



Por: Ing. Claudia González Villavicencio, Especialista en Organismos Internacionales y Colaboración Bilateral, DRIN, ETECSA; Ing. Chadi Nizar Mehdi, EXXON Telecom Company, VoIP y Servicios de información, y Dra.C. Ing. Caridad Anías Calderón, Departamento de Telecomunicaciones, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. claudia.glez@etecsa.cu; nm.chadi@gmail.com; cache@tesla.cujae.edu.cu

Resumen

En los últimos años la llamada Internet de los Objetos (IoT) ha atraído la atención de los expertos y, en la actualidad, comienza a tener una amplia aceptación como vía para la comunicación de objetos con el mundo real. Se ha demostrado que objetos heterogéneos interconectados entre sí han adquirido la capacidad de detección de otros objetos, de conocer las variaciones del entorno donde se encuentran y de comunicarse con las aplicaciones, por lo que una gestión eficaz de la IoT y de sus servicios es fundamental. Este artículo aborda la gestión de IoT y expone un estudio de caso que permite proponer una arquitectura de Gestión Basada en Web (WBEM).

Palabras clave: IoT, WBEM, Gestión de IoT, CIM, XML, Estudio de Caso

Abstract

Over the last years the so called Internet of Things has brought the attention of experts, and today it is starting to be widely accepted as a way for objects to communicate in the real world. It has been proved that interconnected heterogenic devices have acquired the ability of detecting other objects, of recognizing the variations in the environment around them and of communicating with applications, therefore it is essential an efficient management of the IoT and its services. This article approaches the IoT Management, which will be exposed in details through a case study hereby presented, that will allow to propose a structure of Web-Based Enterprise Management: WBEM.

Keywords: IoT, WBEM, IoT Management, CIM, XML, Case Study

Introducción

Hasta el momento, la Internet que conocemos ha estado orientada desde y hacia las personas, donde prácticamente la totalidad de la información contenida ha sido generada por los seres humanos empleando algún mecanismo de entrada de datos. Sin embargo, en la inminente Internet de los objetos —*Internet of the Things* (IoT)— los objetos son capaces de generar y consumir información, interactuando entre ellos [1].

El desarrollo acelerado que ha tenido Internet lo ha hecho avanzar un paso más allá, se han embebido transceptores móviles a pequeños circuitos con el fin de ser añadidos a objetos de la vida cotidiana [2]. La innovación técnica y dinámica en un número importante de campos como los objetos inteligentes, las tecnologías inalámbricas (wireless) entre ellas la identificación de radio frecuencia —*Radio Frequency Identification* (RFID)—, los sensores inalámbricos, la robótica, la miniaturización y la nanotecnología han sido cruciales para el desarrollo de la IoT.

La gestión de IoT es aún ineficiente pues el tipo que se prevé para esta red, la gestión autónoma, no se encuentra totalmente desarrollada. Esto hace que gestionar una red de objetos inteligentes con el objetivo de lograr mayor calidad, seguridad y flexibilidad sea un problema a resolver en la actualidad.

En este trabajo se escoge, entre los modelos integrados de gestión, la basada en Web —*Web-Based Enterprise Management* (WBEM)— para la gestión de IoT. Además, se resumen las características de este tipo y se profundiza en su empleo a través de un estudio de caso.

Modelos normalizados de gestión integrada

En la gestión integrada se normalizan el protocolo y la información de gestión. Como resultado del trabajo de los organismos internacionales de normalización existe un conjunto de modelos para la gestión integrada entre los que se encuentran: La arquitectura de red de gestión de las telecomunicaciones —*Telecommunications Management Network* (TMN)—, estándar desarrollado por la UIT; el modelo de interconexión de sistemas abiertos —*Open System Interconnection* (OSI)— de la Organización Internacional de Estandarización —*International Standardization Organization* (ISO)—; el modelo de gestión Internet, protocolo simple de gestión de red —*Simple Network Management Protocol* (SNMP), del Grupo especial de trabajo de ingeniería de Internet —*Internet Engineering Task Force* (IETF)— [3] y un conjunto de propuestas desarrolladas por el Grupo especial de trabajo de gestión distribuida —*Distributed Management Task Force* (DMTF)— de las que se han creado estándares tales como: DMI —*Desktop Management Interface*—, CIM —*Common Information Model*—, Gestión Empresarial Basada en Web (WBEM), ASF —*Advanced Systems Format*—, SMBIOS —*System Management BIOS*—, *Web Service Management* y otros.

Entre los estándares del DMTF se destaca WBEM, que integra las tecnologías de gestión con los estándares de Internet. Esta fue la escogida para la propuesta de gestión de IoT que se presenta dada su indudable capacidad de adaptación a los escenarios actuales. WBEM tiene capacidades para gestionar cualquier tipo de sistema operativo, redes, computadoras, dispositivos de hardware y aplicaciones de software implementados dentro de un entorno empresarial. Además, presenta una interfaz Web que permite simplificar la gestión de redes y reducir significativamente los costos, integrando el resto de los estándares de gestión.

Características de WBEM

En la definición de WBEM, el DMTF reutiliza las tecnologías aplicadas a la Web que demostraron tener buenos resultados: el protocolo de transferencia de hipertexto —*Hyper-Text Transfer Protocol* (HTTP) y el lenguaje de marcas extensibles —*eXtensible Markup Language* (XML)— que se emplean de manera conjunta para el intercambio de información. WBEM utiliza alternativamente *WS-Management* como mecanismo de acceso. Sin embargo, el mayor aporte de esta iniciativa es el modelo de información común —*Common Information Model* (CIM)— diseñado por el DMTF con el objetivo de modelar de forma común todos los recursos a gestionar. En este modelo se han especificado los esquemas CIM, que definen la información de gestión relacionada con los recursos, utilizando el lenguaje conocido como formato de objetos gestionados —*Managed Object Format* (MOF) [2].

En la figura 1 se muestran las relaciones que existen entre las tecnologías del estándar WBEM.

Protocolo CIM-XML

CIM-XML es el protocolo para el intercambio de la información CIM. Está compuesto por el modelo de información común (CIM), la codificación xmlCIM, un grupo de operaciones para la recuperación y manipulación

de datos CIM y la encapsulación HTTP [4]. El protocolo define todas las interacciones entre los clientes de gestión y la infraestructura de gestión mediante mensajes CIM, los cuales son paquetes de datos de solicitud o respuesta utilizados para el intercambio de información de gestión. Los mensajes CIM son de dos tipos: de operación, utilizados para invocar una operación y de exportación, empleados para comunicar una información sobre CIM [4].

El Modelo de Información Común (CIM)

Define la información en el ambiente WBEM para usuarios, aplicaciones, redes, sistemas y otros. Está compuesto por una especificación (memoria descriptiva) y un modelo. La especificación permite definir los detalles de la interoperabilidad con otros modelos de gestión, mientras que el modelo permite, a través de descripciones reales, la comprensión de los datos. El modelo se define a través del lenguaje de modelación unificado —*Unified Modelling Language* (UML)— que modela la representación gráfica de los objetos gestionados y las relaciones entre ellos, MOF que define la sintaxis de los objetos gestionados y XML que permite intercambiar los datos entre distintos sistemas de gestión.



Figura 1. Modelo de Gestión WBEM. (Fuente: [4]).

CIM es un modelo de información orientado a objeto que proporciona

un conjunto de clases con propiedades y asociaciones que brindan un marco conceptual adecuadamente concebido para organizar la información del entorno de gestión y describir los sistemas gestionados. CIM se estructura en tres capas: el modelo del núcleo, el modelo común y los esquemas de extensión.

La codificación CIM/XML

Permite representar clases e instancias CIM mediante elementos XML. Especifica la sintaxis y semántica de los mensajes que se intercambian en un ambiente cliente/servidor.

La información CIM puede ser representada dentro de XML de diferentes maneras. Para lograr mantener la interoperabilidad entre las distintas implementaciones CIM es un requisito la normalización de esta representación, lo que se define en dos documentos: la Representación de CIM en XML (DSP0201) [4] y la Definición de Tipo de Documento (DTD) (DSP0203).

Los requisitos que se aplican para la representación de los mensajes CIM en XML según las recomendaciones DSP0201 y DSP0203 son:

- ♦ Cada mensaje CIM debe estar completamente descrito en XML; esta integridad favorece que la información sea concisa.
- ♦ El conjunto de mensajes CIM debe proporcionar suficiente funcionalidad para permitir a las implementaciones de CIM comunicarse efectivamente con fines de gestión.
- ♦ El conjunto de mensajes de CIM se debe clasificar en los perfiles para dar cabida a una serie de implementaciones que varían acorde a los mensajes de un subconjunto. El número de perfiles de gestión se debe mantener lo más pequeño posible para fomentar la interoperabilidad [4].

Las operaciones CIM sobre HTTP

Definen el mecanismo de transporte de datos de gestión. Además, permiten encapsular la información de un equipo de red gestionado con SNMP, la de los recursos telefónicos gestionados con CMIP o la de computadoras gestionadas con DMI [5] hacia la aplicación cliente [6], [7].

Los siguientes criterios se aplican a la encapsulación en HTTP de los mensajes CIM:

- ♦ En el reconocimiento de sistemas instalando HTTP/1.0, el encapsulado está diseñado para apoyar tanto HTTP/1.0 y HTTP/1.1
- ♦ La encapsulación no introduce requisitos que entren en conflicto con los establecidos en HTTP/1.0 o HTTP/1.1.
- ♦ El uso del encapsulado debe ser sencillo sobre las actuales infraestructuras de HTTP.
- ♦ La encapsulación evita el uso de HTTP túnel o dirección URL, a favor de un mecanismo que permite a las infraestructuras de HTTP existentes controlar el contenido de forma segura.

WS-Management

Se emplea como una vía alternativa al mecanismo de transporte de datos de gestión CIM sobre HTTP.

WS-Management se basa en protocolos estándares de Internet tales como el protocolo de acceso simple a objeto —*Simple Object Access Protocol* (SOAP)—, XML y servicios Web. Fue desarrollado como un protocolo de gestión adecuado para todas las infraestructuras, sin limitarse solo a la gestión de escritorio o a la de instrumentación de un servidor.

WS-Management emplea un mecanismo de direccionamiento que define referencias a puntos finales de servicio Web. También define algunas cabeceras utilizadas en los mensajes SOAP.

SOAP es un protocolo basado en XML que permite la interacción entre varios dispositivos pues tiene la capacidad de transmitir información compleja. Los datos de SOAP pueden ser transmitidos a través de HTTP, SMTP y otros.

Arquitectura WBEM

La arquitectura del estándar WBEM, que se muestra en la figura 2, consta de los siguientes elementos: el CIMOM —*Object Manager CIM*—, los proveedores y los clientes, cuya descripción se ofrece a continuación.

CIMOM: es el elemento fundamental de WBEM. Es accedido por una aplicación cliente Web que monitorea y controla el dispositivo gestionado. Posee un repositorio (información estática) donde almacena todos los esquemas CIM. Cuando un cliente hace una petición, el CIMOM se comunica con el repositorio, o con el proveedor de gestión apropiado (información dinámica), dependiendo del tipo de información que sea requerida.

Proveedores: pueden ser vistos como una interfaz entre el recurso gestionado y el CIMOM. Son los proveedores quienes realmente realizan las tareas de gestión ya que acceden a los recursos. Los datos proporcionados por un proveedor son llamados datos dinámicos y los obtiene desde el recurso gestionado. Usualmente los proveedores residen en el mismo dispositivo que el CIMOM, a diferencia de la comunicación entre clientes y CIMOM, la comunicación entre proveedores y CIMOM no está estandarizada.

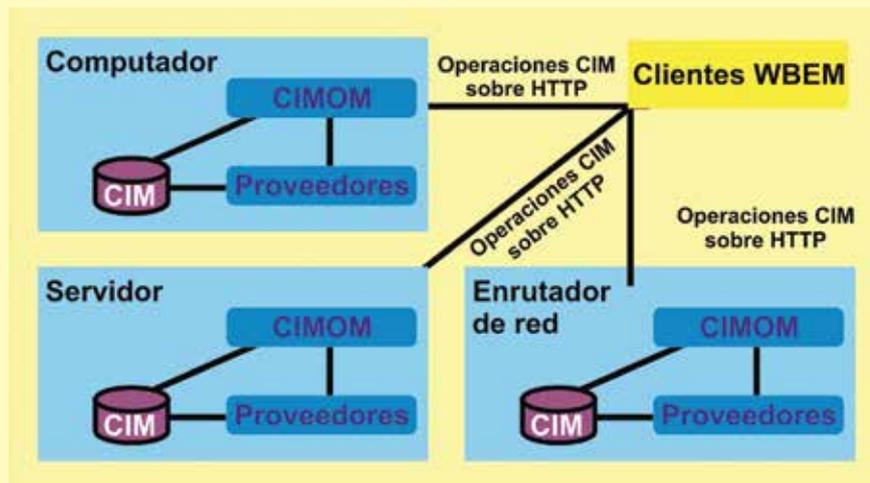


Figura 2. Arquitectura WBEM. (Fuente: [7]).

Cliente: puede ser visto como una interfaz entre el usuario de la gestión y el CIMOM. Las operaciones CIM sobre HTTP se han estandarizado para la comunicación entre el cliente y el CIMOM; sin embargo, la mayoría de las implementaciones también soportan otros mecanismos como RMI —*Remote Method Invocation*— para Java, DCOM —*Distributed Component Object Model*— para Microsoft, e IPC —*Inter Process Communication*— para Unix. No obstante, solo el uso de operaciones CIM sobre HTTP garantiza la compatibilidad entre cualquier cliente y cualquier CIMOM.

Detección WBEM

Dentro del estándar WBEM es muy importante la detección de servidores. El DMTF propone para esto el protocolo de localización de servicios —*Service Location Protocol (SLP)*—. SLP fue creado por el IETF y queda definido en la RFC 2608[8]. El DMTF propone una especificación para la localización de servidores en el estándar WBEM usando SLP.

Empleo de WBEM en la gestión de IoT: Estudio de caso

Para profundizar en el uso de WBEM en la gestión de IoT se escogió un escenario que consiste en un apartamento inteligente donde se encuentran interconectados dispositivos inteligentes a través de una red de área doméstica —*Home Area Network (HAN)*— (Figura 3). El controlador de sensor doméstico —*Home Sensor Controller (HSC)*— conecta la red HAN a Internet.

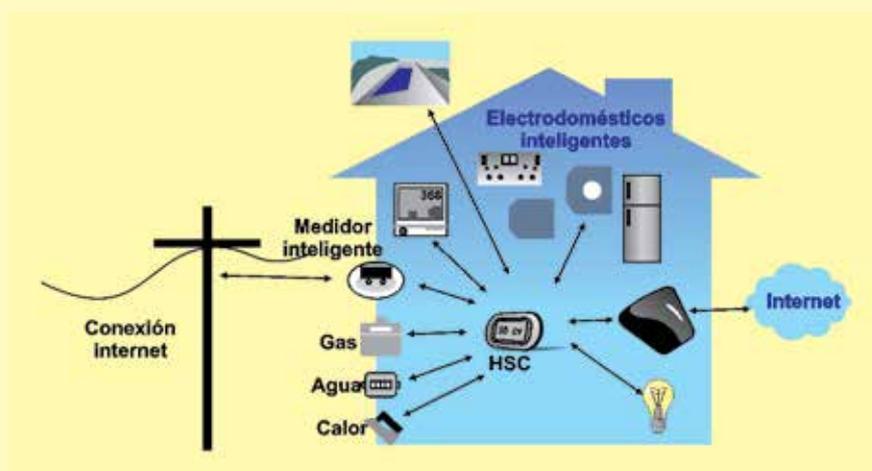


Figura 3. Apartamento inteligente. (Fuente: [9]).

Los objetos inteligentes que se han utilizado en la HAN del apartamento emplean sensores inalámbricos y cableados que se conectan a redes WLAN y LAN, respectivamente. Cada uno contiene un identificador RFID que se encarga de autentificarlos una vez incluidos en el apartamento. La tabla 1 muestra los objetos inteligentes utilizados con sus características principales y el medio físico que emplean para la conexión.

Para el diseño de la red cableada del apartamento inteligente, la HAN, se empleó el estándar conocido como Ethernet, o sea, la especificación IEEE 802.3 [10] (Gigabit Ethernet), con una velocidad de 10 Gbps.

Con el propósito de asegurar el funcionamiento de los dispositivos en caso de un fallo en la red cableada y garantizar la movilidad de otros objetos inteligentes dentro del apartamento, se consideró también la comunicación a través de una red inalámbrica que cumple el estándar IEEE 802.11n (WiFi). Este estándar muestra entre sus características el bajo consumo de energía (aproximadamente 60mW en el estado de transmisión y de 5μW en el estado de reposo), posee un radio de acción hasta 250 metros y su velocidad máxima de transmisión es de 150 Mbps [10].

Objeto inteligente	Características	Medio Físico
Sensor de lámpara	Capaz de encender y apagar a través de internet	Cableada
Termómetro	Capaz de informar sobre la temperatura a través de internet	Inalámbrica - Cableada
Higrómetro	Capaz de informar sobre la humedad a través de internet	Inalámbrica - Cableada
Sensor energético	Capaz de informar sobre el consumo energético a través de internet	Inalámbrica - Cableada
Sensor de la puerta	Capaz de informar si la puerta está abierta o cerrada	Inalámbrica
Controlador de edificio (HSC)	Capaz de enviar/recibir la información a/de los sensores, actores, sistema interconectados y usuarios	Inalámbrica - Cableada
Controlador de habitación	Capaz de controlar los sensores de habitación	Inalámbrica - Cableada
Punto de acceso	Facilita la conexión inalámbrica	Inalámbrica
Lector RFID	Capaz de detectar nuevo objeto introducido al apartamento	Inalámbrica

Tabla 1. Objetos inteligentes, características y tipo de conexión. (Fuente: elaboración propia).

WBEM colecta la información de gestión de múltiples agentes WBEM y la almacena en el repositorio del gestor WBEM para su análisis. El gestor WBEM es una aplicación que constituye un cliente Web y cada agente WBEM es, a su vez, un servidor Web que provee la información de gestión en formato XML.

La arquitectura que se muestra en la figura 4 aplica el paradigma gestor-agente que comprende agentes de gestión basadas en Web (AGENTE WBEM) y gestores de gestión basados en Web (GESTOR WBEM). Los usuarios pueden acceder al gestor mediante una aplicación gestora.

La aplicación escogida para implementar la gestión en este escenario fue Pegasus debido a que es compatible con múltiples sistemas operativos y a que se encuentra diseñada en C++, un lenguaje ampliamente difundido que emplea un número considerable de soluciones.

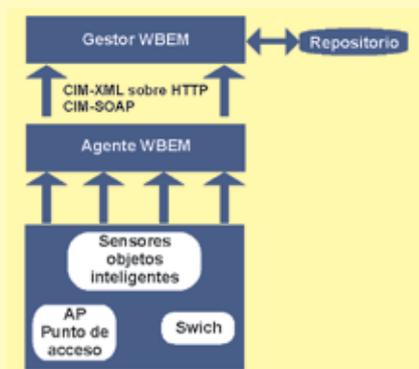


Figura 4. Arquitectura propuesta para la gestión. (Fuente: elaboración propia).

Antes de que los objetos inteligentes sean gestionados, deben ser descubiertos por la aplicación de gestión mediante el protocolo SLP.

En la figura 5 se ilustra la arquitectura que debe tener el agente WBEM para la gestión de IoT. El agente tiene un servidor y un cliente HTTP. El servidor es necesario para que el gestor pueda conectarse con el agente y el cliente es necesario para que el agente pueda enviar notificaciones o mensajes apropiados al gestor.

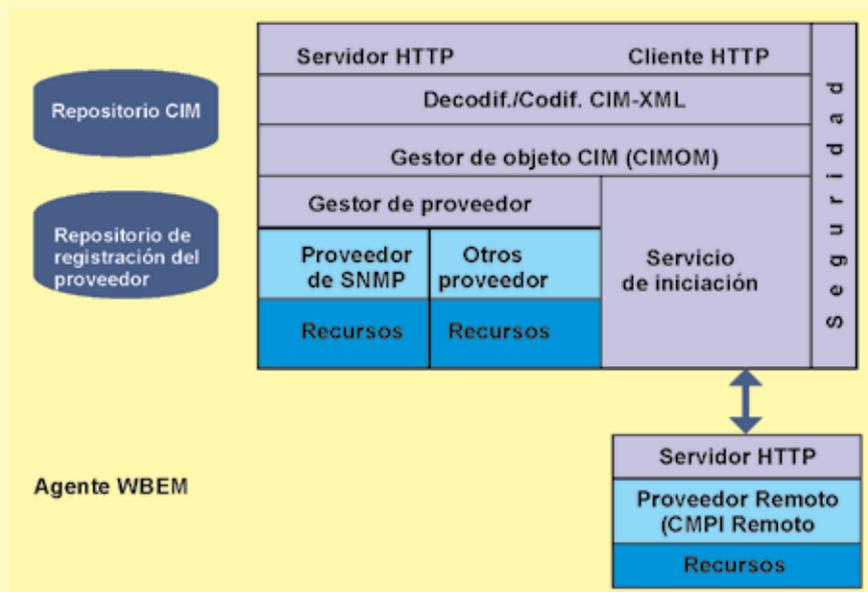


Figura 5. Arquitectura propuesta para el agente WBEM. (Fuente: [11]).

El agente convierte a CIM, con el decodificador CIM-XML, el mensaje que ha sido enviado desde el gestor WBEM y a continuación lo entrega a CIMOM. Este intenta recuperar los datos solicitados por el gestor en el repositorio CIM. Si los datos no se encuentran en este repositorio, CIM los obtiene desde el proveedor que mapea a la operación CIM que se solicita ejecutar. Esto es posible porque los datos son dinámicos.

El gestor de proveedor es un componente que puede controlar varios tipos de proveedores que soportan diferentes modelos de gestión, en particular, controla el proveedor SNMP para integrar los dispositivos SNMP existentes. El proveedor de SNMP funciona como una pasarela WBEM/SNMP que provee una traducción de especificación.

Para que los proveedores puedan controlar los recursos remotos utilizan la Interfaz de programación de gestión común —*Common Management Programation Interface* (CMPI)—. De esta forma, el agente WBEM puede obtener la información de un objeto SNMP accediendo a los recursos mediante un protocolo de gestión específico, por ejemplo, el protocolo SNMP, a través del proveedor o accediendo al proveedor remoto instalado en un dispositivo remoto. En la figura 6 se muestra la arquitectura del gestor WBEM.

Los principales componentes del gestor son:

- ◆ Gestor de servidor de gestión: maneja el ambiente de gestión. Este componente también se ocupa de las cuentas de operadores.
- ◆ Gestor de configuración de nodo: permite obtener y establecer la configuración del nodo gestionado.

- ♦ Gestor de registro: registra los datos obtenidos del ambiente de gestión en la base de datos y los analiza según la solicitud de los operadores.
- ♦ Manejador de indicación: recibe indicaciones desde los nodos gestionados, las almacena en las tablas de XMLDB (bases de datos XML) y envía la indicación al reportero de evento.
- ♦ Reportero de evento: genera los eventos apropiados y los envía al operador vía correo electrónico, biper, fax o SMS.
- ♦ Analizador: analiza la información de gestión recolectada y la provee al operador.
- ♦ Presentador: genera documentos HTML.

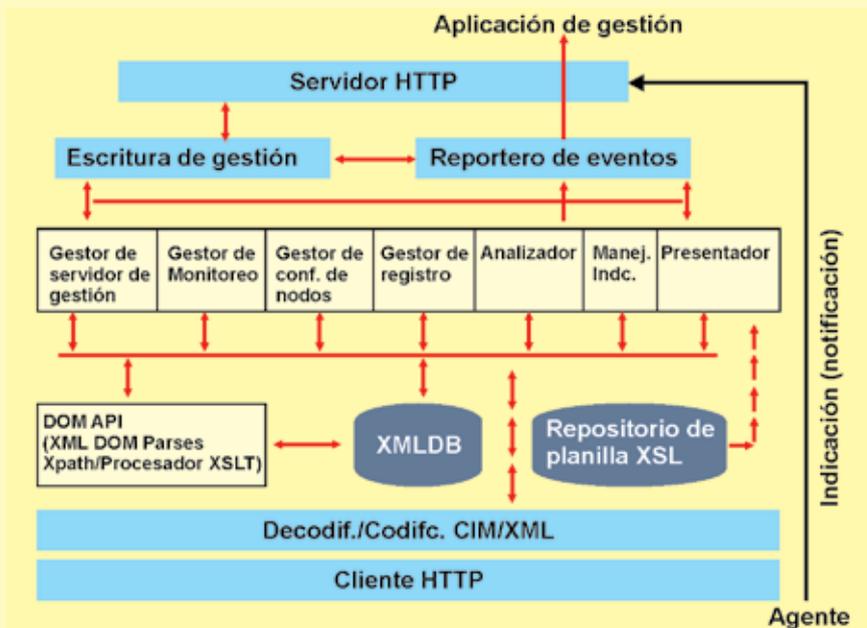


Figura 6. Arquitectura del Gestor WBEM. (Fuente: [11]).

La figura 7 resume la interacción entre el gestor WBEM y el agente WBEM.

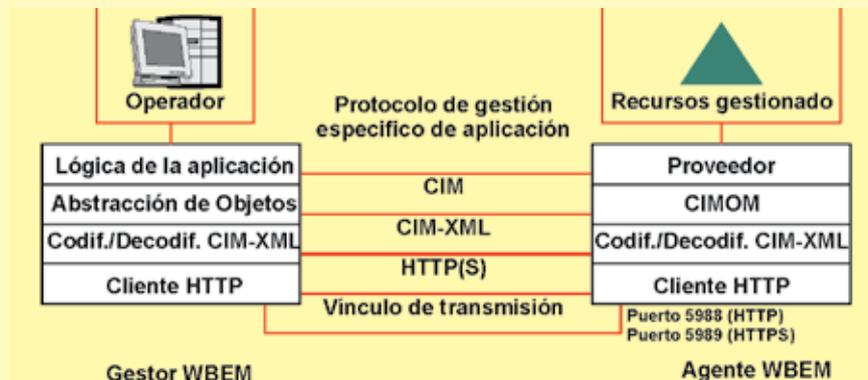


Figura 7. Interacción entre el gestor y el agente WBEM. (Fuente: [12]).

Los datos de gestión se transfieren sobre HTTP en forma de un documento de XML. Para la entrega de notificación, el modelo de comunicación tiene que proveer un método de comunicación asíncrono entre el agente y el gestor WBEM. Sin embargo, HTTP es un protocolo estricto

de solicitud-respuesta del cliente al servidor. Esto significa que el agente WBEM no puede enviar un mensaje de evento al gestor WBEM asincrónicamente, por lo que se decidió, como una solución, adicionar un cliente HTTP al agente y un servidor HTTP al gestor.

Otro aspecto importante relacionado con el modelo de comunicación es el direccionamiento de los objetos gestionados. En la propuesta se plantea el empleo del estándar XPath que es equivalente al identificador de objeto (OID) en SNMP y al identificador de nombre de distinción —*Distinguished Name* (DN)— en el caso de CMIP.XPath es una tecnología Web estandarizada para el direccionamiento de un documento XML, que ya está siendo utilizada en conjunto con XSLT —*eXtensible Stylesheet Language Transformations*— para identificar piezas de documentos XML. El gestor WBEM puede preguntar por los objetos gestionados al agente WBEM. Las expresiones de XPath se forman utilizando nombres, atributos y funciones del elemento. Cuando el gestor solicita la información de gestión tiene que especificar el nombre del objeto de gestión que se necesita recuperar.

La figura 8 muestra el modelo UML-CIM para los recursos interconectados del escenario que se analiza y las relaciones entre las clases.

Los dispositivos (lámpara, termómetro, higrómetro, seguridad y consumo energético) forman parte de la categoría que se clasifica como tipo de equipamiento sensorial. A su vez, el Equipamiento sensorial es un tipo de equipamiento y, finalmente, el equipamiento es un recurso de la red en el apartamento inteligente.

La relación entre las clases Sensor y Equipamiento sensorial es heredada (una generalización) lo que significa que la clase Sensor es una subclase de la clase Equipamiento sensorial y hereda todas las características del Equipamiento sensorial incorporando sus propias características. La relación entre Tipo de sensor y Sensor es una asociación. La clase Sensor no contiene la clase Tipo de sensor, pero sí comparte una relación especial de asociación. La clase Sensor puede asociarse o no a la clase Tipo de sensor.

Aunque el modelo CIM tiene muchas clases y atributos, no todos son utilizados obligatoriamente. Por ejemplo, las clases de la figura 8 pueden ser necesarias para el caso del apartamento que se analiza, pero en otra aplicación pudiera emplearse solamente una clase. Esto significa que la clase Lámpara puede aparecer como un elemento por separado o puede considerarse dentro de cualquiera de las clases a las que pertenece (Sensor, Equipamiento sensorial, Equipamiento o Recursos de red).

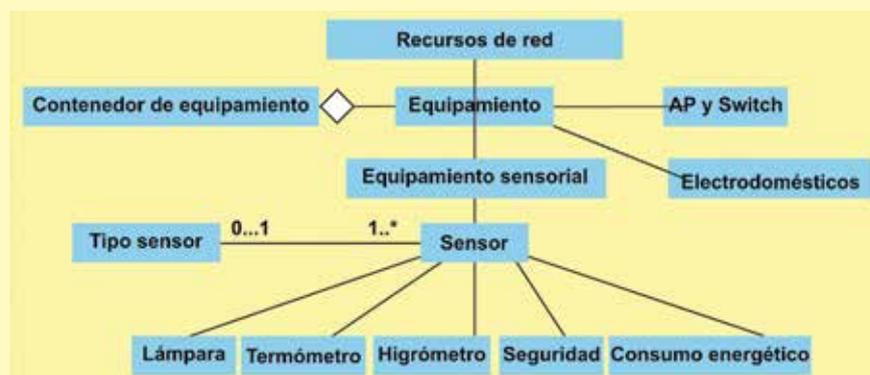


Figura 8. Modelo UML-CIM para los recursos de la red. (Fuente: elaboración propia).

Al escenario propuesto se le añadió una implementación SNMP debido a que es la solución más popular en la gestión de dispositivos de red en Internet. En la actualidad, la mayoría de los dispositivos de red están equipados con el agente de SNMP. Gracias a la integración de SNMP con la arquitectura propuesta, se preservan las ventajas de esta sin perder la funcionalidad de SNMP.

El agente SNMP sirve al agente WBEM como una interfaz real dentro de los dispositivos de red. La información de gestión emitida por el agente SNMP está definida en la MIB de SNMP y es recuperada por el protocolo de comunicación SNMP. Típicamente, WBEM confía en XML para el proceso de información de gestión siendo necesaria una pasarela de gestión SNMP-a-XML.

Para desarrollar esta pasarela, se necesita de la traducción de especificación y de la traducción de interacción. Para la traducción de especificación se aplicó el algoritmo de traducción que se implementa en el traductor MIB-a-CIM-a-XML que produce un esquema XML.

Conclusiones

El modelo WBEM para la gestión de IoT propuesto en este trabajo ofrece, en la actualidad, la solución más eficiente para gestionar los ambientes de redes inteligentes. Se destaca, además, por su compatibilidad con las tecnologías y los estándares de gestión ya existentes.

La gestión autónoma es considerada la forma más aceptada para la gestión de objetos inteligentes, pero aún está en fase de estudio. ▀

Reconocimiento

Los autores desean agradecer al Departamento de Información y Vigilancia Tecnológica de ETECSA por su contribución al desarrollo de este artículo, así como al Departamento de Telemática del ISPJAE.

Referencias bibliográficas

- [1]. Román Rodrigo. "Los Desafíos de seguridad en la Internet de los objetos". Datos de Informe Técnico, Málaga, España. Marzo 2012 <https://www.nics.uma.es> (acceso febrero 20,2013)
- [2]. Union Internacional de Telecomunicaciones. "The Internet of Things". Datos de Informe Técnico, Ginebra, Suiza, Noviembre 2005 <https://www.itu.int/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf> (acceso marzo,2013)
- [3]. IETF. The Internet Engineering Task Force (IETF) "DMTF.CIM Simplified Policy Language (CIM-SPL)" Datos de Informe Técnico, EE UU,2009. <http://www.ietf.org/>. (acceso marzo,2013)
- [4]. Vergara JLD. "Gestión Semántica aplicando ontología en gestión de red" Datos de Informe Universidad Politécnica de Madrid, España, Julio 2003 ,<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.14.7266&rep=rep1&type=pdf> (acceso febrero,2013)

[5]. Michetti . "Modelo de gestión WBEM para administración de redes de datos". Datos de Informe Barquisimeto, Venezuela, febrero 2011. http://es.admonredesucla2011.wikia.com/wiki/MODELO_DE_GESTION_DE_REDES_DE_DATOS_A_TRAVES_DE_WEB_WBEM_%28WEB-BASED_ENTERPRISE_MANAGEMENT%29 (acceso marzo,2013)

[6]. IETF. The Internet Engineering Task Force (IETF) "DMTF.CIM Operations over HTTP" Datos de Informe Técnico, EE UU,2012. <http://www.ietf.org/>. (acceso marzo,2013)

[7]. IETF. The Internet Engineering Task Force (IETF) "Managed Object Format (MOF) " Datos de Informe Técnico, EE UU,2012. <http://www.ietf.org/>. (acceso marzo,2013)

[8]. García EM. "Creación de un entorno para gestión avanzada de red" Datos de Informe Técnico Universidad Politécnica de Catalunya; España, 2005 <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3721> (acceso mayo,2013)

[9]. Gershenson C. "When Can we Call a System Selforganizing?" Datos de Informe Técnico Bruselas, Bélgica, julio 2008 <http://pespmc1.vub.ac.be/papers/WhenSelf-org.pdf>. (acceso mayo,2013)

[10]. Gonçalves P. "An ICT-oriented Management Solution for NGNs" Datos de Informe Técnico Aveiro ,Portugal, Septiembre 2012. <http://pespmc1.vub.ac.be/papers/WhenSelf-org.pdf> (acceso abril,2013)

[11]. Grønbæk. "Connecting objects in the Internet of Things (IoT)" Datos de Informe Técnico Aarhus, Dinamarca, julio 2008. http://www.researchgate.net/publication/237257046_Connecting_objects_in_the_Internet_of_Things_%28IoT%29 [en línea]. (acceso mayo,2013)

(Artículo recibido en octubre de 2014 y aprobado en marzo 2015).