

Interacciones en los Sistemas Multiagentes

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

¿Influyen los agentes en otras arquitecturas de software?

Interoperabilidad de aplicaciones

Generación	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
<i>Comunicación</i>	TCP/IP	CORBA	HTTP	Mensajes
<i>Información</i>	SQL	XML	RDF	OWL
<i>Aplicación</i>	RPC	EDI	SOAP	Protocolos
<i>Configuración</i>	Hard-coded	Directorios	UDDI	Selección

¿Influyen los agentes en otras arquitecturas de software?

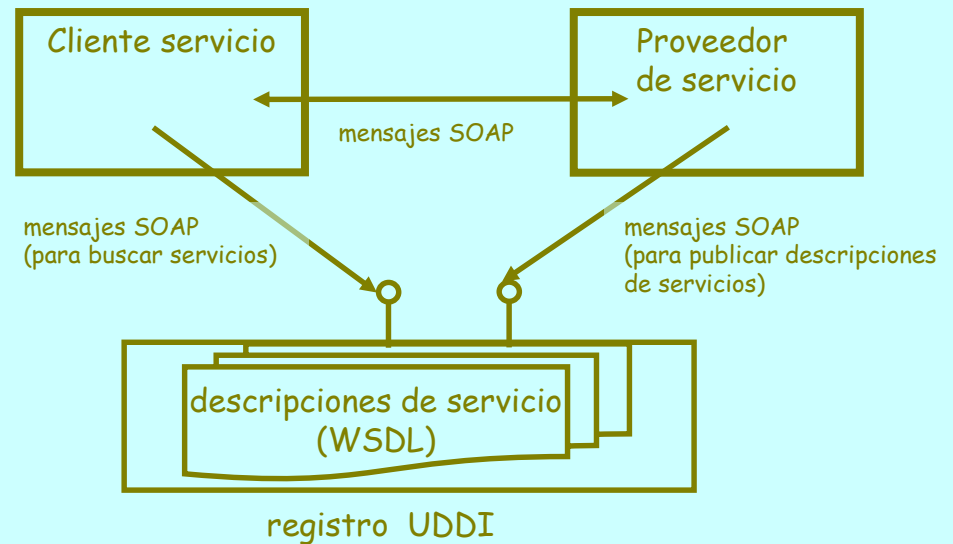
Interoperabilidad de aplicaciones

		Middlewares		SOC/SW	Agentes
Generación	Primera	Segunda	Tercera		Cuarta
<i>Comunicación</i>	TCP/IP	CORBA	HTTP		Mensajes
<i>Información</i>	SQL	ORBBus	XMLBus ESBus		RDF/OWL
<i>Aplicación</i>	RPC	EDI/Modelos Dominio	SOAP		Protocolos
<i>Configuración</i>	Hard-coded	Directorios	UDDI		Selección

Contribución de los SMA

Trasladan las fases y los protocolos de interacción entre agentes/entidades a la Web

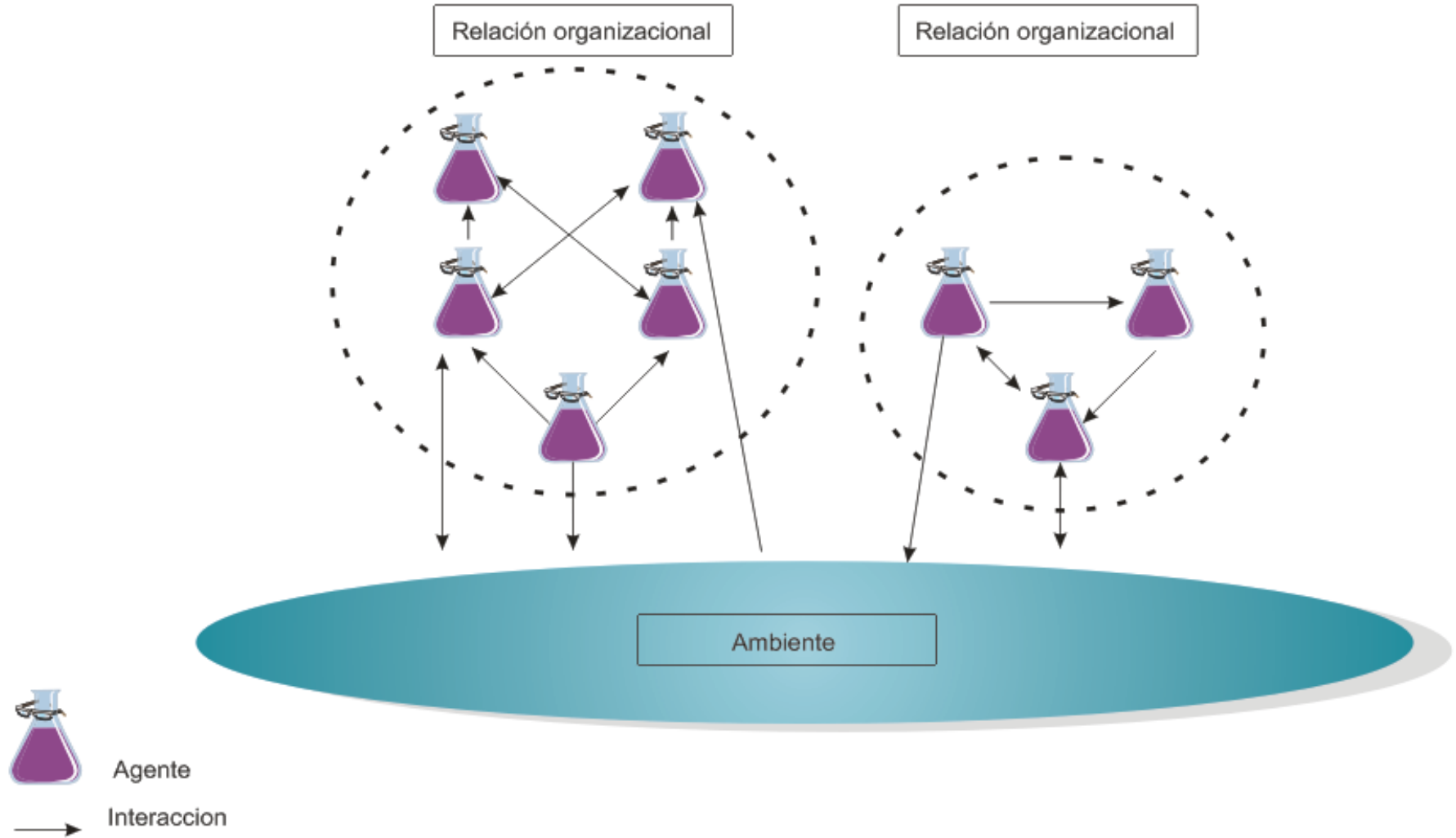
SOA



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.

Sistemas Multiagentes

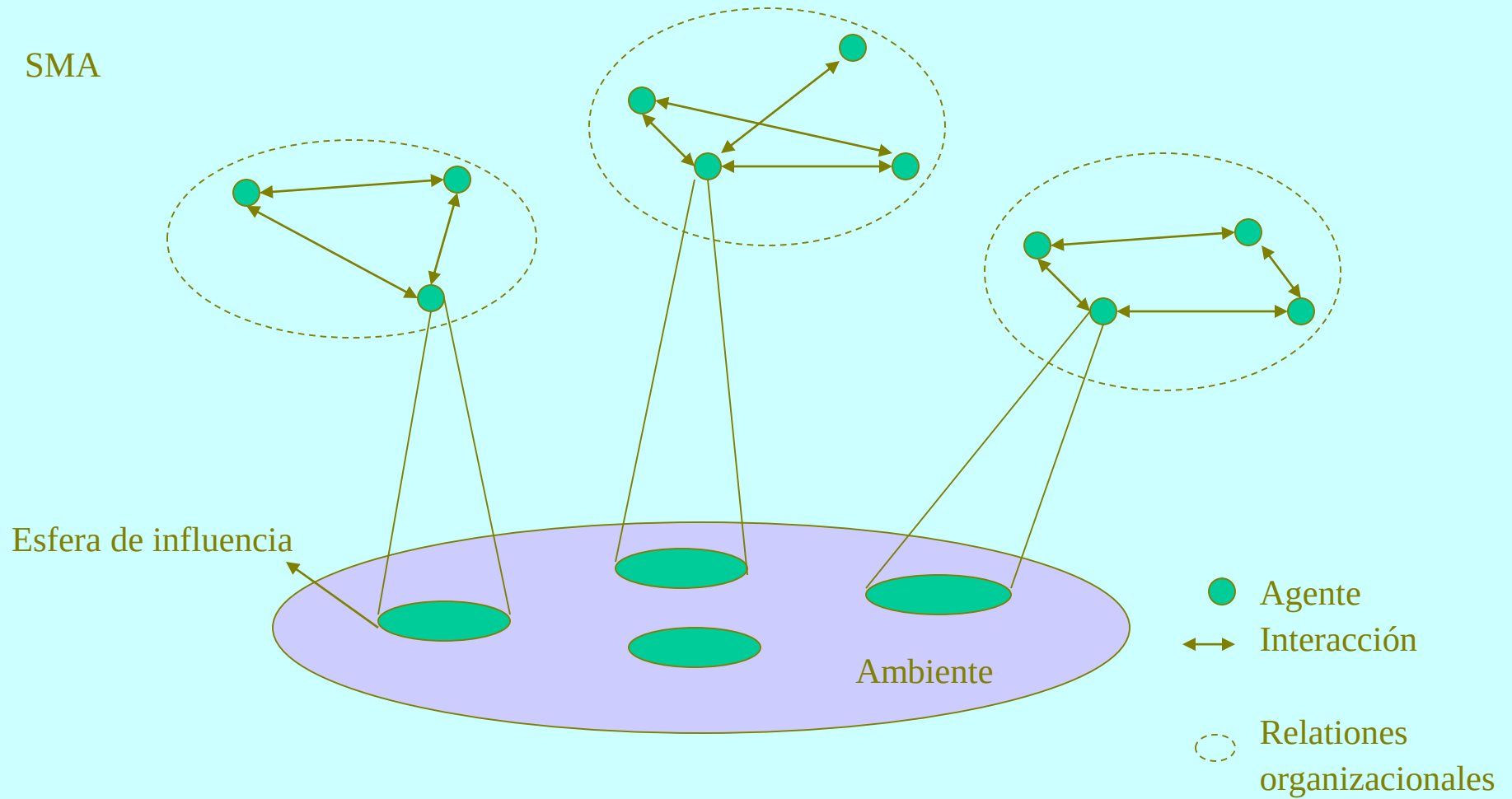


Características de ambientes multiagentes

- Contiene una serie de agentes que :
 - **Interactúan** unos con otros a través de la comunicación
 - **Son capaces** de actuar en un entorno
 - **Tienen** diferentes "esferas de influencia"
 - **Pueden** estar vinculado por otras relaciones, por ejemplo, organizacionales
- Es importante entender el **tipo de interacción**.
- Cada agente puede suponer ser **auto-interesado**:
 - tiene sus propias preferencias y deseos acerca de cómo debería ser el mundo.

SMA

SMA



Interacciones

”El mundo funciona a través de agentes que interactúan. Cada persona persigue sus propios objetivos a través de encuentros con otras personas o máquinas.”

”Rules of Encounter” Rosenchein and Zlotskin, 1994

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 se 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

- Las interacciones en un SMA están determinadas 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: *Solicitud (Request), Consulta (Query), Redes de Contrato (Contract-Net), Subasta Inglesa (British Auction) y Subasta Holandesa (Dutch Auction)*.

Ejemplo 1

Dos estudiantes deciden trabajar juntos sus ejercicios.

Ellos tienen que decidir sobre un tiempo. Uno prefiere trabajar en las tardes de los Jueves después de clases, mientras que el otro prefiere trabajar en la mañana del viernes.

¿Cómo deciden en un tiempo para hacer el trabajo?

Ejemplo 2

Un amigo te invita a tomar una copa y al cine esta noche.

Pero tu programa de televisión favorito es esta noche.

Piensas:

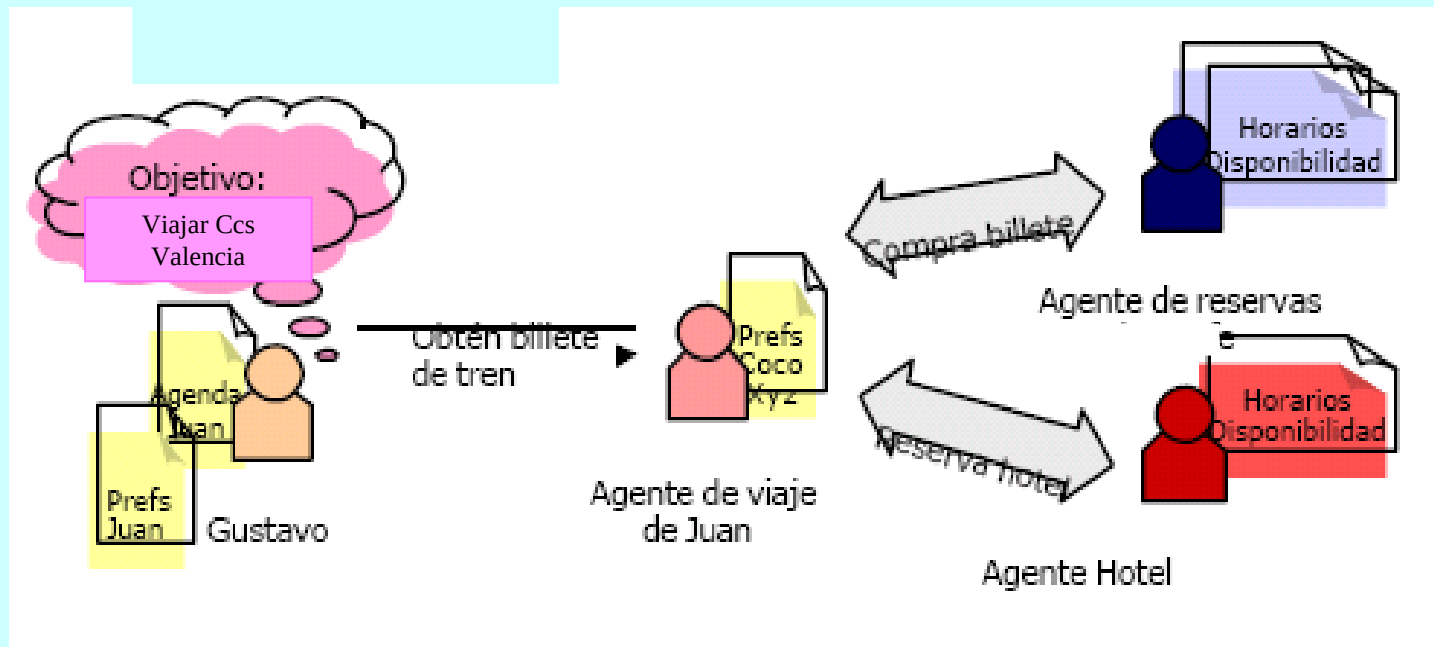
- Sería bueno salir con mi amigo, pero es más barato ver la televisión.
- Si me quedo en casa y veo la televisión, puede que no tenga la oportunidad de salir con mi amigo por un tiempo.
- Puedo grabar el programa y verlo después.
- Puedo invitar a mi amigo a casa.

INTERACCIONES

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

Ejemplos de Interacciones

Para cumplir objetivos necesita la colaboración con otros agentes



Además, los agentes necesitan servicios de localización de agentes

- Páginas blancas
- Páginas amarillas

INTERACCIONES

CRITERIOS PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE INTERACCION

- **OBJETIVOS DE LOS AGENTES** SON COMPATIBLES O NO
- **RELACION CON LOS RECURSOS**
CONFLICTIVO
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)

Protocolos de interacción Agente

Gobiernan el intercambio de una serie de mensajes entre los agentes

Caso 1: Los agentes tienen objetivos en conflicto

Caso 2: Los agentes tienen objetivos similares

Agentes tienen objetivos en conflicto

Objetivos contradictorios o simplemente auto-interés

Maximizar la rentabilidad (funciones de utilidad)

Agentes tienen objetivos similares

- Objetivo: mantener el rendimiento global coherente sin violar comportamiento autónomo de agentes
 - Determinar metas compartidas
 - Determinar las tareas comunes
 - Evitar conflictos innecesarios
 - Conocimiento compartido

Algunos Protocolos de interacción

- Protocolos de coordinación
- Protocolos de Cooperación
- Sistemas de Blackboard
- Protocolos de Negociación
- Protocolos de Mantenimiento
Creencia
- Mecanismos de mercado

Taxonomía interacción

Directas

- con un conocimiento previo
- descubrimiento agentes a través de agentes intermedios
- con un conocimiento previo y agentes intermedios

Indirectas

- guiada/mediada por artefactos
- interacciones fundamentadas espacialmente

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 los demás sobre x
 - $x_t = 1$ 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

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.

Utilidades y preferencias

- Cada agente tiene sus propias preferencias y deseos sobre como debería ser el mundo (**auto-interés**)
- Conjunto de resultados o estados posibles, de los cuales algunos serán preferidos por los agentes:

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$$

Funciones de utilidad

- Las preferencias de cada agente se representan por la asignación de un número real para cada resultado
- Las preferencias de un agente i serán capturadas por la función:

$$u_i: \Omega \longrightarrow \mathbb{R}$$

Funciones de utilidad: orden de preferencia

- Si ω y ω' son resultados en Ω , y $u_i(\omega) \geq u_i(\omega')$ entonces el resultado ω es preferido por el agente i al menos tanto como ω'
- Escribimos $\omega \succeq_i \omega'$ como abreviatura de $u_i(\omega) \geq u_i(\omega')$
- En forma similar si $u_i(\omega) > u_i(\omega')$ entonces el resultado ω es estrictamente preferido sobre ω' , escribimos $\omega \succ \omega'$

Funciones de utilidad: orden de preferencia

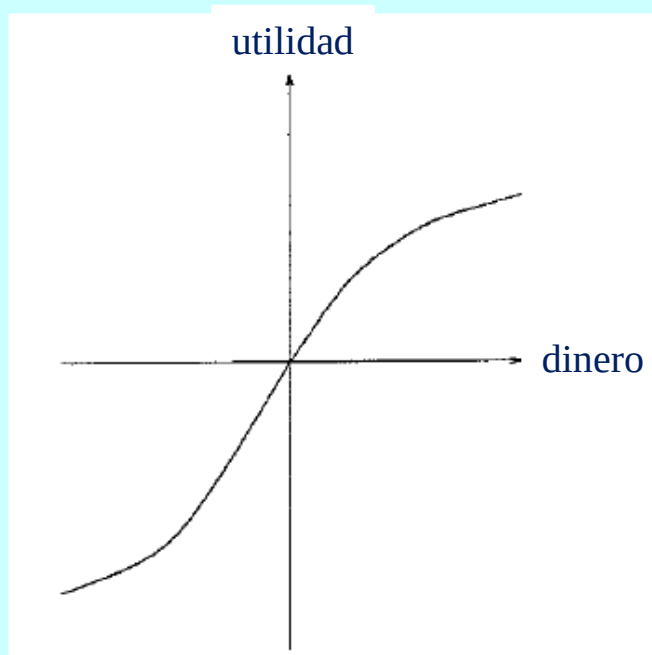
la relación $\succeq_i$ es un ordenamiento sobre Ω :

- **Transitividad:** si $\omega \succeq_i \omega'$, y $\omega' \succeq_i \omega''$, entonces $\omega \succeq_i \omega''$
- **Equivalencia:** para todo $\omega \in \Omega$ y $\omega' \in \Omega$ tenemos que $\omega \succeq_i \omega'$ o $\omega' \succeq_i \omega$

La relación de preferencia estricta satisface las propiedades

Funciones de utilidad

La forma más simple de pensar sobre utilidades es dinero; entre más dinero mejor.



Sin embargo, las funciones de utilidad para representar las preferencias del agente, no se igualan simplemente al dinero

Encuentros entre multiagentes

- Dos agentes escogerán simultáneamente una acción a realizar en el ambiente, y como producto de las acciones se obtiene un resultado en Ω .
- El resultado dependerá de la combinación particular de las acciones realizadas.
- Ambos agentes pueden influir en el resultado.
- Se asume que los agentes no tienen opción de realizar una acción, simplemente ir adelante y realizar alguna.
- Se asume también que ellos no pueden ver la acción realizada por el otro agente.

Encuentros entre multiagentes

- Se necesita un modelo del entorno en el que los agentes actuarán.
- Agentes eligen simultáneamente una acción y, como resultado resultará Ω .

Resultado real depende de una **combinación de acciones**.

- Comportamiento entorno determinado por la **función transformadora de estado**:

$$\begin{array}{ccccccc} T : & A_i & + & A_j & \longrightarrow & \Omega \\ & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & \\ & \text{Acción agente } i & & \text{Acción agente } j & & \end{array}$$

Encuentros entre multiagentes

- Para hacer el análisis más sencillo asumimos que cada agente tiene solamente dos posibles acciones.
- Llamaremos **‘C’ a cooperación y ‘D’ a no cooperación.**
- Sea $A = \{C,D\}$ el conjunto de acciones
- La forma en que se comporta el ambiente está determinada por la función

$$T: A_i \times A_j \longrightarrow \Omega$$

Encuentros entre multiagentes

- Como resultado de las acciones (C ó D) seleccionadas por los agentes i y j se obtendrá un resultado.

- Ejemplo de una función de ambiente:

$$T(D, D) = \omega_1, \quad T(D, C) = \omega_2,$$

$$T(C, D) = \omega_3, \quad T(C, C) = \omega_4$$

- Funciones de utilidad:

$$u_i(\omega_1) = 1, u_i(\omega_2) = 1, u_i(\omega_3) = 4, u_i(\omega_4) = 4$$

$$u_j(\omega_1) = 1, u_j(\omega_2) = 4, u_j(\omega_3) = 1, u_j(\omega_4) = 4$$

Encuentros entre multiagentes

- El ambiente es sensible a las acciones de ambos agente:

$$T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_2, T(D, D) = \omega_3, T(D, D) = \omega_4,$$

- Ninguno de los agentes tiene influencia:

$$T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_1$$

- Este ambiente está controlado por j:

$$T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_2, T(D, D) = \omega_1, T(D, D) = \omega_2$$

Encuentros entre multiagentes:

Caso 1

- Combinando:

$$u_i(D,D) = 1, u_i(D,C) = 1, u_i(C,D) = 4, u_i(C,C) = 4$$

$$u_j(D,D) = 1, u_j(D,C) = 4, u_j(C,D) = 1, u_j(C,C) = 4$$

- Las preferencias del agente i pueden caracterizarse así:

$$C,C \succeq_i C,D \succeq_i D,C \succeq_i D,D$$

- Claramente el agente i prefiere las opciones donde coopera, sin importar que escoja j. De la misma forma j prefiere las acciones donde coopera.

En este escenario ningún agente se preocupa por la escogencia del otro. Si ambos actúan racionalmente la acción conjunta será cooperar C,C.

Encuentros entre multiagentes: caso 2

- Supongamos las siguientes funciones de utilidad:
 $u_i(D,D) = 4, u_i(D,C) = 4, u_i(C,D) = 1, u_i(C,C) = 1$
 $u_j(D,D) = 4, u_j(D,C) = 1, u_j(C,D) = 4, u_j(C,C) = 1$
- Las preferencias del agente i sobre las posibles salidas:
 $D,D \succeq_i D,C \succeq_i C,D \succeq_i C,C$

En este escenario el agente i prefiere las opciones donde no coopera. De la misma forma j prefiere las acciones donde no coopera.

En la mayoría de escenarios multiagente la escogencia no es tan claro, en la mayoría de lo casos es mucho más difícil.

Encuentros entre multiagentes

Resumen del escenario de interacción anterior por medio de una matriz de resultados estándar de teoría de juegos

	i no coopera	i coopera
j no coopera	4 4	1 4
j coopera	4 1	1 1

Relaciones de dependencia en sistemas multiagente

- Se dan cuando uno de los agente requiere del otro para alcanzar sus metas
 - **Independencia:** ninguno dependel del otro
 - **Unilateral:** Solo uno depende del otro
 - **Mutua:** Ambos dependen entre sí para alcanzar el mismo objetivo
 - **Dependencia recíproca:** Ambos dependen entre sí para alcanzar objetivos diferentes

Alcanzar acuerdos

- Lograr acuerdos es un problema obvio en una sociedad de agentes con intereses propios
- Los agentes por lo general tendrán alguna capacidad de alcanzar acuerdos de beneficio mutuo, basándose en sus capacidades de negociación y argumentación
- Estas capacidades se definen en un protocolo que debe tener propiedades particulares

Diseño del mecanismo

Algunas propiedades de un protocolo de negociación:

- **Éxito garantizado:** eventualmente se llegará a un acuerdo
- **Maximizar el bienestar social:** se maximiza la utilidad de todos los participantes
- **Eficiencia de pareto:** no existe ningún otro resultado mejor para cualquier agente sin perjudicar a los otros
- **Racionalidad individual:** siguiendo las reglas del protocolo se alcanza el mejor resultado de los participantes
- **Estabilidad:** provee a los participantes con un incentivo para comportarse de una manera particular (Nash)
- **Simplicidad:** usar el protocolo permite fácilmente encontrar la estrategia óptima
- **Distribución:** el protocolo debería estar diseñado para asegurar que no existe “un solo punto de fallo”

Dependencia Social

Dependencia Social (x y a p):

Agente x depende de agente y con respecto a acción a para alcanzar un estado p , cuando p es un objetivo de x y x es incapaz de realizar p mientras que y es capaz de hacerlo.

Tipos de Dependencia

- **Voluntaria:** agentes adoptan roles que los unen a ciertos compromisos
- **Compuesta:** dependencia mutua se produce cuando x e y dependen unos de otros para la realización de una meta común p
- **Recíproca:** x e y dependen unos de otros para la realización de diferentes objetivos

INTERACCION ENTRE AGENTES

Para que dos o mas agentes puedan interactuar deben disponer de:

↳ Un protocolo de interacción: (como mantener una conversación)

↳ Un lenguaje de interacción (como construir mensajes)

↳ KQML

↳ FIPA ACL

↳ Un lenguaje para representar el conocimiento de cada agente

Tipos de Interacción

Cooperación

Coordinación

Negociación

Sistemas Multiagentes

Comunicación

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

Comunicación

Es la intención de intercambiar información a través de la producción y percepción de signos en un sistema compartido de signos convencionales

La **comunicación** permite a los agentes coordinar acciones y comportamientos para dar lugar a sistemas coherentes, capaces de conseguir las metas propias de los agentes o globales del sistema (Huhns y Stephens, 1999)

- Comunicación entre agentes
 - **Percepción:** Recibir mensajes
 - **Acción:** Enviar mensajes

Comunicación de Agentes

*PROCESOS SOCIAL QUE PERMITE INTEGRAR
MÚLTIPLES MODOS DE
COMPORTAMIENTO: LA PALABRA, EL
GESTO, LA MIRADA, LA MÍMICA, ETC.*

BATESON, 1981

BASE DE LA INTERACCIÓN!!!

Ej: **SEÑALES**=> LAS COMUNICACIONES SE REALIZAN
POR INTERMEDIO DE ELLAS
=> SE BASA EN SIGNOS (LINGÜÍSTICOS,
ÍNDICES, ETC.)
=> GENERAN ESTÍMULOS, ABDUCCIÓN, ..

Comunicación de Agentes

- La comunicación entre agentes **permite la interacción e interoperación entre agentes**, es decir: sincronizar acciones, enviar y recibir conocimiento, resolver conflictos en la resolución de una tarea, coordinar acciones y comportamientos, etc.
- La comunicación **da lugar a sistemas coherentes**, capaces de conseguir las metas propias de los agentes o globales del sistema
- Los agentes que cooperan en la realización de tareas tienen un **comportamiento social**
 - Los agentes **intercambian conocimiento**: además de datos, un mensaje tiene asociado un contenido semántico
 - Los agentes realizan **“actos de comunicación”**: Un agente influye en el conocimiento y acciones de otros agentes a través de un acto de comunicación

Comunicación de Agentes

¿Por qué es importante?

Coordinación, cooperación y negociación entre agentes

- **Entendimiento mutuo:**
 - Traducción entre lenguajes de representación
 - Compartir el contenido semántico
- **Debe haber un cierto acuerdo en:**
 - **Transporte:** cómo envían y reciben mensajes los agentes
 - **Lenguaje** usado: qué palabras uso en los mensajes
 - **Política** de dialogo: cómo estructuran sus conversaciones los agentes
 - **Arquitectura:** cómo conectar sistemas
 - **Comprensión mutua:** qué significan los mensajes

Comunicación de Agentes

Para la interoperabilidad de los agentes es esencial:

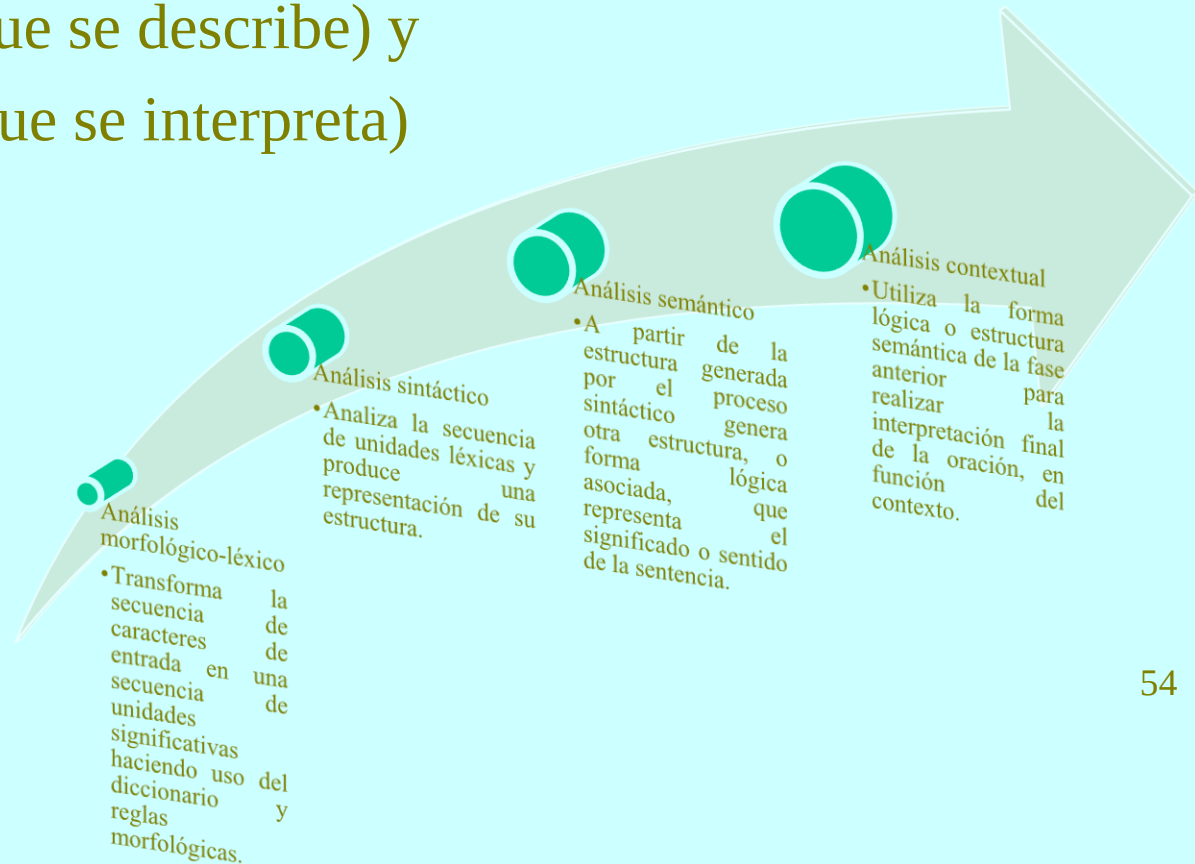
- **Lenguaje para definir los actos comunicativo**
 - **Enfoque Procedimental**
 - Son lenguajes sencillos y eficientes no aptos para esto
 - **Enfoque Declarativo** (por ej. ACL)
 - Intercambio de información declarativa
 - Problema de la expresividad
- **Lenguajes de contenido** para expresar el formato de intercambio del conocimiento.
- **Ontologías** para ponerse de acuerdo en un vocabulario y sentido común para describir un dominio.
- **Protocolos de interacción** predefinidos para definir cual es la secuencia de mensajes esperada => **conversación**
 - Red de Contratos
 - Mecanismo del Mercado
 - Pizarrón

Comunicación de Agentes

Para la interoperatibilidad de los agentes es esencial:

- Sintaxis (estructura),
- Semántica (que se describe) y
- Pragmática (que se interpreta)

Sistema de PLN



Comunicación de Agentes

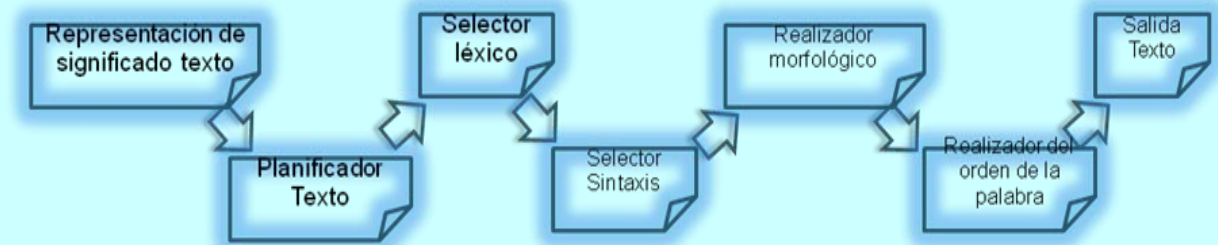
MODELO BASICO DE COMUNICACION

- EMISOR
- RECEPTOR
- CODIGO
- LENGUAJE
- CANAL (MEDIO)
- CONTEXTO

COMPONENTES COMUNICACION

EMISOR

- INTENCION
- GENERACION
- SINTESIS



RECEPTOR

- PERCEPCION
- ANALISIS
- MANEJO DE AMBIGUEDAD
- INCORPORACION



COMUNICACION

Directa:

- Percepción
 - Recibir mensajes
- Acción
 - Enviar mensajes

Indirecta:

- Percepción
 - Leer del ambiente
- Acción
 - Dejar señal en el ambiente

Clasificación de la Comunicación de Agentes

TIPO MENSAJE	MODO COMUNICACIÓN	ENRUTAMIENTO	INTENCION
MESAJE SIMB. PUNTO-PUNTO	PUNTO-PUNTO	DIRECTO	INTENCIONAL
MESAJE SIMB. DIFUNDIDO	DIFUSION GENERAL	DIRECTO	INTENCIONAL
ANUNCIOS	PUNTO-PUNTO DIFUSION	TABLA DE PUBLICACION	INTENCIONAL
SEÑAL	DIFUSION	PROPAGACION	INCIDENTE (DEPENDE DEL RECEPTOR)

PARA QUE SIRVE LA COMUNICACION

- PARA EXPRESAR
- PARA ORDENAR O SOLICITAR
- PARA REFERENCIAR EN UN CONTEXTO
- PARA VERIFICAR O CONSTATAR
- PARA DARLE VALOR A UN MENSAJE
- META-LINGÜÍSTICA: HABLAR DE OTROS MENSAJES, DE LA SITUACION DE COMUNICACIÓN, ETC.

Formas posibles de comunicación en los Agentes

- **No hay comunicación:** interactúan sin comunicarse, infiriendo las intenciones de otros agentes.
- **Comunicación primitiva:** está restringida a un número de señales fijas con una interpretación establecida de antemano.
- **Arquitectura de pizarra:** escriben mensajes, dejan resultados parciales o encuentran información en una pizarra, a la que todos los agentes tienen acceso.
- **Pase de mensajes:** origen modelo OO concurrente.
- **Comunicación de alto nivel:** interacción entre agentes a nivel de conocimiento (en vez de en el simbólico).

Los agentes pueden razonar sobre las intenciones, deseos y objetivos de otros agentes y comunicar estos deseos, objetivos e intenciones.

ACTOS DE HABLA

*DEFINEN EL **CONJUNTO DE ACCIONES
INTENCIONALES** EFECTUADAS EN EL
TRANSCURSO DE UNA COMUNICACIÓN*

PRAGMATISMO DEL DISCURSO

ACTOS DE HABLA

ASPECTOS

- LOCUCION (LOCUTION)
- PERFORMATIVA (ILLOCUTION)
- EFECTO (PERLOCUTION)

• TIPOS

- INFORMATIVAS
- DIRECTRICES O COMANDOS
- PROMESAS U OFERTAS
- PREGUNTAS Y RESPUESTAS
- RECONOCIMIENTO
- COMPARTIR

TIPOS DE ACTOS DE HABLA

<u>TIPO</u>	<u>EJEMPLO</u>	<u>CATEGORIA</u>
DEMANDA	DEMANDA-HACER	ORDENAR
INTERROGACION	PREGUNTAR	INTERROGACION
AFIRMACION	AFIRMAR	ASEGURAR
OFERTA DE SERVICIO	OFRECER-SERVICIO	PROMETER
INDICAR HABILIDADES	SABER-HACER	EXPRESIVO
PROPOSICION HIPOTESIS	PROPONER-IDEA	EXPRESIVO

ACTOS DE HABLA

- **COMO FALLA UN ACTO DE HABLA**

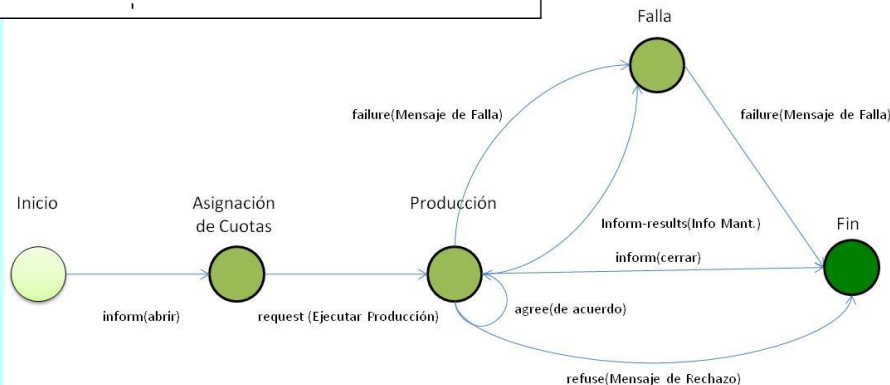
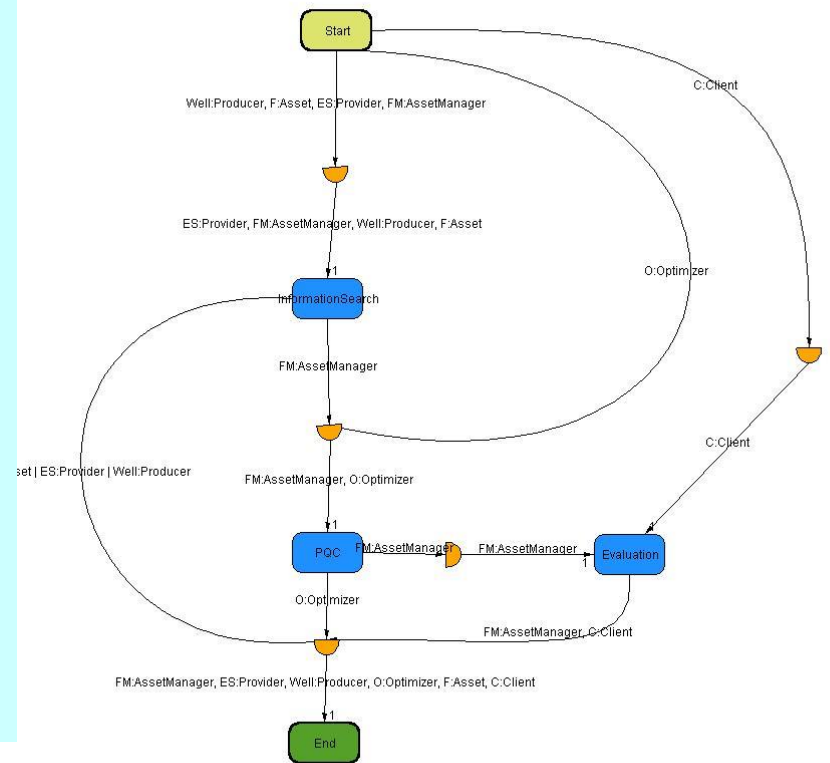
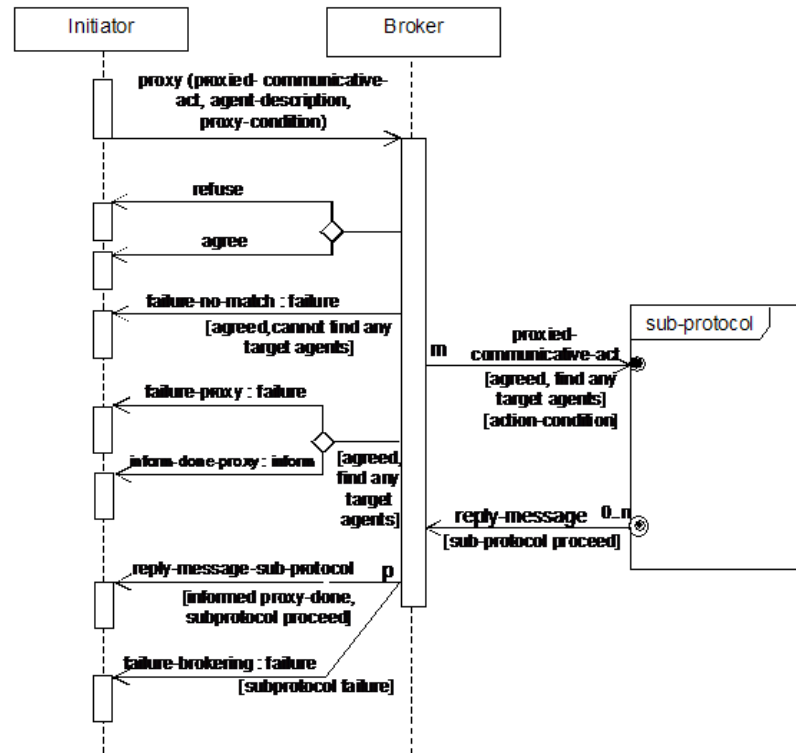
- EN EL ENUNCIADO
- EN LA INTERPRETACION
- EN LA REALIZACION EFECTIVA DEL ACTO

- **CONVERSACIONES**

- SECUENCIAS DE INTERACCIONES (ACTOS DE HABLA)
 - Autómatas
 - Redes de Petri
 - Diagrama de Interacción
- TEORIA DE ENCADENAMIENTO

CONVERSACIONES

FIPA-Brokering-Protocol



CONVERSACIONES

Patrón para el intercambio de mensajes entre dos o más agentes que acuerdan comunicarse entre si

- **Protocolos de conversación:** los agentes no realizan un simple intercambio de mensajes aislados, sino que mantienen conversaciones (Se espera cierto tipo de respuesta del interlocutor)
- **Ventajas asociadas a los protocolos de conversación**
 - Proporcionan un marco para el **intercambio de mensajes (interpretación)**.
 - Posibilitan mejor ajuste a **modelos intuitivos de interacción** entre agentes.
 - **La estructura conversacional es separable** del resto del comportamiento del agente (favorece la reutilización)

GRAMATICA

LEXICO: LISTA DE PALABRAS DEL VOCABULARIO

- NOMBRES, PRONOMBRES, VERBOS, ARTICULOS, DIGITOS, ETC.

Verbo -> es|ver|reir| ...

Nombres-> Jose|Maria, ...

GRAMATICA: COMBINACION DE LAS PALABRAS EN FRASES

- SENTENCIAS S-> FN FV| S conjuncion S
- FRASES PREPOSICIONALES FP -> Preposicion FN
- FRASES VERBALES FV-> Verbo| FV FN| FV adjetivo |...
- FRASES DE NOMBRES FN-> Pronombre|nombre|articulo nombre| ...
- CLAUSULAS RELATIVAS CR-> Que FV

Comunicación entre Agentes

- Lenguajes de comunicación de agentes
 - Basados en la teoría de actos del habla**
 - **KQML**
 - **FIPA ACL**
- Algunos autores consideran que la capacidad de comunicarse en un lenguaje de agentes es suficiente para considerar a un software como agente

Lenguajes de Comunicación de Agentes

- **Sintaxis:** Un conjunto predefinido de símbolos.
- **Semántica:** que describen los símbolos
- **Pragmática:** como se interpretan los símbolos

Ejemplos de lenguajes: **KQML, ACL**

Lenguajes de Comunicación de Agentes

- **Significado:** Semántica+Pragmática

- **Aspectos en el Significado:**

- Descriptivo vs. Prescriptivo
- Personal vs. Convencional
- Objetivo vs. Subjetivo
- Contextualidad
- Cobertura
- Identidad
- Cardinalidad

Los agentes se comunican para entenderse. (Singh, 2003)

ACL: Agent Communication Language

Lenguaje para intercambio de mensajes entre agentes.

Basados en explicitar la intención del mensaje

- **Componentes de base**

- Vocabulario
- Lenguaje “interno”: KIF
- Lenguaje “externo”: KQML

formato de intercambio de conocimiento

El lenguaje de manipulación y consulta de conocimiento

- Un mensaje en ACL es una expresión **KQML**, en la que los argumentos son términos o sentencias **KIF**, formadas por palabras del **vocabulario** del ACL

ACL: Agent Communication Language

El mensaje ACL posee los campos:

- **sender:** agente que envía el mensaje.
- **receivers:** lista de receptores.
- **performative:** tipo de mensaje. Indica la intención que el emisor intenta lograr enviando el mensaje.
- **content:** contenido principal del mensaje.
- **language:** lenguaje usado en el contenido. P.ej. la sintaxis utilizada para expresar el contenido.
- **ontology:** ontología usada en el contenido. P.ej. el vocabulario de símbolos usados en el contenido y su significado.
- **conversation-id, reply-with, in-replay-to, reply-by:** para el control de conversaciones concurrentes..

KQML

Es un lenguaje y protocolo basado en mensajes para comunicación entre agentes.

- Los mensajes KQML no sólo comunican frases en algún lenguaje sino que mas bien comunican una *actitud* sobre el contenido
- Las primitivas del lenguaje reciben el nombre de “*performatives*”
- Así, cada mensaje posee
 - Performativa
 - Parámetros

KQML

- **Tres capas**

- Contenido (KIF)
- Mensaje (Performativas)
- Comunicación

- **Performativas**

- **De discurso:** para intercambio de información y conocimiento (ask, tell)
- **De intervención y conversación:** para intervenir en una conversación (sorry, next, ready)
- **De red:** no son estrictamente actos de habla, pero permiten a los agentes encontrar otros agentes (recruit, register)

KQML

- **Mensajes en KQML**

```
( Performativa
  : content (<Contenido a transm.>)
  : receiver <destino>
  : language <lenguaje del contenido>
  : ontology <ontologia usada>
)
```

- **Ejemplo**

```
( ask-one
  :content (PRICE IBM ?price)
  :receiver -stock-server
  :language LPROLOG
  :ontology NYSE-TICKS
)
```

KQML

Otro Ejemplo

```
(inform
  :sender agent1
  :receiver agent2
  :content (price good2 100)
  :language sl
  :ontology hpl-auction)
```

KQML (Realizativas o performativas)

Se usan para los actos comunicativos (Actos de Habla)

Actos Comunicativos

Operaciones

para preguntas básicas

evaluate, ask-if, ask-in, ask-one, ask-all

de preguntas con varias resp.

stream-in, stream-all

de respuesta

reply, sorry

de información genérica

tell, achieve, cancel, untell ...

para control de flujo

standby, ready, next, rest, discard ...

que define capacidades

advertise, subscriber, monitor, export ...

de gestión

register, forward, broadcast, router ...

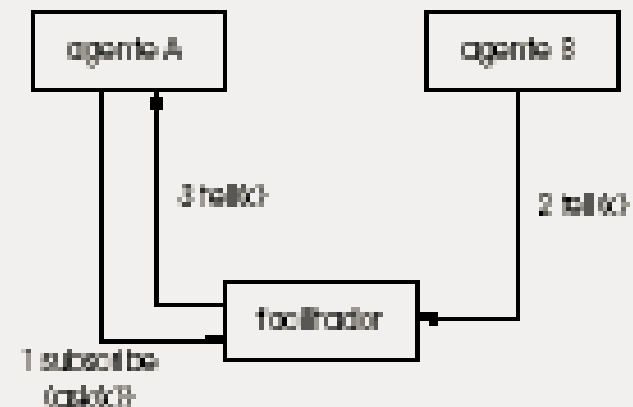
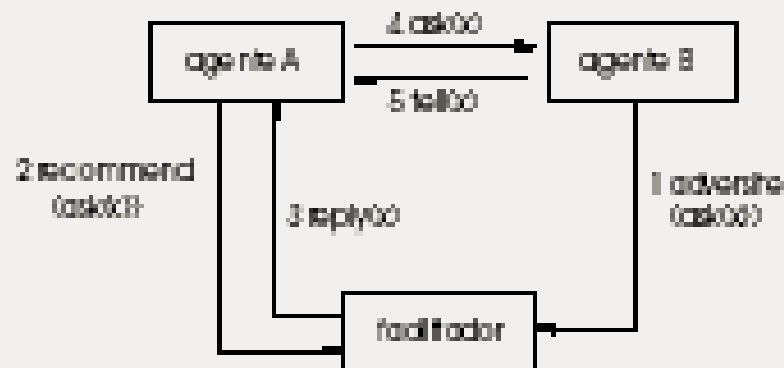
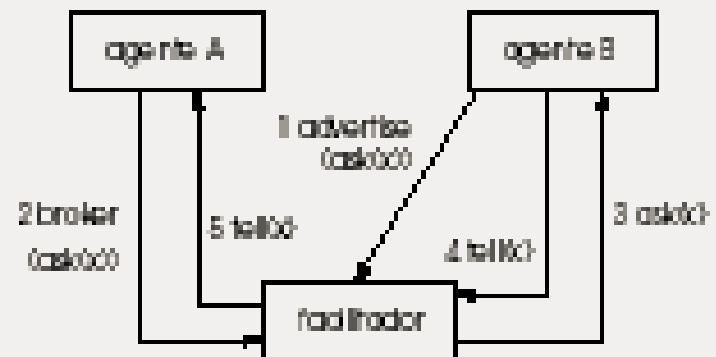
Más performativas

- **ACCEPT_PROPOSAL**: acepta una propuesta sobre la ejecución de una acción.
- **AGREE**: expresa el acuerdo sobre la ejecución futura de una acción.
- **CANCEL**: expresa desacuerdo del emisor sobre la ejecución de una acción por parte del receptor.
- **CFP**: (call for proposal) solicita una propuesta.
- **CONFIRM**: el emisor confirma al receptor la validez de una proposición.
- **DESCONFIRM**: el emisor confirma al receptor que una proposición es falsa.
- **FAILURE**: comunica que una acción que intentaba ejecutar Falló
- **INFORM**: informa que una proposición es verdadera.
- **NOT UNDERSTOOD**: el emisor E informa al receptor R que percibió que R ejecutó alguna acción, pero que E no la comprende.

Más performativas

- **PROPOSE**: envía una propuesta para ejecutar cierta acción, dada cierta precondition.
- **QUERY IF**: consulta a otro agente si una proposición es verdadera o no.
- **REFUSE**: rechaza ejecutar una acción, y explica los motivos del rechazo
- **REJECT PROPOSAL**: rechaza una propuesta durante una negociación.
- **REQUEST**: solicita la ejecución de una acción.

Interacciones KQML



KIF

Es usado para describir:

- Propiedades de cosas en un dominio (“Fulano de Tal es el jefe”).
- Relaciones entre cosas en un dominio (“Fulano es el jefe de Sutano”).
- Propiedades generales de un dominio (“Todos los estudiantes tienen vacaciones”)

KIF

Originalmente desarrollado con la intención de ser un lenguaje común para expresar propiedades de un dominio en particular.

- Lenguaje de predicados de primer orden
- Notación prefija (LISP)
- Ejemplo

(= (temperature ml) (scalar 83 Celsius))

(defrelation bachelor (?x) :=

(and (man ?x)

(not (married ?x))))

KIF

Otro ejemplo

```
(salario 015-46-3946 ventas 72000)
(salario 026-40-9152 inventario 36000)
(salario 415-32-4737 planificación 42000)

(> (* (ancho chip1) (largo chip1)) (* (ancho
chip2) (largo chip2)))
```

También puede usarse para escribir programas!!

Ejemplo de uso de KQML

- Para poderse comunicar, los agentes deben estar de acuerdo en un conjunto de términos.
- La especificación formal de un conjunto de términos es conocido como una *ontología*.
- Ejemplo de un diálogo KQML/KIF:

A to B: (tell (> 3 2))

A to B: (perform (print "Hello!"))

B to A: (reply done)

A to B: (ask-if (> (size chip1) (size chip2)))

B to A: (reply true)

A to B: (ask (position ?chip1 ?chip2 ?chip3))

B to A: (tell (position chip1 8 10))

B to A: (tell (position chip2 8 46))

B to A: (tell (position chip3 8 64))

Ontologías para la comunicación entre agentes

- **Uso habitual de las ontologías**
para lograr la compartición y la comunicación del conocimiento:
- **Necesidad de acordar terminología.**
 - Lenguaje de representación de conocimiento común
 - Lenguaje de comunicación común (lenguaje de comunicación entre agentes)
- **La semántica es muy importante:**
 - Los agentes se comunican para entenderse
 - necesitan ontología común o reglas de traducción

Ontologías para la comunicación entre agentes

« Una especificación de una conceptualización... una descripción de los conceptos y relaciones que pueden existir para un agente o una comunidad de agentes»

T.R. Gruber

« Una ontología es un catalogo de los tipos de cosas que, se asume, existen en un dominio de interés D desde la perspectiva de una persona, la cual usa un lenguaje L para hablar sobre D»

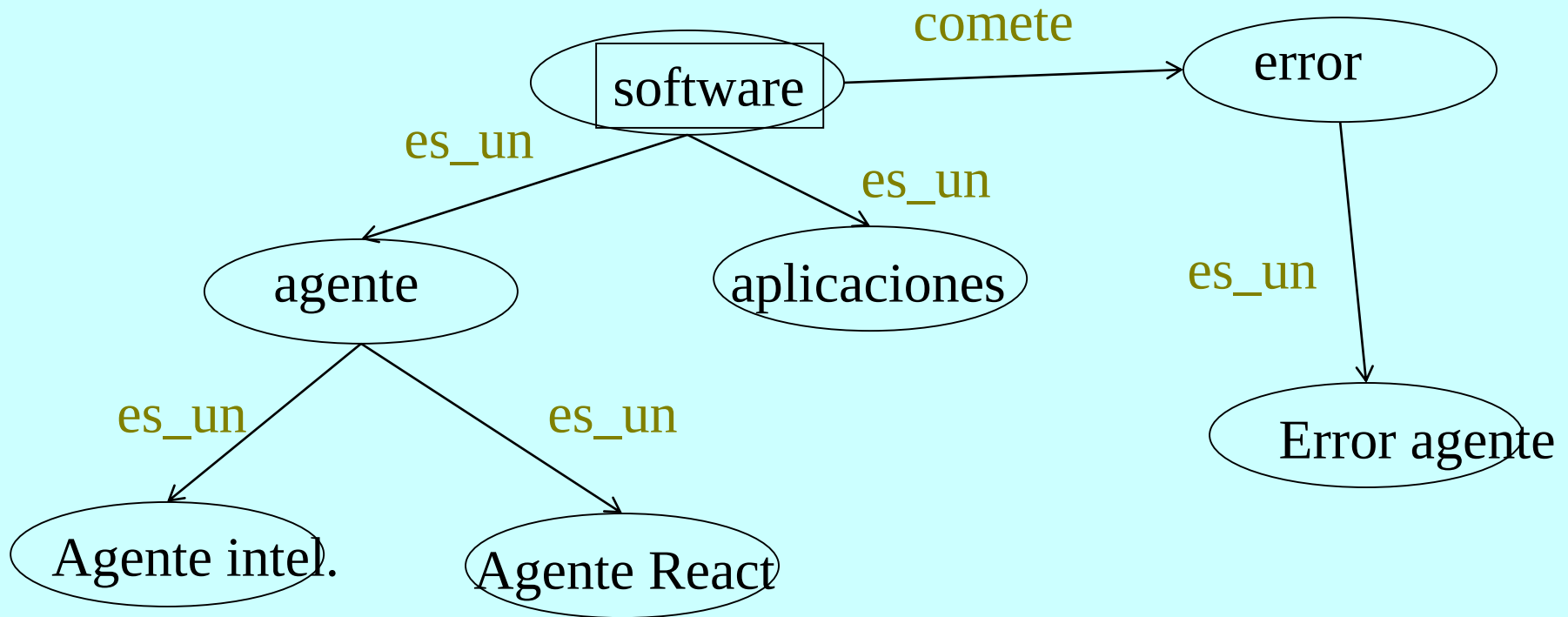
John F. Sowa

« *Un ontología trata sobre la exacta descripción de las cosas y sus relaciones*»

World Wide Web Consortium (W3C)

Ontologías para la comunicación entre agentes

“El agente cometió un error.”



FIPA ACL

- Recientemente la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) inició un trabajo en la creación de estándares para agentes y la pieza central es el lenguaje ACL
- La estructura básica es muy similar a KQML:
 - 20 performativas en FIPA
 - “*Housekeeping*”:
Por ejemplo, el emisor, receptor, etc.
 - “*Content*”:
El contenido en sí del mensaje.

FIPA ACL

Comunicación de alto nivel

- ACL (*Agent Communication Language*)
- Iniciativa KSE (*Knowledge Sharing Effort*) → KQML

```
(<Performativa>  
  :content <sentencia/acto del habla>  
  :sender <agente>  
  :receiver <agente>  
  :language <texto>  
  :ontology <texto>  
)
```

Capa1	Contenido Mensaje
Capa2	Datos para la comunicación
Capa3	Performativas

Performativas del FIPA ACL

performative	passing info	requesting info	negotiation	performing actions	error handling
accept-proposal			x		
agree				x	
cancel		x		x	
cfp			x		
confirm	x				
disconfirm	x				
failure					x
inform	x				
inform-if	x				
inform-ref	x				
not-understood					x
propose			x		
query-if		x			
query-ref		x			
refuse				x	
reject-proposal			x		
request				x	
request-when				x	
request-whenever				x	
subscribe		x			

FIPA ACL

Un ejemplo:

```
( inform
  :sender agent1
  :receiver agent5
  :content (price good200 150)
  :language sl
  :ontology hpl-auction
)
```

- Las performativas “**Inform**” y “**Request**” son las dos performativas básicas en el ACL de FIPA.
- Todas las demás son definiciones *macro* en términos de éstas.
- El significado de “inform” y “request” es definido en dos partes:
 - La pre-condición
 - El efecto racional.

FIPA ACL

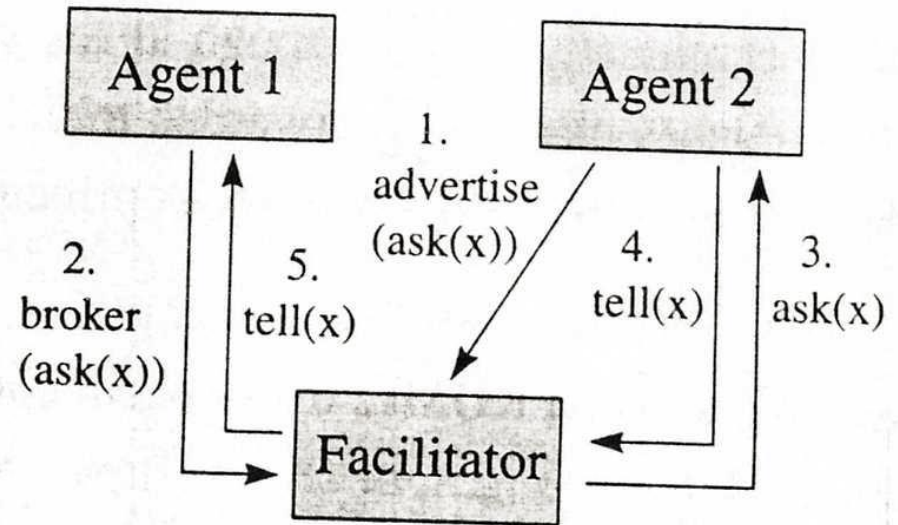
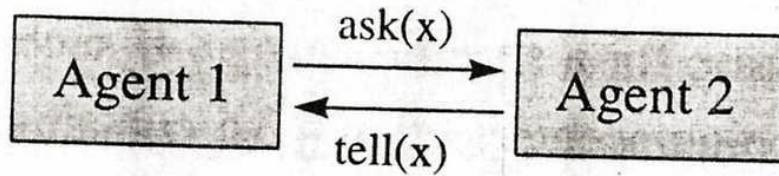
Para la performativa “inform” :

- **El contenido** es un *enunciado*.
- **La pre-condición** quiere decir que el emisor:
 - Crea que el contenido es verdadero.
 - Tenga la intención de el receptor crea el contenido.
 - No crea ya que el receptor está consciente de si el contenido es verdadero o falso.

Para la performativa “request”:

- **El contenido** es una *acción*.
- **La pre-condición** quiere decir que el emisor:
 - Tenga la intención de que el receptor ejecute la acción .
 - Crea que el receptor es capaz de efectuar la acción
 - No crea que el receptor ya tiene la intención de ejecutar la acción.

FIPA ACL



Envío y Recepción de mensaje

```
ACLMessage msg = new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);  
msg.addReceiver(new AID("Peter", AID.ISLOCALNAME));  
msg.setLanguage("English");  
msg.setOntology("Weather-forecast-ontology");  
msg.setContent("Today it's raining");  
send(msg);
```

- **Recepción de mensajes**

- Usando blockingReceive()*

- ACLMessage msg = blockingReceive();

- Usando receive()*

- public void action() {
 ACLMessage msg = myAgent.receive();
 if (msg != null) {
 // Procesa el mensaje recibido

 ...
 }
 else {
 block();
 }
}

Conversaciones concurrentes

- **conversation-id:** identifica la conversación unívocamente.
- **reply-with:** identificador de la respuesta.
- **in-replay-to:** reply-with del mensaje anterior (Referencia a reply-with)

Comunicación indirecta

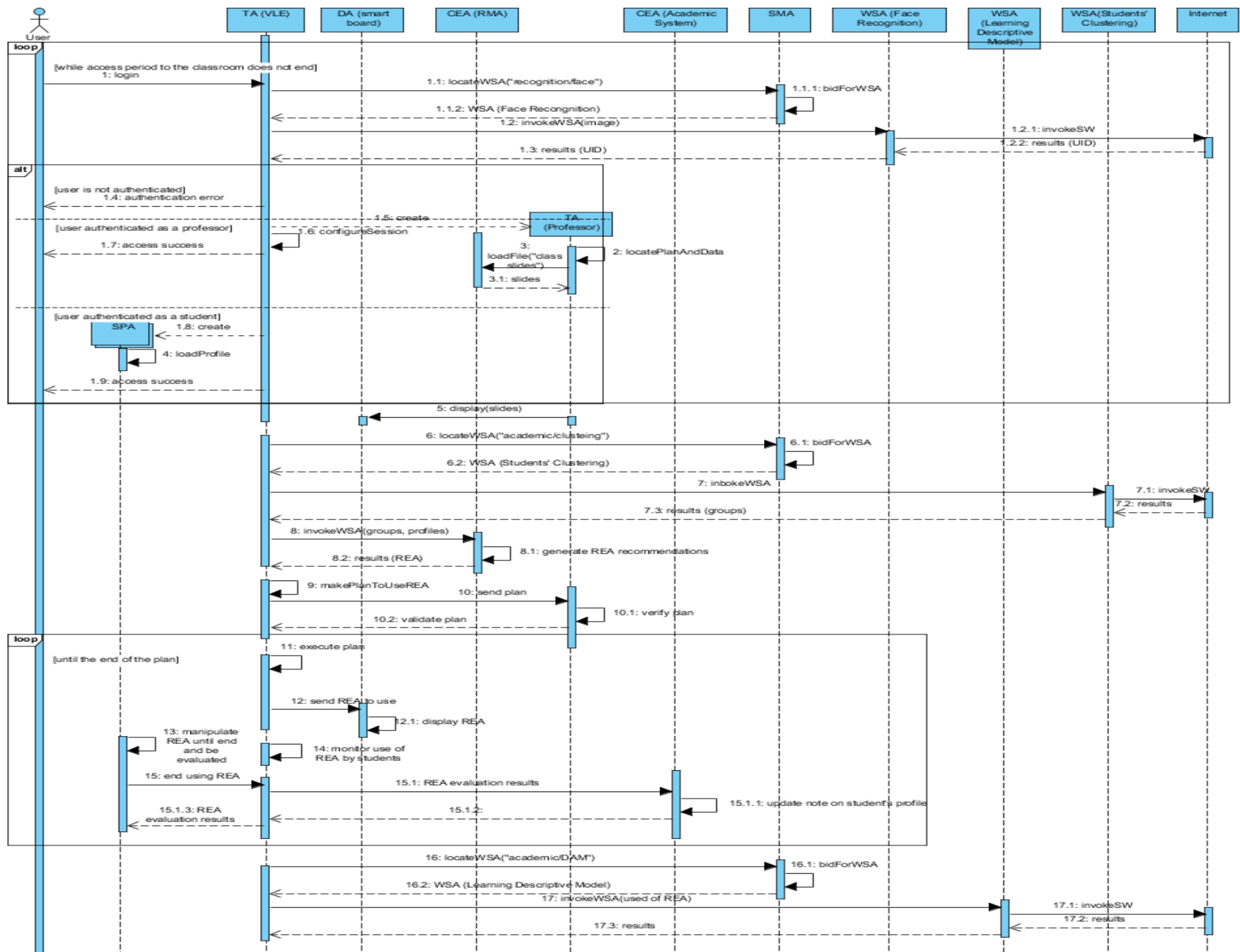
- Las acciones que toman los agentes **modifican su ambiente o su estado interno.**
- Los otros agentes **llegan a observar estos cambios** que **afectan sus comportamientos** posteriormente.
- **Modelo matemático:**
 - x es un agente y $x(t)$ es su estado en tiempo t
 - $O(x)$ es el conjunto de agentes 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 sobre x de los demás
 - $x(t) = 1$ significa que el agente x emite un señal al tiempo t

$$x(t+1) = \begin{cases} f(x(t)) + g(O(x), t) & \forall y \in O(x) \text{ tal que } y(t)=1 \\ f(x(t)) & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Comunicación entre agentes

Resumen

Conversacion
Lenguaje de Contenido
ACL
Transporte del Mensaje
Infraestructura de red



Conversación “proceso tutoria en linea”