

Ambient Intelligence System for Controlling Home Automation Installations

Pablo Valiente-Rocha, José Luis Redondo-García, Adolfo Lozano-Tello
Universidad de Extremadura. Quercus Software Engineering Group
Escuela Politécnica, Campus Universitario s/n, 10071
Cáceres, Spain
pvaliente@unex.es , jluisred@unex.es , alozano@unex.es

Abstract— The present paper proposes the model of an expert system able to control domotic installations, called IntelliDomo. It is an ontology and production SWRL rules-based expert system that has the ability of learning user's habits and preferences in an automatic way. The system obtains its data analyzing the actions that the user frequently performs. The main goal is to detect and to discover new behaviour patterns and to automatically create SWRL rules that propose actions that anticipate these learned patterns.

Keywords—Sistema Experto; Inteligencia Ambiental; Ontología; SWRL; Domótica; Aprendizaje automático;

I. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Ambiental (AmI) es una de las áreas con más auge para la aplicación de los sistemas inteligentes en instalaciones de empresas y hogares particulares.

Una de las características que persiguen los sistemas de AmI es la facilidad de interacción con el usuario de forma que, en la medida de lo posible, la comunicación sea lo más natural posible y la configuración de las preferencias suponga el empleo del menor tiempo para el usuario. Como ideal, se busca que el usuario llegue a olvidar la presencia del sistema, acostumbrándose a que los dispositivos domóticos se anticipen a sus necesidades y preferencias.

Una forma adecuada de representar los dispositivos domóticos y las reglas de comportamiento del sistema es mediante el uso de ontologías y reglas de producción basadas en los conceptos establecidos en las citadas ontologías.

Desde hace años, las ontologías se han convertido, de manera generalizada, en la forma de representación de los sistemas basados en conocimiento actuales [1]. Esto es debido a que están diseñadas con el objetivo de que su conocimiento sea fácilmente reutilizable y compartido por comunidades y usuarios de un mismo dominio. Además, la aceptación de OWL (Ontology Web Language) como lenguaje de facto para su representación y el desarrollo de herramientas como Protégé para su construcción, ha favorecido su amplio uso en muchos campos, especialmente en la Web Semántica [2].

Respecto a la representación de las reglas de producción, SWRL [3] ha sido adoptado por la W3C como el estándar de representación de reglas de producción basadas en ontologías.

El uso de ontologías como base de representación, junto a la representación de las reglas en SWRL en los sistemas de AmI, va a facilitar una definición mucho más precisa de la taxonomía de dispositivos físicos que pueden existir en una instalación, los atributos de estos elementos y las relaciones posibles entre ellos. Además, estas representaciones serán más reutilizables por otros usuarios, y favorecerá la completitud de la clasificación de los componentes domóticos, la información útil que debe ser representada sobre estos componentes y las reglas de conexión que permitirán deducir nueva información respecto a los valores de otros componentes.

En este artículo se presenta IntelliDomo, un sistema de AmI basado en ontologías para el control de instalaciones domóticas y el aprendizaje de los hábitos del usuario. En la sección 2 de este artículo se identifican algunas publicaciones que usan ontologías en sistemas domóticos y otra que propone un modelo de aprendizaje para sistemas AmI. En la sección 3 se describe la arquitectura de IntelliDomo y en las subsecciones se detallan los componentes y herramientas software del modelo. La sección 4 se dedica a las conclusiones y las líneas futuras.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En los últimos años están surgiendo muchas iniciativas para la representación y control de los sistemas de AmI, tanto de equipos de investigación, como de empresas domóticas [4] que, en la mayoría de los casos, tratan de establecer su estándar. En cambio, hay muy poca literatura que proponga entornos domóticos inteligentes haciendo uso de ontologías como base de representación. Una de las principales referencias es DomoML [5, 6], un lenguaje de marcado enfocado a la definición de un método para la comunicación entre dispositivos domésticos. Propone tres ontologías -DomoML-env, DomoML-fun y DomoML-core- como base para construir una arquitectura que permite establecer jerarquías, posicionar y categorizar los elementos domóticos. DomoML opera como un protocolo de comunicación entre los dispositivos y como un lenguaje de representación para describir recursos y funcionalidades.

Relacionado con el proyecto anterior, En DogOnt se propone un sistema capaz de realizar un reconocimiento automático de los dispositivos que componen el entorno domótico. Para ello utilizan dos elementos fundamentales: "DogONT ontology", que permite formalizar aspectos de los

Intelligent Domotic Environment (IDE); y “DogONT Rules”, que facilita el proceso de modelado y permite asociar los dispositivos físicos a las correspondientes instancias de la ontología mediante relaciones semánticas. DogOnt utiliza el lenguaje SWRL para definir reglas que permitan completar el modelo de una ontología que representa al entorno domótico.

En estos trabajos se utilizan las ontologías como base de representación de componentes domóticos y se utilizan reglas para mantener la consistencia en la información de los valores de los dispositivos del sistema. En cambio, las reglas de producción no se utilizan para controlar el funcionamiento general, autónomo y en tiempo real de la instalación.

Por su parte, CASAS [8] nos muestra algunas técnicas interesantes para conseguir automatizar actividades secuenciales y complejas que se adapten a las preferencias del usuario dentro de su hogar. CASAS es capaz de recolectar diferentes tipos de información que ayudan a modelar el entorno inteligente. Además, nos muestran métodos para encontrar y descubrir patrones de actividad periódicos y frecuentes en secuencias de datos complejas.

III. INTELLIDOMO

IntelliDomo es un sistema experto capaz de controlar de manera autónoma y en tiempo real, los componentes físicos de una instalación domótica. Para ello, se basa en el uso de ontologías y reglas SWRL que servirán para establecer y modelar su comportamiento. En [9] se presentó una descripción general del modelo y en [10] se explicaron con más detenimiento los detalles de la implementación del sistema. En este artículo, se presenta la arquitectura completa de IntelliDomo incluyendo su módulo de aprendizaje, el cual dota al sistema de capacidad para aprender las acciones más comunes llevadas a cabo por el usuario, así como sus preferencias y sus necesidades. Para ello, el módulo de aprendizaje genera reglas SWRL basadas en los patrones de comportamiento aprendidos a lo largo del tiempo durante la observación de las actividades del usuario. Actualmente, el módulo de aprendizaje se encuentra en un avanzado estado de desarrollo.

En la sección 3.A se describe el uso que hace IntelliDomo de las ontologías y la relación existente entre estas ontologías y la base de datos que contiene la información de los componentes domóticos del sistema. La sección 3.B presenta DomoRules, una herramienta que facilita al usuario la generación de reglas SWRL que posteriormente serán utilizadas por IntelliDomo para definir el comportamiento del sistema. La sección 3.C estudia el módulo de aprendizaje de IntelliDomo.

A. Ontología y Base de Datos

Hoy en día, las ontologías son el modo de representación del conocimiento más utilizado en diferentes tipos de negocios o proyectos de investigación, en campos tales como: bases de datos, sistema de cooperación, recuperación de información, comercio electrónico y sobre todo en la gestión del conocimiento [11].

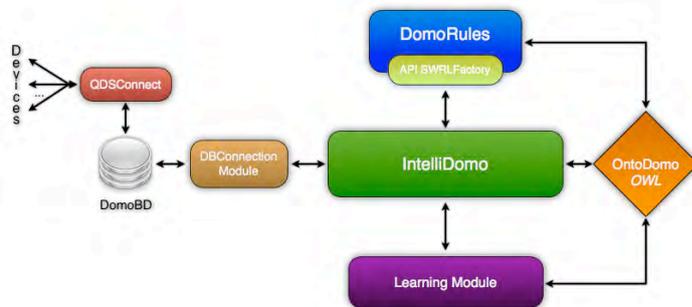


Figure 1. Arquitectura de IntelliDomo

IntelliDomo basa su funcionamiento en la ontología OntoDomo, que contiene la taxonomía de componentes domóticos junto con sus atributos y relaciones. Esta ontología será instanciada para cada instalación domótica concreta con la información sobre los dispositivos físicos instalados en el sistema. Las reglas de producción en lenguaje SWRL que modelan el comportamiento de todo el sistema experto se basan en la estructura representada en OntoDomo.

Una de las principales características de IntelliDomo es la habilidad de tomar decisiones y reaccionar frente a los cambios que se producen en el sistema domótico. Estas decisiones se toman en base al estado de los elementos del sistema representados en OntoDomo y en base al conjunto de reglas SWRL establecido por el usuario.

El usuario puede hacer uso de la herramienta DomoRules (ver sección 3.B.2), para modificar cualquier regla que haya en el sistema, en cualquier momento. IntelliDomo detectará todos los cambios que se produzcan en las reglas, y actualizará sus bases de conocimientos para incorporar estos nuevos cambios.

Para llevar a cabo las deducciones y la ejecución del conjunto de reglas, IntelliDomo utiliza el motor de inferencia Jess [12]. Este motor de inferencia nos va a permitir inferir nuevo conocimiento en base a los hechos representados en las reglas SWRL.

Para gestionar todo este conocimiento, IntelliDomo hace uso de la base de datos DomoDB. Esta base de datos almacena los valores físicos de los dispositivos domóticos configurados en la instalación real. La herramienta QDSConnect es la encargada de realizar la comunicación bidireccional entre el entorno físico (los dispositivos) y el entorno lógico (la base de datos).

IntelliDomo almacena la información de cada dispositivo físico en su ontología OntoDomo a nivel de instancias (OWLIndividual). Cada fila de la tabla de DomoDB contiene toda la información necesaria sobre un dispositivo de la instalación. Por tanto, cada fila de la tabla, se convertirá en una instancia de la ontología OntoDomo y será IntelliDomo el encargado de clasificar dicha instancia dentro de la taxonomía.

Tanto DomoDB como la herramienta QDSConnect, serán el nexo de unión entre IntelliDomo y los componentes físicos del sistema. Cualquier cambio que sufran los dispositivos físicos del sistema, será automáticamente reflejado en la base de datos DomoDB e inmediatamente recogidos por IntelliDomo, actualizando de este modo los valores de las instancias de OntoDomo. Del mismo modo, cualquier cambio provocado por las reglas SWRL en los valores de las instancias de IntelliDomo, serán automáticamente reflejados en DomoDB

e inmediatamente trasladados a los dispositivos físicos por la herramienta QDSCnect.

B. Gestión de Reglas SWRL

SWRL es un lenguaje basado en OWL, más específicamente en la rama OWL-DL. Es un lenguaje cuya sintaxis nos va a permitir construir reglas para llevar a cabo deducciones y razonamientos, sobre las instancias de una ontología. IntelliDomo utiliza las reglas SWRL para establecer el modelo de comportamiento que guiará las acciones del sistema en tiempo real.

En esta sección se expone cómo gestiona IntelliDomo las reglas SWRL y se presenta la herramienta DomoRules que permitirá al usuario crear y gestionar sus propias reglas SWRL.

1) Control y Manejo de Reglas SWRL

IntelliDomo es capaz de generar sus propias reglas SWRL basándose en los patrones de comportamiento aprendidos durante la observación de las actividades diarias del usuario. Además IntelliDomo gestiona todas las reglas SWRL que hayan sido definidas y creadas previamente por el usuario. La generación automática de reglas se explica con mayor detalle en la sección 3.C.2.

Cada regla SWRL lleva asociada una información que le será útil a IntelliDomo a la hora de realizar los procesos de inferencia. Esta información debe ser consistente y estar disponible en cualquier momento, aún cuando IntelliDomo no esté ejecutándose. Se hace necesario, por tanto, almacenar las reglas junto con esta información adicional en una base de datos que nos proporcione almacenamiento persistente para el sistema. De esta forma, se almacena mayor cantidad de información junto con cada regla en particular. Cada regla, lleva asociado: Su nombre, su prioridad, su propietario y su frecuencia de ejecución. Toda esta información paralela que IntelliDomo gestiona para las reglas, no queda reflejada en la ontología y es gestionada por IntelliDomo de manera independiente a OntoDomo.

Cada regla tiene su propio usuario, así IntelliDomo puede distinguir entre las reglas creadas automáticamente por él mismo, y las reglas creadas por el propio usuario, que tendrán mayor preferencia y prioridad para el sistema.

IntelliDomo implementa el principio de refracción para gestionar el conjunto de reglas que se enviarán al motor de inferencia Jess, de manera que una regla SWRL disparada en un determinado ciclo de ejecución, no pueda volver a dispararse de forma consecutiva. De esta forma se evitan ciclos de ejecución duplicados incrementado el rendimiento de todo el sistema.

La prioridad es un parámetro muy importante en nuestro sistema. Cada regla tiene una prioridad única que se utiliza para organizar el comportamiento del sistema. Esto evita que dos reglas que proponen acciones opuestas sean disparadas en el mismo ciclo de ejecución provocando un comportamiento erróneo del sistema. Dos reglas SWRL pueden proponer acciones opuestas dependiendo del problema que ambas traten de solucionar. Por ejemplo, el consecuente de la Regla-A puede proponer “Bajar la persiana”, mientras que el

consecuente de la Regla-B puede proponer “Subir la persiana”. En un momento dado, el antecedente de ambas reglas puede ser verdadero al mismo tiempo, porque la Regla-A puede estar tratando de minimizar una intrusión (Seguridad) y la Regla-B puede estar tratando de mantener una “Temperatura Agradable” (Confort). La prioridad asignada a cada regla, determinará cuál de ellas tiene preferencia frente a la otra resolviendo de este modo el conjunto conflictivo.

2) DomoRules

DomoRules es una herramienta que pone a disposición del usuario un interfaz gráfico mediante el cual se pueden diseñar reglas SWRL de una manera muy visual y sencilla.

El objetivo de DomoRules es evitar al usuario la tarea de aprender la sintaxis completa de las reglas SWRL. Para ello y de forma totalmente gráfica, DomoRules muestra al usuario todos los elementos que puede incorporar a las reglas para ir construyendo cada átomo. Estos elementos son datos provenientes de la ontología OntoDomo, tales como: Instancias, propiedades y los valores correspondientes de cada propiedad. Además DomoRules permitirá al usuario utilizar built-ins en las reglas e incorporar variables, todo ello de forma gráfica. Si el usuario lo estima oportuno, también puede crear las reglas de forma totalmente manual, escribiendo, a mano, la sintaxis de cada una de las reglas. DomoRules chequea la sintaxis de todas las reglas antes de darlas como válidas y añadirlas a la ontología y a la base de datos, mostrando un aviso muy detallado al usuario indicándole si se produce algún error o la sintaxis no es del todo correcta.

Desde el propio interfaz de DomoRules, se pueden gestionar todas las reglas que estén definidas actualmente en el sistema. Cuando el usuario modifique o cree una nueva regla, ésta se incorpora automáticamente al conjunto de reglas de comportamiento que maneja IntelliDomo para ser utilizada en el próximo ciclo de inferencia.

DomoRules también gestiona las variables del sistema de una instalación. Estas variables, son valores creados por el usuario que sirven a IntelliDomo como referente para llevar a cabo sus deducciones y sus inferencias. Un ejemplo de variable del sistema, sería por ejemplo: “Temperatura Agradable”. El usuario puede definir lo que él considera que es una temperatura agradable. Por ejemplo cuando la temperatura está entre 20 °C y 25 °C es agradable. De esta forma cuando quiera referirse a esos valores dentro de una regla SWRL, simplemente tendrá que indicarle a DomoRules, que quiere utilizar la variable del sistema “Temperatura Agradable”.

Todas estas variables se gestionan mediante otra ontología llamada Situaciones.owl, en la que cada usuario podrá almacenar sus preferencias y los valores que crea necesarios para cada variable del sistema.

Estas variables del sistema se identifican por el símbolo ‘#’ seguido del nombre de la variable. De tal manera que cuando DomoRules encuentra el citado símbolo en una regla, obtiene el valor indicado por la variable del sistema buscando en la ontología Situaciones.owl y lo sustituye en la regla.

La tarea de desarrollar un interfaz gráfico que abstraiga al usuario completamente de la sintaxis de las reglas, no es una

tarea fácil debido a que el lenguaje SWRL es un lenguaje muy potente y con una sintaxis que posee un vocabulario muy rico. Por eso DomoRules pretende servir de apoyo para el usuario, ayudándole en la tarea de diseñar y escribir las reglas SWRL.

C. Aprendizaje de IntelliDomo

La tarea de aprendizaje se lleva a cabo analizando y registrando todos los eventos que ocurren en el sistema. Se considera que un evento es cualquier acción que tiene lugar en el sistema domótico y que provoca un cambio en los valores actuales de los dispositivos físicos. Un evento puede ocurrir de dos formas: Lo inicia el usuario (encendiendo la luz, por ejemplo) o lo inicia el motor de inferencia Jess disparando una regla SWRL.

IntelliDomo almacena registros de todas y cada una de las acciones que se llevan a cabo así como de todos y cada uno de los eventos que suceden en el sistema. Para cada entrada de este registro, se almacena la fecha en la que ocurrió, manteniendo así un histórico temporal. El objetivo es conseguir identificar aquella información que puede resultar de utilidad y evitar la información que no resulta tan útil.

El módulo de aprendizaje de IntelliDomo se ocupa de dos tareas principales: Encontrar o descubrir patrones periódicos de comportamiento producidos por el usuario en su interacción diaria con el sistema domótico y generar o eliminar nuevas reglas SWRL que, basadas en los patrones previamente encontrados, propongan acciones que se anticipen a los hábitos y necesidades del usuario.

En la sección 3.C.1 se describe el método que utiliza IntelliDomo para estudiar el comportamiento del usuario y en la sección 3.C.2 se detalla el proceso de generación automática de reglas.

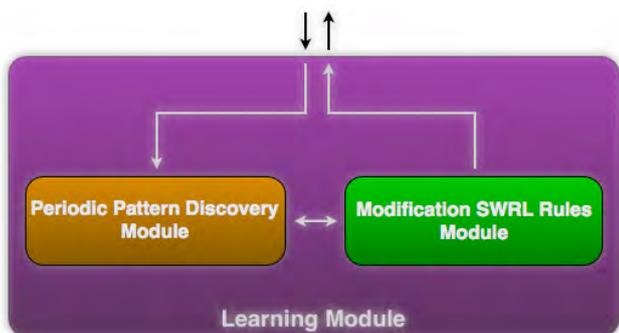


Figure 2. Estructura del módulo de aprendizaje de IntelliDomo

1) Descubrimiento de Patrones Periódicos

Como se ha mencionado anteriormente, IntelliDomo lleva un estricto registro de todas las acciones y eventos que ocurren en el sistema. Además IntelliDomo puede distinguir entre un evento generado por el usuario y un evento generado por el motor de inferencia de IntelliDomo.

Para llevar a cabo esta distinción, debemos analizar cómo se almacenan los registros de los eventos. El formato es el siguiente: (*nombre_regla, fecha, hechos*).

Nombre_regla es el nombre de la regla que ha disparado el evento; *fecha* es la fecha completa en la que se ha producido el evento incluyendo la hora, minutos y segundos; y *hechos* son las acciones que han ocurrido, las modificaciones en el valor de los dispositivos que ha sufrido el sistema domótico.

De esta forma cuando el usuario dispare un evento, como por ejemplo “Encender la luz”, el campo *nombre_regla* aparecerá vacío. De esta forma IntelliDomo sabe que no ha sido Jess el que ha disparado alguna regla para encender la luz.

Con toda esta información el módulo de aprendizaje analiza cada una de las entradas de log buscando patrones recurrentes con un error aceptable de ocurrencia. El objetivo es descubrir las rutinas más repetitivas que lleva a cabo el usuario diariamente y anticiparse a ellas.

IntelliDomo comprueba varios grados de periodicidad: Diaria, Semanal, Mensual y Anual. La periodicidad diaria, a su vez, está dividida entre días festivos y días laborables. IntelliDomo necesita recolectar información durante al menos un mes, para comenzar a hacer deducciones precisas. Cuanta mayor cantidad de información posea IntelliDomo, mayor precisión obtendrá en sus deducciones.

Cuando se haya detectado un evento con un grado de periodicidad aceptable, IntelliDomo creará una regla SWRL que se anticipará a las acciones que tienen lugar en ese evento.

Debido a la naturaleza imprecisa de los seres humanos, es improbable que un evento ocurra dos días consecutivos en el mismo minuto. Por ello, se determina un rango temporal de incertidumbre, en el que se considera que dos eventos han ocurrido al mismo tiempo. IntelliDomo, por defecto, utiliza un rango de incertidumbre de diez minutos. Este parámetro puede ser modificado por el usuario en cualquier momento.

Aún así, no hay ninguna garantía de que el usuario realice las mismas acciones durante todos los días de la semana. Por tanto, se usa el parámetro “error de frecuencia” para facilitar el descubrimiento de patrones y considerar que un evento es regular. Por defecto, IntelliDomo detecta como regular, un patrón que haya ocurrido el 90% de las veces. Por supuesto, este parámetro también puede ser modificado.

Para detectar patrones frecuentes en secuencias de datos, el módulo de aprendizaje de IntelliDomo utiliza una versión modificada del algoritmo Apriori de Agrawal [13]. Nuestra versión ha sido simplificada y adaptada para reconocer patrones periódicos dentro de las tablas de log de IntelliDomo.

En la siguiente tabla, podemos ver un ejemplo de estos logs generados en el sistema. En esta prueba realizada en el laboratorio, el usuario llega todos los días a trabajar sobre las 8:00 am y realiza las siguientes acciones: “Encender la luz” y “Subir la persiana”. Durante su jornada laboral, realiza otras acciones, que no son consideradas repetitivas por el sistema. Cuando finaliza la jornada laboral, sobre la 1:40 pm y las 3:00 pm, el usuario “Apaga la luz” y “Baja la persiana”.

TABLE I. LOG DE EVENTOS

ruleName	Date	facts
----------	------	-------

	2009-12-07 08:01:51.981	officeLight.value=1;officeLight is Light; officeShutter.value=10;officeShutter is Actuator;
	2009-12-07 14:59:52.956	officeLight.value=0;officeLight is a Light; officeShutter.value=0; officeShutter is Actuator;
	2009-12-08 08:05:30.681	officeLight.value=1;officeLight is Light; officeShutter.value=10;officeShutter is Actuator;
	2009-12-08 14:57:46.152	officeLight.value=0;officeLight is a Light; officeShutter.value=0; officeShutter is Actuator;

Esta tabla muestra los eventos ocurridos en el laboratorio a lo largo de la semana. Se muestran sólo unas cuantas entradas de log que ilustran el comportamiento descrito anteriormente.

Podemos observar que el campo ruleName está vacío ya que los eventos han sido disparados por el usuario en lugar de ser disparados por alguna regla de IntelliDomo.

El siguiente paso sería generar automáticamente las reglas de producción basadas en los patrones de comportamiento mostrados en la tabla 1.

2) Añadir/Eliminar Reglas SWRL automáticamente

Una vez que IntelliDomo ha obtenido los patrones de comportamiento, el momento en el que han ocurrido y los hechos que llevan a cabo, se tienen todos los datos necesarios para generar automáticamente una regla SWRL con una sintaxis simple y válida. Estas reglas, se añadirán al conjunto de reglas de IntelliDomo y se les asignará la prioridad más baja, basándose en las prioridades de las reglas que han sido diseñadas por el usuario. Esto es debido a que el usuario ha especificado de forma directa la prioridad que desea para cada regla. Las reglas generadas por IntelliDomo, tienen como propietario a "idomo".

Las reglas se generan gracias a la ayuda del parser de IntelliDomo, que se encarga de convertir los logs generados por el módulo de aprendizaje de IntelliDomo en SWRLAtoms. Estos átomos tienen un formato predefinido, que es el siguiente: Propiedad(Instancia, Valor) y Clase(Instancia), como se muestra en la tabla 2.

Cada regla SWRL se almacena tanto en la base de datos como en la ontología OntoDomo. Las reglas almacenadas en la base de datos, se guardan junto con su marca de tiempo. Esta marca temporal, se crea en base al evento al que la regla va a anticiparse. De esta forma, por ejemplo, si IntelliDomo ha detectado que un evento sucede entre las 8:00 am y las 8:05 am, la regla, se generará para que sea disparada unos minutos antes de las 8:00 am. El módulo encargado de ejecutar el motor de inferencia de IntelliDomo (Jess), sólo disparará aquellas reglas que estén dentro de ese rango temporal.

Cuando una regla es disparada, puede que la acción que realiza esa regla, no se adapte a las necesidades que tiene el usuario en ese momento. Por tanto, si IntelliDomo ejecuta una regla y el usuario lleva a cabo la acción contraria repetidas veces, esa regla será eliminada del conjunto de reglas, ya que se ha detectado que el usuario no quería que ese evento tuviera lugar en ese momento. Esto permite a IntelliDomo aprender de nuevo cuándo debe ejecutar esa regla y cuándo no.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de las reglas creadas automáticamente por IntelliDomo para los eventos ocurridos en

la tabla de log mostrada anteriormente. Se muestran las reglas encargadas de encender y apagar la luz, anticipándose a la acción que realizaría el usuario en ese caso.

TABLE II. REGLAS CREADAS POR INTELLIDOMO

ruleName	Date	Rule
officeLight1	2009-12-07 07:58:00.981	Light(officeLight) \wedge value(officeLight, 0) \rightarrow value(officeLight, 1)
officeLight0	2009-12-07 14:58:02.956	Light(officeLight) \wedge value(officeLight, 1) \rightarrow value(officeLight, 0)

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo, se describe IntelliDomo, un sistema experto que utiliza la información de los elementos domóticos de una instalación representada en ontologías y reglas de comportamiento expresadas en SWRL. El sistema es capaz de controlar de forma autónoma la instalación domótica a partir de la información proveniente de los sensores y usando reglas de producción que asocian los sensores con los actuadores, según las preferencias de los usuarios. Además, IntelliDomo incorpora un módulo de aprendizaje para detectar comportamientos habituales de los usuarios. Este módulo está basado en reglas expresadas en lenguaje SWRL y en el descubrimiento de patrones. Usando la ontología OntoDomo, se describe la taxonomía de dispositivos domóticos de forma precisa que será utilizada por las reglas de producción en SWRL y por el módulo de aprendizaje.

Hemos completado varias pruebas en nuestro laboratorio y hemos verificado que IntelliDomo es capaz de controlar todos los componentes de la instalación domótica y, además, es capaz de aprender ciertos hábitos de un usuario a lo largo del tiempo. IntelliDomo es capaz de generar automáticamente las reglas necesarias para anticiparse a las acciones que realiza el usuario. Sin embargo, para probar la utilidad real de este módulo, debemos probar el sistema en instalaciones reales. En los próximos meses, realizaremos pruebas instalando IntelliDomo y el módulo de aprendizaje en casas particulares.

Como trabajo futuro, estamos desarrollando las herramientas necesarias que permitan a IntelliDomo reconocer a más de un usuario al mismo tiempo. Actualmente IntelliDomo tiene todas las estructuras de datos necesarias para interactuar en un entorno multi-usuario, pero aún estamos trabajando en los módulos de reconocimiento para llevar a cabo esta tarea.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha desarrollado con el apoyo y soporte de la Junta de Extremadura (PDT08A023)

REFERENCIAS

- [1] D. Fensel, "Ontologies: Silver bullet for knowledge management and electronic commerce", Springer-Verlag, Berlin 2001.
- [2] T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, "The Semantic Web", Scientific American. May 2001, pp. 29-37.

- [3] I. Horrocks, P. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz and M. Dean, "SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML." <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>, May 2004.
- [4] M. Gasson, K. Warwick, "An anthropological approach of technology and society: an overview". D12.2: Study on emerging Aml technologies, FIDIS Deliverables 12 (2). 2007.
- [5] L. Sommaruga, A. Perri, F. Furfari, "DomoML-env: an ontology for human home interaction". Procs. of Semantic Web Applications and Perspectives. 14-16 December. Trento, Italy 2005.
- [6] F. Furfari, L. Sommaruga, C. Soria, R. Fresco, "DomoML: The definition of a standard markup for interoperability of human home interactions." Proceedings of the 2nd European Union symposium on Ambient Intelligence. 2004
- [7] Bonino, D.; Corno, F.; Dogont-ontology modeling for intelligent domotic environments. 7th International Semantic Web Conference. Berlin 2008.
- [8] P. Rashidi, D. J. Cook, "Keeping the resident in the loop: adapting the smart home to the user." IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics - part A: systems and humans, vol. 39, no. 5, September 2009, pp. 949-959.
- [9] P. Valiente-Rocha and A. Lozano-Tello, "Control model of domotic systems based on ontologies". 2nd International Conference on Agents and Artificial Intelligence. Valencia, Spain. January 2010, pp. 470-473.
- [10] P. Valiente-Rocha and A. Lozano-Tello, "Ontology-Based expert system for home automation controlling". It will be presented at The Twenty Third International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems. Córdoba, Spain. June 2010. "In press"
- [11] M. Hepp, P. De Leenheer, A. de Moor, Y. Sure, (Eds.) "Ontology management. semantic web, Semantic Web Services, and Business Applications", Vol. 7. Springer 2008.
- [12] E. J. Friedman-Hill, "Jess In Action", Manning Press, 2003
- [13] R. Agrawal, R. Srikant, "Mining sequential patterns" IBM Almaden Research Center. 1995