

Sistemas Multiagente

Tema 2.1: Organizaciones Virtuales

Authors: Vicent Botti, Vicente Julián

Tecnologías del Acuerdo

- La **computación como interacción** está estructurada alrededor del concepto de acuerdo entre entidades computacionales.
- Los acuerdos deben ser consistentes con el contexto normativo en el que se establecen y permitirán, una vez aceptados, que las entidades se coordinen para realizar servicios mutuos y los cumplan.
- Una entidad, por el hecho de ser autónoma, puede elegir cumplir o no un acuerdo, y debería, en teoría, cumplirlos cuando son una obligación derivada de los acuerdos establecidos.
- La autonomía, interacción, movilidad y apertura son las características que el paradigma cubrirá desde una perspectiva teórica y práctica.

Tecnologías del Acuerdo



- Alineamiento semántico: ¿de qué hablamos todos?
- Organizaciones virtuales dinámicas y abiertas.
- Negociación, proceso para alcanzar acuerdos.
- Argumentación: proceso de diálogo donde se esgrimen argumentos a favor o en contra de posiciones
- Normas: regulan la organización y determinan las restricciones que los acuerdos tienen que satisfacer (y los procesos para alcanzarlos).
- Confianza, Reputación: inclusión de modelos que permiten tomar decisiones teniendo en cuenta estos aspectos

Organización Virtual

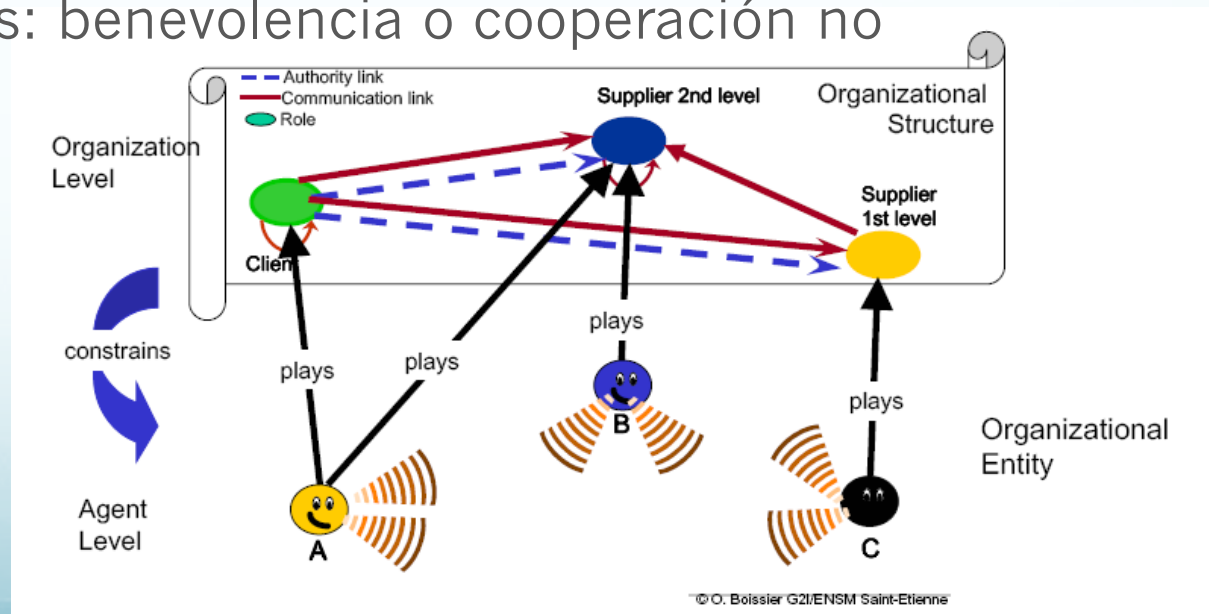
- De un Sistema de agentes
..... a un Sistema de Organización
- Organización
 - Concepto
 - Características

Definición de Organización

- *Organizaciones humanas*
 - *“Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fins” (Real Academia de la lengua española)*
 - *“Formación o entidad social con un número de miembros que puede ser precisado y una diferenciación interna de las funciones que son desempeñadas por dichos miembros” [Peiro 91]*
- Organizaciones de agentes
 - *“Una organización proporciona un marco de trabajo para la actividad e interacción de los agentes a través de la definición de roles, expectativas de comportamiento y relaciones de autoridad, como el control” [Gasser 01]*
 - *“La organización es una colección de roles, que mantienen ciertas relaciones entre sí, y que toman parte en patrones de interacción con otros roles de forma institucionalizada y sistemática” [Wooldridge 03]*

Organización

- Definida explícitamente: estructura, funcionalidad, normas
- Restringe el comportamiento de los agentes
- Agentes juegan **roles** dentro de la organización
 - Dinámicos: entran / salen de organización
 - Agentes externos: benevolencia o cooperación no garantizada



Sistemas Abiertos

¿Qué quiere decir que una org. es abierta?

- Formada por agentes software interesados que han sido desarrollados por diferentes desarrolladores
- Características
 - Agentes heterogéneos
 - Posibilidad de conflicto en objetivos individuales
 - Posibilidad de no adecuarse a la especificación del sistema
 - Los agentes no comparten necesariamente un objetivo común
 - Los participantes pueden entrar o salir del sistema de forma dinámica
 - No se conocen a todos los participantes en fase de diseño

Organización – Conceptos Clave

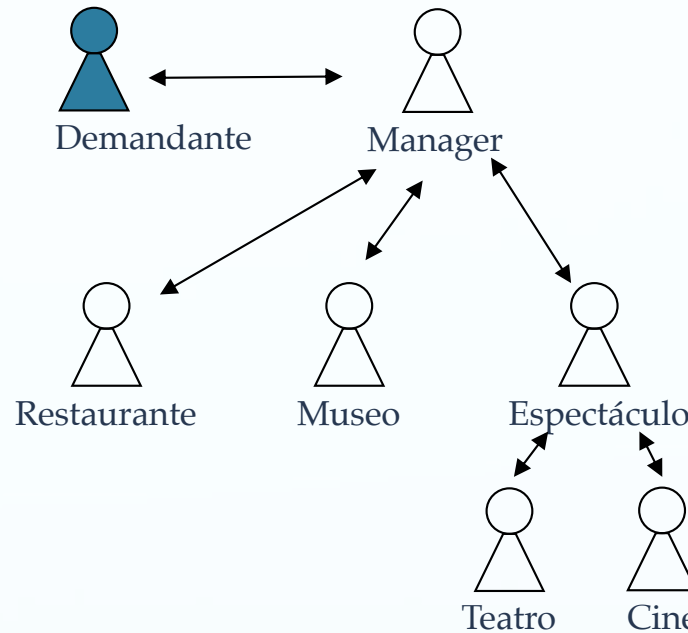
Organizaciones de agentes

- Aspectos a considerar:
 - **Estructura:** roles, topología, relaciones de autoridad
 - **Funcionalidad:** objetivos, estrategia global, tareas, planes
 - **Normatividad:** obligaciones, permisos, prohibiciones
 - **Dinamicidad:** entrada/salida agentes, adopción roles
 - **Entorno:** recursos, artefactos

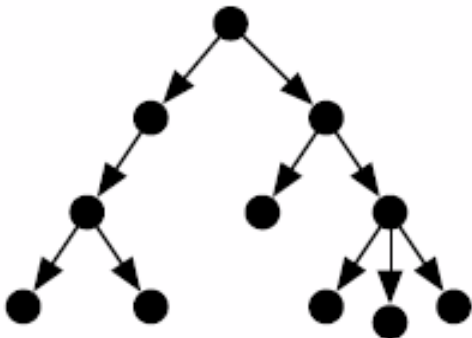
Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- Grupos
- Congregaciones
- Federaciones
- Org. matriciales



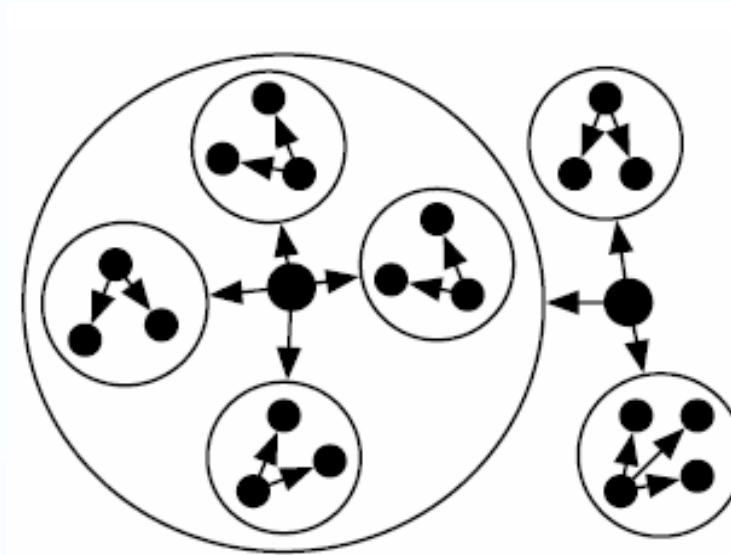
- Agentes ordenados en una estructura de tipo árbol
 - Niveles inferiores: funcionalidad básica
 - Niveles superiores: toma decisiones y control
- Protocolo Contract-Net



Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- Grupos
- Congregaciones
- Federaciones
- Org. matriciales



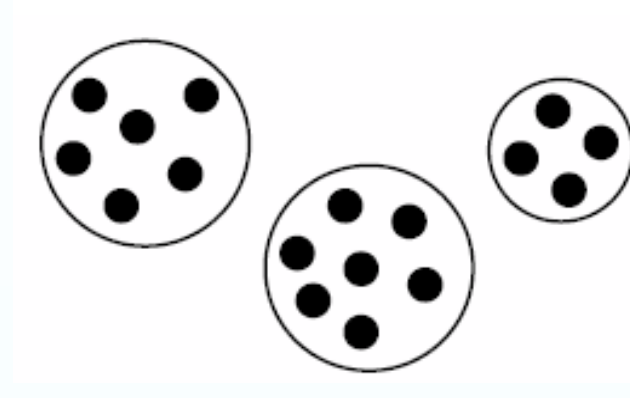
- Estructuras anidadas y jerárquicas de holones
- Holón: parte de una entidad mayor y resultado de la agrupación de entidades subordinadas

Aplicación en dominios donde los objetivos se descompongan de forma recursiva en subtareas

Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- **Coaliciones**
- Grupos
- Congregaciones
- Federaciones
- Org. matriciales

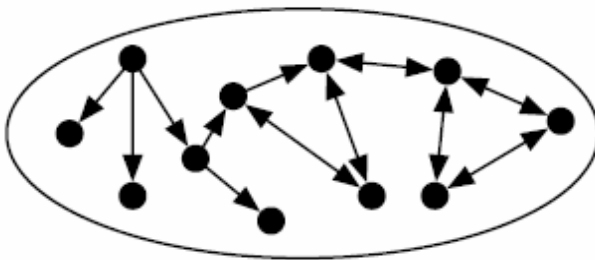
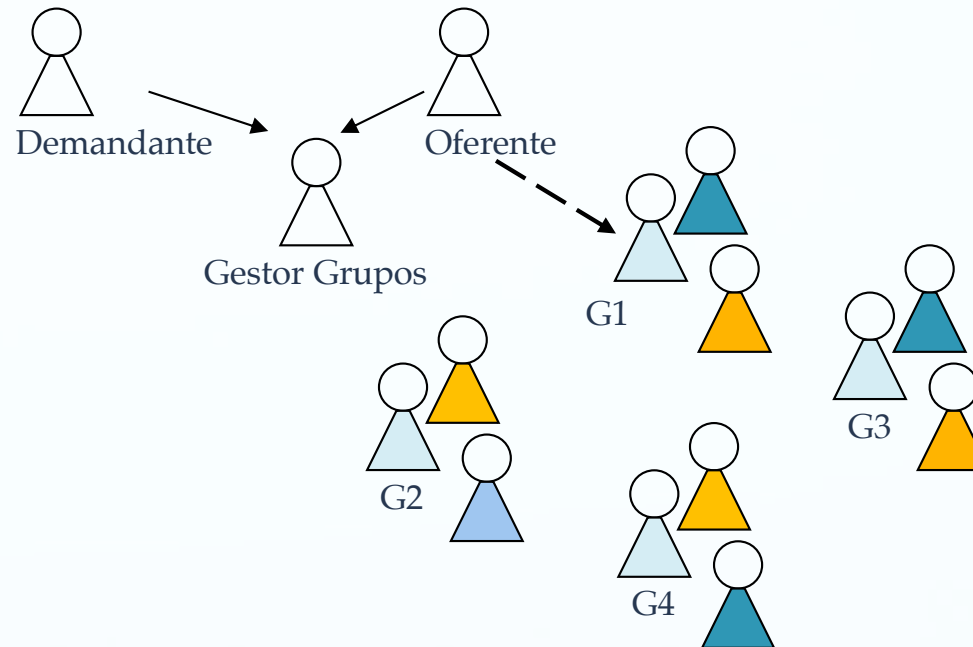


- Agrupación temporal de agentes para la consecución de un objetivo concreto
 - Obtener ciertos beneficios y reducir costes
- Se disuelve:
 - al alcanzar el objetivo
 - ya no existe la necesidad de agrupación
 - una cantidad crítica de agentes abandona la agrupación
- Internamente:
 - Estructura plana o con líder (representante grupo)
- Externamente:
 - Entidad única y atómica

Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- **Grupos**
- Congregaciones

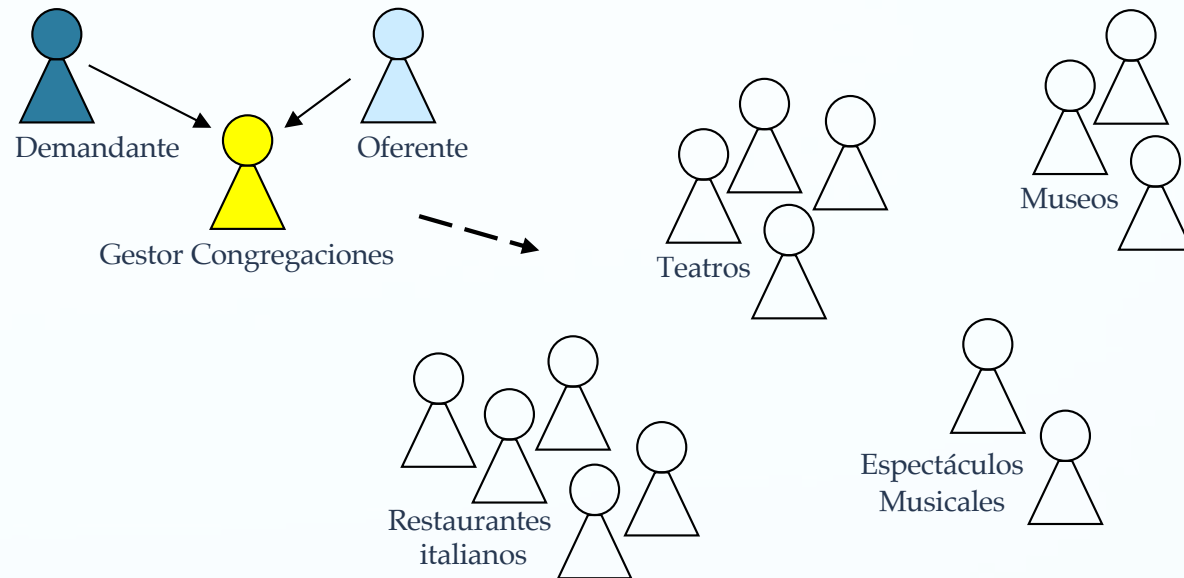


- Agrupación de agentes cooperativos que trabajan juntos en la consecución de un objetivo común
 - Maximizar utilidad del equipo
 - Representación de objetivos comunes, creencias mutuas y planes a nivel de equipo
- Resolver mayores problemas juntos
- Redundancia y flexibilidad para entornos inciertos
- Aumento en las comunicaciones (por la coordinación)

Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- Grupos
- Congregaciones

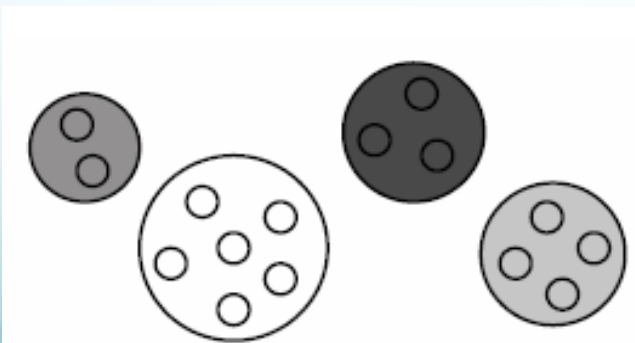


■ Agrupación de agentes con características similares o complementarias

- ☐ No conllevan consecución de un objetivo específico
- ☐ Facilitar búsqueda de colaboradores adecuados
- ☐ Para largo plazo

Necesidad de un número estable de participantes

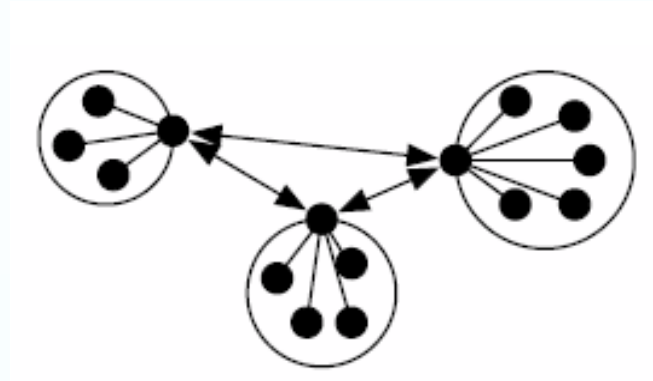
- ☐ Entrada/salida dinámica
- ☐ Análisis utilidad de la unión a la congregación



Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- Grupos
- Congregaciones
- **Federaciones**
- Org. matriciales

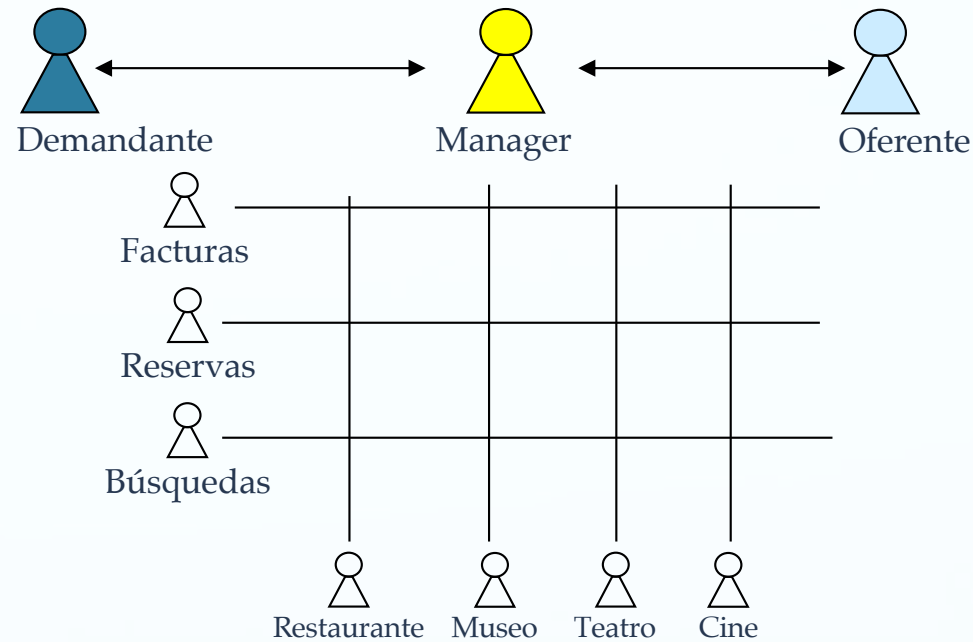
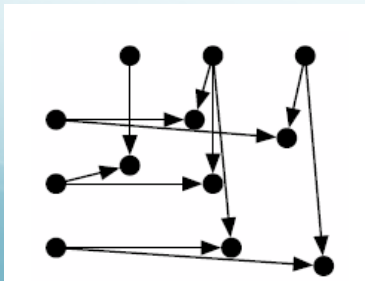


- Agrupación de agentes con un representante
 - Miembros interaccionan solamente con el representante
 - Ceden parte de su autonomía
 - Representante actúa también de intermediario entre el grupo y el mundo exterior
 - Broker: distribuir tareas entre miembros del grupo
 - Mediador: facilita interacciones entre diferentes agentes (establece contactos)
 - Monitor: controla estados de los agentes, informa sobre eventos
 - Embassy: controla la comunicación de agentes externos con los de la federación (traductor de ontologías)

Estructura Organizativa

Topología organización

- Jerarquías
- Holarquías
- Coaliciones
- Grupos
- Congregaciones
- Federaciones
- **Org. matriciales**



- Un agente puede ser controlado por más de un agente supervisor
 - Necesidad de mecanismos de evaluación de compromisos y resolución de conflictos locales
- Estructura de tipo grid
 - Managers situados alrededor de agentes empleados

Computación por interacción

Por tanto, tenemos agentes en una Organización:

- Deben jugar diferentes **roles**
- Deben **interaccionar** con el resto de agentes
- Pueden entrar o salir de la organización

Las interacciones se diseñan y programan usando **actos comunicativos**

Un acto comunicativo es bien el originador de una conversación, bien la consecuencia de un acto comunicativo previo

Los actos comunicativos se van encadenando formando **conversaciones**

Por ejemplo, cuando un agente emite una petición (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.

¿Para qué usar un protocolo de interacción?

- Porque existen situaciones en las que los agentes comparten objetivos comunes (benevolent) → **Cooperación**
- Porque los agentes actúan guiados por la consecución de sus objetivos individuales (self-interested). → **Negociación**
- Los protocolos de interacción del segundo caso están orientados a maximizar los valores de la función de utilidad generados por las acciones de los agentes.
- En el primer 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

Ejemplos de mecanismos

-Mecanismos de Cooperación

- Estructuras Organizacionales
- Planificación Multi-agente (Centralizada y Distribuida)
- *Redes de Contratos*
- Cooperación Funcionalmente exacta

-Mecanismos de Negociación

- Formación de Coaliciones
- Mecanismos de Mercado
- Teoría del Regateo
- Votación
- Subastas

Cooperación

Estrategia básica: descomponer y distribuir tareas, con el objetivo de reducir la complejidad de la tarea global.

Se debe decidir entre descomposiciones alternativas, si las hay, así como considerar los recursos y capacidades de los agentes de modo que se eviten conflictos entre éstos.

La distribución de tareas puede hacerse de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Evitar sobrecarga de recursos críticos
2. Asignar tareas a agentes con capacidades que se corresponden con las mismas
3. Encargar a un agente con mayor grado de conocimiento global la asignación de tareas a otros agentes
4. Asignar responsabilidades solapadas a distintos agentes para alcanzar coherencia
5. Asignar tareas altamente interdependientes a agentes con proximidad semántica o espacial. Esto minimizará los costes de comunicación y sincronización.
6. Reasignar tareas, si es necesario, para completar tareas urgentes.

Cooperación

Mecanismos comúnmente usados para distribuir tareas entre agentes cooperativos:

- Estructuras Organizacionales: los agentes tienen responsabilidades fijas para tareas particulares
- Planificación Multi-agente: los agentes de planificación tienen la responsabilidad de asignar tareas
- **Redes de Contratos:** ciclos de anuncios, ofertas, y adjudicaciones
- Cooperación Funcionalmente Exacta: los agentes interactúan a través del intercambio asíncrono de resultados parciales

Protocolo de red de contratos: Contract Net

Smith, R. G. (1988). The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver. In *Readings in distributed artificial intelligence* (pp. 357-366).

Asignacion “dinámica” y descentralizada de tareas

Dos roles: Manager y Participante

Protocolo de red de contratos: Contract Net

Las funciones del manager son las siguientes:

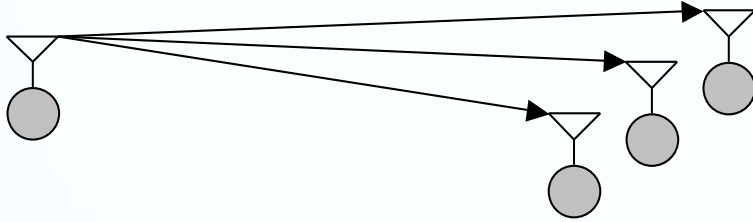
- Anunciar una tarea que ha de ser llevada a cabo.
- Recibir y evaluar ofertas desde los contratantes potenciales.
- Adjudicar un contrato a un contratante adecuado.
- Recibir y sintetizar resultados

Por otro lado, las funciones del participante son las siguientes:

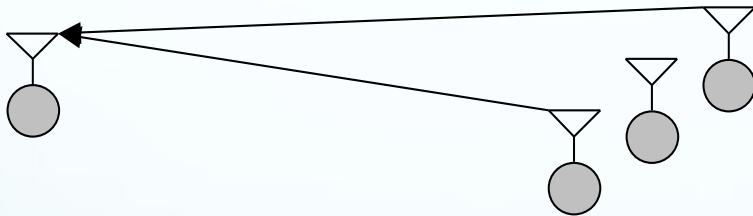
- Recibir anuncios de tareas
- Evaluar su capacidad para responder
- Responder (declinar, ofertar)
- Llevar a cabo la tarea si su oferta es aceptada
- Comunicar sus resultados

Protocolo Contract Net

Un manager anuncia la existencia de tareas a través de una multidifusión (posiblemente selectiva)



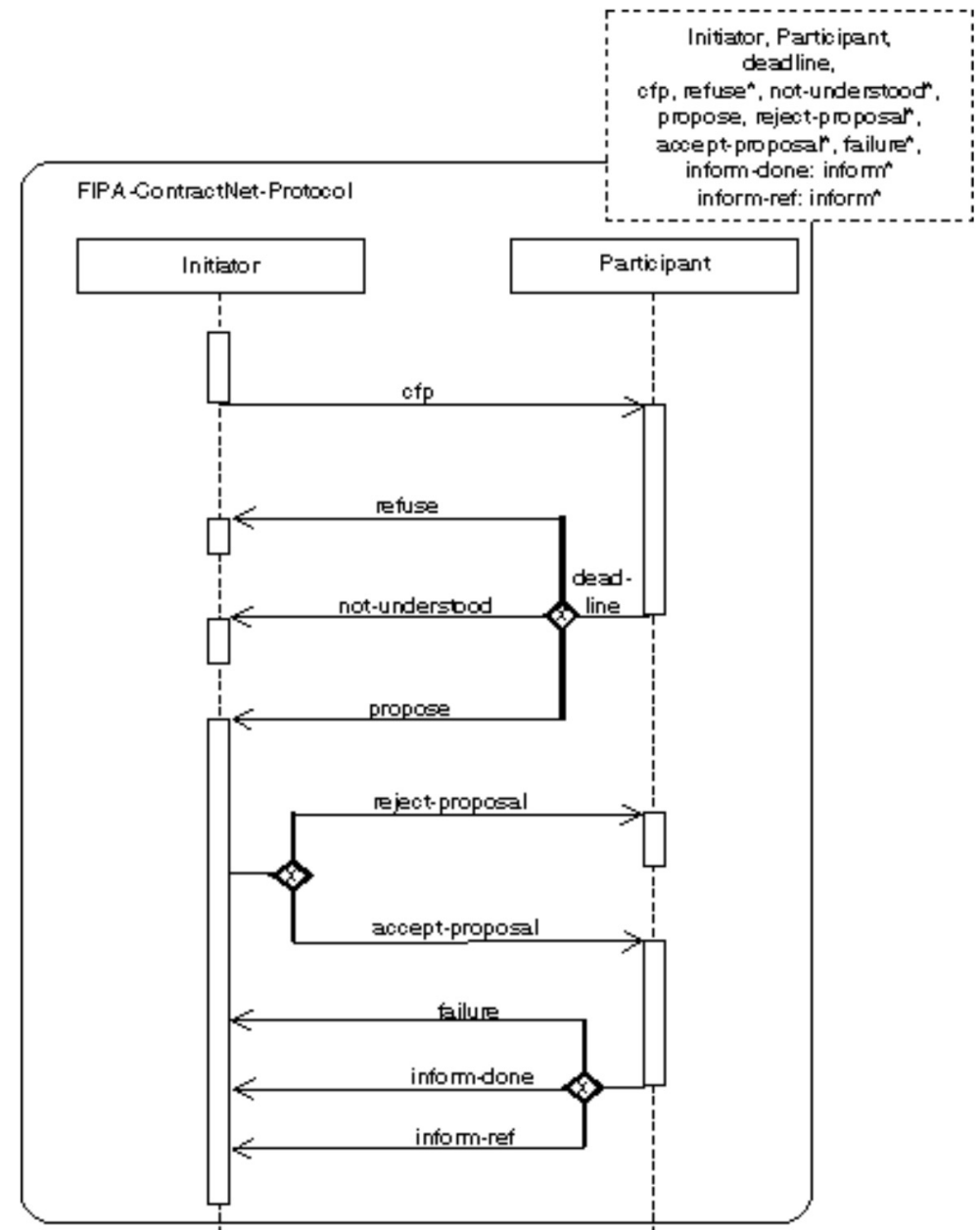
Los agentes evalúan el anuncio, y algunos de ellos emiten ofertas



El manager concede un contrato al agente más apropiado



El manager y el agente contratado se comunican de forma privada tantas veces como sea necesario

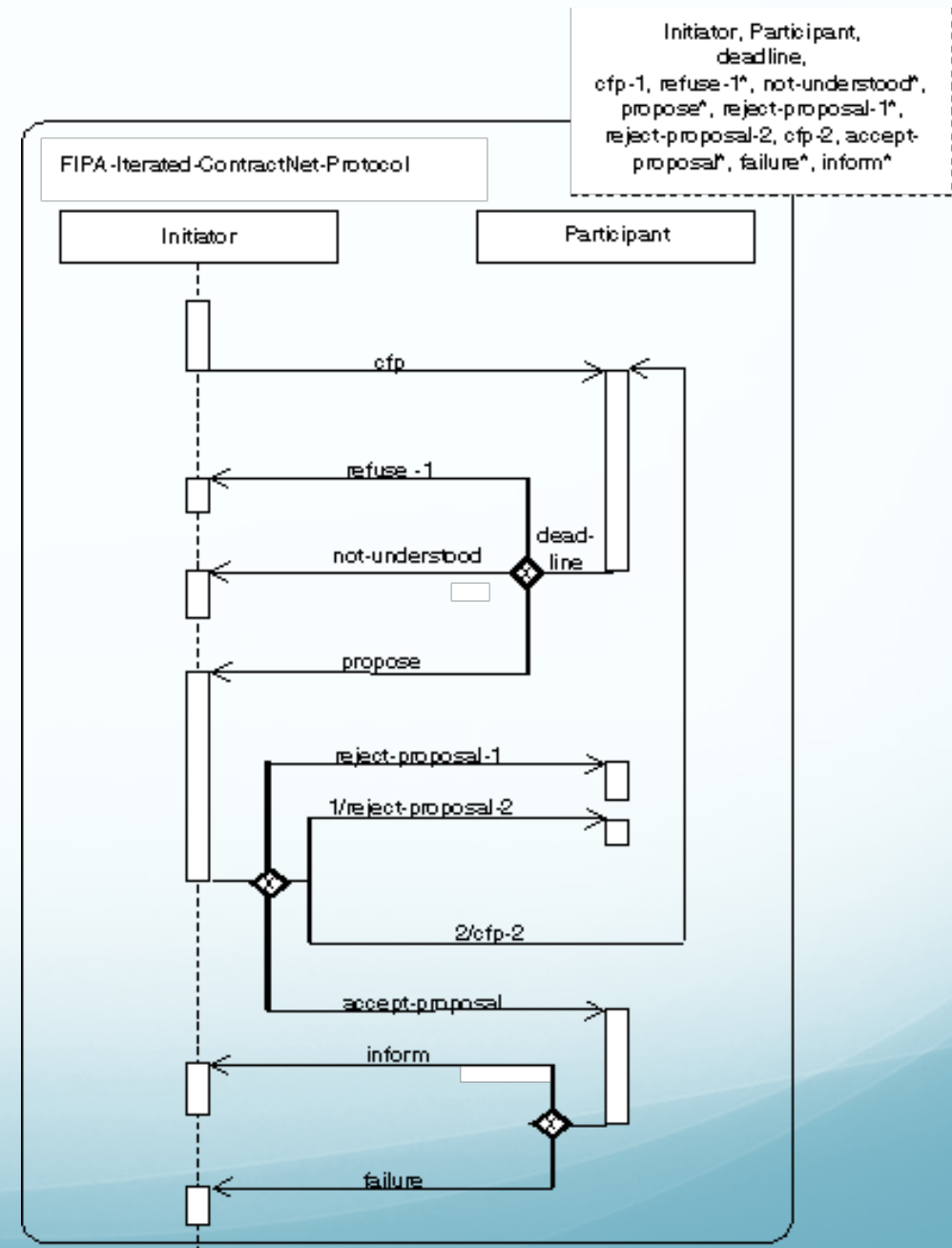


Evoluciones ...

CNP con iteraciones

En el CNP los participantes no tienen posibilidad de mejorar sus bids

En este caso el manager puede iterar el cfp

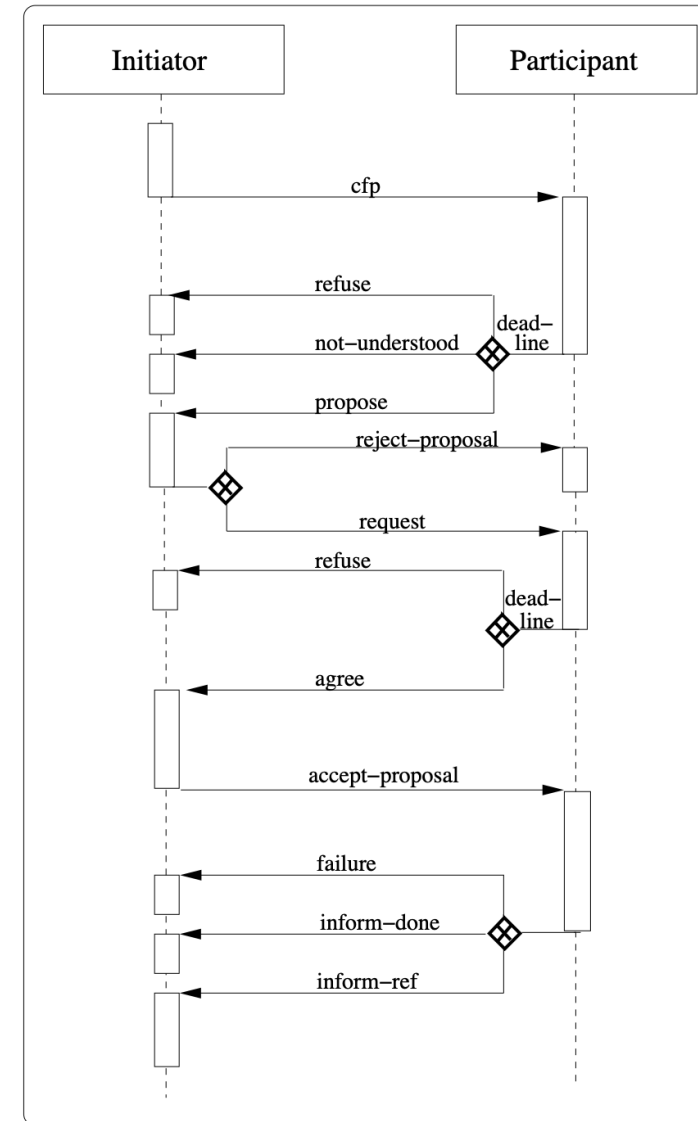
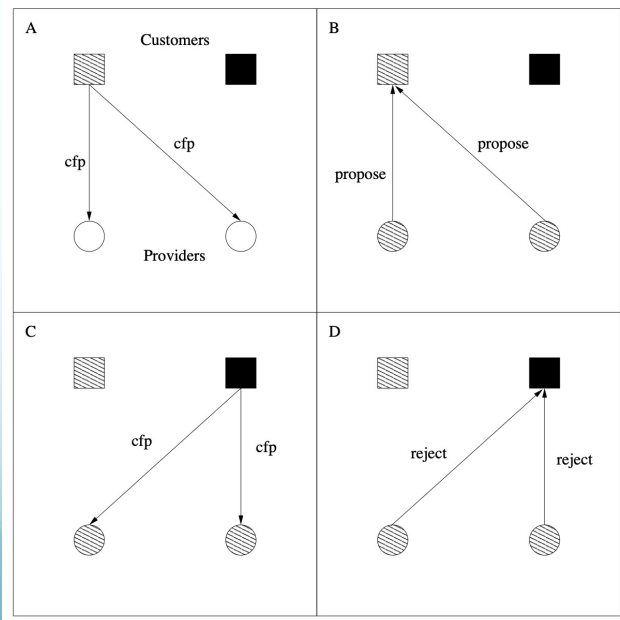


Evoluciones ...

CNP con confirmación

En el CNP el participante se compromete cuando hace el bid

En este caso el compromiso del participante se retrasa para evitar subóptimos



Evoluciones ...

Pero hay muchas más ... algunas muy recientes ...

Zhang, J., Wang, G., & Song, Y. (2019). Task Assignment of the **Improved Contract Net Protocol** under a Multi-Agent System. *Algorithms*, 12(4), 70.

Yeung, W. L. (2018). Efficiency of task allocation based on contract net protocol with audience restriction in a **manufacturing control application**. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(10), 1005-1017.

Xiao, Y., & Zhang, D. (2016). The Command Decision Method of **Multiple UUV Cooperative Task Assignment** Based on Contract Net Protocol. *Journal of Systems Science and Information*, 4(4), 379-390.

Zhao, J., Wang, H., Wu, X., Xu, Y., Wang, F., & Xu, L. (2016). Communication and Coordination of the Group **Decision Support System of Water Resources** Based on the Dynamic Contract Net Protocol. *International Journal of Simulation--Systems, Science & Technology*, 17(25).

ZHU, Y., LOU, P., QIAN, X., & HE, Z. (2018). Research on **shop scheduling problem** based on the improved contract net protocol. *Machine Design and Manufacturing Engineering*, (3), 19.

¿Qué vamos a hacer nosotros?

*Implementar un protocolo de red de
contratos*

¿Dónde?

En un simulador de flotas urbanas

Ejemplo: Flota de Taxis



Usuario de Taxi



LIBRE

Taxi 4



OCUPADO

Taxi 3

LIBRE



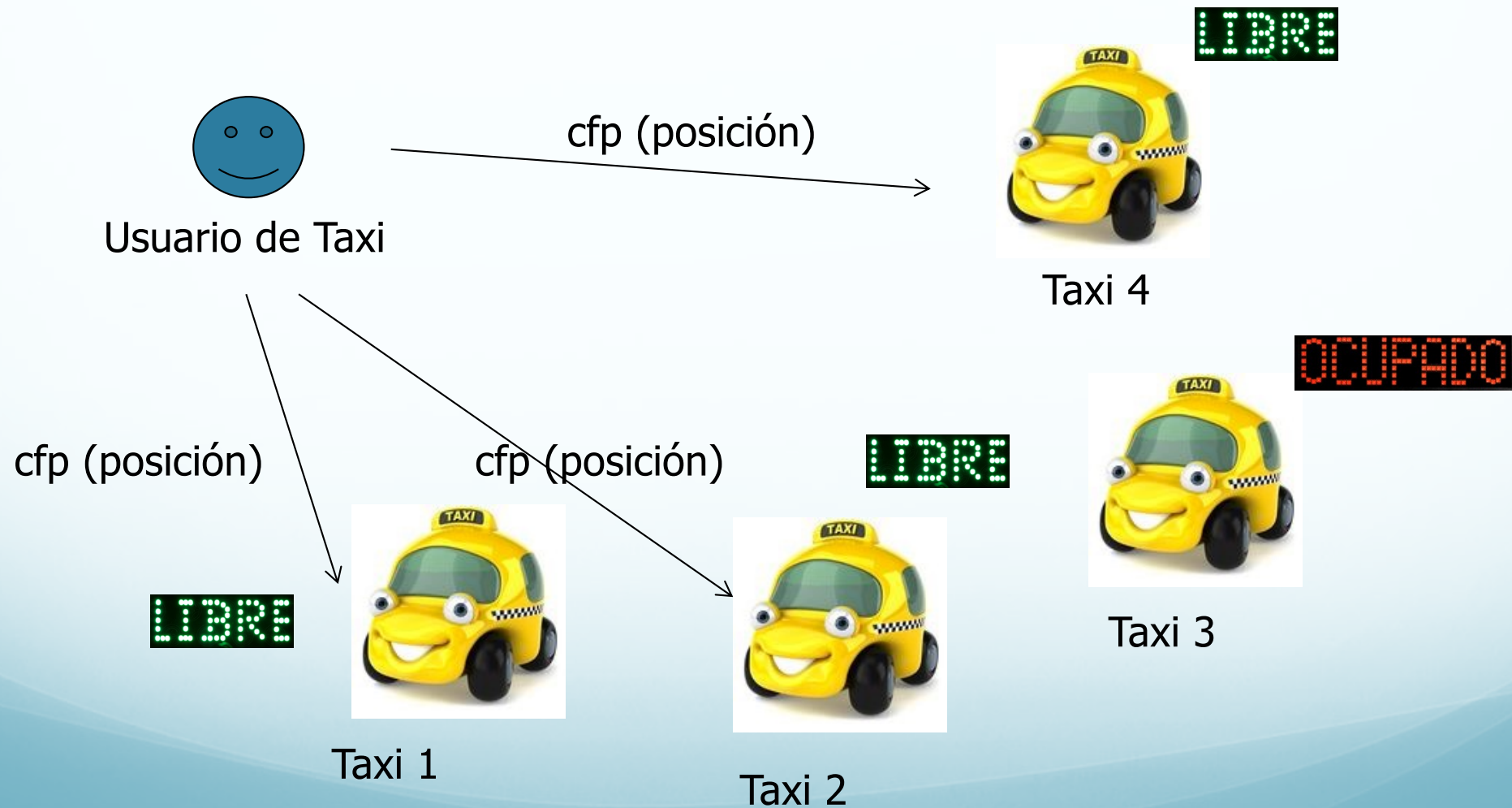
Taxi 2

LIBRE

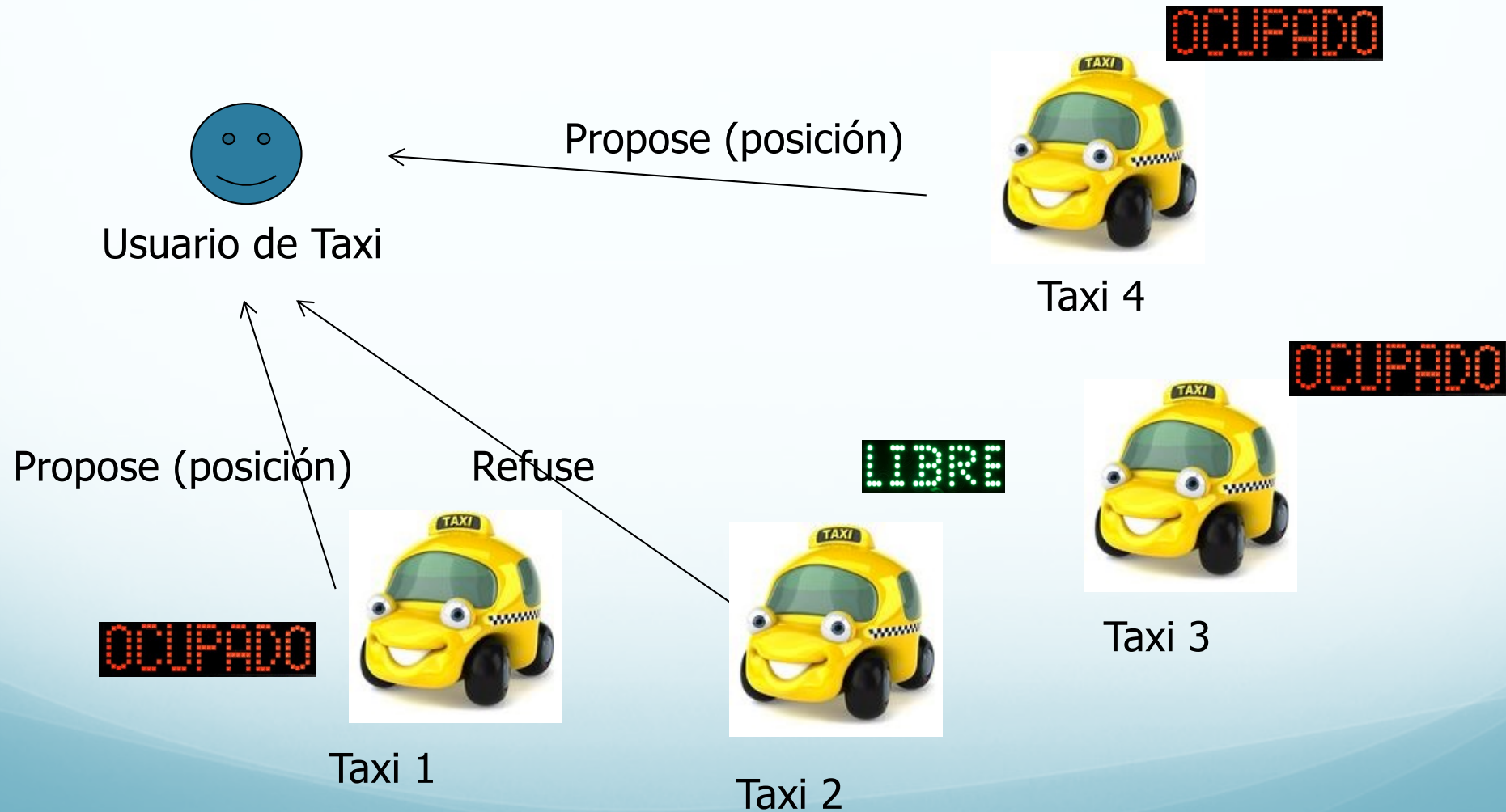


Taxi 1

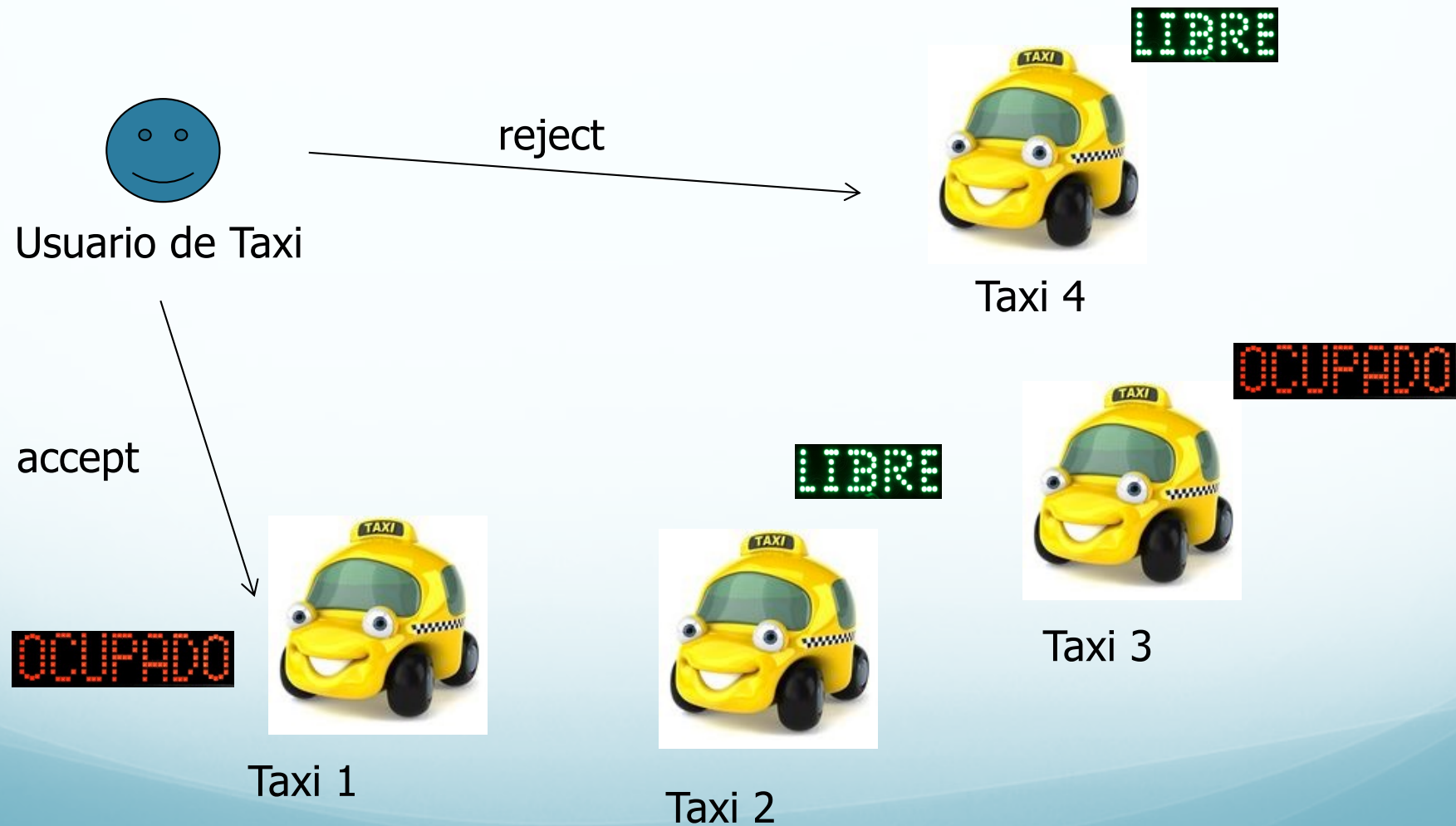
Ejemplo: Flota de Taxis



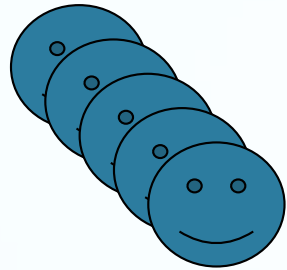
Ejemplo: Flota de Taxis



Ejemplo: Flota de Taxis



Ejemplo: Flota de Taxis



Usuarios

Algunas Cuestiones:

Usuario:

- ¿A quien se lo envío?
- ¿A quien selecciono?

Transporte:

- ¿Con quien me comprometo?
- ¿Cancelo un compromiso previo?
- ¿Puedo comprometerme con varios?



Taxi 4



Taxi 1



Taxi 2



Taxi 3