



Sistemas Multi-Agentes

■ Por quê ?

- Ambientes não são estáticos - partes não-estáticas do ambiente podem ser modelados como outros agentes
- Riqueza nas possibilidades comportamentais - complexidade no comportamento emergente
 - | cooperação - agentes interagem entre si
 - | colaboração - agentes agem por um objetivo comum
 - | competição - agentes possuem objetivos conflitantes
- Sistemas Hierárquicos Distribuídos
 - | Agentes constituídos por múltiplos sub-agentes
- A Natureza parece funcionar desta forma
 - | Sociedades de Agentes
- Problemas complexos podem demandar soluções deste tipo



Sistemas Multi-Agentes

- **Evolução dos Sistemas Multi-Agentes**
 - Percepção de outros agentes no ambiente
 - Comunicação com outros agentes no ambiente
 - Colaboração/Competição com outros agentes no ambiente
- **Tipos de Sistemas Multi-Agentes**
 - Agentes Uniformes
 - Agentes Uniformes Reconfiguráveis (Especializáveis)
 - Agentes Especializados
- **Modelos de Operação**
 - Coordenação Centralizada
 - Coordenação Distribuída



Sistemas Multi-Agentes

■ Problema

- Agentes precisam se comunicar
- Como se dará esta comunicação ?
 - | O que comunicar ?
 - | Como comunicar ?

■ Agentes Semióticos

- ainda não há muito estudo a respeito - Semiótica Computacional

■ Agentes Comunicativos

- Linguagens de Agentes
 - | Linguagens de Comunicação de Agentes (ACL)
 - | Linguagens de Representação de Conhecimento
- Ontologias



Ontologias

- **Conhecimentos**
 - podem estar relacionados a diferentes **domínios** de atividades e/ou áreas de aplicação
- **Ontologia (Jargão)**
 - Corpo básico de conhecimento que um agente precisa ter para se referir a um determinado domínio
- **Estrutura**
 - vocabulário de termos utilizados no domínio
 - modelagem semântica deste vocabulário
 - regras para o uso do vocabulário (criação de sentenças)
 - conjunto de tautologias válidas para o domínio em questão
- **Normalmente**
 - conjunto de termos e predicados em uma lógica de 1a ordem



Ontologias

- Especificação de uma Ontologia
 - requer a escolha de uma linguagem de especificação (OSL)
 - mas uma mesma ontologia pode ser utilizada por diversas linguagens
- Uma vez especificada uma ontologia
 - pode-se construir bases de conhecimento relacionadas ao domínio coberto pela ontologia
 - esta base de conhecimento pode ser compartilhada com outros agentes interessados em conhecimentos sobre este domínio
 - esta base de conhecimento pode ser armazenada em diferentes linguagens, utilizando a mesma ontologia



Comunicação entre Agentes

■ Teoria dos Atos Comunicativos

- derivada da análise linguística da comunicação humana
- com uma linguagem, um falante de uma língua não somente efetua uma declaração, mas realiza uma ação
- mensagens são ações, ou atos comunicativos
- em outras palavras, quando um agente emite uma mensagem a outro agente, ele realiza um ato comunicativo
- este ato comunicativo está relacionado à atitude mental do agente emissor, bem como ao impacto ou reação que se espera que este ato irá causar no estado mental do receptor

■ Forma Canônica

- "I hereby request ..."
- "I hereby declare ..."
- "I hereby order ..."



Comunicação entre Agentes

■ Linguagem Humana

- atos comunicativos são interpretados a partir da mensagem e do contexto
- nem sempre esta interpretação é óbvia

■ Dificuldades

- "Saia da minha frente !" (Comando)
- "Por favor, saia da minha frente" (Pedido)
- "Você poderia sair da minha frente ?" (Pergunta)
- "Eu gostaria que você saísse da minha frente" (Informação)

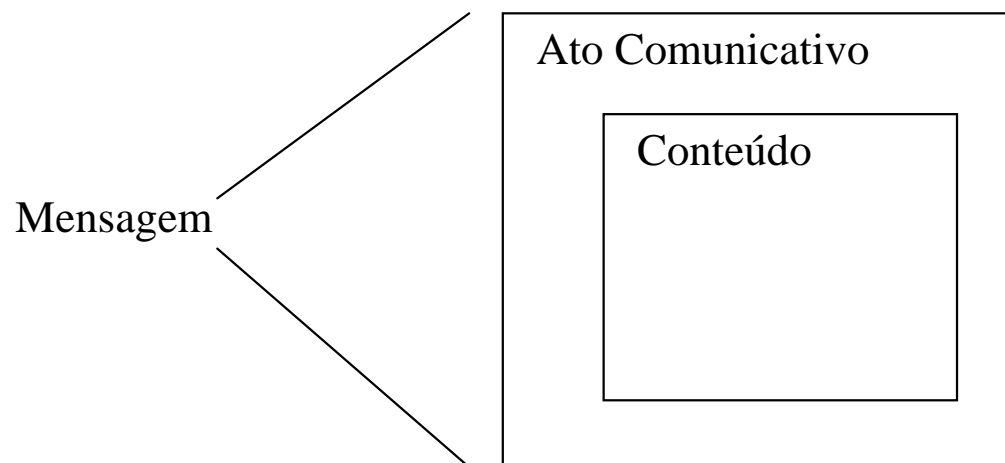
■ Linguagem de Agentes

- é necessário deixar explícito o ato comunicativo relacionado à mensagem
- divisão em dois níveis hierárquicos



Comunicação entre Agentes

- Linguagem de Comunicação entre Agentes (ACL)
 - linguagem em que deve ser codificada parte da mensagem, dando conta do ato comunicativo pretendido pelo agente
- Linguagem de Conteúdo (CL)
 - linguagem em que deve ser codificado o conhecimento que se deseja compartilhar com o destinatário da mensagem





KSE - Knowledge Sharing Effort

■ KSE

- Consórcio iniciado em 1994, envolvendo empresas, universidades e centros de pesquisa, com a finalidade de desenvolver convenções facilitando o compartilhamento e reuso de bases de conhecimento e sistemas baseados em conhecimento

■ Interlíngua

- definição de uma linguagem de representação de conhecimento que pudesse servir como uma linguagem intermediária na tradução/conversão entre textos de diferentes linguagens

■ Compartilhamento de Conhecimento

- interação em tempo real entre sistemas baseados em conhecimento para intercâmbio de conteúdo



KSE - Knowledge Sharing Effort

- **KQML - Knowledge Query and Manipulation Language**
 - Linguagem desenvolvida pelo KSE para servir como uma ACL
 - é ao mesmo tempo um formato de mensagem e um protocolo de gerenciamento de mensagens
- **KIF - Knowledge Interchange Format**
 - Linguagem desenvolvida pelo KSE para servir como CL
 - draft proposed American National Standard (dpANS) NCITS.T2/98-004
 - linguagem padrão para o “Projeto Interlíngua”, projetada para o intercâmbio de conhecimento entre diferentes sistemas
 - não é indicada para a interação com usuários humanos (embora possa ser utilizada para tal)
 - não é indicada para o armazenamento de conhecimento (embora possa ser utilizada para tal)



KQML

■ KQML'93

- Norma para a linguagem KQML proposta por Tim Finin e outros junto ao DARPA Knowledge Sharing Effort

■ KQML'97

- Atualização ao KQML proposta em 1997

■ Performative

- ato comunicativo representado via KQML
- base para uma sentença KQML

■ Sentenças KQML

- ocorrem em uma sequência cujo protocolo depende basicamente do "performative" da sentença que iniciou o diálogo



KQML

■ Sentença KQML

(<performative>

:<argumento 1> <valor1>

:<argumento 2> <valor 2>

...

:<argumento n> <valor n>

)

■ Argumentos Típicos

■ **content** - indica o conteúdo da mensagem, escrito em uma linguagem de conteúdo que por default é o KIF

■ sender, receiver, ontology, language, reply-with, in-reply-to

■ Valor

■ string ou sentença entre ()



KQML

■ Performatives Típicas

- tell: conteúdo está na base de conhecimento de S
- ask-one: S quer uma das respostas de R para uma dada questão
- subscribe: S quer atualizações de uma resposta de R a uma performative
- insert: S pede a R que adicione conteúdo a sua BC

■ Outras Performatives

- achieve, advertise, ask-about, ask-all, ask-if, break, broadcast, broker-all, broker-one, deny, delete, delete-all, delete-one, discard, eos, error, evaluate, forward, generator, monitor, next, pipe, ready, recommend-all, recommend-one, recruit-all, recruit-one, register, reply, rest, sorry, standby, stream-about, stream-all, transport-address, unregister, untell



KQML

- Futuro do KQML
 - Problemas e Dificuldades
 - Provavelmente será substituído pela FIPA-ACL
- Ambiguidade e Termos Vagos
 - o significado de performatives reservadas e padrões é pouco claro. Normalmente estão associadas à intuição e ao domínio da linguagem natural do intérprete
- Performatives com nomes inadequados
 - algumas performatives tem nomes que não correspondem diretamente ao ato comunicativo a ela associado
- Falta de Performatives
 - alguns atos comunicativos não estão representados entre os performatives disponíveis



KIF

■ Conceitualização

- mundo é constituído por objetos e relações entre estes objetos
- universo de discurso é o conjunto de todos os objetos presumíveis ou hipotéticos que possam existir no mundo
- objetos podem ser concretos ou abstratos
- objetos podem ser primitivos ou compostos
- objetos podem ser fictivos

■ Objetos Necessários

- todos os números, reais e complexos, caracteres ASCII, strings de caracteres ASCII, palavras, toda lista finita de objetos em um universo de discurso, **bottom** (objeto especial que ocorre como valor de uma função parcial, quando esta função é aplicada a argumentos para os quais a função não tem nenhum sentido)



KIF

- Sintaxe
 - semelhante ao LISP
- Sentença Padrão
 - (operador arg1 arg2 ... argn)
- Word
 - Elemento primitivo - pode ser variável, operador ou constante
- Operadores
 - operadores de termo, de sentença, de regra, de definição
- Expressões
 - word ou sequência finita de expressões
 - termos, sentenças, regras e definições



KIF

■ Termos

- variáveis individuais, objetos constantes, funções constantes, relações constantes, termos funcionais, termos de lista, termos de conjunto, quotations, termos lógicos e termos quantificados

■ Sentenças

- equações, inequações, sentenças relacionais, sentenças lógicas, sentenças quantificadas

■ Regras : diretas e reversas

■ Definições : de objetos, de funções, de relações

■ Forma : sentença, regra ou definição

■ Base de Conhecimento

- conjunto finito de formas
- não é uma sequência - a ordem das formas não é importante



FIPA

■ FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents

- associação sem fins lucrativos fundada em 1996 e localizada em Genebra na Suíça
- promover o sucesso nas aplicações, serviços e equipamentos baseados em agentes
- especificações para maximizar a interoperabilidade entre aplicações baseadas em agentes, serviços e equipamentos
- reuniões periódicas, sendo que até agora foram realizadas 15 reuniões.

■ Especificações - 1997 - 1998 - 1999

- **divididas em diversos documentos:** Architectural Overview, Agent Management, Agent Communication Language, FIPA Developer's Guide, Nomadic Application Support, Agent Message Transport, Agent Naming, Content Languages



FIPA

■ FIPA x KQML/KIF

- ao contrário do KQML/KIF, as especificações FIPA têm uma grande preocupação com a **modelagem semântica**

■ Linguagem de Comunicação de Agentes

- FIPA-ACL

■ Linguagens de Conteúdo

- FIPA Content Language Library (FIPA-CLL)
- FIPA-SL, FIPA-RDF, FIPA-CCL, FIPA-KIF
- SL - Semantic Language (SL0, SL1, SL2)
- RDF - Resource Description Framework
- CCL - Constraint Choice Language



FIPA-ACL

■ Sintaxe

- praticamente igual ao KQML
- conjunto de performatives (atos comunicativos) é diferente

■ Semântica

- definida precisamente - linguagem de descrição de semântica

■ Atos Comunicativos

- accept-proposal, agree, cancel, cfp, confirm, disconfirm, failure, inform, inform-if, inform-ref, not-understood, propose, query-if, query-ref, refuse, reject-proposal, request, request-when, request-whenever, subscribe

■ Parâmetros

- :sender, :receiver, :content, :reply-with, :reply-by, :in-reply-to, :envelope, :language, :ontology, :protocol, :conversation-id



FIPA-ACL

■ Protocolos

- FIPA-request Protocol
- FIPA-query Protocol
- FIPA-request-when Protocol
- FIPA-contract-net Protocol
- FIPA-Iterated-Contract-Net Protocol
- FIPA-Auction-English Protocol
- FIPA-Auction-Dutch Protocol

■ Futuro do FIPA-ACL

- deve vir a substituir o KQML, pois resolve a maioria dos problemas criticados por diferentes autores na concepção do KQML