

# Sistemas Multiagentes

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

[aguilar@ula.ve](mailto:aguilar@ula.ve)

# FIPA (Foundation for Intelligent Physical Abstracts)

# FIPA (Foundation for Intelligent Physical Abstracts)

- FIPA es una organización de la IEEE Computer Society que promueve la tecnología basada en agentes y la interoperabilidad de sus estándares con otras tecnologías.
- FIPA es la organización estándar para agentes y sistemas multi-agentes, fue oficialmente aceptada por la IEEE en Junio del 2005.
- FIPA fue originalmente creada en Suiza en 1996 para producir especificaciones de estándares de software para agentes y sistemas basados en agente heterogéneos e interactivos.

# Agentes: FIPA

- La FIPA ha desarrollado una serie de especificaciones, las cuales son una colección de estándares :
  - Marcos arquitectónicos para SMAs,
  - Protocolos de comunicación,
  - Lenguajes de contenido,
  - Mecanismos de gestión e implantación de SMAs,
  - Estándares de calidad de servicio, entre otras.

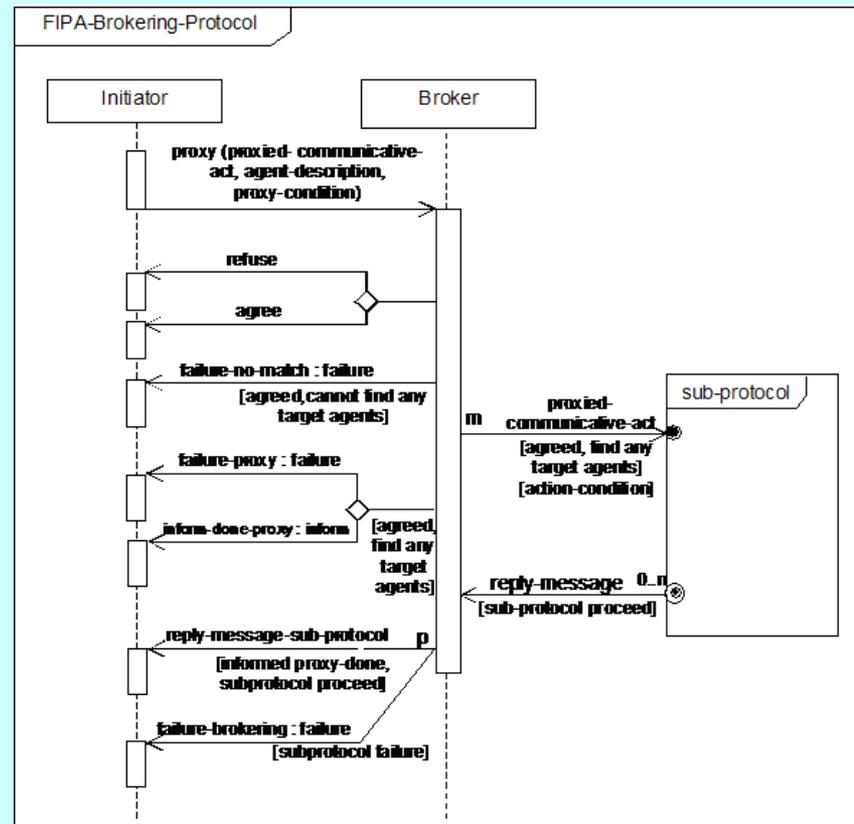
# Agentes: FIPA

- Las especificaciones están divididas en 5 grupos:
  - Aplicaciones:
    - FIPA Nomadic Application Support Specification
    - FIPA Quality of Service Specification
    - FIPA Personal Travel Assistance Specification
    - FIPA Audio-Visual Entertainment and Broadcasting Specification
    - FIPA Network Management and provisioning Specification
    - FIPA Personal Assistant Specification
    - FIPA Message Buffering Service Specification
  - Arquitectura Abstracta
    - FIPA Abstract Architecture Specification
    - FIPA Domains and Policies Specification

# Agentes: FIPA

- Lenguajes de comunicación
  - Protocolos de interacción
    - FIPA Request Interaction Protocol Specification
    - FIPA Query Interaction Protocol Specification
    - FIPA Request When Interaction Protocol Specification
    - FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification
    - ...
    - FIPA Brokering Interaction Protocol Specification
    - FIPA Recruiting Interaction Protocol Specification
    - FIPA Subscribe Interaction Protocol Specification
    - FIPA Propose Interaction Protocol Specification
    - FIPA English Auction Interaction Protocol Specification
    - FIPA Dutch Auction Interaction Protocol Specification

# Ejemplos de Protocolos de interacción



# Agentes: FIPA

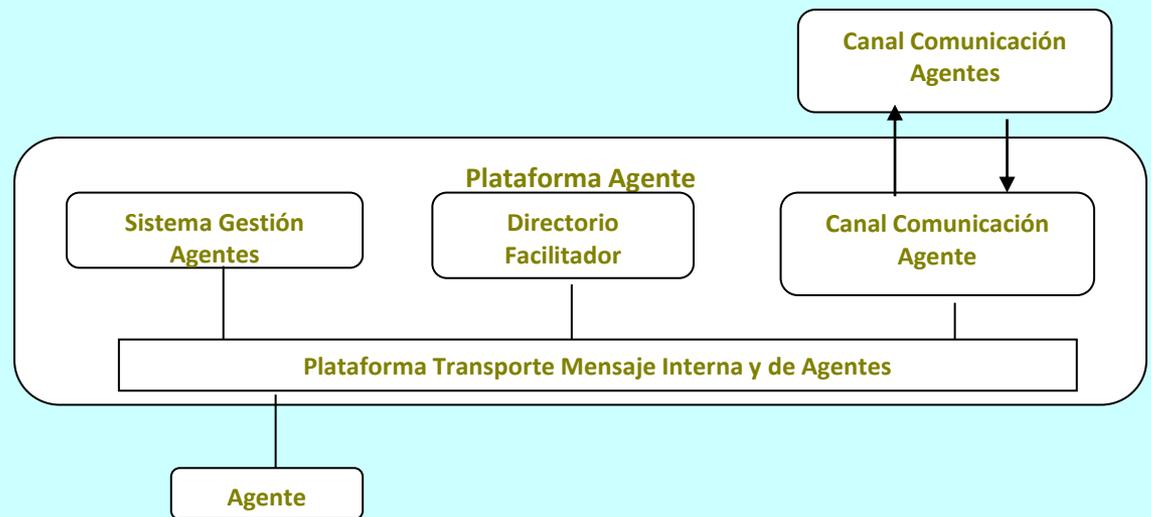
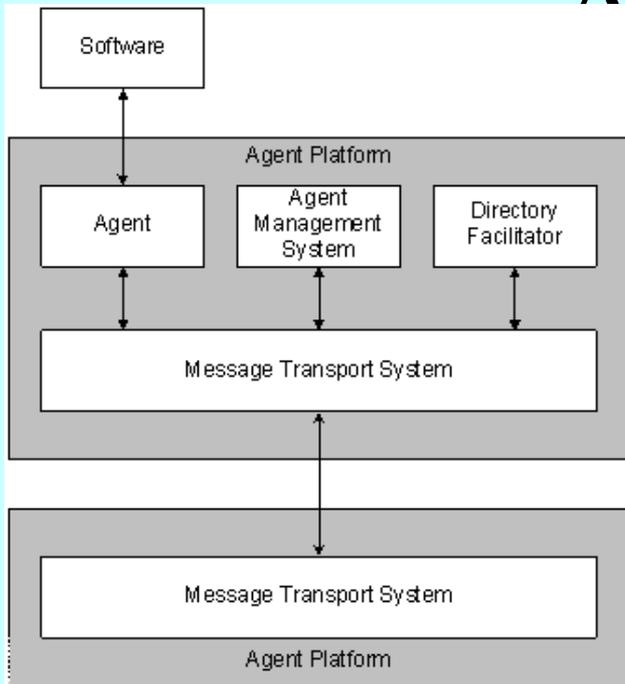
- Actos comunicativos
  - FIPA Communicative Act Library Specification
- Lenguajes de contenido
  - FIPA SL Content Language Specification
  - FIPA CCL Content Language Specification
  - FIPA KIF Content Language Specification
  - FIPA RDF Content Language Specification
- Gestión de agentes
  - FIPA Agent Management Specification
  - FIPA Agent Discovery Service Specification
  - FIPA JXTA Discovery Middleware Specification

# Agentes: FIPA

- Transporte de mensajes
  - Representaciones de ACL
    - FIPA ACL Message Representation in Bit-Efficient Specification
    - FIPA ACL Message Representation in String Specification
    - FIPA ACL Message Representation in XML Specification
  - Representaciones de envoltorios
    - FIPA Agent Message Transport Envelope Representation in XML Specification
    - FIPA Agent Message Transport Envelope Representation in Bit Efficient Specification
  - Protocolos de transporte
    - FIPA Agent Message Transport Protocol for IIOP Specification
    - FIPA Agent Message Transport Protocol for HTTP Specification
    - FIPA Agent Message Transport Protocol for WAP Specification

# Agentes: FIPA

## Estándar de plataforma de servicios



# Agentes: FIPA

## NOMBRADO DE AGENTES

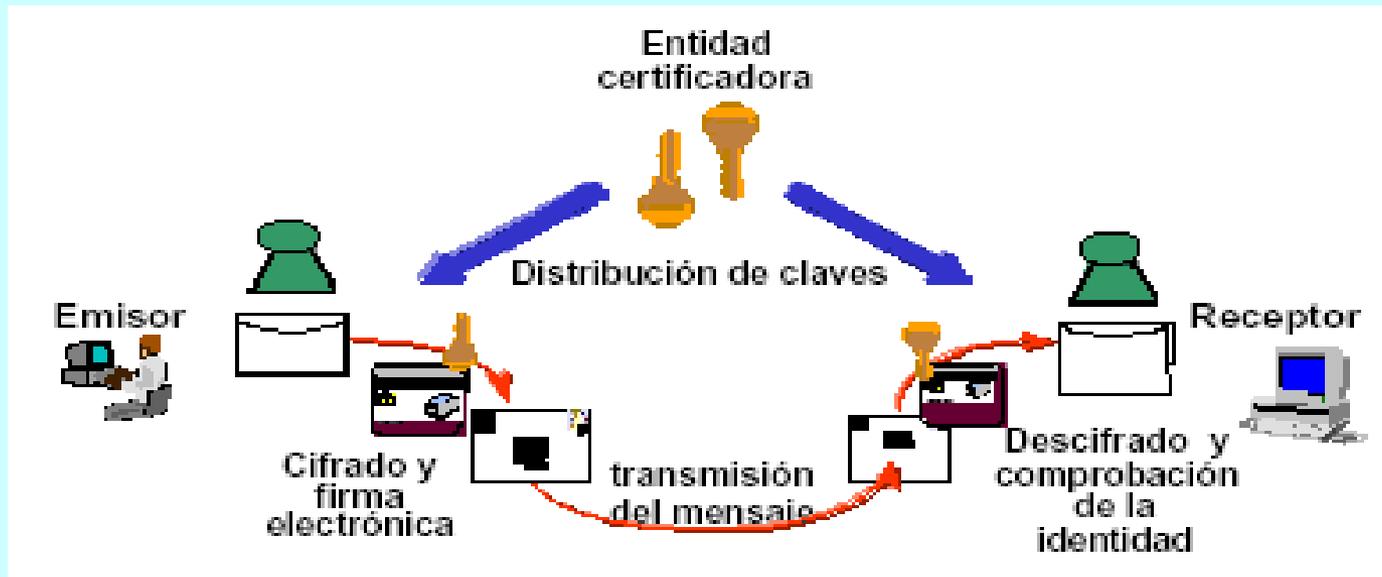
- Nombrado de agentes estático: cada agente tiene un identificador único (GUID) :

*<name>@<hostname>:<port>/<target>*

- Name : identificador del agente en la plataforma de agentes a la que pertenece.
  - HostName: Dirección IP (o nombre DNS) del host en el cual se está ejecutando su ACC.
  - Port: Puerto en el que escucha el ACC.
  - Target: Identificador del agente que debería recibir el mensaje para encaminarlo al agente destino. Normalmente será el propio ACC.
- Ejemplo de GUID podría ser: `acc@iiop://www.ucm.es:50/acc`

# Agentes: FIPA

## Seguridad de Agentes



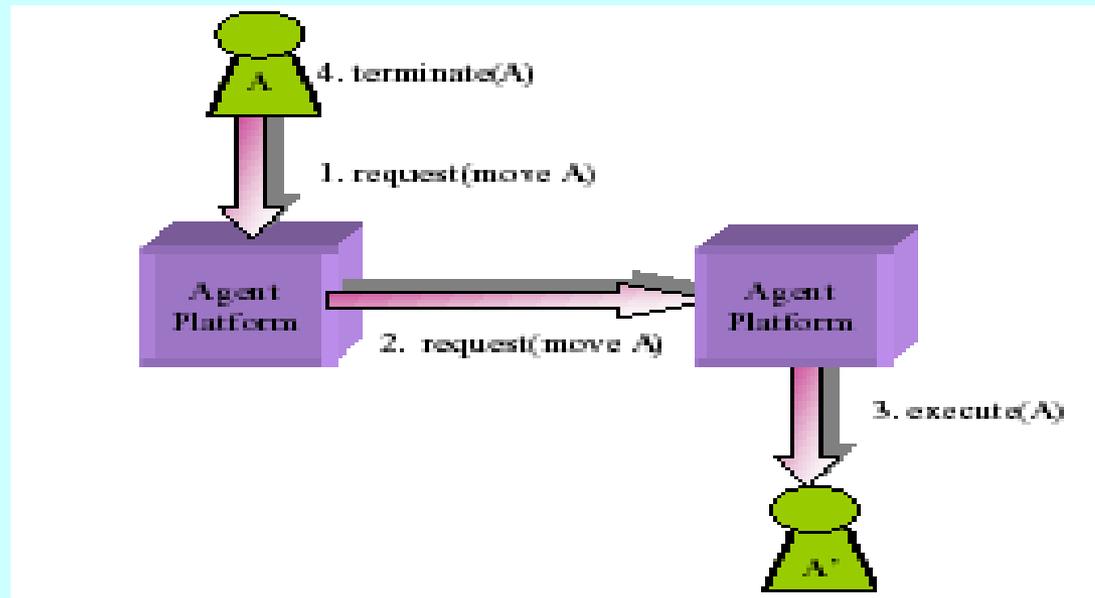
# Agentes Mviles

- Son agentes capaces de transmitirse a si mismos (código y estado) a través de una red de computadoras y volver a empezar su ejecución en un sitio remoto
- Movilidad de código: capacidad de cambiar dinámicamente las ligaduras entre fragmentos de código y la ubicación donde son ejecutados.
  - Movilidad Fuerte: los threads en ejecución migran de una plataforma a otra y continúan su ejecución en forma transparente.
  - Movilidad Débil El código migra pero no su estado de ejecución
- Consideraciones sobre agentes móviles
  - Serialización: ¿Cómo y qué aspectos del agente son serializados?
  - Hosting y ejecución remota ¿Cómo es ejecutado el agente en el destino?
  - Seguridad Seguridad del agente y del host

# Agentes: FIPA

## MOVILIDAD DE AGENTES

**Modelo Simple:** El AMS (Sistema Gestión Agentes) es el responsable de realizar toda la gestión necesaria



# Confianza y Reputación en Sistemas Multi-Agente

# La Confianza en los SMA

“La **confianza** es la probabilidad subjetiva por la que un individuo A espera que otro individuo B realice una determinada acción de la que el bienestar de A depende”

Gambetta 90

- RAE
  - **Confianza:** *esperanza firme que se tiene de alguien o algo*
  - **Reputación:** *prestigio o estima que son tenidos de alguien o algo*
- Falta de consenso semántico
  - Confianza  $\neq$  Reputación
  - Confiar (Trust)  $\neq$  Reputación  $\neq$  Confianza (Confidence)  $\neq$   
Confiability (Reliability)  $\neq$  Voluntad (Willingness)

# La Confianza en los SMA

- El agente Ag1 **cre**e que el agente Ag2 puede y desea hacer una acción dada;
- El agente Ag1 **tiene la meta** de que el agente Ag2 haga esa acción; y
- El agente Ag1 **confía** en el agente Ag2, absteniéndose de ejecutar la acción delegada y **coordinando su comportamiento con el comportamiento esperado** del agente Ag2.

# La Confianza en los SMA

- Dificultad de modelización
  - Medida de la estima o del prestigio
  - Subjetividad
    - ¿Qué es algo bueno? ¿Para quién?
- Dificultad para el diseño
  - Medidas cuantitativas o cualitativas...
    - $t_{A \rightarrow B} = 0.7$  |  $t_{B \rightarrow A} = 0.3$  |  $t_{B \rightarrow C} = \text{“bueno”}$  |  $t_{B \rightarrow A} = k$
- Distintos campos confluyen: informática (modelos computacionales), sociología (redes sociales), psicología (estados mentales), economía (funciones de utilidad, toma de decisiones, etc.), ...

# Modelos de confianza

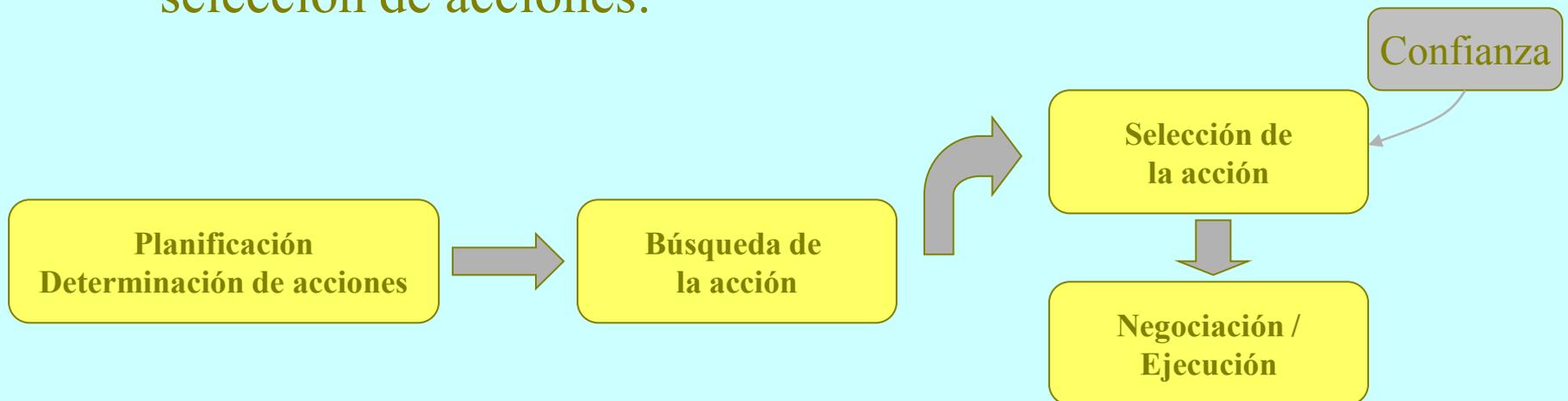
- ¿Cómo lograr sistemas estables usando la confianza?
  1. Empatía o reciprocidad entre los agentes a partir de factores como la disposición, la fiabilidad, etc.
    - Se caracterizan (dinámicamente) a través de **Modelos de Confianza**
    - La confianza será una medida para **decidir la interacción** con otro agente (necesaria pero no suficiente)
    - Interacciones **directas e indirectas**
    - Usa información **interna** (p.e., experiencia pasada) o **externa** (p.e., opiniones de terceros)
  2. ~~Diseño de protocolos y mecanismos para las interacciones (reglas de encuentro)~~

# Modelos de confianza

- Dos formas de conceptualizar la confianza en sistemas multi-agente
  - *Nivel individual*: creencia sobre el comportamiento futuro de otro agente en una situación determinada
    - de interés para el agente
  - *Nivel de sistema*: usada para forzar a los agentes a actuar de forma benevolente (comportamiento emergente)
    - de interés para el sistema
- Conceptos implícitos:  
honestidad, benevolencia, malicia, incompetencia, altruismo → difíciles de distinguir!!

# Modelo de Confianza en SMA

- Sirven para estimar la confianza en un agente/situación
- Predicen el comportamiento en una hipotética interacción
- $confianza = f(\text{experiencia}_{\text{local}}, \text{reputación}, \dots)$
- Confianza  $\neq$  Confiar
- La confianza se usa como un factor en procesos de selección de acciones:



# Modelos de confianza

## Modelos Centralizados vs. Distribuidos

### – Centralizados

- Mejor gestión de la información
- Presunción de autoridad (¿debemos confiar en ella?)
- Menos flexible / más dependiente

### – Distribuidos

- Permiten subjetividad
- Mecanismo adaptativo y autónomo de control social → normas sociales emergentes (sociedades humanas)
- Antropomorfismo
- Más robusto

Modelos centralizados y distribuidos → ¡¡¡compatibles!!!

# Modelos de confianza

- Clasificación de los modelos de confianza
  - Modelos basados en Aprendizaje y Evolución
  - Modelos basados en Reputación
  - Modelos Socio-Cognitivos
  - Modelos para Organizaciones
  - Alineación semántica

# Modelos de confianza basados en Reputación

- Opinión o vista de alguien acerca de algo
  - Confianza  $\neq$  Reputación
- Reputación es un medio para la Confianza (ej. eBay)
- Líneas de investigación en Reputación:
  - Métodos para recoger *ratings* acerca de lo “bueno” que es el agente
  - Métodos de razonamiento para la agregación de esa información
  - Mecanismos de actualización (nuevos pesos)
- Recuperación y agregación con Redes Sociales
  - Representación mediante grafos (relaciones)
  - Los *ratings* “fluyen” entre los nodos por los arcos
  - Honestidad y Altruismo [Schillo et al.]
  - Posibilidad para los agentes de adquirir información de otros

# Modelos de confianza basados en Reputación



- Agregación

- Combinación de valores de reputación que llegan a un agente
- Ejemplo: eBay (+1, -1). Comentarios?
  - Valoraciones detalladas del vendedor con cuatro categorías diferentes.
  - Los compradores se les pidió que calificaran el vendedor en cada una de estas categorías con una puntuación de una a cinco estrellas, siendo cinco la calificación más alta y uno más bajo.
  - Estas calificaciones son anónimas.
  - Las listas de los vendedores con una calificación de 4.3 o más en cualquiera de las cuatro categorías de calificación aparecen antes en los resultados de búsqueda.
  - Tiendas de alimentación están obligados a tener las puntuaciones de cada categoría por encima de 4,5.

# Modelos de confianza Comerciales

- Trip Advisor ([www.tripadvisor.es](http://www.tripadvisor.es))
  - Opiniones
  - Votaciones
  - Rankings
    - Positivos (preferencias)
    - Negativos (características a evitar)
    - Índice de popularidad de TripAdvisor le incorpora Contenido Traveler para determinar la satisfacción del viajero

# Modelos de confianza Comerciales

- ¿Cómo saber si un hotel en particular es adecuado para usted? El precio de la habitación puede ajustarse a su presupuesto, pero las habitaciones están limpias? Es el lugar seguro? ¿Cómo es el servicio?
- Índice de popularidad para ayudar rápidamente a responder esas preguntas.
  - Resultados que influyen en ranking.
  - Constantemente incorpora nueva información.
  - Global: Refleja las opiniones de todo el mundo.
  - Imparcial: Basado en la valoración de todos
- Esto asegura que siempre se busca en e los mejores hoteles.

# Modelos de confianza Comerciales

- Dominios comerciales o redes sociales
- **Ejemplo:** eConcozco, Friendster, Facebook, ...
- Aplicable a todo tipo de interacciones
  - Intercambio de datos
    - Redes P2P
    - Descarga de ficheros
      - Usan valoraciones como indicación al usuario
      - Opiniones
      - Ratings   
1..10  
“muy bueno”

# **Aprendizaje en SMA**

# Características

- La capacidad de aprendizaje permite a los agentes adaptarse a las nuevas situaciones que aparecen en el entorno.  
cada agente en estos sistemas debe aprender a adaptarse a la comportamiento dinámico y desconocido de los otros agentes y/o ambiente para competir o colaborar eficazmente.
- El aprendizaje, como la inteligencia, es un fenómeno social en los SMA.  
Los agentes aprenden de forma distribuida e interactiva, afectándose los unos a los otros.

# Aprendizaje

- Adquisición de nuevo conocimientos y habilidades cognitivas, y la incorporación de los mismos en las actividades del SMA
- El proceso de adquisición de nuevo conocimientos y habilidades cognitivas es guiado por el mismo sistema, coadyuvando a mejorar su rendimiento

*Proceso de aprendizaje* se refiere a toda actividad (planificación, inferencia, toma de decisión) que es ejecutada con la intención de alcanzar un *objetivo de aprendizaje*

# Aprendizaje de un Agente vs Aprendizaje SMA

- Casi todos los algoritmos de *aprendizajes han sido hechos para un agente*

Como usarlos en SMA?

- Algoritmos de aprendizajes para un agente se focaliza en como un agente mejora sus habilidades individuales.

- No podemos hablar de aprendizaje SMA, si un agente no afecta ni es afectado por otros agentes

si un agente no es explícitamente consciente de otros agentes, lo percibe como parte del medio ambiente y su comportamiento será parte de la hipótesis a aprender.

- Es posible lograr un comportamiento coordinado del grupo usando aprendizaje para un solo agente

# Aprendizaje de un Agente vs Aprendizaje SMA

- Investigaciones anteriores han demostrado que ciertos niveles de conocimiento de los agentes pueden perjudicar el rendimiento.
- El aprendizaje para un agente no siempre produce un rendimiento óptimo en SMA y pueden existir dominios donde *un aprendizaje coordinada multi-agente* es una metáfora más natural y mejora la eficacia.

es una pregunta abierta si niveles altos de conocimiento en un agente producen un mejor desempeño.

# Aprendizaje multi-agente

- Definición en sentido amplio:

*es la aplicación de aprendizaje de máquina a problemas que afectan a múltiples agentes*

- Características del aprendizaje multi-agentes.
  - **Involucran a múltiples agentes**, los espacio de búsqueda pueden ser inusualmente grande, y debido a la interacción de los agentes pequeños cambios en los comportamientos a menudo pueden dar lugar a cambios impredecibles en el resultado a nivel macro ("emergente"), es decir el SMA como un todo.
  - **Pueden participar múltiples alumnos**, c/u aprendiendo y adaptándose en el contexto de los demás, lo que presenta problemas de la teoría de juegos en el proceso de aprendizaje

# ¿Cuál es el objetivo en el aprendizaje de SMA?

- Debido a que no conoce su entorno
  - ¿Cómo se comportan los otros agentes?
  - ¿Cuál es la función de recompensa?
- Aprender una mejor respuesta
  - Convergencia de políticas.
  - El minimax óptimo.
- Información completa: resuelto
  - Soluciones exactas o aproximadas
- Información Incompleta: **se requiere aprender**
  - El entorno no es markoviano
  - La convergencia no está garantizada
  - Comportamientos impredecibles

# Interés del Aprendizaje en SMA

## Relacionada con la Organización

Aprendizaje de roles

Aprendizaje sobre otros agentes

Aprender a jugar mejor contra un  
oponente

Aprender a beneficiarse de las  
condiciones del entorno

## Relacionada con Coordinación

Aprender a coordinarse evitando fallos

Adaptación a distintas situaciones

# Aprendizaje y Comunicaciones

- Aprender a Comunicarse
- Comunicación como aprendizaje
- Temas:
  - ¿ Qué comunicar?
  - ¿ Cuando comunicar?
  - ¿ Con quien comunicarse?
  - ¿ Cómo comunicarse?

# Aprendizaje Social

- Considere un SMA, donde los nuevos agentes entran en un mundo ya poblado con agentes experimentados.
  - Los nuevos agentes se inicia con una pizarra en blanco, ya que no ha tenido todavía la oportunidad de aprender sobre su entorno (aunque pueden tener programado comportamientos).
  - Sin embargo, un nuevo agente no tiene que saber todo lo relacionado con el medio ambiente por sí mismo: puede beneficiarse del aprendizaje acumulado de la población de agentes experimentados.

Esta situación podría caracterizar los agentes de software altamente autónomos que operan en Internet

# Aprendizaje Social

La situación descrita también coincide con el problema de aprendizaje en un animal recién nacido, sobre todo en especies sociales como la nuestra.

- Una diferencia importante entre los agentes artificiales y los animales es que en un SMA a menudo hablamos de escenarios completamente cooperativos: lo que es bueno para un agente es bueno para todos (función de utilidad común).
- Aunque la cooperación se produce en muchas especies animales, el potencial conflicto no está ausente debido a la competencia en el corazón del proceso evolutivo.

# Aprendizaje Social

- ¿ Cuando se deben incluir las habilidades de aprendizaje social en un SMA, y cómo debe hacerse?

el **aprendizaje social** es mejor cuando los costos de un agente por un **aprendizaje por ensayo y error** es alto.

- Un ejemplo:
  - situaciones en que un error de un animal podría significar su muerte: comer una planta venenosa o no correr al ver un depredador
  - Muchos depredadores basan su lógica en la probabilidad de encontrar animales pequeños que están aprendiendo a partir del comportamiento de los demás

# Aprendizaje Social

- El aprendizaje social será seleccionado cuando *las tasas de cambio en el medio ambiente (espacial o temporal) se encuentran en niveles intermedios.*
- La lógica es la siguiente:
  - en un entorno que cambia muy lentamente, las estrategias de *lógica cableada* (es decir, la información transmitida genéticamente) permitirán a los animales responder adecuadamente.
  - *Si el entorno cambia muy rápidamente*, el animal debe aprender por sí mismo basado en las condiciones locales. El **aprendizaje social será insuficiente** porque el animal inocente estaría tratando de aprender de otro cuya experiencia en el mundo ya no es pertinente.

**La capacidad de aprendizaje social en un grupo de agentes de software depende de la velocidad de los cambios en el entorno**

# Clasificación del Aprendizaje

- **Aprendizaje Centralizado:** todo el proceso de adquisición de conocimiento es ejecutado por un solo agente. Es posible que el agente se encuentre situado en un MAS, sin embargo, el proceso de aprendizaje se lleva a cabo como si este estuviera solo.
- **Aprendizaje Distribuido:** varios agentes se encuentran implicados en el proceso de aprendizaje.

# Clasificación

Tipo	Técnica de Aprendizaje	Intencionalidad	Cada Agente aprende	Participantes
Centralizado	On-line	Cooperativo	Aislado	Un solo agente
Descentralizado	Off-line	Competitivo	Interactivo	Varios Agentes

- Cooperativo
  - En equipo
  - Concurrente

Un agente puede estar inmerso en varios procesos de aprendizaje (centralizados o descentralizados) en un mismo momento

# Propiedades de las clases (primera valida solo caso descentralizado)

Propiedades	Valores
Grado de descentralizado	Distribuido o paralelo
Característica de las interacciones	Nivel, frecuencia, persistencia, patrón y variabilidad
Compromiso de los Agentes	Relevancia y rol
Características de los objetivos de aprendizaje	Tipo de mejora esperada, compatibilidad, etc
Método de aprendizaje	De memoria, por instrucciones/asesoramiento, Desde ejemplos,/practica por analogias, por descubrimiento,
Retroalimentación del Aprendizaje	Supervisado, no supervisado, reforzado

# Mecanismos de aprendizaje social

## Comportamiento contagioso

- Ejemplificado por:
  - "Si otros están huyendo, yo huyo también."
- Los estímulos producidos por un comportamiento particular sirven como disparo para que otros se comportan de la misma manera.
- Por ejemplo, especies de animales donde un movimiento rápido de uno de ellos hace que el grupo de animales se mueva. Así, cualquier de uno de ellos al huir dará lugar a una reacción en cadena de movimientos rápidos.
- No implica un aprendizaje real, es más reactivo, sin embargo es una especie de **comportamiento social adaptativo**.
- Ejemplos: el movimiento de los rebaños de animales, de bancos de peces, la risa y el bostezo en los seres humanos

# Mecanismos de aprendizaje social

## Seguir una conducta o comportamiento

- Ejemplificado por:  
"seguir a alguien mayor, y luego aprender de lo que sucede"
- Por ejemplo, si usted sigue a sus padres, y ellos a veces comen chocolate, podríamos desarrollar un gusto por el chocolate. Eventualmente aprenderemos que comer chocolate es bueno.
- Capacidad de aprender para generar una conducta adquirida.
- Es un estímulo para la adquisición de una conducta de alimentación en ciertas especies (p.ej. Las ratas negras)

# Mecanismos de aprendizaje social

## Aprendizaje por observación

- Ejemplificado por:

"Preste atención a lo que otros hacen o experimentan, y si los resultados para ellos son buenos o malos, entonces aprenda de eso"

- El aprendizaje por observación puede existir sin la evaluación *explícita* de la experiencia como buena o mala.
- La adquisición del miedo en monos ilustra esa idea:
  1. monos criados en laboratorio se les permitió observar a otros de la misma especie y su reacción de miedo ante la presencia de una serpiente.
  2. Los observadores, que antes eran indiferentes a las serpientes, adquirieron rápidamente un miedo.

# Mecanismos de aprendizaje social

## Comportamiento dependiente de Mapeos:

### Capacidad de discriminar

- Este tipo de aprendizaje permite generar un estímulo discriminativo,
- Por ejemplo entrenadas para seguir a un líder.  
No hay indicios de que el seguidor entiende las intenciones del líder , ni siquiera que el seguidor es consciente de la coincidencia entre el comportamiento del líder y el suyo.
- Las ratas y palomas pueden ser fácilmente entrenados para discriminar,
- Por ejemplo, una paloma silvestre podría aprender por ensayo y error que rascarse es probable que sea gratificante (es decir, que puedan dar lugar a la ingestión de alimentos). Entonces, se podría aprender de las demás la correspondencia entre la comida oculta y la evidencia de la alimentación,

# Mecanismos de aprendizaje social

## Mapeo Cross Modal: Mímica vocal de las aves

- Caso especial de aprendizaje social debido a que el estímulo original y la respuesta del animal se encuentran en la misma modalidad sensorial,
- Copiar los movimientos de otro animal requiere coincidencia intermodal: el observador debe ser capaz de traducir la información visual asociada a otros a sus movimientos.
- La idea es imaginarse un animal capaz de identificar los movimientos de los demás, y asignarlos a los movimientos de sus propios músculos.
- El trabajo sobre "**las neuronas espejo**" en los monos y los seres humanos (capacidad innata para realizar cross-modal en los seres humanos) es altamente sugestivo.