido a la gestión de red ha permitido

flexibilizar el acceso a los recursos, pero a la vez ha añadido más complejidad a la gestión integrada [Asensio00, Valera01, Villagr a02], sumando un nuevo protocolo de acceso (IIOP, Internet Inter-ORB Protocol, Protocolo Inter ORB para Internet) [OMG01c] y estructura de definición de la información de gestión (IDL, Interface Definition Language, Lenguaje de Defini n de Interfaces) [OMG01b] a los ya existentes.

2.2 Estudios teóricos del problema de integración

El problema de la interoperabilidad se ha tratado de solventar a medida que han ido encontrando los problemas creados por la existencia de las distintas alternativas.

El primer estudio teórico a este respecto se puede ver en [Kalyanasundaram94]. En él se trata de ser lo más genérico posible, aunque el enfoque que posee va orientado hacia la interoperabilidad entre OSI y SNMP, puesto que éste era el problema existente cuando se escribió el artículo. Así, las soluciones que propone tienen una experimentación previa en este sentido [Kalyanasundaram93]. El estudio enumera distintas cuestiones que afectan a la interoperabilidad (modelo de información, protocolo, transparencia en el paso de un dominio al otro), proponiéndose distintos esquemas de interoperabilidad, expuestos más abajo (ver Figura 2), estudiando además la relación con las cuestiones anteriores. Los esquemas de interoperabilidad pueden consistir en:

- ❑ Usar gestores con varias pilas de protocolos, una por cada dominio de gestión, incrementando la complejidad y tamaño de los gestores.
- ❑ Usar varios agentes para un mismo recurso, una por cada dominio de gestión, o un mismo agente con varias pilas de protocolos. Al igual que antes, se incrementa la complejidad y tamaño de los agentes que hay en la red, con el problema añadido de que el número de agentes es muy superior al de gestores, complicando su despliegue en los recursos.
- ❑ Usar entidades que medien entre gestores y agentes de distintos dominios. Estas entidades pueden ser de dos tipos: *Proxies* o Delegados, y Pasarelas de Aplicación. Los primeros simplemente repiten las peticiones de un lado al otro con las traducciones pertinentes. Las segundas son *proxies* especializados que proporcionan servicios y correspondencias, además de la traducción de protocolos. Estas entidades mediadoras tienen como inconveniente que deben realizar tareas complejas para

interoperar entre distintos dominios, pero tiene la ventaja de que la introducción de un nuevo dominio de gestión no afecta a la infraestructura ya desplegada.

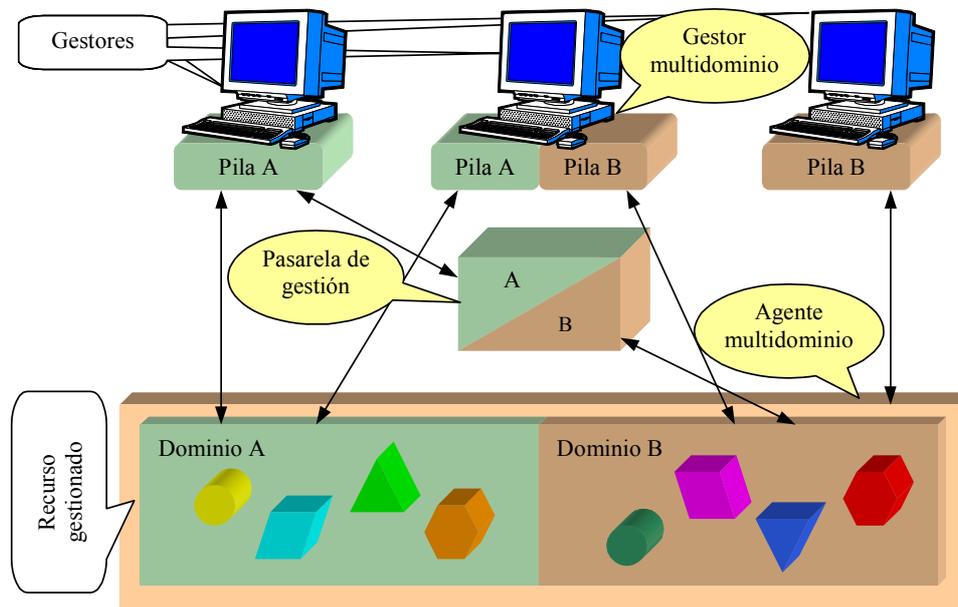


Figura 2. Esquemas de interoperabilidad

En [Rivière98] se parte del estudio anterior y se profundiza en las posibles integraciones de modelos de información, separándolas en tres aspectos que se derivan del análisis del problema según puntos de vista diferentes:

- Filosofía: Según el nivel de abstracción al que se realice la traducción se llevará a cabo una integración distinta. La Figura 3 ilustra este aspecto.
 - Traducción técnica: Las meta-construcciones de un dominio origen se describen usando las meta-construcciones del dominio destino. Es decir, se define un modelo en el dominio destino en el que se pueda ejemplarizar el modelo de información del dominio origen concepto a concepto.
 - Traducción mediante reescritura (*recast*): Se define una correspondencia entre las meta-construcciones de ambos dominios, traduciendo el modelo de información del dominio origen al destino utilizando dicha correspondencia. A esta traducción se le podría denominar traducción sintáctica, pues traduce de un lenguaje de especificación a otro siguiendo las normas sintácticas de cada uno.
 - Traducción de dominio: Realiza una correspondencia entre el contenido de los modelos origen y destino. Esta traducción es posible cuando ambos modelos

representan entidades idénticas en distintos dominios. Frente a la traducción mediante reescritura, la traducción aquí se realiza en el nivel semántico, traduciéndose los conceptos según su significado y no en función de cómo están escritos.

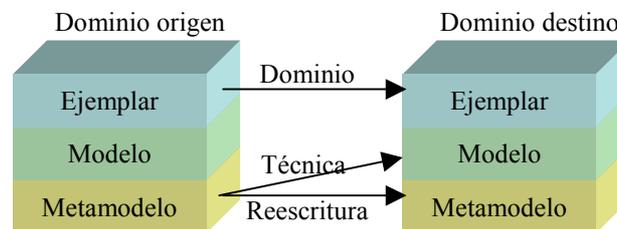


Figura 3. Traducciones según filosofía

- ❑ Principio: Según el grado de heterogeneidad entre los modelos de información, la traducción puede ser:
 - Directa: Si se puede realizar mediante un conjunto de reglas de correspondencia entre los modelos origen y destino.
 - Abstracta: Si para realizar la traducción hay que añadir o quitar información de manera manual.
- ❑ Modo: Según el tipo de información empleado para posibilitar la interoperabilidad:
 - Estático: para conseguir interoperabilidad sólo se utiliza la información de gestión definida.
 - Dinámico: además de la información se tienen en cuenta cuestiones tales como la identificación de los ejemplares de la información gestionada.

La ITU ha presentado con TMN una recomendación que formaliza de cierta manera los problemas de interoperabilidad. En [ITUT92c] se expone la funcionalidad de adaptación a interfaces Q, en la que se trata de adaptar una interfaz de gestión no normalizada Qx (que posee el recurso a gestionar) a otra normalizada Q3 (que utiliza la entidad gestora).

TMN además define una arquitectura de información que indica qué elementos debe poseer un modelo de información de gestión, definiendo que para que distintos sistemas de gestión interoperen deben compartir una visión común de: protocolo de intercambio, funciones de gestión, seguridad, información de gestión, ejemplares de información y nombrado de los mismos.

En resumen, la interoperabilidad se puede conseguir teóricamente de varias maneras que consistirán básicamente en la forma en que se defina el intercambio y la definición de la información, si bien con cada una de ellas el grado de interoperabilidad final será mayor o menor.

2.3 Soluciones de integración estándar propuestas

2.3.1 IIMC

En lo que se refiere a soluciones propuestas por organismos de estandarización, el primer trabajo que trató estos problemas fue llevado a cabo por el grupo de trabajo conocido como IIMC (*ISO-Internet Management Coexistence*, Coexistencia de la Gestión ISO e Internet) [Open92], formado por las principales organizaciones del mundo de la gestión (IETF, y lo que ahora son el Open Group y Tele Management Forum).

Dicho grupo generó varios documentos que trataban diversas cuestiones:

- ❑ IIMCIMIBTRANS [NMF93a]: *Translation of Internet MIBs to ISO/CCITT GDMO MIBs*, que trataba las reglas que permitieran traducir la sintaxis de una MIB de Internet en una MIB escrita en GDMO.
- ❑ IIMCOMIBTRANS [NMF93e]: *Translation of ISO/CCITT GDMO MIBs to Internet MIBs*, que trataba las reglas que permitieran traducir en lo posible (es posible que no se pueda en algunos casos) una MIB escrita en GDMO a otra en SMI.
- ❑ IIMCMIB-II [NMF93d]: *Translation of Internet MIB-II (RFC 1213) to ISO/CCITT GDMO MIB*, que especificaba cómo quedaría escrita en GDMO la MIB-II de Internet tras emplear las reglas de traducción antes comentadas.
- ❑ IIMCPROXY [NMF93c]: *ISO/CCITT to Internet Management Proxy*, que define cómo debe ser un agente intermedio que actúe de pasarela y traduzca peticiones GDMO a un agente SNMP. Cabe decir que el inverso (una pasarela de SNMP a GDMO) no se ha definido, puesto que la complejidad inherente a un agente GDMO no es abordable desde SNMP.
- ❑ IIMCSEC [NMF93b]: *ISO/CCITT to Internet Management Security*, que define cómo se deben abordar las cuestiones referentes a la seguridad entre ambos modelos. Este documento es actualmente obsoleto, puesto que trata con el modelo de seguridad de la

primera versión de SNMP, y a partir de SNMPv3 el modelo de seguridad de gestión en Internet se ha reformado y mejorado.

La propuesta de IIMC permitía, en definitiva, llevar a cabo la gestión de dominios SNMP y CMIP desde un mismo gestor CMIP, usando una pasarela en el caso de acceder al dominio SNMP. Sin embargo, los agentes finales seguirían utilizando su propio modelo de información de gestión, con lo que el gestor debería manejar ambos modelos de manera separada, incluso en el caso en el que los conceptos que se trataran fueran similares.

2.3.2 DMI-SNMP

La especificación de DMI se hizo partiendo de la existencia de otros dominios de gestión, y se definió ya desde su principio un agente SNMP con una MIB especial que permitía realizar peticiones a un dominio DMI desde un gestor SNMP [DMTF97]. La solución empleada en este caso difiere bastante de la anterior, puesto que en vez de traducirse la información de formato y establecer un conjunto de reglas para traducir las operaciones entre ambos dominios, el gestor debe conocer esta información en su formato original DMI y a partir de la misma, rellenar en el agente-pasarela una tabla de traducción para obtener la información adecuada. Es lo que según [Rivière98] sería una traducción técnica.

2.3.3 JIDM

En lo que se refiere a CORBA, el OMG (*Object Management Group*) junto con el Open Group crearon el grupo de trabajo JIDM (*Joint Inter-Domain Management*, Gestión Inter-Dominio Unificada) [Open00]. Este grupo partió de los trabajos de IIMC y empleó una metodología similar para abordar el problema de interoperabilidad entre CORBA, SNMP y CMIP. Para ello definieron dos tipos de traducciones:

- ❑ *Specification Translation* o traducción de especificaciones: Ésta detalla la traducción entre la estructura de la información de gestión y la definición de interfaces de los objetos CORBA. Esto se hace a dos niveles: El primer nivel se refiere a la traducción entre tipos de datos ASN.1 e IDL. El segundo nivel, no menos importante trata la traducción mutua de especificaciones GDMO e IDL y la traducción de SMI a IDL. No se especifica la traducción de IDL a SMI puesto que la complejidad de IDL no sería abordable por SMI en la mayoría de los casos.
- ❑ *Interaction Translation* o traducción de interacciones: Aquí se aborda la traducción de operaciones entre CORBA y los dominios de gestión. Para ello se define un conjunto

de servicios que permitan conocer la referencia a la información entre los distintos dominios y poder de esta manera acceder a ella. Estos servicios permitirían el desarrollo de pasarelas que se encargaran de este trabajo.

2.3.4 Resumen de soluciones

En suma, el panorama que se presentaba a finales de los noventa en el mundo de la gestión podría tener cierto parecido con el que se muestra en la Figura 4:

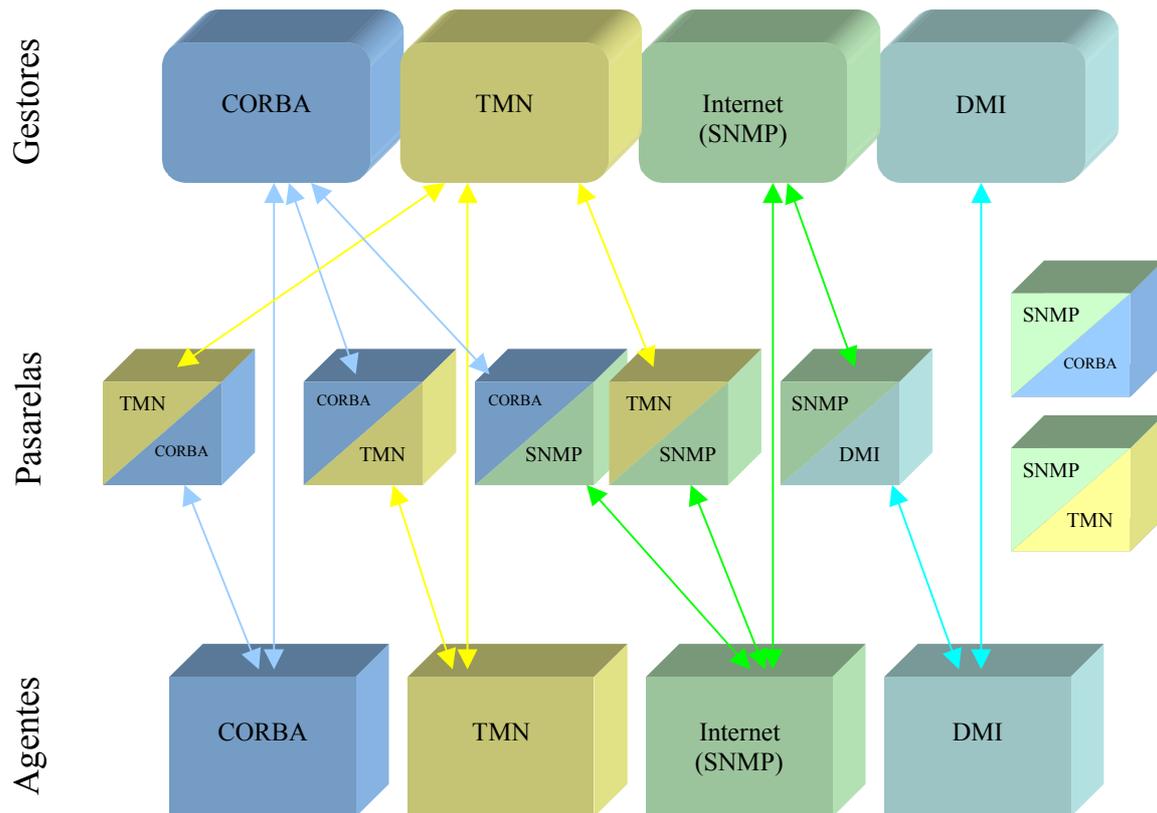


Figura 4. Pasarelas definidas para interoperar entre distintos dominios de gestión

Si se ha optado por la solución basada en pasarelas, desde un gestor CORBA se puede acceder a agentes CORBA, con información definida en IDL y agentes TMN y SNMP con información definida en GDMO y SMI respectivamente. El caso de un gestor TMN es bastante similar, pudiéndose gestionar agentes TMN, con información definida en GDMO, y agentes CORBA y SNMP con información definida en IDL y SMI respectivamente. El caso de SNMP es bastante distinto, puesto que en este caso el acceso a otros dominios no SNMP está restringido: El acceso a agentes CORBA es posible si la información se ha definido en SMI y traducido a IDL [Asensio99]. Otro tanto ocurre en el caso de TMN. En DMI, el acceso es posible, pero mediante un mecanismo de traducción diferente, basado en una MIB SMI de acceso a información MIF.

3 Entorno de la tesis doctoral

Una vez se ha dado una visión del estado del arte, es conveniente entender el entorno en el que se desarrollará la tesis doctoral. Así, la siguiente sección presenta la Gestión Basada en Web como la última solución propuesta al problema de la interoperabilidad de los distintos modelos de gestión integrada. De la misma manera, se verá que si bien esta solución solventa algunos problemas, deja sin resolver otros como el de la traducción de la semántica de la información. Tras ello, se presentan las ontologías, que se proponen como medio que ayude a integrar la información de gestión definida desde un punto de vista semántico. Finalmente, se plantean unas conclusiones de las que parten los objetivos planteados en la tesis.

3.1 Gestión Basada en Web

Las distintas soluciones existentes para solventar los problemas de interoperabilidad han permitido llevar a cabo una gestión parcialmente integrada de distintos recursos, pero sin conseguir una integración total de los recursos a gestionar en un sistema en red. Quedan varios problemas por resolver, puesto que tanto el método de acceso como la información manejada por el gestor siguen siendo dependientes del dominio en que se encuentre el recurso gestionado. Sería deseable llegar a una solución similar a la de la Figura 5, en que las aplicaciones de gestión, mediante un modelo de información único y a través de una única interfaz se pudiera comunicar con los distintos recursos de una empresa, que habitualmente se gestionarán según su naturaleza: Los elementos y servicios de telecomunicación, mediante CMIP; los dispositivos de redes de datos, usando SNMP; los ordenadores de trabajo, con DMI; y otros recursos, como servidores de aplicaciones, con interfaces CORBA. Un escenario parecido es el que propuso el DMTF al definir la arquitectura WBEM (*Web-Based Enterprise Management*, Gestión Basada en Web de los recursos de una Empresa) [DMTF00].

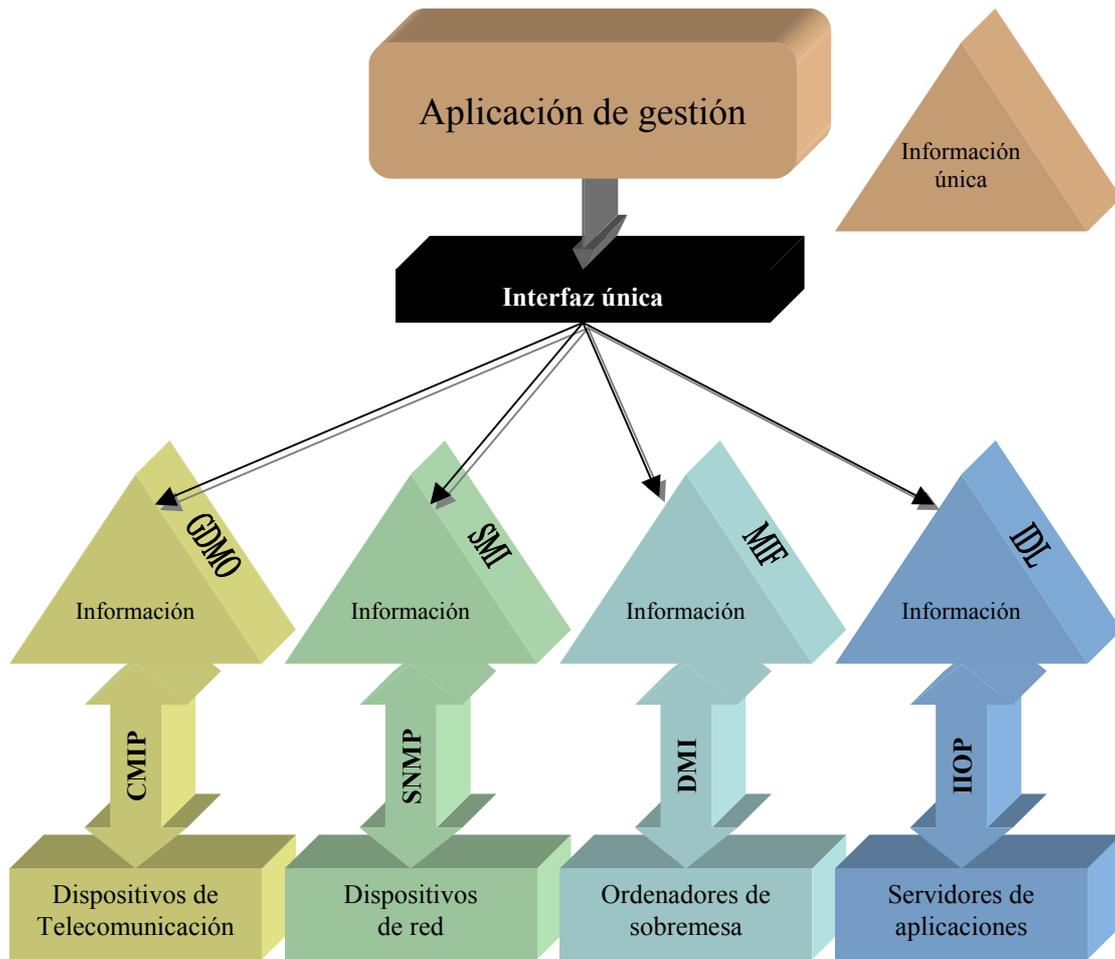


Figura 5. Gestión integrada de distintos dominios

La llegada de WBEM al escenario de la gestión se ha presentado como un nuevo modelo de gestión integradora de los modelos existentes para permitir la ansiada gestión integrada de todos los recursos de la red de una corporación.

La arquitectura de WBEM [Hegering99] se ilustra en la Figura 6. Dicha arquitectura es un modelo de varios niveles que siguen el patrón arquitectónico de Gestión Web presentado en [LópezDeVergara01]. Estos son de arriba a abajo según la figura:

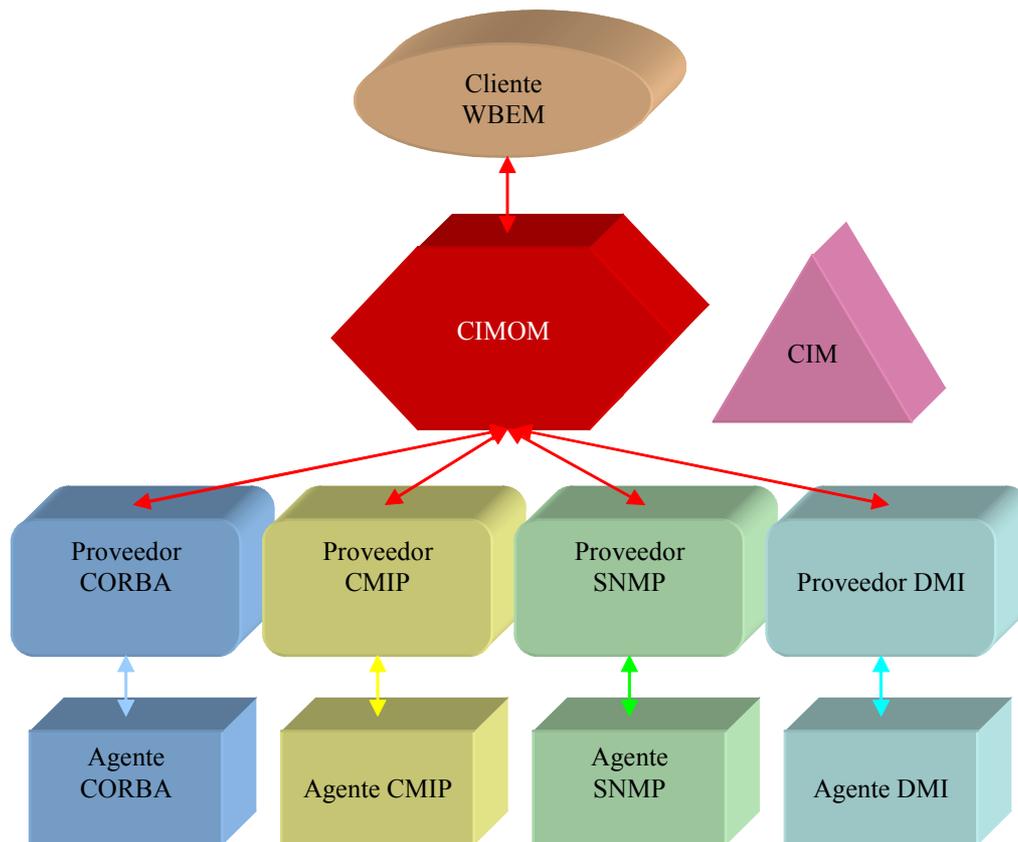


Figura 6. Arquitectura de WBEM

1. Un cliente WBEM. Dicho cliente será la interfaz de usuario del operador del sistema gestionado. Se comunica con el siguiente nivel empleando HTTP (*Hyper-Text Transfer Protocol*, Protocolo de Transferencia de Hipertexto) [Fielding99] como protocolo y XML (*eXtensible Mark-up Language*, Lenguaje de Marcas Extensible) [W3C00] como método para la codificación de la información. El empleo de estas tecnologías, habituales para los servicios basados en Web, permiten reutilizar herramientas ya existentes y dan el nombre a esta arquitectura.
2. Un CIMOM (*CIM Object Manager*, Gestor de Objetos CIM), elemento nuclear de la arquitectura. Este gestor de objetos maneja un modelo de información independiente de los dominios de gestión llamado CIM (*Common Information Model*, Modelo de Información Común), orientado a objetos y representable en XML.
3. Un conjunto de proveedores, pasarelas entre el CIMOM y los agentes de los distintos dominios de gestión. Estos proveedores deberán ser capaces de interactuar con el CIMOM, utilizando HTTP y XML, y con cada agente, usando el protocolo (IIOP, CMIP, SNMP, DMI...) para acceder a cada agente.

4. Un conjunto de agentes que se encuentren en los recursos gestionados. Interactuarán con los proveedores empleando el protocolo asociado a su dominio de gestión.

La arquitectura presentada, por tanto, se basa en tres pilares:

- ❑ Protocolo: utiliza HTTP, adaptado con ciertas cabeceras para permitir el intercambio de la información de gestión. [DMTF99c]
- ❑ Estructura de la información: se utiliza CIM-XML [DMTF99b], que es un lenguaje definido a partir de XML para codificar la información CIM.
- ❑ Modelo de información: CIM [DMTF99a], que trata de modelar la información de todos los dominios.

CIM a su vez se estructura de la siguiente manera:

- ❑ Metaesquema: es un metamodelo similar a un subconjunto del de UML (*Unified Modelling Language*, Lenguaje de Modelado Unificado). Define las construcciones básicas de CIM: Clase, Propiedades, Métodos, Calificadores, Esquemas... siendo lo suficientemente expresivo para permitir traducciones sintácticas entre CIM y los otros modelos de información. El conjunto de construcciones se puede escribir textualmente en un formato que se conoce como MOF (*Managed Object Format*, Formato de Objetos Gestionados).
- ❑ Modelo nuclear: a partir del metaesquema se pueden crear esquemas. El modelo nuclear o *core model* es un esquema que define los conceptos básicos comunes a cualquier dominio: Elemento Gestionado, Sistema, Servicio, Dispositivo, Elemento Físico...
- ❑ Modelos comunes: partiendo del modelo nuclear se definen esquemas de un dominio particular. Estos esquemas pueden ser de Sistema, Red, Dispositivos, Aplicaciones...
- ❑ Esquemas de extensión: finalmente, a partir de un modelo común se puede crear un esquema específico para un caso concreto. Los esquemas de extensión se suelen definir por los fabricantes.

WBEM usa un protocolo, una sintaxis y un modelo de información que son neutros e independientes de los ya vistos. La principal ventaja de esta neutralidad es que no hace depender esta solución de otras previas que no fueron capaces de resolver el problema. El inconveniente es añadir más complejidad de protocolos, estructuras y modelos de información.

Tras la presentación de WBEM, surge la cuestión de si este nuevo marco es capaz de cumplir el objetivo de una integración real de la gestión. Si esto fuera así, debería ser posible integrar el método para intercambiar los datos o protocolo, la estructura de los datos y el modelo de información, tal y como se ha visto en los casos anteriores.

WBEM realiza la integración de protocolos a través de proveedores. Cada proveedor se comporta como una pasarela entre un protocolo independiente, HTTP/XML [DMTF99c], y los protocolos de gestión. En este caso, usar pasarelas está justificado, puesto que la complejidad de traducción entre muchos protocolos es mucho mayor que entre uno neutro y el resto. El conjunto de operaciones posibles de WBEM, sobre datos, metadatos, y consultas es lo suficientemente completo como para acceder a cualquier dominio de gestión, entendiéndose que mediante esta arquitectura se puede cumplir esta integración de protocolos.

En lo que se refiere a integración de estructura de datos, hay que resolver primero la correspondencia entre tipos de datos. Se puede establecer una correspondencia con los tipos de datos existentes en MOF y los existentes en ASN.1 e IDL sin muchos problemas. Tras esto, es necesario realizar una integración del modelo de información. Para este caso hay que pensar que el gestor siempre utilizará el modelo de CIM, con lo que la información que se defina a partir de ahora para cualquier dominio se debe definir previamente en CIM, cuestión que puede suponer problemas en los casos de SNMP y DMI. Sin embargo, en general se partirá de agentes con información ya definida y que se traduzca de SMI [Microsoft01], GDMO [Festor99] o IDL [Pablos01] a CIM. En definitiva, CIM y WBEM consiguen una integración sintáctica, al igual que ocurría en IIMC y JIDM.

El problema de esta integración sintáctica es que no incluye las características semánticas de la información: Distintos dominios de gestión pueden poseer en su información a gestionar conceptos que se solapen. Lo ideal sería que estos conceptos estuvieran reflejados en conceptos de CIM, como ocurre en algunos casos en que están anotados mediante un calificador que indica dicha relación. En [Schott02] se ha trabajado para conseguir una correspondencia entre términos de MIBs en SMI con otros en el modelo de CIM. Sin embargo, como también se comenta en [MartinFlatin01], CIM entra en detalles que llegan a niveles de implementación de los agentes, cuestión que también ocurre en otros dominios de gestión, no siendo un modelo apto para que un gestor pueda realizar una gestión a otro nivel de abstracción.

Por otro lado, ninguno de los modelos de información de gestión integra las reglas que gobiernan el comportamiento de un gestor inteligente que sea capaz de responder a consultas. Para ello se utiliza normalmente otro lenguaje de tipo declarativo como pueda ser Prolog u otro parecido [Benech99], definiendo estas reglas de manera independiente a la información de gestión.

3.2 Ontologías

Por todo lo expuesto, y si bien la arquitectura propuesta por WBEM puede ser una arquitectura de integración válida, adolece de problemas para una integración en el ámbito de la semántica, cuestión ésta que en el mundo de la gestión del conocimiento e inteligencia artificial se está resolviendo mediante el uso de ontologías [Fernández01], que últimamente han ganado relevancia con la aparición de la Web Semántica [BernersLee01]. La aplicación de estas técnicas de representación del conocimiento podría ayudar a integrar la información de gestión definida.

Para comprender cómo se pueden aplicar las ontologías al campo de estudio de la integración de información de distintos dominios de gestión es necesario explicar previamente en qué consisten las ontologías. Su definición es algo difusa, puesto que los expertos en el tema no han acordado una definición conjunta y existen hasta quince definiciones, que sin embargo, son complementarias.

Una ontología se puede definir en general como una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida [Studer98]. Esta definición se puede entender de la siguiente manera:

- Es explícita porque define los conceptos, propiedades, relaciones, funciones, axiomas y restricciones que la componen.
- Es formal porque es interpretable por máquinas.
- Es una conceptualización porque es un modelo abstracto y vista simplificada de fenómenos del dominio que se quiere representar.
- Finalmente, es compartida porque la información ha sido consensuada previamente entre distintos grupos de expertos.

De forma breve, se puede decir que una ontología es la definición de un conjunto de conceptos, su taxonomía, interrelación y las reglas que gobiernan dichos conceptos.

Se puede hacer una clasificación de ontologías en ligeras y pesadas. Las primeras son aquellas que son capaces de modelar la información referida a un dominio, pero que no incluyen axiomas ni restricciones, por lo que razonar con ellas será una cuestión más complicada. Las ontologías pesadas incluyen todos los elementos que permiten utilizarlas para realizar inferencias sobre el conocimiento que contienen.

De esta forma, los modelos de información de gestión existentes se podrían entender como ontologías ligeras: Modelos como CIM definen la información del dominio de la gestión de manera formal y consensuada por grupos de trabajo. Sin embargo, no incorporan las construcciones que permiten inferir conocimiento basándose en el ya existente, por lo que carecen de la semántica que poseen las ontologías pesadas.

Así, es también posible realizar cierta correspondencia entre la arquitectura de información de las ontologías y de CIM, según se muestra en la Figura 7. Las ontologías normalmente hacen uso de otras ontologías para su definición, siguiendo una estructura piramidal, en la que en la base de la pirámide están las ontologías más generales y por tanto más reutilizables, y en la cúspide, las más específicas y usables y por tanto, menos reutilizables [Gómez99]. En CIM se ha dispuesto una estructura similar en la que únicamente falta el nivel de una ontología general común. Así mismo, CIM carece de las ontologías de tareas, que permiten manejar ese conocimiento mediante métodos de resolución de problemas.

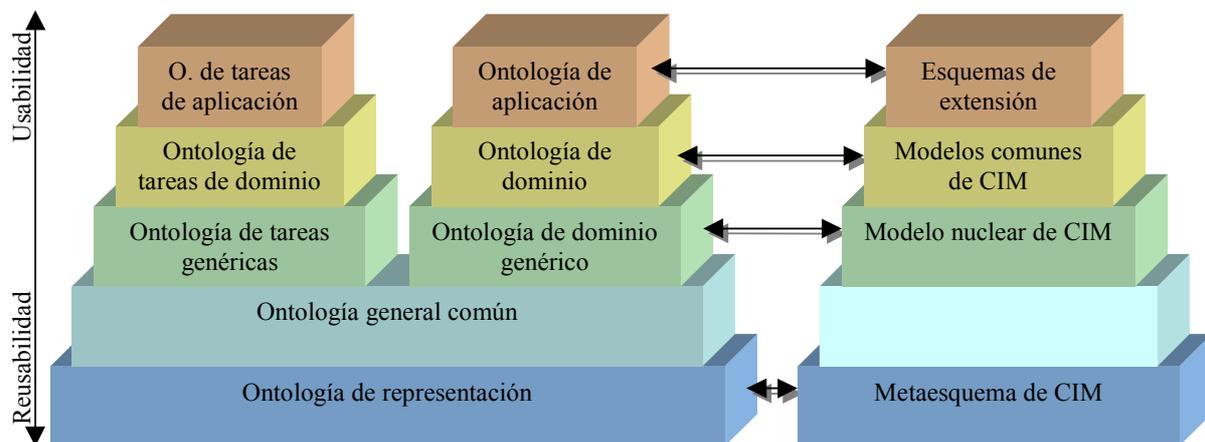


Figura 7. Correspondencia entre la arquitectura de CIM y la arquitectura de ontologías

Otra cuestión que conviene resaltar es que las ontologías se pueden aplicar no sólo para definir información, sino que aquellas que usan lógicas de primer orden o lógicas descriptivas añaden potencia expresiva y de razonamiento. Un sistema de gestión que posea un motor de inferencias, como en [Benech99], podría utilizar una misma ontología para definir toda la

información gestionada, así como para definir sus reglas de comportamiento, todo de manera unificada.

3.3 Conclusión

Los modelos de información utilizados en la gestión son altamente dependientes del protocolo de transporte y de la tecnología. Sería conveniente por tanto que, para lograr una gestión realmente integrada, se definiera la información a un nivel al cual esta tecnología no importara. Y también que se pudiera definir con distintos grados de abstracción, de forma que cuanto más abstracto, más reutilizable, aunque más lejos de los modelos de información de gestión reales. Emplear ontologías para la definición y gestión de la información puede suponer las siguientes ventajas:

- ❑ Se pueden establecer correspondencias semánticas entre los conceptos definidos, en vez de las correspondencias sintácticas que hay actualmente entre las construcciones de esos conceptos. Esto permite traducir modelos de información a un nivel semántico [Noy00, Stumme01].
- ❑ Se pueden crear nuevos conceptos que engloben otros más pequeños [Fensel00], posibilitando a un gestor manejar información a un nivel de abstracción mayor, sin tener que llegar a detalles de implementación.
- ❑ Se aporta expresividad declarativa que puede añadir capacidad de razonamiento a los sistemas gestores.

Esta tecnología permite aportar aquellos aspectos semánticos que hasta ahora le había faltado a las distintas soluciones de interoperabilidad entre dominios de gestión. La aplicación de esta tecnología va a permitir realizar una gestión realmente integrada de los diversos recursos que posee una empresa, utilizando un modelo de información que realmente se corresponda con los distintos modelos de los dominios de cada recurso.

4 Objetivos

Ante la heterogeneidad de modelos de Gestión de Red Integrada (SNMP, OSI, DMI, WBEM), y teniendo en cuenta que es muy probable el hecho de que en un mismo dominio de gestión se necesite aplicar múltiples modelos simultáneamente, ha sido necesario tradicionalmente establecer mecanismos que posibiliten la interoperabilidad entre los distintos dominios implicados, siendo ésta posible si se consigue definir un conjunto de reglas que traduzcan el protocolo de comunicaciones y modelo de información de gestión. Sin embargo, un aspecto que todavía no tiene fácil solución se presenta cuando en dos dominios distintos de gestión se representa un mismo concepto de distinta manera: una traducción meramente sintáctica del modelo de información de gestión origen no proporciona el concepto existente en el modelo destino. Se hace por tanto necesaria una traducción semántica que haga corresponder directamente los conceptos de ambos dominios.

En este contexto, se plantea el objetivo general: Proponer soluciones que permitan mejorar la interoperabilidad en lo que se refiere a los modelos de información de gestión, analizando los requisitos necesarios para llevar a cabo la traducción semántica. Para ello, la técnica de representación del conocimiento conocida como ontología es una de las respuestas más adecuadas a este problema, dado que proporciona las construcciones necesarias para añadir semántica a la información representada.

La aplicación de esta tecnología al campo de la gestión de red puede ser la clave que permita realizar una gestión realmente integrada e inteligente de los diversos recursos que posee una empresa, que normalmente pertenecen a distintos dominios de gestión: Conmutadores y encaminadores gestionados con SNMP, ordenadores con DMI o servicios de comercio electrónico accesibles con una interfaz CORBA se gestionarían de manera unificada desde un gestor con un único modelo de información.

Además, el empleo de ontologías puede permitir la definición de reglas que especifiquen el comportamiento del gestor, de forma añadida al modelo de información de gestión, definiendo así toda la información relativa a la gestión de manera unificada.

Con objeto de alcanzar el objetivo general, este trabajo de tesis doctoral incluye los siguientes objetivos concretos:

1. **Análisis y comparación de la expresividad semántica de los modelos actuales de información de gestión:** El primer objetivo a alcanzar debe ser el estudio de la

expresividad semántica que proporcionan los distintos lenguajes de información de gestión. Par ello, se utilizarán los términos habitualmente empleados en las ontologías. Esto permitirá establecer la capacidad semántica que posee cada uno de ellos, y así facilitar los mecanismos de integración que se deban realizar.

2. **Análisis de lenguajes de ontologías para la especificación de información de gestión:** Una vez realizado el análisis previo, será necesario definir las características de un lenguaje que incluya la capacidad semántica para adaptarse a la especificación de información de gestión. Para ello se puede optar por utilizar algún lenguaje de ontologías, o bien un lenguaje de gestión de red, adaptándolo para que la expresividad semántica que posea sea similar a la de dichos lenguajes de ontologías.
3. **Análisis de lenguajes de especificación de comportamiento desde el punto de vista de su inclusión en las definiciones ontológicas:** A la vez que se estudia el lenguaje para especificar la información de gestión en términos de ontologías, es necesario estudiar las capacidades de dicho lenguaje para definir comportamiento.
4. **Diseño y propuesta de mecanismos de integración semántica de modelos de información:** Así mismo, y conectando con los otros tres objetivos, se deberán establecer los mecanismos que posibiliten la integración semántica entre los distintos modelos de información de gestión existentes, permitiendo la fusión de modelos pertenecientes a distintos dominios de gestión, y estableciendo de manera unívoca las correspondencias necesarias para que un sistema de gestión pueda obtener la información de dichos dominios a partir del modelo fusionado. El resultado de esta propuesta consistiría en la obtención, por un lado, de una ontología de gestión fruto de la fusión de la información de gestión existente, y por otro lado, de una ontología de correspondencia para realizar las traducciones semánticas entre la ontología global y la información de cada dominio de gestión.
5. **Diseño y propuesta de la arquitectura de un gestor de red basado en ontologías:** Por último, y siguiendo con un modelo semántico basado en ontologías, es necesario definir la arquitectura que debe poseer un gestor basado en ontologías, que maneje las ontologías de gestión y sea capaz de actuar basándose en el comportamiento definido en las mismas. Esta arquitectura debe ser capaz de utilizar las ontologías obtenidas en el punto anterior, de forma que trabaje con la ontología producto de la fusión de la información de gestión existente, que además contendrá información adicional

relacionada con el comportamiento, y a la vez, sea capaz de utilizar la ontología de correspondencia para obtener la información necesaria de los distintos dominios de gestión implicados.

5 Plan de desarrollo

Los objetivos generales del presente proyecto se pueden englobar en cinco líneas claras:

1. Análisis y comparación de la expresividad semántica de los modelos actuales de información de gestión.
2. Análisis de lenguajes de ontologías para la especificación de información de gestión.
3. Análisis de lenguajes de especificación de comportamiento desde el punto de vista de su inclusión en las definiciones ontológicas.
4. Diseño y propuesta de mecanismos de integración semántica de modelos de información.
5. Diseño y propuesta de la arquitectura de un gestor de red basado en ontologías.

Estas líneas de actuación marcan la estructura de la metodología a seguir, de manera que se puedan dedicar cinco grandes tareas a la consecución de estos objetivos. Existe otra tarea inicial, encaminada al estudio en mayor profundidad de los modelos de información de gestión y de las ontologías, enfocándose en los aspectos de interoperabilidad. También, para entender los escenarios de aplicación habrá que proponer un caso de estudio y aplicar las distintas contribuciones fruto de este trabajo. Deberá finalmente existir una tarea final para redactar la tesis doctoral. En definitiva, las tareas que componen el plan de trabajo son:

1. **Estudio del estado del arte:** La realización de las diferentes tareas en que se descompone la tesis requiere como fase inicial profundizar en los conceptos con los que se va a trabajar. Como consecuencia, dentro de esta tarea se deberán realizar las siguientes actividades:
 - I. Profundizar en el estudio de los modelos de información de gestión existentes, enfocándose en el nivel de expresividad semántica que puede aportar cada uno de los existentes.
 - II. Profundizar en el estudio de las ontologías, enfocándose en los aspectos de interoperabilidad entre las mismas, incluyendo esto las técnicas de fusión (*merging*) y correspondencia (*mapping*), la traducción de conceptos entre distintos lenguajes de definición de ontologías, así como la expresividad declarativa de una ontología mediante el uso de lógica.

2. **Análisis y comparación de la expresividad semántica de los modelos actuales de información de gestión:** Partiendo del estudio previo, será posible el análisis de la expresividad semántica de los lenguajes de información de gestión existentes, comparando estos con los de definición de ontologías. Con ello se podrán capturar las características que dichos lenguajes de información poseen, lo que facilitará los mecanismos de integración a un nivel semántico.
3. **Análisis de lenguajes de ontologías para la especificación de información de gestión:** Una vez realizado el análisis de expresividad semántica, será necesario definir las características de un lenguaje que incluya la capacidad semántica necesaria para adaptarse la especificación de información de gestión.

La estructura que poseen los lenguajes de definición de información de gestión les permiten definir ontologías ligeras que proporcionan la base de información de gestión necesaria para la gestión de redes, sistemas, servicios y aplicaciones. Si se eligiera alguno de estos lenguajes habría que adaptarlo para que las ontologías que defina puedan ser pesadas. Para esto hay que formalizar su metamodelo, de forma que se pueda utilizar como lenguaje formal, y por tanto interpretable por máquinas sin ningún tipo de ambigüedades.

Al mismo tiempo, los lenguajes típicos de definición de ontologías poseen las construcciones básicas necesarias para especificar información de gestión de red. Sin embargo, no incluyen facetas típicas de los modelos de gestión, que deberían ser añadidas al lenguaje de definición de ontologías.

4. **Análisis de lenguajes de especificación de comportamiento desde el punto de vista de su inclusión en las definiciones ontológicas:** A la vez que se estudia el lenguaje para especificar la información de gestión en términos de ontologías, es necesario estudiar que este lenguaje posea la capacidad de definir comportamiento. Esto puede ser útil para completar la información de gestión que se especifique, dotándola de una semántica aún más completa que permitirá a un posible gestor inteligente realizar inferencias sobre el conocimiento.
5. **Diseño y propuesta de mecanismos de integración semántica de modelos de información:** Las tareas anteriores puede ser el punto de partida para un sistema de gestión que interopere con los distintos dominios existentes. Sin embargo, para ello será necesario definir mecanismos que posibiliten la integración entre una ontología

común y los modelos de gestión existentes, definiendo las correspondencias que existan entre los mismos.

Este mecanismo puede basarse en los siguientes pasos:

- I. Traducción de los modelos de gestión al lenguaje de ontologías establecido.
 - II. Definición de una ontología común basada en los modelos existentes. Para ello habrá que realizar en paralelo:
 - i. Fusión de los distintos modelos, incluyendo por un lado la información propia de cada uno, y estableciendo una definición para aquellos conceptos que sean comunes a todos los modelos
 - ii. Establecimiento de correspondencias, de forma que a partir de la ontología global se pueda pasar a cada uno de los modelos previos, así como traducir sus ejemplares.
6. **Diseño y propuesta de la arquitectura de un gestor de red basado en ontologías:** Una vez obtenida la ontología común basada en los modelos existentes, será útil definir la arquitectura que debe poseer un gestor ontológico, que maneje las ontologías de gestión y sea capaz de actuar basándose en el comportamiento definido en las mismas, mediante un motor de inferencias que le dote de inteligencia. Esta arquitectura deberá trabajar con la ontología común del punto anterior, usándola como una visión unificada de todos los dominios de gestión, empleando a la vez las correspondencias establecidas para obtener la información necesaria de los distintos dominios de gestión implicados.
7. **Exposición de un caso de estudio:** Para demostrar la utilidad del trabajo desarrollado en el punto anterior se propone la tarea de aplicar los mecanismos de integración semántica encontrados a un caso concreto, en el que se integren semánticamente distintos modelos de información de gestión
8. **Redacción de la memoria de tesis:** Finalmente, será necesario plasmar el trabajo realizado en una memoria que contenga todo el trabajo realizado y expuesto en los puntos anteriores.

6 Medios

Para la realización de la tesis doctoral propuesta se hará uso de los recursos bibliográficos, informáticos y de comunicaciones con que cuenta el Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos (DIT) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), así como de los fondos bibliográficos de la E.T.S.I. de Telecomunicación (UPM).

7 Bibliografía

- [Asensio99] Juan I. Asensio, Víctor A. Villagrà, Jorge E. López de Vergara, Julio J. Berrocal. *Experiences with SNMP-based integrated management of a CORBA-based electronic commerce application*. Proceedings of the Sixth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM'99), Boston, Massachusetts, EE.UU. A. Mayo de 1999.
- [Asensio00] Juan Ignacio Asensio Pérez, *Contribución a la Especificación y Gestión Integrada de la Calidad de Servicio en Aplicaciones de Objetos Distribuidos*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Junio de 2000.
- [Benech99] Dominique Benech, *Interaction Frameworks for Distributed and Cooperative Paradigms of Intelligent Systems and Networks Management*. Tesis Doctoral. Universidad Paul Sabatier de Toulouse III, Francia. Noviembre de 1999.
- [BernersLee01] Tim Berners-Lee, James Hendler y Ora Lassila, *The Semantic Web*, Scientific American. Mayo de 2001.
- [Case99a] J. Case, R. Mundy, D. Partain, B. Stewart, *Introduction to Version 3 of the Internet-standard Network Management Framework*. IETF RFC 2570. Abril de 1999.
- [Case99b] J. Case, D. Harrington, R. Presuhn, y B. Wijnen, *Message Processing and Dispatching for the Simple Network Management Protocol (SNMP)*, IETF Request For Comments 2572. Abril de 1999.
- [DMTF97] Desktop Management Task Force, Inc., *DMI to SNMP Mapping Specification*, DMTF Standard. Versión 1.0. Noviembre de 1997.
- [DMTF98] Desktop Management Task Force, Inc., *DMI 2.0 Specification*, DMTF Standard. Version 2.0s. Junio de 1998.
- [DMTF99a] Distributed Management Task Force, Inc., *Common Information Model Specification version 2.2*, DMTF Document. Junio de 1999.

- [DMTF99b] Distributed Management Task Force, Inc., *Specification for the Representation of CIM in XML*, DMTF Standard, Version 2.0. Julio de 1999.
- [DMTF99c] Distributed Management Task Force, Inc., *Specification for CIM Operations over HTTP*, DMTF Standard. Version 1.0. Agosto de 1999.
- [DMTF00] Distributed Management Task Force, Inc., *Web Based Enterprise Management*, DMTF WBEM Description presentation. Junio de 2000. Disponible en <http://www.dmtf.org/download/spec/wbem.pdf>.
- [Fensel00] D. Fensel, I. Horrocks, F. Van Harmelen, S. Decker, M. Erdmann, M. Klein, *OIL in a nutshell*, Proceedings of the Twelfth European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling, and Management (EKAW'00), Juan-les-Pins, Francia. Octubre de 2000.
- [Fernández01] G. Fernández, *Representación del conocimiento en sistemas inteligentes*, Universidad Politécnica de Madrid. Octubre de 2001. Disponible en <http://www.gsi.dit.upm.es/~gfer/ssii/rcsi/index.html>.
- [Festor99] O. Festor, P. Festor, Laurent Andrey, N. Ben Youssef, *Integration of WBEM-based Management Agents in the OSI Framework*. Proceedings of the Sixth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM'99), Boston, Massachusetts, EE.UU. A. Mayo de 1999.
- [Fielding99] Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frystyk, H., Masinter, L., Leach, P. and T. Berners-Lee, *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*, IETF Request For Comments 2616. Junio de 1999.
- [Gómez99] Asunción Gómez Pérez, V. Richard Benjamins, *Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods*, Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Estocolmo, Suecia. Agosto de 1999.

- [Hegering99] Heinz-Gerd Hegering, Sebastian Abeck and Bernhard Neumair, *Integrated Management of Networked Systems*. Morgan Kaufmann. 1999.
- [ISO90a] ISO. *Information Processing Systems - Open Systems Interconnections - Common Management Information Service Definition*, ISO 9595. Ginebra, 1990.
- [ISO90b] ISO. *Information Processing Systems - Open Systems Interconnections - Common Management Information Protocol Specification*, ISO 9596. Ginebra, 1991.
- [ITUT92a] ITU-T, *Information Technology – Open System Interconnection – Systems Management Overview*, Recomendación X.701. 1992.
- [ITUT92b] ITU-T, ISO/IEC 10165-4:1992, *Information Technology - Open Systems Interconnection - Structure of Management Information - Part 4: Guidelines for the Definition of Managed Objects*, Recomendación X.722. 1992.
- [ITUT92c] ITU-T, *Principles for a Telecommunication Management Network*, Recomendación M.3010. Octubre de 1992.
- [ITUT95] ITU-T. *Telecommunications Management Network - Generic Network Information Model*, Recomendación M.3100. Julio 1995.
- [Kalyanasundaram93] Pramod Kalyanasundaram y Adarshpal S. Sethi, *An Application Gateway Design for OSI-Internet Management*, Proceedings of the Third IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM'93). Amsterdam, Holanda, 1993.
- [Kalyanasundaram94] Pramod Kalyanasundaram y Adarshpal S. Sethi, *Interoperability Issues in Heterogeneous Network Management*, Journal of Network and Systems Management, Vol. 2, No. 2. Junio de 1994.
- [LópezDeVergara01] Jorge E. López de Vergara, Víctor A. Villagrà, Juan I. Asensio, Julio Berrocal, *Análisis y comparativa de las alternativas propuestas para la Gestión Basada en Web*. Actas de las III Jornadas de Ingeniería Telemática, Jitel'01. Barcelona, 19-21 de septiembre de 2001.

- [MartinFlatin01] J.P. Martin-Flatin. *Toward Universal Information Models in Enterprise Management*. Proceedings of the VLDB 2001 Workshop on Databases in Telecommunications (DBTel 2001), Roma, Italia. Septiembre de 2001.
- [McCloghrie91] K. McCloghrie y M. Rose, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, IETF Request For Comments 1213. Marzo 1991.
- [McCloghrie99a] K. McCloghrie, D. Perkins, J. Schoenwaelder, J. Case, M. Rose y S. Waldbusser, *Structure of Management Information Version 2 (SMIv2)*, IETF Standard 58, Request For Comments 2578. Abril 1999.
- [McCloghrie99b] K. McCloghrie, D. Perkins, J. Schoenwaelder, J. Case, M. Rose y S. Waldbusser, *Textual Conventions for SMIv2*, IETF Standard 58, Request For Comments 2579. Abril 1999.
- [McCloghrie99c] K. McCloghrie, D. Perkins, J. Schoenwaelder, J. Case, M. Rose y S. Waldbusser, *Conformance Statements for SMIv2*, IETF Standard 58, Request For Comments 2580. Abril 1999.
- [Microsoft01] Microsoft Corporation, *SNMP Provider*. Platform SDK Release: Noviembre de 2001. Disponible en http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/wmisdk/r_prov_8bw2.asp.
- [NMF93a] Network Management Forum. *Translation of Internet MIBs to ISO/CCITT GDMO MIBs*. Forum 026. Issue 1.0. Octubre de 1993.
- [NMF93b] Network Management Forum. *ISO/CCITT to Internet Management Security*. Forum 027. Issue 1.0. Octubre de 1993.
- [NMF93c] Network Management Forum. *ISO/CCITT to Internet Management Proxy*. Forum 028. Issue 1.0. Octubre de 1993.
- [NMF93d] Network Management Forum. *Translation of Internet MIB-II (RFC 1213) TO ISO/CCITT GDMO MIB*. Forum 029. Issue 1.0. Octubre de 1993.

- [NMF93e] Network Management Forum. *Translation of ISO/CCITT GDMO MIBs to Internet MIBs*. Forum 030. Issue 1.0. Octubre de 1993.
- [Noy00] N. F. Noy, M. A. Musen: *PROMPT: Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment*. Proceedings of the Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence AAAI'00. Austin, Texas, EE.UU. A. Julio-agosto de 2000.
- [OMG01a] Object Management Group. *The Common Object Request Broker: Architecture and Specification- CORBA Overview*. OMG Document formal/2001-12-40. Revisión 2.6. Diciembre de 2001.
- [OMG01b] Object Management Group. *The Common Object Request Broker: Architecture and Specification- IDL Syntax and Semantics*. OMG Document formal/2001-12-41. Revisión 2.6. Diciembre de 2001.
- [OMG01c] Object Management Group. *The Common Object Request Broker: Architecture and Specification- General Inter-ORB Protocol*. OMG Document formal/2001-12-53. Revisión 2.6. Diciembre de 2001.
- [Open92] The Open Group. *ISO and Internet Management: Coexistence and Interworking*. Open Group Guide G211. Diciembre de 1992.
- [Open00] The Open Group, *Inter-Domain Management: Specification and Interaction Translation*. Open Group Document C802. Enero de 2000.
- [Pablos01] Rolando Pablos Sánchez, *Análisis y Evaluación de Sistemas de Gestión Basada en Web para su Aplicación en Servicios de Intermediación Electrónica*. Proyecto Fin de Carrera. E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid. Febrero de 2001.
- [Rivière98] Anne-Isabelle Rivière y Michelle Sibilla, *Management Information Models Integration: From Existing Approaches to new Unifying Guidelines*, Journal of Network and Systems Management, Vol. 6, No. 3. Septiembre de 1998.
- [Schott02] J. Schott, A. Westerinen, J. P. Martin-Flatin, y P. Rivera. *Common Information vs. Information Overload*. Proceedings of the Network

- Operations and Management Symposium (NOMS 2002), Florence, Italia. Abril 2002.
- [Schönwälder99] J. Schönwälder, F. Strauß. *Next Generation Structure of Management Information for the Internet*. Proceedings of the Tenth IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management, Zürich, Alemania. Octubre de 1999.
- [Schönwälder01] J. Schönwälder, A. Müller. *Reverse Engineering Internet MIBs*. Proceedings of the Seventh IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, Seattle, EE.UU. A. Mayo de 2001.
- [Studer98] R. Studer, V.R. Benjamins, D. Fensel. *Knowledge Engineering: Principles and Methods*. Data & Knowledge Engineering. 25: 161-197. 1998.
- [Stumme01] Gerd Stumme, Alexander Maedche: *FCA-MERGE: Bottom-Up Merging of Ontologies*. Proceedings of the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2001, Seattle, Washington, EE.UU. A. Agosto de 2001.
- [W3C00] World Wide Web Consortium. *Extensible Markup Language (XML) 1.0*. W3C Recommendation. Segunda edición. Octubre de 2000.
- [Valera01] Francisco Valera, Jorge E. López de Vergara, José I. Moreno, Víctor A. Villagrà, Julio Berrocal. *Communication and Management Experiences in an E-Commerce MAS-Based Environment*. Communications of the Association for Computing Machinery (CACM). Vol. 44, No. 4. Abril de 2001.
- [Villagrà02] Víctor A. Villagrà, Juan I. Asensio, Jorge E. López de Vergara, Julio J. Berrocal, Roney Pignaton. *An approach to the transparent management instrumentation of distributed applications*. Proceedings of the IEEE/IFIP NOMS 2002 Network Operations and Management Symposium, Florencia, Italia. Abril de 2002.