



# 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 (Speech Act Theory)
  - 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)

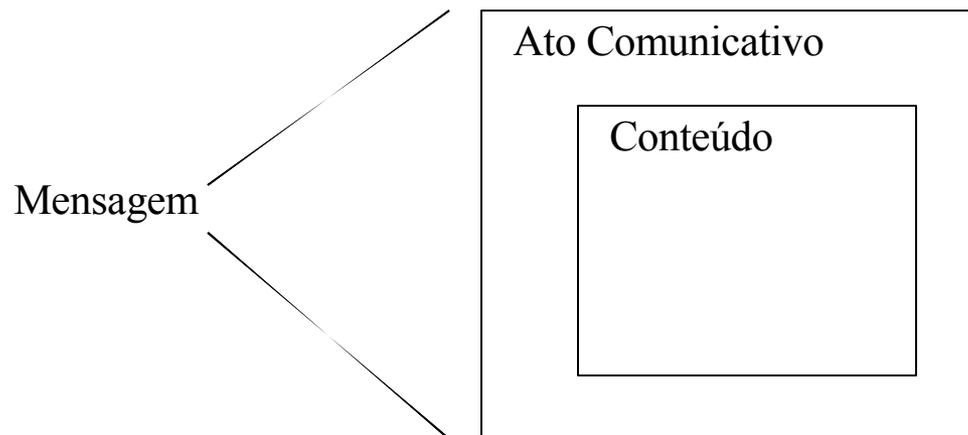
## ■ Linguagem de Agentes

- 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