

Sistemas Multiagentes

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

La IAD

Técnicas de resolución de problemas que mezclan tanto la IA como los Sistemas Distribuidos.

- En general, los sistemas basados en IAD integran al menos dos agentes, los cuales interactúan para la resolución de un problema dado.
- Los agentes son frecuentemente heterogéneos y deben tener cierto grado de *autonomía, capacidades de razonamiento, planificación, etc.*
- Los agentes deben ser capaces de *interactuar, negociar, cooperar* y hasta *competir* con otros para llevar a cabo sus tareas, las cuales pueden ser individuales o grupales.

Generalidades

- La IAD tiene que ver con *comunidades de agentes* donde los agentes resuelven (sub)tareas
- Áreas principales de la
 - Sistemas Multi-agentes (SMA)
 - Resolución Distribuida de Problemas (RDP)
- La IAD tiene que ver con:
 - Granularidad de los agentes
 - Heterogeneidad de los agentes
 - Métodos para distribuir las tareas, el control, etc., entre los agentes
- La IAD no tiene que ver con:
 - Coordinación de procesos concurrentes
 - Arquitecturas paralelas, Lenguajes de programación paralela, Sistemas operativos distribuidos

Generalidades

- En IAD:
 - No es obligatorio pensar en un *control* central; el control puede ser distribuido
 - El *conocimiento* o las *fuentes de información* pueden también estar distribuidos
- Un **RDP** considera la tarea de resolver un problema en particular, para lo cual lo descompone en módulos (división de tareas) que serán resueltos cooperativamente por un grupo de agentes.
- Un **SMA** tiene que ver con el comportamiento de una comunidad de agentes autónomos tratando de resolver problemas, por lo cual comparten conocimiento acerca de los problemas y sus soluciones.

RDP

Estudia los sistemas inteligentes distribuidos con una funcionalidad global. Los agentes cumplen con características mínimas de:

- *Benevolencia.*
- *Objetivo Global Compartido.*
- El Diseño es Centralizado: Todos los agentes son diseñados para su integración en un sistema inteligente capaz de resolver un problema. El diseñador debe asegurar que los agentes utilicen el mismo lenguaje, que cada agente influya en la consecución del objetivo global, etc.
- El procedimiento de un sistema RDP es:
 1. Descomposición de tareas.
 2. Asignación de tareas y recursos a los agentes.
 3. Resolución de sub-problemas.
 4. Integración de soluciones.

SMA

Un sistema multiagente es un sistema informático formado por *un grupo de agentes* que *interactúan entre sí* utilizando protocolos y lenguajes de comunicación de *alto nivel*, para resolver problemas que pueden estar *más allá de* las capacidades o del conocimiento de cada uno.

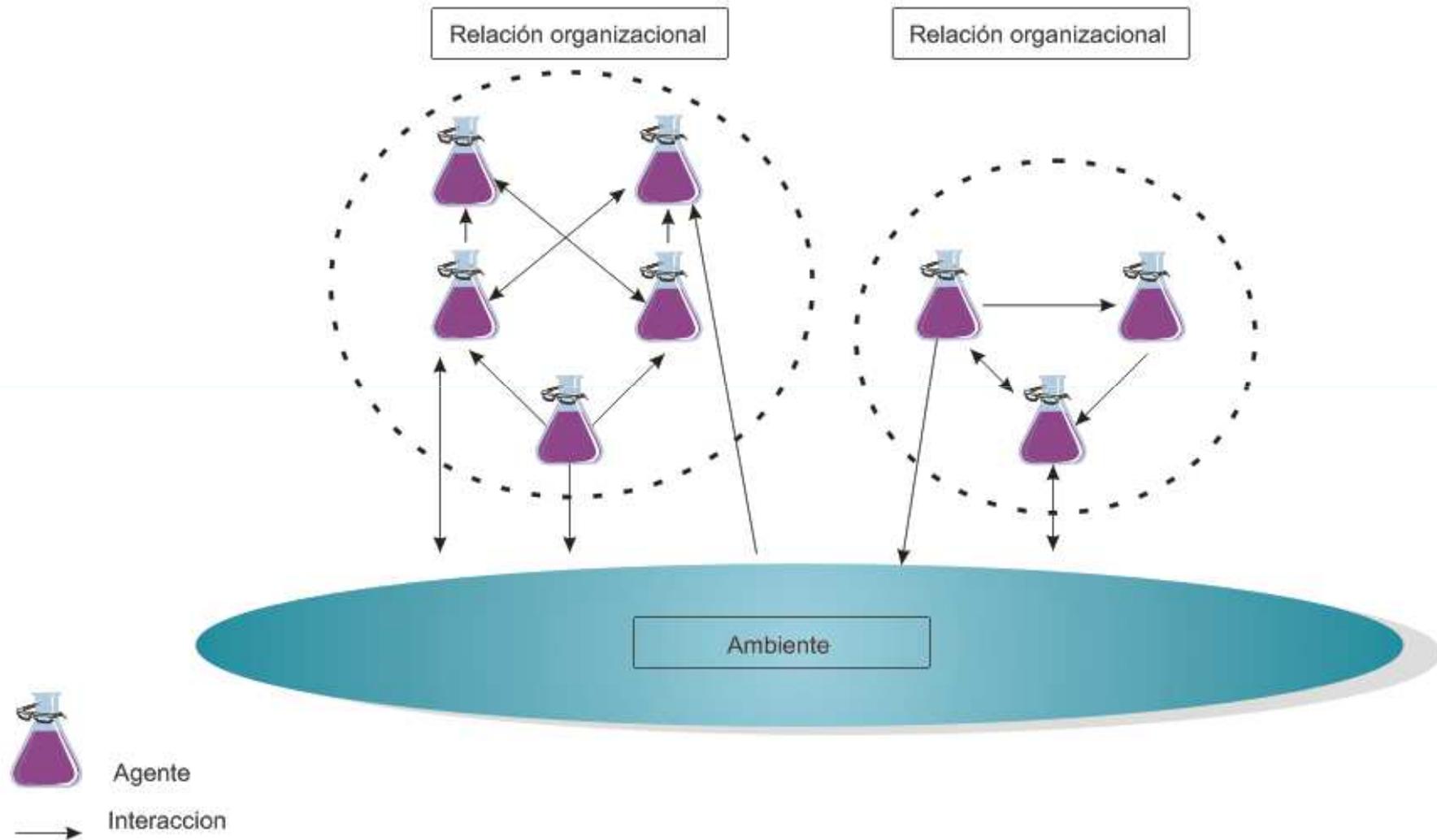
Es una *red de entidades* que *trabajan conjuntamente* para encontrar respuesta a problemas que pueden estar más allá de la capacidad y el conocimiento individual de cada entidad.

SMA

- Son sistemas compuestos por múltiples componentes *autónomos* que poseen las siguientes características:
 - Cada agente tiene ciertas capacidades.
 - Necesitan de formas de coordinarse
 - Los datos no están centralizados
 - La computación es asíncrona.

SMA	RPD
Se enfocan primordialmente en la coordinación o negociación entre los agentes	Se enfocan en la resolución de un pb. dado, su descomposición, y síntesis de la soluciones
Son autónomos con la posibilidad de objetivos individuales	Necesitan sincronizarse
Permite la emergencia	Es determinista

Sistemas Multiagentes



Características de ambientes multiagentes

- Proveen una infraestructura específica de comunicación y protocolos de interacción.
- Son típicamente abiertos y no tienen un diseño centralizado.
- Contienen agentes que son autónomos y distribuidos, y pueden ser interesados en si mismos o cooperar.

Características de ambientes multiagentes

- Autonomía de diseño:
 - Plataforma – Protocolo de interacción – Lenguaje
- Arquitectura interna:
 - Infraestructura de comunicación: Memoria compartida (blackboard), Conexión basada en mensajes (punto a punto, multicast o broadcast), sincronización o no
 - Servicio de directorio: páginas blancas, páginas amarillas
 - Protocolos: FIPA, KQML, CORBA, etc.
 - Servicios de mediación: Basado en ontologías, Transacciones
 - Servicios de seguridad: autenticación, anonimato
 - Soporte de operaciones: Almacenamiento, Redundancia, Restauración, Contabilidad, Timestamp

Análisis Organizacional de los SMA

IDENTIFICACION DE LAS PRINCIPALES FUNCIONES QUE LOS COMPONENTES DE UNA ORGANIZACIÓN DEBEN CUMPLIR

FUNCION\AMBITO	SOCIALES	RELACIONAL	AMBIENTAL	PERSONAL
REPRESENTACION	REPRESENTACION DE LA SOCIEDAD (ORGANIZAC.) DONDE ESTA INMERSO: ROLES, FUNCIONES,...	REPRESENTACION DE LOS OTROS (ENTRE AGENTES, O CON OTRAS ORGANIZAC.): OBJETIVOS , COMPETENCIA., ETC.	REPRESENTACION DEL MUNDO, LEY DEL UNIVERSO	AUTO-REPRESENTACION
ORGANIZARSE	PLANIFICACION. ACCIONES SOCIALES	COORDINACION COMUNICACIONES, PLANIF.ICACION INTERACCIONES	PLANIFICACION ACCIONES Y CONTROL DE EJECUCION EN EL AMBIENTE	META-PLANIFICACION, GESTION TAREAS INTERNAS
ELEMENTOS PARA TOMA DE DECISION	OBJETIVOS Y RESTRICCIONES COLECTIVAS DE LA SOCIEDAD (ORGAN.)	DEMANDAS Y RESTRICCIONES DE LOS OTROS	FUENTES DE DESEOS, PLACER, ETC. QUE EXISTEN EN EL AMBIENTE	NECESIDADES Y RESTRICCIONES INTERNAS.
INTERACCION	PRIMITIVAS DE INTERACCION EN LA SOCIEDAD (ORGAN.)	MECANISMOS DE COMUNUNICACION CON LOS OTROS	MECANISMOS DE PERCEPCION Y ACCION	AUTO-COMUNICARSE, AUTO-HABLARSE
PRODUCCION U OPERATIVAS	GESTION. Y DIRECCION EN LA SOCIEDAD (ORGAN.)	COORDINACION Y COOPERACION CON LOS OTROS.	CONTROL, DIAGNOSTICO, ETC SOBRE AMBIENTE	AUTO-MODIFICACION (P.E. APRENDIZ.AJE) , AUTO-GENERARSE, ...
CONSERVACION	CONSERVACION DE LA SOCIEDAD (ORGANIZ.)	CONSERVACION DE LAS RELACIONES Y DE LOS OTROS.	CONSERVACION RECURSOS DEL AMB., DEFENSA	CONSERVACION INDIVIDUAL, REPARACION

Análisis Organizacional de los SMA

ORGANIZACIÓN REACTIVA

	SOCIALES	RELACIONAL	AMBIENTAL	PERSONAL
REPRESENT.				
ORGANIZAC			P	
DECISORIOS			P	O
INTERACC.			P	
PRODUCTIV			P	
CONSERVAT.			P	

ORGANIZACIÓN ANIMAL SOCIAL

	SOCIALES	RELACIONAL	AMBIENTAL	PERSONAL
REPRESENT.		P	P	
ORGANIZAC		P	P	
DECISORIOS	P	P	P	P
INTERACC.		P	P	P
PRODUCTIV				
CONSERVAT.	P	P	P	P

ORGANIZACIÓN HUMANA

	SOCIALES	RELACIONAL	AMBIENTAL	PERSONAL
REPRESENT.	P	P	P	P
ORGANIZAC	P	P	P	P
DECISORIOS	P	P	P	P
INTERACC.	P	P	P	P
PRODUCTIV	O	O	O	O
VEGETATIVAS	P	P	P	P

P: PRESENCIA
C: OPCIONAL

ANALISIS ESTRUCTURAL

PERMITE *ANALIZAR* LAS RELACIONES ABSTRACTAS ENTRE AGENTES, *ORDENAR* AL CONJUNTO DE INTERACCIONES ENTRE AGENTES, *ESTABLECER* LA EVOLUCION DE LAS RELACIONES

A. ESTUDIA:

RELACION ENTRE AGENTES Y TAREAS

RELACIONES ENTRE AGENTES

MODOS DE ACOPLAMIENTO ORGANIZACIONAL

ESTRUCTURAS DE SUBORDINACION Y TOMA DE DECISION

B. RELACION ENTRE AGENTES Y TAREAS:

AGENTE *CARACTERIZADO* POR:

ARQUITECTURA+COMPORTAMIENTO+CAPACIDADES

ENFOQUE FUNCIONAL (VERTIC. U HORIZ.) O POR OBJETO

ANALISIS ESTRUCTURAL

C. RELACIONES ENTRE AGENTES

RELACIONES

ESTATICA

DINAMICA

AMISTAD

COMUNICACIONAL

SUBORDINACION

OPERATIVA

INFORMACIONAL

CONFLICTUAL

COMPETITIVA

MAEST/ESCL

DEPEND DE TAREAS

DEPEND SABERES

DEMANDA DE SERV.

COMPROM. HACER

ANALISIS ESTRUCTURAL

D. MODOS DE *ACOPLAMIENTO*

FIJO

PARAMETRIZABLE (ESTRUC. FIJA-INSTANC. VARIA)

EVOLUTIVO

G. ESTRUCTURAS DE *SUBORDINACION*

JERARQUICAS: VARIABLES (POR SERVICIO) Y FIJAS (TIPO MILITARES)

IGUALITARIAS: VARIABLES (MODELO DE MERCADO)Y FIJAS (RDP)

H. TIPOS DE *CONSTITUCION* DE LAS ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES

PREDEFINIDAS

EMERGENTES

ANALISIS ESTRUCTURAL

A. COMO SE REPARTE EL TRABAJO EN EL SMA:

GRADO DE *ESPECIALIZACION*

TODOPUDIENTE

ESPECIALIZADO

GRADO DE *REDUNDANCIA*

B. TIPOS DE ORGANIZACIONES

ORGANIZACION HIPERESPECIALIZADA NO

REDUNDANTE

ORGANIZACION ESPECIALIZADA REDUNDANTE

ORGANIZACION GENERAL REDUNDANTE

ORGANIZACION GENERAL NO REDUNDANTE

Estructuras sociales

- *La estructura de poder y de interdependencia*
- *La estructura de conocidos*, que emerge de la unión de todos los conocidos de cada agente;
- *La estructura de comunicación* (la red global de los posibles canales de comunicación directos o indirectos);
- *La estructura de compromiso*, que emerge de todas las relaciones de delegación-adopción y de formación de coaliciones;
- *La estructura de reglas y normas* sobre acciones e interacciones.

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
Confiabilidad (Reliability) \neq Voluntad (Willingness)
...

La Confianza y Reputación en los SMA

- ¿Por qué hablar de ellos en los SMA?
- ¿Qué podemos extraer de las sociedades humanas, de animales?
- ¿Qué lo hace distintos de SMA que no consideren ese aspecto?
=> Sistemas orientados a servicios
- ¿Podrían asociarse a aspectos de auto-regulación, mecanismos de auto-reparación, etc.?

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? ¿Y 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

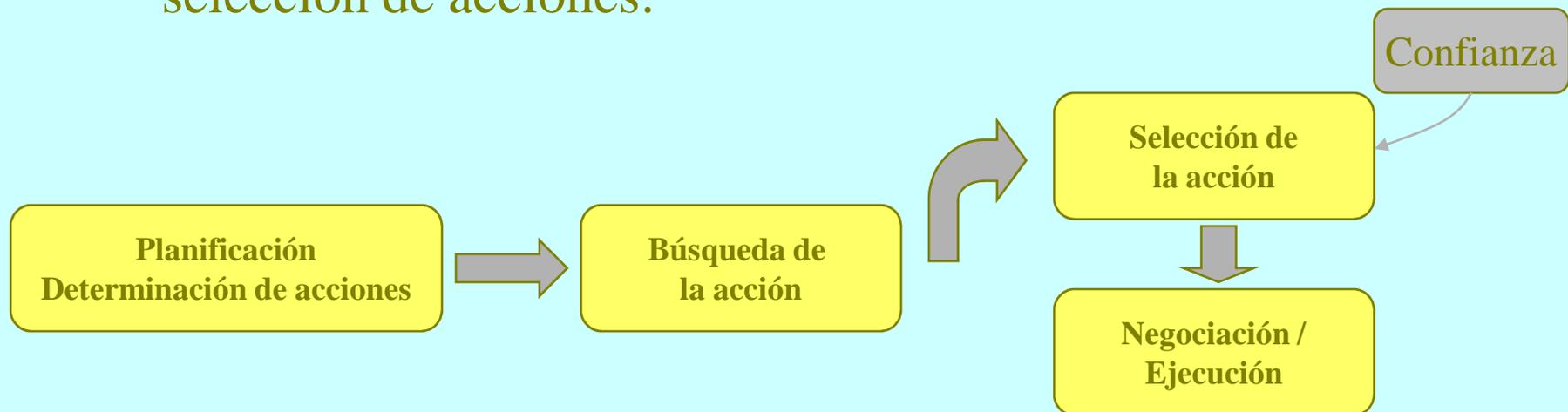
- ¿Cómo lograr sistemas estables usando la confianza?
 1. Empatía o reciprocidad entre los agentes a partir de factores como la disposición, la fiabilidad, etc.
 - Se caracterizan (dinámicamente) a través de **Modelos de Confianza**
 - La confianza será una medida para **decidir la interacción** con 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