

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΙ Μεσολογγίου

Αρναούτη Ευστρατία

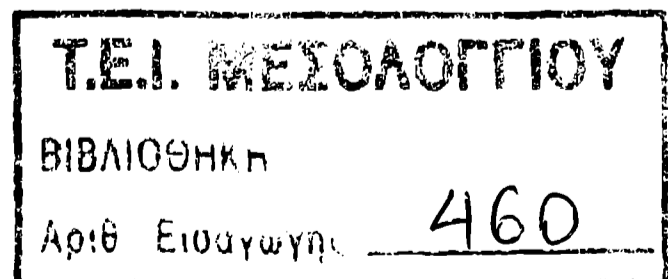
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
**«ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ:
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ
ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
ΙΣΤΟΥ»**

Αρναούτη Ευστρατία

Επιβλέπων καθηγητής:
Κος ΦΕΙΔΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

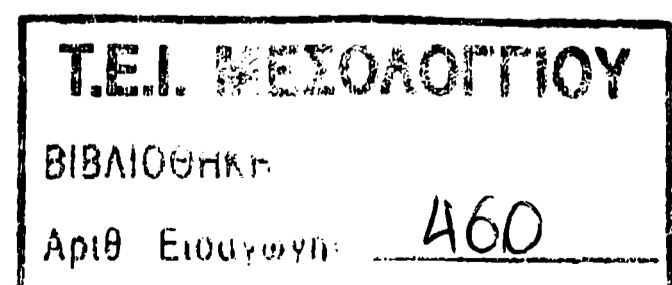


ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007

Ευχαριστίες

Καταρχάς, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματός μου και επιβλέποντα της πτυχιακής μου εργασίας, κ. Χρήστο Φείδα, για τον καθοδηγητικό του ρόλο σε όλη τη διάρκεια της έρευνας, καθώς και της υλοποίησης, αφού συνέβαλε στα μέγιστα για την επιτυχή έκβαση της όλης προσπάθειας.

Ακόμη, τον ευχαριστώ θερμά γιατί πέρα από τις τελικές κατευθύνσεις για την ολοκλήρωση της εργασίας μου, μου έδωσε την ευκαιρία να εργασθώ πάνω σε ένα θέμα με αρκετά μεγάλο ερευνητικό έδαφος και πολλές προοπτικές για περαιτέρω εκμετάλλευση.



Ευρετήριο Περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Ευρετήριο Περιεχομένων	3
Ευρετήριο Εικόνων	4
Ευρετήριο Πινάκων	5
2. Extensible Markup Language (XML).....	8
2.1 Εισαγωγή	8
2.2 Προέλευση και στόχοι	9
2.3 Χαρακτηριστικά XML	10
2.4 XML και διαλειτουργικότητα.....	15
3. Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web)	18
3.1 Εισαγωγή	18
3.2 Στόχοι του Σημασιολογικού Ιστού	21
3.3 Επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού	21
3.4 Λειτουργία του Σημασιολογικού Ιστού- Τυπική περιγραφή λειτουργίας	24
3.5 Τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού-XML	25
3.6 Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού	33
3.7 Παγκόσμιος ιστός και Σημασιολογικός Ιστός	35
3.8 Σημασιολογικές Υπηρεσίες Διαδικτύου	39
4. Παρουσίαση και Θεμελίωση της RDF/S	48
4.1 Το μοντέλο δεδομένων του RDF/S	49
4.2 Οι τυπικές RDF/S κλάσεις και ιδιότητες	52
4.3 Οι εννοιολογικοί μηχανισμοί του RDF/S	56
4.4 Περιοχές εφαρμογής του RDF/S	58
4.5 Γλώσσες επερώτησης για RDF/S μεταδεδομένα.....	63
4.5.1 Σύγκριση των γλωσσών επερώτησης	69
5. Υπηρεσίες Διαδικτύου-W3C	75
5.1 Εισαγωγή	75
5.2 Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες.....	76
Συμπεράσματα- Επίλογος.....	96
Βιβλιογραφία	97

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 - Αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού.....	19
Εικόνα 2 - Ο Σημασιολογικός Ιστός απαιτεί Ιεραρχία Δεδομένων τριών επιπέδων	27
Εικόνα 3 - Πυλώνες Αναφοράς Σημασιολογικού Ιστού.....	29
Εικόνα 4 - Η εξέλιξη στις γλώσσες περιγραφής δεδομένων.....	31
Εικόνα 5 - Παράδειγμα μεταδεδομένων	32
Εικόνα 6 - Φάσεις Ωριμότητας Υπηρεσιών Διαδικτύου	41
Εικόνα 7 - RDF/S γράφος.....	50
Εικόνα 8 - RDF/S τυπικές κλάσεις και ιδιότητες	52
Εικόνα 9 - Οι αλληλεπιδράσεις των ρόλων στο μοντέλο Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών.	79

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1- Η διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού	34
Πίνακας 2- Πεδία ορισμού και τιμών των βασικών RDF/S ιδιοτήτων	56
Πίνακας 3- Ενδεικτική επερώτηση RDF/S γλωσσών επερώτησης	69
Πίνακας 4- Βασικά χαρακτηριστικά RDF/S γλωσσών επερώτησης	70

1. Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια τάση στον επιστημονικό χώρο της πληροφορικής και συγκεκριμένα στον τομέα των «Υπηρεσιών Διαδικτύου» (Web Services), για εμπλουτισμό της ήδη χρησιμοποιηθείσας αρχιτεκτονικής με επιπρόσθετες τεχνολογίες. Αυτές επικεντρώνονται κατά κύριο λόγο στην προσθήκη χαρακτηριστικών κινητικότητας, αυτονομίας και αντιπροσώπευσης του ήδη διαμορφωθέν μοντέλου των «Υπηρεσιών Διαδικτύου».

Συγκεκριμένα στην εποχή μας η ικανότητα πρόσβασης σε υπηρεσίες και η ανάκτηση πληροφοριών οπουδήποτε και οποτεδήποτε, ανεξαρτήτως του δικτύου και του τερματικού μας, είναι επιτακτική ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των χρηστών. Ωστόσο, οι περισσότερες από τις υπηρεσίες οι οποίες είναι διαθέσιμες στο δίκτυο είναι σχεδιασμένες για να είναι προσβάσιμες από επιτραπέζιους υπολογιστές, με μία σταθερή και απαλλαγμένη από λάθη σύνδεση στο δίκτυο. Η κύρια επιδίωξη των περισσότερων ερευνητών είναι η επέκταση των υπάρχοντων υπηρεσιών και εφαρμογών, οι οποίες είναι σχεδιασμένες για σταθερά δίκτυα σε κινητούς χρήστες με ένα διαφανή τρόπο. Αυτό το έργο είναι αρκετά δύσκολο αν λάβουμε υπόψιν μας τα προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται όταν χρησιμοποιούμε μικρές συσκευές για να προσπελάσουμε τέτοιες υπηρεσίες. Σε ασύρματα περιβάλλοντα αυτού του είδους, παρουσιάζονται αρκετά προβλήματα όπως λιγιστό εύρος ζώνης, προσωρινές διακοπές της σύνδεσης στο δίκτυο, μεγάλη καθυστέρηση, λιγιστή διάρκεια της πηγής τροφοδοσίας και περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας στην κινητή συσκευή είναι μερικές από αυτές.

Ο Ιστός (Web) του μέλλοντος προβλέπεται να αποτελεί μια παγκόσμια βάση δεδομένων και γνώσης με πληροφορίες οι οποίες θα είναι "κατανοητές" από μηχανές (machine-understandable information). Οι κύριες τεχνολογίες για την υλοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού είναι ο σημασιολογικός εμπλουτισμός και η χρήση των οντολογιών.

Η λέξη "Σημασιολογία" έχει ρίζα τις Ελληνικές λέξεις "σημάδι", "σημαίνω" και "σημαντικός" και σήμερα αναφέρεται στο νόημα συχνά σε επίπεδο γλώσσας. Μπορούμε να πούμε ότι ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί το

μεγαλύτερο σε παγκόσμιο επίπεδο έργο ευφυής ενσωμάτωσης συστημάτων ώστε να συνεργάζονται δια-λειτουργικά.

Ο Tim Berners-Lee, που επινόησε τον Παγκόσμιο Ιστό το 1989, είχε το όραμα, που τώρα συμερίζονται πολλοί - ενός ιστού δεδομένων που μπορούν να επεξεργαστούν από μηχανές.

“Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια επέκταση του σημερινού ιστού όπου η πληροφορία έχει καλά καθορισμένο νόημα, καθιστώντας τη συνεργασία μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών πιο αποτελεσματική”, Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, The Semantic Web, Scientific American, Μάιος 2001.

2. Extensible Markup Language (XML)

2.1 Εισαγωγή

Σε ένα κόσμο όπου οι πληροφορίες παρέχονται μέσω του παγκόσμιου διαδικτύου, τα έγγραφα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμα, μεταφέριμα και ευέλικτα. Πρέπει επίσης να είναι ανεξάρτητα οποιουδήποτε συστήματος και περιεχομένου. Οι γενικευμένες γλώσσες έχουν τέτοια χαρακτηριστικά, παρέχοντας στα έγγραφα αυτά μια δυνατότητα η οποία δεν υπάρχει σε άλλες γλώσσες περιγραφής εγγράφων. Η HTML είναι προβληματική και περιοριστική γλώσσα. Η XML έλυσε πολλά από τα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι σχεδιαστές του web και είναι υπεύθυνη για την XHTML, μια ανασχεδιασμένη HTML. Θα χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια επειδή προσφέρει αποτελεσματικές και δυναμικές πολυμεσικές λύσεις.

Η XML σχεδιάστηκε να ικανοποιήσει πολλές ανάγκες δίνοντας στα έγγραφα ένα μεγαλύτερο επίπεδο προσαρμοστικότητας στο στυλ και τη δομή από αυτό που υπήρχε παλαιότερα στην HTML. Η XML προσφέρει στους σχεδιαστές της HTML τη δυνατότητα να προσθέτουν περισσότερα στοιχεία στη γλώσσα. Δεν αναφέρεται μονάχα στους σχεδιαστές του web αλλά σε οποιονδήποτε ασχολείται με εκδόσεις.

Στην πραγματικότητα, η XML είναι markup γλώσσα για έγγραφα που περιέχουν δομημένες πληροφορίες. Markup γλώσσα είναι ένας μηχανισμός που καθορίζει δομές σε ένα έγγραφο. Οι δομημένες πληροφορίες περιλαμβάνουν περιεχόμενο και κάποιες διευκρινίσεις για το ρόλο που παίζει το περιεχόμενο και σχεδόν όλα τα έγγραφα έχουν την ίδια δομή.

Η XML είναι κάτι περισσότερο από markup language είναι metalanguage, δηλαδή μια γλώσσα που χρησιμοποιείται για να καθορίσει νέες markup γλώσσες. Η XML συμπληρώνει και δεν αντικαθιστά την HTML. Ενώ η HTML χρησιμοποιείται στη διατύπωση και την εμφάνιση των δεδομένων η XML αναπαριστά τη συναφή έννοια των δεδομένων. Στην HTML τα tags είναι προκαθορισμένα ενώ η XML παρέχει τη δυνατότητα να καθορίζουν οι χρήστες τα tags και τις δομημένες μεταξύ τους σχέσεις.

Τα XML έγγραφα δεν είναι πολύπλοκα αλλά απλά και πολύ αποτελεσματικά. Το διδακτικό υλικό της well-formed XML αναλύει τη δημιουργία των XML εγγράφων, η οποία είναι κατά κάποιο τρόπο ίδια με την

HTML καθώς επιτρέπει τη μη δομημένη δημιουργία εγγράφου. Η valid XML είναι πιο σύνθετη. Απαιτεί την ύπαρξη ενός Document Type Definition πριν να γραφεί το έγγραφο αλλά παρέχει μια γενική δομή με βάση την οποία τη δημιουργούμε.

Η γλώσσα προγραμματισμού XML περιγράφει μια κατηγορία πληροφοριών (data objects) που καλούνται XML έγγραφα (documents) καθώς επίσης περιγράφει τμηματικά τη συμπεριφορά των προγραμμάτων που τα επεξεργάζονται.

Τα XML έγγραφα αποτελούνται από μονάδες αποθήκευσης που καλούνται *entities (ουτότητες)*, οι οποίες περιέχουν πληροφορίες αναλυμένες ή μη. Οι αναλυμένες πληροφορίες αποτελούνται από *χαρακτήρες (characters)* οι οποίοι συνθέτουν *character data* και άλλοι οι οποίοι συνθέτουν *markup*. Η μορφή markup κωδικοποιεί την περιγραφή της τελικής αποθήκευσης του εγγράφου καθώς και τη λογική δομή.

Ένα λογισμικό μοντέλο που καλείται **επεξεργαστής XML** χρησιμοποιείται να διαβάζει XML έγγραφα και παρέχει πρόσβαση στο περιεχόμενο και τη δομή τους. Υποτίθεται ότι ο επεξεργαστής XML λειτουργεί εκ μέρους ενός άλλου μοντέλου που καλείται **application (εφαρμογή)**. Αυτή η προδιαγραφή περιγράφει την απαιτούμενη συμπεριφορά του επεξεργαστή και συγκεκριμένα πως θα πρέπει να διαβάζει τα XML δεδομένα και ποιες πληροφορίες πρέπει να παρέχει στην εφαρμογή.

2.2 Προέλευση και στόχοι

Η γλώσσα XML αναπτύχθηκε από μια Ομάδα Εργασίας της XML κάτω από την καλή κηδεμονία του διεθνούς οργανισμού World Wide Web Consortium (W3C) το 1996. Εδραιώθηκε από τον John Bosak της Sun Microsystems με την ενεργή συμμετοχή μιας XML Ομάδας Ειδικού Ενδιαφέροντος (που οργανώθηκε από τον οργανισμό W3C).

Οι προσχεδιασμένοι στόχοι της XML είναι:

- Η XML πρέπει να είναι εύχρηστη στο Internet.
- Η XML πρέπει να υποστηρίζει μεγάλη ποικιλία από εφαρμογές.
- Η XML πρέπει να είναι συμβατή με την SGML.
- Θα είναι εύκολο να γράφονται προγράμματα που επεξεργάζονται XML έγγραφα.

- Ο αριθμός των προαιρετικών χαρακτηριστικών στην XML θα είναι όσο το δυνατόν πιο μικρός, ιδανικό επίπεδο το μηδέν.
- Τα XML έγγραφα θα πρέπει να είναι ευανάγνωστα.
- Ο σχεδιασμός XML θα πρέπει να προετοιμάζεται γρήγορα.
- Ο σχεδιασμός XML θα πρέπει να είναι τυπικός και περιεκτικός.
- Τα XML έγγραφα θα πρέπει να δημιουργούνται εύκολα.
- Η περιεκτικότητα στον XML συμβολισμό είναι μικρής σημασίας.

2.3 Χαρακτηριστικά XML

Η ακόλουθη συνοπτική παρουσίαση των 10 χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της XML συγκεντρώνει βασικές έννοιες και σας προσφέρει μία ολοκληρωμένη εικόνα για τη γλώσσα. Αν, λοιπόν, έχετε αναλάβει παρουσίαση με θέμα την XML, γιατί να μην αρχίσετε με τα παρακάτω 10 κύρια σημεία;

1. Η XML είναι μία γλώσσα για τη δόμηση δεδομένων

Με την έννοια δομημένα δεδομένα εννοούμε μία συλλογή στοιχείων δεδομένων όπως είναι για παράδειγμα τα λογιστικά φύλλα, οι κατάλογοι διευθύνσεων, οι παράμετροι διαμόρφωσης, οι οικονομικές συναλλαγές και τα τεχνικά σχέδια. Η XML είναι, δηλαδή, ένα σύνολο κανόνων (ή διαφορετικά ένα πακέτο κατευθυντήριων γραμμών ή συμβάσεων) για το σχεδιασμό μορφών κειμένου οι οποίες διευκολύνουν τη δόμηση των δεδομένων σας. Η XML δεν είναι γλώσσα προγραμματισμού. Δεν χρειάζεται, επομένως, να είστε προγραμματιστής για να την χρησιμοποιήσετε ή να τη μάθετε. Η XML διευκολύνει τον υπολογιστή να παράγει δεδομένα, να διαβάζει δεδομένα και να εξασφαλίζει τη σαφήνεια της δομής των δεδομένων. Η XML αποφεύγει τις συνήθεις παγίδες του σχεδιασμού γλωσσών: είναι επεκτάσιμη, ανεξάρτητη συστήματος υλικού και μπορεί να υποστηρίξει διεθνείς και τοπικές προσαρμογές. Η XML είναι πλήρως συμβατή με Unicode¹.

2. Η XML θυμίζει λίγο την HTML

Η XML, όπως η HTML, χρησιμοποιεί ετικέτες (tags) (λέξεις μέσα σε γωνιακές αγκύλες '<' και '>') και γνωρίσματα (τύπου όνομα = "τιμή"). Σε

¹ <http://www.unicode.org>

αντίθεση με την HTML η οποία διευκρινίζει τη σημασία κάθε ετικέτας και γνωρίσματος και συχνά προσδιορίζει πως θα εμφανίζεται σε φυλλομετρητή το κείμενο το οποίο περιλαμβάνεται σε αυτά, η XML χρησιμοποιεί ετικέτες μόνο για να οριοθετήσει κομμάτια δεδομένων και αφήνει την ερμηνεία των δεδομένων στη εφαρμογή που τα διαβάσει. Εν ολίγοις, εάν δείτε "<p>" σε αρχείο XML, μην βιαστείτε να συμπεράνετε ότι είναι παράγραφος (p = paragraph). Ανάλογα με το κείμενο, ενδέχεται να είναι τιμή (p = price), παράμετρος (p = parameter), πρόσωπο (p = person), το γράμμα π (p = a p) ή ακόμα και κάτι που δεν αρχίζει καν από π (p)!

3. Η XML είναι κείμενο αλλά δεν προορίζεται για ανάγνωση

Τα προγράμματα που παράγουν λογιστικά φύλλα, καταλόγους διευθύνσεων και άλλα δομημένα δεδομένα αποθηκεύουν, συχνά, τα εν λόγω δεδομένα στο σκληρό δίσκο, χρησιμοποιώντας δυαδική μορφή ή μορφή κειμένου. Ένα από τα πλεονεκτήματα της μορφής κειμένου είναι ότι επιτρέπει στο χρήστη, εάν είναι αναγκαίο, να δει τα δεδομένα χωρίς το πρόγραμμα που τα παράγει. Εάν χρειαστεί, δηλαδή, σας δίνει τη δυνατότητα να διαβάσετε μία μορφή κειμένου με το διορθωτή κειμένου της προτίμησής σας. Οι μορφές κειμένου επιτρέπουν, επίσης, στους κατασκευαστές λογισμικού να εκσφαλματώνουν εφαρμογές με μεγαλύτερη ευκολία.

Όπως και τα αρχεία HTML, τα αρχεία XML είναι αρχεία κειμένου τα οποία δεν προορίζονται για ανάγνωση αλλά προσφέρουν αυτή τη δυνατότητα στο χρήστη εάν προκύψει ανάγκη. Ωστόσο, οι κανόνες των αρχείων XML είναι αυστηροί σε αντίθεση με τα αρχεία HTML. Η παράληψη μίας ετικέτας ή ένα γνώρισμα δίχως αγκύλες καθιστά άχρηστο το αρχείο XML ενώ η HTML ανέχεται τέτοιου είδους παραλήψεις και συχνά τις επιτρέπει εξολοκλήρου. Η επίσημη προδιαγραφή της XML δεν επιτρέπει σε εφαρμογές να προσπαθούν να μαντέψουν ποιο είναι το πρόγραμμα δημιουργός ενός αρχείου XML με χαμένο σύνδεσμο. Εάν ο σύνδεσμος του αρχείου παρουσιάζει πρόβλημα, η εφαρμογή πρέπει να σταματήσει και να αναφέρει το σφάλμα.

4. Η XML είναι "φλύαρη" γλώσσα

Η XML εμφανίζεται υπό μορφή κειμένου και χρησιμοποιεί ετικέτες για την οριοθέτηση των δεδομένων και για τον λόγο αυτό τα αρχεία XML είναι σχεδόν πάντα μεγαλύτερα σε έκταση από συγκρίσιμα αρχεία σε δυαδική

μορφή. Πρόκειται για συνειδητή επιλογή των σχεδιαστών της XML. Τα πλεονεκτήματα ενός αρχείου υπό μορφή κειμένου είναι ολοφάνερα (δείτε χαρακτηριστικό 3) και τα μειονεκτήματα αντισταθμίζονται συνήθως σε άλλο επίπεδο. Η χωρητικότητα του σκληρού δίσκου δεν είναι τόσο ακριβή όσο παλαιότερα και προγράμματα όπως το zip και το gzip² μπορούν να συμπιέσουν αρχεία αποτελεσματικά και γρήγορα. Επιπρόσθετα, πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα πρωτόκολλα μόντεμ και το HTTP/1.1³, το οποίο είναι το πρωτόκολλο πυρήνας του Ιστού, μπορούν να συμπιέσουν πολύ εύκολα αρχεία με μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς και το ίδιο αποτελεσματικά όσο και τα δυαδικά αρχεία.

5. Η XML συνδυάζει διαφορετικές τεχνολογίες

Η XML 1.0⁴ είναι η προδιαγραφή που ορίζει τι είναι οι "ετικέτες" και τα "γνωρίσματα". Πέρα από την XML 1.0, "η οικογένεια XML" είναι ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο σύνολο λειτουργικών μονάδων οι οποίες προσφέρουν χρήσιμες υπηρεσίες για τη διεκπεραίωση σημαντικών έργων τα οποία ανακύπτουν συχνά. Η Xlink⁵ περιγράφει έναν προκαθορισμένο τρόπο εισαγωγής υπερσυνδέσμων σε αρχεία XML. Τα XPointer⁶ και τα XFragments είναι συντακτικά υπό διαμόρφωση για την υπόδειξη θέσεων ενός εγγράφου XML. Το XPointer μοιάζει λίγο με URL αλλά αντί να υποδεικνύει έγγραφο στον Ιστό, υποδεικνύει κομμάτια πληροφοριών ενός εγγράφου XML. Το CSS, η γλώσσα μορφοποίησης σελίδων, είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε XML όπως και σε HTML. Το XSL⁷ είναι γλώσσα μορφοποίησης σελίδων. Βασίζεται στο XSLT⁸, μία γλώσσα μετασχηματισμού η οποία χρησιμοποιείται για την αναδιάταξη, την πρόσθεση και την διαγραφή ετικετών και γνωρισμάτων. Το DOM⁹ είναι ένα προκαθορισμένο σύνολο λειτουργιών για τη διαχείριση αρχείων XML (και HTML) από μία γλώσσα προγραμματισμού. Τα XML Schemas 1 και 2¹⁰ επιτρέπουν στους κατασκευαστές λογισμικού να ορίσουν με ακρίβεια τις δομές των δικών τους μορφών XML. Υπάρχουν αρκετά εργαλεία και λειτουργικές

² <http://www.gnu.org/software/gzip/gzip.html>

³ <ftp://ftp.nordu.net/rfc/rfc2616.txt>

⁴ <http://www.w3.org/TR/REC-xml>

⁵ <http://www.w3.org/TR/xlink/>

⁶ <http://www.w3.org/TR/WD-xptr>

⁷ <http://www.w3.org/TR/xsl/>

⁸ <http://www.w3.org/TR/xslt>

⁹ <http://www.w3.org/TR/REC-DOM-Level-1/>

¹⁰ <http://www.w3.org/TR/xmlschema-1/>

μονάδες τα οποία βρίσκονται υπό διαμόρφωση ή είναι ήδη διαθέσιμα. Μπορείτε να ενημερώνεστε για ό,τι καινούριο στη σελίδα του W3C¹¹.

6. Η XML είναι καινούρια όχι, όμως, εντελώς καινούρια

Η ανάπτυξη της XML ξεκίνησε το 1996. Από το Φεβρουάριο του 1998 η XML αποτελεί Σύσταση του W3C. Ίσως, λοιπόν να θεωρήσετε ότι η XML δεν έχει ωριμάσει ακόμα τεχνολογικά. Στην πραγματικότητα, όμως, η τεχνολογία XML δεν είναι τόσο καινούρια. Πριν από την XML υπήρχε η SGML, η οποία αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80, τυποποιήθηκε από τον ISO το 1986, και χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε προγράμματα με εκτεταμένη τεκμηρίωση. Η ανάπτυξη της HTML ξεκίνησε το 1990. Οι σχεδιαστές της XML επέλεξαν τα καλύτερα τμήματα της SGML, χρησιμοποίησαν την εμπειρία που είχαν αποκτήσει κατά την ανάπτυξη της HTML και παράγαγαν μία γλώσσα η οποία δεν είναι λιγότερο ισχυρή από την SGML αλλά είναι πιο κανονικοποιημένη και πολύ πιο εύχρηστη. Βλέπετε, λοιπόν, είναι δύσκολο να διακρίνει κανείς την εξελικτική από την επαναστατική πρόοδο... Αξίζει να σημειωθεί, τέλος, ότι ενώ η SGML χρησιμοποιείται κυρίως για τεχνική τεκμηρίωση, και πολύ λιγότερο για δεδομένα άλλου είδους, για την XML ισχύει ακριβώς το αντίθετο.

7. Η XML οδηγεί την HTML σε XHTML

Μία από τις εφαρμογές XML υπάρχει υπό μορφή εγγράφου: πρόκειται για την XHTML του W3C, το διάδοχο της HTML. Η XHTML διαθέτει αρκετά κοινά στοιχεία με την HTML. Το συντακτικό, όμως, έχει αλλάξει έτσι ώστε να συμβαδίζει με τους κανόνες της XML. Τα έγγραφα με βάση την XML χρησιμοποιούν το συντακτικό της XML, με ορισμένους, όμως, περιορισμούς (π.χ., η XHTML επιτρέπει "<p>", όχι όμως "<r>") και πρόσθεση σημασίας στο συντακτικό (η XHTML λέει ότι το "<p>" σημαίνει "paragraph" (παράγραφος), και όχι "price" (τιμή) ή "person" (πρόσωπο) και όχι κάτι άλλο).

8. Η XML επιδέχεται συνδυασμό διαφορετικών μορφών

Η XML επιτρέπει στο χρήστη τον ορισμό νέας μορφής εγγράφου προσφέροντάς του τη δυνατότητα να συνδυάσει και να χρησιμοποιήσει άλλες

¹¹ <http://www.w3.org/TR>

μορφές. Ωστόσο, επειδή δύο διαφορετικές μορφές, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί ανεξάρτητα, ενδέχεται να διαθέτουν στοιχεία ή γνωρίσματα με το ίδιο όνομα, πρέπει να αποδοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά το συνδυασμό των δύο μορφών (το "<p>" μπορεί να σημαίνει "paragraph" (παράγραφος) στη μία μορφή και "person" (πρόσωπο) στην άλλη). Για την αποφυγή σύγχυσης ονομάτων κατά το συνδυασμό μορφών, η XML παρέχει ένα μηχανισμό namespace¹². Παραδείγματα μορφών με βάση την XML οι οποίες χρησιμοποιούν namespaces είναι η XSL και η RDF¹³. Το XML Schema¹⁴ σχεδιάστηκε με στόχο να επιδείξει την ικανότητα υποστήριξης συνδυασμών στο επίπεδο ορισμού δομών εγγράφου XML καθιστώντας εφικτό το συνδυασμό δύο σχημάτων και την παραγωγή τρίτου το οποίο αντιπροσωπεύει δύο συγχωνευμένες δομές εγγράφου.

9. Η XML αποτελεί τη βάση του RDF και του Σημασιολογικού Ιστού

Ο Σκελετός Περιγραφής Πόρων του W3C (Resource Description Framework - RDF) είναι μία μορφή κειμένου XML η οποία υποστηρίζει περιγραφή πόρων και εφαρμογές μεταδεδομένων, όπως οι κατάλογοι μουσικής, οι συλλογές φωτογραφιών και οι βιβλιογραφίες. Για παράδειγμα, το RDF έχει τη δυνατότητα να σας βοηθήσει να αναγνωρίσετε πρόσωπα σε ένα άλμπουμ φωτογραφιών του Ιστού χρησιμοποιώντας πληροφορίες από μία προσωπική λίστα επαφών. Στη συνέχεια, ο πελάτης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σας (mail client), μπορεί να αποστείλει μηνύματα σε όσους εμφανίζονται στις φωτογραφίες ειδοποιώντας τους ότι οι φωτογραφίες τους έχουν δημοσιευθεί στον Ιστό. Όπως συμβαίνει και στα συγχωνευμένα έγγραφα (integrated documents) HTML, τα συστήματα μενού και τις φόρμες αιτήσεων για την έναρξη του αρχικού Ιστού, το RDF συνδυάζει εφαρμογές και πράκτορες σε έναν ενιαίο Σημασιολογικό Ιστό. Και, βέβαια, όπως οι άνθρωποι έχουν συμφωνήσει να χρησιμοποιούν κοινές ονομασίες για τις σημασίες των λέξεων που χρησιμοποιούν όταν επικοινωνούν, έτσι και οι υπολογιστές χρειάζονται μηχανισμούς οι οποίοι να ορίζουν κοινά ονόματα για τους όρους ώστε να είναι εφικτή η αποτελεσματική επικοινωνία. Οι επίσημες περιγραφές όρων που ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο νοηματικό πεδίο (για παράδειγμα αυτό των αγορών ή των κατασκευών) ονομάζονται οντολογίες και συνιστούν σημαντικό

¹² <http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/>

¹³ <http://www.w3.org/RDF/>

¹⁴ <http://www.w3.org/XML/Schema>

τμήμα του Σημασιολογικού Ιστού. Οι οντολογίες του RDF, και η αναπαράσταση των διαφόρων σημασιών ώστε οι υπολογιστές να διευκολύνουν τους ανθρώπους στην εκτέλεση διαφόρων εργασιών αποτελούν μέρος της Δραστηριότητας Σημασιολογικού Ιστού Semantic Web Activity¹⁵.

10. Η XML δεν χρειάζεται άδεια χρήσης, λειτουργεί ανεξαρτήτως συστήματος υλικού και τυγχάνει ευρείας υποστήριξης

Η επιλογή της XML ως βάση για το έργο σας, σας προσφέρει πρόσβαση σε μια μεγάλη και διαρκώς αναπτυσσόμενη κοινότητα εργαλείων (ένα από τα οποία μπορεί να εξυπηρετεί πλήρως από μόνο του τις ανάγκες σας) και ειδικών με μεγάλη εμπειρία στις εν λόγω τεχνολογίες. Αν διαλέξετε την XML είναι σαν να διαλέγετε SQL για βάσεις δεδομένων: πρέπει να δημιουργήσετε τη δική σας βάση δεδομένων και τα δικά σας προγράμματα και διαδικασίες για τη διαχείρισή της. Υπάρχουν, όμως, πολλά εργαλεία στη διάθεσή σας και άνθρωποι για να σας βοηθήσουν. Και επειδή η XML δεν χρειάζεται άδεια χρήσης μπορείτε να κατασκευάσετε πάνω της το δικό σας λογισμικό δίχως να πρέπει να πληρώσετε τίποτα σε κανέναν. Επίσης, τυγχάνει ευρείας και ολοένα επεκτεινόμενης υποστήριξης που σημαίνει ότι δεν δεσμεύεστε σε ένα μόνο κατασκευαστή. *Η XML δεν είναι πάντα η καλύτερη λύση αλλά αξίζει να τη λάβετε υπόψη σας.*

2.4 XML και διαλειτουργικότητα

Αν και η γλώσσα HTML είναι επαρκής για την διαχείριση, διακίνηση και απεικόνιση κάθε είδους πληροφορίας στον παγκόσμιο ιστό, σε σύγχρονες εφαρμογές, όπως διαμεσολαβητές πληροφοριών (σημασιολογικές πύλες διαδικτύου, ψηφιακά μουσεία και βιβλιοθήκες), εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου (δικτυακοί τόποι ηλεκτρονικών αγορών και πωλήσεων), εφαρμογές ηλεκτρονικής μάθησης εξ αποστάσεων ή πλέγματα γνώσης (knowledge grids), χρειάζεται ένας περισσότερο αυτοματοποιημένος τρόπος εύρεσης, ανάλυσης, συλλογής και παρουσίασης της διακινούμενης πληροφορίας.

Ένα νέο πρότυπο, αυτό της XML (extensible Markup Language) [BPMM], επιτρέπει τον διαχωρισμό μεταξύ του τρόπου εμφάνισης της

¹⁵ <http://www.w3.org/2001/sw/>

πληροφορίας και της ερμηνείας που δίνεται στην πληροφορία αυτή. Η XML έχει «κληρονομήσει» τα θετικά της html: Είναι απλή, εύκολη στην ανάγνωση και στην γραφή της, καθολικά αποδεκτή και αξιοποιήσιμη από κάθε υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Όμως, η XML είναι πολύ περισσότερο από αυτά. Στην XML δίνεται η δυνατότητα ορισμού σημάνσεων από τον ίδιο το χρήστη ώστε να αποδίδεται στην διακινούμενη πληροφορία η επιθυμητή σημασιολογία.

Έτσι, η αναπαράσταση της πληροφορίας σε XML δεν περιορίζεται σε ένα σταθερό σύνολο σημάνσεων, όπως στην HTML. Αντίθετα, η σήμανση που δίνεται στην πληροφορία δηλώνει και την σημασιολογία που αυτή έχει κάθε φορά. Έτσι, η XML διαθέτει ευελιξία, αφού αλλάζοντας απλά τις σημάνσεις δίνεται μια διαφορετική σημασιολογία στην διακινούμενη πληροφορία, ενώ παράλληλα διαθέτει και επεκτασιμότητα, αφού η σημασιολογία της πληροφορίας μπορεί να εμπλουτίζεται διαρκώς με νέες σημάνσεις.

Μια σήμανση σε ένα XML έγγραφο μπορεί να «μαρκάρει» πληροφορία που ενδεχομένως περιέχει άλλες σημάνσεις για το «μαρκάρισμα» υποσυνόλων της πληροφορίας αυτής. Έτσι, οι σημάνσεις σε ένα XML έγγραφο αποτελούν ένα σύνολο από σύνθετα και ατομικά αντικείμενα και μπορούν να αναπαρασταθούν σε μια δενδρική μορφή, όπου κάθε κόμβος αποτελεί μια σήμανση του XML εγγράφου και τα παιδιά του είναι οι σημάνσεις που χρησιμοποιούνται από υποσύνολα της πληροφορίας που «μαρκάρεται» από τη συγκεκριμένη σήμανση.

Η εγκυρότητα ενός XML εγγράφου ελέγχεται με βάση κατάλληλων XML σχημάτων (XML Schema) και ορισμών τύπου εγγράφου (Document Type Definition- DTD), με βάση των οποίων ελέγχονται συγκεκριμένα κριτήρια εγκυρότητας.

Παρά τις αναμφισβήτητα περισσότερες δυνατότητες που προσφέρει η XML σε σύγκριση με την HTML, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια αυτοματοποιημένη διαχείριση της πληροφορίας στο διαδίκτυο. Η διαλειτουργικότητα που μπορεί να προσφέρει η XML περιορίζεται από τις διαφορετικές ερμηνείες που μπορεί να δώσει κανείς στην διακινούμενη πληροφορία. Η ανταλλαγή πληροφορίας βασισμένη στην XML προϋποθέτει την εξ αρχής συμφωνία σε θέματα όπως:

1. Ποια είναι η ερμηνεία των σημάνσεων που δίνεται στα XML έγγραφα.

2. Ποιοι είναι οι ορισμοί τύπων εγγράφου και τα XML Schemata για την εγκυρότητα των εγγράφων.
3. Ποιες είναι οι λειτουργίες στα δεδομένα.

Είναι φανερό, ότι μια τέτοια προσυμφωνία σε θέματα απόδοσης ερμηνείας που δίνεται στην διακινούμενη πληροφορία δεν μπορεί να γίνει, όταν η πληροφορία διακινείται μέσα στον παγκόσμιο ιστό. Ακόμα και αν επιτευχθεί σε συγκεκριμένο αριθμό μελών που συμμετέχουν στην διακίνηση αυτής της πληροφορίας, κάθε νέο μέλος θα αποδίδει τη δική του ερμηνεία, που πιθανώς θα διαφέρει με αυτήν που δίνει κάθε άλλο μέλος. Συνεπώς, ασυμφωνίες στην απόδοση ενιαίας ερμηνείας της πληροφορίας που διακινείται, καθιστά την διαλειτουργικότητα με τη χρήση της XML στο διαδίκτυο αρκετά προβληματική.

3. Σημασιολογικός Ιστός (*Semantic Web*)

3.1 Εισαγωγή

Μια εναλλακτική προσέγγιση στην μεταφορά, αξιοποίηση και παρουσίαση του περιεχομένου των πληροφοριών που διακινούνται στο διαδίκτυο προτάθηκε από τον Tim Berners Lee, ιδρυτή του World Wide Consortium (W3C) και του παγκόσμιου Ιστού, με το όνομα Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web).

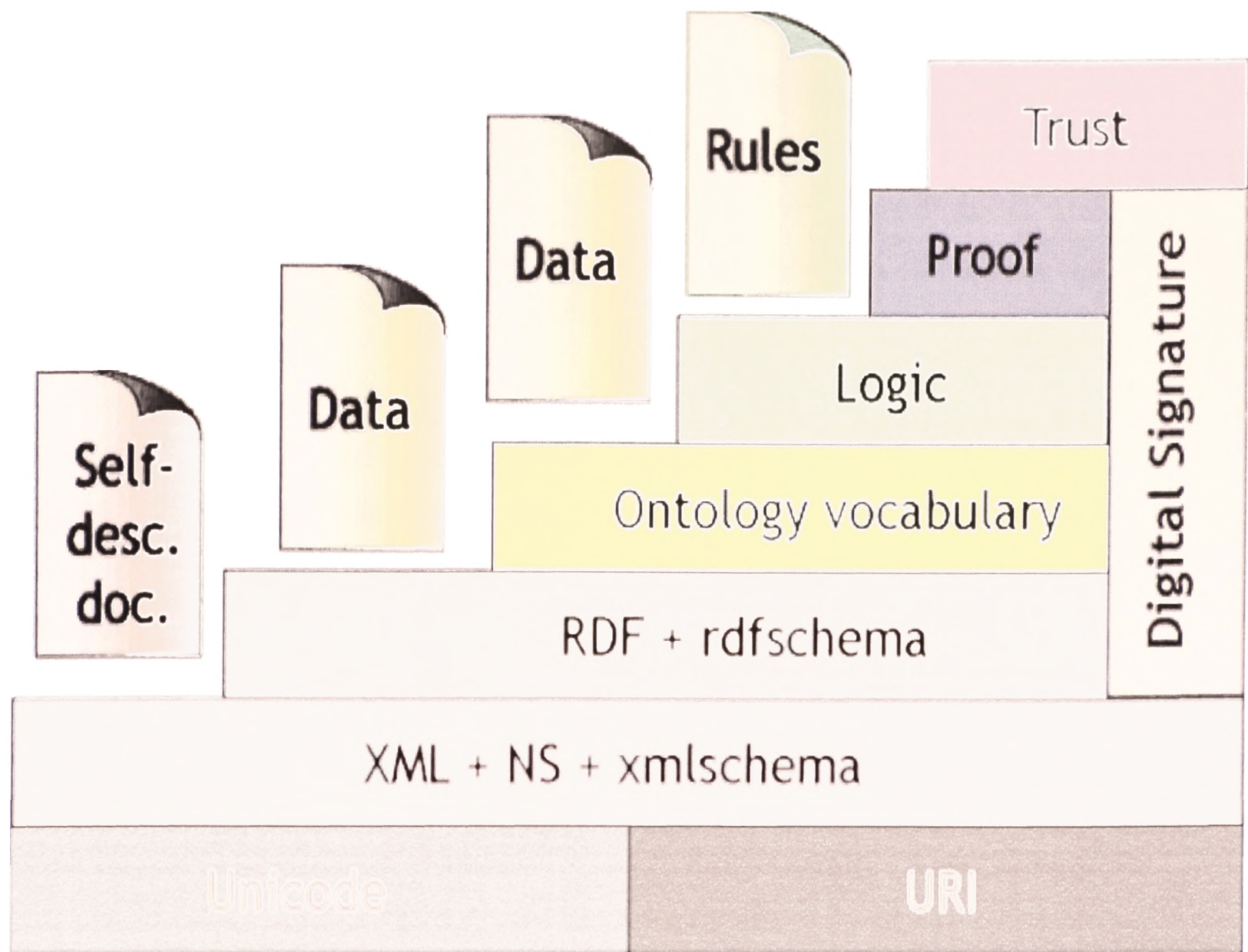
Σκοπός του Σημασιολογικού Ιστού είναι η επίτευξη μιας καλύτερης διαλειτουργικότητας ανάμεσα σε εφαρμογές και πληροφορίες, ώστε οι διάφορες υπηρεσίες του διαδικτύου να ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών με έναν περισσότερο αυτοματοποιημένο τρόπο.

Ο Παγκόσμιος Ιστός (WWW), στην σημερινή μορφή του περιέχει πληροφορία που προορίζεται για τον άνθρωπο. Αποτελείται από σελίδες, τις οποίες οι χρήστες του διαβάζουν και αποκομίζουν καινούργιες γνώσεις. Σαν επέκταση των παραπάνω ο όρος «Σημασιολογικός Ιστός» εκφράζει το όραμα στο οποίο ο υπολογιστής – λογισμικό, όπως και οι άνθρωποι, θα είναι ικανός να εντοπίζει, διαβάζει, κατανοεί και να χρησιμοποιεί τα δεδομένα του διαδικτύου, για να επιτύχει χρήσιμα αποτελέσματα για τους χρήστες του.

Βέβαια, ήδη έχει κατασκευαστεί λογισμικό που προσφέρει χρήσιμες υπηρεσίες στο διαδίκτυο, όπως είναι οι μηχανές αναζήτησης. Όμως η διαφορά έγκειται στον τρόπο χρήσης της διαθέσιμης πληροφορίας στο διαδίκτυο. Οι χρήστες στον παγκόσμιο ιστό, αναζητούν νέες πληροφορίες, επιλέγοντας τον ένα σύνδεσμο μετά τον άλλο, με βάση την λογική τους. Θα ήταν πολύ πιο αποδοτικό αυτή η διαδικασία να συνεχιζόταν μόνη της, ίσως ενημερώνοντας τον χρήστη κατά διαστήματα για την τρέχουσα κατάσταση. Σκοπός των τεχνολογιών γύρω από τον «Σημασιολογικό Ιστό» είναι να κάνουν πραγματικότητα λειτουργίες όπως η προαναφερθείσα, με τον εμπλουτισμό της διαθέσιμης πληροφορίας στο διαδίκτυο με «σημασιολογικά στοιχεία» (Semantic Ontologies), τα οποία οι υπολογιστές, μέσω του λογισμικού τους, θα έχουν την δυνατότητα να κατανοούν, χωρίς ανθρώπινη ανάμειξη.

Ο οργανισμός W3C (World Wide Web Consortium), ο οποίος αναπτύσσει καινούργιες τεχνολογίες για την βελτίωση του παγκόσμιου ιστού

(www), προωθεί την ανάπτυξη του «Σηματολογικού Ιστού», ενώ πολλές από τις θεμελιώδεις τεχνολογίες του, όπως η RDF και η XML, έχουν αναπτυχθεί από αυτόν. Σύμφωνα με τον Tim Berners – Lee η αρχιτεκτονική του «Σηματολογικού Ιστού» απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 1- Αρχιτεκτονική του Σηματολογικού Ιστού

Τα στρώματα αυτά αναλύονται ως εξής:

- **XML – eXtensible Markup Language.** Η γλώσσα που από το 1998 αποτελεί το θεμέλιο λίθο για σχεδόν όλες τις γλώσσες αλληλεπίδρασης με δεδομένα που διατίθενται στο διαδίκτυο.
- **XML Schema.** Η γλώσσα που καθορίζει την δομή συγκεκριμένων γλωσσών βασισμένων στην XML.
- **RDF – Resource Description Framework.** Μια ευέλικτη γλώσσα, ικανή να περιγράψει με σαφήνεια πληροφορία διαφόρων ειδών και μεταδεδομένα.
- **RDF Schema.** Η γλώσσα που περιέχει τα μέσα για τον ορισμό του λεξιλογίου γλωσσών βασισμένων στην RDF, για συγκεκριμένες εφαρμογές.

- **Ontology.** Γλώσσες που ορίζουν λεξιλόγια και την χρήση όρων στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου λεξιλογίου. Η RDF χρησιμοποιείται για την κατασκευή οντολογιών, η οποία με την σειρά της χρησιμοποιείται από πιο σύνθετες γλώσσες οντολογιών, όπως η OWL.
- **Logic and Proof.** Η λογική επαγωγή είναι βασικό κομμάτι της δημιουργίας συνεκτικότητας και ορθότητας στα δεδομένα και στην επαγωγή λογικών συμπερασμάτων.
- **Trust.** Το μέσο για την ταυτοποίηση της ταυτότητας και η απόδειξη ότι τα δεδομένα και οι υπηρεσίες προς χρήση είναι έγκυρα.

Ο σημασιολογικός ιστός (semantic web) εννοιολογικά αποτελεί τη λογική εξέλιξη του σημερινού διαδικτύου, και φιλοδοξεί μελλοντικά να λύσει πολλά από τα σημαντικά προβλήματα που υφίσταται το περιβάλλον του διαδικτύου και ταλανίζουν τους χρήστες του, ενώ παράλληλα θέτουν σοβαρούς περιορισμούς στη χρήση του προηγούμενου για μεγάλες εμπορικές εφαρμογές και δραστηριότητες. Εμπνευστής του σημασιολογικού ιστού είναι και ο εμπνευστής του διαδικτύου, Tim Burners-Lee, πρόεδρος του W3C consortium. Το W3C προωθεί την ιδέα του σημασιολογικού δικτύου ενώ έχουν συστηθεί επιτροπές και ομάδες εργασίας που θα δημιουργήσουν τα πρότυπα και τις απαιτούμενες τεχνολογίες.

Κύριο μέλημα του σημασιολογικού ιστού είναι να προσδώσει χαρακτηριστικά ταυτότητας και σημασιολογικού προσδιορισμού στις πηγές του διαδικτύου. Κατά συνέπεια τα πληροφοριακά συστήματα θα έχουν τη δυνατότητα να περιγράφουν, κατανοούν, ανταλλάσσουν, και κατά συνέπεια να συνεργάζονται στο περιβάλλον του διαδικτύου σε αντίθεση με την σημερινή κατάσταση όπου παρατηρείται μόνο η μετάδοση και μεταφορά υπερμεσικού υλικού.

Ο σημασιολογικός ιστός είναι μία ερευνητική προσπάθεια σε εξέλιξη. Βασικές προδιαγραφές έχουν δοθεί, αλλά ο τρόπος περιγραφής των πηγών, και οι υποστηριζόμενες υπηρεσίες βρίσκονται ακόμη υπό ανάπτυξη. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει μια σύντομη περιγραφή της ερευνητικής αυτής προσπάθειας και πώς το σημασιολογικό δίκτυο συνδέεται με τον τομέα της εκπαίδευσης από απόσταση.

3.2 Στόχοι του Σημασιολογικού Ιστού

Το σημασιολογικό διαδίκτυο φιλοδοξεί να επιτρέψει τόσο στους χρήστες όσο και στα πληροφοριακά συστήματα να μπορούν να κατανοούν και να επεξεργάζονται λογικά τις ίδιες πληροφορίες και δεδομένα. Προφανώς αυτή η προοπτική θα ανοίξει νέους συναρπαστικούς ορίζοντες, αφού τα πληροφοριακά συστήματα θα μπορούν πέρα από το να αντλούν μεγάλες ποσότητες πληροφοριών όπως κάνουν σήμερα, επιπλέον να τις επεξεργάζονται λογικά και εξάγουν λογικά συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας διεργασίας θα μπορούν να δημοσιεύονται και αυτά στο διαδίκτυο έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τρίτους, αυξάνοντας έτσι τη συνολική γνώση και αξία του σημασιολογικού ιστού.

Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, θα δημιουργηθούν και θα λειτουργούν έξυπνες υπηρεσίες οι οποίες θα μπορούν να εντοπίζουν και να χρησιμοποιούν η μία την άλλη, να συνεργάζονται μεταξύ τους χωρίς να έχουν εξαρχής προετοιμαστεί για αυτό, και όλα αυτά αυτόματα χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

3.3 Επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού

Η αρχιτεκτονική του σημασιολογικού ιστού η οποία έχει προταθεί, έχει τη μορφή παράλληλων επιπέδων όπου σε κάθε επίπεδο επιλύεται ένα συγκεκριμένο μέρος του σημασιολογικού προβλήματος και τα αποτελέσματα του αποτελούν είσοδο για το παραπάνω ιεραρχικά επίπεδο.

Επίπεδο δεδομένων :

Αφορά τον τρόπο εντοπισμού και τον τρόπο κωδικοποίησης των δεδομένων. Να σημειωθεί ότι ήδη στο διαδίκτυο υπάρχει επίπεδο δεδομένων, το οποίο όμως θα επεκταθεί και θα διευρυνθεί.

Η διαδικασία του εντοπισμού αφορά την αυτοματοποιημένη υπόδειξη της οντότητας που περιέχει τα δεδομένα (π.χ. html σελίδα, απλό κείμενο, βάση δεδομένων ή άλλη οντότητα) και θα γίνεται με χρήση των URI (Uniform Resource Identifiers). Στο σημερινό διαδίκτυο χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο των URIs που καλείται Uniform Resource Locator (URL).

Η κωδικοποίηση όσον αφορά τους χαρακτήρες θα γίνεται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο Unicode. Όσο αφορά τη μορφή (format) και το συντακτικό (syntax) με το οποίο θα αποτυπώνονται τα δεδομένα, χρησιμοποιούνται η γλώσσα XML, το XML Schema και τα XML namespaces.

Επίπεδο περιγραφών:

Σε αυτό το επίπεδο ξεκινά η ουσιαστική διαφοροποίηση του σημασιολογικού ιστού από το WWW. Στο επίπεδο αυτό περιλαμβάνονται μαζί με τα δεδομένα και πληροφορίες που τα περιγράφουν. Συγκεκριμένα περιγράφουν τις ιδιότητές τους και τις σχέσεις τους. Οι πληροφορίες αυτές καλούνται μεταδεδομένα (metadata).

Προφανώς απαιτείται η ύπαρξη τεχνολογιών με τις οποίες θα γίνονται οι περιγραφές αυτές. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία που προωθείται και από το W3C, είναι το Resource Definition Framework (RDF), το οποίο θα περιγραφεί σε επόμενη ενότητα.

Επίπεδο λογικής:

Στο επίπεδο αυτό ορίζονται κανόνες οι οποίοι θα επιτρέψουν τη λογική επεξεργασία των δηλώσεων του προηγούμενου επιπέδου, προκειμένου να λύσουν λογικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα το θέμα της ισοδυναμίας σε μία ορολογία (δύο ονομασίες για την ίδια έννοια όπως zip code και postal code). Οι τεχνολογίες που έχουν προταθεί για το επίπεδο αυτό είναι οι RDF Schema, DAML, OIL και άλλες. Το RDF schema είναι η τεχνολογία που προωθείται από το W3C. Επιπλέον μπορούν να οριστούν ολοκληρωμένες οντολογίες οι οποίες θα επιτρέψουν τον πληρέστερο εννοιολογικό προσδιορισμό

των δεδομένων. Τεχνολογίες και γλώσσες που έχουν προταθεί είναι η DAML+OIL, η Webontologies και άλλες.

Τέλος να σημειωθεί ότι σε αυτό το επίπεδο γίνεται η λογική επεξεργασία των δεδομένων. Θα πρέπει λοιπόν μελλοντικά να κατασκευαστούν γλώσσες, αλγόριθμοι και μηχανές λογισμού (Inference engines), εργαλεία με τα οποία θα γίνεται εφικτή η διατύπωση μιας λογικής ερώτησης, η επεξεργασία αυτής και τέλος η παρουσίαση του αποτελέσματος.

Επίπεδο ελέγχου αξιοπιστίας:

Σε αυτό το επίπεδο γίνεται έλεγχος της αξιοπιστίας, της ορθότητας και σχετικότητας των αποτελεσμάτων της λογικής επεξεργασίας του προηγούμενου επιπέδου. Για να συμβεί αυτό, απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλων αποδείξεων οι οποίες δεν είναι τίποτα περισσότερο από το σύνολο των κανόνων ορισμού που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία. Προφανώς θα πρέπει να αναφέρεται και ο τρόπος χρήσης τους, όπως επίσης και οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν. Τέλος χρειάζονται και οι κατάλληλες γλώσσες οι οποίες θα επιτρέψουν την εξέταση και έλεγχο των αποδείξεων αυτών από τους τελικούς χρήστες.

Προς το παρόν δεν υπάρχει κάποια διαδεδομένη γλώσσα έκφρασης και αποτύπωσης των αποδείξεων αυτών. Επίσης ούτε γλώσσες ελέγχου των αποδείξεων έχουν προταθεί.

Εμπιστοσύνη:

Σε αυτό το επίπεδο εξετάζεται το κατά πόσο κάποιος κανόνας λογικής προέρχεται από κάποια πηγή την οποία εμπιστευόμαστε ή δεν εμπιστευόμαστε. Έτσι είναι δυνατόν να αποφασιστεί το αν θα χρησιμοποιηθεί u942 ή όχι. Αυτή η διεργασία στην πραγματικότητα λαμβάνει χώρα σε όλα τα προηγούμενα επίπεδα (πλην το επίπεδο δεδομένων)

Η τεχνολογία που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι οι ψηφιακές υπογραφές (digital signatures), που στηρίζονται σε μεθόδους κρυπτογραφίας δημόσιου κλειδιού.

3.4 Λειτουργία του Σημασιολογικού Ιστού- Τυπική περιγραφή λειτουργίας

Μια τυπική περιγραφή της λειτουργίας του Σημασιολογικού Ιστού περιλαμβάνει την εξέταση της περίπτωσης εύρεσης κατάλληλου υλικού από μία πηγή του σημασιολογικού δικτύου. Τα βήματα της ενέργειας που ακολουθούνται είναι τα παρακάτω:

- Υποβολή ερώτησης με τα κατάλληλα δεδομένα περιγραφής του υλικού που αναζητείται τα οποία αποτελούν την μεταπεριγραφή του επιθυμητού υλικού.
- Εντοπισμός και ανάκτηση δεδομένων και της μεταπεριγραφής τους από την απομακρυσμένη πηγή.
- Εντοπισμός και ανάκτηση των κανόνων λογισμού που χρειάζονται ή της κατάλληλης οντολογίας που θα ταιριάζει.
- Εξέταση του βαθμού εμπιστοσύνης των κανόνων λογισμού με ψηφιακές υπογραφές που συνοδεύουν το υλικό που ανακτήθηκε.
- Λογική επεξεργασία των δεδομένων.
- Παραγωγή αποδείξεων αξιοπιστίας και καταγραφή τους με χρήση κατάλληλων γλωσσών.
- Έλεγχος των αποδείξεων με χρήση κατάλληλων γλωσσών επαλήθευσης.

Γίνεται φανερό ότι τόσο η έλλειψη καθολικά αποδεκτών τεχνολογιών όσο και η μη ύπαρξη τους (αναφορικά με το επίπεδο εμπιστοσύνης και ελέγχου αξιοπιστίας) καθιστά το παραπάνω σενάριο ακόμη ανενεργό και μη εφαρμόσιμο.

Συμπερασματικά όμως θα μπορούσε να λεχθεί ότι το περιβάλλον του σημασιολογικού δικτύου θα μπορούσε να αποτελέσει μελλοντικά ένα ιδανικό περιβάλλον για την ανταλλαγή δεδομένων. Η εκπαίδευση από απόσταση θα μπορούσε να ωφεληθεί τα μέγιστα από την αποδοχή και την εκμετάλλευση της τεχνολογίας του σημασιολογικού δικτύου.

Αναφορικά με την παρούσα κατάσταση, καθολικά αποδεκτές τεχνολογίες όπως η περιγραφή δεδομένων μέσω της γλώσσας XML, όπως και η μεταπεριγραφή των πηγών του διαδικτύου με τη χρήση της RDF, μπορούν να

αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία για την ανάπτυξη πρωτότυπων αρχιτεκτονικών συνεργασίας εκπαιδευτικών πηγών στο υπάρχον περιβάλλον του διαδικτύου.

3.5 Τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού-XML

Η XML είναι μια γνωστή στο ευρύ κοινό πια πρόταση του W3 consortium (W3C,2003) για μια γλώσσα περιγραφής η οποία θα βοηθήσει στον ορισμό επισημάνσεων (markup, annotations) για δημοσίευση περιεχομένου και πληροφορίας, τόσο στο διαδίκτυο όσο και σε άλλες περιοχές ενδιαφέροντος.

Ο σκοπός της XML είναι να προσφέρει περισσότερες και διαφορετικές δυνατότητες σε σχέση με την HTML, όπως επεκτάσεις των στοιχείων του κειμένου και των χαρακτηριστικών τους, υποστήριξη για την αναπαράσταση κειμένων με πολύπλοκη δομή και την επικύρωση της δομής του κειμένου με βάση μια γραμματική της δομής του κειμένου (Document Type Definition DTD). Το DTD περιγράφει ποια στοιχεία αναμένονται, τη σειρά εμφάνισής τους, και πώς τα στοιχεία αυτά ενσωματώνονται σε ένα XML κείμενο.

Μία εναλλακτική λύση για τη επικύρωση του XML κειμένου είναι τα λεγόμενα σχήματα (XML schema), (W3C 2003). Τα XML schema εκφράζουν κοινά λεξικά εννοιών, και επιτρέπουν στις μηχανές να εκτελέσουν κανόνες που έχουν οριστεί από τους ανθρώπους. Προσφέρουν ένα μέσο για τον ορισμό της δομής, του περιεχομένου και των σημασιολογικών εννοιών των κειμένων XML.

Η XML, από τη στιγμή της εμφάνισής της, σε σύντομο χρονικό διάστημα έχει μετεξελιχθεί σε ένα σύνολο από κοινά αποδεκτά πρότυπα ενσωματώνοντας τεχνολογίες κλειδιά από τρεις διαφορετικούς τομείς: Από τα έγγραφα-κείμενα, τις βάσεις δεδομένων και το διαδίκτυο. Παρακάτω ακολουθούν μερικά παραδείγματα εφαρμογών με την χρήση της:

- XHTML (Extended Hypertext Markup Language). Η HTML με τους όρους της XML.
- MathML (Mathematics Markup Language).
- SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language).
- RDF (Resource Definition Framework).
- XUL (Extensible User-Interface Language).
- WML (Wireless Markup Language)

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η XML είναι:

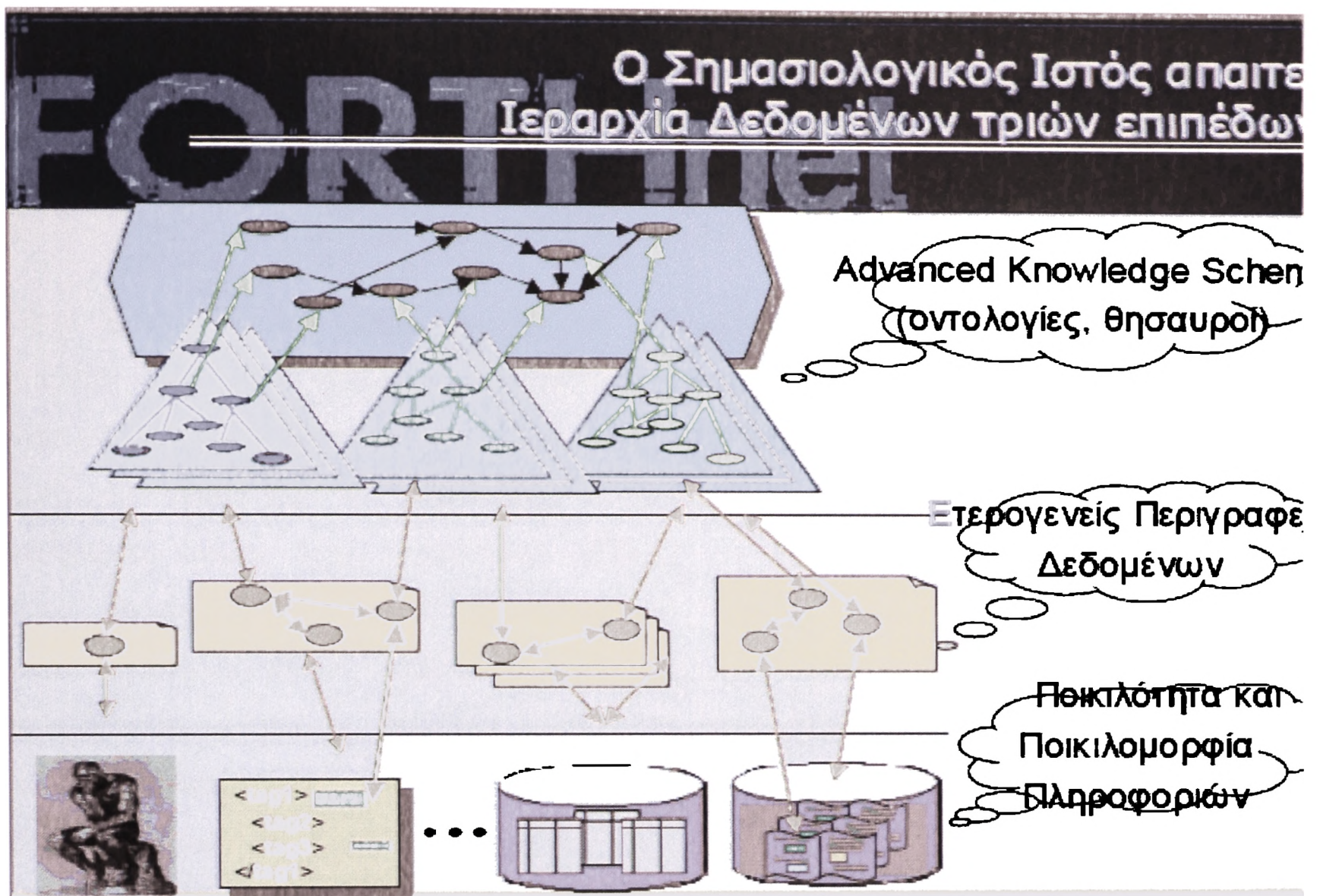
- Προσδίνεται και διατηρείται η σημασιολογία και η δομή των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ των εφαρμογών διαδικτύου.
- Τα δεδομένα μπορούν να δομηθούν σε μία αντικειμενοστραφή βάση δεδομένων.
- Αποτελεί ιδανικό τρόπο ενσωμάτωσης δεδομένων από πολλές και διαφορετικές πηγές.

Ένα σενάριο διαλειτουργικότητας στο περιβάλλον του διαδικτύου μπορεί να παρατηρηθεί και με την εφαρμογή της τεχνολογίας XML μόνο και όχι κατά ανάγκη με τη χρήση του συνόλου του σημασιολογικού ιστού και των τεχνολογιών του. Μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- Ο συγγραφέας χρησιμοποιώντας μια ειδική εφαρμογή δημιουργεί δεδομένα εκπαιδευτικού περιεχομένου τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε XML έγγραφα και να αποθηκευτούν.

- Ένας Web Server μπορεί να πάρει τα έγγραφα αυτά και να τα μεταφέρει μέσω του διαδικτύου στους μαθητές. Εκεί ένας φυλλομετρητής μπορεί να τα μετατρέψει σε ένα άλλο πρότυπο όπως το XHTML και να τα διαβάσει.

Ειδικές γλώσσες για την εύρεση υλικού το οποίο είναι αποθηκευμένο σε XML μπορούν να χρησιμοποιηθούν (XPath, XQL, Xquery, XML-QL).



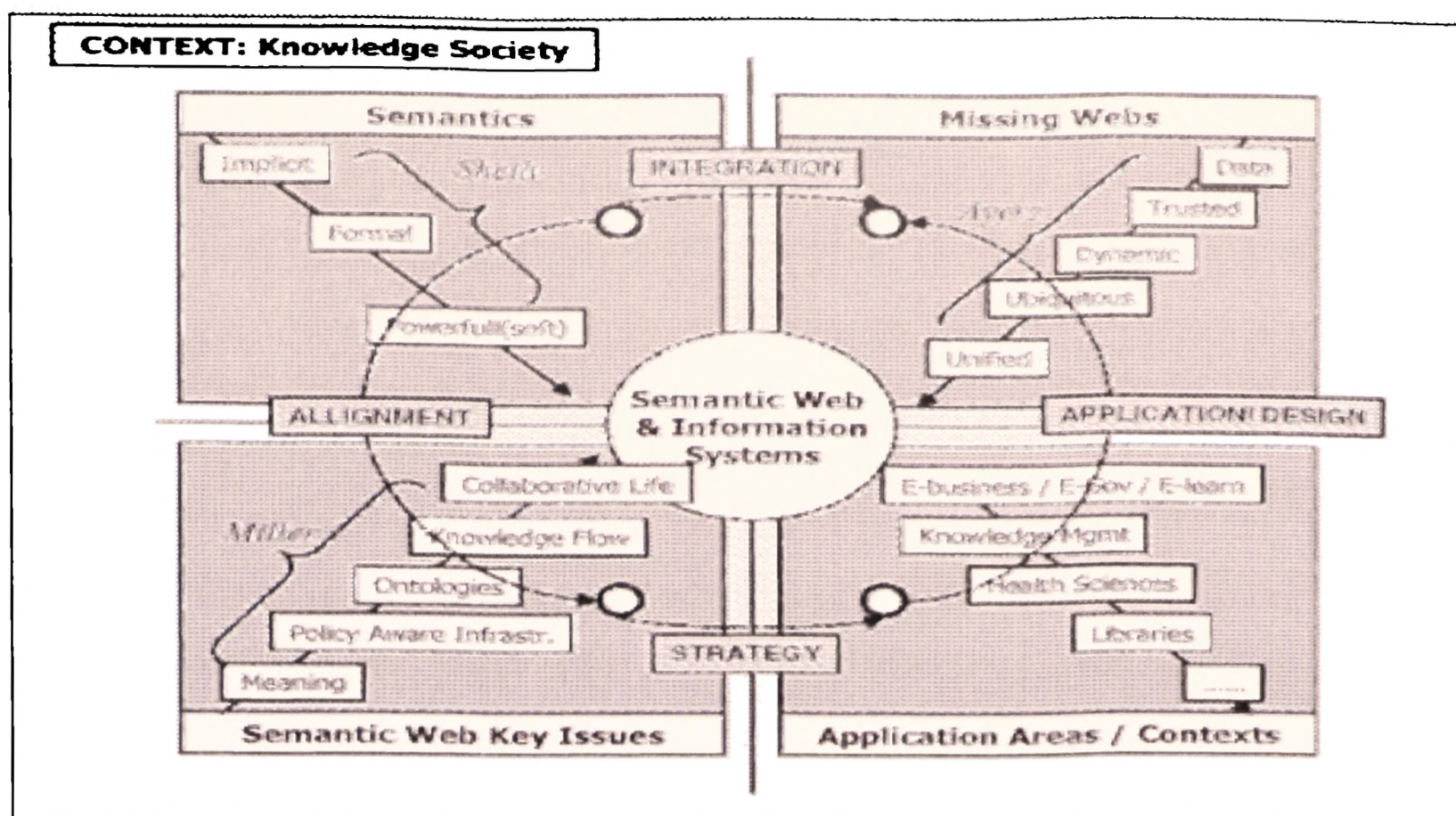
Εικόνα 2 -Ο Σημασιολογικός Ιστός απαιτεί Ιεραρχία Δεδομένων τριών επιπέδων

3.5.1. Ο σημασιολογικός ιστός ως μοχλός ανάπτυξης μιας νέας γενιάς Ηλεκτρονικού Επιχειρείν

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Στην Κοινωνία της Πληροφορίας τα δεδομένα της επιχειρηματικής δράσης είναι αν μη τι άλλο ευμετάβλητα και ελάχιστα δεδομένα. Κάθε επιχείρηση και οργανισμός καλείται σε αυτό το πλαίσιο να διευρύνει τα αισθητήριά του αλλά και τις εσωτερικές διαδικασίες που αξιοποιούν κάθε ανεκμετάλλετο πόρο. Μια σημαντική εξέλιξη τα τελευταία χρόνια στη Διοικητική Επιστήμη και στην Πληροφορική είναι η αναγνώριση του σημαντικού ρόλου του ανθρωπίνου κεφαλαίου και της Γνώσης στην υλοποίηση κάθε στρατηγικού οράματος. Εξαιτίας αυτής της ποιοτικής μεταστροφής μια σειρά από ενδιαφέρουσες επιστημονικές περιοχές έχουν αναδυθεί, με σημαντική συνεισφορά στην κατανόηση του τρόπου που οι σύγχρονες επιχειρήσεις λειτουργούν αλλά και με καινοτομικές τεχνολογικές εισηγήσεις. .

Ο Σημασιολογικός Ιστός, οριοθετεί ένα νέο ορόσημο στην αέναη προσπάθεια του ανθρώπινου πνεύματος και της επιστημονικής έρευνας να δημιουργήσει νέα επίπεδα αναπαράστασης και εκμετάλλευσης της γνώσης. Σκοπός της ομάδας εργασίας είναι να δημιουργήσει για την Ελλάδα, έναν επιστημονικό πυρήνα με σκοπό την διάδοση της έννοιας και των εφαρμογών του Σημασιολογικού Ιστού για μια νέα αναπτυξιακή γενιά εφαρμογών Ηλεκτρονικού επιχειρείν. Τα επίπεδα της έμφασης εστιάζονται στις Επιχειρήσεις, τους Πολίτες, την Διακυβέρνηση και την Κοινωνία. Στο γράφημα που ακολουθεί αποδίδονται παραστατικά οι κύριοι πυλώνες αναφοράς.



Εικόνα 3 - Πυλώνες Αναφοράς Σηματολογικού Ιστού

Ο Σηματολογικός Ιστός (Semantic Web), που αποτελεί σημαντική πρωτοβουλία του W3C, παρέχει μια διεθνώς προσβάσιμη πλατφόρμα που επιτρέπει την επεξεργασία δεδομένων με αυτοματοποιημένα εργαλεία, προωθώντας την έξυπνη ενσωμάτωση συστημάτων και τη δια-λειτουργική συνεργασία σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σύμφωνα με τον Tim Berners-Lee, που επινόησε τον Παγκόσμιο Ιστό το 1989, ο Σηματολογικός Ιστός επεκτείνει το σημερινό σύστημα, όπου η πληροφορία έχει καλά καθορισμένο νόημα, και καθιστά τη συνεργασία μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών πιο αποτελεσματική.

Η Κοινοπραξία του Παγκόσμιου Ιστού διευθύνεται από το MIT Laboratory for Computer Science (MIT LCS) στις ΗΠΑ, το National Institute for Research in Computer Science and Control (INRIA) στη Γαλλία και το Keio University στην Ιαπωνία, ενώ αριθμεί ήδη παραπάνω από 430 μέλη. Βασικός στόχος της Κοινοπραξίας είναι η καθολική πρόσβαση στην πληροφόρηση μέσω δικτύου, ανεξάρτητα από τον εξοπλισμό και το λογισμικό, τη δικτυακή υποδομή, τη γλώσσα και την κουλτούρα, τη γεωγραφική θέση και τις σωματικές ή νοητικές ικανότητες των χρηστών.

Η πρωτοβουλία του Σηματολογικού Ιστού αφορά τη δυνατότητα έκφρασης με όρους τους οποίους μπορούν να ερμηνεύσουν και να

ανταλλάξουν οι υπολογιστές μας. Δομικά στοιχεία του είναι οι γλώσσες RDF, XML του W3C, και οι ψηφιακές υπογραφές.

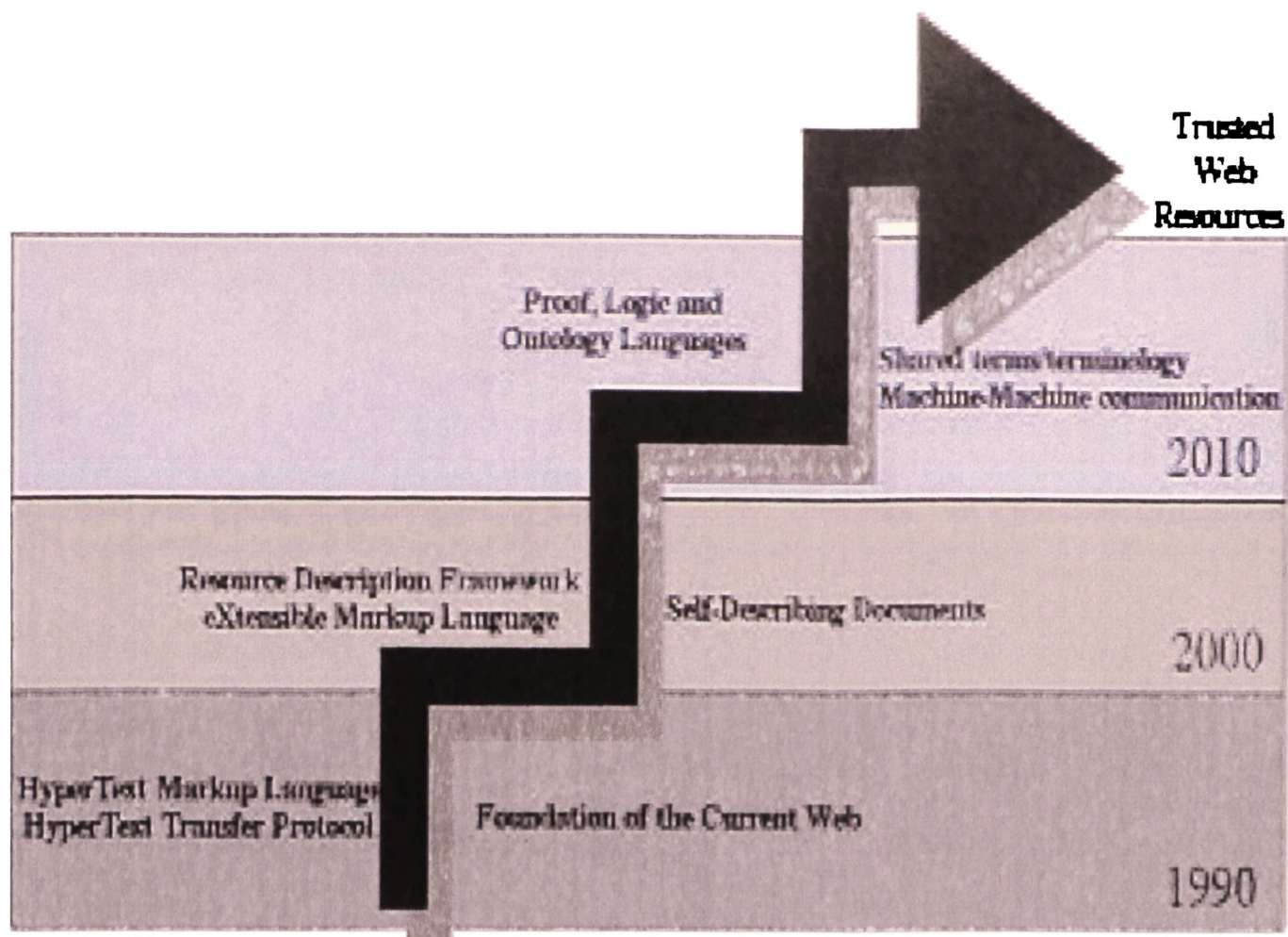
Άλλες δραστηριότητες του W3C αφορούν το σχεδιασμό και την προώθηση "ανοικτών" (μη-ιδιόκτητων) γλωσσών υπολογιστών και πρωτοκόλλων που αποτρέπουν τον κατακερματισμό της αγοράς. Αποστολή του είναι η δημιουργία ενός δικτύου που να χαρακτηρίζεται από τεχνική υπεροχή και αποκέντρωση των σύγχρονων κατανεμημένων συστημάτων.

Το Ελληνικό Γραφείο W3C (W3C-Hellas) ιδρύθηκε το 1998 και αποσκοπεί στην αποτελεσματικότερη διάδοση και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και κανόνων του W3C από την ακαδημαϊκή και βιομηχανική ελληνική κοινότητα, καθώς και στην ενεργή συμμετοχή ελληνικών εταιρειών και οργανισμών στις εργασίες και δραστηριότητες της κοινοπραξίας.

Κατά τη διάρκεια της ημερίδας, η οποία είναι ανοικτή για το κοινό, οι συμμετέχοντες θα έχουν τη δυνατότητα να ενημερωθούν, μεταξύ άλλων, σχετικά με τις δραστηριότητες του W3C για το Σημασιολογικό Ιστό, τους κανόνες και τις εφαρμογές του.

3.5.2 Ευφυής πρόσβαση στην Ψηφιακή Πληροφορία

Τα τελευταία δύο χρόνια γίνεται πολύς λόγος και για το Semantic Web, ενός διαδυκτίου δηλαδή στο οποίο η πληροφορία είναι καλύτερα ορισμένη επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την ολοκλήρωση, αυτοματοποίηση και επαναχρησιμοποίηση των δεδομένων.



Εικόνα 4 -Η εξέλιξη στις γλώσσες περιγραφής δεδομένων

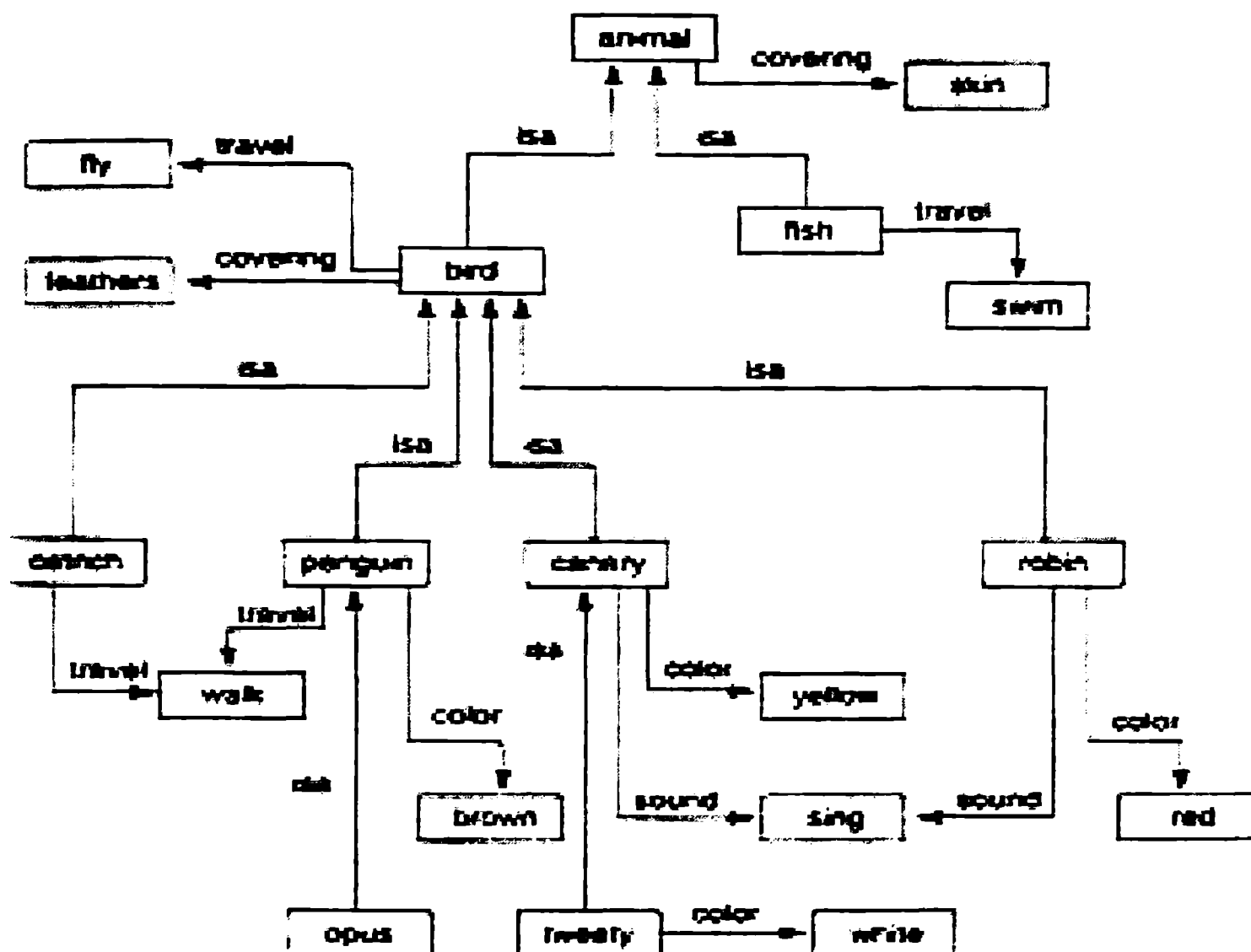
3.5.3 Μεταδεδομένα και Σημασιολογικός Χαρακτηρισμός

Εκτός από τα μετα-δεδομένα τα οποία προκύπτουν από τις προτιμήσεις των χρηστών ή την δομή ενός περιβάλλοντος hypertext, υπάρχουν και άλλα τα οποία σχετίζονται με αντικείμενα, ιδέες, διαδικασίες καθώς και των σχέσεων που τις διέπουν. Αυτά τα δεδομένα έχουν σημασιολογικό νόημα το οποίο με την σειρά του είναι δυνατόν να περιγραφεί από φορμαλισμούς ή λεξιλόγια που καλούνται οντολογίες. Ο σημασιολογικός χαρακτηρισμός της πληροφορίας και η χρήση οντολογιών για την αναπαράσταση της είναι σχετικά ένας καινούργιος τομέας στην περιοχή της διαχείρισης γνώσης.

Η διαδικασία της μετατροπής της πληροφορίας σε σημασιολογική είναι δυνατή μέσω ενός πλαισίου περιγραφής, του RDF (Resource Description Framework) και των RDF schemas. Το World Wide Web Consortium (W3C) έχει δημιουργήσει μία ομάδα για την δημιουργία της γλώσσας OWL η οποία θα περιγράφει τις οντολογίες που υπάρχουν στο διαδύκτιο, μία φιλόδοξη και πολύ δύσκολη προσπάθεια.

Για την περιγραφή, διαχείριση και εισαγωγή μεταδεδομένων σε κοινά έγγραφα του διαδικτύου έχουν κάνει την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια αρκετά πρότυπα όπως περιγραφές τύπων κειμένου (Document Type

Definitions, XML-DTDs), το νέο πρότυπο περιγραφής πολυμέσων MPEG-7 και γενικά η χρήση της γλώσσας περιγραφής XML (Extensible Markup Language), Topic Maps (σε μορφή XTM) και Semantic nets.



Εικόνα 5 -Παράδειγμα μεταδεδομένων

Το κέντρο βάρους του περιεχομένου του Ιστού μετατοπίζεται συνεχώς από τον άνθρωπο προς τα δεδομένα. Για να φτάσει ο Ιστός το μέγιστο των δυνατοτήτων του, πρέπει να εξελιχθεί σε ένα Σημασιολογικό Ιστό, ο οποίος παρέχει μια διεθνώς προσβάσιμη πλατφόρμα που επιτρέπει σε αυτοματοποιημένα εργαλεία αλλά και σε ανθρώπους να μοιράζονται και να επεξεργάζονται δεδομένα.

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί πρωτοβουλία της Κοινοπραξίας του Παγκοσμίου Ιστού (W3C) και έχει δημιουργηθεί για να εξυπηρετήσει έναν ηγετικό ρόλο, τόσο στο σχεδιασμό προδιαγραφών, όσο και στην ανοικτή ανάπτυξη της τεχνολογίας μέσω της συνεργασίας.

Εκτός από τα μεταδεδομένα τα οποία προκύπτουν από τις προτιμήσεις των χρηστών ή την δομή ενός περιβάλλοντος hypertext, υπάρχουν και άλλα τα

οποία σχετίζονται με αντικείμενα, ιδέες, διαδικασίες καθώς και των σχέσεων που τις διέπουν.

Αυτά τα δεδομένα έχουν σημασιολογικό νόημα το οποίο με την σειρά του είναι δυνατόν να περιγραφεί από φορμαλισμούς ή λεξιλόγια που καλούνται οντολογίες. Ο σημασιολογικός χαρακτηρισμός της πληροφορίας και η χρήση οντολογιών για την αναπαράσταση της είναι σχετικά ένας καινούργιος τομέας στην περιοχή της διαχείρισης γνώσης.

3.6 Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού

Επίπεδο Δεδομένων

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί επέκταση του παρόντος Ιστού. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι αποδίδεται πολύ καλά το νόημα της διαθέσιμης πληροφορίας σε μορφή κατανοητή τόσο από ανθρώπους, όσο και από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, διευκολύνοντας τη μεταξύ τους συνεργασία. Η σημασιολογική περιγραφή των δεδομένων και του περιεχομένου πραγματοποιείται σε σταθερά λεξιλόγια, τα οποία είναι διαθέσιμα στον Ιστό και λειτουργούν ως σημεία αναφοράς. Για την περιγραφή των δεδομένων και τη σύνδεσή τους με σταθερά λεξιλόγια απαιτείται η χρήση ενός απλού μοντέλου μεταδεδομένων και μίας σύνταξης για μεταδεδομένα. Το επικρατέστερο μοντέλο μεταδεδομένων είναι το Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (Resource Description Framework), το οποίο χρησιμοποιώντας τριαδικούς συνδυασμούς πόρων Ιστού καταφέρνει να προβάλλει μία σαφή μέθοδο έκφρασης σημασιολογίας σε μηχαναγνώσιμη κωδικοποίηση (Miller 1998).

Επίπεδο Σχήματος

Η σημασιολογία των Πόρων εκφράζεται με μία αναφορά (URI) σε ένα σταθερό λεξιλόγιο. Τα σταθερά αυτά λεξιλόγια που ονομάζονται σχήματα-οντολογίες καθορίζουν τους όρους που χρησιμοποιούνται στις RDF δηλώσεις και δίνουν συγκεκριμένο νόημα σε αυτές. Το καθένα από αυτά αναφέρεται σε συγκεκριμένο επιστημονικό, επιχειρηματικό πεδίο και περιλαμβάνει τόσο τους όρους που κρίθηκαν ως αντιπροσωπευτικοί για την περιγραφή τους, όσο και τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους (Swartz 2002).

Το RDF περιλαμβάνει μία προκαταρκτική εργασία σχετικά με τον ορισμό σχημάτων μεταδεδομένων (metadata schemas). Η εργασία αυτή βασίζεται στο

RDF μοντέλο και ονομάζεται RDF Schema (Ianella 1999). Το RDF Schema αν και αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον καθορισμό λεξιλογίου, δομής και περιορισμών και την έκφραση μεταδεδομένων σχετικά με Πόρους Ιστού, δεν μπορεί να αποδώσει περίπλοκες σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Επειδή ακριβώς παρέχει περιορισμένες δυνατότητες εκφρασιμότητας, οι οποίες δεν αρκούν για μία ολοκληρωμένη οντολογική μοντελοποίηση και λογική, απαιτείται ένα επιπλέον επίπεδο πάνω από αυτό του ορισμού λεξιλογίου μέσω σχημάτων. Αυτήν ακριβώς τη διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική που δημιουργείται αποκαλεί ο Tim Berners-Lee “Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web)” (Broekstra et. al. 2000: 1).

<p>Λογικό Επίπεδο (Logical layer)</p> <p>Επίσημη σημασιολογία και υποστήριξη λειτουργίας εξαγωγών συμπερασμάτων</p> <p>OIL, DAML-OIL, OWL</p>
<p>Επίπεδο Σχήματος (Schema layer)</p> <p>Ορισμός του λεξιλογίου</p> <p>RDF Schema</p>
<p>Επίπεδο Δεδομένων (Data layer)</p> <p>Απλό μοντέλο δεδομένων και σύνταξη για μεταδεδομένα</p> <p>RDF</p>

Πίνακας 1 -Η διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού

Λογικό Επίπεδο

Στο τρίτο και ανώτερο επίπεδο εισάγονται οι οντολογίες. Ο όρος προέρχεται από το χώρο της φιλοσοφίας και εκφράζει ένα τμήμα της το οποίο μελετά τις βασικές αρχές και τις νομοτέλειες της ύπαρξης (Εγκυκλοπαίδεια Υδρία-Cambridge-Ήλιος 1992: Λήμμα Οντολογία). Στην πληροφορική, οντολογία ορίζεται ως ο σαφής προσδιορισμός ενός εννοιολογικού συλλογισμού (Gruber 1993: 1). Περιλαμβάνουν και αυτές, όπως τα σχήματα, ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο όρων και τη διευκρίνιση του νοήματός τους. Το ελεγχόμενο λεξιλόγιο εκφράζεται σε μία γλώσσα αναπαράστασης οντολογιών, της οποίας η γραμματική περιλαμβάνει επίσημους περιορισμούς σχετικά με το πώς οι όροι του λεξιλογίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί (Metamodel 2003).

Πρωταρχικός στόχος μίας οντολογικής αναπαράστασης είναι η μείωση της ασάφειας στη χρήση κάποιων όρων, έτσι ώστε οι όροι να χρησιμοποιούνται με την ερμηνεία που τους δόθηκε μέσα στην οντολογία και όχι με κάποια άλλη που πιθανώς αυτοί να επιδέχονται.

Ουσιαστική διαφορά μεταξύ των όρων σχήμα-οντολογία δεν υπάρχει. Έχει επικρατήσει στην Κοινότητα του Σημασιολογικού Ιστού ο πρώτος όρος να αναφέρεται σε απλούς εννοιολογικούς συλλογισμούς, οι οποίοι εκφράζονται από λιγότερο εκφραστικές γλώσσες αναπαράστασης της γνώσης, όπως είναι το RDF Schema. Ο δεύτερος όρος αφορά σε πιο περίπλοκα μοντέλα, τα οποία περιγράφονται από εκφραστικότερες γλώσσες, όπως είναι οι OIL, DAML+OIL, Ontolingua, OWL, κ.λπ.

Σχέση θησαυρού – οντολογιών

Η σχέση των οντολογιών με τους θησαυρούς είναι εμφανής, καθώς και τα δύο εργαλεία αποτελούν “προσεγγίσεις δόμησης, ταξινόμησης, μοντελοποίησης και αναπαράστασης εννοιών και σχέσεων ενός γνωστικού πεδίου” (Metamodel 2003). Και στις δύο περιπτώσεις η κοινή αντίληψη που δημιουργείται για ένα γνωστικό πεδίο εκφράζεται μέσα από ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο όρων, το οποίο έχουν συμφωνήσει να χρησιμοποιούν τα μέλη των σχετικών επιστημονικών κοινοτήτων. Και στα δύο εργαλεία αναπαράστασης γνώσης οι όροι του λεξιλογίου ομαδοποιούνται και το νόημα τους εκφράζεται με κάποιον τρόπο. Δε θα ήταν υπερβολή να υποστηριχθεί ότι οι οντολογίες αποτελούν τη φυσική εξέλιξη των θησαυρών. Η διαφορά εντοπίζεται στο γεγονός ότι οι θησαυροί προορίζονται για χρήση από ανθρώπους, ενώ μία οντολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου από ανθρώπους και υπολογιστικά συστήματα. Το χαρακτηριστικό τους αυτό αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του Σημασιολογικού Ιστού και για ό,τι αναμένεται αυτός να παρέχει στην κοινωνία της πληροφορίας και γενικότερα στην καθημερινότητα του μέλλοντος.

3.7 Παγκόσμιος ιστός και Σημασιολογικός Ιστός

Ο παγκόσμιος ιστός είναι σχεδιασμένος γύρω από διαθέσιμους πόρους, το μοναδικό τρόπο διευθυνσιοδότησης αυτών των πόρων και ένα σύνολο από εντολές. Είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί πάνω σε μεγάλης κλίμακας και πολύπλοκα δίκτυα με κατανομημένο τρόπο. Στην παράγραφο αυτή, όταν θα

αναφερόμαστε στον όρο «πόρο» θα εννοούμε κάποιο πακέτο δεδομένων, το οποίο μπορεί να είναι κάποια έγγραφα, ιστοσελίδες ή οτιδήποτε άλλο δεδομένο. Στον παγκόσμιο ιστό αναφερόμαστε στους πόρους αυτούς μέσω των URIs (Uniform Resource Indicators) γενικότερα, ενώ μέσω των URLs (Uniform Resource Locators) αναφερόμαστε σε πόρους που μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν και να ανακτηθούν απευθείας μέσω πρωτοκόλλων πέραν του HTTP, όπως FTP.

Ο παγκόσμιος ιστός λειτουργεί πάνω από ένα τεράστιο δίκτυο υπολογιστών με ένα αστρονομικό αριθμό από ιστοσελίδες και ιστοχώρους και πρέπει να συνεχίσει να λειτουργεί καθώς τα μεγέθη αυτά αυξάνονται. Σε ένα τέτοιο κατανεμημένο δίκτυο που συνεχώς μεγαλώνει, οποιοσδήποτε διαθέτει υπολογιστή μπορεί με τη βοήθεια κάποιου εξυπηρέτη (server) να προσθέσει πόρους στο ήδη υπάρχον δίκτυο χωρίς να είναι αναγκασμένος να τις καταχωρήσει και σε κάποιο συγκεκριμένο μέρος ή κόμβο ή κατάλογο. Ο παγκόσμιος ιστός, λοιπόν, είναι ανοιχτός με την έννοια ότι νέες ιστοσελίδες, νέα δεδομένα και νέοι πόροι γενικότερα μπορούν να προστεθούν ελεύθερα από τον καθένα χωρίς κάποιο κεντρικό έλεγχο.

Είναι κατανοητό, λοιπόν, ότι ο παγκόσμιος ιστός είναι πιθανό να είναι ημιτελής, με την έννοια ότι δεν παρέχει καμία εγγύηση ότι όλοι οι πιθανοί σύνδεσμοι θα λειτουργούν και ότι όλη η πιθανή πληροφορία θα είναι διαθέσιμη.

Είναι προφανές πια, πως ο σημασιολογικός ιστός προκειμένου να συμβαδίζει με το τρέχον μοντέλο του παγκόσμιου ιστού πρέπει να ακολουθήσει «ιδέες» και προσεγγίσεις του τωρινού μοντέλου:

- Πρέπει να χρησιμοποιεί τρόπους διευθυνσιοδότησης μέσω URIs.
- Πρέπει να χρησιμοποιεί πρωτόκολλα με μικρό και κοινά κατανοητό σύνολο εντολών.
- Πρέπει να διατηρεί όσο το δυνατόν λιγότερο ή ακόμη και καθόλου ιστορικό των πληροφοριών του διαδικτύου.
- Πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κατανεμημένο.
- Πρέπει να μπορεί να λειτουργεί πάνω σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα.

- Πρέπει να επιτρέπει την τοπική αποθήκευση των πληροφοριών ώστε να επιταχύνει την πρόσβαση σε αυτές και να ελαττώνει το φόρτο του δικτύου.

Τέλος, μα εξίσου σημαντικό, πρέπει να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει σε οποιαδήποτε ασυνέπεια συνδέσμων ή ημιτελών πληροφοριών.

3.7.1 Δυνατότητες Σημασιολογικού Ιστού

Ο τρόπος με τον οποίο θα αναπτυχθεί ο Σημασιολογικός Ιστός προβλέπεται (Semaview 2002: 6) να είναι ανάλογος με αυτόν του σύγχρονου Παγκόσμιου Ιστού. Το πρώτο βήμα στη διαμόρφωση του Παγκόσμιου Ιστού του μέλλοντος είναι η δημιουργία νησίδων πληροφορίας οργανωμένης σημασιολογικά. Οι νησίδες αυτές σιγά-σιγά θα διασυνδεθούν μεταξύ τους προσφέροντας περισσότερες δυνατότητες για την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών. Το επόμενο βήμα είναι η αξιοποίηση του πλέγματος πληροφοριών, που δημιουργείται, σύμφωνα με τις προοπτικές που παρέχει η σημασιολογική τους οργάνωση.

Το καθένα από τα στάδια εξέλιξης του Σημασιολογικού Ιστού χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες τεχνολογικές δυνατότητες. Η διάθεση μέσω του Παγκόσμιου Ιστού δεδομένων που έχουν οριστεί και διασυνδεθεί μεταξύ τους αποτελεί τη βασική υποδομή για ό,τι υπόσχεται ο μελλοντικός Παγκόσμιος Ιστός: αποτελεσματικότερη αναζήτηση δεδομένων και πληροφοριών, αυτοματοποίηση και ολοκλήρωση υπηρεσιών, αξιοποίηση της υπάρχουσας γνώσης σε ποικίλες εφαρμογές (Hendler 2002).

1. Αναζήτηση δεδομένων

Η προφανέστερη δυνατότητα του Σημασιολογικού Ιστού αφορά στην ανάκτηση πληροφοριών τόσο στα πλαίσια του Παγκόσμιου Ιστού, όσο και σε εκείνα μίας Βάσης δεδομένων – Ψηφιακής Βιβλιοθήκης. Η σημασιολογική οργάνωση της πληροφορίας έχει ως επακόλουθο τη βελτίωση των μηχανισμών αναζήτησης με πιο ποιοτικά αποτελέσματα κατά τις διαδικασίες ανάκτησης δεδομένων και πληροφοριών. Επιπλέον η χρήση μεταδεδομένων στην περιγραφή Πόρων Ιστού καθιστά δυνατή την αυτόματη ταξινόμηση και αποθήκευσή τους με βάση κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων που περιλαμβάνονται σε σχετικές οντολογίες. Μία τέτοια προοπτική προσφέρει

επιπλέον δυνατότητες στην οργάνωση του ψηφιακού περιεχομένου με σημασιολογικά κριτήρια, στην αναζήτηση πληροφοριών και στην εξέλιξη των Ψηφιακών Βιβλιοθηκών και των εφαρμογών Διαχείρισης Γνώσης (Knowledge Management).

2. Αυτοματοποίηση και ολοκλήρωση υπηρεσιών

Η ύπαρξη οντολογιών που καλύπτουν ποικίλους τομείς της ανθρώπινης ζωής αποτελεί μία σημαντική υποδομή για την ανάπτυξη προηγμένων υπηρεσιών· η ελεύθερη πρόσβαση μέσω Ιστού σε οντολογίες στην ουσία αποτελεί ελεύθερη πρόσβαση σε γνώση που, επιπλέον, είναι οργανωμένη σύμφωνα με λογικά και σημασιολογικά κριτήρια. Ειδικά προγράμματα, βασιζόμενα σε αυτή τη γνώση, μπορούν να αναζητούν, να εκτελούν ή και να συνθέτουν ακόμη νέες υπηρεσίες, προς όφελος του χρήστη. Τα προγράμματα αυτά ονομάζονται -ανάλογα με την τεχνολογία στην οποία στηρίζονται- Πράκτορες (Agents) ή Υπηρεσίες Ιστού (Web Services). Και τα δύο είδη προγραμμάτων, αν και αποτελούν διαφορετικές προσεγγίσεις του Σημασιολογικού Ιστού, στηρίζονται στη γνώση που προσφέρουν οι οντολογίες. Οδηγούνται μέσα στον Ιστό ή περιγράφονται από αυτές, προκειμένου να εκτελέσουν κάποια ενέργεια για λογαριασμό του χρήστη.

Μία επιτυχής συνεργασία - αλληλεπίδραση μεταξύ συστημάτων από διαφορετικούς επιστημονικούς ή επιχειρηματικούς κλάδους εξαρτάται, εκτός από τα προγράμματα που αναλαμβάνουν το διαδικαστικό κομμάτι εκτέλεσης ενεργειών, κυρίως από τις οντολογίες που τους περιγράφουν. Το πρόβλημα σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο κάθε κλάδος χρησιμοποιεί δική του ορολογία, με αποτέλεσμα στο μέλλον να χρειαστεί να αντιμετωπισθούν θέματα ορολογίας, πολυγλωσσίας, συνωνυμίας ή αμφισημίας όρων και εννοιών. Η σημασιολογική χαρτογράφηση εννοιών και όρων μεταξύ διαφορετικών οντολογιών θα αποτελέσει σημείο αιχμής στην εξέλιξη του Σημασιολογικού Ιστού. Μία τέτοια εργασία επιλύοντας τα προβλήματα ορολογίας, ταυτόχρονα θα συμβάλει στην προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των ανθρώπων και των τομέων που εκπροσωπούν, στη βελτίωση των διαδικασιών ανάκτησης δεδομένων και πληροφοριών, καθώς και στην αποτελεσματικότητα Πρακτόρων και Υπηρεσιών Ιστού. Στο δύσκολο αυτό εγχείρημα, το τέλος του οποίου θα σηματοδοτήσει μία νέα εποχή για την κοινωνία της πληροφορίας, η αξία της εμπειρίας των

βιβλιοθηκονόμων στην κατασκευή και διαχείριση θησαυρών είναι αδιαμφισβήτητη.

3. Αξιοποίηση της υπάρχουσας γνώσης

Η πληθώρα μεταδεδομένων και γνώσης διαθέσιμη στον Παγκόσμιο Ιστό, θα αυξήσει τις δυνατότητες εξαγωγής συμπερασμάτων του Σημασιολογικού Ιστού, δίνοντας ώθηση σε “νοήμονες” εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης (Semaview 2002: 7). Αν και είναι δεδομένο πως ο συνδυασμός της υπάρχουσας γνώσης με άλλα στοιχεία και πληροφορίες μπορεί να αξιοποιηθεί σε ποικίλες και πρωτοποριακές εφαρμογές, μία πρόβλεψη του τί επιφυλάσσει ο Σημασιολογικός Ιστός κατά το στάδιο της πλήρους ανάπτυξής του πιθανότατα να χαρακτηριστεί σε αυτή τη χρονική στιγμή ως παρακινδυνευμένη. Το πώς θα αξιοποιηθούν η γνώση και οι μηχανισμοί εξαγωγής συμπερασμάτων αποτελεί θέμα ανθρώπινης έμπνευσης και τεχνολογικής ανάπτυξης. Δεν υπάρχει ακόμα η εμπειρία και η τεχνογνωσία του δεύτερου σταδίου ανάπτυξης του Σημασιολογικού Ιστού, το οποίο αναμένεται τόσο να ικανοποιήσει υπάρχουσες ανάγκες και να δημιουργήσει νέες (προκαλώντας την έμπνευση και τη δημιουργικότητα των ανθρώπων), όσο και να σηματοδοτήσει την εξέλιξη νέων, ακόμα πιο προηγμένων τεχνολογικών υποδομών.

3.8 Σημασιολογικές Υπηρεσίες Διαδικτύου

Ο όρος «Σημασιολογικές Υπηρεσίες Διαδικτύου» (Semantic Web Services), αναφέρεται στον εμπλουτισμό του τρέχοντος μοντέλου «Υπηρεσιών Διαδικτύου» με σημασιολογική πληροφορία (semantic information). Σκοπός της παραπάνω ενέργειας είναι η πληρέστερη περιγραφή τους, με απώτερο στόχο την αρμονική ενσωμάτωσή τους στο «Σημασιολογικό Ιστό». Με το τρόπο αυτό, η περιγραφή των υπηρεσιών θα είναι επαρκής για την αποδοτικότερη αναζήτηση τους, μέσα στο τεράστιο πλήθος των προσφερόμενων υπηρεσιών στο διαδίκτυο, αφού θα καθίστανται κατανοητές από αυτοματοποιημένο λογισμικό.

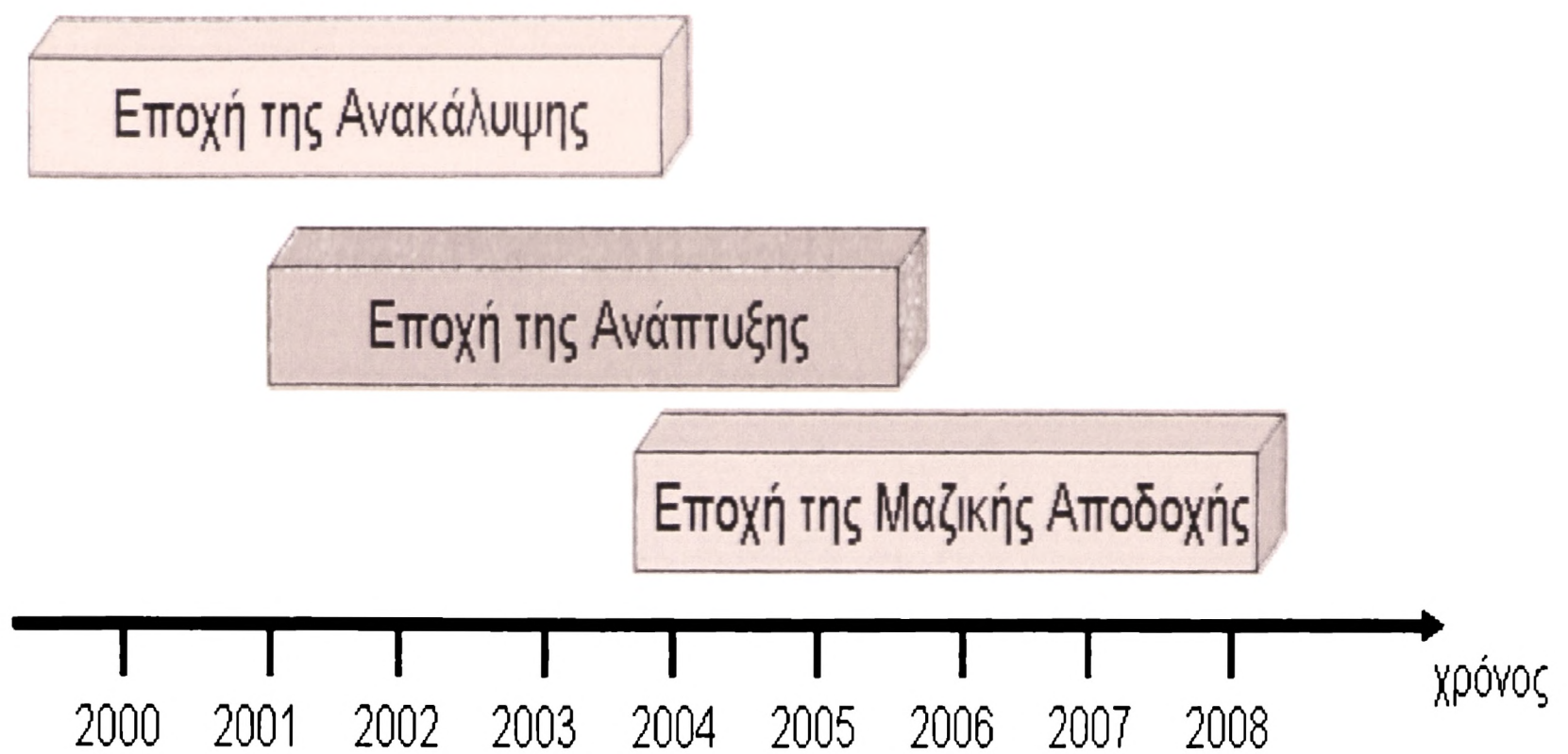
Με την μοντελοποίηση σε οντολογίες αντικειμένων του πραγματικού κόσμου και όχι απλώς δεδομένων, με τον τρόπο που υλοποιούνται και στον «Σημασιολογικό Ιστό», μια «Υπηρεσία Διαδικτύου» π.χ. που προσφέρει πληροφορίες για αυτοκίνητα, θα μπορεί να συσχετίσει τον οδηγό με το αυτοκίνητο, χωρίς την ύπαρξη αναφοράς σε αυτοκίνητο ή ακόμα και την

φωτογραφία ενός οδηγού με τον αριθμό άδειας κυκλοφορίας του, την φωτογραφία ενός αυτοκινήτου με τον αριθμό κυκλοφορίας του και την οδό κατοικίας του οδηγού. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την περιγραφή του τι είναι αυτοκίνητο, οδηγός, τι είναι φωτογραφία και πως συσχετίζονται μεταξύ τους. Η «Σημασιολογική Υπηρεσία Διαδικτύου» θα αναλάβει να τα αναλύσει και να παράγει ένα εμπειρισιατωμένο αποτέλεσμα, όπως το παραπάνω παράδειγμα.

Προς αυτή την κατεύθυνση εργάζονται πολλές ερευνητικές ομάδες ανά τον κόσμο. Η DARPA Agent Markup Language Services (DAML-S) δημιούργησε μια γλώσσα περιγραφής «Σημασιολογικών Υπηρεσιών Διαδικτύου», η οποία βασίζεται στην RDF και στην RDF Schema. Η DAML-S προσφέρει τα εργαλεία για την περιγραφή των ιδιοτήτων και δυνατοτήτων των Υπηρεσιών Διαδικτύου, σε μορφή πλήρως κατανοητή από αυτοματοποιημένο λογισμικό. Παράλληλα, το 2002, η Semantic Web Enabled Web Services (SWWS) αναπτύχθηκε για την παροχή τόσο οντολογικής περιγραφής, αλλά και αναζήτησης. Τέλος, η OWL (Web Ontology Language) αποτελεί την μετεξέλιξη της DAML και μεγάλο μέρος της δουλειάς για αυτή έχει μεταφερθεί και στην OWL.

3.8.1 Γλώσσα Οντολογιών Ιστού (Web Ontology Language-OWL-S)

Εφόσον έχουμε περιγράψει τι είναι οι «Υπηρεσίες Διαδικτύου», καθώς και την αρχιτεκτονική με την οποία συνδυάζονται προς όφελος του τελικού χρήστη, φτάνουμε σε κάποια συμπεράσματα και κάποιες προβλέψεις για το μέλλον. Όπως φαίνεται στο **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**, οι υπηρεσίες διαδικτύου έκαναν την εμφάνισή τους στο κοντινό παρελθόν. Αμέσως άρχισε η φάση της ανάπτυξής τους και σιγά-σιγά η φάση της υιοθέτησής τους από εταιρείες και οργανισμούς. Καθώς η τεχνολογία προχωρά, είναι αντιληπτό ότι η μαζική αποδοχή τους έχει ξεκινήσει ήδη και αναμένεται να συνεχιστεί και στα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 6 -Φάσεις Ωριμότητας Υπηρεσιών Διαδικτύου

Ο σημασιολογικός ιστός έχει σαν στόχο να ενισχύσει αυτή την αποδοχή προσφέροντας καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, ακριβέστερη αναζήτηση πάνω στον ήδη υπάρχον παγκόσμιο ιστό και καλύτερα αποτελέσματα. Η βάση για να επιτευχθούν όλα αυτά είναι η περιγραφή της ήδη υπάρχουσας πληροφορίας με επιπλέον πληροφορία κατανοητή τόσο από ανθρώπους, όσο και από υπολογιστικές μηχανές. Η περιγραφή αυτή μπορεί να γίνει με τη βοήθεια οντολογιών (ontologies), οι οποίες θα παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες και τους συσχετισμούς μεταξύ των εννοιών και των αντικειμένων. Ας δώσουμε όμως έναν ορισμό για αυτές:

«Η τοποθέτηση και κατηγοριοποίηση των ειδών, πραγμάτων και εννοιών σε τύπους και κατηγορίες με ένα καλά ορισμένο τρόπο λέγεται οντολογία. Η οντολογία μπορεί να έχει όνομα ώστε να είναι κατανοητή από ανθρώπους, καθιστώντας έτσι εφικτή και την κατηγοριοποίηση συγκεκριμένων οντολογιών.»

Συνήθως, οι οντολογίες δεν περιέχουν μόνο πληροφορία για τα είδη ή τις έννοιες που περιγράφουν, αλλά παρέχουν επιπρόσθετες πληροφορίες για συσχετίσεις τους με άλλα είδη ή έννοιες. Σκοπός είναι να υπάρχει ένας καλά ορισμένος τρόπος για την περιγραφή των οντολογιών αυτών ή με άλλα λόγια, σκοπός είναι να υπάρχει μια καθιερωμένη γλώσσα για τον ορισμό και την περιγραφή των οντολογιών.

Τα χαρακτηριστικά αυτής της γλώσσας θα πρέπει να επιτρέπουν στις νεο-ορισμένες οντολογίες να είναι ευέλικτες και εύκολα προσαρμοζόμενες σε νέου είδους χαρακτηριστικά ή πληροφορίες που μπορεί να προστίθενται

δυναμικά στην έννοια που περιγράφουν. Θα πρέπει να επιτρέπουν την πρόσβαση σε αυτές μέσω του παγκόσμιου ιστού ώστε να είναι διαμοιραζόμενες και προσβάσιμες από όλους με απώτερο σκοπό την εξάπλωσή τους σε ολόκληρο το δίκτυο. Τέλος, η γλώσσα αυτή οφείλει να επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ των οντολογιών ή μεμονωμένων κομματιών μιας οντολογίας και μιας άλλης, καθώς επίσης την κατηγοριοποίηση οποιασδήποτε ιδέας ή πόρου ή σεναρίου είτε αυτό είναι προσβάσιμο μέσω του δικτύου, είτε όχι. Γενικά, λοιπόν, μια τέτοια γλώσσα θα ορίζει κλάσεις ή κατηγορίες, όρους και συσχετίσεις. Θα ορίζει τύπους δεδομένων και κατ' επέκταση περιορισμούς πάνω σε αυτούς. Τέλος, θα ορίζει κανόνες και θα παρέχει μια συγκεκριμένη σύνταξη για τον ορισμό των οντολογιών.

Η βάση τέθηκε από την RDF (Resource Description Framework) – μια γλώσσα για τον ορισμό των οντολογιών. Η γλώσσα αυτή σχεδιάστηκε για να κάνει δηλώσεις για συγκεκριμένους πόρους. Ένας πόρος μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα σενάριο, μια ιδέα, μια έννοια ή δεδομένα και ταυτοποιείται από ένα URI. Η RDF είναι η βάση για την OWL (Web Ontology Language), η οποία σχεδιάστηκε για να δώσει μια αποδοτικότερη αρχιτεκτονική πάνω στις οντολογίες. Η OWL προέκυψε από την DAML+OIL, μια σχετική και αρκετά επιτυχημένη προσπάθεια της DARPA. Η γλώσσα αυτή χρησιμοποιεί κλάσεις και ιδιότητες της RDF, αλλά ταυτόχρονα τις επεκτείνει και ορίζει και νέες.

Η OWL χωρίζεται σε τρεις «υπογλώσσες» ή εκδόσεις: την OWL Lite, την OWL DL και την OWL Full. Η τελευταία είναι ολόκληρη η γλώσσα. Οι άλλες δύο είναι υποσύνολα ή περιορισμοί αυτής. Ο λόγος που υπάρχουν οι τρεις αυτές εκδόσεις είναι το γεγονός ότι τα δύο υποσύνολα της OWL Full παρέχουν λιγότερη δύναμη, αλλά περιορίζουν σημαντικά το υπολογιστικό κόστος. Η OWL DL υποστηρίζει μια μορφή αυτού που λέμε περιγραφή της λογικής (Description Logic). Η OWL DL προσδίδει προσεκτικά επιλεγμένους περιορισμούς πάνω στο είδος των αντικειμένων που περιγράφει με σκοπό τη μείωση των απαραίτητων υπολογιστικών πόρων. Με αυτόν το τρόπο εγγυάται τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων με χρήση των υπάρχοντων υπολογιστικών δυνατοτήτων. Η OWL Lite είναι ουσιαστικά η OWL DL, αλλά με περισσότερους περιορισμούς.

Όσον αφορά στις υπηρεσίες διαδικτύου, η OWL έρχεται να ενισχύσει τους παροχούς των υπηρεσιών με ένα σύνολο από δεδομένα και μετασχηματισμούς για την πληρέστερη περιγραφή των δυνατοτήτων των

υπηρεσιών με ένα τρόπο άμεσα κατανοητό και μεταγλωττίσιμο από υπολογιστικές μηχανές. Παρέχει αυτόματη αναζήτηση των υπηρεσιών, ενισχύοντας έτσι το ρόλο της υπηρεσίας καταλόγου (Service Registry), καθώς και δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των υπηρεσιών και σύνθεσή τους. Ουσιαστικά, η δύναμή της έγκειται στο σημασιολογικό ορισμό των εννοιών και των σεναρίων γύρω από την υπηρεσία διαδικτύου, κάτι που η WSDL αδυνατεί να υποστηρίξει και υστερεί στον τομέα αυτό. Με τον τρόπο αυτό, η OWL προσδίδοντας μεγαλύτερη δύναμη στην υπηρεσία καταλόγου, στους παροχείς και γενικά στους αντιπροσώπους των υπηρεσιών διαδικτύου στοχεύει στην αύξηση της ποιότητας της υπηρεσίας, της σταθερότητας και της εμπιστοσύνης γύρω από αυτή.

Κλείνοντας, η OWL είναι μια γλώσσα για οντολογίες η οποία:

- Είναι ικανή να αναφέρεται σε σενάρια, ιδέες, έννοιες, αντικείμενα και δεδομένα που είναι ορισμένα στον παγκόσμιο ιστό.
- Μπορεί να διαμοιράζεται πάνω στον ιστό.
- Είναι ικανή να συνεργάζεται με άλλες παρόμοιες γλώσσες, όπως η RDF.
- Μπορεί να συγχωνεύει πολλές οντολογίες ταυτόχρονα.
- Είναι ευρέως αποδεκτή.
- Είναι αρκετά εκφραστική.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν την OWL την κυρίαρχη γλώσσα πάνω στον παγκόσμιο ιστό για το σκοπό που περιγράφουμε και αναμφίβολα θα συνεχίσει να εξελίσσεται.

3.8.2 Σημασιολογική περιγραφή υπηρεσιών -Σημασιολογικό δίκτυο

Πριν προχωρήσουμε στην θεώρηση μας για τις δικτυακές υπηρεσίες κρίνεται σκόπιμο να παραθέσουμε πληροφορία για το σημασιολογικό δίκτυο, καθώς είναι σημαντικό για την βαθύτερη κατανόηση να γίνει πλήρως αντιληπτός ο όρος «σημασιολογικό» και πώς αυτός εφαρμόζεται στα web services.

Το δίκτυο σχεδιάστηκε ως ένας χώρος πληροφορίας, με απώτερο στόχο να είναι χρήσιμο όχι μόνο σε επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων αλλά επίσης οι μηχανές να μπορούν να συμμετέχουν και να βοηθούν. Ένα από τα κύρια εμπόδια σε αυτό είναι το γεγονός ότι η περισσότερη πληροφορία στο διαδίκτυο είναι σχεδιασμένη για ανθρώπινη κατανόηση ακόμα και αν προέρχεται από μια καλά δομημένη βάση δεδομένων. Πέρα από το πρόβλημα της τεχνητής νοημοσύνης, το πώς δηλαδή θα εκπαιδευτούν οι μηχανές να συμπεριφέρονται σαν άνθρωποι, γίνεται μεγάλη προσπάθεια για να εκφραστεί η διαδικτυακή πληροφορία έτσι ώστε να είναι και επεξεργάσιμη από μηχανές.

Πιο συγκεκριμένα η αρχιτεκτονική του WWW δίνει στους χρήστες ένα απλό περιβάλλον υπερκειμένου μέσω του οποίου έρχονται σε επαφή με ένα πλήθος πληροφορίας, από στατικά έγγραφα μέχρι αμφίδρομα web services. Η HTML το μέσο που διευκόλυνε την εκτεταμένη ανάπτυξη του Web, ξεκίνησε σαν ένα απλό κείμενο ενός συνήθη επεξεργαστή κειμένου (με URI). Με την προσθήκη της φόρμας η HTML απέκτησε ένα πρωτογενές αλλά λειτουργικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη για αμφίδρομες υπηρεσίες δεδομένων.

Αν και η HTML έπαιξε σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια πληροφορική, υποφέρει από την ίδια της τη μορφή που αναγκάζει το κείμενο που περικλείει να χάνει την ακεραιότητα και χρησιμότητα του, εγκλωβίζοντας το στις συντακτικές δομές της γλώσσας που αφορούν αποκλειστικά την παρουσίαση του και όχι αυτό καθ' αυτό το περιεχόμενο.

Η XML δρομολογήθηκε αρχικά ως μια γλώσσα για να υπερκεράσει τους περιορισμούς της HTML σε καλώς δομημένα έγγραφα, έχοντας ένα εύκολα υλοποιήσιμο αλλά επεκτάσιμο υποσύνολο της SGML προορισμένο για χρήση στο δίκτυο. Έχει δε επικρατήσει και ως ένας τρόπος για ανταλλαγή καλώς δομημένων δεδομένων.

Στη συνήθη περίπτωση, τόσο στα έγγραφα όσο και στις βάσεις δεδομένων ο παραγωγός και ο καταναλωτής έχουν μια πρωτύτερη «συμφωνία» για τη δομή των πληροφοριακών μονάδων. Αυτή όμως δεν είναι ικανή και αναγκαία συνθήκη για την μακροπρόθεσμη εύρυθμη λειτουργία του σημασιολογικού δικτύου. Το σημασιολογικό δίκτυο οφείλει να επιτρέπει σε κατανεμημένες κοινότητες να εργάζονται ανεξάρτητα ώστε να μεγιστοποιήσουν το δίκτυο της αλληλοκατανόησης, προσθέτοντας νέα πληροφορία χωρίς να απαιτείται να τροποποιηθεί η παλαιότερη. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει να λυθούν τα προβλήματα σχετικά με διαφορετικούς όρους και να διαλευκάνει

ανακολουθίες που τυχόν να παρατηρηθούν. Άρα το σημασιολογικό δίκτυο πρέπει να βασιστεί στην δυνατότητα να επεκτείνεται όσο η ανθρώπινη γνώση αυξάνει.

3.8.3 Σημασιολογικό ταίριασμα δικτυακών υπηρεσιών

Στον αχανή κόσμο του Internet όλοι οι μόνιμοι ή και περιστασιακοί ακόμα χρήστες έχουν αντιμετωπίσει δυσκολίες στον εντοπισμό μιας πηγής που αναζητούν. Ο χρήστης Α που ψάχνει πληροφορίες για τη μάρκα ρούχων “Italian” χρησιμοποιώντας ως λέξη κλειδί την ίδια (Italian), θα πρέπει να εξακριβώσει μέσα στα αποτελέσματα ποια από αυτά αφορούν όντως τη μάρκα που έψαχνε και ποια – τα περισσότερα – αφορούν πληροφορίες γενικά για την Ιταλία. Πιο σύγχρονες τεχνικές αναζήτησης κάνουν χρήση πιο πολύπλοκων μεθόδων από απλές λέξεις που βασίζονται στη συχνότητα εμφάνισης αυξάνοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η αναζήτηση με βάση λέξεις κλειδιά μπορεί να διέπεται από μια απλότητα στη χρήση της ακόμα και από αρχάριους, αφού δεν απαιτεί τη γνώση κάποιας συγκεκριμένης γλώσσας επερωτήσεων, αλλά δεν αποτελεί ιδιαίτερα αποδοτικό τρόπο προσδιορισμού του επιθυμητού καθώς χαρακτηρίζεται από χαμηλή ακρίβεια. Τα μειονεκτήματα της προσέγγισης αυτής στο χώρο των υπηρεσιών, πιθανή διερεύνηση δηλαδή με keywords, είναι πολύ πιο έντονα αφού αν δεν μπορεί να οριστεί μονοσήμαντα η υπηρεσία, δεν γίνεται καν λόγος για πιθανούς αυτοματισμούς στην χρήση της.

Διάφορες τεχνικές αναπτύχθηκαν για να απαντήσουν σε αυτά τα ζητήματα. Κάποιες πρότειναν τα αντικείμενα και οι ερωτήσεις να βασίζονται στο ίδιο κοινό λεξιλόγιο, περιορίζοντας όμως έτσι σημαντικά την ευελιξία. Άλλες πρότειναν τη χρήση σημασιολογικών δικτύων που συλλαμβάνουν τη σχέση μεταξύ γλωσσών (αντίθετες, συνώνυμες κλπ.) ώστε να μεγιστοποιήσουν τα αποτελέσματα. Τέλος, άλλες προσφέρουν μερική ταύτιση δηλαδή μπορούν να επιστρέφουν παραπομπές που περιέχουν κάποιες από τις λέξεις που τέθηκαν στην ερώτηση αυξάνοντας και πάλι το πλήθος των αποτελεσμάτων εις βάρος της ακρίβειας.

Καμία από αυτές τις τεχνικές όμως δεν μπορεί να προσδώσει στις δικτυακές υπηρεσίες τα επιθυμητά χαρακτηριστικά αυτοματοποίησης κατά την αναζήτηση και κλήση, όπως σκιαγραφήθηκαν στο Α' μέρος, κατά την μελέτη

της πραγματικότητας των δικτυακών υπηρεσιών. Η εισχώρηση ορθά ορισμένων σημασιολογικών εννοιών θα προσδώσει αυτή ακριβώς τη μονοσημαντικότητα που αναφέρθηκε παραπάνω. Κατηγοριοποιώντας την υπηρεσία με βάση το τι κάνει, δηλαδή το τι δέχεται ως ορίσματα και το τι επιστρέφει ως αποτελέσματα, σημασιολογικά ορισμένα, είναι ένας αποδοτικός τρόπος που θα βοηθήσει στη διαδικασία αναζήτησής της. Αυτός ακριβώς είναι και ο σκοπός της παρούσας εργασίας. Μέσω της ανάπτυξης μιας σημασιολογικής μηχανής αναζήτησης υπηρεσιών, δηλαδή ενός μητρώου με καταχωρήσεις που περιέχουν σημασιολογική πληροφορία εκφρασμένη σε DAML-S, προκύπτουν και καταγράφονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη γλώσσα περιγραφής και εν γένει τη σημασιολογική περιγραφή και αναζήτηση.

3.8.4 Περιγραφή σεναρίου

Το μελλοντικό web θα αποτελείται από ένα σύνολο υπηρεσιών, υποστηριζόμενες από έναν αριθμό μητρώων(registry) ή αποθηκών(repository). Τα τελευταία καταγράφουν τα advertisements – δηλ. τη περιγραφή των δυνατοτήτων - των διαθέσιμων υπηρεσιών και υποστηρίζουν την αναζήτηση υπηρεσιών που ταιριάζουν με τις περιγραφόμενες προδιαγραφές.

Ένα υπηρεσιακά προσανατολισμένο περιβάλλον πρέπει να υποστηρίζει ένα σύνολο βασικών λειτουργιών:

- Δημοσίευση(καταχώρηση) υπηρεσίας από τον παροχέα.
- Αναζήτηση υπηρεσίας από πιθανούς χρήστες.
- Κλήση υπηρεσίας (δεν πραγματοποιείται στη θεώρηση).

Πιθανώς ο αναγνώστης να σκεφτεί και κάποιες επιπλέον λειτουργίες πέρα από τις παραπάνω – διαγραφή, έλεγχος, ασφάλεια, χρέωση κλπ. – οι οποίες όμως είναι εκτός του σκοπού της παρούσας πραγματείας. Στο μοντέλο αυτό λοιπόν είναι τρεις οι διακριτοί ρόλοι. Ο παροχέας της υπηρεσίας(provider), ο χρήστης της υπηρεσίας(requestor) και το μητρώο αναζήτησης.

Καταρχήν, ο παροχέας μιας υπηρεσίας οφείλει να ενημερώσει το μητρώο για την ύπαρξη της. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγγραφή της. Ο παροχέας ενημερώνει σχετικά με το URL – την θέση στο δίκτυο δηλαδή – της DAML-S περιγραφής του service του. Το μητρώο προσθέτει στον κατάλογο του

μια ακόμα εγγραφή, που αποτελεί δείκτη στο advertisement της υπηρεσίας. Ένα advertisement, η περιγραφή της υπηρεσίας δηλαδή, ορίζει ένα χώρο από πιθανές υλοποιήσεις της υπηρεσίας. Το επίπεδο της λεπτομέρειας του καθορίζεται και εξαρτάται από τον παροχέα αλλά και από τη γλώσσα περιγραφής.

Κατόπιν, οι χρήστες που αναζητούν μια υπηρεσία παρέχουν στο διαχειριστή του μητρώου μια αντίστοιχη περιγραφή των προδιαγραφών της. Η περιγραφή δεν αποθηκεύεται αλλά χρησιμοποιείται ως όρισμα στην αναζήτηση των υπηρεσιών που ταιριάζουν. Μετά τη διαδικασία της αναζήτησης ο υποψήφιος χρήστης λαμβάνει μια λίστα με τα URLs των υπηρεσιών που δεν απορρίφθηκαν και το ποσοστό της καταλληλότητάς τους.

3.8.5 Σημασιολογική διαλειτουργικότητα

Η Σημασιολογική διαλειτουργικότητα (Semantic Interoperability) αφορά τη διασφάλιση ότι η ακριβής έννοια-σημασία των ανταλλασσόμενων πληροφοριών είναι κατανοητή από οποιαδήποτε εφαρμογή. Έτσι επιτρέπει στα συστήματα να συνδυάζουν τις πληροφορίες με εκείνες από άλλες πηγές και να τις επεξεργάζονται αποτελεσματικά.

Η σημασιολογική διαλειτουργικότητα επιτυγχάνεται ορίζοντας και υιοθετώντας κοινό λεξιλόγιο και ορολογία σε όλα τα συστήματα και υπηρεσίες. Ο ορισμός και η συντήρηση ενός τέτοιου «λεξικού» γίνεται συνήθως από μια κεντρική υπηρεσία.

Οι κυβερνήσεις πρέπει να είναι «ανοικτές» στους πολίτες τους, δίνοντας μεγαλύτερη πρόσβαση σε εφαρμογές ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ανταποκρινόμενες αποτελεσματικά στις απαιτήσεις των πολιτών και επιχειρήσεων που χρειάζεται να συνδιαλλαγούν με την κυβέρνηση. Όταν αναφερόμαστε για «ανοικτές» κυβερνήσεις, εννοούμε ότι η δημόσια διοίκηση επιτρέπει την πρόσβαση στις εφαρμογές ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μέσα από διάφορες πλατφόρμες και με μια ποικιλία τεχνολογιών, ώστε να μην επιβάλλει μια μοναδική πλατφόρμα ή ένα μοναδικό προμηθευτή στο ευρύ κοινό.

4. Παρουσίαση και Θεμελίωση της RDF/S

Το Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (Resource Description Framework) αποτελεί μέρος της δραστηριότητας για τη διαχείριση μεταδεδομένων στον Παγκόσμιο Ιστό, την οποία συντονίζει το World Wide Web Consortium (W3C) και απαρτίζει τη βάση για την κωδικοποίηση, ανταλλαγή, επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση μεταδεδομένων. Η βασική επιδίωξη του RDF είναι να επιτρέψει τον ορισμό της σημασιολογίας που εγκλείεται σε πληροφοριακούς πόρους με τυπικό, διαλειτουργικό και ανθρωπίνως αναγνώσιμο τρόπο μέσω ενός μηχανισμού για την περιγραφή πληροφοριακών πόρων, ο οποίος δεν κάνει καμία υπόθεση για τη φύση του συγκεκριμένου πεδίου εφαρμογής ή τη δομή του εγγράφου που περιέχει την πληροφορία. Εκτός από τη διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων, το RDF στοχεύει στην επαναχρησιμοποίηση, διαμοιρασμό και επεκτασιμότητα των ορισμών μεταδεδομένων και κατά συνέπεια, στην αυτόματη επεξεργασία πόρων που ανταλλάσσονται μέσω του Διαδικτύου.

Τα δομικά στοιχεία του μοντέλου δεδομένων του Πλαισίου Περιγραφής Πόρων (RDF) και της αντίστοιχης Γλώσσας Σχήματος (RDFS) επιτρέπουν σε κοινότητες χρηστών που μοιράζονται πληροφορίες ενός τομέα γνώσης και ένα σύνολο από πληροφοριακούς πόρους, να ορίζουν ανεξάρτητα και χωρίς κεντρικό έλεγχο τη δική τους σημασιολογία μέσω μίας σαφώς ορισμένης, εννοιολογικής υποδομής. Αν και η σημασιολογία που αποδίδεται στους ίδιους πληροφοριακούς πόρους μπορεί να διαφέρει ακόμα και εντός της ίδιας κοινότητας χρηστών, η κοινή αυτή εννοιολογική υποδομή επιτρέπει τη συνεπή κωδικοποίηση, ανταλλαγή, και επεξεργασία των μεταδεδομένων (τροποποίηση, επερώτηση, αποθήκευση, κτλ). Η σημασιολογία κωδικοποιείται σε ένα σύνολο από τριάδες, κάθε τριάδα έχοντας το ανάλογο του υποκειμένου, ρήματος και αντικειμένου μίας στοιχειώδους πρότασης, η οποία μπορεί να γραφτεί με τη χρήση XML ετικετών. Η δομή αυτή αποδεικνύεται ένας φυσικός τρόπος για την περιγραφή της συντριπτικής πλειοψηφίας των πληροφοριακών πόρων που μπορούν να βρεθούν σε επιχειρησιακά περιβάλλοντα ή το Διαδίκτυο.

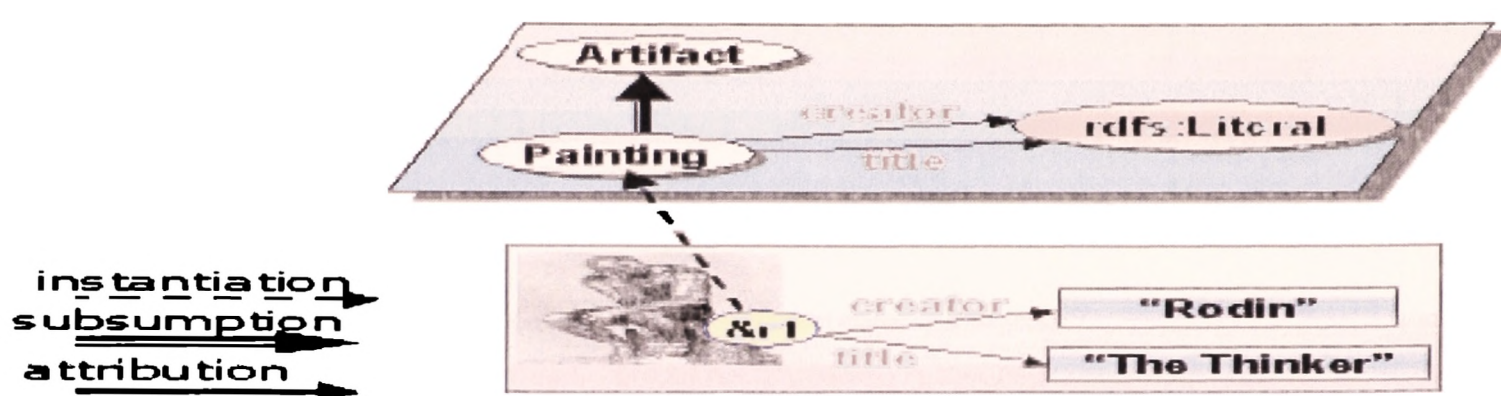
4.1 Το μοντέλο δεδομένων του RDF/S

Το μοντέλο δεδομένων του RDF βασίζεται στην έννοια του «πόρου» (resource). Οτιδήποτε, έννοια ή αντικείμενο, διαθέσιμο ή όχι στο Διαδίκτυο, μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένας πόρος αναγνωρίσιμος μοναδικά από ένα Universal Resource Identifier (URI) . Με τα δομικά στοιχεία του RDF μοντέλου δεδομένων μπορούμε είτε να περιγράψουμε ιδιότητες ενός πόρου (γνωρίσματα) είτε συσχετίσεις μεταξύ πόρων (σχέσεις) χρησιμοποιώντας «επώνυμες» ιδιότητες και τιμές και σχηματίζοντας τριάδες της μορφής <υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο>, τις οποίες αποκαλούμε δηλώσεις. Τα μέρη της δήλωσης αντιστοιχούν στον περιγραφόμενο πόρο, την ιδιότητα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του και την τιμή της αντίστοιχα. Το σύνολο των δηλώσεων που αναφέρονται στο ίδιο υποκείμενο αποτελούν την περιγραφή ενός πόρου και σχηματίζουν δίκτυα πληροφορίας συσχετιζόμενων αντικειμένων. Επομένως, ένα RDF έγγραφο κάνει δηλώσεις ότι ορισμένα αντικείμενα (άτομα, ιστοσελίδες ή οτιδήποτε) έχουν ιδιότητες (π.χ όνομα) με ορισμένες τιμές (π.χ Αιμιλία). Το υποκείμενο και αντικείμενο μίας δήλωσης αναγνωρίζονται μοναδικά από ένα URI, όπως και τα κατηγορήματα, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο σε οποιονδήποτε χρήστη να ορίσει ένα νέο πόρο ή ένα νέο κατηγορημα, απλώς δηλώνοντας ένα URI για αυτό κάπου στο Διαδίκτυο.

Ο ορισμός των γνωρισμάτων/σχέσεων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των πόρων και της σημασιολογίας που φέρουν, επιτυγχάνεται μέσω του RDFS. Ένα RDF σχήμα (schema) εκφράζεται από το ίδιο μοντέλο δεδομένων και αποτελείται από τις δηλώσεις κλάσεων, γνωρισμάτων και σχέσεων μεταξύ των κλάσεων, όπου μία κλάση χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει λογικά ομοειδείς πόρους. Με άλλα λόγια, ο μηχανισμός των RDF σχημάτων προσφέρει ένα σύστημα τύπων για τα RDF μοντέλα, ένα λεξιλόγιο για τους έγκυρους όρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή των πληροφοριακών πόρων. Τα λεξιλόγια αυτά δημιουργούνται ανεξάρτητα, ενώ κοινότητες χρηστών μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν λεξιλόγια άλλων χρηστών είτε αυτούσια είτε εκλεπτύνοντάς τα σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε κοινότητας.

Το μοντέλο δεδομένων του RDF/S μας προσφέρει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για τον ορισμό και την χρήση μεταδεδομένων. Για τη δημιουργία όμως και ανταλλαγή αυτών των δεδομένων απαιτείται μία συγκεκριμένη σύνταξη. Η πιο διαδεδομένη μορφή σύνταξης για τη δημιουργία RDF/S εγγράφων

βασίζεται στη χρήση της XML. Συνάμα, για την αναπαράσταση και οπτική απεικόνιση των RDF/S περιγραφών και σχημάτων χρησιμοποιείται, εκτός από το μοντέλο των δηλώσεων (τριάδων), ένα μοντέλο κατευθυνόμενων γράφων με ετικέτες τόσο στις ακμές όσο και στους κόμβους που μπορεί εύκολα να συνδυάσει πολλά διαφορετικά λεξιλόγια και να επεκταθεί προσθέτοντας απλώς περισσότερες ακμές. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στα σημασιολογικά δίκτυα (semantic networks), ένα απλό σχήμα αναπαράστασης γνώσης που χρησιμοποιεί γράφους με ετικέτες στους κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές με ετικέτες για να κωδικοποιήσει τη γνώση.



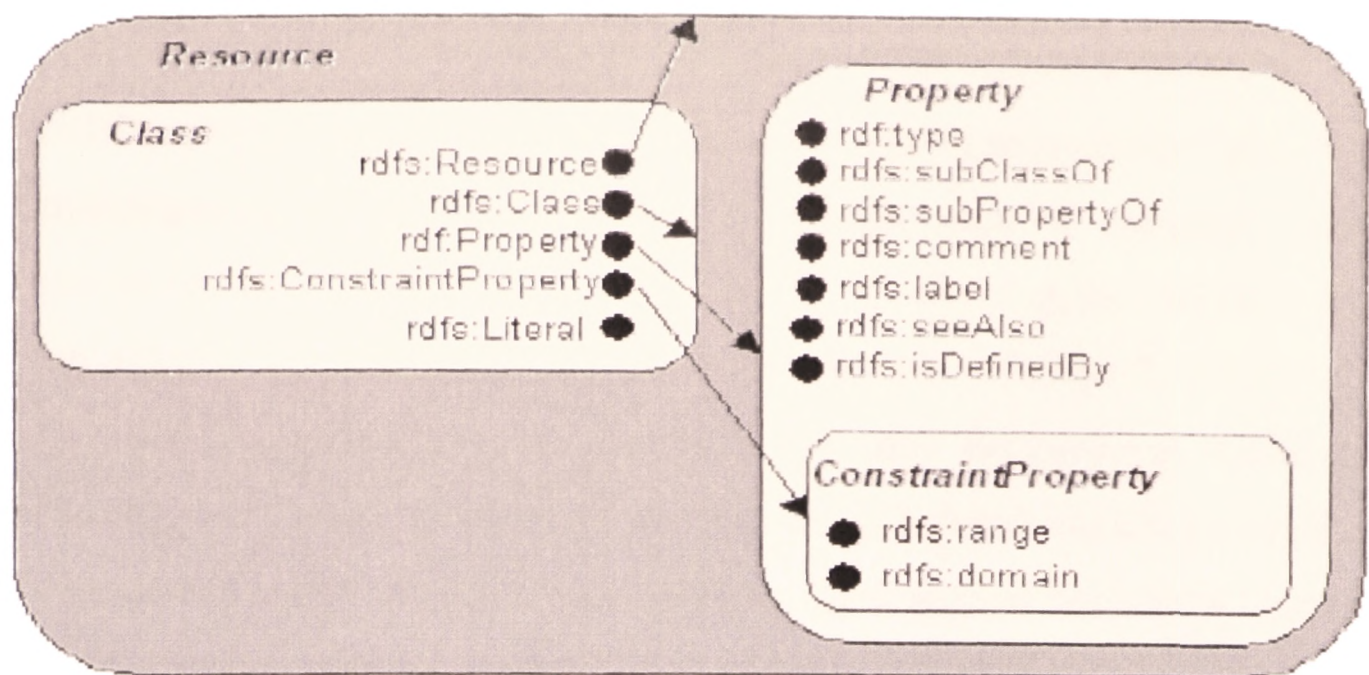
Εικόνα 7 - RDF/S γράφος

Στο μοντέλο των κατευθυνόμενων γράφων που θα χρησιμοποιήσουμε για την αναπαράσταση RDF περιγραφών και σχημάτων, οι κόμβοι αναπαριστούν αντικείμενα (πόρους ή κλάσεις) και οι ακμές συμβολίζουν σχέσεις μεταξύ των κόμβων (ιδιότητες). Ως κόμβους αναπαριστούμε επίσης και τύπους Literal, δηλαδή αλφαριθμητικά και άλλους βασικούς τύπους δεδομένων, όπως αυτοί ορίζονται στο XML σχήμα. Οπτικά συμβολίζουμε τους κόμβους ως ελλείψεις και τα Literal ως παραλληλόγραμμα. Όσον αφορά τις ακμές, διακρίνουμε τρία είδη ακμών: απόδοσης γνωρισμάτων (μονό βέλος), δημιουργίας στιγμιότυπων (διακεκομμένο βέλος) και υπαλληλίας (διπλό βέλος). Με τη χρήση των ακμών απόδοσης γνωρισμάτων αναπαριστούμε γνωρίσματα κόμβων και σχέσεις μεταξύ τους, ενώ οι ακμές υπαλληλίας χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν σε επίπεδο σχήματος ότι ένας κόμβος (κλάση) ή ιδιότητα είναι υποκατηγορία ενός πιο σημασιολογικά ευρύ κόμβου ή ιδιότητας αντίστοιχα. Σε αντίθεση με το τυπικό οντοκεντρικό μοντέλο, ο μηχανισμός των ακμών υπαλληλίας επιτρέπει το σχηματισμό ιεραρχιών κόμβων αλλά και ακμών. Οι ακμές δημιουργίας στιγμιότυπων παρέχουν το μηχανισμό που απαιτείται για τη χρήση όρων ενός ή πολλών σχημάτων στην περιγραφή πόρων και αποτελούν τη σύνδεση ανάμεσα στα πρότυπα RDF και RDFS. Ουσιαστικά επιτρέπουν τη δημιουργία

στιγμιότυπων μίας κλάσης και την απόδοση τύπων σε πληροφοριακούς πόρους που περιγράφονται. Για παράδειγμα, στον RDF/S γράφο της Εικόνας 7, διακρίνουμε σε επίπεδο σχήματος τις κλάσεις `Artifact`, `Painting` και `rdfs:Literal` (που αναπαριστά το σύνολο των `Literal` τύπων) και τις ιδιότητες `creator` και `title`, που αποδίδονται στην κλάση `Painting`. Η κλάση `Painting` ορίζεται ως υποκλάση της κλάσης `Artifact` χρησιμοποιώντας μία ακμή υπαλληλίας. Κάθε ένας από τους παραπάνω όρους αναγνωρίζεται μοναδικά από ένα URI, που για λόγους αναγνωσιμότητας δεν απεικονίζονται, αλλά παρουσιάζεται μία πιο αναγνώσιμη ετικέτα. Χρησιμοποιώντας τις κλάσεις και ιδιότητες που ορίζονται σε επίπεδο σχήματος, περιγράφουμε τον πόρο με αναγνωριστικό `&r1`, που αναπαριστά το gif αρχείο της εικόνας ενός γλυπτού με τίτλο (`title`) «The Thinker» και δημιουργό(`creator`) τον «Rodin». Η ακμή δημιουργίας στιγμιότυπων, που συνδέει τον κόμβο με ετικέτα `&r1` με την κλάση `Painting`, δηλώνει το γεγονός ότι ο πόρος αυτός είναι τύπου `Painting`.

Ένας πολύ σημαντικός μηχανισμός για την ανάπτυξη RDF σχημάτων και τη δημιουργία RDF περιγραφών είναι ο μηχανισμός ονοματοδοσίας XML (`XML namespace`), ο οποίος επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση όρων από διαφορετικά σχήματα. Ένας χώρος ονοματοδοσίας είναι ένα σύνολο από κλάσεις και/ή ιδιότητες στο οποίον αποδίδεται ένα μοναδικό URI. Έτσι, ένα RDF σχήμα αποτελεί ένα χώρο ονοματοδοσίας που προσδιορίζεται μοναδικά από ένα URI. Με τη χρήση ενός XML χώρου ονοματοδοσίας, περιγραφικοί όροι (δηλαδή ονόματα κλάσεων ή/και ιδιοτήτων) αναγνωρίζονται μοναδικά από το URI του σχήματος, στο οποίο ορίζονται (το οποίο παίζει το ρόλο ενός προθέματος) ως κανονικοί πόροι στο Διαδίκτυο.

Για να επιτύχει την μοντελοποίηση και περιγραφή των πληροφοριακών πόρων ενός πεδίου εφαρμογής, το RDF/S προσφέρει ένα σύνολο από δομικά στοιχεία και μηχανισμούς, τα οποία παρουσιάζονται εν συντομία στις επόμενες παραγράφους.



Εικόνα 8 -RDF/S τυπικές κλάσεις και ιδιότητες

4.2 Οι τυπικές RDF/S κλάσεις και ιδιότητες

Η έννοια της κλάσης στο πρότυπο RDF/S χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει ένα σύνολο από πληροφοριακούς πόρους, οι οποίοι ομοιάζουν βάσει ενός αριθμού κοινών χαρακτηριστικών. Το RDF/S προσφέρει ένα σύνολο από βασικές κλάσεις, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μοντελοποιήσουν τη γνώση που εγκλείεται σε ένα τομέα γνώσης. Συγκεκριμένα, διακρίνουμε τις εξής κλάσεις (Εικόνα 8):

1. **rdfs:Resource:** οποιοσδήποτε πληροφοριακός πόρος που μπορεί να περιγραφεί με το RDF αποτελεί μέλος της κλάσης **rdfs:Resource**. Επομένως, μπορούμε να περιγράψουμε web σελίδες, π.χ “<http://www.csd.uoc.gr>”, τμήματα αυτών ή συλλογές από σελίδες. Εκτός από πληροφοριακούς πόρους άμεσα συνδεδεμένους με το Διαδίκτυο, μπορούμε να περιγράψουμε αντικείμενα του φυσικού κόσμου, όπως πρόσωπα, εκδόσεις κτλ. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, κάθε πληροφοριακός πόρος διακρίνεται από ένα URI συν ένα προαιρετικό id.
2. **rdfs:Class:** Μια κλάση κατά το πρότυπο RDF/S αντιστοιχεί στην βασική έννοια του «τύπου» ή «κατηγορίας» ενός πόρου και η σχέση μέλους ενός πόρου σε μια κλάση δηλώνει τον πόρο αυτό ως στιγμιότυπο της κατηγορίας αυτής. Ουσιαστικά, ορίζει εάν μια ιδιότητα μπορεί να αποδοθεί σε ένα αντικείμενο αυτής της κλάσης. Εντούτοις, μια **rdfs:Class** δεν επιβάλλει ένα

συγκεκριμένο τύπο για τα μέλη της και πόροι που ανήκουν στην ίδια κλάση μπορεί να περιγράφονται με διαφορετικές ιδιότητες.

3. `rdf:Property`: η κλάση `rdf:Property` χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει όλες τις ιδιότητες (γνωρίσματα ή σχέσεις) που μπορούν να αποδοθούν σε πόρους. Η ιδιαιτερότητα του RDF/S μοντέλου, σε σύγκριση με το οντοκεντρικό μοντέλο δεδομένων, έγκειται στο γεγονός ότι οι ιδιότητες στο RDF θεωρούνται «πολίτες πρώτης κατηγορίας» (*first-class citizens*), δεδομένου ότι μπορούν να οριστούν και να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα από τις κλάσεις στις οποίες προσδίδονται. Στο RDF οι ιδιότητες είναι μη-διατεταγμένες, προαιρετικές και πλειότιμες, που σημαίνει ότι η χρήση τους είναι προαιρετική για την περιγραφή πόρων που ανήκουν στην κλάση στην οποία προσδίδονται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία φορές.
4. `rdfs:Literal`: η κλάση `rdfs:Literal` αντιπροσωπεύει το σύνολο των τιμών βασικών τύπων, για παράδειγμα συμβολοσειρές χαρακτήρων (`string`) και αριθμητικούς τύπους (πραγματικοί και ακέραιοι αριθμοί). Σύμφωνα με το μοντέλο γράφων που ακολουθεί το RDF/S, η κλάση `rdfs:Literal` αναπαριστά τους «αυτο-περιγραφόμενους» (*self-denoting*) κόμβους, δηλαδή κόμβους στους οποίους δεν μπορούμε να αποδώσουμε κάποια ιδιότητα. Με αυτό τον τρόπο, αν και μπορούμε να αποδώσουμε ιδιότητες στην ίδια την κλάση `rdfs:Literal`, οι ιδιότητες αυτές δεν μπορούν να αποδοθούν στα μέλη της κλάσης αυτής. Επομένως, οι τιμές `literal` μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο τιμών μίας ιδιότητας και όχι στο πεδίο ορισμού της.
5. `rdf:Statement`: αντιπροσωπεύει την κλάση των δηλώσεων RDF, δηλαδή τριάδων της μορφής <υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο>. Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται από τον μηχανισμό υποστασιοποίησης (*reification*), με τον οποίο μπορούμε να εκφράσουμε περιγραφές για περιγραφές ή, με άλλα λόγια, δηλώσεις για κάποιες άλλες δηλώσεις.
6. `rdfs:Container`: η κλάση `rdfs:Container` αναπαριστά το σύνολο των συλλογών πόρων που μπορούν να περιγραφούν από το RDF. Το RDF/S παρέχει 3 κλάσεις συλλογών (υποκλάσεις της κλάσης

rdfs:Container), τις rdf:Bag, rdf:Seq και rdf:Alt για την αναπαράσταση μη-διατεταγμένων, διατεταγμένων και συλλογών εναλλακτικών τιμών αντίστοιχα. Οι κλάσεις αυτές αποτελούν μια φτωχή γλώσσα για την κατασκευή συλλογών, σε αντίθεση με γνωστές γλώσσες προγραμματισμού, και χρησιμοποιούνται κυρίως για την περιγραφή συλλογών.

7. rdfs:ContainerMembershipProperty: η κλάση αυτή έχει ως μέλη τις ιδιότητες rdf:_1, rdf:_2 κτλ, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να συσχετίσουν μία συγκεκριμένη «θέση» σε μία συλλογή με μία οντότητα. Η βαρύτητα των ιδιοτήτων στο πρότυπο RDF/S φαίνεται από το γεγονός ότι θεωρούνται πολίτες πρώτης κατηγορίας. Αποτελούν τη βάση για την περιγραφή των πόρων και χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση υπό μορφή γράφων των RDF/S βάσεων περιγραφών. Όντας οι ίδιοι πόροι, μπορούν να περιγραφούν χρησιμοποιώντας το πρότυπο RDF. Διακρίνουμε τις εξής βασικές ιδιότητες:
 8. rdf:type: η ιδιότητα rdf:type χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη σχέση μέλους ενός πόρου σε μία κλάση και αναπαρίσταται γραφικά από τις ακμές δημιουργίας στιγμιότυπων. Η πολλαπλή χρήση της ιδιότητας αυτής επιτρέπει τη δήλωση ενός πόρου ως μέλος μίας ή περισσότερων κλάσεων.
 9. rdfs:subClassOf, rdfs:subPropertyOf: η χρήση των ιδιοτήτων rdfs:subClassOf και rdfs:subPropertyOf σχηματίζει ιεραρχίες κλάσεων και ιδιοτήτων αντίστοιχα. Γραφικά συμβολίζονται με ακμές υπαλληλίας (isA links). Η πολλαπλή χρήση των ιδιοτήτων αυτών δηλώνει μία κλάση/ιδιότητα ως υποκλάση/υποϊδιότητα πολλών διαφορετικών κλάσεων/ιδιοτήτων.
 10. rdfs:domain, rdfs:range: οι ιδιότητες αυτές χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν το πεδίο ορισμού και τιμών μίας ιδιότητας. Με τον τρόπο αυτό, δηλώνουμε τον τύπο των πόρων στους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί μία ιδιότητα και τον τύπο των πόρων από τους οποίους μπορεί να πάρει τιμές. Το μοντέλο RDF/S επιτρέπει την πολλαπλή χρήση των ιδιοτήτων αυτών, επομένως μία ιδιότητα μπορεί να αποδοθεί σε πολλές διαφορετικές κλάσεις και να πάρει τιμές από ένα σύνολο κλάσεων.

11. `rdf:subject`, `rdf:predicate`, `rdf:object`: οι ιδιότητες αυτές, που αποδίδονται σε πόρους τύπου `rdf:Statement`, αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα το υποκείμενο (`subject`), κατηγορημα (`subject`) και αντικείμενο (`subject`) μίας δήλωσης (`statement`).

Ειδικότερα, το κατηγορημα αναπαριστά μία ιδιότητα ή σε ένα γράφο την ακμή που συνδέει δύο κόμβους.

1. `rdf:value`: η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για να δηλώσει την πρωτεύουσα τιμή (συνήθως μία συμβολοσειρά χαρακτήρων) μίας ιδιότητας όταν η τιμή της ιδιότητας είναι ένας δομημένος πόρος. Με άλλα λόγια, χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση σχέσεων με πληθικότητα μεγαλύτερη του δύο π.χ τριαδικές σχέσεις.
2. `rdfs:isDefinedBy`: η βοηθητική αυτή ιδιότητα χρησιμοποιείται για να δηλώσει το χώρο ονοματοδοσίας (`namespace`) ενός πόρου και συνήθως χρησιμοποιείται για την τεκμηρίωση της ανάπτυξης ενός σχήματος.
3. `rdfs:comment`, `rdfs:label`, `rdfs:seeAlso`: όπως και η προηγούμενη ιδιότητα, χρησιμοποιούνται για να τεκμηριώσουν την ανάπτυξη ενός σχήματος. Συγκεκριμένα, η ιδιότητα `rdfs:comment` χρησιμοποιείται για να περιγράψει μία κλάση ή ιδιότητα, η `rdfs:label` για να αποδώσει ένα πιο αναγνώσιμο και κατανοητό όνομα για ένα πόρο, ενώ η `rdfs:also` δηλώνει ένα πόρο που παρέχει πληροφορία για τον πόρο που περιγράφεται.

Το σύνολο των κλάσεων και ιδιοτήτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη RDF σχημάτων και την περιγραφή πληροφοριακών πόρων. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τους εννοιολογικούς μηχανισμούς που βρίσκονται πίσω από τη χρήση των βασικών κλάσεων και ιδιοτήτων του RDF/S και οι οποίοι χαρακτηρίζουν το RDF/S ως μία απλή αλλά εκφραστική γλώσσα κατασκευής σχημάτων, τα οποία μπορούν να ανταλλάγουν και να επαναχρησιμοποιηθούν από χρήστες του Διαδικτύου.

4.3 Οι εννοιολογικοί μηχανισμοί του RDF/S

Οι εννοιολογικοί μηχανισμοί που προσδιορίζουν την εκφραστικότητα του RDF/S διακρίνονται σε μηχανισμούς αφαίρεσης και μηχανισμούς έκφρασης περιορισμών. Ειδικότερα, το πρότυπο RDF/S υποστηρίζει τους ακόλουθους μηχανισμούς αφαίρεσης:

Ιδιότητα	Πεδίο ορισμού	Πεδίο Τιμών
rdfs:isDefinedBy	Rdfs:Resource	rdfs:Resource
rdf:subject	Rdf:Statement	rdfs:Resource
rdf:predicate	Rdf:Statement	rdf:Property
rdf:object	Rdf:Statement	Not specified
rdf:type	Rdfs:Resource	rdfs:Class
rdfs:subClassOf	rdfs:Class	rdfs:Class
rdfs:subPropertyOf	Rdf:Property	rdf:Property
rdfs:comment	Rdfs:Resource	rdfs:Literal
rdfs:label	Rdfs:Resource	rdfs:Literal
rdfs:domain	Rdf:Property	rdfs:Class
rdfs:range	Rdf:Property	rdfs:Class
rdfs:seeAlso	Rdfs:Resource	rdfs:Literal

Πίνακας 2- Πεδία ορισμού και τιμών των βασικών RDF/S ιδιοτήτων

1. (πολλαπλή) κληρονομικότητα στην ιεραρχία των κλάσεων και ιδιοτήτων: ο μηχανισμός αυτός μας επιτρέπει να ορίσουμε μία κλάση (ιδιότητα) ως υποκλάση (υποιδιότητα) πολλών κλάσεων (ιδιοτήτων) με την (πολλαπλή) χρήση της βασικής ιδιότητας rdfs:subClassOf (rdfs:subPropertyOf). Με τον τρόπο αυτό μία κλάση κληρονομεί τις ιδιότητες όλων των υπερκλάσεών της· ένας μηχανισμός που εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη σχημάτων.
2. (πολλαπλή) ταξινόμηση των πόρων: η πολλαπλή ταξινόμηση πόρων χρησιμοποιείται για να δηλώσει ένα πόρο ως στιγμιότυπο κάποιων κλάσεων μέσω της βασικής ιδιότητας rdf:type. Λόγω του

μηχανισμού αυτού, σε ένα πόρο μπορούν να αποδοθούν πολλές ιδιότητες από διαφορετικές κλάσεις, όχι απαραίτητα συναφούς σημασιολογίας.

3. υποστασιοποίηση (reification): αν και ο μηχανισμός αυτός δεν εκφράζεται σε επίπεδο σχήματος, το RDF/S παρέχει μηχανισμό για την αναπαράσταση δηλώσεων. Ο μηχανισμός αυτός, τυπικά γνωστός ως υποστασιοποίηση από την περιοχή Αναπαράστασης Γνώσης, είναι εφαρμόσιμος σε επίπεδο δεδομένων και τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι τα `statement`, `subject`, `predicate` και `type`. Η υποστασιοποίηση επιτρέπει το σχηματισμό δηλώσεων με αντικείμενο άλλες δηλώσεις.

Αν και το RDF/S δεν υποστηρίζει μηχανισμούς για να δηλώσει πολύπλοκους περιορισμούς πάνω στις ιδιότητες, όπως στην περίπτωση της DAML+OIL ή των γλωσσών βασισμένων στο μοντέλο των frames, μπορούμε να δηλώσουμε απλούς περιορισμούς με τη χρήση των βασικών ιδιοτήτων `rdfs:domain` και `rdfs:range`. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τις βασικές ιδιότητες του RDF/S και πως αυτές περιορίζονται με τη χρήση των ιδιοτήτων περιορισμού του πεδίου ορισμού και τιμών τους.

Το σύνολο των εννοιολογικών μηχανισμών που υποστηρίζει καθιστά το RDF/S μία απλή γλώσσα κατασκευής εννοιολογικών σχημάτων (οντολογιών). Αν και δεν μπορούμε να εκφράσουμε κανόνες ή πολύπλοκους λογικούς περιορισμούς με τα δομικά στοιχεία και τους εννοιολογικούς μηχανισμούς του RDF/S, διαπιστώνεται ότι το πρότυπο αυτό απολαμβάνει ολοένα και μεγαλύτερης αποδοχής από την κοινότητα του Σημασιολογικού Ιστού για την κατασκευή απλών σχημάτων περιγραφής πληροφοριακών πόρων. Τα πρότυπα DAML+OIL και Web Ontology Language (OWL) αποτελούν γλώσσες που, βασιζόμενες στο RDF/S, παράσχουν πιο πλούσιες σημασιολογικά δυνατότητες για την κατασκευή οντολογιών. Πιο συγκεκριμένα, η DAML+OIL παρέχει βασικές έννοιες μοντελοποίησης που απαντώνται σε γλώσσες βασισμένες στην έννοια των πλαισίων (frame-based). Αποτελείται από ένα σύνολο από αξιώματα (axioms), π.χ για δήλωση γεγονότων σχετικά με κλάσεις, ιδιότητες και πόρους ή για την υπαλληλία/ισοδυναμία κλάσεων, επιτρέπει τον ορισμό περιορισμών σε ιδιότητες και παρέχει τη δυνατότητα ορισμού εκφράσεων κλάσεων με τη

χρήση διαφόρων τελεστών. Την ίδια προσέγγιση ακολουθεί και η OWL που βασίζεται τόσο στο RDF/S όσο και στην DAML+OIL, της οποίας είναι επέκταση. Η επόμενη παράγραφος φιλοξενεί ενδεικτικές περιοχές εφαρμογής του RDF/S, παρουσιάζοντας επιγραμματικά εφαρμογές που κάνουν χρήση RDF/S τεχνολογίας.

4.4 Περιοχές εφαρμογής του RDF/S

Το σύνολο των δομικών στοιχείων που προσφέρει το RDF/S συνιστά ένα απλό μηχανισμό αναπαράστασης γνώσης, ανεξάρτητο από οποιοδήποτε πεδίο εφαρμογής. Η ουδετερότητα του ως προς τις ιδιαιτερότητες των πεδίων εφαρμογών καθιστά την τεχνολογία του εφαρμόσιμη σε ένα ευρύ πεδίο πρακτικών εφαρμογών και RDF/S σχήματα για την περιγραφή πληροφοριακών πόρων κοινοτήτων χρηστών έχουν αναπτυχθεί για ποικίλους τομείς εφαρμογών. Ενδεικτικά αναφέρουμε :

⌚ Πολιτιστική κληρονομιά/Αρχειοθέτηση/Βιβλιοθήκες (Cultural heritage /Archives/Libraries): τα σχήματα αυτού του τομέα εξυπηρετούν δύο διαφορετικές λειτουργικότητες: είτε παρέχουν τυπικούς ορισμούς όρων και διαδικασιών που αναφέρονται σε βιβλιοθήκες, μουσεία και γενικότερα εφαρμογές πολιτιστικής κληρονομιάς είτε προσφέρουν κατευθυντήριες οδηγίες για την κωδικοποίηση, τη δομή και την ανταλλαγή πληροφορίας.

⌚ Εκπαίδευση/Ακαδημαϊκός χώρος (Education/Academic): τα σχήματα αυτού του είδους εξυπηρετούν είτε ως γλωσσάρια για τη διευκόλυνση της ανταλλαγής εκπαιδευτικών πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως ασκήσεις, διαγράμματα, διαφάνειες και τηλεοπτικό υλικό είτε παρέχουν μέσα για τη περιγραφή και τυποποίηση ερευνητικών διαδικασιών και επιστημονικών εκδόσεων.

⌚ Εκδόσεις/Ηλεκτρονική Πληροφόρηση (Publishing/News): τα σχήματα αυτού του τομέα προσφέρουν λεξιλόγια για την κωδικοποίηση και ανταλλαγή πληροφόρησης ανάμεσα σε ιδιώτες και οργανισμούς μέσω μαζικής ενημέρωσης (πρακτορεία νέων, εφημερίδες κτλ). Αναφέρονται σε κάθε είδους έκδοση και ηλεκτρονικό υλικό, σε οποιαδήποτε μορφή (CDROM, DVD, διαφάνειες κτλ), τυπωμένο ή σε άμεση σύνδεση (on-line) και τις ιδιότητες τους, για παράδειγμα τον δημιουργό τους, τη περίοδο εγκυρότητας ή την έκδοσή τους.

⌚ Οπτικοακουστικός Τομέας (Audio-visual): τα σχήματα που εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία είναι ουσιαστικά σχήματα των βασικών όρων που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν πληροφορία για άτομα της κινηματογραφικής βιομηχανίας, και της παραγωγής και διακίνησης πολυμέσων. Μπορεί επίσης να περιγράφουν πληροφορία σχετικά με διαδικασίες και γεγονότα σχετιζόμενα με κάθε πλευρά της παραγωγής και πώλησης κινηματογραφικών ταινιών και πολυμέσων, όπως τη διαφήμιση, τη διανομή ρόλων, την ηθοποιία κτλ.

⌚ Γεωγραφία/Περιβάλλον (Geospatial/Environmental): τα σχήματα αυτής της κατηγορίας περιγράφουν μία ορολογία εννοιών και κατευθυντήριων οδηγιών για την αναπαράσταση και διαμοιρασμό γεωγραφικής και περιβαλλοντικής πληροφορίας. Ο τομέας αυτός είναι προς το παρόν περισσότερο ανεξερεύνητος από τους υπόλοιπους από πλευράς αναπαράστασης γνώσης, αλλά περισσότερες προσπάθειες βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη.

⌚ Βιολογία/Ιατρική (Biology/Medicine): τα σχήματα που έχουν κατηγοριοποιηθεί σε αυτό τον τομέα είναι κυρίως θησαυροί όρων και ελεγχόμενα λεξιλόγια που παρέχουν ορισμούς και σημασιολογικές σχέσεις ανάμεσα στους όρους. Η κυριότερη λειτουργικότητα τέτοιων σχημάτων είναι να διευκολύνουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων που αποθηκεύουν, επεξεργάζονται και επερωτούν βιολογικά και ιατρικά δεδομένα και να θέτουν τη βάση για την επικοινωνία μεταξύ ατόμων προσφέροντας επίσημα καταχωρημένους ορισμούς όρων.

⌚ Ηλεκτρονικό Εμπόριο (E-Commerce): σχήματα αυτής της κατηγορίας είναι κυρίως λεξιλόγια και ιεραρχίες που διευκρινίζουν τους όρους που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου, όπως διαχείριση κτηματομεσιτικών επενδύσεων, διαφήμιση ή πωλήσεις μέσω του διαδικτύου. Προσφέρουν μία κεντρική αναφορά σε επίσημα καταχωρημένους όρους σχετικούς με λογαριασμούς, πράκτορες, υπηρεσίες, οικονομικές συνδιαλλαγές κ.τ.λ., που χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ πελατών, προμηθευτών, επιχειρήσεων, πωλητών ή κάθε άλλης οντότητας που συμμετέχει σε οικονομικές συνδιαλλαγές.

⌚ Κινητή/Δικτυοκεντρική επεξεργασία πληροφοριών (Mobile/Grid Computing): περισσότερες πρωτοβουλίες σε αυτό τον τομέα έχουν ήδη δρομολογηθεί και αφορούν κυρίως λεξιλόγια όρων που επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε συσκευές (π.χ τεχνικά χαρακτηριστικά ενός

πελάτη ή ενός δικτύου), καθώς και δεδομένα για την κατανομή πόρων από ένα δρομολογητή του δικτύου.

⌚ Γενικές εφαρμογές (Cross –domain): τα σχήματα αυτά είναι συνήθως λεξιλόγια απαρτιζόμενα από γενικού σκοπού, περιγραφικούς όρους από ένα εκτεταμένο πεδίο εφαρμογών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία ποικιλία εφαρμογών. Για το λόγο αυτό, μερικά από τα σχήματα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ως μέσα ανταλλαγής ή ως θησαυροί γενικών όρων με σκοπό να διευκολύνουν περισσότερο την επικοινωνία και διαλειτουργικότητα.

Οι αναφερθείσες περιοχές εφαρμογών είναι απλά ενδεικτικές της ευρύτητας των πεδίων γνώσης στα οποία είναι εφαρμόσιμο το RDF/S. Επιπλέον έχει αναφερθεί ένα σύνολο από περιοχές εφαρμογών και πρακτικές υλοποιήσεις, στις οποίες εφαρμόζεται η τεχνολογία Σημασιολογικού Ιστού. Η περιοχή εφαρμογής στην οποία αναφέρεται ένα σχήμα είναι μία από τις διαστάσεις, τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να κατηγοριοποιήσουμε RDF/S σχήματα. Ακόμη μπορούμε να έχουμε διαγραμματικά 28 σχήματα από τις 9 περιοχές εφαρμογών που αναφέρθηκαν. Το σημασιολογικό βάθος, ο βαθμός δηλαδή στον οποίο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σχημάτων οι διάφορες σχέσεις που μπορούν να εκφραστούν με το RDF/S, (π.χ σχέσεις υπαλληλίας ιδιοτήτων και κλάσεων και ορισμένες από το χρήστη ιδιότητες) είναι η δεύτερη διάσταση που χρησιμοποιείται για να κρίνει, κατά κάποιο τρόπο, την πολυπλοκότητα κατασκευής και τη σημασιολογική επάρκεια ενός σχήματος. Με την ευρύτερη έννοια του όρου, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε κάθε σχήμα ως οντολογία, εφόσον μπορεί να αποτελέσει ένα λεξιλόγιο όρων αποδεκτό από ένα σύνολο ατόμων και οργανισμών.

Γενικά, μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής επίπεδα σημασιολογικού βάθους:

⌚ Λεξικά και Γλωσσάρια (Dictionaries, Vocabularies): τα σχήματα που αναπτύσσονται σε αυτό το επίπεδο είναι απλοί κατάλογοι από έννοιες και τους ορισμούς τους. Τις περισσότερες φορές αποτελούνται από δηλώσεις κλάσεων και η δομή τους είναι σχεδόν επίπεδη (δεν ορίζουν ιεραρχίες κλάσεων/ιδιοτήτων).

⌚ Ταξινομίες (Taxonomies): το χαρακτηριστικό των ταξινομιών είναι ότι η κυριότερη σχέση που ορίζουν μεταξύ των όρων είναι η σχέση υπαλληλίας. Το

ιεραρχικό βάθος μίας ταξινόμιας εξαρτάται από τη λεπτομέρεια στην οποία επιθυμεί να αναλύσει τους όρους ενός πεδίου ο κατασκευαστής του σχήματος.

⌚ Θησαυροί (Thesauri): εκτός του ορισμού σχέσεων ευρύτερου/στενότερου όρου με το σχηματισμό ιεραρχιών, ένας θησαυρός ορίζει επίσης και σχέσεις ισοδυναμίας, συσχέτισης και συνωνυμίας. Η φύση αυτών των σημασιολογικών σχέσεων είναι αυτό που διακρίνει τους θησαυρούς από τις ταξινόμιες.

⌚ Μοντέλα Αναφοράς (Reference Models): ένα μοντέλο αναφοράς συνδυάζει όλες τις προαναφερθείσες σχέσεις για να συλλάβει τη σημασιολογία του πεδίου εφαρμογής. Αποτελείται από ένα λεξιλόγιο αναπαράστασης των όρων του πεδίου εφαρμογής και από τις λογικές δηλώσεις που περιγράφουν τη φύση των όρων, τις σχέσεις μεταξύ τους και τον τρόπο που μπορούν ή όχι να συσχετιστούν όροι μεταξύ τους.

Το πλήθος των διαφορετικών εφαρμογών στις οποίες είναι εφαρμόσιμη η τεχνολογία RDF/S, καθώς και η ποικιλομορφία στην ακρίβεια ανάπτυξης RDF/S σχημάτων καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη εργαλείων με δυνατότητα κλιμάκωσης για τη διαχείριση κάθε πτυχής της κατασκευής και χρήσης γνώσης κωδικοποιημένης στο RDF/S. Ειδικότερα κρίνονται αναγκαία:

⌚ Εργαλεία ανάπτυξης RDF/S εφαρμογών: στην ομάδα αυτή συγκαταλέγονται εργαλεία και περιβάλλοντα κατασκευής και επαναχρησιμοποίησης RDF/S σχημάτων, περιγραφής πληροφοριακών πόρων, τεκμηρίωσης, αξιολόγησης, πλοήγησης σε RDF/S γράφους και οπτικοποίησης κ.τ.λ.

⌚ Εργαλεία ολοκλήρωσης σχημάτων: τα εργαλεία της κατηγορίας αυτής στοχεύουν στην επίλυση του προβλήματος της συγχώνευσης ή ολοκλήρωσης σχημάτων από το ίδιο πεδίο εφαρμογών.

⌚ Εργαλεία αποθήκευσης και επερώτησης RDF/S δεδομένων: τα εργαλεία αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο, δεδομένου ότι επιτρέπουν τη διαχείριση γνώσης. Σε αυτά συγκαταλέγονται συστήματα βάσεων δεδομένων προσαρμοσμένων στο πρότυπο RDF/S, μηχανές σημασιολογικής αναζήτησης, μηχανές εξαγωγής γνώσης βάσει συμπερασματικών κανόνων (inference engines) κτλ.

Εκτός όμως από την ύπαρξη εργαλείων για τη διαχείριση γνώσης στο Σημασιολογικό Ιστό, οι εφαρμογές που αναπτύσσονται σε αυτό το πλαίσιο θέτουν απαιτήσεις, όπως η διαλειτουργικότητα των συστημάτων και η ολοκλήρωση των εργαλείων σε περιβάλλοντα εργασίας, απαιτήσεις που αφορούν την απόδοση και τη δυνατότητα κλιμάκωσης σε συνθήκες αυξημένου όγκου δεδομένων. Μία από τις πτυχές της δυνατότητας κλιμάκωσης είναι η συναρμολογησιμότητα (modularity) των (RDF/S) οντολογιών. Μία ογκώδης οντολογία δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή και αποτελεσματική διαχείρισή της λόγω του μεγέθους της. Σε αυτό το πρόβλημα, ένας μηχανισμός όψεων μας δίνει τη δυνατότητα να διαχειριστούμε τμήματα αυτής ξεχωριστά, ορίζοντας αυτά τα τμήματα ως όψεις επί του συνολικού σχήματος. Οι χρήστες με αυτό τον τρόπο αποκτούν μία επιλεκτική εικόνα επί του συνόλου της πληροφορίας που περιέχεται στην οντολογία. Επίσης η συναρμολογησιμότητα μίας οντολογίας συντελεί στην εύκολη επέκτασή της, καθώς, λόγω του ότι οι χρήστες βλέπουν μόνο τμήμα αυτής της οντολογίας, μπορούν να το επεκτείνουν χωρίς προβλήματα. Για παράδειγμα, η UNSPSC οντολογία είναι μία ταξινόμια 16.000 όρων, την οποία ανέπτυξε και διαχειρίζεται η ένωση Electronic Commerce Code Management Association. Αποτελεί το πρώτο σύστημα ταξινόμησης προϊόντων και υπηρεσιών και παρέχει μία κοινή ορολογία για χρήση σε μία αγορά. Το μέγεθός της είναι τέτοιο που δυσχεραίνει τη χρήση της από κοινότητες εμπορίου που διαπραγματεύονται ένα μικρό τμήμα των προϊόντων που περιγράφει. Επομένως, ένας μηχανισμός ορισμού όψεων επιτρέπει σε μικρές ομάδες ατόμων να εργαστούν σε εύχρηστες οντολογίες, οι οποίες έχουν οριστεί ως τμήματα της UNSPSC οντολογίας, και οι οποίες ταιριάζουν στις δικές τους απαιτήσεις και ενδιαφέροντα.

Μία ακόμα απαίτηση που τίθεται από τις εφαρμογές πραγματικής κλίμακας στο Σημασιολογικό Ιστό είναι η ευκολία στην επαναχρησιμοποίηση γνώσης από διεσπαρμένες πηγές πληροφορίας. Ένας από τους τρόπους για την επαναχρησιμοποίηση γνώσης είναι η ύπαρξη βιβλιοθηκών αποθήκευσης σχημάτων προσβάσιμων από το Διαδίκτυο (repositories). Προς αυτή την κατεύθυνση έχουν ήδη γίνει προσπάθειες, οι κυριότερες των οποίων είναι οι SCHEMAS Project, DESIRE Registry, SWAG Dictionary και Xmlns.com.

Ένας δεύτερος τρόπος αφορά την ύπαρξη μηχανισμών που μπορούν να προσφέρουν στο χρήστη γνώση από πολλά διαφορετικά σχήματα και βάσεις περιγραφών, σύμφωνα με τις εκάστοτε πληροφοριακές ανάγκες, όπως είναι ο μηχανισμός των όψεων. Η επόμενη παράγραφος εστιάζεται σε εργαλεία για την

ανάκτηση γνώσης από διεσπαρμένες πηγές με τη χρήση RDF/S γλωσσών επερώτησης.

4.5 Γλώσσες επερώτησης για RDF/S μεταδεδομένα

Το RDF/S μας παρέχει τα κυριότερα δομικά στοιχεία για την αναπαράσταση γνώσης και πληροφορίας. Εντούτοις, η κατασκευή σχημάτων και η περιγραφή πόρων δεν είναι οι μοναδικές διαδικασίες που απαιτούνται για τη διαχείριση γνώσης στο Διαδίκτυο. Οι καταναλωτές πληροφορίας (άνθρωποι και μηχανικοί πράκτορες) πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιούν και να επερωτούν RDF σχήματα και βάσεις περιγραφών, αποκτώντας με αυτό τον τρόπο γνώση από διεσπαρμένες πηγές πληροφορίας. Απόρροια αυτής της ανάγκης είναι η ύπαρξη ενός συνόλου γλωσσών επερώτησης και αντίστοιχων συστημάτων αποθήκευσης και επερώτησης RDF/S δεδομένων. Σκοπός της ενότητας είναι να παρουσιάσει εν συντομία τις κυριότερες γλώσσες επερώτησης RDF/S και να συγκρίνει τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους από άποψη λειτουργικότητας. Η σύγκριση αυτή θα αιτιολογήσει την απόφασή μας να στηριχτούμε στη γλώσσα επερώτησης RQL και να προσφέρουμε ένα μηχανισμό ορισμού όψεων βασισμένο σε αυτή.

Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργικότητα που πρέπει να υποστηρίζει μία γλώσσα επερώτησης πρέπει πάντα να λαμβάνει υπόψη τη δομή και τις ιδιαιτερότητες του υποκείμενου μοντέλου δεδομένων. Ειδικότερα, οι γλώσσες επερώτησης για το RDF/S πρέπει να σέβονται τα μοντέλα δηλώσεων-τριάδων και κατευθυνόμενων γράφων με ετικέτες στους κόμβους και τις ακμές που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για να αναπαραστήσουν RDF/S σχήματα και περιγραφές. Οι κυριότερες γλώσσες που έχουν αναπτυχθεί με αυτό τον προσανατολισμό παρουσιάζονται περιληπτικά παρακάτω. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει την ενδεικτική επερώτηση «Αναζήτηση όλων των μηνυμάτων e-mail με συγκεκριμένο id μηνύματος» εκφρασμένη στις γλώσσες επερώτησης που θα εξεταστούν. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να αναζητήσει περισσότερες πληροφορίες και συγκριτική παρουσίαση των κυριότερων συστημάτων αποθήκευσης και επερώτησης RDF σχημάτων και περιγραφών στα [CPM⁺02] και [MKC⁺02].

⌚ ICS-FORTH RQL: η RQL, που αναπτύχθηκε στα πλαίσια των ευρωπαϊκών προγραμμάτων C-Web (IST-1999-13479) και MesMuses (IST-2001-26074), είναι μία δηλωτική γλώσσα επερώτησης βασιζόμενη σε ένα

σύστημα τύπων η οποία ακολουθεί μία συναρτησιακή προσέγγιση τύπου OQL . Ορίζεται από ένα σύνολο βασικών επερωτήσεων και τελεστών σάρωσης (iterators) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν συναρτησιακά για να δημιουργήσουν νέες επερωτήσεις. Εκτός του ότι προσαρμόζει τη λειτουργικότητα ημι-δομημένων ή XML γλωσσών επερώτησης στις ιδιαιτερότητες του RDF/S, την επεκτείνει επερωτώντας ομοιόμορφα τόσο περιγραφές πόρων όσο και (μετα)σχήματα.

Πιο συγκεκριμένα, η καινοτομία της RQL έγκειται στην ικανότητά της να συνδυάσει αρμονικά επερώτηση σε επίπεδο σχήματος και δεδομένων εξερευνώντας ταυτόχρονα –με διαφανή προς το χρήστη τρόπο- τις ιεραρχίες ετικετών και την πολλαπλή ταξινόμηση των πόρων. Συνεπώς, οι χρήστες μπορούν να επερωτήσουν πόρους σύμφωνα με το σχήμα που επιθυμούν, ανακαλύπτοντας συγχρόνως στη συνέχεια πώς οι ίδιοι πόροι περιγράφονται χρησιμοποιώντας κάποιο άλλο σχήμα. Η RQL έχει τη δυνατότητα να συνδυάσει μονοπάτια σχήματος για να εκτελέσει πιο πολύπλοκη πλοήγηση σχήματος, ένα είδος επερώτησης που δεν μπορεί να εκφραστεί από τις υπάρχουσες γλώσσες με δυνατότητες επερώτησης σχήματος. Επίσης, ένα από τα πλεονεκτήματα της γλώσσας είναι η υποστήριξη γενικευμένων εκφράσεων μονοπατιών (generalized path expressions) με μεταβλητές σε ετικέτες κόμβων (κλάσεων) και ακμών (ιδιοτήτων). Τέλος, υποστηρίζει επερωτήσεις με συνολοθεωρητικούς τελεστές, XML Schema τύπους δεδομένων, συναρτήσεις συνάθροισης (aggregate) και ομαδοποίησης και αριθμητικές πράξεις επί τιμών δεδομένων. Συστήματα αποθήκευσης και επερώτησης που υποστηρίζουν τη γλώσσα RQL είναι τα ICS-FORTH RDFSuite και Sesame, εκ των οποίων το δεύτερο υποστηρίζει υποσύνολο της γλώσσας.

⌚ ILRT SquishQL: η SquishQL αποτελεί την πρόταση του ILRT Semantic Web Research Group στην ανάγκη για μία γλώσσα επερώτησης για RDF βάσεις περιγραφών. Όντας μία απλή γλώσσα επερώτησης RDF γράφων, βασίζεται σε ένα μηχανισμό ταιριάσματος υπογράφων. Εκτός του ότι υποστηρίζει ένα μοντέλο επερώτησης βασισμένο σε μία αναπαράσταση γράφων σε τριάδες, εισάγει συναρτήσεις φιλτραρίσματος με τη μορφή Boolean εκφράσεων. Στην SquishQL υπάρχουν δύο κατηγορίες περιορισμών: πρότυπα (patterns) και εκφράσεις φιλτραρίσματος. Η γλώσσα προτύπων σχηματίζεται από τριάδες <subject,predicate,object> που περιγράφουν ακμές του γράφου

και ένα τελεστή σύνδεσης. Για κάθε συστατικό της τριάδας, δηλαδή τα `subject`, `predicate` και `object`, επιτρέπει είτε μία μεταβλητή είτε μία τιμή, ενώ οι εκφράσεις φιλτραρίσματος περιορίζουν τις τιμές που μπορούν να πάρουν αυτές οι μεταβλητές. Συγκεκριμένα, το `WHERE` τμήμα μίας `SquishQL` επερώτησης προσδιορίζει το τμήμα του γράφου υπό επερώτηση ως μία λίστα από τριάδες και το `AND` τμήμα ορίζει την `Boolean` έκφραση που θα χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για να περιορίσει το πλήθος των αντικειμένων που επιστρέφονται ως απάντηση στην επερώτηση. Εντούτοις, η `SquishQL` δεν υποστηρίζει το μηχανισμό της υποστασιοποίησης και δεν μπορεί να εκφράσει μεταβατικότητα ή άλλες μορφές μονοπατιών αγνώστου μήκους.

Η `SquishQL` έχει αποτελέσει τη βάση ενός αριθμού `RDF` γλωσσών επερώτησης διαφορετικής πολυπλοκότητας. Μία γλώσσα παράγωγη της `SquishQL` είναι η `RDQL`, που αναπτύσσεται από την ομάδα `Hewlett Packard Semantic Web Group [RDQL]`. Η `RDQL` είναι μία σύνταξη και ένα `API` για επερώτηση της οποίας σκοπός είναι να λειτουργήσει ως μηχανισμός πρόσβασης σε επίπεδο υψηλότερο από ένα `RDF API`. Εξάγει πληροφορία από ένα `RDF` μοντέλο θεωρώντας το `RDF` ως δεδομένα και προσφέροντας επερωτήσεις με τριάδες και περιορισμούς πάνω σε ένα `RDF` μοντέλο, όπου ως μοντέλο θεωρείται ένα σύνολο από περιγραφές. Συστήματα διαχείρισης `RDF/S` δεδομένων που υποστηρίζουν την `SquishQL` είναι να υλοποιεί τη γλώσσα `RDQL`. `Inkling`, `RDFDB` και `RDFStore`, ενώ το σύστημα `Jena`.

🕒 `Intellidimension RDFQL`: Αναπτυσσόμενη από την εταιρία `Intellidimension`, η `RDFQL` είναι μία τύπου `SQL`, βασισμένη στο πρότυπο των δηλώσεων-τριάδων, γλώσσα επερώτησης [`RDFQL`]. Εκτός από την υποστήριξη λειτουργιών επερώτησης δομημένων `RDF` δεδομένων, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της `RDFQL` είναι η ικανότητά της να εξάγει συμπερασματικά νέες δηλώσεις από ήδη υπάρχουσες χρησιμοποιώντας συμπερασματικούς κανόνες ορισμένους από το χρήστη. Ένας `RDFQL` κανόνας αποτελείται από μία κεφαλίδα (`head`) και ένα σώμα (`body`). Η κεφαλίδα ορίζει τις τριάδες που θα δημιουργηθούν, εάν το σώμα του κανόνα αποτιμηθεί ως αληθές. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κανόνων στην `RDFQL`: κανόνες δηλώσεων (`statement rule`) και συναρτησιακοί κανόνες (`function rule`). Ένας κανόνας δήλωσης, όταν εκτελείται, παράγει μία μοναδική δήλωση. Ως αποτέλεσμα, είναι δυνατόν να παραχθούν νέες ιδιότητες σε αντικείμενα βασιζόμενες στις ιδιότητες ενός ή

περισσότερων άλλων αντικειμένων. Ένας συναρτησιακός κανόνας εκτελείται όταν καλείται από μία επερώτηση ή άλλο κανόνα. Οι συναρτησιακοί κανόνες είναι κατάλληλοι για την υλοποίηση αναδρομικών αλγορίθμων σε μία επερώτηση, όπως για παράδειγμα η επανάληψη πάνω σε μία δεντρική δομή.

Ως μία γλώσσα τύπου SQL, χρησιμοποιεί εντολές όπως INSERT, DELETE και SELECT για να διεξάγει λειτουργίες επερώτησης και εξαγωγής νέων δηλώσεων πάνω σε RDF τριάδες καθώς και εντολές ορισμού δεδομένων όπως CREATE TABLE ή CREATE DATABASE. Παραδείγματος χάριν, η εντολή SELECT είναι αντίστοιχη εκείνης της γλώσσας SQL με τη διαφορά ότι η RDFQL χρησιμοποιεί τον όρο USING αντί του FROM για να καθορίσει τις πηγές δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην επερώτηση, ενώ παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταβλητές στη λίστα των όρων που επιλέγονται, όπως αυτή ορίζεται στον SELECT όρο. Η RDFQL περιλαμβάνει τις περισσότερες SQL συναρτήσεις και τελεστές, που ορίζονται με τον όρο WHERE και δίνει τη δυνατότητα μέσω του όρου ORDER BY για διάταξη των αποτελεσμάτων ως προς μία κατεύθυνση διάταξης (αυξητική ή μειωτική). Επίσης, η RDFQL υποστηρίζει συναρτήσεις συνάθροισης, τελεστές σύγκρισης και τη χρήση ψευδωνύμων για κάθε χώρο ονοματοδοσίας χρησιμοποιώντας την εντολή NAMESPACE. Το σύστημα RDF Gateway υποστηρίζει όλη τη λειτουργικότητα που προσφέρει η γλώσσα RDFQL.

⌚ RDFPath: αν και βρίσκεται ακόμα υπό ανάπτυξη από την ομάδα RDFPath του Πανεπιστημίου Osnabrück και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς, η RDFPath αποτελεί μία γλώσσα –παρόμοια με την XPath για την XML- για τον εντοπισμό πληροφορίας κωδικοποιημένης σε RDF γράφους. Σκοπός της είναι να παρέχει γενικές τεχνικές για τον καθορισμό μονοπατιών ανάμεσα σε δύο τυχαίους κόμβους ενός RDF γράφου. Γενικά, μία RDFPath έκφραση είναι η σύνθεση μίας πρωτεύουσας επιλογής και αρκετών βημάτων θέσης και φίλτρα. Ειδικότερα, μία πρωτεύουσα επιλογή (primary selection) επιλέγει ένα αρχικό σύνολο κόμβων ενός δοθέντος RDF γράφου, π.χ οι εκφράσεις resource() και literal() επιλέγουν όλους τους πόρους και τα literals ενός RDF γράφου αντίστοιχα. Ένα βήμα θέσης (location step) καθορίζει ένα σύνολο κόμβων τους οποίους μπορούμε να προσπελάσουμε με ένα «βήμα» από ένα συγκεκριμένο κόμβο, π.χ. η έκφραση child() επιλέγει τους άμεσους απογόνους ενός κόμβου, ενώ ένα φίλτρο (filter) επιλέγει υποσύνολα από ένα σύνολο

δοθέντων αντικειμένων. Επομένως, κάθε πρωτεύουσα επιλογή ή βήμα θέσης επιλέγει ένα σύνολο αντικειμένων σχετικών με ένα συγκεκριμένο κόμβο και ο ρόλος των RDFPath φίλτρων είναι να εκλεπτύνει το σύνολο αυτό. Η RDFPath στοχεύει κυρίως σε RDF μεταδεδομένα, αλλά στις προθέσεις της ομάδας ανάπτυξης της γλώσσας είναι να υποστηρίξει RDF σχήματα και τις σχέσεις υπαλληλίας κλάσεων/ ιδιοτήτων του RDFS.

⌚ **Versa RDF Query Language:** η Versa αποτελεί μία συνεχώς αναπτυσσόμενη, βασισμένη στο πρότυπο των γράφων γλώσσα επερώτησης RDF μοντέλων, που αρχικά αναπτύχθηκε από τους κατασκευαστές του συστήματος 4RDF. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της συμπεριλαμβάνουν διάσχιση ακμών και επεξεργασία των περιεχομένων των κόμβων. Οι εκφράσεις (μεταβατικής) διάσχισης είναι ένα βασικό στοιχείο της Versa, εφόσον επιτρέπουν να ταιριάξουμε πρότυπα σε ένα μοντέλο σεβόμενοι τη δομή του ως κατευθυνόμενο γράφο, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν διάσχιση και προς τις δύο κατευθύνσεις (εμπρός και πίσω). Σε μία διάσχιση προς τα εμπρός, μετακινούμαστε κατά μήκος των συγκεκριμένων ακμών από τα υποκείμενα στα αντικείμενα και κατόπιν γίνεται το φιλτράρισμα του αποτελέσματος, ενώ σε μία προς τα πίσω διάσχιση, ακολουθούμε την αντίθετη κατεύθυνση μετακινούμενοι από τα αντικείμενα προς τα υποκείμενα. Σε κάθε περίπτωση, η φύση των αποτελεσμάτων της επερώτησης εξαρτάται από την υποκείμενη RDF υλοποίηση, η οποία καθορίζει τι θεωρείται πόρος για τους σκοπούς της Versa. Για παράδειγμα, παρουσία ενός RDF σχήματος, το αντικείμενο μίας δήλωσης μπορεί να θεωρηθεί ως πόρος στην περίπτωση που το κατηγορημα της δήλωσης ορίζεται με πεδίο ορισμού. Γενικότερα, για να υποστηρίξει τη λειτουργικότητα που απαιτείται, η Versa παρέχει ενσωματωμένες συναρτήσεις, όπως η `all()` που ανακτά όλους τους πόρους του μοντέλου. Επίσης διαθέτει υπηρεσίες όπως λειτουργίες boolean λογικής και συνόλων, συνάθροισης, ταιριάσματος αλφαριθμητικών και άλλες βασικές λειτουργίες διαχείρισης τύπων δεδομένων. Επιπλέον, ο ερωτών μπορεί να σχηματίσει μία επερώτηση με πιο σύνθετα κριτήρια, π.χ να χρησιμοποιήσει την εντολή `all()-rdfs:label->contains("ab")`, αν επιθυμεί να ανακτήσει όλους τους πόρους των οποίων η ετικέτα περιέχει τους χαρακτήρες «ab», όπως επίσης και να παρουσιάσει τα αποτελέσματα μίας επερώτησης ταξινομημένα.

⌚ **TRIPLE:** η γλώσσα TRIPLE είναι μία γλώσσα επερώτησης, εξαγωγής συμπερασμάτων και μετασχηματισμού RDF δεδομένων, που αναπτύχθηκε ως αποτέλεσμα της συνεργασίας ερευνητών από το Stanford University Database

Group και το DFKI GmbH Kaiserslautern, Knowledge Management Department. Βασισμένη στη λογική Horn και την F-Logic, επιχειρεί να υποστηρίξει με δηλωτικό τρόπο εφαρμογές που απαιτούν RDF συλλογιστική (reasoning) και μετασχηματισμό. Εντούτοις, σε αντίθεση με πολλές άλλες γλώσσες επερώτησης για το RDF, η TRIPLE επιτρέπει στη σημασιολογία γλωσσών που στηρίζονται στο RDF, όπως το RDFS και η Topic Maps, να οριστεί με κανόνες αντί να υποστηρίξει την ίδια λειτουργικότητα με ενσωματωμένη στη γλώσσα επερώτηση σημασιολογία. Στις περιπτώσεις εκείνες που ο ορισμός της σημασιολογίας της γλώσσας δεν είναι εύκολος με κανόνες, όπως για παράδειγμα η DAML+OIL, η TRIPLE παρέχει πρόσβαση σε εξωτερικά προγράμματα, όπως description logics ταξινομητές (classifiers). Επομένως, στην TRIPLE υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη επιπέδων: συντακτικές επεκτάσεις της Horn λογικής για την υποστήριξη των βασικών RDF δομών, όπως πόροι και δηλώσεις, και τμήματα για τις σημασιολογικές επεκτάσεις του RDF, όπως το RDFS και η DAML+OIL, που υλοποιούνται είτε απευθείας στην TRIPLE είτε μέσω επικοινωνίας με εξωτερικά συστήματα συλλογιστικής, όπως ένας DL ταξινομητής. Συγκεκριμένα, η TRIPLE παρέχει υποστήριξη για πόρους και χώρους ονοματοδοσίας, συντομεύσεις (π.χ `isa:=rdfs:subClassOf`), μοντέλα (σύνολα RDF δηλώσεων), υποστασιοποίηση και κανόνες εκφράσιμους σε σύνταξη λογικής πρώτης τάξης. Η TRIPLE επιτρέπει επίσης Skolem συναρτήσεις, οι οποίες όταν χρησιμοποιηθούν σε κανόνες, μπορούν να μετατρέψουν ένα ή περισσότερα μοντέλα σε νέα. Συν τοις άλλοις, αντί για ορισμούς υποκειμένων, αντικειμένων και κατηγορημάτων, η TRIPLE επιτρέπει τη χρήση εκφράσεων μονοπατιών. Για παράδειγμα, μπορούμε να ορίσουμε (horn) κανόνες που αναζητούν έγγραφα με ένα καθορισμένο υποκείμενο. Τέλος, η TRIPLE διαθέτει μία ανθρωπίνως αναγνώσιμη ASCII σύνταξη, καθώς και μία σύνταξη βασισμένη στο RDF για την ανταλλαγή επερωτήσεων και κανόνων, πιθανώς μεταξύ επικοινωνούντων πρακτόρων. Το ομώνυμο σύστημα TRIPLE υποστηρίζει όλη τη λειτουργικότητα της γλώσσας επερώτησης.

RQL	<pre>SELECT x FROM {x} email:message_id {id} WHERE id "aimilia@examplenet.com" USING NAMESPACE email http://www.hpl.hp.com/email/email#</pre>
-----	---

RDQL	<pre>SELECT ?x WHERE (?x, <email:message_id 'aimilia@examplenet.com') USING email FOR <http://www.hpl.hp.com/email/email#></pre>
SquishQL	<pre>SELECT ?x FROM http://test1/test WHERE (email::message_id ?x aimilia@examplenet.com) USING email FOR http://www.hpl.hp.com/email/email#</pre>
RDFQL	<pre>session.namespaces["pop3"] "http://www.hpl.hp.com/email/email#"; session.namespaces["rd = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns# session.namespaces["rdfs"] = "http://www.w3.org/2000/01/rd schema#"; var ds = ne DataSource("pop3?server=mail.somewhere.net&user=someuser &pass=xxxx&action=list"); select ?msg ?from using #ds whe {[rdf:type] ?msg [pop3:Message]} and {[pop3:property] ?msg ?prop and {[rdfs:label] ?prop 'From'} and {[rdf:value] ?prop ?from} an regexp(?from, 'aimilia@examplenet.com')<>"</pre>
RDFPath	<pre>resource0[child(email:message_id)="aimilia@examplenet.com]</pre>
VERSA	<pre>all0 - email:message_id -> eq('aimilia@examplenet.com')</pre>
TRIPLE	<pre>email:="http://www.hpl.hp.com/email/email#" FORALL C<- C[email:message_id aimilia@examplenet.com]@testbase</pre>

Πίνακας 3- Ενδεικτική επερώτηση **RDF/S** γλωσσών επερώτησης

4.5.1 Σύγκριση των γλωσσών επερώτησης

Οι αρχές στις οποίες βασίζεται το RDF/S είναι σημαντικά διαφορετικές από εκείνες των παραδοσιακών μοντέλων βάσεων δεδομένων όπως το οντοκεντρικό, σχεσιακό και ημι-δομημένων δεδομένων, γεγονός που δικαιολογεί την ύπαρξη γλωσσών επερώτησης προσαρμοσμένων στις ιδιαιτερότητές του. Έχοντας ήδη περιγράψει συνοπτικά τις κυριότερες γλώσσες επερώτησης για το RDF/S, επιχειρούμε να συγκρίνουμε την εκφραστική τους δύναμη βάσει ενός συνόλου κριτηρίων. Ειδικότερα, ο πίνακας αναφέρεται στο μοντέλο δεδομένων που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των RDF/S

μεταδομένων, τη γλώσσα προέλευσης πάνω στην οποία στηρίζεται η γλώσσα επερώτησης, η ικανότητά της να υποστηρίζει συναρτησιακή σύνθεση επερωτήσεων (κλεισιότητα, τα αποτελέσματα μίας επερώτησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος σε μία άλλη επερώτηση), αν η γλώσσα επιτρέπει κάθε είδους δεδομένα ως είσοδο και έξοδο των επερωτήσεων (ορθογωνικότητα) και η γενικότητά της (η δυνατότητα να εκμεταλλευτεί όλα τα στοιχεία του RDF/S). Όπως παρατηρούμε, οι περισσότερες γλώσσες επερώτησης στηρίζονται σε ένα μοντέλο δεδομένων βασισμένο σε τριάδες, δηλαδή χρησιμοποιούν συλλογές δηλώσεων της μορφής <υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο> για να κωδικοποιήσουν RDF/S βάσεις περιγραφών και σχήματα. Η RQL και η Versa ακολουθούν το μοντέλο των γράφων, το οποίο τους επιτρέπει να εκτελούν πιο πολύπλοκες επερωτήσεις πάνω σε γράφους περιγραφής πόρων. Η RDFPath, από την άλλη πλευρά, υιοθετεί ένα μοντέλο δέντρων και οι δομές της ορίζουν μονοπάτια ανάμεσα σε 2 τυχαίους κόμβους ενός RDF γράφου.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΛΩΣΣΑ.	Μοντέλο δεδομένων	Γλώσσα προέλευσης	Κλεισιότητα	Ορθογωνικότητα δεδομένων εισόδου/εξόδου	Γενικότητα
RQL	Γράφοι	OQL τύπου	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
SquishQL/RDQL	Τριάδες	SQL τύπου	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
RDFQL	Τριάδες	SQL τύπου	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
RDFPath	Δέντρα	Xpath τύπου	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
VERSA	Γράφοι	LISP τύπου	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
TRIPLE	Τριάδες	F-logic τύπου	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ

Πίνακας 4- Βασικά χαρακτηριστικά RDF/S γλωσσών επερώτησης

Τα μοντέλα δεδομένων που στηρίζονται σε τριάδες και δέντρα απαιτούν ακριβή γνώση της δομής ενός RDF γράφου στην επερώτηση, γνώση που δεν είναι απαραίτητη στα περισσότερα μοντέλα δεδομένων βασισμένα στους γράφους. Επιπλέον, η TRIPLE βασίζεται σε ένα μοντέλο στηριγμένο στη λογική, το οποίο της δίνει τη δυνατότητα ορισμού συμπερασματικών κανόνων. Μερική υποστήριξη συμπερασματικών κανόνων ορισμένων από το χρήστη προσφέρει και η RDFQL, π.χ για να δηλώσει ιδιότητες των οποίων η διάσχιση μπορεί να γίνει μεταβατικά. Οι υπόλοιπες γλώσσες ακολουθούν μία προσέγγιση τύπου SQL, κυρίως με σκοπό να προσφέρουν δομές και λειτουργικότητα γνωστές σε σχεδιαστές βάσεων δεδομένων.

Όσο αφορά τις άλλες ιδιότητες των γλωσσών επερώτησης, η RQL είναι η μόνη γλώσσα που πληρεί τις ιδιότητες της κλεισιότητας και ορθογωνικότητας,

ενώ η Versa πληρεί μόνο την κλειστότητα. Όλες οι γλώσσες, με εξαίρεση την RQL, εκχωρούν προνόμια σε ορισμένα είδη εισόδου ή εξόδου. Για παράδειγμα, οι γλώσσες που ακολουθούν το μοντέλο των τριάδων, π.χ η SquishQL/RDQL και η RDFQL, λαμβάνουν ένα σύνολο από τριάδες ως είσοδο και επιστρέφουν ένα σύνολο/λίστα από πόρους ή literal τιμές. Σε αντίθεση, δεν υπάρχουν προνομιακά είδη δεδομένων εισόδου και εξόδου για την RQL, εφόσον είσοδος μπορεί να είναι μία κλάση, μία ιδιότητα, ένας πόρος ή μία τιμή, κ.τ.λ. Η RQL όμως, (όπως και όλες οι γλώσσες) στερείται της ιδιότητας γενικότητα, καθότι δεν υποστηρίζει το σύνολο των χαρακτηριστικών του RDF/S (δεν υποστηρίζει υποστασιοποίηση). Το τελευταίο αυτό κριτήριο αποτελεί τη βάση της σύγκρισης που γίνεται παρακάτω, η οποία είναι πιο λεπτομερής και ουσιαστικά συγκρίνει την εκφραστική δύναμη των γλωσσών.

Η σύγκριση της εκφραστικής δύναμης των γλωσσών που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο γίνεται βάσει κριτηρίων που διακρίνονται σε 5 κύριες κατηγορίες: Μηχανισμοί Μοντελοποίησης, Επερώτηση Σχήματος, Επερώτηση Δεδομένων, Επερώτηση Σχήματος/Δεδομένων και Επιπλέον Χαρακτηριστικά. Τα κριτήρια της πρώτης κατηγορίας αναφέρονται στην ικανότητα της γλώσσας να υποστηρίζει στοιχεία του RDF/S, ειδικότερα αν δύναται να επερωτήσει κλάσεις, ιδιότητες και πόρους από διαφορετικούς χώρους ονοματοδοσίας/πολλαπλά σχήματα, αν υποστηρίζει τύπους δεδομένων, συλλογές τιμών, υποστασιοποίηση, και αν εκμεταλλεύεται τους μηχανισμούς της πολλαπλής κληρονομικότητας και ταξινόμησης. Σύμφωνα με αυτά τα κριτήρια, παρατηρούμε από τον Πίνακα 4 ότι όλες οι γλώσσες υποστηρίζουν επερώτηση σε χώρους ονοματοδοσίας και πολλαπλά σχήματα, καθώς και πολλαπλή ταξινόμηση και εξειδίκευση. Εντούτοις, δεν υποστηρίζουν όλες οι γλώσσες υποστασιοποίηση και συλλογές τιμών (container values). Στην πραγματικότητα, η υποστασιοποίηση υποστηρίζεται μόνο από την TRIPLE. Επιπλέον, οι περισσότερες γλώσσες επερώτησης υποστηρίζουν τους βασικούς τύπους δεδομένων, όπως αλφαριθμητικά και ακεραίους, με εξαίρεση τις RQL, VERSA και RDFQL που υποστηρίζουν πιο περίπλοκους τύπους δεδομένων, όπως πραγματικούς αριθμούς, ημερομηνίες, URI ή απαριθμητούς τύπους.

Ο δεύτερος άξονας σύγκρισης αναφέρεται σε κριτήρια που δηλώνουν αν η γλώσσα επερώτησης μπορεί να εκμεταλλευτεί την ύπαρξη σχήματος. Ειδικότερα, αν δύναται να εκτελέσει διάσχιση προγόνων/απογόνων σε ιεραρχίες κλάσεων/ιδιοτήτων και ποιες συνθήκες φιλτραρίσματος μπορεί να

επιβάλλει στις ιεραρχίες κλάσεων/ ιδιοτήτων. Η ικανότητα διάσχισης των ιεραρχιών κλάσεων και ιδιοτήτων απαιτεί γνώση του σχήματος που υιοθετείται και μόνο η RQL και η TRIPLE μπορούν να την εκτελέσουν μεταβατικά. Επιπλέον, μόνο η RQL μπορεί να θέσει εκλεπτυσμένες συνθήκες φιλτραρίσματος στις ιεραρχίες των κλάσεων και ιδιοτήτων. Εκτός από συνθήκες (αν)ισότητας και ομοιότητας (like) πάνω στα ονόματα των κλάσεων και ιδιοτήτων, η RQL μπορεί επίσης να θέσει φίλτρα επιλογής βασισμένα σε ελέγχους υπαλληλίας, δηλαδή ελέγχους πάνω στις σχέσεις υπαλληλίας ανάμεσα στις κλάσεις/ιδιότητες, όπως επίσης και φίλτρα επί των χώρων ονοματοδοσίας στους οποίους ορίζονται οι όροι του σχήματος.

Το βασικό κριτήριο της κατηγορίας Επερώτηση Δεδομένων είναι η δυνατότητα της γλώσσας να υπολογίσει την έκταση των κλάσεων/ιδιοτήτων, με άλλα λόγια να βρει όλους τους πόρους που ορίζονται ως στιγμιότυπα μίας συγκεκριμένης κλάσης/ιδιότητας. Στην ίδια κατηγορία εμπίπτουν κριτήρια, όπως η υποστήριξη Boolean φίλτρων, λειτουργιών με τελεστές συνόλων, αριθμητικών λειτουργιών και δομών για την κατασκευή συλλογών τιμών (ακολουθίες (sequence) και μη διατεταγμένες συλλογές (bag)). Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα, όλες οι γλώσσες είναι σε θέση να υπολογίσουν την έκταση μίας κλάσης/ιδιότητας είτε έμμεσα είτε άμεσα. Αυτό που δεν υποστηρίζουν οι περισσότερες γλώσσες είναι λειτουργίες με τελεστές συνόλων (ένωση, τομή, διαφορά) καθώς και αριθμητικές λειτουργίες πάνω σε τιμές δεδομένων. Το πρώτο γεγονός αποδίδεται κυρίως στο ότι δεν υποστηρίζουν δομές για την κατασκευή συλλογών τιμών (μόνο η RQL και η Versa διαθέτουν αυτό το χαρακτηριστικό). Επιπλέον, πλήρη Boolean φίλτρα υποστηρίζονται από τις RQL, RDFQL, VERSA και TRIPLE, εφόσον οι υπόλοιπες γλώσσες υποστηρίζουν μόνο σύζευξη.

Η κατηγορία Επερώτηση Σχήματος/Δεδομένων περιέχει κριτήρια αναφερόμενα στην ικανότητα της γλώσσας να συνδυάσει επερώτηση σχήματος και δεδομένων σε μία επερώτηση. Ο βασικός τρόπος για να εκτελέσουμε ένα τέτοιο σύνθετο ερώτημα είναι να χρησιμοποιήσουμε γενικευμένες εκφράσεις μονοπατιών. Μία γενικευμένη έκφραση μονοπατιού επερωτά δεδομένα και σχήμα ταυτόχρονα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο το σχηματισμό επερωτήσεων χωρίς να απαιτείται ακριβής γνώση των σχημάτων που χρησιμοποιούνται. Οι γενικευμένες εκφράσεις μονοπατιών σε συνδυασμό με την υποστήριξη υπαρξιακών και καθολικών τελεστών και φωλιασμένων επερωτήσεων είναι ενδεικτικά κριτήρια της εκφραστικής δύναμης της γλώσσας

επερώτησης. Κρίνοντας βάσει αυτών των κριτηρίων, η RQL είναι η μόνη γλώσσα που είναι σε θέση να ενσωματώσει γνώση από σχήματα στην επερώτηση δεδομένων. Μάλιστα, υποστηρίζει γενικευμένες εκφράσεις μονοπατιών με μεταβλητές στις ετικέτες κόμβων και ακμών. Η TRIPLE και η RDFPath υποστηρίζουν μόνο μονοπάτια δεδομένων, ενώ η Versa μπορεί να διασχίσει μεταβατικά τις ιδιότητες. Συν τοις άλλοις, η RQL και η TRIPLE είναι οι μόνες γλώσσες επερώτησης που υποστηρίζουν καθολικούς και υπαρξιακούς τελεστές, ενώ μόνο η RQL και η Versa μπορούν να εκτελέσουν φωλιασμένες επερωτήσεις.

Η τελευταία κατηγορία φιλοξενεί ένα αριθμό από κριτήρια που μπορούν να χαρακτηρίσουν την αποτελεσματικότητα της γλώσσας επερώτησης και την προστιθέμενη αξία της χρήσης της από πραγματικές, ευρείας κλίμακας εφαρμογές. Η υποστήριξη συναρτήσεων συνάθροισης (min, max, average, sum, count), ομαδοποίησης (όρων αντίστοιχων με τον SQL όρο group_by), ταξινόμησης (για τη διάταξη των αποτελεσμάτων της επερώτησης) και ενσωματωμένων συναρτήσεων δεδομένων (π.χ. μαθηματικές, αλφαριθμητικές συναρτήσεις μετατροπής), σε συνδυασμό με ορισμένους από το χρήστη συμπερασματικούς κανόνες είναι χαρακτηριστικά που ενδυναμώνουν την εκφραστικότητα μίας γλώσσας. Στην τελευταία αυτή κατηγορία μπορούμε να προσθέσουμε την ύπαρξη μηχανισμού για τον ορισμό όψεων πάνω σε βάσεις περιγραφών. Από τα δεδομένα του Πίνακα 4, η RDFQL υποστηρίζει μόνο τη συνάρτηση count, η Versa τις συναρτήσεις min και max, ενώ η RQL προσφέρει ένα πιο ευρύ σύνολο συναρτήσεων υποστηρίζοντας τις συναρτήσεις min, max, count, average και sum, όπως αυτές είναι γνωστές από τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Οι συναρτήσεις ταξινόμησης υποστηρίζονται μόνο από τις RDFQL και Versa, οι οποίες επίσης υποστηρίζουν ενσωματωμένες συναρτήσεις δεδομένων, π.χ. για την μετατροπή ημερομηνιών και αλφαριθμητικών τιμών ή τον υπολογισμό αριθμητικών τιμών. Επιπλέον, η RDFQL, εκτός του ότι παρέχει δυνατότητες ορισμού δεδομένων (π.χ δημιουργία ενός πίνακα), επιτρέπει τον ορισμό από το χρήστη συμπερασματικών κανόνων και αυθαίρετων συναρτήσεων. Ορισμένοι από το χρήστη συμπερασματικοί κανόνες υποστηρίζονται επίσης από την TRIPLE και μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, για να διασχίσουν αντίστροφα μονοπάτια ιδιοτήτων. Μία λειτουργικότητα που δεν υποστηρίζεται από καμία γλώσσα επερώτησης είναι η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων μίας επερώτησης.

Όπως παρατηρείται στην τελευταία σειρά του Πίνακα 4, ο μηχανισμός ορισμού όψεων δεν υποστηρίζεται από καμία γλώσσα επερώτησης. Αν και η χρησιμότητα ενός μηχανισμού ορισμού όψεων έχει διαπιστωθεί στις σχεσιακές και οντοκεντρικές βάσεις δεδομένων, στον κόσμο του RDF/S πρέπει να εξεταστεί η χρησιμότητα και η λειτουργικότητα ενός τέτοιου μηχανισμού σε εφαρμογές Διαδικτύου, όπου το μοντέλο δεδομένων που υιοθετείται είναι διαφορετικό. Αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει, σε αντιπαράθεση με το σχεσιακό και οντοκεντρικό μοντέλο δεδομένων, τη χρησιμότητα και τη λειτουργικότητα που πρέπει να υποστηρίζει ένας μηχανισμός ορισμού όψεων στα πλαίσια του Σημασιολογικού Ιστού. Η σύγκριση των γλωσσών επερώτησης που έγινε στην ενότητα αυτή συνηγορεί στην απόφασή μας να στηριχτούμε στη γλώσσα RQL, λόγω της εκφραστικής της δύναμης που υπερτερεί των άλλων γλωσσών επερώτησης και της ικανότητάς της για επερωτήσεις σε επίπεδο σχήματος. Ο μηχανισμός όψεων που προτείνουμε θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο, όπου θα τεκμηριωθεί και η ευελιξία του κυρίως λόγω της RQL, που αποδεικνύεται ένα ισχυρό εργαλείο για την πλοήγηση και αναζήτηση δεδομένων σε σύνθετους γράφους.

5. Υπηρεσίες Διαδικτύου-W3C

5.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια πολλές ερευνητικές ομάδες στο χώρο του διαδικτύου έχουν επικεντρώσει τις προσπάθειές τους στην ανάπτυξη υπηρεσιών, οι οποίες θα δώσουν επιπρόσθετες δυνατότητες στους χρήστες για την εξυπηρέτηση των ολοένα αυξανόμενων αναγκών τους. Οι υπηρεσίες αυτές έχουν υιοθετηθεί από πολλούς κατασκευαστές λογισμικού, σαν μέσο για τον εμπλουτισμό των ιστοσελίδων – και όχι μόνο, με δυναμικά στοιχεία, τα οποία βασίζονται σε συγκεκριμένες διεπαφές.

Διάφοροι οργανισμοί εμπλέκονται στον καθορισμό προδιαγραφών για τις «Υπηρεσίες Διαδικτύου» με αποτέλεσμα αρκετοί ορισμοί να έχουν διατυπωθεί, με κυρίαρχο αυτόν της ερευνητικής ομάδας W3C Web Services Architecture Working Group. Μια υπηρεσία ιστού (web service), είναι μια εφαρμογή λογισμικού, η οποία προσδιορίζεται από ένα URI, της οποίας οι διεπαφές και οι συνδέσεις είναι δυνατόν να καθοριστούν, να περιγραφούν και να εντοπισθούν από τεχνουργήματα XML, και υποστηρίζουν απευθείας αλληλεπίδραση με άλλες εφαρμογές λογισμικού, χρησιμοποιώντας μηνύματα βασισμένα σε XML, διαμέσου πρωτοκόλλων βασισμένων στο διαδίκτυο.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, η «Υπηρεσία Διαδικτύου» καθορίζεται σαν ένας πόρος, όχι μόνο μέσα στον παγκόσμιο ιστό, αλλά και σε επίπεδο ενός τοπικού εσωτερικού δικτύου (intranet), ο οποίος παρέχεται από κάποιον οργανισμό. Σημαντικό είναι το γεγονός της ανεξαρτησίας ανάμεσα στις υπολογιστικές πλατφόρμες από τη μεριά του παροχέα της υπηρεσίας και του τελικού χρήστη αυτής (cross platform applications).

Η «Υπηρεσία Διαδικτύου» είναι διαθέσιμη μέσω των δημοσιευθέντων διεπαφών της, στις οποίες είναι δυνατή η κλήση. Η σχέση αυτή είναι ανάλογη με αυτή του διαφυλλιστή διαδικτύου (web browser) και του παροχέα του δικτυακού τόπου (web application server). Ο διαφυλλιστής δεν επηρεάζεται από τον παροχέα της ιστοσελίδας ή το μηχανισμό που τον εξυπηρετεί, αρκεί το αποτέλεσμα να είναι εκφρασμένο σε γλώσσα HTML.

Από τεχνικής πλευράς, μια «Υπηρεσία Διαδικτύου» είναι μια συλλογή από συσχετιζόμενες υπηρεσίες, που είναι προσβάσιμες μέσα από κάποιο

δίκτυο και έχουν μια συγκεκριμένη περιγραφή. Σε αυτό το επίπεδο, η έννοια της «Υπηρεσίας Διαδικτύου» δεν είναι κάτι καινούργιο στην επιστήμη των υπολογιστών. Μέσω των «Υπηρεσιών Διαδικτύου», η επιστήμη των υπολογιστών προσπαθεί να επιλύσει την πρωταρχική πρόκληση του κατανεμημένου υπολογισμού, την εύρεση και την πρόσβαση σε απομακρυσμένους πόρους. Η διαφορά αυτής της προσέγγισης είναι η χρήση ανοικτών τεχνολογιών και προδιαγραφών (open standards), ελεγχόμενων από ευρείας συναίνεσης οργανισμούς, όπως ο OASIS και ο W3C.

Βασική αρχή των «Υπηρεσιών Διαδικτύου» είναι η μη υλοποίησή τους σε αυστηρά συνεκτικά συνδεδεμένα εξαρτήματα και υπο-ρουτίνες, που η γνώση τους θα είναι αναγκαία κατά τη φάση της ανάπτυξης της υπηρεσίας. Αντίθετα, επιλέχθηκε μια αρκετά πιο δυναμική προσέγγιση. Δόθηκε έμφαση στις διεπαφές, το σημείο επικοινωνίας μεταξύ της ίδιας της υπηρεσίας και του λογισμικού που την καλεί. Βέβαια, αυτό που είναι πρωτοποριακό, δεν είναι η χρήση διεπαφών, αλλά το γεγονός ότι μια «Υπηρεσία Διαδικτύου» είναι άθροισμα πολλών ανεξάρτητων οντοτήτων, μη αυστηρά συνδεδεμένων μεταξύ τους, που όμως επικοινωνούν με απλές ανοικτές προδιαγραφές.

Η ανάπτυξη των δικτυακών υπηρεσιών ως μια εξέλιξη των παραδοσιακών web sites υπήρξε και εξακολουθεί να είναι ραγδαία. Παρόλη όμως την εμπλοκή τους στη σύγχρονη τεχνολογία αλλά και στη καθημερινή ανθρώπινη ζωή υπάρχει μια σειρά ανοικτών ζητημάτων σχετικά με αυτές. Ο τρόπος που το υπάρχον δίκτυο υποστηρίζει την αναζήτηση και χρήση τους χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος παιδικών ασθενειών, λόγω της νεότητας της τεχνολογίας, που αφορούν κυρίως την αυτοματοποιημένη ενσωμάτωση τους σε μια ροή διαδικασίας εκτέλεσης (workflow). Ειδικότερα, στη παρούσα θεώρηση θα μας απασχολήσει το πώς μπορούν να περιγραφούν οι δικτυακές υπηρεσίες ώστε να επιτυγχάνεται η αυτόματη ανακάλυψή τους, δοθείσας μόνο μιας περιγραφής των δυνατοτήτων τους. Μια τέτοια περιγραφή για παράδειγμα θα ήταν «θέλω μια υπηρεσία που μετατρέπει (αριθμητικά) δολάρια σε δραχμές».

5.2 Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών του Διαδικτύου έχει αλλάξει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι επιχειρήσεις. Οι εταιρίες «εξάγουν» τις κύριες λειτουργίες τους στον Παγκόσμιο Ιστό προσδοκώντας επιπλέον αυτοματοποίηση, αποδοτικότερες επιχειρησιακές διαδικασίες και καθολική

ορατότητα των λειτουργιών τους. Για να επιζήσουν οι εταιρίες στις συνθήκες πολύ σκληρού ανταγωνισμού που έχουν δημιουργηθεί πρέπει να επιλέξουν τις σωστότερες και πιο ευέλικτες επιχειρησιακές λύσεις που θα τους επιτρέψουν αφενός να χρησιμοποιήσουν τις υπάρχουσες εφαρμογές με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και αφετέρου θα τους επιτρέψουν να εξελίσσονται και να αλλάζουν.

Στις μέρες μας, υπάρχει μια αλλαγή κατεύθυνσης, όσον αφορά την συνεργασία εφαρμογών, από τα στενά συνεργαζόμενα συστήματα(π.χ. DCOM[DCOM]) σε συστήματα με πιο χαλαρά συνδεδεμένες και δυναμικά προσαρμοζόμενες συνιστώσες (π.χ Jini[JINI], Enterprise Java Beans[EJB]) με τελευταία παρουσία σε αυτή την κατηγορία το παράδειγμα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών.

Οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες είναι αυτόνομες (self-contained) και αρθρωτές (modular) εφαρμογές, προσβάσιμες μέσω του Παγκόσμιου Ιστού παρέχοντας ένα σύνολο από λειτουργικότητες σε επιχειρήσεις ή άτομα. Αυτό που κάνει τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες να ξεχωρίζουν σαν πρόταση είναι η δυνατότητα ανακάλυψης Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών που να ταιριάζουν στις απαιτήσεις μίας εφαρμογής, η δυνατότητα διαπραγμάτευσης των συμβολαίων χρήσης τους και η καθολική προσβασιμότητα τους από οποιοδήποτε σημείο, οποιαδήποτε στιγμή.

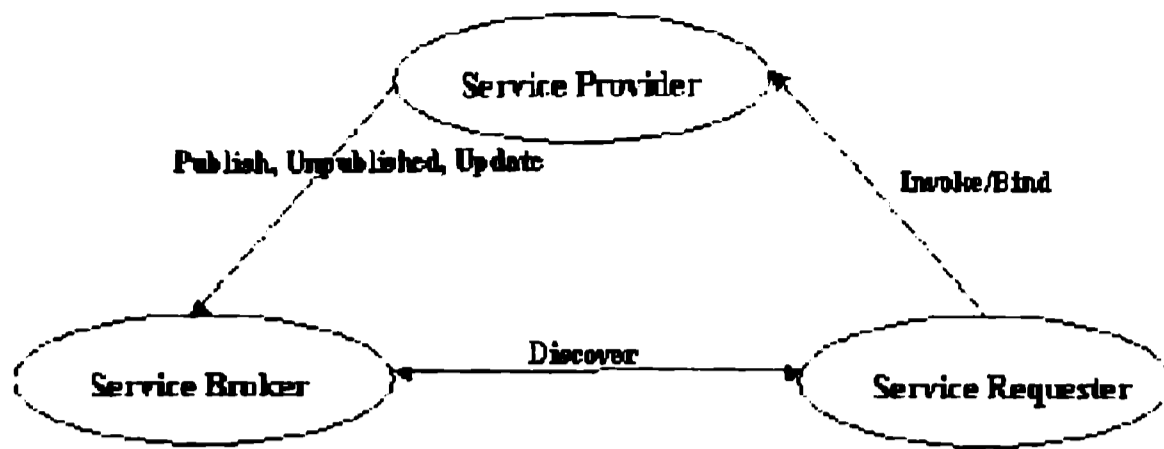
Το παράδειγμα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών μπορεί να θεωρηθεί σαν επέκταση του οντοκεντρικού παραδείγματος αφού στοιχεία όπως η ενθυλάκωση, το πέρασμα μηνυμάτων και η δυναμική δέσμευση υπηρεσιών, είναι πρωτεύουσας σημασίας. Εντούτοις το παράδειγμα τους επεκτείνεται πέρα από τις απλές «υπογραφές μεθόδων» (method signatures) αφού η περιγραφή (ή διεπαφή) μιας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας περιλαμβάνει πληροφορία για την λειτουργικότητα της υπηρεσίας (τι κάνει), την τοποθεσία της υπηρεσίας (που είναι), τον τρόπο με τον οποίο επικαλείται η υπηρεσία, την ποιότητα της υπηρεσίας (quality of service) και τις πολιτικές ασφάλειας που σχετίζονται με αυτήν. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποδίδουν στις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες τον χαρακτηρισμό αυτοπεριγραφόμενες (self-describing). Αντίστοιχα το παράδειγμα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών μπορεί να θεωρηθεί και σαν επέκταση του παραδείγματος συνιστωσών λογισμικού, αφού κάθε Ηλεκτρονική Υπηρεσία μπορεί να θεωρηθεί σαν μία συνιστώσα, ανεξάρτητη πλατφόρμας που δίνει την

δυνατότητα χαλαρής σύνδεσης (loose coupling) με εφαρμογές ή άλλες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες.

5.2.1 Η λειτουργικότητα των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών

Οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες αποτελούν ένα νέο μοντέλο για τη χρήση του Παγκόσμιου Ιστού. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει την έκδοση επιχειρησιακών λειτουργιών στο Διαδίκτυο και την καθολική πρόσβαση σε αυτές τις λειτουργίες. Τόσο προγραμματιστές όσο και απλοί χρήστες μπορούν να εκμεταλλευτούν τα οφέλη των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών. Το μοντέλο των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών απλοποιεί την ανάπτυξη και την διαλειτουργικότητα επιχειρησιακών εφαρμογών ενώ επιτρέπει ακόμα και σε απλούς χρήστες να δημιουργήσουν τις δικές τους Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες ή να ανακαλύψουν Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες μέσω διαισθητικών και χρηστικών διεπαφών σε κοινούς φυλλομετρητές (browsers) του Διαδικτύου.

Οι βασικές λειτουργίες που σχετίζονται με το μοντέλο Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών είναι η δημιουργία της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας (Web Service creation), η περιγραφή της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας (Web Service description), η έκδοση της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας (Web Service publishing), η ανακάλυψη της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας από πιθανούς χρήστες (Web Service discovery), η δέσμευση με τα κατάλληλα πρωτόκολλα και η επίκληση της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας (Web Service binding/invocation) και τέλος η αναίρεση της έκδοσης της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας (Web Service unpublishing) σε περίπτωση που δεν ικανοποιεί πλέον τις απαιτήσεις δημιουργίας της. Σε αυτές τις βασικές λειτουργίες προστίθενται ακόμα αρκετές άλλες έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα για ανάπτυξη πολύπλοκων και σύνθετων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών. Τέτοιες ενέργειες είναι η σύνθεση (composition), η διαχείριση (management) και η παρακολούθηση (monitoring) Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών. Οι βασικές λειτουργίες μπορούν να οργανωθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το ποιός τις εκτελεί. Αντίστοιχα μπορούν να θεωρηθούν τρεις ρόλοι, δηλαδή τρία «είδη» οντοτήτων οι οποίες αναλαμβάνουν την εκτέλεση ενός συγκεκριμένου είδους ενεργειών. Οι ρόλοι αυτοί είναι, ο αιτών μίας υπηρεσίας (service requester), ο παροχέας μίας υπηρεσίας (service provider), και ο διαμεσολαβητής υπηρεσιών (service broker).



Εικόνα 9 -Οι αλληλεπιδράσεις των ρόλων στο μοντέλο Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών.

Ο παροχέας μίας υπηρεσίας είναι η οντότητα που παρέχει συγκεκριμένες εφαρμογές λογισμικού με την μορφή Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών. Οι παροχείς υπηρεσιών εκδίδουν, αναιρούν την έκδοση και ανανεώνουν τις υπηρεσίες τους έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες τις περισσότερες φορές μέσω του Διαδικτύου. Από επιχειρηματική σκοπιά, ο παροχέας μίας υπηρεσίας μπορεί να θεωρηθεί ως ο ιδιοκτήτης των υπηρεσιών ενώ από άποψη αρχιτεκτονικής ο παροχέας είναι η πλατφόρμα που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση των εφαρμογών με την μορφή υπηρεσιών.

Ο αιτών μίας υπηρεσίας είναι η οντότητα που έχει μια λειτουργική ανάγκη και την οποία προσπαθεί να ικανοποιήσει αναζητώντας την κατάλληλη υπηρεσία στο Διαδίκτυο. Από επιχειρηματικής σκοπιάς μπορεί να είναι μία εταιρία που θέλει να προωθήσει (outsource) μια ανάγκη της σε ένα τρίτο ενώ από αρχιτεκτονικής σκοπιάς είναι μια εφαρμογή που απλά ψάχνει μια άλλη εφαρμογή για να την χρησιμοποιήσει. Ο αιτών μπορεί να είναι οτιδήποτε, από ένα χρήστη ο οποίος προσπελαύνει μια υπηρεσία μέσω του υπολογιστή του, μέχρι μια εφαρμογή ή και μια άλλη Ηλεκτρονική Υπηρεσία.

Ο διαμεσολαβητής υπηρεσιών είναι μια οντότητα η οποία παρέχει μία επερωτήσιμη «αποθήκη περιγραφών υπηρεσιών», δηλαδή μιας μορφής καταλόγου και μπορεί να δεχθεί και να απαντήσει σε επερωτήσεις σχετικές με την ύπαρξη Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών που πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Οι παροχείς περιγράφουν τις υπηρεσίες τους σε αυτόν το κατάλογο ενώ οι αιτούντες αναζητούν τις υπηρεσίες που θέλουν και ανακτούν τόσο την περιγραφή τους όσο και την απαραίτητη πληροφορία για να την δεσμεύσουν από τον παροχέα της. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων καταλόγων είναι το UDDI (Universal Description Discovery Integration)[UDDI] και το Xmethods[XM].

5.2.2 Οφέλη από τη χρήση Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών

Η χρήση του παραδείγματος των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών για την δημιουργία σύνθετων εφαρμογών έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο ανάπτυξης εφαρμογών.

1. Ευκολότερη και ταχύτερη δημιουργία. Επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν το μοντέλο των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών, μπορούν να δημιουργούν νέες υπηρεσίες χωρίς την επένδυση και τις καθυστερήσεις των παραδοσιακών μοντέλων. Αυτό οφείλεται κυρίως στην δημιουργία νέων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών επαναχρησιμοποιώντας ή συνδυάζοντας ήδη υπάρχουσες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες.
2. Διαλειτουργικότητα. Μια Ηλεκτρονική Υπηρεσία μπορεί να αλληλεπιδρά με άλλες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες. Χρησιμοποιώντας δεδομένες διεπαφές βασισμένες στην XML (π.χ. WSDL) και δεδομένα πρωτόκολλα για την επικοινωνία, δίνεται η δυνατότητα σε εταιρίες ή απλούς προγραμματιστές να παράγουν ή να καταναλώνουν Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες διατηρώντας αμετάβλητο το περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών τους. Με αυτή τους την ιδιότητα οι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες «ενοποιούν» οποιαδήποτε ετερογενή περιβάλλοντα.
3. «Επί τόπου» ανάπτυξη. Παραδοσιακές συνεργατικές εφαρμογές, δηλαδή εφαρμογές που συνθέτονταν από κάποιες απλούστερες χαρακτηρίζονται από την έλλειψη ευελιξίας που συνεπάγεται τόσο η «σφιχτή σύνδεση» (tight coupling) μεταξύ των εφαρμογών όσο και η στατική δέσμευση (static binding) μεταξύ τους κατά την σχεδίαση (build-time). Οποιαδήποτε αλλαγή σε μία από τις «υπο-εφαρμογές» προκαλούσε κατάρρευση της συνολικής εφαρμογής και ανάγκη επαναπρογραμματισμού της για να γίνει συμβατή με τα νέα δεδομένα. Το μοντέλο των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών υποστηρίζει την αποσύνδεση (decoupling) μεταξύ των υπηρεσιών, και την «επί τόπου» ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών ανακαλύπτοντας και συνθέτοντας δυναμικά (κατά το δυνατό) υπηρεσίες διαθέσιμες στο Διαδίκτυο. Η χαλαρή σύνδεση (loose coupling) και η δυναμική δέσμευση (dynamic binding) συμβάλει στο γεγονός ότι μία υπηρεσία που χρησιμοποιεί κάποια άλλη υπηρεσία για να ικανοποιήσει μια ανάγκη της, μπορεί ανά πάσα

στιγμή να την αντικαταστήσει με κάποια άλλη που την ικανοποιεί.

4. Ελάττωση της πολυπλοκότητας λόγω ενθυλάκωσης. Σε ένα περιβάλλον Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών, όλες οι συνιστώσες είναι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες. Σημασία έχει η «συμπεριφορά» που έχει η υπηρεσία και όχι ο τρόπος που είναι υλοποιημένη αυτή η συμπεριφορά. Αυτό το στοιχείο ενθυλάκωσης, η εικόνα δηλαδή των Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών σαν «μαύρα κουτιά» με συγκεκριμένη συμπεριφορά, διευκολύνει κατά πολύ το έργο των προγραμματιστών που δεν ασχολούνται πλέον με τις λεπτομέρειες των εφαρμογών που επικαλούνται. Έτσι η πολυπλοκότητα της ανάπτυξης Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών ελαττώνεται σημαντικά.

5.2.3 Πρότυπα σχετικά με Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες

Είναι προφανές ότι από την στιγμή που οι παροχείς, οι αιτούντες, και οι διαμεσολαβητές υπηρεσιών αλληλεπιδρούν, πρέπει να υποστηρίζουν όλοι τις ίδιες «πρότυπες» (standard) τεχνολογίες για περιγραφή υπηρεσιών, επικοινωνία και δέσμευση δεδομένων. Η ύπαρξη των «προτύπων» (standards) επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες με τρόπο ανεξάρτητο πλατφόρμας και γλώσσας υλοποίησης. Τα τρία κυριότερα πρότυπα, σχετικά με τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες είναι το πρωτόκολλο SOAP[SOAP] για την επικοινωνία μεταξύ υπηρεσιών, η γλώσσα WSDL [WSDL] για την περιγραφή υπηρεσιών και το UDDI για την αποθήκευση περιγραφών υπηρεσιών.

5.2.3.1 WSDL

Η καθολική ορατότητα (global visibility) και προσβασιμότητα (reachability) μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας προϋποθέτει μία αυστηρά καθορισμένη και προσυμφωνημένη προγραμματιστική διεπαφή όπως η WSDL. Η WSDL είναι μια XML γραμματική που καθορίζει ιδιότητες μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας όπως τι κάνει, πού βρίσκεται και πώς μπορεί να επικληθεί. Ένα WSDL έγγραφο περιγράφει τις υπηρεσίες σαν συλλογές από σημεία στο δίκτυο (network endpoints) που ονομάζονται πόρτες (ports). Στην WSDL τα δεδομένα που ανταλλάσσονται αναπαρίστανται με την μορφή μηνυμάτων (messages) και σύνολα από λειτουργίες ομαδοποιούνται με την

αφαίρεση του τύπου θύρας (port type). Οι ορισμοί των μηνυμάτων και των τύπων θύρας είναι διαχωρισμένοι με την δέσμευση τους σε συγκεκριμένους τύπους δεδομένων και στοιχείων δικτύου αντίστοιχα, επιτρέποντας έτσι την επαναχρησιμοποίηση των ορισμών τους. Ο συνδυασμός συγκεκριμένων στοιχείων δικτύου (πρωτοκόλλων) με ένα ορισμό τύπου δεδομένων, για ένα συγκεκριμένο τύπο θύρας αποτελεί μία (επαναχρησιμοποιήσιμη) δέσμευση (binding).

Σαν παράδειγμα της «επαναχρησιμοποίησης», ο ίδιος τύπος θύρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία δύο δεσμεύσεων για την ίδια λειτουργία, μία με το πρωτόκολλο HTTP και μία με το πρωτόκολλο FTP. Ο συνδυασμός μίας δέσμευσης με μία διεύθυνση δικτύου συνθέτουν μία θύρα ενώ μια συλλογή από πόρτες ορίζει πρακτικά μία Ηλεκτρονική Υπηρεσία. Επομένως ένα WSDL έγγραφο σε XML χρησιμοποιεί τα παρακάτω επτά βασικά στοιχεία για να περιγράψει Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες.

⌚ Τύπος (Type). Το στοιχείο τύπος καθορίζει τον τύπο δεδομένων που χρησιμοποιείται από την Ηλεκτρονική Υπηρεσία και παίρνει τιμές από ένα σύστημα τύπων. Για επιπλέον ανεξαρτησία η WSDL χρησιμοποιεί το σύστημα τύπων του Σχήματος XML. Ο τύπος μπορεί να είναι είτε απλός (συμβολοσειρά, ακέραιος) είτε σύνθετος (στοιχείο XML).

⌚ Μήνυμα (Message). Το μήνυμα αποτελεί την αφαίρεση για τα δεδομένα που ανταλλάσσονται μεταξύ υπηρεσιών. Ένα μήνυμα μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα μέρη (parts) τα οποία έχουν κατάλληλους τύπους δεδομένων. Τα μέρη μπορούν να αντιστοιχισθούν διαισθητικά στις παραμέτρους κατά την κλήση μίας συνάρτησης σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον.

⌚ Λειτουργία (Operation). Το στοιχείο λειτουργία είναι η αφαίρεση για μία από τις λειτουργίες που παρέχει η υπηρεσία.

⌚ Τύπος Θύρας. (Port type). Το στοιχείο τύπος θύρας είναι η βασική αφαίρεση της WSDL. Ο τύπος θύρας περιγράφει ένα σύνολο από επιμέρους λειτουργίες, δηλαδή πρακτικά την λειτουργικότητα της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας. Αυτό που μένει πλέον για την σύνθεση μίας ολοκληρωμένης Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας είναι ο συνδυασμός του τύπου θύρας με πραγματικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και τύπους δεδομένων. Ο τρόπος αλληλεπίδρασης που ονομάζεται αίτηση-απάντηση (request-response) είναι ο ποιο «κοινός» τρόπος αλληλεπίδρασης με μία λειτουργία (operation) μίας Ηλεκτρονικής

Υπηρεσίας, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι είναι και ο μόνος. Τέσσερις τρόποι αλληλεπίδρασης με μία λειτουργία μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας μπορούν να αναγνωρισθούν από τους οποίους οι δύο απαιτούν την αποστολή ενός μόνο μηνύματος ενώ οι άλλοι δύο απαιτούν την ανταλλαγή μηνυμάτων.

1. Μονόδρομη (One-way): Η λειτουργία δέχεται ένα μήνυμα χωρίς να χρειάζεται να επιστρέψει μία απάντηση.

2. Αίτηση-Απάντηση (Request-response): Η λειτουργία δέχεται ένα μήνυμα και επιστρέφει μία απάντηση

3. Αποστολή Αίτησης-Απάντησης (Solicit-response): Η λειτουργία στέλνει ένα μήνυμα και περιμένει να δεχθεί μία απάντηση.

4. Ειδοποίηση (Notification): Η λειτουργία στέλνει ένα μήνυμα χωρίς να περιμένει για απάντηση.

Όλες οι γλώσσες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και τη σύνθεση πολύπλοκων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών βασίζονται σε αυτούς τους τρόπους αλληλεπίδρασης για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης των «διαδικασιών» με τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες, αλλά και για τον συντονισμό της εκτέλεσης διαδικασιών τους με την ανταλλαγή μηνυμάτων.

⌚ Δέσμευση (Binding): Το στοιχείο αυτό προσδιορίζει ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο και ορισμό τύπου δεδομένων για ένα συγκεκριμένο τύπο θύρας. Μπορούν να οριστούν παραπάνω από ένα διαφορετικά στοιχεία δέσμευσης για τον ίδιο τύπο θύρας.

⌚ Υπηρεσία: Μια υπηρεσία είναι μία συλλογή από μία ή περισσότερες θύρες.

Υπάρχει και ένας εναλλακτικός τρόπος δόμησης του εγγράφου WSDL κατά τον οποίο το έγγραφο χωρίζεται ρητά σε δύο μέρη. Το ένα μέρος ονομάζεται «ορισμός διεπαφής υπηρεσίας» στον οποίο ορίζονται τα επαναχρησιμοποιήσιμα μέρη της υπηρεσίας, και το δεύτερο ονομάζεται «ορισμός υλοποίησης υπηρεσίας» στο οποίο ορίζονται τα πιο εξειδικευμένα στοιχεία υλοποίησης.

5.2.3.2 SOAP

Το πρωτόκολλο SOAP [WSDL] είναι το πρότυπο για την αποστολή μηνυμάτων και την απομακρυσμένη κλήση διαδικασιών (κλήση RPC) στο Διαδίκτυο. Παραδοσιακά η επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών γινόταν με κλήσεις RPC μεταξύ αντικειμένων όπως το DCOM ή η CORBA . Όμως το HTTP δεν έχει σχεδιαστεί για αυτό το σκοπό. Οι κλήσεις RPC παρουσιάζουν προβλήματα συμβατότητας και ασφάλειας με αποτέλεσμα να «μπλοκάρονται» από προγράμματα όπως τα firewalls ή οι proxy servers. Ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος επικοινωνίας είναι με ένα πρωτόκολλο «πάνω» από το HTTP αφού και το HTTP υποστηρίζεται από όλους τους εξυπηρετητές και τους φυλλομετρητές στο Διαδίκτυο. Για αυτό το σκοπό δημιουργήθηκε το SOAP.

Το SOAP είναι ανεξάρτητο από πλατφόρμες, λειτουργικά συστήματα και γλώσσες. Χρησιμοποιεί το HTTP σαν πρωτόκολλο μεταφοράς χωρίς αυτό να σημαίνει ότι και άλλα πρωτόκολλα όπως το FTP ή το SMTP δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Για την κωδικοποίηση των δεδομένων χρησιμοποιεί την XML.

Το SOAP ορίζει δύο τύπους μηνυμάτων, την Αίτηση (Request) και την Απάντηση (Response). Με αυτό τον τρόπο επιτρέπει στους αιτούντες υπηρεσιών να αιτούνται απομακρυσμένων διαδικασιών και στους παροχείς υπηρεσιών να απαντούν σε τέτοιες αιτήσεις. Ένα μήνυμα SOAP αποτελείται από δύο μέρη, την επικεφαλίδα (header) και το XML περιεχόμενο (XML payload). Η επικεφαλίδα εξαρτάται κυρίως από το πρωτόκολλο μεταφοράς που χρησιμοποιείται ενώ το περιεχόμενο του μηνύματος είναι ανεξάρτητο. Το XML μέρος μιας Αίτησης SOAP αποτελείται από τρία στοιχεία:

⌚ Ο Φάκελος (Envelope) είναι το «ριζικό» στοιχείο (root element) ενός μηνύματος SOAP. Αυτό το στοιχείο καθορίζει ότι το XML έγγραφο αυτό, είναι ένα μήνυμα SOAP. Στον Φάκελο ορίζονται οι διάφοροι χώροι ονοματοδοσίας (namespaces) που χρησιμοποιούνται στο υπόλοιπο μήνυμα.

⌚ Η Επικεφαλίδα (Header) είναι ένα προαιρετικό στοιχείο το οποίο περιλαμβάνει πληροφορία εξειδικευμένη για κάθε εφαρμογή (π.χ σχετική με πιστοποίηση, τρόπο πληρωμής κ.τ.λ). Για το λόγο αυτό συγκεκριμένες εφαρμογές μπορούν να την αγνοήσουν ή να επεξεργαστούν μόνο ένα μέρος της Επικεφαλίδας. Εάν υπάρχει, η Επικεφαλίδα πρέπει να είναι το πρώτο στοιχείο «παιδί» (child element) του Φακέλου.

⌚ Ο Κορμός (Body) περιλαμβάνει το περιεχόμενο του μηνύματος. Εάν το SOAP χρησιμοποιείται για να πραγματοποιήσει μια κλήση RPC, ο Κορμός περιλαμβάνει ένα μόνο στοιχείο το οποίο περιέχει το όνομα και τα ορίσματα της διαδικασίας που θα κληθεί και την διεύθυνση της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας στην οποία βρίσκεται η διαδικασία. Αν υπάρχει Επικεφαλίδα, ο Κορμός πρέπει να είναι το ακριβώς επόμενο στοιχείο της (sibling), ενώ αν δεν υπάρχει πρέπει να είναι το πρώτο στοιχείο «παιδί» του φακέλου.

Η Απάντηση SOAP επιστρέφεται σαν ένα XML έγγραφο μέσα σε μία HTTP απάντηση. Το XML κομμάτι είναι ακριβώς όπως της Αίτησης με την διαφορά ότι τώρα ο Κορμός περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της κλήσης της διαδικασίας.

5.2.3.3 UDDI

Το UDDI μπορεί να θεωρηθεί σαν μία μορφή «χρυσού οδηγού» που περιλαμβάνει όλες τις επιχειρήσεις που «εκθέτουν» Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες. Το UDDI παρέχει μία Βάση Δεδομένων στην οποία γίνεται αναζήτηση βάσει του τύπου της επιχείρησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθεί αν ένας επιχειρησιακός συνεργάτης προσφέρει μία συγκεκριμένη Ηλεκτρονική Υπηρεσία, να βρει τις επιχειρήσεις αυτές που παρέχουν ένα συγκεκριμένο τύπο υπηρεσίας και να ανακτήσει πληροφορία για τον τρόπο με τον οποίο μία επιχείρηση έχει «εκθέσει» μια Ηλεκτρονική Υπηρεσία, δηλαδή για τους τρόπους αλληλεπίδρασης με την Ηλεκτρονική Υπηρεσία. Η περιγραφή του UDDI περιλαμβάνει αφενός την προγραμματιστική διεπαφή (API) για την επικοινωνία μιας εφαρμογής (είτε πρόκειται για αιτών είτε για παροχέα μίας υπηρεσίας) με καταλόγους UDDI, αφετέρου ένα Σχήμα XML για μηνύματα SOAP που περιέχουν πληροφορία σχετική με τις επιχειρήσεις και υπηρεσίες που είναι καταχωρημένες στους UDDI καταλόγους.

Το Σχήμα XML του UDDI περιλαμβάνει τέσσερις βασικές δομές: τις επιχειρησιακές οντότητες (business entities), τις επιχειρησιακές υπηρεσίες (business services), τα πρότυπα δέσμευσης (binding templates) και τα tModels. Οι επιχειρησιακές οντότητες, περιλαμβάνουν πληροφορίες για επιχειρήσεις, όπως το όνομά τους, περιγραφή της επιχείρησης και των υπηρεσιών που προσφέρονται και πληροφορίες επικοινωνίας με την επιχείρηση. Οι επιχειρησιακές υπηρεσίες παρέχουν αναλυτικές πληροφορίες

για τις υπηρεσίες που «εκθέτει» η κάθε επιχείρηση. Κάθε υπηρεσία μπορεί να προσφέρει παραπάνω από μία δυνατότητα δέσμευσης όπως είδαμε στην περιγραφή της WSDL. Πληροφορίες σχετικά με τους τρόπους δέσμευσης μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας δίνουν τα πρότυπα δέσμευσης. Τα tModels περιγράφουν ποιά συγκεκριμένα πρότυπα χρησιμοποιεί μία υπηρεσία. Με αυτό τον τρόπο εφαρμογές μπορούν να ανακαλύψουν υπηρεσίες που είναι συμβατές με τα δικά τους εσωτερικά συστήματα.

Η προγραμματιστική διεπαφή (API) του UDDI, περιλαμβάνει τον ορισμό των μηνυμάτων με τα οποία εφαρμογές μπορούν να αλληλεπιδράσουν με καταλόγους UDDI. Οι διεπαφές μπορούν να είναι είτε αναζήτησης είτε έκδοσης. Οι διεπαφές αναζήτησης χρησιμοποιούνται από αιτούντες για να εντοπίσουν πληροφορίες επιχειρήσεων, υπηρεσιών, προτύπων δέσμευσης ή tModels. Οι διεπαφές έκδοσης χρησιμοποιούνται από παροχείς για να δημιουργούν ή να αφαιρούν εγγραφές (υπηρεσιών) στους καταλόγους UDDI. Κατά αυτό τον τρόπο μπορούμε να πούμε ότι και οι κατάλογοι UDDI είναι Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες με μία δεδομένη διεπαφή με τους οποίους μπορεί οποιαδήποτε εφαρμογή να αλληλεπιδράσει χρησιμοποιώντας πάλι το πρωτόκολλο SOAP.

Αναφέραμε νωρίτερα ότι εκτός από τις βασικές λειτουργίες του μοντέλου Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών, δηλαδή την δημιουργία, την περιγραφή, την έκδοση, την ανακάλυψη και την κλήση μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας υπάρχουν και κάποιες άλλες οι οποίες επιτρέπουν την σύνθεση πολύπλοκων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών χρησιμοποιώντας απλούστερες, την παρακολούθηση της εκτέλεσης Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών κ.τ.λ. Στην επόμενη ενότητα θα περιγράψουμε δύο πρότυπες γλώσσες σύνθεσης Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών την BPEL4WS και την BPML.

5.2.4 Σύντομη επισκόπηση των BPEL4WS και BPML

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις όσον αφορά την αναπαράσταση της ροής του ελέγχου στα πλαίσια μίας διαδικασίας: η αναπαράσταση δομημένη με «μπλόκ» (block structured) και η αναπαράσταση δομημένη με κατευθυνόμενους γράφους (graph structured). Η χρήση των «μπλόκ» είναι αποδοτική στις γλώσσες προγραμματισμού ενώ κατά την σχεδίαση επιχειρησιακών λειτουργιών (business operations) οι χρήστες προτιμούν διάφορα διαγράμματα ροής (flow diagrams) και γενικά διαγραμματικές τεχνικές. Η «μετάφραση» της ροής ελέγχου μίας διαδικασίας από «block-

structured» σε κατευθυνόμενο γράφο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία. Δεν ισχύει όμως και το αντίστροφο, όπου απαιτούνται ένα σύνολο από περιορισμοί στην «δομή» του κατευθυνόμενου γράφου ούτως ώστε να μπορεί να «μεταφραστεί» σε block-structured αναπαράσταση.

5.2.4.1 BPEL4WS

Η BPEL4WS χαρακτηρίζεται ως «block-structured» γλώσσα. Η δημιουργία των «μπλόκ» υποστηρίζεται με ένα σύνολο από δομημένα δομικά στοιχεία (structured constructs). Ο αναδρομικός ορισμός των blocks επιτρέπεται, αλλά όλοι οι ορισμοί και οι δηλώσεις περιορίζονται σε μία διαδικασία άνω επιπέδου (top-level process) δηλαδή δεν επιτρέπεται ο εμφωλευμένος ορισμός διαδικασιών (υποδιαδικασιών). Στα πλαίσια ενός «μπλόκ» υποστηρίζεται η δημιουργία ροών ενεργειών με την μορφή κατευθυνόμενων γράφων (graph-structured), εντούτοις σε περιορισμένο εύρος που απαγορεύει την δημιουργία κυκλικών γράφων και επιβάλλει περιορισμούς στην διάσχιση των «ορίων» των «μπλόκ» από τους γράφους.

Με τον συνδυασμό των παραπάνω χαρακτηριστικών η BPEL4WS επιχειρεί να προσφέρει ένα υβριδικό μοντέλο που θα συνδυάζει στοιχεία και από τις δύο τεχνικές (πρακτικά συνδυάζοντας στοιχεία από τους πρόγονους της, XLANG και WSFL. Έτσι προσφέρει το δομικό στοιχείο «flow» στα «πλαίσια» του οποίου μπορούν να οριστούν «σύνδεσμοι» (links) οι οποίοι περιγράφουν «αυθαίρετες» (arbitrary) εξαρτήσεις ροής ανάμεσα στις ενέργειες που ορίζονται στα «πλαίσια» του «flow». Παρόλαυτα υπάρχουν περιορισμοί που αποκλείουν την δημιουργία βρόγχων (loops) και την διάσχιση δομικών συνόρων (structural boundaries) με την χρήση «συνδέσμων» (links). Η BPEL4WS θεωρείται πως «χτίζει» πάνω από την WSDL για δύο λόγους. Πρώτον γιατί χρησιμοποιεί την WSDL για να καλεί άλλες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες αλλά και για να «προσφέρει» την διαδικασία της σαν Ηλεκτρονική Υπηρεσία. Δεύτερον, γιατί χρησιμοποιεί τους τύπους δεδομένων της WSDL για την αναπαράσταση της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των ενεργειών στα πλαίσια μίας διαδικασίας. Η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται σε στοιχεία που ονομάζονται «containers». Οι «containers» έχουν καθολική (global) εμβέλεια, και δεν επιτρέπεται ο ορισμός ενός «container» στα πλαίσια ενός μόνο «μπλόκ».

Στην BPEL4WS δεν υποστηρίζεται ρητά (explicitly) η δημιουργία ενός στιγμιότυπου μίας διαδικασίας. Απεναντίας στιγμιότυπα διαδικασιών

δημιουργούνται μόνο με την λήψη μηνυμάτων. Σε αυτή την περίπτωση το χαρακτηριστικό (attribute) «createInstance» του στοιχείου «receive» (που περιμένει έως την λήψη ενός μηνύματος) πρέπει να έχει την τιμή «yes». Η συσχέτιση εισερχόμενων μηνυμάτων (message correlation) με συγκεκριμένα στιγμιότυπα διαδικασιών δεν γίνεται με την επισύναψη στο μήνυμα κάποιου αναγνωριστικού στιγμιότυπου (instance ID). Το «κατάλληλο» στιγμιότυπο διαδικασίας επιλέγεται βάσει ενός ή περισσότερων συλλογών από πεδία δεδομένων «κλειδιά» (key data fields) μέσα στα ανταλλασσόμενα μηνύματα. Οι συλλογές αυτές από πεδία δεδομένων ονομάζονται «συλλογές συσχέτισης» (correlation sets).

Κατά την διάρκεια της εκτέλεσης μίας διαδικασίας είναι πιθανό να συμβούν «σφάλματα» (faults) τόσο στις καλούμενες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες όσο και στην ίδια την διαδικασία. Επιπρόσθετα, κάποιες «ενέργειες» (activities) που έχουν ήδη ολοκληρώσει την εκτέλεση τους πιθανώς να χρειαστεί να «αναιρεθούν» αν εκτελέστηκαν στα πλαίσια μίας γενικότερης συναλλαγής (transaction) η οποία για κάποιο λόγο χρειάζεται να «αναιρεθεί» (abort). Για τον χειρισμό τέτοιων περιπτώσεων η BPEL4WS υποστηρίζει τον ορισμό χειριστών σφαλμάτων (fault handlers) και χειριστών αντιστάθμισης (compensation handlers). Τέτοιου είδους χειρισμοί συνήθως αφορούν κάποια σύνολα από ενέργειες οι οποίες σχετίζονται μεταξύ τους. Η BPEL4WS επιτρέπει την ομαδοποίηση συνόλων ενεργειών για τις οποίες ορίζονται χειριστές σφαλμάτων και/ ή αντιστάθμισης με την χρήση του δομικού στοιχείου «scope». Έτσι το «scope» μπορεί να θεωρηθεί ότι ορίζει στο «πλαίσιο» του ένα «αντισταθμιζόμενο» (compensatable) ή «αναιρούμενο» (recoverable) κομμάτι δουλειάς. Να σημειωθεί εδώ ότι η «αντιστάθμιση» στην BPEL4WS εξαρτάται από την εφαρμογή. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά δεν «αναιρείται» μία ενέργεια που έχει ήδη γίνει αλλά εκτελείται μία ενέργεια την οποία ο «προγραμματιστής» έχει ορίσει ως ενέργεια αντιστάθμισης για το συγκεκριμένο «scope». Η συνολική διαδικασία ορίζει το καθολικό «scope». Περιέχει μία βασική ενέργεια (process) και στα πλαίσια της μπορούν να οριστούν «συνολικοί» χειριστές λαθών και αντιστάθμισης. Ο ορισμός των «containers» που είδαμε νωρίτερα δεν μπορεί να γίνει στα πλαίσια (και με εμβέλεια) ενός «scope». Αντίθετα όλοι οι «containers» έχουν καθολική εμβέλεια. Οι ενέργειες σε μία διαδικασία BPEL4WS μπορούν να είναι είτε «δομημένες» (structured) είτε «αρχέγονες» (primitive). Το σύνολο των αρχέγονων ενεργειών περιλαμβάνει τις παρακάτω ενέργειες:

1. `invoke`: Επικαλείται (`invokes`) μια λειτουργία σε μία Ηλεκτρονική Υπηρεσία.
2. `receive`: Περιμένει για ένα μήνυμα από μία εξωτερική πηγή.
3. `reply`: Απαντάει στην εξωτερική πηγή.
4. `wait`: Περιμένει για ένα χρονικό διάστημα.
5. `assign`: Αντιγράφει δεδομένα από ένα `container` σε ένα άλλο.
6. `throw`: Περιγράφει σφάλματα που μπορεί να συμβούν κατά την εκτέλεση.
7. `terminate`: Τερματίζει ολόκληρο το στιγμιότυπο της διαδικασίας
8. `empty`: Είναι η κενή ενέργεια.

Για την δημιουργία πολύπλοκων δομών υπάρχουν οι παρακάτω δομημένες ενέργειες:

1. `sequence`: Ορίζει την σειρά εκτέλεσης.
2. `switch`: Για δρομολόγηση υπό συνθήκη.
3. `while`: Για την δημιουργία βρόγχων.
4. `pick`: Για συνθήκες συγχρονισμού που βασίζονται σε εξωτερικά γεγονότα ή διορίες.
5. `flow`: Για παράλληλη δρομολόγηση.
6. `scope`: Για την ομαδοποίηση ενεργειών που θα τις χειριστεί ο ίδιος χειριστής λαθών.

Οι δομημένες ενέργειες μπορούν να εμφωλευτούν και να συνδυαστούν με αυθαίρετους τρόπους. Μεταξύ ενεργειών που εκτελούνται παράλληλα (με την χρήση του δομικού στοιχείου «`flow`») η σειρά εκτέλεσης μπορεί να καθοριστεί περαιτέρω με την χρήση συνδέσμων ελέγχου (`control links`) επιτρέποντας την δημιουργία των κατευθυνόμενων γράφων που περιγράψαμε νωρίτερα.

5.2.4.2 BPML

Η BPML περιγράφει διαδικασίες σαν ανταλλαγές μηνυμάτων XML ανάμεσα σε συμμετέχοντες (`participants`). Οι συμμετέχοντες μπορούν να αναπαριστούν κάποιους ρόλους και να εκπροσωπούν κάποιους οργανισμούς, εφαρμογές ή άλλες διαδικασίες. Οι συμμετέχοντες μπορούν να οριστούν είτε στατικά (κατά την σχεδίαση) είτε δυναμικά (κατά την διάρκεια της εκτέλεσης).

Πρακτικά μία διαδικασία BPML περιγράφει την αλληλεπίδραση (interaction) και την συνεργασία (collaboration) ενός συνόλου συμμετεχόντων μερών.

Η BPML είναι μία «block-structured» γλώσσα. Η δυνατότητα αναδρομικού ορισμού των «blocks» παίζει σημαντικό ρόλο σε θέματα εμβέλειας (scoping issues) σχετικά με δηλώσεις, ορισμούς και εκτέλεση διαδικασιών. Η ροή του ελέγχου στην BPML περιγράφεται εξ'ολοκλήρου με δομικά στοιχεία (block structure concepts) ενώ η αναπαράσταση των «εσωτερικών δεδομένων» της διαδικασίας (workflow relevant data) γίνεται με την μορφή «ιδιοτήτων» (properties). Το μοντέλο διαδικασίας της BPML δεν παρουσιάζει καμία «διαισθητική» ιδιαιτερότητα σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη «αυστηρά block structured» γλώσσα και για αυτό δεν θα παρουσιαστεί διαγραμματικά.

Μία διαδικασία στην BPML αποτελείται από απλές και πολύπλοκες ενέργειες. Οι απλές ενέργειες περιλαμβάνουν την αποστολή ή την λήψη ενός μηνύματος, την κλήση (invocation) μίας Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας ή την δημιουργία μίας εξαιρέσης (exception raising). Οι πολύπλοκες ενέργειες περιλαμβάνουν «block-structured» δομικά στοιχεία ροής ελέγχου για την ακολουθιακή, την παράλληλη ή την υπό συνθήκη εκτέλεση άλλων απλών ή πολύπλοκων ενεργειών. Πέραν αυτών των δομικών στοιχείων υποστηρίζεται η χρήση κάποιων «σινιάλων» για τον περαιτέρω συντονισμό της εκτέλεσης των ενεργειών. Οι ενέργειες μπορούν να προγραμματιστούν για εκτέλεση σε μία μελλοντική στιγμή και χρονικοί περιορισμοί μπορούν να προσαρτηθούν στην εκτέλεση μίας ενέργειας. Η ροή των δεδομένων επιτυγχάνεται με την ανάθεση δεδομένων από «εισερχόμενα» μηνύματα σε μεταβλητές περιβάλλοντος (state variables) που ονομάζονται «ιδιότητες» (properties) και αντίστροφα από «ιδιότητες» σε «εξερχόμενα» μηνύματα.

Η BPML χρησιμοποιεί ευρέως την δημιουργία «μπλόκ εμβέλειας» (block structure scoping) τα οποία επιτρέπουν την δημιουργία ορισμών και περιγραφών «ορατών» μόνο εντός του «μπλόκ» στο οποίο είναι ορισμένες. Κατά αυτό τον τρόπο ορίζονται πολύπλοκες ενέργειες (complex activities) οι οποίες αναφέρονται σε σύνολα ενεργειών (activity sets) ορισμένα εντός κάποιων συγκεκριμένων πλαισίων (contexts). Εντός ενός πλαισίου είναι δυνατός ο ορισμός ή επαναορισμός «ιδιοτήτων», ο ορισμός ή επαναορισμός διαδικασιών (εμφωλευμένες διαδικασίες ή υποδιαδικασίες) κ.λ.π. Από την στιγμή που τα σύνολα ενεργειών (activity sets) μπορούν να περιέχουν πολύπλοκες ενέργειες, η εμφώλευση αυτή είναι αναδρομική.

Η BPML παρέχει υποστήριξη για «συναλλαγές» (transactions) τόσο τύπου ACID όσο και μεγάλης διάρκειας (long-running). Μία «συναλλαγή» μπορεί να συσχετιστεί με μία πολύπλοκη ενέργεια (εντός ενός πλαισίου (context)). Αυτό υπονοεί ότι και οι «συναλλαγές» μπορούν να είναι εμφωλευμένες. Ενέργειες αντιστάθμισης μπορούν να οριστούν και για τα δύο ήδη «συναλλαγών». Σε περίπτωση που μία «συναλλαγή» ακυρωθεί, οι ενέργειες αντιστάθμισης εντός του ίδιου πλαισίου θα εκτελεστούν με αντίστροφη (reverse) σειρά.

Η BPML υποστηρίζει τον ορισμό χειριστών εξαιρέσεων (exception handlers) εντός ενός πλαισίου (context). Σε περίπτωση που η εξαίρεση δεν «πιαστεί» σε ένα πλαίσιο από ένα «χειριστή» (handler), διαδίδεται «προς τα πάνω» (propagate upwards) στο πλαίσιο που το περικλείει (enclosing context). Κατά αυτό τον τρόπο είτε θα «πιαστεί» η εξαίρεση σε κάποιο πλαίσιο είτε θα ακυρωθεί (abort) η συναλλαγή (transaction).

Έχοντας καλύψει τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου της BPML μπορούμε να συνοψίσουμε το σύνολο των (απλών και πολύπλοκων) ενεργειών της. Το σύνολο των βασικών ενεργειών της BPML περιλαμβάνει τις ενέργειες:

1. **action**: Για την εκτέλεση ή επίκληση λειτουργιών που περιλαμβάνει ανταλλαγή μηνυμάτων. Οι ενέργειες action επιτρέπουν σε δύο υψηλότερου επιπέδου διαδικασίες να επικοινωνούν.
2. **assign**: Αναθέτει μία τιμή σε μία «ιδιότητα».
3. **call**: Αρχικοποιεί μία διαδικασία (είτε υψηλότερου επιπέδου είτε υποδιαδικασία) και την περιμένει να τελειώσει.
4. **compensation**: Προκαλεί αντιστάθμιση (compensation) για μία διαδικασία.
5. **delay**: Περιμένει για μία χρονική περίοδο.
6. **empty**: Είναι η κενή ενέργεια.
7. **fault**: Δημιουργεί ένα λάθος σε ένα πλαίσιο.
8. **raise**: Δημιουργεί ένα σινιάλο.
9. **spawn**: Αρχικοποιεί μία διαδικασία χωρίς να την περιμένει να τελειώσει.
10. **synch**: Περιμένει για ένα σινιάλο να δημιουργηθεί.

Το σύνολο των πολύπλοκων ενεργειών της BPML είναι οι παρακάτω:

1. **all**: Για την εκτέλεση ενεργειών παράλληλα.
2. **choice**: Για την επιλογή ανάμεσα σε εναλλακτικές επιλογές βάσει της άφιξης ενός γεγονότος.
3. **foreach**: Για την εκτέλεση ενεργειών μία φορά για κάθε στοιχείο μίας λίστας.
4. **sequence**: Για την εκτέλεση ενεργειών σειριακά.
5. **switch**: Για την εκτέλεση μίας από ένα σύνολο ενεργειών υπό συνθήκη.
6. **until**: Για την εκτέλεση ενεργειών μία ή περισσότερες φορές βάσει μίας συνθήκης εξόδου.
7. **while**: Για την εκτέλεση ενεργειών καμία ή περισσότερες φορές βάσει μίας συνθήκης εξόδου.

5.2.5 Περιπτώσεις Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών

Όπως αναφέραμε και νωρίτερα πέρα από τις βασικές ενέργειες που σχετίζονται με τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες δηλαδή την δημιουργία, την διαφήμιση, την αναζήτηση και την επίκληση υπάρχουν ένα σύνολο ακόμα από ενέργειες οι οποίες σχετίζονται με την σύνθεση πολύπλοκων Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών από άλλες απλούστερες, την παρακολούθηση της εκτέλεσης τέτοιων υπηρεσιών κ.τ.λ. Μέχρι σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό της έρευνας σχετικά με τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες, είχε επικεντρωθεί στην σύνθεση διακριτών (discrete) υπηρεσιών με μικρή διάρκεια. Τέτοιου είδους υπηρεσίες είναι για παράδειγμα η προσθήκη ενός αντικειμένου σε ένα «καλάθι» αγορών, η χρέωση μίας πιστωτικής κάρτας ή ο έλεγχος της διαθεσιμότητας εισιτηρίων για μία θεατρική παράσταση. Οι προγραμματιστικές διεπαφές (APIs) τέτοιων υπηρεσιών πιθανώς να περιλαμβάνουν πολλές μεθόδους οι οποίες όμως είναι μη αναδραστικές, δηλαδή δεν αποκρίνονται σε ασύγχρονα γεγονότα που προέρχονται από άλλες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες ή εφαρμογές. Από την άλλη υπάρχουν αρκετά είδη Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών που υποστηρίζουν συνεδρίες (session-oriented) και χρειάζεται κατά την διάρκεια του κύκλου της ζωής τους να αποκρίνονται σε ασύγχρονα γεγονότα. Τέτοιες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες εμφανίζονται συχνά στις τηλεπικοινωνίες και στις δια-επιχειρησιακές ροές εργασίας.

Τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές όπως τηλεδιασκέψεις, συνεργατικές συνεδρίες με βίντεο ή αλληλεπιδραστικά παιχνίδια περιλαμβάνουν συνεδρίες και πρέπει να αποκρίνονται σε ασύγχρονα γεγονότα. Αν υποθέσουμε ότι όλα αυτά λειτουργούν χρεώνοντας ένα προπληρωμένο λογαριασμό τότε οι συνεδρίες πρέπει να τερματιστούν αν ο λογαριασμός αδειάσει. Αντίστοιχα αν ένας από τους συμμετέχοντες αποσυρθεί πιθανώς να είναι χρήσιμο οι υπόλοιποι να ενημερωθούν για αυτό το γεγονός. Μία άλλη περίπτωση είναι αυτή των υπηρεσιών «παρουσίας» οι οποίες δημιουργούν γεγονότα όταν κάποιος εμφανιστεί σε ένα δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση ίσως μία συνεδρία τηλεδιάσκεψης να πρέπει να αποκριθεί και να τον συμπεριλάβει ενημερώνοντας και τους υπόλοιπους συμμετέχοντες.

Γενικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον όρο αποκριτικές (responsive) για τις Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες που χρειάζεται να αποκρίνονται σε ασύγχρονα γεγονότα και απομονωμένες (insular) για αυτές που δεν συσχετίζονται με τέτοια γεγονότα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα απομονωμένης υπηρεσίας είναι το κλασσικό σενάριο ηλεκτρονικού εμπορίου που χρησιμοποιούμε από την αρχή του κεφαλαίου. Αντίστοιχα ένα παράδειγμα αποκριτικής υπηρεσίας είναι αυτή που χειρίζεται μία ηλεκτρονική τηλεδιάσκεψη, το οποίο θα χρησιμοποιούμε στο εξής για να περιγράψουμε διαισθητικά τα χαρακτηριστικά των αποκριτικών Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών.

5.2.5.1 Ηλεκτρονικό Εμπόριο

Ένα κλασσικό σενάριο εμπορίου μπορεί να περιγραφεί αναλυτικά παρακάτω σαν παράδειγμα Ροής Εργασίας. Το σημείο εισόδου της Ροής Εργασίας δηλαδή η πρώτη της ενέργεια είναι η υποδοχή μίας νέας παραγγελίας. Αν θεωρήσουμε ότι ένας παροχέας υπηρεσιών δέχεται από το Διαδίκτυο μηνύματα -σε μία συγκεκριμένη θύρα- που αντιστοιχούν σε αιτήσεις νέων παραγγελιών τότε μπορούμε να μιλάμε πλέον για μία υπηρεσία Ηλεκτρονικού Εμπορίου. Η Ηλεκτρονική Υπηρεσία έχει μία διεπαφή γνωστή σε όσους ενδιαφέρονται να κάνουν παραγγελίες, η οποία καθορίζει ότι όλες οι επικλήσεις προς αυτήν πρέπει να παρέχουν κάποια δεδομένα όπως το όνομα του προϊόντος που θέλουν να παραγγείλουν, τον τρόπο πληρωμής που επιθυμούν κ.λ.π. Από την στιγμή που έχει αποσταλεί από μια εφαρμογή μία αίτηση για μία νέα παραγγελία, ο παροχέας υπηρεσίας εκτελεί αυτή την αίτηση χωρίς να επηρεάζεται από άλλα εξωτερικά γεγονότα. Όταν πλέον έχει

ολοκληρώσει την διαδικασία εξυπηρέτησης της παραγγελίας και τα προϊόντα έχουν αποσταλεί, ενημερώνει τον πελάτη (τον αιτών της υπηρεσίας) με ένα e-mail ότι όλα πήγαν καλά. Η υπηρεσία Ηλεκτρονικού εμπορίου με την σειρά της χρησιμοποιεί κάποιες άλλες Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες για να εκτελέσει κάποιες επιμέρους λειτουργίες. Χρησιμοποιεί μία υπηρεσία που ελέγχει την εγκυρότητα της πιστωτικής κάρτας, μία υπηρεσία που χρεώνει την πιστωτική κάρτα και μία υπηρεσία η οποία αναλαμβάνει την αποστολή του κάθε προϊόντος στον πελάτη. Όλες αυτές οι επιμέρους υπηρεσίες είναι «απομονωμένες», καλούνται με κάποια δεδομένα που χρειάζονται, επιτελούν ένα έργο και πιθανώς επιστρέφουν μετά από λίγο κάποια αποτελέσματα χωρίς να αποκρίνονται ή να επηρεάζονται από οποιαδήποτε εξωτερικά γεγονότα. Συμπερασματικά μπορεί κάποιος να υπολογίσει προσεγγιστικά πόσο χρόνο θα διαρκέσει η εξυπηρέτηση μίας παραγγελίας αφού δεν την επηρεάζει κανένας εξωτερικός παράγοντας.

5.2.5.2 Ηλεκτρονική Τηλεδιάσκεψη

Οι τεχνολογικές καινοτομίες στα τηλεφωνικά δίκτυα επιτρέπουν όλο και περισσότερο την δημιουργία τηλεδιασκέψεων και άλλων συνεργατικών τηλεπικοινωνιακών μορφών δυναμικά προσαρμοζόμενων στις εκάστοτε συνθήκες. Ένα τυπικό σενάριο είναι ότι ένας χρήστης κάνει αίτηση για μία ηλεκτρονική τηλεδιάσκεψη από ένα δεδομένο αρχικό χρονικό σημείο έως ένα δεδομένο τελικό χρονικό σημείο με ένα δεδομένο αριθμό συμμετεχόντων και πιθανώς παραπάνω από μία μορφές επικοινωνίας (ηχητική τηλεδιάσκεψη, συνεδρία με γραπτά μηνύματα (chat), συνεργατική πλοήγηση στο Διαδίκτυο κ.λ.π). Παράλληλα πιθανή είναι η ύπαρξη υπηρεσιών «παρουσίας» που εντοπίζουν την παρουσία ή την αποσύνδεση κάποιου συμμετέχοντα από το δίκτυο, και υπηρεσιών χρέωσης που ασχολούνται με την χρέωση των συνεδριών.

Ας υποθέσουμε ότι ένας χρήστης αιτείται μια ηλεκτρονική τηλεδιάσκεψη που περιλαμβάνει ηχητική και γραπτή επικοινωνία με πέντε συμμετέχοντες από τις 10 π.μ έως τις 12 μ.μ. Η υπηρεσία «παρουσίας» χρησιμοποιείται τόσο για να αναγνωρίζει όταν ένας από τους συμμετέχοντες χάνεται από το δίκτυο, όσο και για να εντοπίζει ένα συμμετέχοντα που εμφανίζεται στο δίκτυο και να τον προσθέτει αυτόματα στην τηλεδιάσκεψη. Επιπρόσθετα, η τηλεδιάσκεψη χρεώνεται στον λογαριασμό του χρήστη που την ξεκίνησε, έχοντας ένα ποσό Α

στον λογαριασμό του. Επιθυμία μας είναι να ελαχιστοποιήσουμε την χρέωση, χρεώνοντας τον χρήστη για τους συμμετέχοντες που όντως συμμετέχουν στην τηλεδιάσκεψη και όχι για αυτούς που απλά έχουν δηλωθεί εξ'αρχής. Κατά την εκτέλεση αυτού του παραδείγματος τέσσερις συνεδρίες βρίσκονται σε εξέλιξη καθεμία από τις οποίες να μπορεί πιθανώς να επηρεάσει τις υπόλοιπες. Αν για παράδειγμα ένας χρήστης χάσει την ηχητική επικοινωνία ίσως οι υπόλοιποι να πρέπει να ενημερωθούν για αυτό το γεγονός με γραπτό μήνυμα. Ο εντοπισμός κάποιου από την υπηρεσία παρουσίας ίσως πρέπει να προκαλέσει την αυτόματη σύνδεση του σε κάποιες από τις συνεδρίες και παράλληλα να επηρεάσει την συνεδρία της χρέωσης. Η υπηρεσία της χρέωσης πρέπει να ενημερώνεται περιοδικά από τις διάφορες υπηρεσίες για την κατάσταση στην οποία βρίσκονται για να επηρεάζει την χρέωση αντίστοιχα, ενώ αν συμβεί το γεγονός του αδειάσματος του λογαριασμού πιθανώς να πρέπει να τερματίσει όλες τις συνεδρίες αφού πρώτα ενημερώσει τους συμμετέχοντες. Είναι προφανές ότι αντίθετα με το παράδειγμα του ηλεκτρονικού εμπορίου, το παράδειγμα της ηλεκτρονικής τηλεδιάσκεψης απαιτεί απόκριση σε πολλών ειδών γεγονότα και αλληλεπίδραση μεταξύ τρεχόντων συνεδριών γι' αυτό και αποτελεί μια αποκριτική Ηλεκτρονική Υπηρεσία.

Συμπεράσματα- Επίλογος

Το διαδίκτυο είναι σήμερα η μεγαλύτερη πηγή πληροφορίας. Τεράστιος όγκος δεδομένων προωθείται και αναζητείται στον Ιστό. Παρά τον όγκο αυτό, δεν υπάρχει ενιαίος και αυστηρός τρόπος οργάνωσης των δεδομένων με αποτέλεσμα να υπάρχουν δυσκολίες στην ανταλλαγή και επεξεργασία τους. Ο Ιστός, για να εκμεταλλευτεί τη δυναμική του και να γίνει μια παγκόσμια προσβάσιμη πλατφόρμα επεξεργασίας και ανταλλαγής δεδομένων από πληροφοριακά συστήματα θα πρέπει να εξελιχτεί στο Σημασιολογικό Ιστό. Ο Σημασιολογικός Ιστός δίνει δομή, οργάνωση και σημασιολογία στο περιεχόμενο του Ιστού. Είναι μια επέκτασή του στην οποία η πληροφορία αποκτά σημασία ώστε να υποστηρικτούν διαδικασίες αναζήτησης, αυτοματισμού και ενοποίησης δεδομένων. Ο Σημασιολογικός Ιστός θα δώσει την υποδομή σε ιστοσελίδες, συστήματα Βάσεων Δεδομένων, υπηρεσίες, προγράμματα Ιστού κ.λ.π., να χρησιμοποιούν και να παράγουν δεδομένα στον Ιστό.

Βιβλιογραφία

- [A98] W.M.P. van der Aalst “The Application of Petri Nets to Workflow Management”. The Journal of Circuits, Systems and Computers, 8(1):21--66, 1998.
- [ADH+02] W.M.P. van der Aalst, M. Dumas, A.H.M. ter Hofstede, and P. Wohed. “Pattern-Based Analysis of BPML (and WSCI).” QUT Technical report, FIT-TR-2002-05, Queensland University of Technology, Brisbane, 2002.
- [AHK+02] W.M.P. van der Aalst, A.H.M. ter Hofstede, B. Kiepuszewski, and A.P. Barros. “Workflow patterns”. Technical report FIT-TR-2002-2, Faculty of IT, Queensland University of Technology, July 2002. Accessed from <<http://www.tm.tue.nl/it/research/patterns>>. To appear in Distributed and Parallel Databases, Kluwer.
- [APACHE2] Apache HTTP server version 2: Apache worker Module, Διαθέσιμο στο: <http://ejds.org/manual_apache/mod/worker.html>
- [C97] John Calcote, “Thread Pools and Server Performance”, Dr. Dobb’s Journal, pp 60-64, July 1997
- [CASTOR] The Castor project, Διαθέσιμο στο: <<http://www.castor.org/>>
- [CHK+01] V. Christophides, R. Hull, G. Karvounarakis, A. Kumar, G. Tong, and M. Xiong. “Beyond discrete e-services: Composing session-oriented services in telecommunications”. In Proc. of Workshop on Technologies for E-Services (TES), Springer LNCS volume 2193, Rome, Italy, September 2001.
- [CHK01] V. Christophides, R. Hull, and A. Kumar. “Querying and splicing of XML workflows.” In Proc. of Intl. Conf. on Cooperating Information Systems (CoopIS), 2001
- [CORBA] Corba Technology homepage <http://www.corba.org>
- [DCOM] DCOM, Διαθέσιμο στο: http://msdn.microsoft.com/library/backgrnd/html/msdn_dcomarch.htm
- [DOM] Document Object Model (DOM), Διαθέσιμο στο: <<http://www.w3.org/DOM/>>
- [EJB] Enterprise Java Beans, <http://java.sun.com/products/ejb/>.
- [F93] R. Fehling, “A Concept of Hierarchical Petri Nets with Building Blocks” APN’93 and also LNCS 674, 1993, pp 148-168
- [FGP+97] F. Casati, P. Grefen, B. Pernici, G. Pozzi, and G. Sanchez. “WIDE workflow model and architecture”, 1997. <http://www.sema.es/projects/WIDE/Documents/>
- [H87] D. Harel. “Statecharts: A visual formalism for complex systems”. Science of Computing, 8:231-274, 1987
- [H90] D. Harel et al., “STATEMATE: A Working Environment for the Development of Complex Reactive Systems”, IEEE Transactions on Software Engineering, 16(4), 1990
- [HJS91] P. Huber, K. Jensen and R.M. Shapiro, “Hierarchies in Coloured Petri-Nets”, APN’90 and also LNCS 483, 1991, pp 313-341
- [J92] K. Jensen. “Coloured Petri-Nets. Basic Concepts Analysis Methods and Practical Use”, volume 1, Basic Concepts of Monographs in Theoretical Computer Science. Springer – Verlag 1992
- [J94] K. Jensen. “Coloured Petri-Nets. Basic Concepts Analysis Methods and Practical Use”, volume 2, Basic Concepts of Monographs in Theoretical Computer Science. Springer – Verlag 1994

- [J97] K. Jensen. "Coloured Petri-Nets. Basic Concepts Analysis Methods and Practical Use", volume 3, Basic Concepts of Monographs in Theoretical Computer Science. Springer – Verlag 1997
- [JAXB] Java Architecture for XML Binding (JAXB), Διαθέσιμο στο: <<http://java.sun.com/xml/jaxb/>>
- [JBIND] JBind – A Java - XML binding framework, Διαθέσιμο στο: <<http://jbind.sourceforge.net/>>
- [JDOM] JDOM, Διαθέσιμο στο: <<http://www.jdom.org/docs/faq.html>>
- [JINI] Jini, <http://www.sun.com/jini>
- [KHB00] B. Kiepuszewski, A. ter Hofstede and C. Bussler, "On Structured Workflow Modelling", Proceedings of CAISE 2000, Stockholm, Sweden.
- [L01] Leymann F. "Web Services Flow Language", 2001 Διαθέσιμο στο: <<http://www-306.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>>
- [LA94] F. Leymann and W. Altenhuber "Managing business processes as an information resource". IBM Systems Journal, Volume 33, Number 2, Page 326, 1994.
- [LB96] Bil Lewis and Daniel J. Berg, "Threads Primer-A Guide to Multithreaded Programming", SunSoft Press A Prentice Hall Title, 1996
- [LD94] F. Leymann and D. Roller "Business process management with flowmark". In Proc. of COMPCON Spring 1994. IEEE, 1994.
- [LD97] F. Leymann and D. Roller "Workflow-based applications", IBM Systems Journal, Volume 36, Number 1, 1997
- [LM95] Lei, K. and Singh, M. "A Comparison of Workflow Metamodels", Proceedings of the ER-97 Workshop on Behavioral Modeling and Design Transformations: Issues and Opportunities in Conceptual Modeling, Los Angeles, CA 1995
- [LML00] Yibei Ling, Tracy Mullen and Xiaola Lin, "Analysis of Optimal Thread Pool Size" Operation Systems Review, 2000
- [M89] Mourata Tadao, "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications", Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 4, April, pp. 541-580, 1989
- [NJLRC] NJLRC – New Jersey Law Revision Commission, Draft Final Report relating to Standard Form Contracts, New Jersey Law Revision Commission, USA, 1998.
- [PN] Petri Nets: Tools And Software. <http://www.daimi.au.dk/PetriNets/tools/>
- [QUICK] The Quick project Homepage, Διαθέσιμο στο: <<http://qare.sourceforge.net/web/2001-12/products/index.html#quick>>
- [R74] C. Ramchandani. "Analysis of asynchronous concurrent systems by timed Petri nets." PhD thesis, MIT, Boston, 1974.
- [RMB01] W.A. Ruh, F.X. Maginnis, and W.J. Brown. "Enterprise Application Integration: A Wiley Tech Brief." John Wiley and Sons, Inc, 2001.
- [S98] Douglas C Schmidt, "Evaluating Architectures for Multithreaded Object Request Brokers". Association for Computing Machinery, Communication of the ACM; New York, Vol 41, no. 10, pp 54-60, Oct. 1998
- [SOAP] Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1, W3C Note 08, May 2000, <http://www.w3.org/TR/SOAP/>.
- [T01] Thatte, S (ed.). "XLANG", 2001. Διαθέσιμο στο: http://www.gotdotnet.com/team/xml_wsspecs/xlang-c/default.htm
- [T03] Thatte, S (ed.). "Business Process Execution Language for Web Services", Version 1.1 May 2003. Διαθέσιμο στο: <<http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-bpel/>>
- [UDDI] IBM UDDI Registry, <http://www-3.ibm.com/services/uddi/>.

[WAD+02] P. Wohed, W.M.P. van der Aalst, M. Dumas, and A.H.M. ter Hofstede. "Pattern-Based Analysis of BPEL4WS." QUT Technical report, FIT-TR-2002-04, Queensland University of Technology, Brisbane, 2002.

[WFMC] Workflow Management Coalition: The Workflow Reference Model <http://www.wfmc.org>

[WSA] Web Services architecture overview: The next stage of evolution for e-business, <http://www-106.ibm.com/developerworks/library/w-ovr/?dwzone=ws>

[WSDL] WSDL, <http://msdn.microsoft.com/xml/general/wsdl.asp>.

[WT] Workflow Technology- an introduction. White Paper

[WW96] D. Wodtke, G. Weikum, "A Formal Foundation for Distributed Workflow Execution Based on State Charts", Technical Report, University of Saarbruecken, 1996

[XM] XMethods, <http://www.xmethods.com>

[XML] W3C Extensible Markup Language (xml) 1.0 <http://www.w3.org/TR/REC-xml>

[XMLJ] XML and Java technologies: Data binding Part2: Performance Διαθέσιμο στο: < <http://www-106.ibm.com/developerworks/xml/library/x-databdopt2/>>

[XPATH] The XML Path Language (XPath), Διαθέσιμο στο: <<http://www.w3.org/TR/xpath>>

[ZEUS] The Enhydra Zeus project, Available at < <http://zeus.objectweb.org/>>

Bjorn Naive. "The concept browser, a new form of knowledge management Tool". Proceedings, the 2nd European Web-based Learning Environments Conference (WBLE 2001), Lund, Sweden, October 2001 Διαθέσιμο στο: <<http://cid.nada.kth.se/en/pdf/CID-159.pdf>>

[AQMWW]

S. Abiteboul, D. Quass, J. McHugh, J. Widom, and J. Wiener. The Lorel Query Language for Semistructured Data. Journal of Digital Libraries, 1(1), November, 1996. Διαθέσιμο στο: < <http://wwwdb.stanford.edu/lore/pubs/lore97.pdf> >

[BFM]

T. Berners-Lee, R. Fielding, L. Masinter. "Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax". RFC 2396. August 1998. Διαθέσιμο στο: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt>>

[BG]

D. Brickley, R.V. Guha. "Resource Description Framework Schema (RDF/S) Specification 1.0". W3C Candidate Recommendation. March 27, 2000. Διαθέσιμο στο: <<http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327/>>

[BHL]

Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila. "The Semantic Web". Scientific American. May 2001. Διαθέσιμο στο: <<http://www.sciam.com/2001/0501issue/0501berners-lee.html>>

[BNHCS]

Gaurav Bhalotia, Charuta Nakhe, Arvind Hulgeri, Soumen Chakrabarti, S. Sudarshan. Keyword Searching and Browsing in databases using BANKS. IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), San Jose, CA, USA, 2002. Διαθέσιμο στο: <<http://www.cs.berkeley.edu/~bhalotia/pubs/BANKS-ICDE.pdf>> A online demo is Διαθέσιμο στο:

<<http://www.cse.iitb.ac.in/banks/demo/current/servlet/SearchForm>>
[BPMM]

Tim Bray, Jean Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, Eve Maler. "Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)". W3C Recommendation. October 6, 2000. Διαθέσιμο στο: <<http://www.w3.org/RDF>>

[CASLON]

Caslon Analytics net metrics & statistics guide. Διαθέσιμο στο:

<<http://www.caslon.com.au/metricsguide2.htm#volatility>>

[CCLP]

Arpírez JC, Corcho O, Fernández-López M, Gómez-Pérez A (2001) WebODE: a scalable ontological engineering workbench. In: Gil Y, Musen M, Shavlik J (eds) First International Conference on Knowledge Capture (KCAP'01).

Victoria, Canada. ACM Press (1-58113-380-4), New York, pp 6-13

[CPCCF]

Oscar Corcho, Asunción Gómez-Pérez, Angel López-Cima, Mariá del Carmen Suárez-Figueroa. ODESeW. Automatic Generation of Knowledge Portals for Intranets and Extranets Διαθέσιμο στο:

<<http://webode.dia.fi.upm.es/sew/index.html#ODESeW>> The semantic
140

portal is Διαθέσιμο στο:

<http://www.esperanto.net/semanticportal/jsp/frames.jsp>

[CVPD]

V. Christophides & D. Plexousakis 1 ICS-FORTH Onassis Lectures July 2003 The Semantic Web: Myths and Reality. Διαθέσιμο στο:

<http://139.91.183.30:9090/RDF/publications/SemanticWeb_Plexousakis_Christophides.pdf>

[CW]

Christian Wege, Daimler Chrysler. "Portal Servlet Technology". IEEE Internet Computing, May/June 2002(Vol. 6, No.3) Διαθέσιμο στο:

<<http://csdl.computer.org/comp/mags/ic/2002/03/w3toc.htm>>

[CWLDKH]

Sung-Woo Chang, Dong-Ho Lee and Hyoung-Joo Kim. A Visual Browse/Query Tool for Navigating and Retrieving Multimedia Data on Object Databases. 1st International Conference on Advanced Multimedia Content Processing. Διαθέσιμο στο:

<<http://oopsia.snu.ac.kr/~swchang/amcp98.ps.gz>>

[DG]

D.Gibson. University of Queensland, 2002. The RDF Distillery Available at:<<http://www.kvocentral.com/reports/diongibsonthesis.pdf>>

[DL]

Laurillard, D., "Rethinking University Teaching: A Framework for the Effective Use of Educational Technology", Routledge & Kegan, P., 1993.

Διαθέσιμο στο: <<http://www.amazon.com/exec/obidos/tg/detail/-/0415092892/103-5630727-7786224?v=glance> >

[EIP]

Enterprise Information Portals : What they do and how they do it Available at http://www.ifocus.com.au/articles/files/EIP_001.pdf

[empolis]

The Topic Maps Hand Book White Paper Διαθέσιμο στο:

<http://www.empolis.com/download/docs/whitepapers/empolistopicmapswHITEpaper_eng.pdf>

[GW]

R. Goldman, J. Widom. DataGuides: Enabling Query Formulation and Optimization in Semistructured Databases. Technical Report, 1997.

Διαθέσιμο στο: <<http://www-db.stanford.edu/lore/pubs/dataguide.pdf>>

[ISO/IEE 13250:2000]

ISO/IEC 13250 Topic Maps Διαθέσιμο στο:

<<http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>>

[jena]

Jena ARP (Another RDF Parser) Διαθέσιμο στο:

<<http://www.hpl.hp.com/semweb/arp.html>>

[Jetspeed]

Διαθέσιμο στο: <<http://jakarta.apache.org/jetspeed/site/index.html>>

[JSR168]

The JSR-000168 Portlet Specification Διαθέσιμο στο:

<<http://www.jcp.org/aboutJava/communityprocess/review/jsr168/>>

[JSR56]

Java Specification Request 56. Διαθέσιμο στο:

<<http://java.sun.com/aboutJava/communityprocess/final/jsr056/index.html>>

[JYDS]

Yuhui Jin, Stefan Decker, Gio Wiederhold. OntoWebber: Building Web Sites Using Semantic Web Technologies. Submitted to the Twelfth International 141

World Wide Web Conference, 20-24 May 2003, Budapest, HUNGARY.

Διαθέσιμο στο: <<http://www-db.stanford.edu/~yhjin/docs/owedbt.pdf>>

[KACPS]

RQL: A Declarative Query Language for RDF, G. Karvounarakis, S. Alexaki, V. Christophides, D. Plexousakis, Michel Scholl, The Eleventh International World Wide Web Conference (WWW'02), Honolulu, Hawaii, USA, May 7-11, 2002. Διαθέσιμο στο:

<<http://athena.ics.forth.gr:9090/RDF/publications/www2002/www2002.pdf>>

[KJCM]

J. Kieman and M. Carey, "Extending SQL-92 for OODB Access: Design and Implementation Experience," Proc. ACM OOPSLA Conf., Oct. 1995.

[KAON00]

Staab Steffen, Jürgen Angele, Stefan Decker, Michael Erdmann, Andreas Hotho, Alexander Mädche, Hans-Peter Schnurr, Rudi Studer, York Sure. AI for the Web - Ontology-based Community Web Portals. In: AAI 2000/IAAI 2000 - Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence and 12th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, Austin/TX, USA, July 30-August 3, 2000, Menlo Park/CA, Cambridge/MA, AAI Press/MIT Press. Διαθέσιμο στο: <http://www.aifb.unikarlsruhe.de/WBS/sst/Research/Publications/portal_iaai00.pdf>

[LOSR]

O. Lassila, R. Swick. "Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification". W3C Recommendation. February 1999. Διαθέσιμο στο: <

<http://www.w3.org/RDF>>

[LPV]

B. Ludaescher, Y. Papakonstantinou, P. Velikhov. A Framework for Navigation Driven Lazy Mediators, WebDB 99 Workshop. Διαθέσιμο στο:

<<http://www-rocq.inria.fr/~cluet/WEBDB/ludaescher.ps>>

[MAFP]

Andrea Maurino, Piero Fraternali. Commercial Tools for the Development of Personalized Web Applications: A Survey. Lecture Notes in Computer Science Διαθέσιμο στο:

<<http://link.springer.de/link/service/series/0558/bibs/2455/24550099.htm>>

[Magkanaraki]
 A View Definition Language for RDF/S, A. Magkanaraki, Master's Thesis, Univ. of Crete (2003). Διαθέσιμο στο:
 <<http://athena.ics.forth.gr:9090/RDF/publications/maganaraki.pdf>>

[MHNTGS]
 Minh Hoang Nguyen and Thor Gunnar Steinsli. "Design and Implementation of a Portal for Researchers". Pre-diploma Project Thesis, Autumn 2002
 Διαθέσιμο στο: <<http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/sif8094-reports/2002/p13.pdf>>

[mkcpa]
 A. Magkanaraki, G. Karvounarakis, V. Christophides, D. Plexousakis, T. Anh. Ontology Storage and Querying, Technical Report No 308, April 2002.
 Διαθέσιμο στο: <<http://athena:9090/RDF/publications/tr308.pdf>>

[MKPY]
 Kevin D. Munroe, Yannis Papakonstantinou. BBQ: A Visual Interface for Browsing and Querying of XML. Proceedings, VDB5 2000. Διαθέσιμο στο: <<http://www.npaci.edu/DICE/MIX/BBQ/final.ps>>

[MLMKWW]
 142
 Martin S. Lacher, Michael Koch, Wolfgang Wörndl A FRAMEWORK FOR PERSONALIZABLE COMMUNITY WEB PORTALS Proc. Human-Computer Interaction International, New Orleans, LA, USA, August 5-10, 2001, Aug 2001 Διαθέσιμο στο: <http://www11.informatik.tumuenchen.de/publications/pdf/lacher2001a.pdf>

[MMSSYV]
 Jarrar, M, Majer, B, Meersman, R, Spyns, P, Studer, R, Sure, Y, and Volz, R. "Web Portal": Complete ontology and portal. In: AAAI 2000/IAAI 2000 - Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence and 12th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, Austin/TX, USA, July 30-August 3, 2000, Menlo Park/CA, Cambridge/MA, AAAI Press/MIT Press. Διαθέσιμο στο: <http://www.aifb.unikarlsruhe.de/WBS/ysu/publications/OntoWeb_Del_6-3.pdf>

[ONTOPORTAL]
 Building Ontological Hypermedia with the OntoPortal Framework Available at: <<http://www.ontoportal.org.uk/papers/fr.pdf>>The semantic portal is
 Διαθέσιμο στο: <<http://www.ontoportal.org.uk>>

[oql]
 The ODMG OQL User Manual. Διαθέσιμο στο:
 <<http://www.csd.uwo.ca/courses/CS411a/pdfO2manuals/oql.pdf>>

[OWL]
 Ontology Web Language. Διαθέσιμο στο:
 <<http://www.w3.org/TR/2004/RECowl-features-20040210/>>

[PC]
 Portals Community The Definite Enterprise Portal Resource. Διαθέσιμο στο:
 <<http://www.portalscommunity.com/library/fundamentals.cfm>>

[PESTO96] Michael Carey, Laura Haas, Vivekananda Maganty, and John Williams, IBM Almaden Research Center. Proceedings of the 22nd International Conference on Very Large Data Bases, September 3-6, 1996, Bombay, India. Διαθέσιμο στο: <<http://www.acm.org/sigmod/vldb/conf/1996/P203.PDF>>

[Portlet API]

Διαθέσιμο στο: < <http://jakarta.apache.org/jetspeed/api/>>
[PostgreSQL]
Available at:<<http://www.postgresql.org>>
[RHJ] HTML 4.01 Specification 24 December 1999, David Raggett, Arnaud Le Hors, Ian Jacobs Διαθέσιμο στο: <<http://www.w3.org/TR/html401>>
[RSSDB]
The Schema Specific Database. Διαθέσιμο στο:
<http://athena.ics.forth.gr:9090/RDF/RSSDB/index.html>
[servlet API]
Διαθέσιμο στο: <java.sun.com/products/servlet/>
[tolog]
Lars Marius Garshol. "tolog. A topic map query language". In Proceedings of XML Europe 2001, 21-25 May 2001, Berlin, Germany. Διαθέσιμο στο:
<<http://www.ontopia.net/omnigator/docs/query/tutorial.html>>
[Tomcat]
Διαθέσιμο στο:< <http://jakarta.apache.org/tomcat/site/index.html>>
[Turbine]
Διαθέσιμο στο: < <http://jakarta.apache.org/turbine/>>
[WHMA]
I.H. Witten, A. Mo_at, and T.C. Bell. Managing Gigabytes: Compressing and Indexing Documents and Images. Morgan Kaufmann Publishing, San Francisco, May 1999. Διαθέσιμο στο: <http://www.cs.mu.oz.au/676/ch05-4up.pdf>
[WR]
SAP DESIGN GUILD Portals - The All-In-One Web Supersites: Features, Functions, Definitions, Taxonomy, Ramona Winkler, Product Design Center, SAP AG. Διαθέσιμο στο:
<http://www.sapdesignguild.org/editions/edition3/print_portal_definition.asp>
[WS]
Internet History and Growth, by William Slater III - Chicago Chapter of the Internet Society Διαθέσιμο στο:
<http://www.isoc.org/internet/history/2002_0918_Internet_History_and_Growth.ppt>
[WSRP]
The WSRP v1.0 Specification Διαθέσιμο στο: <<http://www.oasisopen.org/committees/download.php/3343/oasis-200304-wsrpspecification-1.0.pdf>>
[XMAS]
Introduction to XMAS Διαθέσιμο στο:
<<http://www.db.ucsd.edu/Projects/MIX/docs/XMAS-intro.pdf>>
[XML99]
The XML Schema Data types. Διαθέσιμο στο:
<<http://www.w3.org/1999/XMLSchema-datatypes>>
[XSLT]
XSL Transformations. Διαθέσιμο στο: < <http://www.w3.org/TR/xslt>>

