



# Desarrollo Basado en Agentes

## Tema 4. Interacción

*Luis Castillo Vidal*

*Dpto Ciencias de la Computación e I.A.  
2016-2017*

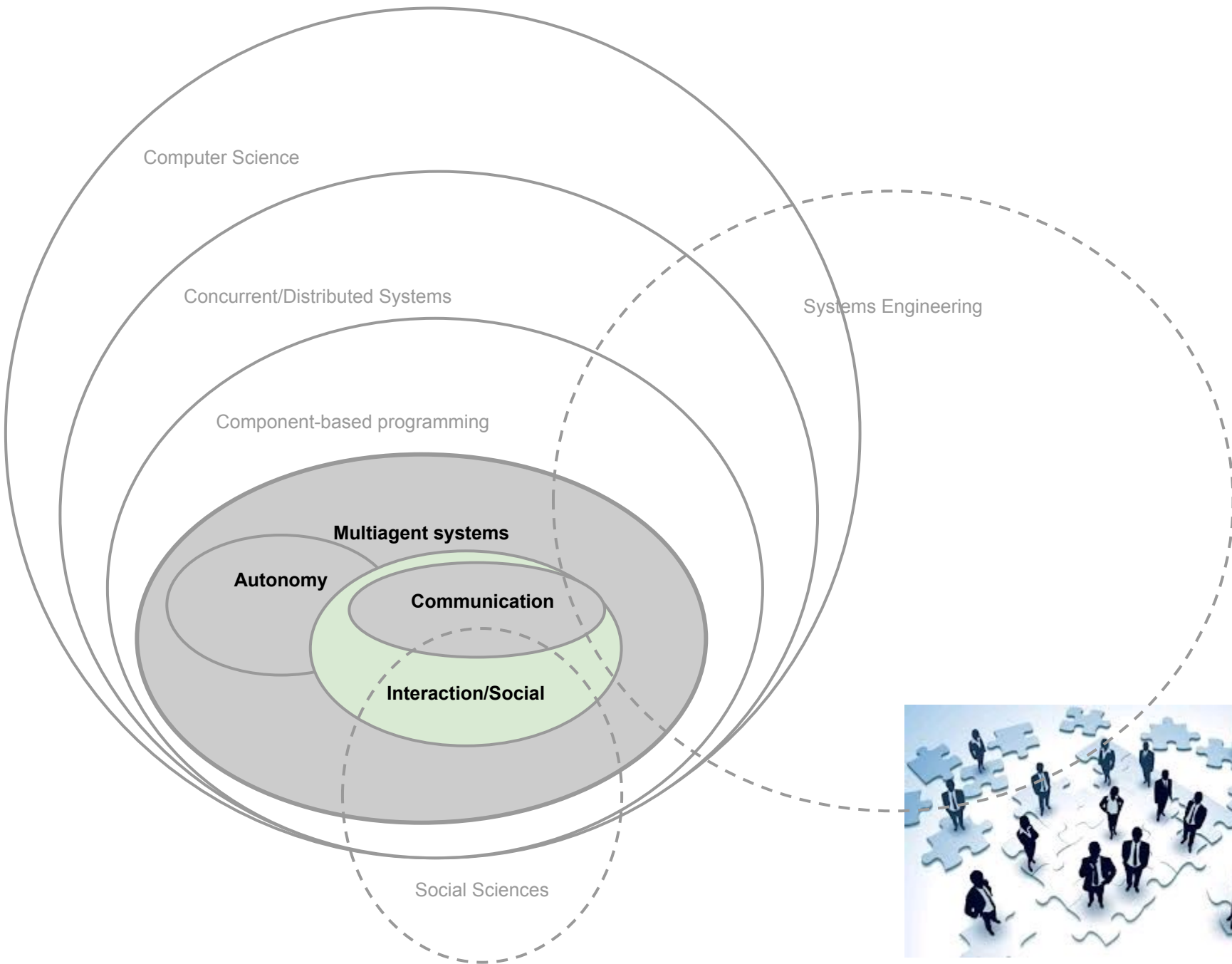




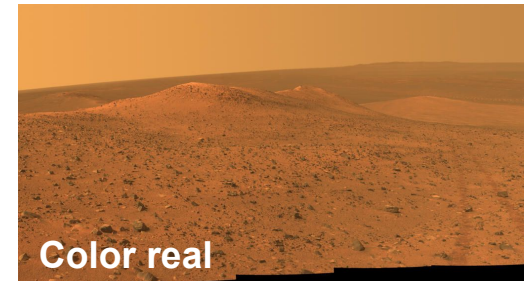
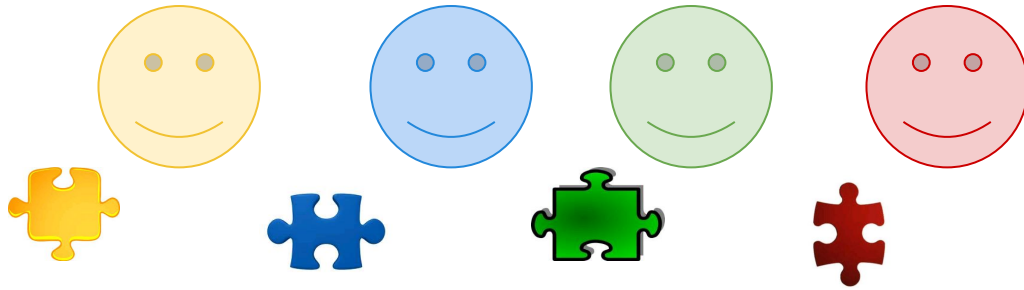
“*El hombre es inconcebible sin lenguaje y sin vida colectiva*”

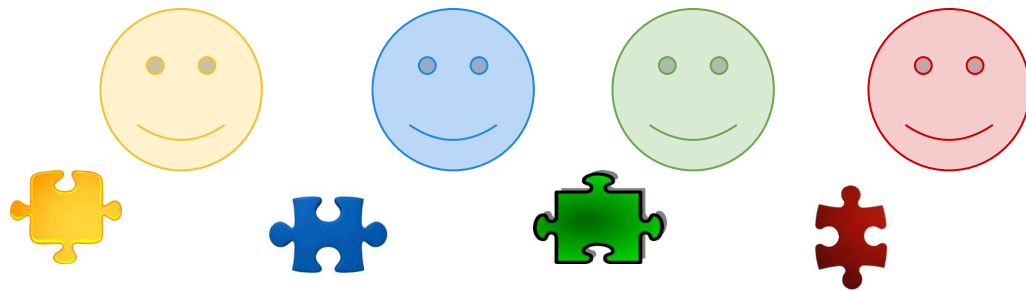
[Mircea Eliade](#) (1907-1986)





Cada agente puede **percibir** el entorno de forma distinta

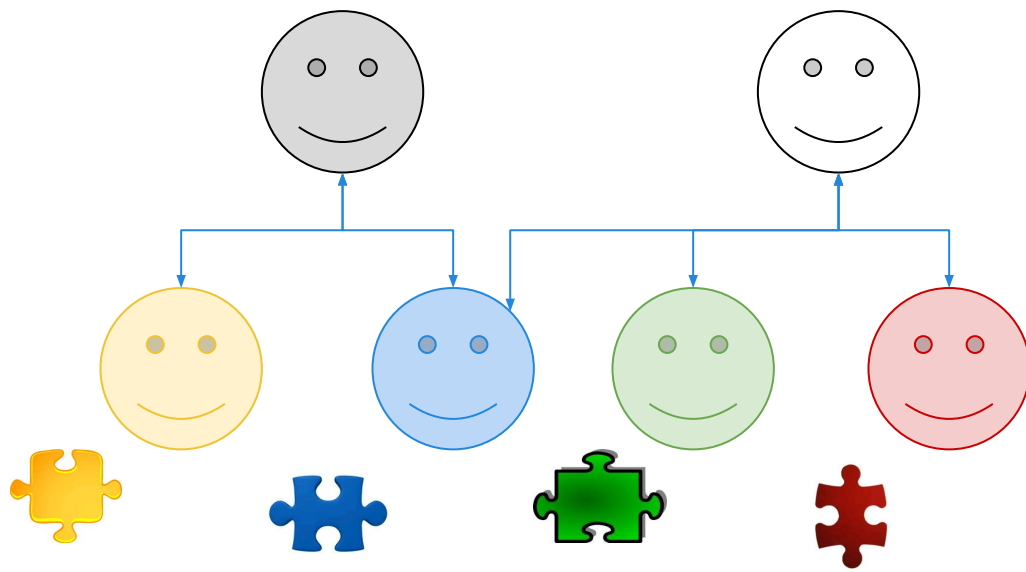




Cada agente puede **percibir** el entorno de forma distinta

Cada agente **actúa** sobre el entorno de forma distinta y tiene sus **propios intereses**.





Cada agente puede **percibir** el entorno de forma distinta

Cada agente **actúa** sobre el entorno de forma distinta y tiene sus **propios intereses**.

Cada agente **pertenece** a distintos grupos u organizaciones con sus propias **normas y agentes controladores**



# Motivación

- Construir sociedades de agentes (**Multiagent Systems, SMA**)
  - Para permitir a sus miembros coexistir en un entorno compartido y perseguir sus objetivos respectivos en presencia o en cooperación con otros.

1. **¿Cómo formular a un agente el problema a resolver?**
  - a. ¿Cómo se describen los objetivos que debe cumplir un agente?
  - b. ¿Se pueden descomponer los objetivos en subobjetivos?
2. **¿Cómo se deben comunicar los agentes e interactuar entre ellos?**
  - a. ¿Cómo debe gestionarse el diálogo entre agentes?
3. **¿Cómo garantizar la coherencia de la actuación de un agente?**
  - a. ¿Cómo debe saber el agente la información sobre su entorno?
  - b. ¿El conocimiento es completo o incompleto? ¿Hay incertidumbre?
  - c. ¿Puede el agente tomar decisiones locales o globales?
  - d. ¿Cómo se planifican las tareas para alcanzar los objetivos y cómo se reservan los recursos necesarios?
  - e. ¿Pueden aprender los agentes?
  - f. ¿Son todos los agentes iguales en términos de capacidad o son heterogéneos?
  - g. ¿Deben de estar organizados los agentes?
4. **¿Cómo permitir a un agente razonar sobre problemas, acciones y conocimiento de otros agentes?**  
**¿Cómo razonar sobre el estado de procesos coordinados?**
  - a. ¿Qué sabe un agente sobre los otros agentes, su conocimiento y capacidades?
  - b. ¿Qué sabe un agente sobre la organización existente entre los agentes?
5. **¿Cómo resolver conflictos entre agentes que se coordinan?**
  - a. ¿Cómo identificar un conflicto entre agentes?
  - b. ¿Cómo resolver un conflicto entre agentes?













# Contenido

- **Introducción a las sociedades de agentes**
  - Estructuras sociales
  - Instituciones electrónicas
  - Metodologías de desarrollo
- **Temas clave**
  - Coordinación
  - Toma de decisiones en grupo
  - Formación de coaliciones
  - Reserva de recursos
  - Argumentación
  - Emociones



# Sociedades de agentes

- Aproximación **divide y vencerás**: el desarrollo de soluciones con muchos subsistemas que interactúan entre sí
  - Entornos inherentemente distribuidos
    - Físicamente distribuidos
    - Redes de ordenadores
  - Abordaje de la complejidad y los conflictos
- **Distribuir la inteligencia** en un Sistema Multiagente (SMA)
  - Los agentes tienen capacidad de decisión local
  - Se agregan las decisiones individuales en decisiones más complejas

# Sociedades de agentes

- Manifestaciones de la **inteligencia distribuida** en un SMA
  - Razonamiento interno de cada agente
  - Comunicación con otros agentes
  - Relaciones entre los agentes (estáticas o dinámicas)
    1. Agentes conocidos. Se sabe de su existencia.
    2. Agentes que se comunican. Intercambian mensajes.
    3. Agentes subordinados. Envían y reciben órdenes.
    4. Agentes coordinados. Intercalan sus acciones.
    5. Agentes informadores. Comparten información.
    6. Agentes competitivos. Por objetivos o recursos.

# Sociedades de agentes

- **SMA cooperantes**

- Formado por un conjunto de agentes heterogéneo
- Todos tienen una misión común, la cual se puede descomponer en subpartes y asignar cada una por separado
- Cada agente tiene un conocimiento limitado
- Cada agente está especializado en una serie de tareas (redundancia?)





# Estructuras sociales

- Por supuesto, las raíces de las **sociedades de agentes** provienen de su espejo humano: la **sociología**:
  - El estudio de las interacciones que surgen entre los miembros de un grupo y las estructuras sociales que se establecen (**intencionalidad subyacente**)
  - **Teoría de organizaciones**
    - Descripción y comprensión de estructuras organizativas
    - Etnología ([Wikipedia](#))
  - **Diseño de organizaciones**
    - Normas para definir organizaciones eficientes

# Estructuras sociales

- Una estructura social es, en realidad un conjunto de **restricciones** (moralidad, leyes)
  - Impuestas por los roles/organizaciones
    - Sobre el paso de mensajes
    - Sobre el uso de recursos
    - Sobre la ejecución de las tareas

# Estructuras sociales

- Una estructura social es, en realidad un conjunto de **restricciones** (moralidad, leyes)
  - Coordinación: Evitan conflictos potenciales o facilitan su resolución



# Estructuras sociales

- Una estructura social es, en realidad un conjunto de **restricciones** (moralidad, leyes)
  - Eficacia: Reducen el riesgo de explosión combinatoria durante la cooperación



# Estructuras sociales

- Una estructura social es, en realidad un conjunto de **restricciones** (moralidad, leyes)
  - Anticipación: Facilitan que un agente pueda modelar internamente el comportamiento de otros agentes a la hora de diseñar el suyo propio



# Estructuras sociales

- En todos los sistemas abiertos en los que se actúa de forma distribuida existe algún tipo de **estructura de coordinación**



# Estructuras sociales

- En todos los sistemas abiertos en los que se actúa de forma distribuida existe algún tipo de **estructura de coordinación**
  - En todos ellos existe el concepto de **ROL**
    - Cuál es la función y objetivos de cada individuo dentro de la estructura → patrones de comportamiento
  - La correcta **comunicación** es CRUCIAL
    - Distintos canales: visual, auditiva, olfativa, química

# Estructuras sociales

- Abstracciones sociales
  - Conceptos asociados a un modelo de sociedad
    - Rol
      - Identifica actividades y servicios necesarios en la sociedad a la vez que los abstrae del individuo concreto que asume el rol
        - Juez, Policía, Ministro, Profesor
      - Distinguir “rol” de “tipo” según las capacidades
      - Ejemplo: sudo (linux), interface (Java)





# Estructuras sociales

- Abstracciones sociales
  - Conceptos asociados a un modelo de sociedad
    - **Dependencia entre roles**
      - En muchas ocasiones un rol depende de otro rol para poder realizar sus actividades y servicios
      - No depende de los tipos de agentes, sino de la estructura y normas de la sociedad, por tanto requiere un modelo aparte.
    - Es necesario implementar un mecanismo de control de la asignación (y delegación) de roles



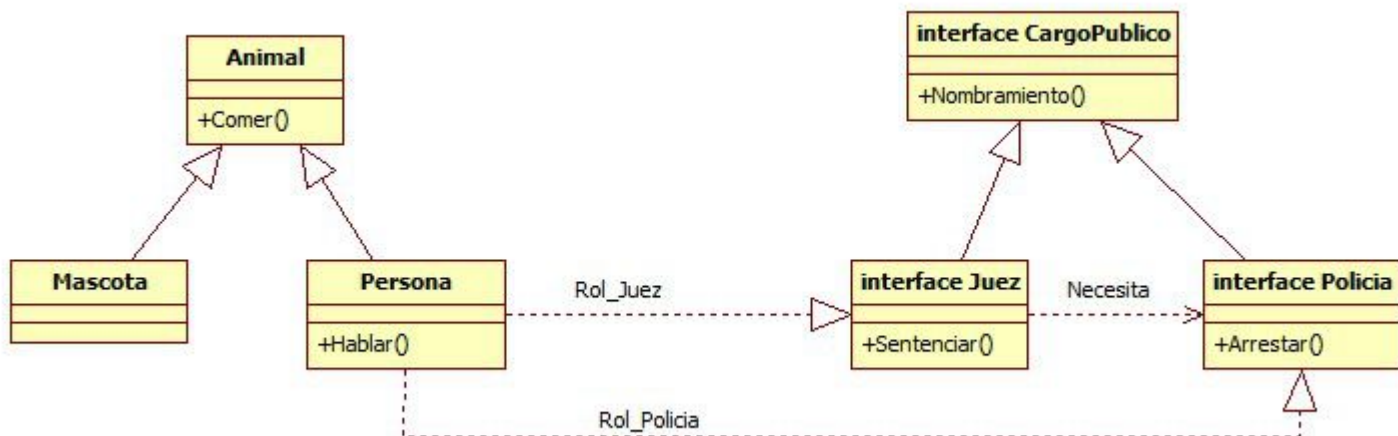
# Estructuras sociales

- Abstracciones sociales
  - Conceptos asociados a un modelo de sociedad
    - **Grupos**
      - Se podría decir que son roles temporales, dinámicos, pudiendo asumir objetivos conjuntos y/o restricciones.
    - Es importante modelar estos conceptos en el SMA en documentos propios



# Estructuras sociales

- Abstracciones sociales
  - Modelo de roles
    - Documentar los tipos de agentes y los roles:
    - Las capacidades del agente deben ser suficientes para asumir las actividades y servicios del rol → DAc
    - Una idea es usar el símil de <<interface>> en el modelo de clases para representar los roles

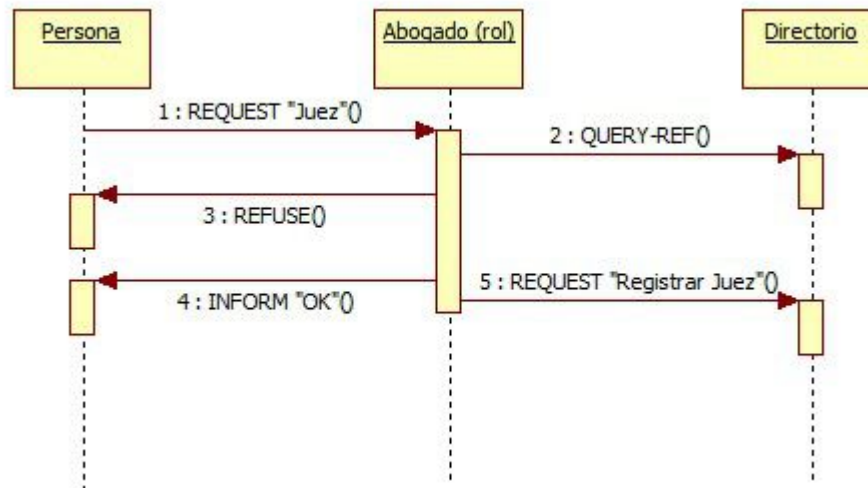


# Estructuras sociales

- Abstracciones sociales

- Modelos de interacción

- Representar como protocolos de comunicación el proceso de asunción de roles (construcción de la sociedad) → agentes notariales, agentes páginas amarillas (directorio)



# Estructuras sociales

- Tipos de estructuras sociales (intencionales)
  - Según Findler.
    - Alianzas.
    - Equipos
    - Coaliciones
    - Convenciones
    - Mercados
  - Según Dignum.
    - Mercados
    - Redes
    - Jerarquías
  - Instituciones: estructura social+leyes

# Estructuras sociales

- Según Findler (no es una división estricta)
  - **Alianzas**
    - Grupo temporal, formado voluntariamente por agentes con objetivos similares. Los agentes podrían abandonar algunos de sus objetivos pero cooperan con el resto de agentes en los objetivos comunes. Cada agente puede decidir si abandonan la alianza para unirse a otra en base a sus propios objetivos.
  - **Coaliciones**
    - Parecido a las alianzas solo que los agentes se unen siempre que los objetivos del grupo no interfieran con los suyos.
  - **Equipos**
    - Un agente “líder” recluta a otros agentes para resolver un problema (común -interés propio- o “contratado” -interés de otro-)
  - **Convenciones**
    - Una declaración explícita de los objetivos de los agentes para su conocimiento por el resto pero sin compromiso
  - **Mercados**
    - Productores y consumidores de servicios y las reglas para definir las transacciones entre ellos

# Estructuras sociales

- Según Dignum (no es una división estricta)
  - **Mercados**
    - Los agentes son interesados y sólo se guían por sus propios objetivos negociando con los demás agentes el precio para conseguirlos
    - Competencia mutua
  - **Redes**
    - Grupos de agentes con un interés común y que confían los unos en los otros, colaboran en un objetivo mutuo
    - Colaboración
  - **Jerarquías**
    - Los agentes cooperan debido a que reciben órdenes de una autoridad para hacerlo existiendo una comunicación para controlar que las órdenes se han ejecutado
    - Control

# Estructuras sociales

- Según Dignum (no es una división estricta)

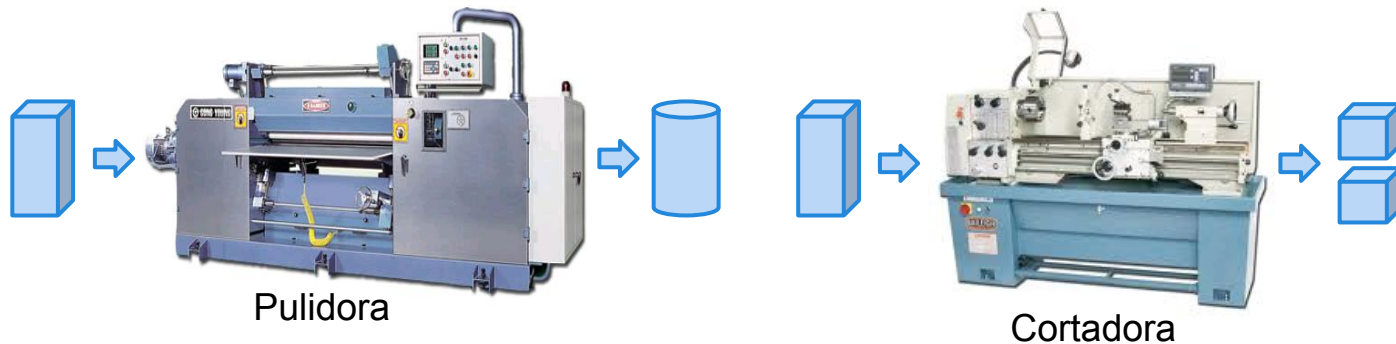
Table 2-1: Comparison of organizational forms

	MARKET	NETWORK	HIERARCHY
Coordination	Price mechanism	Collaboration	Supervision
Relation form	Competition	Mutual interest	Authority
Primary means of communication	Prices	Relationships	Routines
Tone or Climate	Precision/ suspicion	Open-ended/ mutual benefits	Formal/ bureaucratic
Range of cooperation	No cooperation expected	Negotiation of cooperation	Absolute cooperation expected
Conflict Resolution	Haggling (Resort to courts)	Reciprocity (Reputation)	Supervision



# Estructuras sociales

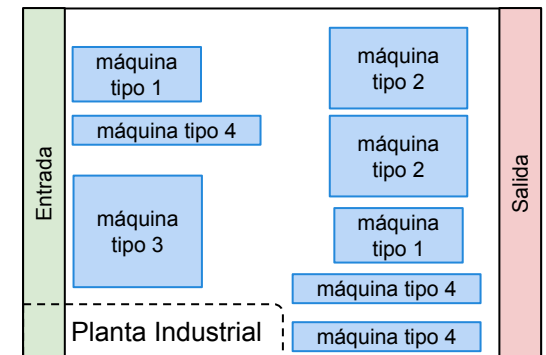
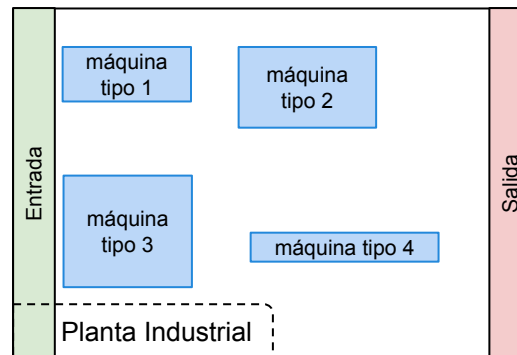
- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**
  - En una planta industrial hay máquinas que procesan un material y realizan sobre él una serie de operaciones para obtener un producto más acabado.



# Estructuras sociales

- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**

- De forma que sobre la planta industrial se encuentran distribuidos varios tipos de máquina, de cada uno de los cuales puede haber una única máquina o varias del mismo tipo.



- Cada máquina sólo puede procesar un producto a la vez, pudiendo estar en estado OCUPADA, mientras hace el procesamiento, o LIBRE si está lista para procesar un producto.

# Estructuras sociales

- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**
  - Cada tipo de máquina puede realizar más de una operación de procesamiento distinta, pero sólo una de ellas cada vez.

	Operación 1	Operación 2	...	Operación n
Máquina tipo 1	✓	✓	...	
Máquina tipo 2		✓	...	✓
...			...	
Máquina tipo m		✓	...	

# Estructuras sociales

## ● El problema del JOBSHOP (DBA1314)

- Cuando llega un producto a la zona de entrada, éste lleva asociado una orden de producto conteniendo una serie de operaciones que deben realizarse sobre él, y una vez realizadas, el producto llega a la zona de salida.
  - Orden de Producto ID-XXXXX
  - Secuencia de procesado:
    - Operación 1
    - Operación 2
    - Operación 4
- De esta forma, entendiendo que todas las operaciones se pueden realizar en la misma planta, conforme van llegando órdenes de productos a la zona de entrada, éstos deben procesarse en alguna de las máquinas disponibles, siguiendo la secuencia correcta.
- Se asume que el desplazamiento del producto entre las zonas de entrada y salida y las diferentes máquinas es realizado por operadores humanos y, por tanto, no se debe tener en cuenta en el modelado

# Estructuras sociales

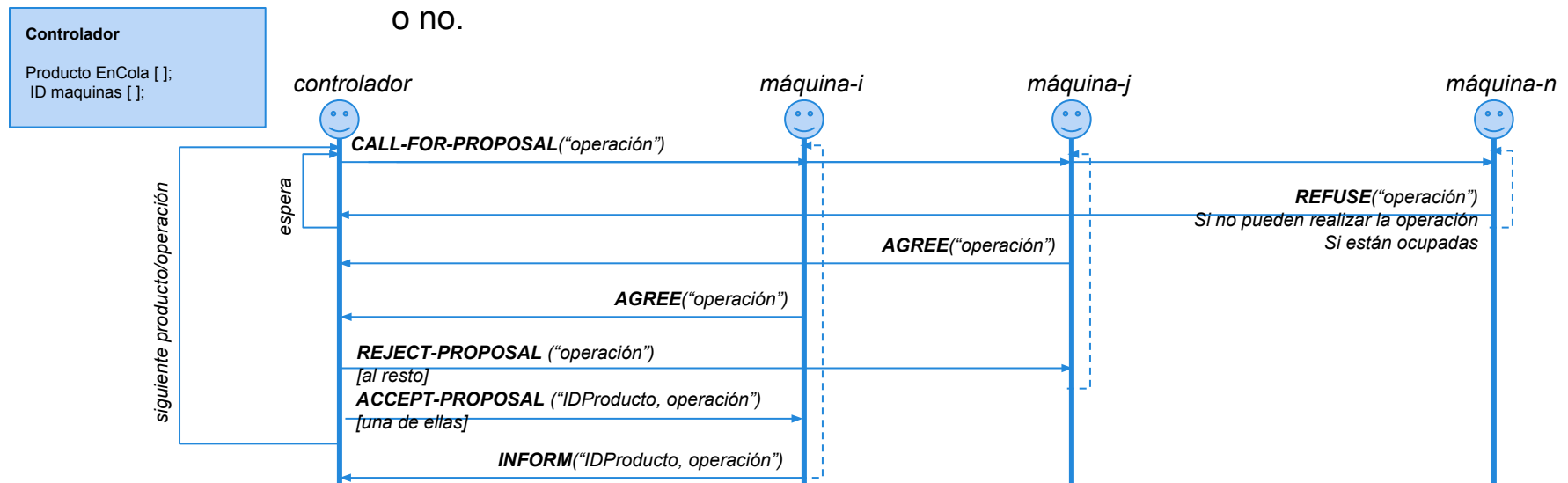
- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**
  - Como una jerarquía
    - Son la forma de organización más antigua y más extendida en la naturaleza
      - Manadas de animales
      - Organizaciones humanas
      - Estructuras orgánicas en seres vivos
    - En SMA están indicadas en la generación eficiente de resultados o productos junto con un control preciso de los recursos
    - Necesitan de un cuerpo burocrático (uno o más agentes) que ejerza el control de los demás

# Estructuras sociales

## ● El problema del JOBSHOP (DBA1314)

### ○ Como una jerarquía (modelo 1)

- Existe un agente controlador que gestiona toda la producción desde la entrada a la salida
- Cada vez que entra un nuevo producto lo mete en una cola de productos pendientes y decide qué máquina es la siguiente
- Toda la inteligencia está en el controlador pero desconoce las capacidades y estado de las máquinas, sólo sabe que existen → **control centralizado**
- Las máquinas solo responden si están libres o no y si pueden realizar la operación o no.

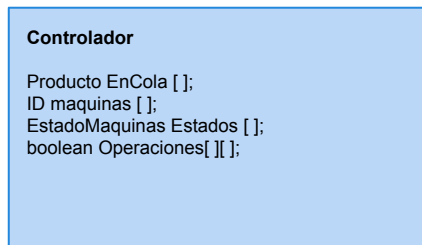


# Estructuras sociales

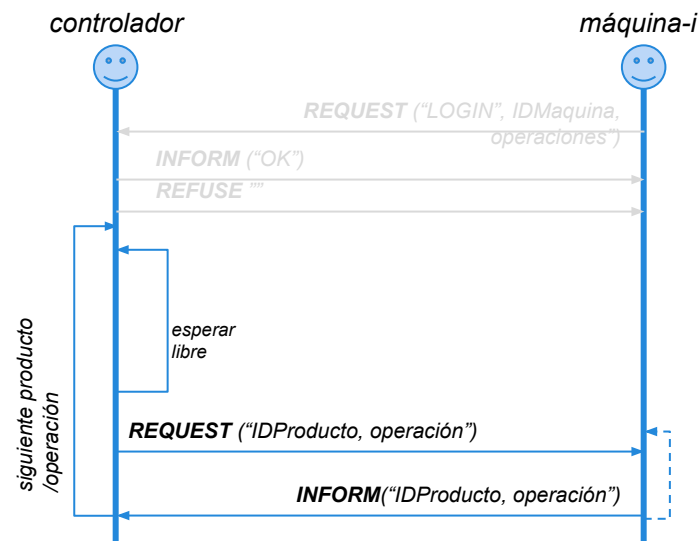
- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**

- Como una jerarquía (modelo 2)

- El controlador, además, conoce las capacidades de las máquinas y si estas están libres o no (registro de máquinas al levantar el agente) → **control absoluto**
- ¿Estructura de datos compartida o paso de mensajes?
- No es deseable el uso de objetos compartidos entre los agentes si no es mediante el paso de mensajes



	Operación 1	Operación 2	...	Operación n
Máquina tipo 1	✓	✓	...	
Máquina tipo 2		✓	...	✓
...			...	
Máquina tipo m		✓	...	



# Estructuras sociales

- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**
  - Como una red
    - Surgiendo como una poderosa forma de organización basada en la colaboración dinámica y basada en el interés del grupo
      - Internet → Todo lo demás
      - Crowdsourcing/Crowdfunding
      - Redes sociales/P2P
    - La red puede tener sus normas propias y exigir la formalización de contratos de prestación de servicio
    - Agentes facilitadores que proporcionan este conocimiento a los nuevos agentes

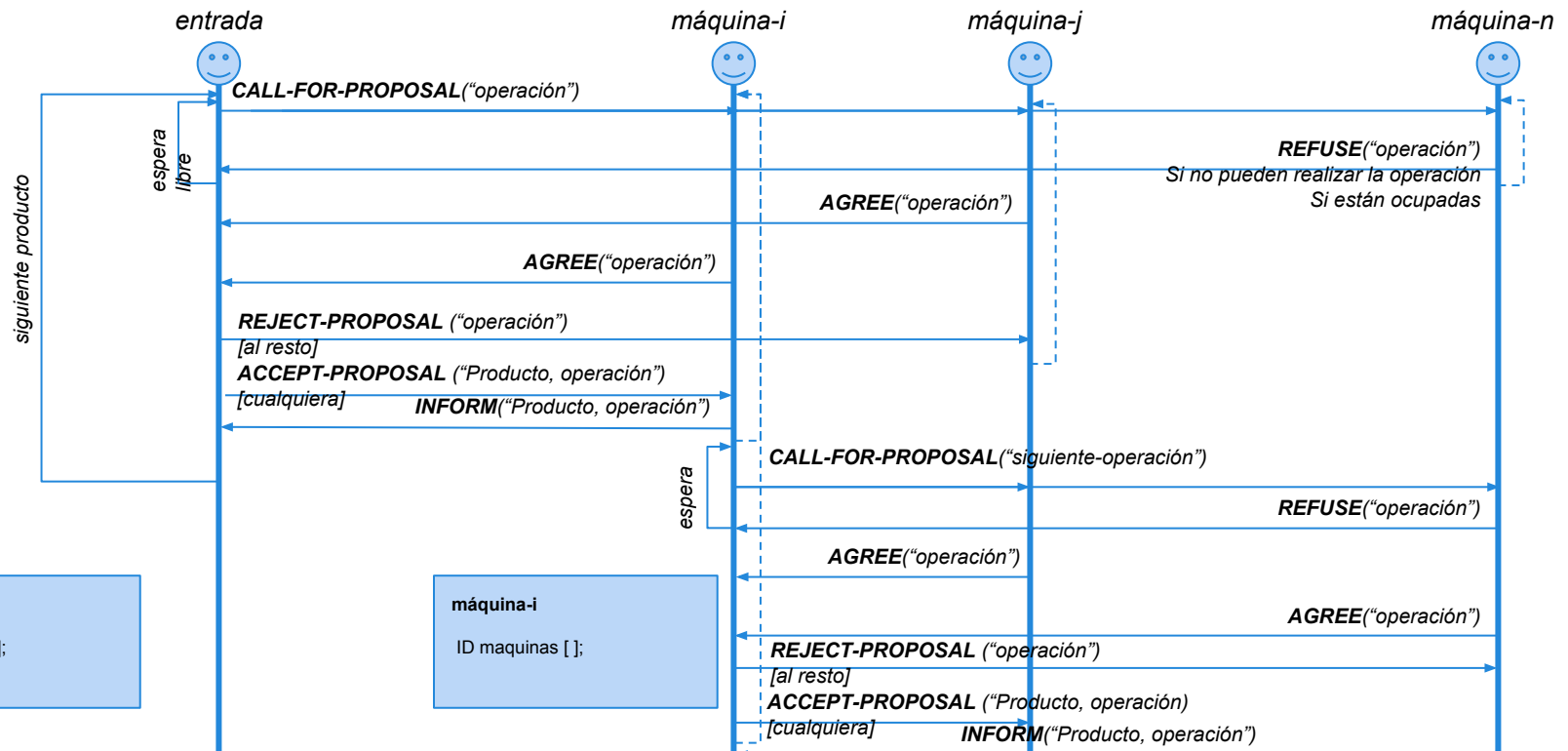


# Estructuras sociales

## ● El problema del JOBSHOP (DBA1314)

### ○ Como una red

- Un agente de interfaz detecta el producto al llegar y elige la primera máquina.
- Las máquinas, por sí solas, deciden cómo seguir → **control distribuido**



# Estructuras sociales

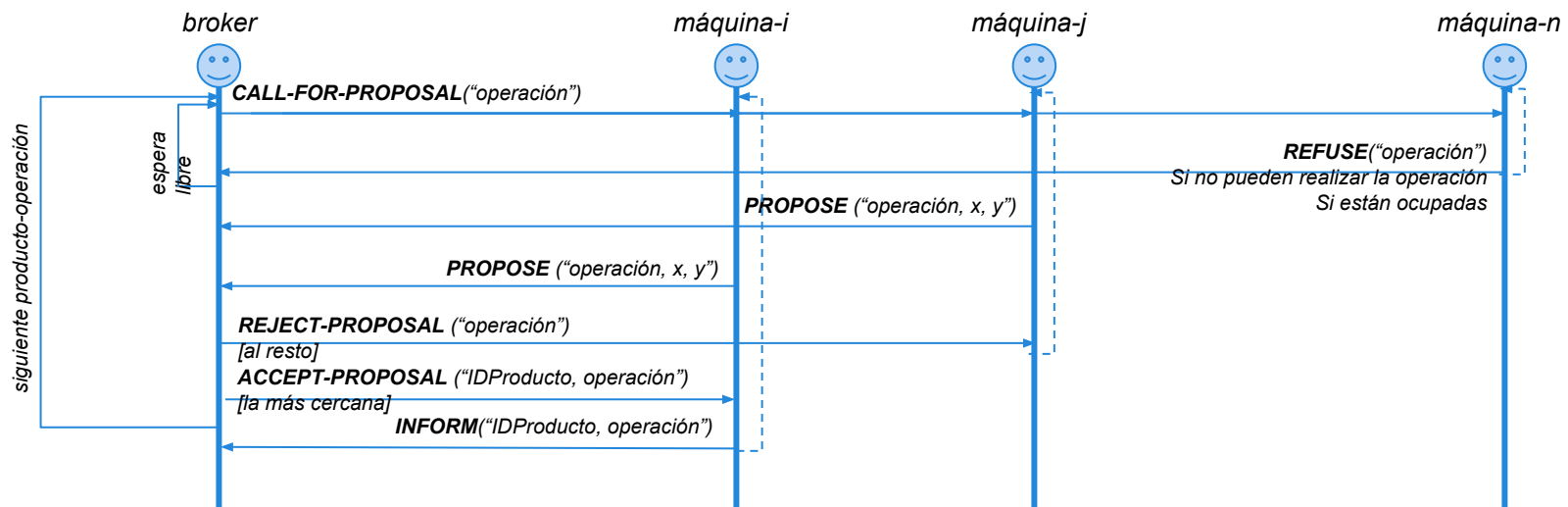
- **El problema del JOBSHOP (DBA1314)**
  - Como un mercado
    - Una de las estructuras más antiguas para el intercambio de servicios entre agentes
    - El servicio prestado por un agente tiene un precio
    - Los agentes eligen libremente quién les presta el servicio, según su propio interés
    - Tareas especiales
      - Emparejamiento. Registro de los agentes, sus capacidades, sus necesidades y catalizador de la oferta y la demanda
      - Páginas amarillas, ETT, INEM
      - Reputación. Libre ofrecimiento de garantías de los productores para los consumidores

# Estructuras sociales

## ● El problema del JOBSHOP (DBA1314)

### ○ Como un mercado

- Basado en los dos modelos anteriores, sustituyendo “AGREE” por “PROPOSE” y adjuntando las métricas que ofrece cada máquina → **Control mediante subasta**
- No cualquier máquina vale, sino que compiten por distancia entre máquinas (para reducir el tiempo).
  - También podrían competir por tiempo de proceso o precio.
  - En los PROPOSE cada máquina incluye sus contraprestaciones
- Jerárquico (controlador → broker y subasta)
- En red (cada máquina → broker y subasta)



# Estructuras sociales

- **Roles burocráticos interesantes**

- Controladores. Monitorizan y orientan el rendimiento del sistema o de una parte de él
- Interfaces. Responsables de la comunicación entre el sistema/núcleo y el resto del entorno
- Guarda/Portero. Aceptar e introducir nuevos agentes en la sociedad → Grupos de Facebook
- Notarios. Registro de compromisos suscritos entre agentes
- Monitores. Validar y obligar al cumplimiento de las normas de interacción
- Banqueros. Gestionan la reputación de los agentes

# Estructuras sociales

- **Pero ... ¿Esto cómo se programa?**
  - Modelado dinámico orientado a la estructura social
    - La estructura social puede ser consultada e interpretada por un agente
    - La estructura social está en los datos → capa de conocimiento
  - Modelado estático orientado a la estructura del agente
    - La estructura social es una restricción de diseño de los agentes y está estrechamente codificada en los agentes
    - La estructura social está en el código

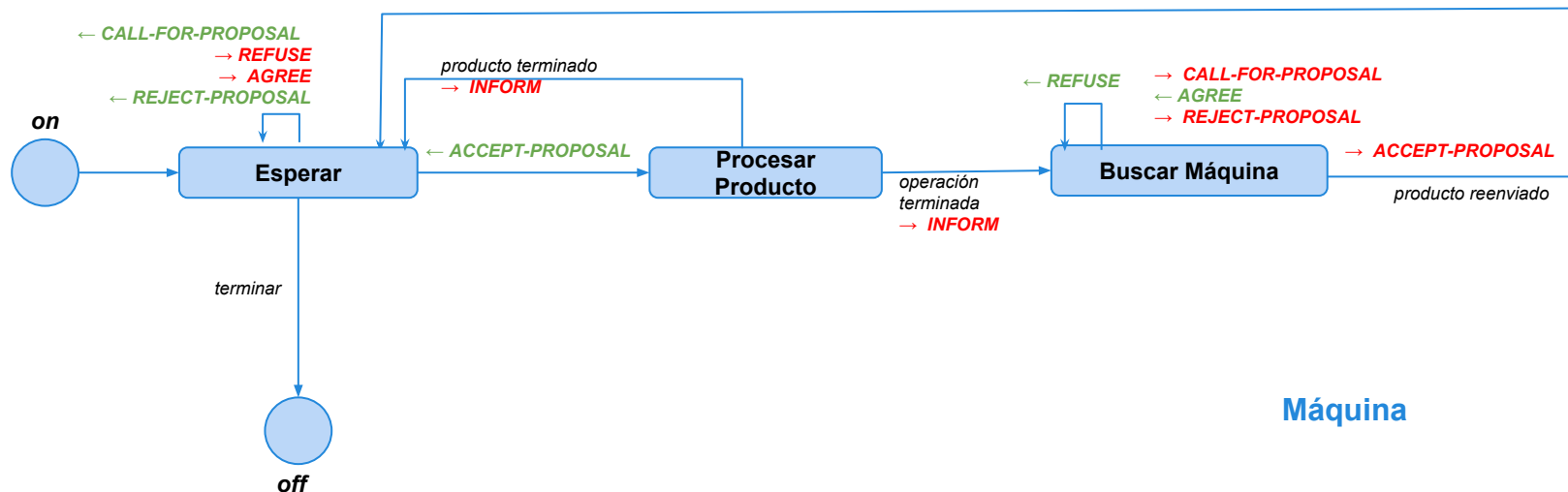
# Estructuras sociales

- Pero ... ¿Esto cómo se programa?

→ Mensaje saliente

← Mensaje entrante

- Sociedad en red



Máquina

Cada agente es un FSA en el que la salida o llegada de mensajes o cambios internos en el agente marca las transiciones entre estados

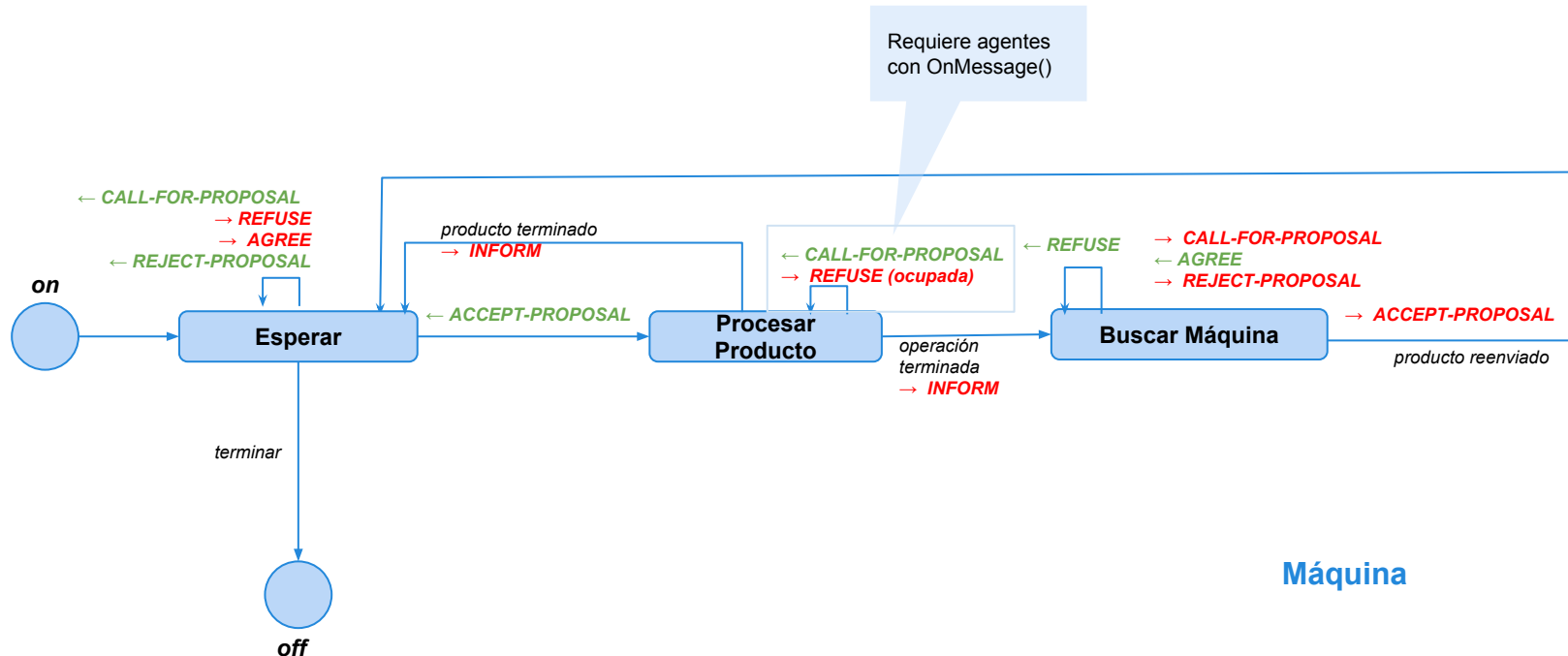
# Estructuras sociales

- Pero ... ¿Esto cómo se programa?

→ Mensaje saliente

← Mensaje entrante

- Sociedad en red



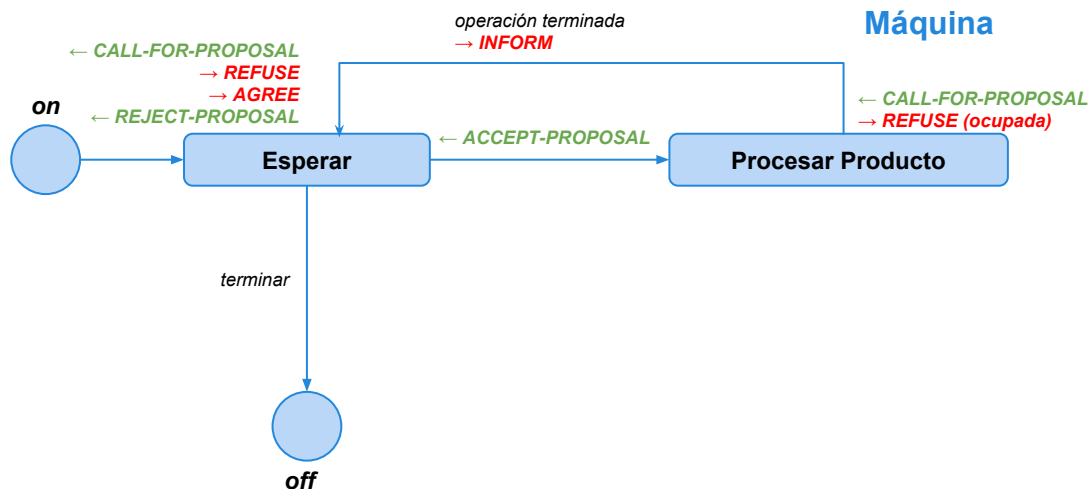
Máquina

Cada agente es un FSA en el que la salida o llegada de mensajes o cambios internos en el agente marca las transiciones entre estados

# Estructuras sociales

- Pero ... ¿Esto cómo se programa?
  - Sociedad jerárquica

→ Mensaje saliente  
← Mensaje entrante



Cada agente es un FSA en el que la salida o llegada de mensajes o cambios internos en el agente marca las transiciones entre estados

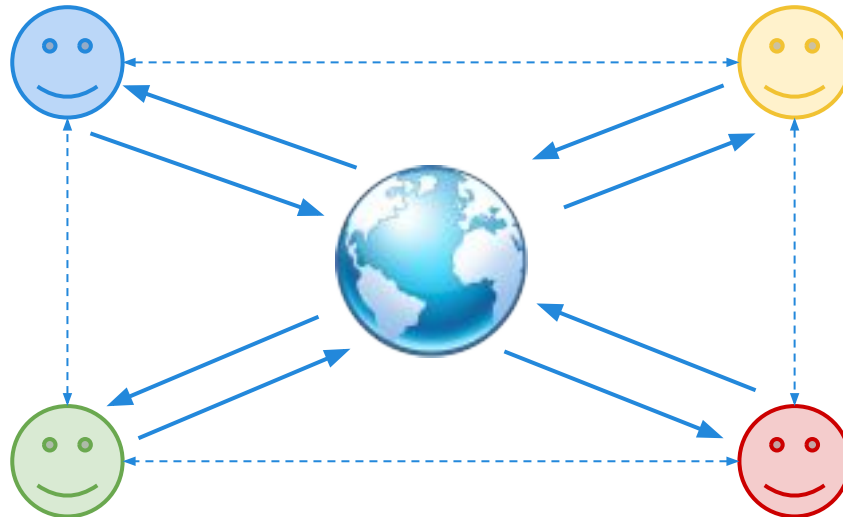


# Estructuras sociales

- **Pero ... ¿Esto cómo se programa?**
  - La decisión sobre qué modelo de sociedad implementar debe ser homogénea en todo el modelo
    - Diagrama de clases
    - Diagramas de actividad
    - Diagramas de secuencia
    - Estructura de roles

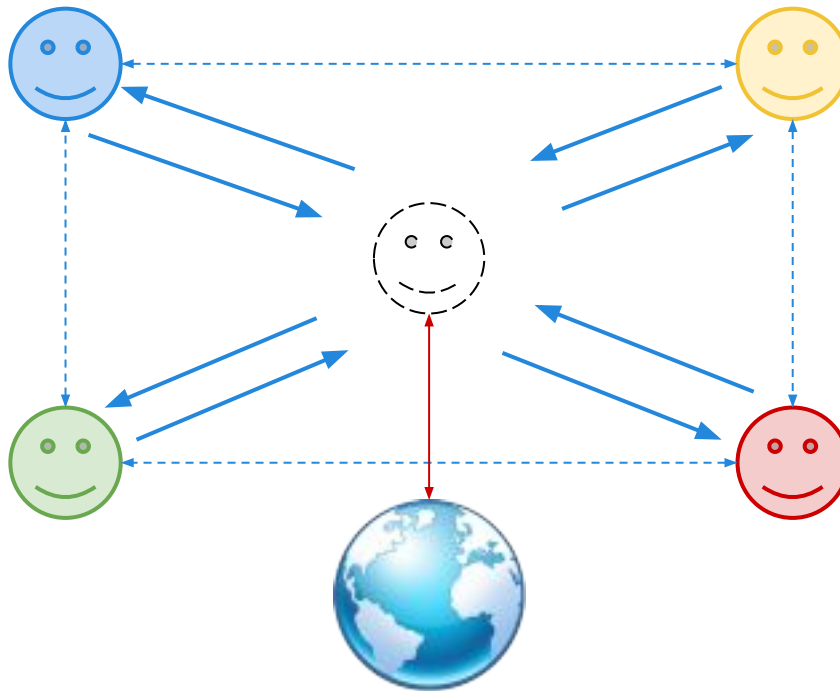
# Estructuras sociales

- **Pero ... ¿Esto cómo se programa?**
  - Imprescindible saber quién POSEE la información y cómo se INTERCAMBIA/ACTUALIZA con otros
    - El caso especial del entorno del problema
      - Entorno REAL



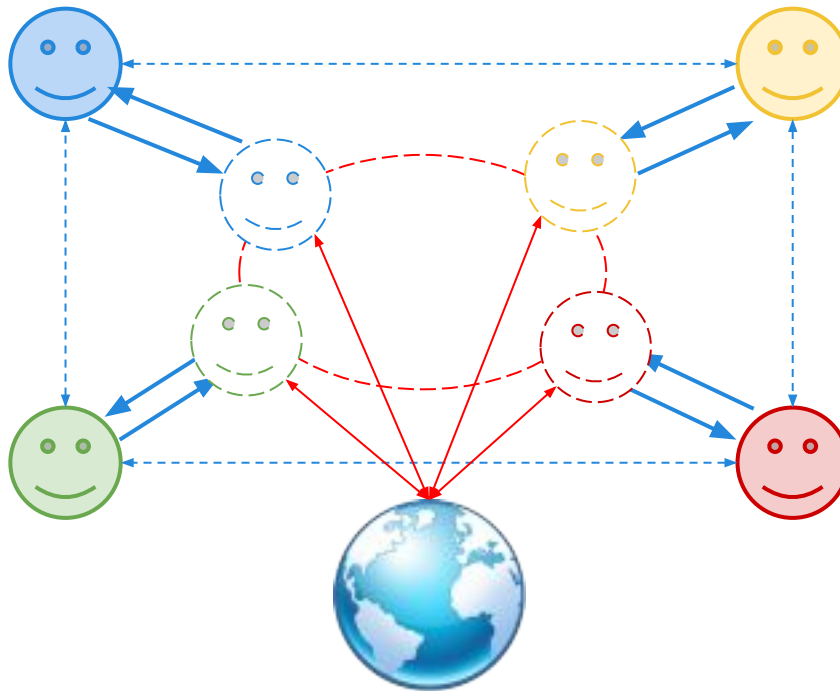
# Estructuras sociales

- **Pero ... ¿Esto cómo se programa?**
  - Imprescindible saber quién POSEE la información y cómo se INTERCAMBIA/ACTUALIZA con otros
    - El caso especial del entorno del problema
      - Entorno SIMULADO CENTRALIZADO



# Estructuras sociales

- **Pero ... ¿Esto cómo se programa?**
  - Imprescindible saber quién POSEE la información y cómo se INTERCAMBIA/ACTUALIZA con otros
    - El caso especial del entorno del problema
      - Entorno SIMULADO DISTRIBUIDO



# Instituciones electrónicas

- Son una estructura social a la cual se le ha dotado con una serie de normas/leyes que restringen las intenciones/acciones de los agentes
  - Especificación de las leyes en algún lenguaje formal
    - Permitido, Obligado, Prohibido
    - Antes de, Después de, Entre
    - Sanción a la Violación, Premio al Cumplimiento
- Todas las interacciones entre agentes se hacen mediante paso de mensajes, sin objetos compartidos

# Instituciones electrónicas

- Deben definirse
  - Las normas
  - Las convenciones (ontologías)
  - Los protocolos a seguir por la sociedad (diagrama de

```
(define-dialogic-framework
  fm-dialogic-framework as
  ontology - fm-ontology
  content-language - PROLOG
  illocutionary-particles - (request accept deny inform commit pay)
  external-roles - (buyer seller)
  internal-roles - (boss buyer-admitter seller-admitter
                   auctioneer buyer-accountant seller-accountant)
  social-structure - ((boss < buyer-admitter) (boss < seller-admitter)
                     (boss < auctioneer) (boss < buyer-accountant)
                     (boss < seller-accountant) (buyer incompatible seller))
)
```

na

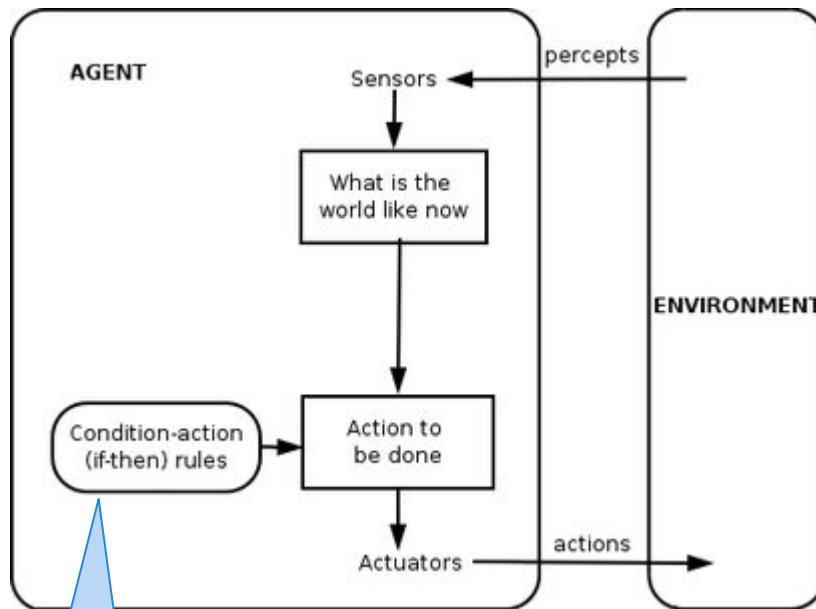
Ejemplo extraído de ISLANDER ([documento](#))

# Instituciones electrónicas

- Deben definirse
  - Las normas
  - Las convenciones (ontologías)
  - Los protocolos a seguir por la sociedad (diagrama de secuencia)
  - Los procedimientos a seguir por los agentes (diagrama de actividades)
- Objetivo
  - Reducir la incertidumbre sobre el comportamiento de los otros agentes → predecir el resultado de una interacción
  - Reducir los “NOT-UNDERSTOOD” en las comunicaciones
  - Simplificar las toma de decisiones (reduce alternativas)
  - Someter el diálogo entre agentes bajo el control de **agentes burócratas de la institución**

# Instituciones electrónicas

- ¿Esto cómo se programa?



Aplicación  
de normas y  
leyes

¿Es completamente  
objetiva la  
interpretación de las  
normas?

¿Cómo influye el  
hecho de que los  
agentes no son  
omniscientes?



# Instituciones electrónicas

- ¿Esto cómo se programa?

1. Inicializar KB	// Conocimiento de base
2. Inicializar traza $r = \emptyset$	
3. while (true)	
a. <b>Percibir</b> entorno $E \rightarrow \text{Per}$	
b. $\text{KB} = \text{KB} \cup \text{Per}$	// Añadir percepción a KB
c. $\text{tr} = r \cup \langle \text{KB}, \emptyset \rangle$	// Trazas provisionales
d. <b>Sea</b> $P = \{a \in \text{Ac} / T(\text{tr}, a) \neq \emptyset\}$	// Acciones posibles
e. <b>Seleccionar</b> $a' \in P$	// Clave $\rightarrow$ <b>Problema de búsqueda</b>
f. <b>Ejecutar</b> $a$	
g. $r = r \cup \{\langle \text{KB}, a \rangle\}$	// Actualizar la traza

# Instituciones electrónicas

- ¿Esto cómo se programa?

1. Inicializar KB	// Conocimiento de base
2. Inicializar traza $r = \emptyset$	
3. while (true)	
a. <b>Percibir</b> entorno $E \rightarrow \text{Per}$	
b. $\text{KB} = \text{KB} \cup \text{Per}$	// Añadir percepción a KB
c. $\text{tr} = r \cup \langle \text{KB}, \emptyset \rangle$	// Trazas provisionales
d. <b>Sea <math>P = \{a \in \text{Ac} / T(\text{tr}, a) \neq \emptyset\}</math></b>	// Acciones posibles
i. <b><math>P = P \cup \text{OBLIGADO}(\text{KB})</math></b>	<b>// Aplicación de normas</b>
ii. <b><math>P = P - \text{PROHIBIDO}(\text{KB})</math></b>	
e. <b>Seleccionar <math>a' \in P</math></b>	// Clave $\rightarrow$ Problema de búsqueda
f. <b>Ejecutar <math>a</math></b>	
g. $r = r \cup \{\langle \text{KB}, a \rangle\}$	// Actualizar la traza

# Instituciones electrónicas

- ¿Esto cómo se programa?
  - Grados en la interpretación de las normas
    - El agente no conoce las normas (o no sabe)
    - Normas programadas en el código del agente
    - Las normas se cumplen en los planes del agente
    - Las normas forman parte del proceso de razonamiento
      - El agente adopta las normas
      - El agente conoce las normas
        - Las sigue siempre que puede
        - Las viola algunas veces
        - Las viola siempre que puede

# Instituciones electrónicas

- Son imprescindibles en SMA que realizan transacciones económicas reales
  - Subastas
- Sistemas existentes
  - SMART
  - ISLANDER
  - HARMONIA
  - OMNI