

Sistemas Multiagentes

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

Conocimiento de base

- **Unidad I: Introducción**

- Tema 1. Ideas de base de la IA
- Tema 2. SMA y RPD.
- Tema 3. Metodologías de desarrollo de SMA

- **Unidad II: Principio de los SMA**

- Tema 1. Principio de los SMA: organización, características y estructura.
- Tema 2: Problema de Confianza y Reputación
- Tema 3. Interacción y sus tipos en los SMA

Conocimiento de base

- **Unidad III: Interacción y Comunicación en los SMA**
 - Tema 1: Cooperación,
 - Tema 2. Coordinación,
 - Tema 3: Negociación.
 - Tema .4 Comunicación: Lenguajes, actos de habla, Ontologías
- **Unidad IV: Aspectos Avanzados**
 - Tema 1: Aprendizaje en los SMA
 - Tema 2: SMA auto-organizados e Inteligencia Colectiva
 - Tema 3. Arquitecturas de Referencia en los SMA: Modelos de Referencia (FIPA, SCDIA, etc.), Estándares y Plataformas

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

- 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.

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

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.

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

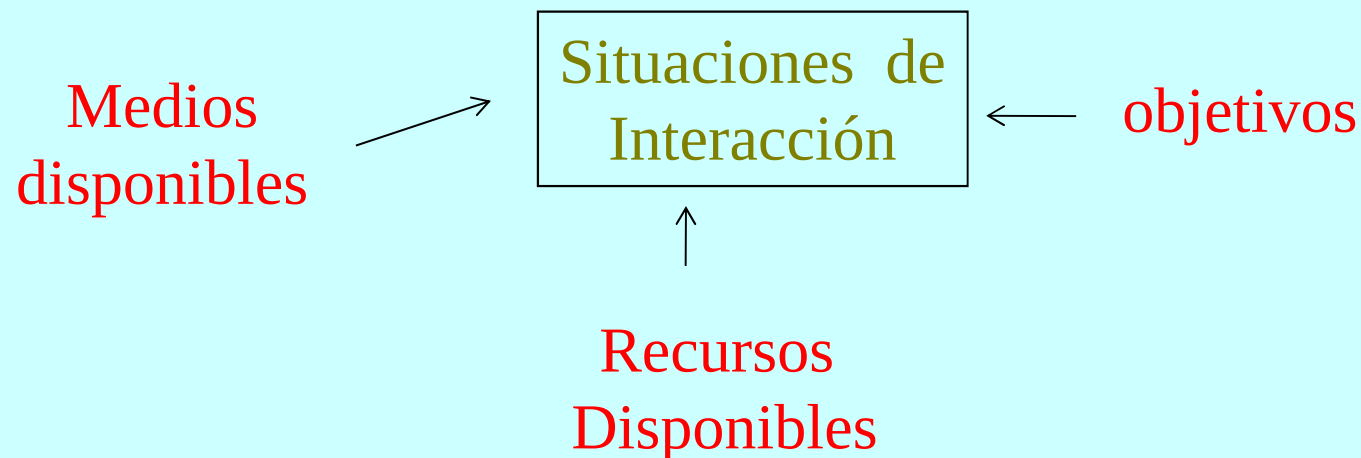
PREDEFINIDAS

EMERGENTES

INTERACCIONES

Interacciones

Una situación de **interacción se produce cuando dos o más agentes, por medio de una serie de acciones recíprocas** confluyen en una **relación dinámica**. Estas acciones, las influencias que unos ejercen sobre los otros, las obligaciones y compromisos que establecen, hacen de los agentes **entidades sociales**.



Interacciones

- La interacción en un SMA está determinada por una serie de protocolos de comunicación que establecen los *actos de habla* válidos que permiten intercambiar información entre los agentes para lograr un objetivo.
- Entre los protocolos más utilizados se pueden nombrar el de Solicitud (Request), Consulta (Query), Redes de Contrato (Contract-Net), Subasta Inglesa (British Auction) y Subasta Holandesa (Dutch Auction).

INTERACCIONES

A. CRITERIOS PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE INTERACCION

- *OBJETIVOS* COMPATIBLES O NO
- RELACION CON LOS *RECURSOS*
 - CONFLICTOS
 - TECNICAS DE NEGOCIACION
 - TECNICAS DE COORDINACION DE ACCIONES
- *CAPACIDADES* DE LOS AGENTES CON RESPECTO A LAS TAREAS A REALIZAR

INTERACCIONES

OBJETIVOS	RECURSOS	CAPACIDADES	TIPO	CATEGORIA
COMPATIBLES	SUFICIENTES	SUFICIENTES	<i>INDEPEND.</i>	INDIFERENTE (PERS. CAMINA ACERA)
COMPATIBLES	SUFICIENTES	INSUFICIENTES	<i>COLABOR. SIMPLE</i>	COOPERACION (ASIGNACION DE TAREAS)
COMPATIBLES	INSUFICIENTES	SUFICIENTES	<i>ENTRABAR</i>	COOPERACION (CIRCULAC. CARROS, USO PROCESADOR, TRAF. AER)
COMPATIBLES	INSUFICIENTES	INSUFICIENTES	<i>COLABOR. COORD.</i>	COOPERACION (FABRICACION INDUSTRIAL)
INCOMPATIBLES	SUFICIENTES	SUFICIENTES	<i>COMPET. INDIV. PURA</i>	ANTAGONISMO (MARATON)
INCOMPATIBLES	SUFICIENTES	INSUFICIENTES	<i>COMPET. COLECT. PURA</i>	ANTAGONISMO (CARRERA DE RELEVO)
INCOMPATIBLES	INSUFICIENTES	SUFICIENTES	<i>CONFLICTO INDIV. RECUR.</i>	ANTAGONISMO (DEFENSA TERRITORIO, JEFE MANADA)
INCOMPATIBLES	INSUFICIENTES	INSUFICIENTES	<i>CONFLICT. COLECT RECUR.</i>	ANTAGONISMO (GUERRAS, COMPET. INDUSTRIAL)

Tipos más comunes de interacción

- **Coordinación:** propiedad de interacción entre un conjunto de agentes que realizan alguna actividad colectiva:
 - **Coordinación global:** el sistema determina y planifica globalmente, existiendo un agente que verifica todos los conflictos.
 - **Coordinación individual:** cada agente tiene completa autonomía para decidir qué hacer y resolver los conflictos que detecte localmente.
- **Cooperación:** una clase de coordinación que consiste en que varios agentes no antagonistas (acciones de uno no perjudiquen al otro) interactúen entre sí con el objetivo de *conseguir un fin común*.
- **Negociación:** consiste en poner de acuerdo a los agentes de un sistema, cuando cada uno defiende sus propios intereses, llevándolos a una *situación que los beneficie a todos* (comercio electrónico, subastas, ...)

Interacción indirecta

- Las acciones que toman los agentes *modifican su ambiente o su estado interno*.
- Los otros agentes llegan a *observar estos cambios que afecta su comportamiento posterior*.
- Modelo matemático:
 - *x es un agente y x_t es su estado en tiempo t*
 - *$F(x)$ es el conjunto de agentes que x está observando*
 - *$f()$ es una función que gobierna los cambios del estado interno de x*
 - *$g()$ es una función que modela el efecto de las observaciones de x sobre los demás!*
 - *$x_t = 1$ significa que el agente x emite un señal al tiempo t*

$$x_{t+1} = \begin{cases} f(x_t) + g(F(x), t) & \text{Si } \exists y \in F(x) \text{ tal que } y_t = 1 \\ f(x_t) & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Tipos de Interacción

Cooperación

Coordinación

Negociación

COOPERACION

proceso por el que ciertos agentes participantes generan deberes mutuamente dependientes para actividades conjuntas (planes).

Las situaciones de cooperación aparecen cuando los agentes tienen que resolver problemas o tareas interdependientes

- Se recibe un problema en cierto nivel de abstracción.
- El agente resuelve localmente aquello que es posible.
- Recurre a otros agentes del mismo nivel para el resto de las tareas.
- Recurre a otros niveles de abstracción para el resto de las tareas.

COOPERACION

A. FORMAS DE COOPERACION

- COOPERACION COMO ACTITUD INTENCIONAL
- COOPERACION DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL OBSERVADOR

B. INDICES PARA CALIFICAR LA COOPERACION

COORDINACION DE ACCIONES

COMPARTIR RECURSOS

GRADO DE PARALELISMO

ROBUSTES

REDUNDANCIA DE LAS ACCIONES

PERSISTENCIAS DE LOS CONFLICTOS

COOPERACION

C. RAZONES DE LA COOPERACION

- MEJORAR CAPACIDAD DE SOBREVIVIR
- INCREMENTAR RENDIMIENTOS

VENTAJAS VS. AMPLIFICACION DE CAPACIDADES	CUALITATIVAS	CUANTITATIVAS
CUALITATIVAS		CATALISIS
CUANTITATIVAS	EFECTO DE MASAS	

- RESOLVER CONFLICTOS

COOPERACION

D. ALGUNOS METODOS DE COOPERACION

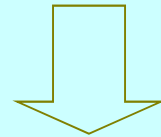
- COLABORACION PARA COMPARTIR TAREAS Y RECURSOS
- TIPO PIZARRA
- VOTACIÓN.
- EMERGENTES: ESPECIALIZACION

COLABORACION Y REPARTICION DE TAREAS

Repartir tareas, recursos e información implica:

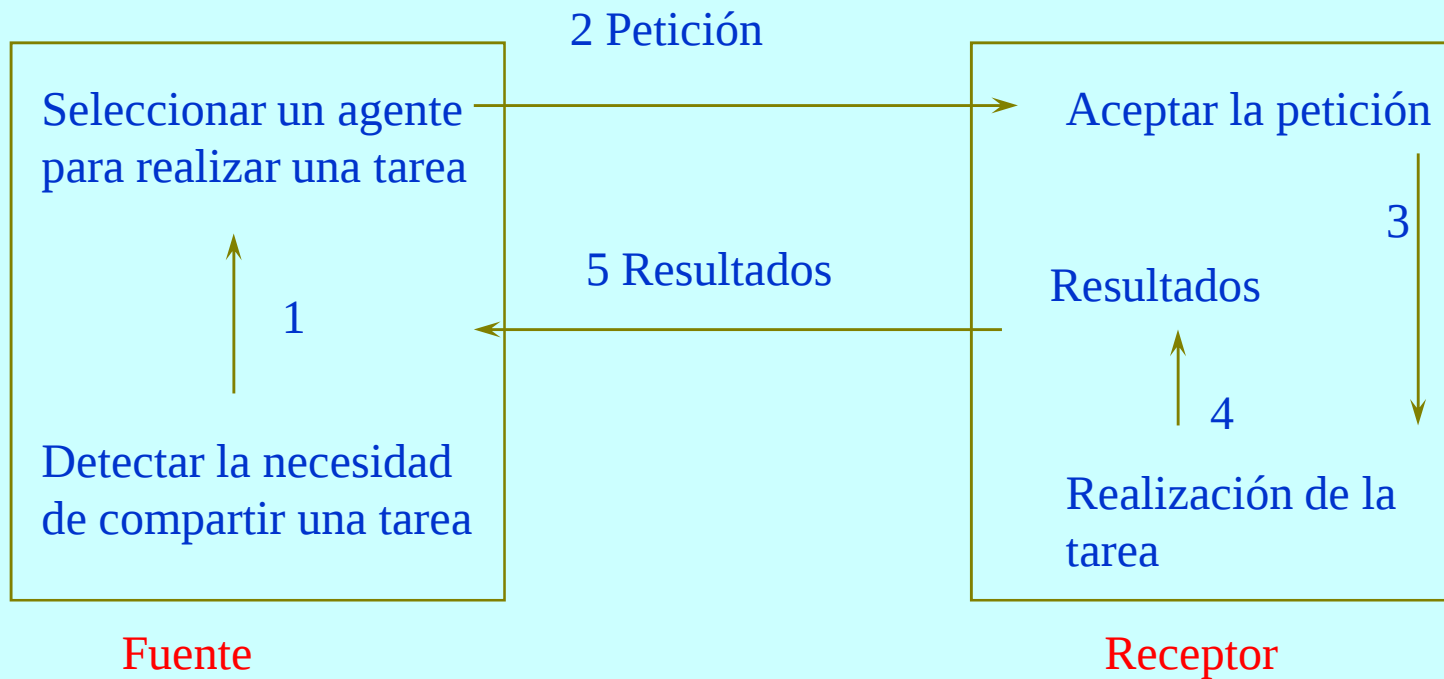
- Quién debe hacer qué con qué medios

En función de los objetivos y competencias de los agentes y restricciones del ambiente



Descomposición de Tareas

REPARTICION DE TAREAS



COLABORACION Y REPARTICION DE TAREAS

- ROLES

CLIENTES O DEMANDADORES

PROVEEDORES O SERVIDORES

MEDIADORES

- FORMAS DE ASIGNACION

PREDEFINIDA

CENTRALIZADA

- JERARQUICO=> IMPUESTA

- IGUALITARIO => MEDIADOR

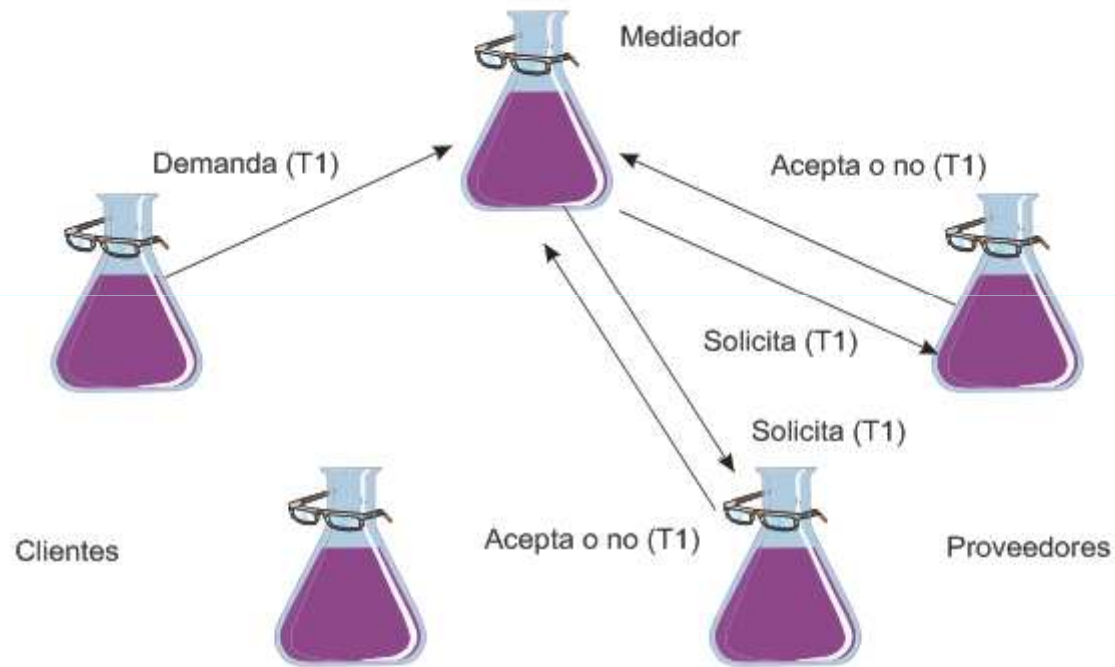
DISTRIBUIDA

- RED DE CONTACTOS: directa o delegar

- RED DE CONTRATO: licitación o subasta

EMERGENTE

Asignación de Recursos



Centralizada clásica.
Centralizada con mediador.
Por redes de amistades.
por concurso
Emergente

ASIGNACION ESTATICA CON MEDIADOR

- *ESTRUCTURA DE DATOS*
 - LISTA DE AGENTES CON SUS COMPETENCIAS
 - DEMANDA DEL MEDIADOR (TAREA A HACER SOLICITADA)
- *DOS CASOS*
 - MEDIADOR CONOCE FUNCION DE EVALUACION DEL PROVEEDOR
 - MEDIADOR NO CONOCE FUNCION DE EVALUACION (CADA PROVEEDOR DEBE FORMULAR UNA PROPUESTA)

ASIGNACION POR RED DE CONTACTOS

- *ESTRUCTURA DE DATOS*
 - C/AGENTE TIENE MATRIZ DE COMPETENCIAS PARAC/AGENTE QUE CONOCE
 - **GRAFO**: AGENTES SON NODOS Y ARCOS LAS COMPETENCIAS QUE CADA AGENTE CONOCE DEL OTRO
- *ASIGNACION DIRECTA*
- *ASIGNACION POR DELEGACION*
 - DEFINICION DEL PEDIDO/DEMANDA
 - DELEGACION: ENVIO MENSAJE
 - EVALUACION PROPOSICION
 - ENVIO DECISION

ASIGNACION *POR DELEGACION*

- Un agente Ag1 necesita de, o le gustaría incluir, una acción del conjunto de habilidades de Ag2 en su propio plan.
- El agente Ag1 debe satisfacer una meta que no puede cumplir por si mismo, delega la acción al agente Ag2, que puede y desea ejecutar esa acción.
- De alguna manera, el agente Ag1 confía en el agente Ag2, lo que significa que el planea lograr una meta a través de la acción del agente Ag2.

ASIGNACION *POR DELEGACION*

- **Delegación débil unilateral.** No hay conocimiento bilateral de la delegación, ni acuerdo alguno.
- **Delegación por inducción.** el agente Ag1 provoca o induce el comportamiento del agente Ag2 para explotarlo.
- **Delegación por aceptación.** el agente Ag2 conoce la intención del agente Ag1 de explotar su acción.
- **Delegación ejecutiva pura.** La tarea se especifica completamente.
- **Delegación abierta.** La tarea delegada se especifica mínimamente.

ASIGNACION EMERGENTE

- ASIGNACION REACTIVA
 - SENALES
- ARRANQUE DIFERENCIAL DE UN COMPORTAMIENTO EN FUNCION DE LA SENAL QUE RECIBE UN AGENTE
 - COMPETENCIA INTRA-AGENTE:
 - Intensidad de la señal
 - Tendencia a cumplir cierta tarea (ya comí?, etc.)
 - Distancia a la fuente y capacidad de percibir
 - RELACION AGENTE VS. FUENTE DE LA SENAL

UMBRAL DE RESPUESTA