



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

# **Normas FIPA**

## **Foundation for Intelligent Physical Agents**

**Mestrado em Engenharia Informática**  
**Mestrado integrado em Engenharia Informática**  
Perfil SI :: **Agentes e Sistemas Multiagente**

- Agentes e Sistemas Multiagente;
- Interoperabilidade;
- Interação;
- Normas;
- Arquitetura Abstrata;
- Comunicação e mensagens;
- Agentes e UML;
- Sistemas em conformidade com as normas.



## **Inteligência Artificial Distribuída Agentes e Sistemas Multiagente**

- “Estudo, construção e aplicação de sistemas em que diversas entidades computacionais (agentes ou Sistemas Multiagente - SMA) interagem e perseguem um conjunto de objetivos e/ou realizando um conjunto de tarefas”.

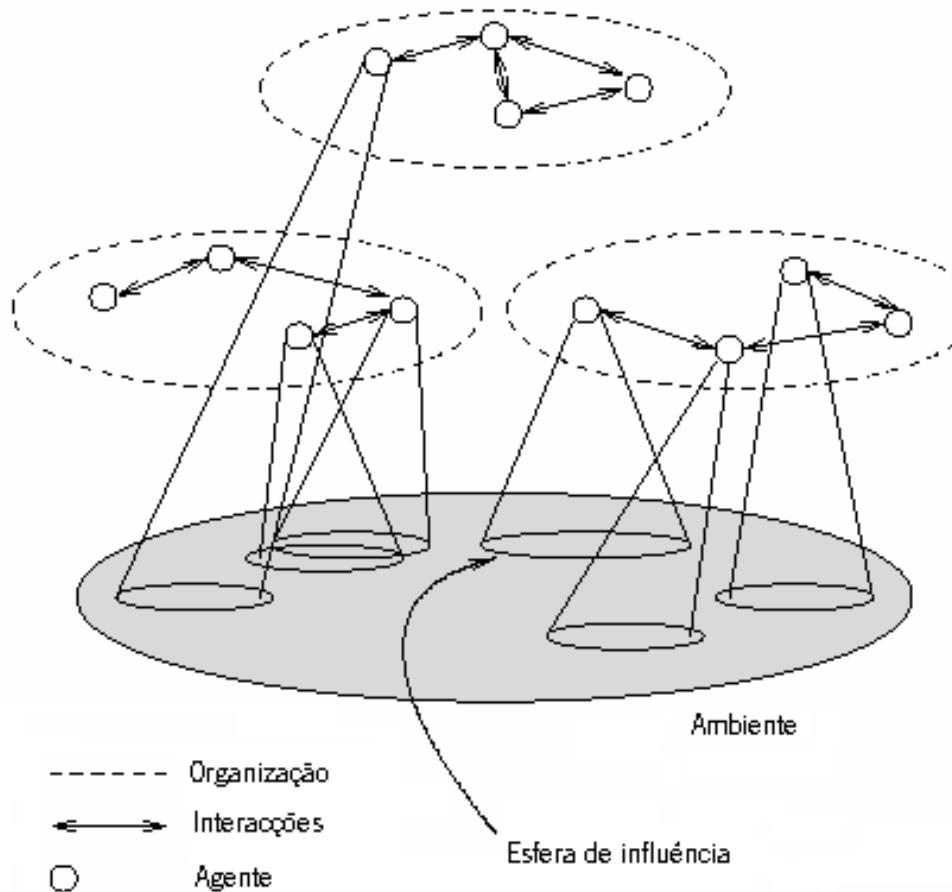
[Weiss, 1999]



- “Algo que age; capaz de produzir um efeito”.



## Sistemas Multiagente



Wooldridge, 1999

## Interoperabilidade

- Capacidade de um sistema (informático ou não) comunicar de forma transparente com outro sistema (semelhante ou diferente).
  - Para um sistema ser considerado interoperável, é muito importante que ele trabalhe com padrões abertos.
- Um sistema multiagente é, tipicamente, um sistema aberto, complexo e heterogéneo, em que se realizam atividades coordenadas.
- A coordenação de atividades neste tipo de ambientes exige linguagens e sistemas de comunicação apropriados:
  - Sintaxe padronizada  
(normas de comunicação ao nível da estrutura das mensagens e da gestão dos canais de comunicação);
  - Semântica padronizada  
(normas sobre o conteúdo das mensagens/ontologias partilhadas).
- A desvantagem destes sistemas padronizados é a de poderem não se adaptar facilmente às situações concretas;  
(o sempre difícil equilíbrio entre padronização e flexibilidade).

- A interação entre os agentes de um SMA obriga à análise, definição, especificação e implementação de um conjunto base de funcionalidades:
  - Plataforma de comunicação:
    - Meio físico de transmissão da informação;
  - Linguagem de comunicação:
    - Significado individual das mensagens;
  - Ontologia:
    - Definição do modo de estruturação da comunicação;
  - Arquitetura/formas de organização:
    - Determina a interligação entre os sistemas.



## **Foundation for Intelligent Physical Agents**

- A FIPA é uma organização internacional que se dedica a promover a indústria dos agentes inteligentes, através do desenvolvimento de especificações abertas que suportam a interoperabilidade entre agentes e a computação baseada em agentes.
- A FIPA disponibiliza os resultados das suas atividades a todos os interessados em contribuir para o estabelecimento de normas internacionais;
- Desde 2005 que integra o IEEE, transformando-se numa das suas comissões para a definição de *standards*.
- <http://www.fipa.org/>



- Aplicações:
  - ontologias e especificações de serviços para domínios particulares.
- Arquitetura Abstrata:
  - Entidades abstratas necessárias para construir ambientes de agentes e serviços baseados em agentes.
- Comunicação entre Agentes:
  - Linguagens de comunicação, mensagens, protocolos de interação, teoria dos atos de fala/atos comunicativos e representação de conhecimento.
- Gestão de Agentes:
  - Controlo e gestão de agentes dentro e através de plataformas de agentes.
- Transporte de Mensagens entre Agentes:
  - Transporte e representação de mensagens através de vários protocolos de transporte em redes de dados.

## Importância de uma Arquitetura Abstrata

- Interoperabilidade/reutilização:

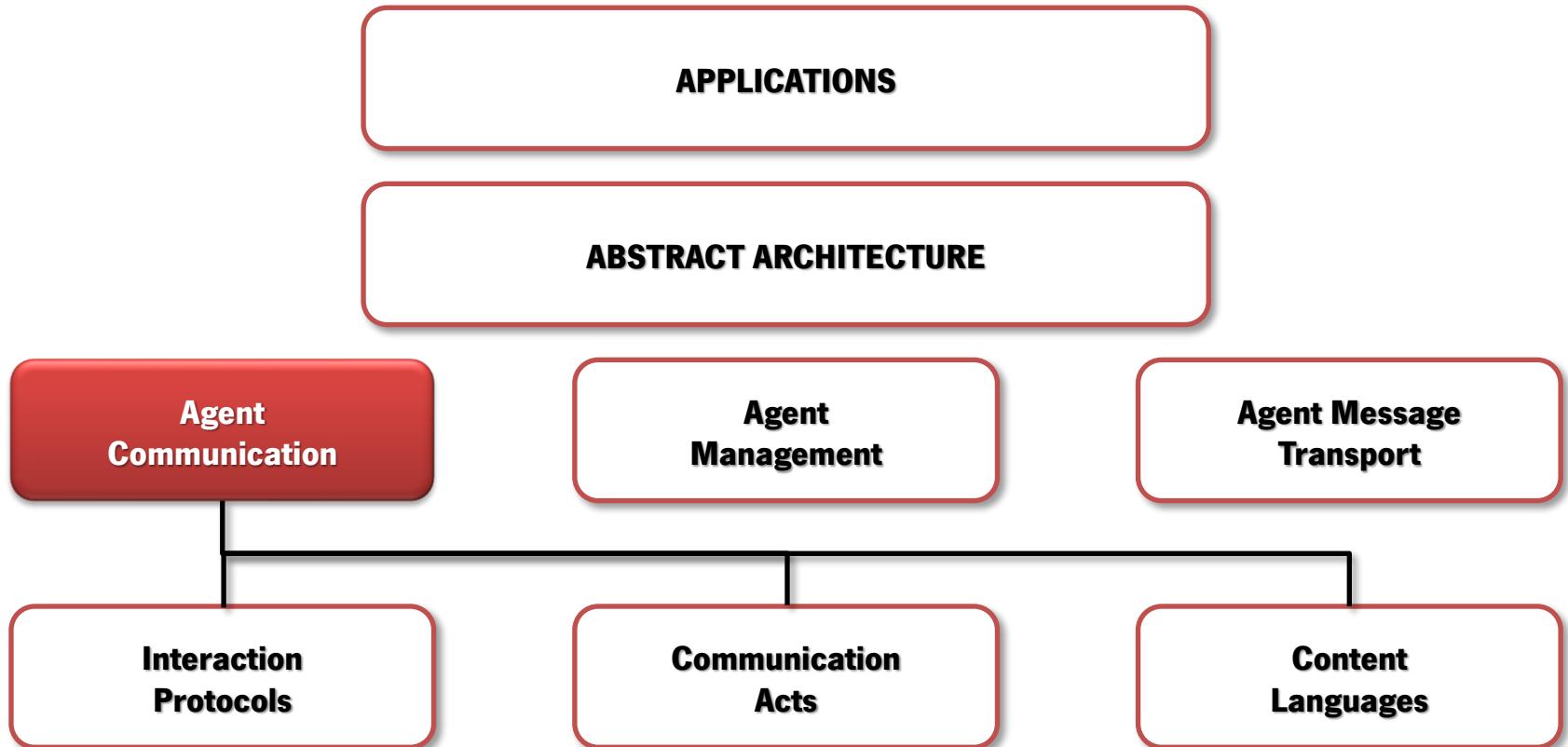
- Necessidade de identificar os elementos da arquitetura que têm de ser codificados.  
Se 2 ou mais sistemas usam tecnologias diferentes para atingir um determinado propósito, sendo necessário identificar as características comuns das diferentes abordagens.
  - As Arquitecturas Abstratas são especificações abstratas que podem ser formalmente relacionadas com qualquer implementação válida.
  - Dado que a arquitetura abstrata permite a criação de múltiplas realizações concretas, tem de fornecer mecanismos para permitir a interoperação destas realizações.



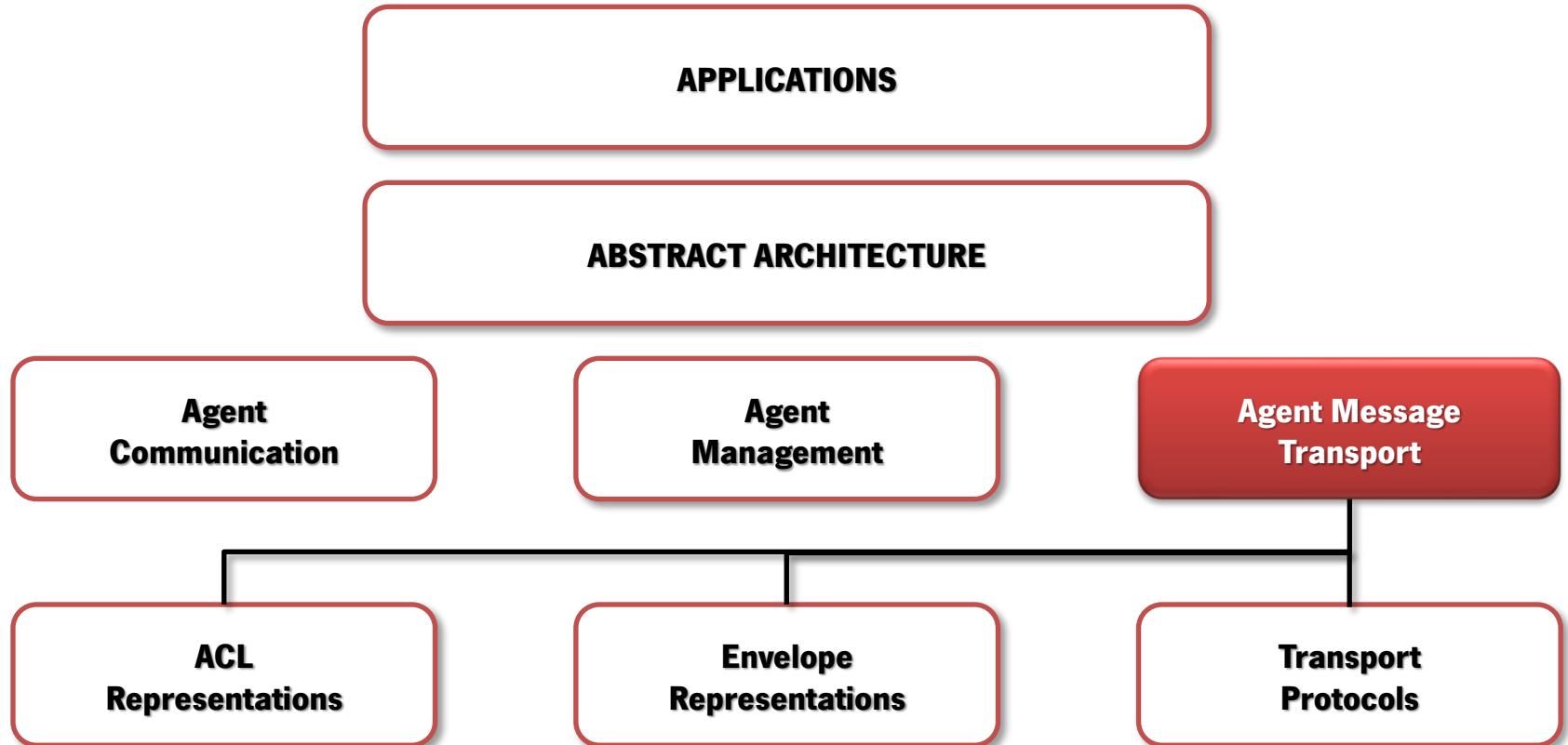
## **Elementos da Arquitetura Abstrata FIPA**

- Agentes e Serviços
- Agentes e Diretórios de Serviços
- Elementos da Arquitetura
- Modelo de Informação dos Agentes
- Identidade e Segurança

## Comunicação entre Agentes

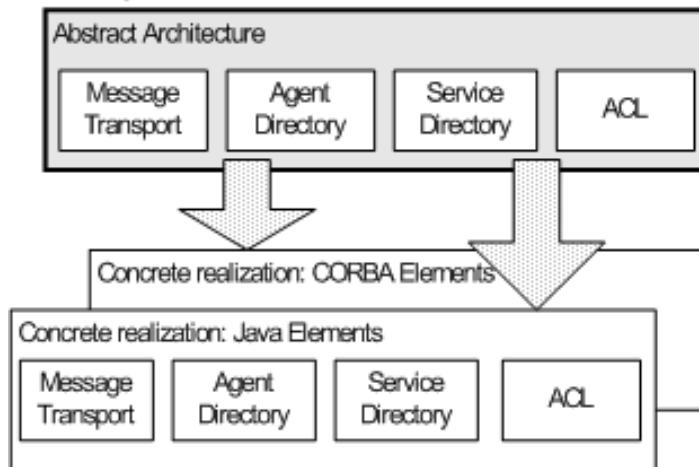


## Transporte de Mensagens



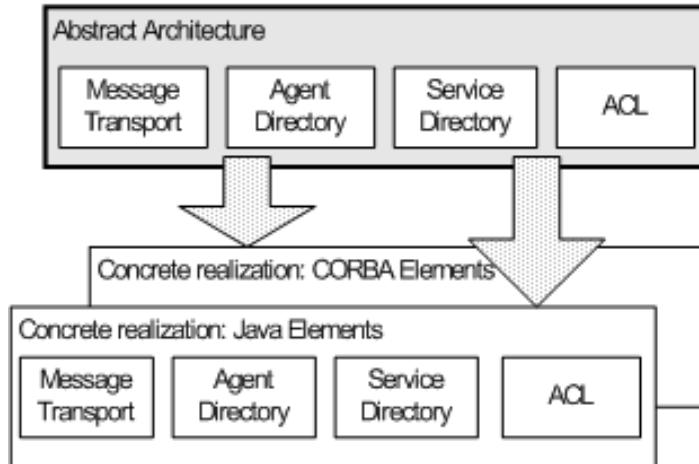
## Âmbito da Arquitetura FIPA

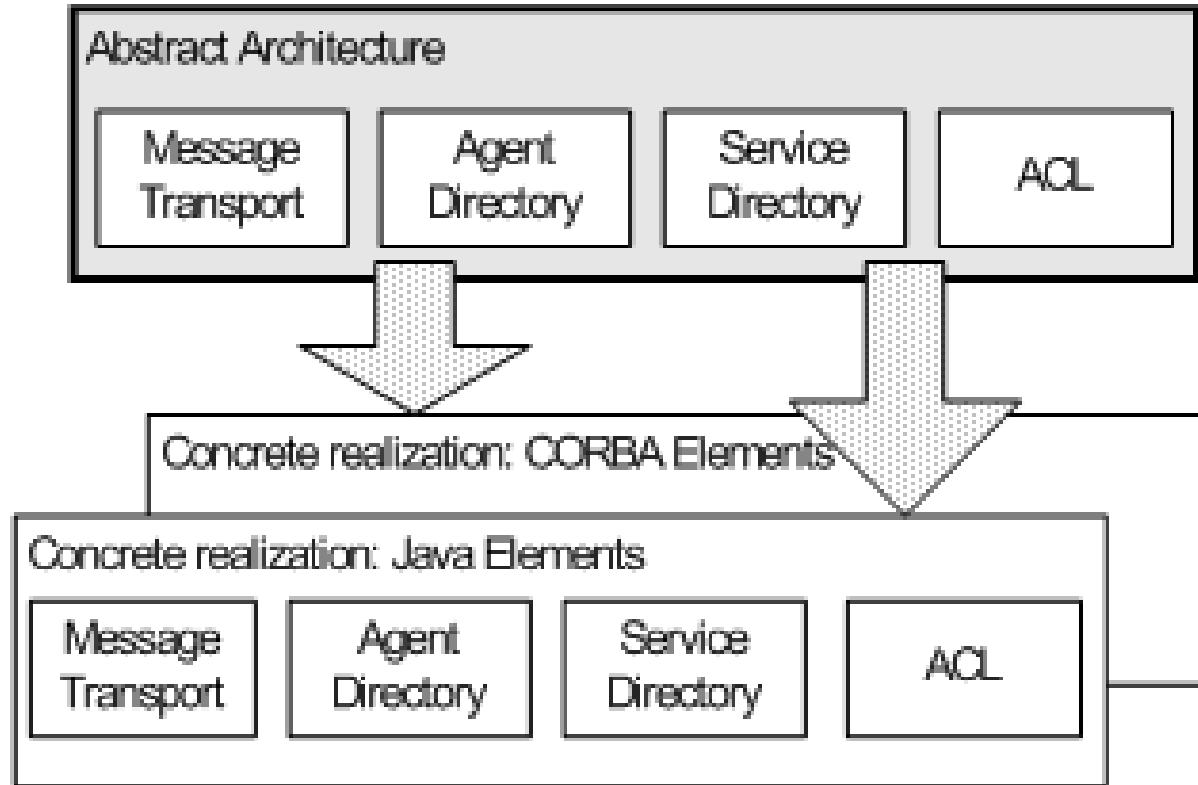
- Um modelo de serviços e de descoberta de serviços disponíveis para os agentes e outros serviços;
- Interoperabilidade do transporte de mensagens;
- Suporte de várias formas de representação ACL – *Agent Communication Language*;
- Suporte de várias formas da linguagem de conteúdo;
- Suporte de várias representações de diretórios de serviços.



## A Arquitetura Abstrata assegura a Interoperabilidade

- Para a Arquitetura Abstrata é essencial assegurar a interoperabilidade entre agentes:
  - Gerir múltiplos esquemas de transporte de mensagens;
  - Gerir múltiplos esquemas de codificação de mensagens;
  - Localizar agentes e serviços através de diretórios especializados.
- A Arquitetura Abstrata evita explicitamente questões que tenham que ver com a estrutura interna dos agentes.





## Agentes e Serviços

- Os Agentes comunicam trocando mensagens que representam atos de fala e que são codificadas numa linguagem de comunicação de agentes (ACL);
- Os Serviços oferecem suporte aos agentes:
  - Serviços de diretório de agentes  
(agent-directory-services);
  - Serviços de transporte de mensagens  
(message-transport-services);
  - Serviços de diretório de serviços  
(service-directory-service);
  - etc.

## Serviços de Diretório de Agentes

- O papel principal do serviço de diretório de agentes é proporcionar um local onde os agentes registam as suas descrições como entradas no serviço de diretório (*agent directory entries*). Outros agentes podem pesquisar as entradas no serviço de diretório para encontrar agentes com quem desejam interagir.
- Uma entrada no serviço de diretório é um tuplo <chave-valor> que consiste de pelo menos dois pares <chave-valor>:
  - Nome (*agent-name*): um nome global único para o agente;
  - Localizador (*agent-locator*): uma ou mais descrições de transporte (*transport-descriptions*);

## Utilização dos Serviços de Diretório de Agentes

- Registo de um Agente:

- O agente A pretende publicitar que fornece um determinado serviço:
    - Liga-se a um ou mais transportes;
    - Constrói uma entrada do diretório de agentes e regista-a no serviço de diretório de agentes;

- Descoberta de um Agente

- Os agentes podem pesquisar o serviço de diretório de agentes para localizar outros agentes com os quais pretendam comunicar.

## O Serviço de Diretório de Serviços

- O serviço de diretório de serviços é análogo ao serviço de diretório de agentes:
  - Está orientado para a descoberta de serviços;
  - É possível usar o serviço de diretório de serviços para:
    - Registar os próprios serviços;
    - Procurar serviços de outros agentes;

- Nos sistemas de agentes FIPA os agentes comunicam entre si através de mensagens;
- Os 3 aspetos fundamentais da comunicação baseada em mensagens são:
  - A estrutura das mensagens;
  - A representação das mensagens;
  - O transporte de mensagens;

## **Normas FIPA referentes à comunicação**

- Estrutura das Mensagens (norma 61)
- Serviço de Transporte de Mensagens (norma 67)
- Biblioteca de Atos Comunicativos (norma 37)

## Estrutura das Mensagens

- Uma mensagem FIPA-ACL contém um conjunto de um ou mais elementos de mensagem;
- A determinação dos elementos necessários para uma comunicação eficaz varia conforme a situação;
- *Speech Act Theory*, Austin 1950;
- O único elemento que é obrigatório em todas as mensagens ACL é a *performative*, embora a maioria das mensagens também tenham os elementos *sender*, *receiver* e *content*.

## Elementos das Mensagens FIPA ACL

Elemento	Categoria de Elemento
Performative	Tipo do ato comunicativo
Sender	Participante na comunicação
Receiver	Participante na comunicação
reply-to	Participante na comunicação
Content	Conteúdo da mensagem
Language	Descrição do Conteúdo
Encoding	Descrição do Conteúdo
Ontology	Descrição do Conteúdo
Protocol	Controlo da conversação
conversation-id	Controlo da conversação
reply-with	Controlo da conversação
in-reply-wiyh	Controlo da conversação
reply-by	Controlo da conversação

## Transporte de Mensagens

- Cada agente tem uma ou mais descrições de transporte (*transport-descriptions*), que são usadas pelos outros agentes para lhe enviarem mensagens (*transport-messages*);
- Cada descrição de transporte indica uma forma possível de transporte da mensagem, como por exemplo IIOP, SMTP, ou HTTP;
- Um transporte é um mecanismo para transferir mensagens;
- O conjunto de descrições de transporte é guardado no tuplo *<agent-locator>* da entrada respetiva no serviço de diretório de agentes;

## Exemplo de uma Descrição de Transporte

- Entrada de Diretório para o agente ABC:

- Agent-name:

- ABC

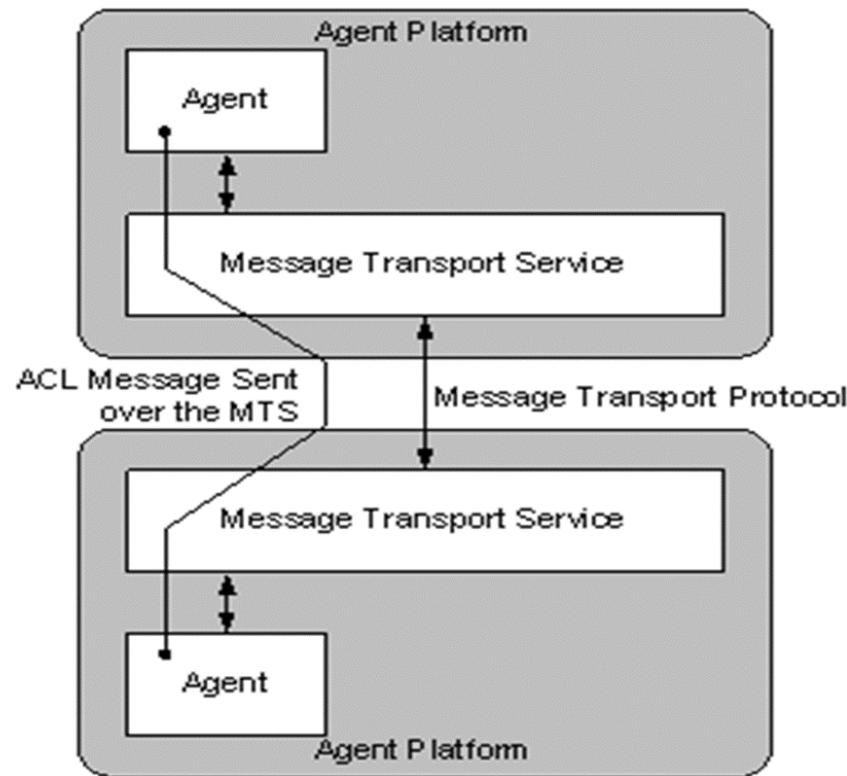
- Agent-locator:

Transport-type	Transport-specific-address	Transport-specific-property
HTTP	http://www.whiz.net/abc	(none)
SMTP	Abc@lowcal.whiz.net	(none)

- Agent-attributes:

- Attrib-1: yes
    - Attrib-2: yellow
    - Language: French, German, English

## Modelo de Referência



## Transporte de Mensagens

- O conteúdo das mensagens transportadas usando o MTS e o MTP.
- Modelo de referência para o transporte de mensagens entre agentes tem 3 níveis:
  - O Protocolo de Transporte de Mensagens (*Message Transport Protocol*- MTP) é usado para efetuar a transferência física de mensagens;
  - O Serviço de Transporte de Mensagens (*Message Transport Service* - MTS) é um serviço providenciado pela AP na qual o agente reside. O MTS suporta o transporte de mensagens FIPA ACL entre agentes em qualquer AP (*Agent Platform*) e entre agentes em diferentes APs;
  - A ACL (*Agent Communication Language*) permite representar o conteúdo das mensagens transportadas usando o MTS e o MTP.

## Canal de Comunicação entre Agentes

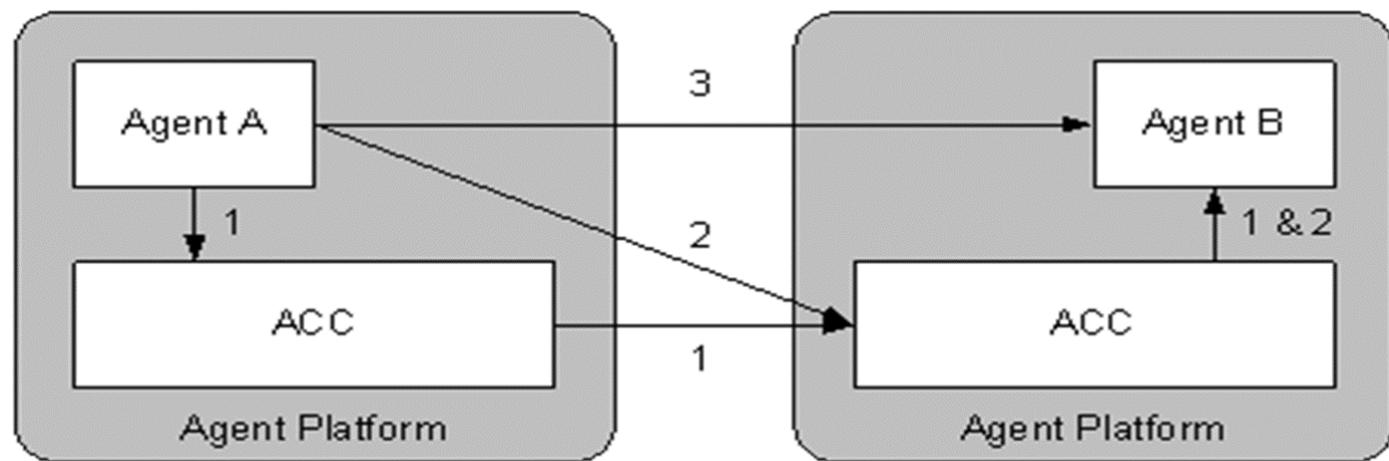
- O Canal de Comunicação entre Agentes (*Agent Communication Channel – ACC*) é a parte da AP que dá suporte ao Serviço de Transporte de Mensagens;
- O ACC pode aceder a informação fornecida por outros componentes da AP (tal como o AMS e o DF) para efetuar o transporte de mensagens;
- Um ACC só tem que ler o envelope da mensagem; não é necessário analisar o corpo da mensagem.

## Interpretação do Envelope da Mensagem pelo ACC

Parâmetro	Descrição
to	Se o parâmetro :intended-receiver não estiver presente, a informação no parâmetro :to é usada para gerar o campo :intended-receiver para as mensagens que o ACC canaliza
from	Se necessário, o ACC devolve as mensagens de confirmação e de erro ao agente especificado neste parâmetro
comments	Nenhum
acl-representation	Nenhum; esta informação é para o destinatário da mensagem
payload-length	O ACC pode usar esta informação para otimizar a eficiência de processamento
payload-encoding	Nenhum; esta informação é para o destinatário da mensagem
date	Nenhum; esta informação é para o destinatário da mensagem
encrypted	Nenhum; esta informação é para o destinatário da mensagem
intended-receiver	O ACC usa este parâmetro para determinar para onde a instância da mensagem deve ser enviada. Se este parâmetro não for dado, então o primeiro ACC que receba esta mensagem deve gerar um parâmetro :intended-receiver usando o parâmetro :to
received	Um novo parâmetro :received é adicionado ao envelope por cada ACC por onde a mensagem passa.
transport-behaviour	Se existir, o ACC tem de entregar a mensagem de acordo com os requisitos de transporte especificados neste parâmetro. Se estes requisitos não forem compreensíveis ou não puderem ser respeitados, o ACC gera um erro

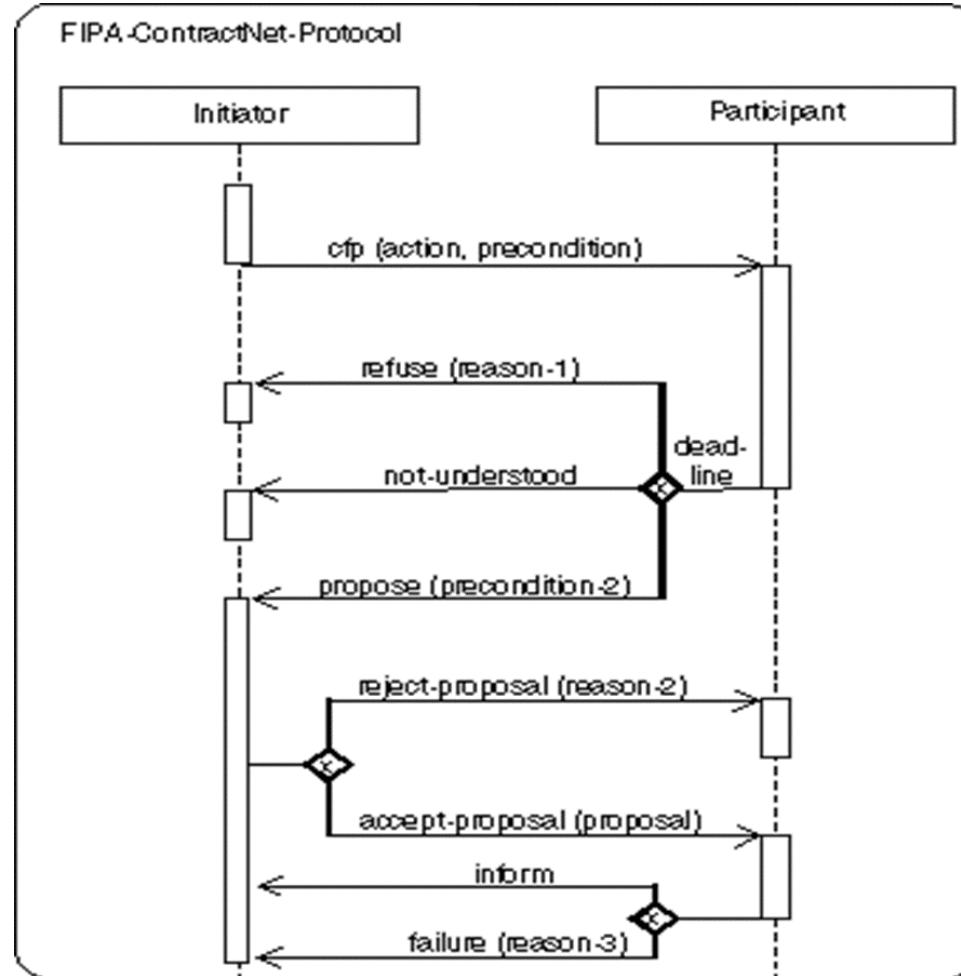
## Envio de Mensagens usando o MTS

- Quando um agente quer enviar uma mensagem para outro que reside numa AP remota, tem 3 possibilidades:



- AML (Odell 2000) é uma extensão do UML para o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes;
- O UML é insuficiente para a modelação de agentes e sistemas multi-agente:
  - Os Agentes são entidades autónomas;
  - Os Objetos são controlados do exterior;
  - Em sistemas multiagente, os agentes agem frequentemente em colaboração com outros agentes com quem estabelecem relações de interdependência.
- O AML dá algum suporte à programação orientada para agentes, permitindo, nomeadamente, especificar Protocolos de Interação entre agentes.

## Exemplo



- As normas FIPA são implementadas por uma variedade de organizações, que criaram plataformas de desenvolvimento de sistemas multi-agente, respeitando as normas FIPA.
  - Agent Development Kit
  - April Agent Platform
  - Comtec Agent Platform
  - FIPA-OS
  - Grasshopper
  - JACK Intelligent Agents
  - JADE
  - JAS (Java Agent Services API)
  - LEAP
  - ZEUS

- O JADE – *Java Agent Development Framework* é uma ferramenta de desenvolvimento de *software* baseado em sistemas multi-agente;
- As aplicações produzidas em JADE são conformes aos standards FIPA;
- O JADE inclui dois produtos principais:
  - uma plataforma de agentes que respeita os standards FIPA;
  - um ambiente de programação para desenvolver agentes em JAVA.

- O JADE tem mecanismos para se ligar a outros ambientes de *software* e outras ferramentas JAVA.
  - JESS (<http://www.jessrules.com/jess/index.shtml>)
  - Protégé (<http://protege.stanford.edu/>)
  - JDBC (Java Database Connection), permite estabelecer ligações SQL a qualquer base de dados.
  - WADE - Workflows and Agents Development Environment.
  - JADEX (<http://jadex.informatik.uni-hamburg.de/>)

- Smart Python Agent Development Environment
- A multi-agent systems platform written in Python

<https://pypi.org/project/spade/>

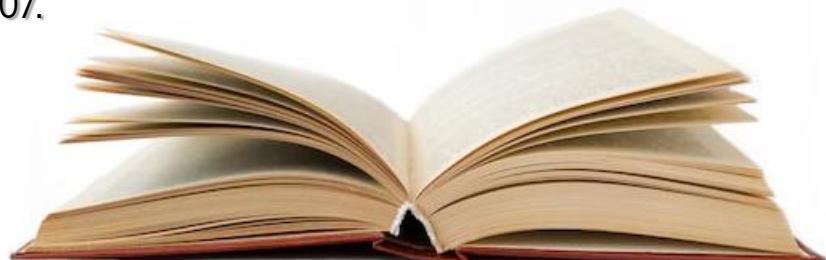
## Recursos Eletrônicos

- Foundation for Intelligent Physical Agents
  - <http://www.fipa.org>
- Sistemas Disponíveis
  - <http://www.fipa.org/resources/livesystems.html>
- JADE - Java Agent DEvelopment Framework
  - <http://jade.tilab.com>



## Referências

- Wooldridge M., An Introduction to Multiagent Systems, John Wiley & Sons, ISBN 0 47149691X, 2002.
- d'Inverno M., Luck M., Understanding Agent Systems, Springer, ISBN: 978-3540407003, 2003.
- Bellifemine F., Caire G., Greenwood D., Developing Multi-Agent Systems with JADE, John Wiley & Sons, ISBN: 978-0470057476, 2007.
- Filipe J., Interoperabilidade em Sistemas Multi-Agente, Instituto Politécnico de Setúbal, 2008.
- Odell, J., H.V.D. Paranak, and B. Bauer, “Extending UML for Agents,” in Proc. of the Agent-Oriented Information Systems Workshop at the 17th National conference on Artificial Intelligence, G.W. Yves Lesperance, and Eric Yu, Eds, pp. 3-17, 2000 .
- Cervenka R., Trencansky I., The Agent Modeling Language - AML: A Comprehensive Approach to Modeling Multi-agent Systems , Springer, ISBN 9783764383954, 2007.





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

# **Normas FIPA**

## **Foundation for Intelligent Physical Agents**

**Mestrado em Engenharia Informática**  
**Mestrado integrado em Engenharia Informática**  
Perfil SI :: **Agentes e Sistemas Multiagente**