

Semanttinen web

Prof. Eero Hyvönen

Aalto-yliopisto, mediatekniikan laitos

Helsingin yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos

Semantic Computing Research Group

<http://seco.tkk.fi/>

Sisältö

- Semanttinen webin idea
- Semanttisen webin ytimessä
 - Metadata, ontologiat, päättely
 - Katsaus keskeisimpiin uusiin ratkaisuihin ja standardeihin
- Sovellusalueita

Semanttisen webin idea

Kehityksen este Webissä

- WWW-palvelu $\approx$ kone auttaa ihmistä
 - » Edellyttää sisältöjen koneellista "ymmärtämistä"
- WWW:n sisällöt ovat ihmislukijaa varten
 - » HTML, PDF, JPEG, ...
- Kone ei ymmärrä WWW:n sisältöjä
 - » Hakukoneet, ostoagentit, verkkomönkijät jne.
 - » Periaatteessa kaikki WWW-sovellukset
- => Perustavaa laatua oleva ristiriita

Miten Webistä tulee älykkäämpi?

- 1. Älykkäämmät sovellukset
 - Sisältö pysyy samana
 - Koneesta tehdään ihmismäisempi
- 2. Älykkäämmin esitetty sisältö
 - Sisältö helpommin ymmärrettäväksi
 - Kone pysyy tyhmempänä
- Käytännössä molempia tapoja tarvitaan
 - Yhä älykkäämmät järjestelmät käsittelevät yhä älykkäämmin esitettyjä tietoja

Ratkaisumalli 1:

Älykkäämmät sovellukset

- Kielen automaattisen tulkinnan vaikeus
 - Dokumenttien vapaamuotoisuus
 - Sisällön semantiikka
- Ei-tekstuaaliset sisällöt
 - Kuva, ääni, musiikki, video, ohjelmisto,...
 - Miten tulkita algoritmisesti?
- Tulkintaan ei riitä itse dokumentti
 - Tarvitaan konteksti, common sense
 - Tekoälyn perusvaikeuksia, ihmiselle helppoa!
 - Suuria tieteellisteknisiä haasteita

Ratkaisumalli 2:

Älykkäämmiin esitetty sisältö

- Semantic Webin lähtökohta
 - Talletetaan tieto niin, että tyhmempikin sen ymmärtää!
 - Ihminen tulee konetta vastaan
 - Kone voi auttaa ihmistä itsensä auttamisessa
- Kehitystyö käynnistyi 2000-luvun alussa
 - W3C:n Semantic Web Activity 2001
 - W3C:n Web Services Activity 2002

Webin sukupolvia

- 1G WWW:
 - » WWW-sivut ihmisen tulkittavaksi
 - » HTML-kieli
- 2G WWW:
 - » Rakenteet ihmisen/koneen tulkittavaksi
 - » XML-kieli
- 3G WWW: Semantic Web
 - » Merkitykset ihmisen/koneen käytettäväksi
 - » RDF(S)-kieli
- => Uusi perusta älykkäille WWW-palveluille
 - » Kansainvälinen yhteistyö (W3C, ISO, FIPA, ym....)

Limitations of Non-semantic Web

Case MuseumFinland

- `<artifact>`
 `<id> NBA:H26069:467 </id>`
 `<target> cup and plate </target>`
 `<material> porcelain </material>`
 `<creationLocation> Germany </creationLocation>`
 `<creator> Meissen </creator>`
 `</artifact>`
- This metadata cannot answer the following questions:
 - Find all vessels?
 - Find all ceramic products?
 - Find artifacts manufactured in Europe?
 - Does the city of Meissen manufacture ceramics?

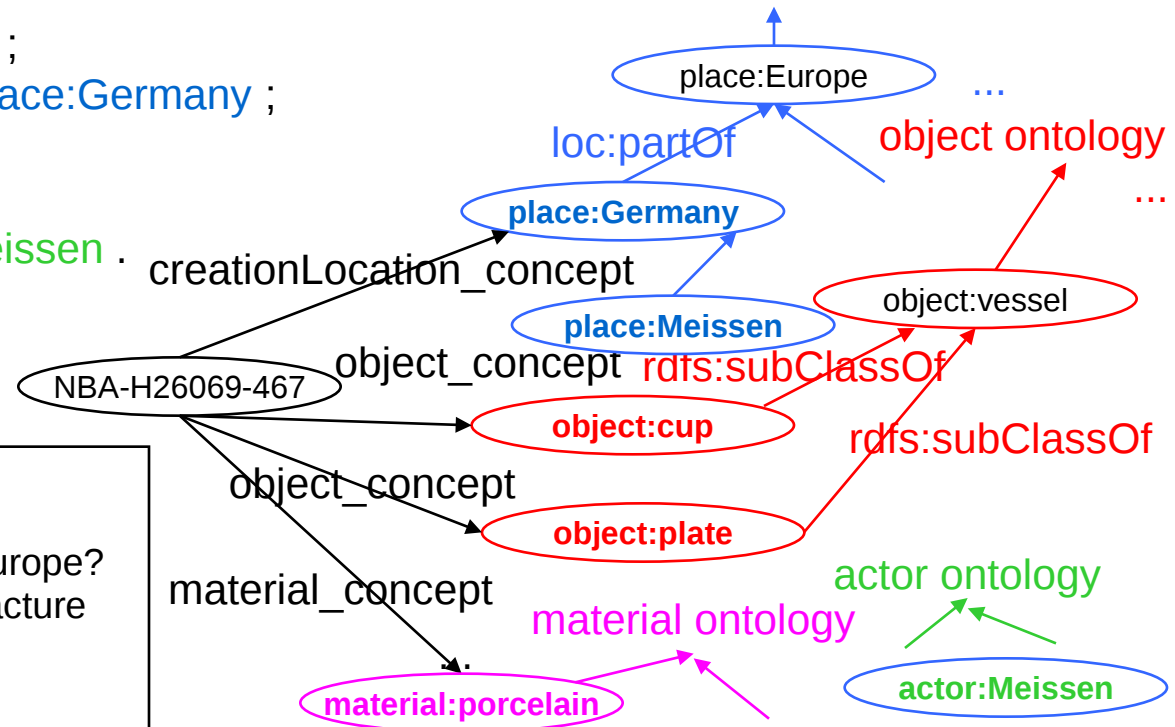


Semantic Web Solution: Ontologies

- NBA-H26069-467
 - :object "cup and plate" ;
 - :object_concept **object:cup** ;
 - :object_concept **object:plate** ;
 - :material "porcelain" ;
 - :material_concept **object:porcelain** ;
 - :creationPlace "Germany" ;
 - :creationPlace_concept **place:Germany** ;
 - :creator "Meissen"
 - :creator_concept **actor:Meissen** .



place ontology



Find all vessels?
Find all ceramic products?
Find artifacts manufactured in Europe?
Does the city of Meissen manufacture ceramics?

Case Rijksmuseum Amsterdam: CHIP Demonstrator

- Example in N3Turtle notation
 - VRA metadata schema
(extension of Dublin Core)
 - (Aroyo et al., 2007)

```
rijks:artefactSK-C-K
  vra:type vra:Work ;
  vra:title "The Night Watch" ;
  vra:date "1642" ;
  vra:creator: 500011051 ;          # Rembrandt
  vra:subject iconclass:45F31 ;    # Call to arms
  vra:culture tgn:7006952 ;        # Amsterdam
  vra:material aat:30015050 .      # Oil paint
```



A resource in the TGN
ontology / vocabulary

Amsterdam in TGN



Thesaurus of Geographic Names Results List, ...

http://www.getty.edu/

File Edit View Favorites Tools Help

Google C getty TGN Go

Settings

Research

Getty Thesaurus of Geographic Names Online

Search Results

And Name: Amsterdam

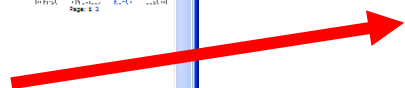
Place Type: 27 results

Names: 27 results

Click the name to view the hierarchy.

Click the name to view multiple records at once.

1. Amsterdam (inhabited place)
(World, Africa, South Africa, Mpumalanga) [1020001]
2. Amsterdam (inhabited place)
(World, Europe, Netherlands, North Holland) [1020002]
3. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, California, Maricopa county) [1020003]
4. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Georgia, DeKalb county) [1020004]
5. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Missouri, St. Louis county) [1020005]
6. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Montana, Gallatin county) [1020006]
7. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, New Jersey, Hunterdon county) [1020007]
8. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, New York state, Westchester county) [1020008]
9. Amsterdam (disputed settlement)
(World, North and Central America, United States, Ohio, Auglaize county) [1020009]
10. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Ohio, Jefferson county) [1020010]
11. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Ohio, Union county) [1020011]
12. Amsterdam (disputed settlement)
(World, North and Central America, United States, Ohio, Ross county) [1020012]
13. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Pennsylvania, Harris county) [1020013]
14. Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Virginia, Seton county) [1020014]
15. Amsterdam Bay (bay)
(World, North and Central America, United States, Washington, Pierce county) [1020015]
16. Amsterdam, Ile (island)
(World, Antares, French Southern and Antarctic Territories) [1020016]
17. Amsterdam Rijn Kanaal (canal)
(World, Europe, Netherlands) [1020017]
18. Buffalo (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, New York state, Erie county) [1020018]
19. Double Run (stream)
(World, North and Central America, United States, Delaware, Kent county) [1020019]
20. Gateway Lake (reservoir)
(World, North and Central America, United States, New York state, Saratoga county) [1020020]
21. New Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Indiana, Hancock county) [1020021]
22. New Amsterdam (disputed settlement)
(World, North and Central America, United States, Ohio, Highland county) [1020022]
23. New Amsterdam (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, Wisconsin, Le Chateau county) [1020023]
24. New Amsterdam (inhabited place)
(World, South America, Guyana, East Berbice-Goreana) [1020024]
25. New York (inhabited place)
(World, North and Central America, United States, New York state) [1020025]



TGN Full Record Display, English (Getty Research) - Windows Internet Explorer

http://www.getty.edu/vow/TGNFullDisplay?find=Amsterdam&place=&nation=&prev_page=1&english=Y&

File Edit View Favorites Tools Help

Google C getty TGN Go

Bookmarks 43 blocked

Settings

Amsterdam (inhabited place)

Coordinates:
Lat: 52 21 00 N degrees minutes Lat: 52.3500 decimal degrees
Long: 004 54 00 E degrees minutes Long: 4.9000 decimal degrees

Notes Located on over 90 islands in the IJ arm of the IJsselmeer. Early inhabitants built dikes on both sides of the Amstel River to prevent flooding, and a dam was built between the dikes in 1270. Chartered in 1306. Became affluent in the 15th century due to trade with Baltic seaports, and was the financial center of the world by 17th century. United Dutch East India Company was founded in 1602, followed by the West India Company in 1621. Capital of the Batavian Republic under Napoleon, later of the kingdom of Holland, and became part of the French Empire in 1810. Under German occupation from 1940-1945. Center of the world's diamond trade.

Names:

Amsterdam (preferred, C, V, N, English-P, Dutch-P)	documented in 13th cen., meaning "dam on the Amstel [river]"
Amstel-dam (H, V, N)	
Amsterdam (H, V, N)	
Amsteldamme (H, V, N)	earliest form of the name, 13th cen.
Amsteldamum (H, V, N)	
Amsterdamum (H, V, N)	
Amsteldamense oppidum (H, V, N)	

Hierarchical Position:

- World (facet)
 - Europe (continent)
 - Netherlands (nation)
 - North Holland (province)
 - Amsterdam (inhabited place)

Place Types:

inhabited place (preferred, C)	there possibly was a Roman settlement in the area; modern town probably originated as a fishing village in 13th century
city (C)	
capital (C)	nominal capital of The Netherlands, though government is located in s-Gravenhage
port (C)	

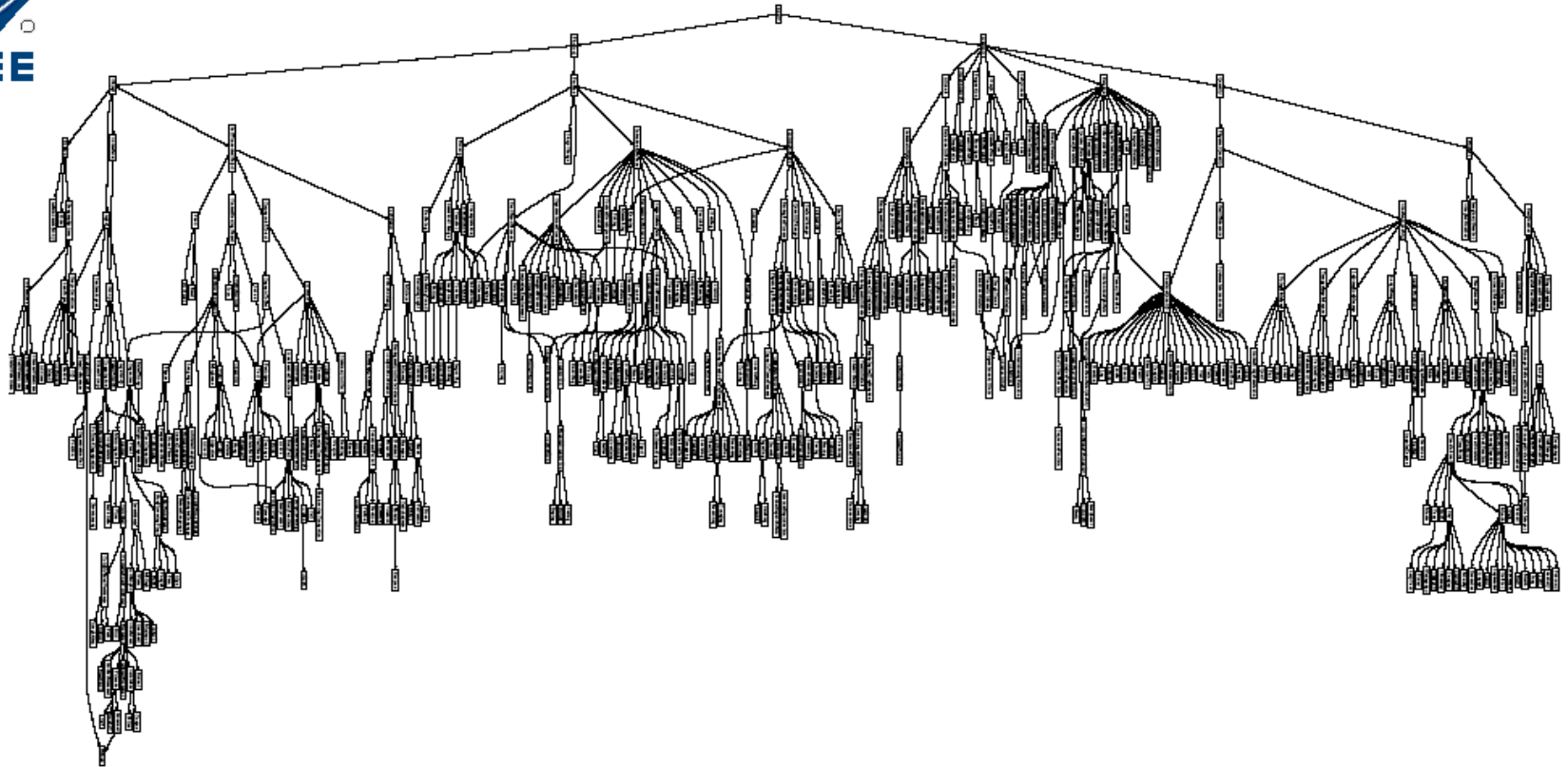
Sources and Contributors:

Amsteldamum	[VP]
Amstel-dam	Orbis Latinus (1971) 18
Amsteldam	Encyclopaedia Britannica (1988) 1:357
Amsteldamme	[VP]
Amsteldamum	Knopf Guides, Amsterdam (1993) 28
Amsteldamense oppidum	[VP]
Amsteldamum	Orbis Latinus (1971) 18
Amsteldamum	[VP]
Amsterdam	Orbis Latinus (1971) 18
Amsterdam	[BHA, GRPSC, VP]
Canby, Historic Places (1984) 1:30	
Columbia Lippincott Gazetteer (1961)	
Encyclopaedia Britannica (1988) 1:357-358	
Times Atlas of the World (1992) 12	
Webster's Geographical Dictionary (1984)	
Amsterdamum	[VP]
Amsterdamum	Orbis Latinus (1971) 18
Amsterdamum	[BHA, GRPSC, VP]
Canby, Historic Places (1984) 1:30	
Columbia Lippincott Gazetteer (1961)	
Encyclopaedia Britannica (1988) 1:357-358	
Knopf Guides, Amsterdam (1993) 28	
Orbis Latinus (1971) 18	
Phaidon Art Guide: Holland (1987) 18	
Times Atlas of the World (1992) 12	
Webster's Geographical Dictionary (1984)	
Webster's Geographical Dictionary (1988) 46	
Notes	[VP]

Done

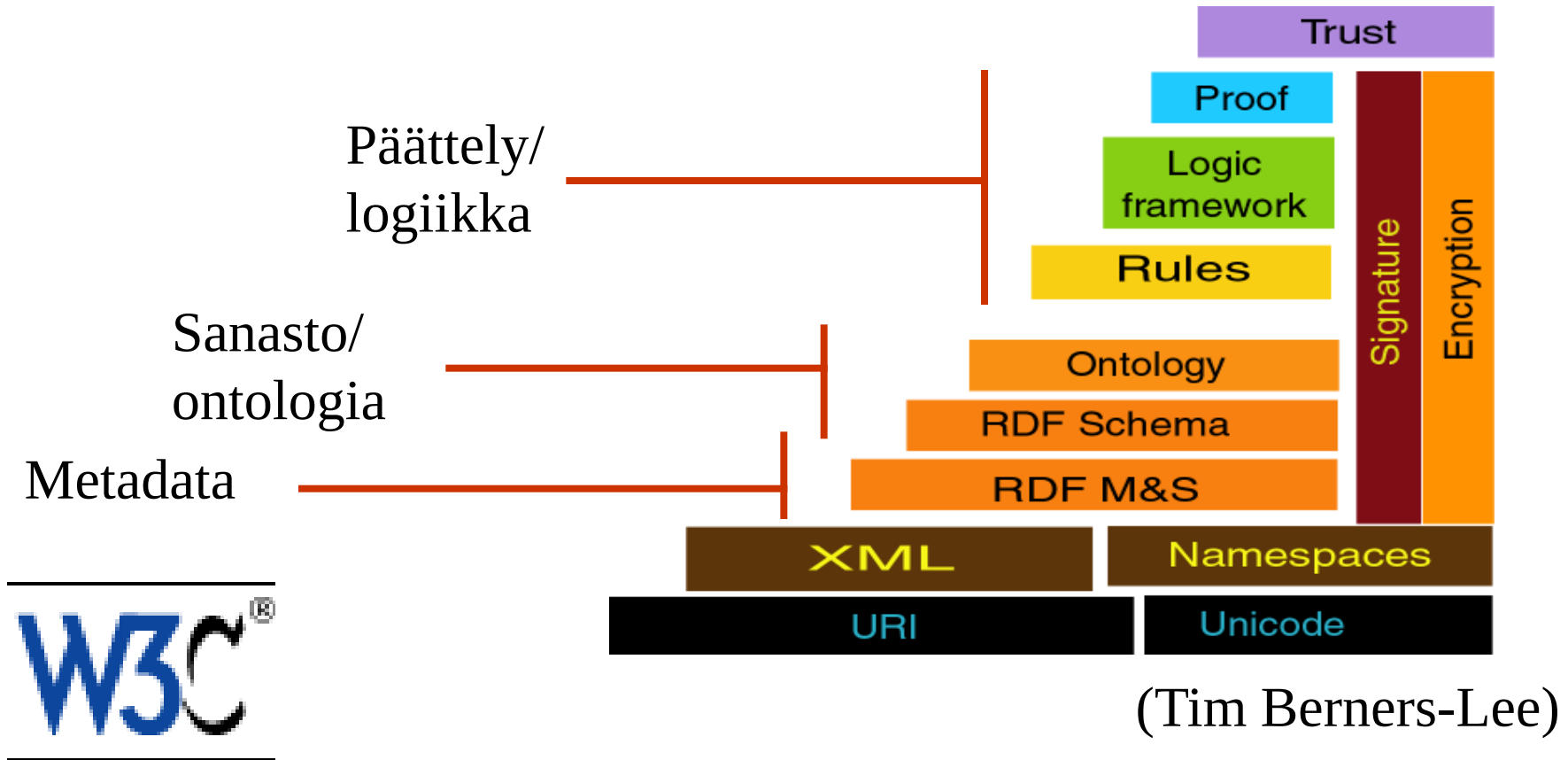
Internet 70%

An Ontology Concept Hierarchy: Standard Upper Merged Ontology SUMO



Semanttisen webin teknologiapohja

Semanttisen webin ”teknologiakakku-malli”



Metadata level

Miksi XML ei riitä semanttisen webin perustaksi?

- Jokaisen XML-kielen tulkinta joudutaan määrittelemään tapauskohtaisesti
- Kahden eri XML-kielen merkintöjen yhdistäminen on hyvin hankalaa
- Tarvitaan tiedon merkkauskieli, jonka tulkinta on
 - yhteisesti sovittu
 - sovellusalueiden rajat ylittävä
 - koneen “ymmärtämä”
- XML:n semantiikka on vain nahkakansissa, ei peltikuoressa
 - <OSOITE>
 <NIMI>Onni Ohjelmoija</NIMI>
 <PUHELIN> 123 456 </PUHELIN>
 </OSOITE>
 - <OSOITE>
 <NIMI > >Onni Ohjelmoija </NIMI>
 <PUHELIN> 123 456 </PUHELIN>
 <//OSOITE>

Semanttisen webin ratkaisumalli: RDF Resource Description Framework

- Yleinen verkkoresurssien metadatan kuvaamiskieli
- Relaatiotietomalli, *ei* syntaksi kuten XML
 - » RDF-kuvaus = suunnattu verkko
- Semantiikka määritelty logiikan avulla
- Syntaksi/serialisointi
 - » XML:n avulla (erityisesti koneille)
 - » Yksinkertaisina kolmikoina (N3, Turtle, N-triples) ihmisille
- Standardoitu ja yleisessä käytössä
 - » W3C draft 1999
 - » W3C recommendation 10.2.2004



RDF Vocabulary Description Language: RDF Schema

- RDF-kuvausten sanaston määrittely
- Olioajattelu WWW-kuvauksiin
 - » Luokat, yksilöt, ominaisuudet
 - » Käsitehierarkiat, periytyminen (Class/subClass/type)
 - » Rajoitteet ominaisuuksille (domain, range)
- RDF(S):n tulkinta määritellään **logiikan** avulla
 - » Mahdollistaa päättelyn
- W3C draft 2000, recommendation 10.2.2004

RDF(S) Example

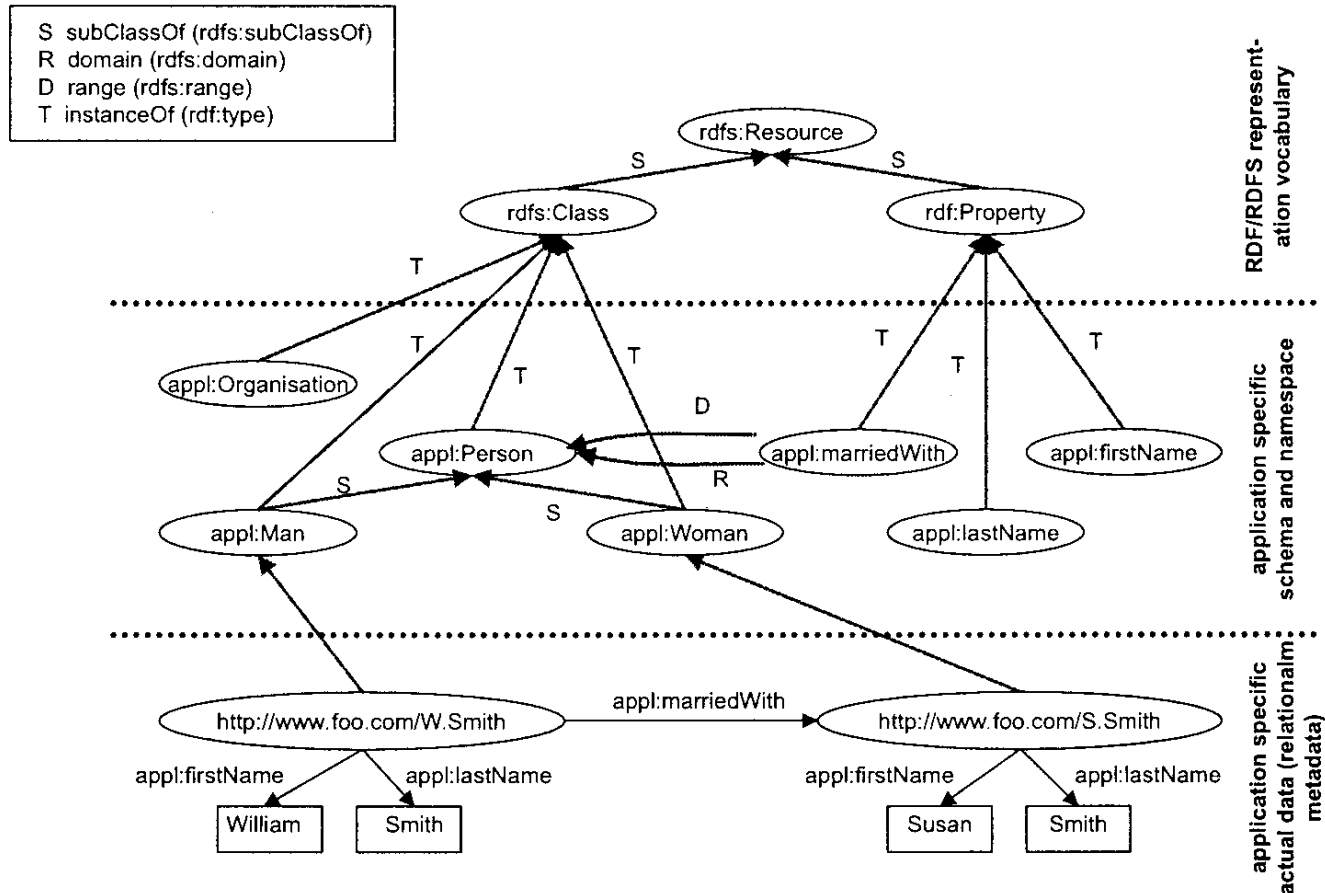


Figure 3.4. An RDF-Schema Example

(Maedche, 2002)

Metadataskeemat

- Standardoituja muotoja metadata ilmaisemiseen
 - Metadata on kokonaisuus, jolla
 - » joukko elementteja/ominaisuuksia ja
 - » näillä määrämuotoisia arvoja
- Eri sisältötyypeille tarvitaan yleensä erilaisia ominaisuuksia
 - Esimerkiksi: kirja vs. musiikkikappale vs. museoesine
- Ongelmia
 - Miten ilmaistaan elementtien arvot?
 - » Tarja Halonen vs. Halonen T.
 - » 11.9.2001 vs. Sept 11, 2001 vs. 2001/09/11
 - Mitä arvot tarkoittavat?
 - » "lasi", "nokia", "Pyhäjärvi"
 - Miten erimuotoiset skeemarakenteet voidaan yhdistää?
 - » kirjoittaja vs. valmistaja

Esimerkki: Dublin Core

- Geneerinen 15 ominaisuuden joukko eri sisällöille
 - DCMI Element Set (ISO Standard 15836)
 - » Title
 - » Creator
 - » Subject
 - » Description
 - » Publisher
 - » Contributor
 - » Data
 - » Type
 - » Format
 - » Identifier
 - » Relation
 - » Source
 - » Language
 - » Coverage
 - » Rights

- Kentille määritelty lisäksi kymmeniä tarkennettuja (qualifier/refinement) muotoja, jotka rajoittavat yhden elementin semantiikkaa
 - Esim. `accessRights < Rights`
- Dumb-down periaate
 - Tarkennettu muoto voidaan aina korvata yleisemmällä elementillä
 - » Ts. tarkenne voi vain rajoittaa elementin merkitystä
- Kenttien arvoille vakioituja koodausmuotoja
 - Vocabulary encoding scheme
 - » Sanaston termit
 - Syntax encoding scheme
 - » Esim. päiväys "2001-09-11"

- Sovellusprofiilit (Application Profile)
 - Käytettävä DC elementtien ja tarkenteiden joukko + arvojen ilmaisutavat
- Mahdolliset omat laajennukset
 - Esim. Visual Resources Association Core 4.0
 - » Uusia elementtejä kuten "measurements"
 - <http://www.vraweb.org/projects/vracore4/index.html>

Metadata Schema in HealthFinland

Table 1. HEALTHFINLAND Metadata Schema. Obligatory fields are marked in **bold**. Cardinalities are presented in the column C.

	Name	QName	C	Value type	Value range
General metadata	Identifier	dc:identifier	1	URI	
	Locator	ts:url	0..1	URL	
	Title	dc:title	1 ^a	Free text	Non-empty string.
	Abstract	dcterms:abstract	1 ^a	Free text	Non-empty string.
	Language	dc:language	1..*	String	RFC 3066
	Publication time	dcterms:issued	1	String	W3CDTF (ISO 8601)
	Acceptance time	dcterms:date Accepted	0..*	String	W3CDTF (ISO 8601)
	Modification time	dcterms:modified	0..*	String	W3CDTF (ISO 8601)
	Publisher	dc:publisher	1..*	Instance	foaf:Organization
	Creator	dc:creator	0..*	Instance	foaf:Organization, foaf:Person or foaf:Group
Content classification	Subject	dc:subject	1..*	Concept	YSO, MeSH and HPMulti Ontologies
	Audience	dcterms:audience	1..*	Concept	Audience Ontology
	Genre	ts:genre	1..*	Concept	Genre Ontology
	Presentation type	dc:type	1..*	Concept	DCMI Type vocabulary
	Format	dc:format	1	String	IANA MIME types
	Medium	dcterms:medium	1	Concept	Medium Ontology
	Spatial coverage	dcterms:spatial	0..*	String or concept	DCMI Point, DCMI Box or Location Ontology
	Temporal coverage	dcterms:temporal	0..*	String or concept	W3CDTF, DCMI Period or Time Ontology
Relations	Part of	dcterms:isPartOf	0..*	Document	URI
	Rights	dc:rights	0..*	Free text or document	URI or textual description
	Source	dc:source	0..*	Free text or document	URI (e.g., ISBN) or bibliographical reference
	Reference	dcterms:references	0..*	Free text or document	URI (e.g., ISBN) or bibliographical reference
	Translation of	ts:isTranslationOf	0..*	Document	URI
	Format of	dcterms:isFormatOf	0..*	Document	URI

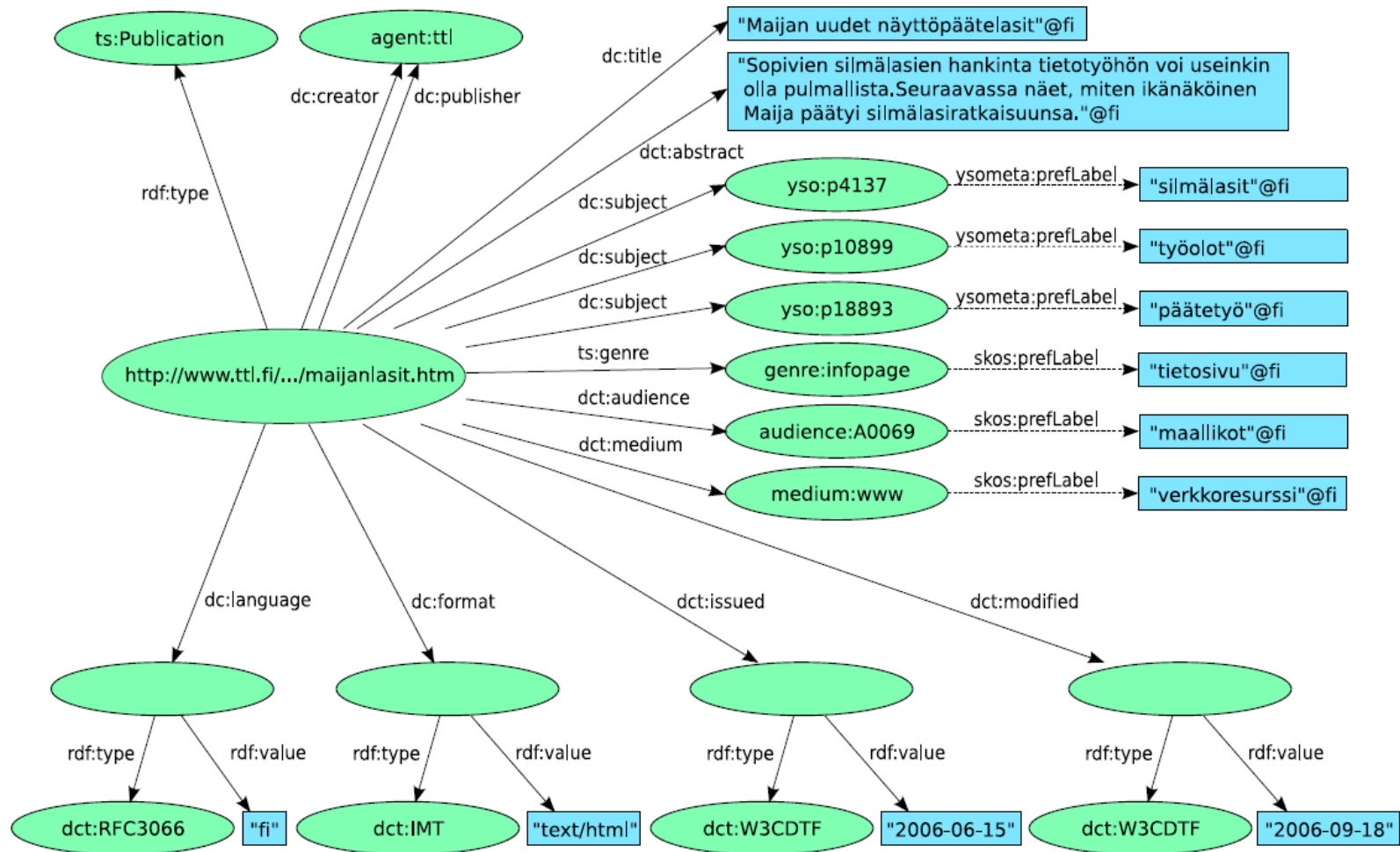
^a Multilingual values are allowed, but only one value in each language.

Maijan lasit

– pdf-dokumentti webissä



Maijan lasit: metatieto RDF-muodossa

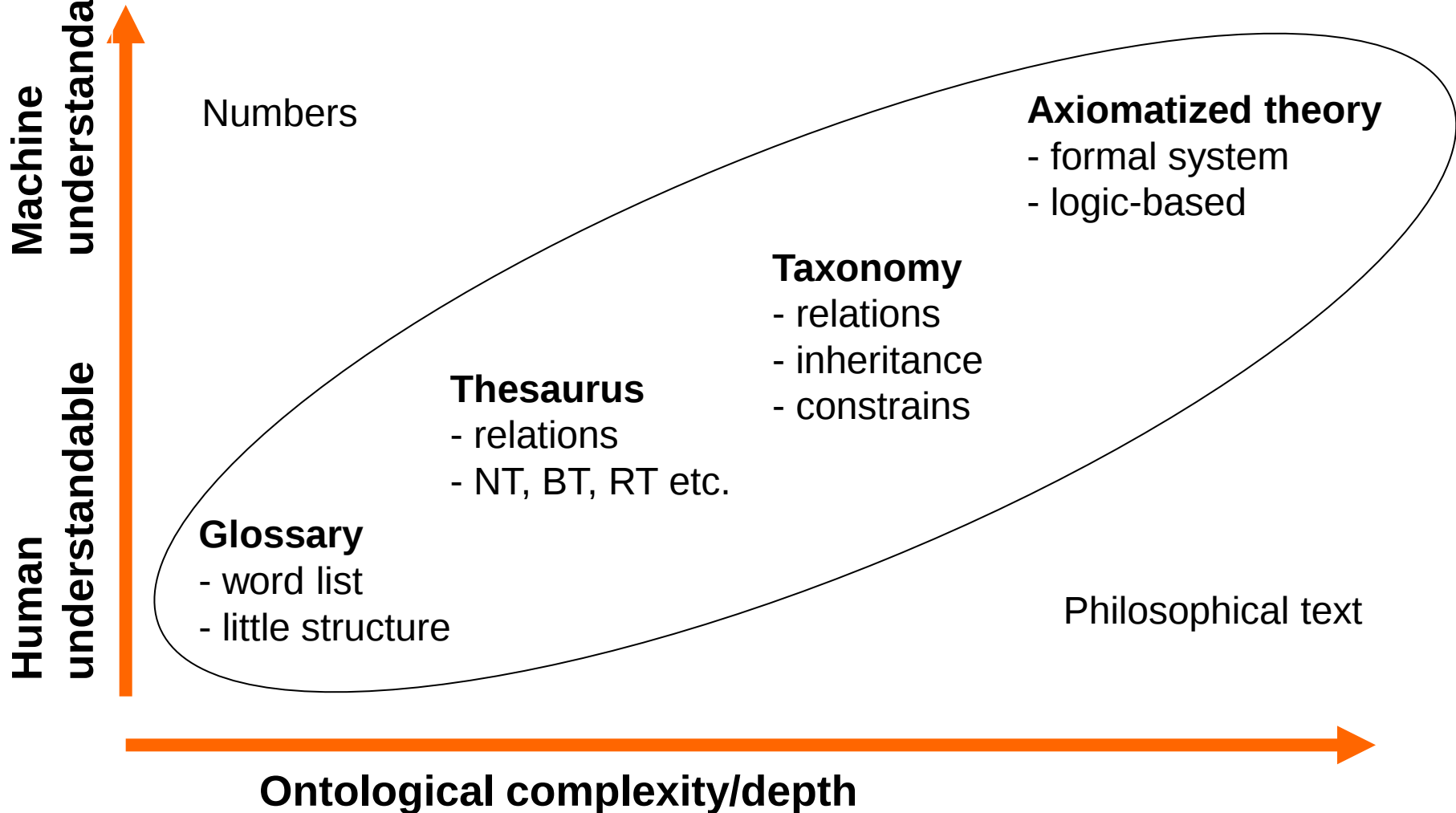


Ontology level

Ontologian käsite

- “Ontologia on formaali, eksplisiittinen määrittely yhteisestä käsitteistöstä” (Gruber, 1993)
 - » Formaali: jämpä
 - » Eksplisiittinen: konekin ymmärtää
 - » Yhteinen: kommunikaatio mahdollista
- Kuvaa sovellusmaailmassa olevat käsitteet/oliot
- Ensimmäinen edellytys sille, että ihmiset ja koneet voivat ymmärtää toisiaan

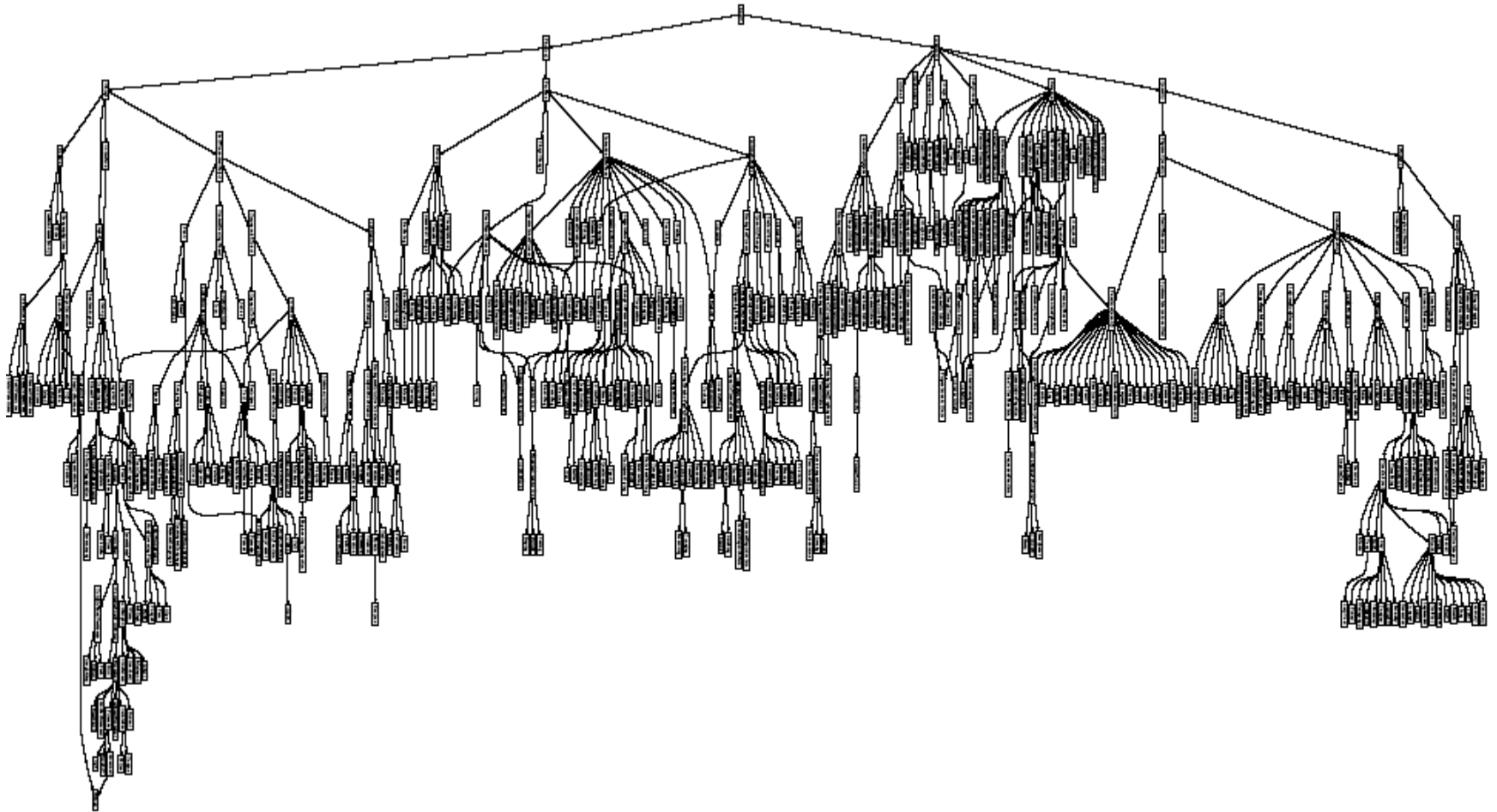
ONTOLOGY TYPES



IEEE Standard Upper Merged Ontology (SUMO)

- Goals
 - Automated reasoning support in knowledge-based applications
 - Interoperability
 - » Define new data elements using SUMO and obtain mutual interoperability
 - » Interoperability between applications using domain specific ontologies (that use SUMO)
 - » Neutral interchange format for different systems
- Application areas
 - E-commerce
 - E-learning
 - Natural language understanding tasks
 - ...

Standard Upper Merged Ontology



SUMO Principal Distinctions

- [Entity](#)
 - [Physical](#)
 - [Object](#)
 - [SelfConnectedObject](#)
 - [Substance](#)
 - [CorpuscularObject](#)
 - [Food](#)
 - [Region](#)
 - [Collection](#)
 - [Agent](#)
 - [Process](#)
 - [Abstract](#)
 - [SetOrClass](#)
 - [Relation](#)
 - [Quantity](#)
 - [Number](#)
 - [PhysicalQuantity](#)
 - [Attribute](#)
 - [Proposition](#)

SUMO Object:



University
Science

- [Object](#)
 - [SelfConnectedObject](#)
 - [Substance](#)
 - [PureSubstance](#)
 - [ElementalSubstance](#)
 - [Metal](#)
 - [Atom](#)
 - [SubatomicParticle](#)
 - [AtomicNucleus](#)
 - [Electron](#)
 - [Proton](#)
 - [Neutron](#)
 - [CompoundSubstance](#)
 - [Water](#)
 - [Molecule](#)
 - [Mixture](#)
 - [Solution](#)
 - [Mineral](#)
 - [BodySubstance](#)
 - [BiologicallyActiveSubstance](#)
 - [Nutrient](#)
 - [Hormone](#)
 - [CorpuscularObject](#)
 - [OrganicObject](#)
 - [Organism](#)
 - [AnatomicalStructure](#)
 - [Artifact](#)
 - [ContentBearingObject](#)
 - [Food](#)
 - [Region](#)
 - [GeographicArea](#)
 - [AstronomicalBody](#)
 - [Hole](#)
 - [Collection](#)
 - [Group](#)
 - [GroupOfPeople](#)
 - [Organization](#)
 - [Agent](#)
 - [Organism](#)
 - [Group](#)
 - [GeopoliticalAgent](#)
 - [SentientAgent](#)

Cyc ontology

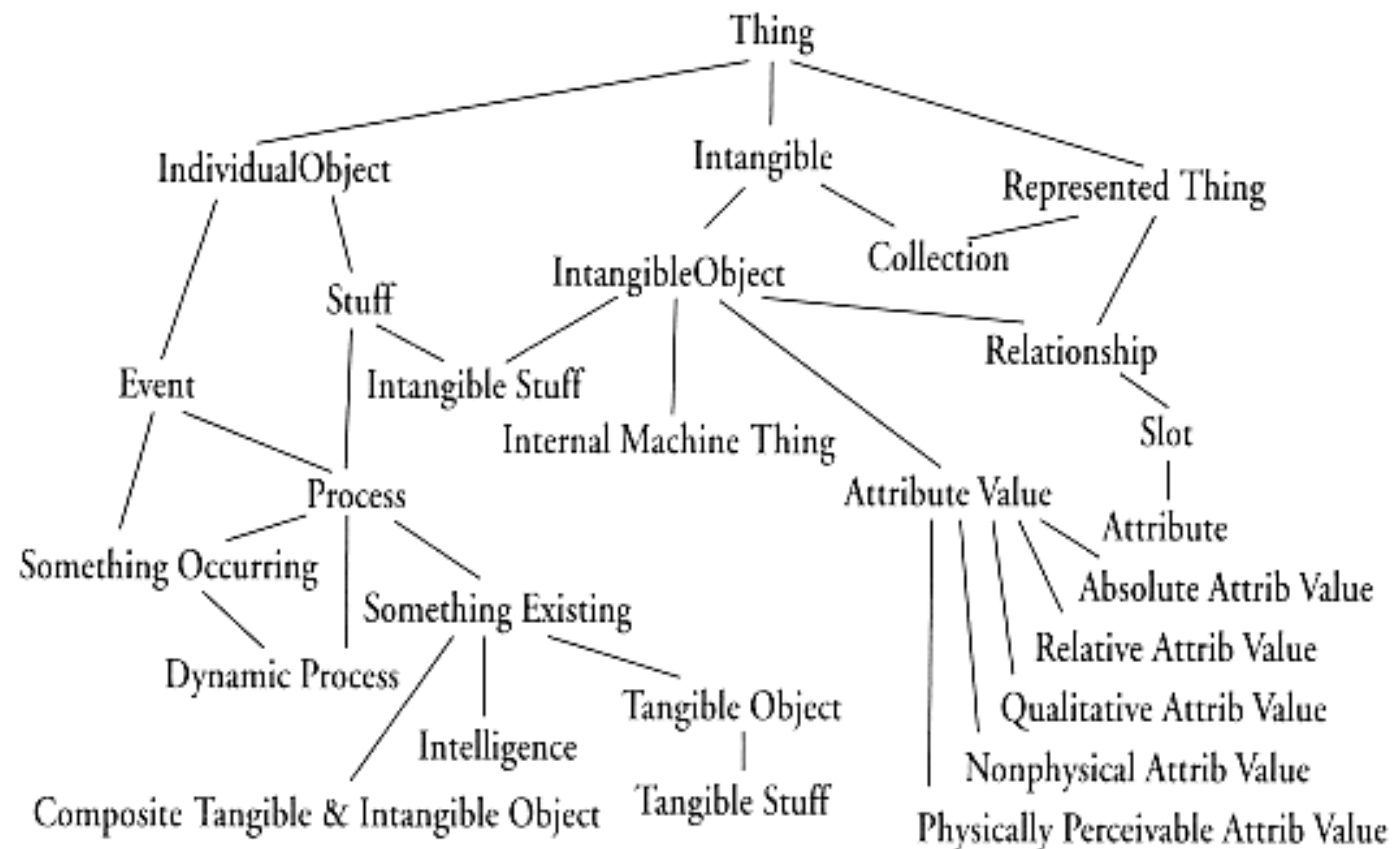
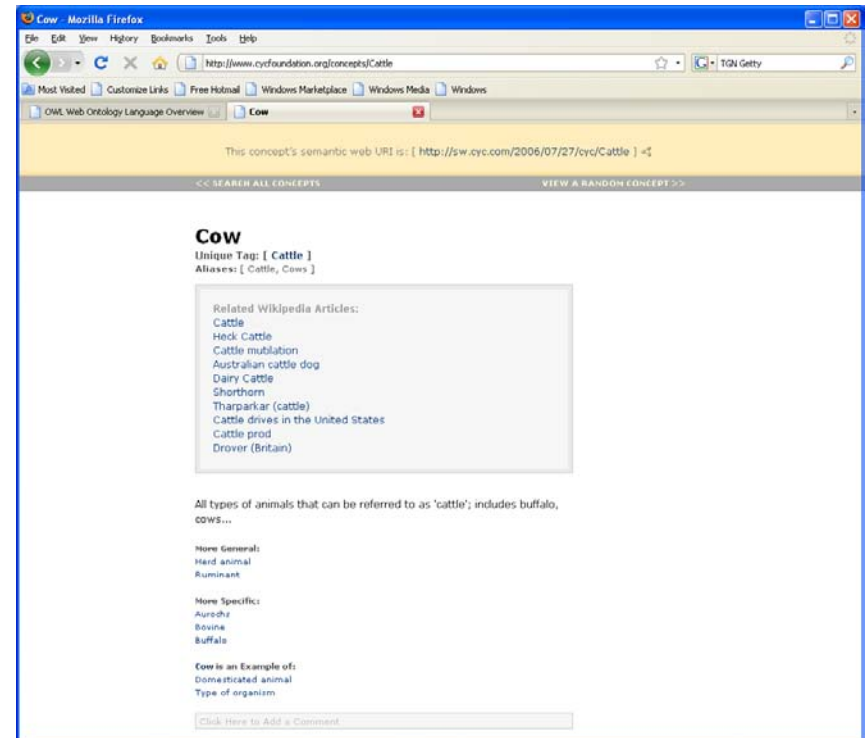


FIGURE 2.2 Top-level categories in an early version of the Cyc ontology

OpenCyc

- Nx100,000 concepts
- Nx1,000,000 assertions
- Connected with Linked Data
- Available for download





AAT Hierarchy Display

[← back to previous page](#)

[VIEW CHECKED RECORD\(S\)](#)

[CLEAR ALL](#)

[HELP](#)

Click icons () to view the hierarchy. Check boxes to view multiple records at once.

- ☐ → [Top of the AAT hierarchies](#)
- ☐ [..... Associated Concepts Facet](#)
- ☐ [..... Associated Concepts](#)
- ☐ [..... Physical Attributes Facet](#)
- ☐ [..... Attributes and Properties](#)
- ☐ [..... Conditions and Effects](#)
- ☐ [..... Design Elements](#)
- ☐ [..... Color](#)
- ☐ [..... Styles and Periods Facet](#)
- ☐ [..... Styles and Periods](#)
- ☐ [..... Agents Facet](#)
- ☐ [..... People](#)
- ☐ [..... Organizations](#)
- ☐ [..... Activities Facet](#)
- ☐ [..... Disciplines](#)
- ☐ [..... Functions](#)
- ☐ [..... Events](#)
- ☐ [..... Physical and Mental Activities](#)
- ☐ [..... Processes and Techniques](#)
- ☐ [..... Materials Facet](#)
- ☐ [..... Materials](#)
- ☐ [..... Objects Facet](#)
- ☐ [..... Object Groupings and Systems](#)
- ☐ [..... Object Genres](#)
- ☐ [..... Components](#)
- ☐ [..... Built Environment](#)
- ☐ [..... Furnishings and Equipment](#)
- ☐ [..... Visual and Verbal Communication](#)

[← Back to top](#)

[NEW SEARCH](#)

[NEW SEARCH](#)

AAT Art & Architecture Thesaurus
- Paul Getty -säätiön thesaurus
- 7 pääluokkaa, 125 000 käsitettä

MAO

abstraktit käsitteet

toimijat

tapahtumat

materiaalit ja aineet

esineet

arkisto- ja kirjastoaineisto

organismit

ympäristöt

Universal List of Artist Names ULAN on ONKI People Server

- 120,000 instances
- 293,000 names

Index (+term:napoleon*) - Windows Internet Explorer

http://wrk-4.seco.hut.fi:8080/onkiolmija/main.htm?term=napoleon

Google G Go + Mail Bookmarks 22 blocked Check AutoLink AutoFill Send to Settings

Download Submis... PostGIS : Home ONKI-Browser : ... W Endurantism - Wi... http://www.seco... Index (+term... X

Actor Ontology

Search

nationality

- American 2
- Belgian 1
- Brazilian 1
- Canadian 2
- Corsican 1
- French 7
- German 2
- Italian 11
- Romanian 1
- Scandinavian 1
- SouthAmerican 1
- Swedish 1
- more...

role

- Architect 2
- Artist 21
- Cardinal 1
- Collector 1
- DecorativeArtist 1
- Draftsman 3
- Emperor 1
- FigurePainter 1
- HistoryPainter 1
- Illustrator 1
- Landscapist 2
- Lithographer 1
- more...

type

- Person 27

filters [click to remove]:
napoleon

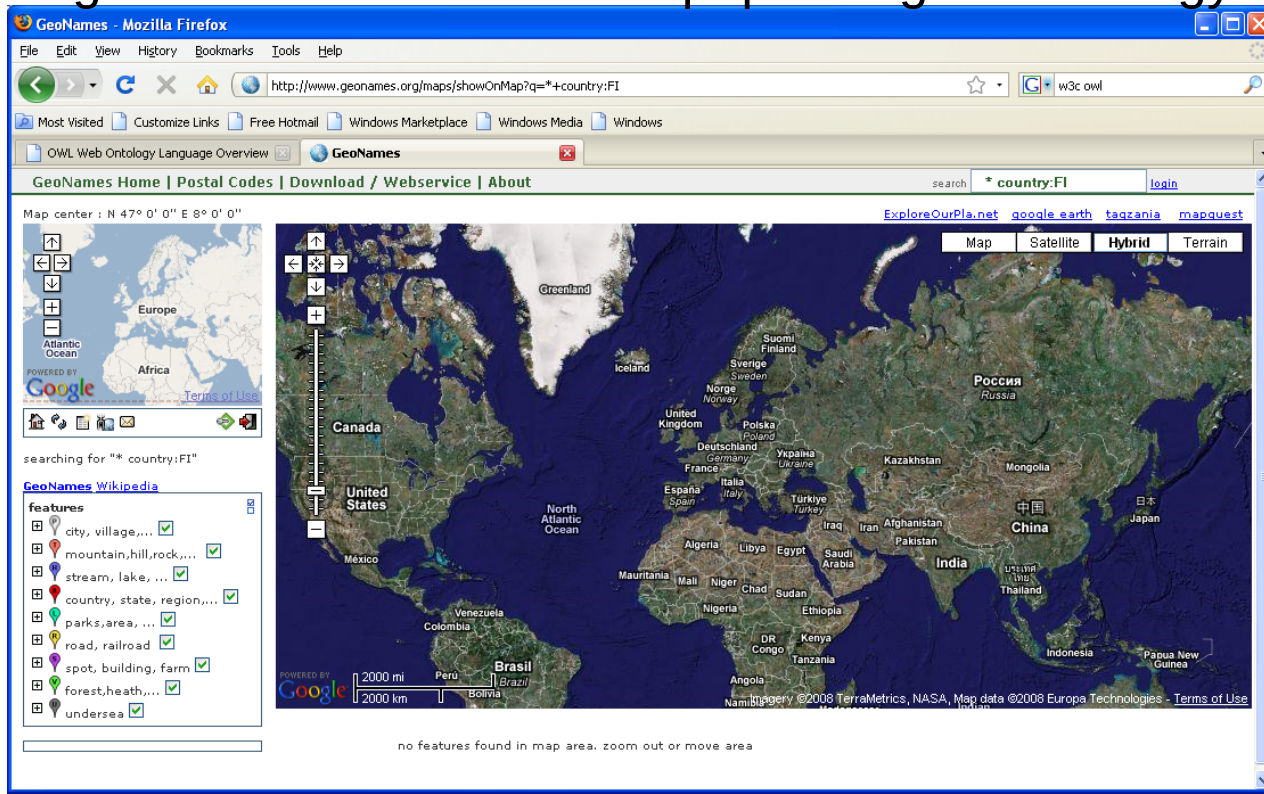
Results (27)

- Angiolini, Napoleone (Italian painter, 1797-1864)
- Bellardel, Napoleon Joseph (French artist, active 19th century)
- Bonaparte (French artist, 1811-1832)
- Bonaparte, Roland-Napoleon (French photographer, 1858-1924)
- Bourassa, Napoléon (Canadian painter, architect, and sculptor, 1827-1916)
- Cocchetti, Napoleone (Italian painter, born ca. 1850)
- Cocchetti, Napoléon (Italian painter, born ca. 1880)
- Delaunoy, Alfred (Belgian painter 1876-1941)
- Eugen (Swedish painter and printmaker, 1865-1947)
- Fiumi, Napoleone G. (Italian artist, born 1898)
- Gimbrede, Joseph Napoleon (American engraver, born 1820, active 1841-1860)
- Heigel, Franz Napoleon (German portraitist, 1813-1888)
- Le Brun, Napoleon (American architect, 1821-1901)
- Lepic, Ludovic (French painter, 1839-1889)
- Maillart, Diogene Ulyssee Napoleon (French artist, 1840-1926)
- Martinuzzi, Napoleone (Italian sculptor, 1892-1977)
- Nani, Napoleone (Italian painter, 1841-1899)
- Napoleon I, Emperor of the French (French ruler, patron, and collector, 1769-1821)
- Neureuther, Eugen Napoleon (German lithographer, illustrator, and painter, 1806-1882)
- Orsini, Napoleone (Italian patron and cardinal, ca. 1263-1342)
- Parisani, Napoleone (Italian painter, 1854-after 1884)
- Poty (Brazilian engraver, born 1924)
- Primoli, Giuseppe (Italian photographer, 1851-1927)
- Sarony, Napoleon (Canadian photographer, 1821-1896, active in Great Britain)

Geonames

<http://www.geonames.org>

- Classes: 9 feature classes, 645 feature codes
- Instances:
 - 8 million geographical names, 6.5 million unique features, 2.2 million populated places, 1.8 million alternate names
 - Registries and Wiki used for populating the ontology



TGN Thesaurus of Geographical Names

- 912,000 records
- 1.1 million names, place types, coordinates, and descriptive notes
- Places important for the study of art and architecture

The screenshot shows a web browser window titled "TGN Full Record Display, English (Getty Research) - Mozilla Firefox". The address bar shows the URL: <http://www.getty.edu/vow/TGNFullDisplay?find=helsinki&place=&nation=>. The page content includes a "Research" header with a compass icon, a breadcrumb trail "Research Home > Conducting Research > Thesaurus of Geographic Names > Full Record Display", and the title "Getty Thesaurus of Geographic Names® Online Full Record Display". There are links for "New Search", "Previous Page", and "Help". Below this, there are links for "Vernacular Display" and "English Display". A note says "Click the icon to view the hierarchy." The main record is for "Helsinki (inhabited place)" with ID: 7009880 and Record Type: administrative. It provides coordinates: Lat: 60 08 00 N degrees minutes, Lat: 60.1333 decimal degrees, Long: 025 00 00 E degrees minutes, Long: 25.0000 decimal degrees. A note states: "Note: Located on peninsula in Gulf of Finland; founded by King Gustav Vasa of Sweden in the 16th century to compete with Reval (Tallinn), Estonia across the gulf; ravaged by plague in 1710, and fires in 1710 and 1808; prospered after being strongly fortified in 1748." The "Names" section lists "Helsinki (preferred, C, V, N)" and "Helsingfors (C, V, N)". The "Hierarchical Position" section shows a tree structure: World (facet) > Europe (continent) > Finland (nation) > Etelä-Suomen Lääni (province) > Helsinki (inhabited place). The "Place Types" section lists "inhabited place (preferred, C)" with a note "founded in 1550 on the Vantaa estuary, moved to present site S of the estuary in 1640", and other types: city (C), national capital (C), port (C), and provincial capital (H) with a note "of the former province of Uusimaa until 1998". The "Sources and Contributors" section lists various sources: Helsingfors [BHA, VP], Times Atlas of the World (1994) 83, Helsinki [BHA, FDA, GRPSC, VP], Canby, Historic Places (1984) II, 385, Columbia Lippincott Gazetteer (1961), Encyclopaedia Britannica (1988) V, 820, Times Atlas of the World (1994) 83, USBGN Bulletin 16 (1998) 3, and Webster's Geographical Dictionary (1984).

Finnish Ontologies: ONKI

<http://www.onki.fi/>

Finnish Ontology Library Service ONKI - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

http://www.yso.fi/

Most Visited Customize Links Free Hotmail Windows Marketplace Windows Media Windows

OWL Web Ontology Language Overview Finnish Ontology Library Service ... Kulttuurisampo - Armfeltin kokoelma (K...

ONKI Ontologies | Wiki | Sign Up | Upload | Feedback&Suggestions | About ONKI National Finnish Ontology Service ONKI

In English | [suomeksi](#)

Finnish Ontology Library Service ONKI

ONKI ontology library service contains ontologies (including vocabularies and thesauri) used in Finnish on a national level, and services for creating, publishing, and using them cost-efficiently. Ontologies are conceptual models, that identifies the concepts of a domain and contain machine "understandable" descriptions of the relations between the concepts. Ontologies can be used e.g. for describing content in a more specific and consistent way, which makes it possible to create more intelligent applications, such as [MuseumFinland](#), [HealthFinland](#) and [CultureSampo](#), based on such precise knowledge. [» read more](#)

Published [Development](#) [Your ONKI](#)

The following ontologies (and vocabularies) are published and ready to use in your applications. We especially recommend using the ONKI Widget for adding ontological functionalities to your indexing and other systems. [» read more](#)

Shortcuts: [Upper ontologies](#), [Domain ontologies](#), [Instance ontologies](#), [Vocabularies](#)

Upper ontologies

KOKO Ontology [ONKI Browser](#) [ONKI Selector](#) [ONKI Web Service](#) [Feedback](#)

KOKO on kokoelma suomalaisia ydinontologioita, jotka on liitetty peilauksilla toisiinsa. Näitä ovat ensivaiheessa eri alojen yleiskäsitteitä sisältävä Yleinen suomalainen ontologia YSO ja joukko sitä laajentavia ja tarkentavia erityisalojen ontologioita.

Documentation: [Wiki](#). Languages: Finnish, English, Swedish. Issued: 12.9.2008. Status: Alpha version

 ONKI ONTOLOGY SERVICE

is provided by:



Semantic Computing
Research Group

```
class-def animal
class-def plant
    subclass-of NOT animal
class-def tree
    subclass-of plant
class-def branch
    slot-constraint is-part-of has-value tree
class-def leaf
    slot-constraint is-part-of has-value branch
class-def defined carnivore
    subclass-of animal
    slot-constraint eats value-type animal
class-def defined herbivore
    subclass-of animal
    slot-constraint eats
        value-type plant OR (slot-constraint is-part-of has-value plant)
class-def herbivore
    subclass-of NOT carnivore
class-def giraffe
    subclass-of animal
    slot-constraint eats
        value-type leaf
class-def lion
    subclass-of animal
    slot-constraint eats value-type herbivore
class-def tasty-plant
    subclass-of plant
    slot-constraint eaten-by has-value herbivore, carnivore
```

EXAMPLE OF AN OIL ONTOLOGY

OWL Web Ontology Language

- W3C Recommendation 2004
 - Next level above RDF(S)
- Based on formal (description) logic
 - Inference, consistency
 - Subsumption: find objects satisfying a description
 - Subset of predicate logic
 - » Optimized for subsumption relation & decidability
- Human-friendly tools being developed
 - RDF(S) is produced by the machine
- Based on
 - USA: DAML
 - EU: OIL

Why OWL?

- Terminology logics for defining ontologies
- Usage
 - Design phase
 - » Check consistency
 - » Derive subsumption hierarchy
 - Data integration
 - » Detect inconsistencies and unintended relations
 - Deployment
 - » Term expansion and inference, e.g. in information retrieval
 - » Using descriptions in applications
- Generic tools for cross-domain applications
 - E.g. Protégé OWL Plugin
- Open standard
- W3C Recommendation

OWL example: Lion

```
<owl:Class rdf:ID="lion">  
  <rdfs:comment>Lions are animals that eat  
  only herbivores.</rdfs:comment>  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#carnivore"/>  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#eats"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#herbivore"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

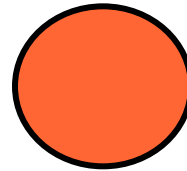
WHAT IS NEW?

PROGRAMMING

Object-oriented
modeling

ARTIFICIAL
INTELLIGENCE

Description logic
semantics



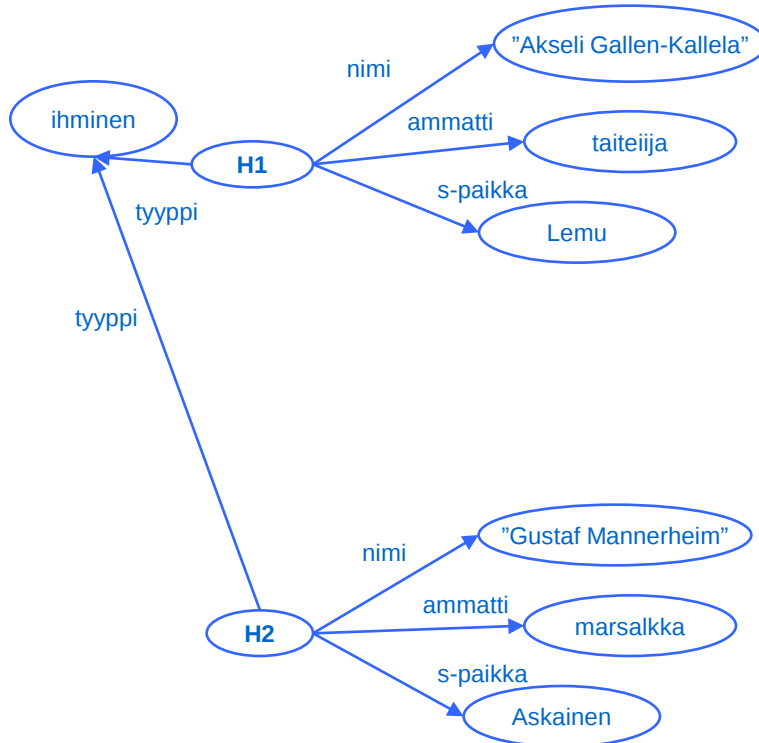
XML-syntax,
e.g., RDF(S)

WWW-TECHNOLOGIES

Metadata + Ontologiat = Linked Data (Web of Data)

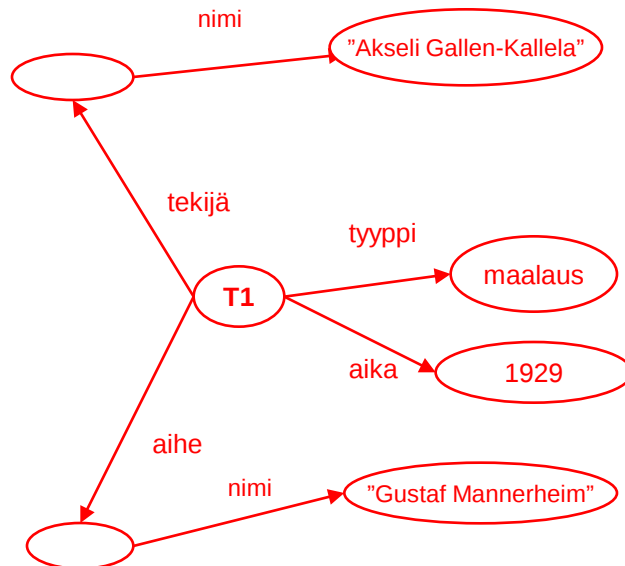
Biografiakeskus ja kirjastot keräävät henkilöhistoriaa

henkilö	nimi	ammatti	syntymapaikka	...
H1	Akseli Gallen-Kallela	taiteilija	Lemu	
H2	Gustaf Mannerheim	marsalkka	Askainen	
...				



Museo luettelo maalauksia

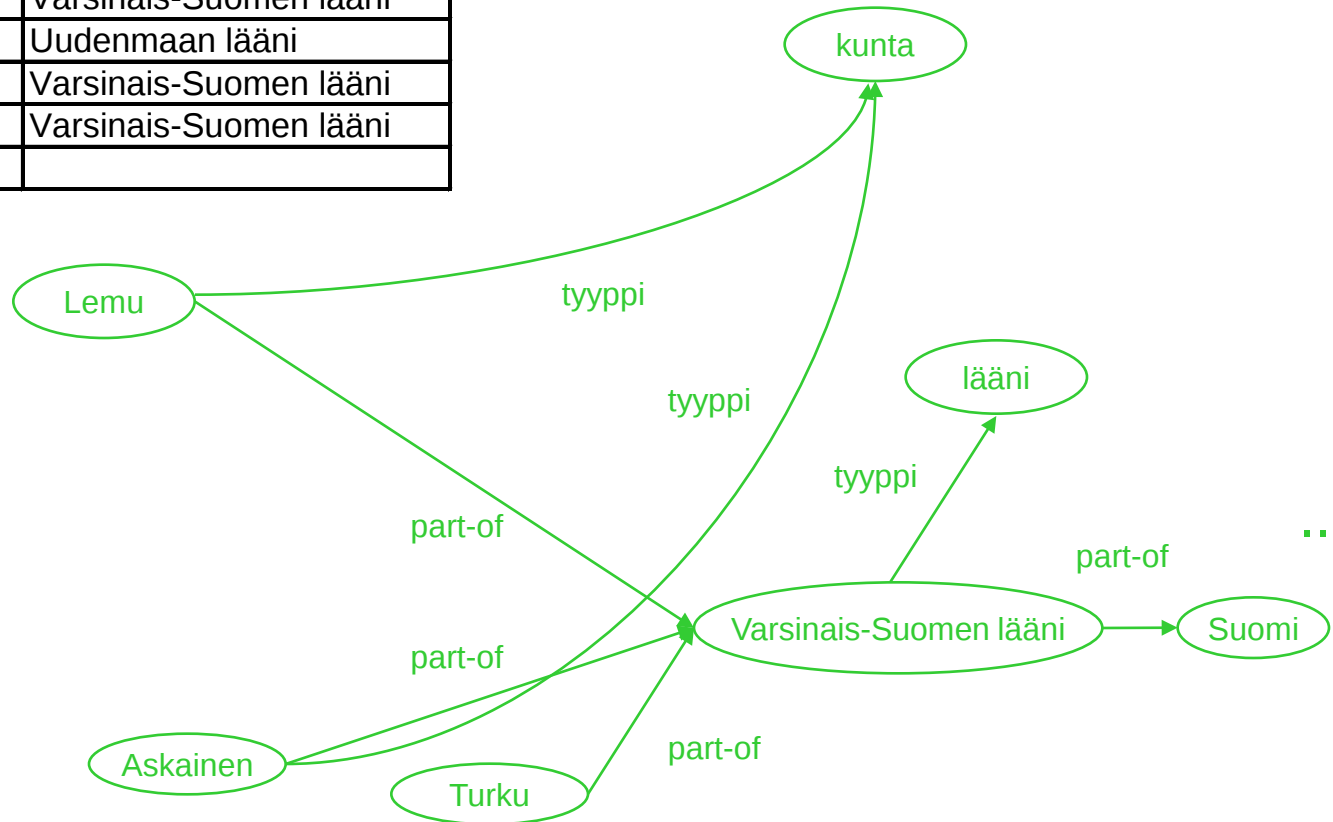
teos	nimi	tekijä	aika	aihe	...
T1	Mannerheimin muotokuva	Akseli Gallen-Kallela	1929	Gustaf Mannerheim	
T2	Aino-triptyykki	Akseli Gallen-Kallela	1891	Aino, Kalevala	
...					



...

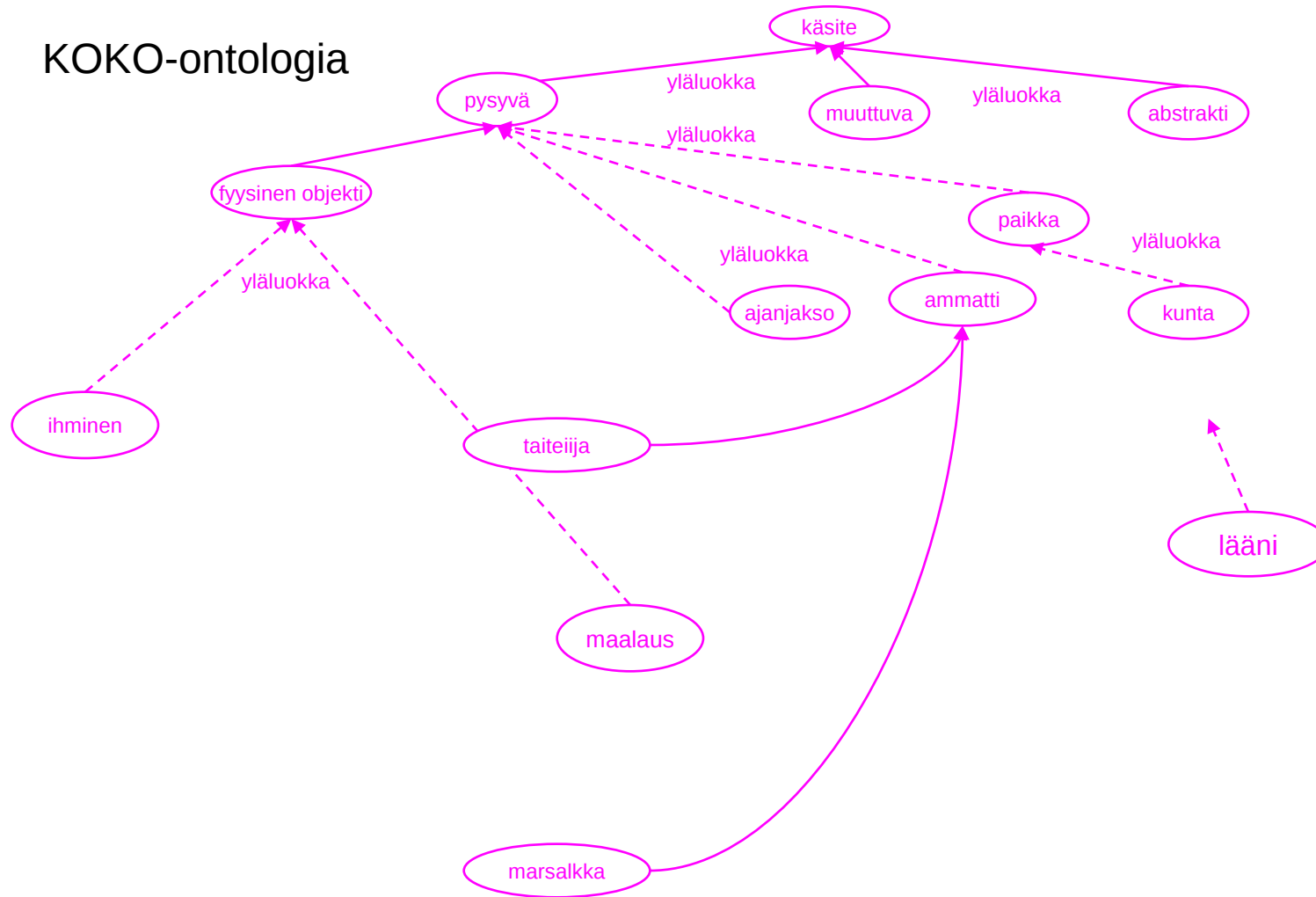
Maanmittauslaitos ylläpitää paikkarekistereitä

kunta	lääni
Askainen	Varsinais-Suomen lääni
Helsinki	Uudenmaan lääni
Lemu	Varsinais-Suomen lääni
Turku	Varsinais-Suomen lääni
...	

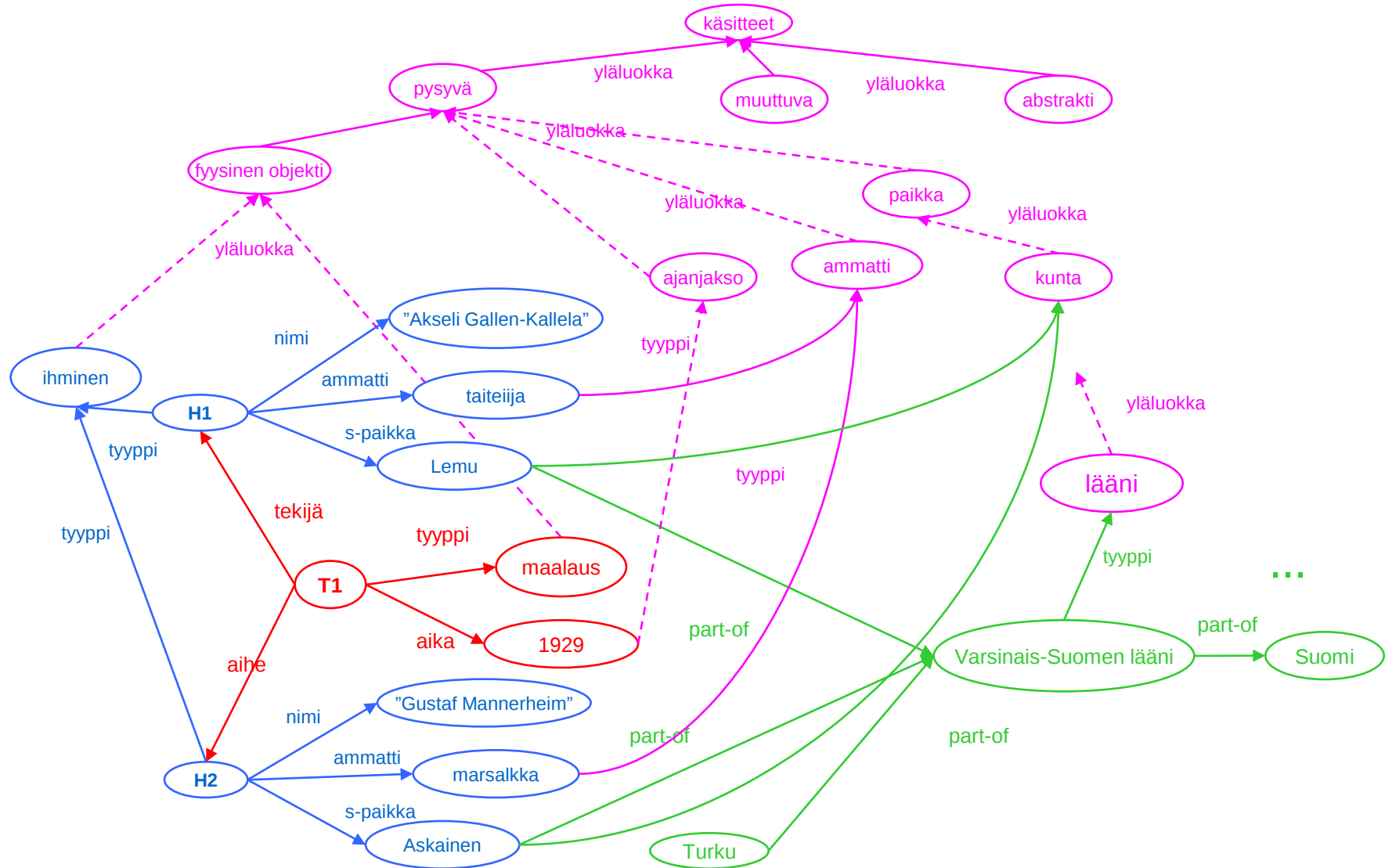


FinnONTO kehittää ontologioita

KOKO-ontologia



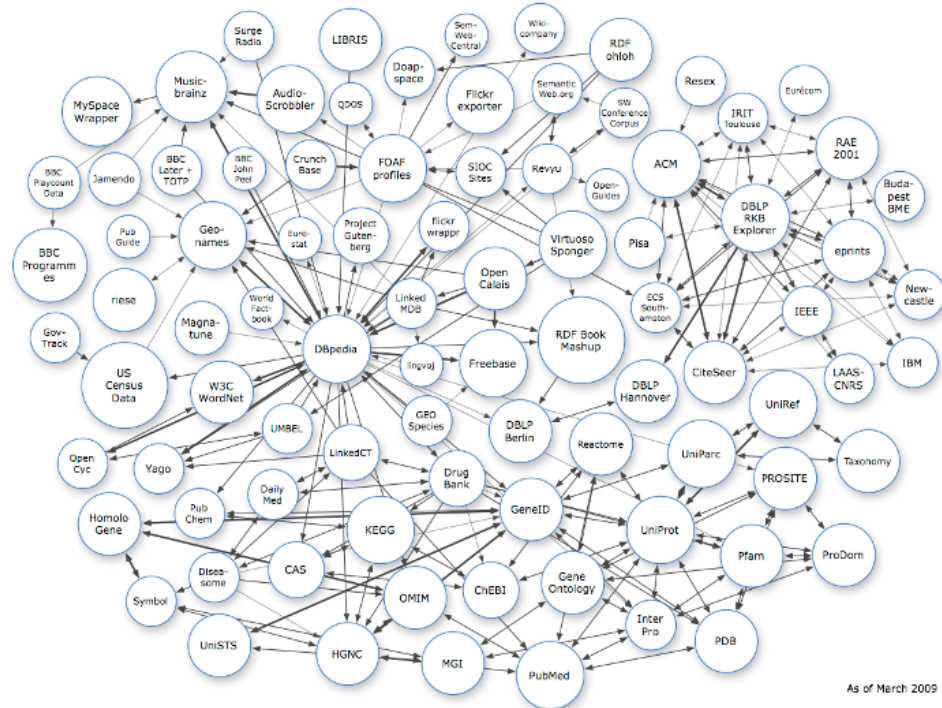
Semanttinen RDF-verkko yhdistää kaiken: Web of Data



Linked Data – Web of Data

- Hajautetun työn hyödyntäminen
- Laajojen ja monialaisten sisältöjen koostaminen
- Linked Open Data –ajattelu
- Semanttiset portaalit

<http://linkeddata.org>



As of March 2009

Rule level

Sääntöjen idea

- RDF/OWL-semantiikka perustuu logiikkaan
- Logiikan idea: ”uutta” tietoa voidaan johtaa vanhasta pääättelemällä

SUMO Knowledge Representation

- Developed in KIF (Knowledge Interchange Format)
 - A version of first order predicate logic
 - Other versions exist (e.g. OWL)
- Size
 - 1006 terms
 - 4142 axioms
 - 814 rules

subclass is transitive and **instance** is transitive through **subclass**.

```
(=>
  (and
    (instance ?X ?Y)
    (subclass ?Y ?Z))
  (instance ?X ?Z))

(=>
  (and
    (subclass ?X ?Y)
    (subclass ?Y ?Z))
  (subclass ?X ?Z))
```

Rule Markup Language RuleML

- Standardized XML notation for rules

$\text{hasParent}(?x1, ?x2) \wedge \text{hasBrother}(?x2, ?x3) \Rightarrow \text{hasUncle}(?x1, ?x3)$

```
<ruleml:imp>
  <ruleml:_rlab ruleml:href="#example1"/>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="hasParent">
      <ruleml:var>x1</ruleml:var>
      <ruleml:var>x2</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="hasBrother">
      <ruleml:var>x2</ruleml:var>
      <ruleml:var>x3</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
  </ruleml:_body>
  <ruleml:_head>
    <swrlx:individualPropertyAtom swrlx:property="hasUncle">
      <ruleml:var>x1</ruleml:var>
      <ruleml:var>x3</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
  </ruleml:_head>
</ruleml:imp>
```

Sovellusesimerkki: MuseoSuomi.fi suosittelee

- Päättelysäännöt kertovat koneelle maailmasta
 - Esim. että ”ylioppilaslakit” liittyvät ”juhliin”
 - Esim. että asia liittyvät toisiinsa jos niiden yläkäsitteet liittyvät toisiinsa
 - jne.
- Kone voi metadata+ontologia-verkon avulla
 - päätellä kiinnostavia uusia yhteyksiä museokokoelmien esineiden välille ja
 - tarjota ne loppukäyttäjälle suosittelulinkkeinä

Application Example

MuseoSuomi - Windows Internet Explorer

http://www.museosuomi.fi/item?l=fi&m=0&sb=http%3A%2F%2Fwww.cs.helsinki.fi%2Fgroup%2Fseco%2Fns%2F2004%2F03%2F18-esinekortti%23La Semantic Web Rule Language SWRL

MuseoSuomi

http://www.cs.man.ac.uk/~...

MuseoSuomi
- Suomen museot semanttisessa webissä -

UNIVERSITY OF HELSINKI

Uusi haku | Takaisin hakusivulle | Ohjeet | Tietoa ohjelmasta | MuseoSuomi-palaute | English Tutorial | About MuseumFinland

(<) Kohteet (4132) (>)
(<) Pullonsuojus, 2 kpl:istuva koira (> Ripustin:henkari, 'Finn Lassie')

Pullonsuojus, 2 kpl:istuva koira



Materiaali: viinapullo: lasi, pulonsuojus: lanka
Valmistaja: Karhulan lasitehdas, Tapio Wirkkala
Valmistusaika: 1962, 1970-l. n.
Valmistustekniikka: viinapullo: tehdasvalmisteinen, pulonsuojus: käsityötä
Käyttäjä: Eero Kallio
Käyttöpaikka: Etelä-Suomen lääni, Suomi
Asiasana: ALKOHOLIJUOMAT, ELÄINHAHMOT, KORISTE-ESINEET
Mitat: pullon pohjan halkaisija 6,5cm, korkeus 22,5cm, pulonsuojuksen korkeus 29,0cm
Museokokoelma: LAHDEN HISTORIALLINEN MUSEO
Vastuumuseo: LAHDEN KAUPUNGINMUSEO
Asiasanasto: Lahden kaupunginmuseon sanasto
Esineen numero: LKMLHMLHMES:95073:154
ID: 95073154

Viinapullo: Alkon Koskenkorvapullo. Lieriömäinen, loivat hartiat. Korkki ja etiketti puuttuvat. Pulonsuojus: istuvan koiran muotoinen pulonsuojus. Muodostuu kahdesta osasta: koiran vartalosta ja päästä. Koiran vartaloon on ommeltu viisi lankatupsua (jalat ja häntä), ylhäällä lankakiristys. Koiran pää on virkattu talouspaperirullasta leikatun lieriön ympärille. Kasvoissa mustat napit silminä, erillinen pieni kuono ja kolme lankatupsua (posket ja pääläällä oleva otsatukka).

Esinetyyppi:

- [pukineet ja tekstiilit](#) (1803) > [tekstiilit](#) (338) > [sisustus- ja kodintekstiilit](#) (26) > [suojatekstiilit](#) (24) > [irtopäälliset](#) (8)

Materiaali:

- [materiaalit](#) (3777) > [tekstiilimateriaalit](#) (691) > [lanka](#) (191)
- [materiaalit](#) (3777) > [muut materiaalit](#) (611) > [lasi](#) (193)

Valmistaja:

- [yrietykset](#) (1247) > [Karhulan lasitehdas](#) (3)
- [henkilöt](#) (867) > [mies](#) (413) > [Tapio Wirkkala](#) (5)

Valmistusaika:

Sama käyttäjä

Eero Kallio:

- [Keräilykortti, 14 kpl:tuotemainoskortti, erilaisia](#)
- [Kulho, 4 kpl:jalkiruokakulho](#)
- [Paahine, miehen turkislakki, 'suikka'](#)
- [Taskuliina, miehen taskuliinan korvike](#)
- [Jalkineet, miehen koripallokengät](#)

Samaan aiheeseen liittyviä esineitä

alkoholijuoma:

- [kanisteri taskumatti](#)
- [kanisteri taskumatti](#)
- [kanisteri taskumatti](#)
- [viinipullo lasipullo](#)
- [pullo lasipullo](#)

eläimet:

- [kuvakirja kuvakirja, kangasta](#)
- [helistin purulelu](#)
- [muovikarhu vinkuva karhulelu](#)
- [säätölipas vanerilipas](#)
- [maljapuuvati](#)

koriste-esineet:

- [huoneentaulu mietelausetaulu](#)
- [lyhty öljylamppu](#)
- [kannu koristekannu](#)
- [kynttilänjalka](#)
- [maljakko maljakko](#)

Sama materiaali

lanka:

- [neuletakki naisen neuletakki](#)
- [taulu kehystetty kirjontatö](#)

Semanttisen webin sovellusalueita

- Yhteentoimivuus (interoperability)
- Informaation haku (information retrieval)
- Suosittelujärjestelmät (recommender systems)
- Tietämyksen hallinta (knowledge management)
- Sähköinen liiketoiminta ja web services
- Profilointi ja kustomointi
- ...

What is the Semantic Web?

- **Content perspective:** A new metadata layer on the web describing its contents in terms of shared vocabularies, i.e. ontologies
 - » Web as a global database system
 - » Web of Pages vs. Web of Data
- **Application perspective:** Machine understandable web
 - » The meaning (semantics) of contents accessible to machines
 - » Enables human usage
 - Intelligent web services
 - Semantic interoperability
- **Technological perspective:**
Next layers above XML
 - » W3C standards:
RDF, OWL etc.

