

# Introducción a los agentes software (parte II)

## Ingeniería de Agentes Software y Físicos

Master de Tecnologías de la Información y Telemática Avanzadas

Juan A. Botía

Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones, Universidad de Murcia

## Estructura de la clase dedicada a Sistemas multi-agente

- 1 organización en SMAs
- 2 Comunicación
- 3 Conversaciones
- 4 Coordinación

## Sistemas multi-agente

- En algunos casos los agentes se pueden desenvolver de forma aislada
- El caso de un único agente representando a un sistema completo y sin interacción con otros agentes de su entorno es cada vez más raro.
- Razón principal: interacción creciente entre las máquinas que están conectadas a Internet.
- Razón histórica: evolución de la IAD (Inteligencia Artificial Distribuida)

## Justificación histórica

Los sistemas tradicionales de IAD están compuestos por

- módulos muy especializados y fuertemente dependientes de conocimiento
- interacciones entre módulos rígidas y perfectamente definidas

Problemas:

- En el desarrollo de sistemas expertos complejos, el conocimiento estaba distribuido entre un equipo de personas
  - ▶ La suma de conocimientos individuales  $\neq$  conocimiento del grupo
  - ▶ Necesario modelar procesos de
    - ★ Intercambio de experiencias,
    - ★ ajuste en los métodos,
    - ★ negociación
- Naturaleza distribuida de los problemas
  - ▶ Robots exploradores (+) (cooperación)
  - ▶ Controladores aéreos (-) (competición)

# SMAs

## Definición de Ferber, 1999 [1]

### Sistemas Multi-agente

Se refiere a sistemas que están compuestos por los siguientes elementos:

- 1 Un entorno,  $E$ , que es un espacio que, generalmente, tiene un volumen.
- 2 Un conjunto de objetos  $O$ . Estos objetos están situados (i.e. tienen asociada una posición en  $E$ ). Además alguno de estos objetos son pasivos lo que implica que pueden ser percibidos, creados, destruidos y modificados por los agentes.
- 3 Un conjunto de agentes,  $A$ , que son también objetos ( $A \subseteq O$ ), y representan las entidades activas del sistema.
- 4 Un conjunto de relaciones  $R$ , que enlaza objetos en  $O$ .
- 5 Un conjunto de operaciones,  $Op$ , que hacen posible para los agentes de  $A$  el percibir, producir, consumir, transformar y manipular objetos pasivos de  $O$ .
- 6 Una relación de operadores que representan la aplicación de las operaciones en  $Op$  y al reacción del mundo a este intento de modificación, que se denominarán las leyes del universo.

## Niveles de organización en los SMAs

- 1 El nivel micro-social: incluye
  - ▶ interacciones entre agentes individuales,
  - ▶ tipos de enlaces existentes entre dos o más agentes
- 2 El nivel grupal:
  - ▶ las estructuras organizativas intermediarias que participan en la composición de organizaciones
  - ▶ la diferenciación de roles entre los distintos agentes,
  - ▶ emergencia de estructuras organizativas entre agentes y
  - ▶ la agregación de nuevos componentes durante la constitución de las organizaciones.
- 3 El nivel de sociedades globales o poblaciones:
  - ▶ evolución y dinámica de grupos de un gran número de agentes
  - ▶ estructura organizativa a nivel global.

## Comunicación entre agentes

- ¿Qué servicios se asumen?
  - ▶ Se asume siempre un servicio de transporte de mensajes de agentes robusto y sincronizado
- ¿Podemos plantearla al nivel OO?
  - ▶ Sean dos objetos Java  $o_1$  y  $o_2$ .
  - ▶ El objeto  $o_1$  tiene un método  $m$  que el objeto  $o_2$  ha de invocar.
  - ▶ La comunicación entre  $o_1$  y  $o_2$  se produce a través de la invocación del método
  - ▶ ¿quién decide sobre la necesidad de la invocación?  $o_2$
  - ▶ ¡ $o_1$  no tiene autoridad sobre su propio método!

## La autonomía condiciona la comunicación

Vamos a plantear el mismo ejemplo con agentes

- Sean dos agentes  $i$  y  $j$ ,
- $i$  tiene la capacidad de realizar la acción  $\alpha$  (equivalente a la ejecución de un método)
- Pero la idea “agente  $j$  invoca la acción  $\alpha$  en el agente  $i$ ” no tiene sentido
- Si el agente  $j$  invocara de alguna forma la acción  $\alpha$  en  $i$ , no tendría ninguna garantía de su efectividad
- El agente  $i$  es el que decide, en base a sus intereses, si ha de realizar la acción y en qué condiciones.



## Comunicación mediante influencia

- En general, un agente no puede obligar a realizar acciones, ni directamente modificar el estado interno de otros agentes.
- La comunicación se hace influyendo en los otros
- Si yo digo

*“Está lloviendo en Murcia”*

intento influir al receptor a que crea lo mismo que yo.

- El receptor podrá creerlo, o no, dependiendo de la credibilidad que yo tenga con respecto a él
- La teoría de los actos del habla trata la comunicación como si fueran acciones
- Acciones, generadas a partir de intenciones

## Actos del habla

- Se debe a John Austin.
  - ▶ Percibió que algunas sentencias del lenguaje natural podían considerarse como acciones en tanto que cambian el estado del mundo, e.g. “Yo os declaro Marido y Mujer”
- Identificó un conjunto de verbos denominados *performative verbs* y que nosotros denominaremos performativas, como exigir (*request*), informar y prometer.
- Los actos del habla están formados por tres componentes:
  - ▶ El componente locutorio (materia)
  - ▶ El componente ilocutorio (acción)
    - ★ Fuerza ilocutoria (e.g. afirmación, pregunta, petición de acción, promesa, orden, información, etc)
    - ★ Contenido proposicional
  - ▶ El componente perlocutorio (efectos de la ilocución)

## Actos del habla e IA

- Cohen y Perrault lo usaron primero para la IA
  - ▶ Si un agente va a comunicarse con otros, sus planes deben incluir actos del habla (representación de performativas usando la notación de STRIPS con pre y postcondiciones)
- Ejemplo: performativa *request* (intención es conseguir que el escuchante realice una acción).
- Dos tipos de precondiciones:
  - ▶ *can-do*
    - ★ hablante debe tener la creencia de que el escuchante es capaz de realizar la acción
    - ★ hablante debe creer que el escuchante también cree que él mismo es capaz de realizarla
  - ▶ *want*
    - ★ el hablante debe realmente creer que él quiere que la acción *Request* se lleve a cabo

## Conversaciones entre agentes

- Los actos comunicativos simples no son conversaciones
- Un acto comunicativo es bien el originador de una conversación, bien la consecuencia de un acto comunicativo previo
- Por ejemplo, cuando un agente emite un request, esperará que se le responda si se acepta o no realizar la acción y, posiblemente, una notificación de que la acción ha sido realizada.
- Una conversación proporciona el potencial para la coordinación, cooperación, negociación
- Necesidad de modelar las conversaciones porque
  - ▶ Si se es capaz de modelar internamente los diálogos, el comportamiento será el correcto
  - ▶ Por otro lado, sus actitudes mentales evolucionarán adecuadamente

## ¿Para qué usar un protocolo de interacción?

- Porque los agentes de un SMA actúan guiados por la consecución de sus objetivos individuales (*self-interested*).
- también porque existen situaciones en las que comparten objetivos comunes (*benevolent*)

Los protocolos de interacción del primer caso están orientados a maximizar los valores de la función de utilidad generados por las acciones de los agentes.

En el segundo caso se enfrentan a

- 1 trabajar con objetivos comunes,
- 2 trabajar con tareas comunes,
- 3 evitar conflictos en la medida de lo posible y
- 4 mantener un flujo correcto de conocimiento y evidencias

## Coordinación en SMAs

### Coordinación en SMAs

La coordinación en SMAs trata de cómo los agentes se comportan individual y socialmente para que, por un lado, se satisfagan los objetivos personales y, por el otro, los globales.

¿Para qué?

- Los recursos en un SMA son limitados
- La expertise está repartida entre los agentes
- Evitar el caos (anarquía) [2]
- Cumplir un cjto. de restricciones globales
- Cumplir roles especializados
- Interdependencia entre objetivos de unos y acciones de otros
- Por eficiencia

## Cooperación en SMAs

### Cooperación en SMAs

La cooperación en un SMA consiste en la actuación coordinada entre agentes de tal manera que unos colaboran en la resolución de tareas de otros interesada o desinteresadamente.

Puede existir cooperación entre agentes benevolentes y egoistas

- Los primeros cooperan de forma natural al resolver un problema global, cada uno dedicado a su *parcela*
- Los segundos necesitan un proceso negociador para determinar si es interesante o no cooperar y en qué términos

## Descomposición de tareas

Previo a toda negociación se necesita descomponer

- ¿Cómo hacerlo?
  - ▶ en el diseño
  - ▶ mediante planificación jerárquica
  - ▶ inherente al problema
- Luego se pueden distribuir según los criterios
  - ▶ Evitar sobrecargar recursos críticos,
  - ▶ asignar tareas dependiendo de habilidades de los agentes,
  - ▶ conseguir solapamiento en responsabilidades para conseguir coherencia global
  - ▶ asignar tareas interdependientes a agentes con proximidad semántica o espacial para minimizar costes de comunicación y sincronización y
  - ▶ reasignar tareas, si es necesario, para completar tareas urgentes.



## Distribución de tareas

### Mecanismos

- Protocolo de red de contratos
- Negociación mediante mecanismos de mercado como subastas: las tareas son asignadas a agentes mediante acuerdo generalizado o selección mutua.
- Planificación multi-agente: los agentes encargados de la planificación los que determinan a qué agentes se asignan qué tareas.
- Estructura organizativa: los agentes tienen responsabilidades fijas y, por lo tanto, tienen tareas fijas asignadas.

## Negociación en SMAs

- Favorece la coordinación y la cooperación entre agentes
- Necesaria tanto cuando los agentes son egoístas como cooperativos. Podemos encontrar una definición
- de negociación entre agentes en que es la siguiente

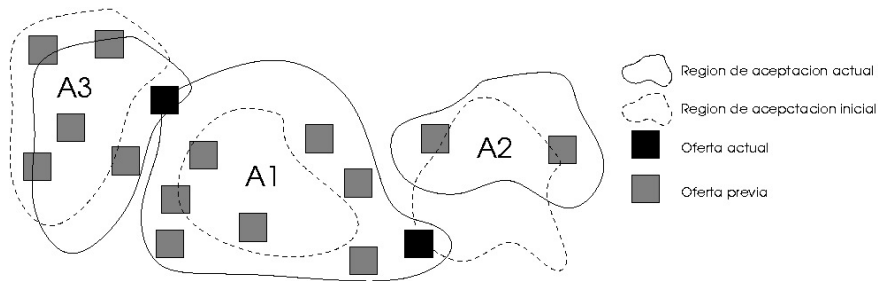
*negociación entre agentes es el proceso mediante el cual un grupo de agentes llegan a un acuerdo mutuamente aceptable, sobre algún asunto. (Jennings, 2001 [3])*

- Los agentes son autónomos → si quieren en los demás puede que sea necesario negociar
  - ▶ realizar propuestas,
  - ▶ intercambiar opciones,
  - ▶ ofrecer concesiones y, si es posible,
  - ▶ llegar a un acuerdo mutuo aceptable.

## Elementos para la negociación

- Protocolos de negociación
  - ▶ roles de agentes,
  - ▶ estados de la negociación,
  - ▶ eventos de transiciones y
  - ▶ mensajes intercambiados
- Objetos sobre los que negociar (i.e. precio de artículo, QoS, términos contractuales, etc)
- modelos usados para la toma de decisiones

## Negociación como un proceso de búsqueda



- el agente  $A_1$  negocia con  $A_2$  y  $A_3$
- $A_1$  puede llegar a acuerdo con  $A_3$  al interseccionar sus regiones de aceptación actuales.
- $A_1$  no puede llegar a un acuerdo con  $A_2$  al no existir intersección

## Más detalles de la búsqueda

- Cada uno de los puntos en regiones de aceptación debe tener asignado una puntuación
- Las regiones de aceptación pueden estar sujetas a cambios (desplazamiento, contracción o expansión)
- Proceso negociador más sencillo: Dutch auction
  - ▶ el subastador comunica el precio de subasta del artículo
  - ▶ si no recibe ninguna respuesta, intentará reducir el precio
  - ▶ termina con una respuesta
  - ▶ la única información que llega al subastador para la elaboración de una nueva propuesta es la ausencia de información!!!

## Realimentación en la negociación

- El proceso negociador se agiliza si se incluye realimentación (crítica o contraoferta)

- Crítica, ejemplo A

*A: Te propongo que me proveas del servicio X bajo ciertas condiciones*

*B: El precio de X me parece bueno pero el tiempo de suministro es muy pequeño*

y ejemplo B

*A: Te propongo proporcionarte el servicio Y si tu me proporcionas el servicio X*

*B: No me interesa el servicio Y*

- Contraoferta, ejemplo A

*A: Te propongo de que me proveas del servicio X*

*B: Te propongo proveerte del servicio X si tu me provees del servicio Z*

y ejemplo B

*A: Te propongo proporcionarte el servicio Y si tu me proporcionas el servicio X*

*B: Te propongo proporcionarte el servicio X si tu me proporcionas el servicio Z*



Jacques Ferber.

*Muilt-Agent Systems. An Introduction to Distributed Artificial Intelligence.*  
Addison-Wesley, 1999.



L. C. Lee H. S. Nwana and N. R. Jennings.

Coordination in software agent systems.  
*The British Telecom Technical Journal*, 4(14):79–88, 1996.



N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra, and M. Wooldridge.

Automated negotiation: prospects, methods and challenges.  
*Int. J. of Group Decision and Negotiation*, 2(10):199–215, 2001.