

Intelligente Informationsagenten

Stammvorlesung „Künstliche Intelligenz“

8.2.2007



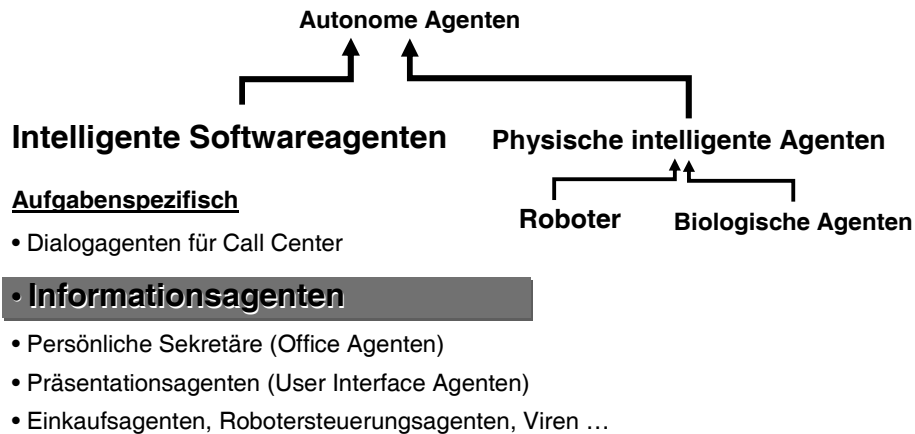
Dr. Matthias Klusch
klusch@dfki.de

Inhalt

- Intelligente Informationssuche im Web
- Semantisches Web und Agenten

Typen von Agenten

(nach Franklin & Graesser, 1996)



Klusch

3

Was ist ein Informationsagent ?

- Ein Informationsagent ist ein Softwareagent, der fähig ist, im Auftrag seiner Benutzer oder anderer Agenten relevante Informationen aus mehreren verteilten, heterogenen Quellen zu erwerben, zu vermitteln und zu verwalten.

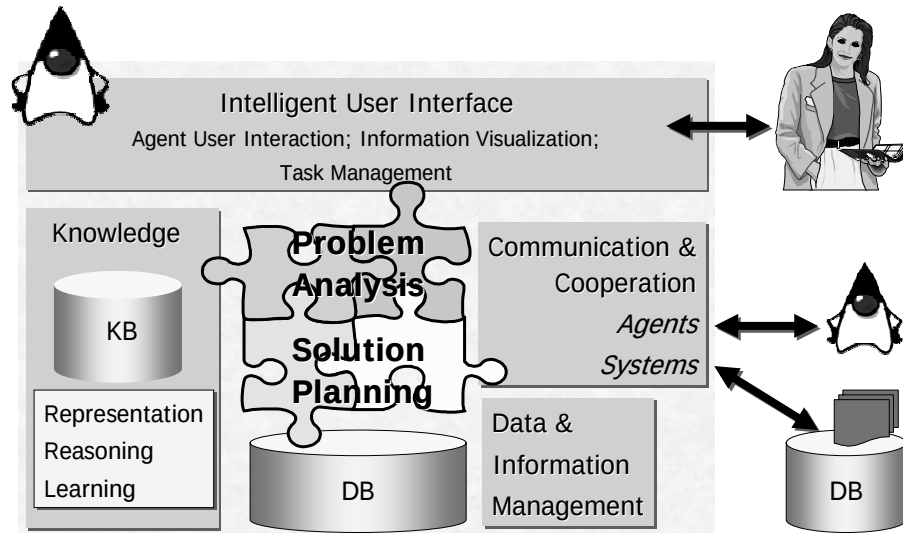
- **“erwerben”** = Suche, Komposition, Verhandlung & Kauf, Zugriff
- **“vermitteln”** = zwischen Anbietern und Nachfragern (Mittleragenten) oder dem Benutzer (Präsentation)
- **“verwalten”** = Speicherung und Abruf von Daten (Datenbank)



Klusch

4

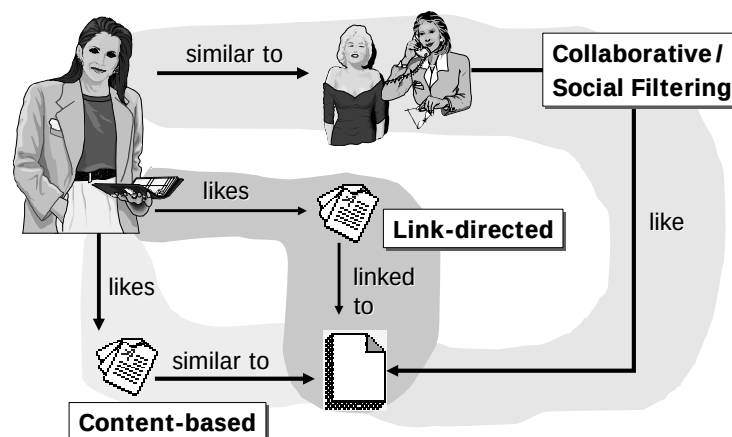
Grobe Architektur



Klusch

5

Arten der Suche im Web

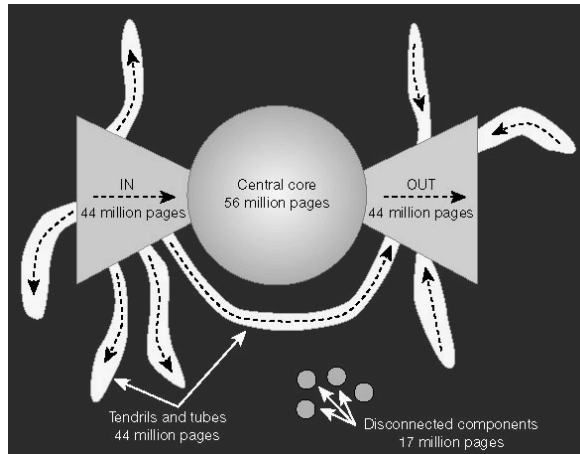


Klusch

6

Web als Graph

- **Knoten** =
Web-Ressource (URI, URL)
- **Gerichtete Kante** =
Verbindung zwischen
zwei Web-Ressourcen
- **Verbindungsstruktur** von
untersuchten 200 Millionen
Webseiten:
(Broder et al., WWW Konferenz 2000)
- Google ca. 10 Milliarden
indizierte Webseiten



Klusch

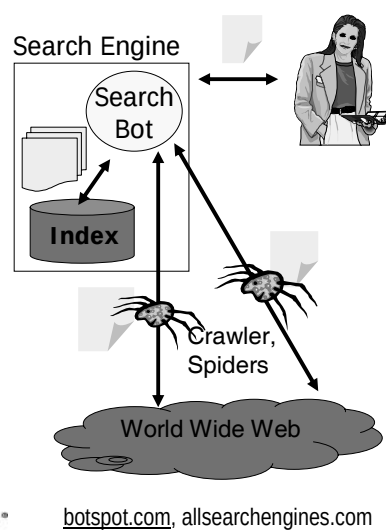
8

Suchmaschinen

- Regelmäßige Suche nach verfügbaren
Webseiten (Crawler/Spider)
- Speicherung (Index)
- Inhaltsbasierte & Verbindungsorientierte
Anfragebearbeitung
 - Information Retrieval, Data Mining
 - Hyperlink Analysis
- Kein Lernen, "one-shot query answering"



Klusch



9



Suche nach relevanten Web-Ressourcen

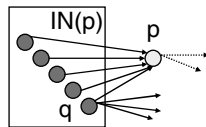
● Inhaltsbasiert

- Text in HTML Tags von p: META, TITLE, BODY, Anchor <a> text, URL Struktur, Imports
- Information Retrieval, Data Mining (>20 TB Index)



Larry Page, Sergey Brin

● Popularität im Web (Verbindungsorientiert)



Autorität von p für die Beantwortung einer Anfrage:

“Je mehr relevante Seiten auf p zeigen, desto relevanter ist p”
oder p ist zufällig vom Benutzer ausgewählt (random surfer).

$$PageRank(p) = \frac{s}{|BS(Q)|} + (1-s) \cdot \sum_{q \in IN(p)} \frac{PageRank(q)}{outdegree(q)}$$

Klusch

10

PageRank: Dynamics of Computation

$$\text{Original (1998)} \quad PR(p)^t = d \sum_{q \in IN(p)} \frac{PR(q)^{(t-1)}}{outdegree(q)} + (1-d), \quad 0 < \varepsilon < 1$$

$$(1) \quad PR^t = d \cdot A \cdot PR^{(t-1)} + (1-d)\vec{1}$$

Sequence $\{PR\}$ always converges to stationary solution of linear system above if the *damping factor* $d < 1$. Method defined by (1) is the Jacobi algorithm for solving linear systems.

$$(3) \text{ Normalized version (1999): } PR^t = \varepsilon \cdot A \cdot PR^{(t-1)} + \frac{\alpha(t-1)}{|BS|} \vec{1}$$

$$\|PR^t\| = 1: \alpha(t-1) = \|PR^{(t-1)}\| - \|\varepsilon \cdot A \cdot PR^{(t-1)}\|$$

System (3) converges to $\frac{PR}{\|PR\|}$ solution of (2)

Klusch

11

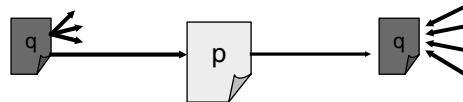
HITS (1999)



Jon Kleinberg



- Rekursive Bewertung von Webseiten nach sich gegenseitig verstärkendem Autoritäts- und Hub-Rang
- Schneller und robuster (Initialisierung) als PageRank

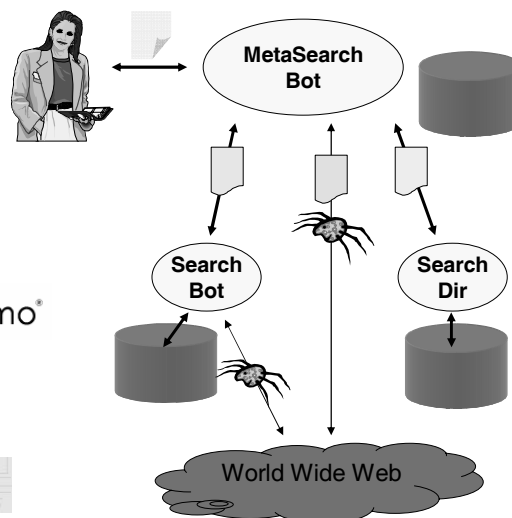


Klusch

12

Meta-Suchmaschinen

- Parallele Anfrage an Suchmaschinen und Verzeichnisse
- Aggregation der Ergebnisse
- Einheitliche Präsentation



Klusch

13

Vivísimo "information agents" the Web **Search** [Advanced Search](#) [Help](#)
 Search **Clusty.com** with our **NEW Firefox Toolbar**

Top 247 results of at least **65,977** retrieved for the query **"information agents"** (Details)

Clustered Results

- ▶ "information agents" (247)
 - ▶ Real estate (66)
 - ▶ Intelligent Information Agents (28)
 - ▶ Research (6)
 - ▶ CIKM, Workshop (5)
 - ▶ Matthias, CIA (4)
 - ▶ Part Of The Europe's Network Of Excellence For Agent (2)
 - ▶ Software (5)
 - ▶ Agentlink Perspective (2)
 - ▶ Mobile Agents (3)
 - ▶ Adaptive (2)
 - ▶ Other Topics (3)
 - ▶ Software, Intelligent (20)
 - ▶ Cooperative Information Agents (19)
 - ▶ Distributed (14)
 - ▶ Insurance (13)
 - ▶ Communicating (9)
 - ▶ Travel (12)
 - ▶ Publications (8)
 - ▶ Integration (6)

Sponsored Link

iFIXReports [new window] [preview]
 Data Acquisition and Reporting Software for iFIX SCADA/HMI Systems
www.iFIXReports.com

Agencies [new window] [preview]
 Choose from the Best 4 Sites about Agencies
Best4Sites.net

1. **Igentia - The Information Agents Engine** - The ultimate place to set up ... [new window] [frame] [cache] [preview] [clusters]
 to understand what our **information agents** will do for you! Subscribe to our predefined **agents** for free Biometrics-News BioTech-News DevDur-Actu FrDnWatch Juni-Actu MarketingTrends MS-Security NanoTech-News ...
www.igentia.com - MSN Search 1, Wisenut 2

2. **UMBC AgentWeb -- news and information on software agent technology** [new window] [frame] [cache] [preview] [clusters]
 A page from the UMBC **AgentWeb** -- a collection of web pages on intelligent software **agents**, knowbots ... agents-digest@agents.umbc.edu agentNews@agents.umbc.edu kqml@agents.umbc.edu kqml-digest@agents ...
agents.umbc.edu - MSN Search 4, Looksmart 5

3. **SIG on Intelligent Information Agents** [new window] [frame] [cache] [preview] [clusters]
 Special Interest Group on Intelligent **Information Agents** Part of the Europe's Network of Excellence for **Agent**-Based Computing TFG on IIA for Web Economies Motivations Research ...
www.dbgroup.unimo.it/IIA - Wisenut 7, MSN Search 8

4. **CIKM-94 Intelligent Information Agents Workshop** [new window] [frame] [cache] [preview] [clusters]
Intelligent Information Agents held in conjunction with the Third International Conference on **Information** and Knowledge Management (CIKM94) Friday, December 2, 1994 National Institute of Standards and ...
www.csee.umbc.edu/conferences/cikm/1994/iaa - Wisenut 5, MSN Search 13

Suchverzeichnisse

- Inhaltliche Kategorisierung von Webdokumenten in Sachverzeichnis (hierarchischer Index) durch Experten
- Manuelle Auswahl von Startseiten für und Ergebnissen (URLs) von Suchmaschinen (zB Yahoo - Google)
- Manuelle Editierung der Indexeinträge (Abstract, Reviews) durch Editoren
- Bezahlte Einträge von Seiten in spezifischen Kategorien
- Oft Zugriffe auf Quellen im "Hidden Web"



Suite101.com
 Real People Helping Real People

looksmart

dmoz open directory project

INFOMINE
 Scholarly Internet Resource Collections

SCIRUS
 for scientific information only

About

<http://www.lib.berkeley.edu/TeachingLib/Guides/Internet/BeyondWeb.html#Directories>

Klusch

15

16

Pros & Cons

- Pros
 - Sehr schnelle Antwortzeiten, einfache Bedienung
- Cons
 - Oftmals unzureichende, semantische Qualität und Aktualität der Ergebnisse
 - Sehr begrenzter Suchraum im Web

Search Engine	Web Coverage (%)
HotBot	~35
InfoSeek	~10
Excite	~15
Lycos	~5
AltaVista	~30

Search Engine	Broken links (%)
HotBot	~5.5
InfoSeek	~2.5
Excite	~2.0
Lycos	~1.5
AltaVista	~2.5

S. Lawrence, C.L. Giles: Searching the world wide Web. Science, 280, 1998
Accessibility of information on the Web. Nature, 400 (6/740), 1999

17

Suchmaschine = Informationsagent ?

● Einfache Suchmaschinen ...

... sind keine Informationsagenten

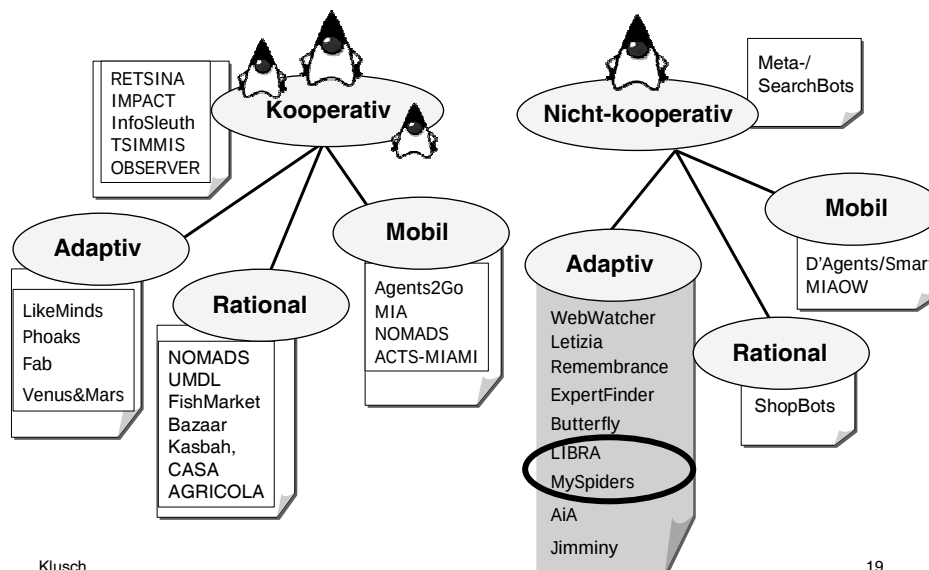
... oder doch ?



Klusch

18

Klassen von Informationsagenten



Klusch

19

Lernende Agenten

Kontextwissen:

- Benutzerpräferenz
- Benutzerumgebung
- Hardware
- Interaktion (Historie)

Explizite
Eingabe

Lernen

Explizite
Ausgabe

Kooperatives
Lernen

• Maschinelles Lernen

- Individuell Vs. Kooperativ, Zentral Vs. Verteilt, Überwacht Vs. Eigenständig
- Art und Form des Kontextwissens, Unsicherheit, Unvollständigkeit
- Neuronale Netze, Evolutionär, Reinforcement Learning, Entscheidungsbäume, Hypothesenlernen, ...

Klusch

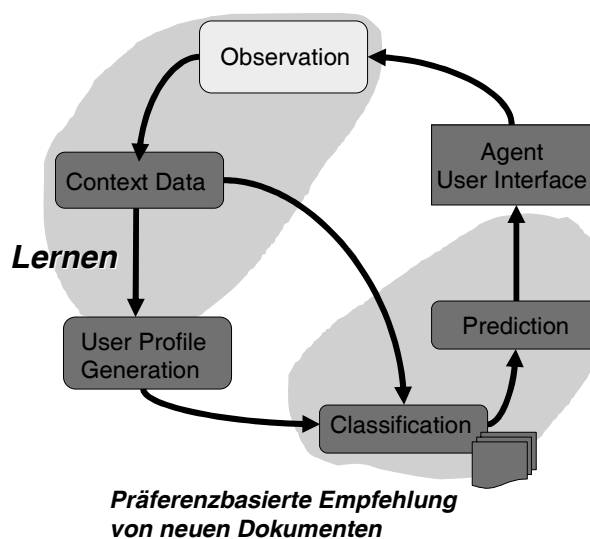
20

Lernen von Präferenzen

Kontextdaten

- Explizite Interessen & Dokumentbewertung
- Dokumenteigenschaften
- Aktionen
- Suchanfragenhistorie
- Emotionale Bewertung (Affektiver Zustand)
- Arbeitsthemen
- Langzeitpräferenzen
- Kurzzeitpräferenzen

Lernen



Klusch

21

Präferenzbasierte Objektsuche



Persönliche Gewichtung
von Präferenzen
für Suche nach „Hotels“

Hotel

Objektklasse

Präferenzen:

Relativer Wert

Absoluter Wert

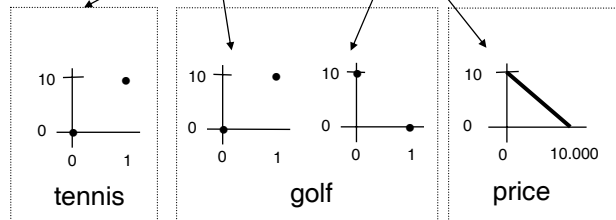
von Objektattribut
für Präferenzen

Objektattribute:

„sportlich“

„günstig“

„kulturell“



Klusch

22

Präferenzbasierte Objektsuche (2)

Hotel h1 „Rabenstein“

- tennis
- golf
- price: 5000 DM



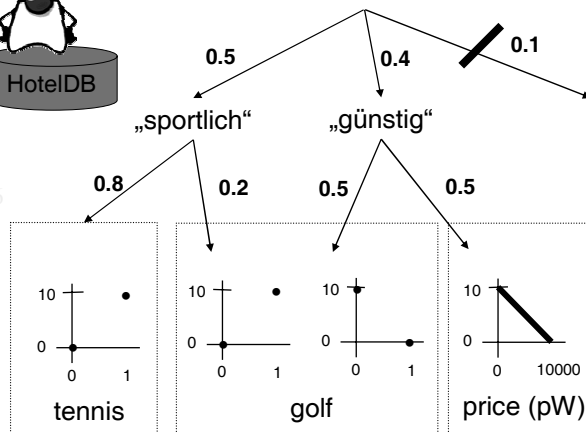
„Suche ein für mich passendes Hotel!“

$$v(h1) = (10 * 0.8 + 10 * 0.2) * 0.5 + (0 * 0.5 + 5 * 0.5) * 0.4 = 6$$

Hotel h2 „Goldstar“

- tennis
- no golf
- price: 2000 DM

$$v(h2) = (10 * 0.8 + 0) * 0.5 + (10 * 0.5 + 8 * 0.5) * 0.4 = 7.6$$



Klusch

23



● Lernender Agent für Inhaltsbasierte Buchempfehlungen

- Extrahiere Textinformationen zu Büchern auf amazon.com
- Erhalte Beispiele für positive/negative Bewertung durch Benutzer
- Lerne das Benutzerprofil von Präferenzen durch probabilistische (Naïve Bayesian) Kategorisierung der bewerteten Beispieltex-te
- Empfehle unbekannte Bücher auf der Basis der geschätzten bedingten Wahrscheinlichkeiten ihrer positiven Relevanz für Benutzer

R.J. Mooney, L. Roy: Content-Based Book Recommending Using Learning for Text Categorization
Proc. SIGIR-99 Workshop on Recommender Systems: Algorithms and Evaluation, Berkeley, CA, 1999

Klusch

24

Naïve Bayessche Textkategorisierung

● **Text** x = „She sneezes and coughs, but has no fever“ **auf Seite p**

● **Features** e_1 = „sneeze“, e_2 = „cough“, e_3 = „fever“

● **Kategorien** „Well“, „Cold“, „Allergy“

Probability	Well	Cold	Allergy
$P(c_i)$	0.9	0.05	0.05
$P(\text{sneeze} c_i)$	0.1	0.9	0.9
$P(\text{cough} c_i)$	0.1	0.8	0.7
$P(\text{fever} c_i)$	0.01	0.7	0.4

Bestimme Wahrscheinlichkeiten von Kategorien für extrahierten Text x

$$P(x|c_1) = P(e_1|c_1) P(e_2|c_1) (1 - P(e_3|c_1)) = 0.1 \cdot 0.1 \cdot 0.99 = 0.0099$$

$$P(x) = P(c_1)P(x|c_1) + P(c_2)P(x|c_2) + P(c_3)P(x|c_3) = 0.03861$$

$$P(c_1|x) = P(c_1) P(x|c_1) / P(x) = (0.9 \cdot 0.0099) / 0.03861 = 0.23,$$

$$P(c_2|x) = 0.28, P(c_3|x) = 0.49$$

Falls Kategorie „Allergy“ positive Präferenz ist, empfehle die Seite p

Klusch

25

Personalisierte Suchmaschinen

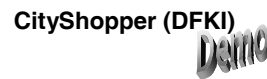
● Explizite Präferenzen ohne Lernen

- Aktuelle Suchanfrage
- Lesezeichen
- Themenbereiche & Interessengrad
- Medienart (Audio, Video, Text, Images)



● Implizite Präferenzen m/o Lernen

- Suchhistorie
- Aktionen (Öffnen, Lesen, Drucken)
- Lokalisation des Benutzers (GPS)



● Noch keine Langzeitpräferenzen

- Kombination mit Kurzzeitpräferenzen ?
- Geringe Präzision des Suchergebnisses bei schneller Präferenzänderung
- Wo wird das Profil gespeichert ? Datenschutzproblem !

Klusch

26

Evolutionäre Suche: InfoSpiders

„Genotyp“ eines InfoSpiders in einer Anfangspopulation

- Schlagwortliste (Initial: Anfrageterme), Energiebetrag
- Mutationsrate für Termänderungen
- Gelerntes Model für Selektion von Links auf Seiten mit Termen in Liste



„Genetische Fitness“

Zuwachs an Energie = Grad der Relevanz gefundener Seiten für Anfrageterme

Abnahme der Energie = Kosten seiner Suche (Bandbreite, CPU Zyklen)

Überleben oder Sterben

Lernt die Selektion von Links von aktueller Seite auf relevante neue Seite
(erwartete Energiemaximierung)

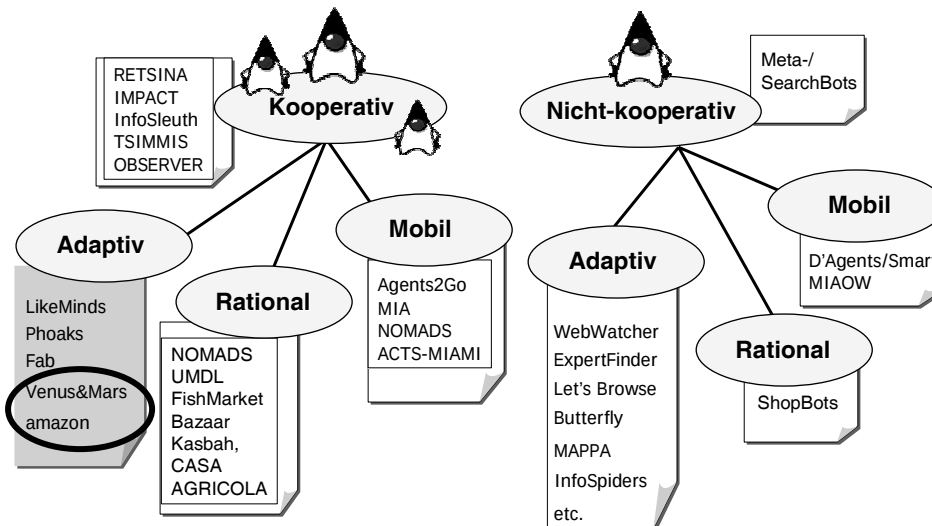
Reproduktion: Vererbt mutierten Genotyp (*Anfrageerweiterung*) & halbe Energie

Stirbt falls Energiebetrag unzureichend

Klusch

27

Klassen von Informationsagenten



Klusch

28

Kooperative und adaptive Suche mit Mars&Venus

- Kooperative Informationsagenten mit Lernen des Benutzerprofils
- Entwickelt von Y. Kitamura et al. (U Osaka, Japan)
- Gewinner des International CIA Workshop System Innovation Award 2001

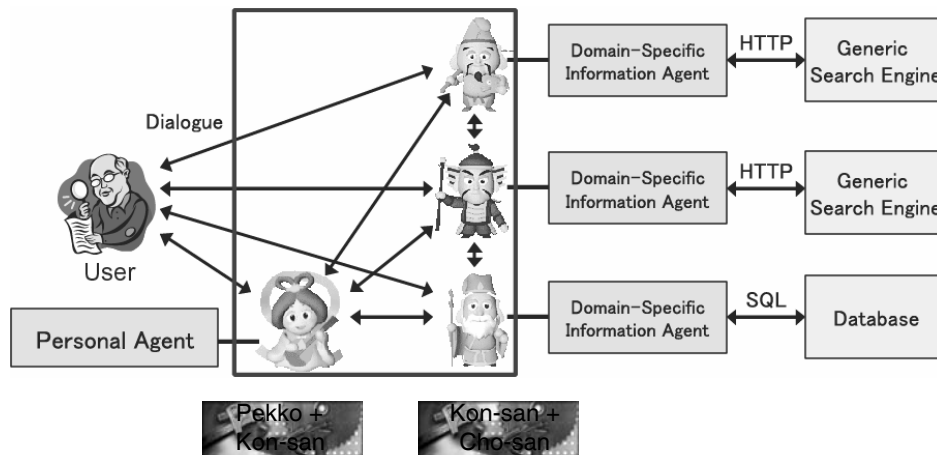


Nickname	Pekko	Kon-san	Cho-san
Type	Personal Agent	Information Agent	Information Agent
Function	Chatting with the user. Learning the user's preference.	Searching the Web for cooking recipe pages.	Providing comments about combination of cooking ingredients and health.
Knowledge	User's profile	Keywords about recipes, ingredients, and seasoning.	Comments about cooking ingredients and health.

Klusch

29

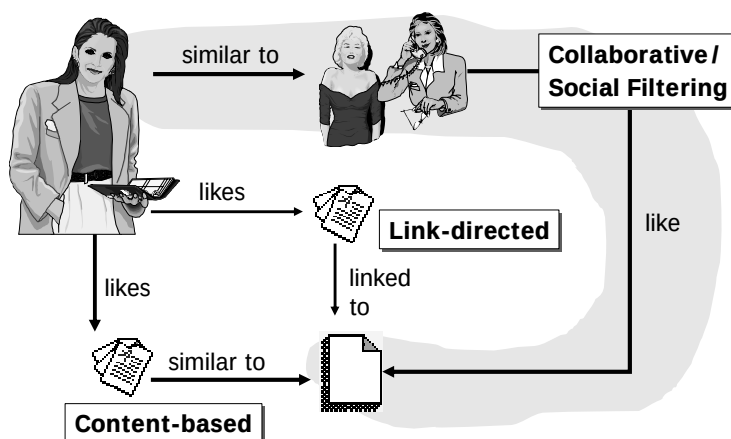
Kooperative Websuche mit Mars&Venus



Klusch

30

Kooperative Empfehlung



Klusch

31

Benutzerpräferenzmatrix



User\Item	StarWars	Jurassic Park	Terminator	Godzilla
User ₁	8	6	8	1
User ₂	3	1	8	0
User ₃	1	9	2	8
User ₄	2	0	10	1
...				
User _n	-	9	-	-

Aufsteigende Bewertungsskala 1 - 10

Klusch

32

Kooperativer Präferenzabgleich

Voraussage der Bewertung r_{xj} einer bestimmten Sache j aus einer geg. Menge J durch Benutzer x basierend auf Bewertungen r_{ij} anderer Benutzer i von Sachen aus derselben Menge.

$$r_{xj} = \sum_{i \neq x} w(x, i) \cdot (r_{ij} - \hat{r}_{ij}), \quad \hat{r}_{ij} = \frac{1}{|J|} \sum_J r_{ij}$$

Cosine based user correlation

$$w(x, i) = \cos(\vec{r}_x, \vec{r}_i) = \frac{\sum_{j \in J} r_{x,j} \cdot r_{i,j}}{\sqrt{\sum_{j \in J} (r_{x,j})^2 \cdot \sum_{j \in J} (r_{i,j})^2}}$$

Pearson factor (GroupLens, 1994)

$$w(x, i) = \frac{\sum_{j \in J} [r_{xj}^+ - r_{xj}^-] \cdot [r_{ij}^+ - r_{ij}^-]}{\sqrt{\sum_{j \in J} [r_{xj}^+ - r_{xj}^-]^2 \cdot \sum_{j \in J} [r_{ij}^+ - r_{ij}^-]^2}}$$

$r_{xj}^{+/-}$ positive/negative ratings of user x

Klusch

33

Amazon's Kaufempfehlung

Alle Ergebnisse für: intelligent information agents

Schnellsuche | Deutsche Bücher | intelligent informat | Los

ANSEHEN: Ergebnisse | Ergebnisse SEARCH INSIDE! NEW

Verwandte Produkte

Englische Bücher

- [Soft Computing Agents: A New Perspective for Dynamic Information Systems \(Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, B3\)](#)
- [Intelligent Agents for Data Mining and Information Retrieval](#)
- [Intelligent Agents for Data Mining and Information Retrieval](#)

► **Alle 8 Suchergebnisse**

Ihre persönliche Seite



Ihre persönliche Seite
Abenteuer künstliche Intelligenz von Jörg auf dem Hövel

Alle 10 Treffer für "intelligent information agents"

Ordnen nach: Beste Ergebnisse | Los

- Cooperative Information Agents VI. 6th International Workshop, CIA 2002, Madrid, Spain, September 18 - 20, 2002. Proceedings**
von Matthias Klusch (Herausgeber), u. a.
Springer Bln (4. September 2002)
Taschenbuch / Sprache Englisch
Anbieter versendet in 1-2 Werktagen.

Alle Angebote ab EUR 57,56
- Cooperative Information Agents V. 5th International Workshop, CIA 2001, Modena, Italy, September 6-8, 2001. Proceedings**
von Matthias Klusch (Herausgeber), Franco Zambonelli (Herausgeber)
Springer Bln (29. August 2001)
Taschenbuch / Sprache Englisch
Gewöhnlich versandfertig bei Amazon in 4 bis 6 Wochen.

Amazon-Preis: EUR 53,45
Alle Angebote ab EUR 52,91
Versandkostenfrei

[Einkaufswagen](#)
[Auf meinen Wunschzettel](#)
- Intelligent Information Agents** von Matthias Klusch
Springer, Berlin (Mai 2002)
Gebundene Ausgabe / Sprache Englisch
Gewöhnlich versandfertig bei Amazon in 4 bis 6 Wochen.

Amazon-Preis: EUR 48,10
Alle Angebote ab EUR 25,00

[Einkaufswagen](#)
[Auf meinen Wunschzettel](#)

Lieblingslisten
Fügen Sie neue Bücher hinzu

Lieblingslisten
Ihre eigene Liste hier erstellen so wähts

Explizite Eingabe von Präferenzen

Inhaltsbasierte Empfehlungen

Amazon's Kaufempfehlung

Empfehlungen für Sie > Ihre persönliche Seite

FÜR SIE DOKUMENTIERT

Dr. Matthias Klusch, hier sind Ihre kürzlich angesehenen Artikel. (Wenn Sie nicht Dr. Matthias Klusch sind, [klicken Sie bitte hier](#).)

Kürzlich angesehen Produkte

- ✓ [Intelligent Agents for Data Mining and Information Retrieval](#) von Masoud Mohammadian (Herausgeber)
- ✓ [Die Zeitmaschine](#) von Herbert G. Wells
- ✓ [Quantum Computing verstehen](#) von Matthias Homeister, und andere

Ihre letzten Suchanfragen

- ✓ [intelligent information agents](#)
- ✓ [quantum computing](#)

[Aktualisieren](#) [Alle löschen](#)

Möchten Sie Ihre persönliche Seite und die Liste kürzlich angesehenen Artikel ändern, [klicken Sie hier](#).

Brauchen Sie Hilfe?
Für weitere Informationen besuchen Sie unsere [Hilfeseiten](#).

Kunden, die Die Zeitmaschine gekauft haben, bestellten auch:



Der Krieg der Welten
von Herbert G. Wells, und andere
Erscheinungsdatum: 1. Mai 2005

Preis: EUR 9,90 **Gebraucht & neu** ab EUR 5,50

☐ Gehört mir ☐ Kein Interesse ☐ x)☆☆☆☆ Bewertung



1984
von George Orwell, Michael Walter
Erscheinungsdatum: 1. Januar 2004

Preis: EUR 7,95 **Gebraucht & neu** ab EUR 7,95

☐ Gehört mir ☐ Kein Intere:

Kunden, die Artikel gekauft haben, welche Sie sich kürzlich angesehen haben, kauften auch:



Fahrenheit 451
von Ray Bradbu
Erscheinungsda

Preis: EUR 7,00

☐ Gehört mir ☐ Kein Intere:



Fischer Taschenbücher, Bd. 26, Schöne neue Welt
von Aldous Huxley



1984
von George Orwell

Kooperative Kaufempfehlung

Individuelle Bewertung (Präferenzupdate)

[Weitere Artikel dieser Art](#)

35

Probleme kooperativer Empfehlung

● “Cold Start”

- Zu Beginn sind nicht genügend Bewertungen vorhanden
 - Generell schwach besetzte Benutzerpräferenzmatrix
 - Nur geringe Anzahl von gemeinsam bewerteten Sachen führen zu nicht signifikanten / vertrauenswürdigen Empfehlungen

● “First Rating”

- Keine Empfehlung von neuen, noch unbewerteten Sachen, die aber potentiell relevant sind

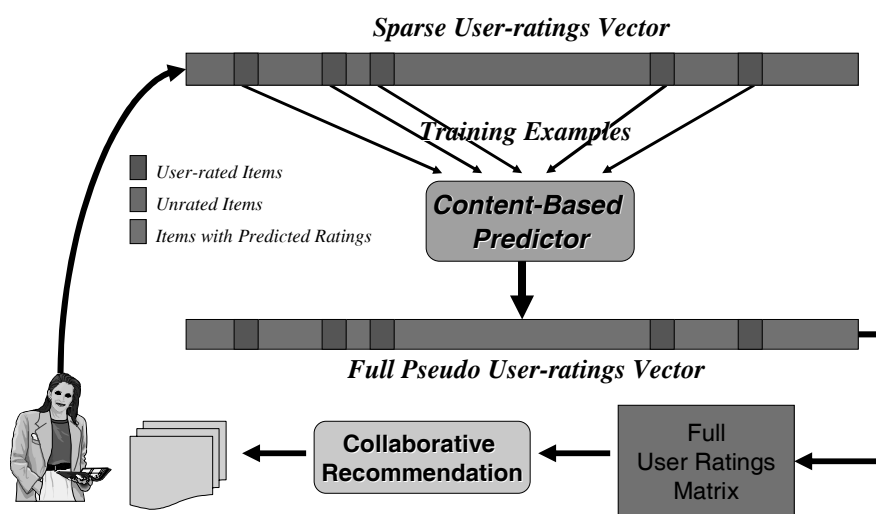
● “Black Sheep”, “Popularity Bias”

- Keine Empfehlungen von selten zuvor empfohlenen, nicht populären Sachen für Benutzer mit in der Gruppe einzigartigen / “exotischen” Präferenzen

Klusch

36

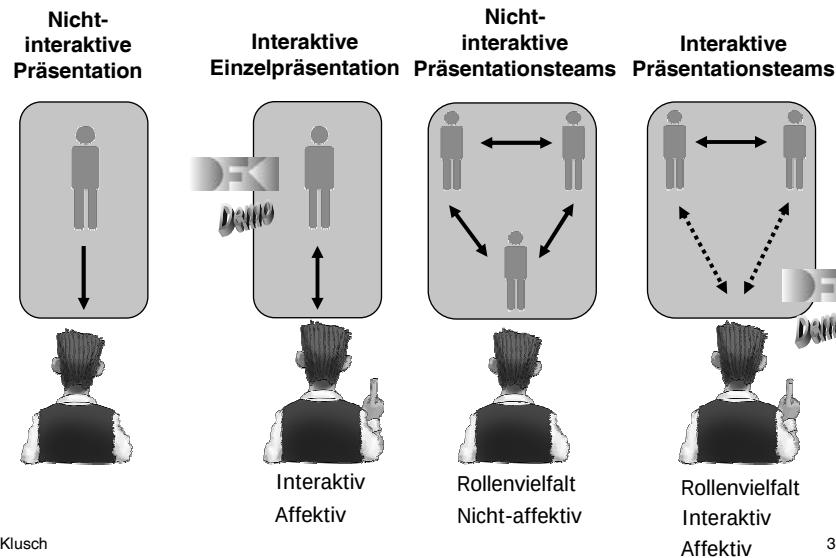
Content-Boosted CF Vs. “Cold Start” Problem



Klusch

37

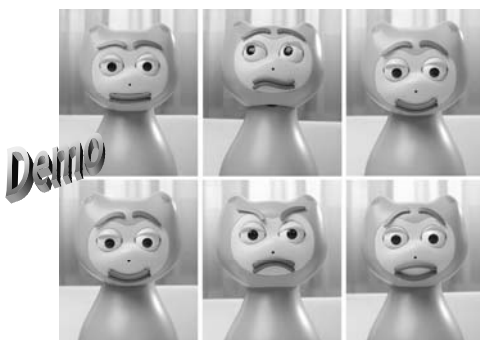
Mensch-Agent Interaktion



38

Mensch-Agent Interaktion (2)

● Multimodale Mensch-Agent Schnittstellen



Philips Benutzerinteraktionsroboter "iCat" (2005)
Forschung zu Mensch-Maschine-Interaktion

Beispiel "Digital City Kyoto" (Japan):

3D interaktive Informationsagenten für persönliche Einkaufsempfehlungen in virtueller Stadt mit Geschäftsvierteln. (Regelbasierte Selektion/Instanzierung von Konversationsmustern und Geschäftsinfos in Abhängigkeit zum aktuellen Benutzerprofil)

DEMO

Klusch

39

Inhalt

- Intelligente Informationssuche im Web
- Semantisches Web und Agenten

Was ist das “Semantische Web” ?

- “**Semantik**” = Bedeutung sprachlicher Ausdrücke
- **Erweiterung** des bisherigen “syntaktischen” Webs
- Webseiten, die eindeutig identifizierbar (URI) und deren **semantisch annotierter Inhalt** nicht nur für Menschen sondern auch **für Software(-agenten) automatisch verständlich** ist.
- Semantische Webseiten können **formal analysierbar über semantische Beziehungen miteinander verknüpft** sein.

Open Source Software Tools für das Semantische Web

www.semwebcentral.org, www.w3c.org

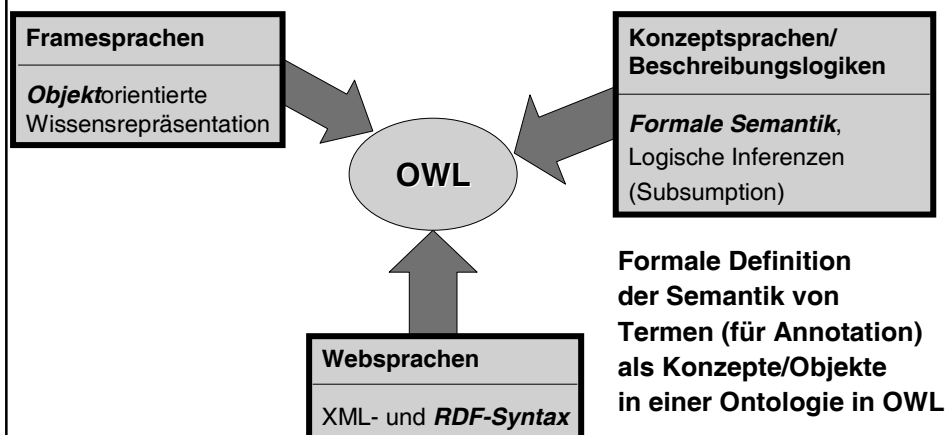
Ebenen von Annotationssprachen im Semantischen Web

Webdienst	OWL-S, WSMO, WSDL-S (SA-WSDL)	
Inhalt / Ontologie	Ontology Web Language OWL Resource Description Framework RDF / RDFS	 
Struktur	XML / XMLS	
Form	HTML	
WWW Dokument		

Klusch

42

OWL führt drei Sprachfamilien zusammen



Klusch

43

Beispiel: Ontologie in OWL

```
<?xml version="1.0"?>
```

```
<rdf:RDF
```

```
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns="http://www.dfki.de/scallops/health-scallops/PatientOntology.owl#"
  <owl:Ontology rdf:about="Medizinische Stationen"/>
```

```
<owl:Class rdf:ID="EmergencyStation">
```

```
  <rdfs:subClassOf>
```

```
    <owl:Class rdf:ID="MedicalOrganisation"/>
```

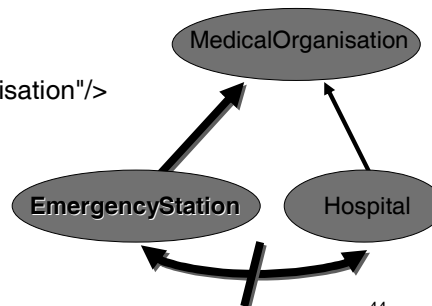
```
  </rdfs:subClassOf>
```

```
  <owl:disjointWith>
```

```
    <owl:Class rdf:ID="Hospital"/>
```

```
  </owl:disjointWith>
```

```
</owl:Class> ....
```

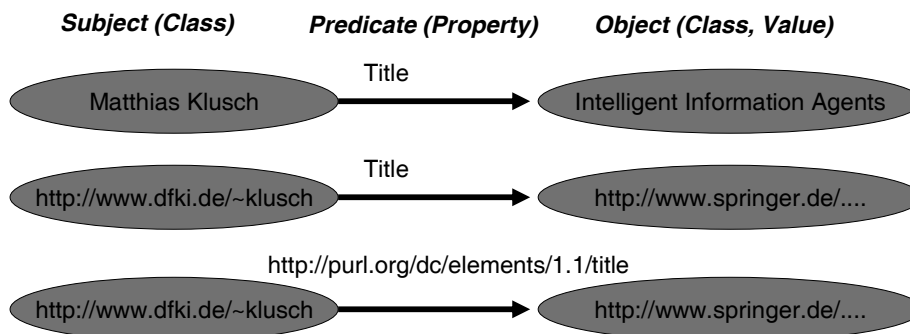


Klusch

44

RDF Syntax von OWL

- RDF Metadatenmodell
- Triple-Notation (Subject, Property, Object)
- Annotierte Ressource als gerichteter, bezeichneter Graph
- Universal Resource Identifiers (URI) – Identifikation



Klusch

45



search and metadata for the semantic web

Document Search:

☒ Ontology Only ☐ All

Documents
Terms
Classes
Properties

1 - 20 of total 433 results for **software agent** in 0.2436 seconds

<http://www.aktors.org/ontology/portal>
 Suffix: --- Encoding: RX Last modified: 2004-12-10 11:15:11
 Classes defined: 152 Properties defined: 126 Instances defined: 62
 Triples: 1480 Namespaces used: 9 Ontology Ratio: 0.681373
 Cached: [Original File](#) [N-Triples](#)
 Swoogle view: [Document](#) [Properties](#) [Term](#) [Properties](#)

<http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/ccppschem-20021212>
 Suffix: --- Encoding: RX Last modified: 2003-12-18 03:58:33
 Classes defined: 7 Properties defined: 78 Instances defined: 0
 Triples: 293 Namespaces used: 3 Ontology Ratio: 0.732759
 Cached: [Original File](#) [N-Triples](#)
 Swoogle view: [Document](#) [Properties](#) [Term](#) [Properties](#)

<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/DAML/onts/docmnt1.0.daml>
 Suffix: daml Encoding: RX Last modified: 2001-10-02 14:11:49
 Classes defined: 50 Properties defined: 12 Instances defined: 0
 Triples: 149 Namespaces used: 5 Ontology Ratio: 0.984127
 Cached: [Original File](#) [N-Triples](#)
 Swoogle view: [Document](#) [Properties](#) [Term](#) [Properties](#)

<http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/ccppschem-20030226>
 Suffix: --- Encoding: RX Last modified: 2003-12-18 03:58:33
 Classes defined: 7 Properties defined: 79 Instances defined: 0
 Triples: 546 Namespaces used: 5 Ontology Ratio: 0.945055
 Cached: [Original File](#) [N-Triples](#)
 Swoogle view: [Document](#) [Properties](#) [Term](#) [Properties](#)

Nur **Ontologiedateien**, die eine Klasse "Software Agent" definieren.

Beschreibungslogik OWL-DL

- Konzepte, Beziehungen zwischen Konzepten (Rollen), Instanzen
 - Logische Sprachoperatoren (PL1)
- mit entscheidbarer, modell-theoretischer Semantik

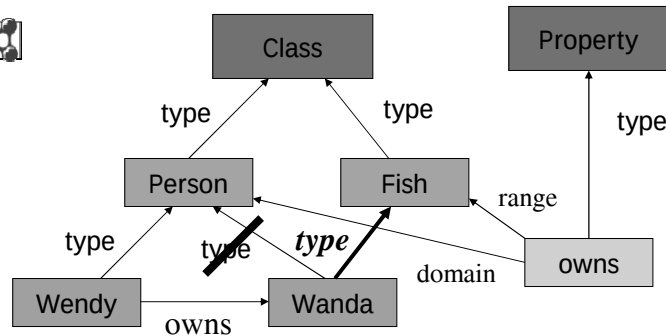


dl.kr.org

KonzeptA $\sqcap$ KonzeptB, $\neg$ Konzept,
 $\forall$ rolle.Konzept, $\exists$ rolle.Konzept, $(\geq n$ rolle), $(\leq n$ rolle)

Eine Frau	Frau = (Mensch $\sqcap$ $\neg$ Männlich $\sqcap$
die einen Fisch besitzt	$\exists$ besitzt-Fisch.Fisch $\sqcap$
und mindestens zwei Kinder hat,	$(\geq 2$ hat-Kinder) $\sqcap$
die alle Informatikstudenten sind	$\forall$ hat-Kinder.Informatikstudenten)

Beispiel: Konsistente OWL Ontologie ?



Person = Thing $\sqcap$ $\forall$ owns.Fish

(Wendy Person), (Wendy owns Wanda)

(Wanda Person)



$\Rightarrow$ Wanda = Person $\sqcap$ Fish

Klusch

51

Automatische Suche im Semantischen Web

“Suche Fischliebhaber, bitte exakt!”

verstehen $\downarrow$

Fischliebhaber =

Mensch $\sqcap$ $\forall$ besitzt.Fische

$\sqcap$ (≤ 100 besitzt)

crawl $\rightarrow$

use ontology.owl

<Person> Wendy **</Person>**

besitzt einen Goldfisch
namens **<Fish>**“Wanda”**</Fish>**

wendy.owl

verstehen $\downarrow$

Person = Human $\sqcap$ $\forall$ owns.Fish

....

ontology.owl

besitzt = owns

Fischliebhaber = Person

Fischliebhaber $\prec$ Person



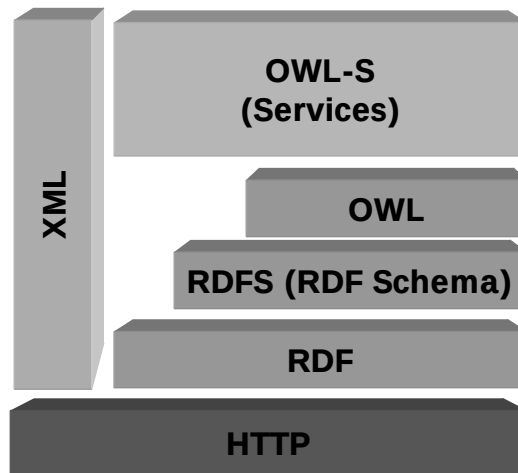
Relevante Webseite: wendy.owl

Explain: “**Wendy** besitzt einen Fisch namens Wanda.”

Klusch

52

Semantische Webdienste: OWL-S



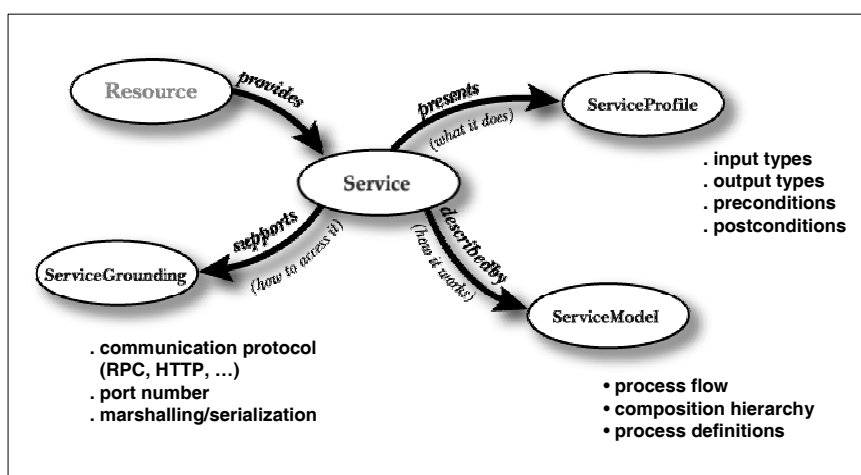
OWL-S

- The first major application of OWL
- Built upon W3C recommendations (OWL & RDF)
- Future versions will build upon emerging layers (Rules)

Klusch

53

Struktur von Webdiensten in OWL-S

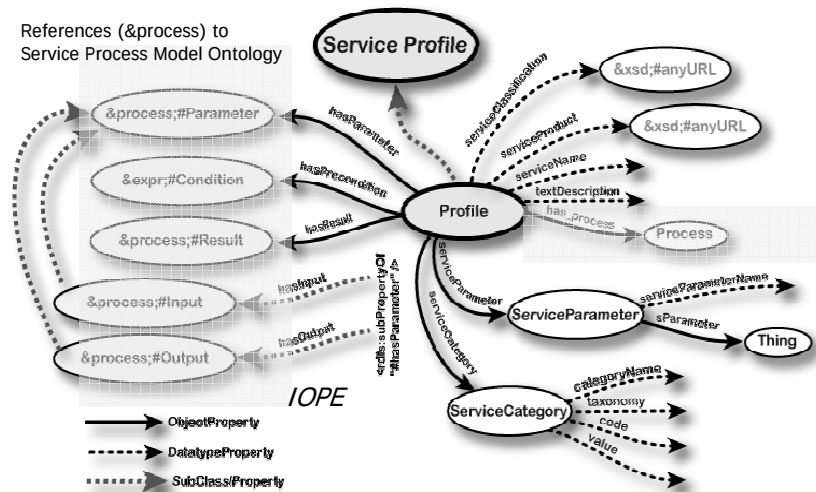


Klusch

54

Webdienstprofil in OWL-S 1.1

References (&process) to
Service Process Model Ontology



Klusch

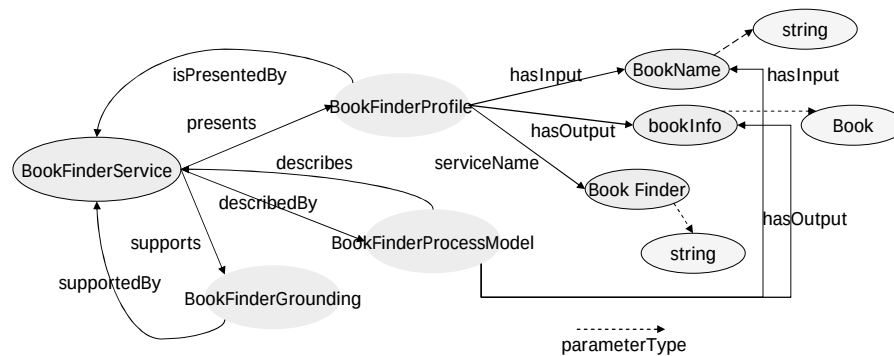
55

Beispiel: OWL-S Webdienst

Atomic OWL-S service

- returns information of a book whose title best matches the given string
- uses a keyword based search using the input string, and returns a book info containing the ISBN number, author name and publisher info.

There is no guarantee as to the quality of these matches.



Klusch

56

BookFinder Service Profile

```
<rdf:RDF xml:base="http://www.mindswap.org/2004/owl-s/1.0/BookFinder.owl">
<!-- Service description -->
<service:Service rdf:ID="BookFinderService">
    <service:presents rdf:resource="#BookFinderProfile"/>
    <service:describedBy rdf:resource="#BookFinderProcessModel"/>
    <service:supports rdf:resource="#BookFinderGrounding"/>
</service:Service>

<!-- Profile description -->
<profile:Profile rdf:ID="BookFinderProfile">
    <service:isPresentedBy rdf:resource="#BookFinderService"/>
    <profile:serviceName xml:lang="en">Book Finder</profile:serviceName>
    <profile:textDescription xml:lang="en">
        This service returns the information of a book whose title best matches the given string.
    </profile:textDescription>
    <profile:hasInput rdf:resource="#BookName"/>
    <profile:hasOutput rdf:resource="#bookInfo"/>
</profile:Profile>
```

Klusch

57

BookFinder Service Process Model

```
<!-- Process Model description -->
<process:ProcessModel rdf:ID="BookFinderProcessModel">
    <service:describes rdf:resource="#BookFinderService"/>
    <process:hasProcess rdf:resource="#BookFinderProcess"/>
</process:ProcessModel>

<process:AtomicProcess rdf:ID="BookFinderProcess">
    <process:hasInput rdf:resource="#BookName"/>
    <process:hasOutput rdf:resource="#bookInfo"/>
</process:AtomicProcess>

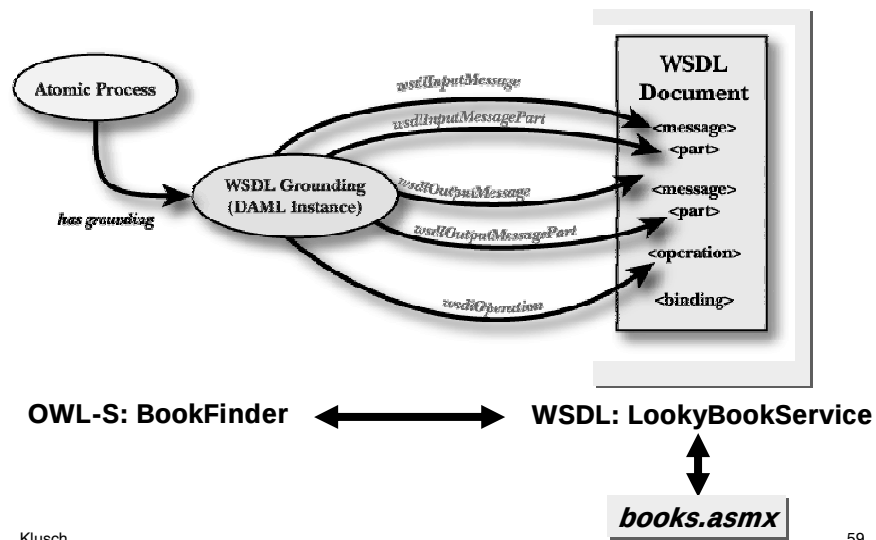
<process:Input rdf:ID="BookName">
    <process:parameterType rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    <rdfs:label>Book Name</rdfs:label>
</process:Input>

<process:Output rdf:ID="bookInfo">
    <process:parameterType rdf:resource="http://www.aktors.org/ontology/portal#Book"/>
    <rdfs:label>Book Info</rdfs:label>
</process:Output>
```

Klusch

58

OWL-S Grounding in WSDL



Suche nach semantischen Webdiensten

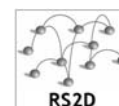
- Webdienstverzeichnisse



- (Meta-)Suchmaschinen



- P2P Suchdienste



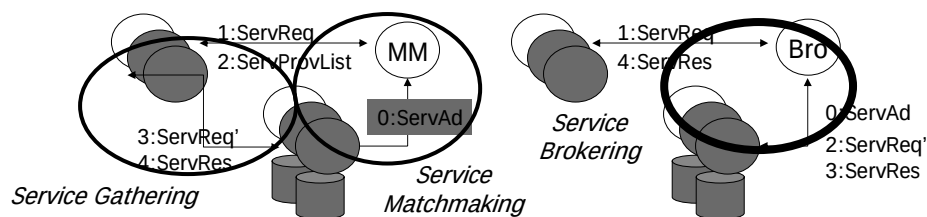
Vermittlung von semantischen Webdiensten

- Matchmaker (Yellow-Page Server)

- Returns ranked list of relevant service providers to be contacted

- Broker (Facilitator)

- Provides (subscription to) transactional services



Klusch

61

Beispiel: OWL-S Webdienst für Autoverkauf

```
<profile:Profile rdf:ID="CarSellingService">
  <profile:serviceName> CarSellingService </profile:serviceName>
  <profile:providedBy> The Only Car Company </profile:providedBy>
  <profile:input>
    <profile:ParameterDescription rdf:ID="Price_Input">
      <profile:parameterName> Price </profile:parameterName>
      <profile:restrictedTo rdf:resource="Concepts.owl#Price">
    </profile:parameterDescription>
  </profile:input>
  <profile:output>
    <profile:parameterDescription rdf:ID="Car_Output">
      <profile:parameterName> Car </profile:parameterName>
      <profile:restrictedTo rdf:resource="Vehicle.owl#Car">
    </profile:parameterDescription>
  </profile:output>
</profile>
```

Klusch

62

Beispiel: Gewünschter Autoverkaufsdienst

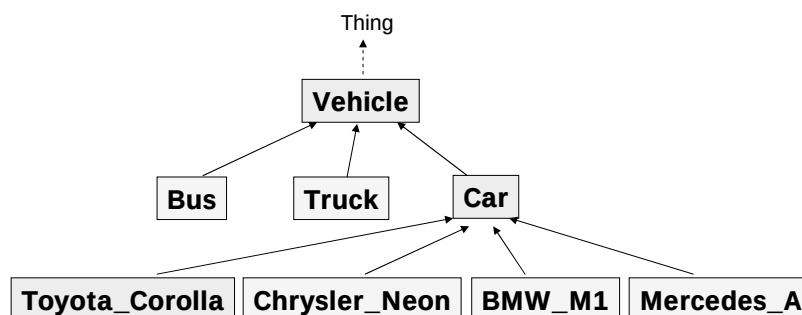
“ Suche nach einem Webdienst, der mir zu gegebenem Preis einen oder mehrere Autos der Marke Toyota Corolla ausgibt.”

```
<profile:Profile rdf:ID="RequestToyotaCorollaSellingService">
  <profile:input>
    <profile:ParameterDescription rdf:ID="Price_Input">
      <profile:parameterName> Price </profile:parameterName>
      <profile:restrictedTo rdf:resource="Concepts.owl#Price">
    </profile:parameterDescription>
  </profile:input>
  <profile:output>
    <profile:parameterDescription rdf:ID="Toyota_Corolla_Output">
      <profile:parameterName> Toyota_Corolla </profile:parameterName>
      <profile:restrictedTo rdf:resource="Vehicle.owl#Toyota_Corolla">
    </profile:parameterDescription>
  </profile:output>
</profile>
```

Klusch

63

Vehicle Ontologie (Teil)

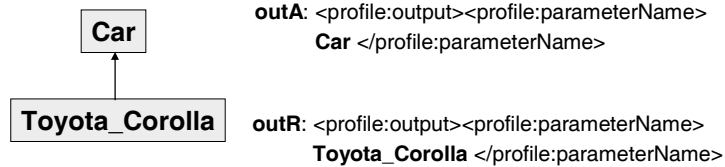


- Concepts of this concept (subsumption) hierarchy are defined in OWL-Lite and stored in OWL ontology file Vehicle.owl
- Offline/Online computation of concept subsumptions bases on model-theoretic semantics of OWL-Lite concept descriptions.

Klusch

64

Beispiel für semantischen Abgleich



Exact match between advertisement and request (outR, outA):

If (outA = outR) or (outR immediate_subClassOf outA) return „EXACT“

Weaker „output PLUG-IN“ (= subsumed-By(Q,S)) match:

If outA = Vehicle then outA subsumes outR:=Toyota_Corolla
 but **not** outR immediate_subClassOf outA

Klusch

65



Matchmaker OWLS-MX

Input: Service request q (w/ Degree of match, Similarity threshold)

Apply set of hybrid matching filters to service/query I/O concepts

- Crisp logic based similarity (concept subsumption relation)
- IR based syntactic similarity
- Tolerate logical subsumption failure if the *syntactic similarity* of unfolded service/query concept terms is sufficient

Output: Relevant services to q (Semantic & Syntactic degree of match)

M0: Logic based only

M1: M0 + Loss-of-information

M2: M0 + Extended Jacquard

M3: M0 + Cosine

M4: M0 + Jensen-Shannon

Klusch

66



OWLS-MX Filter

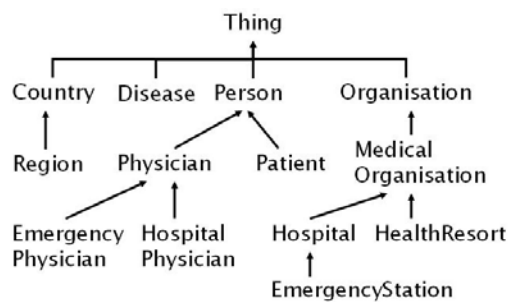
Exact (S,Q)	$(\forall in_s \exists in_Q : in_s = in_Q) \wedge (\forall out_Q \exists out_s : out_Q = out_s)$
Plug-In (S,Q)	$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q) \wedge (\forall out_Q \exists out_s : out_s \in LSC(out_Q))$
Subsumes (Q,S)	$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q) \wedge (\forall out_Q \exists out_s : out_s \leq out_Q)$
Subsumed-by (Q,S)	$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q) \wedge$ $(\forall out_Q \exists out_s : out_Q \in LGC(out_s) \wedge Sim(out_s, out_Q) \geq \alpha)$
Nearest-Neighbor (S,Q)	$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q \vee Sim(in_s, in_Q) \geq \alpha) \wedge$ $(\forall out_Q \exists out_s : out_s \leq out_Q \vee Sim(out_s, out_Q) \geq \alpha)$
Else Fail	

Klusch

67



Beispiel: Plug-In



Service request

In: Location
Insurance
Out: *Hospital*

Service „ListHospitals“
In: *Location*
Out: *Hospital*
MedTreatment
MedRank

$$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q) \wedge (\forall out_Q \exists out_s : out_s \in MSC(out_Q))$$

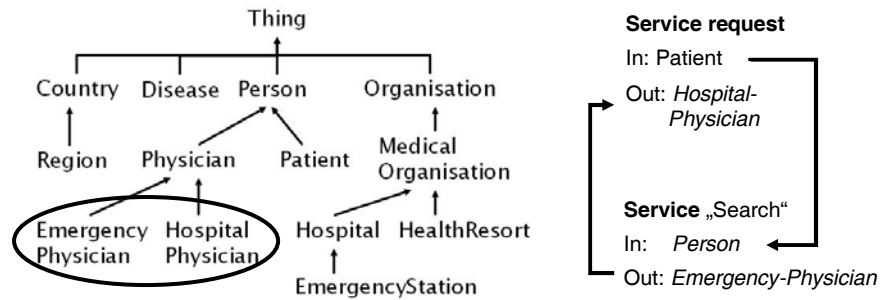
$MSC(C)$ = Set of most specific concepts of C (immediate subconcepts of C)

Klusch

68



Beispiel: Nearest-Neighbor



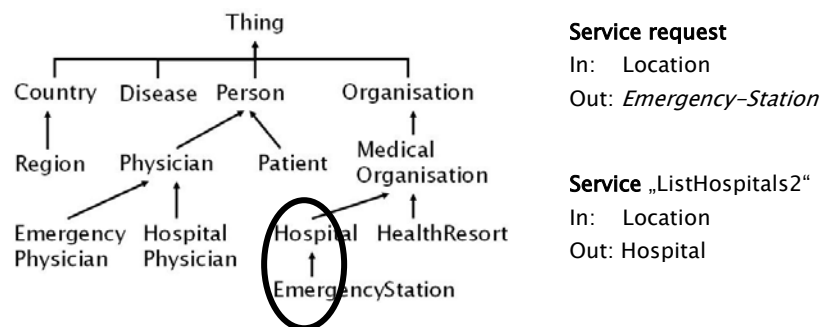
Terminological definition of concept „HospitalPhysician“ is *logically disjoint* from, but *syntactically similar* to the concept „EmergencyPhysician“

Klusch

69



Beispiel: Subsumed-By (Q,S)



$$(\forall in_s \exists in_Q : in_s \geq in_Q) \wedge$$

$$(\forall out_Q \exists out_s : out_s \in MSG(out_Q) \wedge Sim(out_s, out_Q) \geq \alpha)$$

MSG(C) = Set of most specific generalizations, or least generic concepts of C
= Set of immediate superconcepts of C

Klusch

70



Syntaktische Ähnlichkeit

OWLS-M1: Loss-Of-Information

$$Sim(Q, S) = 1 - \frac{LOI_{IN}(Q, S) + LOI_{OUT}(Q, S)}{2}, \quad LOI_x(Q, S) = \frac{|PC_{Q,x} \cup PC_{S,x}| - |PC_{Q,x} \cap PC_{S,x}|}{|PC_Q| + |PC_S|}$$

OWLS-M2: Extended Jacquard coefficient

$$sim(Q, S) = \frac{\sum_{t \in V(Q, S)} \vec{Q}(t) \cdot \vec{S}(t)}{\| \sum_{t \in V(Q, S)} \vec{Q}(t) \|^2 + \| \sum_{t \in V(Q, S)} \vec{S}(t) \|^2 - (\sum_{t \in V(Q, S)} \vec{Q}(t) \cdot \vec{S}(t))}$$

OWLS-M3: Cosine similarity

$$sim(Q, S) = \frac{\sum_{t \in V(Q, S)} \vec{Q}(t) \cdot \vec{S}(t)}{\| \sum_{t \in V(Q, S)} \vec{Q}(t) \|^2 \cdot \| \sum_{t \in V(Q, S)} \vec{S}(t) \|^2}$$

OWLS-M4: Jensen-Shannon information divergence (PTF)

$$sim(Q, S) = \frac{1}{2 \log 2} \sum_{t \in V(Q, S)} (h(\vec{Q}(t) + \vec{S}(t)) - h(\vec{Q}(t)) - h(\vec{S}(t))), \quad h(x) = -x \log x$$

Klusch

71



Micro-Averaged R/P Evaluation

Evaluation strategy of micro-averaging individual precision-recall curves (van Rijsbergen 1979): Let be

- Q set of test queries (service requests) in OWLS-TC
- A set of relevant documents of all requests R in Q ,
- AR answer set of relevant services (service advertisements) for R in Q
- B_{nR} set of retrieved services for R in Q to reach recall value at step n
- B_n set of retrieved documents at step n

For each request R , we consider n steps of its maximum recall value and measure precision at these steps.

Recall: How many of the relevant docs are retrieved.

Precision: How many of the retrieved docs are relevant.

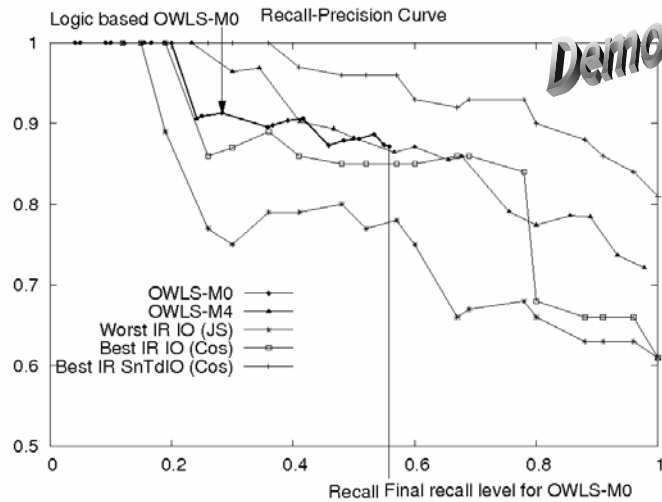
$$Recall_n = \sum_{R \in Q} \frac{|A_R \cap B_{nR}|}{|A|}, \quad Precision_n = \sum_{R \in Q} \frac{|A_R \cap B_{nR}|}{|B_n|}$$

Klusch

72



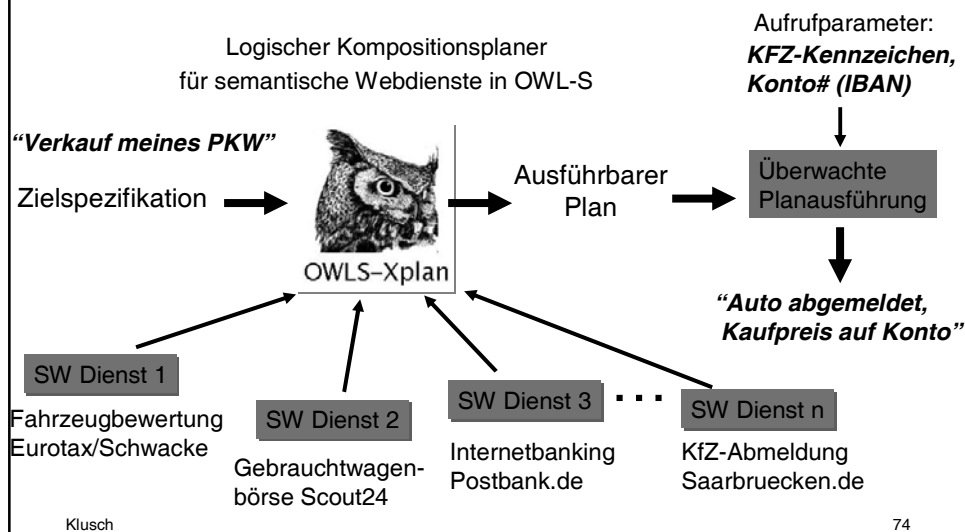
R/P Performance



Klusch

73

Komposition von semantischen Webdiensten



Klusch

74

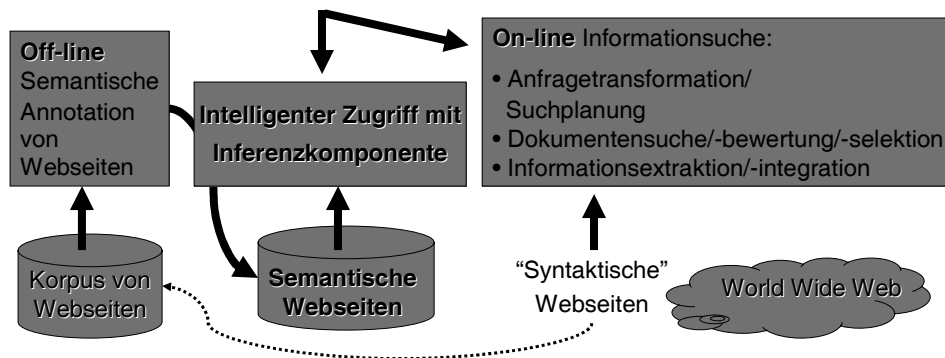
Anwendungen



■ Multimodaler Informationsagent für UMTS Handy und PDA

- Semantische Repräsentation der Anfrage
- Ansteuerung multipler Suchdienste

Demo



Klusch

75



Mobile semantische Webdienste für medizinische Notfalleinsätze und Patiententransporte

SCALLOPS

Near Faro



Klusch

Emergency Call

Emergency Mission Data

EM Patient Data

EMA Center



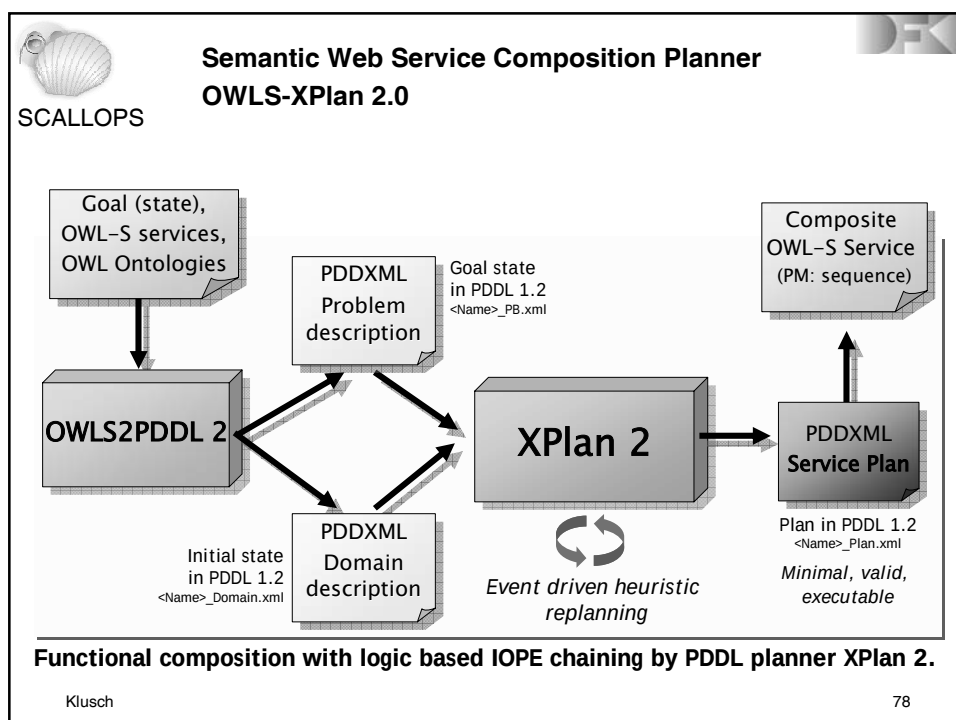
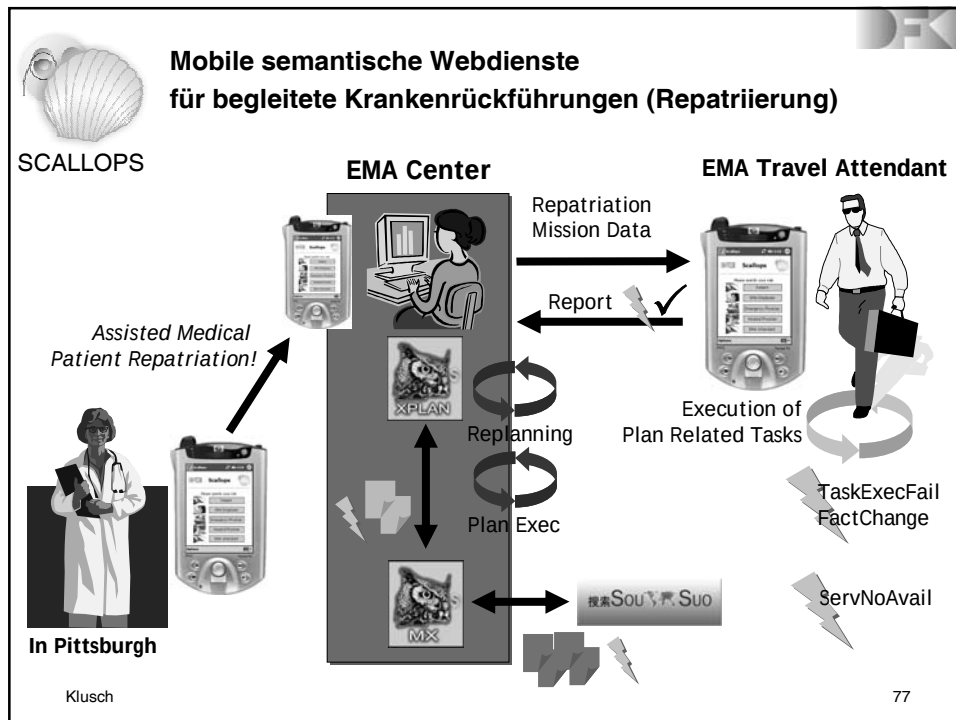
In Helsinki

Patient Relocation To PGH!



In Faro

76

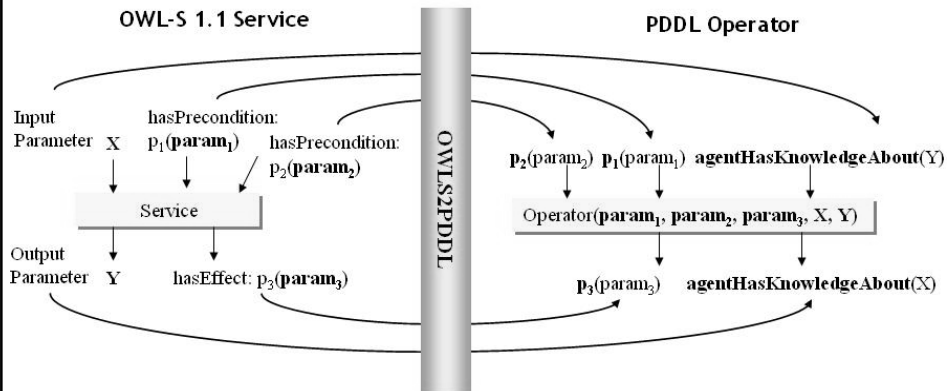




Semantic Web Service Converter OWLS2PDDL 2.0

SCALLOPS

- Conversion of OWL-S 1.1 service to standard PDDL 1.2 (ADL) operator



Klusch

79



Semantic Web Service Converter OWLS2PDDL 2.0

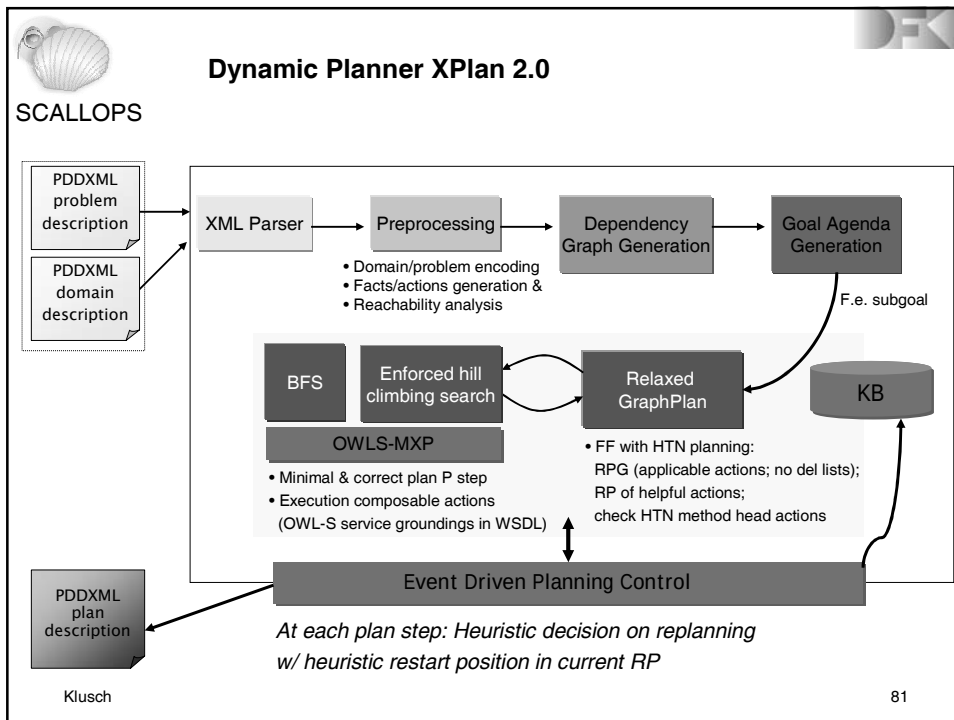
SCALLOPS

- Conversion of service I/O concept definitions, preconditions and effects
 - From OWL-DL, i.e. NEXPTIME description logic SHOIN(D) to PDDL 1.2

DL E	DL Syntax	DL Semantik	OWL	PDDL
S	A	$A^I \subseteq \Delta^I$	Class	Prädikat (p)
	$\top$	$\top^I = \Delta^I$	Thing	object-Type
	R	$R^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$	Role	Prädikat
	$R \in R_+$	$R^I = (R^I)^+$	Trans. Role	Prädikat
	$C \sqcap D$	$C^I \cap D^I$	Conjunction	Konjunktion (p)
	$C \sqcup D$	$C^I \cup D^I$	Disjunction	Disjunktion (p)
	$\neg C$	$\Delta^I \setminus C^I$	Negation	$\neg$ Prädikat
	$\exists R.C$	$\{x \exists y. (x, y) \in R^I \text{ and } y \in C^I\}$	Ex. Role Restr.	$\exists y. \text{Prädikat}(x, y)$
	$\forall R.C$	$\{x \forall y. (x, y) \in R^I \text{ implies } y \in C^I\}$	Univ. Role Restr.	$\forall y. \text{Prädikat}(x, y)$
$\mathcal{H}$	$R \subseteq S$	$R^I \subseteq S^I$	Role Subsumption	Prädikat
$\mathcal{I}$	R^-	$\{(x, y) (y, x) \in R^I\}$	Inverse Roles	Prädikat
N	$\geq n R.C$	$\{x \#\{y. (x, y) \in R^I \text{ and } y \in C^I\} \geq n\}$	Non-Qualified Cardinality	Prädikat+
	$\leq n R.C$	$\{x \#\{y. (x, y) \in R^I \text{ and } y \in C^I\} \leq n\}$	Non-Qualified Cardinality	Prädikat+
$\mathcal{O}$	$\{o\}$	$\{o\}^I = \{o^I\}$	Nominals	Objekt

Klusch

80



Example

SCALLOPS

Event *during* service composition planning at plan step 12:

Planned service „GetMedicalFlightAccount“ unavailable.

Dynamic re-planning with other available services.

OWLS-XPlan 2.0

OWLS-XPlan version 2.0 - A Semantic Web Service Composition Planner for OWL-S 1.1 Services

Available Events:
GetMedicalFlightAccount
View

Event Description:
The selected service gets lost.

Event History:
Events:
LOSSOP:
*GetMedicalFlightAccount
* at planning step: 12

Reset Details Manual: Plan Step Fire Event Automatic: Complete Event probability (%) per planning step: 0

Klusch

82



Health-SCALLOPS Software Suite

SCALLOPS

- Mobile role based interface to Health-SCALLOPS medical emergency assistance services
- Location based route planning Web service (GPS, Bluetooth)
- WinMobile 2003
- HP iPAQ PocketPC 5500, Fujitsu-Siemens PocketLoox



- Matchmaker OWLS-MX
- Composition Planner OWLS-XPlan 2
- Search Engine SouSuo
- P2P SearchSystem RS2D
- Services, Test Collection

www.dfki.de/scallops
www.semwebcentral.org/projects/owls-mx/owls-xplan

Klusch

83

Moral autonomer Agenten ?



- Agenten manifestieren *Intelligenz* und *eigenständiges Handeln* in (physischen) intelligenten Systemen und Anwendungen

- *Ethische Richtlinien* für Agenten ?

- (1) Ein Roboter (= physischer Agent) darf durch sein Verhalten keinem Menschen direkt oder indirekt Schaden zufügen.
- (2) Ein Roboter muß allen ihm von Menschen gegebenen Befehlen gehorchen, sofern sie nicht im Konflikt mit dem 1. Gesetz stehen.
- (3) Ein Roboter muß sich selbst schützen sofern dies nicht gegen Gesetz 1 & 2 verstößt.



Isaac Asimov

Klusch

84



Aktuelle Forschungsthemen

- **Semantische Webdienste und Agenten**

- Intelligente P2P Suche, Kompositionsplanung und überwachte Ausführung von semantischen Webdiensten

- **Verhandlungen zwischen Informationsagenten**

- Angebot und Zugriff auf kostenpflichtige Dienste und Informationen

- **Selbstregulative Systeme von Informationsagenten**

- **Quanteninformationsagenten**

- Programmierung und Simulation von Informationsagenten auf Quantenrechnern

Klusch

85



Neugierig ?

DFKI GmbH – FB Deduktion & Multiagentensysteme (D3.2, Ebene +1)
F&E Team “Intelligent Information Agents and Systems”

<http://www.dfki.de/~klusch/i2a>

- **Wir bieten an im FB Informatik, LS Künstliche Intelligenz (Prof. Siekmann)**

- Vertiefungsvorlesung “Intelligent Information Agents”
- Hauptseminare
- Fortgeschrittenenpraktika (FoPra), Industriepraktika
- Masterarbeiten
- HiWi Jobs

Klusch

86

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit !

Uni Campus, Geb. D3.2, Raum +1.26

0681 – 302 – 5297

klusch@dfki.de

www.dfki.de/~klusch

