

UNA PROPUESTA PARA LA ARQUITECTURA INFORMÁTICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EDIFICIO

(PROPOSAL FOR COMPUTERIZED ARCHITECTURE OF BUILDING CONTROL SYSTEMS)

Gracián Triviño Barros, Dr. Ingeniero Industrial

Facultad de Informática. UPM

ESPAÑA

Fecha de recepción: 22-XI-04

106-15

RESUMEN

La necesidad de realizar un control automático óptimo de las instalaciones de un edificio ha provocado que un nuevo tipo de ordenadores, diferentes de los ordenadores de sobremesa que utilizan personalmente los habitantes del edificio, entren a formar parte de la arquitectura del propio edificio.

Estos ordenadores se van extendiendo en forma de una red imbricada con la propia estructura del edificio de tal manera que pronto podremos hablar de la omnipresencia del ordenador en el edificio.

En este trabajo se plantea el sistema de control del edificio como un agente inteligente, como un sistema que dotado de sensores para percibir su entorno, y de medios de actuación para modificarlo, realiza permanentemente ciertas operaciones de procesamiento de información y acciones sobre el propio edificio persiguiendo de manera autónoma alcanzar los objetivos para los que ha sido diseñado.

Como un paso hacia el desarrollo sistemático de este tipo de sistemas este trabajo presenta una propuesta de la arquitectura informática de un agente inteligente dedicado a controlar con eficacia y de forma integrada las instalaciones del edificio. Se presenta también el proyecto de una herramienta informática que permitirá llevar a la práctica estas ideas y que está siendo desarrollada en el Departamento de Tecnología Fotónica de la Universidad Politécnica de Madrid.

SUMMARY

Nowadays, in order to perform the optimal installations automatic control, buildings structure incorporates a new kind of computers which are different from the desk computers dedicated to user's personal tasks.

These computers spread in the form of a network that is overlapped with the building structure in such a way that soon we shall speak about the computer omnipresence in the building.

The building control system is considered in this paper as an intelligent agent. This means a control system provided with sensors and actuators to interact with its environment. This control system must develop its activity in order to get autonomously the programmed goals. A generic control building architecture is presented as a step towards the systematic development of control building systems.

A project for the development of a software tool is also presented. This tool intends to support and make easy the programming of such kind of control systems. This project is been developed in the Department of Photonic Technology at Universidad Politécnica of Madrid.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la importancia de las instalaciones en los edificios ha ido aumentando rápidamente tal y como se refleja, por un lado, en el coste de la partida económica destinada a este concepto como, por otro, en el creciente valor añadido que suponen para el usuario del edificio tanto en comodidad como en prestigio.

La necesidad de realizar el control eficaz de unas instalaciones cada vez más sofisticadas ha provocado que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se hayan ido introduciendo no ya como una herramienta a utilizar personalmente por los usuarios sino como parte integral de la arquitectura del propio edificio. Esa red de ordenadores, con sus sensores, actuadores y nodos de comunicación se desarrolla ya desde el principio imbricada con el



Figura 1

resto de los componentes de la arquitectura del edificio (Figura 1).

Durante los últimos años, los medios de comunicación han utilizado, por razones de marketing, la palabra inteligencia aplicada a los sistemas artificiales con tanta ligereza que ha perdido buena parte de su significado. Por nuestra parte, aunque la definición general de inteligencia no está muy clara en la actualidad, para el contexto del Control de Edificios, diremos que: un sistema es inteligente en la medida que es capaz de utilizar de manera eficaz todos los recursos disponibles para resolver sus objetivos [1].

De esta manera podemos imaginar el sistema de control de las instalaciones del edificio como un sistema autónomo, dirigido por objetivos generales propios, preprogramados en el momento de la instalación del sistema, capaz de sacarle el mejor partido a cada una de las situaciones por las que va evolucionando el estado de las instalaciones haciendo para ello el mejor uso de todos los recursos disponibles.

La posibilidad de optimización de los recursos disponibles requiere que los subsistemas que forman las instalaciones de un edificio puedan ser integrados en uno solo. Para ello es necesario incorporar mecanismos de interconexión entre los subsistemas de control correspondientes a cada una de las instalaciones. La posibilidad de realizar esta interconexión pasa por definir los interfaces físicos y lógicos necesarios. Para ello está siendo necesario lograr acuerdos entre las empresas que compiten por el mercado del control de edificios, entre los fabricantes de los distintos subsistemas, y definir la utilización de mecanismos estándar de comunicación.

El edificio es un sistema con una evolución continua y, en algunos aspectos, todavía poco conocida. Un ejemplo claro y bien conocido de esto está en el Sistema de Climatización, cuyas condiciones de funcionamiento cambian a lo largo del día y a lo largo de la vida del edificio debido a factores tan dispares como el nivel de ocupación del edifi-

cio, el clima, el tipo y la intensidad de las actividades que se realizan, los requerimientos del usuario en base a sensaciones subjetivas sobre su bienestar, etc. El sistema de control avanzado de un edificio debe ser flexible y abierto. Debe ser capaz de evolucionar adaptándose a los cambios que se producen en el edificio. Este sistema sería capaz de almacenar la historia de su propio funcionamiento y utilizar, como datos de entrada, además de los correspondientes a las medidas de la situación actual del edificio, los datos de la evolución anterior del sistema para, mediante un proceso de aprendizaje, mejorar su rendimiento.

Durante los últimos años se ha producido una evolución en los sistemas de control de las instalaciones que demanda la necesidad de disponer de una estructura lógica, que establezca una terminología común y que permita comparar, mediante un análisis sistemático y mediante pruebas objetivas, los desarrollos realizados en el campo de la investigación sobre los sistemas de control en los edificios. La disponibilidad de esta estructura es imprescindible desde el punto de vista de un equipo de trabajo que se plantea el proyecto de ingeniería de construir este tipo de sistemas aprovechando al máximo los resultados de los desarrollos ya existentes, y con la intención de ir creando una librería de componentes reutilizables en diferentes posibles aplicaciones [2].

La complejidad no es una propiedad de los objetos o de los sistemas sino que es más bien una medida de la dificultad que tiene el observador para comprenderlos [3]. Afrontar la complejidad consiste en desarrollar estrategias que permitan al observador crear la representación más adecuada para comprender, o, lo que es lo mismo, para incorporar a su propio modelo del edificio los conocimientos que las nuevas aportaciones de información pueden proporcionarle.

Es decir, cuando nos enfrentamos a un sistema complejo, para su análisis o para su construcción, interesa disponer de un modelo que represente el sistema de la forma más adecuada para la realización de nuestro propósito.

En Ingeniería del Software y en Psicología son bien conocidos algunos de los mecanismos adecuados para la construcción de un buen modelo:

Abstracción. Consiste en resaltar los aspectos del sistema que son importantes para el objetivo del modelo e ignorar los detalles innecesarios para ese enfoque concreto.

Modularidad. Siguiendo la antigua máxima “divide y vencerás” el modelo se construye descomponiendo la representación del sistema complejo en módulos más sencillos. De esta manera se elabora una estructura que contiene la descripción, tan independiente como sea posible, de cada uno de los módulos por separado y la descripción de las relaciones entre ellos.

Encapsulamiento. Se trata de realizar una primera descripción de cada módulo que debe incluir la información necesaria para entender su papel en el sistema general pero debe ocultar detalles que no sean necesarios para comprender esa visión global.

Jerarquización. Normalmente es posible organizar los módulos de acuerdo a algún tipo de orden jerárquico. Las relaciones jerárquicas más comunes son: Categorización (jerarquía de tipos) y Descomposición en partes (jerarquía de componentes).

Considerar las limitaciones de la mente. Sabemos que, en general, resulta más fácil comprender la descomposición de un sistema complejo en dos o tres partes que una descomposición en varias decenas de componentes. Pero ¿cuál es entonces el nivel de descomposición ideal? En Psicología se han realizado estudios que demuestran que la capacidad de la mente humana para manejar varios problemas simultáneamente está limitada a “siete más menos dos” [4].

2. REQUISITOS DE LA ARQUITECTURA INFORMÁTICA DEL SCE

Como consecuencia de lo expuesto en el párrafo anterior y de reflexiones obtenidas a partir de la experiencia en el desarrollo de sistemas informáticos se ha elaborado la siguiente lista donde se enumeran de forma sintética los requisitos que debería cumplir la arquitectura informática del Sistema de Control de un Edificio (SCE)

- Debe proporcionar flexibilidad para permitir la descripción de SCE's que se adapten a diferentes tipos de entorno.
- Debe proporcionar una descripción del SCE mediante módulos tan independientes como sea posible.
- Debe proporcionar mecanismos de clasificación y de interconexión estándar entre estos módulos.
- Debe proporcionar la posibilidad de utilizar un número no limitado de sensores y actuadores y de diferentes tipos.
- Debe proporcionar medios para la descripción de las relaciones entre los componentes software y hardware.
- Debe proporcionar soporte a SCE's que requieran procesamiento en paralelo.
- Debe proporcionar la descripción de mecanismos que aseguren la detección de errores y la tolerancia a fallos.
- Debe proporcionar facilidades para la ampliación del SCE sin pérdida de prestaciones en las funciones disponibles.

- Debe proporcionar mecanismos que conduzcan a la optimización del tiempo y de los recursos disponibles.

- Debe proporcionar medios para la descripción de arquitecturas capaces de admitir varios objetivos simultáneamente.

- Debe proporcionar medios para la descripción de SCE's con capacidad de aprendizaje de los conocimientos necesarios para su adaptación a un entorno variable.

- Debe proporcionar el soporte necesario para facilitar la implementación del SCE con las herramientas software disponibles.

3. DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

En la actualidad, en el Departamento de Tecnología Fotónica de la Universidad Politécnica de Madrid se está desarrollando un proyecto para la creación de una herramienta informática que servirá de ayuda a los ingenieros de control para crear el SCE de un edificio concreto.

El punto de partida del diseño de esta herramienta fue crear un modelo de arquitectura genérico del SCE. Con la ayuda de esta herramienta será posible introducir los parámetros que particularizan el sistema de control para las necesidades e instalaciones existentes en cada edificio.

Este tipo de planteamiento tiene la gran ventaja de que provoca de forma inmediata la creación de una base de datos en la que es posible comparar los parámetros utilizados para la adaptación del sistema a los SCE de diferentes edificios. La disponibilidad de esta información permitiría reutilización de los diseños aplicados en el control de las instalaciones de edificios previos.

Una constructora o empresa de instalaciones dotada de este tipo de herramienta lograría de esta manera una ventaja inestimable a la hora de afrontar la complejidad del diseño e implementación del sistema de control de los edificios de la nueva generación.

La Figura 2 representa el esquema general del sistema que se está desarrollando. El corazón de la herramienta es una base de datos que llamaremos Modelo del Edificio. Esta base de datos contiene toda la información necesaria para describir las características relevantes de las instalaciones del edificio. En el apartado siguiente se proporciona una idea de cuál es el paradigma utilizado para que esto sea posible.

Para acceder a esta base de datos se ha previsto la existencia de varios interfaces orientados a las necesidades y cono-

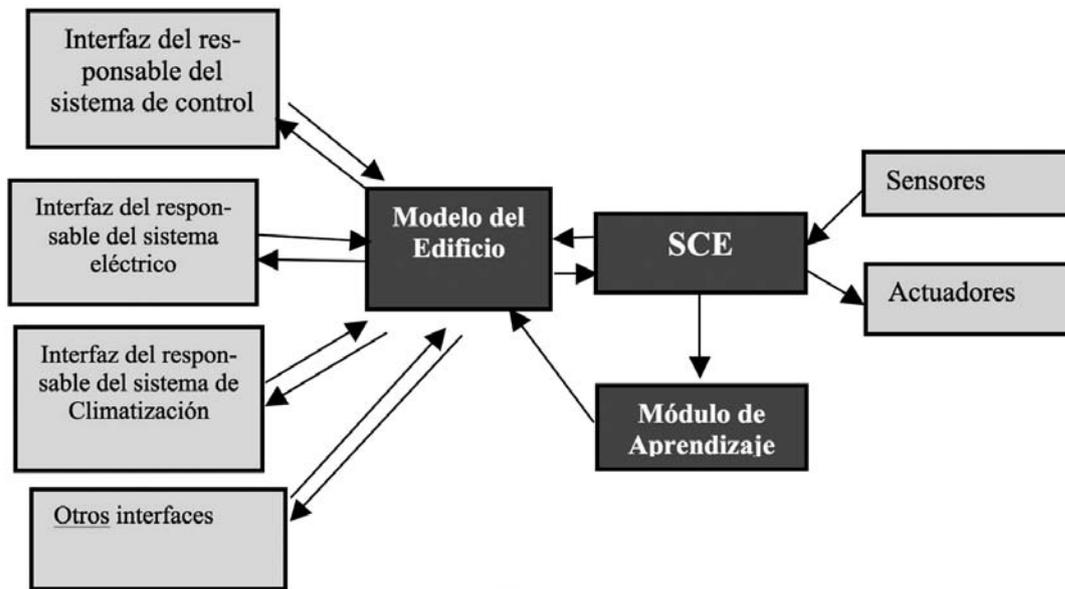


Figura 2

cimientos de los profesionales responsables de cada una de las instalaciones. En la figura se representan interfaces para el responsable del Sistema Eléctrico, para el responsable del Sistema de Climatización, para el responsable del Sistema de Coordinación e Integración, etc.

Una vez introducida la información en forma de los Conceptos, Procedimientos y Actitudes (ver estas definiciones en los siguientes apartados) que constituyen la descripción completa de las instalaciones a controlar, el módulo SCE utilizará estos datos para realizar su función de control obteniendo en tiempo real nuevos datos mediante los sensores y actuando sobre las instalaciones del edificio.

Por último, aunque en la primera versión de la herramienta no está aún contemplado, el módulo de aprendizaje introducirá otro tipo de parámetros en la base de datos que van a permitir realizar un ajuste fino del funcionamiento del SCE. Se trata de utilizar los datos obtenidos acerca del funcionamiento del SCE durante la evolución del sistema a lo largo del tiempo para lograr de forma automática su adaptación a los cambios que se vayan produciendo.

4. UN MODELO PARA LA DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SCE

Podemos definir la arquitectura informática del edificio como: una estructura integrada de recursos capaz de dar soporte a las funciones del SCE.

Se pueden plantear SCE's tan dispares como los correspondientes, por ejemplo, a una sencilla vivienda unifamiliar, una fábrica, un edificio corporativo, o al campus de una universidad.

La arquitectura que se presenta en este trabajo, que llamaremos Arquitectura del Sistema de Control del Edificio en siete niveles (ASCE7), está planteada con cierto nivel de abstracción de tal manera que su alcance incluya esta amplia gama de SCE's.

La arquitectura ASCE7 está inspirada en parte por las arquitecturas híbridas utilizadas actualmente en robótica y, al mismo tiempo, sigue la tendencia hacia la multitarea y el multiproceso de las arquitecturas basadas en conductas [5] [6].

Está estructurada como un conjunto de siete niveles ordenados jerárquicamente de manera que los niveles superiores utilizan las funciones proporcionadas por los inferiores mostrando cada nivel una visión de la arquitectura en un orden de abstracción creciente (Figura 3).

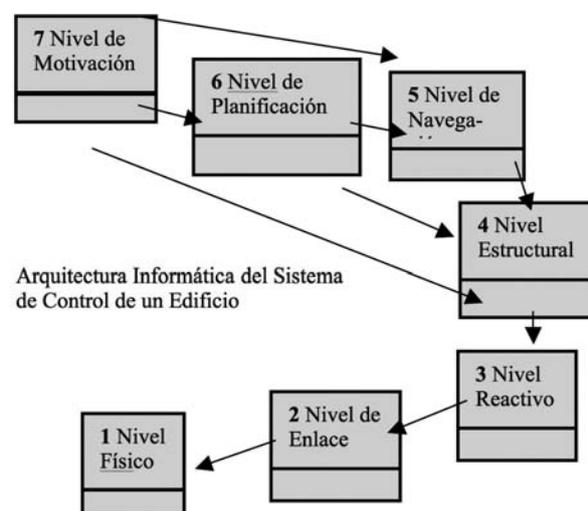


Figura 3

Estos niveles se han definido como módulos independientes, fuertemente desacoplados, con la intención de facilitar su comprensión, implementación y mantenimiento.

Cada nivel presenta una interfaz claramente definida que permite el acceso a las funciones que proporciona.

Esta descomposición modular de la arquitectura permite conseguir la posibilidad de integrar distintas tecnologías utilizadas actualmente en la informática de los sistemas de control permitiendo la convivencia en la misma arquitectura de la representación de distintos tipos de conocimiento y de distintos tipos de algoritmos, como son los dedicados al control reactivo, gestores de base de datos, algoritmos de planificación, mecanismos de control del SCE por objetivos a largo plazo, etc.

En la figura se anticipa un esquema de los contenidos de cada nivel en el modelo propuesto. Los dos primeros niveles están directamente inspirados en el modelo OSI en siete niveles, otro de los focos de inspiración de este modelo y que es hoy en día un paradigma básico en el mundo de las telecomunicaciones. El nivel 3 contiene las funciones que proporcionan el comportamiento de respuesta reactiva de la arquitectura. El nivel 4 da soporte a los niveles superiores mediante funciones que proporcionan acceso a los recursos físicos del sistema informático, incluyendo la gestión de la memoria y la capacidad de procesamiento disponibles. El nivel 5 está orientado a las funciones dedicadas a la gestión de la base de datos de Conceptos. El nivel 6 está orientado a las funciones de gestión de la memoria de Procedimientos. Y el nivel 7 contiene la definición de los objetivos del sistema y las funciones dedicadas a la gestión de Actitudes.

En los apartados siguientes se describen brevemente los componentes de la arquitectura que están incluidos en cada uno de estos siete niveles. Esta descripción explica las relaciones entre estos componentes y está orientada a justificar y explicar su utilidad práctica para la descripción de la arquitectura del sistema autónomo de control de un edificio

4.1. Conceptos, Procedimientos y Actitudes

Antes de explicar el contenido de cada uno de los siete niveles conviene dar unas definiciones que se han utilizado extensivamente en el diseño del ASCE7. Una descripción más detallada de estas ideas se puede encontrar en trabajos anteriores del autor [7] [8].

4.1.1. Conceptos

Los Conceptos son los elementos de la arquitectura dedicados a la descripción de los objetos físicos que forman el edificio y en concreto la instalaciones. Por ejemplo *Ascensor*, *Termostato*, *Ventilador*, etc. Los Conceptos tienen asociados atributos que indican sus características y también,

de forma dinámica, su estado en el tiempo. Por ejemplo, *Potencia* del ascensor, *Velocidad* del ascensor, etc. Los Conceptos están relacionados entre sí mediante diferentes tipos de relaciones hasta formar la descripción completa de las instalaciones del edificio. Por ejemplo un termostato *está en una habitación*, el ascensor *está en el tercer piso*, etc.

4.1.2. Procedimientos

Los Procedimientos son acciones que el edificio puede realizar relacionadas con los Conceptos. Por ejemplo *Ajustar la velocidad* del ventilador, *Detener* el ascensor, *Activar alarma* de incendios, etc.

4.1.3. Actitudes

Las Actitudes son el mecanismo de la arquitectura propuesta para determinar el comportamiento del SCE en las posibles situaciones. Las Actitudes se representan mediante reglas del tipo: SI (sucede A) Y (sucede B) ENTONCES (hacer C)

Donde A y B son Conceptos extraídos de la representación de la situación actual del edificio y C es un procedimiento que al ejecutarse debe tratar de llevar al edificio a una situación deseada frente a la situación detectada. Un ejemplo sencillo sería:

SI (la temperatura en la habitación es baja) Y (la habitación está ocupada) ENTONCES (elevar la temperatura de la habitación).

Nivel 1. Físico

En este nivel se deben describir las características físicas del edificio. En el caso de un ser vivo, este nivel debería describir las características fisiológicas de su anatomía, sus capacidades físicas para percibir y actuar sobre el entorno, y para procesar la información. Para el Sistema de Control del Edificio esta información sobre las características físicas de las instalaciones será la necesaria y suficiente para permitir su control. Es decir, la identificación de las partes disponibles comercialmente y la especificación detallada, incluyendo planos y diagramas de circuitos de los componentes que deban fabricarse. Por lo tanto, esta descripción incluirá aspectos relacionados con distintas áreas de la ingeniería: Arquitectura, Mecánica, Electricidad, Electrónica, etc. El Cuadro 1 muestra los componentes principales de la arquitectura a este nivel.

CUADRO 1

Estructura mecánica
Sensores y actuadores
Sistema hardware de procesamiento de información y memoria
Sistema hardware de comunicaciones internas y con el exterior
Sistema de alimentación
Componentes integrados comerciales obtenidos en el mercado

Nivel 2. Enlace

En un sistema de control, los sensores convierten las magnitudes físicas medidas en el entorno en señales eléctricas. Estas señales eléctricas son transformadas mediante el tratamiento electrónico adecuado en niveles de tensión que pueden ser interpretados como códigos binarios.

El Nivel de Enlace contiene la descripción de las relaciones establecidas entre el entorno físico y el dominio simbólico sobre el que se realiza el procesamiento. En este nivel se realiza la primera fase del tratamiento de las señales medidas por los sensores para hacerlas accesibles al resto de los niveles de la arquitectura. En sentido inverso, los procedimientos lógicos que trabajan sobre representaciones tienen acceso en este nivel a la activación física de actuadores. La principal dificultad que se debe resolver a este nivel consiste en asociar a un símbolo el significado completo del objeto real que se trata de representar [6]. Por otra parte, la estructura de los símbolos está condicionada por el tipo de realidad a manejar. Kant decía que “la mente estructura nuestras percepciones” [9]. Los componentes principales de este nivel se pueden ver en el Cuadro 2.

CUADRO 2

<p>Funciones primitivas para manejo de sensores y actuadores Detección de fallos de funcionamiento Sensores y actuadores virtuales Funciones primitivas de comunicación con el exterior Funciones primitivas de comunicación interna</p>

Nivel 3. Reactivo

Las funciones descritas en este nivel dan soporte a la conducta reactiva del SCE. Deben proporcionar los recursos necesarios para permitir al SCE reaccionar ejecutando acciones sencillas en tiempo real frente a cambios imprevistos del entorno. Como un orden de magnitud acerca del tiempo de reacción esperado en los seres humanos, Newell propuso que el tiempo de procesamiento dedicado por la mente a la Inteligencia Reactiva entre la lectura de los sensores y la orden a los actuadores está entre 10 y 100 milisegundos [10]. La propuesta realizada inicialmente por Brooks [11] y luego desarrollada por varios autores [12] [13], consiste en plantear que el sistema de control del comportamiento del agente estaría constituido por un conjunto de conductas reactivas sencillas que actuarían en paralelo, tomando datos de los sensores y superponiendo su efecto a través de un sistema de fusión de órdenes sobre los actuadores. Asumiendo esta idea, el nivel Reactivo se dedica a la descripción de un conjunto de conductas que compiten sometidas a un esquema de prioridades. Ese esquema de prioridades se modifica mediante un gestor de prioridades residente en este mismo nivel, cuya misión es

CUADRO 3

<p>Conductas Reactivas Mecanismo de coordinación Lectura de sensores Sumador de comandos</p>

optimizar el comportamiento reactivo global del SCE y cuyo funcionamiento puede ser controlado mediante mensajes procedentes de los niveles superiores.

Cada una de las conductas reactivas puede ser descrita mediante una Actitud. En el Cuadro 3 identificamos los componentes principales de la arquitectura en este nivel.

Nivel 4. Estructural

Las conductas, o Actitudes, reactivas descritas en el nivel anterior funcionan con bastante independencia unas de otras utilizando percepciones parciales del mundo, un conjunto reducido de programas o algoritmos que hemos llamado Procedimientos y objetivos muchas veces contradictorios. Si los tres primeros niveles del modelo ASCE7 proporcionan la descripción de la conducta reactiva del SCE, los cuatro niveles superiores contienen la descripción de las funciones de la arquitectura que producen un comportamiento planificado del SCE con la posibilidad de afrontar objetivos complejos a largo plazo.

El Nivel Estructural contiene la descripción de los componentes que permiten crear la infraestructura necesaria para el funcionamiento de este grupo de niveles superiores. El Cuadro 4 muestra los componentes principales de la arquitectura en este Nivel.

CUADRO 4

<p>Sistema operativo Sistema de comunicaciones Sistema de base de datos Piloto</p>

Nivel 5. Navegación

El SCE mantiene un Modelo del Edificio a partir de los datos proporcionados por el programador complementados con los datos proporcionados por la percepción, clasificando las representaciones de los objetos identificados en el mundo físico y completando esta descripción del mundo con representaciones de otros objetos abstractos útiles para el desarrollo eficaz de la misión del controlador. El Nivel 5 contiene la descripción de los recursos lógicos necesarios para manejar la base de datos de Conceptos que

contiene esta descripción del estado del edificio. En este nivel se debe describir la representación más adecuada para el tipo de objetos que debe manejar el SCE, incluyendo los atributos que describen las características de estos objetos y las relaciones entre estos. Se trata de mantener una versión del Modelo del Edificio tan completa y actualizada como sea necesario de acuerdo con las necesidades de la misión del SCE. El cuadro 5 muestra los componentes principales de la arquitectura a este nivel.

CUADRO 5

<p>Base de datos de Conceptos Modelo del Agente Modelo Local Modelo del Edificio</p>

Nivel 6. Planificación

El modelo conceptual del estado del edificio debe complementarse con información acerca de las posibilidades de interacción del SCE con los objetos identificados en su entorno.

Los Conceptos almacenados en la base de datos pueden asociarse con Procedimientos que describen acciones posibles sobre el objeto representado. Este objeto puede ser un objeto físico o un objeto abstracto elaborado por la propia arquitectura.

Los procedimientos actúan directa o indirectamente modificando los conceptos y las relaciones entre ellos. El Nivel 6 está dedicado a la descripción de los recursos de la arquitectura dedicados a la gestión de la base de datos de procedimientos almacenados en el Modelo del Edificio.

El SCE debe realizar una serie de acciones para intentar alcanzar los objetivos que tiene asignados. El Nivel 6 contiene la descripción de los recursos necesarios para determinar, analizando la base de datos, los procedimientos disponibles para ello y si éstos están disponibles, organizarlos en forma de un plan, y ejecutarlos.

En el Cuadro 6 identificamos varios componentes de la arquitectura a este nivel.

CUADRO 6

<p>Gestión de la base de datos de procedimientos Planificación Ejecución de Procedimientos. Aprendizaje de Procedimientos</p>

Nivel 7. Motivación

La idea de Actitud como un conjunto de reglas ha sido definida anteriormente. El mecanismo de funcionamiento basado en actitudes se utiliza exhaustivamente en el modelo ASCE7.

Un SCE que incluyera únicamente en su arquitectura las funciones descritas en los seis niveles anteriores, permanecería inactivo salvo para reaccionar en situaciones que requieren una respuesta rápida y sencilla en las que el comportamiento del SCE está controlado desde el Nivel 3. Los conocimientos de un SCE deben completarse con una información que defina a medio y largo plazo las situaciones en las que debe actuar y con qué objetivos. El Nivel de Motivación está dedicado a la gestión de una base de datos de Actitudes mediante las que se describen esos conocimientos.

En este nivel se pueden identificar los componentes indicados en el Cuadro 7.

CUADRO 7

<p>Definición de objetivos. Clasificación de actitudes Gestión de la base de datos de actitudes Coordinación de actitudes Medida de la eficacia</p>

5. CONCLUSIONES

El control integrado de las instalaciones de los edificios de cierta complejidad plantea un nuevo problema que debe afrontarse mediante el desarrollo de las herramientas informáticas adecuadas. En este trabajo se ha presentado una propuesta genérica para la arquitectura informática de este tipo de sistemas. Se ha presentado también el proyecto de desarrollo de un prototipo de una herramienta de ayuda a la creación de este tipo de sistemas de control. Este proyecto está enmarcado en una línea de investigación más amplia en la que se considera el desarrollo del sistema de control de edificios como un agente racional capaz de sacar el mejor partido posible a los recursos disponibles mientras realiza las tareas necesarias para alcanzar los objetivos que se le han marcado.

En nuestra opinión el control óptimo e integrado de las instalaciones de un edificio plantea un reto cuya solución va a exigir durante los próximos años un esfuerzo importante por parte de los arquitectos e ingenieros implicados directamente en el sector y, por otra parte, de la comunidad científica dedicada al área del Control y de la Inteligencia Artificial. Indudablemente serán especialmente interesantes los proyectos que surjan de la colaboración entre estos dos colectivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Russell, S. J.; Norvig P. *Inteligencia Artificial*. Prentice Hall, 2004
- [2] Triviño, G. El Edificio como un sistema de gestión de información. *Informes de la Construcción. CSIC* Vol. 55, nº 488, 2003
- [3] Klir, G. J.; Folger, T. A. *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988
- [4] Miller, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, vol. 63, pp. 81-97, 1956
- [5] Arkin, R. C. *Behavior-Based Robotics*. The MIT Press. Cambridge. MA, 1998
- [6] Brooks, R. A. *Cambrian Intelligence*. The MIT Press. Cambridge, MA, 1999.
- [7] Triviño, G.; Marchesi, A. Conceptos, Procedimientos y Actitudes y su aplicación en Robótica Infancia y Aprendizaje. *Journal for the Study of Education and Development*. Vol. 24.18, pp. 255-272. Barcelona, 2001
- [8] Triviño, G.; Crespo J. C.; Fernández, F. The CPA Paradigm for Autonomous Mobile Robot Knowledge Representation. *Proceedings of the 2002 WSEAS International Conference on Signal Processing, Robotics and Automation*.
- [9] Kosko, B. *Fuzzy Thinking*. Hyperion, New York, 1993
- [10] Newell, A. *Unified theories of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990
- [11] Brooks, R. A. "A robust layered control system for a mobile robot". *IEEE transactions on Robotics and Automation*, Vol. 2 Nº 1, pp. 14-23, 1986
- [12] Rosenblatt, J. DAMM: A Distributed Architecture for Mobile Navigation, *Procs. of the 1995 AAAI Spring Symposium, AAAI Press*, 1995
- [13] Barfoot, C. W. "A New Approach to Behavioural Control Fuzzy Behaviours", *Proceedings of FLAR 1996*, 1996
