Sistemas Multiagentes

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

Coordinación

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**

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
  - 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 ORGANIZACIONALES
  - **CENTRALIZADA/DISTRIBUIDA**
  - **MODO DE COMUNICACION**
  - **LIBERTAD DE MANIOBRA DE LOS AGENTES**
- 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	MUY BUENA
NUM. AGENT	GRANDE	DEBIL	MUY GRANDE	GRAND
HETEROGEN	DEBIL	MUY DEBIL	ALTA	MEDIA
GENERALIZ	DEBIL	MEDIA	MEDIA	MEDIA

Coordinación

- Metricas 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*

La coordinación en los SMA: perspectivas diferentes

Interés del diseñador en la coordinación

Diseño a nivel micro

- **en un entorno abierto con múltiples agentes**
- **diseñar un agente con características deseadas**

"La coordinación es una forma de adaptarse al entorno" (von Martial)

Varios diseñadores de agentes

Un diseñador de agentes

La coordinación en los SMA: perspectivas diferentes

Interés del diseñador en la coordinación

Diseño a nivel micro

Diseño a nivel macro

- **construir sistemas de múltiples agentes con características deseadas**

Varios diseñadores de agentes

Un diseñador de agentes

- **agentes benévolos**
- **diseñar todo un sistema de resolución de problemas**

"La coordinación es la integración y el ajuste del trabajo individual con el fin de alcanzar una meta mayor" (B. Singh)

La coordinación en los SMA: perspectivas diferentes

Interés del diseñador en la coordinación

"Coordinar es gobernar la interacción" (Wegener)

Diseño a nivel micro

Diseño a nivel macro

- construir sistemas de múltiples agentes con características deseadas

Varios diseñadores de agentes

- **no se puede ejercer un control directo sobre los agentes**
- **diseñar el contexto del sistema**

Un diseñador de agentes

- agentes benévolos
- diseñar todo un sistema de resolución de problemas

La coordinación en entornos abiertos

Diseño de estrategias

Diseño de Sistemas de Agentes para Negociación

Diseño a nivel micro

- en un entorno abierto con múltiples agentes
- diseñar un agente con características deseadas

Diseño a nivel macro

- construir sistemas de múltiples agentes con características deseadas

Varios diseñadores de agentes

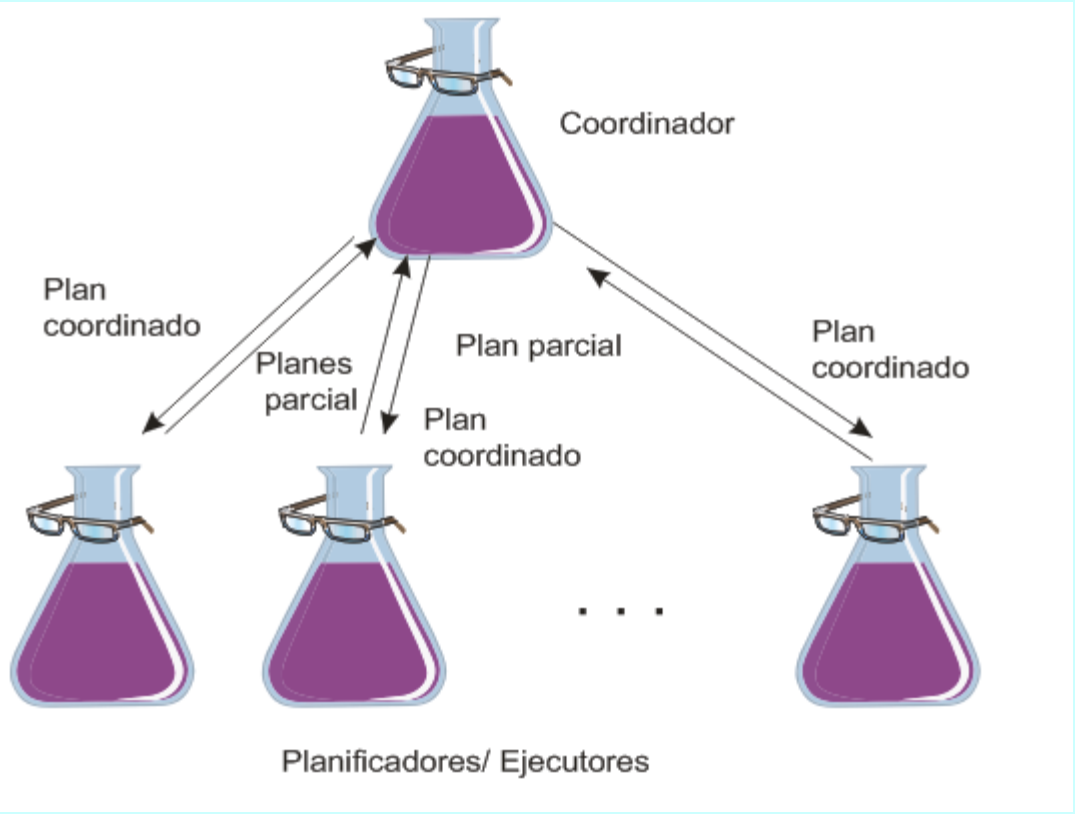
- no se puede ejercer un control directo sobre los agentes
- diseñar el contexto del sistema

Un diseñador de agentes

- agentes benévolos
- diseñar todo un sistema de resolución de problemas

Diseño de protocolos

Planificación



Planificación centralizado para planes distribuidos

Coordinación centralizada para planes parciales

Planificación distribuida de un plan centralizado

Planificación distribuida para planes distribuidos

Jerarquización de planes.

Planificación reactiva

PLANIFICACION MULTIAGENTES

- PLANIFICACION CENTRALIZADA PARA AGENTES MULTIPLES:
  1. REALIZACION DE UN PLAN GENERAL (EL PLANIFICADOR)
  2. IDENTIFICACION RAMIFICACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR EN PARALELO (POP)
  3. ASIGNACION (ESTATICA O DINAMICA) DE LAS TAREAS A LOS AGENTES
- COORDINACION CENTRALIZADA POR PLANES PARCIALES
  1. CADA AGENTE HACE SU PLAN PARCIAL
  2. EL COORDINADOR FUSIONA LOS PLANES (RELACION ENTRE LAS ACCIONES)
- PLANIFICACION DISTRIBUIDA
  1. CADA AGENTE HACE SU PLAN PARCIAL
  2. NEGOCIACION

Negociación

Conflictos

- Los conflictos surgen cuando al resolver un problema se da una o varias de las siguientes circunstancias:
  - Coexisten metas diferentes y divergentes en algún momento.
  - Hay diferentes criterios de evaluación de soluciones.
  - Los recursos son limitados.
- Aspecto positivo:
  - se intercambia información
  - mejora la robustez e integración
  - se llega a soluciones globalmente óptimas.
- Los conflictos se resuelven o evitan mediante mecanismos de:
  - prevención y evitación (clásicos en S.O.),
  - sistemas de pizarra (sincronización),
  - negociación.

Negociación

Forma de interacción en la cual un grupo de agentes, con intereses conflictivos y un deseo de cooperar, intentan alcanzar un acuerdo mutuamente aceptable en la división de recursos escasos (Rahwan et al., 2003a)

La negociación se puede resolver con un plan común

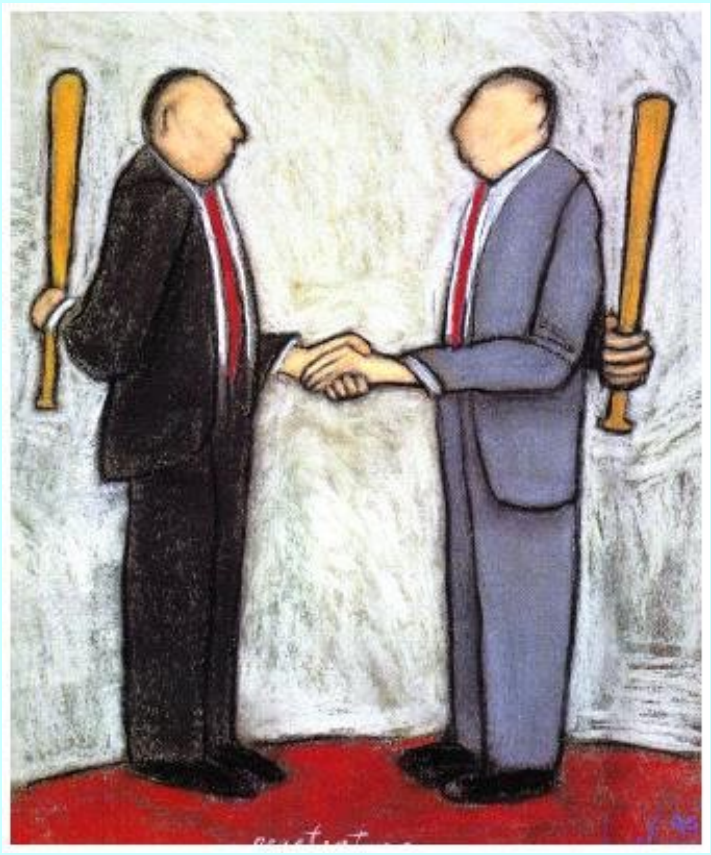
- Negociación estricta:
  - Negociación de un plan común;
  - Ejecución estricta del plan.
- Otros aspectos de la Negociación:
  - Existen esquemas conocidos de negociación y relajación de metas
  - Existen mecanismos de arbitraje bien conocidos

Negociación

- Objetivo:

  determinar (las condiciones de) un acuerdo entre, al menos, dos agentes

- Ejemplos de negociación
  - Red de Contratos
    - Adjudicar productos y tareas a través de un “mercado”
    - *n* participantes, transacción entre 2
  - Regateo
    - Llegar a un acuerdo entre *todos* los participantes
  - Argumentación
    - Resolver (supuestos) conflictos a través del debate



Negociación

la negociación viene definida por tres aspectos importantes:

- El flujo de información entre agentes es bidireccional
- Cada negociador evalúa la información desde su propia perspectiva
- La decisión final se toma de mutuo acuerdo

Elementos principales: la comunicación y la toma de decisiones.

- **Lenguaje de negociación**. Define las primitivas de comunicación que permiten la negociación, su semántica y su uso.
- **Toma de decisiones**: se lleva a cabo mediante algoritmos o funciones de decisión que permiten comparar las distintas opciones que se barajan durante la negociación: funciones de utilidad, representación y estructura de preferencias
- **Proceso de negociación**: define modelos generales del proceso de negociación y el comportamiento general de los agentes que negocian

Redes de Contrato

- Basado en mecanismos de mercado usando precios globales y un único mediador centralizado.
- Un único mediador puede convertirse en un cuello de botella (comunicación y computación) o un punto de caída potencial.
- Un contratado se dice individualmente racional (IR) si el agente está mejor con el contrato que sin él.
- Un contratado acepta un contrato si el beneficio es mayor que el costo marginal de gestionar las tareas del contrato.

Redes de Contrato

- Intento para converger hacia la adjudicación globalmente óptima:
  - Contrato original (O): una tarea se mueve de un agente a otro (el más común)
  - Contrato cluster (C): un conjunto de tareas es contratado por un agente
  - Contrato canjeo (S): un par de agentes canjean un par de tareas
  - Contrato multiagente (M): más de un agente está envuelto en un intercambio de tareas

ASIGNACION POR LICITACION

- *COMPONENTES*
  - CLIENTE
  - LICITACION
  - PROVEEDOR

- *LICITACION*
  1. LLAMADO
  2. PROPOSICIONES DE PROVEEDORES
  3. EVALUACION
  4. CONTRATACION

ASIGNACION POR LICITACION

- *MULTIPLES LICITACIONES*
  - IGNORANCIA TEMPORAL (PROVEEDOR)
  - IGNORANCIA ESPACIAL (CLIENTE)

- *COMPROMISOS (comprometerse rápido o tarde), RECHAZOS, RESERVACIONES*

- *SUBCONTRATAR*

Subastas

- Las subastas suelen establecer un contrato entre dos agentes (el subastador y el que gana la subasta).

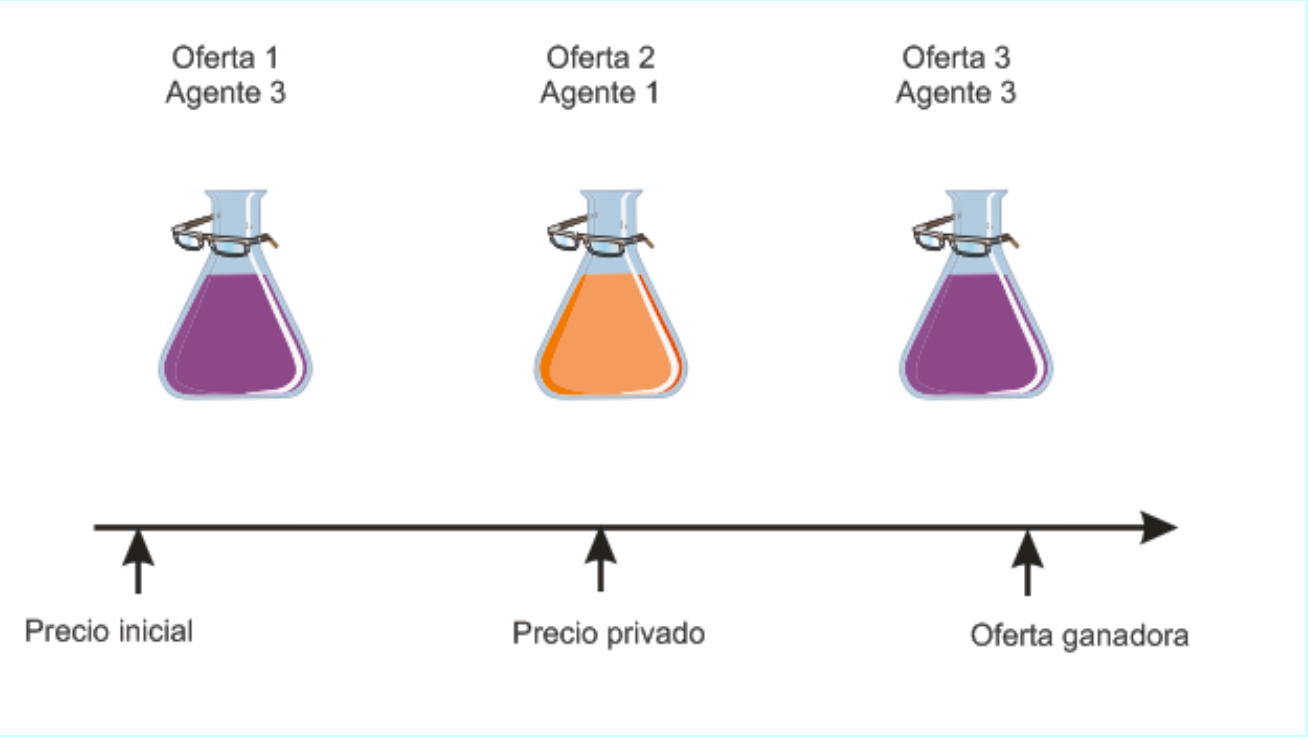
- Mecanismo estructurado para forjar acuerdos
  - Protocolo: semi-distribuido, con diferentes roles
    - 1 subastador
    - *N* subasteros
  - Estrategias:
    - “pujas” de los subasteros
    - Precio inicial, precio de reserva, etc.

Elementos de un Protocolo de Subasta

- Tipo de ofertas:
  - abierto (*open-cry*): los subasteros conocen mutuamente sus ofertas
  - privado/cerrado (*sealed-bid*): los subasteros sólo conocen sus propias ofertas
- Proceso de ofertas:
  - una vuelta (*one-shot*): los subasteros sólo dan una oferta
  - directa (*forward*): el precio de las ofertas va ascendiendo
  - inversa (*reverse*): el precio de las ofertas va descendiendo
- Proceso de adjudicación:
  - ¿Qué oferta se usa para determinar el precio que ha de pagar el ganador? (*first-price*, *second-price*, …)

Subasta

Aparece en numerosas aplicaciones en informática.



Protocolos comunes:

Subasta inglesa

Subasta holandesa:

Subasta sellada:

.

Subasta de Vickrey

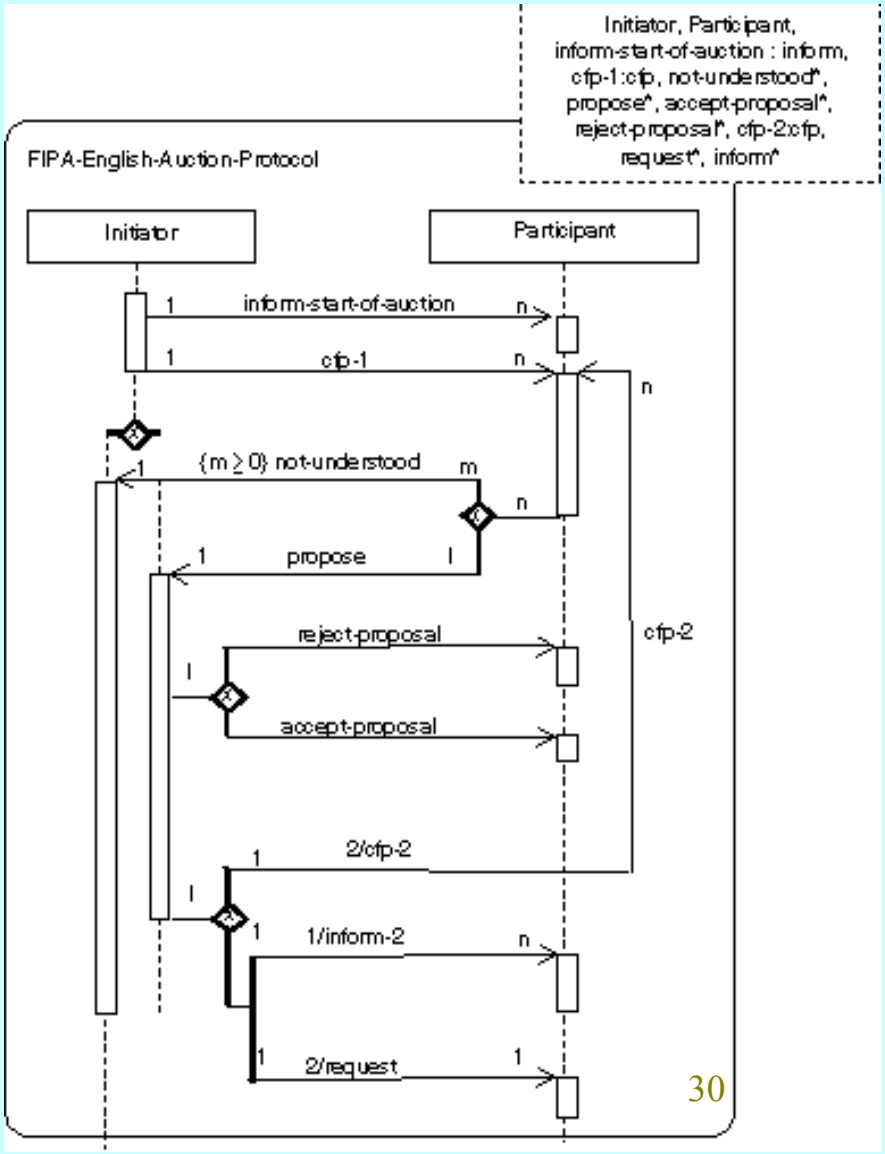
…

Subasta inglesa

- Inicio:
  - el subastador ofrece un producto a un precio inicial (usualmente por debajo de un precio mínimo privado)
- Apuestas:
  - los subasteros van ofertando precios (ninguna, una, o varias veces)
  - cada oferta tiene que superar todas las anteriores
  - el ciclo de apuestas termina cuando no hay más ofertas
- Adjudicación:
  - si la última oferta alcanza el precio mínimo (privado) del subastador, el producto es adjudicado al subastero de la oferta *más alta*
  - de lo contrario no se vende el producto (el subastador tiene la última palabra!!!)

Subasta inglesa entre agentes: FIPA

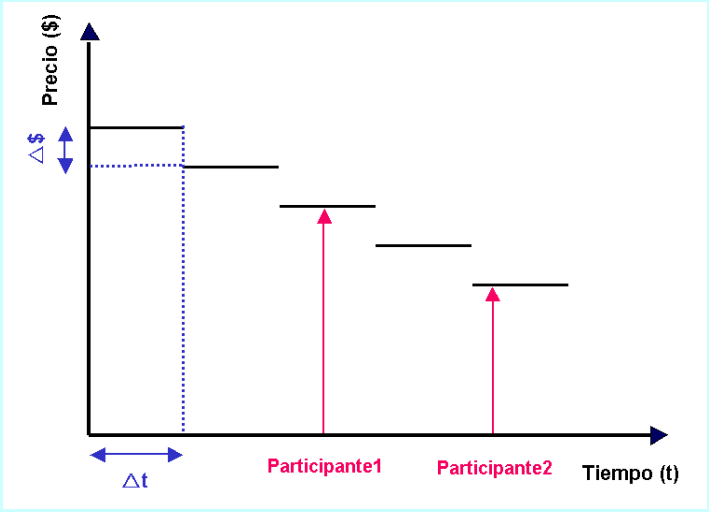
- En la subasta de agentes, los participantes *no* están *físicamente* presentes en una sala de subasta
- *reject-proposal*: pueden llegar pujas ilegales, p.ej. por retardos en la red
- *cfp*: anunciar cada nueva ronda de pujas con el precio actual
- *inform*: informar a todos los participantes sobre el resultado de la subasta
- *request*: requerir que el ganador realice la transacción



Subasta holandesa

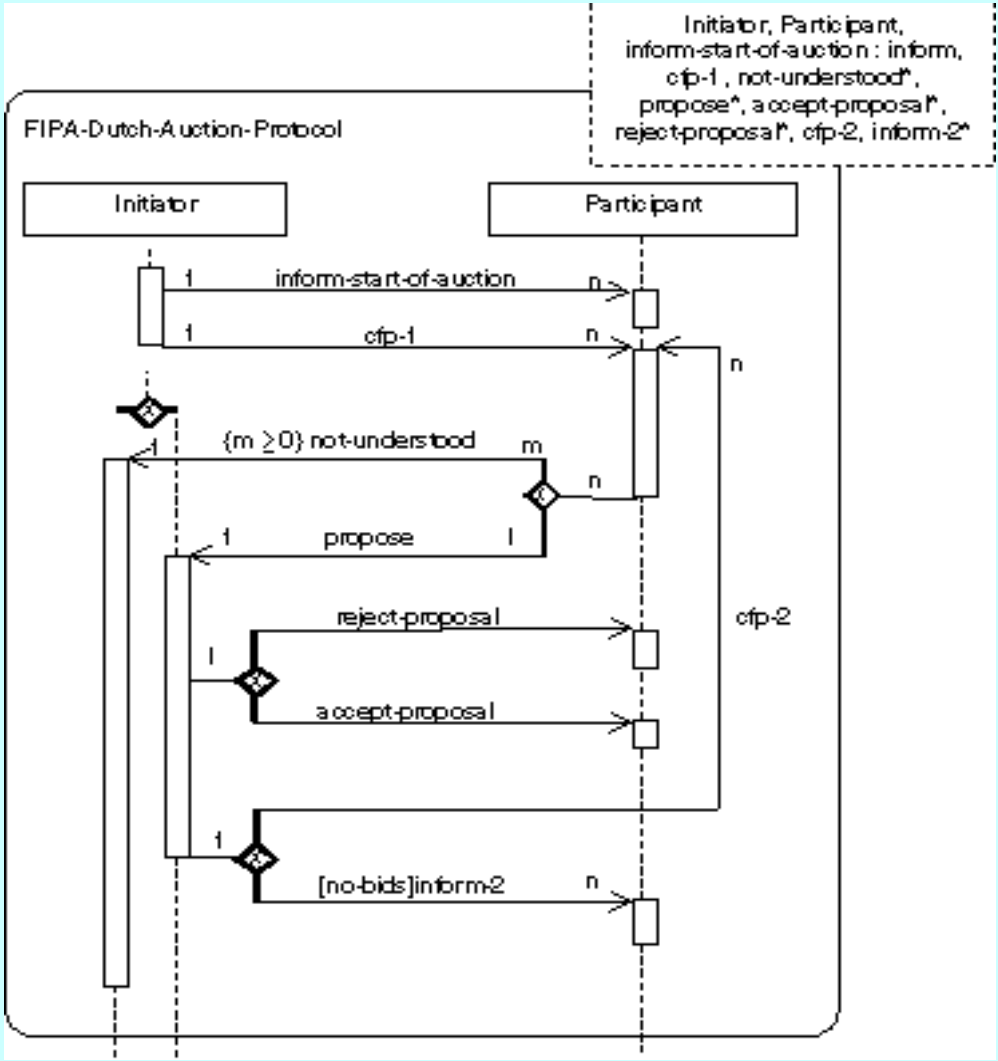
- Se usa en mercados de flores holandesas para determinar el precio de *una cantidad* de flores
- Inicio:
  - el subastador ofrece una cantidad de un producto a un precio inicial (usualmente por encima de un precio mínimo privado)
- Apuestas:
  - cada tiempo (Dt) disminuye el precio en una cantidad (D$)
  - cada oferta especifica la cantidad del producto a comprar al precio actual
  - el subastador determina el final de la subasta (o bien porque toda la cantidad ha sido adjudicada, o bien porque se alcanza el precio mínimo privado)
- Adjudicación:
  - la adjudicación de cada oferta a los subasteros es directa
  - el subastador informa del final de la subasta

El subastador va bajando el precio continuamente hasta que el licitador acepta el precio actual



Subasta holandesa entre agentes: Protocolo FIPA

- En la subasta entre agentes, los participantes *no* están *físicamente* presentes en una sala de subasta
- *reject-proposal*: si llegan pujas ilegales o a la vez
- *accept-proposal*: ya que la adjudicación es directa, la aceptación de una puja implica la realización de la transacción
- *inform*: del final de la subasta

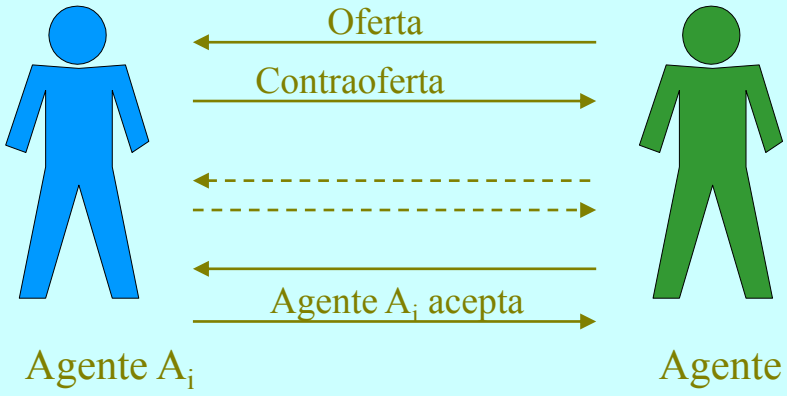


Negociación: Regateo

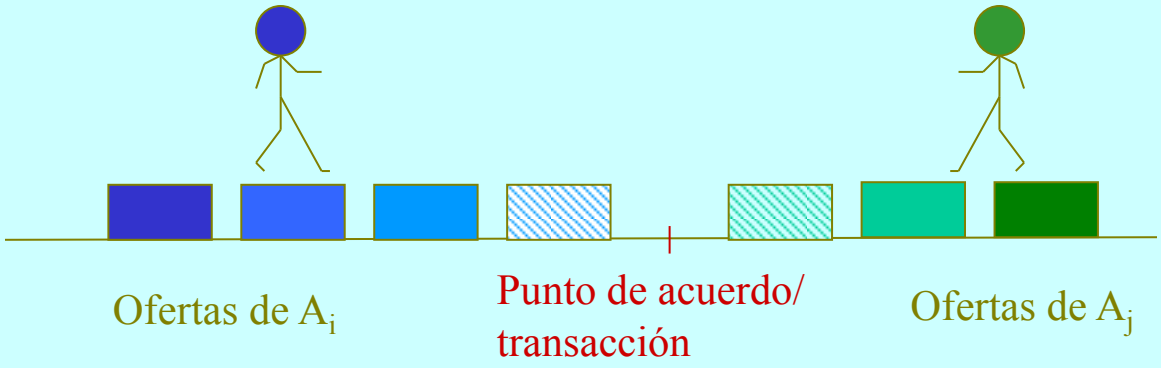
- Características:
  - posibilidad de forjar acuerdos globales (“creíbles”) entre n agentes
  - todos los agentes pueden beneficiarse de un acuerdo
  - pero qué pasa cuando hay diferencias de opinión con respecto a las características del acuerdo (qué acuerdo elegir)
- Elementos de un escenario de regateo
  - Conjunto (espacio) de negociación:
    - Todos los posibles acuerdos a los que se pueden llegar
    - Ejemplo: todos los precios entre las expectativas iníciales de un comprador y un vendedor
  - Protocolo de negociación:
    - Reglas que determinan el proceso de negociación:
      - ¿Cómo, cuándo, y qué ofertas se pueden hacer?
      - ¿Cuándo termina la negociación y cuál es el resultado?
    - Ejemplo: “No se puede ‘empeorar’ una oferta ya hecha”
  - Estrategia de negociación:
    - Cómo elegir entre las diferentes acciones que permite el protocolo
    - Ejemplo: “Mejorar mi última oferta en un 10% cada 5 minutos”

Negociación: Regateo

- Regateo como proceso de oferta y contraoferta



- Regateo como proceso de concesiones mutuas



El protocolo de concesiones monótonas (PCM)

Protocolo PCM:

- El regateo se realiza por rondas
- En la ronda 1, cada agente propone simultáneamente un trato del conjunto de negociación
- Se llega a un acuerdo, si un agente considera que el trato propuesto por el otro es al menos tan bueno (para él) como el suyo.
- Si no hay acuerdo, se realiza una nueva ronda de propuestas. En la ronda u+1, ningún agente puede realizar una propuesta peor que en la ronda u.
- Si ningún agente cede, el regateo termina en desacuerdo.

Diseño de estrategias:

- ¿Con qué propuesta empezar?
- ¿Cuándo (en qué ronda) hay que ceder?
- ¿Cuánto hay que ceder?

Comunicación

Comunicación

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

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

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, etc.
- 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
- 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

- Específicamente, para la interoperatibilidad de los agentes es esencial:
  - Lenguaje para definir los actos comunicativos a usar.
    - Enfoque Procedimental
      - Son lenguajes sencillos y eficientes no aptos para esto
    - Enfoque Declarativo (por ej. ACL)
      - Intercambio de información declarativa
      - Problema de le 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

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	I NTENCION
MESAJE SIMB. PUNTO-PUNTO	PUNTO-PUNTO	DIRECTO	INTENCIONAL
MESAJE SIMB. DIFUNDIDO	DIFUSION GENERAL	DIRECTO	INTENCIONAL
ANUNCIOS	PUNTO-PUNTO DIFUSION	TABLA DE PUBLICACION	INTENCIONAL
SENAL	DIFUSION	PROPAGACION	INCIDENTE (DEPENDEN 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.

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)
- PERFOMATIVA (ILLOCUTION)
- EFECTO (PERLOCUTION)

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

TIPOS DE ACTOS DE HABLA

TIPO	EJEMPLO	CATEGORIA
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

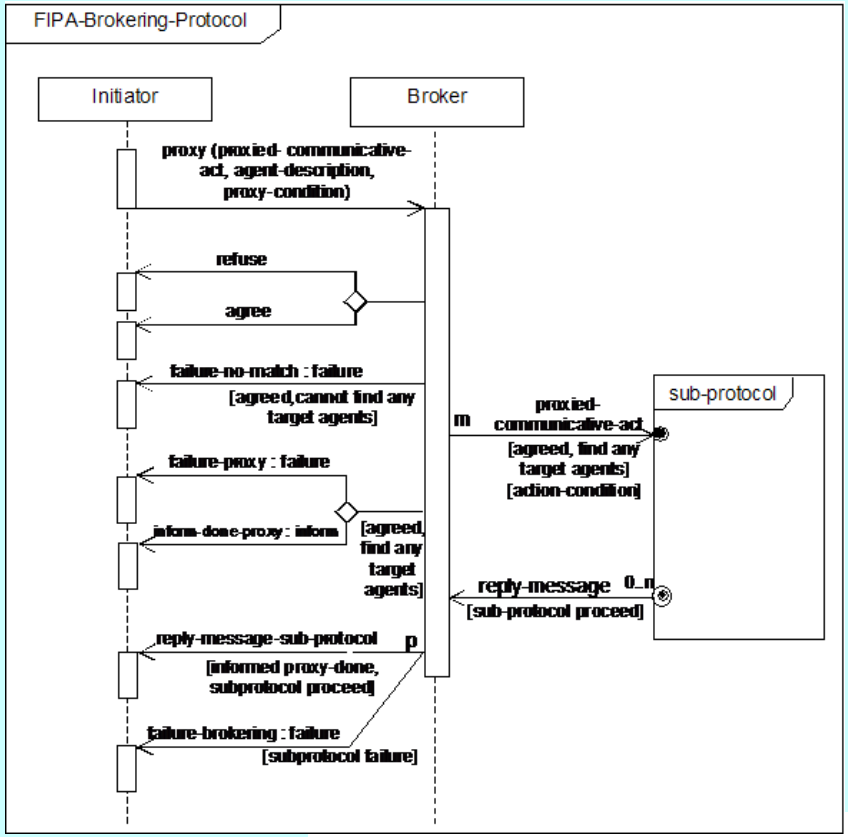
  - EN EL ENUNCIADO
  - EN LA INTERPRETACION
  - EN LA REALIZACION EFECTIVA DEL ACTO

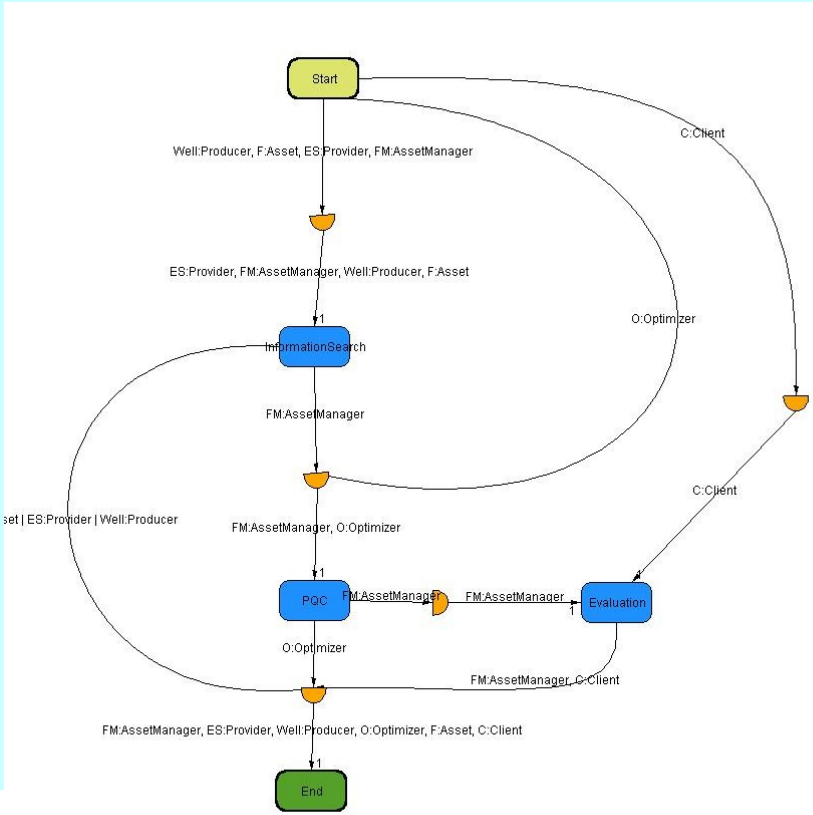
- CONVERSACIONES
  - SECUENCIAS DE INTERACCIONES (ACTOS DE HABLA)
    - Autómatas
    - Redes de Petri
  - TEORIA DE ENCADENAMIENTO

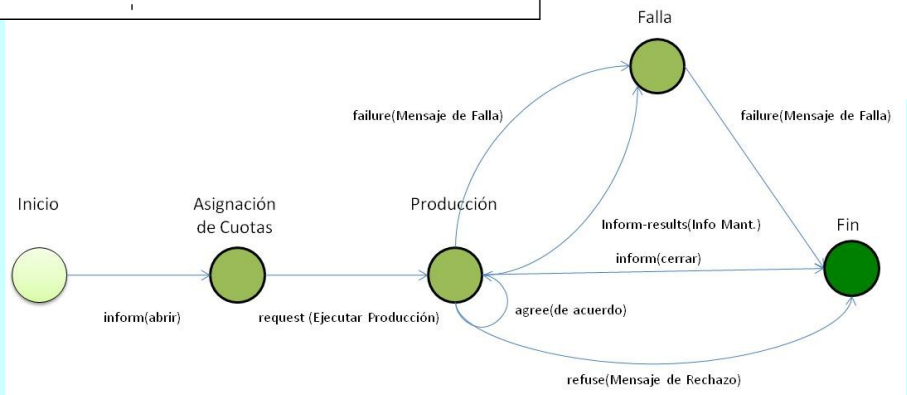
CONVERSACIONES

- 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)

CONVERSACIONES







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**

GRAMATICA

LEXICO: LISTA DE PALABRAS DEL VOCABULARIO

- NOMB RES, 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

ACL: Agent Communication Language

- Lenguaje para intercambio de mensajes entre agentes.

- Componentes de base
  - Vocabulario
  - Lenguaje “interno”: KIF
  - Lenguaje “externo”: KQML

- 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

- 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

```
( Perfomativa
            : 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 (Realizativas o perfomativas)

- 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, suscriber, monitor, export ...
de gestión	register, forward, broadcast, router ...

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))))
```

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();

  }
  ```

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

Comunicación indirecta

- Las acciones que toman los agentes modifican su ambiente o su estado interno.
- Los otros agentes llegan a observar estos cambios que afecta 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

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

Comunicación entre agentes

Resumen