

Integración de Inteligencia en la MIB del Modelo OSI para la gestión de Redes de Telecomunicaciones.

Antonio Martín, Carlos León and Alejandro López
Technology Electronic Department
University of Sevilla
Avda Reina Mercedes s/n Sevilla, Spain
E-mail: {toni, cleon}@us.es

Abstract La Gestión de red se define como el conjunto de actividades dedicadas al control y vigilancia de los recursos existentes en las redes de telecomunicaciones. En los complejos sistemas actuales, es necesario realizar una gestión de la red asistida por un software avanzado. La Inteligencia Artificial se incorpora a la gestión de las redes, con el fin de facilitar labores de administración y control de toda la información que proviene de los recursos gestionados, dando origen a la Gestión Inteligente de las Redes. Este nuevo paradigma, proporciona a los sistemas de gestión de un mayor grado de cohesión con las tecnologías de comunicaciones actuales, a la vez de disponer de todas las posibilidades y ventajas aportadas por la Inteligencia Artificial. Nuestro estudio tiene como objetivo perfeccionar las técnicas actuales de gestión. Para ello se establecen mecanismos que permiten una mayor correlación entre las especificaciones de la red y las aplicaciones que efectúan el tratamiento de la información de gestión. Presentamos una nueva concepción denominada “Gestión Inteligente Integrada” y una extensión del modelo de gestión OSI, que contempla la inclusión del conocimiento de gestión, en las propias especificaciones de los objetos gestionados. Este modelo consigue reunir conceptos que actualmente pertenecen a distintos ámbitos de estudio, la Inteligencia Artificial y la Información de Gestión del sistema. De esta forma se obtiene una solución global, que permite a los administradores de redes utilizar la potencia aportada por la Inteligencia Artificial, en particular de los Sistemas Expertos, de una forma sencilla y transparente.

Keywords: Sistemas Expertos, TMN, Conocimiento Integrado, OSI, Reglas Expertas, Gestión de redes.

1 Introduction

Las redes de comunicaciones han crecido fuertemente en los últimos años para satisfacer las exigencias de calidad y máximo rendimiento durante el mayor tiempo posible. El principal objetivo de la gestión es garantizar un nivel de servicio en los recursos gestionados con el mínimo coste. Actualmente los estándares de gestión tradicionales no están dotados de las características necesarias para efectuar una administración eficiente de los complejos sistemas telemáticos modernos. Es necesario desarrollar modelos de control y supervisión que ofrezcan mayores posibilidades, por ello presentamos una propuesta denominada sistemas inteligentes de Gestión Integrada. Este nuevo modelo, contiene aspectos claramente diferenciadores a las técnicas de gestión habituales, que hacen uso por separado de los sistemas expertos y de las plataformas de gestión. En nuestro trabajo proponemos una aproximación original a la gestión de redes, en la cual el sistema experto queda completamente integrado en la plataforma de gestión.

Aunque existen diferentes trabajos y propuestas realizadas en la línea de la gestión con agentes inteligentes [1], [2], [3], [4]; sistemas de soporte inteligentes [5], [6], [7]; y la integración de expertos [8], [9], [10], el estudio que aquí presentamos cubre facetas y aspectos no recogidos de manera completa en estos trabajos. El objetivo y contribución principal de nuestra investigación, es proveer de un método general y sistemático, que permita a un gestor OSI (Open System Interconnection) contener las reglas expertas necesarias para realizar su propia administración y control. Las reglas expertas definidas, representan la base de conocimiento del sistema experto, recogen las acciones y condiciones bajo las cuales se efectúan las correspondientes operaciones de gestión.

Concretamente, las reglas expertas de gestión que componen la base de conocimientos del sistema experto, se fusionan con la definición de los elementos que conforman la red de comunicaciones. Cada una de estas definiciones contiene las especificaciones de los recursos que componen el sistema de información y el conjunto de reglas expertas que posibilitan su control inteligente.

Para que esto sea posible, es fundamental explotar las capacidades que tienen los modelos de información de gestión. En particular, en el modelo de gestión OSI, la norma GDMO (Guidelines for Definition of Management Objects) especifica propiedades y características, que facilitan la inclusión de las reglas expertas de gestión como parte de las definiciones de recursos gestionados. De esta forma, los gestores de red inteligentes pueden interpretar las reglas aportadas por el sistema experto y realizar un tratamiento inteligente integro de la información de gestión.

El trabajo que presentamos propone la “Integración de Reglas Expertas en los Modelos Normalizados para la Descripción de la Estructura de la MIB”, y consta de los siguientes apartados. En la sección primera se analizan los modelos actuales de gestión, su evolución y aplicación de los sistemas inteligentes en la gestión de redes. A continuación presentamos una evolución en la gestión los modelos de gestión de comunicaciones actuales, se propone la normalización de la base de conocimiento de gestión necesario para administrar los recursos existentes en las redes, con independencia del fabricante del recurso gestionado. Para ello, se realiza una normalización sintácticamente uniforme de la inteligencia aplicada a la gestión y aportada por los expertos en el dominio. En la sección VII y en aras de manifestar la viabilidad de nuestra propuesta, realizaremos una aplicación práctica de la misma. Por último se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2 Los Modelos de Gestión de Redes Actuales

Actualmente existen tres modelos principales definidos por organismos internacionales de normalización, Figura 1.

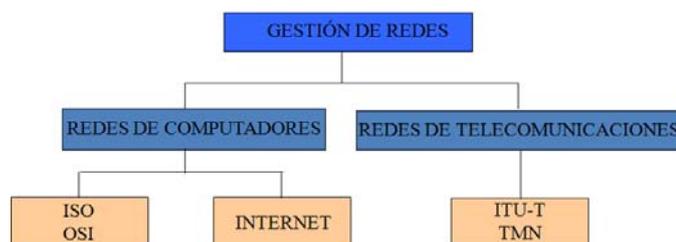


Figura 1 Modelos de Gestión de Redes

- Gestión de red OSI: Definido por el International Standarization Organization, (ISO), con el objetivo de gestionar los recursos de la torre de comunicaciones de OSI [11]. Para el desarrollo de nuestra propuesta utilizamos el modelo de gestión OSI.
- Gestión Internet: Definido por la Internet Society para gestionar los elementos de comunicaciones de las redes TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) [12].
- Arquitectura TMN (Telecommunication Management Network): Definida por ITU-T (International Telecommunication Union) [13]. Más que un modelo de gestión, lo que define es una estructura de red de gestión, basada en modelos de más bajo nivel. La idea clave de TMN es que la gestión no se va a llevar a cabo por un único sistema de operación, sino por un conjunto de estos sistemas interconectados a los elementos gestionados mediante una red.

3 El Modelo OSI de Gestión de Redes

El modelo de gestión OSI ofrece un entorno favorable para nuestra proposición de diseño de una plataforma de gestión experta integrada. Contiene una arquitectura y unas características óptimas de diseño que permiten la integración de la base de conocimiento, en las propias definiciones de los elementos que conforman el sistema gobernado. La gestión de sistemas OSI se basa en el uso de protocolos del nivel de aplicación para el intercambio de información de gestión, según el paradigma Gestor-Agente. Hoy en día los conceptos de gestión encerrados en dicho modelo, tienen plena vigencia y son la base para la comprensión de otras soluciones de gestión [14]. Está compuesto por tres partes fundamentales, Figura 2:



Figura 2 Partes del modelo de gestión.

- Modelo funcional: Define las funciones de gestión que proporcionan servicios básicos a las aplicaciones de gestión. Ejemplos de dichas funciones son la gestión de estados del sistema, monitorización de carga, informes de alarmas, control de registros, etc.
- Modelo de Comunicaciones. En el caso de la gestión de sistemas OSI el elemento principal es el CMIP (Common Management Information Protocol) [15]. CMIP es un protocolo orientado a conexión que está situado en el nivel de aplicación de la torre OSI.
- Modelo de Información: Describe toda la información necesaria para la gestión. En este apartado del modelo es donde centramos nuestro estudio. Dentro del modelo de información OSI vamos a incluir el conocimiento experto necesario para la gestión de los sistemas de telecomunicaciones [16].

3.1 Modelo General de la MIB.

Elemento fundamental de cualquier sistema de gestión de red, es la base de datos que contiene información acerca de los recursos y los elementos que van a ser gestionados. En la gestión de sistemas OSI, esta base de datos se denomina Management Information Base (MIB) y la estructura general con la cual se puede definir y construir se denomina Structure of Management Information (SMI). La SMI identifica los tipos de datos que pueden ser usados en la MIB, así como la forma de representar y nombrar los recursos definidos [17].

La gestión de sistemas OSI reposa muy fuertemente en los conceptos de diseño orientado a objetos, en donde cada recurso monitorizado y controlado por los sistemas de gestión OSI se representa mediante un objeto gestionado. La MIB entonces, se constituye en una colección estructurada de tales objetos. Un objeto gestionado, se define como la abstracción de recursos de comunicación o de procesamiento de información, con el propósito de su gestión. Este objeto se podría equiparar a una esfera opaca que rodea al recurso real y que permite la comunicación de éste último con el mundo real únicamente a través de una interfaz. Un objeto gestionado puede intercambiar información y operaciones de gestión, y devolver el resultado de dichas operaciones y notificaciones. El protocolo de gestión no opera de forma directa con el objeto gestionado, sino que lo hace a través de la MIB.

Un objeto gestionado se define a partir de un recurso, ya sea hardware o software que una organización desea monitorizar y/o controlar. Los recursos hardware pueden ser switches, estaciones de trabajo, PBXs, LANs, tarjetas de puertos o multiplexores, y los recursos software podrían ser programas de consulta, algoritmos de enrutamiento o rutinas de gestión de memoria. La MIB contiene/refleja al objeto correspondiente. En el modelo de gestión OSI, el lenguaje utilizado para la definición de los objetos gestionados es el GDMO [18], que estudiaremos en los siguientes apartados.

4 Integración del Conocimiento de Gestión

En los modelos de gestión experta tradicionales, el sistema experto es tratado como un elemento independiente de la plataforma de gestión. El conocimiento experto de gestión está claramente separado de la plataforma de gestión. Existe una frontera definida entre el conocimiento aportado por el sistema experto y la plataforma encargada de la aplicación de dicho conocimiento en la administración y control de las redes, pudiéndose considerar, incluso a cada uno por separado, Figura 3.

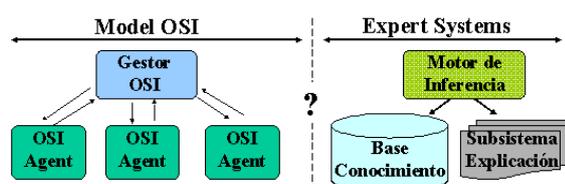


Figura 3. Independencia de los Objetos y Gestión Experta

Esta ruptura, hace que los estándares de gestión tradicionales carezcan de las características necesarias para efectuar una administración eficiente del conocimiento experto de gestión. Es necesario desarrollar modelos de control y supervisión que ofrezcan mayores posibilidades. En este sentido se propone la normalización e integración de la base de conocimiento de gestión, dentro de la definición de los recursos de la propia red. El objetivo es conseguir una definición sintácticamente uniforme de todo el conocimiento de gestión aportado por los expertos, con independencia del fabricante de los recursos. Esto plantea un gran trabajo, pues es necesario realizar una definición de las reglas expertas de gestión de todos los recursos de comunicación existentes, y plantear la definición de la información experta de gestión de los recursos como una tarea más en el diseño de los nuevos elementos. Surge un nuevo concepto denominado Sistemas de Gestión Experta Integrada, para lo cual es necesario previamente lograr normalizar el conocimiento de gestión.

4.1 Ventajas de la Integración.

La motivación principal es proporcionar a los sistemas de gestión un mayor grado de integración con las tecnologías de comunicaciones actuales, a la vez de disponer de todas las posibilidades y mejoras aportadas por la inteligencia artificial. Facilitando además una gestión mucho más eficiente de los recursos presentes en los grandes sistemas telemáticos. Entre otros, la integración del conocimiento de gestión aporta los siguientes beneficios:

- Abstracción de los usuarios, de la plataforma de gestión. Respecto a la configuración y reglas expertas de gestión pertenecientes al sistema experto. No es necesario poseer conocimientos para la construcción y desarrollo de sistemas expertos.
- Compatibilidad entre las distintas plataformas de gestión. Integración del sistema experto en la norma ISO 10165-4/ITU-T X.722, que hace referencia a GDMO. Los estándares serán más rigurosos, fortaleciendo el grado de coexistencia y entendimiento entre las distintas plataformas y los modelos de gestión.
- Facilidad de reutilización de las definiciones y especificaciones existentes en el estándar. Mediante los mecanismos de herencia, propio de los lenguajes orientados a objetos, como es el caso de la sintaxis GDMO, proporciona un marco perfecto para la reutilización de las clases y las reglas expertas de gestión definidas en éstas. El encapsulamiento y la modularidad permiten utilizar una y otra vez las mismas clases, en dominios de gestión distintos.
- Agilidad para la definición y realización de nuevas plataformas de gestión experta. Se afianza la compatibilidad entre las distintas plataformas de gestión, a la vez que facilitan la comunicación y el trabajo conjunto entre ellas.
- Estandarización de las nuevas reglas expertas. Por parte de un organismo de normalización como es ISO. Esto asegura la correcta integración de las definiciones de las reglas expertas de gestión, en las especificaciones de los elementos sobre los que actúan.

De forma general nuestra propuesta posibilita a los administradores de redes utilizar la potencia aportada por la Inteligencia Artificial y en particular de los Sistemas Expertos, de una forma sencilla y transparente.

4.2 Problemática de la Gestión Inteligente Integrada.

Todas estas ventajas de la gestión integrada inteligente, tienen en contrapartida un gran esfuerzo en el momento del diseño de las especificaciones de los objetos gestionados con el conocimiento integrado. Las nuevas especificaciones contienen detalles referentes a las propiedades del recurso que representan y las declaraciones correspondientes al conocimiento que lo gestiona. A medida que se profundiza en el tema, se constata que este nuevo argumento no está exento de objeciones y cuenta con dificultades propias. Las cuestiones básicas que se plantean son las siguientes:

1. Cómo formular, describir, descomponer y asignar el conocimiento entre los distintos agentes inteligentes definidos en GDMO.
2. Cómo capacitar a los distintos objetos para que se comuniquen el conocimiento e interactúen, que lenguaje de comunicación o protocolos deben utilizarse, cuando deben comunicarse, etc.
3. Cómo asegurar que los objetos actúan coherentemente al tomar decisiones o realizar acciones, acomodar los resultados de las decisiones locales y prevenir efectos no deseados.
4. Cómo capacitar a los objetos para representar y razonar sobre las acciones, planes y conocimiento de otros objetos, así como la coordinación de resultados.

Por todo ello se plantea una extensión de la norma GDMO que define la estructura y las relaciones existentes entre los distintos tipos de objetos gestionados.

5 Definición de los Objetos Gestionados

GDMO realiza una amplia exposición de los principios básicos para la definición de los objetos gestionados, que sirven de orientación a quienes realizan la especificación de dichos objetos, así como favorecer la coherencia entre las definiciones que de ellos se establecen [19]. El lenguaje GDMO proporciona normas útiles para definir los recursos pertenecientes a una red de comunicaciones y la información relacionada con su gestión. Define las normas para el diseño de las MIBs, como es el agrupamiento de datos, utilización de la herencia y definición de relaciones entre clases, etc. Para definir cada arquetipo de información, se hace uso de unas macros o plantillas. Actualmente la norma está compuesta por las siguientes nueve plantillas [20]:

- Clase de Objeto Gestionado: Esta plantilla representa el nivel principal y se emplea para definir un tipo de objeto gestionado. Cada clase define un conjunto de objetos gestionados que comparten los mismos atributos, notificaciones, operaciones de gestión y que participan de las mismas condiciones en presencia de estas operaciones.
- Paquete: Se usa para definir un paquete que agrupa combinaciones de propiedades. Estas características podrán ser posteriormente incluidas en una o varias clases de objetos gestionados.
- Atributo: Son las propiedades más importantes de cuantas se definen en las clases. Caracterizan las cualidades presentes en los objetos gestionados y su estado actual.
- Grupo de Atributos: Define dos o más atributos que pueden ser tratados de forma conjunta. Estas agrupaciones son útiles en situaciones en las que es necesario utilizar una colección de atributos que tienen características comunes.
- Acción: Mecanismo por el cual un gestor pide a un objeto gestionado que realice una función de gestión. Para ello se utilizan parámetros definidos por el CMIP.
- Notificación: Mecanismo por el cual el objeto gestionado informa autónomamente de eventos relacionados con el objeto gestionado a través del protocolo CMIP.
- Parámetros: Permiten el traspaso de información entre los distintos elementos gestionados.
- Enlace de Nombres: Los recursos que se modelan como objetos gestionados deben reflejar todas las posibles características existentes en ellos. Sea por ejemplo un multiplexor que puede tener más de una interface, que a su vez puede tener varios puertos. Para reflejar esta peculiaridad es necesario utilizar esta relación que crea una vinculación de nombres, que permiten crear instancias particulares de una clase determinada y definir jerarquías de contenido.
- Comportamiento: Usada para describir el comportamiento esperado para una o más operaciones soportadas por una clase de objeto gestionado.

5.1 Extensión de la Norma GDMO.

Se observa que ninguno de los elementos que actualmente conforman el estándar GDMO hace referencia a la base de conocimiento del sistema experto. Este conocimiento es el que soporta la administración de la red y que sistemáticamente va a permitir facilitar la gestión de los recursos definidos en la misma. En las distintas plantillas que conforman GDMO, no hay un constructor que permita manipular las operaciones de supervisión y control, tan necesarias para la correcta administración de un sistema de comunicaciones. Por este motivo, proponemos una ampliación de la norma GDMO, y añadimos una nueva macro denominada Rule. Esta nueva plantilla va a permitir la integración de la base de conocimiento de gestión, en la propia MIB, Figura 4.

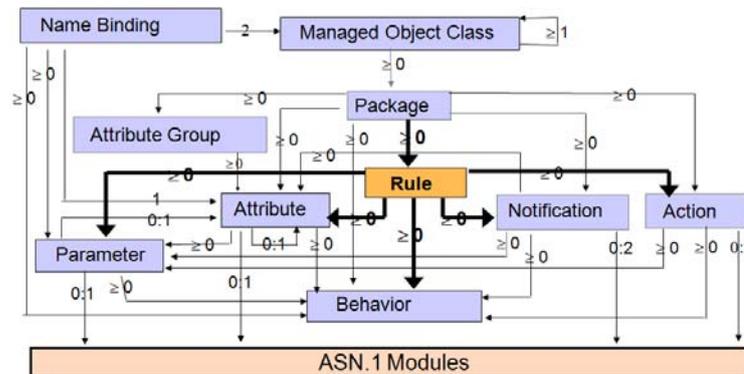


Figura 4. Relaciones entre las Plantillas GDMO+

El estándar propuesto que surge como consecuencia de la incorporación de la singular plantilla Rule y las relaciones de esta nueva plantilla con las demás plantillas del estándar, sugerimos se denomine GDMO Extendido y lo denotaremos como GDMO+. Observar que la plantilla Rule se incluye en una clase de objeto gestionado, a través de la relación establecida con la plantilla de paquete.

5.2 Plantilla de Clase de Objeto Gestionado.

Esta plantilla permite representar una visión conceptual de los diferentes recursos físicos y lógicos sometidos a gestión. Incluyen aspectos relevantes para la gestión de los recursos reales existentes en una red. La estructura general de la plantilla es la siguiente:

```

<class-label> MANAGED OBJECT CLASS
[DERIVED FROM <class-label> [,<class-label>]*;]
[CHARACTERIZED BY <package-label> [,<package-label>]*;]
[CONDITIONAL PACKAGES
  <package-label> PRESENT IF condition;
  ,<package-label>] PRESENT IF condition]*;]
REGISTERED AS object-identifier;

```

Los elementos principales que conforman la plantilla son los siguientes:

- Un encabezado formado por una etiqueta de plantilla <class-label>, que especifica el nombre del objeto gestionado GDMO y el identificador de plantilla, en este caso la plantilla de clase de objeto gestionado.
- DERIVED FROM: Especifica la lista de superclases de la cual deriva el objeto. Cuando existen varias superclases, se denomina herencia múltiple.
- CHARACTERIZED BY: Incorpora los paquetes obligatorios que definen las características básicas del objeto gestionado.
- CONDITIONAL PACKAGE: Contiene los paquetes condicionales que podrán incluirse o no en una clase determinada, en función de ciertos factores condicionales.
- REGISTERED AS identificador de objeto: Define la identidad única del tipo de objeto gestionado definido. El identificador es utilizado por el protocolo de gestión, para referenciar de forma única a una clase de objeto gestionado determinada. Es una cláusula obligatoria.

5.3 Plantilla de Paquete.

Agrupar combinaciones de comportamientos, atributos, grupos de atributos, operaciones, notificaciones, parámetros y la nueva propiedad RULES. La descripción formal de la nueva plantilla de paquete en el estándar GDMO+ es la siguiente:

```

<etiqueta-paquete> PACKAGE
[BEHAVIOUR <etiqueta-definición-comportamiento>
  [,<etiqueta-definición-comportamiento>]*;]
[ATTRIBUTES <etiqueta-atributo> propertylist [<etiqueta-parámetro>]*
  [,<etiqueta-atributo> propertylist [<etiqueta-parámetro>]*]*;]
[ATTRIBUTE GROUPS <etiqueta-grupo> [<etiqueta-atributo>]*
  [,<etiqueta-grupo> [<etiqueta-atributo>]*]*;]
[ACTIONS <etiqueta-acción> [<etiqueta-parámetro>]*
  [,<etiqueta-acción> [<etiqueta-parámetro>]*]*;]
[NOTIFICATIONS <etiqueta-notificación> [<etiqueta-parámetro>]*
  [,<etiqueta-notificación> [<etiqueta-parámetro>]*]*;]
[RULES <etiqueta-regla> [,<etiqueta-regla> ]*];]
[REGISTERED AS identificador-objeto];

```

Los paquetes siguen conservando los mismos aspectos de usabilidad e inclusión, que en la norma GDMO originaria, con la única salvedad de la incorporación de la nueva propiedad Rules. Todas estas propiedades

definidas en los paquetes, podrán posteriormente ser incluidas en una Clase de Objetos Gestionados determinada. Un mismo paquete, puede ser referenciado por más de una de Clase de Objeto Gestionado, lo que implica que una misma regla experta de gestión puede ser incluida en más de una clase de objeto gestionado. Como el resto de propiedades definidas en un paquete, la propiedad RULES posee una plantilla asociada.

6 Arquetipo para la Integración del Conocimiento

Esta nueva plantilla es la principal aportación y pieza clave de nuestra propuesta, permite definir cada una de las reglas expertas asociadas a un objeto gestionado. Dota a las clases de objetos gestionados de las propiedades correspondientes, para proveer del conocimiento específico a un dominio de gestión concreto. En la siguiente Figura 5 se observan los elementos principales de la nueva plantilla:

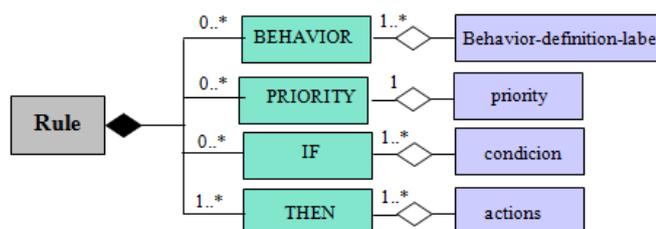


Figura 5. Componentes de la plantilla RULE

Cada uno de los elementos que conforman la plantilla RULE, son importantes para el correcto funcionamiento del motor de inferencia del sistema experto. Son útiles para efectuar la activación y el disparo de las reglas expertas. La estructura formal de la plantilla RULE es la siguiente:

```

<rule-label> RULE
  [BEHAVIOUR <etiqueta-definición-comportamiento>
    [, <etiqueta-definición-comportamiento>]*;]
  [PRIORITY <prioridad> ;]
  [IF      condición [,condición]*]
  [THEN   acción [, acción]*] ;
REGISTERED AS identificado-objeto;
    
```

Al igual que en las demás plantillas de la norma el primer elemento que aparece es el encabezado, compuesto a su vez por dos apartados: <Rule-Label>, que contiene un nombre único asignado a cada regla experta de gestión y la palabra clave RULE, que denota el tipo de plantilla utilizada.

- BEHAVIOUR: Define la conducta de cada una de las reglas expertas.
- PRIORITY: Valor numérico asociado a una regla, indica la importancia de la regla y por tanto la prioridad con que debe ejecutarse.
- IF: Contiene el antecedente de la regla, las condiciones impuestas para que las acciones se ejecuten. Una regla es una expresión del tipo: “Si el antecedente es cierto para los hechos almacenados en la lista de hechos, entonces pueden realizarse las acciones especificadas en el consecuente”. Para todo conjunto de acciones asociadas a una regla, existen unos requisitos previos a la ejecución que deben ser cumplidos.
- THEN: Esta sección hace referencia al consecuente de la regla, las operaciones, instrucciones, desarrollos, etc., que se realizan en caso de disparo de la regla. Las acciones son las respuestas de gestión que se emprenden cuando los eventos (notificaciones) emitidos por los recursos del sistema gestionado verifican los requerimientos impuestos por la regla de gestión asociada. Las acciones emiten conclusiones desde el motor de inferencia del sistema experto y la lista de operaciones de gestión que se ejecutan cuando la regla se dispara.

6.1 Herencia de Reglas Expertas.

La derivación entre clases proporciona la reutilización efectiva de las especificaciones de la clase base. Si se tiene una clase base totalmente depurada, la herencia ayuda a reutilizar las definiciones en una nueva clase. No es imprescindible conocer las especificaciones que las definen, únicamente entender su cometido. El objeto gestionado es tratado como una caja negra, de la que se heredan todas sus propiedades. La clase que hereda las

propiedades de la clase base, puede definir sus propias características de tipo de objeto, entre ellas la incorporación de nuevas reglas expertas de gestión.

La ubicación de una clase en la jerarquía de herencias de las Clases de Objetos Gestionados, viene dada por medio de las referencias a las superclases. La plantilla de clase de objeto gestionado en el estándar GDMO extendido, utiliza el constructor DERIVED FROM para la incorporación de características propias de una superclase, en las subclases de objetos. La forma en que GDMO resuelve las herencias de reglas es el siguiente: “Las reglas expertas de gestión, junto con todas las propiedades comunes a un conjunto de clases se agregan en un paquete. A continuación, el paquete se incluye en la clase base, de la cual todas las subclases heredarán las reglas”. En este caso la claseB contiene las reglas expertas definidas en la propia clase, más las heredadas desde la claseA, Figura 6.

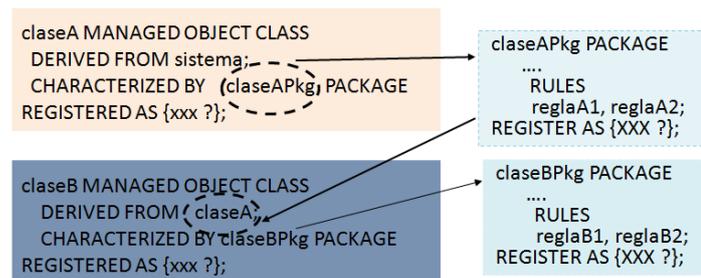


Figura 6. Herencia de Reglas entre Clases de Objetos gestionados

7 Prototipo y Aplicación en un sistema Real

Actualmente los sistemas expertos se aplican a una gran diversidad de campos y/o áreas de gestión de redes. ISO realiza una clasificación en cinco áreas funcionales de aplicación [21]: Gestión de Configuración, Gestión de Prestaciones, Gestión de Seguridad, Gestión de Fallos y Gestión de Contabilidad. A fin de demostrar la viabilidad de nuestra propuesta, se procede al estudio y modelado de un sistema experto integrado para la gestión de fallos en una red de comunicaciones [22]. Concretamente el sistema de comunicaciones empleado para efectuar el paradigma de plataforma de gestión inteligente integrada, pertenece a la Compañía Eléctrica Endesa (CEE). Esta compañía dispone actualmente de un sistema experto desarrollado por el Departamento de Tecnología Electrónica y dedicado a la gestión de su red de radioenlaces. Nuestro objetivo se centra en la integración de dicho sistema experto, en las especificaciones GDMO+ de los recursos que conforma dicha red. Las especificaciones de los recursos empleados y la base de conocimiento utilizada para su gestión, se funcionan en unas mismas especificaciones. Para conseguir este objetivo se utiliza la sintaxis y las prescripciones planteadas en el estándar GDMO+.

En la actualidad la red se gestiona mediante el sistema experto ManageNET, que forma parte de la plataforma de gestión que administra la red. Nosotros proporcionamos una nueva versión denominada ManageNET+, que ofrece una visión distinta del sistema de gestión existente. ManageNET+ es el primer sistema experto integrado dentro de las especificaciones de los objetos gestionados y utiliza para ello la sintaxis GDMO+. Las guías propuestas en GDMO+, permiten incluir todas las reglas expertas dentro de las definiciones de los recursos gestionados de la red de radioenlaces. Dichas especificaciones, contienen la información correspondiente a los recursos que conforman la red de radioenlaces y el conocimiento de gestión del sistema experto ManageNET, Figura 7.

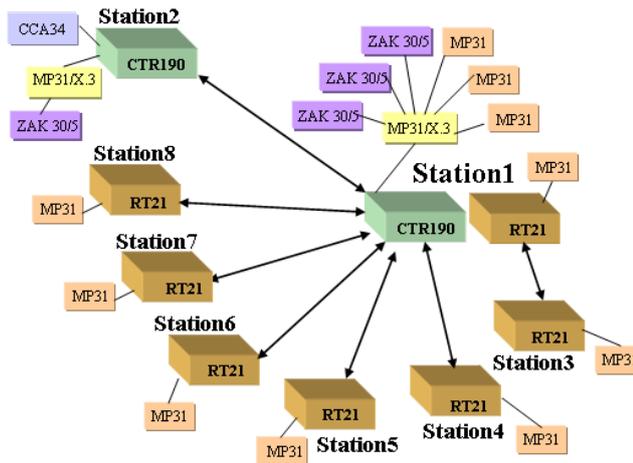


Figura 7. Entorno de pruebas y arquitectura física de la red de gestión

La mayoría de tráfico interurbano de CEE, se controla con un sistema de comunicaciones constituido por radioenlaces. Para la gestión de las operaciones de los equipos de transmisión de dicha subred de radioenlaces se utiliza el Sistema de Supervisión de Comunicaciones (SSC). El sistema monitoriza, en tiempo real, los principales parámetros de la red con objeto de conseguir una operación óptima de la misma. Los equipos de comunicaciones de la subred de radioenlaces, por sí solos tienen muy limitadas sus capacidades de gestión remota. La mayoría de estos equipos suministran información de su estado tanto con indicadores luminosos, como con salidas digitales. Por ello, se ha requerido instalar un sistema SCADA, constituido por un centro de control, instalado en la planta ático del edificio central de la compañía y un conjunto de remotas (RTU, Remote Terminal Unit), instaladas en las subestaciones repetidoras. Este sistema registra los parámetros de funcionamiento de los distintos equipos y envía dicha información al SSC por requerimiento de éste, Figura 8.

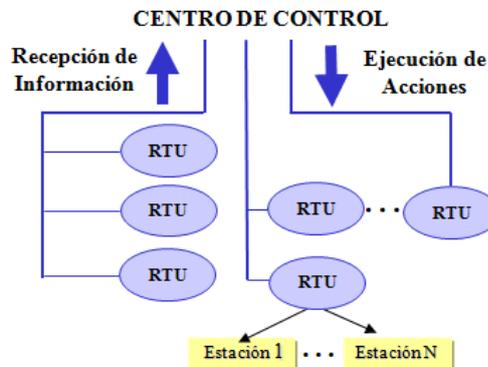


Figura 8. Sistema de Supervisión de Comunicaciones

Los equipos de la red suministran señales digitales que permiten monitorizar determinadas anomalías en el funcionamiento del equipo [23]: Fallo de alimentación, Tasa excesiva de errores, Pérdida de señal, Fallo de sincronización, Alarma externa o interna de señalización, Alarma indirecta de señalización, etc. La comunicación entre el SSC y las RTU's se realizan utilizando el protocolo TELETRANSA. El SSC solicitará las medidas analógicas, estados digitales e incidencias registradas por las distintas estaciones remotas. Las RTU's asimismo podrán enviar al SSC mensajes de órdenes, útiles para la gestión de los distintos recursos.

7.1 Arquitectura del Sistema.

La herramienta desarrollada se compone de tres elementos principales: El motor de inferencia, la base de conocimiento que representa el conocimiento almacenado sobre el dominio de aplicación y la interfaz de usuario que controla el motor de inferencia y los mensajes de entrada/salida, Figura 9.

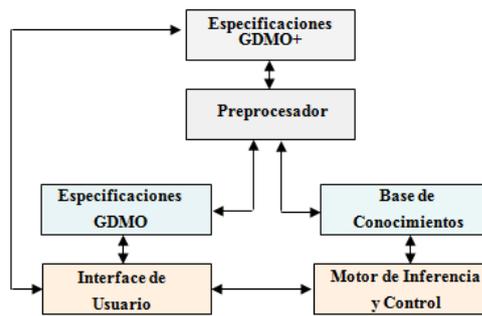


Figura 9. Diagrama de Bloques del Sistema Prototipo

- El Motor de Inferencia es la unidad lógica encargada de extraer conclusiones de la base de conocimientos según un método fijo de solución, que se configura imitando el procedimiento humano. El procedimiento de inferencia en ManageNET+, consiste en buscar una regla o conjunto de reglas que permitan confirmar la hipótesis buscada [24]. Para ello, necesitará conocer el tipo de alarmas generadas, el equipo o equipos implicados, la fecha y hora en que se producen los eventos. Una vez obtenido estos datos, el motor de inferencia debe identificar el tipo de fallo, determinar su origen, analizar y diagnosticar el comportamiento de las estaciones afectadas y ejecutar las acciones de gestión correspondientes para su inmediata resolución.

En nuestro prototipo el motor de inferencia es el ART*Enterprise V.2, un shell de programación para construcción de sistemas expertos. Utilizando una herramienta de propósito general como es ART*Enterprise, evita complicaciones innecesarias en la implementación del sistema experto y permite centrar nuestro esfuerzo en el análisis y diseño del sistema de gestión. Además proporciona un producto final, con un grado aceptable de estandarización, de calidad y de portabilidad probada entre distintas plataformas de gestión.

- La Base de Conocimientos, una colección de reglas expertas que representa el conocimiento almacenado acerca del dominio de gestión, en nuestro caso la red de radioenlaces de la compañía CEE. La base de conocimiento contiene información estática y dinámica, el conocimiento acerca de los protocolos y errores comunes que se pueden producir en la red [25], como por ejemplo un error o caída de servicio producido en la conexión existente entre dos transceptores de radio. La base de reglas de nuestro sistema experto está compuesta aproximadamente por unas doscientas reglas expertas de gestión codificadas en ARTScript, el lenguaje de programación utilizado por ART*Enterprise. ARTScript posee las características apropiadas para permitir a un usuario neófito en el tema, codificar el conocimiento de forma fácil, sin necesidad de poseer conocimientos avanzados y utilizar mecanismos complicados de programación.

- La interfaz de usuario posibilita a los usuarios del sistema interoperar de forma eficiente con los mensajes y avisos de la plataforma de gestión. Contiene además un módulo para analizar, definir y modificar los archivos de especificaciones GDMO+, compuesto por conjunto de rutinas de entrada/salida y una interfaz de comandos que lo gestiona. Estos elementos permiten administrar e inspeccionar el sistema de forma interactiva. El administrador podrá examinar las definiciones GDMO+ de las clases de objetos gestionados, las reglas expertas y las propiedades que lo componen, de una forma fácil y rápida: Entre otras permite realizar operaciones de gestión de clases de objetos gestionados y Gestión de reglas expertas de gestión.

8 Reglas Expertas de Gestión

A continuación se muestra un paradigma de integración de reglas expertas de gestión. Para ello vamos a utilizar la definición de un objeto gestionado transceptor de radio perteneciente a la red de telecomunicaciones privada de la compañía eléctrica. En el ejemplo se observa la clase de objeto gestionado *radioTransceptorCTR190*, que define las propiedades de un objeto real transceptor de radio modelo CTR190.

```
radioTransceptorCTR190 MANAGED OBJECT CLASS
  DERIVED FROM "rec.X721":top;
  CHARACTERIZED BY radioTransceptorCTR190Package;
  REGISTERED AS {nm-MobjectClass 1};
```

La clase incluye el paquete obligatorio *radioTransceptorCTR190Package*, que contiene todas las propiedades y características del dispositivo:

```

radioTransceptorPackage PACKAGE
  ATTRIBUTES
    reception Power    GET,
    sense               GET,
    speedTransmission GET, ...
  NOTIFICATIONS
    damageFeeding, inferiorLimit, repairAction;
  RULES
    damageFrecuent,
    errorTransmission, ...
REGISTERED AS {nm-package 1};

```

Entre las distintas propiedades, merece una mención especial la que hace alusión a las reglas expertas de gestión, cláusula RULES. Esta propiedad permite incorporar el conocimiento de gestión correspondiente a tipo de objeto gestionado *radioTrasnceptorCTR190*, que representa el dispositivo real. Para la descripción de las reglas se emplea la plantilla RULE de la norma GDMO+ propuesta. Ambas reglas van a detectar anomalías o defectos de funcionamientos producidos en el transceptor y sugieren las medidas necesarias para resolver la excepción. Concretamente la primera de las reglas *damageFrecuent*, se encarga de detectar casos en los que se producen averías en la alimentación eléctrica del dispositivo.

```

damageFrecuent RULE
  BEHAVIOUR damageFrecuentBehaviour;
  PRIORITY 4;
  IF (?fecha ?hora ?local 7_F_ALIM_2 ?destino ALARMA)
    (NOT (?fecha ?hora ?local CCA?34_AIS_DE_BB ?destino ALARMA))
  THEN ("Grado de Severidad: 4"),
    ("Avería Asociada: Avería en fuente de alimentación 2 de CRT190/7,
    estación: " ?remota " o avería en alimentación de la fuente 2"),
    ("Recomendación: Revisar la fuente y/o su alimentación.");
REGISTERED AS {rule 1 3 6 5};

```

La segunda regla *transmissionError*, detecta anomalías producidas en el módulo de transmisión del equipo y ofrece las recomendaciones necesarias para su inmediata reparación.

```

transmissionError RULE
  BEHAVIOUR transmissionErrorBehaviour;
  PRIORITY 3;
  IF (?fecha ?hora ?local 7_TX_C2 ?destino ALARMA)
    (?fecha ?hora ?local 7_RX_C2 ?remota ALARMA
    & : (<(ABS(? ?h1 ?h2)) 1.00))
  THEN ("Grado de Severidad: 3"),
    ("Avería Asociada: Fallo en Canal2 del Módulo de transmisión, estación " ?remota),
    ("Recomendación: Revisar el transmisor CTR190/7.");
REGISTERED AS {rule 1 3 6 9};

```

Los recursos de la red de comunicaciones, emiten eventos, alarmas y hechos que describen el estado actual del sistema. El motor de inferencia controla la ejecución de las reglas analizando dichas alarmas. En este caso la regla *transmissionError* se ejecuta cuando se producen los hechos 3 y 4 de la relación siguiente:

```

...
(31/01 1100.200 stat1 CTR190/7_RX stat2 Alarm)           1
(31/01 1103.106 Mux3 EXT_FONIA MAD Alarm_Disappears)    2
(31/01 1122.168 stat1 7_TX_C2 stat2 Alarm)              3
(31/01 1134.169 stat1 7_RX_C2 stat2 Alarm)              4
(31/01 1134.122 stat4 CCA34C_C1C2 stat3 LOCAL_CHANEL_2) 5
(01/02 1034.135 Transc_1 SPU1_BER_1 BER Alarm)         6
...

```

9 Evaluación del Sistema Integrado

Una de las tareas más importantes y difíciles en el desarrollo de un sistema es comprobar si hemos desplegado el modelo correcto. Para ello se fijan una serie de criterios que sirven para decidir si el modelo supera la calidad deseada [26]. En nuestro prototipo hemos probado los distintos módulos y las interrelaciones entre ellos, hasta

comprobar el prototipo como un único sistema. Se han realizado una serie de test y pruebas controladas, que generan series de datos de salida, que posteriormente hemos analizado. Para ello se ha inyectado en la red de comunicaciones diferentes conjuntos de alarmas, y se ha ido comprobando el resultado que ofrece el sistema inteligente. Para cada conjunto de alarmas, se ha comprobado el número de incidentes que no necesitan tratamiento alguno, las alarmas que si necesitan de operaciones de gestión, el número de reglas que se han disparado para la resolución de cada uno de estas alarmas y finalmente el número total de alarmas producidas que necesitan de la intervención del operador del sistema, Tabla 1.

Tabla 1. Resultados test y pruebas realizadas

Alarmas Totales	Alarmas Filtradas	Alarmas Tratadas	Regla Ejecutadas	Tiempo Ejecución	Reglas /Sec.	Mensajes Operador
100	99	1	51	0,118 Sec.	432,2034	1
200	190	10	102	0,412 Sec.	247,5728	4
300	269	31	155	1,250 Sec.	124,0000	14
400	389	31	201	1,438 Sec.	139,7775	12
500	468	32	254	2,975 Sec.	85,3782	11
600	562	38	293	5,249 Sec.	55,8202	13
700	656	44	346	17,982 Sec.	19,2415	15
800	755	55	394	26,938 Sec.	14,6262	17

La siguiente Figura 10, contiene la representación de los resultados obtenidos durante los experimentos realizados en la red de radioenlace y las respuestas obtenidas del sistema inteligente integrado.

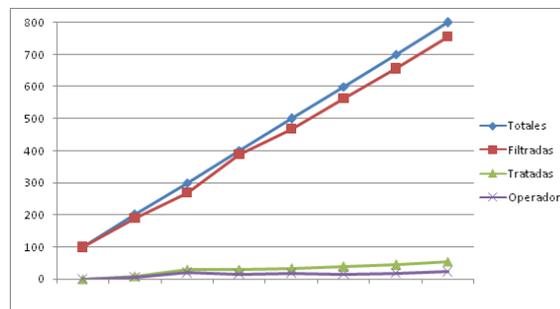


Figura 10. Eficiencia del Sistema

A partir de estos datos, podemos establecer que nuestro sistema con más de 200 reglas expertas integradas ha dado excelentes resultados. Podemos observar que del total de alarmas generadas en la red, el 94,1% se eliminan en una primera fase de filtrado, por tratarse de alarmas que no requieren procedimiento asociado. El resto de alarmas necesitan de un tratamiento por parte de la plataforma de gestión. El 64% de las alarmas que necesitan establecer un proceso de solución, se resuelven de forma autónoma por el sistema integrado de gestión, y únicamente el 36% presenta un mensaje de operación o necesita de la intervención humana.

10 Conclusiones y Desarrollos Futuros

En nuestro estudio hemos comprobado que los actuales métodos de gestión no son suficientes para llevar a cabo una gestión inteligente integrada en diferentes dominios de aplicación. Los objetos gestionados no son capaces de utilizar el conocimiento de gestión que aporta la base de conocimientos de los sistemas expertos asociados. Se observa la necesidad de definir nuevas estructuras para aquellos casos en que sea necesario expresar el conocimiento. Proponemos una solución que mejora la interoperabilidad, en lo que se refiere a los modelos de información de gestión y los sistemas expertos.

Nuestro trabajo aporta una contribución original para incluir las reglas expertas, dentro de las especificaciones de los elementos de la red. Planteamos un nuevo estándar denominado GDMO Extendido (GDMO+). Para ello es necesario adaptar las plantillas existentes en la norma GDMO actual, añadiendo una nueva propiedad denominada "RULES" y su plantilla asociada "RULE". En nuestro estudio se analizan los requisitos necesarios para llevar a cabo la integración de ambos aspectos y lograr una gestión inteligente integrada. Para formalizar la propuesta principal de nuestra investigación, surge el estándar GDMO Extendido, que incorpora las reglas expertas.

Asimismo realizamos un diseño conceptual de una arquitectura de gestión basada en el uso de GDMO Extendido, y analizamos su funcionamiento. Para ello hemos utilizado la red de telecomunicaciones perteneciente a una compañía del Sector Eléctrico. Hemos desarrollado el prototipo, siguiendo la sintaxis GDMO+: especificaciones que definen los objetos gestionados y las reglas expertas pertenecientes al Sistema Experto que gobierna la red de telecomunicaciones.

Como futuras líneas de investigación se propone la ampliación del tratamiento de la gestión a otras áreas funcionales de gestión como configuración, contabilidad, seguridad, etc. Mejora de la interfaz de usuario, para incorporar nuevas características. Integración de una base de datos suplementaria, administración de la información adicional sobre las alarmas y la correlación de eventos. Integración de regla expertas de gestión en el Modelo de Gestión Internet y por último la aplicación de otro tipo de representación del conocimiento y razonamiento, distinto a las reglas expertas.

Referencias

- [1] S. Yang & Y. Chang, An active and intelligent network management system with ontology-based and multi-agent techniques, *Expert Systems with Applications*, Volume 38, Issue 8, August 2011,
- [2] S. Chantaraskul & L. Cuthbert, L., An intelligent-agent approach for congestion management in 3G networks, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 21, Issue 4, June 2008.
- [3] D. Vallejo, J.J Castro-Schez, C. Glez-Morcillo & C. Jimenez. A multi-agent architecture for supporting distributed normality-based intelligent surveillance, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, March 2011,
- [4] N. Pradeep Ray, L. Parameswaran. Distributed autonomic management: An approach and experiment towards managing service-centric networks, *Journal of Network and Computer Applications*, Volume 33, Issue 6, *Advances on Agent-based Network Management*, November 2010.
- [5] Y. Lei, Z. He, & Y. Zi, Y. Application of an intelligent classification method to mechanical fault diagnosis, *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 6, August 2009.
- [6] G. Song, Y. He, F. Chu & Y. Gu, HYDES: A Web-based hydro turbine fault diagnosis system, *Expert Systems with Applications*, Volume 34, Issue 1, 2008.
- [7] H. Doukas, K.D: Patlitzianas, K. Iatropoulos & J. Psarras. Intelligent building energy management system using rule sets, *Building and Environment*, Volume 42, Issue 10, October 2007.
- [8] E. Oztemel & E. Tekez. A general framework of a Reference Model for Intelligent Integrated Manufacturing Systems (REMIMS), *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 22, Issue 6, *Artificial Intelligence Techniques for Supply Chain Management*, 2009
- [9] T. Shin, S. Chin, & S. Kwon. A service-oriented integrated information framework for RFID/WSN-based intelligent construction supply chain management, *Automation in Construction*, Volume 20, Issue 6, October 2011.
- [10] D. Tacconi, D. Miorandi, I. Carreras, F. Chiti. & R. Fantacci. Using wireless sensor networks to support intelligent transportation systems, *Ad Hoc Networks*, Volume 8, Issue 5, *Vehicular Networks*, July 2010,
- [11] ITU-T Recommendation X.700. Management Framework for Open Systems Interconnection (OSI). *CCITT Applications*. 1992.
- [12] M. Douglas & S. Mauro. *Essential SNMP*, 2nd Edition. O'Reilly.n. 2005.
- [13] ITU-T, Recommendation M.3400, TMN Management Functions. *Study Group IV*, 1996.
- [14] ISO/IEC, ITU-T. Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Systems Management Overview. *Standard 10040-2, Recommendation X.701*, 1998.

- [15] ITU-T Rec. X.711 Common Management Information Protocol (CMIP) *Specification*, 1997.
- [16] S.Y. Kuo, F.P. Liao K.L. and Chen, K.L. Network Management: Concepts and Practice. *A Hands-On Approach*, GoTop Book Corporation, Taipei, Taiwan, 2005.
- [17] C.W. Huang. Introduction to Communication Systems of Network Management, *Chinese Taipei Components Certification Board*, Taipei, Taiwan, 2008.
- [18] A. Clemm. Network Management Fundamentals. *Cisco Press*, 2006.
- [19] ISO/IEC DIS 10165-4 / ITU-T. Recommendation X.722, Information Technology - Part 4: Guidelines for the Definition of Managed Objects (GDMO). *International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee*, 1993.
- [20] N. Hebrawi. GDMO, Object modelling and definition for network management. *Technology appraisals*, 1995.
- [21] ITU-T Rec. M.3010, Principles for a Telecommunications Management Network (TMN). *Study Group IV*, 1996.
- [22] S. Liao. Expert system methodologies and applications – a decade review from 1995 to 2004, *Expert Systems with Applications*, 2005.
- [23] B. Premchand S. Krishna & B.R. Shenai. *Sensors and Sensor Network*. U.S. 1-50400 (D2008-48, 49, 50, 51 and 52). Oct 30 2008.
- [24] D. Baker, M. Nodine, R. Chadha & C.J. Chiang. Computing diagnostic explanations of network faults from monitoring data. *Proc. of IEEE Military Communication Conference*, CA, USA, pp. 1-7, 2008.
- [25] M. Negnevitsky. *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*. New York: Addison Wesley, 2002.
- [26] X. He, W. Chu & H. Yang.: A New Approach to Verify Rule-Based Systems Using Petri Nets. *Information and Software Technology* 45(10), 663 — 670, 2003.