

LA INTELIGENCIA AMBIENTAL, NUEVO PARADIGMA PARA EL SIGLO XXI

Grupo de trabajo sobre
Inteligencia Ambiental
Robotiker-Tecnalia

Recibido: 7/03/06

Aceptado: 27/03/06

La visión de la Inteligencia Ambiental

Los avances recientes en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), han tenido gran impacto en el modo en que vivimos, trabajamos e interactuamos con nuestro entorno personal y profesional a través de dichas tecnologías. No cabe duda de la influencia que estos continuos avances seguirán teniendo en el futuro. Con objeto de estar mejor preparados para ello, es necesario hacer un esfuerzo de anticipación imaginándonos el futuro que permita aprovechar las oportunidades que se pudieran presentar y prever los riesgos y amenazas asociados a los cambios venideros.

La Inteligencia Ambiental representa una visión de ese futuro en la que estaremos rodeados por entornos dotados de dispositivos con ciertas capacidades inteligentes, sensibles a las personas y que reaccionarán ante ellas. Las tecnologías relativas a la Inteligencia Ambiental combinarán conceptos de *computación ubicua* y *sistemas inteligentes*, colocando a las personas en el centro de todos los desarrollos, no sólo tecnológicos sino también de las distintas disciplinas relacionadas con la existencia de las personas (Socioeconomía, Psicología, Cultura, Pedagogía, etc.). En realidad, ello implica que estaremos rodeados por interfaces inteligentes embebidos en objetos cotidianos como el mobiliario, la ropa, los vehículos y las carreteras. A medida que nos movamos a través de esos entornos, estos interfaces registrarán nuestra presencia, llevando a cabo automáticamente ciertas tare-

as. Basándose en criterios bien prefijados o bien dinámicos y adaptativos aprenderán de nuestro comportamiento para anticiparse a nuestras necesidades.

Las proyecciones de este nuevo mundo basadas en la presencia de inteligencia ambiental alrededor de las personas, tiene implicaciones sobre la tecnología y sus aplicaciones así como también en consonancia con la realidad social. La premisa es que la tecnología y sus aplicaciones nos permitirán vivir una vida mejor por su habilidad para detectar, apoyar y en ocasiones responsabilizarse de un elevado número de actividades interesantes en las que no tenemos capacidad para desarrollar.

Por otra parte, estos avances también pueden resultar *intrusivos*. Si bien todo avance o nueva concepción tecnológicos tienen *a priori* usos beneficiosos, muy a menudo pueden ser utilizados para fines perniciosos.

casas consideración a los posibles abusos y mal uso que pudieran darse.

En esta línea, las tecnologías relacionadas con la *Seguridad* y la *Confianza* (privacidad, seguridad y dependencia) se ven como aspectos naturalmente importantes para los futuros desarrollos tecnológicos. Para las personas implicadas en preservar la democracia, la decencia y los derechos humanos, el hecho de que estos aspectos sean *naturalmente importantes* no es suficiente. Las tecnologías de Seguridad y Confianza deben verse como factores cruciales en el diseño, desarrollo e implantación futuros de las tecnologías de la Inteligencia Ambiental.

Aunque el concepto de Inteligencia Ambiental pueda sonar a ciencia ficción, a escala internacional, y en los distintos ámbitos de investigación y desarrollo tanto académicos como industriales y gubernamentales, ya se



La utilización de esta tecnología asociada a la Inteligencia Ambiental estará primariamente enfocada a los beneficios económicos y sociales que puede supuestamente ofrecer con es-

están realizando serios esfuerzos para convertirlo en realidad. En Europa, los miembros del *Information Society Technologies Advisory Group* (ISTAG) han realizado considerables

esfuerzos, no sólo para demostrar como este paradigma puede impactar en nuestras vidas, sino en promover desarrollos clave en los campos de aplicación que puedan conducir a escenarios *factibles*. El ISTAG ha identificado tres grandes aspectos que determinarán que la Inteligencia Ambiental sea implantada con éxito.

- El primero de ellos es que debe *facilitar* el contacto humano más que sustituirlo.

- El segundo es su posible *impacto en las prácticas de negocio*, ya que las compañías necesitarán crear *partnerships* complejos y adoptar nuevos planes de negocio radicales.

- El tercero es la necesidad de una *investigación de relevancia y enfocada al largo plazo*. De hecho, la Inteligencia Ambiental representa un objetivo a largo plazo de la investigación Europea, y que *necesita de la colaboración de investigadores provenientes de múltiples disciplinas*: Informática, Electrónica e Ingeniería mecánica, Diseño, Arquitectura, Ciencias sociales, *Ingeniería de software*, sólo por nombrar algunos de ellos.

A escala internacional, países como EE.UU. también están trabajando en este campo bajo el nombre de *Ubiquitous Computing* y *Pervasive Computing*.

Características de la Inteligencia Ambiental

Riva *et al.* (2003) ofrecieron una definición de *Ambient Intelligence* o Inteligencia Ambiental como un nuevo paradigma en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en el que las personas son reforzadas a través de un entorno digital que es consciente de su presencia y contexto, y que es sensible, se adapta, y responde a sus necesidades, hábitos, gestos y emociones.

La Inteligencia Ambiental es la visión de que la tecnología se hará invisible, embebida en nuestro entorno natural, presente siempre que sea necesario, accesible mediante sistemas de interacción simples, dirigida a todos nuestros sentidos y adaptativa a los usuarios y el contexto. Información y contenidos de alta calidad deben estar disponibles para cualquier

tipo de usuario, en cualquier parte, instante o dispositivo. Para lograrla realmente deberá envolver a las personas, pero sin limitarlas.

Fundamentalmente, lo que caracteriza la Inteligencia Ambiental en esta definición es:

- Ubicuidad: Las personas estarán rodeadas por una multitud de sistemas embebidos interconectados, que serán invisibles ya que estarán en el background de nuestro entorno. Durante la última década, los científicos han desarrollado el concepto de computación ubicua para describir un mundo en el que se puede acceder a cualquier fuente de información en cualquier lugar e instante por cualquier persona.

- Consciencia: Habilidad del sistema para localizar y reconocer objetos y personas, y sus intenciones.

- Inteligencia: El entorno digital, con la cooperación de *Sistemas Back-End* inteligentes, será capaz de analizar el contexto físico y lingüístico, adaptarse a las personas que viven en él, aprender de su comportamiento respondiendo de forma adaptativa al mismo, y eventualmente reconocer, así como mostrar emociones.

- Interacción Natural: Modalidades como el reconocimiento natural del habla, de los gestos, y la síntesis de voz que permitirán una comunicación mucho más humana con el entorno digital de lo que es posible hoy en día.

Los sistemas embebidos para Aml (Inteligencia Ambiental) van a cambiar la forma actual de diseñar sistemas tanto embebidos como genéricos, pero lo más importante será el impacto sobre la forma de vida. Aplicaciones como sistemas de conducción seguros, seguridad en edificios singulares y hogares, ropas inteligentes, sistemas de fabricación en entornos hostiles, serán parte de las vidas de las personas y la Sociedad.

En definitiva, la concepción europea de Inteligencia Ambiental se basa en la convergencia, principalmente, de tres campos tecnológicos: Computación ubicua, Comunicación ubicua e Interfaces amigables inteligentes. Por lo menos, estas tres tecnolo-

gías deben considerarse para entender las dimensiones tecnológicas de Aml.

Adicionalmente, estos campos se complementan con los conceptos de Conocimiento del contexto y la Seguridad/Confianza y privacidad.

Los componentes

Existen cinco grandes grupos de componentes, que, en cooperación, harán posible la Inteligencia Ambiental.

Computación ubicua

La computación ubicua hace referencia a una extensión y diversificación de los sistemas de computación desde unidades centrales a ordenadores personales y múltiples dispositivos personales, hasta la computación embebida en los objetos cotidianos. En este último caso, se trata de hacer "inteligentes" estos objetos, dotándoles de sensores.

El desarrollo de dispositivos inteligentes depende fundamentalmente de las siguientes tendencias tecnológicas: la miniaturización de las capacidades de computación, nuevos materiales, tecnologías de sensorización y tecnologías de *software*. Igualmente, el embeber las capacidades de computación e interconexión en cada vez más objetos y entornos dará lugar a formas de computación distribuidas en tiempo real, que demanden nuevos dispositivos micro/optoelectrónicos en términos de funcionalidad, diseño, potencia, robustez y comunicación inalámbrica.

Miniaturización de las capacidades de computación

La ley de **Moore** se ha utilizado para describir la capacidad de computación creciente, que se doblaría cada 18 meses manteniendo costes fijos. Esto refleja el rápido cambio en las tecnologías de procesamiento de la información y en la industria de la microelectrónica en las tres últimas décadas. Las capacidades de computación se han vuelto más baratas, pequeñas y rápidas para permitir que se embeban en cualquier objeto o dispositivo.

Sin embargo, esta tendencia ha sido posible gracias a las condiciones económicas y sociales únicas en las que ha trabajado la industria de los semiconductores en las últimas décadas. Mayores capacidades de miniaturización del *hardware* pasan por nuevos avances en materiales. En la actualidad, la miniaturización ha permitido mayor movilidad, menor consumo energético, reducción de tamaño y peso, menor coste, mayor fiabilidad y flexibilidad, y ubicuidad. Uno de los mayores retos se centra en integrar las contribuciones a escala nanométrica en las arquitecturas globales.

Nuevos materiales

Las técnicas de manipulación molecular y atómica serán cada vez más necesarias para la aparición de materiales avanzados e inteligentes, y así como las nanotecnologías, los nanodispositivos permitirán menores consumos energéticos, mayores velocidades de funcionamiento y alta ubicuidad.

Los avances recientes en las ciencias de los materiales permitirán que los ordenadores del futuro tengan una forma diferente o incluso se inserten en el entorno. Por ejemplo, los polímeros emisores de luz podrán formar dispositivos de visualización flexibles. También habrá avances en la tinta electrónica y el papel inteligente, que transformará las propiedades actuales del papel en medios digitales.

Sensores y aumento de objetos

Los objetos cotidianos pueden ser aumentados con sensores o actuadores para permitir que detecten actividad física, actuando o comunicando esta información. Los sensores pueden reaccionar a la luz, aceleración, temperatura y peso, aunque pueden analizar también los gases y líquidos y detectar ciertos patrones (huellas dactilares, por ejemplo).

Otro avance interesante son los radiosensores que pueden enviar los datos a unos metros de distancia sin una fuente de energía explícita. Las etiquetas electrónicas ofrecen innumerables ventajas frente a los códigos

de barras actuales. Las tecnologías inalámbricas permitirán la lectura y el envío de cientos de bytes hasta distancias aproximadas de dos metros. De esta forma, los objetos pueden ser identificados y reconocidos, y, por lo tanto, relacionados en tiempo real con un dato asociado que se encuentra almacenado en una base de datos. Esto permitirá aplicaciones que van más allá de los supermercados sin cajeros.

Uno de los problemas de la computación embebida en un objeto inteligente es el tema de las fuentes de energía. Aunque existe una línea de investigación dedicada a la búsqueda de nuevas fuentes, el consumo de energía es crucial.

Un ejemplo de un objeto aumentado puede ser la MediaCup, desarrollada por la **Universidad de Karlsruhe**. Las tazas de café se aumentan mediante un sensor, que permite capacidades de procesamiento y comunicación para obtener pistas sobre los hábitos de las personas. También se almacena la temperatura.

Comunicación ubicua

Esta gran proliferación de dispositivos distribuidos sólo tendrá sentido si está interconectada o en red. Desde el punto de vista técnico, esto supone nuevos retos, especialmente para la comunidad de computación. La movilidad es una nueva dimensión añadida que se encuentra en el centro de Aml. El hecho de proporcionar una interacción continua cambia la relación entre las personas y los computadores, de una herramienta localizada a un acompañante continuo. Esta sensación de conectividad permanente existe ya en la actualidad mediante la telefonía móvil.

Independientemente de las tecnologías y las redes que se encuentren en el transcurso, los usuarios esperan tener acceso a la información o servicio correcto, cuando ellos quieran, desde su posición, utilizando su dispositivo preferido y con la información o servicio presentado de una manera útil. Por ello, las topologías de las redes deben posibilitar una gran flexibilidad y adaptabilidad en aplicaciones y redes. Adicionalmente,

hay que poner un gran énfasis en los aspectos de interoperabilidad y estándares.

Dentro de la Inteligencia Ambiental, se han definido los siguientes niveles de redes:

- *Body area network* (BAN), que conecta sensores o dispositivos implantados en el cuerpo o localizados en las ropas.

- *Personal area network* (PAN), formada por dispositivos personales o comunitarios, o periféricos.

- *Local area network* (LAN) para el acceso nómada a redes fijas y móviles, e Internet.

- *Wide area network* (WAN) para el acceso a una movilidad completa.

- El ciberespacio en el que interaccionan los usuarios y sus agentes inteligentes (avatares).

Este modelo se propone como un modelo de referencia para la interacción entre los usuarios y las tecnologías que los rodean. En la actualidad, ya existen tecnologías inalámbricas LAN en el mercado. Igualmente, las tecnologías PAN inalámbricas están siendo desarrolladas comercialmente y se espera que despeguen en los próximos años. Su alcance es limitado (10 -100 metros) y deben permitir las conexiones entre los dispositivos personales. *Bluetooth* es el estándar más conocido para controlar el teclado, el ordenador o la impresora sin cables.

También existen prototipos para las redes BAN. Se trata de dispositivos inteligentes que el usuario puede llevar o implantarse en su cuerpo. Las ropas inteligentes pueden tener diferentes aplicaciones como *e-health* (monitorización de la presión arterial, actividades deportivas) o ropas adaptables.

Los dispositivos se conectan de manera dinámica a estas redes. Dado que la mayoría de los dispositivos trabajan con *software*, se desarrollarán aplicaciones multimodales. Por ello, serán fundamentales los estándares para garantizar la interoperabilidad.

Interfaces de usuario

Las interfaces de usuario son un bloque fundamental en Aml ya que defi-

nen la experiencia que va a tener el usuario con el entorno inteligente que le rodea. Hay que dar una gran importancia a las interfaces naturales y multimodales. Las tecnologías de visión y visualización son parte de estas interfaces. Los avances en interfaces son muy importantes en la aceptación por parte del consumidor, no solo para el público en general, sino también para las personas con minusvalías.

La visión de Aml asume que la interacción física entre las personas y el mundo virtual deberá parecerse al modo en el que las personas interactúan en el mundo real. Las personas hablan, gesticulan, palpan, sienten y escriben en sus interacciones con otras personas y el mundo real. Las interfaces deben ser totalmente diferentes del paradigma de escritorio basado en el teclado, el *ratón* y la pantalla. Además, con las tecnologías de interfaz actuales, las personas tienen que aprender y entender el lenguaje de los dispositivos; en el futuro, la tendencia debe invertirse.

Las interfaces tangibles se centran en el sentido del tacto. Si una persona está interactuando con un objeto en el mundo virtual, no tiene ninguna sensación para saber que realmente lo está haciendo. La investigación en hápticos trata de resolver estos problemas mediante sistemas de restitución de fuerza y tacto.

Las interfaces tangibles se centran en los objetos cotidianos. Los dispositivos de visualización ambientales son objetos cotidianos y proyectan la información sin tener que interrumpir al usuario. Estos dispositivos presentan información secundaria no crítica, sin desconcentrar al usuario. La investigación futura en Inteligencia Ambiental se debe concentrar no solamente en diseñar los dispositivos, sino también en evaluar su efectividad.

Se han realizado tareas de investigación en la entrada de voz y escritura pero ha resultado difícil abordar los errores que han aparecido en estos sistemas. Un problema para las interfaces naturales, especialmente para las acciones basadas en reconocimiento, es debido a los errores que

se producen. Es verdad que no es factible eliminar completamente los errores, sino que hay que conseguir que la tasa de errores sea aceptable por el usuario.

Respecto a los dispositivos de visualización, se trata generalmente del cuello de botella para la aplicación masiva de nuevas aplicaciones. IS-TAG ha detectado la necesidad de nuevos tipos de visualizadores en el hogar, todos ellos como pantallas planas:

- Grandes pantallas (hasta 1 metro en diagonal) con alta resolución para experiencias comunitarias como TV, películas o juegos. Las tecnologías más importantes son plasma y proyección LCD.

- Tamaño medio (hasta 50 cm) con alta resolución para aplicaciones de escritorio y entretenimiento personal. La tecnología básica es LCD.

- Dispositivos pequeños de baja resolución con un gran abanico de tamaños, siendo importantes las tecnologías OLED en este caso.

Sin embargo, en entornos menos restrictivos fuera de hogar o puesto de trabajo, serán necesarios sistemas de visualización basados en proyección que no requieran de pantallas específicas, si no que permitan visualizar la información en los objetos cotidianos.

La implementación masiva de interfaces con mecanismos de entrada/salida sólo es esperable a partir de 2010, no debida a incertidumbres tecnológicas, sino a ciertas incertidumbres relacionadas con el retorno de inversiones y la aceptación del usuario.

Conocimiento del contexto

Aunque es necesario realizar progresos en las tecnologías mencionadas anteriormente dentro de la visión de Aml, las aplicaciones son el elemento esencial en la computación ubicua. En la actualidad, existen un gran número de proyectos en desarrollo, siendo el conocimiento del contexto uno de los conceptos centrales.

El conocimiento del contexto empieza con la identificación de una parte relativamente simple del contexto, es decir, la localización e identifica-

ción del usuario, utilizando esta información para proporcionar servicios de valor añadido. Estas aplicaciones son quizás la primera demostración de unión implícita de la actividad de las personas con los servicios computacionales que sirven para aumentar la actividad humana. Por ejemplo, el teléfono móvil nunca sonará en un concierto si el sistema conoce la localización y el calendario de la persona.

El conocimiento del contexto da soporte a las aplicaciones Aml inteligentes permitiéndoles adaptar su comportamiento a la información sensorizada por el entorno físico y computacional. La localización es una pieza común del contexto utilizada en el desarrollo de aplicaciones. Las más conocidas son las aplicaciones para sistemas de navegación basados en GPS y los sistemas de guiado móviles con contenido multimedia. Por otra parte, la identificación puede basarse en radioetiquetas en el caso de objetos o lugares y de características biométricas en el caso de personas.

La mayoría de los sistemas de conocimiento del contexto no incorporan en la actualidad ningún conocimiento sobre el tiempo, el historial y otras personas que no sean el usuario, así como otro tipo de información que está disponible en el entorno. La definición del concepto debe estar orientada al usuario, lo que implica mucho más que simples perfiles de usuario y servicio. El sistema orientado al contexto tiene que ser capaz de resolver cuestiones como dónde está una persona, con quién, qué recursos están próximos o cuál es el estado de ánimo.

De esta forma, el usuario podría llegar a su centro de trabajo cooperativo donde se le asignaría un puesto cercano al de otras personas con las que tenga que colaborar ese día, toda la información necesaria y su configuración personal serían visualizados en su terminal. Por otra parte, el sistema informaría a las diferentes personas que tengan que interactuar con él de su presencia, disponibilidad, etc. En caso de estar trabajando en forma remota desde su hogar, un aeropuerto, un hotel, etc. el sistema adecuaría la información necesaria al entorno de

trabajo y al tipo de trabajo a desarrollar, teniendo en cuenta las necesidades de seguridad de cada caso.

En cada momento el sistema se adecuará a los diferentes perfiles o roles que desarrolla el usuario presentando diferentes ofertas según se trate de un entorno de trabajo, de ocio, familiar, etc. En cada caso el tipo de información, funcionalidad, privacidad de las acciones y seguridad del sistema se adecuará al rol y actividad que desarrolle el usuario.

Seguridad y privacidad

La vida en un entorno de Inteligencia Ambiental requiere un equilibrio entre una compleja diversidad de intereses y valores relacionados con la libertad de expresión, el acceso a la información, la protección de la privacidad del individuo, la confiabilidad y dependencia del sistema, la seguridad, la protección contra la discriminación, la protección de la identidad y la protección contra intrusiones tanto de elementos públicos como privados.

La creciente expansión de los sistemas de información crea en los usuarios una sensación de dependencia de los mismos con la consiguiente inquietud sobre la continuidad, seguridad e intrusismo. Si bien la Inteligencia Ambiental será claramente positiva en cuanto al soporte ofrecido al usuario y la facilitación de las tareas cotidianas, es cierto que también puede ser vista por los usuarios como un “*gran hermano*” que todo lo controla y vigila.

El aseguramiento de los sistemas, la información y los canales de comunicación han sido objeto de muchos desarrollos en los últimos años, aunque falta conseguir una solución integrada, transparente para el usuario e independiente del contexto en que éste se encuentre.

Por otra parte, siendo la persona el foco central de los sistemas dotados de Inteligencia Ambiental es necesario ser capaces de identificar a las personas de forma inequívoca tanto mediante su identidad física como a través de sus posibles identidades digitales, de forma que el entorno se adapte a los diferentes perfiles o

roles que puede adquirir en cada momento.

También es necesario contar con los mecanismos adecuados que permitan salvaguardar su privacidad antes terceros de forma que se impida la trazabilidad de sus acciones, la difusión de su información privada en ámbitos no autorizados o que se haga un uso fraudulento de la misma.

La identidad y legitimidad de los diferentes actores y la confiabilidad del sistema en sí deben estar avaladas por entidades independientes según criterios consensuados por la comunidad usuaria del entorno en cuestión (familia, empresa, municipio, etc.)

La interacción de los usuarios con los ambientes inteligentes

La interacción de los individuos con los entornos dotados de Inteligencia Ambiental se escenifica en tres pasos:

- Fase 1: Reconocimiento del sujeto

Es imprescindible que el entorno inteligente sea capaz de identificar quién es la persona con la que debe interactuar, tanto para contextualizar el entorno, como para controlar la seguridad del sistema y de los datos. Este reconocimiento del sujeto debería poder hacerse tanto con la colaboración del usuario, como sin la misma, en cuyo caso sería necesario integrar en el entorno sistemas de reconocimiento autónomos.

- Fase 2: Adaptación al sujeto

Una vez identificado el sujeto, el entorno debe ser capaz de contextualizarse, adaptándose al perfil del usuario, a sus preferencias e incluso a su estado de ánimo. De esta forma el ambiente inteligente será diferente no sólo según el usuario que interactúe con el mismo, si no que en cada caso podrá comportarse de forma diferente con un mismo usuario adaptándose a las circunstancias.

Por otra parte, la adaptación al sujeto marcará también los niveles de seguridad a implantar en el sistema, tanto para controlar los accesos y

uso de la información y servicios ofrecidos como para asegurar la privacidad de las acciones llevadas a cabo por el sujeto.

- Fase 3: Interacción con el sujeto

Una vez personalizado el entorno, el ambiente inteligente podría comenzar a interactuar con el usuario según el contexto elegido. Esta interacción deberá ser multimodal de forma que permita al usuario utilizar interfaces naturales sin necesidad de aprender nuevas normas o pautas de relación.

Robotiker y la Inteligencia Ambiental

Robotiker desarrolla un proyecto que permite a los entornos digitales reconocer a las personas. El proyecto, denominado *Adapta*, permite la interacción de los usuarios con los Ambientes Inteligentes

El proyecto se centra en que las personas interactúen con un entorno digital que será consciente de su presencia y del contexto general de la situación, pudiendo adaptarse y responder a las necesidades, costumbres y emociones del usuario. Además como parte del *Proyecto Adapta* se ha creado un Laboratorio de Inteligencia Ambiental que permite la generación de escenarios donde probar los diferentes modelos y tecnologías.

Robotiker, Centro Tecnológico especializado en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) e integrado en la **Corporación Tecnológica Tecnalia**, es pionero en el desarrollo de Tecnologías de soporte para la “Inteligencia Ambiental” y lidera el Proyecto de Investigación Estratégica *Aditu “Observatorio Vasco para el Desarrollo de la Inteligencia Ambiental”* en el que se combinan los esfuerzos en la materia de diferentes Centros de investigación como son **VICOMTech**, **Labein**, **ESI**, **Elhuyar**, **Escuela de Ingeniería y de Telecomunicación** de Bilbao y la **Facultad de Informática** de la UPV. ■