

Agentes Inteligentes

Javier García

Departamento de Electrónica y Computación
Universidad de Santiago de Compostela

September 20, 2022

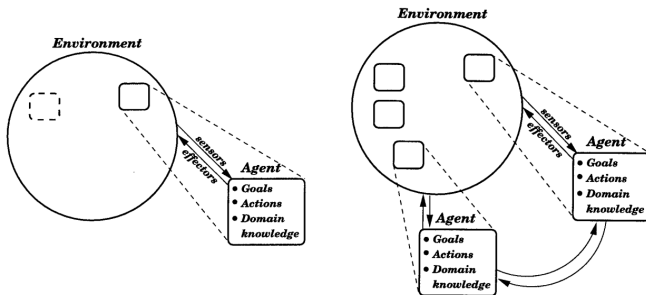
Part II

Sistemas multiagente

- 1 Definición
- 2 Tipos de sistemas multiagente
- 3 Comunicación y cooperación
- 4 Comunicación
- 5 Cooperación

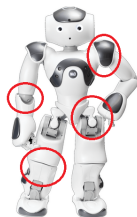
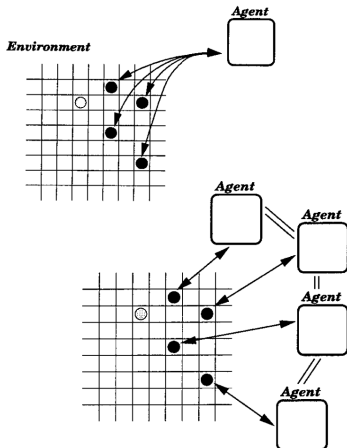
Definición (I)

- En un sistema multiagente conviven varios agentes interactuando unos con otros
- Los agentes requieren la habilidad de cooperar, coordinarse y negociar unos con otros
- Diferentes grados de heterogeneidad y con/sin la capacidad de comunicarse directamente unos con otros
- **¡Entorno siempre dinámico!**

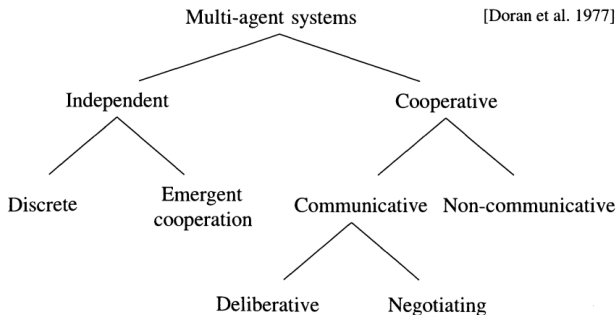


Definición (II)

- Estrategia de divide y vencerás
 - Computación paralela (beneficioso para arquitecturas deliberativas)
 - Computación distribuida (menos propensa a fallos)
 - Generalmente agentes más sencillos

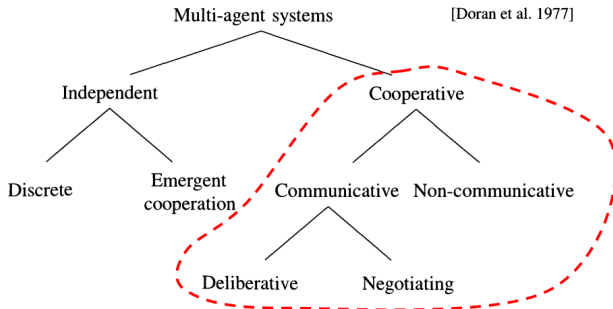


Tipos de sistemas multiagente (I)



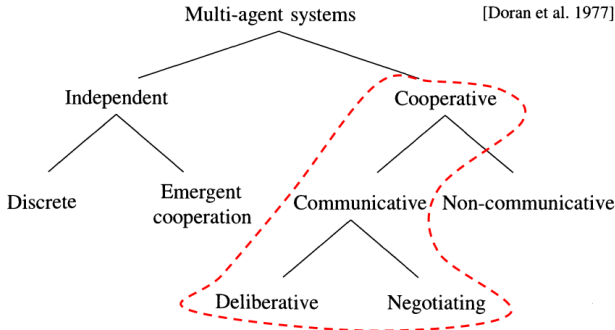
- **Independientes:** Los agentes siguen sus propias metas sin coordinación
 - **Discretos:** Un agente filtra spam, otro busca información en internet
 - **Emergentes:** Dos robots separados en un almacén que limpian
- **Cooperativos:** Existe coordinación entre agentes
 - **Con comunicación:** Comunicación directa entre agentes
 - **Sin comunicación:** Indirectamente a través del entorno (e.g., depredadores en cacería)

Tipos de sistemas multiagente (II)



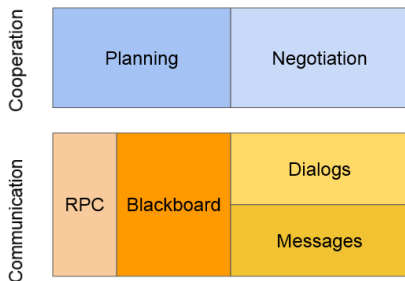
- En los sistemas cooperativos los agentes pueden ser homogéneos o heterogéneos:
 - **Homogéneos:** Varios agentes con idéntica estructura (sensores, actuadores, conocimiento del dominio, sistema de toma de decisiones), pero posicionados en diferentes sitios
 - **Heterogéneos:** Pueden tener diferentes metas, acciones, conocimiento del dominio y posicionados en diferentes sitios

Tipos de sistemas multiagente (III)



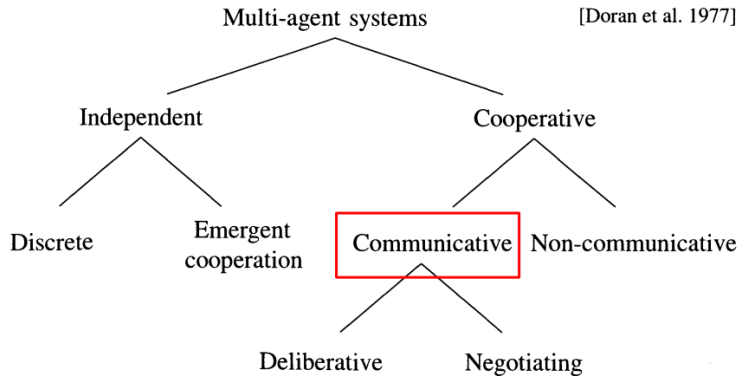
- En los sistemas cooperativos los agentes pueden ser homogéneos o heterogéneos:
 - **Homogéneos:** Varios agentes con idéntica estructura (sensores, actuadores, conocimiento del dominio, sistema de toma de decisiones), pero posicionados en diferentes sitios
 - **Heterogéneos:** Pueden tener diferentes metas, acciones, conocimiento del dominio y posicionados en diferentes sitios

Comunicación y cooperación

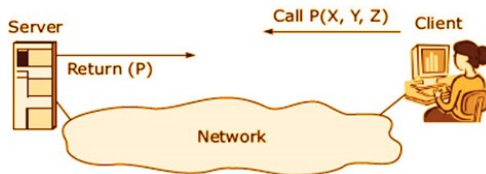


- La comunicación es la base de la cooperación
- Tres estrategias principales de comunicación:
 - Invocación del método/función de un agente por otro agente
 - Sistemas de pizarra
 - Paso de mensajes
- Dos estrategias principales de cooperación:
 - Planificación multiagente
 - Negociación

Tipos de sistemas multiagente

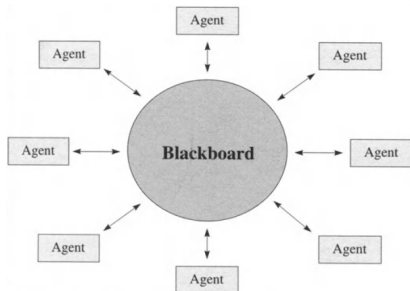


- **Remote Procedure Call (RPC)**
- Ejecución remota de código en otra máquina con retorno
- En el contexto multiagente
 - Invocación de una función/método de un agente por otro agente
 - La función/método genera una respuesta



Sistemas de pizarra (I)

- Proporciona a los agentes un área de trabajo común donde pueden intercambiar información, datos, y conocimiento
- Estrategia:
 - Un agente inicia una acción de comunicación escribiendo en la pizarra
 - Esta información está disponible para el resto de agentes
 - Cada agente puede acceder a la pizarra en cualquier momento para revisar la nueva información
- **Comunicación indirecta:** no hay comunicación directa entre agentes



- Mecanismos para evitar sobrecargas:
 - Posibilidad de lectura filtrada a solo las áreas de interés
 - Posibilidad de *dispatcher*: Un nuevo agente que se encarga de comunicar los cambios en la pizarra a los agentes que puedan estar interesados en ellos
- Independiente de la estrategia de cooperación elegida
- Problemas de escalado y gestión
 - ¿Qué ocurre si existen muchos agentes?
 - ¿Cómo se gestionan las partes privadas/públicas de la pizarra para cada agente?
 - ¿Cómo se representa la información dentro de la pizarra?

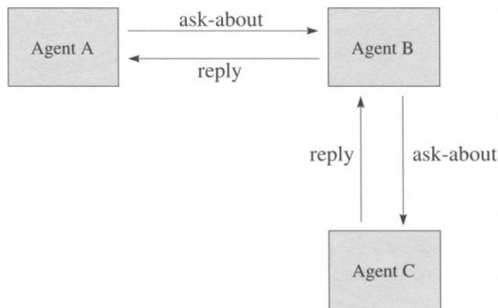
Paso de mensajes (I)

- **Comunicación directa:** los agentes intercambian mensajes entre ellos directamente sin estructuras intermedias
- Los agentes no pueden leer información que no se les transmita explícitamente
- Base para la comunicación de estrategias de cooperación complejas
- Cuestiones importantes:
 - Definición de un protocolo de comunicación con la descripción del proceso de comunicación, formato de mensajes, lenguaje de comunicación
 - Capacidad de entender el significado de los mensajes: un acto de comunicación define un mensaje que no solo contiene una declaración de sí/no, sino una acción asociada (e.g., ¿Puedes darme cierta información?)



Paso de mensajes (II)

- La comunicación no solo consiste en enviar mensajes entre agentes sin relación
- **Diálogos:** envío de mensajes relacionados entre dos o más agentes



- **Knowledge and Query Manipulation Language (KQML)**
- Representa el protocolo de comunicación más utilizado en sistemas multiagente con comunicación directa
- Sirve para intercambiar información y conocimiento
- Estructura:
 - *Performative*: *ask-one, tell, sorry, ...*
 - *sender/receiver*: Agente envía/recibe
 - *language*: Lenguaje utilizado para codificar el contenido
 - *ontology*: Vocabulario
 - *content*: Contenido del mensaje, pregunta/respuesta

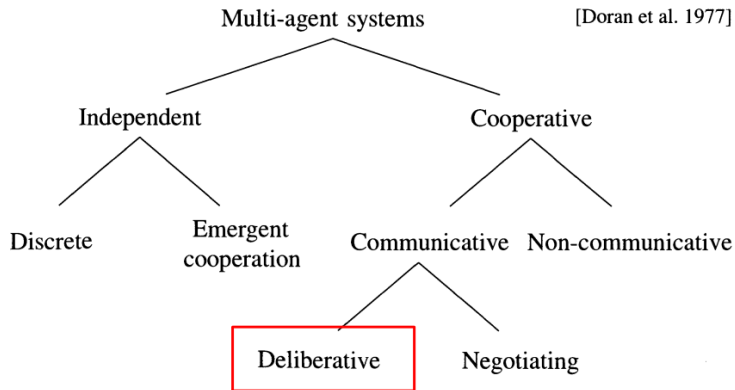
```
(⟨Performative⟩  
:sender ⟨name⟩  
:receiver ⟨name⟩  
:language ⟨text⟩  
:ontology ⟨text⟩  
:content ⟨statement/speechact⟩)
```


Ejemplos:

(**tell**
:sender Agent1
:receiver Agent2
:language KIF
:ontology Blocks-World
:content (AND (BLOCK A)
(BLOCK B) (On A B))

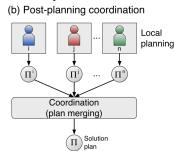
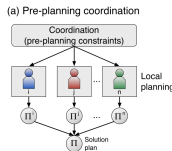
(**ask-one**
:sender Agent1
:receiver Agent2
:language LPROLOG
:ontology NYSE-TICKS
:content (PRICE IBM ?price))

Tipos de sistemas multiagente



Planificación multiagente

- **Centralizada:** Un único agente que planifica teniendo en cuenta todos los agentes y recursos
 - El agente central divide el problema en subproblemas y genera un subplan para cada uno
 - Asigna los subplanes a los agentes
- **Distribuida:** Se realiza una planificación local en cada agente, que después se coordinan para generar una solución global [Torreño et al., 2017]
 - Cada agente crea un plan y la coordinación se produce:
 - Antes: Se divide el problema en subproblemas que se reparten a los agentes
 - Después: El objetivo es fusionar los planes que resuelven las tareas locales de los agentes (*plan merge*)



- Durante: Se intercalan episodios de planificación y coordinación: *Partial Global Planning*

Planificación multiagente centralizada (I)

- Planificación multiagente **centralizada** mediante **planes de orden parcial**
- Ordenamiento parcial entre acciones: solo se ordenan las acciones cuando realmente es necesario
- Ejemplo:
 - 1 Ir a la tienda
 - 2 Comprar huevos; Comprar harina; Comprar leche
 - 3 Pagar
 - 4 Ir a la cocina

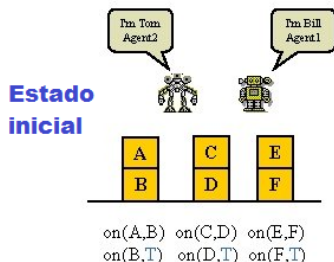
Planificación multiagente centralizada (II)

- Dado un estado inicial, y un estado final...

- **move(b,x,y)**

Precond: $\text{on}(b,x) \wedge \text{clear}(b) \wedge \text{clear}(y)$

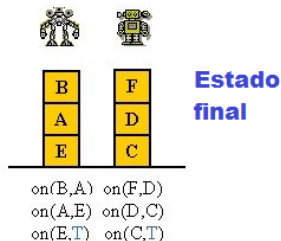
Postcond: $\text{on}(b,y) \wedge \text{clear}(x) \wedge$
 $\neg \text{on}(b,x) \wedge \neg \text{clear}(y)$



- **movetotable(b,x)**

Precond: $\text{on}(b,x) \wedge \text{clear}(b)$

Postcond: $\text{on}(b,T) \wedge \text{clear}(x) \wedge \neg \text{on}(b,x)$



Planificación multiagente centralizada (III)

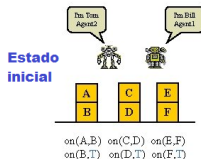
- ...generar un plan parcial

- S1: move(B,T,A)
- S2: move(A,B,E)
- S3: movetotable(E,F)
- S4: move(F,T,D)
- S5: move(D,T,C)
- S6: movetotable(C,D)

- **move(b,x,y)**

Precond: $\text{on}(b,x) \wedge \text{clear}(b) \wedge \text{clear}(y)$

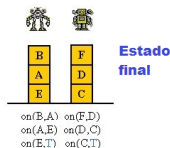
Postcond: $\text{on}(b,y) \wedge \text{clear}(x) \wedge \neg \text{on}(b,x) \wedge \neg \text{clear}(y)$



- **movetotable(b,x)**

Precond: $\text{on}(b,x) \wedge \text{clear}(b)$

Postcond: $\text{on}(b,T) \wedge \text{clear}(x) \wedge \neg \text{on}(b,x)$



- Orden parcial:

- $S3 < S2 < S1$
- $S6 < S5 < S4$
- $S3 < S4$

- Dado este orden, ¿cómo se pueden repartir la tarea entre los dos agentes?

- Subplan Agent 1: $S3 < \text{send}(\text{clear}(F)) < S2 < S1$
- Subplan Agent 2: $S6 < S5 < \text{wait}(\text{clear}(F)) < S4$

Planificación multiagente distribuida (I)

- Planificación multiagente **distribuida** con *plan merging*
- Fusión de los planes locales de cada agente

- movehigh**(b,x,y)

Precond: have_lifter \wedge clear(b) \wedge clear(y) \wedge on(y,z) \wedge z \neq T

Postcond: on(b,y) \wedge clear(x) \wedge \neg on(b,x) \wedge \neg clear(y) \wedge free_lifter

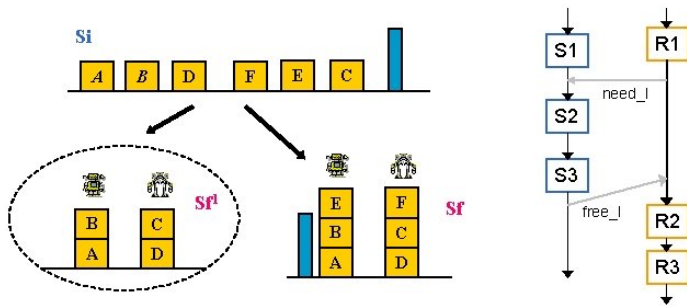
- pick_lifter**

Precond: free_lifter

Postcond: have_lifter \wedge \neg free_lifter

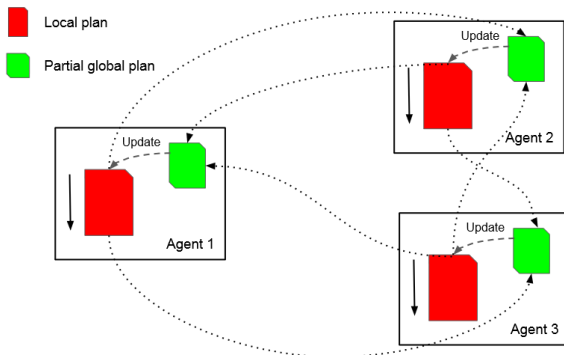
Agent1: { S1:move(B,T,A) < S2: pick_lifter < S3: movehigh(E,T,B) }

Agent2: { R1:move(C,T,D) < R2: pick_lifter < R3: movehigh(F,T,C) }

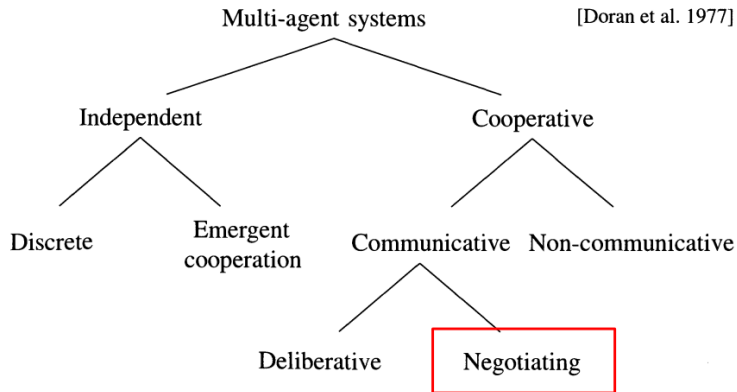


Planificación multiagente distribuida (II)

- Planificación multiagente **distribuida** con **Partial Global Planning** (PGP)
- Integra planificación y ejecución
- Cada agente genera planes **parciales** que comunican al resto de agentes
- Cada agente utiliza esta información para generar un plan parcial **global**
- Una vez que se ha construido un plan parcial global, estas actividades deben trasladarse al nivel local para que puedan llevarse a cabo
- El proceso se repite a medida que avanza la ejecución



Tipos de sistemas multiagente

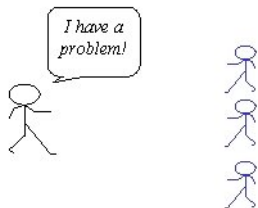


- Basada en la ley de oferta y demanda
- Un agente identifica un servicio o recurso que necesita pero que no puede conseguir por sí solo
- Debe negociar con agentes potenciales que podrían llevar a cabo el servicio o tener el recurso requerido
- **Protocolos de negociación:** conjunto de reglas que gobiernan el proceso de negociación
- Se suele utilizar para la asignación de tareas
- **Contract Net Protocol**

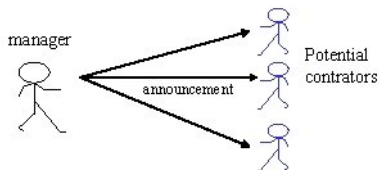
- **Contract Net Protocol**

- Los agentes coordinan sus actividades a través de contratos para lograr metas específicas
 - Un agente actúa como manager que descompone su contrato (el problema o tarea) en subcontratos (subproblemas) a realizar por otros agentes contratistas
 - Para cada subcontrato, el manager anuncia una tarea a la red de agentes
 - Los agentes evalúan el anuncio
 - Los agentes con suficiente información, recursos responden al manager con *pujas* que indican su habilidad para lograr la tarea anunciada
 - El manager analiza las *pujas* recibidas, y asigna la tarea al agente más adecuado
 - El manager y el agente seleccionado intercambian información durante el desarrollo de la tarea

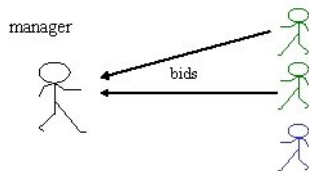
Negociación (III)



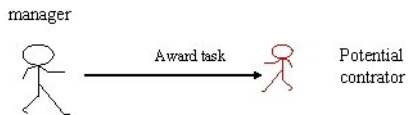
(a) Recognising the problem



(b) Task Announcement



(c) Bidding



(d) Award Contract