

## MODELADO CONCEPTUAL DE USUARIOS EN AMBIENTES UBICUOS MEDIANTE AGENTES Y ONTOLOGÍAS

LILIANA GONZÁLEZ\*  
JAIME ALBERTO ECHEVERRI\*\*

### RESUMEN

Este artículo presenta una propuesta para el modelado conceptual de usuarios en ambientes ubicuos mediante agentes y ontologías. La integración de estos dos conceptos permite descubrir, procesar y mantener la información de los usuarios de sistemas pervasivos. La aproximación está compuesta por arquitectura conceptual, tipos de agentes que componen el sistema, estructura básica de cada agente y estrategia de comunicación. También se presenta una ontología para modelar usuarios y se mencionan dos escenarios de interacción de agentes: solicitud de conexión al sistema y envío de una consulta. Esta propuesta soluciona inconvenientes como la falta de estandarización en el modelado de usuarios de ambientes ubicuos y la ausencia de un componente inteligente que permita analizar dicha información para ofrecer configuraciones personalizadas dependiendo de datos como el perfil y las preferencias de los actores participantes.

**PALABRAS CLAVE:** sistemas ubicuos; agentes; modelado de usuario en ambientes pervasivos; ontologías.

### CONCEPTUAL USER MODELING IN UBIQUITOUS ENVIRONMENTS THROUGH AGENTS AND ONTOLOGIES

This paper presents a proposal for the conceptual modeling of user in ubiquitous environments through agents and ontologies. The integration of these two concepts allows capturing, process, and maintaining user information of pervasive systems. The approach consists of conceptual architecture, types of agents that compose the system, basic structure of each agent and communication strategy. It also presents ontology to model users. Later presents two scenarios of interaction of agents: connection request to the system and sending a query. This

---

\* Ingeniera de Sistemas y Magíster en Ingeniería, Universidad de Antioquia. Docente, Ingeniería de Sistemas, Universidad de Medellín. Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Medellín, Colombia. [ligonzalez@udem.edu.co](mailto:ligonzalez@udem.edu.co)

\*\* Ingeniero Mecánico y Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Docente, Ingeniería de Sistemas, Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. [jaecheverri@udem.edu.co](mailto:jaecheverri@udem.edu.co)

proposal solves problems such as lack of standardization in the user modeling of ubiquitous systems and the lack of intelligent component for processing the user's information to offer personal configurations that depend of the users' profile and preferences.

KEY WORDS: ubiquitous system; agents; user modeling pervasive systems; ontologies.

## MODELAGEM CONCEITUAL DE USUÁRIOS EM AMBIENTES UBÍQUOS MEDIANTE AGENTES E ONTOLOGIAS

### RESUMO

Este artigo apresenta uma proposta para a modelagem conceitual de usuários em ambientes ubíquos mediante agentes e ontologias. A integração destes dois conceitos permite descobrir, processar e manter a informação dos usuários de sistemas pervasivos. A aproximação está composta por arquitetura conceitual, tipos de agentes que compõem o sistema, estrutura básica de cada agente e estratégia de comunicação. Também se apresenta uma ontologia para modelar usuários e se mencionam dois cenários de interação de agentes: solicitação de conexão ao sistema e envio de uma consulta. Esta proposta soluciona inconvenientes como a falta de standardização na modelagem de usuários de ambientes ubíquos e a ausência de um componente inteligente que permita analisar dita informação para oferecer configurações personalizadas dependendo de dados como o perfil e as preferências dos atores participantes.

PALAVRAS-CÓDIGO: sistemas ubíquos; agentes; modelado de usuário em ambientes pervasivos; ontologias.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas ubicuos tienen el potencial de beneficiar a industrias en variados sectores, como el de la manufactura, construcción, agricultura, educación y, otras actividades que involucran personas que trabajan en ambientes cambiantes y móviles (Herskovic *et al.*, 2011), lo cual supone un cambio tanto en la concepción de los sistemas que se desarrollan, como en la forma de interactuar con éstos (Giner y Torres, 2007).

En este tipo de sistemas el usuario cumple un papel fundamental, ya que dependiendo de su localización, preferencias, intereses y experiencia, se le ofrecerán servicios, dispositivos de conexión y otras personalizaciones del entorno (Heckmann *et al.*, 2008).

La gestión de información sobre usuarios se fortalece al incorporar inteligencia en su tratamien-

to, esto es, proporcionar al ambiente ubicuo un mecanismo con capacidad para tomar decisiones a partir de perfiles similares, adicionar acciones y seleccionar prioridad en ejecución de tareas, adaptar medios y redes de acceso y, en general, aprender con cada acción que el usuario realiza en el sistema, buscando ofrecer cada vez mejores y más acertadas recomendaciones. Esto se logra por medio de un sistema multiagente (SMA), definido como una aplicación computacional donde los agentes cooperan o compiten con otros para lograr metas colectivas o individuales (Shoham y Leyton-Brown, 2009).

Este artículo presenta una propuesta para el modelado de usuarios en ambientes ubicuos mediante sistemas multiagente (SMA) y la definición de una ontología como mecanismo clave para la estandarización de conceptos del dominio. La integración de estos dos conceptos permite adquirir, procesar y mantener la información de los usuarios de sistemas pervasivos. Posterior a la introducción, en la sección



2 se mencionan los conceptos relevantes para entender la problemática tratada. La revisión de literatura es abordada en la sección 3. Luego se presenta en la sección 4 la propuesta objeto del artículo. La sección 5 es una descripción de un escenario de uso de la solución. Los trabajos futuros ocupan la sección 6. En la séptima sección se exponen las conclusiones. Por último, se presenta la bibliografía.

## 2. CONCEPTUALIZACIÓN

En la figura 1 se enuncian los conceptos fundamentales de esta propuesta y algunas relaciones entre ellos, para luego definir algunos.

Los ambientes ubicuos o pervasivos son entornos donde los elementos tecnológicos se insertan en las tareas diarias haciendo que la interacción usuario-sistema sea natural y desinhibida, y proporcionando acceso a los recursos sin limitantes de tiempo, medio de acceso ni lugar (Weiser, 1991, 1998).

Para soportar estas características, el sistema pervasivo debe contar con orientación a la identificación, mecanismos de localización de usuarios, detección de señales provenientes del ambiente, marcada comunicación entre dispositivos y variedad

en estos (forma, tipo de acceso, tipo de conexión a redes), requisitos adicionales de hardware, adaptación a cambios en el entorno donde están ubicados los usuarios, infraestructura provista de sensores, entre otras (Artola, Lafuente y Larrea, 2005).

Un aspecto imprescindible en este tipo de ambientes es el conocimiento profundo del *usuario*, ya que de acuerdo con la completitud y veracidad de la información almacenada y procesada, el sistema podrá adaptarse para ofrecerle las mejores opciones en cuanto a tareas, prioridad, dispositivo y medio de conexión, entre otros parámetros que deben ser personalizados en aplicaciones de este tipo.

Existen múltiples mecanismos para incorporar información del usuario en el ambiente pervasivo (independiente de la forma de representación usada), pero la aproximación mediante sistemas multiagente (SMA) ha demostrado ser efectiva, pues facilita la inclusión de un componente inteligente añadiendo funcionalidades como toma de decisiones por parte del sistema a partir de perfiles similares, adición de tareas y selección de prioridad para su ejecución, adaptación de medios y redes de acceso, y en general, aprendizaje del sistema con cada acción que el usuario ejecuta.

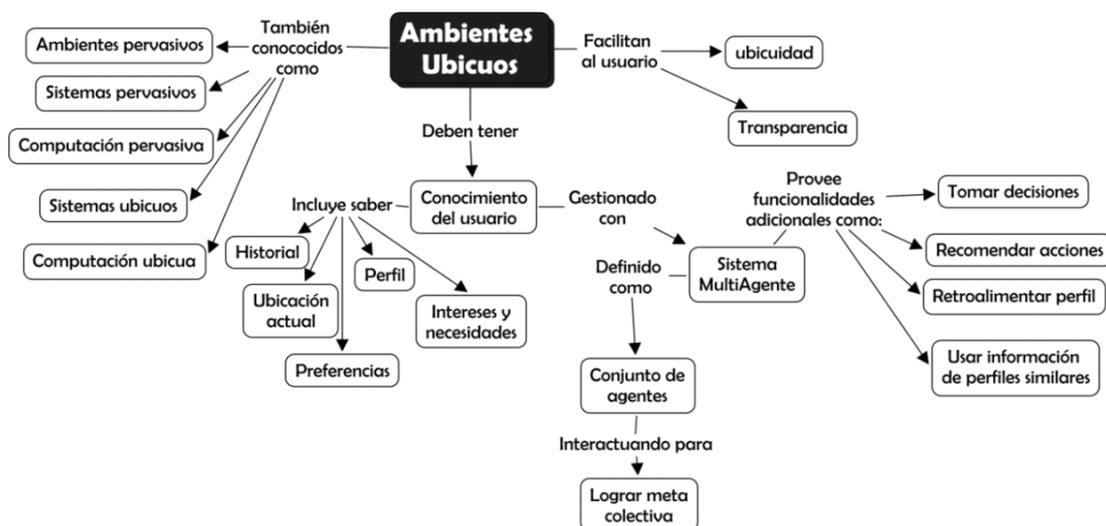


Figura 1. Revisión de conceptos fundamentales

Un *sistema multiagente (SMA)* es una aplicación computacional compuesta por agentes que cooperan o comparten con otros para lograr metas colectivas o individuales (Shoham y Leyton-Brown, 2009). A su vez, un agente es una entidad de hardware, software o humana que puede percibir su ambiente a través de sensores, comunicarse con otros agentes para obtener información y actuar sobre el medio en el que se desenvuelve gracias a la presencia de actuadores. Todo lo anterior le permite tener comportamientos inteligentes por medio de mecanismos de razonamiento sencillos o complejos (Wooldridge y Jennings, 1995).

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Proponer la utilización de SMA en el modelamiento de usuarios para ambientes ubicuos exige la solución de dos interrogantes principales: ¿Qué información se debe almacenar para caracterizar adecuadamente al usuario de un sistema ubicuo? y ¿Cuál es la estructura de un SMA en orden a manipular dicha información? Para resolver estas dos preguntas, en esta sección se presentan algunas aproximaciones al modelamiento de usuarios en ambientes ubicuos, y además se exploran propuestas de otros autores para la inclusión de SMA en el procesamiento de información de usuarios en estos ambientes.

#### 3.1 Propuestas para caracterizar y modelar usuarios en ambientes ubicuos

- **Ontología de Razmerita (Razmerita y Gouardères, 2004).** Estos autores proponen el modelado de usuario mediante una ontología aplicable además a sistemas de gestión de conocimiento. La ontología hace referencia a

un conjunto de conceptos y relaciones entre ellos para describir un dominio de interés (Razmerita y Gouardères, 2004). Se incluyen dentro del perfil del usuario datos como nombre, dirección electrónica y física, competencias, intereses, nivel de cualificación, preferencias. Además, se maneja información sobre la interacción usuario-sistema como actividad realizada, clave de seguridad para ingreso, rol dentro del sistema, metas al usar la aplicación.

- **Propuesta de Santos (Santos, 2009).** Este autor sugiere que para garantizar el conocimiento del usuario se deben almacenar datos como identificación (localización espacial y temporal), estado del usuario, hábitos de comportamiento, historial general de uso del sistema.
- **Aproximación de Hervás y otros (Hervás et al., 2006).** Estos autores proponen almacenar las tareas que realizan los usuarios, indicando dónde y cuándo se llevaron a cabo. Con lo anterior se establecen las preferencias.
- **Modelo de usuario de Vogl (Vogl, 2002).** El autor propone un modelo de usuario compuesto por las 5 W. Who?, identificación personal del usuario y su perfil; What?, tareas que el usuario realiza con sus detalles; Where?, localización física del usuario; When?, tiempo y fecha en que el usuario cumple cada tarea; Why?, preferencias y necesidades del usuario, útil para generar personalizaciones en el sistema de acuerdo con parámetros específicos de cada usuario. Este modelo se aplica en un caso de estudio de un aula ubicua.

Buscando determinar cuál de las aproximaciones revisadas se acopla más a la propuesta objeto del artículo, en la tabla 1 se establece una comparación.



**Tabla 1.** Cuadro comparativo de información para almacenar sobre usuarios

<b>Criterios de comparación</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Almacenamiento de datos personales	✓	✓	✓	✓
Almacenamiento de información sobre interacción usuario-sistema	✓	✓	✓	✓
Incorporación de preferencias del usuario	X	✓	✓	✓
Se enuncian datos específicos por cada categoría de información	✓	X	X	X
Uso de ontologías	✓	X	X	X

Convención: (✓) Cumple con el criterio; (X) No se cumple el criterio. Propuestas comparadas: 1. Razmerita; 2. Santos; 3. Hervás; 4. Vogl.

### 3.2 Propuestas de SMA en modelamiento de usuarios para ambientes ubicuos

- **Ubik** (Serrano, Botía y Cadenas, 2009). Los autores modelan el usuario de acuerdo con su interacción con el sistema-ambiente (servicios a los que accede, dispositivos usados, ubicación), y datos de su perfil (metas, recursos disponibles, interfaces, redes que tienen cobertura, localización, dispositivos usados antes, relaciones del usuario con otros). Como caso de estudio se toma un edificio de oficinas bajo ambiente ubicuo. Se reemplaza a cada trabajador que ejerce un rol (gerente, subordinado, secretaria, personal de servicio, etc.) por un agente, el cual asume comportamientos diferentes coherentes con sus responsabilidades (por ejemplo, permanecer en el lugar de trabajo, visitar a otro trabajador, caminar alrededor de la oficina, convocar a reuniones, acudir a reuniones, asistir de urgencia, hacer presencia en oficinas determinadas). La propuesta no profundiza en los tipos de agentes que se requieren ni en cómo es su comunicación.
- **PUMA –Personal User Modeling Agent–** (Muci, Drozda y Cozzolongo, 2008). En esta propuesta, el agente determina el comportamiento del usuario y su interacción con el ambiente de acuerdo con inferencias que hace en un contexto particular de actuación del usuario analizado. Los autores analizan los tipos de agentes que gestionan el conocimiento del usuario (agente de servicios y agente mediador). Además, analizan la estrategia de comunicación que deben usar estos agentes en orden a obtener mayores beneficios, pero no indican la información relevante que se almacena por cada usuario.
- **Aproximación de Matsuzaki y otros** (Matsuzaki, Yoshioka y Honiden, 2009). Estos autores proponen dos tipos de agentes móviles para modelar los usuarios: agente maestro (MA) y agente *shadow* (SA, también denominado agente sombra o agente fantasma). El agente MA estudia el entorno para saber si el usuario debe cambiar de estado (todo dependiente de una condición satisfecha). El agente SA cumple con tareas de apoyo para que el MA pueda hacer transición de estados. Las tareas desarrolladas dependen del ambiente o situación que esté afrontando el agente MA. Posteriormente proponen el flujo de comunicación entre los dos tipos de agentes y señalan detalles en su implementación.
- **Propuesta de Lorenz y otros** (Lorenz, Dolog, y Vassileva, 2005). Los autores recomiendan cuatro tipos de agentes para modelar información de usuarios: sensor, modelador, controlador, actuador. La propuesta también incluye una

plataforma distribuida de comunicación para los diferentes tipos de agentes, además de los mecanismos de comunicación y coordinación.

- **PUMAS (Carrillo et al., 2005).** PUMAS (Peer Ubiquitous Multi-Agent System) es un framework ubicuo para recuperar información sobre perfil del usuario (necesidades, características, preferencias, historia en el sistema, localización actual, etc.) y características técnicas del dispositivo móvil. La arquitectura de PUMAS se compone de cuatro sistemas multiagente (SMA), con su respectiva estrategia de comunicación.

Tras la revisión de la literatura se definieron criterios de selección de las propuestas más adaptadas a las necesidades, tal como se muestra en la tabla 2.

#### 4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Posterior al trabajo de revisión y comparación se propone el uso de ontologías para la representación de información de usuarios de ambientes

ubicuos. Por su estructura y proceso de construcción, las ontologías facilitan la interoperabilidad entre ambientes ubicuos diferentes, permiten la reutilización de aproximaciones previamente validadas y son creadas con terminología usada por expertos en el tema, lo cual disminuye la posibilidad de malas interpretaciones. De otro lado, están orientadas al reúso evitando reprocesos y aumentando la posibilidad de incluir toda la información (Razmerita y Gouardères, 2004).

Específicamente se tomará como base la ontología propuesta por Razmerita y Gouardères. Esta información será procesada por un SMA que combine las características planteadas por Lorenz en cuanto a tipos de agentes que lo componen, y los mecanismos de comunicación sugeridos en PUMAS. A continuación se detalla la propuesta.

##### 4.1 Arquitectura conceptual básica

Para garantizar el almacenamiento de información relevante sobre usuarios de ambientes ubicuos y su ulterior procesamiento se propone una arquitectura compuesta por tres módulos.

**Tabla 2.** Cuadro comparativo de propuestas para incorporar SMA en el modelamiento de usuarios en ambientes ubicuos

Criterios de comparación	1	2	3	4	5
Indicación de información por almacenar para cada usuario	✓	X	x	x	x
Especificación de tipos de agentes y tareas de cada uno	?	✓	✓	✓	x
Descripción de mecanismos de comunicación entre agentes	?	X	✓	X	✓
Inclusión de arquitecturas del SMA	?	X	✓	✓	✓
Descripción de mecanismos de coordinación entre agentes	?	X	x	✓	✓

Convención: (✓) Cumple con el criterio; (?) Con la información disponible no se puede concluir nada del criterio; (X) No se cumple el criterio. Propuestas comparadas: 1. UBIK; 2: PUMA; 3. Matsuzaki; 4. Lorenz; 5: PUMAS



El *módulo de información* se encarga de tomar datos relevantes sobre cada usuario del sistema y soportar la infraestructura de almacenamiento de datos como el perfil, preferencias e historial de los usuarios. Para estos propósitos, en el módulo se cuenta con la ontología definida y con estos tres agentes: agente de dispositivo móvil –ADM–, agente de perfil de dispositivo –APD–, agente de usuario –AU–.

En el *módulo de adaptación* se encapsulan operaciones de diseño de recomendaciones para los usuarios, que operan con filtros y motores de inferencia que permiten mostrar solo información relevante para el usuario actual. Para ello se cuenta con agentes enrutadores –AE–.

El *módulo de comunicación* cumple funciones de intermediación entre los agentes pertenecientes a los dos módulos anteriores. Para el efecto están los agentes controladores de conexión –ACC–, los agentes coordinadores –AC– y los agentes proxy –AP–. En las secciones 4.3 y 4.4 se indican la estructura de cada agente y los tipos discriminados de acuerdo con el módulo donde se sitúan.

## 4.2 Ontología de usuarios como parte del módulo de información

La figura 2 contiene el modelo conceptual de la ontología de usuario y su interacción con el ambiente ubicuo o pervasivo.

Un usuario tiene perfil, preferencias e historial. El perfil contiene básicamente sus datos personales e información sobre su profesión, ya que éste puede ser factor decisivo para recomendarle dispositivos e incluso tareas que ejecutará por medio del sistema. En las preferencias es necesario contar con información sobre las tareas favoritas, los dispositivos que frecuentemente usa y su dirección. Los dispositivos se deben caracterizar con datos como un identificador único, tipo, características hardware y software, además de restricciones. Con esta información será posible determinar si un dispositivo es apto para la realización de determinada tarea. De otro lado, con la información sobre la ubicación favorita del usuario es posible definir dispositivos cercanos que estén disponibles para asignarlos durante la ejecución de la tarea actual.

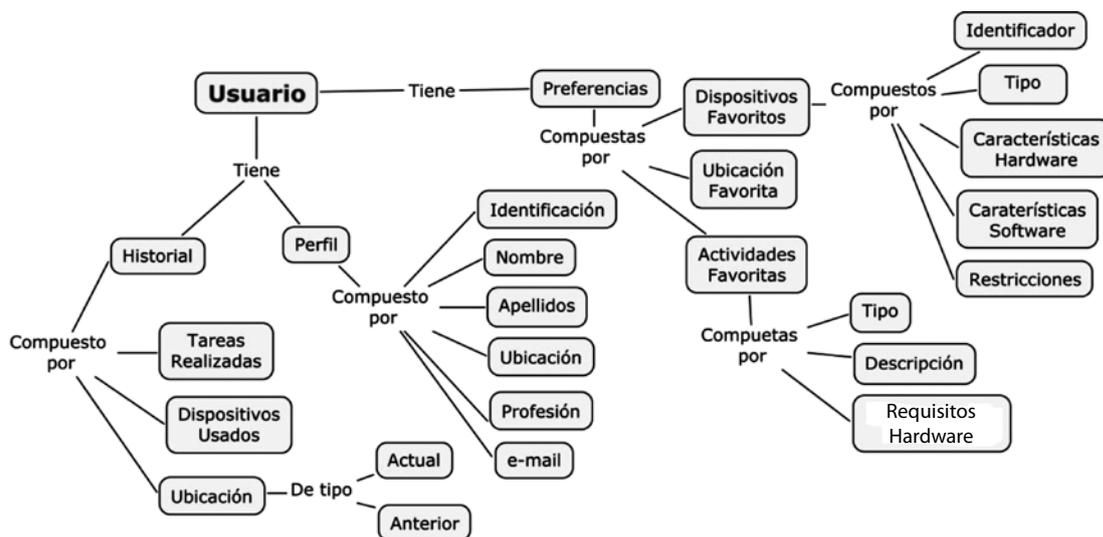


Figura 2. Mapa conceptual de la ontología para usuarios de ambientes ubicuos

En el historial vale la pena contar con información sobre las tareas realizadas por el usuario, los dispositivos empleados y su localización.

### 4.3 Estructura de cada agente

Los agentes estarán definidos por la triplete:

- *Info Inicial*. Es la representación de la base de conocimiento inicial del agente.
- *Acciones*. Conjunto de posibles acciones que puede ejecutar el agente conforme al dominio particular de aplicación.
- *Situaciones*. Conjunto de escenarios en los que el agente puede actuar, relacionados con las acciones que puede ejecutar. Estas situaciones dependen del contexto, por lo tanto, en el conocimiento base debe estar el inventario de roles que puede desempeñar cada agente.

### 4.4 Tipos de agentes

Para cubrir las dimensiones en el modelado de usuarios, se proponen los siguientes agentes para los módulos de información, comunicación y adaptación.

#### Agentes del módulo de información

- Agente de dispositivo móvil –ADM–. Conserva información sobre los dispositivos móviles frecuentemente usados por el usuario, incluyendo datos como tipo de dispositivo, protocolo de comunicación, restricciones. Además recoge información sobre la ubicación del usuario en el momento de conexión al sistema ubicuo y detalles sobre hora, fecha, estado de la conexión. Este agente se ejecuta en cada dispositivo móvil.
- Agente de perfil de dispositivo –APD–. Mantiene información sobre las suscripciones activas para los dispositivos y parámetros sobre interfaces para el dispositivo, tipos de conexión, preferencias de los usuarios que han usado el dispositivo. Se ejecuta en el sistema ubicuo central.

- Agente de usuario –AU–. Maneja información sobre el usuario, esto es, identificación personal, preferencias (formato en que desea ver la información, temas pertinentes, orden para desplegar resultados) y perfil. Por otro lado, gestiona información sobre el estado de los agentes (conectado, desconectado, eliminado). La información almacenada cuenta con discriminación por cada sesión que inicia el usuario.

#### Agentes del módulo de comunicación

- Agente controlador de conexión –ACC–. Gestiona los agentes proxy (creación, envío de mensajes de suscripción y eliminación). Se ejecuta en el sistema ubicuo central.
- Agente coordinador –AC–. Almacena y actualiza las suscripciones de los agentes proxy. Cada vez que el agente controlador de conexión envía un mensaje, el agente coordinador actualiza su lista, para conocer en todo momento cuántos agentes proxy están ejecutándose. También hace parte de la cadena de agentes involucrados en la gestión de consultas del usuario. Se ejecuta en el sistema ubicuo central.
- Agente proxy –AP–. Representa al agente de dispositivo móvil (que está alojado en cada dispositivo móvil) en el sistema ubicuo, esto es, lo hace visible.

#### Agentes del módulo de adaptación

- Agente enrutador –AE–. Procesa las consultas del usuario, que luego serán mostradas conforme a restricciones como formato, orden, tiempo, número de resultados, preferencias de los usuarios.

### 4.5 Estrategia de comunicación

Se usará el paso de mensajes para facilitar interacción entre agentes. En este mecanismo el agente emisor indica la información que transmitirá y el agente receptor. A continuación se presentan algunos escenarios de paso de mensajes.



#### 4.5.1 Paso de mensajes para la solicitud de conexión del usuario

Cuando un usuario se quiere conectar al sistema ubicuo por medio de su dispositivo móvil, el primer paso para la activación de sistema multiagente de tratamiento de usuarios es la creación de un agente de dispositivo móvil –ADM– (se asocia y se ejecuta en el dispositivo móvil), el cual tiene la primera tarea de enviar un mensaje de “Solicitud de conexión” al agente controlador de conexión –ACC–. Si no hay un agente proxy –AP– que represente al agente de dispositivo móvil en el sistema central, el ACC crea uno y le envía un mensaje de “suscripción” al agente coordinador –AC–, con el fin de actualizar las suscripciones activas en el sistema. Además, el AC informa al agente de perfil de dispositivo –APD– de esta suscripción. El ACC también envía al agente de dispositivo móvil un mensaje de “confirmación” cuando el proceso de suscripción ha terminado, acto seguido, el ADM crea un agente de usuario (AU) en el sistema central, a fin de manejar el perfil del usuario, que está almacenado en un archivo que ha sido manipulado también por el agente de dispositivo móvil. El flujo de mensajes se muestra en la figura 3.

#### 4.5.2 Paso de mensajes para la solicitud de consulta del usuario

Una vez establecida la conexión del usuario con el sistema, éste puede hacer consultas. Es importante recordar que uno de los resultados de la conexión es la creación de un agente de dispositivo móvil que estará activo mientras el usuario tenga interacción con el sistema. Cuando el usuario lanza una consulta C1, es tomada por el agente de dispositivo móvil y enviada a través de un mensaje al agente controlador de conexión, el cual añade parámetros como la localización y detalles de conexión a la consulta, para convertirla en C2 y enviarla al agente proxy el cual la extiende al agente coordinador y luego al agente de perfil de dispositivo. Este último

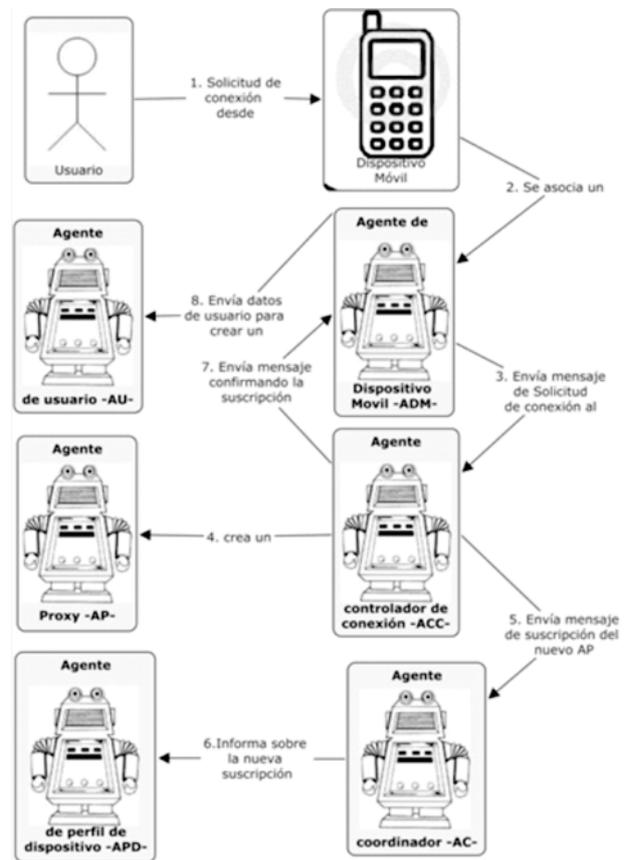


Figura 3. Flujo de mensajes para el escenario de conexión

adiciona a la consulta C2 algunas características relacionadas con el dispositivo móvil usado de acuerdo con su base de conocimiento y con datos que ha recogido en consultas anteriores. La nueva consulta C3 es enviada por el agente de perfil de dispositivo al agente de usuario, el cual añade datos específicos del usuario que permitirán personalizar aspectos como la forma en que se mostrará la consulta y orden para desplegar resultados. La consulta C4 se envía desde el agente de usuario hacia el agente enrutador –AE–, que se encargará, con ayuda de su sistema de reglas y su base de conocimiento de responderla, incorporando para ello estrategias como dividir la consulta en subconsultas o responderla completa. Finalmente es el agente de dispositivo móvil el encargado de mostrar resultados al usuario (ver la figura 4).

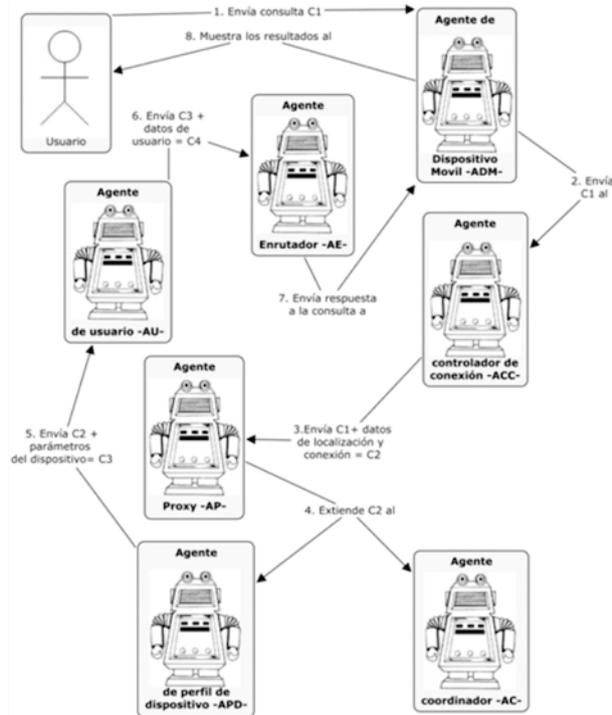


Figura 4. Paso de mensajes para la solicitud de consulta del usuario

## 5. ESCENARIO DE USO

Como parte de la conceptualización en el modelado de usuarios para ambientes ubicuos, en esta sección se presenta un escenario de uso extraído de Carrillo *et al.* (2005). Ello permitirá hacer validación futura, una vez se haya implementado la propuesta objeto de este artículo, estableciendo una comparación con los resultados obtenidos usando la aproximación de Carrillo, midiendo criterios como la relevancia de incluir ontologías durante el modelado de usuarios en estos ambientes. El escenario de uso supone como usuario un médico que trabaja en un centro médico dotado con un sistema ubicuo de información (SI) en el cual se almacena información sobre pacientes, medicamentos, tratamientos, médicos. El médico está equipado con un dispositivo móvil (por ejemplo, un celular), desde el cual puede acceder al SI; puede recibir información relacionada

con sus pacientes de acuerdo con su localización, preferencias, características técnicas del dispositivo móvil activo y detalles sobre el momento en el que se conecta.

Por ejemplo, al visitar un paciente, el médico puede consultar información sobre la historia clínica del paciente, sus análisis médicos, los remedios suministrados, etc. Mediante la localización del paciente (cuarto, piso, cama, etc.) y la fecha actual, el doctor puede identificar al paciente y obtener su información. Para esto, la aplicación que se ejecuta en su PDA debe consultar las bases de datos del hospital (farmacia, pacientes, galenos). Cuando un médico ingresa la información concerniente a la localización del paciente y la aplicación toma la fecha del sistema (información sobre el tiempo de conexión), el agente de dispositivo móvil que se ejecuta en su PDA envía la consulta que se propaga a través del sistema ubicuo central. Primero se transmite hacia el agente controlador de conexión, que se encarga de agregar datos sobre la conexión, para enviar la nueva consulta al agente proxy, el cual la extiende a los agentes coordinador y de perfil de dispositivo. Este último agrega a la consulta información del dispositivo móvil (por ejemplo, si soporta archivos gráficos, sólo texto, de manera que cuando el médico solicite los exámenes clínicos de un paciente, sólo obtendrá los resultados no más en formato texto, si se tiene esta restricción).

Posteriormente, el agente de perfil de dispositivo envía la consulta al agente de usuario que le adiciona las preferencias expresadas por el médico. El agente de usuario acaba la tarea enviando la consulta completa al agente enrutador, quien se encargará de determinar las fuentes requeridas para solucionar la solicitud del médico, que en este caso está relacionada con la historia clínica del paciente. Finalmente, el agente enrutador, luego de consultar la base de datos de historia clínica, retorna al agente de dispositivo móvil los resultados, incluyendo detalles sobre el formato en que debe ser mostrada la información por tratarse de una PDA.



## 6. TRABAJOS FUTUROS

Esta propuesta se constituye en un referente teórico para el modelado de usuarios en ambientes ubicuos. Posterior al esfuerzo de conceptualización hecho, es posible abordar la construcción de un SMA que incorpore la ontología ya descrita y el conjunto de agentes identificados.

## 7. CONCLUSIONES

Se estableció un comparativo de propuestas relacionadas con la información que debe almacenarse sobre los usuarios de ambientes ubicuos y con la incorporación de SMA para proveer a este tipo de sistemas un componente inteligente.

Se definieron una serie de criterios importantes e información relevante que se debe almacenar sobre los usuarios en el dominio de sistemas pervasivos.

Se propuso una ontología como base para el modelado de usuarios en ambientes ubicuos, con lo cual se aumenta la posibilidad de estandarizar este dominio de conocimiento. La propuesta reporta beneficios durante la integración del componente tecnológico, factor crítico, ya que este tipo de ambientes tiene altas y frecuentes variaciones, debido a la incorporación continua de nuevos dispositivos como smartphones.

Se aportó un conjunto de agentes que podrían ser incorporados en un SMA para facilitar el modelado de usuarios de un sistema ubicuo. En la descripción están claramente establecidas las responsabilidades de cada agente, los insumos que requiere para ejecutar cada tarea y los resultados entregados.

## REFERENCIAS

- Artola, Z.; Lafuente, A. and Larrea, M. (2005). *Jini as a platform for ubiquitous computing*. Simposio Computación Ubicua Inteligencia Ambiental. Granada, España.
- Carrillo, A.; Gensel, J.; Villanova-Oliver M. and Martin, H. (2005). PUMAS: "Un framework que adapta la información en ambientes ubicuos". *Revista Colombiana de Computación*, vol. 6, No. 2, pp. 28-47.
- Giner, P. and Torres, V. (2007). *Una propuesta basada en modelos para la construcción de sistemas ubicuos que den soporte a procesos de negocio*. IDEAS: 10° Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software. Porlamar, Venezuela.
- Heckmann, D.; Schwarzkopf, E.; Mori, J.; Dengler, D. and Kröner, A. *The user model and context ontology GUMO revisited for future Web 2.0 extensions*. Proceedings of the 3rd International Workshop on Contexts and Ontologies: Representation and Reasoning (C&O:RR-2007), at CONTEXT 2007. Roskilde, Denmark (20-24 August). pp. 37-46.
- Herskovic, V. P.; Ochoa, S. F.; Pino, J. A. and Neyem, A. (2011). "The iceberg effect: Behind the user interface of mobile collaborative systems". *Journal of Universal Computer Science*, vol. 17, No. 2, pp. 183-202.
- Hervás, R.; Nava, S. W.; Chavira, G. y Bravo, J. (2006). *Modelado de contexto: Una ontología adaptativa al usuario en ambientes inteligentes*. En: 2006, N. I. W. O. U. C. A. I. W. (Ed.) 2nd International Workshop on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence (WUCAmI 2006). Puertollano, España.
- Lorenz, A.; Dolog, P. and Vassileva, J. *A specification for agent-based distributed user modelling in ubiquitous computing*. Berlin/Heidelberg: Springer, 2005. pp. 31-40.
- Matsuzaki, K.; Yoshioka, N. and Honiden, U. *Ubiquitous application development using a mobile agent-based system*. University of Tokyo, 2009.
- Muci, F.; Drozda, P. and Cozzolongo, G. *An agent-based approach supporting personal ubiquitous interaction*. Department of Computer Science, University of Bari, 2008.
- Razmerita, L. and Gouardères, G. (2004). *Ontology based user modeling for personalization of grid learning services*. Proceedings of the International Workshop on Grid Learning Services, 7th International Conference, ITS 2004, Maceió, Brazil (August 30 - September 3), pp. 105-115.
- Santos, A. *Computación ubicua: Diseño de interacción centrada en el usuario*. Universidad de Vigo, 2009.
- Serrano, E.; Botía, J. A. and Cadenas, J. M. (2009). "Ubik: A multi-agent based simulator for ubiquitous computing applications". *Journal of Physical Agents*, vol. 3, No. 2 (May), pp. 39-43.
- Shoham, Y. and Leyton-Brown, K. *Multiagent systems: Algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

- Vogl, S. *Coordination of users and services via wall interfaces*. Dissertation (Doktor der Technischen Wissenschaften). Institut für Praktische Informatik, Johannes Kepler Universität Linz, 2002.
- Weiser, M. (1991). "The computer for the 21th century". *Scientific American*, vol. 265, No. 3 (September), pp. 94-104.
- Weiser, M. (1998). "The future of ubiquitous computing on campus". *Communications of the ACM*, vol. 41, No.1 (January), pp. 41-42.
- Wooldridge, M. J. and Jennings, N. R. (1995). "Intelligent agents: Theory and practice". *The Knowledge Engineering Review*, vol. 10, No. 2, pp. 115-152.