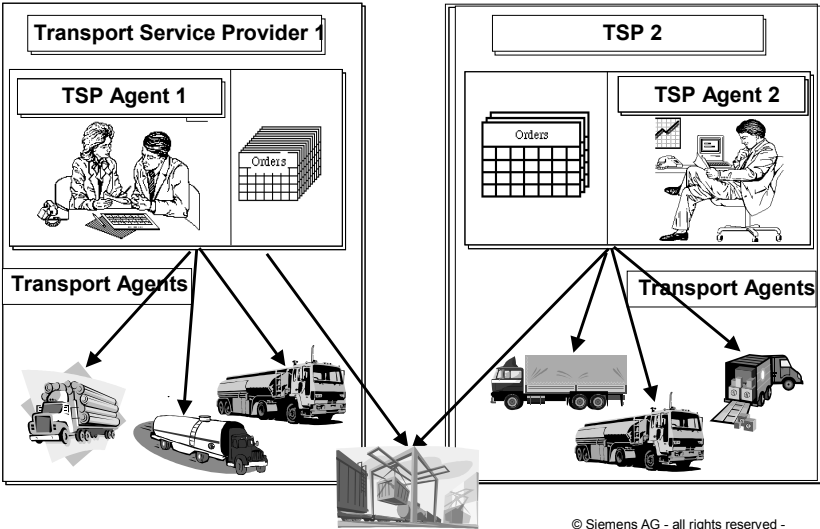


Vorlesung Multiagentensysteme

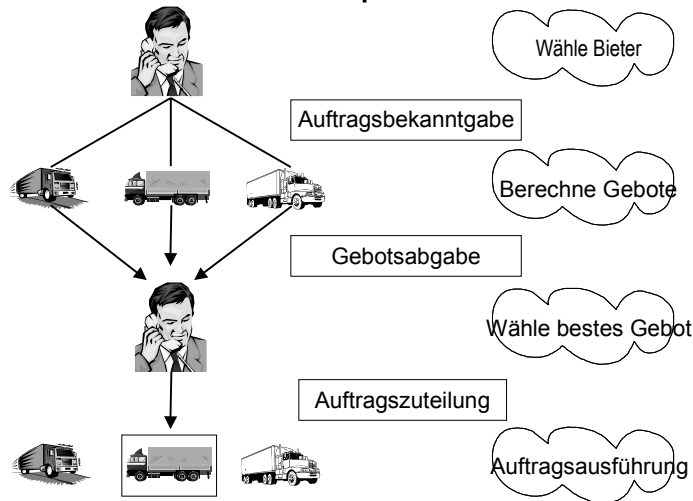
6. KOMMUNIKATION, KOORDINATION UND KOOPERATION

Beispiel: Verteiltes Scheduling in der Transportlogistik



Dezentrales Protokoll zur Zuteilung neuer Aufträge auf Transportmittel

CORPORATE TECHNOLOGY

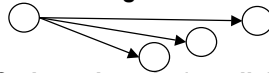


© Siemens AG - all rights reserved - J. Müller, 2003

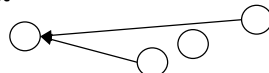
Das Kontraktnetzprotokoll (CNP)

CORPORATE TECHNOLOGY

- Protokoll für dezentrale Aufgabenallokation (Smith&Davis, 1983)



- Manager gibt Aufgaben über ein (möglicherweise selektives) Multicast bekannt



- Bieter evaluieren die Aufgabe. Einige Bieter geben Gebote ab.



- Manager schließt einen Vertrag mit dem „besten“ Bieter
- Manager und Bieter kommunizieren bilateral (z.B. um Fortschritt der Ausführung zu überwachen).

© Siemens AG - all rights reserved - J. Müller, 2003

Aufgabenausschreibung im CNP

- Das CNP wurde ursprünglich entwickelt, um Aufgaben in einem Verteilten Problemlösungskontext zu verteilen.
- Die Aufgabenausschreibung enthält:
 - Kriterien, die der Bieter erfüllen muss, um ein Gebot abgeben zu können
 - Aufgabenbeschreibung
 - Beschreibung der Abgabefrist für Gebote
 - Beschreibung des erwarteten Formates für Gebote
 - Angabe der Gültigkeit der Aufgabenausschreibung

Gebote und Verträge

- Ein Gebot besteht aus einer kurzen Spezifikation der Fähigkeiten des bietenden Agenten, die relevant für die Aufgabenausführung sind. In der Regel spezifiziert das Gebot auch die Kosten oder den Preis, den der Bieter für die Ausführung der Aufgabe verlangt.
- Ein Vertrag besteht aus
 - einer Aufgabenbeschreibung, die die vom Bieter zu erbringende Aufgabe vollständig beschreibt und
 - Eine beiderseitige Einwilligungserklärung mit Spezifikation der Randbedingungen(z.B. Konventionalstrafen im Falle einer Nichterfüllung des Vertrags)

Anwendbarkeit des CNP

- **Das CNP ist dann geeignet, wenn:**
 - Die Applikation durch eine wohldefinierte Hierarchie von Aufgaben beschrieben werden kann
 - Die Applikation relativ grobkörnig in Teilprobleme zergliedert werden kann
 - Die einzelnen Teilaufgaben weitgehend losgelöst voneinander sind, d.h., keine (und wenn: nur positive) Abhängigkeiten bestehen (s. AODs im letzten Kapitel)
- **Hauptstärken:**
 - Lokale Behandlung lokaler Probleme
 - Guter Umgang mit dynamischen Situationen
- **Bemerkung:** Als Algorithmus zur Ressourcenallokation verwendet, ist das CNP äquivalent zu einem „Greedy“-Algorithmus.

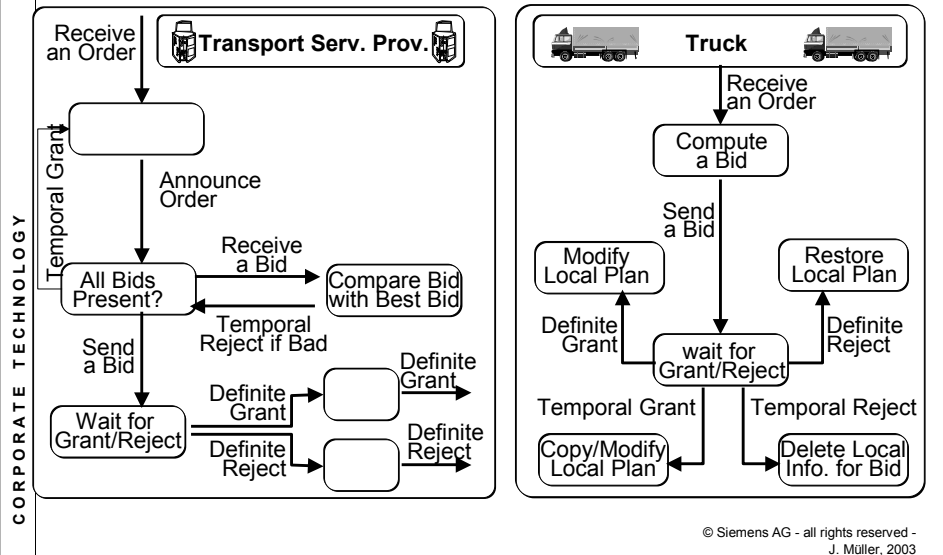
© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

Das CNP im Speditionsbeispiel

- **Problem: Hierarchische Anwendung des CNP im Transportbeispiel**
 - Kunde schreibt Auftrag an TSPs aus
 - TSP schreibt Auftrag an TAs aus
- **TA berechnet Gebot, TSP berechnet daraus Gebote an Kunden**
- **TA, der vom TSP den Zuschlag bekommt, weiß zu diesem Zeitpunkt noch nicht, ob der Auftrag wirklich zustande kommt.**
- **Abhilfen:**
 - Erweitertes CNP mit zweistufigem Mechanismus
 - Entkoppeln des kundenseitigen Angebotsprozesses von den Kosten im Einzelfall

© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

Das erweiterte Kontraktnetzprotokoll



Agentenkommunikation

- CORPORATE TECHNOLOGY
- In dem Beispiel haben wir gesehen, wie Agenten durch Kommunikation Probleme lösen können.
 - In der Folge betrachten wir diese Kommunikationsmechanismen näher.
 - Der Hauptgrund für Kommunikation zwischen Agenten ist die Koordination der Aktivitäten
 - In manchen Fällen können Agenten ihre Aktivitäten auch ohne Kommunikation koordinieren, sie benötigen dazu:
 - Modelle des Verhaltens anderer Agenten
 - Soziale Normen
 - Gemeinsames Wissen

Kommunikation versus Berechnung

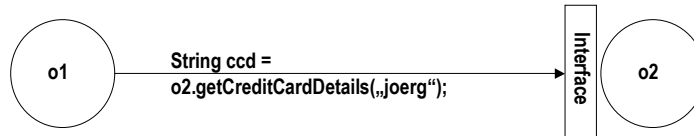
- **Kommunikation ist im allgemeinen teurer und weniger zuverlässig**
 - Neu berechnen ist oft schneller als Information über einen Kommunikationskanal anzufragen.
 - Nicht-terminierende Ketten von Aktualisierungen von Wissen und Zielen zwischen Agenten möglich
 - Allgemeiner Fall: Gemeinsames Wissen in Verteilten Systemen mit unzuverlässiger Kommunikation nicht herstellbar (2 Generäle)
- **Durch Kommunikation erhöht sich oft die Qualität eines Systems**
 - Information kann nicht immer lokal rekonstruiert werden
 - Kommunikation kann nur dann vermieden werden, wenn alle Agenten auf alles notwendige Wissen gemeinsam zugreifen können. Dies ist in vielen Fällen eine unrealistische Annahme.

Koordination und Kooperation

- **Koordination: Vermeidung unnötiger Aktivitäten**
 - Verringere Ressourcenkonflikte
 - Vermeide Livelock und Deadlock-Situationen
 - Erhalte Sicherheitsbedingungen
- **Kooperation ist Koordination zwischen nicht-antagonistischen Agenten, d.h., Agenten mit gemeinsamen oder zumindest nicht gegenläufigen Zielen.**

Agenten- vs. Objekt-Kommunikation

- Objekte kommunizieren gewöhnlich per Methodenaufruf



Vorteile:

Eingebaute Robustheit durch typensichere Schnittstellen

Nachteile:

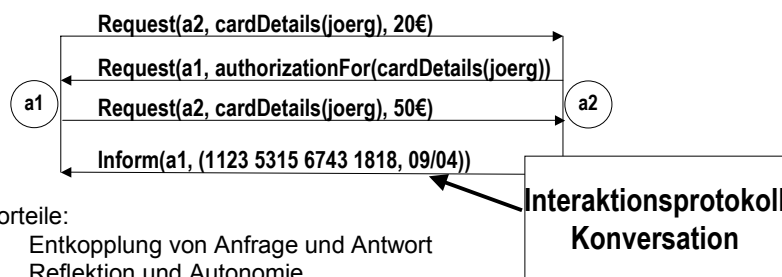
Keine eingebaute Entkopplung von Anfrage und Antwort

Beschränkte Reflektionsmöglichkeit des aufgerufenen Objektes

Beschränkte Autonomie

Agenten- vs. Objekt-Kommunikation

- Agenten kommunizieren durch Konversationen



Vorteile:

Entkopplung von Anfrage und Antwort

Reflektion und Autonomie

Möglichkeit zur dynamischen Komposition von Konversationen

Nachteile:

Komplexeres Systemverhalten (Asynchronität, parallele Konversationen)

Semantik der Kommunikation ???

Theoretisches Modell: Sprechakttheorie

- **Grundlegende Annahme: Kommunikation = Aktion**
- **Ursprünglich Erklärungsmodell für menschliche Sprache**
- **Drei Aspekte einer Nachricht**
 - **Lokution:**
 - Wie ist die Nachricht formuliert?
 - z.B., "Es ist heiß hier.", or "Mach die Heizung aus."
 - **Illokution:**
 - Wie ist die Nachricht vom Sender gemeint; wie vom Empfänger unterstanden? z.B. als Bitte, die Heizung auszumachen; oder: Feststellung bzgl. der Temperatur
 - **Perlokution:**
 - Wie beeinflusst die Nachricht das Verhalten des Empfängers? Z.B. Heizung ausmachen; Fenster öffnen; mit dem Kopf nicken; gar nichts tun.

Kommunikationsprotokolle in Multiagentensystemen (MAS)

- **Ein MAS-Protokoll beschreibt und beschränkt zulässige Interaktionsprozesse (typischerweise Sequenzen von Nachrichten)**
- **MAS-Protokolle sind inhaltsbasiert („Wissensebene“)**
- **Idee: Lösung des Problems der Semantik von Nachrichten durch Festlegung der Bedeutung von Nachrichtentypen**

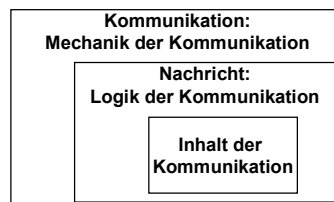
Ebenen der Beschreibung des Nachrichteninhalts

- **Syntax:**
 - Gemeinsame Sprache (Grammatik) um Information und Anfragen zu repräsentieren
- **Semantik:**
 - Ein strukturiertes Vokabular (Begriffswelt) und eine gemeinsam bekannte Bedeutung der Entitäten in der Begriffswelt und möglicher Beziehungen zwischen ihnen.
- **Pragmatik:**
 - Wissen oder herausfinden, mit wem man kommuniziert
 - Wissen oder herausfinden, wie Kommunikation initiiert oder aufrechterhalten werden kann
 - Wissen oder herausfinden, welche Effekte Kommunikation auf den Kommunikationspartner hat.

© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

KQML: Knowledge Query and Manipulation Language

- **Ziel: Semantische Beschreibung von Kommunikation**
- **KQML basiert auf Sprechakttheorie (Nachrichtentypen = Performativen)**
- **KQML stellt eine Metasprache bereit („Umschlag“) und erlaubt beliebige Sprachen zur Repräsentation des Nachrichteninhaltes**
- **KQML zielt auf**
 - Kommunikation Agent-Applikation
 - Kommunikation Agent-Agent
- **KQML hat eine Schichtenarchitektur:**
- **Entstanden: Anfang 90-er-Jahre**



© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

KQML: Reservierte Typen von Performativen

- **Query**
 - evaluate, ask-if, ask-one, ask-all
- **Multiresponse**
 - stream-in, stream-all
- **Response**
 - reply, sorry
- **Informationsverbreitung**
 - tell, achieve, cancel, untell, unachieve
- **Generator**
 - standby, ready, next, rest, discard
- **Definition und Verbreitung von Fähigkeiten**
 - advertise, subscribe, monitor, import, export
- **Networking**
 - register, unregister, forward, broadcast, route, recommend

© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

KQML-Performative zur Informationsverbreitung: Beispiele

<code>tell</code>	<code>deny</code>
<code>:content</code>	<code>:content</code>
<code><expression></code>	<code><expression></code>
<code>:language <word></code>	<code>:language KQML</code>
<code>:ontology <word></code>	<code>:ontology <word></code>
<code>:in-reply-to</code>	<code>:in-reply-to</code>
<code><expression></code>	<code><expression></code>
<code>:sender <word></code>	<code>:sender <word></code>
<code>:receiver <word></code>	<code>:receiver <word></code>

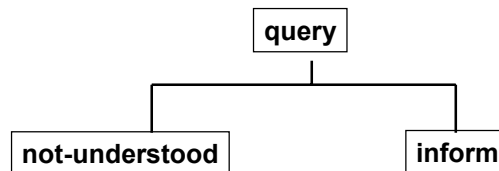
© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

	SIEMENS
CORPORATE TECHNOLOGY	<p style="text-align: center;">KQML-Semantik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jeder Agent verwaltet eine virtuelle Wissensbasis (VWB) • Einträge der VWB sind entweder: <ul style="list-style-type: none"> • Fakten (beliefs) • Ziele • Fakten kodieren Information, die ein Agent über sich und seine Umwelt besitzt. • Ziele kodieren Zustände der Umgebung des Agenten, die der Agent erreichen möchte • Agents verwenden KQML zur Kommunikation über den Inhalt ihrer eigenen VWB und der VWBs anderer Agenten <p style="text-align: right;"><small>© Siemens AG - all rights reserved - J. Müller, 2003</small></p>

	SIEMENS
CORPORATE TECHNOLOGY	<p style="text-align: center;">Beurteilung von KQML</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semantikproblem nicht wirklich gelöst, weil KQML nicht die Semantik der Sprache definiert, sondern eine operationale Semantik durch das Verhalten der sendenden und empfangenden Agenten definiert. • Wenig praktischer Einfluss <ul style="list-style-type: none"> • Keine Standardisierte Implementierung • Keine Unterstützung für Industrielle Standards (z.B., CORBA, XML) • Aber: erster ernstzunehmender Ansatz zur Agentenkommunikation, der viele nachfolgende Ansätze beeinflusst hat, • Mittlerweile weitgehend abgelöst durch XML-basierte Repräsentationsmechanismen (RDF, DAML-OIL) <p style="text-align: right;"><small>© Siemens AG - all rights reserved - J. Müller, 2003</small></p>

Das Standardisierungsgremium FIPA

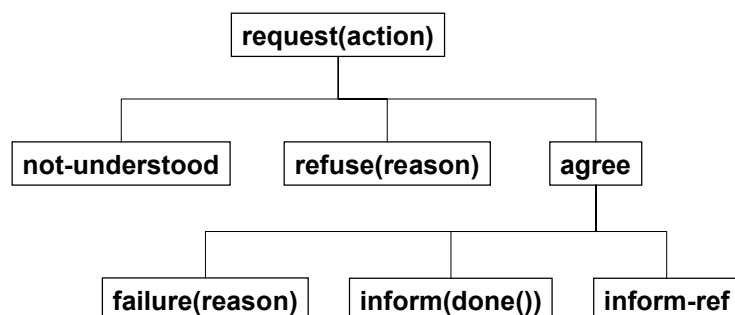
- FIPA (Foundation of Intelligent Physical Agents, www.fipa.org), wurde gegründet 1996 mit dem Ziel der Standardisierung agentenbasierter Software
- U.a. Standardisierung von Interaktionsprotokollen, z.B. FIPA-Interaktionsprotokoll zum Austausch von Information
- FIPA-Sprechakte haben formale Semantik (aber willkürlich gewählt)
- Beispiel: Query-Protokoll zur Informationsübermittlung



© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

Beispiel: Request-Protokoll

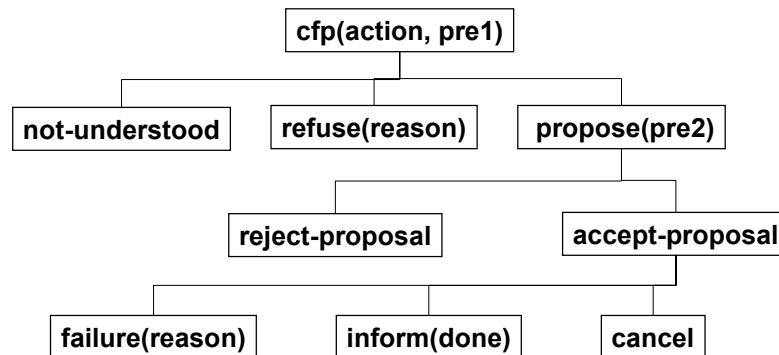
FIPA-Interaktionsprotokoll für Aufgabendelegation



© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

Beispiel: Kontraktnetz-Protokoll

Darstellung als FIPA-Interaktionsprotokoll



© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003

Lerninhalte dieses Kapitels

- Verständnis des Kontraktnetzprotokolls als elementares Koordinationsprotokoll
- Verstehen der Rolle von Kommunikation zwischen Agenten als Vehikel für Koordination und Kooperation in dezentralen Systemen
- Einführen eines Basismodells der Agentenkommunikation

© Siemens AG - all rights reserved -
J. Müller, 2003