

SISTEMAS MULTI-AGENTE

Luís Morgado

ISEL-ADEETC

SISTEMAS MULTI-AGENTE

- **Nível intra-agente**
 - Organização dos agentes individuais
- **Nível inter-agente**
 - Organização da sociedade de agentes
 - Duas vertentes principais
 - **Comunicação**
 - Suporte de interação entre agentes
 - **Coordenação**
 - Coerência, cooperação, competição

Comunicação entre Agentes

- Linguagem comum
 - Linguagem de comunicação entre agentes
(ACL – *Agent Communication Language*)
- Simbólica
 - Nível de conhecimento
 - Representações simbólicas do mundo
- Actos de comunicação
 - Produzidos para **satisfazer objectivos ou intenções**
 - Propósito de **mudar o estado do mundo**
 - **Modelados como acções**
- Teoria dos ***actos de discurso*** (Searle, 1960)

Teoria dos Actos de Discurso

- Expressões são vistas como **acções**, no mesmo sentido das acções realizadas sobre o mundo físico
- Aspectos das expressões
 - **Locução**
 - Refere-se à **forma** da expressão
 - **Ilocução**
 - Refere-se ao **tipo** da expressão, por exemplo uma expressão pode ser um pedido, uma informação, etc.
 - **Perlocução**
 - Refere-se ao **efeito** de uma expressão, ou seja, à forma como a expressão influencia o receptor

Actos de Discurso (*Speech Acts*)

- Alguns tipos de expressões (*ilocuções*)
 - *Assertivas*, que **informam**
 - *Promissivas*, que **prometem** algo
 - *Permissivas*, que **dão permissão**
 - *Proibitivas*, que **proíbem** algo
 - *Declarativas*, que **causam os próprios eventos**, por exemplo dar o nome a algo
 - *Expressivas*, que **expressam** algo, por exemplo avaliações ou emoções

Exemplo:

`informação [de: ag1, para: ag2, disponibilidade: 1-100]`

Actos de Discurso

- Componentes de um acto de discurso
 - **Verbo executivo** (*performative*)
 - Pedir, informar, prometer, etc.
 - **Conteúdo proposicional** (*content*)
 - “A tarefa está concluída”

Exemplo

Verbo: Informar

conteúdo: “A tarefa está concluída”

Acto de discurso: “Informo que a tarefa está concluída”

Semântica dos Actos de Discurso

- Definição baseada no formalismo de planeamento automático (Cohen & Perrault, 1979)
 - **Operadores**
 - Pré-condições
 - Efeitos
- No entanto, o emissor pode não ser capaz de forçar o receptor a aceitar um determinado estado mental
 - Separação entre
 - *Illocução*
 - *Perlocução*
 - O efeito pode não ser concretizado

Semântica dos Actos de Discurso

Exemplo

$request(s, h, \phi)$

pre-conditions:

- s believe h can do ϕ
(you don't ask someone to do something unless you think they can do it)
- s believe h believe h can do ϕ
(you don't ask someone unless *they* believe they can do it)
- s believe s want ϕ
(you don't ask someone unless you want it!)

post-conditions:

- h believe s believe s want ϕ
(the effect is to make them aware of your desire)

Linguagem KQML

- ***Knowledge Query and Manipulation Language***
- Especifica um conjunto de ***ilocuções*** (***performatives***) que definem os actos de comunicação que os agentes podem utilizar
- A linguagem KQML pode ser caracterizada com base em três níveis:
 - *Nível de **conteúdo** (“content layer”)*
 - *Nível de **mensagem** (“message layer”)*
 - *Nível de **comunicação** (“communication layer”)*

Exemplo de acto de comunicação em KQML

```
(tell  
  :content disponibilidade(1-100)  
  :language prolog  
  :ontology sistema-cads  
  :in-reply-to pedido-ag1-1  
  :receiver ag1  
  :sender ag2  
)
```

Acto de comunicação: *tell*

– Informação ao agente *ag1* da disponibilidade do agente *ag2*

linguagem de conteúdo: *Prolog*

Ontologia: *sistema-cads*

Linguagem KQML

- **Nível de mensagem**

- Define os verbos executivos (*performatives*) que são admissíveis para comunicação

- Exemplo

- `ask-if` (*“is it true that...”*)
 - `perform` (*“perform the following action...”*)
 - `tell` (*“it is true that...”*)
 - `reply` (*“the answer is...”*)

Linguagem KQML

- **Nível de conteúdo**

- Especifica o conteúdo efectivo da mensagem
- A norma KQML nada impõe a este nível
- Linguagens de conteúdo
 - Prolog
 - KIF – *Knowledge Interchange Format*
 - ...

- **Nível de comunicação**

- Especifica informação de transporte, e.g. parâmetros de comunicação

Linguagem KQML/KIF

- Exemplo de um diálogo em 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))
```

- Para ser possível a comunicação entre os agentes estes devem **partilhar uma definição comum de conceitos** do domínio do problema
 - **Ontologia**

Coordenação

Motivação

- **Prevenir a anarquia ou o caos**
 - Com a descentralização inerente aos sistemas baseados em agentes, situações de anarquia ou caos podem surgir com facilidade uma vez que nenhum agente possui uma visão global da sociedade
- **Capacidades e recursos distribuídos**
 - Os agentes de uma sociedade podem ter diferentes capacidades, e disponibilidade de recursos
- **Dependências entre agentes**
 - Os objectivos dos agentes são frequentemente interdependentes, ou seja, para a concretização de um dado objectivo um agente pode estar dependente de outros agentes da sociedade
- **Eficiência**
 - Mesmo que os agentes possam operar de forma independente, a sua operação em conjunto de forma coordenada, pode permitir grandes ganhos de eficiência na realização das respectivas tarefas

Métodos de Coordenação

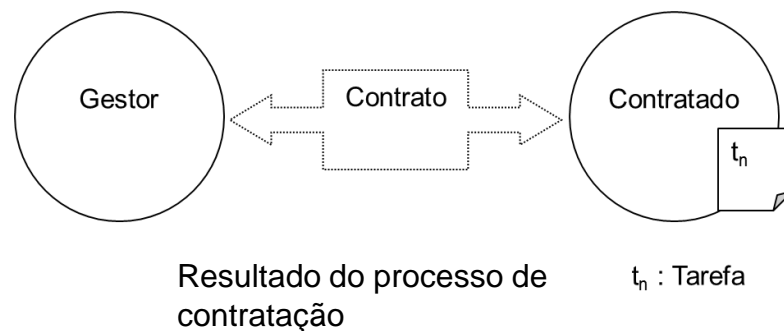
- **Raciocínio social**
- **Planeamento multi-agente**
 - **Planeamento centralizado**
 - Agentes geram planos individuais, enviando-os posteriormente a um agente coordenador
 - O agente coordenador detecta eventuais inconsistências ou situações de conflito
 - **Planeamento distribuído**
 - Não existe um agente coordenador central
 - Os agentes comunicam de forma a gerar e actualizar os seus planos locais, bem como os modelos dos outros agentes, até que os possíveis conflitos sejam eliminados
- **Estruturas organizacionais**
 - Definem a configuração de relações de controlo e troca de informação
 - Definem as capacidades e responsabilidades dos agentes, bem como as respectivas formas de interacção
 - Definem os papéis dos agentes participantes e os tipos de interacção social que podem ocorrer
- **Contratação**

Contratação

- Neste tipo de coordenação, se um **agente não tem capacidade para resolver um dado problema**, deve:
 - **Decompor** esse problema em **sub-problemas**
 - Tentar **encontrar outros agentes, com as capacidades necessárias** à resolução dos diversos sub-problemas, dispostos a com ele cooperar
 - **Delegar** noutros agentes a realização de tarefas necessárias á resolução dos sub-problemas

Contratação

- É assumida uma **estrutura do tipo mercado descentralizado**, onde os agentes podem assumir dois papéis:
 - **Gestor**
 - Decompõe o problema a resolver em **sub-problemas** e procura agentes a quem possa **adjudicar** as tarefas
 - **Monitoriza a realização** das tarefas de forma a garantir a resolução do problema
 - **Contratado**
 - Realiza as tarefas que lhe sejam adjudicadas
 - Um **contratado pode de igual forma ser um gestor**, através da decomposição da tarefa adjudicada em sub-tarefas que adjudica a outros agentes

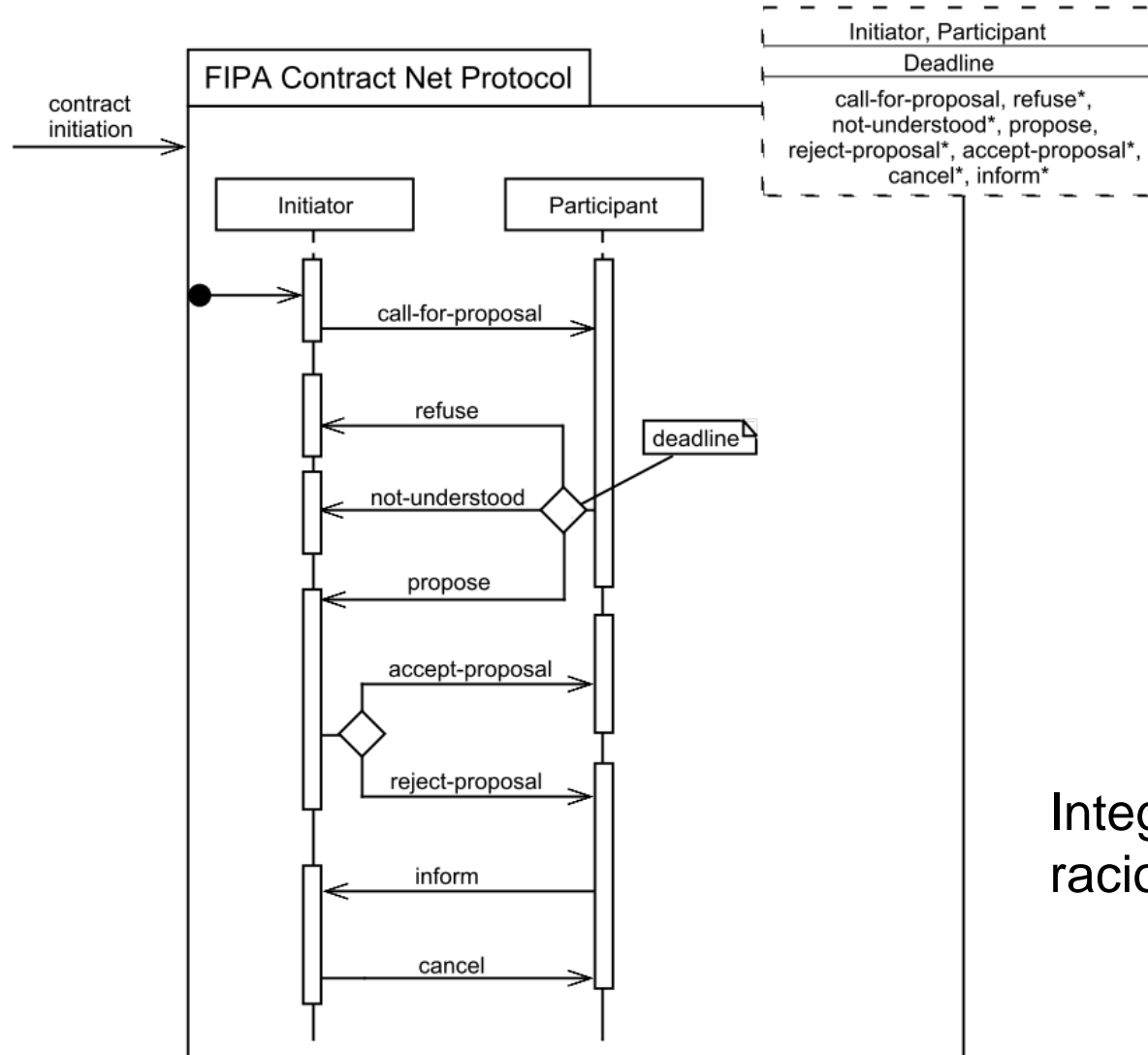


Exemplo: *Contract Net Protocol* [Smith, 1980]

Protocolo de Contratação

- A **atribuição de tarefas** é feita através de um **mecanismo de contratação** que, em termos gerais, consiste no seguinte:
 - O agente **gestor anuncia as tarefas que deseja contratar**
 - Em resposta ao anúncio, os **agentes interessados submetem as respectivas propostas**
 - O agente **gestor**, ao receber as respostas, analisa-as, **adjudicando cada tarefa a um ou vários agentes contratados**, de acordo com a avaliação feita das propostas recebidas
 - O agente **gestor espera os resultados das tarefas adjudicadas**
 - O resultado deste processo é o **estabelecimento de um conjunto de contratos** entre o agente gestor e os agentes contratados

Protocolo *Contract-Net*



Integração com
raciocínio social

Bibliografia

[Wooldridge, 2002]

M. Wooldridge, *An Introduction to Multi-Agent Systems*, John Wiley & Sons, 2002

[Smith, 1980]

R. Smith, *The Contract Net Protocol*, IEEE Transactions on Computers, 1980

[Conte & Castelfranchi, 1995]

R. Conte, C. Castelfranchi, *Cognitive and Social Action*, UCL Press, 1995