



ΑΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

***Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ “WEB 3.0”  
ΚΑΙ Ο ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ***

**ΠΛΟΥΜΙΔΗ ΔΑΝΑΗ  
Α.Μ. 2007118**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
κ. ΛΟΥΜΠΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής, Καθηγητή κύριο Λούμπα Δημήτρη για την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας, τις εύστοχες παρατηρήσεις του καθώς και την έγκαιρη διαμεσολάβησή του για την επίλυση των όποιων τεχνικών θεμάτων παρουσιάστηκαν κατά την εκπόνηση.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής αξιολόγησης για τα σχόλια και τις παρατηρήσεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου στην οποία εκτός όλων των άλλων χρωστώ και την προσωπική μου ανέλιξη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη και το μέλλον του Παγκόσμιου Ιστού προσδιορίζεται σε καθοριστικό βαθμό από δύο καινοτόμες τεχνολογίες της τελευταίας δεκαετίας, τις Διαδικτυακές Υπηρεσίες και το Σημασιολογικό Ιστό. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια "state of the art" εικόνα των σύγχρονων τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού καθώς και εκείνων που προτείνονται για την υποστήριξη των Σημασιολογικών Διαδικτυακών Υπηρεσιών, με έμφαση σ' αυτές που χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό ωριμότητας και αποδοχής. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι βασικές τεχνολογίες και τα πρότυπα πάνω στα οποία θεμελιώνεται η λειτουργία των Διαδικτυακών Υπηρεσιών και η δομή του Σημασιολογικού Ιστού καθώς και οι διαφοροποιήσεις αυτού από το web 2.0. Επιχειρείται τέλος μια σύντομη εισαγωγή στις οντολογίες με ιδιαίτερη αναφορά στη διαδεδομένη και ευρύτερα αποδεκτή γλώσσα περιγραφής οντολογιών OWL.

## ABSTRACT

The evolution and the future of the web is based on two innovative technologies of the last decade, the Web Services and the Semantic Web. This paper presents a "state of the art" approach of the technologies of the Semantic Web used, as well as those proposed for the support of semantic web services with emphasis on those that are characterized by a high evaluation rate and common acceptance. The key technologies of the semantic web are presented and discussed as well as the standards upon which the operation of the web services and the structure of the Semantic Web is based, while the differences between the semantic web and the web 2.0 are underlined. A brief introduction to ontologies is attempted with particular reference to the widespread and widely accepted ontology description language OWL.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	Σελ. 2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	Σελ. 3
ABSTRACT	Σελ. 3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	Σελ. 6
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	Σελ. 7
1.2 ΑΠΟ ΤΟ WEB 2.0 ΣΤΟ WEB 3.0	Σελ. 9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	Σελ. 13
2.1 ΥΠΗΡΕΣΙΑ (SERVICE)	Σελ. 14
(SERVICE ORIENTATED ARCHITECTURE – SOA)	
2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	Σελ. 16
2.3. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ (WEB SERVICES)	Σελ. 18
2.4 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ	Σελ. 22
(SEMANTIC WEB SERVICES – SWS)	
2.4.1 WEB SERVICE MODELING ONTOLOGY (WSMO)	Σελ. 24
2.4.2 WEB ONTOLOGY LANGUAGE FOR SERVICES (OWL-S)	Σελ. 26
2.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ	Σελ. 28
ΣΤΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	
(SEMANTIC SERVICE ORIENTATED ARCHITECTURE – SSOA)	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	Σελ. 30
3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ	Σελ. 31
3.2 UNIFORM RESOURCE IDENTIFIER (URI) / UNICODE	Σελ. 34
3.3 EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (XML)	Σελ. 34
3.4 XML SCHEMA (XMLS)	Σελ. 38

3.5 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΠΟΡΩΝ – RESOURCE DESCRIPTION	Σελ. 39
3.6 RDF SCHEMA	Σελ. 41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	Σελ. 45
4.1 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ	Σελ. 46
4.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ	Σελ. 47
4.3 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ	Σελ. 48
4.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ	Σελ. 55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	Σελ. 57
5.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	Σελ. 58
5.2 WEB SERVICE DESCRIPTION LANGUAGE (WSDL)	Σελ. 61
5.2.1. WSDL 1.1	Σελ. 63
5.3 UNIVERSAL DESCRIPTION, DEFINITION AND INTEGRATION (UDDI)	Σελ. 67
5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σελ. 69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ. 71

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πολύ μεγάλη ανάπτυξη του Διαδικτύου την τελευταία δεκαετία καθώς και η ραγδαία αύξηση των χρηστών του – περισσότεροι από δύο δισεκατομμύρια<sup>1</sup> (Internet World Stats, 2011) – φαίνεται να συντέλεσαν καθοριστικά στην εξέλιξη του ίδιου του μέσου. Ενώ αρχικά το Διαδίκτυο εμφανίστηκε ως ένας χώρος κυρίως ενημέρωσης, με μικρές δυνατότητες επηρεασμού του περιεχομένου του, σήμερα φαίνεται να είναι ένας χώρος συνάθροισης κοινωνικών ομάδων, όπου τα ίδια τα μέλη τους μπορούν να επέμβουν στο περιεχόμενό του. Ο χρήστης μιας υπηρεσίας, ιδιαίτερα μιας υπηρεσίας κοινωνικής δικτύωσης, δεν είναι πλέον ένας παθητικός δέκτης πληροφοριών αλλά αποκτά έναν ηγετικό ρόλο<sup>2</sup> και είναι αυτός που δίνει αξία στην υπηρεσία αφού πλέον μπορεί να συνδεθεί, να συνεργαστεί και να ανταλλάξει πληροφορίες και εμπειρίες (Soumplis et al., 2011a).

Η νέα αυτή μορφή του Διαδικτύου περιγράφεται από τον όρο Web 2.0. Τα πρώτα σημάδια της αλλαγής του Διαδικτύου ήταν η απότομη αύξηση κάποιων ιστοτόπων κοινωνικής δικτύωσης<sup>3</sup>. Οι συγγραφείς που ήταν εξοικειωμένοι με τα έργα των

---

<sup>1</sup> Internet World Stats, (2011). Usage and Population Statistics.

<sup>2</sup> Soumplis, A., Koulocheri, E., Xenos, M., (2011a). The twobility Factor, Proceedings of the 7th eLearning and Software for Education Conference (eLSE 2011), Bucharest, Romania, 28-29 April.

<sup>3</sup> Clark, R.C., Mayer, R.E., (2007). E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning, Second Edition 2007, Pfeiffer.

αναλυτών κοινωνικών δικτύων παρατήρησαν τότε ότι παρόμοια πρότυπα υπήρχαν σε αυτά τα online δίκτυα (Clark & Mayer, 2007).

Αυτό που συνέβαινε ήταν ότι μεγάλα τμήματα του Παγκόσμιου Ιστού είχαν αποκτήσει τις ιδιότητες των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, τα είδη των δικτύων που διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν (σε πολύ μικρότερη κλίμακα) στον φυσικό κόσμο. Έτσι το ίδιο το Δίκτυο μετασχηματίστηκε από αυτό που αποκαλούνταν «Δίκτυο του Διάβασε» στο «Δίκτυο του Διάβασε-Γράψε»<sup>4</sup>, σύμφωνα με το αρχικό όραμα του ιδρυτή του Διαδικτύου Sir Tim Berners - Lee (Downes, 2005).

Η έννοια του Web 2.0 προέκυψε κατά τη σύνοδο ενός συνεδρίου<sup>5</sup> καταγισμού ιδεών που διοργανώθηκε από τους O' Reilly και τη Media Live International το φθινόπωρο του 2004 (O' Reilly, 2005). Επιπλέον, ο Selwyn (2008) όρισε τις Web 2.0 τεχνολογίες ως έναν γενικό όρο που περιγράφει μια σειρά από Διαδικτυακές εφαρμογές<sup>6</sup> που δημιουργήθηκαν πρόσφατα όπως είναι οι ιστοσελίδες κοινωνικής δικτύωσης (facebook, twitter κλπ), τα wikis (π.χ. Wikipedia), τα συστήματα folksonomies – συστήματα ταξινόμησης που προέρχονται από την πρακτική και τη μέθοδο της συνεργατικής δημιουργίας και της διαχείρισης των ετικετών (tags) που σχολιάζουν και κατηγοριοποιούν το περιεχόμενο, οι εικονικές κοινωνίες (π.χ. second life), τα διάφορα ιστολόγια, τα διάφορα online παιχνίδια πολυμέσων καθώς και οι δικτυακοί τόποι με συνδυασμό όλων των παραπάνω.

Παρόλο που οι προαναφερόμενες εφαρμογές διαφέρουν στη μορφή και στη λειτουργία τους, εντούτοις μοιράζονται ένα κοινό χαρακτηριστικό, αυτό της

---

<sup>4</sup> Downes, S., (2005). E-learning 2.0, eLearn Magazine, Volume 2005, Issue 10 (October 2005), p. 1

<sup>5</sup> O' Reilly, T., (2005). «What Is Web 2.0», O' REILLY, Ημερομηνία Δημοσίευσης: 30 Σεπτεμβρίου 2005.

<sup>6</sup> Selwyn, N., (2008). «Education 2.0? Designing the web for teaching and learning, A Commentary by the Technology Enhanced Learning phase of the Teaching and Learning Research Programme», Teaching and Learning Research Programme, October.



αλληλεπίδρασης μεταξύ και εντός των ομάδων των χρηστών τους, με την υποστήριξη του Διαδικτύου.

Ο O' Reilly (Levy, 2009) θεωρεί ότι το Web 2.0 έχει έναν πυρήνα, στην ουσία πρόκειται για ένα σετ αρχών<sup>7</sup>, οι οποίες περιγράφονται σε ένα εύρος εργασιών και είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Το Διαδίκτυο πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν πλατφόρμα και όχι σαν κύρια εφαρμογή. Όπως στις τηλεφωνικές επικοινωνίες, το τηλέφωνο είναι ένα κανάλι και η συνομιλία είναι η ουσία, έτσι και οι Web 2.0 εφαρμογές πρέπει να αντιμετωπίζονται σαν «κανάλια».
- Κυριαρχεί η ανάπτυξη υπηρεσιών και όχι η ανάπτυξη των εφαρμογών. Αναπτύσσοντας μια υπηρεσία και συνδέοντάς τη με άλλες υπηρεσίες, της δίνεται προστιθέμενη αξία.
- Οι χρήστες έχουν ενεργή συμμετοχή. Ενώ μέχρι τώρα οι διαχειριστές και οι εμπειρογνώμονες έκαναν το μεγαλύτερο μέρος της συγγραφής, της συγκέντρωσης και της κατηγοριοποίησης του περιεχομένου, στο Web 2.0 ο χρήστης είναι ένας ενεργός συμμετέχοντας και δίνει επιπλέον αξία στο περιεχόμενο.

Υπάρχουν κάποιοι, μεταξύ αυτών και ο Tim Berners - Lee, που διαφωνούν στο ότι υπάρχει ένα νέο είδος Διαδικτύου, το Web 2.0. Οι διαφωνούντες θεωρούν ότι αυτό που σήμερα ονομάζεται Web 2.0 εποχή είναι η πλήρης εφαρμογή των δυνατοτήτων του Web 1.0<sup>8</sup> (Andersen, 2007).

## 1.2 ΑΠΟ ΤΟ WEB 2.0 ΣΤΟ WEB 3.0

---

<sup>7</sup> Levy, M., (2009). WEB 2.0 implications on knowledge management, Journal of Knowledge Management, Volume 13, No. 1, pp. 121-122.

<sup>8</sup> Andersen, P., (2007). What is Web 2.0?: ideas, technologies and implications for education, JISC Technology and Standards Watch, February.

Η νέα εξέλιξη του Παγκόσμιου ιστού είναι το web 3.0 ή Σημασιολογικός ιστός (Semantic Web). Ο νέος ιστός που με τη χρήση σύγχρονων γραφικών και νέων ταχύτερων συνδέσεων θα μπορεί να προσφέρει περισσότερες υπηρεσίες στον τελικό χρήστη.

Ο Eric Schmidt, διευθύνοντας σύμβουλος της Google δήλωσε ότι το web 3.0 «θα απαρτίζεται από εφαρμογές που θα λειτουργούν όλες μαζί και θα διατίθενται μέσα από κοινωνικά δίκτυα, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κλπ. Οι εφαρμογές θα είναι σχετικά μικρές, εξαιρετικά γρήγορες και θα μπορούν να τρέξουν σε οποιονδήποτε υπολογιστή και να τροποποιηθούν από οποιονδήποτε χρήστη».

Ο Παγκόσμιος Ιστός αποτελούνταν αρχικά από ένα τεράστιο σύνολο διασυνδεδεμένων (linked) στατικών ιστοσελίδων (web pages). Πολλοί ιστότοποι (websites) οργανισμών και εταιρειών ακόμα και σήμερα είναι «κτισμένοι» με στατικές HTML ιστοσελίδες. Οι δυναμικές ιστοσελίδες ήρθαν να προσδώσουν καινούργιες δυνατότητες<sup>9</sup> στη δημιουργία ιστοτόπων απαντώντας στις αυξημένες απαιτήσεις των σύγχρονων χρηστών οι οποίοι μπορούν τώρα να τροποποιούν, να εισάγουν, να αρχειοθετούν και να διαγράφουν δεδομένα από τις ιστοσελίδες τους με εύκολο και ιδιαίτερα αποτελεσματικό τρόπο (Cardoso & Sheth, 2006).

Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνικές για τη δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων θεωρούνται ανεπαρκείς για να καλύψουν τις πολλαπλές ανάγκες των χρηστών (επιχειρήσεων αλλά και ιδιωτών) οι οποίοι αναζητούν λύσεις για καλύτερη διαλειτουργικότητα (interoperability) μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων και εφαρμογών, ώστε οι διάφορες υπηρεσίες του Διαδικτύου να ικανοποιούν τις ανάγκες τους μ' ένα περισσότερο αυτοματοποιημένο τρόπο.

Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι η πληροφορία που υπάρχει και διακινείται στον Παγκόσμιο Ιστό δεν παρουσιάζει σχεδόν καμία ενιαία δομή, με συνέπεια να καθίσταται πολύ δύσκολη έως αδύνατη η αποδοτική συνεργασία μεταξύ

---

<sup>9</sup> Cardoso, J. and Sheth, A. P., (2006). *Semantic Web Services, Processes and Applications*. Springer.

ετερογενών συστημάτων και εφαρμογών. Μία από τις πιο επιτυχημένες λύσεις που προτάθηκαν για το πρόβλημα αυτό ακούει στο όνομα eXtensible Markup Language<sup>10</sup> (XML). Η XML επιτρέπει τη μετάδοση μη-δομημένων, ημι-δομημένων, ακόμα και δομημένων πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και εφαρμογών, διευρύνοντας το βαθμό ενοποίησης (integration) και διαλειτουργικότητας μεταξύ τους (XML, 2008).

Δυστυχώς, παρόλο που η XML προσφέρει τη δυνατότητα περιγραφής της δομής της πληροφορίας, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την αυτοματοποιημένη διαχείρισή της στο Διαδίκτυο, καθώς η διαλειτουργικότητα που μπορεί να προσφέρει περιορίζεται από τις διαφορετικές ερμηνείες που μπορούν να αποδοθούν σ' αυτήν. Ο Tim Berners-Lee, δημιουργός του Παγκόσμιου Ιστού και ιδρυτής της κοινοπραξίας World Wide Consortium (W3C), εντοπίζοντας την παραπάνω αδυναμία, προτείνει μια εναλλακτική προσέγγιση στη μεταφορά, αξιοποίηση και παρουσίαση της πληροφορίας που διακινείται στον Παγκόσμιο Ιστό, την οποία και ονομάζει Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web). Στο τεύχος Μαΐου 2001 του περιοδικού Scientific American, ο Tim Berners-Lee και οι συνεργάτες του δίνουν τον ορισμό<sup>11</sup> του Σημασιολογικού Ιστού. (Berners-Lee et al., 2001)

*«The Semantic Web is not a separate Web but an extension of the current one, in which information is given well-defined meaning, better enabling computers & people to work in cooperation»*

Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila

Στα πλαίσια του Σημασιολογικού Ιστού, κάθε πληροφορία περιγράφεται με έναν επαρκή σημασιολογικό τρόπο, ο οποίος την καθιστά όχι μόνο μηχανικά αναγνωρίσιμη αλλά επίσης μηχανικά κατανοήσιμη και επεξεργάσιμη. Θεμελιώδης ρόλο στην ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού παίζουν τα μεταδεδομένα (metadata), που δεν είναι τίποτα άλλο παρά δεδομένα που περιγράφουν άλλα

---

<sup>10</sup> XML, (2008). Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). W3C Recommendation.

<sup>11</sup> Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O., (2001). The Semantic Web. Scientific American, pp. 34-43.

δεδομένα (data about data). Τα μεταδεδομένα καθιστούν τα δεδομένα κατανοητά σε επίπεδο μηχανής ώστε να διευκολύνεται η επεξεργασία και η αναζήτηση τους, επιτρέπουν τη δημιουργία κοινής ορολογίας, οργάνωσης και σημασιολογίας στα δεδομένα που διακινούνται στον Ιστό, στο βαθμό που είναι εφικτό, και προσδίδουν ευελιξία στη σύνθεση της σημασιολογικής<sup>12</sup> πληροφορίας και στη δημιουργία νέας (Bussler & Moran, 2008).

Συνοψίζοντας λοιπόν για την εξέλιξη του παγκόσμιου ιστού θα λέγαμε ότι:

- Το **web 1.0** είναι στατικό αφού υλοποιείται η απλή «προώθηση» (push) πληροφοριών μέσω γραφικών και flash εφαρμογών
- Το **web 2.0** που βασίζεται στη «διαμοίραση και επικοινωνία» (share). Πρόκειται για ένα διαδίκτυο δύο κατευθύνσεων, όπου ο χρήστης κάνει προσωπικές δημοσιεύσεις σε ιστολόγια, ιστοχώρους διαμοίρασης φωτογραφιών ή βίντεο, ενώ παράλληλα είναι μέλος Διαδικτυακών κοινοτήτων
- Ο **Ιστός 3.0** ή **web 3.0** τέλος, είναι σε μια «εμπειρία πραγματικού χρόνου» (live). Πρόκειται για ένα Διαδίκτυο που υποστηρίζει Ιστοχώρους Εικονικής Πραγματικότητας, οι χρήστες έχουν βιωματικές εμπειρίες ενώ οι επιχειρήσεις εμπλέκονται πλέον ενεργά αυξάνοντας κατακόρυφα την αξία του Παγκόσμιου Ιστού.

---

<sup>12</sup> Bussler, C. and Moran, M., (2008). The Semantic Web: Semantics for Data and Services on the Web. Springer.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

## 2.1 ΥΠΗΡΕΣΙΑ (SERVICE)

Μια υπηρεσία χρησιμοποιείται σε ένα λογισμικό προκειμένου να υλοποιήσει μια λειτουργικότητα που μπορεί να καταναλωθεί από τους χρήστες ή από κάποιες άλλες υπηρεσίες ανεξάρτητα από την ίδια την εφαρμογή ή το επιχειρηματικό μοντέλο στο οποίο ανήκει. Οι υπηρεσίες επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της ανταλλαγής μηνυμάτων.

Ο οργανισμός OASIS ορίζει την υπηρεσία ως ένα μηχανισμό που επιτρέπει την πρόσβαση σε μία ή περισσότερες δυνατότητες στην οποία η πρόσβαση παρέχεται χρησιμοποιώντας μια προκαθορισμένη διεπαφή<sup>13</sup> και ασκείται σύμφωνα με τους περιορισμούς και τις πολιτικές που ορίζονται από την περιγραφή της υπηρεσίας (Hahn et al., 2008).

Ο Thompson (2010), περιγράφει την υπηρεσία ως ένα μεμονωμένο επαναλαμβανόμενο έργο<sup>14</sup>. Μια αυτόνομη μονάδα του κώδικα που ολοκληρώνει μια εργασία. Αποτελείται δε από τρία κύρια μέρη: την «υλοποίηση της υπηρεσίας», πρόκειται για τον κώδικα, γραμμένο σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού, που εκτελεί μια εργασία, τις «λεπτομέρειες στοιχειώδους πρόσβασης» που περιλαμβάνει το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στην υπηρεσία και το «συμβόλαιο» που προσδιορίζει ποιο στόχο θα εκτελέσει η εφαρμογή, πως λειτουργεί το περιβάλλον και την «Ποιότητα της Υπηρεσίας».

Με τη χρήση των υπηρεσιών προσφέρονται μια σειρά πλεονεκτημάτων:

- Διαλειτουργικότητας. Οι υπηρεσίες επιτρέπουν σε προγράμματα που έχουν συνταχθεί με διαφορετικές γλώσσες, που έχουν αναπτυχθεί σε διαφορετικές

---

<sup>13</sup> Hahn, C., Hanß, S., Schrader, T., (2008). SOA Service Oriented Architecture, 3rd Workshop OpEN.SC, May 2008, Berlin, Germany.

<sup>14</sup> Thompson, M., (2010). Service-Oriented Architecture, UWP Computer Science and Software Engineering Technical Report, Vol. 9, Spring 2010, University of Wisconsin – Platteville.

πλατφόρμες και χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα να επικοινωνούν μεταξύ τους ευνοώντας τη διαλειτουργικότητα.

- Χαλαρής Σύνδεσης. Με αυτό τον όρο αναφερόμαστε στο βαθμό αλληλεξάρτησης μεταξύ των υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες μειώνουν αμοιβαία τις εξαρτήσεις τους εκθέτοντας σαφώς καθορισμένα μηνύματα διεπαφών, επιτρέποντάς τους με αυτό τον τρόπο να επικοινωνούν με άλλες υπηρεσίες.
- Απομόνωσης. Το πλεονέκτημα απομόνωσης έχει να κάνει με το γεγονός ότι η τροποποίηση των ίδιων των υπηρεσιών ή κάποιων λεπτομερειών τους δεν επηρεάζει τις άλλες υπηρεσίες που αλληλεπιδρούν με τις πρώτες. Οι καταναλωτές των υπηρεσιών δεν σχετίζονται με την υλοποίηση μιας υπηρεσίας ή το μέρος που αυτή εκτελείται.
- Σύνθεσης. Οι υπηρεσίες μπορούν εύκολα να συνδυαστούν μεταξύ του προκειμένου να επιτύχουν περισσότερο σύνθετες και εξελιγμένες προστιθέμενης αξίας υπηρεσίες. Συνεπώς, μέσω της σύνθεσης των υπηρεσιών προσεγγίζεται και το πρόβλημα της δημιουργίας και της παροχής πιο πολύπλοκων, προστιθέμενης αξίας, υπηρεσιών από πιο απλές με στόχο την επίτευξη νέας λειτουργικότητας.
- Μηχανική Επεξεργασία. Με τον όρο Μηχανική επεξεργασία εννοείται η ικανότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών να επεξεργάζονται τις περιγραφές των υπηρεσιών. Υφίστανται συμφωνημένες προδιαγραφές που επιτρέπουν στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να επεξεργάζονται απευθείας τις περιγραφές των υπηρεσιών ευνοώντας μεταξύ άλλων τη διαλειτουργικότητα, τη χαλαρή σύνδεση, την απομόνωση και τη σύνθεση.

## **2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ (SERVICE ORIENTATED ARCHITECTURE – SOA)**

Τις τελευταίες δεκαετίες υπήρξε μεγάλη εξέλιξη στις αρχιτεκτονικές λογισμικού. Ξεκινώντας από τη δεκαετία του 1970 με τις μονολιθικές, όπως χαρακτηρίζονται, αρχιτεκτονικές φθάσαμε στο σήμερα όπου χρησιμοποιούνται αρχιτεκτονικές προσανατολισμένες στην υπηρεσία<sup>15</sup>. (Enoksson et al., 2006).



	Μονολιθικές αρχιτεκτονικές	Client Server αρχιτεκτονικές	Κατανεμημένη αρχιτεκτονική συνιστώσας	Αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στην υπηρεσία
Αριθμός βαθμίδων	1	2	3	4
Παράγοντας τεχνολογίας	Γλώσσα προγραμματισμού (Cobol)	Data access standards (ODBC)	Κατανεμημένος προγραμματισμός (COBRA, RMI, COM, EJB κ.α.)	Πρότυπα υπηρεσιών διαδικτύου (XML, SOAP κ.α.)
Βαθμός διαλειτουργικότητας	Εσωτερική εφαρμογή	Πολλοσπλή Πελάτες	Διασυνδεδεμένες εφαρμογές εντός των οργανισμών	Διασυνδεδεμένες εφαρμογές Διασυνδεδεμένοι οργανισμοί
Κοινά στοιχεία	Ίδιος ουσικός κόμβος, ίδια τεχνολογία, ίδιο πρόγραμμα		Ίδια τεχνολογία	Ίδια πρότυπα επικοινωνίας και πρότυπα ανταλλαγής μηνυμάτων

**Πίνακας 1.** Η εξέλιξη της αρχιτεκτονικής λογισμικού (Enoksson et al., 2006)

Οι Mahadevan & Kettinger (2010) θεωρούν ότι η αρχιτεκτονική που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία είναι μια αρχιτεκτονική της πληροφορικής που όχι μόνο οικοδομεί πληροφοριακά συστήματα αλλά βοηθά και στην ενσωμάτωση και

<sup>15</sup> Enoksson, F., Palmér, M., Naeve, A., Arroyo, S., Fuschí, D., Pariente, T., (2006). State of the art – SWS Infrastructure, Annotation, LCMS, Deliverable 3.1, LUISA Project.



στην οργάνωση των υπολογιστικών πόρων<sup>16</sup>. Βλέποντας δε την επιχειρηματική πλευρά της αρχιτεκτονικής αυτής, τονίζουν ότι δημιουργεί υπηρεσίες που είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη και που χρησιμοποιούνται από όλες τις κατηγορίες πελατών εντός μιας επιχείρησης. Πώς και τι κάθε υπηρεσία πρέπει να κάνει για ένα συγκεκριμένο πελάτη ή τύπο πελάτη καθορίζεται από μια μηχανή επιχειρηματικών κανόνων. Αυτός ο μηχανισμός έχει την ικανότητα, σε πραγματικό χρόνο, να δίνει ανόμοια στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται σε μια συγκεκριμένη υπηρεσία να παρουσιάζει τα δεδομένα ξεχωριστά σε κάθε πελάτη. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ομοιογένεια στην πληροφορία που παρουσιάζεται και βελτιώνει την προβολή της υπηρεσίας.

Συνεπώς, η επιχείρηση παρουσιάζεται να έχει την ικανότητα να εκτιμά δυναμικά την προτεραιότητα που δίνεται σε κάθε υπηρεσία από το σύνολο της πελατειακής της βάσης. Η αρχιτεκτονική που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία χρησιμοποιείται τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες στο δίκτυο, όπως είναι το Διαδίκτυο, ως κύρια δομικά στοιχεία για τη δημιουργία εφαρμογών λογισμικού. Έχει δε ως στόχο την προώθηση χαλαρών συνδέσεων και την αύξηση της διαλειτουργικότητας<sup>17</sup> μεταξύ των τμημάτων λογισμικού ώστε να μπορούν να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα. Επιπλέον, προωθεί την παροχή εκτεταμένων και αυτόνομων συνόλων από υπηρεσίες που δυναμικά αλληλεπιδρώντας επιτυγχάνουν κοινούς στόχους. Συνεπώς, μέσω αυτής της αρχιτεκτονικής δημιουργείται ένα ουδέτερο πλαίσιο επικοινωνιών με τη δυναμική να αναπτύξει υψηλής διαλειτουργικότητας περιγραφές της υπηρεσίας καθώς και δομές μηνυμάτων (Thompson, 2010).

---

<sup>16</sup> Mahadevan, L., Kettinger, W. J., (2010). Service Oriented Architecture as a Dynamic Enabler of Customer Prioritization, *e-Service Journal*, Volume 7, No 2, Winter 2010, pp. 28-45, Indiana University Press.

<sup>17</sup> Thompson, M., (2010). Service-Oriented Architecture, UWP Computer Science and Software Engineering Technical Report, Vol. 9, Spring 2010, University of Wisconsin – Platteville.

### 2.3. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ (WEB SERVICES)

Σύμφωνα με την διεθνή κοινότητα ανάπτυξης προτύπων Διαδικτύου W3C (World Wide Web Consortium) μια υπηρεσία Διαδικτύου είναι ένα σύστημα λογισμικού σχεδιασμένο έτσι ώστε να υποστηρίζει διαλειτουργική αλληλεπίδραση μηχανής με μηχανή μέσω ενός δικτύου. Έχει μια διεπαφή που περιγράφεται σε μια μορφή που μπορεί να επεξεργαστεί από μηχανή (συγκεκριμένα την Web Services Description Language – WSDL που βασίζεται στην XML). Τα άλλα συστήματα διαλειτουργούν με την υπηρεσία διαδικτύου με τον τρόπο που ορίζεται από την περιγραφή της χρησιμοποιώντας την προδιαγραφή πρωτοκόλλου SOAP (Simple Object Access Protocol) για την ανταλλαγή δομημένης πληροφορίας<sup>18</sup>. Τα SOAP μηνύματα μεταφέρονται χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο HTTP (Hypertext Transfer Protocol) και η μορφή του μηνύματος βασίζεται στη γλώσσα XML (Extensible Markup Language) (Alonso et al., 2003).

Ο Papazoglou (2008) ορίζει την υπηρεσία Διαδικτύου ως μια εφαρμογή που έχει τα εξής χαρακτηριστικά: είναι ανεξάρτητη πλατφόρμας, χαλαρά συνδεδεμένη, αυτόνομη και μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να αποκτήσει δυνατότητες Διαδικτύου<sup>19</sup>. Επίσης, μπορεί να περιγραφεί, να δημοσιευθεί, να ανακαλυφθεί, να συντονιστεί και να διαμορφωθεί χρησιμοποιώντας XML αντικείμενα προκειμένου να ικανοποιήσει την ανάπτυξη κατανεμημένων διαλειτουργικών εφαρμογών. Οι υπηρεσίες Διαδικτύου έχουν την ικανότητα να ασκούν και άλλες υπηρεσίες προκειμένου να ολοκληρώσουν μια συγκεκριμένη εργασία, να πραγματοποιήσουν μια επιχειρηματική συναλλαγή ή να λύσουν ένα πολύπλοκο πρόβλημα.

Ο πλέον κατάλληλος τρόπος για να γίνει κατανοητό το παράδειγμα των υπηρεσιών και της αρχιτεκτονικής που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία είναι η σύγκριση

---

<sup>18</sup> Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., Machiraju, V., (2003). Web Services. Concepts, Architectures and Applications. Springer-Verlag.

<sup>19</sup> Papazoglou, P. M., (2008). Web Services Principles and Technology, Pearson Prentice Hall.

τους με τις υπηρεσίες Διαδικτύου. Σε αντίθεση με τις υπηρεσίες, οι υπηρεσίες Διαδικτύου λόγω του ότι έχουν να αντιμετωπίσουν κάποιες λεπτομέρειες εφαρμογής συνδέονται με συγκεκριμένες προδιαγραφές και πρωτόκολλα.

Από την άλλη η αρχιτεκτονική που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία και οι υπηρεσίες Διαδικτύου είναι δύο διαφορετικά πράγματα. Όμως, όπως και οι Alonso et al. (2003) αναφέρουν μέσω των προτυποποιημένων υπηρεσιών Διαδικτύου γίνεται καλύτερα αντιληπτή η αρχιτεκτονική που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία<sup>20</sup>.

Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες αντιμετωπίζουν επίσης τα προβλήματα των άκαμπτων υλοποιήσεων των προκαθορισμένων σχέσεων και των απομονωμένων υπηρεσιών που είναι διασκορπισμένες σε όλο το Διαδίκτυο. Στόχος τους είναι να επιτρέψουν σε κατανεμημένες εφαρμογές να συναρμολογηθούν δυναμικά, ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων, και να προσαρμοστούν ανάλογα τη συσκευή στην οποία χρησιμοποιούνται, όπως είναι οι προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι φορητοί υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα με δυνατότητες WAP (Wireless Application Protocol), το δίκτυο στο οποίο χρησιμοποιούνται, όπως είναι το καλωδιωμένο, το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), το DSL (Digital Subscriber Line) και το Bluetooth και την πρόσβαση του χρήστη ενώ επιτρέπει ευρεία χρήση κάθε δοσμένου κομματιού της επιχειρηματικής λογικής οπουδήποτε χρειάζεται. Κάθε φορά που μια υπηρεσία Διαδικτύου αναπτύσσεται<sup>21</sup>, άλλες εφαρμογές και υπηρεσίες Διαδικτύου μπορούν να την ανακαλύψουν και να την καλέσουν (Papazoglou, 2008).

Παρόλο που οι υπηρεσίες Διαδικτύου όπως φαίνεται έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, εντούτοις αντιμετωπίζουν ένα βασικό μειονέκτημα. Οι παραδοσιακές υπηρεσίες Διαδικτύου είναι ανεπαρκείς στην σωστή υποστήριξη των σημασιολογιών που είναι επεξεργάσιμες από τη μηχανή. Η ανεπάρκεια αυτή κάνει αναγκαία την ανθρώπινη

---

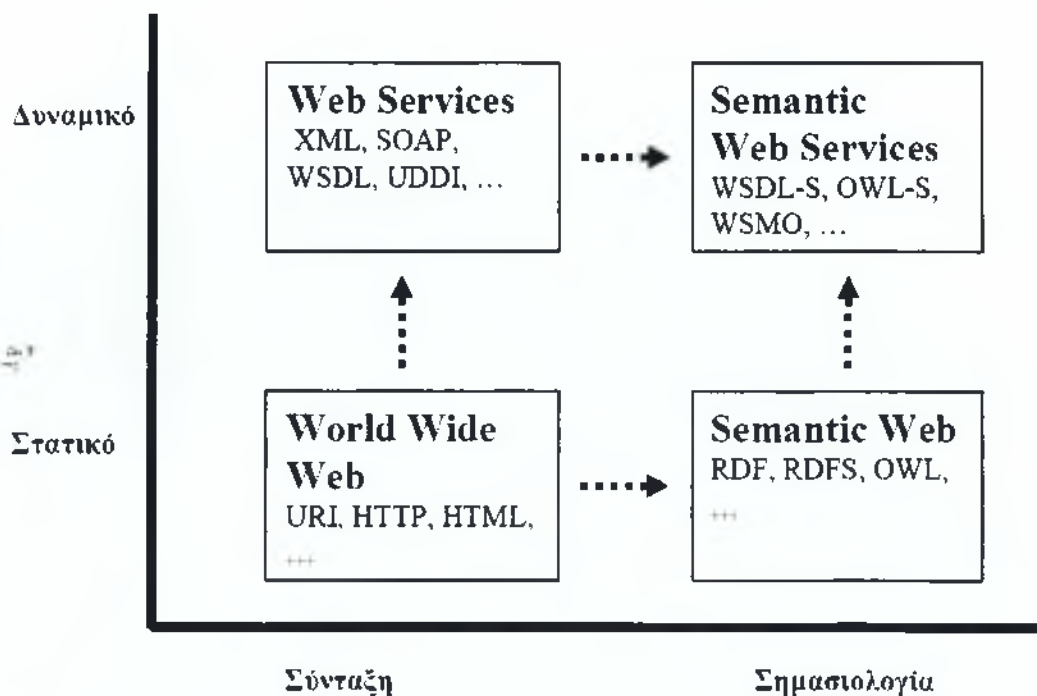
<sup>20</sup> Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., Machiraju, V., (2003). *Web Services. Concepts, Architectures and Applications*. Springer-Verlag.

<sup>21</sup> Papazoglou, P. M., (2008). *Web Services Principles and Technology*, Pearson Prentice Hall.

παρέμβαση<sup>22</sup> προκειμένου να ανακαλυφθούν, να συνδυαστούν και να εκτελεστούν οι υπηρεσίες (Alonso et al., 2003).

Στόχος μας είναι να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε ανθρώπινη παρέμβαση, έτσι ώστε συνδυάζοντας την τεχνολογία Σηματολογικού Ιστού, δηλαδή τις οντολογίες, με τις υπηρεσίες διαδικτύου, να δημιουργηθούν οι υπηρεσίες Σηματολογικού Ιστού και έτσι το πρόβλημα να ξεπεραστεί.

Η προοπτική του συνδυασμού των των Διαδικτυακών υπηρεσιών με τα πρότυπα του Σηματολογικού Ιστού, για την ανάπτυξη των Σηματολογικών Διαδικτυακών Υπηρεσιών αποδίδεται γραφικά στο σχήμα 1 που ακολουθεί:



**Σχήμα 1.** Σχηματική απόδοση ανάπτυξης Σηματολογικών υπηρεσιών.

Σε γενικές γραμμές, δύο διαφορετικές προσεγγίσεις ανάπτυξης Σηματολογικών Διαδικτυακών Υπηρεσιών έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία μέχρι σήμερα. Η πρώτη βασίζεται στη δημιουργία ολοκληρωμένων σηματολογικών περιγραφών των Διαδικτυακών Υπηρεσιών, βασισμένων σε παγκόσμια αποδεκτές οντολογίες με τις

<sup>22</sup> Papazoglou, P. M., (2008). Web Services Principles and Technology, Pearson Prentice Hall.

οποίες περιγράφονται τα διάφορα χαρακτηριστικά τους. Στην κατηγορία αυτή ξεχωρίζουμε τις προσεγγίσεις OWL-S<sup>23</sup> (Martin et al., 2004) και Web Service Modeling Ontology<sup>24</sup> (WSMO, 2005). Η δεύτερη προσέγγιση επικεντρώνεται στο σημασιολογικό εμπλουτισμό των Διαδικτυακών Υπηρεσιών, επεκτείνοντας κατάλληλα, τα σύγχρονα πρότυπα του διαδικτύου. Στην κατηγορία αυτή συναντάμε τις προτάσεις WSDL-S<sup>25</sup> (Akkiraju, 2005) και Semantic Annotated WSDL<sup>26</sup> (SAWSDL, 2007).

Τα σενάρια χρήσης των παραπάνω Σημασιολογικών προσεγγίσεων αφορούν διάφορες διεργασίες, που εξαρτώνται από τις συγκεκριμένες ανάγκες και ιδιαιτερότητες κάθε σεναρίου. Γενικά, οι διεργασίες οι οποίες αυτοματοποιούνται με τη βοήθεια των παραπάνω προσεγγίσεων είναι οι εξής:

- **Δημοσίευση (publication):** Η περιγραφή της Διαδικτυακής Υπηρεσίας γίνεται προσπελάσιμη στο διαδίκτυο.
- **Ανεύρεση (discovery):** Εύρεση των κατάλληλων υπηρεσιών για την διεκπεραίωση καθορισμένης εργασίας.
- **Επιλογή (selection):** Επιλογή της καταλληλότερης από μια ομάδα συναφών υπηρεσιών.
- **Σύνθεση (composition):** Συνδυασμός υπηρεσιών για την επιτυχή εκτέλεση πολύπλοκων εργασιών.

---

<sup>23</sup> Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Mellon, C., Parsia, B., Payne, T., Sirin, E., Srinivasan, N., Sycara, K., (2004). OWL-S: Semantic Markup for Web Services, W3C Member Submission, November 22<sup>nd</sup>.

<sup>24</sup> WSMO, (2005). Web service modeling ontology (WSMO). W3C Member Submission.

<sup>25</sup> Akkiraju, R., Farrell, J., Nagarajan, M., Schmidt, M., Sheth, A., Verma, K., (2005). Web Service Semantics - WSDL-S. W3C Member Submission.

<sup>26</sup> SAWSDL, (2007). Semantic Annotations for WSDL and XML Schema. W3C Recommendation.

- **Διαμεσολάβηση (mediation):** Επίλυση προβλημάτων συμβατότητας μεταξύ δεδομένων, πρωτοκόλλων και διεργασιών κατά την αλληλεπίδραση διαφορετικών υπηρεσιών.

## 2.4 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ (SEMANTIC WEB SERVICES – SWS)

Οι Arroyo et al., (2004) όρισαν τις υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού ως τους αυτόνομους, αυτοπεριγραφόμενους και σημασιολογικά σημαινόμενους πόρους λογισμικού που μπορούν να δημοσιευθούν, να ανακαλυφθούν, να συντεθούν και να εκτελεστούν σε όλο το Διαδίκτυο με ημιαυτόματο τρόπο<sup>27</sup>. Μέσω του Σημασιολογικού Ιστού και ειδικότερα των οντολογιών, προσφέρονται τα μέσα για να περιγραφούν οι δυνατότητες των υπηρεσιών, δηλαδή του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται και των δεδομένων που ανταλλάσσονται καθώς επικοινωνούν, και τα επιχειρηματικά μοντέλα σε ένα κοινό λεξιλόγιο που μπορεί να γίνει κατανοητό ή ακόμα και να εναρμονιστεί αν κριθεί απαραίτητο. Αυτού του είδους η διαμοιραζόμενη λειτουργική περιγραφή είναι το βασικό στοιχείο που οδηγεί προς το όραμα των υπηρεσιών Σημασιολογικού Ιστού και θέτει τη θεμελιώδη βάση για την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας. Μια τέτοιου είδους διαδικασία αποτελείται από επτά διαφορετικά στάδια: την ανακάλυψη, τη διαπραγμάτευση, τη σύνθεση, τη διαμεσολάβηση, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και την αντιστάθμιση.

Επιπλέον, οι υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού θα επιτρέψουν την ανάπτυξη και την εκτέλεση υψηλότερου επιπέδου υπηρεσιών που θα επιλύουν αυξημένης πολυπλοκότητας θέματα με το να συνθέτουν νέες υπηρεσίες και να τις κάνουν διαθέσιμες. Στόχος τους είναι να ελαχιστοποιήσουν κάθε είδους ανθρώπινη

---

<sup>27</sup> Arroyo S., Lara R., Gomez J. M., Berka D., Ding Y., Fensel D., (2004). Semantic Aspects of Web Services, Practical Handbook of Internet Computing, Chapman Hall and CRC Press, Baton Rouge.

παρέμβαση, έτσι ώστε η διαδικασία χρήσης αυτού του είδους των υπηρεσιών να μπορεί να γίνει με ένα ημιαντόματο τρόπο.

Το πλαίσιο των υπηρεσιών Σημασιολογικού Ιστού στοχεύει στην αυτόματη ανακάλυψη, ενορχήστρωση και επίκληση των διανεμόμενων υπηρεσιών προκειμένου να υλοποιηθεί ένας συγκεκριμένος στόχος του χρήστη, στη βάση μιας ολοκληρωμένης σημασιολογικής περιγραφής. Οι υπηρεσίες αυτές υποστηρίζονται μέσω προτύπων αναπαράστασης<sup>28</sup> όπως είναι η οντολογία WSMO (Web Service Modeling Ontology) και η οντολογία OWL-S (Web Ontology Language for Services) (Mrissa, 2009).

#### *2.4.1 WEB SERVICE MODELING ONTOLOGY (WSMO)*

Το πλαίσιο Web Service Modeling Framework (WSMF), το οποίο περιγράφει διάφορες πτυχές που σχετίζονται με τις υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού, βελτιώνεται και επεκτείνεται με μια τυπική οντολογία και γλώσσα. Η οντολογία WSMO βασίζει το εννοιολογικό της υπόβαθρο στο πλαίσιο WSMF και παρέχει οντολογικές προδιαγραφές για τα κύρια στοιχεία των υπηρεσιών του Σημασιολογικού Ιστού.

Προκειμένου η νέα γενιά του Διαδικτύου να συνδυάσει τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού και υπηρεσίες Διαδικτύου τα κατάλληλα πλαίσια για τις υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού πρέπει να ενσωματώνουν τις βασικές αρχές σχεδιασμού του Διαδικτύου, έτσι όπως ορίζονται για το Σημασιολογικό Ιστό καθώς και αρχές σχεδιασμού για τη διαμοιραζόμενη και προσανατολισμένη στην υπηρεσία πληροφορική. Οπότε η οντολογία WSMO βασίζεται στις παρακάτω αρχές σχεδιασμού:

---

<sup>28</sup> Mrissa, M., Dietze, S., Thiran, P., Ghedira, C., Benslimane, D., Maamar, Z., (2009). Context-based Semantic Mediation in Web Service Communities, Weaving Services, Location, and People on the WWW, Springer.

- **Συμμόρφωση με το Διαδίκτυο (Web Compliance).** Η οντολογία WSMO κληρονομεί την βασική αρχή σχεδιασμού του Παγκόσμιου Ιστού που είναι η μοναδική ταυτοποίηση των πόρων μέσω της έννοιας του URI (Universal Resource Identifier), υιοθετεί την έννοια των Namespaces για την δήλωση χώρων με συνεπείς πληροφορίες και υποστηρίζει τη γλώσσα XML μεταξύ άλλων συστάσεων του της τεχνολογίας Διαδικτύου W3C.
- **Βασισμένο στην Οντολογία (Ontology-Based).** Σε όλη την WSMO χρησιμοποιούνται οντολογίες ως το μοντέλο δεδομένων, δηλαδή όλες οι περιγραφές των πόρων καθώς και όλες οι ανταλλαγές των δεδομένων κατά τη χρήση της υπηρεσίας βασίζονται σε οντολογίες.
- **Αυστηρή Αποσύνδεση (Strict Decoupling).** Κάθε πόρος της WSMO προσδιορίζεται ανεξάρτητα από την πιθανή χρήση του ή αλληλεπίδρασή του με άλλους πόρους. Σύμφωνα και με την ανοικτή και κατανεμημένη φύση του Παγκόσμιου Ιστού οι πόροι της WSMO ορίζονται σε απομόνωση.
- **Κεντρικότητα της Διαμεσολάβησης (Centrality of Mediation).** Συμπληρώνοντας την αρχή της αυστηρής αποσύνδεσης, η αρχή αυτή αφορά στον χειρισμό της ανομοιογένειας που φυσικά προκύπτει σε ανοικτά περιβάλλοντα. Η ανομοιογένεια μπορεί να συμβεί σε σχέση με τα δεδομένα, με την οντολογία, το πρωτόκολλο ή τη διαδικασία. Η WSMO αναγνωρίζει την αξία της διαμεσολάβησης για την επιτυχή ανάπτυξη των υπηρεσιών Διαδικτύου, κάνοντάς τη το πρώτης τάξης συστατικό του πλαισίου.
- **Διαχωρισμός του οντολογικού ρόλου (Ontological Role Separation).** Σε συγκεκριμένα πλαίσια και στις διαθέσιμες υπηρεσίες Διαδικτύου υφίστανται διαφορετικοί χρήστες ή πιο γενικά διαφορετικοί πελάτες. Η υποκείμενη επιστημολογία του WSMO διακρίνεται μεταξύ των επιθυμιών των χρηστών ή των πελατών και των διαθέσιμων υπηρεσιών.
- **Περιγραφή έναντι Εφαρμογής (Description versus Implementation).** Η περιγραφή ενός στοιχείου της υπηρεσίας του Σημασιολογικού Ιστού απαιτεί ένα περιεκτικό και σταθερό πλαίσιο. Μια εκτελέσιμη τεχνολογία ασχολείται



με την υποστήριξη των υφιστάμενων και αναδυόμενων τεχνολογιών που αφορούν τον Σημασιολογικό Ιστό και τις υπηρεσίες Διαδικτύου. Η WSMO διαφοροποιείται μεταξύ των περιγραφών των στοιχείων των υπηρεσιών του Σημασιολογικού Ιστού και των εκτελέσιμων τεχνολογιών. Στόχος της είναι η παροχή του κατάλληλου μοντέλου οντολογικής περιγραφής το οποίο θα συμμορφώνεται με τις υπάρχουσες και αναδυόμενες τεχνολογίες.

- **Υλοποίηση Σημασιολογιών (Execution Semantics).** Η τυπική εκτέλεση σημασιολογιών των εφαρμογών αναφοράς όπως το Web Service Modeling Execution Environment (WSMX) καθώς και άλλων συστημάτων με δυνατότητες WSMO παρέχουν την τεχνική υλοποίηση των WSMO ελέγχοντας έτσι την προδιαγραφή του.
- **Υπηρεσία έναντι Υπηρεσίας Διαδικτύου (Service versus Web service).** Με την επίκληση μιας υπηρεσίας Διαδικτύου επιτυγχάνεται ο στόχος ενός χρήστη και η υπηρεσία είναι η πραγματική αξία που προκύπτει από την επίκληση αυτή. Η οντολογία WSMO παρέχει τα μέσα για την περιγραφή των υπηρεσιών Διαδικτύου που παρέχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες<sup>29</sup> και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να περιγράφει τις πρώτες χωρίς να αντικαθιστά τη λειτουργικότητα των τελευταίων (De Bruijn et al., 2005).

Ο Arroyo (2006) αναφέρει ότι η WSMO είναι ο βασικός κορμός<sup>30</sup> της ανάπτυξης της Web Service Modeling Language (WSML) καθώς και του Web Service Modelling Execution Environment (WSMX). Η WSML είναι μια γλώσσα για την περιγραφή των οντολογιών, των στόχων, των υπηρεσιών Διαδικτύου και των διαμεσολαβητών. Παρέχει ένα συνεκτικό πλαίσιο που ταιριάζει τις τεχνολογίες Διαδικτύου με διαφορετικά γνωστά παραδείγματα λογικής γλώσσας ενώ βασίζεται σε υφιστάμενα

---

<sup>29</sup> De Bruijn J., Bussler C., Domingue J., Fensel D., Hepp M., Keller U., Kifer M., Konig-Ries B., Kopecky J., Lara R., Lausen H., Oren E., Polleres A., Roman D., Scicluna J., Stollberg M., (2005). Web Service Modeling Ontology (WSMO), W3C Member Submission, June 3rd, 2005.

<sup>30</sup> Arroyo S., (2006). A Semantic Service-based micro-learning framework, EAMIL Workshop Day 2006. Microlearning / eLearning 2.0, in conjunction with the microlearning conference 2006. Innsbruck (Austria), June 08 – 09.

πρότυπα Διαδικτύου όπως είναι το XML σχήμα και το Resource Description Framework (RDF). Το WSMX δίνει τη δυνατότητα της ανακάλυψης, της επιλογής, της διαμεσολάβησης, της επίκλησης και της διαλειτουργικότητας των Υπηρεσιών Σημασιολογικού Ιστού. Επιπλέον, στοχεύει στην παροχή κατευθυντηρίων γραμμών και αιτιολόγησης για μια αρχιτεκτονική των συστημάτων των υπηρεσιών αυτών και φαίνεται ότι ορίζει μια γενική αρχιτεκτονική μαζί με τα κύρια δομικά στοιχεία και τις διεπαφές που εκτίθενται.

#### 2.4.2 WEB ONTOLOGY LANGUAGE FOR SERVICES (OWL-S)

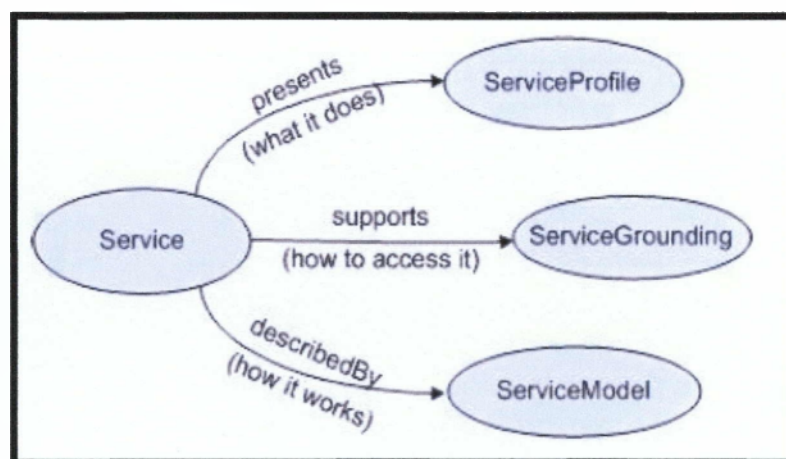
Πρόκειται για μια οντολογία για την περιγραφή των Υπηρεσιών του Σημασιολογικού Ιστού χτισμένη πάνω στο πλαίσιο της Web Ontology Language (OWL) για τον Σημασιολογικό Ιστό. Επιτρέπει στους χρήστες και σε αυτούς που παράγοντες λογισμικών να ανακαλύπτουν, να επικαλούνται, να συνθέτουν και να παρακολουθούν αυτόματα τους πόρους του Διαδικτύου που προσφέρουν υπηρεσίες κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς

Στόχος της ανάπτυξης της OWL-S είναι η ενεργοποίηση των ακόλουθων εργασιών:

- Η αυτόματη ανακάλυψη των υπηρεσιών Διαδικτύου (Automatic Web service discovery). Η συγκεκριμένη οντολογία βοηθά τους παράγοντες των λογισμικών στην ανακάλυψη της υπηρεσίας Διαδικτύου που θα καλύψει κάποια ανάγκη εντός κάποιων περιορισμών ποιότητας και χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.
- Αυτόματη επίκληση της υπηρεσίας Διαδικτύου (Automatic Web service invocation). Η OWL-S ανοίγει την πιθανότητα για έναν παράγοντα λογισμικού να διαβάσει αυτόματα την περιγραφή των εισόδων και εξόδων της υπηρεσίας Διαδικτύου και να την επικαλεστεί.
- Αυτόματη σύνθεση και διαλειτουργία της υπηρεσίας Διαδικτύου (Automatic Web service composition & interoperation). Μέσω της οντολογίας OWL-S εξυπηρετείται η σύνθεση και η διαλειτουργία των υπηρεσιών Διαδικτύου με

τέτοιο τρόπο που επιτρέπει την αυτόματη εκτέλεση των διαφόρων Υπηρεσιών του Παγκοσμίου Ιστού, που βασίζονται αποκλειστικά στην υψηλού επιπέδου περιγραφή του στόχου.

Η OWL-S έχει τρία κύρια τμήματα<sup>31</sup>: το προφίλ της υπηρεσίας (service profile) που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τι κάνει η υπηρεσία, το μοντέλο διαδικασίας (process model) που περιγράφει πώς ένας πελάτης μπορεί να διαλειτουργήσει με την υπηρεσία και την υπηρεσία της γείωσης (grounding service) που καθορίζει τις λεπτομέρειες που ένας πελάτης χρειάζεται προκειμένου να διαλειτουργήσει με την υπηρεσία, όπως είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, οι τύποι των μηνυμάτων, τα νούμερα των πυλών κλπ. (Martin et al., 2004).



Σχήμα 2. Η οντολογία OWL-S

<sup>31</sup> Martin D., Burstein M., Hobbs J., Lassila O., McDermott D., McIlraith S., Narayanan S., Paolucci M., Mellon C., Parsia B., Payne T., Sirin E., Srinivasan N., Sycara K., (2004). OWL-S: Semantic Markup for Web Services, W3C Member Submission, November 22<sup>nd</sup>.

## 2.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ (SEMANTIC SERVICE ORIENTATED ARCHITECTURE – SSOA)

Ο Arroyo (2006) επισήμανε την ανεπαρκή υποστήριξη που παρουσιάζουν οι αρχιτεκτονικές που είναι προσανατολισμένες στην υπηρεσία όταν οι υπηρεσίες που τις συνθέτουν χρησιμοποιούν ετερογενή ορολογία<sup>32</sup> για την εκπροσώπηση του επιχειρηματικού μοντέλου που υπηρετούν. Ο περιορισμός φαίνεται ότι μπορεί να ξεπεραστεί με το να συνδυαστούν οι αρχές των αρχιτεκτονικών που είναι προσανατολισμένες στην υπηρεσία με τα χαρακτηριστικά της κατανόησης από τη μηχανή και της δυνατότητας επεξεργασίας του Σημασιολογικού Ιστού. Με τον τρόπο αυτό γεννήθηκε ένα καινούργιο μοντέλο αυτό της αρχιτεκτονικής που είναι προσανατολισμένη στη σημασιολογική υπηρεσία.

Η νέου είδους αρχιτεκτονική επιτρέπει στους αναλυτές των επιχειρήσεων να επικεντρωθούν πιο κεντρικά σε υψηλότερης τάξης γνωστικές εργασίες και σε μια βιώσιμη προσέγγιση προκειμένου να υπάρξουν αποτελεσματικές δυνατότητες ανταλλαγής και συνεργασίας μεταξύ ανόμοιων οργανισμών. Επιπλέον, φαίνεται ότι η νέα αρχιτεκτονική επηρεάζει την εκτέλεση των ροών εργασίας των αναλυτών, μετατρέποντας τα τεχνουργήματά τους από ανθρωποκεντρικές και ενεργοβόρα χειροκίνητες διαδικασίες, σε διαδικασίες που γίνονται όλο και περισσότερο αυτοματοποιημένες, προσαρμόσιμες και ευφρείς. Οι αναλυτές θα θέτουν στόχους για την επιχείρηση και το έξυπνο λογισμικό θα συγκεντρώνει αυτόματα ροές εργασίες προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους αυτούς. Οι ίδιοι οι αναλυτές θα είναι οι πόροι ή οι υπηρεσίες στο διαδίκτυο που θα συνεργάζονται δυναμικά και θα μοιράζονται επιχειρηματικές λειτουργίες και πληροφορίες. Είναι το επόμενο φυσικό βήμα στην εξέλιξη της αρχιτεκτονικής που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία,

---

<sup>32</sup> Arroyo S., (2006). A Semantic Service-based micro-learning framework, EAMIL Workshop Day 2006. Microlearning / eLearning 2.0, in conjunction with the microlearning conference 2006. Innsbruck, Austria, June 08 – 09.

όπου τα δομικά στοιχεία είναι οι υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού. Πρόκειται, δηλαδή, για ένα ισχυρό και ολοκληρωμένο στυλ αρχιτεκτονικής όπου οι Υπηρεσίες Σημασιολογικού Ιστού είναι το βασικό δομικό στοιχείο.

Το μοντέλο αυτό περιέχει τις ίδιες θεμελιώδεις αρχές με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική που είναι προσανατολισμένη στην υπηρεσία ενσωματώνοντας επιπρόσθετα και τη σημασιολογική υποστήριξη. Με αυτά τα μέσα οι πόροι που χρησιμοποιούν ετερογενείς ορολογίες και αντιλήψεις μπορούν να διαμοιραστούν μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και πλατφόρμων<sup>33</sup> επιτρέποντας την ευέλικτη ανακάλυψη, τη διαπραγμάτευση, τη σύνθεση και τη διαλειτουργία των υπηρεσιών μέσω μιας εργασίας. (Chance, 2009).

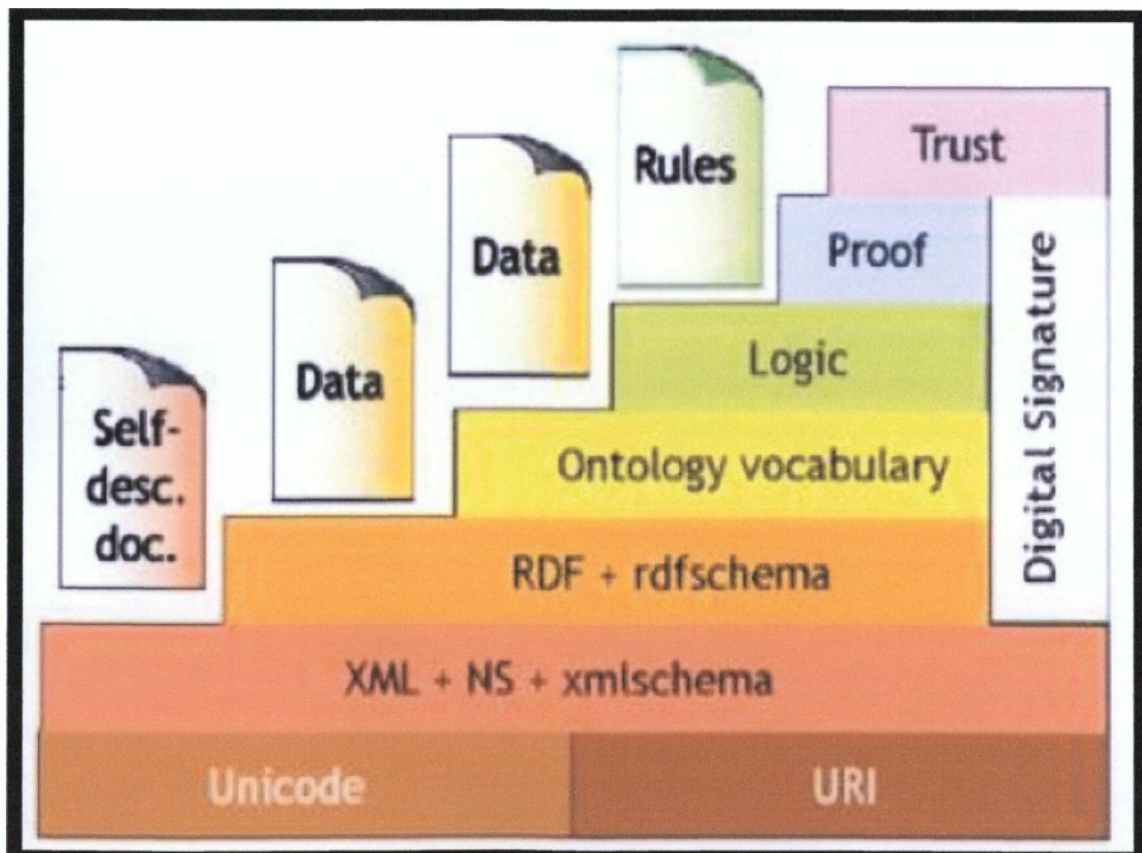
---

<sup>33</sup> Chance, S., (2009). Semantic Service Oriented Architecture: An Overview.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ

Οι βασικές τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού αντιστοιχούν σε ένα σύνολο διαβαθμισμένων προδιαγραφών, μεταξύ των οποίων ξεχωρίζουν το Resource Description Framework (RDF), το RDF Schema και η Web Ontology language (OWL). Όλα αυτά τα πρότυπα κτίστηκαν στα θεμέλια των URIs, XML, και XML namespaces. Στο σχήμα 3 που ακολουθεί σκιαγραφείται παραστατικά η διαστρωμάτωση των τεχνολογιών πάνω στις οποίες κτίζεται και αναπτύσσεται ο Σημασιολογικός Ιστός όπως προτάθηκε από τον Tim Berners-Lee :



Σχήμα 3. Η διαστρωμάτωση πρωτοκόλλων και τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού.

Ο Σημασιολογικός Ιστός θεμελιώνεται πάνω στην υφιστάμενη υποδομή του Παγκόσμιου Ιστού: (i) στο πρωτόκολλο HTTP για τη μεταφορά της πληροφορίας, (ii) στα URIs (Uniform Resource Identifiers) για την ονοματολογία και ταυτοποίηση των πόρων του Διαδικτύου και (iii) στην κωδικοποίηση Unicode για καθολική προσπέλαση της πληροφορίας. Επιπλέον, θεμελιώνεται πάνω στην XML, η οποία επιτρέπει τη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και εφαρμογών.

Πάνω στα δύο προηγούμενα βασικά επίπεδα τεχνολογιών, ο Σημασιολογικός Ιστός προσθέτει άλλα πέντε, ορισμένα από τα οποία έχουν ήδη υλοποιηθεί ενώ κάποια άλλα βρίσκονται στο στάδιο της υλοποίησης<sup>34</sup>. Το τρίτο κατά σειρά επίπεδο αναφέρεται στη γλώσσα RDF (Resource Description Framework), η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως η πρώτη τεχνολογία που αναπτύχθηκε εξ' αρχής για το Σημασιολογικό Ιστό. Η RDF αποτελεί το θεμέλιο για την επεξεργασία μεταδεδομένων (metadata). Παρέχει τη δυνατότητα διαλειτουργικότητας (interoperatation) μεταξύ εφαρμογών που ανταλλάσσουν πληροφορίες στον Παγκόσμιο Ιστό.

Η RDF Schema καθορίζει μια απλή γλώσσα βασισμένη στην RDF για να συμπεριλάβει τις έννοιες των κλάσεων, των ιδιοτήτων, των συσχετίσεων μεταξύ κλάσεων και μεταξύ ιδιοτήτων καθώς και των περιορισμών στο πεδία ορισμού και τιμών (domain/range) των ιδιοτήτων. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η RDF και RDF Schema κωδικοποιούνται με XML σύνταξη, χωρίς να εφαρμόζουν αναγκαστικά τη δενδρική δομή της XML.

Στο τέταρτο επίπεδο συναντάμε τις οντολογίες, των οποίων η σημασία είναι θεμελιώδης για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού. Η λογική (logic) τοποθετείται στο αμέσως επόμενο επίπεδο, αν και πολλοί ερευνητές την εντάσσουν στο επίπεδο των οντολογιών. Με την εφαρμογή της λογικής, μπορεί να εξαχθεί νέα γνώση από την ήδη υπάρχουσα και ρητά δηλωμένη πληροφορία. Τέλος, στα δύο ανώτερα επίπεδα βρίσκονται η τεκμηρίωση (proof) και η εμπιστοσύνη (trust). Τα

<sup>34</sup> Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila O., (2001). The Semantic Web. Scientific American, pp. 34-43.



επίπεδα αυτά καλύπτουν την ανάγκη για έλεγχο της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των δηλώσεων που γίνονται στο Σημασιολογικό Ιστό. (Berners-Lee et al., 2001)

### 3.2 UNIFORM RESOURCE IDENTIFIER (URI) / UNICODE

Τα URIs (Berners-Lee et al., 2005) παίζουν θεμελιώδη ρόλο στον Παγκόσμιο Ιστό και αποτελούν το τμήμα που πολύ δύσκολα θα αλλάξει στο μέλλον<sup>35</sup>, αν ο Παγκόσμιος Ιστός θέλει να διατηρήσει τη συνοχή του. Δεν είναι τίποτα άλλο από μια ακολουθία χαρακτήρων η οποία χρησιμοποιείται με ενιαίο (uniform) τρόπο ως αναγνωριστικό (identifier) για την ταυτοποίηση αντικειμένων ή πόρων (resources) στον Παγκόσμιο Ιστό. Ένα URI μπορεί να αποδοθεί σε οτιδήποτε και οτιδήποτε έχει κάποιο URI μπορεί να θεωρηθεί πως είναι κομμάτι του Παγκόσμιου Ιστού.

Οι πιο γνωστές κατηγορίες URIs είναι το Uniform Resource Locator (URL) και το Uniform Resource Name (URN). Με τον όρο URL αναφερόμαστε στο υποσύνολο των URIs τα οποία αποδίδουν ένα αναγνωριστικό σε κάποιο πόρο προσδιορίζοντας παράλληλα και τον τρόπο προσπέλασής του. Το URN λειτουργεί ως απλό αναγνωριστικό όνομα ενός πόρου (όπως το όνομα ενός ανθρώπου) χωρίς να προσδιορίζει που βρίσκεται και τον τρόπο προσπέλασής του. Εξακολουθεί να παραμένει μοναδικό και αμετάβλητο<sup>36</sup> ακόμα και όταν ο πόρος που περιγράφει δεν υφίσταται ή δεν είναι διαθέσιμος πλέον (Cardoso, 2007).

---

<sup>34</sup> Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila O., (2001). The Semantic Web. Scientific American, pp. 34-43.

<sup>36</sup> Cardoso, J. and Sheth, A. P., (2006). Semantic Web Services, Processes and Applications. Springer.

### 3.3 EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (XML)

Στο σημερινό Παγκόσμιο Ιστό η HTML (Hypertext Markup Language) αποτελεί την καθιερωμένη γλώσσα με την οποία γράφονται οι ιστοσελίδες (Musciano, 2007). Η HTML έχει προέλθει από την SGML (Standard Generalized Markup Language), ένα διεθνές πρότυπο που προσδιορίζει μεθόδους αναπαράστασης της πληροφορίας ανεξάρτητες από συγκεκριμένα συστήματα και συσκευές<sup>37</sup>, οι οποίες την καθιστούν αναγνώσιμη από ανθρώπους και μηχανές (SGML, 1997). Η SGML αποτελεί ένα εκτεταμένο, πολύ ισχυρό αλλά ταυτόχρονα και ιδιαίτερα πολύπλοκο πρότυπο. Η πολυπλοκότητά της αυτή κατέστησε ανέφικτη την εφαρμογή της στον Παγκόσμιο Ιστό, ο οποίος τουλάχιστον τα πρώτα χρόνια απαιτούσε εύκολα και γρήγορα υλοποιήσιμα πρότυπα. Κάτω από τη λογική αυτή προέκυψε η HTML, ως μια πολύ απλοποιημένη εκδοχή της SGML. Με την αλματώδη εξέλιξη του Παγκόσμιου Ιστού, σύντομα η απλότητα της HTML από προτέρημα μετατράπηκε σε μειονέκτημα, αφού δε μπορούσε να υποστηρίξει τις αυξημένες απαιτήσεις των σύγχρονων εφαρμογών του. Η απάντηση στο πρόβλημα αυτό ακούει στο όνομα eXtensible Markup Language<sup>38</sup> (XML) και προτάθηκε από το W3C στα τέλη του 1996 (XML, 2008).

Η έκδοση XML 1.0 (1998) είναι σε μέγεθος μικρότερη από το ένα δέκατο του προτύπου SGML. Ωστόσο, διατηρεί πολλά από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της SGML, όπως είναι η επεκτασιμότητα, η δομή και η εγκυρότητα. Σχεδιάστηκε για να συνεργάζεται λειτουργικά με την SGML και την HTML, ξεπερνώντας τις αδυναμίες και των δύο αυτών προτύπων. Αν και η XML είναι ένα εξαιρετικά λειτουργικό υποσύνολο της SGML, δε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελεί γλώσσα σήμανσης (markup language) με την αυστηρή έννοια του όρου. Για την ακρίβεια,

---

<sup>37</sup> SGML, (1997). Overview of SGML Resources. W3C.

<sup>38</sup> XML, (2008). Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). W3C Recommendation.

αποτελεί μια μεταγλώσσα (meta-language) που επιτρέπει τη σχεδίαση και την υλοποίηση άλλων γλωσσών σήμανσης.

Με τη χρήση της XML μπορεί να δημιουργηθεί ένα πλήθος παραγώγων της γλώσσας με σκοπό να καλύψουν εξειδικευμένες ανάγκες σε οποιοδήποτε πεδίο, από τα Μαθηματικά (MatML) και την Αστρονομία (AML) μέχρι τη διαχείριση ειδήσεων (NewsML) και τις επενδύσεις (IRML). Ο βασικός στόχος της XML είναι να περιγράψει τη δομή ενός εγγράφου (document) αποδίδοντας σημασιολογικούς χαρακτηρισμούς στα περιεχόμενά του μέσω ενός απλού λεξιλογίου (vocabulary), χωρίς να εμπλέκεται καθόλου στον τρόπο παρουσίασής του. Ο τρόπος παρουσίασης ενός εγγράφου επιτελείται από συμπληρωματικές τεχνολογίες όπως η CSS<sup>39</sup> (Cascading Style Sheet) και η XSL (XML Style Language)<sup>40</sup>, οι οποίες επιτρέπουν την προβολή του με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους χωρίς να επηρεάζουν το αρχικό περιεχόμενο του XML αρχείου (XSLT, 1999; CSS, 2009).

Ένα αρχείο XML δεν είναι παρά ένα απλό αρχείο κειμένου που ακολουθεί μια αυστηρή και σαφώς προσδιορισμένη δομή, αποτελώντας κατ' αυτόν τον τρόπο μια αυτόνομη και αυτοπεριγραφόμενη οντότητα η οποία είναι εύκολα αναγνώσιμη και επεξεργάσιμη τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανές. Η XML (όπως και η HTML) χρησιμοποιεί ετικέτες (tags) και ιδιότητες ή γνωρίσματα (attributes) για την περιγραφή του περιεχομένου ενός εγγράφου. Οι ετικέτες είναι λέξεις μέσα σε γωνιακές αγκύλες '<' και '>', οι οποίες επισημαίνουν και προσδιορίζουν τα διάφορα τμήματα του XML εγγράφου. Η XML επιτρέπει την απόδοση ονομάτων στις ετικέτες χωρίς περιορισμούς, σε αντίθεση με την HTML όπου οι ετικέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι αυστηρά προκαθορισμένες. Η HTML χρησιμοποιεί ένα περιορισμένο σύνολο από ετικέτες (περίπου 80) των οποίων η σημασία είναι προκαθορισμένη και προσδιορίζουν συνήθως τον τρόπο με τον οποίο θα εμφανίζεται το έγγραφο σε έναν φυλλομετρητή (web browser). Η XML χρησιμοποιεί ετικέτες μόνο για να περιγράψει και να προσδιορίσει τμήματα ενός εγγράφου (δεδομένα), αφήνοντας την ερμηνεία τους στην εφαρμογή που τα διαβάζει, διαχωρίζοντας

---

<sup>39</sup> CSS, (2009). Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification. W3C Candidate.

<sup>40</sup> XSLT, (1999). XSL Transformations (XSLT) Version 1.0. W3C Recommendation.

ταυτόχρονα, όπως αναφέραμε στα προηγούμενα, τα δεδομένα από τον τρόπο παρουσίασης τους.

Ένας μηχανισμός που συμβάλλει στην επεκτασιμότητα της XML και βοηθάει στον προσδιορισμό των στοιχείων ενός εγγράφου XML είναι οι Χώροι Ονομάτων<sup>41</sup> (XML Namespaces, 2006).

Προσδιορίζοντας τα namespaces που χρησιμοποιεί ένα έγγραφο αποφεύγεται η σύγχυση από συνώνυμα στοιχεία και ιδιότητες. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στον καθένα να επεκτείνει τη γλώσσα καθορίζοντας δικές του ετικέτες - υπάγοντας τις κάτω από ένα καινούριο namespace-, χωρίς να υπάρχει πρόβλημα σύγχυσης ή ταύτισης με ονόματα ετικετών που ήδη χρησιμοποιούνται. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα προθέματα (prefixes) αντιστοιχίζεται κάθε στοιχείο ή ιδιότητα σε ένα λεξιλόγιο (vocabulary).

Έτσι είναι δυνατός ο συνδυασμός περισσότερων του ενός διαφορετικών λεξιλογίων στο ίδιο έγγραφο και παράλληλα επιτρέπεται ο τεμαχισμός του κάθε εγγράφου σε ένα σύνολο επαναχρησιμοποιήσιμων και επεκτάσιμων τμημάτων κώδικα. Για τη δήλωση των namespaces χρησιμοποιούνται τα URIs τα οποία μοναδικά έναν πόρο στον Παγκόσμιο Ιστό.

Η XML αναγνωρίζει δύο κατηγορίες εγγράφων:

- τα ορθά μορφοποιημένα (wellformed) και
- τα έγκυρα (valid).

Για να μπορεί να χαρακτηριστεί ένα XML έγγραφο σαν ορθά μορφοποιημένο πρέπει να ακολουθεί αυστηρά και πιστά όλους τους συντακτικούς κανόνες της γλώσσας. Για παράδειγμα, δεν πρέπει να υπάρχουν επικαλυπτόμενα στοιχεία, όλα τα στοιχεία πρέπει να έχουν ετικέτες κλεισίματος, πρέπει να τηρείται η case-sensitive ονοματολογία των ετικετών κ.ο.κ. Σε αυτή τη περίπτωση το έγγραφο μπορεί να διαβαστεί και να επεξεργαστεί απ' ευθείας από διάφορα προγράμματα συντακτικής

---

<sup>41</sup> XML Namespaces, (2006). Namespaces in XML 1.0 (Second Edition). W3C Recommendation.

ανάλυσης κειμένου (parsers) και εφαρμογές λογισμικού, επιτρέποντας την αυτόματη ανάλυση της δομής του και την επεξεργασία των δεδομένων που περιέχει.

Για να χαρακτηριστεί ένα XML έγγραφο έγκυρο, πρέπει να υπακούει σε πιο αυστηρούς κανόνες. Δεν αρκεί να ακολουθεί τους συντακτικούς κανόνες της XML. Πρέπει επιπλέον η δομή και σύνθεση των στοιχείων του να συμμορφώνεται με ένα συγκεκριμένο πρότυπο, μια μοναδική και σαφώς προσδιορισμένη δομή, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Υπάρχουν πολλά εργαλεία, είτε με τη μορφή αυτόνομων εφαρμογών είτε σαν διαδικτυακά εργαλεία (online tools), που μπορούν να ελέγξουν αν ένα έγγραφο XML είναι ορθά μορφοποιημένο ή έγκυρο (όπως ο MSXML της Microsoft, ο Xerces της Apache, ο JAXP της Sun Microsystems, κλπ).

### 3.4 XML SCHEMA (XMLS)

Η γλώσσα XML Schema, που αναφέρεται και ως XML Schema Definition (XSD, 2009), προσδιορίζει τη δομή ενός XML αρχείου, όπως ακριβώς και ένα DTD. Συγκεκριμένα, ένα XML Schema είναι ένα έγγραφο που ακολουθεί την XML σύνταξη και προσδιορίζει πλήρως τα στοιχεία (elements) και τις ιδιότητες (attributes) που μπορεί να περιέχει ένα XML έγγραφο, τη σειρά που θα εμφανίζονται, κανόνες στους οποίους θα πρέπει να συμμορφώνεται το περιεχόμενό τους καθώς και κάποιους πιο σύνθετους περιορισμούς που τα DTDs δεν μπορούν να προσφέρουν. Τα XML Schemas, επιτρέπουν στο χρήστη να ορίσει δικούς του τύπους δεδομένων, επιπλέον αυτών που ήδη υπάρχουν στο σύστημα τύπων XSD. Η χρήση των DTDs, αν και είναι ευρέως διαδεδομένη λόγω της ενσωμάτωσής τους στο πρότυπο XML 1.0, εμφανίζει κάποιους περιορισμούς, όπως:

- Δεν υποστηρίζει μερικά από τα νεότερα χαρακτηριστικά της XML, με σημαντικότερο από αυτά τους Χώρους Ονομάτων (namespaces).

- Προσφέρει περιορισμένη δυνατότητα έκφρασης κανόνων και περιορισμών.
- Χρησιμοποιεί σύνταξη διαφορετική από την XML, όπως κληρονομήθηκε από την SGML.

Τα τελευταία χρόνια τα DTDs έχουν αρχίσει σταδιακά να αντικαθίστανται από τα πιο ευέλικτα και αποτελεσματικά XML Schemas. Σ' ένα XML Schema μπορούν να ορισθούν στοιχεία απλού (simple type elements) και σύνθετου τύπου (complex type elements). Ένα στοιχείο απλού τύπου μπορεί να περιέχει μόνο κείμενο (δεδομένα), ενώ δε μπορεί να περιέχει άλλα στοιχεία ή ιδιότητες. Το κείμενο αυτό μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, για παράδειγμα κάποιος προκαθορισμένος τύπος από το namespace xsd (boolean, string, integer, date, κλπ.) ή ένας τύπος οριζόμενος από το χρήστη (user defined type). Στα στοιχεία απλού τύπου μπορούν να ορισθούν προκαθορισμένες (default) ή να δοθούν σταθερές (fixed) τιμές. Επίσης, μπορούν να ορισθούν περιορισμοί (facets) για κάποιον τύπο δεδομένων, ώστε να ελέγχονται οι επιτρεπόμενες τιμές που μπορεί να πάρει, καθώς και να απαιτηθεί τα δεδομένα να ταιριάζουν με ένα συγκεκριμένο πρότυπο (pattern).

- Τα στοιχεία σύνθετου τύπου μπορούν να περιέχουν άλλα στοιχεία ή/και ιδιότητες. Υπάρχουν τεσσάρων ειδών στοιχεία σύνθετου τύπου: κενά στοιχεία, στοιχεία που περιέχουν μόνο άλλα στοιχεία ή μόνο κείμενο ή και τα δύο. Καθένα από αυτά τα είδη μπορεί να περιέχει και ιδιότητες. Όλες οι ιδιότητες δηλώνονται ως απλοί τύποι δεδομένων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η σύνταξη:

```
<attribute name="..." type="..." />.
```

Παρόμοια με τα simple types, έτσι και τα complex types μπορούν να οριστούν ως ανεξάρτητες οντότητες με τη σύνταξη:

```
<complexType name="x_name"> ... </complexType>.
```

### 3.5 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΠΟΡΩΝ – RESOURCE DESCRIPTION

Το επόμενο στρώμα του σημασιολογικού ιστού αποτελούν οι γλώσσες Resource Description Framework (RDF) και RDF Schema (RDFS)<sup>42</sup> οι οποίες βασίζονται πάνω στους συντακτικούς - και όχι μόνο - κανόνες που προσφέρει η XML και τα πρότυπά της (Powers, 2003).

Το εν λόγω στρώμα αποτελεί ουσιαστικά τον ακρογωνιαίο λίθο του Σημασιολογικού Ιστού, πάνω στο οποίο χτίζονται οι γλώσσες οντολογιών όπως επίσης και οι ανώτερες λειτουργίες του (Logic, Proof και Trust). Η RDF καταχρηστικά θεωρείται γλώσσα αφού στην ουσία δεν είναι τίποτα άλλο από ένα μοντέλο δεδομένων (data model) το οποίο σχεδιάστηκε κυρίως για την αναπαράσταση μεταδεδομένων (metadata) που αφορούν τους πόρους (resources) του Διαδικτύου καθώς και των σχέσεων μεταξύ των πόρων αυτών. Η σχεδίαση της RDF αποσκοπεί στην εύκολη και αποδοτική επεξεργασία των πληροφοριών από τις μηχανές και όχι απλά στην κατανόησή τους από τους ανθρώπους. Η RDF παρέχει ένα κοινό πλαίσιο για την περιγραφή αυτών των πληροφοριών ώστε να είναι εφικτή η ανταλλαγή τους μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών χωρίς παρερμηνείες και ανακρίβειες. Η δυνατότητα αυτή καθιστά τις πληροφορίες διαθέσιμες και σε άλλες εφαρμογές, διαφορετικές από αυτές για τις οποίες είχαν αρχικά κατασκευαστεί.

Επιπλέον, καθώς είναι ένα κοινό πλαίσιο δίνεται η ευχέρεια στους δημιουργούς εφαρμογών να αξιοποιήσουν τη διαθεσιμότητα κοινών εργαλείων αναζήτησης και επεξεργασίας πληροφοριών κωδικοποιημένων σε RDF.

#### *Μοντέλο δεδομένων RDF*

Το μοντέλο δεδομένων της RDF (Daconta, 2003) θεμελιώνεται πάνω στις τρεις παρακάτω βασικές έννοιες: Πόροι (Resources), Ιδιότητες (Properties) και Δηλώσεις (Statements).

---

<sup>42</sup> Powers, S., (2003). Practical RDF. O'Reilly.

- **Πόροι:** Οτιδήποτε μπορεί να περιγραφεί με RDF δηλώνεται ονομάζεται πόρος. Κάθε πόρος διαθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό URI (Uniform Resource Identifier). Για παράδειγμα πόρος θα μπορούσε να είναι μια ολόκληρη σελίδα ή ένα μέρος της (π.χ. ένα XML στοιχείο). Επίσης πόρος θα μπορούσε να είναι και κάτι που δεν είναι άμεσα προσπελάσιμο από τον Παγκόσμιο Ιστό.
- **Ιδιότητες:** Ο κάθε πόρος περιγράφεται από κάποιες ιδιότητες (properties) και οι ιδιότητες αυτές παίρνουν τιμές ενός τύπου δεδομένων (π.χ. ακέραιο, δεκαδικό, συμβολοσειρά). Κάθε ιδιότητα έχει μια συγκεκριμένη σημασία, προσδιορίζει τους τύπους πόρων που μπορεί να περιγράψει και τη συσχέτισή της με τις άλλες ιδιότητες.
- **Δηλώσεις:** Ένας συγκεκριμένος πόρος μαζί με μια ιδιότητά του και μια τιμή για αυτήν την ιδιότητα ορίζει μια RDF δήλωση (statement). Τα τρία προηγούμενα τμήματα, που συνιστούν μια RDF δήλωση, ονομάζονται υποκείμενο (subject), κατηγορημα (predicate) και αντικείμενο (object) αντίστοιχα. Το αντικείμενο μιας δήλωσης μπορεί να είναι ένας άλλος πόρος, ένα literal ή κάποιος στοιχειώδης τύπος δεδομένων όπως ορίζεται από την XML. Σύμφωνα με την ορολογία της RDF ένα literal μπορεί να έχει XML περιεχόμενο αλλά δε θα πρέπει να υπόκειται σε περαιτέρω επεξεργασία από την RDF.

Η RDF είναι μια γλώσσα που παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες της, με την απλή δημιουργία δηλώσεων, να περιγράφουν οποιοδήποτε πόρο χρησιμοποιώντας το δικό τους λεξιλόγιο (vocabulary). Η RDF δεν κάνει καμία υπόθεση για κάποιο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής (application domain), ούτε προσάπτει σημασιολογία σε κανένα απ' αυτά. Η απόδοση σημασιολογίας γίνεται από το χρήστη με τη βοήθεια της RDF Schema.



### 3.6 RDF SCHEMA

Η RDF παρέχει ένα πολύ απλό αλλά ταυτόχρονα ισχυρό μοντέλο για την αναπαράσταση της πληροφορίας η οποία εν τέλει ανάγεται στην περιγραφή ορισμένων URI και των συσχετίσεών τους, χωρίς να αποδίδεται συγκεκριμένο νόημα (σημασιολογία) σε κάθε URI. Λύση στο πρόβλημα του προσδιορισμού της σημασιολογίας των URI παρέχουν τα σχήματα (schemata) και οι οντολογίες (ontologies). Σκοπός τους είναι να περιγράψουν τη σημασία και τις συσχετίσεις των όρων που αναγνωρίζονται από τα URI. Αυτή η περιγραφή (πού γίνεται επίσης σε RDF) δίνει τη δυνατότητα στα υπολογιστικά συστήματα να χρησιμοποιούν τους διάφορους όρους πιο εύκολα και αποδοτικά και να αναγνωρίζουν τις πιθανές συσχετίσεις μεταξύ τους.

Η RDF Schema, δημιούργημα της W3C, παρέχει τη δυνατότητα ορισμού των στοιχείων<sup>43</sup> που χρησιμοποιούνται στην RDF. Παρέχει ένα λεξιλόγιο (vocabulary) για την περιγραφή κλάσεων και ιδιοτήτων RDF πόρων εισάγοντας κάποια σημασιολογία σχετικά με την ιεραρχία και τις συσχετίσεις τους. Αυτή η απόδοση σημασιολογίας αποτελεί όπως προαναφέραμε και τον απώτερο στόχο του σημασιολογικού δικτύου, καθιστώντας εφικτή την επεξεργασία της πληροφορίας και τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων αυτόματα από τα υπολογιστικά συστήματα. Η RDFS είναι ουσιαστικά ένα έγγραφο που ορίζει ένα μοντέλο τύπων δεδομένων (data-typing model) για ένα RDF έγγραφο. (RDFS, 2004)

Πιο αναλυτικά, η γλώσσα RDFS στηρίζεται σε κλάσεις (classes) που ουσιαστικά είναι δομές παρόμοιων αντικειμένων και για το λόγο αυτό διαθέτει πολλές ομοιότητες με τις αντικειμενοστραφείς (object-oriented) γλώσσες όπως είναι η Java, η C++ και η C#. Όπως και στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, η κάθε κλάση στην RDFS έχει χαρακτηριστικά που λέγονται ιδιότητες (properties), μπορεί να κληρονομήσει τα χαρακτηριστικά της δημιουργώντας υποκλάσεις (subclasses) και κατά συνέπεια μια δομή ιεραρχίας μεταξύ των κλάσεων. Επιπρόσθετα, μπορούν να ορισθούν σχέσεις

<sup>43</sup> RDFS, (2004). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. W3C Recommendation.

(relationships) μεταξύ των κλάσεων, να δημιουργηθούν αντικείμενα (objects-instances) των κλάσεων αυτών, ακόμα και να επιβληθούν περιορισμοί που σχετίζονται με το πεδίο ορισμού (domain) ή το πεδίο τιμών (range) των ιδιοτήτων αυτών, που ουσιαστικά δηλώνουν ποιες κλάσεις μπορεί να δεχτεί σαν υποκείμενο ή σαν αντικείμενο (αντίστοιχα) η κάθε μια από αυτές τις ιδιότητες.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι παρ' όλες τις ομοιότητες της RDFS με τις αντικειμενοστραφείς γλώσσες, υπάρχουν και σημαντικές διαφορές. Στις περισσότερες αντικειμενοστραφείς γλώσσες, όταν ορίζουμε μια κλάση, οι ιδιότητες (attributes) της κλάσης ορίζονται ταυτόχρονα. Στην RDFS ακολουθείται μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Ορίζουμε τις κλάσεις και τις ιδιότητες ανεξάρτητα και στη συνέχεια ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών μας τις συσχετίζουμε μεταξύ τους. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι οποιοσδήποτε, οπουδήποτε και όποτε το θελήσει μπορεί να δημιουργήσει μια ιδιότητα<sup>44</sup> και να τη συσχετίσει με μια συγκεκριμένη κλάση. (RDFS, 2004).

Τα βασικότερα συστατικά της γλώσσας RDFS στα μπορούμε να αρκαστούμε στις δύο κατηγορίες θεμελιωδών εννοιών, είναι οι Κλάσεις πυρήνα και οι Ιδιότητες πυρήνα.

#### *Κλάσεις πυρήνα*

- **Rdfs:Resource:** Όλα τα αντικείμενα που περιγράφονται από RDF δηλώσεις ονομάζονται πόροι (resources) και αποτελούν στιγμιότυπα της κλάσης rdfs:Resource.
- **Rdfs:Class:** Η συγκεκριμένη κλάση είναι παρόμοια με την έννοια της κλάσης στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Οι RDF κλάσεις μπορεί να ορισθούν έτσι ώστε να αναπαριστούν οτιδήποτε, όπως ιστοσελίδες, ανθρώπους, τύπους εγγράφων, βάσεις δεδομένων, ακόμα και αφηρημένες έννοιες.
- **Rdf:Property:** Η κλάση αυτή αναπαριστά το υποσύνολο των RDF πόρων που είναι ιδιότητες.

<sup>44</sup> RDFS, (2004). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. W3C Recommendation.

### Ιδιότητες πυρήνα

Αποτελούν στιγμιότυπα της κλάσης `Rdf:Property` και παρέχουν ένα μηχανισμό περιγραφής συσχετίσεων μεταξύ κλάσεων και των στιγμιότυπων τους ή των υπερκλάσεών τους.

- **Rdf:type** : Δηλώνει ότι ένας πόρος είναι μέλος μιας κλάσης, κληρονομώντας όπως είναι επόμενο και όλα τα χαρακτηριστικά της κλάσης αυτής. Η τιμή μιας `rdf:type` ιδιότητας για κάποιον πόρο είναι ένας άλλος πόρος ο οποίος πρέπει να αποτελεί στιγμιότυπο της κλάσης `Rdfs:Class`.
- **subClassOf**: Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μια κλάση είναι υποκλάση κάποιας άλλης, με τη δυνατότητα πολλαπλής κληρονομικότητας, υπό την έννοια ότι αν μια κλάση είναι υποκλάση μιας άλλης η οποία είναι υποκλάση μιας τρίτης κλάσης, τότε και η πρώτη είναι υποκλάση της τρίτης κλάσης.
- **Rdfs:subPropertyOf**: Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μια ιδιότητα είναι υποιδιότητα μιας άλλης ιδιότητας κατά τον ίδιο τρόπο και ακολουθώντας τους ίδιους μηχανισμούς κληρονομικότητας με την περίπτωση που μια κλάση είναι υποκλάση μιας άλλης κλάσης. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ιδιότητα αυτή δε συναντάται στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό που περιορίζεται σε κληρονομικότητες μόνο μεταξύ κλάσεων και όχι μεταξύ ιδιοτήτων.
- **Rdfs:seeAlso**: Η ιδιότητα αυτή προσδιορίζει έναν πόρο ο οποίος παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες για τον πόρο – υποκείμενο της RDF έκφρασης.
- **Rdfs:isDefinedBy**: Αποτελεί υποιδιότητα της ιδιότητας `Rdfs:seeAlso` και δηλώνει τον πόρο που περιέχει τον ορισμό του τρέχοντος πόρου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

## 4.1 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ

Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορούμε να εντοπίσουμε πάρα πολλούς ορισμούς για το τι είναι η οντολογία. Ανάμεσα στους ορισμούς που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη των υπολογιστών, αυτός που φαίνεται να ξεχωρίζει και χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους περισσότερους ερευνητές, είναι αυτός που προτάθηκε από το Studer et al. (1998):

*«An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization»*

Στον ορισμό αυτό ο όρος «conceptualization» αναφέρεται στο σύνολο των αντικειμένων, των εννοιών και των άλλων οντοτήτων που υπάρχουν σε μια περιοχή ενδιαφέροντος και των μεταξύ τους σχέσεων<sup>45</sup>. Δηλώνει ουσιαστικά μια αφηρημένη απλοποιημένη εικόνα του πεδίου που επιθυμούμε να αναπαραστήσουμε για κάποιο σκοπό και δεν αποτελεί την τελική μορφή αναπαράστασης που θα ενσωματωθεί σε ένα σύστημα λογισμικού, αλλά ένα πιο αφηρημένο μοντέλο που χρησιμοποιείται στα πρώτα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης λογισμικού και διατηρείται ανεξάρτητα από το ίδιο το λογισμικό. Ο προσδιορισμός «explicit» δηλώνει ότι η οντολογία είναι ξεκάθαρα σαφής, γιατί οι διάφορες έννοιες που χρησιμοποιούνται και οι περιορισμοί στη χρήση τους ορίζονται ξεκάθαρα και με σαφήνεια αντί να ορίζονται έμμεσα στο λογισμικό. Ο όρος «shared» αναφέρεται στο ότι η οντολογία πρέπει να αποτυπώνει γνώση κοινής αποδοχής στα πλαίσια μιας κοινότητας χρηστών. Τέλος, μια οντολογία προσδιορίζεται ως τυπική (formal) γιατί πρέπει να μπορεί να διαβαστεί από μηχανές.

Οι οντολογίες κατέχουν εξέχουσα θέση στον αναδυόμενο Σημασιολογικό Ιστό, καθώς παρέχουν τη δυνατότητα απόδοσης σημασιολογικού περιεχομένου στη διακινούμενη πληροφορία και κάνουν εφικτή την εκμετάλλευση αυτής της σημασιολογίας από «έξυπνα» προγράμματα εφαρμογών και πράκτορες λογισμικού (software agents). Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν οντολογίες μπορούν να χαρακτηρισθούν ως «έξυπνες», με την έννοια ότι η επεξεργασία της πληροφορίας

<sup>45</sup> Studer, R., Benjamins, V.R., and Fensel, D., (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering, 25 (1-2), pp. 161- 197.

προσεγγίζει σε κάποιο βαθμό την επεξεργασία σε ανθρώπινο εννοιολογικό επίπεδο. Σ' αυτό το πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού, μπορούμε να πούμε ότι μια οντολογία ορίζεται ως το σύνολο των όρων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση ενός πεδίου γνώσης, με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει την ενιαία κατανόηση των εννοιών και των σχέσεών τους, παραγκωνίζοντας το πρόβλημα των διαφορετικών όρων (terminology) που πιθανώς να χρησιμοποιούνται από διαφορετικές εφαρμογές.

## 4.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ

Μία οντολογία, σύμφωνα με το βαθμό της τυπικότητας (formality)<sup>46</sup> της αναπαράστασής της, μπορεί να χαρακτηριστεί (Taniar & Rahayu, 2006):

- Άτυπη (highly informal): εκφρασμένη δηλαδή σε μια φυσική γλώσσα. Μια άτυπη οντολογία περιέχει ένα σύνολο τύπων, οι οποίοι είτε δεν είναι ορισμένοι είτε περιγράφονται σε φυσική γλώσσα.
- Ημι-άτυπη (semi-informal): διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας. Στην κατηγορία αυτή συναντούμε χαλαρές οντολογικές δομές όπως είναι οι ταξινομίες (taxonomies).
- Ημι-τυπική (semi-formal): εκφρασμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα.
- Αυστηρά τυπική (rigorously formal): εκφρασμένη σε μια γλώσσα βασισμένη στη λογική (first order logics) με αυστηρή σημασιολογία, θεωρήματα και μηχανισμούς αποδείξεων.

---

<sup>46</sup> Taniar, D. and Rahayu, J.W., (2006). Web Semantics Ontology. IDEA Group Publishing.

Μια διαφορετική ταξινόμηση των οντολογιών<sup>47</sup> έχει προταθεί από τους Gomez-Perez & Benjamins (1999):

- Οντολογίες ανωτέρου επιπέδου (upper-level or foundation ontologies): Ορίζουν τις βασικές έννοιες πάνω στις οποίες θα στηριχθούν για τη δημιουργία τους άλλες οντολογίες. Περιγράφουν για παράδειγμα θεμελιώδεις έννοιες όπως ο χώρος, ο χρόνος, η ύλη, το αντικείμενο κλπ, οι οποίες δε σχετίζονται με κάποιο συγκεκριμένο πεδίο ή εφαρμογή.
- Οντολογίες πεδίου και οντολογίες έργου (domain & task ontologies): Αποτελούν την πιο συχνή μορφή οντολογιών και περιέχουν τις έννοιες και την απαραίτητη ορολογία που περιγράφουν μια συγκεκριμένη γνωστική περιοχή (π.χ. Φυσική) ή μια συγκεκριμένη δραστηριότητα ή εργασία (π.χ. πώληση).
- Οντολογίες εφαρμογών (application ontologies): Περιγράφουν έννοιες που εξαρτώνται τόσο από ένα ορισμένο πεδίο, όσο και από ένα έργο και συχνά αποτελούν εξειδικεύσεις και των δύο σχετικών οντολογιών.

#### 4.3 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ

Οι λόγοι, για τους οποίους είναι χρήσιμη η ανάπτυξη μιας οντολογίας, είναι αρκετοί και ιδιαίτερα σημαντικοί, ανάμεσα στους οποίους ξεχωρίζουμε τους παρακάτω:

- Διαμοιρασμός της κοινής αντίληψης της δομής της πληροφορίας ανάμεσα σε ανθρώπους ή υπολογιστικούς πράκτορες<sup>48</sup> (Musen, 1992; Gruber, 1993).

---

<sup>47</sup> Gomez-Perez, A. and Benjamins, V.R., (1999). Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Stockholm, Sweden.

- Επαναχρησιμοποίηση της πληροφορίας.
- δημιουργία ρητών υποθέσεων για κάθε γνωστικό τομέα.
- Διαχωρισμός της γνώσης του κάθε τομέα από τη λειτουργική γνώση (McGuinness & Wright, 1998).
- Ανάλυση της γνώσης<sup>49</sup> του κάθε τομέα (McGuinness et al., 2000).

Διάφορες θεωρίες αναπαράστασης της γνώσης (knowledge representation) και αντίστοιχες γλώσσες υπάρχουν για την ανάπτυξη και περιγραφή οντολογιών. Κάθε μια από αυτές παρόλο που διαθέτει διαφορετικά εν γένει δομικά στοιχεία, μοιράζεται με τις υπόλοιπες τα παρακάτω κοινά συστατικά στοιχεία:

- Κλάσεις (classes): Αποτελούν σαφείς και τυπικές περιγραφές εννοιών (με την ευρύτερη σημασία του όρου). Συναντώνται και με το όνομα έννοιες (concepts).
- Ιδιότητες (properties): Αναπαριστούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κλάσεων. Λέγονται επίσης slots ή roles.
- Σχέσεις (relations): Εκφράζουν τις συσχετίσεις ανάμεσα στις διάφορες κλάσεις της οντολογίας. Οι συσχετίσεις σε μια οντολογία είναι συνήθως δυαδικές. Το πρώτο και το δεύτερο όρισμα της σχέσης καλούνται, αντίστοιχα, domain και range της σχέσης.

---

<sup>48</sup> Musen, M.A., (1992). Dimensions of knowledge sharing and reuse. *Computers and Biomedical Research*, 25, pp. 435-467; Gruber, T. R., (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *International Journal of Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*, 5(2), pp. 199-220.

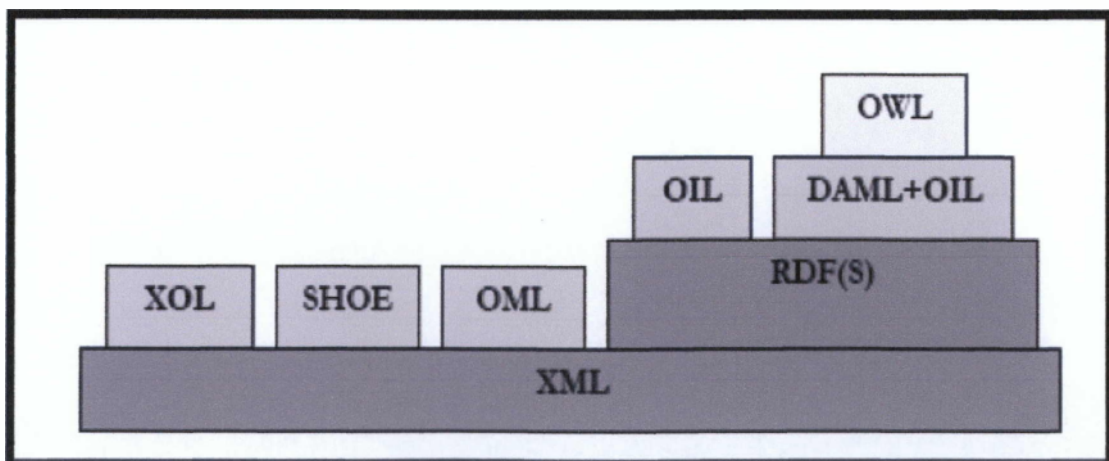
<sup>49</sup> McGuinness, D.L., Fikes, R., Rice, J. and Wilder, S., (2000). An Environment for Merging and Testing Large Ontologies. *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000)*. A.G. Cohn, F. Giunchiglia and B. Selman (editors). San Francisco, CA, Morgan Kaufmann Publishers.



- Αξιώματα (axioms): Χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντοτε αληθείς.
- Στιγμιότυπα (instances): Αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένα αντικείμενα ή αλλιώς στιγμιότυπα των κλάσεων.

Από το 1995 και μετά έγιναν πολλές προσπάθειες για να αναπτυχθούν γλώσσες σημασιολογικά ισχυρές οι οποίες δεν θα είχαν τους περιορισμούς της γλώσσας RDF/RDFS. Ανάμεσα σ' αυτές ξεχωρίζουμε τις: SHOE (Simple HTML Ontology Extensions), DARPA Agent Markup Language (DAML, <http://www.daml.org/>), Ontology Inference Layer (OIL) (Fensel et al., 2001) και DAML+OIL (DAML+OIL, 2001).

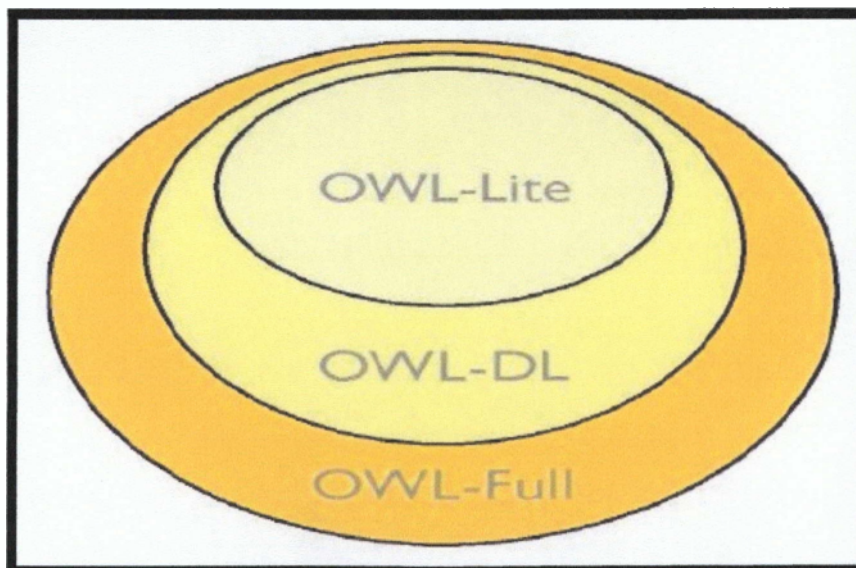
Οι περισσότερες από τις παραπάνω γλώσσες βασίζονται σε τεχνολογίες όπως η XML και η RDF/RDFS, δηλαδή χρησιμοποιούν δενδρικές δομές φωλιασμένων ετικετών (XML) και αναπαράσταση σημασιολογίας που κωδικοποιείται μέσω τριάδων της RDF. Στο σχήμα 4 δείχνεται παραστατικά η ιεραρχία των γλωσσών αναπαράστασης οντολογιών που βασίζονται στις τεχνολογίες XML και RDFS.



**Σχήμα 4.** Οι γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών

Το 2003, ξεκίνησε από το W3C η τελική προσπάθεια ενοποίησης των προηγούμενων γλωσσών σε μια πρότυπη γλώσσα οντολογιών με το όνομα Web Ontology Language (OWL, 2004). Η OWL περιέχει αρκετά στοιχεία από τις περισσότερες γλώσσες που έχουν προηγηθεί, αλλά η ανάπτυξη της γλώσσας στηρίχθηκε σε μεγάλο βαθμό πάνω στη γλώσσα DAML+OIL. Η σημαντική ομοιότητά της με την τελευταία αποτελεί ουσιαστικό πλεονέκτημα, καθώς τα υπάρχοντα εργαλεία της DAML+OIL μπορούν, σχετικά εύκολα, να τροποποιηθούν έτσι ώστε να την υποστηρίζουν.

Η γλώσσα OWL (Web Ontology Language) είναι η πιο εκφραστική γλώσσα που έχει αναπτυχθεί για την περιγραφή οντολογιών. Αποτελεί την τρέχουσα πρόταση του W3C ως γλώσσα περιγραφής οντολογιών και ταυτόχρονα την πιο δημοφιλή επιλογή για την περιγραφή οντολογιών μεταξύ των χρηστών του Παγκόσμιου Ιστού. Το Web Ontology Working Group του W3C έχει ορίσει την OWL ως τρεις διαφορετικές υπογλώσσες (OWL Lite, OWL DL και OWL Full), κάθε μια από τις οποίες αποσκοπεί στο να ικανοποιήσει διαφορετικές απαιτήσεις στην ανάπτυξη οντολογιών όπως φαίνεται στο σχήμα 5.



**Σχήμα 5.** Οι τρεις υπογλώσσες (sub-languages) της OWL.

Οι τρεις γλώσσες διαφέρουν ως προς την εκφραστικότητά τους και παρουσιάζονται από τη λιγότερο προς την περισσότερο εκφραστική. Κάθε μια απ' αυτές αποτελεί επέκταση της προηγούμενης στη σειρά γλώσσας.

- **OWL Lite:** Αποτελεί τη συντακτικά απλούστερη και λιγότερο εκφραστική εκδοχή της OWL. Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας σχετικά απλών ιεραρχιών κλάσεων (classification hierarchy) και επιβολής απλών περιορισμών (restrictions). Υποστηρίζει περιορισμούς πληθικότητας (cardinality), αλλά επιτρέπει τιμές μόνο 0 ή 1. Δεν επιτρέπει επίσης τις απαριθμημένες κλάσεις (enumerated classes) και τις δηλώσεις ασυμβατότητας (disjointness statements). Η OWL Lite είναι εύκολη στην εκμάθησή της από τους χρήστες και εύκολα υλοποιήσιμη από τους κατασκευαστές σχετικών εργαλείων.
- **OWL DL (Description Logics):** Υποστηρίζει τη μέγιστη εκφραστικότητα της OWL διατηρώντας: (α) υπολογιστική πληρότητα (computational completeness) και (β) εγγυημένη λήψη απόφασης (decidability). Ο όρος υπολογιστική πληρότητα αναφέρεται στο γεγονός ότι όλοι οι υπολογισμοί είναι πραγματοποιήσιμοι ενώ ο όρος decidability στο ότι όλοι οι υπολογισμοί ολοκληρώνονται σε πεπερασμένο χρόνο. Η OWL DL παρόλο που περιλαμβάνει όλα τα γλωσσικά συστατικά της OWL Full, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς (για παράδειγμα, ενώ μια κλάση μπορεί να είναι υποκλάση πολλών κλάσεων, η κλάση δεν μπορεί να είναι στιγμιότυπο μιας άλλης κλάσης). Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της OWL DL την καθιστούν τη δημοφιλέστερη από τις τρεις εκδόσεις της OWL.
- **OWL Full:** Υποστηρίζει τη μέγιστη εκφραστικότητα της OWL ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τη συντακτική ελευθερία της RDF. Ωστόσο, θεωρείται μάλλον απίθανο να υπάρξει κάποιο (αποδοτικό) λογισμικό εξαγωγής συμπερασμάτων (reasoner) που θα μπορέσει να εφαρμόσει κανόνες λογικής σε οντολογίες που έχουν αναπτυχθεί μ' αυτή τη γλώσσα. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με το βασικό πρόβλημα που έρχεται να λύσει ο Σημασιολογικός

Ιστός, που δεν είναι άλλο από την πλήρως αυτοματοποιημένη επεξεργασία της πληροφορίας από τα υπολογιστικά συστήματα. Λόγω ακριβώς αυτής της αδυναμίας η συγκεκριμένη έκδοση της γλώσσας τυγχάνει περιορισμένου ενδιαφέροντος.

Η τελική επιλογή μεταξύ OWL DL και OWL Full εξαρτάται κυρίως από το βαθμό στον οποίο οι χρήστες χρειάζονται τις δυνατότητες μοντέλου μεταδεδομένων ενός RDF Schema (για παράδειγμα να ορίζουν κλάσεις κλάσεων).

Η γλώσσα OWL θεμελιώνεται στις γλώσσες RDF και RDFS και χρησιμοποιεί τη σύνταξη της XML. Αν και η παραπάνω συντακτική μορφή της OWL αποτελεί την πρώτη έκδοσή της, δεν παρέχει ευανάγνωστη σύνταξη. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, έχουν προταθεί και άλλες συντακτικές μορφές για την OWL. Αυτές είναι:

- **XML-based syntax:** Σύνταξη βασισμένη στην XML η οποία όμως δεν συμμορφώνεται με τις παραδοχές της RDF, με συνέπεια να είναι ευκολότερα αναγνώσιμη από τους ανθρώπους.
- **Abstract syntax:** Αφηρημένη σύνταξη, που χρησιμοποιείται στο έγγραφο προδιαγραφών της γλώσσας. Η σύνταξη αυτή είναι πιο συμπαγής και ευκολότερα αναγνώσιμη από την προηγούμενη XML και την αρχική XML/RDF σύνταξη της γλώσσας.
- **Graphic syntax-UML:** Γραφική σύνταξη που βασίζεται στην γλώσσα UML (Universal Modeling Language). Η UML χρησιμοποιείται ευρύτατα και ως εκ τούτου μπορεί να αποτελέσει ένα εύκολο δρόμο προσέγγισης της OWL. (Chonoles, 2003)

Τέλος, στην OWL συναντάμε τα παρακάτω δύο είδη ιδιοτήτων:

- Ιδιότητες αντικειμένων (object properties), που συσχετίζουν αντικείμενο με αντικείμενο. Το αντικείμενο είναι ένα στιγμιότυπο (instance) μιας κλάσης.

- Ιδιότητες τύπου δεδομένων<sup>50</sup> (datatype properties), που συσχετίζουν τα αντικείμενα με ένα τύπο δεδομένων, όπως για παράδειγμα ακέραιο, δεκαδικό, λογικό, συμβολοσειρά κ.α.. Επισημαίνεται, ότι η OWL δε διαθέτει προκαθορισμένους τύπους δεδομένων και ούτε παρέχει ειδικές τεχνικές ορισμού τους. Αντί αυτού χρησιμοποιεί για τις ιδιότητες αυτές τους τύπους δεδομένων που υποστηρίζονται από την XML Schema. (OWL, 2004)

Κάθε ιδιότητα μπορεί να ταξινομηθεί σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

- **Λειτουργική (FunctionalProperty):** Ένα αντικείμενο μπορεί να έχει μία μόνο τιμή για αυτή την ιδιότητα.
- **Αντίστροφα λειτουργική (InverseFunctionalProperty):** Δύο διαφορετικά αντικείμενα δε μπορούν να έχουν ίδια τιμή για την ιδιότητα αυτή.
- **Συμμετρική (SymmetricProperty):** Όταν μια συμμετρική ιδιότητα συσχετίζει ένα αντικείμενο (A) με ένα άλλο (B) τότε συμπεραίνεται ότι η ίδια σχέση ισχύει και μεταξύ (B) και (A).
- **Μεταβατική (TransitiveProperty):** Όταν ένα αντικείμενο (A) συνδέεται με την ιδιότητα αυτή με ένα αντικείμενο (B) και το αντικείμενο (B) με την ίδια ιδιότητα με ένα άλλο αντικείμενο (Γ), τότε και το αντικείμενο (A) συμπεραίνεται ότι συνδέεται με την ίδια ιδιότητα με το αντικείμενο<sup>51</sup> (Γ). (OWL, 2004)

<sup>50</sup> OWL, (2004). OWL: Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation.

<sup>51</sup> OWL, (2004). OWL: Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation.

#### 4.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί και προταθεί αρκετά εργαλεία για την ανάπτυξη και διαχείριση οντολογιών. Ανάμεσα σ' αυτά ξεχωρίζουν αυτά που παρέχουν ένα ολοκληρωμένο γραφικό περιβάλλον υποστήριξης οντολογιών, καλύπτοντας τις περισσότερες από τις λειτουργίες που απαιτούνται για την ανάπτυξη, τη χρήση και τη διαχείρισή τους. Στη νέα γενιά των εργαλείων αυτών ιδιαίτερη θέση κατέχουν τα παρακάτω εργαλεία: Protégé, WebODE, OntoEdit, KAON και HOZO.

Ανάμεσα στα παραπάνω εργαλεία, το Protégé (Protégé, 2009) φαίνεται να πρωταγωνιστεί αποτελώντας το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο εργαλείο λογισμικού<sup>52</sup> για την ανάπτυξη οντολογιών, καθώς παρέχει ένα ιδιαίτερα φιλικό στο χρήστη περιβάλλον και τη δυνατότητα ανάπτυξης και μετατροπής οντολογιών σε διαφορετικά πρότυπα. Για το λόγο αυτό, στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε σε γενικές γραμμές τα βασικά χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του Protégé.

Το Protégé είναι μια πλατφόρμα ανοικτού λογισμικού, υλοποιημένη σε Java, με δυνατότητες επέκτασης μέσω plug-ins, που παρέχει σε μια συνεχώς αυξανόμενη κοινότητα χρηστών ένα σύνολο εργαλείων για την κατασκευή μοντέλων και γνωσιακών εφαρμογών βασισμένων σε οντολογίες. Η πλατφόρμα του Protégé υποστηρίζει δύο τρόπους μοντελοποίησης οντολογιών:

- **Protégé-Frames:** Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν οντολογίες σύμφωνα με το πρωτόκολλο Open Knowledge Base Connectivity (OKBC).
- **Protégé-OWL:** Επιτρέπει στους χρήστες να δομήσουν οντολογίες για το Σημασιολογικό Ιστό με χρήση της OWL.

Στον πυρήνα του Protégé βρίσκουμε ένα πλούσιο σύνολο δομών και λειτουργιών μοντελοποίησης της γνώσης που υποστηρίζουν τη δημιουργία, τη γραφική

---

<sup>52</sup> Protégé, (2009). <http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>.

απεικόνιση και τη διαχείριση των οντολογιών. Οι οντολογίες του ProTégé μπορούν να εξαχθούν σε διάφορα πρότυπα αναπαράστασης συμπεριλαμβανομένων των RDFS, OWL και XML Schema. Όταν μία ολοκληρωμένη εφαρμογή διαχείρισης οντολογιών, διαθέτει API διεπαφές για να μπορεί να συνεργάζεται με άλλα προγράμματα. Για παράδειγμα μέσα από API διεπαφές μπορεί να συνεργασθεί με μηχανές συμπερασμού όπως είναι οι FaCT++<sup>53</sup> (2009), Pellet<sup>54</sup> (2009) και RacerPro<sup>55</sup> (2009). Τα τελευταία εργαλεία εξετάζουν τη συνοχή (consistency) και τη συνέπεια (coherence) της οντολογίας ελέγχοντας αν οι κλάσεις και οι ιδιότητες είναι καλά ορισμένες και δεν παρουσιάζουν αλληλεξαρτήσεις που να κάνουν ασθενή την υπόστασή της.

---

<sup>53</sup> FaCT++, (2009). <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>

<sup>54</sup> Pellet, (2009). <http://clarkparsia.com/pellet>

<sup>55</sup> RacerPro, (2009). <http://www.racer-systems.com/>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**



## 5.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες υποστηρίζονται από μια στοίβα πρωτοκόλλων και τεχνολογιών<sup>56</sup> (Booth et al., 2004). Ξεκινώντας από τη βάση της στοίβας και προχωρώντας προς τα πάνω, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα παρακάτω επίπεδα τεχνολογιών<sup>57</sup> που αφορούν (Τσεσμετζής, 2008):

- Πρωτόκολλα τα οποία είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ των υπηρεσιών. Κυριότεροι εκπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι το HTTP, το SMTP, το FTP, ενώ πιο πρόσφατη υλοποίηση είναι το BEEP (Blocks Exchange Extensible Protocol).
- Πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση και μορφοποίηση των μηνυμάτων επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και παρόχου της υπηρεσίας. Κυριότεροι εκπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι το XML-RPC, το SOAP και το WSAddressing.
- Πρωτόκολλα τα οποία είναι υπεύθυνα για την περιγραφή της λειτουργικότητας της υπηρεσίας, με κυριότερο εκπρόσωπο το WSDL.
- Πρωτόκολλα τα οποία είναι υπεύθυνα για τη δημοσίευση και τον εντοπισμό των Διαδικτυακών Υπηρεσιών, μέσω καταχωρήσεων σε μητρώα εγγραφών (registries). Σ' αυτή την κατηγορία χρησιμοποιούνται συνήθως οι διεπαφές του UDDI.

Στα τέλη της δεκαετίας του 90, και συγκεκριμένα το 1997, μεγάλες εταιρείες, όπως η Microsoft, άρχισαν να διερευνούν κατά πόσο ο κατανεμημένος υπολογισμός (distributed computation) μπορεί να βασιστεί στο πρότυπο XML. Ο σκοπός της

---

<sup>56</sup> Booth, D., Hass, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., & Orchard, D., (2004). Web services architecture. W3C Working Group Note

<sup>57</sup> Τσεσμετζής, Θ., (2008). Σημσιολογικό Πλαίσιο και Βελτιστοποίηση Ποιότητας Υπηρεσιών. Διδακτορική Διατριβή (ΕΜΠ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών).

έρευνας αυτής ήταν να γίνει εφικτή η επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών μέσω απομακρυσμένων κλήσεων διαδικασιών (Remote Procedure Calls, RPCs), χρησιμοποιώντας απλά πρωτόκολλα δικτύου, όπως το HTTP.

Το 1999 έκανε την εμφάνιση του το SOAP (SOAP, 2000), ένας RPC μηχανισμός βασισμένος σε XML. Το 2000 η κοινοπραξία W3C ασχολείται με την ιδέα αυτή και ύστερα από αρκετές αλλαγές, βελτιώσεις και τροποποιήσεις δύο ολόκληρων χρόνων, το 2003 δηλαδή, το SOAP με την έκδοση 1.2 γίνεται το κατεξοχήν πρωτόκολλο επικοινωνίας<sup>58</sup> στις Διαδικτυακές Υπηρεσίες. (SOAP, 2003)

Το SOAP δε χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις Διαδικτυακές Υπηρεσίες, αυτή όμως είναι η κύρια και πιο διαδεδομένη χρήση του. Χρησιμοποιείται για την αποστολή μηνυμάτων που περιγράφουν προγραμματιστικές ενέργειες για την επικοινωνία μεταξύ Διαδικτυακών Υπηρεσιών και εφαρμογών, με τρόπο ανεξάρτητο από την γλώσσα, το λειτουργικό σύστημα και την υπολογιστική πλατφόρμα στην οποία τρέχουν οι κατανεμημένες εφαρμογές. Όλα τα παραπάνω προϋποθέτουν την ύπαρξη ενός μοντέλου σύμφωνα με το οποίο γίνεται η ανταλλαγή μηνυμάτων.

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ένα κατανεμημένο δικτυακό περιβάλλον αποτελείται από ανεξάρτητους κόμβους. Οι κόμβοι αυτοί μπορεί να είναι εφαρμογές, διεργασίες ή Διαδικτυακές Υπηρεσίες που ανταλλάσσουν μεταξύ τους μηνύματα SOAP.

Κάθε μήνυμα SOAP συνιστά ένα έγγραφο XML με γονικό στοιχείο το στοιχείο <Envelope>, στο οποίο περιέχονται δύο θυγατρικά στοιχεία. Πρόκειται για τα στοιχεία <Header>, και <Body>. Το στοιχείο <Header> (επικεφαλίδα) είναι προαιρετικό και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες που σχετίζονται με θέματα πιστοποίησης και διαχείρισης της επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή. Στο υποχρεωτικό στοιχείο <Body> περιέχονται οι πληροφορίες που αφορούν την αίτηση και την απόκριση της υπηρεσίας καθώς επίσης και το προαιρετικό θυγατρικό στοιχείο <Fault> το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για τα λάθη που μπορεί να προκύψουν κατά την επεξεργασία του μηνύματος. Το πρωτόκολλο SOAP περιλαμβάνει επίσης ένα σύνολο από κανόνες για το πώς θα

<sup>58</sup> SOAP., (2003). Simple object access protocol 1.2.

γίνεται η κωδικοποίηση κάθε διαφορετικού τύπου δεδομένων που αποστέλλεται σε μια εφαρμογή. Η ενσωμάτωση αυτών των κανόνων στο μήνυμα SOAP γίνεται με την ιδιότητα (attribute) `encodingStyle`, την οποία παραπέμπει σε ένα URI με τους κανόνες κωδικοποίησης.

Υποστηρίζονται τόσο απλοί όσο και σύνθετοι τύποι δεδομένων. Τα μηνύματα SOAP υλοποιούν κλήσεις RPC. Πιο συγκεκριμένα, για την κλήση μιας μεθόδου μιας απομακρυσμένης Διαδικτυακής Υπηρεσίας, στέλνεται ένα μήνυμα SOAP που περιλαμβάνει στο σώμα του το όνομα της μεθόδου, τις παραμέτρους που αυτή πρέπει να δεχθεί και το URI της. Μετά την εκτέλεση της μεθόδου από την απομακρυσμένη υπηρεσία, τα αποτελέσματα επιστρέφονται στο καλούν πρόγραμμα μέσω ενός άλλου μηνύματος SOAP. Η όλη επικοινωνία πραγματοποιείται μεταξύ του πελάτη SOAP (SOAP client) και του διακομιστή SOAP (SOAP server), οι οποίοι είναι τμήματα προγράμματος που αναλαμβάνουν την μετατροπή από την μορφή που είναι κατανοητή στην τοπική εφαρμογή ή υπηρεσία σε μορφή SOAP/XML εγγράφου και το αντίστροφο. Λειτουργούν έτσι ως μεσάζοντες (proxy) μεταξύ των δύο επικοινωνούντων υπολογιστικών συστημάτων.

Μια πρόσθετη χρήσιμη λειτουργία του SOAP server είναι ότι παράγει το αρχείο περιγραφής της (WSDL) και το δημοσιεύει σε κάποιο ειδικό μητρώο στο Διαδίκτυο (UDDI registry). Όταν η εφαρμογή πελάτη θέλει να καλέσει μια Διαδικτυακή Υπηρεσία αλλά αναζητά στο UDDI registry την υπηρεσία που επιθυμεί, ανακτά το αρχείο WSDL και με βάση αυτό διαμορφώνει κατάλληλα το SOAP μήνυμα που πρέπει να αποσταλεί στην υπηρεσία.

Το πρωτόκολλο SOAP είναι αρκετά παραμετροποιήσιμο και βρίσκεται υπό διαρκή εξέλιξη. Μια πρόσφατη σημαντική αλλαγή στην τρέχουσα έκδοση 1.2 είναι η δυνατότητα που υπάρχει να επισυνάπτονται αρχεία στα μηνύματα SOAP, με τη χρήση των προδιαγραφών MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) και DIME (Direct Internet Message Encapsulation).

## 5.2 WEB SERVICE DESCRIPTION LANGUAGE (WSDL)

Όπως εύκολα μπορεί κανείς να συμπεράνει από την προηγούμενη παράγραφο, το πρωτόκολλο SOAP ενώ δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών ή μεταξύ παρόχου και πελάτη σε ένα πολύ υψηλό επίπεδο, επιτρέποντας κατ' αυτόν τον τρόπο σε κάθε εμπλεκόμενη οντότητα να χρησιμοποιεί την τεχνολογία (λειτουργικό, γλώσσα προγραμματισμού κ.α.) που επιθυμεί, ωστόσο δεν περιλαμβάνει κανένα στοιχείο που να σχετίζεται με την περιγραφή της λειτουργικότητας της υπηρεσίας. Η περιγραφή της λειτουργικότητας της υπηρεσίας όμως είναι απαραίτητο να παρέχεται με κάποιο τρόπο, αφού σε διαφορετική περίπτωση δε θα υπάρχουν κριτήρια επιλογής στα οποία θα μπορεί να στηριχθεί ο υποψήφιος πελάτης, ούτε προφανώς θα μπορεί να εντοπίσει την υπηρεσία που επιθυμεί. Αυτός είναι ο ρόλος της γλώσσας WSDL<sup>59</sup>. Μ' άλλα λόγια, αν και το SOAP είναι μια μορφή μηνυμάτων που καταλαβαίνει ο καθένας στον κόσμο των Διαδικτυακών Υπηρεσιών, η WSDL είναι το μέσο που χρησιμοποιούν όλοι για να πουν στους άλλους τι μπορούν να κάνουν. (WSDL, 2001; WSDL, 2007)

Η WSDL είναι ένα λεξιλόγιο XML για την περιγραφή των Διαδικτυακών Υπηρεσιών. Επιτρέπει στους δημιουργούς των υπηρεσιών να παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τις υπηρεσίες τους, έτσι ώστε αυτές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους. Η WSDL έχει σχεδιαστεί για να είναι ιδιαίτερα επεκτάσιμη και προσαρμόσιμη, ώστε να επιτρέπει την περιγραφή υπηρεσιών με τη χρήση διαφορετικών τύπων συστημάτων (όπως τα σχήματα XML, RelaxNG, ή ακόμα και η Java) και υπηρεσιών οι οποίες επικοινωνούν μέσω SOAP και διαφόρων άλλων πρωτοκόλλων.

---

<sup>59</sup> WSDL, (2001). Web Services Description Language (WSDL) 1.1. W3C Note; WSDL, (2007). Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language. W3C Recommendation.

Ένα έγγραφο WSDL αποτελείται από δύο μέρη: ένα επαναχρησιμοποιήσιμο αφηρημένο (abstract) τμήμα, και ένα συγκεκριμένο (concrete) τμήμα. Το αφηρημένο τμήμα του εγγράφου περιγράφει τη λειτουργική συμπεριφορά των υπηρεσιών Ιστού, αναφέροντας τα μηνύματα που εισέρχονται και εξέρχονται από τις υπηρεσίες. Το συγκεκριμένο τμήμα επιτρέπει την περιγραφή τού πώς και πού μπορεί να προσπελαστεί μια υπηρεσία.

Η WSDL δεν ασχολείται με την περιγραφή της σημασιολογίας των Διαδικτυακών Υπηρεσιών. Ένα έγγραφο WSDL δηλώνει, σε συντακτικό επίπεδο, ποια μηνύματα εισέρχονται και εξέρχονται από μια υπηρεσία. Δεν επιχειρείται καμία προσπάθεια να περιγραφεί η σημασιολογία της υπηρεσίας. Δεν δηλώνεται δηλαδή τίποτα σχετικά με ότι κάνει η υπηρεσία με τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται.

Η κοινοπραξία W3C έχει τυποποιήσει την ευρέως διαδεδομένη έκδοση 1.1 της WSDL (WSDL, 2001). Η τρέχουσα έκδοση που αποτελεί και σύσταση της W3C (W3C Recommendation) είναι η WSDL 2.0<sup>60</sup>, η οποία περιλαμβάνει σημαντικές αλλαγές και βελτιώσεις σε σχέση με την έκδοση 1.1. Παρόλα αυτά, η WSDL 2.0 δεν υποστηρίζεται ακόμη από τα σύγχρονα προγραμματιστικά περιβάλλοντα ανάπτυξης Διαδικτυακών Υπηρεσιών, τα οποία παρέχουν εργαλεία μόνο για την έκδοση WSDL 1.1. (WSDL, 2007)

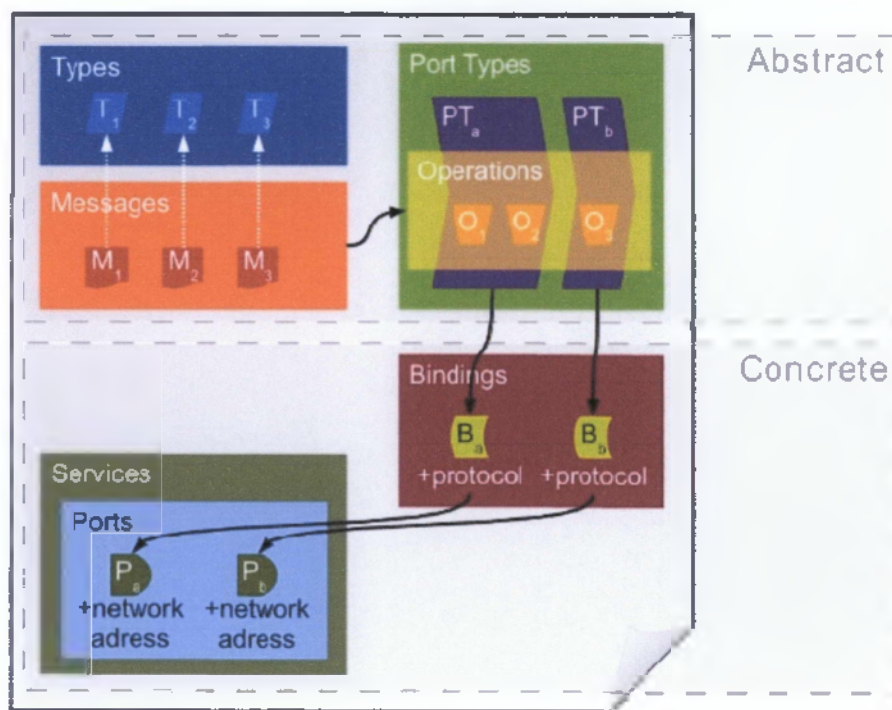
### 5.2.1. WSDL 1.1

Η WSDL 1.1 αποτελεί σήμερα, όπως προαναφέραμε, το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο (de facto) πρότυπο για την περιγραφή Διαδικτυακών Υπηρεσιών. Υποστηρίζεται από πολλούς κατασκευαστές, τόσο σε εργαλεία ανάπτυξης όσο και σε περιβάλλοντα

---

<sup>60</sup> WSDL, (2007). Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language. W3C Recommendation.

εκτέλεσης. Μετά το SOAP, η WSDL αποτελεί την πιο ευρέως υιοθετημένη προδιαγραφή. Στην ενότητα αυτή επιχειρείται μια συνοπτική παρουσίαση της γλωσσικής δομής της WSDL 1.1 και των κυριότερων χαρακτηριστικών της. Τα έγγραφα WSDL περιέχουν όπως προαναφέραμε δύο τμήματα ορισμών: ένα αφηρημένο τμήμα και ένα συγκεκριμένο τμήμα.



Σχήμα 6. Η δομή ενός WSDL εγγράφου

Το αφηρημένο τμήμα περιγράφει το "τι" κάνει η Διαδικτυακή Υπηρεσία, χωρίς να εξετάζει το "πώς" και το "πού" παρέχεται. Ένα έγγραφο WSDL αποτελείται από το γονικό στοιχείο <definitions> το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο από θυγατρικά στοιχεία με τα οποία ορίζονται τύποι δεδομένων (<types>), μηνύματα (<message>), τύποι θύρας (<portType>), συνδέσεις (<binding>) και υπηρεσίες (<service>). Όλα τα παραπάνω στοιχεία ορίζονται στο χώρο ονομάτων <http://schemas.xmlsoap.org/wsdl>. Το τμήμα της περιγραφής που αφορά το "τι" καλύπτεται από τα στοιχεία <types>, <message>, και <portType>. Το τμήμα

που περιγράφει τα "πώς" και "πού" καλύπτονται από τα στοιχεία <binding> και <service>. Η XML δομή ενός WSDL εγγράφου παρουσιάζεται ακολούθως:

```
<!-- WSDL definition structure -->

<definitions name="MyService"

    targetNamespace="http://example.org/Services/"

    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"

    <!-- abstract definitions -->

    <types>

        definition of types...

    </types>

    <message>

        definition of a message...

    </message>

    <portType>

        definition of a port ...

    </portType>

    <!-- concrete definitions -->

    <binding>

        definition of a binding...

    </binding>

    <service>
```

```

        definition of a service...

    </service>

</definitions>

```

Ο χώρος ονομάτων "targetNamespace" (όπως και στην περίπτωση ενός XML σχήματος) δηλώνει το URI στο οποίο εντάσσονται τα ονόματα των στοιχείων που ορίζονται στο WSDL έγγραφο. Αξίζει να σημειώσουμε ότι, αν και η ιδιότητα (attribute) "targetNamespace" ορίζεται ως προαιρετική, στην πραγματικότητα δεν μπορεί να παραληφθεί για οποιαδήποτε σχετικά σύνθετη χρήση του WSDL αρχείου, επειδή η παράλειψη του χώρου ονομάτων θα καθιστούσε αδύνατη την αναφορά σε ορισμούς που έχουν γίνει μέσα στο στοιχείο <definitions>, ακόμα και μέσα στο ίδιο το έγγραφο.

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα, σε ένα τυπικό κείμενο WSDL δύναται να περιλαμβάνονται τα ακόλουθα στοιχεία (elements):

- <types> : Υποχρεωτικό στοιχείο το οποίο περιγράφει τον τύπο των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για να ορισθούν τα μηνύματα που ανταλλάσσονται από τη Διαδικτυακή Υπηρεσία. Προκειμένου να εξασφαλιστεί σε μεγαλύτερο βαθμό η ανεξαρτησία από λειτουργικά συστήματα, γλώσσες προγραμματισμού κ.α., συνήθως χρησιμοποιούνται οι τύποι δεδομένων που ορίζονται στα XML Schemas.
- <message>: Υποχρεωτικό στοιχείο το οποίο επιτρέπει την περιγραφή των μηνυμάτων που ανταλλάσσει η Διαδικτυακή Υπηρεσία. Στη WSDL, κάθε στοιχείο <message>, μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα τμήματα (parts), όπου κάθε τμήμα αναπαριστά ένα μοναδικό στοιχείο το οποίο πρόκειται να αποσταλεί ή να ληφθεί από τη Διαδικτυακή Υπηρεσία.
- <portType> : Υποχρεωτικό και μάλλον το σημαντικότερο στοιχείο ενός εγγράφου WSDL. Καθορίζει ένα σύνολο από λειτουργίες (operations) που



μπορεί να εκτελέσει η 3ιαδικτυακή Υπηρεσία καθώς επίσης και τα μηνύματα που ανταλλάσσονται. Σε κάθε στοιχείο <portType> αποδίδεται ένα μοναδικό όνομα έτσι ώστε να είναι εύκολη η αναφορά του από οποιοδήποτε σημείο του εγγράφου WSDL. Κάθε στοιχείο <operation> περιλαμβάνει ένα συνδυασμό από στοιχεία <input> και <output>. Η σειρά εμφάνισης αυτών των στοιχείων καθορίζει το είδος της λειτουργίας. Η WSDL 1.1 διαθέτει τέσσερα είδη λειτουργιών:

1. Μονόδρομες (one-way): Στην υπηρεσία φτάνει ένα μήνυμα και η υπηρεσία δεν παράγει τίποτα ως απόκριση.

2. Αίτησης-απόκρισης (request-response): Στην υπηρεσία φτάνει ένα μήνυμα και η υπηρεσία αποκρίνεται με ένα άλλο μήνυμα.

3. Παράκλησης-απόκρισης (solicit-response): Η υπηρεσία στέλνει ένα μήνυμα και λαμβάνει μια απόκριση.

4. Ειδοποίησης (notification): Η υπηρεσία στέλνει ένα μήνυμα και δε λαμβάνει τίποτα ως απόκριση.

- <binding>: Ο σκοπός του στοιχείου <binding> (σύνδεση) είναι να περιγράψει πώς πρέπει να γίνει η μορφοποίηση των μηνυμάτων που περιέχονται στα στοιχεία <types>, <message>, και <portType>. Η WSDL δε θεωρεί ως δεδομένη την ύπαρξη ενός τυποποιημένου τρόπου για τη μορφοποίηση των μηνυμάτων. Αντίθετα, χρησιμοποιεί την επεκτασιμότητα για να καθορίσει πώς θα γίνεται η ανταλλαγή των μηνυμάτων με τη χρήση SOAP, HTTP, ή MIME για κάθε portType.
- <service>: Το στοιχείο <service> της WSDL αποτελεί το τελικό (προαιρετικό) μέρος μιας περιγραφής υπηρεσίας. Ζείχνει τη θέση που μπορεί να βρεθεί μια υπηρεσία, χρησιμοποιώντας τα θυγατρικά στοιχεία <port>. Ένα στοιχείο <service> μπορεί να περιλαμβάνει οποιοδήποτε αριθμό από στοιχεία <port>. Κάθε <port> περιγράφει πού ακριβώς παρέχεται ένα μοναδικό portType μέσω μιας δεδομένης σύνδεσης. Κατά συνέπεια, κάθε

<port> αναφέρεται σε ένα στοιχείο σύνδεσης με το όνομα του, και προσθέτει τη διεύθυνση στην οποία παρέχεται η σύνδεση αυτή.

Παρά την πρωτοφανή επιτυχία της όσον αφορά την ευρεία υιοθέτησή της, η WSDL 1.1, παρουσιάζει διάφορα σοβαρά προβλήματα και περιορισμούς. Πολλά από αυτά τα προβλήματα αντιμετωπίζονται στην έκδοση WSDL 2.0<sup>61</sup>, η οποία παρ'όλα αυτά δεν χρησιμοποιείται ακόμα σε μεγάλο βαθμό, ούτε έχει ενσωματωθεί στα περισσότερα εργαλεία ανάπτυξης Διαδικτυακών Υπηρεσιών. (WSDL, 2007).

### 5.3 UNIVERSAL DESCRIPTION, DEFINITION AND INTEGRATION (UDDI)

Το UDDI (Universal Description, Definition and Integration) αποτελεί ένα πρωτόκολλο καταχώρησης Διαδικτυακών Υπηρεσιών. Ικανοποιεί δύο στόχους αναφορικά με τον εντοπισμό υπηρεσιών: α) βοηθάει τους προγραμματιστές να βρουν πληροφορίες σχετικές με κάποιες υπηρεσίες, για να γνωρίζουν πώς να δημιουργήσουν προγράμματα πελάτες που να αλληλεπιδρούν με αυτές, και β) δίνει τη δυνατότητα για δυναμική σύνδεση (binding), δηλαδή επιτρέπει στα προγράμματα πελάτες να ρωτάνε την υπηρεσία καταγραφής (registry) και να αποκτάνε εκείνη τη στιγμή αναφορές σε υπηρεσίες που τους ενδιαφέρουν. Κάθε καταχώρηση στο UDDI περιέχει το αρχείο WSDL της υπηρεσίας και τη διεύθυνση που λειτουργεί η υπηρεσία στο Διαδίκτυο. Επιπρόσθετα, σε κάθε καταχώρηση υπάρχουν και διάφορες άλλες πληροφορίες για την υπηρεσία που σχετίζονται με τον ιδιοκτήτη της και την πολιτική του. Η πληροφορία που περιέχεται σε μια υπηρεσία καταγραφής (registry) UDDI κατηγοριοποιείται με έναν απλό τρόπο που παρουσιάζει ομοιότητες με τον τηλεφωνικό κατάλογο. Η πληροφορία αυτή ταξινομείται στις τρεις παρακάτω κατηγορίες:

---

<sup>61</sup> WSDL, (2007). Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language. W3C Recommendation.

- Λευκές σελίδες (white pages), στις οποίες καταχωρούνται προσωπικά στοιχεία επικοινωνίας του παρόχου της υπηρεσίας.
- Κίτρινες σελίδες (yellow pages), όπου είναι δυνατή η αναζήτηση υπηρεσιών ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, σύμφωνα με κάποιο σχήμα ταξινόμησης.
- Πράσινες σελίδες (green pages), που περιγράφουν πώς μπορεί να καλέσει ένα πρόγραμμα πελάτη μια συγκεκριμένη Διαδικτυακή Υπηρεσία.

Οι Σημασιολογικές Διαδικτυακές Υπηρεσίες αποσκοπούν στην αύξηση της χρηστικότητας των συμβατικών Διαδικτυακών Υπηρεσιών εμπλουτίζοντας τη συντακτική περιγραφή τους με σημασιολογικό περιεχόμενο. Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες, ως τεχνολογία που υποστηρίζει την ενοποίηση και τη διαλειτουργικότητα των εφαρμογών στο Διαδίκτυο, εξελίχθηκαν ραγδαία χρησιμοποιώντας την XML ως θεμελιώδη γλώσσα ανάπτυξης. Πάνω στην XML, έχουν αναπτυχθεί τα πρότυπα WSDL, SOAP και UDDI τα οποία αποτελούν τα κύρια συστατικά των Διαδικτυακών Υπηρεσιών.

Παρά την «οικουμενικότητά» της, η γλώσσα XML παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα όσον αφορά τη χρήση της στο Σημασιολογικό Ιστό. Η XML είναι μια γλώσσα ορισμού της δομής και της σύνταξης της πληροφορίας και δεν προσφέρει τίποτα παραπάνω για το νόημα ή τη σημασιολογία της. Αυτή η αδυναμία στέκεται εμπόδιο στην αυτοματοποιημένη χρήση των Διαδικτυακών Υπηρεσιών από τους πιθανούς πελάτες-χρήστες τους. Απαιτείται πάντα η ανθρώπινη συμμετοχή για την ερμηνεία των XML περιγραφών των Διαδικτυακών Υπηρεσιών (WSDL) καθώς επίσης και των XML περιγραφών των δεδομένων που ανταλλάσσονται από τις τελευταίες (XML Schemas).

Όσον αφορά την περιγραφή μιας Διαδικτυακής Υπηρεσίας με τη WSDL, η σαφής και αδιαμφισβήτητη περιγραφή της πληροφορίας θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση, για την αυτοματοποιημένη αλληλεπίδραση μ' αυτήν. Η σαφήνεια και η ακρίβεια θα πρέπει να χαρακτηρίζει τα δύο κύρια συστατικά της Διαδικτυακής Υπηρεσίας, τα δεδομένα και τη λειτουργική της συμπεριφορά. Στα πλαίσια της WSDL, η

συνιστώμενη τεχνολογία για την περιγραφή των δεδομένων είναι η XML Schema, ενώ το ίδιο το σχήμα της WSDL παρέχει τη δυνατότητα (συντακτικής) περιγραφής των λειτουργιών που προσφέρει μια Διαδικτυακή Υπηρεσία.

Το πρόβλημα στην περιγραφή των Διαδικτυακών Υπηρεσιών έγκειται στο γεγονός ότι εφόσον δεν υπάρχει σημασιολογικός χαρακτηρισμός (απόδοση νοήματος) στην πληροφορία που περιέχεται σε ένα αρχείο WSDL, τα υπολογιστικά συστήματα δε μπορούν να την κατανοήσουν και να προβούν σε κατάλληλη επεξεργασία της. Αυτό σημαίνει ότι είναι αδύνατες οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες της εύρεσης (discovery), της κλήσης (invocation) και της σύνθεσης (composition) Διαδικτυακών Υπηρεσιών από πιθανούς πελάτες-χρήστες στον Παγκόσμιο Ιστό. Η αδυναμία αυτή αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την ανεύρεση τρόπων σημασιολογικού χαρακτηρισμού των Διαδικτυακών Υπηρεσιών.

Σήμερα, οι κυρίαρχες προσεγγίσεις για την αναπαράσταση των Σημασιολογικών Διαδικτυακών Υπηρεσιών βασίζονται στη χρήση οντολογιών. Οι οντολογίες προσφέρουν τη δυνατότητα στα υπολογιστικά συστήματα να «κατανοούν» την πληροφορία που επεξεργάζονται και να λαμβάνουν κατάλληλες αποφάσεις χωρίς την ανθρώπινη συμμετοχή.

## 5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στα πρώτα κεφάλαια, το web 2.0 το οποίο εισήχθη από τον O'Reilly (2005), αρχικά προτάθηκε ως μία νέα γενιά υπηρεσιών Διαδικτύου με σκοπό την αλληλεπίδραση του χρήστη με το μέσο. Στην πράξη, το web 2.0 δεν αποτελεί ένα νέο πρωτόκολλο έναντι του Παγκόσμιου Ιστού αλλά την καθολική βελτιστοποίηση αυτού. Το web 3.0 ή Σημασιολογικός Ιστός, λειτουργεί σε μία νέα βάση συμπληρώνοντας<sup>62</sup> όμως σε πολλά σημεία τις εφαρμογές και τα εργαλεία του web 2.0 όπως το AJAX για τον Semantic Web και τον συνδυασμό των οντολογιών με τα κοινωνικά δίκτυα. (Mika, 2005).

Οι οντολογίες όπως προαναφέρθηκε, ορίζουν την τυπική σημασιολογία της πληροφορίας διευκολύνοντας την επεξεργασία της πληροφορίας από τον υπολογιστή και ορίζοντας την πραγματική έννοια που αποδίδεται από τη διαμεσολάβηση του ανθρώπου στο περιεχόμενο που επεξεργάζεται μηχανικά ο υπολογιστής.

Η στατικότητα των HTML ιστοσελίδων και οι αυξημένες απαιτήσεις των χρηστών ήταν και είναι ο κυριότερος μοχλός για την εξέλιξη των διαθέσιμων τεχνικών στο Διαδίκτυο και τις Υπηρεσίες του Σημασιολογικού Ιστού και κατά αυτό τον τρόπο έγινε η μετάβαση από τον web 2.0 στο web 3.0 καθώς τα ίδια τα Μεταδεδομένα και οι Υπηρεσίες διευκολύνουν την αναζήτηση, την ανάκτηση, τον σχολιασμό, την υιοθέτηση και την επαναχρησιμοποίηση των ψηφιακών πόρων διευκολύνοντας και ελαχιστοποιώντας την ανθρώπινη παρέμβαση.

---

<sup>62</sup> Mika, P., (2005). Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics. In Proc. 4th International Semantic Web Conferences (ISWC05), Galway, Ireland, pp. 522–536.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ**

Akkiraju, R., Farrell, J., Nagarajan, M., Schmidt, M., Sheth, A., Verma, K., (2005). Web Service Semantics - WSDL-S. W3C Member Submission. <http://www.w3.org/Submission/WSDL-S/>

Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., Machiraju, V., (2003). Web Services. Concepts, Architectures and Applications. Springer-Verlag.

Andersen, P., (2007). What is Web 2.0?: ideas, technologies and implications for education, JISC Technology and Standards Watch, February.

Arroyo, S., Lara, R., Gomez, J. M., Berka, D., Ding, Y., Fensel, D., (2004). Semantic Aspects of Web Services, Practical Handbook of Internet Computing, Chapman Hall and CRC Press, Baton Rouge.

Arroyo, S., (2006). A Semantic Service-based micro-learning framework, EAMIL Workshop Day 2006. Microlearning / eLearning 2.0, in conjunction with the microlearning conference 2006. Innsbruck (Austria), June 08 – 09.

Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O., (2001). The Semantic Web. Scientific American, pp. 34-43.

Berners-Lee, T., Fielding, R. T. and Masinter, L., (2005). Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax. <http://gbiv.com/protocols/uri/rfc/rfc3986.html>

Booth, D., Hass, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., & Orchard, D., (2004). Web services architecture. W3C Working Group Note

Bussler, C. and Moran, M., (2008). The Semantic Web: Semantics for Data and Services on the Web. Springer.

Cardoso, J. and Sheth, A. P., (2006). Semantic Web Services, Processes and Applications. Springer.

Chance, S., (2009). Semantic Service Oriented Architecture: An Overview.

Chonoles, M. J. and Schardt, J. A., (2003). UML 2 for Dummies. Wiley Publishing.

Clark, R.C., Mayer, R.E., (2007). E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning, Second Edition 2007, Pfeiffer.

CSS, (2009). Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification. W3C Candidate Recommendation. <http://www.w3.org/TR/CSS2/>

Daconta, M.C., Obrst, L.J. and Smith, K.T., (2003). The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services and Knowledge Management. Jonh Wiley & Sons.

DAML+OIL., (2001). DAML+OIL Reference Description. W3C Note. <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>

De Bruijn, J., Bussler, C., Domingue, J., Fensel, D., Hepp, M., Keller, U., Kifer, M., Konig-Ries, B., Kopecky, J., Lara, R., Lausen, H., Oren, E., Polleres, A., Roman, D., Scicluna, J., Stollberg, M., (2005). Web Service Modeling Ontology (WSMO), W3C Member Submission, June 3rd, 2005.

Downes, S., (2005). E-learning 2.0, eLearn Magazine, Volume 2005, Issue 10 (October 2005), p. 1.

Enoksson, F., Palmér, M., Naeve, A., Arroyo, S., Fuschi, D., Pariente, T., (2006). State of the art – SWS Infrastructure, Annotation, LCMS, Deliverable 3.1, LUISA Project.

FACT++, (2009). <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>

Fensel, D., Harmelen, F., Horrocks, I., McGuinness, D.L. and Patel-Schneider, P.F. (2001). OIL: An Ontology Infrastructure for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 16 (2), 38-45.

Hahn, C., Hanß, S., Schrader, T., (2008). SOA Service Oriented Architecture, 3rd Workshop OpEN.SC, May 2008, Berlin, Germany.

Gomez-Perez, A. and Benjamins, V.R., (1999). Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. *Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5)*, Stockholm, Sweden.

Gruber, T. R., (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *International Journal of Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*, 5(2), pp. 199-220.

Internet World Stats, (2011). Usage and Population Statistics., <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

Levy, M., (2009). WEB 2.0 implications on knowledge management, *Journal of Knowledge Management*, Volume 13, No. 1, pp. 121-122.

Mahadevan, L., Kettinger, W. J., (2010). Service Oriented Architecture as a Dynamic Enabler of Customer Prioritization, *e-Service Journal*, Volume 7, No 2, Winter 2010, pp. 28-45, Indiana University Press.

Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Mellon, C., Parsia, B., Payne, T., Sirin, E., Srinivasan, N., Sycara, K., (2004). OWL-S: Semantic Markup for Web Services, W3C Member Submission, November 22<sup>nd</sup>.

McGuinness, D.L. and Wright, J., (1998). Conceptual Modeling for Configuration: A Description Logic-based Approach. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis, and Manufacturing*. 12 (4), pp. 333-344.



McGuinness, D.L., Fikes, R., Rice, J. and Wilder, S., (2000). An Environment for Merging and Testing Large Ontologies. Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000). A.G. Cohn, F. Giunchiglia and B. Selman (editors). San Francisco, CA, Morgan Kaufmann Publishers.

Mika, P. (2005). Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics. In Proc. 4th International Semantic Web Conferences (ISWC05), Galway, Ireland, pp. 522-536.

Mrissa, M., Dietze, S., Thiran, P., Ghedira, C., Benslimane, D., Maamar, Z., (2009). Context-based Semantic Mediation in Web Service Communities, Weaving Services, Location, and People on the WWW, Springer.

Musciano, C. and Kennedy, B., (2007). HTML: The Definitive Guide (Third Edition). O'Reilly

Musen, M.A., (1992). Dimensions of knowledge sharing and reuse. Computers and Biomedical Research, 25, pp. 435-467.

Ó'Reilly, T., (2005). «What Is Web 2.0», O' REILLY, Ημερομηνία Δημοσίευσης: 30 Σεπτεμβρίου 2005.

OWL, (2004). OWL: Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

Papazoglou, P. M., (2008). Web Services Principles and Technology, Pearson Prentice Hall.

Pellet, (2009). <http://clarkparsia.com/pellet>

Powers, S., (2003). Practical RDF. O'Reilly.

Protégé, (2009). <http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>

RacerPro, (2009). <http://www.racer-systems.com/>

RDFS, (2004). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

SAWSDL, (2007). Semantic Annotations for WSDL and XML Schema. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/sawSDL/>

Selwyn, N., (2008). «Education 2.0? Designing the web for teaching and learning, A Commentary by the Technology Enhanced Learning phase of the Teaching and Learning Research Programme», Teaching and Learning Research Programme, October.

SGML, (1997). Overview of SGML Resources. W3C. <http://www.w3.org/MarkUp/SGML/>

SOAP., (2003). Simple object access protocol 1.2. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/soap12>.

Soumplis, A., Koulocheri, E., Xenos, M., (2011a). THE TWOBILITY FACTOR, Proceedings of the 7<sup>th</sup> eLearning and Software for Education Conference (eLSE 2011), Bucharest, Romania, 28-29 April.

Studer, R., Benjamins, V.R., and Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering, 25 (1-2), pp. 161- 197.

Taniar, D. and Rahayu, J.W., (2006). Web Semantics Ontology. IDEA Group Publishing.

Thompson, M., (2010). Service-Oriented Architecture, UWP Computer Science and Software Engineering Technical Report, Vol. 9, Spring 2010, University of Wisconsin – Platteville.

Τσεσμετζής, Θ., (2008). Σημασιολογικό Πλαίσιο και Βελτιστοποίηση Ποιότητας Υπηρεσιών. Διδακτορική Διατριβή (ΕΜΠ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών).

XML, (2008). Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>

XML Namespaces, (2006). Namespaces in XML 1.0 (Second Edition). W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/xml-names/>

XSLT, (1999). XSL Transformations (XSLT) Version 1.0. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/xslt>

WSDL, (2001). Web Services Description Language (WSDL) 1.1. W3C Note. <http://www.w3.org/TR/wsdl>

WSDL, (2007). Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>

WSMO, (2005). Web service modeling ontology (WSMO). W3C Member Submission. <http://www.w3.org/Submission/WSMO>