



Inteligencia Artificial distribuida

JAIME ALBERTO GUZMAN LUNA, Ph.D

CURSO GRUPO BANCOLOMBIA

FACULTAD DE MINAS
Sede Medellin

SINTELWEB
Grupo de Investigación
Sistemas Inteligentes Web



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Contenido

- Esquemas de coordinación
- Esquemas de comunicación
- Agentes Deliberativos

FACULTAD DE MINAS
Sede Medellin

SINTELWEB
Grupo de Investigación
Sistemas Inteligentes Web



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Como los sistemas multiAgentes se pueden coordinar?

ESQUEMAS DE COORDINACIÓN



¿Qué es la Coordinación?

- Concepto “universal”:
 - Ciencias Sociales, Economía, Biología, ...
 - Robótica, Ingeniería del Software, Lenguajes de Programación, Inteligencia Artificial (Distribuida), ...
- Coordinación en los Sistemas Multiagente (SMA):
 - La coordinación es un problema clave en la construcción de SMAs ([visión general](#))
 - Esquemas de coordinación entre agentes
 - La capacidad para coordinarse es una característica esencial de un agente ([visión individual](#))
 - Mecanismos de comunicación
 - Lenguajes
 - Ontologías

Esquemas de coordinación entre agentes

- “*La coordinación es la integración y el ajuste del trabajo individual con el fin de alcanzar una meta mayor*” (B. Singh)
- Diseñador de agentes
 - Diseñar todo un sistema de resolución de problemas
 - Resolución distribuida de problemas



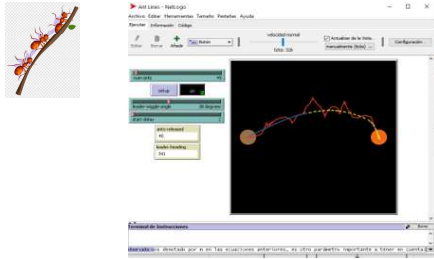
Coordinación directa e indirecta

- En la coordinación directa los agentes explícitamente inician una comunicación y acuerdan un protocolo de comunicación.
 - El intercambio de conocimiento se efectúa sobre la base de la comunicación directa entre los agentes
 - Este tipo de coordinación requiere saber con certeza quienes son los interlocutores, donde se encuentran y cuando se dará la interacción
- Con la coordinación indirecta los agentes interactúan a través de pizarras, u otro tipos de espacios de información compartidos que promueven la comunicación indirecta a través de mensajes almacenados y recuperados.
 - Las interacciones de este tipo están regladas por la información intercambiada mas que por las acciones de comunicación entre sí.



Ejemplos de coordinación directa

- Mecanismos colaborativos basados en los algoritmos de colonias de hormigas, abejas, térmitas, de rebaño, sistemas inmunitarios artificiales



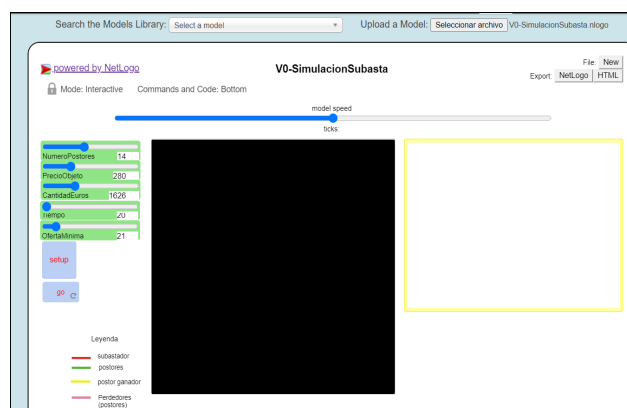
Algoritmo de hormiga visto en clase anterior

- Mecanismo de subasta



- Un agente subastador comunica el objetivo del problema a los distintos agentes del sistema (postores)
- Cada agente (postor) contesta con una oferta
- El agente subastador elige una oferta con base a una convención
- Subasta Inglesa
 - La estrategia dominante para el agente es ir ofreciendo una pequeña cantidad más alta a la oferta actual hasta que alcanza su valor (para el agente postor) y entonces renuncia a la subasta.
- Subasta Holandesa
 - El subastador empieza ofreciendo el "bien" a un valor artificialmente alto
 - Entonces el subastador empieza a bajar el precio poco a poco hasta que algún agente hace una oferta igual al precio actual.
 - El "bien" entonces es colocado al agente que ofertó.

Ejercicio de subasta en Netlogo



Algoritmo de subasta (ver SimulacionSubasta.nlogo)

Como los sistemas multiAgentes se comunican?

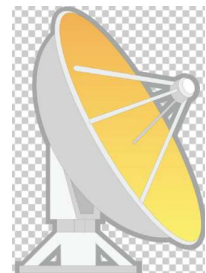
ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN

Introducción

- Necesidad de lenguajes estándares de comunicación
- Desde mediados de los 90's: KIF, KQML
- En la actualidad el estándar es: FIPA-ACL
- Basados en explicitar la intención del mensaje
- Ejemplo:

(inform

```
:sender agent1
:receiver hp1-auction-server
:content (price (bid good02) 150)
:in-reply-to round-4
:ontology hp1-auction)
```



KQML y KIF

- Este lenguaje esta compuesto de dos partes:
 - El lenguaje de manipulación y consulta de conocimiento (KQML)
 - Y el formato de intercambio de conocimiento (KIF)
- KQML define varios “verbos comunicativos” o **performativas**
 - Ejemplos de performativas
 - **ask-if** ('is it true that. . .')
 - **perform** ('please perform the following action. . .')
 - **tell** ('it is true that. . .')
 - **reply** ('the answer is . . .')
- KIF es un lenguaje para expresar el contenido del mensaje.

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 están registrados en al menos un curso**”).
- “La temperatura de m1 es 83 grado Celsius”:
 - **(= (temperature m1) (scalar 83 Celsius))**
- “Algún x es soltero si ese x es hombre y no está casado”:
 - **(defrelation bachelor (?x) := (and (man ?x) (not (married ?x))))**

KQML y KIF

- Para comunicarse, 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: `(ask-if (> (size chip1) (size chip2)))`
 B to A: `(reply true)`
 B to A: `(inform (= (size chip1) 20))`
 B to A: `(inform (= (size chip2) 18))`

FIPA ACL

- FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) inició un trabajo en la creación de estándares para agentes y la pieza central es el lenguaje **ACL**
- FIPA posee 20 performativas clásicas
- Ejemplo performativa inform:
`(inform`
 `:sender agent1`
 `:receiver agent5`
 `:content (price good200 150)`
 `:language sl`
 `:ontology hpl-auction`
`)`

Performativas
FIPA ACL

Acción comunicativa (Performative)	Significado
accept-proposal	Aceptar una propuesta recibida previamente
agree	Estar de acuerdo en realizar alguna acción
cancel	Cancelar alguna acción pedida previamente
cfp	Solicitar propuestas para realizar una acción dada
confirm	Informar a un receptor que una proposición es cierta
disconfirm	Informar a un receptor que una proposición es falsa
failure	Informar a otro agente que se intentó una acción pero falló
inform	Informar a un receptor que una proposición es cierta
inform-if	Si el agente que recibe la acción cree que la sentencia es verdadera informará de manera afirmativa, sino indicará que es falsa.
inform-ref	Permite que el emisor informe al receptor de un objeto que cree que corresponde a un descriptor, como puede ser un nombre u otra descripción que lo identifique.
not-understood	Informar a un receptor que el emisor no entendió el mensaje
propagate	El receptor trata el mensaje como si fuese dirigido directamente a él, y debe identificar los agentes en este descriptor y enviarles el mensaje a ellos

15

Performativas
FIPA ACL

Acción comunicativa (Performative)	Significado
propose	Enviar una propuesta para realizar una cierta acción
proxy	El receptor debe seleccionar agentes objetivo denotados por una descripción dada, y enviarles un mensaje embebido
query-if	Preguntarle a otro agente si una determinada proposición es cierta
query-ref	Preguntar a otro agente por el objeto referenciado en una expresión
refuse	Rechazar realizar una acción
reject-proposal	Rechazar una propuesta durante una negociación
request	Solicitar a un receptor que realice alguna acción
request-when	Solicitar al receptor que realice alguna acción cuando una proposición dada sea cierta
request-whenever	Solicitar al receptor que realice alguna acción cada vez que una proposición dada sea cierta
subscribe	Una intención persistente de notificar al emisor de un determinado valor, y volver a notificarle cada vez que dicho valor cambie

16

Performativas 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			

17



Otros protocolos de FIPA-ACL

- Existen muchos otros protocolos FIPA-ACL, entre los que se distinguen:
 - FIPA-contract-net
 - FIPA-auction-english
 - FIPA-auction-ducth

18

Diagramas de Secuencias de Protocolos FIPA ACL

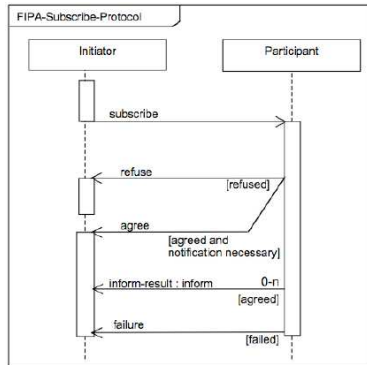


Diagrama de secuencia del protocolo de suscripción

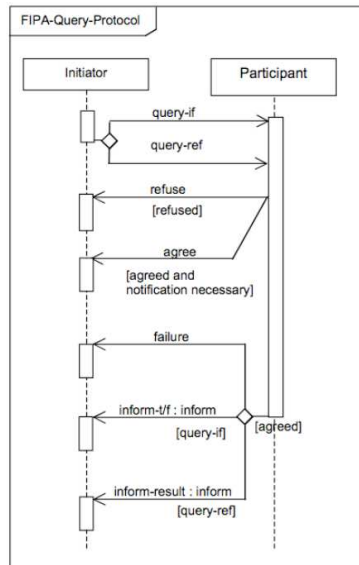


Diagrama de secuencia del protocolo FIPA-Query

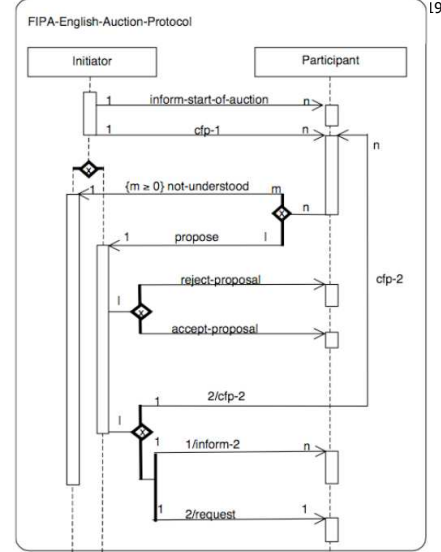


Diagrama de secuencia del protocolo de interacción de la subasta inglesa

Como pueden razonar los agentes?

AGENTES DELIBERATIVOS

Agentes deliberativos

- Extienden arquitecturas cognitivas de la IA
- El proceso del agente introduce una **función deliberativa** entre la percepción y la ejecución para elegir la **acción** correcta



Agentes deliberativos

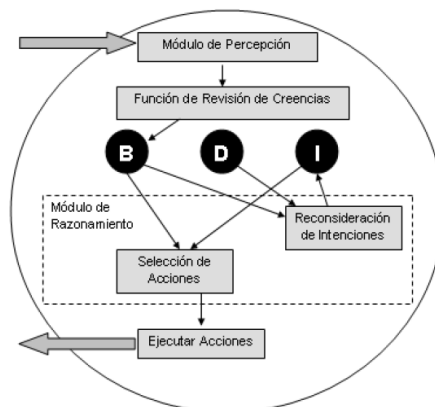
- Requieren dos procesos:
 1. Decidir qué objetivos perseguir: deliberación
 2. Decidir cómo alcanzar dichos objetivos: razonamiento basado en medios y fines
- Se basan en el razonamiento práctico (decidir en cada momento la acción a realizar para facilitar la consecución de los objetivos)
- Modelo BDI (Beliefs-Desires-Intentions)
 - En el modelo BDI el agente es visto como un agente racional con un conjunto de actitudes mentales.
 - Creencias, Deseos e Intenciones.
 - El agente toma sus acciones en función de sus estados.
 - Esta aproximación es considerada como muy apropiada para agentes en entornos reales complejos y dinámicos.

Visión intuitiva de un BDI

- Elementos que dan nombre al modelo BDI:
 - Una **(B) creencia** del agente sería información que tiene el agente sobre el entorno.
 - **Componente informativo del agente**
 - Un **(D) deseo** del agente es algo que el agente quiere conseguir y que por tanto tiene preferencia.
 - **Componente de motivación del agente**
 - Los **objetivos** serían un subconjunto de deseos consistentes entre sí que el agente debe perseguir.
 - Las **(I) intenciones** del agente son los objetivos elegidos. Existe un compromiso por parte del agente a conseguir sus intenciones.
 - **Componente deliberativo del sistema**

Arquitectura básica BDI

- Se propone el siguiente esquema de comportamiento para los agentes:
 1. Percibir los cambios del entorno en el que se desenvuelve.
 2. Revisar sus **B-creencias** acerca del mundo con base a su percepción.
 3. Razonar acerca de sus **I-intenciones** a fin de reconsiderarlas en caso que sea necesario.
 4. Seleccionar una **acción** a seguir, razonando sobre sus **B-creencias** y sus **I-intenciones**.
 5. Ejecutar la **acción** seleccionada, la cual producirá cambios en el entorno, y volver al paso 1 a fin de percibir los cambios que se han producido.





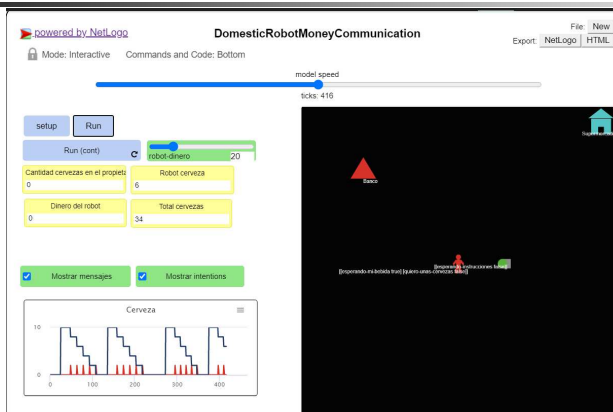
Comunicación & BDI en Netlogo



- Netlogo soporta totalmente la creación y estudio de sistemas de agentes reactivos (ejemplo colonia de hormigas)
- Netlogo NO soporta el estudio de agentes BDI que pueden comunicarse con intercambio de mensajes FIPA-ACL nativamente.
- En “*Enhancing NetLogo to Simulate BDI Communicating Agents*” se desarrollaron las extensiones:
 - FIPA ACL extension (communication.nls)
 - DBI Agents Extension (bdi.nls)
 - Estas extensiones funcionan en la aplicación de escritorio directamente.
 - En la versión Web hay que incluirlas en el propio código a desarrollar



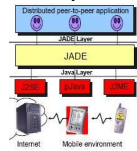
Ejercicio DomesticRobot



Comunicación&BDI (ver DomesticRobot.nlogo)

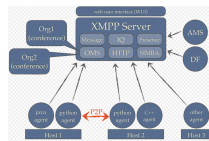
Plataformas para SMA

- JADE (en java)



- SPADE (en Python)

SPODE



- MadKit (en java)



- NetLogo (en java)

