

Aplicabilidad de Tecnología Basada en Agentes para Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real sobre Arquitecturas Distribuidas

Dorao, C.A.¹; Fontanini, H.R.²; Fernández, R.O.²

¹) Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. Bustillo 9500, C.P. 8400 Bariloche, R.N., Argentina. E-mail: doraoc@ib.cnea.gov.ar

²) Centro Atómico Bariloche, Control de Procesos, Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo y Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. Bustillo 9500, C.P. 8400 Bariloche, R.N., Argentina. E-mail {fontanin,rof}@cab.cnea.gov.ar

Resumen

El crecimiento del tamaño de las plantas industriales y el incremento de la complejidad de los procesos involucrados genera la necesidad de contar con modernos *sistemas de monitoreo en tiempo real para arquitecturas distribuidas*. Por otra parte, la creciente competitividad de los mercados introduce el requerimiento de una eficiente adaptabilidad a los cambios que se puedan introducir en la planta. Modificaciones en el “lay-out”, la introducción de nuevos procesos, de nuevas tecnologías de control o de post-procesamiento de la información, etc., debe permitir mantener la integridad del sistema.

El propósito de este trabajo es presentar una introducción a la tecnología de agentes y determinar las ventajas y desventajas en el desarrollo de un sistema de monitoreo.

Abstract

Modern industrial plants are characterized by their large size and higher complexity of the processes involved in their operations. The real time monitoring systems of these plants must be used a distributed architecture.

Due to the pressure of competitive markets, an efficient adaptability to changes must be present in the plants. Modifications in the plants due to changes in the lay-out, the introduction of newer supervision, control and monitoring technologies must not affect the integrity of the systems.

The aim of this work is give an introduction to the agent-based technology and analyze it advantage for the development of a modern monitoring system.

Introducción

A mediados de los años 50 John Mc.Carthy[1] presentó un modelo de entidades a las que sería posible darles un objetivo, el que tratarían de alcanzar empleando su capacidad y, de ser necesario solicitando consejos. A este tipo de entidades Oliver G. Selfridge[2] denominó agentes.

El estudio de tales sistemas tomó relevancia en los años 70 y durante las dos décadas posteriores. Las investigaciones se centraron en el estudio de sistemas multiagentes¹, explorando principalmente las interacciones entre los agentes de la comunidad. Estas interacciones, como ser la comunicación, coordinación, división de tareas, negociación, etc... definen las propiedades macroscópicas del sistema multiagente.

A principios de los años 90 las investigaciones tomaron un nuevo rumbo y se centraron en el aspecto microscópico de un agente, es decir las características vinculadas a su comportamiento.

Actualmente el debate sobre que es un agente sigue abierto, por lo que no existe una definición formal, Hewitt definió un agente como:

“ un objeto auto contenido e interactivo que posee un estado interno encapsulado y es capaz de responder a mensajes de otros agentes ” (Hewitt, 1977) [3]

Esta interacción² con el mundo, que menciona Hewitt, le permite al agente detectar cambios y actuar en consecuencia; la manera de proceder es determinada por su modelo de comportamiento, al cual Yoav Shoham [4] lo define como un conjunto de estados mentales³.

Este trabajo se estructuró en cuatro partes.

- **Definición macroscópica de un sistema Multiagente.** Se introducen dos características macroscópicas de un sistema de multiagente: coordinación y comunicación.
- **Definición microscópica de un Agente.** Se tratan los elementos que determinan el comportamiento de un agente.
- **Desarrollo de un Sistema Basado en Agentes.** Se presentan los mecanismos que permiten implementar un sistema multiagente,
- **Tecnología basada en Agentes.** En la última parte se analiza un sistema de monitoreo empleando la tecnología de agentes.

¹ Sistemas formados por agentes.

² Esta percepción del mundo, real o virtual, se realiza por medio de **sensores**, que transforman la información del mundo en algún tipo de estímulo. La acción sobre el mundo se realiza por medio de **efectores** que modifican de alguna manera el mundo.

³ Estados Mentales son por ejemplo sentir calor, saber donde esta, etc...

PARTE I

Definición Macroscópica de un Sistema Multiagente

Como se mencionó en la introducción, las primeras investigaciones de sistemas multiagentes (SMA) estuvieron relacionadas con el estudio de la coordinación, comunicación y negociación de los agentes de la comunidad. Como las características propias del agente no eran tomadas en consideración, estas propiedades fueron denominadas macroscópicas.

Dado que este estudio tiene por objetivo el desarrollo de un sistema de adquisición de información, sólo se analizan la coordinación y la comunicación, que fueron las consideradas relevantes para el proyecto.

Coordinación

La coordinación se define como un proceso mediante el cual, sistemas constituidos por entidades individuales, actúan de manera coherente y armoniosa. Los SMA presentan diversos tipos de comportamiento (figura 1), que son determinados por su modelo de coordinación.

Muchos SMA pueden estar constituidos por agentes dedicados a realizar tareas individuales y no relacionadas entre sí (sistemas discretos), pero a pesar de ello el sistema en conjunto puede aparentar un comportamiento cooperativo (sistema emergente).

Los miembros del SMA pueden establecer un comportamiento cooperativo; ya sea que los miembros se comuniquen entre ellos, deliberando o negociando para lograr coordinar las tareas, o bien sin establecer comunicación por las tareas asignadas.

Como los agentes son autónomos, el empleo de niveles de jerarquías favorece la coordinación y la sincronización de las tareas conjuntas. Existen diversos modelos de coordinación[5][6], entre los cuales los modelos federativos son los más empleados.

- **Sistemas Federativos**

Los modelos federativos introducen un agente denominado coordinador o mediador, el cual es el encargado de coordinar las actividades de todos los agentes del sistema.

Uno de los principales motivos para el empleo de este modelo es la reducción de la información redundada⁴ que se debería incluir en cada agente.

⁴En sistemas no federativos, cada agente debería disponer de una lista de todos los agentes activos, las capacidades o tareas que pueden realizar, las direcciones, los modelos de comunicación a emplear, los protocolos de intercambio de conocimiento.

De acuerdo a las tareas realizadas por este agente coordinador se definen diferentes modelos: facilitador, mediador, basado en pizarrón, entre otros.

Facilitadores

La tarea de un agente Facilitador es la de coordinar las tareas entre los agentes. Cuando un agente no pueda realizar una tarea, le enviará una orden de trabajo al agente Facilitador, (figura 2), quien podrá subdividir la tarea y enviar cada subtarea a agentes especializados, el resultado será integrado por el Facilitador y enviado al agente que solicitó el trabajo.

Otra capacidad del agente Facilitador es la de poder establecer comunicaciones con otros agentes internos, externos o con dispositivos diversos, incluido el hombre. Esta característica se logrará por medio de una capa de traducción de información, es decir, el agente dispondrá, entre sus conocimientos, diversos protocolos de comunicación.

El Facilitador debe contener, en su base de información, el estado de todos los agentes activos, como también las tareas que son capaces de realizar. En función de las características del desarrollo el Facilitador también debería controlar el correcto funcionamiento de cada agente bajo su control, y disponer de medidas para repararlo, reemplazarlo o bien sacarlo de funcionamiento.

Uno de los puntos críticos en esta organización es asegurar el correcto funcionamiento del agente Facilitador ya que de él depende el funcionamiento de toda la unidad de trabajo.

Mediadores

El modelo del agente Mediador puede ser considerado como una extensión del modelo del Facilitador, este tiene la particularidad de buscar mejorar la interacción entre los mismos agentes, favoreciendo la generación de subsistemas de agentes cooperando mutuamente.(figura 3).

Básicamente se plantean dos mecanismos de comunicación, el denominado de “Brokering” y el de “Recruiting”.

En el mecanismo de “Brokering” un agente realiza un pedido de tarea enviando un mensaje al Mediador, este analiza el mensaje y determina que agente o agentes poseen la capacidad de resolver la tarea, determina una estrategia de trabajo y envía la tarea o subtareas a los agentes respectivos.

Por otro lado el mecanismo de “Recruiting” emplea el mecanismo de “Brokering” para determinar el grupo de agentes adecuados para realizar la tarea, luego es posible establecer una conexión directa entre ellos; asegurando un canal de intercambio de información como de negociación sin tener que recurrir al Mediador, es decir este grupo de agentes trabaja como un sistema de agentes autónomos.

Pizarrón

Este modelo presenta características similares al modelo del Facilitador, por el empleo de un agente denominado de Control, el cual se encarga de notificar a los agentes de los eventos relevantes. Además este agente de Control puede ser desarrollado para realizar diversas actividades de coordinación.

Además del agente de Control se incluye un nuevo elemento que no se encontraba presente en los otros modelos Federativos y es el denominado pizarrón (figura 4). Este es un reservorio de información local que permite un almacenamiento y acceso a la información compartida por todos los agentes del sistema de manera eficiente.

- **Sistemas Autónomos**

En este tipo de organización cada agente presenta un grado de autonomía superior, para que cada uno determine cuando y con quien entablar comunicación, (figura 5). Esta característica obliga a que cada agente presente una gran cantidad de información en su base de conocimiento. Desde información asociada a los modelos de todos los agentes con los que podrá ser capaz de interactuar, protocolos de comunicación, direcciones de los agentes, etc.

El grado de complejidad de esta organización crece con el número de agentes que constituyen el sistema, por tal motivo, en sistemas compuestos por muchos agentes se prefiere el empleo de modelos federativos.

Modelo de Comunicación

La comunicación entre los agentes es una propiedad fundamental en los SMA[7]. Los lenguajes de comunicación empleados pueden ser de dos tipos: por procedimiento o por declaración.

Los lenguajes por procedimientos emplean el intercambio de directivas, como es el caso del lenguaje tipo TCL, Telescript, Apple Event, que son lenguajes sencillos pero presentan el inconveniente de ser lenguajes del tipo unidireccional, un tipo de comunicación que no resulta beneficiosa para la comunicación entre agentes.

El modelo de comunicación declarativo, considera que la comunicación se puede establecer como un intercambio de proposiciones. Estos lenguajes deben ser lo suficientemente expresivos para permitir el intercambio de una amplia gama de información.

El modelo de comunicación entre agentes se lo puede descomponer en cuatro capas:

Transporte. Mecanismos de envío y recepción de mensajes.

Lenguaje. Significado del mensaje.

Política. Estructuración de la comunicación entre los agentes.

Arquitectura. Interconexión de los sistemas para estar en concordancia con los protocolos.

Un lenguaje empleado en la comunicación entre agentes es el KQML⁵. [8] Éste soporta los modelos de transporte, incluyendo en los datos transportados información extra como ser nombre, indentificador o direcciones de los agentes receptores.

Otra opción es el empleo de un despachador de mensajes basado en el contexto, este es el caso empleado por los modelos federativos, los agentes envían un mensaje, pero no explicitan a quien, el agente federativo debe decidir a que agente enviar el mensaje, adecuado al tipo de mensaje.

La información relacionada al transporte depende de las características del mecanismo empleado, por ejemplo, en TCP, esta información es un bloque en el cuerpo del mensaje mientras que si se emplea el de E-mail la información se introduce en el encabezado del mensaje.

⁵ Knowledge Query and Manipulation Language, este fue un desarrollo de External Interfaces Group, para la comunicación entre sistemas basados en conocimiento o entre un sistema basado en conocimiento y un sistema convencional de administración de datos.

PARTE II

Definición Microscópica de un Agente

Si bien no es posible dar una definición general de que es un agente, se puede considerar que un agente de software es aquel que posee algunas o todas de las características[2][3][7][9][10][11] siguientes:

- **Autonomía.** Estas entidades son capaces de cumplir con sus objetivos sin recurrir a la intervención humana o a otros agentes.
- **Sociabilidad:** Deben establecer comunicaciones entre ellos o bien con humanos para lograr cooperación mutua al enfrentar un problema o solicitar ayuda para resolverlo, para tal fin el agente deberá ser capaz de decidir cuando realizar una solicitud o bien cuando atender a una, y disponer de un lenguaje que le permita establecer comunicación con todos los miembros de la comunidad.
- **Reactividad:** Deben percibir cambios que ocurran en su ambiente y reaccionar a ellos.
- **Proactividad:** Pueden exhibir un comportamiento directo tomando la iniciativa de generar cambios en su entorno, es decir no solamente responder a cambios en su entorno.

A este conjunto básico de propiedades se le agregan otras principalmente para satisfacer las características solicitadas por cada desarrollo en particular.

- **Movilidad:** Los agentes pueden modificar su ubicación, desplazándose a través de una red de computadoras para alcanzar un objetivo como ser solucionar un problema, o recolectar información de algún tipo.
- **Veracidad.** Un agente transferirá solo información confiable o verdadera.

Si bien las características antes mencionadas pueden ayudar a determinar si un programa es un agente de software o no; esas características no determinan si el agente puede ser considerado inteligente. Algunas de las propiedades que introducen los denominados agentes inteligentes son:

- **Aprendizaje:** Deben poder aprender observando el mundo y de la experiencia propia.
- **Adaptabilidad.** Capacidad de modificar su comportamiento en respuesta a cambios en el ambiente o la capacidad de incrementar su conocimiento para poder alcanzar un objetivo.

- **Operabilidad en Tiempo Real.** Capacidad de trabajar en tiempo real.
- **Tolerancia a errores.** Capacidad de procesar información errónea o inesperada.

Si bien éstas son características vinculadas a desarrollos particulares, se puede considerar que un agente es inteligente si presenta al menos:

- Percepción dinámica del mundo⁶.
- Capacidad de modificar el mundo.
- Razonamiento para interpretar las percepciones, resolver problemas, generar inferencias y determinar acciones.

En la introducción se mencionó que una característica de los agentes es la capacidad de interactuar con su entorno, la manera de interactuar depende de las características del agente, (figura 6), pudiendo percibir los cambios que se producen y ser capaces de tomar una postura dictaminada por sus estados mentales⁷. [4] Las actitudes que pueden tomar se denominan estados intencionales⁸, por simplicidad se los puede considerar agrupados en dos tipos de categorías: actitudes de información y proactitudes.

Las *actitudes de información* están relacionadas a la información que el agente dispone para describir su entorno, como pueden ser creencias, conocimiento; mientras que la *proactividad* está relacionada con la información asociada a orientar la acción del agente, como pueden ser deseos, intenciones, obligaciones, elecciones, compromisos.

Resulta claro que al establecer el conjunto de actitudes estamos definiendo el comportamiento del agente. Por supuesto poder determinar cual es la correcta proporción de ambas se transforma en un importante interrogante. Es de esperar que un agente presente al menos una actitud de información y una proactividad.

Agentes Reactivos

Las investigaciones relacionadas con agentes reactivos datan de mediados de los años 80. Estos agentes son relativamente simples y presentan la capacidad de comunicarse con otros agentes por mecanismo simples.

Se pueden destacar como principales características de los agentes reactivos:

- **Funcionalidad emergente.** De las interacciones de los agentes se logran obtener comportamientos complejos, sin tener que determinar comportamientos en la definición interna del agente.

⁶ El mundo del agente puede ser real o virtual.

⁷ “Un agente es una entidad que presenta estados que pueden ser considerados como componentes mentales tales como creencia, capacidad, elección, compromiso...” (Yoav Shoham)

⁸ El filósofo Daniel Dennet prefiere considerar una postura intencional, de esta manera, la asignación de creencias o deseos a los agentes no es mas que un recurso de calculo, que permite predecir la conducta del agente.

Descomposición de tareas. Principalmente un agente reactivo es miembro de un sistema compuesto de unidades autónomas destinadas a cumplir con tareas específicas, como sería el caso de controlar un motor, tomar información de un sensor, realizar calculos, etc.

Agentes Moviles

El concepto de agente móvil fue introducido como una extensión de la programación remota. Una agente móvil puede ser definido como:

“ una entidad de software, la cual hereda alguna de las características de un Agente de Software. El Agente Móvil debe contener los modelos de: agente, ciclo de vida, seguridad, comunicación y finalmente de navegación “ [3]

El empleo de agentes móviles logra fundamentalmente:

- **Eficiencia:** Reduce la transferencia intermedia de datos.
- **Persistencia.** La autonomía del agente otorga capacidad de supervivencia ante pérdidas de comunicaciones.
- **Tolerancias a fallas:** Soporta pérdidas de enlaces entre terminales por las propiedades de autonomía y persistencia.

Como Construir un Agente...

Por practicidad se puede considerar un agente, como una entidad constituida de componentes en una determinada arquitectura⁹. Cada componente puede ser especializado en cumplir una determinada tarea, por ejemplo percepción, acción y razonamiento, donde por ejemplo, el componente de razonamiento recibe información del componente de percepción, y éste determina que componente de acción emplear. El tipo de desarrollo determina que tipo de componentes considerar. Algunos de los modelos de desarrollo empleados son:

Desarrollo basado en Capas de Control: Este tipo de desarrollo emplea una arquitectura de capas, algunas de las capas definidas podrían ser:

- **Percepción:** se encarga de percibir y tomar acción sobre mundo.
- **Planeamiento:** desarrolla estrategias para alcanzar los objetivos y cumplir tareas
- **Planeamiento cooperativo:** maneja las relaciones entre agentes, comunicación, coordinación, resolución de conflictos.

Desarrollo basado en modelos. Se aborda el problema considerando la construcción de modelos donde se definen la sociedad de agentes.

- **Modelo del agente:** describen el conocimiento, tareas, actividades de cada agente.

⁹ La arquitectura es la manera de disponer los componentes, esta dependen del tipo de aplicación.

- **Modelo del objetivo** por medio del cual se controlan los objetivos satisfechos por los miembros de la comunidad y los servicios que cada uno es capaz de presentar.
- **Modelo de sociedad** donde se introducen los modelos de control y comunicación entre los agentes.

Otra posibilidad podría ser plantear el desarrollo considerando otros modelos, como ser:

- **Modelo del agente:** define la estructura interna y dinámica del agente, de manera individual
- **Modelo de organización:** describe las relaciones entre los agentes y los tipos existentes.
- **Modelo de cooperación:** describe la dinámica de la comunicación y cooperación.

Por lo tanto, el desarrollo de un sistema basado en agente presenta básicamente dos aspectos, el primero vinculado con la definición de las características sociales del sistema y el segundo relacionado con las propiedades individuales de cada agente.

Las características sociales incluyen la determinación de los protocolos de comunicación, los modelos de coordinación, la definición del tipo de organización, la asignación de roles y servicios de cada agente. Mientras que las propiedades de un agente, pueden dividirse en tres partes: comportamiento, planeamiento y conocimiento.

Antes de continuar, se debe explicitar que un agente **no es** un objeto.

Un objeto presenta métodos que pueden ser invocados por entidades externas, simplemente pasando mensajes. En el caso de los agentes, los métodos sólo pueden ser activados por los mismos agentes. Si un agente, desea ejecutar un método de otro agente, éste envía un mensaje solicitando la ejecución del método, el agente dueño del método decide ejecutarlo o no, en función de sus intereses.

Se puede considerar a un agente como un modelo que evolucionó del paradigma de objetos. De manera similar a que los objetos evolucionaron de la programación estructura, introduciendo el encapsulamiento de los datos, los agentes introducen un encapsulamiento de los métodos.

PARTE III

Desarrollo de Sistemas Multiagentes.

Hasta aquí, la visión del agente fue netamente teórica, ahora el problema se centra en poder transformar la definición de un problema en una aplicación basada en agentes.

Al comenzar el desarrollo de un sistema basado en agentes, la primera complicación que se encuentra, es como subdividir el problema[12] para asignarlo a cada agente. Por lo general los sistemas permiten dos tipos de subdivisión, basado en un enfoque físico o funcional.

El enfoque funcional considera una subdivisión del problema copiando las estructuras funcionales de la organización que se busca resolver, por ejemplo planeamiento, transporte, distribución, almacenamiento. Ésto permite la integración de sistemas heredados o bien vinculación de herramientas tipo M.R.P. o C.A.D.. Cada agente o grupo de agente esta destinado a cumplir una determinada función. Este enfoque presenta el inconveniente que los agentes deben compartir el estado de diferentes variables, lo cual puede provocar confusos procesos de interacción.

El enfoque físico representa el mundo real, empleando agentes que representan entidades del mundo físico, es decir generando una representación virtual de la organización.

El empleo de los dos enfoques permite una mejor descripción del sistema, por ejemplo usar la aproximación física en el nivel de la capa de sensores y actuadores y, usar la aproximación funcional en un nivel superior para agrupar la funcionalidad de estos grupos de agentes.

Para definir en detalle la funcionalidad de un agente, es adecuado recurrir al empleo de alguna metodología de diseño de agente, como puede ser MAS-CommonKAD[13]. destinada a facilitar el proceso del modelado, esta metodología se basa en el empleo de modelos, como ser:

- **Modelo de Agente**
- **Modelo de Organización**
- **Modelo de Tareas**
- **Modelo de Experiencia**
- **Modelo de Comunicación**
- **Modelo de Coordinación**
- **Modelo de Diseño**

MAS-CommonKAD también presenta una metodología vinculada al desarrollo del sistema, las etapas que considera son:

- **Conceptuación**
- **Análisis**
- **Diseño**
- **Codificación y Prueba**
- **Integración**
- **Operación y Mantenimiento**

La codificación del sistema puede ser realizada empleando paquetes de desarrollo comerciales como AgentBuilder[14] o Jack[15].

PARTE IV

Tecnología Basada en Agentes

El empleo de agentes fue considerado una importante herramienta por parte de los investigadores de las áreas de la Inteligencia Artificial Distribuida para la resolución de problemas. Fueron éstos quienes contribuyeron en gran medida a impulsar el desarrollo de sistemas basados en agentes. Actualmente el interés por desarrollar aplicaciones basadas en sistemas multiagentes es consecuencia de las características[16] que los agentes otorgan a los desarrollos, tales como:

- **Modularidad.** Característica otorgada al considerar un agente como un objeto proactivo .
- **Descentralización.** La autonomía permite el desarrollo de aplicaciones que operan de manera independientes.
- **Intercambiabilidad.** La modularidad permite cambiar bloques de tareas rápidamente y la descentralización asegura minimizar los impactos de estos cambios.
- **Disminución de la Complejidad.** El desarrollo de aplicaciones multiagentes permiten abordar problemas de gran complejidad mediante la reducción del problema.

Por otra parte el empleo de agentes en un desarrollo permite:

- **Interconectar y operar sistemas heredados.**
- **Resolver problemas con características netamente distribuidas.**
- **Resolver problemas de fuentes de información distribuida.**
- **Integrar herramientas de la Inteligencia Artificial**

Hasta este punto solo se trataron los conceptos vinculados a la tecnología de agentes, a partir de este punto se presenta la vinculación de dicha tecnología para el desarrollo de un sistema de monitoreo de planta.

Dónde, cómo y por qué emplear agentes...

Como antes se mencionó, este trabajo se desarrolló para determinar las ventajas que presentaría el empleo de agentes en el desarrollo de un sistema de monitoreo de plantas. En particular el interés se centró en buscar una solución a la adquisición de datos de plantas que por el “lay-out” o por la complejidad, deben recurrir a sistemas de adquisición distribuidos.

A continuación se define el problema, y se presenta una posible descomposición del problema, para la asignación de las tareas.

Definiendo el problema

Un sistema de monitoreo, tiene entre sus objetivos administrar, de manera eficiente la información de la planta, por tal motivo se clasificó la información en dos categorías:

- **Información de Tiempo Real:** destinada al control y monitoreo del estado de salud presente de la planta.
- **Información Histórica:** que conforma un almacén de datos con la historia de la planta.

La información, puede ser empleada por diferentes tipos de sistemas. La información de tiempo real es requerida por:

- **Sistemas de Monitoreo:** Encargados de controlar el estado de las variables de los sistemas de la planta.
- **Sistemas de Control:** Destinados al control de la planta.
- **Sistemas de Alarmas:** Tienen por objetivo detectar el funcionamiento anormal de la planta.

Mientras que la información histórica es empleada por:

- **Sistemas de Alarmas:** Que emplean la información histórica de la planta para la detección de alarmas.
- **Sistemas de Optimización:** Destinados a la mejora de los procesos y a la reducción de costos.
- **Sistemas de Mantenimiento Predictivo y Preventivo:** Destinados a detectar anomalías de funcionamiento por envejecimiento del componente.

Además de un adecuado manejo de la información, se requiere que el sistema presente las siguientes características:

- **Autonomía y Distribución.** El sistema debería estar compuesto por unidades distribuidas, donde cada unidad sea capaz de trabajar de manera autónoma.
- **Escalabilidad y Modularidad.** Debería ser capaz de adecuarse a la expansión de la planta.

- **Facilidad de acceso a la información de planta.**

Para satisfacer estas condiciones se optó por una arquitectura, (figura 7), compuesta por terminales especializadas. En esta tipología se pueden distinguir tres subsistemas:

- **Sistema de Campo:** constituido por las unidades de adquisición, distribuidas en la planta. A cada unidad se le asigna la tarea de obtener información, conformar los datos y depositarlos en la base de dato de la unidad.
- **Sistema de Supervisión:** formado por terminales encargadas del monitoreo integral de la planta, o bien servir como terminales para el acceso a la información de la planta.
- **Sistema de Información:** integrado por las bases de datos locales y el repositorio histórico.

En la primera descomposición el problema, se considera que cada unidad es un agente compuesto por agentes, de esa manera se tienen: agentes de Campo, agentes de Supervisión y Agentes de Información.

Cada unidad o agente de unidad es un sistema multiagente.

En el caso del agente de campo, este sistema esta compuesto, principalmente por dos tipos de agentes, los agentes recolectores de información y el agente supervisor.

Los agentes recolectores tienen como objetivo, obtener información del estado de la planta a una prefijada frecuencia. Cada agente puede estar asignado a una o más variables, dependiendo del problema. Otra tarea a cumplir, es el acondicionamiento de los datos y la detección anormalidades en el funcionamiento de los componentes.

El agente supervisor tiene por objetivo controlar el correcto funcionamiento de todos los agentes y, la asignación de tareas. Por otro lado es el encargado de establecer comunicación con las otras unidades de campo, con las unidades de supervisión y con las bases de dato.

El agente de supervisión se encuentra formado por agentes destinados a la presentación de la información y al procesamiento de la misma, por ejemplo para la detección de alarmas. Estos agentes podrían estar ocultando sistemas legados, cuya actualización podría implicar una importante inversión.

Finalmente el agente de Información, es el encargado de administrar la base de dato histórica y locales. Una de las actividades es recolectar la información de las bases de dato locales e integrarlas en el repositorio histórico.

Otra importante actividad es la de brindar servicios, por medio de agentes especializados en procesamiento de la información, conformación de vistas de la base de datos, y controlar agentes móviles, encargados del intercambio de información.

Conclusiones

En las plantas donde la complejidad de los procesos involucrados, o la cantidad de parámetros que deban ser considerados sea significativa, la recolección de datos, el diagnóstico y el monitoreo de la planta se transforma en un proceso complejo. La utilización de sistemas multiagentes permite una adecuada descomposición del problema, disminuyendo la complejidad, tanto para su desarrollo como para su mantenimiento.

El empleo de agentes de interfaz facilita la reutilización de sistemas heredados, permitiendo continuar la reutilización sistemas críticos, ya en uso.

Actualmente, están en desarrollo sistemas multiagentes, para el control de procesos complejos[17], tales sistemas podrían operar directamente sobre los agentes recolectores de información o tomar los datos desde dispositivos del tipo pizarrón.

Uno de los problemas que encuentran los sistemas basados en agentes para su introducción en sistemas críticos, como podrían ser ciertos tipos de procesos industriales, radica en la validación del software, ya que un agente presenta un grado de complejidad mayor a nivel de codificación; actualmente se están realizando estudios destinados a asegurar la confiabilidad de estos.

Algunos trabajos de referencia que se pueden mencionar por ejemplo son:

El proyecto APACS[18][19] patrocinado por AECL, Ontario Hidro, CAE Electronics y la Universidad de Toronto. Este proyecto tubo por objetivo el desarrollo de un sistema de monitoreo y diagnostico de fallas en centrales nucleares. La primera aplicación del sistema se realizo sobre el sistema de alimentación de agua del Ontario Hydro Bruce Nuclear Generationg Station, y desde agosto de 1997 esta siendo empleado en la planta.

Otro proyecto a mencionar es el proyecto MABCS [20] destinado a controlar y optimizar los costos de generación de plantas de combustibles fósiles en España.

Aun es difícil determinar si la tecnología de agentes se transformara en el nuevo paradigma de programación, por el momento resulta ser una herramienta que permite abordar problemas de gran de complejidad con una adecuada simplicidad.

Bibliografía

1. John McCarthy. "Programs with common sense". 1959. Computer Science Department. Stanford University
2. J. Bradshaw. "Software Agent",
3. Hyacinth S. Nwana. "Software Agents: An Overview". Knowledge Engineering Review. Vol. 11, N 3, pp. 205 – 244, October/November 1996.
4. Yoav Shoham. "Agent Oriented Programming". Journal of Artificial Intelligence 1993. Robotics Laboratory. Stanford University.
5. Weiming Shen and Douglas Norrie. "Facilitators, Mediators or Autonomous Agent". Division of Manufacturing, the University of Calgary, Alberta, Canada.
6. Susan E. Lander. "Issues in Multiagent Design Systems". IEEE Expert. March – April 1997.
7. Michael R. Genesereth Steven and P. Ketchpel. "Software Agents", Communication of ACM. July 1994/ vol 37. N.7. (pag. 48 -53).
8. Tim Finin and Richard Fritzson. "KQML as an Agent Communication language". Computer Science Department. University of Maryland Baltimore County. Valley Forge Laboratory. Unisys Corporation. USA
9. Pdraig Cunningham. Richard Evans. "Software Agents: A review". 1997. Trynity College Dublin
10. M. Wooldridge and N.R. Jennings, "Intelligent Agents: Theory and Practice". The Knowledge Engineering Review, Vol. 10, N2, 1995, pp 115-152.
11. Stuart Russell y Peter Norvig. "Inteligencia Artificial. Un enfoque Moderno". 1996. Pretince Hall Hispanoamerica.
12. Nicholas R. Jennings. "Agent-Oriented Software Engineering". Dpto Electronic Engineering Queen Mary & Westfield College. University of London

13. Carlos Angel Iglesias Fernandez. “Definición de una Metodología para el Desarrollo de sistemas Multiagentes”. Enero 1998. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería de Sistemas Telematicos. Universidad Politecnica de Madrid
14. AgentBuilder. www.agentbuilder.com
15. Jack. www.softwareagent.com
16. H. Van Dyke PARUNAK “Practical and Industrial Applications of Agent-Based Systems”. Industrial Technology Institute
17. Albert J.N. van Breemen. “Agent-Based Control System Design”. April 1999. Twente University.
18. Q.B. Chou and M.E. Benjamin. “Application of APACS in a Power Plant”. Ontario Hydro.
19. Huaiqing Wang y Chen Wang “Intelligent Agents in the Nuclear Industry”. Computer. November 1997
20. Juan R. Velasco, José González, Luis Magdalena y Carlos C. Iglesias. “Multiagent-Based Control Systems: A Hybrid Approach to Distributed Process Control” E.R.T.S.I. Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid.

Modelo Agente Mediador



Figura 3. Agente Mediador, se observa los dos modos de establecer las comunicaciones

Modelo Pizarron



Figura 4. Modelo de Pizarrón, todos los agentes pueden compartir información común.

Agentes Autonomos



Figura 5. En una sociedad de agentes autónomos, todos pueden comunicarse entre sí.

Tipología

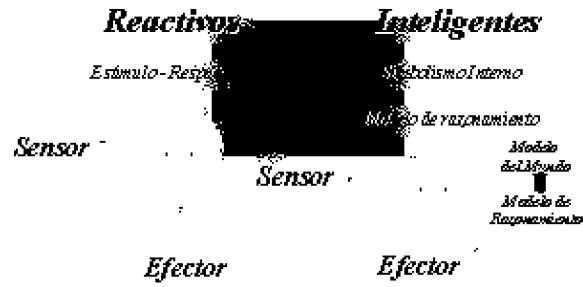


Figura 6. Diferencias en la manera de interactuar con el mundo en agentes inteligentes y en reactivos. Los inteligentes presentan modelos complejos para determinar que acción tomar, mientras que los reactivos simplemente responden por pautas predefinidas.

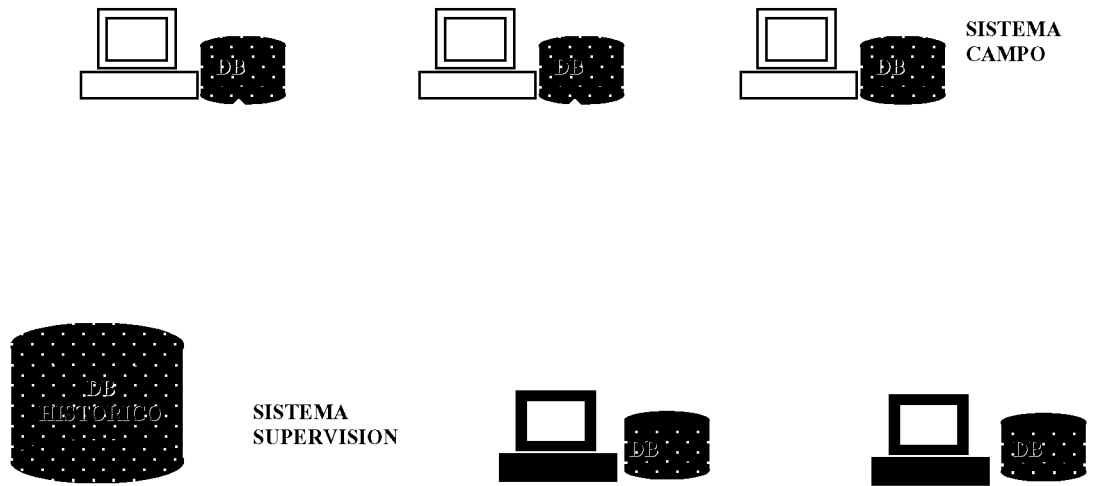


Figura 7. Arquitectura del sistema de monitoreo.