

Orientación a objetos en administración de redes



• José Nelson Pérez C.*

Durante los últimos años, la aplicación de los conceptos del paradigma de orientación a objetos ha venido siendo un tópico importante de investigación en diversas disciplinas en la ingeniería de sistemas, tales como bases de datos, lenguajes de programación, representación del conocimiento, redes de computadores y aun la arquitectura de computadores. En realidad, dichos conceptos constituyen el hilo conductor que enlaza estas disciplinas, convirtiéndose en la clave para la construcción de sistemas de alto desempeño en el futuro inmediato.

El propósito de este artículo es difundir y discutir con la comunidad académica los fundamentos de la orientación a objetos en el dominio de la administración de redes, con base en los documentos de la **International Standard Organization (ISO)**, del **Consultative Committee for International Telephone and Telegraph (CCITT)** y algunos artículos de revistas especializadas en el campo de la ingeniería de software de comunicaciones.

En primer término, se exponen los conceptos medulares del paradigma de orientación a objetos, luego se describen la naturaleza del **OSI Network Management Forum** y los conceptos básicos de administración de redes de este organismo como son: la **Conformant Management Entity (CME)**, la **Interoperable Interface** y los objetos por administrar en sistemas de redes abiertos. Por último, se presentan las conclusiones con algunas ideas y sugerencias para el trabajo investigativo en ingeniería de software de comunicaciones orientada por objetos en el

Postgrado en Teleinformática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital.

Fundamentos del modelo de datos orientado por objetos

A continuación se reseñan brevemente los conceptos primordiales que sustentan la filosofía de orientación a objetos, que puede juzgarse como uno de los paradigmas más importantes de la ingeniería de software en la actualidad.

Objeto e Identificador de Objeto: En sistemas y lenguajes orientados a objetos, cualquier entidad del mundo real es modelada uniformemente como un objeto. Además, un objeto se asocia con un identificador único.

Atributos y Métodos: Todo objeto tiene un estado y un comportamiento. El estado de un objeto es el conjunto de valores para los atributos del objeto, y el comportamiento de un objeto es el conjunto de métodos (procedimientos u operaciones) que operan sobre el estado del objeto. Además, el valor de un atributo de un objeto es otro objeto por derecho propio. Adicionalmente, un atributo de un objeto puede tomar un valor único o un conjunto de valores. Un conjunto no es un objeto, aún cuando cada elemento en un conjunto es un objeto. Los estados y los comportamientos encapsulados en un objeto se accesan o invocan desde fuera del objeto únicamente a través del paso explícito de mensajes.

Clase: Una clase se define como un medio de agrupación de todos los objetos que comparten el mismo conjunto de atributos y métodos. Un objeto debe relacionarse a sólo una clase como una instancia de la misma. La relación entre un objeto y su clase se denomina relación instancia de. Una clase es similar a un tipo de datos abstracto¹. Además, una clase puede ser primitiva, entendiéndose como tal aquella que tiene instancias asociadas, pero que no tiene atributos tales como entero, string y booleano. El valor de un atributo de un objeto, puesto que es necesariamente un objeto, también se relaciona a alguna clase. Esta clase se denomina el dominio del atributo del objeto.

Herencia y Jerarquía de Clase: Los sistemas orientados a objetos permiten al analista obtener una clase, a partir de otra ya existente; la nueva clase llamada subclase de la existente hereda todos los atributos y métodos de la clase existente que a su vez se

denomina la superficie de la nueva clase. Además, el analista puede especificar atributos y métodos adicionales para la subclase. Una clase puede tener cualquier número de subclases. Algunos sistemas permiten que una clase tenga únicamente una superclase, mientras que otros permiten que una clase tenga cualquier número de superclases. En los primeros, una clase hereda atributos y métodos de una clase únicamente; ésta es la llamada herencia simple. En el último caso, una clase hereda atributos y métodos de más de una superclase; ésta es llamada herencia múltiple. En un sistema que soporta herencia simple, las clases forman una jerarquía, llamada una jerarquía de clase. Si un sistema soporta herencia múltiple, las clases forman un gráfico dirigido, enraizado, llamado una clase entrelazada.

Polimorfismo: El polimorfismo es la habilidad para tomar varias formas². Esta cualidad se basa en el hecho de que muchos objetos responden de manera distinta al mismo mensaje. Esto permite la rápida adición de nuevas clases de objetos a aplicaciones en evolución.

Genericidad: La genericidad es la habilidad para definir módulos parametrizados. Tales módulos llamados módulos genéricos, no son directamente utilizables; más bien son patrones de módulos³. Se tiene así la posibilidad de trabajar con patrones de clases que permiten establecer el comportamiento global de la clase pero se deja abierto el tipo de los elementos simples que maneja.

Encapsulamiento: Únicamente las operaciones de una clase de objeto tienen acceso a sus datos internos. Los datos son privados. Las operaciones son invocadas enviando mensajes a la clase de objeto. El principal beneficio de esta idea es que la implementación del objeto es independiente de las aplicaciones que usen la clase de objeto.

El OSI Network Management Forum (OSI/NM)

El Forum fue constituido en 1988 como una corporación abierta sin ánimo de lucro. Su objetivo es promover el rápido desarrollo y la aceptación e implementación de estándares para administración de redes interoperables. El trabajo del Forum debe realizarse de conformidad con el conjunto de estándares de la ISO y las recomendaciones emitidas por el CCITT. Si la ISO y el CCITT no han establecido aún una posición frente a algún tema,

1 Un tipo de datos abstractos es una clase de estructuras de datos descritos mediante una vista externa: servicios disponibles y propiedades de estos servicios. Meyer, B. Object oriented software construction, Prentice Hall, 1988. p. 53

2 Ibid., p 224

3 Ibid., p 37-39.

el Forum hará proposiciones al respecto; usándose éstas con carácter de interinidad. Las proposiciones de transición deberán ser enviadas a los comités de estándares internacionales para su consideración. Una vez que se haya aprobado al respecto una posición por parte de la ISO y del CCITT, el Forum deberá someterse a ella⁴.

Conceptos del OSI Network Management Forum

La Conformant Management Entity

La Conformant Management Entity (CME) es el término usado por el Forum para referirse a un sistema de administración de redes que soporta los estándares del Forum para el intercambio de datos. La FIGURA 1 muestra una CME en contexto con otros elementos claves de la arquitectura. El Forum no dice cómo deberán construirse los sistemas de administración sino cómo deberán interoperar. Claramente, el enfoque se hace sobre la interface interoperable, que apunta hacia el lugar donde dos sistemas de administración diferentes logran intercambiar datos de administración. Una CME que se adhiera al OSI/NM Forum comprende un **Network Management Application Process (NMAP)** y una pila de protocolos OSI. El NMAP comprende una interface de usuario, las aplicaciones de administración y un administrador de objetos que contiene los objetos administrados que hayan sido modelados.

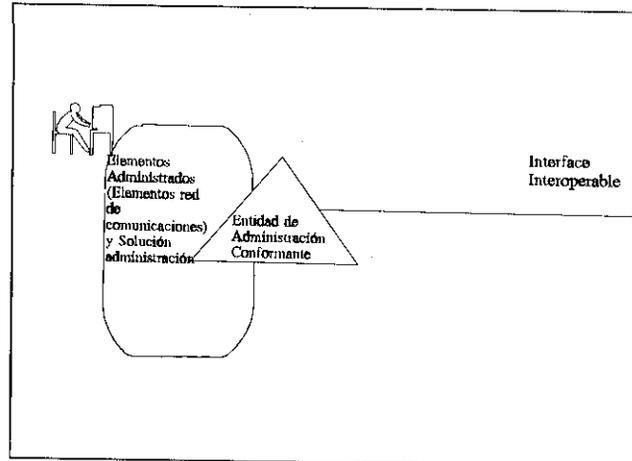


Figura 1. Entidad de Administración Conformante.

La interface interoperable

El Forum ha seleccionado una pila de protocolos, como se muestra en la FIGURA 2. Otros niveles de red están siendo considerados con la esperanza de que serán compatibles con un nivel de transporte común. La estructura del nivel de aplicación incluye elementos de servicio generales definidos por la ISO y el CCITT. El **Association Control Service Element (ACSE)** se usa para establecer y liberar asociaciones entre CMEs. El **Remote Operation Service Element** se usa para invocar remotamente operaciones y recibir respuestas correlacionadas. El **Common Management Service Element (CMISE)** es la base para el intercambio de datos entre CMEs,

Nombre de Nivel	CME		Interface Interoperable	CME	
Aplicación	Aplicaciones de Administración			Aplicaciones de Administración	
Presentación	X.216, X.226 (X.209, ASN.1)			X.216, X.226 (X.209, ASN.1)	
Sesión	Sesión OSI - X.215, X.225			Sesión OSI - X.215, X.225	
Transporte	Transporte OSI - X.214, X.224			Transporte OSI - X.214, X.224	
Red	8348/AD1	X.25 PLP		8348/AD1	X.25 PLP
Enlace de Datos	IEEE 802.2	X.25 LAPB		IEEE 802.2	X.25 LAPB
Físico	IEEE 802.3	X.21 bis		IEEE 802.3	X.21 bis

Figura 2. Protocolos de la Interface Interoperable.

⁴ J. Embry, P. Manson, D. Milham. "An Open Network Management Architecture: OSI/NM Forum Architecture and Concepts". IEEE Network, Jul. 1990.

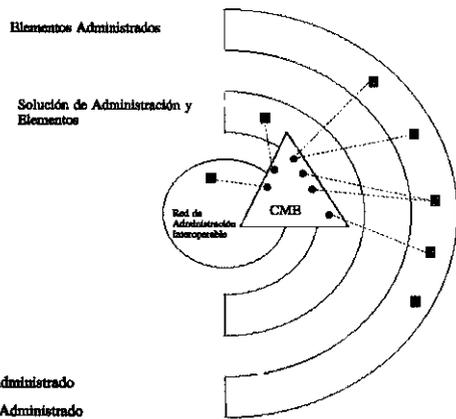


Figura 3. Objetos administrados.

puesto que proporciona el mecanismo para la creación y borrado de objetos administrados, manipulación de atributos y procesamiento de notificaciones.

Objetos administrados

El Forum ha adoptado una aproximación orientada a objetos para la representación de datos de administración de redes siguiendo los lineamientos de la ISO y del CCITT. Esta aproximación usa muchos de los conceptos del diseño y la programación orientados por objetos, aunque no se toman todos y en algunos casos los términos y conceptos utilizados han sido modificados.

Un **objeto administrado** es una abstracción de un recurso que va a administrar a través de la interface interoperable. Más que la manipulación directa de los elementos y recursos de red la idea es manipular una abstracción del recurso. Algunos otros mecanismos (no especificados) mantienen la relación entre el objeto administrado y el recurso real. Como lo muestra la FIGURA 3, se supone que los objetos administrados están en la red. Un **recurso** puede ser cualquier cosa que sea útil para propósitos de administración, por ejemplo: las tarjetas individuales en una pieza de un equipo, los cables entre edificios, los módulos de software, las subredes y los host. Los objetos administrados también pueden ser abstracciones de los recursos en una solución de administración y la misma red de administración. También, un objeto administrado puede implicar la abstracción de uno o varios objetos administrados. Debido a que un objeto administrado es la abstracción de algún recurso la destreza en la definición del mismo se logra al obtener un nivel de abstracción que incluya todas las características y detalles necesarios para la administración pero no tantos que los aspectos claves se pierdan.

Un objeto administrado simple puede representar uno o varios recursos de red. El mismo recurso de red puede ser representado por un objeto administrado único o por varios objetos administrados diferentes, donde cada uno puede proporcionar diferentes vistas del recurso. Puede suceder que un recurso particular no sea representado por ningún objeto administrado lo cual no significa que el recurso no exista sino únicamente que no está disponible para administración interoperable. Algunos objetos administrados pueden estar disponibles únicamente para propósitos de administración y no representan un recurso de red real.

Objetos administrados y las conformant management entities

Los objetos administrados se "hacen visibles" de una CME a otra CME a través de la interface interoperable, como se muestra en la FIGURA 4. Esto significa que una CME puede aceptar mensajes dirigidos al objeto administrado o enviar mensajes desde el objeto administrado o ambas cosas.

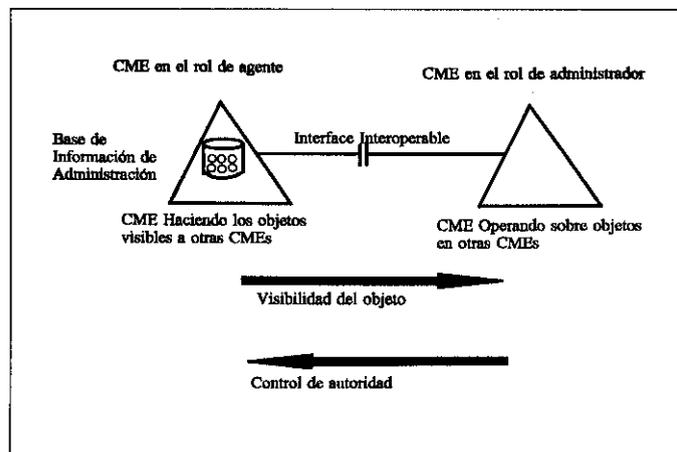


Figura 4. Relaciones de Autoridad.

La CME que hace a los objetos visibles se considera que está actuando en el rol de agente dado que adopta este papel para los recursos que el objeto administrado representa. La CME que opera sobre objetos administrados en otra CME se dice que está actuando en el rol directivo porque está dirigiendo o ejerciendo control sobre los recursos que el objeto administrado representa. Cualquier implementación particular de una CME puede actuar en el rol de agente, en el rol de administrador o ambos.

Todos los objetos administrados que se hacen visibles a través de una CME constituyen lo que se denomina la **Management Information Base (MIB)**. Los objetos administrados son únicamente las cosas

que se ven a través de la interface interoperable; así, la MIB representa toda la información de administración que una CME actuando en el rol de agente tiene o le permite ver a otra CME.

Las CMEs pueden estar en arreglos complejos como se observa en la FIGURA 5 debido a que pueden tener los roles tanto de agente como de administrador. Las flechas muestran una relación de autoridad entre CMEs donde la cabeza de la flecha indica una CME actuando en el rol de agente y la cola muestra una CME actuando en el rol de administrador.

Las CMEs pueden participar en varias relaciones de autoridad. Tales relaciones de autoridad pueden ser organizadas en conjuntos para reflejar agrupaciones organizacionales, funcionales, geográficas, tecnológicas y otros tipos de agrupaciones diferentes. La agrupación número 2 de la figura muestra tres CMEs actuando en una forma "peer to peer", cada una como agente y administrador para los otras dos CMEs. La agrupación número 3 muestra una jerarquía de CMEs.

Definición de objetos administrados

Las **clases** de objetos administrados constituyen una manera de agrupar las cosas que tienen propiedades similares; una instancia de un objeto administrado es una cosa particular que puede ser denominada y tratada como tal. Por ejemplo, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS) es una instancia de una clase más general: "los ingenieros de sistemas". Las clases pueden ser vistas como una taxonomía, como los biólogos la conciben. Las instancias son los individuos particulares de su clase. Las clases de objetos administrados son definidas independientemente de cualquier instancia particular. Una clase de objetos administrados procura recoger algún conjunto de propiedades consideradas significantes para la administración interoperable.

Las cuatro propiedades que, según el Forum, permiten definir una clase de objeto administrado se describen a continuación:

- **Atributos:** estos pueden pensarse como elementos de datos y valores. Cada atributo tiene una definición particular (**semántica**) y un formato (**sintaxis**). Se ha previsto una amplia variedad de atributos en el rango de integers o strings de bits simples hasta estructuras complejas con strings de longitud variable, elementos subdivididos, etc. El poder completo de ASN.1 está disponible para la definición de atributos; sin embargo, ciertos atribu-

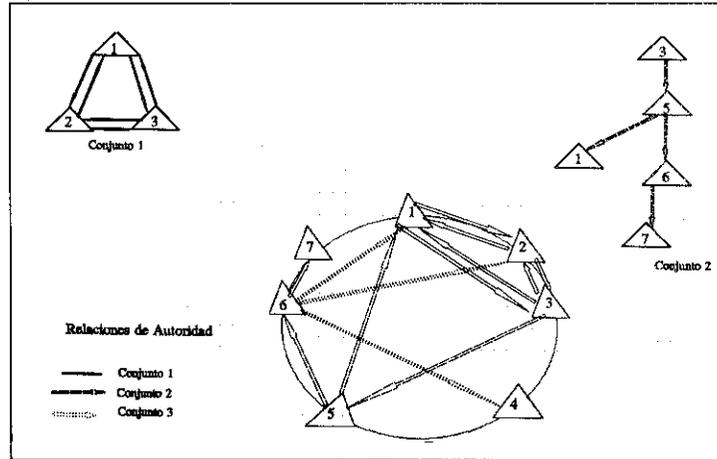


Figura 5. Conjuntos de relaciones de autoridad.

tos complejos pueden ser más difíciles de manipular que aquellos simples. Los atributos pueden ser simples o consistir en un conjunto de valores; en cuyo caso no existe ningún ordenamiento o mecanismo para referirse a valores individuales. Atributos típicos son la rata de datos para un circuito o la cantidad de memoria principal en un computador.

- **Operaciones de administración:** Son operaciones que pueden ser aplicadas a una instancia de un objeto administrado. Las operaciones generales se aplican a todas las clases e incluyen creación y borrado de instancias, establecimiento del valor de un atributo; las operaciones simples se aplican a clases individuales, por ejemplo colocando concurrentemente varios atributos particulares en ciertos valores.

- **Conducta:** Implica el comportamiento exhibido por una instancia de un objeto administrado incluyendo las respuestas a operaciones de administración o su funcionamiento, conforme al recurso que el objeto representa. Por ejemplo, si un computador se "cae", entonces el atributo estado operacional de su instancia objeto administrado puede tener el valor "deshabilitado".

- **Notificaciones (mensajes):** Son aquellos mensajes emitidos por una instancia de un objeto administrado hacia una CME en el rol de administrador. De modo similar a las operaciones, hay notificaciones generales y notificaciones específicas a una clase de objeto.

Las clases de objetos administrados se definen de un modo estructurado. El documento **Forum Object Specification Framework*** establece cómo deben definirse las clases de objetos administrados. **La Forum Library**** contiene las definiciones reales.

El Forum, la ISO y el CCITT usan jerarquías para la definición de objetos. En la FIGURA 6 se muestra un árbol de herencia graficando las relaciones entre clases de objetos administrados e introduciendo las nociones de superclases y subclases. Cada clase tiene una superclase. Una clase hereda todas las propiedades (atributos, métodos, notificaciones) definidos por su superclase, añadiendo entonces sus propiedades particulares. En esta jerarquía se aplica herencia estricta, lo cual significa que a la subclase se le asignan todas las propiedades sin importar si las necesita. La última superclase se denomina "TOP" y desde allí se desprenden todas las demás clases.

uso de herencia múltiple (más de una superclase) y otros problemas de herencia están siendo estudiados por el Forum.

La FIGURA 7 muestra un árbol de nombres, ilustrando la relación entre instancias de objetos administrados para los propósitos de su denominación. Un nombre constituye el modo de identificar de manera única cada instancia de un objeto administrado. Los nombres de instancia se apoyan en una jerarquía de relaciones de contención. Cada instancia se considera "contenida" dentro de otra instancia llamada su "superior". Los objetos contenidos se llaman "subordinados". El final del árbol es un nodo llamado "raíz" y es el que contiene todas las instancias.

Dentro de una instancia superior todas las instancias subordinadas se identifican de manera única por su **Relative Distinguished Name (RDN)** (relativo en tanto su relación con su superior). Un RDN está formado por un atributo llamado el "atributo distintivo" y algún valor asociado. La combinación atributo-valor debe ser única para cada instancia del objeto administrado que tiene el mismo superior.

El nombre completo de una instancia de un objeto administrado llamado un **Distinguished Name (DN)** consiste en una secuencia de RDNs que comienza en la "raíz" y sigue hacia abajo hasta la instancia misma. Entonces, todos los DN's son únicos y cada instancia de objeto administrado tiene un nombre único. Los nombres de instancias de objetos administrados se crean siempre que se creen instancias de los mismos. Estos nombres no tienen que registrarse o hacerse públicos pero sí deben ser intercambiados entre dos sistemas de administración interoperables.

El árbol de denominación conocido con el nombre de **Management Information Tree (MIT)** o "árbol continente" obliga a que todos los nombres estén basados en la relación de contención, aunque no todas las formas de contención son necesarias para la denominación de un objeto.

Para cada clase de objeto administrado, se deben escribir una o más reglas para identificar una clase superior y el atributo distintivo. Estas reglas se conocen con el nombre de "enlaces de nombres". Varios problemas concernientes a la denominación y al direccionamiento de instancias de objetos administrados (por ejemplo, la denominación de instancias a través de las CMEs) están en estudio. Un caso típico consiste en establecer si cada CME tiene su propio árbol de denominación o si hay un árbol

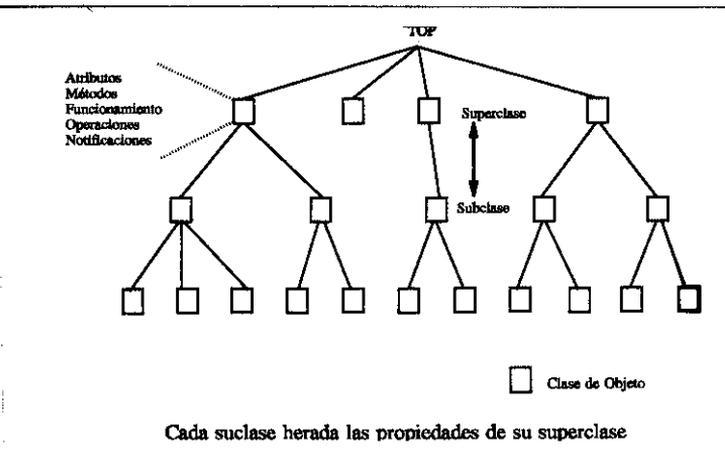


Figura 6. Arbol de la Clase Objeto Administrado.

La idea del árbol de herencia es que las clases generales son estrechamente referidas a la clase "TOP" como es el caso de la clase "equipos". Entonces otras clases como "multiplexores" se definen como una subclase de "equipos". En realidad, se ha dado mucha discusión en torno al uso adecuado de los conceptos de clases y herencia. Por ejemplo, el

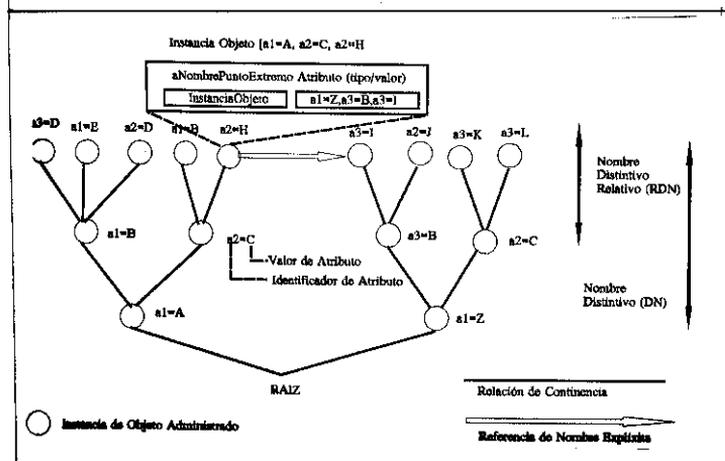


Figura 7. Arbol de Denominación de Objetos Administrados.

de denominación único a través de varias o todas las CMEs, teniendo cada una únicamente un subárbol.

El árbol de registro de la FIGURA 8 ilustra el mecanismo general para la producción de identificadores únicos globales para las cosas a las cuales las personas y sistemas, alrededor del mundo necesitan referirse. Este es un **árbol de registro a nivel mundial** cuyas ramificaciones son asignadas a organizaciones diferentes para su administración y refinamiento adicional, si así se requiere. El registro de alguna cosa en este árbol significa tenerla asignada a una secuencia única de números, comenzando desde la raíz (la raíz del árbol de registro no es la misma raíz del árbol de denominación). Esta secuencia es presentada en ASN.1 como un tipo de datos especial llamado un "identificador de objeto" (que no debe ser confundido con el nombre de una instancia de un objeto administrado).

Los procedimientos exactos para la realización del registro y la definición del nodo que puede usar el Forum para registrar las definiciones de clases de objetos, son áreas bajo estudio. Se espera que el Forum registre clases de objetos administrados, atributos, mensajes y enlaces de nombres. La Forum Library tiene una lista de los ítems definidos por el Forum.

Los procedimientos de registro de las definiciones de clases de objetos administrados se muestran en la FIGURA 9. Una vez que una definición de objeto está completa, cada nueva clase de objeto administrado, atributo, mensaje y enlace de nombre son asignados a un identificador de objeto ASN.1 único, localizándolo en el árbol de registro. Las definiciones son entonces publicadas en una librería que va a ser utilizada por todo el mundo. Dicha librería consta de patrones y producciones ASN.1 que definen la clase, atributo, mensaje y enlace de nombre de un objeto administrado.

Después que los identificadores de objetos son asignados y publicados nunca serán cambiados. Cuando por alguna razón sea inevitable una corrección o un refinamiento será necesario registrarlos como algo nuevo, asignando para ello un nuevo identificador de objeto ASN.1. La cuestión de cómo resolver el problema de cosas registradas que son obsoletas o que por lo menos tienen una marca que significa que están siendo reemplazadas, está en estudio.

Los desarrolladores pueden usar las definiciones de ítems en la librería para construir sistemas de administración y CMEs como se muestra en la FIGURA 10.

Debido que algunas definiciones están dadas en ASN.1 se pueden utilizar herramientas automatizadas tales como un compilador ASN.1 para su desarrollo. Muchos aspectos de la implementación de un objeto administrado requerirán técnicas de ingeniería de software más allá de las tradicionales. Por ejemplo, las conexiones entre objetos, los recursos de red y las interfaces humanas deben ser definidos e implementados mediante técnicas orientadas a objetos.

Previamente a que dos CMEs puedan interoperar, deben compartir conocimientos de administra-

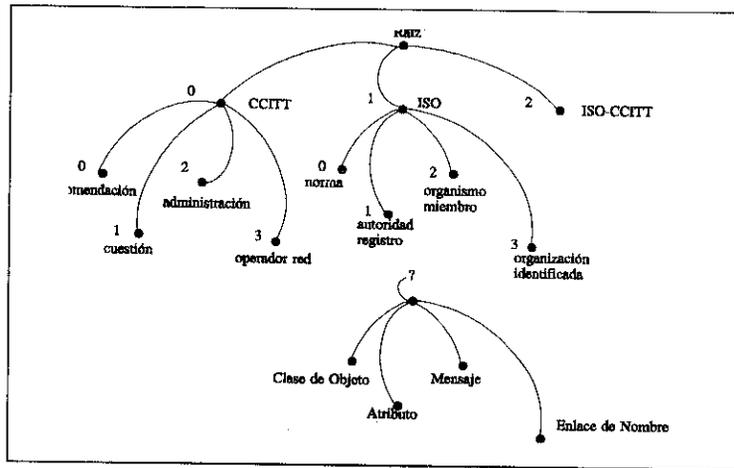


Figura 8. Árbol de Registro.

ción. Este paso se refiere al intercambio de conocimiento entre dos CMEs de modo que cada uno entienda lo que la otra es capaz de hacer; la clase de objetos que soporta, los roles que cada uno jugará, las funciones que son soportadas, las limitaciones, etc. La mayor parte de este compartimiento probablemente tendrá lugar entre desarrolladores de CMEs. Sin embargo, se ha hecho un progreso

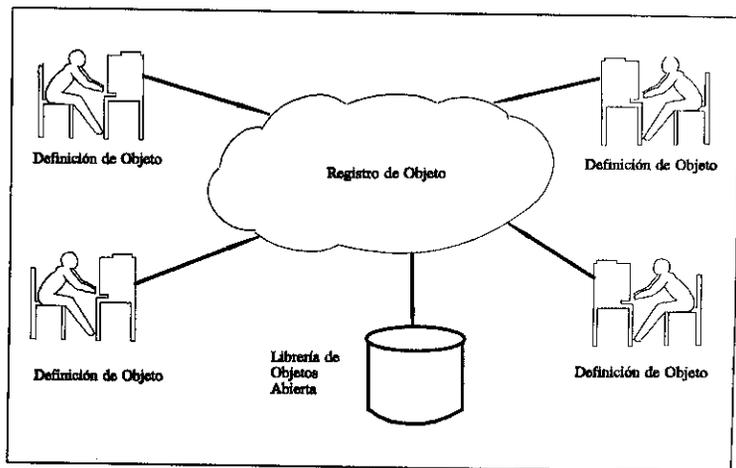


Figura 9. Registro de Objetos.

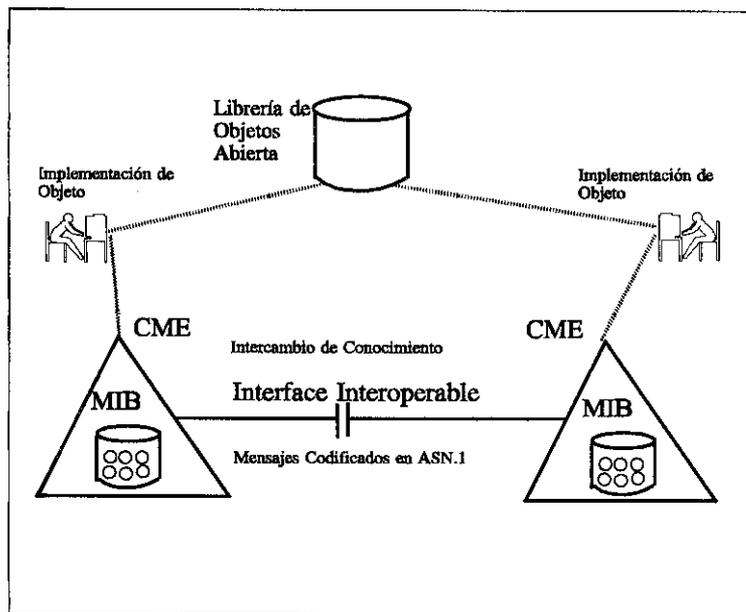


Figura 10. Intercambio de Conocimiento de Administración.

sustancial en la definición de los modos que dos CMEs intercambian tal información electrónicamente. Este intercambio ha sido llamado "esquema de negociación".

Después que este intercambio ha terminado, las dos CMEs están listas para interoperar (usando la interface interoperable); intercambiando mensajes y usando las reglas de codificación de ASN.1; que definen cómo cada trozo de información va a ser representado y cómo cada patrón de bits va a ser interpretado.

ASN.1 permite la definición de mensajes y patrones de bits en sintaxis abstracta. Este mecanismo permite la representación de los datos sin atenerse a las semánticas. ASN.1 ha sido publicada por el CCITT como las normas X.208 y X.209.

Conclusiones

Nadie ignora los drásticos cambios económicos, sociales y políticos que está experimentando el país en nuestros días. En este entorno no hay empresa ni institución que no esté enfrentada al reto de la modernización. Indiscutiblemente, la informática está destinada a cumplir un papel preponderante en este proceso; y un elemento clave en la contribución de la misma al proceso de modernización empresarial es la **ingeniería de software**.

En el sector teleinformático, el interés se centra en torno a la **ingeniería de software de comunicaciones orientada por objetos**. Por ende, ésta consti-

tuye una de las directrices que orientan el trabajo de investigación y desarrollo de la **línea de investigación en administración de redes**. No obstante, aceptar el reto implica asegurar primero las condiciones institucionales de infraestructura técnica y humana para la obtención de productos de software altamente competitivos.

Lo anterior significa que es necesario acometer el desarrollo de software de comunicaciones, de manera altamente automatizada. Los esfuerzos en esta dirección son conocidos en los Estados Unidos y el Lejano Oriente como **Computer-Aided Software Engineering (CASE)** e **Integrated Programming Support Environment (IPSE)** en Europa, y comprenden serios intentos por proporcionar herramientas que reduzcan el trabajo manual en los proyectos de desarrollo de software.

Además de minimizar la labor del desarrollo de software, CASE busca mejorar su calidad y confiabilidad. Pero los beneficios de esta tecnología sólo podrán alcanzarse mediante la preparación y el entrenamiento. Las herramientas CASE están diseñadas para soportar la metodología (un paradigma de la ingeniería de software, tal como la orientación a objetos) que el usuario prefiera. Las herramientas no son una metodología y de por sí no pueden imponerse. Entonces, será el **Plan de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital**, el eje directriz que permita confrontar las herramientas CASE a la luz de las metodologías que se deseen utilizar, en pos de sus metas estratégicas. □

REFERENCIAS

* OSI Network Management Forum-Object Specification Framework, FORUM 003, issue 1, Sept. 1989.

** OSI/Network Management Forum-Forum Library of Object Classes, Name Bindings, and attributes. Forum, 006, issue 1.1, June 1990.

□ Ingeniero de sistemas, Universidad Distrital. Representante estudiantil del Postgrado en Teleinformática al Consejo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital. Miembro del Grupo de Investigación en Administración de Redes.

