



# *Verteilte Künstliche Intelligenz – Distributed Artificial Intelligence*

VAK 03-710.03

Universität Bremen

Ingo J. Timm, Jörn Witte



# Was wollen wir heute tun?

- **Allgemeines (Scheinbedingungen)**
- **Überblick über die Vorlesung**
- **Einleitung**
  - ☐ **Begriffsbestimmung**
  - ☐ **Anwendungsfälle**
  - ☐ **Standardisierung (FIPA)**



# Das Team: grp-vki@tzi.de



Dr. Ingo J. Timm  
i.timm@tzi.de  
Raum 2.60 im TAB

**Forschungsinteressen:**  
VKI  
Maschinelles Lernen  
Wirtschaftsinformatik  
Strategisches Management  
autonomer Softwaresysteme



Jörn Witte  
jwitte@tzi.de  
Raum 2.58 im TAB

**Forschungsinteressen:**  
Ontologies  
Semantic Translation,  
Integration und Mediation  
Geographic Information Systems

# Wie man uns finden kann ...



- Email: {i.timm|jwitte}@informatik.uni-bremen.de
- Fon: (0421) 218 – 8176 (IT) / 4781 (JW)
- Büro: TAB (Am Fallturm 1, Eingang E), Raum 2.60 (IT) / 2.58 (JW)
- Internet: Stud.IP
- Sprechzeiten: nach Vereinbarung !



*Und nun das wichtigste ...*



# Generelles zur Vorlesung

- In den Übungen
  - werden Fragen zur Vorlesung und den Übungsaufgaben sowie
  - die Lösungen der Aufgaben diskutiert
  - Mittwochs 10-12 (MZH 7250)
- Im Web
  - Stud.IP → bitte tragt Euch durch ein !
  - [grp-vki@tzi.de](mailto:grp-vki@tzi.de)
- Abgabe der Aufgaben
  - Format der schriftlichen Ausarbeitung ist nach Absprache mit den Betreuern frei wählbar
  - Programmiersprache
  - Programme im Quellcode kommentieren und mit Testbeispielen
- Arbeitsgruppen
  - Übungsgruppen (3-4 Personen)



# Scheinbedingungen

- Vergleichbare Bedingungen zu KI 1
- Modulprüfung durch Übungszettel & Fachgespräch
  - Regelmäßige Teilnahme an den Tutorien
  - Ggf. „Vorrechnen an der Tafel“
  - Erfolgreiche Teilnahme an Übungszetteln
    - 4 Übungszettel, drei müssen mit mindestens 40% einer mit mindestens 20% bestanden werden; im Schnitt mindestens 60%
    - Alle Übungszettel werden zur Wertung herangezogen (KEIN n-1!)
  - Freiwilliges Halten eines Vortrags
  - Feststellung der Individualleistung durch Fachgespräche
- Mündliche Modulprüfung
  - Empfohlen wird auch hier regelmäßige Teilnahme an Tutorien
  - Prüfung am Ende des Semesters



# Prüfungstermine

- Fachgespräche

- ☐ Dienstag 1. August
- ☐ Mittwoch 2. August
- ☐ Donnerstag 3. August

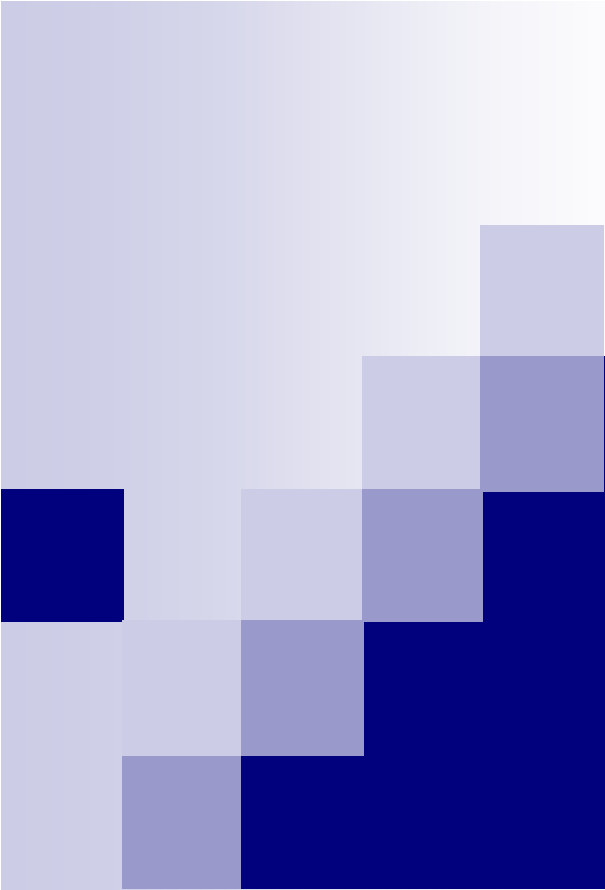
- Modulprüfungen

- ☐ Dienstag 5. September
- ☐ Mittwoch 6. September
- ☐ Donnerstag 7. September

- Anmeldung eigenhändig mit Unterschrift  
bis **spätestens** zum 25. Juli 2005

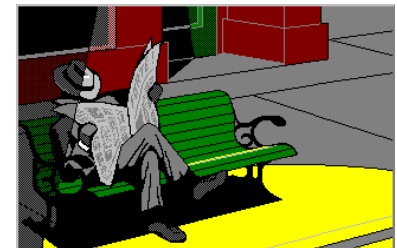
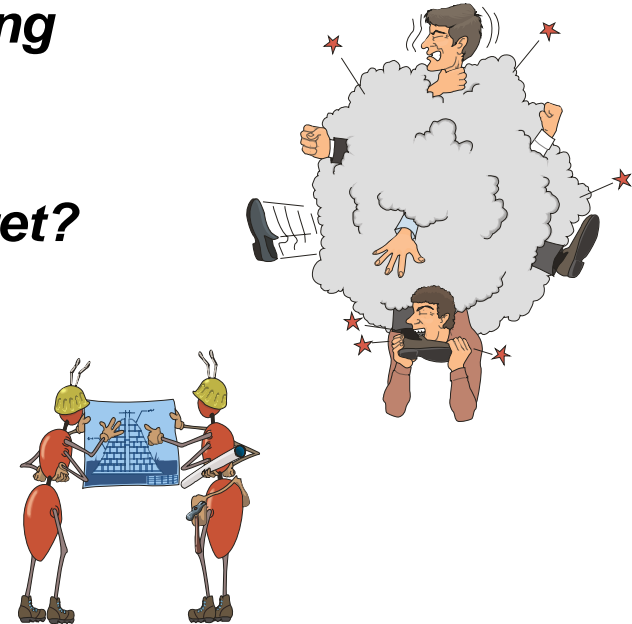
## ***Reminder***

Jeder abgegebener Übungszettel gilt als Teil einer Prüfungsleistung – unabhängig von der Anmeldung – so dass Täuschungsversuche in den Übungszetteln als Täuschungsversuch in einer Prüfungsleistung gewertet wird !



# Überblick über die Vorlesung

- ***Was benötigt man für die Programmierung Intelligenter Agenten?***
- ***Wie wird ein Multiagentensystem gestaltet?***
- Vermittlung der notwendigen Konzepte in der Vorlesung ...
  - Logische Grundlagen und Modellierung
  - Verteilte Problemlösung
  - Organisation und Gesellschaft
- Implementieren und analysieren in den Übungen ...
  - Agenten in JAVA: JADE Crashkurs
  - Entscheidungsverhalten in Agenten am Beispiel
  - Gestaltung von Interaktion in Multiagentensystemen
  - Planen und Gruppen in Agenten und Multiagentensystemen





# Einteilung in drei Blöcke

- Logische Grundlagen und Modellierung  
(1 Übungszettel)
- Verteilte Problemlösung  
(2 Übungszettel)
- Organisation und Gesellschaft  
(1 Übungszettel)



# [A] Logische Grundlagen und Modellierung

- Einführung und Allgemeines
  - Begriffsbestimmung, Einleitung, Überblick
  - Anwendungen und Standardisierung
- Logik I: Entscheidungsverhalten Intelligenter Agenten
  - (Multi-) Modallogik (LORA – Logic of Rational Agents)
  - Beliefs-Desires-Intention Architektur
  - Formales Entscheidungsverhalten innerhalb von Agenten
- Logik II: Systemmodellierung
  - Formale Repräsentation von Multiagentensystemen (Visibility – See – Knowledge)
  - Lokale und globale Zustandstransformation
- Projektbeispiel: RoboCup  
[PD Dr. Ubbo Visser]



# [B] Verteilte Problemlösung (1/2)

## ■ Kommunikation

- ☐ FIPA – Agent Communication Language
- ☐ Sprechakttheorie und Semantik einer Kommunikationsaktion
- ☐ Interaktionsprotokolle in der Agentenkommunikation

## ■ Ontologien

- ☐ Formale Spezifikation einer Konzeptualisierung
- ☐ Entwurf und Modellierung
- ☐ Sprachen zur Modellierung von Ontologien

## ■ Koordination

- ☐ Grundlagen für die Evaluation von Kommunikation (Spieltheorie, Statistik)
- ☐ Soziale Wahl (Voting) und Feilschen (Bargaining)
- ☐ General Equilibrium Theory



# [B] Verteilte Problemlösung (2/2)

- Verteilte Problemlösung
  - Auktionsprotokolle
  - Formale Betrachtung von Auktionsprotokollen
  - Kontraktnetz
- Verteilte Problemlösung und Planung
  - Planen in Gruppen und Planen für Gruppen
  - Shared Intentions, Joint Intentions
  - Verhandlungsbasierte verteilte Planung
- Dynamik und verteilte Problemlösung
  - Gruppen und Teams
  - Management von Fertigkeiten
  - Dynamische Teambildung



# [C] Organisation und Gesellschaften

## ■ Organisation

- ☐ Emergenzeffekt
- ☐ Organisation aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive
- ☐ Zusammenfassung der Koordinationsmechanismen

## ■ Sozionik

[Dr. Frank Hillebrandt, TU Hamburg-Harburg]

- ☐ Was können Agentenforscher von der Sozialwissenschaft lernen?
- ☐ Was können Sozialwissenschaftler von/mit Agententechnologie lernen?

## ■ Projektbeispiel: IntaPS

[Thorsten Scholz]

- ☐ Auftragen-Ressourcen-Koordination mit elektronischen Märkten
- ☐ Konflikt & Capability Management

## ■ Zusammenfassung



# Logische Grundlagen und Modellierung

Einführung in VKI

# Begriffsbestimmung: VKI

- Die VKI bemüht sich, Künstliche Intelligenz (KI) in Hinsicht auf Skalierbarkeit, multiple Problemlösungsstrategien und Wiederverwendbarkeit durch kooperative Systeme zu erweitern.
- Findler definiert die VKI wie folgt [Findler 91, S. 23]:  
*"Distributed planning and problem solving systems handle tasks that cannot be dealt with effectively and efficiently by one single processor."*

# Begriffsbestimmung VKI

- Begriff der New AI in [Pfeifer 95]. Nach Ferber wird die NAI in folgender Weise beschrieben [Ferber 99, S. 53]:

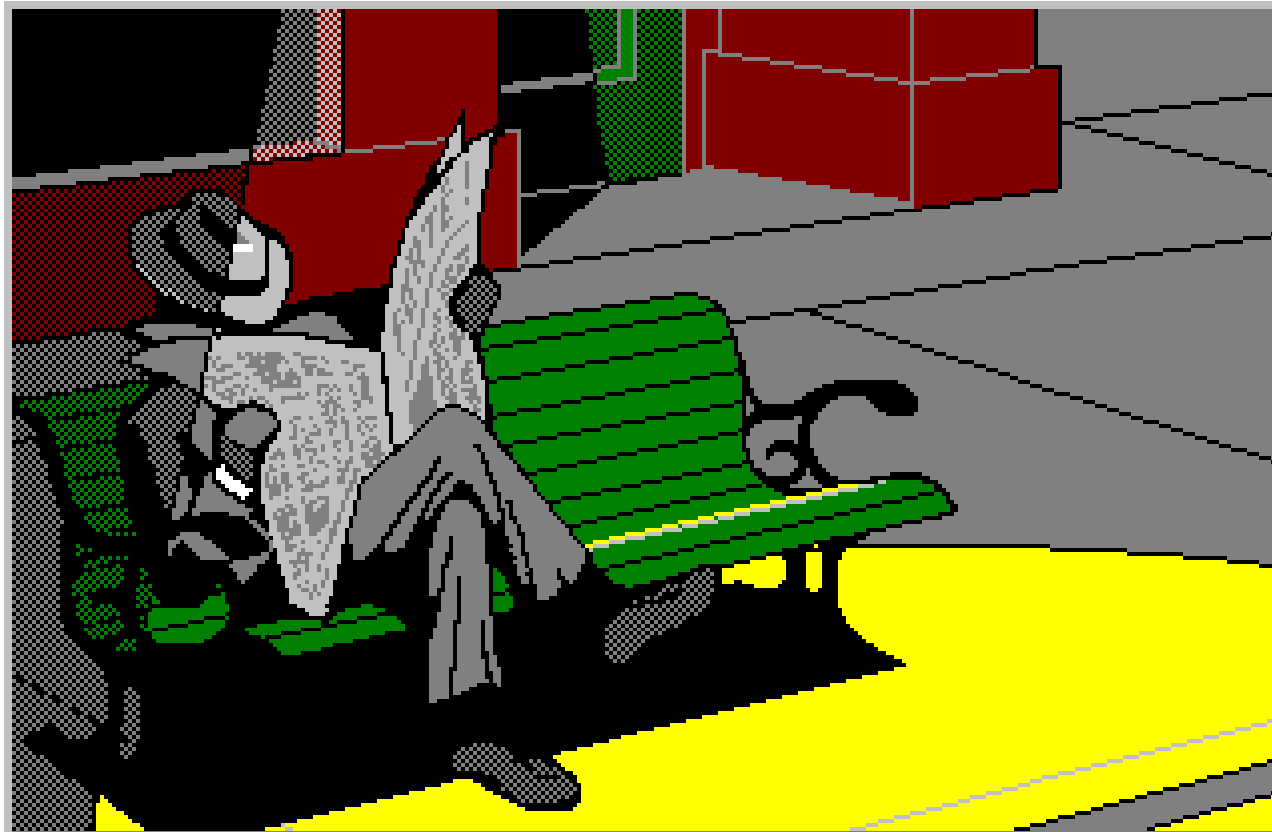
*"Whereas for AI it is the individual that is intelligent, for kenetics it is the organisation that displays functionalities that can be characterised as intelligent."*

- Integration sensor-motorischer Fähigkeiten und intelligenter Methoden in Anlehnung an biologische kognitive Prozesse erfolgt in [Dautenhahn & Christaller 96].

# Begriffsbestimmung VKI

- Die VKI wird in dieser Veranstaltung frei nach [Findler 91] und [Müller 93] als Methode definiert, mit der komplexe Problemstellungen durch die Kooperation mehrerer *intelligenter* Systeme angestrebt wird.
- In diesem Sinne können zwei grundlegende Ansätze unterschieden werden:
  - *Verteiltes Problemlösen*  
(*Distributed Problem Solving*)
  - *Multiagentensysteme* (*Multiagent Systems*)

What is an agent ?



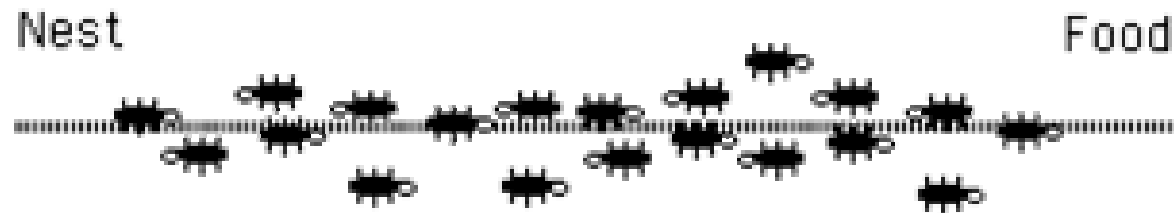


# What is New Artificial Intelligence ?

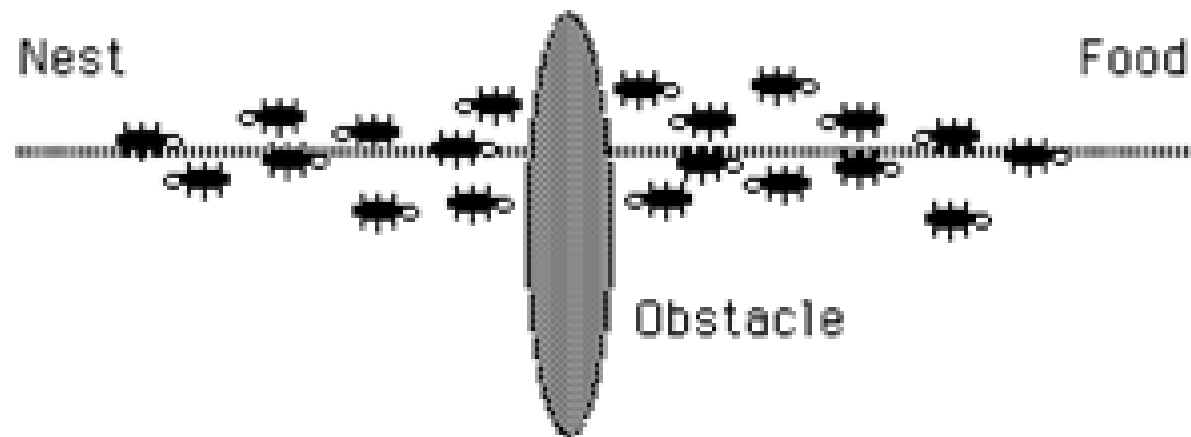


# Biological Motivation

①

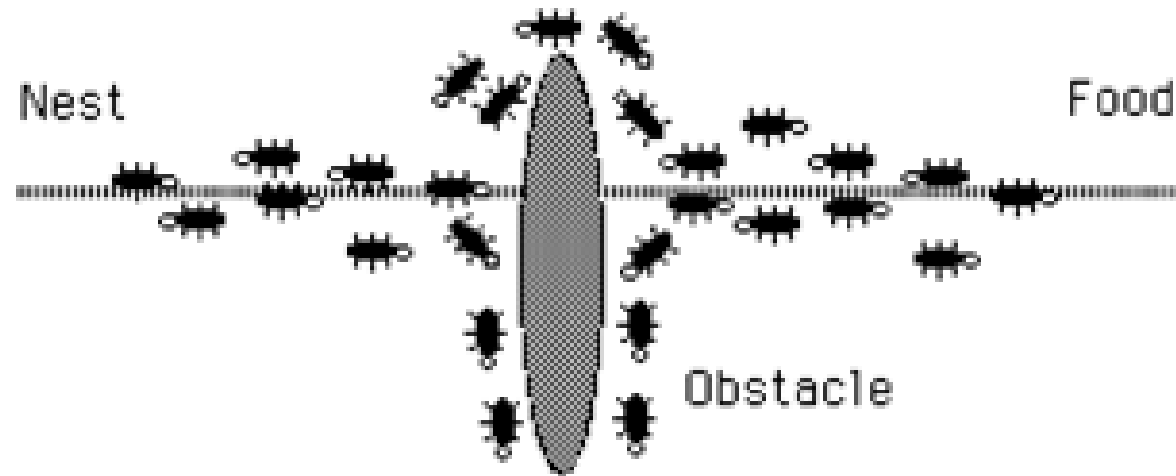


②

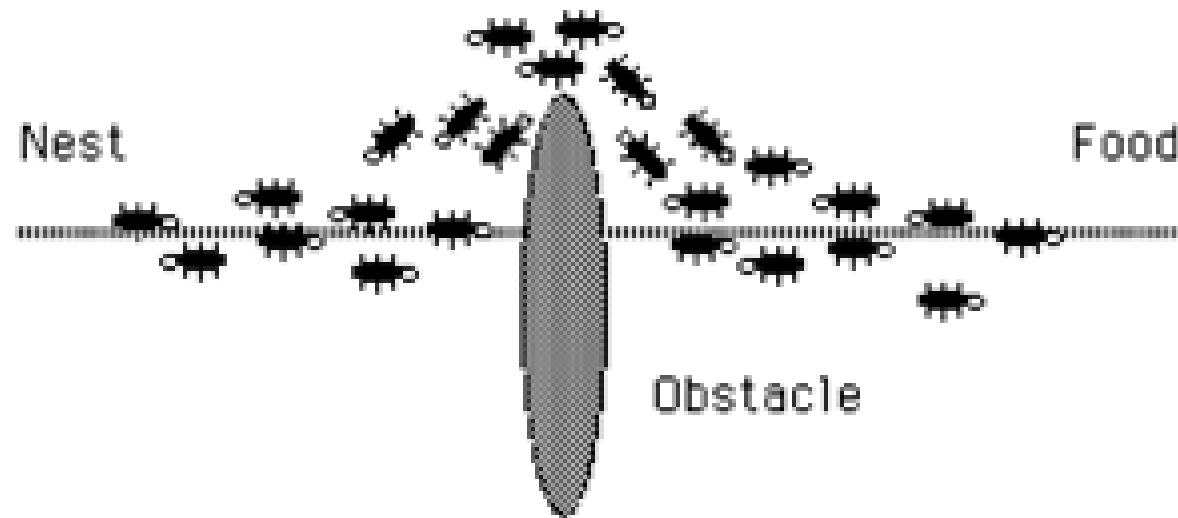


# Biological Motivation

③



④





# Motivation

1. Everything is a system.
2. Everything is part of a larger system.
3. The universe is infinitely systematizable, both upward (larger sys.) and downward (smaller sys.)
4. All systems are infinitely complex (The illusion of simplicity comes from focusing attention on one or a few variables)

[John Gall, Systemantics, 1975]



# Motivation

## ***Society of Mind***

I'll call „Society of Mind“ this scheme in which each mind is made of many smaller processes. These we'll call agents. Each mental agent by itself can only do some simple thing that needs no mind or thought at all. Yet when we join these agents in societies— in certain very special ways— this leads to true intelligence.

[M. Minsky, 1985]



# Motivation

## *Actor Theory*

Actor: A computational agent which has a mail address and a behavior. Actors communicate by message-passing and carry out their actions concurrently.

[G. Agha, 1986]



# Motivation

## *Game Theory*

Nowadays methods from game theory are used intensively in all fields of economics and social sciences. Game theory provides formal instruments for analysis of conflicts and cooperation.

[M. Holler and G. Illing, 1990]



## Definition of an Intelligent Agent

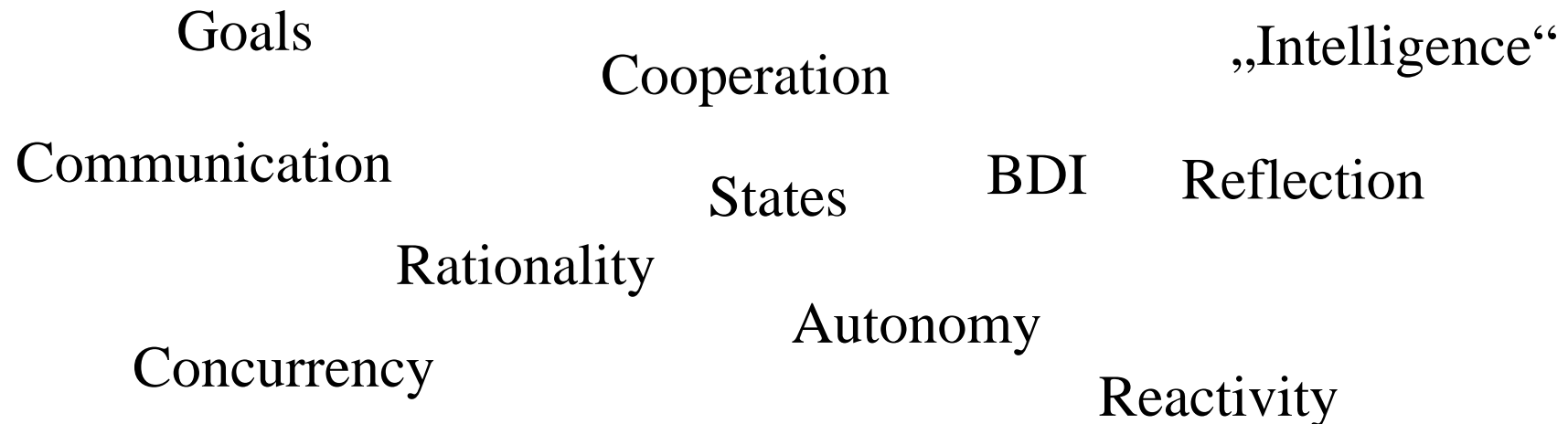
An **intelligent Agent** is a knowledge-based system that perceives its environment; reasons to interpret perceptions, draw inferences solve problems, and determine actions; and acts upon that environment to realize a set of goals or tasks for which it was designed. The agent interacts with a human or some other agents via some kind of agent-communication language and may not blindly obey commands, but may have the ability to modify requests, ask clarification questions, or even refuse to satisfy certain requests. ....

[Tecuci, 1998]



# Introduction to Intelligent Agents

*Agents are software entities that **assist** people and act on their behalf. (P. Maes, 1994)*



*Agents are situated in an environment, act autonomously, and are able to **sense** and to **react** to changes.* (Knirsch & Timm, 1999)



# Introduction to Intelligent Agents

*Agents are software entities that **assist** people and act on their behalf. (P. Maes, 1994)*

## Weak Definition of Agency:

- Reactivity
- Deliberativity
- Social Deliberation

[Jennings & Wooldridge, 1995]

*Agents are situated in an environment, act autonomously, and are able to **sense** and to **react** to changes.* (Knirsch & Timm, 1999)



# Is it an Agent or an Object ?

- Agents have an architecture
- Agents have „mental“ states
- Agents are goal-directed
- Agents are plan-based
- Agents have dialogs
- Objects have not
- Objects have attributes
- Objects are message-triggered
- Objects are „life-cycle bounded“
- Objects have send/receive behaviour

(As reported by Burmeister 1996)

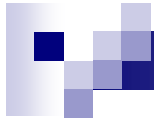


# Requirements for MAS-Applications

Agent technologies are indicated if the following features can be fixed in the application. The application should

- show ***natural distributivity (ND)***,  
e.g. autonomous entities, geographical distribution,  
distributed data
- have a need for ***flexible interaction (FI)***,  
e.g. there is no a priori assignment of tasks to actors, there  
are no fixed processes
- be embedded in a ***dynamic environment (DE)***  
e.g. our physical world or artificial worlds like the internet.

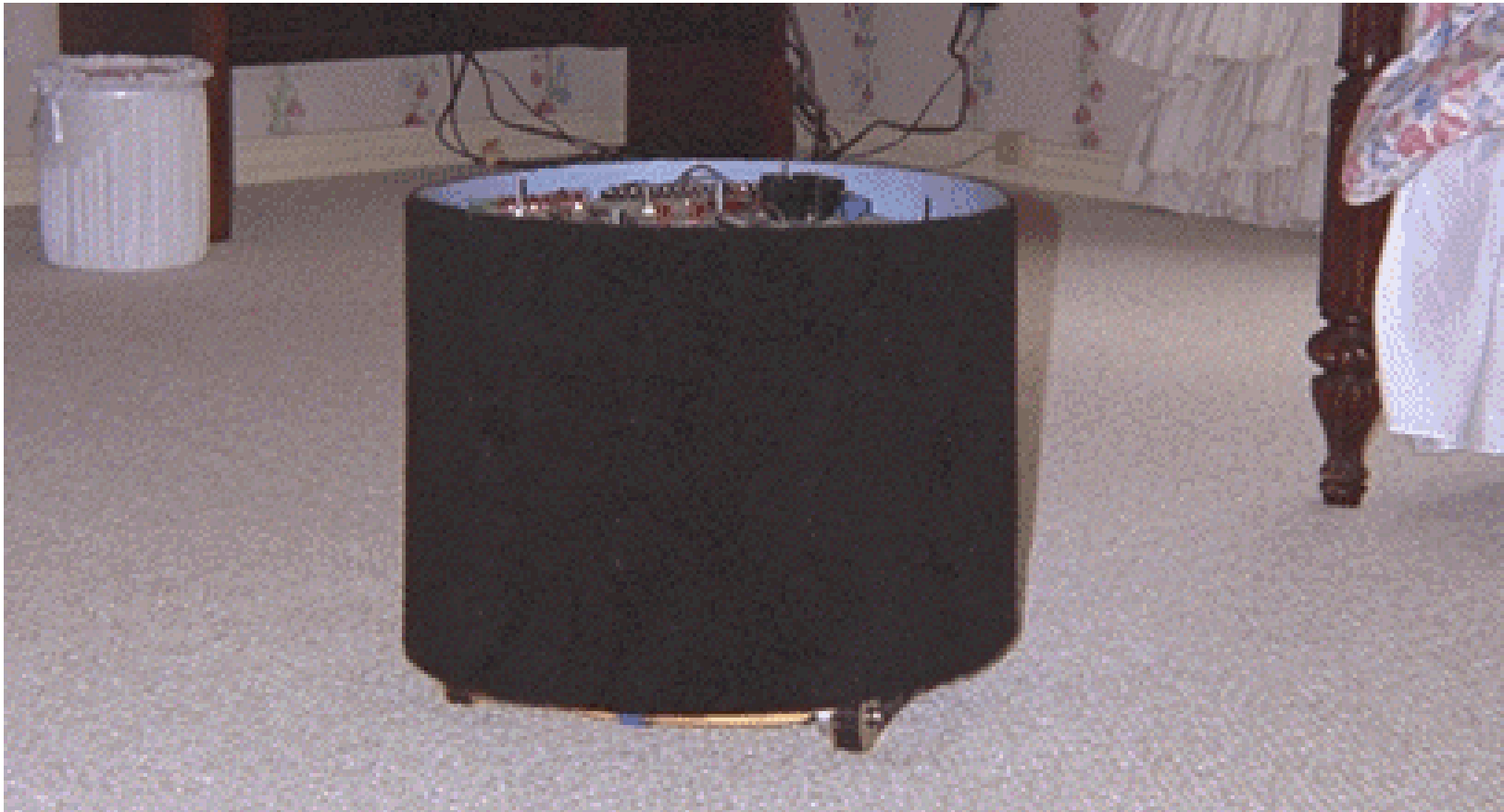
*Applications which do not match all three criteria should not be approached with the agent technology!*



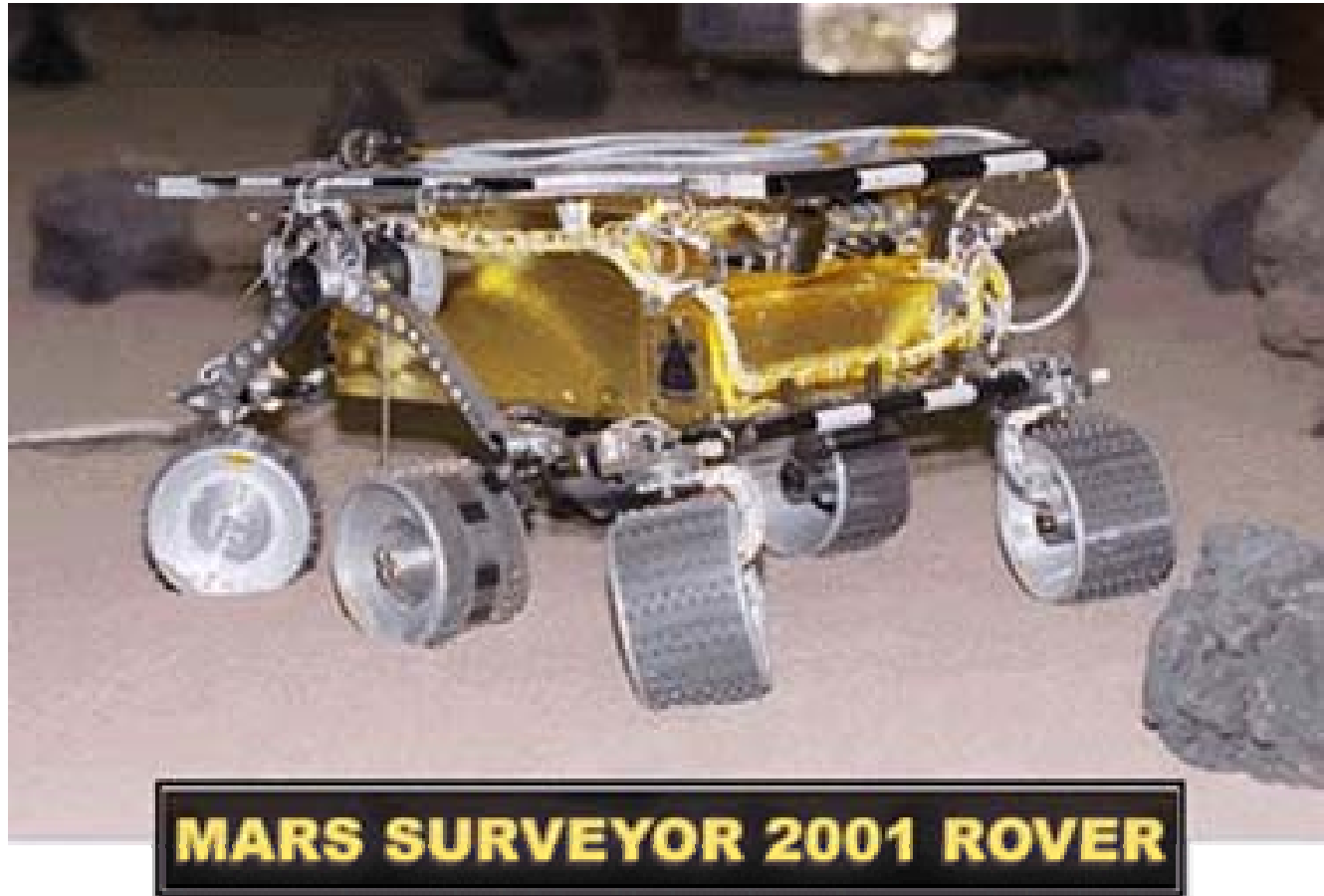
# Application of Autonomous Agents

*Sun Jini – Agent Technology for the Microwave?*

# Application of Autonomous Agents



# Application of Autonomous Agents





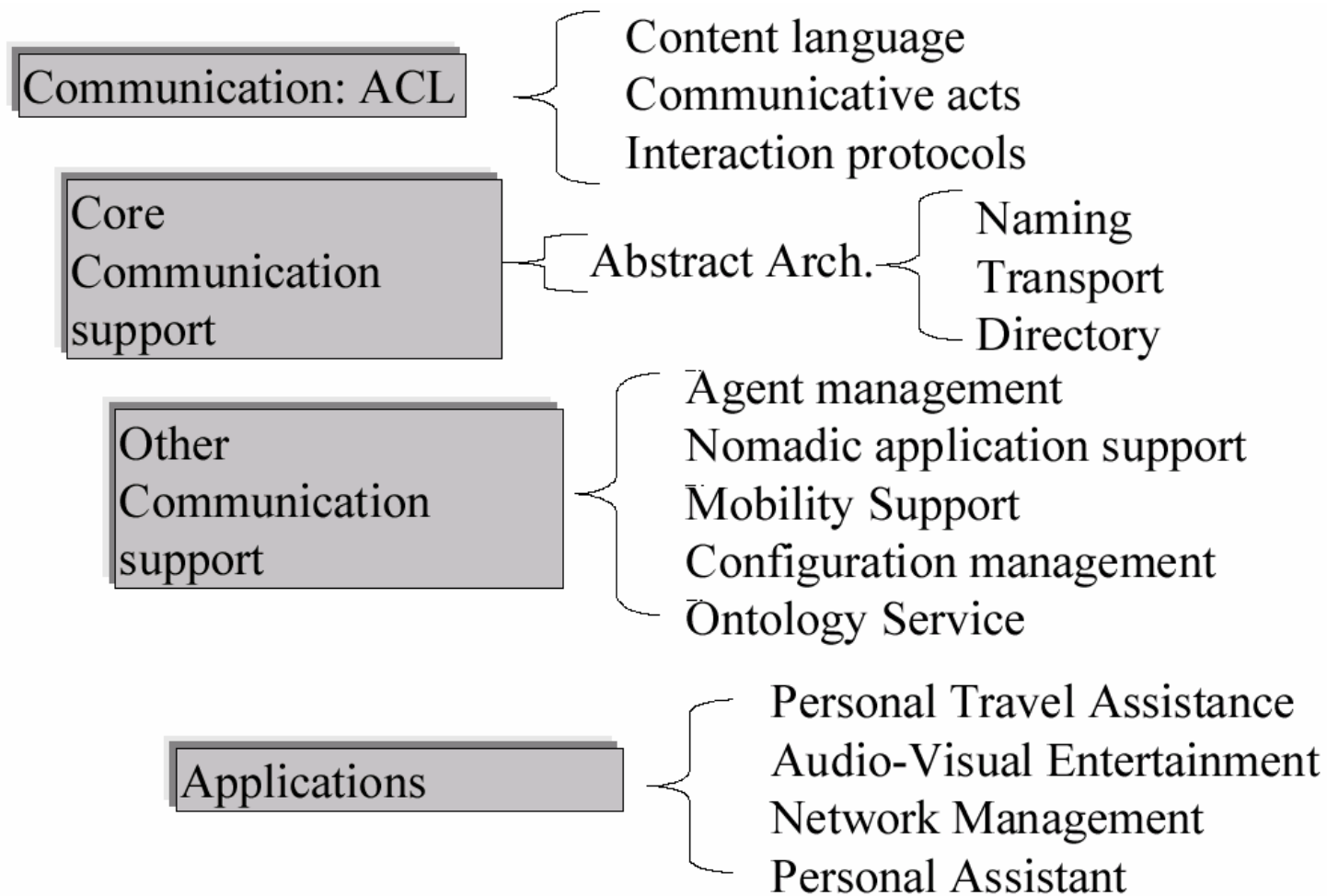
# FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents

- FIPA was formed in 1996 and is dedicated to:

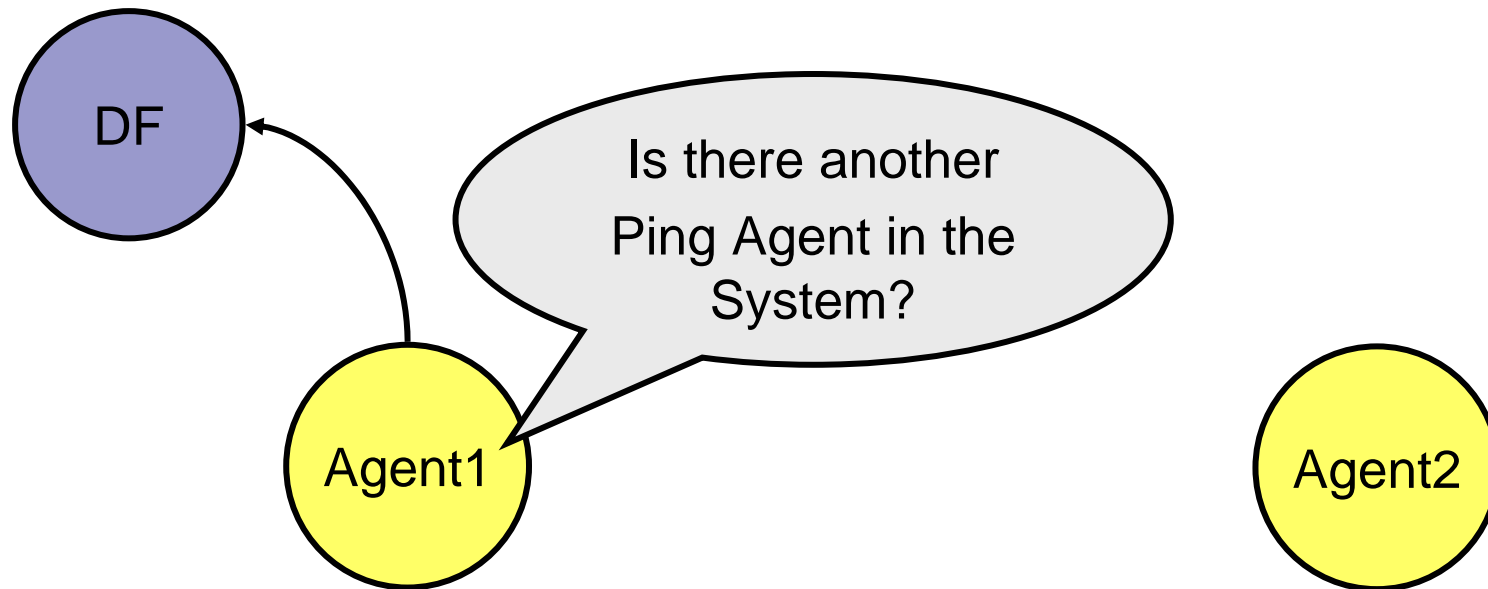
*The promotion of technologies and interoperability specifications that facilitate the end-to-end inter-working of intelligent agent systems in modern commercial and industrial settings*

- Important specifications: abstract architecture and
- Agent communication language (FIPA-ACL)
- 5 open source implementations (FIPA-OS, ZEUS, JADE)

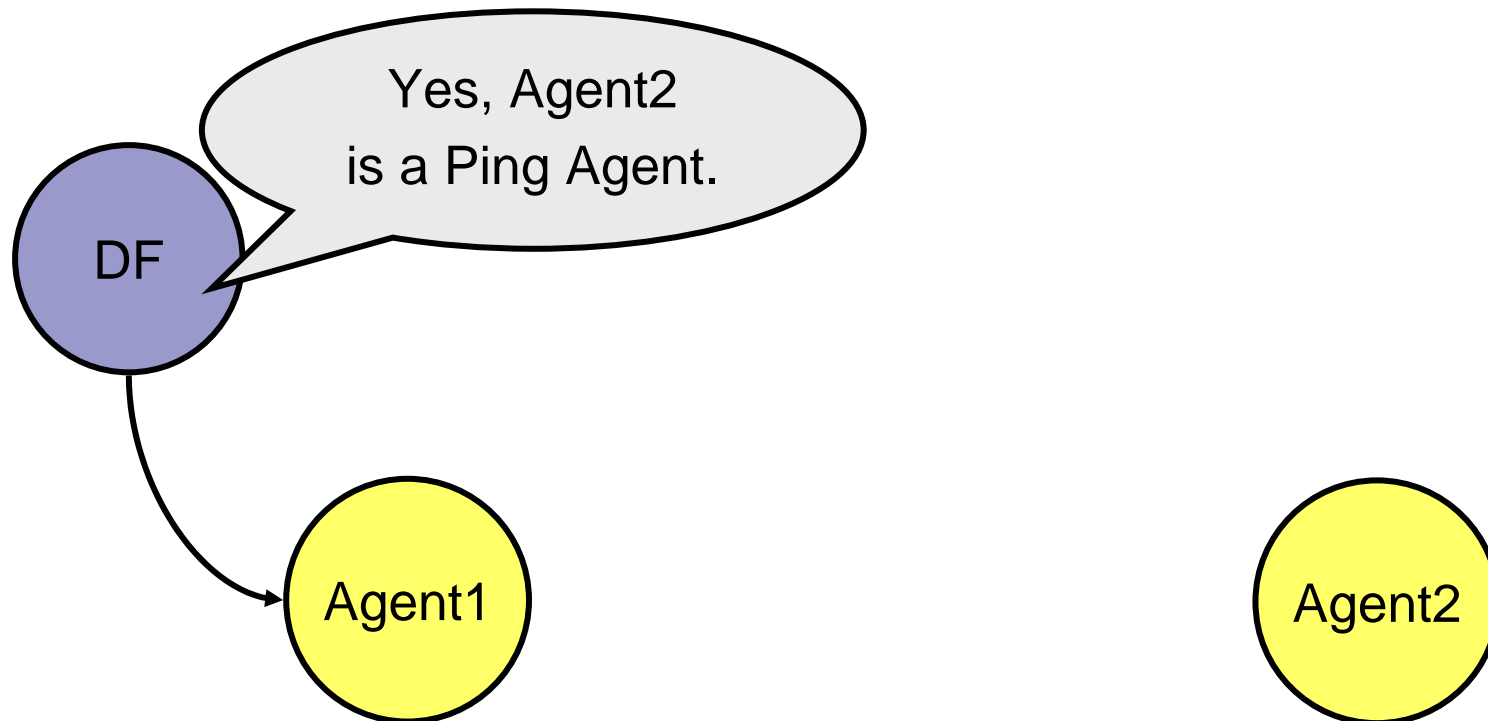
# FIPA Overview



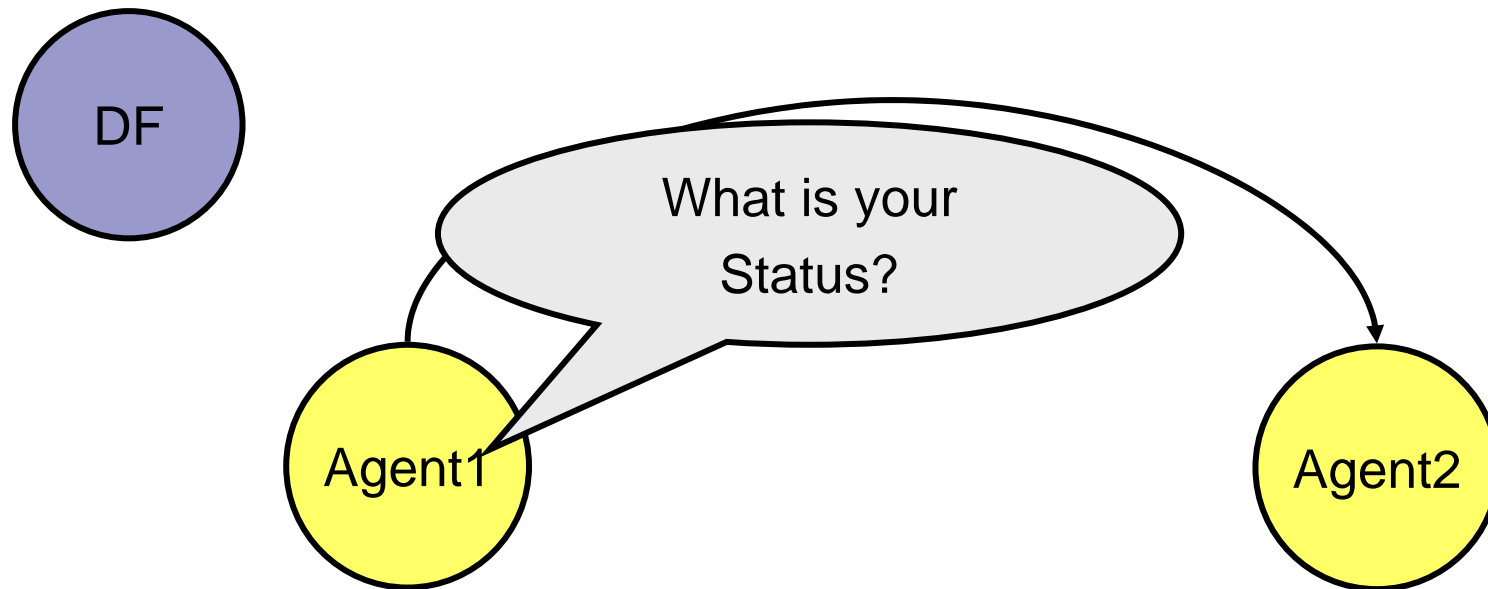
# Hello World: Ping Agents



# Hello World: Ping Agents



# Hello World: Ping Agents



# Hello World: Ping Agents

