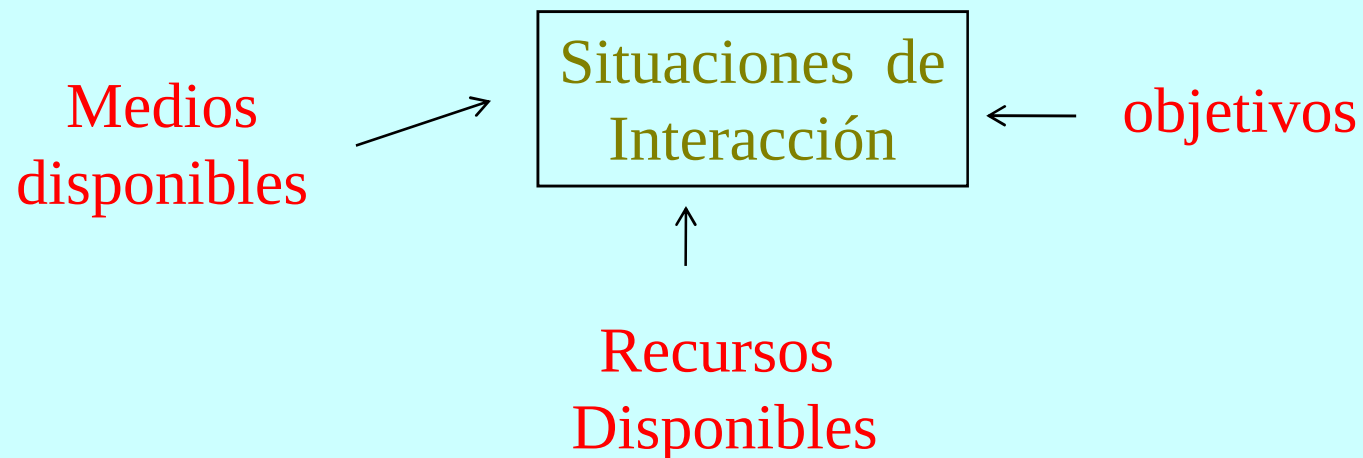


INTERACCIONES

Jose Aguilar
CEMISID, Facultad de Ingeniería
Universidad de los Andes
Mérida, Venezuela
aguilar@ula.ve

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

*RELACION DINAMICA ENTRE DOS O MAS AGENTES A
TRAVES DE UN CONJUNTO DE ACCIONES
RECIPROCAS*

- =>
- AGENTES CAPACES DE COMUNICARSE
 - SITUACIONES QUE SIRVEN DE PUNTO DE ENCUENTRO ENTRE AGENTES
 - ELEMENTOS DINAMICOS QUE PERMITEN RELACIONES LOCALES Y TEMPORALES ENTRE AGENTES
 - JUEGO EN ESAS RELACIONES:
ESTABLECERLAS Y Y ELIMINARLAS

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

- Las interacciones en sistemas MAS obedecen a la coexistencia de planes elaborados, preferentemente, de forma distribuída, que deben coexistir.
 - Generación de operaciones candidatas,
 - Selección,
 - Relevancia en la obtención del resultado,
 - Ejecución con recursos limitados.

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*

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

Interacción y Acción social

- Las **interferencias** son situaciones donde el efecto de una acción de un agente es relevante para las metas de otro agente.
 - *Las negativas* se dan cuando una acción amenaza o compromete el cumplimiento de las metas de otros agentes
 - *Las positivas* se dan cuando la acción favorece el cumplimiento de las metas de otros agentes
- La **dependencia** es un caso de interferencia fuerte, donde un agente no puede satisfacer sus metas porque necesita una acción o recurso controlado por otro agente.

Interacción y Acción social

- Desde una perspectiva de auto interés, un agente Ag1 tiene dos alternativas al confrontar situaciones de interferencia y dependencia con un agente Ag2:
 1. **Puede adaptar su comportamiento** al comportamiento del agente Ag2, con el fin de explotar las acciones de Ag2 para evitar interferencias negativas con este agente;
 2. **Puede tratar de cambiar el comportamiento** de Ag2 induciendolo a actuar de la manera deseada o a que abandone el comportamiento pernicioso.

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.

Principios de la Cooperación en Agentes

- *La cooperación para alcanzar un objetivo G se logra si*
 - Los agentes comparten G como una meta común.
 - La cooperación es algo más que una *coordinación accidental*
 - Los agentes deben tener una preferencia para alcanzar G y poseer la suposición de que cooperar es interesante
 - Si para alcanzar G se tienen que alcanzar los subobjetivos $g_1..g_n$, entonces los agentes los adoptan

COOPERACION

- Ventajas:
 - Realización de tareas no abordables individualmente
 - Mejora rendimiento del sistema
 - Mejora en el uso de los recursos del sistema
- Cooperación requiere de una estructura social, organización que repercute sobre los agentes
 - Aumenta funcionalidad del sistema
 - Restringe el comportamiento individual de los agentes

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	EFFECTO DE MASAS	

- RESOLVER CONFLICTOS

COOPERACION

D. ALGUNOS METODOS DE COOPERACION

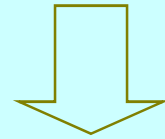
- COLABORACION PARA COMPARTIR TAREAS Y RECURSOS
- TIPO PIZARRA
- VOTACIÓN.
- EMERGENTES: ESPECIALIZACION

COLABORACION Y REPARTICION DE TAREAS

Repartir tareas, recursos e información implica:

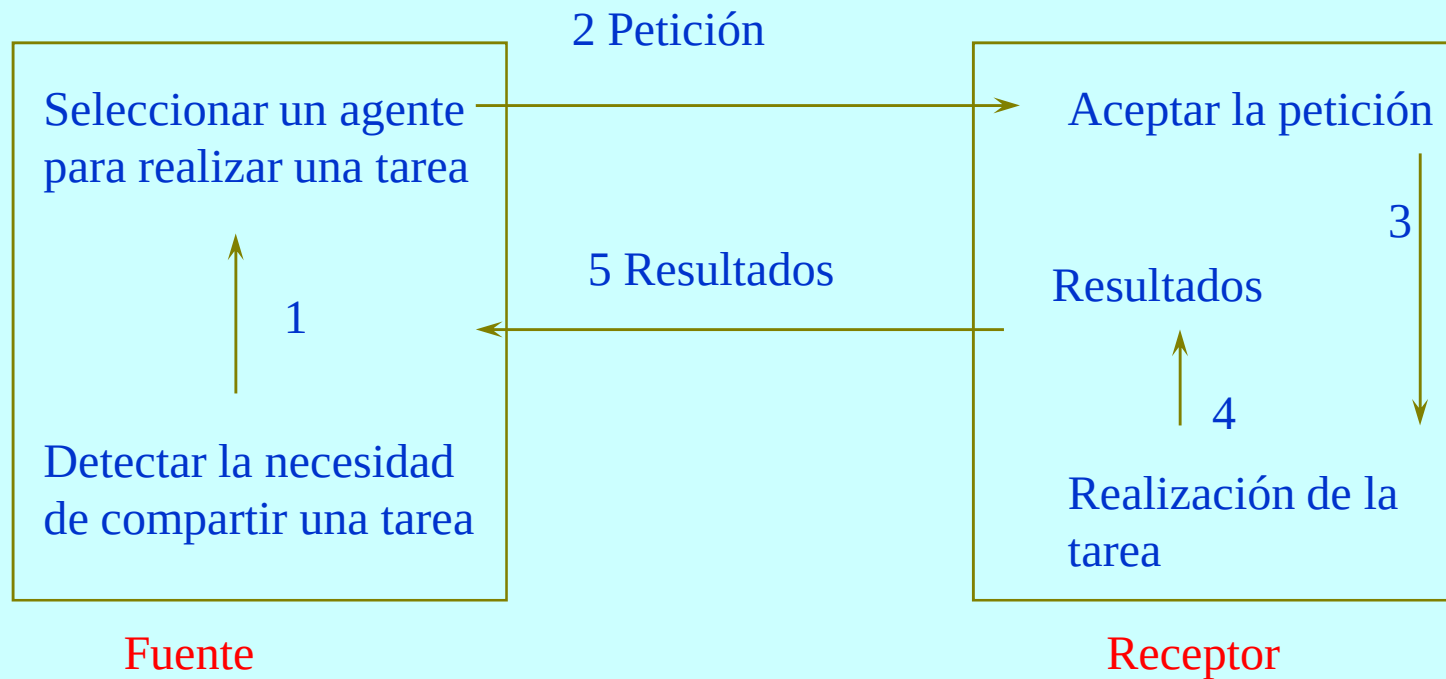
- Quién debe hacer qué con qué medios

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

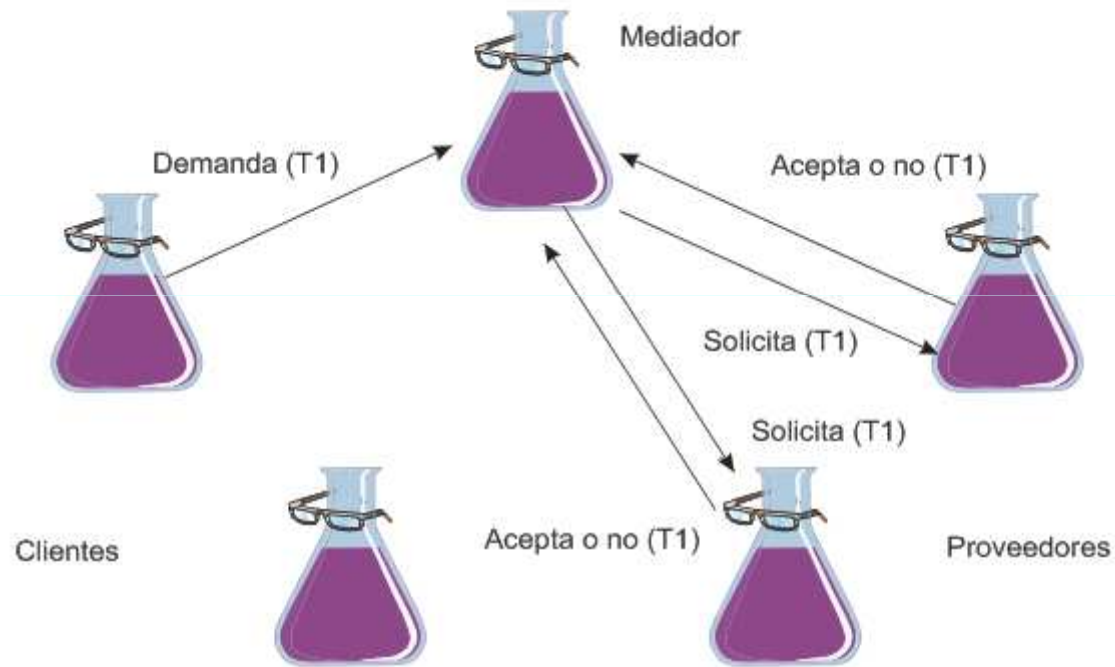
DISTRIBUIDA

- 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.

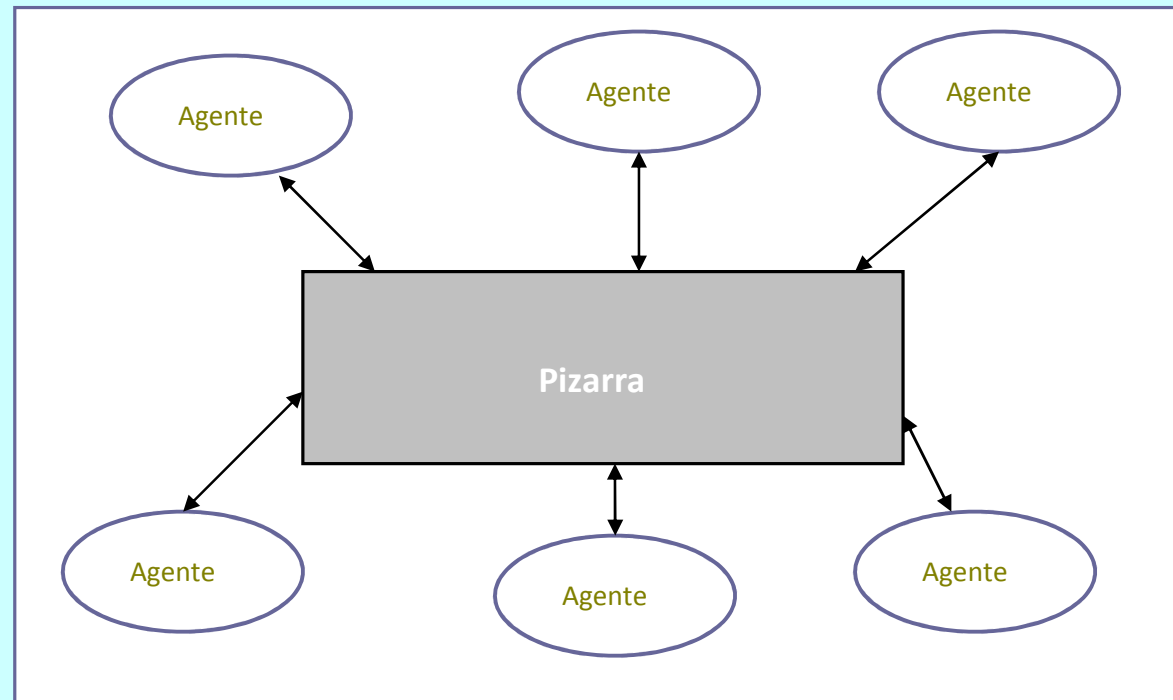
ASIGNACION *POR DELEGACION*

- **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.

Arquitectura de Pizarra

- Se basa en la idea de un grupo de especialistas sentados en un salón con una gran pizarra.
- Los especialistas trabajan en una tormenta de ideas para la resolución de un problema, utilizando el pizarrón para encontrar o desarrollar una solución de manera cooperativa.
- La sesión comienza cuando las especificaciones del problema son escritas sobre el pizarrón.
- Todos los especialistas están mirando el pizarrón para conseguir la oportunidad de aplicar su experticia en la solución del problema.
- Los especialistas son los agentes y la pizarra puede ser vista como una memoria compartida

Arquitectura de Pizarra



Protocolo de votación

- Este mecanismo elige la salida en base a las entradas ofrecidas por todos los agentes.
- El alcanzar un acuerdo por votación se puede conseguir por medio de:
 - Protocolo de la pluralidad (el mayor número de votos gana)
 - Protocolo binario (series de votos con 2 opciones cada una)
 - Protocolo de Borda
 - La suma de las preferencias de todos los agentes;
 - Cada agente revela sus preferencias .
 - Una función de bienestar social asigna N puntos a la elección de todos los individuos, $N-1$ a la siguiente elección, etc., siendo N el número de candidatos

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

Umbral de Respuesta

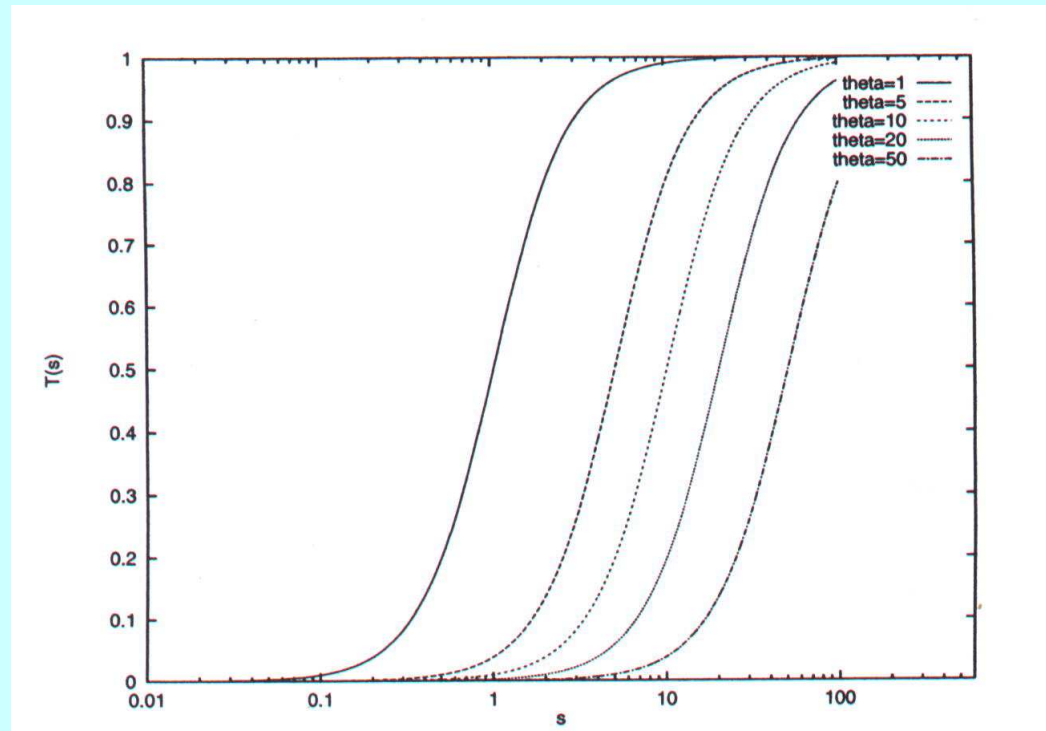
- Cada Individuo:
umbral de respuesta por tarea
- Caso individuo que hace una tarea desaparece:
estimulo asociado a la tarea aumenta en intensidad en el resto de los individuos
- Tarea hecha por un individuo:
reduce intensidad del estimulo asociado a esa tarea

Umbral de Respuesta

- Función de Respuesta: *probabilidad de realizar la tarea en función de la intensidad del estímulo s*

$$T_{\theta}(s) = \frac{s^n}{s^n + \theta^n}$$

θ : umbral de respuesta
 n : grado de no linealidad
del modelo



Modelo con m tareas y varios tipos de trabajadores

- Dinámica de los x_{ij}

$$\partial_t x_{ij} = \frac{s_j^n}{s_j^n + \theta_{ij}^n} \left(1 - \sum_{k=1}^m x_{ik} \right) - p x_{ij}$$

p : probabilidad que un individuo activo pase a inactivo

x_{ij} : fracción de individuos del tipo i realizando la tarea j

- Dinámica de s

$$\partial_t s_j = \delta_j - \alpha_j \sum_{i=1}^N x_{ij}$$

N : Números de tipos de individuos en la colonia ($N = \sum n_i$)

α_j : valor escalar que mide la dificultad de la tarea j

δ_j : aumento de la intensidad del estímulo por unidad de tiempo

Especialización

Probabilidad que individuo i haga tarea j

$$T_{\theta_{ij}}(s_j) = \frac{s_j^n}{s_j^n + \theta_{ij}^2}$$

Actualización de θ_{ij} es

$$\theta_{ij} = \theta_{ij} - x_{ij}\beta\Delta t + (1 - x_{ij})\lambda\Delta t$$

β : tazas de aprendizaje

λ : taza de olvido

Adopción social de metas

- La mente del agente Ag2 cambia al adquirir una nueva meta, que existía previamente.
- El agente Ag2 pasa a querer satisfacerla.
- Los otros agentes conocen esto y deciden dejar que Ag2 haga que la meta se cumpla.
- Los otros agentes que aun no han adquirido la misma meta que el agente Ag2, pasan a hacerlo porque saben que se trata de una meta del agente Ag2.

Compromiso social

- El conocimiento del agente Ag1 (miembro del grupo) acerca de la intención del agente Ag2 de hacer una tarea o acción dada (delegación);
- La confianza del agente Ag1 de que Ag2 es capaz y tendrá la oportunidad de hacer la acción.
- El compromiso social del agente Ag2 con el agente Ag1 para hacer la acción (forma de adopción o adhesión a una meta).

Tipos de adopcion de metas

- **Ayuda literal.** El agente Ag1 adopta exactamente lo delegado por el agente Ag2.
- **Sobre ayuda.** El agente Ag1 va mas allá de lo delegado por el agente Ag2, sin cambiar el plan del agente Ag2.
- **Ayuda critica.** El agente Ag1 satisface los resultados relevantes de la acción o el plan solicitado, pero lo modifica.
- **Ayuda sobre critica.** El agente Ag1 lleva acabo una sobre ayuda, modificando el plan del agente Ag2.
- **Ayuda hiper-critica.** El agente Ag1 adopta la meta o los intereses del agente Ag2 que el mismo agente Ag2 no ha considerado. Al hacer esto, el agente Ag1 no lleva acabo la acción o plan solicitado que le fueron delegados, sino que lo reevalua en funcion de sus planes y los nuevos adoptados.

Coordinación

Coordinación

- Concepto “universal”:
 - Ciencias Sociales, Economía, Biología, ...
 - Robótica, Ingeniería del Software, Lenguajes de Programación, Inteligencia Artificial (Distribuida), ...
- Múltiples definiciones
- Coordinación en los Sistemas Multiagente (SMA):
 - es un problema clave en la construcción de SMAs
 - la capacidad para coordinarse es una característica esencial de un agente

COORDINACION DE ACCIONES

CONJUNTO DE ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS QUE SE DEBEN REALIZAR EN UN SMA

tareas no directamente productivas que mejoran la eficiencia total del sistema. Los agentes se coordinan para gestionar las dependencias existentes entre sus actividades

- ARTICULACION DE ACTIVIDADES HECHAS POR CADA AGENTE
- MEJORAR ACCION DEL GRUPO:
 - **AUMENTO DE RENDIMIENTOS**
 - **DISMINUCION DE CONFLICTOS**

COORDINACION DE ACCIONES

- **POR QUE COORDINAR:**
 - **AGENTES NECESITAN RESULTADOS E INFORMACION PRODUCIDAS POR OTROS AGENTES**
 - **RECURSOS SON LIMITADOS**
 - **OPTIMIZAR COSTOS**
 - **PONER A TRABAJAR JUNTOS A AGENTES CON OBJETIVOS DIFERENTES PERO QUE DEPENDEN ENTRE SI**

VISTA LA COORDINACION DE ACCIONES COMO UN PROBLEMA

- CON QUIEN COORDINARSE?
- RELACIONES ENTRE LAS ACCIONES:
 - DE DEPENDENCIA MUTUA ENTRE ELLAS
 - NEGATIVAS:
 - OBJETIVOS NO COMPATIBLES
 - CONFLICTOS DE RECURSOS
 - POSITIVAS
 - DE IGUALDAD
 - DE FAVOR
 - DE SUBCONJUNTO DE OTRA

COORDINACION DE ACCIONES

- Dos enfoques para su solución:
- Centralización
 - Un agente coordinador especial es el responsable de detectar las interdependencias entre las actividades de los agentes locales.
- Descentralización
 - No existe un agente de ese tipo. Los agentes interactúan entre sí. Poseen el conocimiento para descubrir inconsistencias entre sus acciones previstas y adaptar mutuamente sus decisiones locales.

COORDINACION DE ACCIONES

- **CARACTERISTICAS TEMPORALES**
 - **RAPIDEZ**
 - **ADAPTATIBILIDAD**
 - **PREDICTIVIDAD**
- **CARACTERISTICAS ORGANIZALES**
 - **CENTRALIZADA/DISTRIBUIDA**
 - **MODO DE COMUNICACION**
 - **LIBERTAD DE MANIOBRA DE LOS AGENTES VS. MCA**
- **CARACTERISTICAS CALIDAD Y EFICACIA**
 - **MEJORAN RENDIMIENTO**
 - **ELIMINAN CONFLICTOS**
 - **NUMERO DE AGENTES**

COORDINACION DE ACCIONES

- **CARACTERISTICAS DE IMPLEMENTACION**
 - **CANTIDAD DE INFORMACION REQUERIDA**
 - **GRADO DE REPRESENTACION DE LOS OTROS**
 - **DIFICULTAD PARA IMPLEMENTAR EL MECANISMO**
- **CARACTERISTICAS DE GENERALIZACION**
 - **LA HETEROGENEIDAD DEL ENFOQUE**
 - **LA GENERALIDAD DEL METODO**

FORMAS DE COORDINACION DE ACCIONES

- **SINCRONIZACION:**
 - DE MOVIMIENTOS
 - DE ACCESO A RECURSOS => SECCIONES CRITICAS
- **POR PLANIFICACION**
 - PLANIFICACION CENTRALIZADA VS. DISTRIBUIDA
 - PLAN CENTRAL VS. DISTRIBUIDO
- **REACTIVA**
 - ACCIONES SITUADAS (CAMPOS DE POTENCIAS , RECURSO=>SINCRONIZACION)
 - MARCANDO EL AMBIENTE
 - DE MANADA/O JAURIA (AGREGAR, DISPERSAR, EVITAR, VIGILAR)
- **POR REGLAMENTACION**
 - REGLAS SOCIALES

COORDINACION DE ACCIONES

CRITERIOS VS TIPOS	SINCRONIZ.	PLANIFICACION	REACTIVO	REGLAM.
RAPIDEZ	MUY BUENA	DEBIL	MUY BUENA	BUENA
ADAPT.	MUY DEBIL	DEBIL	MUY BUENA	BUENA
PREDICT.	DEBIL	MUY BUENA	DEBIL	MEDIA
CENTR/DIST	INDIFERENTE	INDIF.	INDIF.	CENTR
MODO COM.	MENSAJE	MENSAJE	ESTIMULO	INDIF.
LIBERTAD ACCION	MUY DEBIL	DEBIL	GRANDE	MUY DEB
EVITAR CONF	BUENA	BUENA	DEBIL	BUENA
NUM. AGENT	GRANDE	DEBIL	MUY GRANDE	GRAND
HETEROGEN	DEBIL	MUY DEBIL	ALTA	MEDIA
GENERALIZ	DEBIL	MEDIA	MEDIA	MEDIA

Coordinación

- Métricas de Calidad (desde la teoría de grafos)
 - Cantidad de mensajes intercambiados durante la colaboración.
 - Cantidad de distintos canales de comunicación utilizados.
 - Grado de participación de cada agente en la realización de la tarea.
 - Duración total de la realización de la tarea.

- Coordinación óptima

Es deseable que los agentes lleven a cabo su tarea en el *tiempo mínimo*, con una cantidad mínima de *mensajes*, utilizando el *número mínimo de canales de comunicación* y que el *balance de carga de* trabajo entre los agentes sea aproximadamente *uniforme*