

Agentes Inteligentes en Internet

Lic. Rosa Eunice Echeverría Portillo
Profesora del CIDETEC-IPN

El estudio de los agentes inteligentes es un área de investigación de muy rápido crecimiento, donde el desarrollo de proyectos hace evidente que la complejidad del software continuará incrementándose en los próximos años. La naturaleza distribuida y dinámica de datos y aplicaciones requiere que la programación no sólo responda a las solicitudes de información de los usuarios, sino que se anticipe, adapte y busque maneras de darles soporte. Los sistemas no sólo deben ayudar a los humanos a coordinar sus actividades, sino también a administrar la cooperación entre sistemas distribuidos. Como resultado de estas necesidades, los agentes surgen como un área donde se intersectan un gran número de disciplinas tan diversas como la Interacción Humano-Computadora, la Ingeniería de Software, Redes, Sociología y la Inteligencia Artificial.

Hasta este momento el concepto de **agente** no se ha definido de manera unánime, aunque se está volviendo popular en la industria de software y por lo tanto el uso de este término podría no ser el correcto. A pesar de ello, existen algunas propiedades que comúnmente se asocian a los agentes, siendo estas: autonomía, sociabilidad, cooperación, reactividad, proactividad (con comportamiento dirigido por una meta y tomando la iniciativa), continuidad temporal, adapta-

bilidad, así como el ser personalizables [1]; estas propiedades se explicarán más adelante.

DEFINICIÓN DE AGENTE

La respuesta a ¿Qué es un agente inteligente? es compleja, debido a que los investigadores utilizan diferentes significados del término y aún no hay consenso para precisar una definición, tal como sucede al definir el término **inteligencia artificial**.

En Internet, el término Agente Inteligente hace referencia a un programa que navega en lugar del usuario, incorporando tecnologías de sistemas expertos y técnicas de Inteligencia Artificial de aprendizaje y planificación. Así mismo, actúan como asistentes electrónicos que realizan tareas que de otro modo se ejecutarían de forma manual. Los Agentes Inteligentes pueden automatizar muchas tareas rutinarias o que no involucran búsqueda, típicas de los usuarios del WWW, proporcionando además un método eficiente de búsqueda, colección y filtro de información en las búsquedas entre redes. Entre las principales aplicaciones en una empresa está su uso para mejorar la productividad de los usuarios de la red, el flujo de trabajo y la administración, en el comercio electrónico y en las agendas compartidas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGENTES

Si bien no existe una definición general para los agentes, si existen propiedades que los caracterizan y en las que los especialistas coinciden; sin embargo hay quien considera que estas características no son suficientes. Jeen [2] generó una lista de características con una visión estricta de los agentes.

Esta visión amplia determina las siguientes propiedades en los agentes que se utilizan para los sistemas de hardware y software:

- .. **Autonomía:** Los agentes han de actuar sin la intervención directa de los humanos o de otros agentes, teniendo además algún tipo de control sobre sus acciones y su estado interno. [7]
- .. **Flexibilidad:** Sus acciones no están predeterminadas.
- .. **Proactividad:** Los agentes son una nueva forma de pensar, porque tienen iniciativa propia y pueden hacer sugerencias. [8]

El agente *intenta* conseguir la satisfacción de sus metas. El proceso interno de toma de decisión precisamente tiene por objeto maximizar la satisfacción de las metas; para tomar una acción en este sentido no necesariamente se responde a un estímulo, sino que

puede detectar una oportunidad y tomar la iniciativa. [9]

.. **Sociabilidad** (habilidades sociales): Los agentes pueden interactuar con otros agentes (y posiblemente con los humanos), medianamente algún tipo de lenguaje de comunicación de agentes

.. **Reactividad**: Los agentes perciben su entorno, que puede ser el mundo real, un usuario a través de una interface gráfica, un conjunto de agentes, Internet o quizá la combinación de algunos de los anteriores, y responden en un tiempo aceptable a los cambios que ocurren en él.

.. **Aprendizaje o adaptación**: Su comportamiento está basado en la experiencia previa.

.. **Continuidad temporal**: La ejecución es continua en el tiempo.

.. **Capacidad de iniciativa**: Los agentes no solo han de reaccionar a los cambios de su entorno, sino también deben ser capaces de tomar la iniciativa, exteriorizando algún tipo de comportamiento orientado a alcanzar sus objetivos.

.. **Situación**: El agente se considera en relación con un ambiente específico, del cual recibe información por medio de *sensores*, y entrega acciones por medio de *actuadores*. Este punto de vista no requiere un ambiente físico; un agente en un medio informático tal como el internet puede tener sensores que detecten la presencia de una página web, un virus, etc., con actuadores que le permitan enviar correo electrónico, destruir archivos, etc. [9].

Algunos investigadores en el campo de la Inteligencia Artificial consideran que las propiedades antes descri-

tas no son suficientes para caracterizar a los agentes, dado que los agentes son sistemas computacionales que deben incluir además nociones mentales que semejen el pensamiento humano; por lo tanto, agregan las siguientes características:

- Propiedades intencionales
- Capacidad de razonamiento
- Movilidad
- Veracidad
- Benevolencia
- Racionalidad

AGENTES EN INTERNET

Actualmente la Internet y el World Wide Web son el campo donde los sistemas basados en agentes han encontrado mayor desarrollo. Internet nace como consecuencia de un proyecto desarrollado a finales de los años 60; este proyecto consistía en la construcción de una red experimental para la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) del departamento de defensa de los EE.UU. El objetivo del proyecto era la generación de un sistema de comunicación entre computadoras altamente flexible y dinámico, que permitiera utilizar cualquier tipo de medio y tecnología de transmisión, y que siguiera funcionando incluso ante la eventualidad de la destrucción de algunas partes de la red. Así, en 1969 nació la red ARPANET, auténtica precursora de la posterior Internet, interconectando cuatro macrocomputadoras ubicadas en lugares distintos.

La red creció lentamente hasta llegar a conectar unos 100 equipos a principios de los 80. Durante ese período sirvió como banco de investigación, desarrollo y prueba de los pilares sobre los que se apoya Internet: las normas y lenguajes comunes que permiten la comunicación entre

los distintos elementos conectados, conocidos como la familia de protocolos TCP/IP. La adopción de éstos dentro de ARPANET en 1982 supuso un hito decisivo.

A mediados de esa década se producen factores clave para el posterior desarrollo de Internet. Numerosos fabricantes comercializan equipos que *hablan* TCP/IP, convirtiéndolo en el estándar de facto para la intercomunicación. Así mismo, la proliferación de redes de área local hace cambiar la tendencia de conectar únicamente al exterior las grandes computadoras de las instituciones, por la necesidad de conectar redes locales enteras, facilitando así el acceso simultáneo al exterior a un gran número de equipos en cada organización.

Otro factor decisivo fue el nacimiento en 1986 de la red NSFnet. Con el objeto de facilitar el acceso a toda la comunidad científica norteamericana a cinco grandes centros de supercómputo, la National Science Foundation, ante los impedimentos burocráticos para usar la red ARPANET, decidió crear una red propia, la cual acabaría convirtiéndose en la espina dorsal de Internet. Dado su carácter abierto a toda la comunidad científica y académica, la NSFnet desencadenó una explosión de conexiones, sobre todo por parte de las universidades. Aunque el objetivo inicial de la NSFnet era el compartir recursos costosos y/o escasos de supercómputo, pronto las organizaciones conectadas descubrieron que disponían de un medio inmejorable de comunicación y colaboración entre ellas.

Desde finales de los 80's Internet ha venido experimentando un crecimiento exponencial en casi todos sus parámetros:

1. Número de usuarios de Internet.

En los primeros años de existencia de Internet, la mayoría de usuarios eran investigadores y algunos pocos proveedores públicos. Esos usuarios tenían conocimientos importantes sobre computadoras, redes, y sobre el modo de acceder y usar los diversos servicios de Internet.

2. Número de proveedores de servicios e información en Internet.

Un creciente número de empresas y otras entidades, como los gobiernos, ofrecen servicios sobre Internet, normalmente a través del World Wide Web.

3. Número de usuarios conectados a Internet en relación al ancho de banda.

Los usuarios de Internet han tenido que aprender a convivir con los inconvenientes propios de esta sobrepoblación de la red. Las consecuencias son, entre otras, la imposibilidad en la práctica de conectarse con algunos servidores, o la espera, casi infinita, para la transferencia de información.

4. Popularidad del World Wide Web.

La facilidad de uso y la imagen atractiva del WWW ha colocado a éste en el primer lugar de las estadísticas de los servicios más usados en Internet. El WWW se puede utilizar para acceder a casi todos los demás servicios que se ofrecen en la red, sirviendo para acceder a servidores FTP o Gopher de un modo más sencillo del que proporciona su uso directo.

Así mismo, los usuarios pueden acceder a una cantidad de información prácticamente inacabable. Esta es una de las principales razones que explican por qué las grandes empresas están ofreciendo servicios e información a través del WWW: cuando la

información interesante es hábilmente combinada con una estrategia comercial, cualquier empresa puede alcanzar un alto grado de difusión entre los usuarios de Internet, y por lo tanto todos ellos pasar a ser clientes potenciales.

5. Surgimiento de nuevas tecnologías.

JAVA y VRML son algunas de estas tecnologías. Java permite la creación de programas de propósito general, independientes de la plataforma de ejecución; por su parte, VRML es un lenguaje de programación que puede usarse para ampliar los documentos HTML. VRML hace posible la creación de entornos virtuales de tres dimensiones que los usuarios pueden explorar.

Como se observa, el desarrollo más notable de Internet es el WWW. La popularidad de la red sugiere la necesidad de construir interfaces simples y de fácil manejo para los usuarios, que hagan abstracciones y oculten las diferentes técnicas para realizar algunas tareas sobre Internet.

Los programadores han entrado en esta tendencia, construyendo navegadores cada vez más completos y versátiles. Por ejemplo, las últimas versiones de Netscape pueden usarse para navegar en el WWW, leer noticias de Usenet, como programa de gestión del correo electrónico y para editar páginas HTML.

Los agentes pueden ofrecer funcionalidades similares a estas; incluso con mayor eficiencia si se mejoran algunas características -como la independencia al hardware y al software- y si se añaden nuevas propiedades. Los agentes ofrecerían así una gran ayuda a los usuarios de Internet, pues no solo podrían ser usados como buscadores de información, sino que proporcionarían un modo apropiado y

preciso de construir interfaces para interactuar con la red.

ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS AGENTES

Algunos investigadores han inventado sinónimos para nombrar a los agentes, añadiendo mayor confusión a la definición de agente. Algunos de estos sinónimos son:

- softbots (software robots) .
- knowbots (knowledge-based robots).
- taskbots (task-based robots).
- searchbots (search robots) .
- userbots .
- robots .
- personal agents .
- personal assistants.

Se han definido ocho grandes áreas de aplicación donde ahora, o en un futuro cercano, se utilizará la tecnología basada en agentes [3]. Estas áreas son:

1. Organización y mantenimiento de sistemas y redes.
2. Movilidad y accesos remotos.
3. Mensajería y Correo Electrónico.
4. Organización del acceso a la información.
5. Colaboración.
6. Flujo de trabajo y organización administrativa.
7. Comercio Electrónico.
8. Interfaces de usuario adaptativos .

Como se verá a continuación, estas áreas están todas relacionadas, directa o indirectamente, con las redes de computadoras y con el actual paradigma de red: Internet.

Organización y mantenimiento de sistemas y redes. La incorporación del protocolo cliente-servidor a los sistemas informáticos ha supuesto un incremento de la complejidad del mantenimiento, especialmente en el área de las redes de computadoras. Los administradores de estos sistemas necesitan herramientas que de modo simple les ayuden a administrar los sistemas ante la creciente complejidad de los mismos.

En la administración de redes y sistemas informáticos se utilizan desde hace bastante tiempo esquemas semejantes a los agentes que realizan funciones fijas, denominados daemons. Un daemon es parecido a un agente en el sentido que se activa cuando ha de realizar una función -reactividad, pero carece de las características propias de los agentes, como por ejemplo la autonomía.

Los agentes pueden utilizarse para aumentar la automatización que ya existe en la administración de sistemas. Así mismo, pueden actuar en un alto nivel de abstracción filtrando y controlando acciones automáticas, detectando y reaccionando ante esquemas del comportamiento del sistema e incluso organizar configuraciones dinámicamente.

Movilidad y Accesos Remotos. Es cada vez más frecuente que los usuarios de computadoras deseen aumentar su movilidad; no sólo quieren acceder a los recursos remotos de las redes, sino que quieren hacerlo olvidándose de las limitaciones propias de la red, principalmente el ancho de banda.

Sin embargo, los agentes que habitan en la red pueden alcanzar estos deseos, como el que algunos mensajes puedan ser respondidos de forma automática. Los agentes facilitan estas funciones proporcionando reglas para la gestión de los mensajes, que

pueden ser especificadas y modificadas a lo largo del tiempo. En un futuro, los agentes de mensajería podrán inferir reglas sobre el comportamiento del usuario e incorporarlas a su base de conocimiento.

Organización del acceso a la información. El estudio del acceso a la información constituye en la actualidad, un área importante de actividad, debido entre otras cosas al incremento de la popularidad de Internet y la gran cantidad de información disponible para sus usuarios.

Los agentes pueden ayudar no sólo en la realización de búsquedas y filtraje de la información, sino también al seleccionar, priorizar o categorizar dicha información.

Colaboración. La colaboración es un área en rápido crecimiento, donde los usuarios trabajan juntos en documentos comunes, utilizando video-conferencias, o compartiendo recursos a través de la red.

Los usuarios no sólo necesitan un sistema que proporcione la infraestructura para compartir información de modo robusto y fiable, sino también herramientas y utilidades que les ayuden a construir y administrar los equipos de trabajo.

Flujo de trabajo y organización administrativa. La gestión del flujo de trabajo es la administración de procesos de la empresa mediante un sistema informático. Los usuarios del sistema necesitan realizar los procesos lo más eficientemente posible y reducir de esta manera el costo de los agentes humanos. En este contexto, los agentes de software pueden ser utilizados para automatizar procesos empresariales o la toma de decisiones.

Comercio Electrónico. El comercio en Internet es también un

área en pleno desarrollo. Los clientes necesitan encontrar proveedores de productos y servicios, y junto a ello información sobre dichos productos y servicios, asistencia y soporte técnico. Por su parte, los vendedores necesitan encontrar clientes para sus productos, informar sobre los mismos y ofrecer asistencia técnica.

Los agentes pueden apoyar al usuario del comercio electrónico en muchas formas: Pueden realizar compras en lugar del usuario, estudiar precios, solicitar información sobre los productos y servicios, y después informar al usuario. También pueden actuar como vendedores, automatizando el proceso de venta o el de asistencia técnica.

Interfaces de usuario adaptativas. Aunque en estos últimos años las interfaces de usuario se han transformado en interfaces gráficas más intuitivas y fáciles de usar, para muchos continúan presentando dificultades en lo que se refiere a su aprendizaje o utilización. Conforme las aplicaciones informáticas han mejorado, éstas necesitan interfaces de usuario más complejas. Las interfaces de usuario deberían aprender los hábitos del mismo y adaptarse de forma individualizada.

Los agentes llamados *interface agents* pueden solucionar estos problemas. La tecnología actual de agentes permite a los sistemas monitorizar las acciones del usuario, desarrollando modelos o perfiles. De este modo se pueden construir agentes que adapten la interface del sistema al perfil del usuario, o que cambien el modo de mostrar la información.

TIPOS DE AGENTES EN INTERNET

A continuación se analiza el tipo de agentes existentes actualmente en la

red. En este sentido hay diversas maneras de clasificar los agentes de Internet:[6]

1. En relación a su movilidad, esto es, según su habilidad para moverse y cambiar de sitio en una red. Este criterio proporciona las clases de agentes estáticos y agentes móviles.
2. Pueden clasificarse como deliberativos o como reactivos. Los agentes deliberativos son agentes que poseen un modelo interno de razonamiento de tipo simbólico, y su planificación está orientada a alcanzar cierta coordinación con otros agentes. Los agentes reactivos [4] no tienen modelo interno del entorno, sino que actúan siguiendo un comportamiento del tipo estímulo/respuesta.
3. De acuerdo a un conjunto de características ideales que los agentes podrían exteriorizar. Como mínimo, estas características son tres: autonomía, aprendizaje y cooperación. Está claro que estas no son todas las características deseables para los agentes, pero se trata aquí de considerar un conjunto de propiedades esenciales.

La autonomía hace referencia a que los agentes pueden actuar por sí mismos, sin necesidad de alguna guía humana. Los agentes tienen estados internos y objetivos individualizados. Un elemento clave de la autonomía de los agentes es la capacidad de tomar la iniciativa en lugar de actuar simplemente como respuesta al entorno.

La cooperación con otros agentes es de suma importancia; es la razón de ser de sistemas con varios agentes en lugar de uno solo. Como se ha visto, para que los agentes puedan cooperar entre si necesitan ser dotados de habilidades so-

ciales, es decir, la habilidad de poder interactuar con otros agentes o con humanos, mediante algún lenguaje de comunicación.

Finalmente, los agentes deben ser capaces de aprender acerca de sus acciones y reacciones ante el entorno. El aprendizaje aumenta el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo.

Hay otras características de los agentes de Internet que se han considerado secundarias, pero que no deben ser olvidadas. Por ejemplo, la versatilidad, ¿tiene un agente un conjunto fijo de objetivos o bien puede enfrentarse a diversidad de tareas? También es válido preguntar ¿es este agente benévolo?, ¿es útil?, ¿es altruista?, ¿dice siempre la verdad cuando se comunica con otros agentes?.

En la **figura 1** se resume y ordena a los distintos tipos de agentes para Internet, siendo esta lista susceptible de modificación.

AGENTES QUE COLABORAN

Para tener un grupo coordinado de agentes, es necesaria una negociación entre ellos para alcanzar acuerdos colectivos aceptables en algunas materias.

Las características fundamentales de estos agentes son la autonomía,

habilidades sociales, un cierto grado de reacción y la capacidad de tomar la iniciativa. Además, pueden exhibir racionalidad en su actuación, ser benévolo, decir siempre la verdad, etc.

Las razones que han llevado a construir Sistemas Basados en Agentes que colaboran son una especialización de las motivaciones de la Inteligencia Artificial Distribuida:

1. Resolver problemas que exceden las capacidades de un sólo agente individual.
2. Ofrecer a los sistemas desarrollados hasta nuestros días la capacidad de interconectarse e interactuar con otros.
3. Proporcionar soluciones a problemas de naturaleza distribuida.
4. Proporcionar soluciones a problemas que requieren datos distribuidos.
5. Aumentar la modularidad, velocidad, fiabilidad y flexibilidad de los sistemas.

AGENTES QUE GESTIONAN INFORMACIÓN

Los agentes de gestión de información aparecen como respuesta a la demanda de herramientas que ayudaran a manejar el crecimiento explosivo de la información disponible en Internet. Estos agentes realizan tareas tales como manipular, manejar o recoger información de múlti-

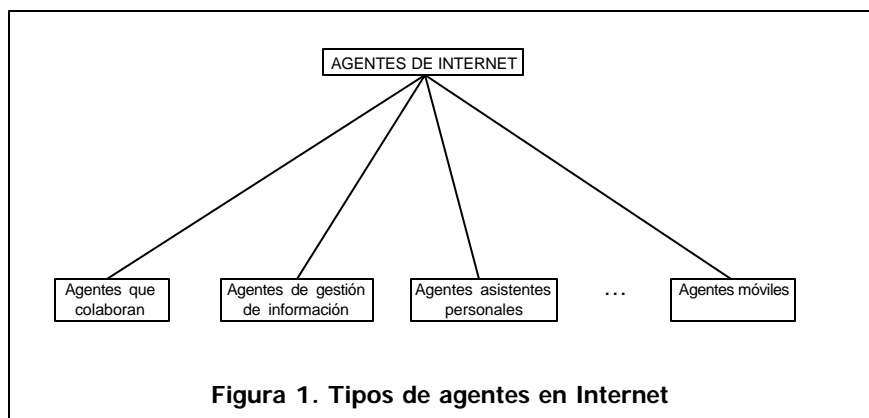


Figura 1. Tipos de agentes en Internet

ples fuentes distribuidas en Internet. La hipótesis que subyace en ellos es que un usuario se ahoga en la enorme cantidad de datos y, al mismo tiempo, se muere de hambre en lo que se refiere a la información.

Los agentes pueden ayudar a mejorar, pero no eliminan el problema de exceso de información. Algunos autores no dudan en afirmar que el mayor desafío de la era de la información es crear una interface de usuario simple donde la búsqueda y recuperación de información mediante agentes llegue a ser tan natural para el usuario como lo es llamar por teléfono o leer un periódico. Los agentes gestores de información deben estar dotados con las capacidades necesarias para conocer dónde buscar y cómo encontrar información y acumularla.

Aunque en un futuro se relacionen estrechamente los agentes asistentes personales, los agentes que adaptan interfaces, y los agentes gestores de información, es interesante verlos separadamente, para poder estudiar su evolución. Los agentes gestores de información no tienen un modelo estándar de actuación, pueden ser estáticos o móviles, no cooperativos o sociales, pudiendo aprender o no.

Un ejemplo de agente que busca y gestiona información en Internet, que ya puede considerarse un clásico, es el llamado Internet Softbot [5]. Este agente permite al usuario formular consultas en alto nivel, y es capaz de usar su base de conocimiento para realizar búsquedas e inferencias y determinar cómo consultar en Internet. El agente tiene en cuenta y tolera ambigüedades, omisiones y algunos tipos de error en la consulta del usuario. Los autores del Internet Softbot describen el proyecto haciendo un paralelismo entre el agente y un robot físico, de ahí su nombre.

El principal problema de los agentes gestores de información cuando estos son estáticos, y construyen un índice que almacenan en una base de datos, es actualizar estos índices en un entorno enormemente cambiante como Internet. Por otra parte, los agentes estáticos pueden incorporar una interface que se adapte al usuario.

Los agentes que buscan y gestionan información pueden ser móviles. Esta movilidad les impide ofrecer al usuario una interface adaptativa, pero en cambio son capaces de navegar y moverse por el WWW recogiendo información y construyendo índices en el mismo sitio en donde se encuentra ésta. A los agentes gestores de información se les acusa de sobrecargar la red y colapsar las comunicaciones; si bien esto es cierto, algunos autores han propuesto normas de conducta para los agentes que trabajan en Internet, y de este modo reducir su influencia negativa sobre la misma.

bile Robot. IEEE Journal of Robotics and Automation

- [5] Etzioni, O., Weld, D., *Asoftbot-Based Interface to the Internet*. Communications of the ACM. 1994
- [6] Mori Pera Enric. *Agentes y Sistemas Multiagentes* <http://www./si.upc.es>
- [7] Castelfranchi, C., *Guarantees for autonomy in cognitive agent architecture. Intelligent Agents: Theories Architectures, and Languages*. Germany. 1995
- [8] Olivares Ceja Jesús M. *Agents: Characteristics, Architectures and Applications*. Draft 2.0. 1998
- [9] Dr. Brena Ramón, Dr. Aguirre José Luis. *Coordinación de recursos de Educación e investigación mediante Agentes*. <http://www-cia.mty.itesm.mx/~jaguirre/>.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Chauan, D. 1998. *JAFMAS, A Java-based agent framework for multiagent systems development and implementation*.
- [2] Jeenings N. R., Wooldrige M., *Intelligent Agents: Theory and Practice*. Knowledge Engineering Review, October 1994. Revised January 1995.
- [3] Gilber A., et al. *The Role of Intelligent Agents in the Information Infrastructure*. IBM, United States 1995
- [4] Brooks, R. A., *A Robust Layered Control System for a Mo-*