

Resumen

En la actualidad los proveedores de servicios y de red deben ser capaces de satisfacer las demandas de nuevos servicios, mejorar la calidad del servicio, reducir el costo de servicio de red y operaciones de mantenimiento, control de rendimiento y adaptarse a las exigencias de los usuarios. En otras palabras, parece ser esencial investigar nuevos enfoques para llevar a cabo dichas tareas.

Los sistemas de telecomunicaciones son cada vez más complejos y dinámicos con la introducción, por ejemplo, de nuevos servicios, de mayor movilidad en las redes activas. El uso de la inteligencia artificial y agentes inteligentes, la integración de capacidad de razonamiento, aprendizaje, cooperación y movilidad para proporcionar un control predictivo, parece prometedor en este tipo de medio ambiente.

Diferentes áreas en torno a los sistemas de telecomunicaciones tienen que ser investigados: rendimiento, control de flujo y congestión, entornos de control inteligente, seguridad, servicio de creación y despliegue, movilidad de los usuarios, terminales y servicios, por mencionar algunos.

El presente documento tiene por objetivo introducir los beneficios y oportunidades que ofrecen la técnica computacional de múltiples agentes en el entorno de las telecomunicaciones.

Palabras claves: Agentes, Sistemas Multiagentes, Telecomunicaciones.

Abstract

Service and network providers must be able to satisfy the demands for new services, improve the quality of service, reduce the cost of network service operations and maintenance, control performance and adapt to user demands. In other words, it seems essential to investigate new approaches under consideration for performing such tasks. Telecommunication systems become more and more complex and dynamic with the introduction, for example, of new services, mobility and active networks. The use of artificial intelligence and intelligent agents, integrating reasoning, learning, cooperating and mobility capabilities to provide a predictive control seems promising in such environment.

Different areas around telecommunication systems have to be investigated: performance, flow and congestion control, intelligent control environment, security, service creation and deployment, mobility of users, terminals and services, to mention a few.

This paper aims to introduce the benefits and opportunities offered by computational techniques of multi-agent systems in environments Telecommunications.

Key words: Agents, Multiagent Systems, Telecommunications

Introducción

Desde su creación a mediados de la decada de los 70, la Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) se ha desarrollado y diversificado con una rapidez significativa. Hoy consiste en una técnica prometedora y de gran campo de aplicación que esta basada en los resultados, conceptos e ideas de muchas disciplinas como son: inteligencia artificial (IA), informática, sociología, economía, organización y gestión de la ciencia, y filosofía. Su carácter multi-disciplinario hace difícil tener una definición precisa y resumida, no obstante podemos definirla como:

“la Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) es el estudio, construcción y aplicación de sistemas multiagente, es decir, sistemas en los que interactúan varios agentes inteligentes, los cuales persiguen algún conjunto de objetivos o la realización de algún conjunto de tareas” [1]

Un agente es una entidad computacional, como un programa informático con la capacidad de percibir y actuar sobre un entorno, y que es autónoma ya que su comportamiento, esta basado en su propia experiencia. Debido a que es una entidad inteligente, el agente actúa con flexibilidad y racionalidad en una variedad de escenarios. El comportamiento flexible y racional son realizados por un agente sobre la base de procesos claves como son: la resolución de problemas, la planificación, la toma de decisiones y el aprendizaje.

Como entidad que interactúa, un agente puede ser afectado en sus actividades por otros agentes y tal vez por los seres humanos. Resulta clave en la interacción existente en los sistemas multi-agentes la coordinación orientada a los objetivos y tareas a realizar por este, ya sea en situaciones de colaboración o competencia. En el escenario colaborativo, varios agentes trabajan en conjunto en la resolución del problema uniendo esfuerzos, que individualmente no pueden ser resueltos por ellos, en el caso de competitividad, varios agentes trabajan de manera independiente, bastándole sus propios recursos.

Dentro de los escenarios donde esta tecnología conocida como Sistemas Multiagentes tienen gran aplicación se encuentran: Comercio Electrónico, Sistemas de Vigilancia Distribuida, Sistemas de Transporte, Sistemas de Producción y Control de Procesos, Sistemas de Telecomunicaciones, entre otros. Estos campos de aplicación tienen las particularidades de ser sistemas inherentemente distribuidos, así como inherentemente complejos. Los Agentes y Sistemas Multiagentes vienen a jugar un rol muy importante en este tipo de escenarios debido a características presentes en ellos tales como: capacidad de control distribuido, tratamiento con datos descentralizados, cómputo asíncrono, capacidad de ser autónomos, reactivos, preactivos, etc.

Debido al crecimiento de las redes, las demandas por los usuarios de nuevos y mejores servicios, así como el aumento en número y tipos de ataques a que son sometidas las redes y los servicios montados en estas, hacen de los entornos de las Redes y las Telecomunicaciones un campo de estudio en busca de nuevas soluciones a estos problemas.

Desarrollo

Marco teórico

La historia de la computación ha estado marcada por 5 principales tendencias: la omnipresencia, interconexión, inteligencia, delegación, orientación a humanos [2]. Estas corrientes han propiciado el estudio en busca de poder construir sistemas computacionales con la característica de actuar de manera independiente, defendiendo los intereses de los usuarios a los que ellos responden, así como la capacidad de estos de cooperar y negociar con otros sistemas.

Durante muchos años, las técnicas que brindaba la Inteligencia Artificial (IA) nos daban la posibilidad de implementar “sistemas inteligentes”, los cuales actuaban de manera independiente sin ningún tipo de colaboración con otros sistemas, solo contaban con su capacidad propia. La evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones, así como el desarrollo de las ciencias sociales, abrieron una nueva perspectiva a los investigadores de la IA.

Los problemas a los que se enfrentan actualmente los sistemas computacionales tienen una complejidad significativa, esto hace que abordemos la resolución de los mismos con un carácter más colaborativo. Los sistemas con técnicas de la IA por si solos no son capaces de dar respuesta a las situaciones actuales, de ahí la necesidad de buscar la colaboración entre diferentes entidades computacionales (agentes).

Existen dos problemas principales en la implementación de esta tecnología:

- ¿Como construir agentes capaces de actuar de forma autónoma, independiente y que lleven a cabo tareas que le fueron delegadas?

- ¿Como construir agentes capaces de interactuar con otros agentes, para realizar tareas delegadas, especialmente cuando los otros agentes no comparten los mismos intereses? [2]

Es bueno destacar que si bien los sistemas Multiagentes toman un poco de diferentes técnicas, no son precisamente:

- Sistemas concurrente/distribuidos: tienen mucha similitud con estos pero presentan dos diferencias principales:
 - Los agentes se asumen autónomos, toman decisiones independientes, por lo que necesitan mecanismos para sincronizar y coordinar las actividades en tiempo de ejecución. [2]
 - Los agentes pueden ser interesados en si mismos, por lo que sus acciones son de “choque económico”. [2]
- Inteligencia Artificial del todo: las técnicas de la IA nos ayudan a construir agentes, ahora bien, podemos resolver muchos problemas de la IA sin la utilización de Agentes y Sistemas Multiagentes.
- Ciencia Social: los Sistemas Multiagentes proporcionan una potente y novedosa herramienta para la modelización y el entendimiento de sociedades. Las ciencias sociales representan un rico repositorio de conceptos para la comprensión y la construcción de sistemas multiagente, pero son muy diferentes disciplinas.[2]

Agentes y Sistemas Multiagentes

Agentes

En la literatura relacionada con el tema de Agentes existen muchas definiciones, pero en resumen podemos clasificarlos como entidades computacionales que se comportan de manera autónoma, capaces de reaccionar dinámicamente a estímulos internos y externos, pudiendo interactuar mediante comunicación con sistemas afines y no afines, y que posee creencias, conocimientos e intencionalidad para abordar la solución de un problema.

A estas entidades computacionales se le asocian características tales como: “intencionalidad”, entendida como la declaración explícita de metas y medios para llegar a ellas; “racionalidad”, que es la capacidad de evaluar y seleccionar acciones para ejecutar; “compromiso”, consistente en la planificación de las tareas por medio de la coordinación y negociación entre agentes; “adaptabilidad”, referida al control de sus aptitudes y comportamientos de acuerdo con las funciones que ejecuta. Así mismo, los agentes pueden clasificarse desde diferentes puntos de vista en estáticos o móviles según su movilidad; en deliberativos y reactivos de acuerdo con su capacidad de reacción; y en autónomos o no, si operan sin necesidad de intervención humana [2].

Sistemas Multiagentes

Desde que surgió la inteligencia artificial distribuida (IAD), se han abordado los temas relacionados con el estudio de los modelos y del comportamiento de varios agentes que cooperan entre sí para la resolución de un problema o desarrollo de una tarea. Específicamente, el área de los SMA estudia el comportamiento y la interacción de las entidades que integran el sistema. En los SMA, las entidades inteligentes que lo conforman se denominan agentes. En la arquitectura de los sistemas Multiagentes existen ciertas características que definen el funcionamiento del sistema:

- Estructura organizacional: relacionada con la estructura de sus componentes funcionales del sistema, sus características, sus responsabilidades, sus necesidades y de la forma como realizan sus comunicaciones. En general, se pueden distinguir cuatro tipos de configuraciones: “centralizada”, donde un agente controla la interacción entre los otros agentes; horizontal, donde todos los agentes están en el mismo nivel; “jerárquica” donde existen diferentes niveles de agentes que trabajan distintos niveles de abstracción; y la estructura “ad hoc” que es una mezcla de las anteriores.
- Cooperación. Se refiere a la forma en que los agentes trabajan conjuntamente para lograr un objetivo global, la cual depende de la configuración organizacional del sistema. Entre los modelos de cooperación se tienen:
 - La cooperación compartiendo tareas y resultados, donde con base en los resultados generados por los demás agentes, un agente realiza sus propias tareas.

- La cooperación por delegación, donde un agente divide una tarea en subtareas, las asigna a sus agentes para su ejecución, y por último, las integra para hallar la solución global y...
- La cooperación por ofrecimiento, donde un agente divide una tarea en subtareas y las ubica en una lista esperando que los agentes del sistema se ofrezcan a realizarlas dependiendo de sus habilidades.
- Coordinación. Permite considerar todas las tareas que se van a realizar por medio de una planificación de acciones para la resolución de tareas. Esta planificación lleva a que se conozca con anticipación el comportamiento de los agentes y por tanto, a través de la coordinación, permitir que un grupo de agentes analice las tareas por realizar y se coordinen para ejecutarlas. Cuando el SMA determina y planifica globalmente las acciones de los diferentes agentes se dice que tiene una coordinación global y cuando cada agente decide qué hacer y resuelve localmente los conflictos que detecte con otros agentes se dice que tiene una coordinación individual.
- Control. Provee apoyo en la implementación de mecanismos de coordinación. El control puede ser considerado desde el punto de vista local o global. Se debe mantener un balance entre el control global (basándose en la información producida por todos los agentes del sistema) y local (solamente con base en datos locales), pues si se emplea mucho control global se puede aumentar considerablemente el tiempo de cómputo, debido al cambio dinámico de la información producida por los agentes, por el contrario si se desborda el control local, se pierde eficiencia en la cooperación, pues se pueden realizar tareas no deseables.
- Lenguaje de comunicación KQML. La comunicación en los sistemas Multiagentes es primordial, ya que es el medio por el cual los agentes comparten conocimiento y se sincronizan para llevar a cabo sus tareas conjuntamente. KQML se planteó en función de un modelo de interacción dinámica entre agentes inteligentes llamado KBS (Knowledge Based System). Este modelo permite evitar las limitaciones que imponían los modelos distribuidos, y a la vez hacer más fácil la interacción entre verdaderos agentes inteligentes. En la estructura de comunicación de KQML se distinguen los siguientes niveles estructurados de forma similar al modelo OSI:

- Nivel de mensaje. Constituye el núcleo del mensaje y es el que determina la clase de interacciones que puede tener un agente con otro.
- Nivel de contenido. Constituye el conocimiento o petición que se desee comunicar en un lenguaje determinado, por ejemplo una pregunta, una respuesta, una orden, entre otros.
- Nivel de transporte o comunicación. Contiene los parámetros básicos de la comunicación como la información del emisor y el receptor.

En el desarrollo de sistemas Multiagentes existen dos tendencias principales: la primera busca la implementación de agentes con gran capacidad de aprendizaje, tratando de emular la inteligencia humana (utilizando técnicas de la IA como redes neuronales, algoritmos genéticos, árboles de decisión, etc.), mientras que la segunda busca lo contrario, desarrollar agentes simples que mediante la colaboración con otros se logre el comportamiento deseado del sistema, para esto se utilizan técnicas basadas en los sistemas naturales tales como: colonia de hormigas, bandada de pájaros, bancos de peces, etc.

Retos y variables a tener en cuenta en la Tecnología de Agentes

Si bien la tecnología ha demostrado su gran aplicabilidad, sobre todo en entornos de complejidad y distribución inherente, se hace necesario el estudio de un conjunto de variables como son:

- Distribución de tareas:

- ¿Cómo pueden los agentes descomponer sus objetivos y tareas, asignar sub-metas y sub-tareas a otros agentes, y sintetizar los resultados parciales y soluciones?
- ¿Cómo lograr un equilibrio de computación local y comunicación?

- Comunicación entre Agentes:

¿Cómo permitir a los agentes comunicarse? ¿Qué idiomas de comunicación y protocolos a utilizar?

¿Cómo pueden los agentes representar el conocimiento, planes, acciones, de forma que otros agentes entiendan para interactuar?

• Negociación entre Agentes:

¿Cómo permitir a los agentes reconocer y conciliar puntos de vista dispares y de conflictos. Cómo sintetizar opiniones y resultados?

¿Cómo permitir a los agentes negociar un contrato? ¿Qué protocolos de negociación de contrato se utilizan?

• Trabajo en Conjunto:

¿Cómo realizar "procesos inteligentes", como la resolución de problemas, planificación, toma de decisiones y el aprendizaje en contextos multi-agente?

¿Cómo permitir a los agentes llevar a cabo colectivamente estos procesos de manera coherente?

• Desarrollo e implementación:

¿Cómo el ingeniero limita la práctica de sistemas multiagente?. ¿Cómo diseñar plataformas tecnológicas y metodologías de desarrollo para la IAD?

Escenarios de Aplicación

La gama de escenarios en donde la tecnología de Agentes y SMA tienen gran aplicabilidad se puede clasificar en dos clases: una donde los agentes tienen un carácter individualista, de poca colaboración, basándose preferentemente con la información y el conocimiento propio, estos tipos de agentes son aplicables en entornos como son:

- Comercio electrónico y mercados electrónicos: agentes con rol de "comprador" y "vendedor" de compra y venta de bienes a nombre de sus usuarios.
- Manejo de la información en entornos de información como la Internet: varios agentes son responsables, por ejemplo, para el filtrado y la recolección de la información.
- Programación automatizado de reunión: agentes actúan en nombre de sus usuarios para fijar reunión, detalles como: el lugar, tiempo y orden del día.

La otra clase presenta agentes más colaborativos, buscando el trabajo en conjunto en la resolución de una tarea, estos son aplicables en escenarios como son:

- Seguimiento en tiempo real y gestión de redes de telecomunicaciones: agentes "preparados" para el desvío de llamadas y la señal de conmutación y transmisión.
- Modelación y optimización de los sistemas de transporte: donde los agentes representan, por ejemplo, los vehículos de transporte o los productos o clientes para ser transportados.
- Mejorar el flujo de zonas urbanas o de tránsito aéreo: agentes responsables de interpretar adecuadamente los datos que surjan en las diferentes estaciones sensoras.

Hemos visto hasta el momento las características que identifican la tecnología de Agentes y Sistemas Multiagentes, los retos que tiene esta y algunos escenarios donde puede ser aplicada, en la próxima sección mostraremos como las particularidades de la tecnología de Agentes y SMA encaja de manera coherente en los entornos de las Telecomunicaciones y Redes, entornos estos complejos y de gran carácter distribuido. Mostraremos dos Casos de Estudio, uno referente a la utilización de Agentes y SMA en la telefonía celular y otro referente a la seguridad en Redes locales.

Entornos de Telecomunicaciones: Dos Casos de Estudio

Los entornos de las Telecomunicaciones han evolucionado de manera significativa en los últimos años, si bien han propiciado el aumento y calidad de los servicios en las redes, traen además consigo un conjunto de retos como son: seguridad, personalización de los servicios, escalabilidad, tolerancia a fallos, procesamiento asíncrono y distribuido, etc.

Existen numerosas técnicas para enfrentar la gama de situaciones que se pueden presentar en estos entornos (programación paralela y distribuida, técnicas de Inteligencia Artificial, Métodos numéricos, etc.), cada uno con su particularidad, sus ventajas y desventajas, una de las más novedosas y con prometedoras características es la Tecnología de Agentes y Sistemas Multi-agentes. La capacidad de los agentes (entidades computacionales) de reaccionar y actuar de manera autónoma, reactiva y proactiva, así como la posibilidad de negociar y trabajar en conjunto con otros agentes en la solución de un problema determinado, hace que esta tecnología tenga grandes posibilidades de enfrentar gran número de problemas que presentan los entornos de las Telecomunicaciones.

Veremos a continuación dos Casos de Estudio, uno referente a la telefonía de celulares y otra acerca de la seguridad en Redes, para mostrar como puede la técnica de Agentes y Sistemas Multiagentes ser implementada en los entornos de las Telecomunicaciones.

Seguridad en redes locales utilizando sistemas multiagentes distribuidos

La seguridad en las redes de datos es uno de los elementos de vital importancia dentro de una organización, ya que requiere de diferentes estrategias de protección para salvaguardar puntos vulnerables, y de la coordinación y distribución de esfuerzos para cercar todas las posibles formas de ataques informáticos. En la seguridad en redes se tienen en cuenta muchas variables como son: intrusos, virus, control de tráfico en la red, ataques, entre otras.

Si bien es cierto que al nivel de la estructura de red se han generado cambios importantes en seguridad en los últimos diez años, también lo es que los avances en técnicas para comprometerla a ella y a sus elementos han avanzado tan rápidamente como estos. Técnicas como Man in the middle la cual también se conoce como TCP hijacking en conjunto con las llamadas lluvias ARP o ARP poison han logrado comprometer el tráfico de red. Soluciones como SSL/TLS, certificados asimétricos, IPSec, PPTP y otros nacen a partir de estas necesidades y evolucionan en la medida en que se hacen nuevos hallazgos en la formulación de sus especificaciones iniciales que los hacen vulnerables nuevamente a ataques.

Siendo éste el propósito de una solución de identificación de intrusos (ya que se tendría la capacidad de identificar este tipo de ataque a través de un sistema de estos) no es suficiente cuando habla del contenido en la red. En la actualidad nuevos ataques se han orientado no solo a tomar información de la red sino a colocar contenidos en ella, para el caso en que el atacante tiene un ataque dirigido y bien estructurado, como parte del tráfico, mas esta situación no es común: el nivel de dificultad que tiene este tipo de ataque lo limita en quienes pueden ejecutarlo mientras que para el caso de un código viral es posible incluso hacerlo sin tener ningún nivel de experiencia.

La detección de código viral en el tráfico de red se hace posible en la medida en que se tiene la capacidad de analizar los paquetes y en ellos detectar las firmas de éste. Sabiendo que no es un método totalmente efectivo, sí puede reducir enormemente el riesgo para el promedio de casos presentados.

- Detección de intrusos [3,4]

Un sistema de identificación de intrusos (IDS, Intruder Identification System) persigue el objetivo de identificar posibles ataques. Este genera un proceso de alertas, tomando una base de datos con condiciones que tipificarían los diferentes tipos de vulnerabilidades conocidas. Estas alertas deben estar adaptadas a los usos reales de la red (operaciones normales) y así detectar los comportamientos anómalos casuales o intencionados (también llamados ataques dirigidos). Entre los de su tipo, existen los Network IDS, los cuales usan sensores de red para la recolección de datos; los Host IDS, que se orientan a la protección de un

sistema particular y monitorean las acciones que se realizan en éste; y los Application IDS, similares a los Host IDS pero orientados a un servicio específico, por ejemplo, bases de datos (ORACLE, MS SQL Server, MySQL, etc.), servicios de red (servicio de correo, navegación de usuarios, sitios web, etc.).

Los NIDS (Network IDS) tienen la capacidad de actuar en forma pasiva y activa; en la primera, se generan las alertas y se informa la situación que se presenta, en el segundo caso, el NIDS genera el proceso de interrumpir la conexión y rechazar las solicitudes de conexión generadas desde el origen detectado.

- Detección de virus

Los detectores de virus en el tráfico de red son similares a los sistemas de detección de intrusos con la diferencia que su base de conocimiento contiene las firmas de patrones de virus identificados. Algunos de los sistemas de detección de virus utilizan heurística y otras técnicas de inteligencia artificial como medios de optimización de su trabajo.

- Diseño de la Solución

Con la tecnología de Agentes y SMA podemos diseñar un sistema capaz de apoyar el proceso de gestión de la seguridad en redes de datos. Su desarrollo puede estar fundamentado en la filosofía de agentes inteligentes que operan de forma coordinada y autónoma, con características de seguridad y estabilidad frente ataques externos y con conocimientos y aptitudes que les permiten evidenciar una posible violación a las políticas de seguridad de la red y notificarlo al área administrativa para su solución.

- Diseño del Agente

El Agente pudiera presentar un conjunto de componentes que interactúan entre sí para brindarle autonomía y habilidades propias, que le permitan reaccionar de forma proactiva frente a estímulos externos, producidos en este caso particular en la red de datos. Entre los componentes que pudiera presentar el agente están:

- Componente de ejecución: Es la parte del agente encargada de llevar a cabo las tareas o trabajos que le han sido asignados. En esta componente se tienen desarrolladas diferentes utilidades dependiendo de la especialidad del agente, usando para ello técnicas de inteligencia artificial como redes neuronales, sistemas expertos y algoritmos evolutivos, entre otros, y rutinas o subprogramas que realizan cálculos definidos.

- Componente funcional: En este se encuentran las utilidades que le dan su autonomía y comportamiento. Este componente puede ser desarrollado usando técnicas de sistemas expertos, donde se encuentran las reglas que se disparan para activación de la clonación, modificaciones en la planificación y el control del agente.

- Componente de comunicación: Es una serie de métodos que permiten la publicación de las habilidades de un agente y la interacción de éste con los demás miembros del sistema.

- Agentes del Sistema

Pudiéramos tener diferentes clases de agentes en nuestro diseño del sistema, entre ellos pudieran estar:

- Agentes de escucha: Son los encargados de captar los paquetes que llegan a la tarjeta de red y realizar un preanálisis del encabezado de capa transporte, de red y de enlace de datos (capas 4, 3 y 2 del modelo OSI respectivamente) basado en una rutina de reglas estructuradas en un sistema experto que producen un diagnóstico en cuanto a la confiabilidad del paquete. Luego de realizar dicho análisis, el agente decide, de acuerdo con el grado de confiabilidad, si el paquete requiere de evaluación más profunda, y en tal caso lo delega a los agentes de detección de virus e intrusos. La configuración del sistema de reglas de calificación se puede realizar en forma paramétrica o se puede colocar al agente a trabajar en una etapa de aprendizaje (utilizando técnicas de aprendizaje automático como redes neuronales, algoritmos genéticos, etc.), en la cual con la ayuda del administrador genera su base de reglas.

- Agentes de detección de intrusos en red: Estos se encargan de realizar un análisis profundo en cuanto a la identidad del origen del paquete de datos para detectar posibles intrusos, para su implementación se pudiera pensar en conformar una red

neuronal y un sistema de clasificación genética. Una de las características es su capacidad de identificar cambios y con base en las decisiones del administrador reestructurar las reglas en las que basa la caracterización del tráfico.

- Agentes de detección de virus: Éstos se encargan de realizar un análisis profundo en cuanto a la presencia de firmas de virus; para su implementación se pudiera conformar un sistema experto y un sistema de clasificación genética.

- Agentes de coordinación: Éstos se encargan de realizar la coordinación y control de los agentes de los demás agentes; los agentes de coordinación realizan una planificación de los recursos y de acuerdo con estos realizan la distribución óptima de los agentes dentro de un segmento de red, para esto pudiéramos utilizar algoritmos distribuidos.

- Agentes de reportes: Éstos agentes proveen al administrador una serie de utilidades donde se pueden observar las estadísticas del tráfico de red y los eventos de seguridad sucedidos. Todos los agentes del sistema, durante su ejecución envían estadísticas parciales al agente de reportes y éste los organiza para presentarlos al administrador de la red. A este agente se le puede asociar un servidor web para que su información pueda ser consultada desde un punto remoto.

- Agentes de alarma y autoría: estos son los encargados de notificar cuando un evento de seguridad es identificado. Este tipo de agente solo se ejecuta en el área administrativa.

Arquitectura del Sistema

En la arquitectura del sistema podemos involucrar: la estructura organizacional, los métodos de cooperación y las técnicas de coordinación y control del sistema.

Estructura organizacional. Una posible estructura organizacional podría ser ad-hoc, pues al interior del sistema se utilizan diferentes esquemas de organización según el nivel de abstracción y el tipo de comunicación que presenta los agentes.

Cooperación. Debido a los tipos de agentes podríamos tener dos modelos de cooperación, uno orientado a compartir tareas y resultados el cual se presenta entre los agentes de mismo tipo, y otra por delegación entre los agentes, en los que se podría delegar están agentes de escucha y detección.

Coordinación y control. En el sistema multiagente la coordinación global está a cargo de los agentes de coordinación los cuales realizan tareas de organización y control sobre un dominio de colisión o segmento de red. Sin embargo, al interior de cada agente podemos incluir un componente de control y coordinación individual, que le permita tener autonomía para sus decisiones.

Aspectos a considerar en la arquitectura

Protocolo de comunicación

Podemos evaluar varios mecanismos de comunicación tanto sincrónicos como asíncronos, entre los protocolos sincrónicos están UDP, TCP, RMI y entre los asíncronos está Java Messaging Service (JMS). Entre los agentes que se encuentran en el mismo segmento de red podemos utilizar métodos sincrónicos soportados sobre RMI. Entre el sistema de agentes y los agentes de coordinación y administración podemos inclinarnos por un sistema asíncrono de mensajes, de tal forma que los mensajes sobre la seguridad de la red no se pierdan, aun cuando la aplicación de administración no esté en ejecución o si existe un problema en la comunicación de la red. Este esquema de comunicación utiliza la interfaz del Java Message Service —JMS— y su implementación Java System Message Queue.

Monitoreo de agentes

Sería interesante que la aplicación administrativa pueda monitorear el sistema de agentes, para esto podemos optar por la Java Management Extensión (JMX) [5], que permite administrar de forma remota los agentes. Aunque el objetivo principal de los agentes es ser autónomos, podemos emplear JMX para permitir la comunicación con los agentes y su monitoreo, con el propósito de depuración, lo cual brinda la confianza que el sistema está funcionando adecuadamente y opcionalmente intervenir en la interacción de los agentes.

Control de seguridad de los agentes

Para los servicios se podría utilizar la tecnología RMI, la cual además brinda la seguridad necesaria frente a ataques al propio sistema.

Sistema de captura de paquetes

Debido a la heterogeneidad de plataformas de ejecución como Windows, Linux y MacOS en la red constituye la tecnología Java una herramienta a considerar como lenguaje de desarrollo dadas sus características de multiplataforma. Para permitir que Java tenga acceso a la información del tráfico en la red se puede desarrollar una interfaz a la librería de captura de paquetes. Para la programación de esta interfaz podemos utilizar la Java Native Interface (JNI) en C++.

Tecnología de Agentes en los Sistemas de Telefonía Móvil

Debido al gran impacto que han tenido las redes de telefonía móvil de segunda generación, como GSM, en los últimos años varios organismos están estandarizando los sistemas móviles de tercera generación. Uno de los objetivos de las redes de tercera generación es proporcionar no sólo movilidad a los usuarios sino también movilidad y portabilidad de servicios personalizados, independientemente del lugar en el que se encuentre el usuario y del terminal desde el que accede a ellos.

Una de las principales ventajas que presentó GSM respecto a otros sistemas de telefonía móvil de segunda generación fue la introducción del SIM (Subscriber Identification Module), que permite la independencia del terminal que emplea el usuario para acceder a los servicios que tiene contratados. Los SIM son tarjetas inteligentes que almacenan información de suscripción de un usuario y son las que permiten implantar mecanismos de seguridad en la parte radio de la red, almacenando el PIN, las claves de autenticación del usuario y realizando cálculos criptográficos. Las tarjetas inteligentes se denominan así porque incorporan un circuito integrado con elementos usados para la transmisión, almacenamiento y manipulación de datos. En principio, las tarjetas inteligentes tenían sistemas operativos propietarios y su utilización se basaba fundamentalmente en el almacenamiento seguro de información y cálculo de algoritmos criptográficos.

La evolución y aumento de capacidad de almacenamiento y proceso en los chips insertados en estas tarjetas, propició el desarrollo de tarjetas Java Card [6] que permiten la ejecución de código Java (en una versión reducida) en la propia tarjeta, pudiendo así construir aplicaciones que se ejecutan en cualquier tarjeta Java Card independientemente del tipo de sistema operativo. El ETSI ha especificado un API para la utilización de tarjetas de este tipo como módulo SIM para los sistemas UMTS, lo que ya se denomina USIM (UMTS-SIM).

Para entender los beneficios de usar agentes debemos considerar el especial impacto que ha tenido en los últimos años su aplicación en la computación distribuida. El modelo más ampliamente extendido es el modelo cliente / servidor, en el que un cliente que se ejecuta en un entorno envía un conjunto de datos a un servidor, y espera que éste le envíe los datos de respuesta de la operación realizada, antes de enviar nuevos datos. Cada mensaje intercambiado en la red implica una petición de un servicio y una respuesta a esa petición. La comunicación establecida precisa de una conexión permanente. Esto provoca el consumo de un gran número de recursos.

La introducción de tecnología de agentes permite realizar las mismas operaciones pero con la ventaja de que sean asíncronas y que además no precisemos conexiones permanentes para la ejecución de tareas, puesto que el agente que migra hacia otro sistema además de llevar los datos necesarios para realizar la operación, conserva la información de estado del proceso.

Aplicación de los agentes en telefonía móvil

Los sistemas de telefonía móvil se caracterizan por una serie de restricciones: ancho de banda limitado, alta probabilidad de error en el interfaz radio, cobertura discontinua y limitada, baja capacidad de procesamiento en los sistemas finales, interfaz de usuario limitada, etc. La utilización de la tecnología de agentes en estos sistemas permite adaptarse a estas limitaciones para proporcionar mejores servicios a los usuarios finales y mejorar las prestaciones de la red, porque:

1. Los agentes que proporcionan un servicio pueden enviarse dinámicamente y bajo demanda a los propios usuarios.

2. Los agentes permiten realizar distribución de tareas para realizar actividades de gestión, siendo los propios agentes quienes recopilen datos y los procesen localmente en la parte del terminal móvil.
3. La autonomía de los agentes permite que se realicen tareas de forma asíncrona.
4. Los agentes pueden realizar gran parte del procesamiento de forma local, por lo que se conseguirá una reducción importante del tráfico en la red.
5. Los agentes permiten una mayor independencia de la disponibilidad de la red, ya que su capacidad de movilidad les permite migrar a otros nodos de la red.

Proponemos dos líneas de aplicación de la tecnología de agentes en sistemas de telefonía móvil de tercera generación.

1. Por una parte, su aplicación en tareas de gestión de red, siguiendo una tendencia ya explorada en redes fijas [7], pero que tiene mayor interés en redes móviles debido a que las propias características de los agentes móviles se adaptan a las limitaciones de los sistemas inalámbricos.
2. Por otra, su aplicación en la realización del VHE (Virtual Home Environment), que permitirá la personalización y portabilidad de los servicios de los usuarios independientemente de la red que le da servicio y del terminal que empleen en el acceso. Asociamos la implementación del VHE con un agente móvil, que permitirá configurar el servicio para adaptarse a las preferencias del usuario y a las características del terminal, y además será el encargado de crear el propio perfil de usuario analizando su comportamiento y su posición.

Gestión de la movilidad

Una de las principales dificultades introducidas por las redes móviles, comparado con las redes de telefonía tradicionales, es el hecho de que las estaciones móviles no tienen una conexión permanente con la red. Por esta razón la red en todo momento debe saber la posición del usuario móvil. Para ello, el esquema que se ha seguido en los sistemas de telefonía móvil celular es definir áreas de localización LA (Location Area).

Un área de localización es una zona geográfica cubierta por un conjunto de estaciones base pertenecientes a un mismo grupo, típicamente dependientes del mismo MSC (Mobile Switching Center), conforme se muestra en la figura 1.

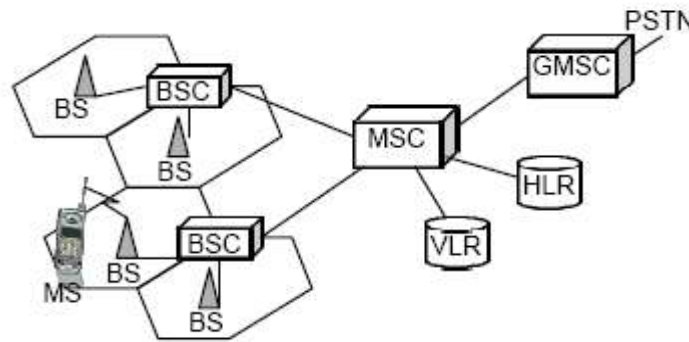


Figura 1: Arquitectura de redes celulares

En todo momento la red tiene que saber en que LA se encuentra un terminal móvil. Esta información de localización se almacena en dos tipos de bases de datos, VLR (Visitor Location Register) y HLR (Home Location Register).

- VLR es donde se almacenan todos los datos significativos del usuario móvil para proporcionar el servicio mientras se encuentre en su área de control. Entre la información almacenada se mantiene una entrada para cada terminal que gestiona, con el identificador de LA en el que se encuentra. Típicamente cada MSC tiene asociado un VLR.
- HLR es donde se almacenan permanentemente todos los parámetros de suscripción del usuario móvil. Como parámetro relativo a la localización, se almacena el VLR del que depende el MS (Mobile Subscriber) en un determinado momento.

Agentes para la gestión de la red

Analizaremos en esta sección uno de los problemas más importantes en la gestión de una red inalámbrica, y cómo la utilización de tecnología de agentes permite implantar de manera eficiente las soluciones propuestas.

Identificación de zonas sin cobertura

Uno de los principales problemas que plantean las redes de telefonía móvil es realizar una planificación eficiente de la parte radio, para ofrecer a los usuarios una amplia cobertura y que la itinerancia entre celdas no suponga una pérdida del servicio en curso, pero sin emplear un gran número de recursos, es decir, no sobredimensionar excesivamente la red. Este problema se ve incrementado en los nuevos sistemas de telefonía móvil, en los que el radio de cobertura que proporcionará una estación base, no depende solamente de la potencia de señal radiada, sino que también depende del número de usuarios que se encuentran en ella.

En la actualidad, la planificación de la red se realiza empleando complejas simulaciones y medidas de cobertura en diferentes puntos a través de equipos móviles (típicamente en coches con unos equipos de medidas especializados), para ir descubriendo deficiencias en la red implantada y así mejorar la cobertura proporcionada a los usuarios. El problema que presenta este método es que con estos equipos no se llega a todos los puntos desde los que potencialmente un usuario móvil puede acceder a la red, lo cual provoca que el operador no tenga un conocimiento directo de posibles zonas sin cobertura.

Una de las soluciones propuestas, es implicar a los propios terminales móviles en la realización de estas medidas, aprovechando la capacidad de procesamiento que poseen. Así pueden utilizarse agentes móviles en la parte del terminal que realicen recolección y procesamiento de medidas y después envíen a la parte fija de la red el informe correspondiente para que sea analizado en conjunto con el proporcionado por otros móviles. Analizamos esta propuesta a continuación.

Como parte del funcionamiento actual de una red móvil celular, cada cierto tiempo la red realiza una petición a los terminales móviles para saber el nivel de señal que reciben de las diferentes estaciones base que lo rodean y que, potencialmente, pueden darle servicio. Las medidas realizadas son enviadas a la red y en base a ellas se selecciona la estación base que dará un canal de comunicación al terminal móvil cuando se curse una llamada. Si el MS se encuentra en una zona sin cobertura no existirá una respuesta por parte del MS hacia la red. Si la red lleva un histórico de las peticiones de medidas realizadas y el MS junto con el nivel de señal, proporciona el identificador de la celda a la que se refiere la medida. Un análisis en la red, contrastando las medidas proporcionadas por varios MS, nos permitiría detectar zonas en las que no existe cobertura y poder mejorar la planificación de la red.

En nuestra propuesta, los agentes móviles serían los encargados de recopilar la información en la parte del MS, lo que permitiría que almacenasen esta información y la analizaran antes de mandarla a la red y de esa manera aprovechar de manera más eficiente el ancho de banda en la parte radio. También se podría utilizar agentes móviles que residieran en la parte fija, en concreto en el controlador de la estación base y que migraran de controlador cuando el móvil pasase a estar controlado por otro nuevo.

Agentes para la personalización de servicios

Otro de los campos de aplicación de la tecnología de agentes en redes de telefonía móvil, es facilitar la provisión de servicios a los usuarios de manera que puedan suscribirse de forma sencilla a ellos, adaptarlos a sus propias características y acceder a ellos desde cualquier localización, red que le da acceso al servicio y características del terminal que utilizan. En redes UMTS esta característica de portabilidad e itinerancia de servicios es lo que se denomina VHE, idea que se ha integrado de forma global en todos los sistemas IMT-2000.

Asociar la implementación de VHE como agentes móviles es una idea aceptada en la literatura [8], ya que así por una parte, se dota de cierta inteligencia al terminal móvil para construir el perfil de usuario adaptándose no sólo a las preferencias establecidas directamente por el propio usuario, sino también a las definidas en su interacción con la red y a su localización. La capacidad de movilidad permite que los proveedores de servicio configuren agentes especializados en un servicio determinado y adaptados al

perfil del usuario, que migran al MS adaptándose al tipo de terminal y a las características de la red a través de las que se accede al servicio de manera transparente al propio usuario. Como se deduce, la capacidad de comunicación entre estos agentes será fundamental para transmitir la información del perfil de los usuarios y las características de la red y el terminal.

Servicios basados en el posicionamiento

Uno de los servicios que se espera que tengan mayor impacto en los sistemas de tercera generación son los que estén basados en el posicionamiento de los usuarios. En la actualidad, el grupo 3GPP del ETSI, que está llevando a cabo la estandarización de UMTS, está estandarizando un conjunto de técnicas que permitan obtener el posicionamiento de los usuarios móviles, basadas fundamentalmente en las características de las redes celulares, aunque ya existen soluciones propietarias, además de las soluciones basadas en el sistema GPS (Global Positioning System). Algunos de estos servicios serán:

- Información de lugares próximos a la localización actual: farmacias, cines, tiendas,...
- Actualización de servicios dependiendo de la localización de manera transparente al usuario, importante cuando se produce itinerancia entre redes de diferentes características.
- Localización de personas en situaciones críticas de emergencia.
- Facturación adaptada a la localización del usuario fuente y destino de la comunicación.

En la especificación ETSI 3G TS 25.305 V3.2.0 se proponen siete familias de técnicas de localización del móvil. Estas técnicas necesitan en muchos casos realizar ciertas medidas en el propio terminal móvil, incluso en algunas de ellas la medición se hace completamente en el terminal. Se supone que dependiendo de la operadora, entorno geográfico, precisión deseada y tipo de servicio, se usará un sistema de localización u otro.

Por lo tanto es lógico pensar que la utilización de la tecnología de agentes que se ejecutan en el terminal y que se descargan dinámicamente según las necesidades permitirá, por las características del entorno de ejecución (parte radio de la red), implementar de manera eficiente estas técnicas de localización. En general el uso de agentes puede permitir personalizar servicios al perfil y comportamiento del usuario, así como a las características gráficas y de velocidad del terminal.

Conclusiones

Hemos mostrado como la tecnología de Agentes y Sistemas Multiagentes toma un protagonismo significativo en la resolución y mejoramiento de problemas actuales de los sistemas de Telecomunicaciones. Describimos de manera general los aspectos más significativos de la tecnología de Agentes y SMA, resaltando su carácter de autonomía, proactividad, colaboración y como estas ayudan en la implementación de sistemas en el entorno de las Telecomunicaciones con un mayor valor agregado, más óptimos y más adaptables al fuerte cambio que ocurre en este sector. Describimos dos Casos de Estudio, uno referente a la seguridad de las redes y otro concerniente a la telefonía en celulares.

Referencias Bibliográficas

- [1] Multiagent Systems A Modern Approach to Distributed Modern Approach to Artificial Intelligence. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- [2] An Introduction to MultiAgent Systems. MICHAEL WOOLDRIDGE
- [3] P. Mell et al. An overview of issues in testing intrusion detection systems. National Institute of Standards and Technology ITL. 2002.
- [4] <http://csrc.nist.gov/publications/nistir/nistir-7007.pdf>. Consultado el 28 de marzo de 2004.
- [5] <http://JAVA.sun.com/products/JAVAManagement/>. Consultado el 31 de marzo de 2004.

[6] Java Card Technology, <http://java.sun.com/products/javacard/>

[7] Y.I. Wijata, D.Niehaus, V.S.Frost, "A Scalable Agent-Based Network Measurement Infrastructure". IEEE Communications Magazine, Sep 2000.

[8] L.Hagen, M.Breugs, T.Magedanz. "Impacts of Mobile Agent Technology on Mobile Communication System Evolution". IEEE Personal Communications, Aug 1998.