



# Σημασιολογικός Ιστός

## RDF(S)

## OWL

## Οντολογίες



# Ο Παγκόσμιος Ιστός

- Εφαρμογή του Internet
- Δημοσίευση εγγράφων και υπερσύνδεσμοι
- Δυναμικό περιεχόμενο
- Αναζήτηση πληροφοριών
- Κατανοητός μόνο από ανθρώπους (έμφαση στην παρουσίαση της πληροφορίας)
- Αναζήτηση πληροφορίας σε συντακτικό επίπεδο
- Ακόμα και η δόμησή του περιεχομένου (π.χ. XML) δεν βελτιώνει την αυτοματοποιημένη επεξεργασία και κατανόηση του



# Το Όραμα

- Sir Tim Berners-Lee: ο δημιουργός του ΠΙ και οραματιστής του Σημασιολογικού Ιστού (ΣΙ)
- Εισαγωγή τεχνολογιών γνώσης στον ΠΙ
- **Ορισμός:** Ο ΣΙ είναι η αναπαράσταση δεδομένων στο WWW. (W3C)
- *The Semantic Web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation [1]*

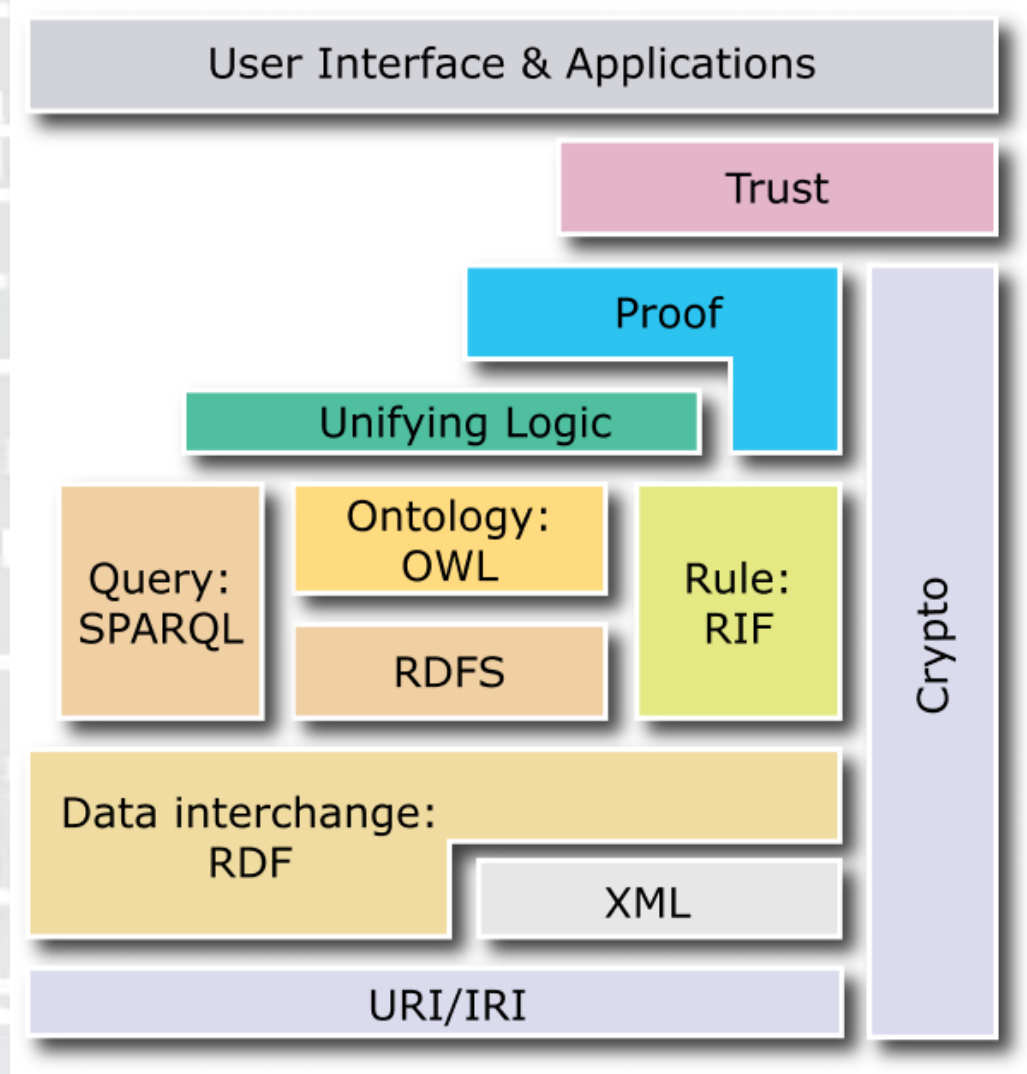


# Πλεονεκτήματα ΣΙ

- +Κατανόηση περιεχομένου και από μηχανές
- +Αυτοματοποίηση υπολογιστικών/επεξεργαστικών διαδικασιών
- +Διαλειτουργικότητα μεταξύ ετερογενών συστημάτων και ενοποίηση δεδομένων
- +Πιο «ευφυείς» υπηρεσίες και εφαρμογές
- +«Έξυπνη» αναζήτηση και ανάκτηση περιεχομένου

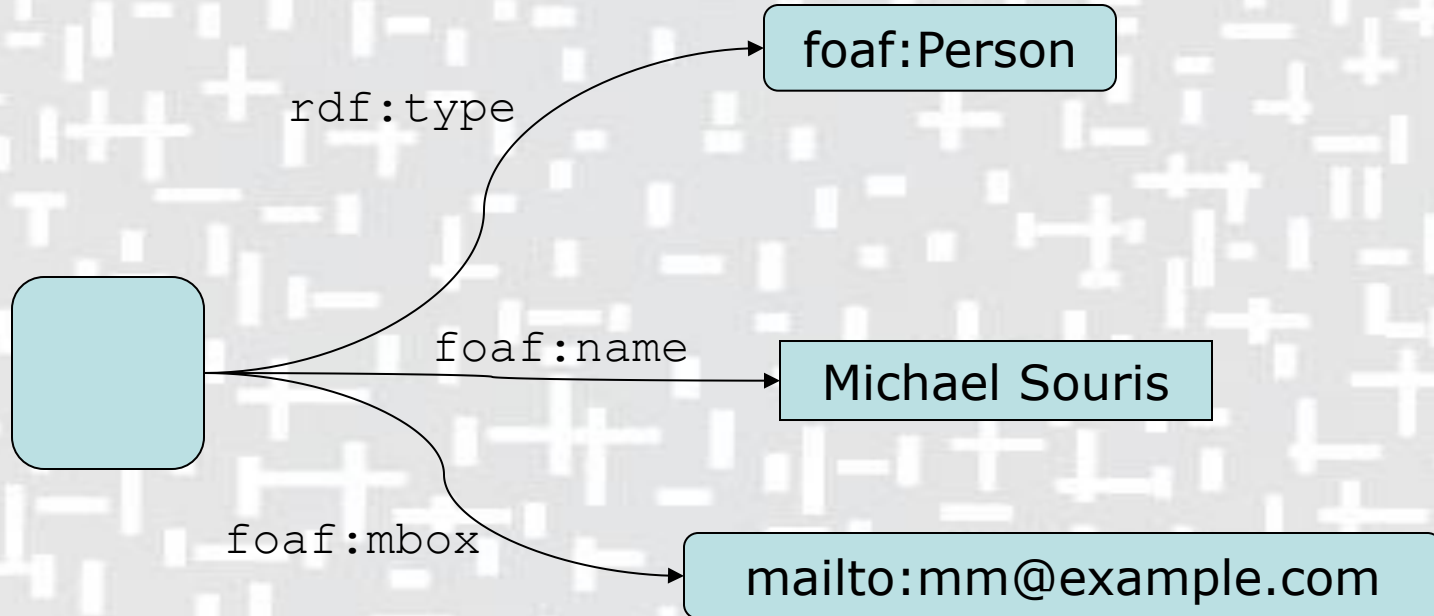


# Η Στοιβά του ΣΙ





# Εφαρμογή: FOAF



```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <foaf:Person>
    <foaf:name>Michael Souris</foaf:name>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:mm@example.com" />
  </foaf:Person>
</rdf:RDF>
```



# Resource Description Framework (RDF)

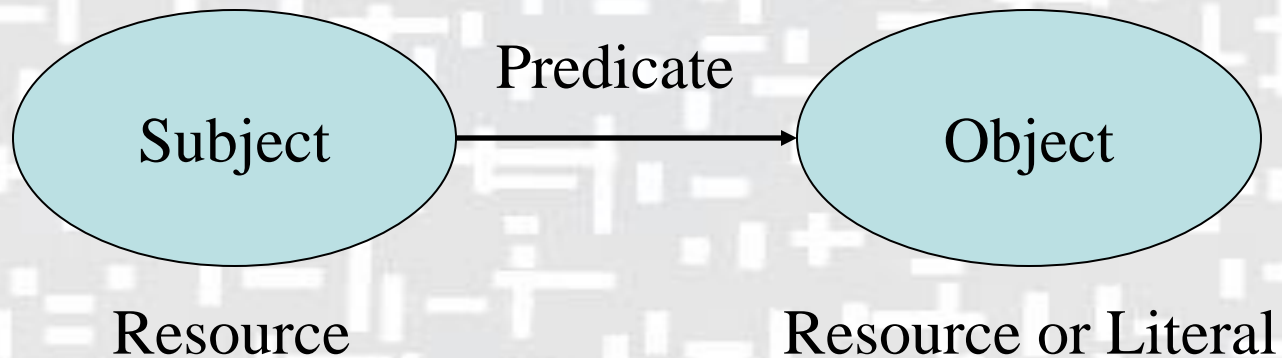
- Ένα γενικό μοντέλο δεδομένων
- Περιγράφει ιδιότητες των **πόρων** και τις μεταξύ τους συσχετίσεις
- Η σύνταξή της είναι **XML** (συνήθως)
- Αναπαριστά κατευθυνόμενους γράφους εννοιών (**RDF graphs**)



# RDF Statement

- Το κύριο στοιχείο αναπαράστασης γνώσης
- Δυαδικές συσχετίσεις

[subject] [predicate] [object] = triple



Resource ~ URI  
Literal ~ XSD Datatypes





# RDF Statements (Graph)





# RDF Statements (XML)

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="..." xmlns:contact="...">
<contact:Person
  rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
  <contact:fullName>Eric Miller</contact:fullName>
  <contact:mailbox rdf:resource="mailto:em@w3.org"/>
  <contact:personalTitle>Dr.</contact:personalTitle>
</contact:Person>
</rdf:RDF>
```

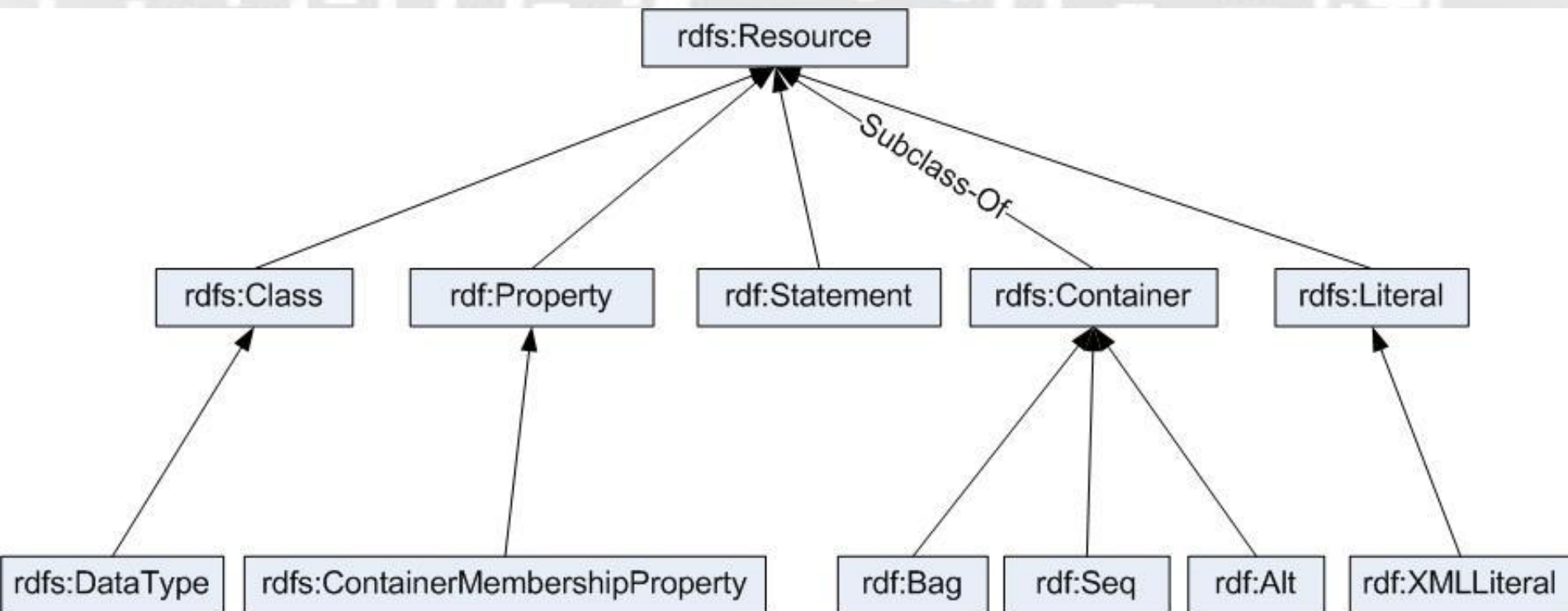


# RDF Schema (RDFS)

- Η RDF παρέχει απλά ένα data model
- Οι περιγραφές πόρων συχνά θέλουμε να χρησιμοποιούν συγκεκριμένο λεξιλόγιο και κανόνες
- Το RDFS παρέχει τα **στοιχεία μοντελοποίησης** για να φτιάξουμε τέτοια λεξιλόγια
- Τα λεξιλόγια αυτά δομούνται σαν ιεραρχίες κλάσεων (δηλ. απλές οντολογίες)
- Κάθε πόρος ανήκει σε μια κλάση
- *Δεν έχει σχέση με το XML Schema*



# Βασικά Στοιχεία RDF(S)



`rdf:type`, `rdfs:subClassOf`, `rdfs:subPropertyOf`, ...



# Ορισμός Κλάσεων / Ιδιοτήτων

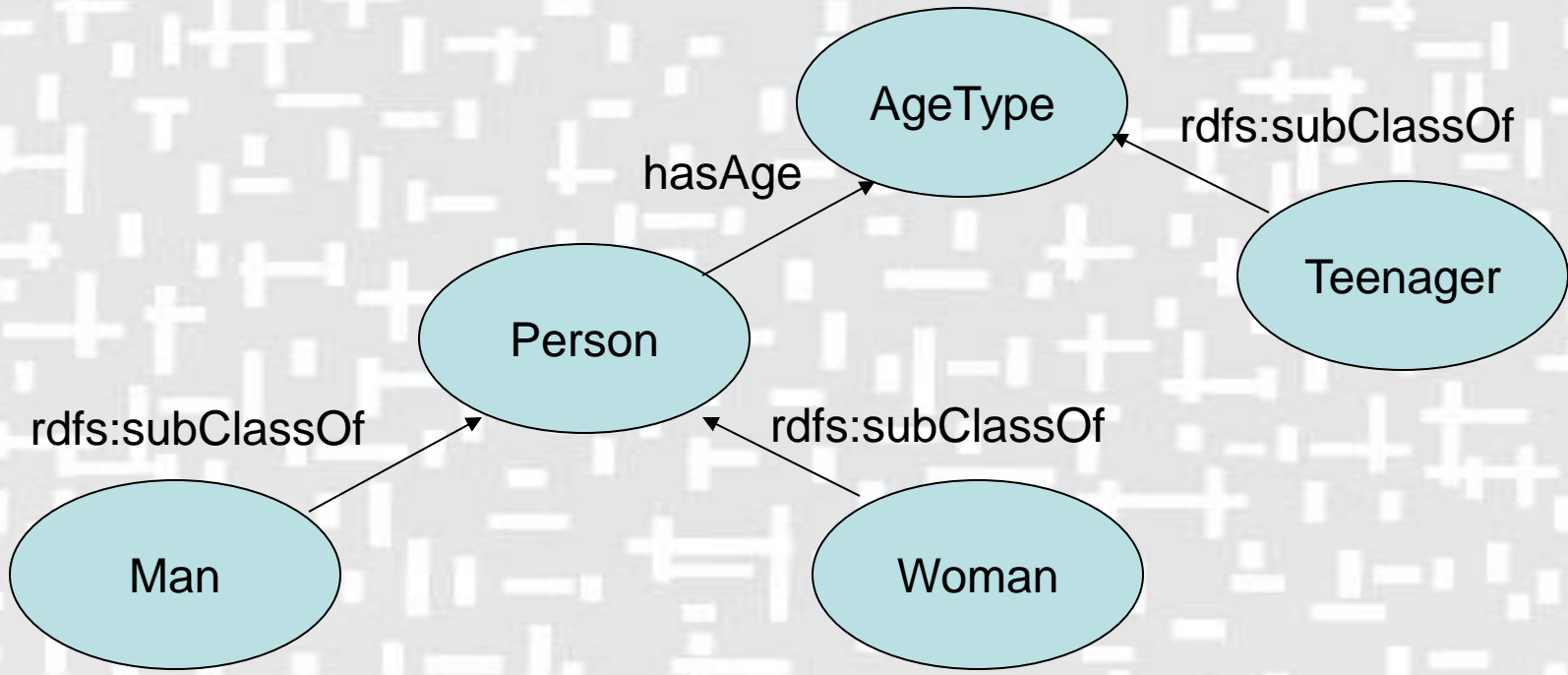
```
<rdfs:Class id="Person">  
</rdfs:Class>
```

```
<rdfs:Class id="Man">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>  
</rdfs:Class>
```

```
<rdfs:Property id="hasAge">  
  <rdfs:comment>A person's age</rdfs:comment>  
  <rdfs:domain resource="#Person"/>  
  <rdfs:range resource="#AgeType"/>  
</rdfs:Property>
```



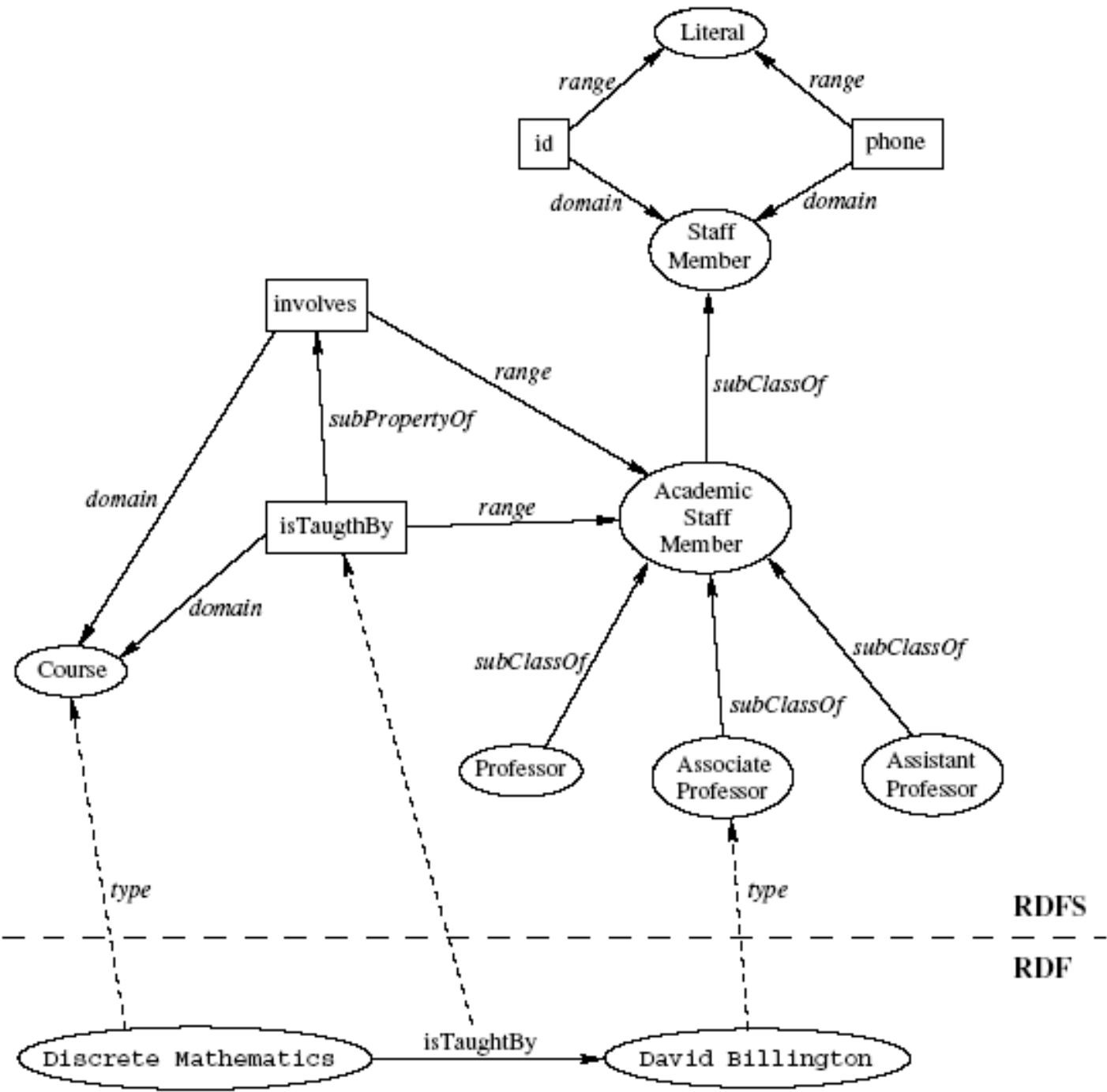
# Ορισμός Οντολογίας





# Περιγραφή Δεδομένων

- Όταν υπάρχει μια οντολογία για ένα πεδίο εφαρμογής, τη χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε τους σχετικούς πόρους
- Οι πόροι αυτοί υπόκεινται στους περιορισμούς της



RDFS

RDF





# Οντολογία

- **A formal, explicit specification of a shared conceptualization.** (Studer 1998, original definition by Gruber in 1993)
- *Formal*: κατανοητή από μηχανές
- *Explicit specification*: ορίζει ρητά έννοιες, συσχετίσεις μεταξύ τους, ιδιότητές τους και περιορισμούς
- *Shared*: είναι «κοινώς» αποδεκτή
- *Conceptualization*: ένα αφηρημένο μοντέλο ενός φαινομένου



# Στιγμιότυπα

- Τα αντικείμενα του πεδίου εφαρμογής
- Ανήκουν σε κλάσεις και συσχετίζονται μεταξύ τους
- Μια οντολογία καθορίζει τους περιορισμούς ενός πεδίου εφαρμογής και όχι τα στιγμιότυπά του
- Οι γλώσσες περιγραφής οντολογιών όμως υποστηρίζουν και τη δήλωση στιγμιοτύπων κλάσεων και συσχετίσεων



# Συμπερασμός (reasoning)

- Η εξαγωγή υπονοούμενης γνώσης από υπάρχουσα ρητά εκφρασμένα (που συνήθως περιγράφεται με οντολογίες)
- Χρήσιμος σε πολλές εφαρμογές:
  - Έξυπνη αναζήτηση και ερωτήσεις
  - Έλεγχος συνέπειας (consistency checking)
  - Κατηγοριοποίηση των στιγμιότυπων σε κλάσεις μη ρητά δηλωμένες (classification)
  - Ανακάλυψη κρυφών συσχετίσεων



## Συμπερασμός (2)

- Οι μηχανές συμπερασμού (reasoners) μπορούν να εφαρμόσουν συμπερασμό τόσο σε στιγμιότυπα όσο και στο σύνολο των κλάσεων



# OWL

- Γλώσσα για περιγραφή πιο σύνθετων οντολογιών (σε σχέση με RDFS)
- Προτυποποιημένη από το W3C
- Τρία είδη
  - (OWL Lite, **OWL-DL**, OWL-Full) με αύξουσα εκφραστικότητα και πολυπλοκότητα στον συμπερασμό
  - η OWL Full είναι μη αποφασίσιμη!
- Υπερσύνολο και συμβατή με RDF(S)
- Η σύνταξη της μπορεί να είναι σε RDF/XML
  - Αλλά υπάρχουν και άλλες συντάξεις



# RDFS vs. OWL

- RDFS
  - έχει περιορισμένη εκφραστικότητα
  - δεν υποστηρίζει πολλούς περιορισμούς, αξιώματα κλπ.
  - περιορισμένη δυνατότητα συμπερασμού
- OWL
  - Αρκετά μεγάλη εκφραστικότητα (υποσύνολο της Λογικής Πρώτης Τάξης)
  - Αξιώματα, περιορισμοί τιμών και πληθικότητας
  - Καλά ορισμένη σημασιολογία → ένα OWL έγγραφο ερμηνεύεται πάντα με τον ίδιο τρόπο



# Βασικά Στοιχεία OWL-DL (1)

- RDF Schema Features:
  - `rdfs:Class`, `rdfs:subClassOf`, `rdf:Property`, `rdfs:subPropertyOf`, ...
- Restrictions:
  - `Restriction`, `allValuesFrom`, `someValuesFrom`, `maxCardinality`, `minCardinality`, ...
- Property Characteristics:
  - `ObjectProperty`, `DatatypeProperty`, `inverseOf`, `TransitiveProperty`, `SymmetricProperty`, ...
- Class Axioms:
  - `disjointWith`, `equivalentClass`, ...
- Class Expressions:
  - `unionOf`, `complementOf`, `intersectionOf`, ...



# Βασικά Στοιχεία OWL-DL (2)

- Class
  - Ορίζει μια κλάση
- ObjectProperty
  - Περιγράφει συσχετίσεις μεταξύ στιγμιοτύπων (αντικειμένων) κλάσεων
- DatatypeProperty
  - Περιγράφει ιδιότητες στιγμιοτύπων κλάσεων
- Individual
  - Ορίζει ένα συγκεκριμένο στιγμιότυπο μιας κλάσης





OWL syntax	DL	Example	Description
IntersectionOf	$C \sqcap D$	Supervisor $\sqcap$ Male	All Supervisors that are Male
unionOf	$C \sqcup D$	Supervisor $\sqcup$ Manager	Anything that is either Supervisor or Employee
allValuesFrom	$\forall R.C$	$\forall$ supervisor.Male	All supervisors must be of type Male
someValuesFrom	$\exists R.C$	$\exists$ hasSon.Male	At least one of the sons must be of type Male
value	$\exists R.\{o\}$	$\exists$ hasLocation.Athens	The location property must have the value Athens
minCardinality	$\geq n$ R.C	$\geq 1$ supervises.Employee	A Supervisor supervises at least one employee
maxCardinality	$\leq n$ R.C	$\leq 1$ hasManager.Manager	An Employee has at most one Manager
Cardinality	$= n$ R.C	$= 1$ isDependentOn.Employee	A Person is dependent on exactly one Employee
SubClassOf	$C \sqsubseteq D$	Manager Employee	A Manager is a kind of Employee
DisjointClass	$C \text{D}$	Department_Task_Manager Technical_Task_Manager	Someone cannot be a Department_Task_Manager and a Technical_Task_Manager at the same time



# Κύκλος Ζωής Οντολογίας

- Καθορίζουμε τις βασικές κλάσεις και συσχετίσεις (properties) του πεδίου μας
- Καθορίζουμε domain και range για τα properties
- Ιεραρχούμε τις κλάσεις και βάζουμε περιορισμούς στα properties
- Προσθέτουμε στιγμιότυπα (individuals) και τις μεταξύ τους σχέσεις
- Κάνουμε έλεγχο συνέπειας στο μοντέλο μας
- Κάνουμε classification των στιγμιοτύπων
- Κάνουμε ερωτήσεις για την ανακάλυψη νέας γνώσης



# Επερωτήσεις στον ΣΙ

- Γλώσσες επερωτησεων RDF
  - RDQL, RQL, SPARQL (W3C)
  - Μερικές μοιάζουν με SQL
- E.g., search top 5-10 named persons younger than 30

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX ns: <http://example.org/ns#>
SELECT ?name ?mbox ?age
WHERE { ?x foaf:name ?name.
?x ns:age ?age . FILTER (?age < 30).
OPTIONAL { ?x foaf:mbox ?mbox .}
}
ORDER BY ?age DESC(?name)
OFFSET 5
LIMIT 10
```



# Επερωτήσεις και Συμπερασμός

- Αν κάνουμε μια επερώτηση πριν εφαρμόσουμε συμπερασμό, θα πάρουμε σαν απάντηση τα δεδομένα που έχουμε ρητά εισάγει (asserted knowledge)
- Αν έχουμε ήδη εφαρμόσει συμπερασμό, θα πάρουμε και νέα δεδομένα που προκύπτουν με βάση τους ορισμούς της οντολογίας μας (inferred knowledge)



# Βιβλιογραφία

- [1] T. Berners-Lee, J. Handler, and O. Lassila:  
The Semantic Web, *Scientific American*, May  
2001
- [2] G. Antoniou and F. van Harmelen, “A  
Semantic Web Primer”, The MIT Press, 2004
- [3] W3C Semantic Web Activity,  
<http://www.w3.org/2001/sw/>