



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΜΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΔΕΣΠΟΙΝΑ Α. ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ  
ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2010**

---

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Με την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν, ο καθένας με το δικό του τρόπο στην πραγματοποίηση αυτού του διδακτορικού. Σε πρώτη φάση, οι ευχαριστίες μου θα πρέπει να απευθυνθούν στην οικογένειά μου για την υποστήριξη και την ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θεωρώ ότι είμαι ιδιαίτερα υποχρεωμένη στην τριμελή συμβουλευτική μου επιτροπή για την επιστημονική υποστήριξη και την ηθική συμπαράσταση κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Ο Καθηγητής του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Γεώργιος Βασιλακόπουλος κι επιβλέπων καθηγητής μου συνέβαλε καθοριστικά με την καθοδήγηση και την υποστήριξη του στην έρευνα μου, επιδεικνύοντας υπομονή με τα λάθη μου κι ενθαρρύνοντας τις προσπάθειες μου. Ο Καθηγητής του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Νικήτας-Μαρίνος Σγούρος και ο Αναπληρωτής Καθηγητής κ. Δημήτριος Σάμψων επέδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έρευνα που διεξήγαγα και μου προσέφεραν πολύτιμες συμβουλές.

Θεωρώ, επίσης, υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τα μέλη του εργαστηρίου Ψηφιακών Υπηρεσιών Υγείας του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την ηθική συμπαράσταση τους καθ' όλη τη διάρκεια των διδακτορικών σπουδών μου και την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής.

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	11
<b>1 ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>13</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ .....	15
1.2.1 Προσδιορισμός δικτυοκεντρικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους	15
1.2.2 Προσδιορισμός απαιτήσεων για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων .....	17
1.2.3 Προκλήσεις των δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων .....	22
1.2.4 Εφαρμογή δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων στον τομέα της υγείας .....	25
1.2.5 Προκλήσεις από την εφαρμογή δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων στον τομέα της υγείας .....	27
1.3 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ .....	29
<b>2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΜΗΣΗΣ, ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....</b>	<b>33</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
2.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ... 35	
2.2.1 ICD.....	36
2.2.2 LOINC .....	37

2.2.3	SNOMED.....	38
2.2.4	Χρήσεις συστημάτων ονοματολογίας.....	39
2.3	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ .....	40
2.3.1	XML/SOAP .....	41
2.3.2	HL7 .....	46
2.3.3	CDA .....	49
2.4	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	51
2.4.1	Επιχειρησιακές διαδικασίες και διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας	54
2.4.2	Επιχειρησιακές διαδικασίες και ροές εργασίας .....	57
2.4.3	Αρχιτεκτονική συστημάτων ροής εργασιών .....	61
2.4.4	Τυποποιήσεις συστημάτων ροής εργασιών .....	63
2.4.5	Θέματα ασφάλειας στα συστήματα ροής εργασιών.....	66
<b>3</b>	<b>ΧΡΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΩΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ</b>	
	<b>ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>71</b>
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	71
3.2	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΙΣΤΟΥ.....	73
3.2.1	Το μοντέλο των υπηρεσιών ιστού.....	74
3.2.2	Τεχνολογία υπηρεσιών ιστού .....	76
3.2.3	Υπηρεσίες ιστού και ροές εργασίας .....	78
3.2.4	Ασφάλεια υπηρεσιών ιστού.....	81
3.3	ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ .....	86
3.3.1	Εμφάνιση Σημασιολογικού Ιστού .....	86
3.3.2	Οντολογίες.....	90
3.3.3	Σημασιολογικές υπηρεσίες ιστού .....	94
3.4	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ (GRID TECHNOLOGY) .....	96
3.4.1	Ορισμός τεχνολογίας πλέγματος.....	96
3.4.2	Εισαγωγή στην ασφάλεια πλέγματος και απαιτήσεις.....	97
3.5	ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ (SOA) .....	100
3.5.1	Σημασιολογική ερμηνεία .....	100
3.5.2	Σύνθετες εφαρμογές σε υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική.....	101
3.5.3	Χαρακτηριστικά της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής .....	102
3.5.4	Προϋποθέσεις ανάπτυξης υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής.....	105
3.5.5	Οφέλη από τη χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής.....	106

3.5.6	Εφαρμογή της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής στο χώρο της υγείας	108
3.6	BUSINESS PROCESS EXECUTION LANGUAGE (BPEL)	109
3.6.1	Εισαγωγή στην BPM	109
3.6.2	Ανάπτυξη της γλώσσας BPEL	110
3.6.3	Σχεδιαστικοί στόχοι της BPEL	111
3.6.4	Είδη BPEL διαδικασιών	112
3.6.6	Η BPEL4WS στο χώρο της υγείας	114
3.7	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΣ ΔΙΑΥΛΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (ENTERPRISE SERVICE BUS - ESB)	115
3.7.1	Εισαγωγή	115
3.7.2	Προτερήματα του Επιχειρησιακού Διάυλου Υπηρεσίας ESB	118
<b>4</b>	<b>ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b>	<b>120</b>
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	120
4.2	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Κ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ	122
4.2.1	Εφαρμογή της αρχής των ελαχίστων προνομίων και προτερήματα της..	122
4.2.2	Χρήση της πολιτικής ασφάλειας RBAC και των ECA κανόνων στην εκτέλεση της διαδικασίας παροχής ιατρικής φροντίδας	123
4.2.3	Μοντελοποίηση και ανάλυση της διαδικασίας παροχής ιατρικής φροντίδας	124
4.3	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	127
4.3.1	Μοντελοποίηση ρόλων	127
4.3.2	Συμβάντα	128
4.3.3	Κανόνες ECA	129
4.4	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ	129
4.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΝΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ ΑΣΘΕΝΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	131
<b>5</b>	<b>ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ</b>	<b>135</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	135

5.2	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ..	138
5.3	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	141
5.4	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	143
5.5	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	145
5.6	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΦΑΚΕΛΩΝ .....	149
<b>6</b>	<b>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ESB ΚΑΙ BPEL.....</b>	<b>152</b>
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	152
6.2	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	155
6.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ.....	158
6.4	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	160
6.5	ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ESB ΚΑΙ BPEL ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ .....	162
6.5.1	Ανάλυση διαδικασίας επέκτασης συστήματος κι επιμέρους συστημάτων υγείας σε περιβάλλον πλέγματος.....	162
6.5.2	Αρχιτεκτονική συστήματος στα πλαίσια ενός περιβάλλοντος πλέγματος	168
6.5.3	Περιγραφή της υποδομής ασφάλειας.....	170
<b>7</b>	<b>ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ .....</b>	<b>175</b>
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	175
7.1.1	Διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας – στόχοι.....	176
7.1.2	Πρόβλημα έρευνας.....	178
7.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΒΟΗΘΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ.....	180
7.2.1	Σχεδιασμός οντολογίας.....	181
7.2.2	Δίκτυα γνώσης στην εκπαίδευση με χρήση σημασιολογικού ιστού.....	182
7.3	ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ.....	184

7.3.1 Ανάλυση του σεναρίου – κινήτρου .....	186
7.3.2 Παρουσίαση της εκπαιδευτικής οντολογίας για τη διαδικασία παροχής ιατρικής φροντίδας.....	187
7.3.3 Περιγραφή του εκπαιδευτικού σεναρίου .....	189
7.4 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ.....	190
7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	193
<b>8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>195</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	200
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	201
ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ .....	222
ΟΡΟΛΟΓΙΑ .....	224

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Ο τομέας της υγείας είναι ένας ευαίσθητος κλάδος που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, καθώς έχει να κάνει με το υπέρτατο αγαθό του ανθρώπου, τη ζωή και την υγεία. Η πληροφορική στην υγεία είναι μια κατεύθυνση που τα τελευταία χρόνια απασχολεί σημαντικό μέρος της επιστημονικής κοινότητας, αφού πραγματεύεται την παροχή υπηρεσιών ιατρικής φροντίδας με τρόπο που να στοχεύει στην εξυπηρέτηση των πάγιων αναγκών των ασθενών, μεταβαίνοντας σε μια ασθενο-κεντρική κατάσταση. Συγκεκριμένα, σε διεθνές επίπεδο έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην αναβάθμιση των υπηρεσιών παροχής ιατρικής φροντίδας με παράλληλη μείωση του κόστους. Για την επίτευξη των δύο στόχων, οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας μεταβάλλουν την οργανωτική τους δομή και τις λειτουργικές τους διαδικασίες, ώστε τα υλοποιημένα συστήματα υγείας που χρησιμοποιούν να εξυπηρετούν τις ανάγκες των ασθενών και να τους παρέχουν ολοκληρωμένη και συμμετοχική ιατρική φροντίδα (*integrated and shared care*). Κατ'επέκταση, διαμορφώνεται μια διεθνής τάση στο χώρο των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, η οποία αντανακλά την ανάγκη ολοκλήρωσης των υπηρεσιών υγείας που παρέχονται στους ασθενείς. Τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα υγείας στοχεύουν όχι μόνο στην υποστήριξη των λειτουργιών των επιμέρους μονάδων παροχής υπηρεσιών υγείας, αλλά και στην υποστήριξη της συνεργασίας (*collaboration*) και της συνέργειας (*cooperation*) μεταξύ τους. Βάσει των παραπάνω, η ιατρική φροντίδα θεωρείται πλέον, μια ολοένα αυξανόμενη δραστηριότητα που περιλαμβάνει γεωγραφικά διάσπαρτους και οργανικά απομακρυσμένους παρόχους υπηρεσιών υγείας.

Η ανάγκη για συνεργασία και συνέργεια των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας συνέβαλε στην ανάπτυξη εικονικών οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας που βασίζονται



σε διεπιχειρησιακές διαδικασίες υγείας, εκτελέσιμες εντός και μεταξύ των οργανισμών, καθώς και στην ανάπτυξη κατάλληλων πληροφοριακών συστημάτων. Για την ανάπτυξη των πληροφοριακών συστημάτων σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν διαδικασιοστρεφή πληροφοριακά συστήματα υγείας (*process-oriented healthcare information systems*), τα οποία χρησιμοποίησαν υπηρεσίες ιστού (*web services*) για να υποστηρίξουν τη διαλειτουργικότητα των ετερογενών συστημάτων και να παράσχουν υπηρεσίες παροχής υγείας.

Επίσης, μείζονος σημασίας είναι η δυνατότητα πρόσβασης στις ιατρικές πληροφορίες των ασθενών, κατά την εκτέλεση των διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας. Η τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού προσφέρει τη δυνατότητα ανάκτησης των ιατρικών δεδομένων των ασθενών από τα υπάρχοντα και συχνά ετερογενή συστήματα των οργανισμών και υποστηρίζει την παροχή και την ανταλλαγή αυτών των δεδομένων, όπου και όταν απαιτείται. Επιπλέον, επιτρέπει την ομαδοποίηση διαδικασιών με συγκεκριμένες λειτουργίες, ώστε να μπορούν είτε να επαναχρησιμοποιηθούν από άλλα συστήματα, είτε να μεταβληθούν μόνο επιμέρους τμήματα τους, ανάλογα με τις μεταβολές στις ιατρικές απαιτήσεις. Κατά συνέπεια, οδηγούμαστε στην ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας, τα οποία βασίζονται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική (*Service-Oriented Architecture - SOA*) και διαθέτουν σε δίκτυο (εσωτερικό ή εξωτερικό) -υλοποιημένες ως υπηρεσίες- πηγές πληροφορίας.

Κύριος στόχος της παρούσης διδακτορικής διατριβής είναι η διατύπωση συγκεκριμένων αρχιτεκτονικών για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας που ακολουθούν την τεχνολογική εξέλιξη και χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες και κατάλληλες υποδομές. Τα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα υγείας που μελετώνται παρέχουν υπηρεσίες παροχής ιατρικής φροντίδας, στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας (*health district*). Μια υγειονομική περιφέρεια θεωρείται ότι αποτελείται από ένα Περιφερειακό Γενικό Νοσοκομείο, από ένα Κέντρο Άμεσης Ιατρικής Βοήθειας (ΚΑΙΒ), από άλλα μικρότερα νοσοκομεία και κέντρα υγείας. Η επιτακτική ανάγκη οι μονάδες αυτές να επικοινωνούν και να συνεργούν, μέσω δικτύου και υπηρεσιών ιστού, να ανακτούν τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών από τα συστήματα των διαφόρων φορέων, να παρέχουν και να ανταλλάσσουν αυτά τα δεδομένα όποτε απαιτείται, έδωσε το έναυσμα για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής και ώθησε την προσπάθεια για τη δημιουργία πρότυπων αρχιτεκτονικών υλοποίησης δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας.

Ειδικότερα, περιγράφονται μεθοδολογίες ανάπτυξης πληροφοριακών συστημάτων ιατρικής φροντίδας που αποσκοπούν στην υποστήριξη και ολοκλήρωση των διαδικασιών παροχής

ιατρικής φροντίδας, καθώς και στην παροχή ολοκληρωμένης ιατρικής πληροφορίας των ασθενών στους συμμετέχοντες φορείς. Οι διαδικασίες παροχής ιατρικής φροντίδας είναι στην ουσία ροές εργασίας (*workflows*) που εκτελούνται εντός ή διαπερνούν τους διάφορους φορείς μιας υγειονομικής περιφέρειας. Στην ανάλυση μεθοδολογιών ανάπτυξης συστημάτων ιατρικής φροντίδας χρησιμοποιείται η τεχνολογία ροής εργασίας (*workflow technology*) για την τυποποίηση και την υποστήριξη αυτών των διαδικασιών.

Συγκεκριμένα, περιγράφονται αρχιτεκτονικές για την υλοποίηση πληροφοριακών συστημάτων υγείας, όπως παραδείγματος χάριν Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου (*Electronic Medical Record*), όπου διαδικτυακές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί μέσω υπηρεσιών ιστού που με τη σειρά τους έχουν βασιστεί στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική. Η εκτέλεση των υπηρεσιών ιστού επιτρέπεται σε χρήστες που κατέχουν συγκεκριμένους ρόλους, ενώ η πρόσβαση στην ιατρική πληροφορία των ασθενών πραγματοποιείται μέσω μοντέλων, στα οποία οι ρόλοι λειτουργούν βάσει συγκεκριμένων δικαιωμάτων. Η έρευνα δεν περιορίζεται μόνο στην υλοποίηση Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων, αλλά επεκτείνεται σε γενικότερα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύσσονται με χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής και διαφόρων άλλων τεχνολογιών και προτύπων. Η δικαιοδοσία πρόσβασης στην ιατρική πληροφορία είναι ένα ζήτημα που μελετάται ευρέως και αναλύεται λεπτομερώς στη συνέχεια της διδακτορικής διατριβής. Επομένως, η ασφάλεια των συστημάτων αποτελεί αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής και κατά κάποιο τρόπο ταυτίζεται με την ασφάλεια που παρέχεται από τις υπάρχουσες τοπικές πολιτικές ασφάλειας των συμμετεχόντων οργανισμών.

Διευκρινίζεται ότι στο πλαίσιο της διατριβής αυτής η τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού χρησιμοποιείται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ❖ στην υλοποίηση και την αυτοματοποίηση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων των διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας
- ❖ στην ολοκλήρωση ετερογενών εφαρμογών των συμμετεχόντων οργανισμών (νοσοκομεία)
- ❖ στην ανταλλαγή κατάλληλης ιατρικής πληροφορίας των ασθενών μεταξύ των συμμετεχόντων φορέων
- ❖ στην παροχή δικαιωμάτων πρόσβασης σε ολοκληρωμένη ιατρική πληροφορία των ασθενών.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αποτελείται από οκτώ κεφάλαια:

- ❖ Στο πρώτο Κεφάλαιο περιγράφεται ο χώρος των δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, η ανάπτυξη τους μέσω των επιχειρησιακών διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας και οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα σύγχρονα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα υγείας.
- ❖ Στο δεύτερο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας, καθώς και διεθνή πρότυπα δόμησης, σημασιολογίας και μορφοποίησης ιατρικής πληροφορίας που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των πληροφοριακών συστημάτων υγείας.
- ❖ Στο τρίτο Κεφάλαιο περιγράφονται οι υπηρεσίες ιστού, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική ανάπτυξης πληροφοριακών συστημάτων υγείας (*Service-Oriented Architecture*) που βασίζεται στις υπηρεσίες ιστού και η γλώσσα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (*Business Process Execution Language*), η οποία αναλαμβάνει τη σύνθεση (ενορχήστρωση-orchestration) των υπηρεσιών, παρέχοντας υψηλό βαθμό ευελιξίας και χαμηλό κόστος αλλαγών. Στο ίδιο κεφάλαιο, μελετώνται η τεχνολογία του επιχειρησιακού δίαυλου υπηρεσίας (*Enterprise Service Bus - ESB*), η τεχνολογία πλέγματος (*grid technology*) και οι οντολογίες, ενώ παράλληλα η ανάλυση επεκτείνεται στο σχετικά νεοεμφανιζόμενο είδος ιστού, το σημασιολογικό ιστό (*Semantic web*).
- ❖ Στο τέταρτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα δυναμικό μοντέλο εξουσιοδοτήσεων που αναπτύχθηκε με βάση την τεχνολογία ροής εργασιών.
- ❖ Στο πέμπτο Κεφάλαιο περιγράφεται ένα δικτυοκεντρικό πληροφοριακό σύστημα υγείας ανάπτυξης ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου.
- ❖ Στο έκτο κεφάλαιο μελετάται ένα άλλο σύστημα με χρήση ESB και BPEL που επεκτείνεται και στην εφαρμογή του σε περιβάλλον τεχνολογίας πλέγματος.
- ❖ Στο έβδομο Κεφάλαιο παρουσιάζεται μια οντολογική προσέγγιση για το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού που αφορά στη διαχείριση διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας.
- ❖ Τέλος, στο όγδοο Κεφάλαιο περιγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση των ολοκληρωμένων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της συνολικής έρευνας κι έπειτα περιγράφονται κάποιες πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις αυτών των συστημάτων.

---

## ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

---

Ο χώρος της παροχής υπηρεσιών υγείας έχει μετατραπεί με το πέρασμα του χρόνου σε ένα ταχύτατα εξελισσόμενο τομέα, όπου η επικρατούσα τάση είναι πλέον η παροχή ολοκληρωμένης και κοινόχρηστης ιατρικής φροντίδας στους ασθενείς (*shared and integrated care*), ανεξαρτήτως γεωγραφικών ορίων. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων σε επίπεδο τόσο ατομικό (υγειονομική μονάδα), όσο και ομαδικό (υγειονομική περιφέρεια, ευρύτερες γεωγραφικές περιφέρειες). Στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνεται -μεταξύ άλλων τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών- η χρήση υπηρεσιοστρεφών αρχιτεκτονικών (*service-oriented architecture*) για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση υπαρχόντων ή και νέων πληροφοριακών συστημάτων υγείας.

Οι υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις λεγόμενες υπηρεσίες παροχής ιατρικής φροντίδας, δηλαδή διαδικασίες που διαπερνούν οριζόντια έναν ή περισσότερους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας. Η εμφάνιση της υπηρεσίας προκλήθηκε από το γεγονός ότι οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας λειτουργούν σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Κατόπιν τούτου μεταβάλλονται και οι ίδιοι, διαρκώς και ταχύτατα και καθώς χρησιμοποιούν ετερογενή πληροφοριακά συστήματα απαιτείται η επέκταση (*evolution*) ή/και η εξαρχής ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων που προσαρμόζονται εύκολα και γρήγορα στο μεταβαλλόμενο οργανωσιακό περιβάλλον. Η χρησιμότητα της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής έγκειται στο γεγονός ότι οι διαδικασίες μετατρέπονται σε αυτοτελείς, αυτόνομες (*autonomous*), διαλειτουργικές (*interoperable*) και επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες - συστατικά λογισμικού, οι οποίες μπορούν να

συνεργάζονται αποτελεσματικά, να προσαρμόζονται στις νέες απαιτήσεις που θέτει το περιβάλλον και να υλοποιούνται μέσω των υπηρεσιών ιστού.

Διεθνώς, έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Έχουν δημιουργηθεί συστήματα που συντονίζουν κατά ένα μεγάλο μέρος τις ενέργειες των συμμετεχόντων φορέων (ΚΑΙΒ, νοσοκομεία), προσφέροντας παράλληλα ικανοποιητική πληροφόρηση στους επαγγελματίες υγείας για τους ασθενείς τους και καταγράφοντας την υγεία των περιστατικών στους ιατρικούς φακέλους των ασθενών. Ωστόσο, μπορούν να εντοπιστούν κάποια μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών, ένα από τα οποία είναι η δυσκολία προσαρμογής τους στις σύγχρονες τεχνολογίες, με άμεση συνέπεια να μην είναι δυνατή η αξιοποίηση των υπάρχουσων υποδομών και συστημάτων, να αυξάνεται το κόστος και ο χρόνος ανάπτυξης και συντήρησης τους και να μην είναι εύκολα προσαρμόσιμα στις μεταβολές που πραγματοποιούνται στους οργανισμούς και το περιβάλλον τους.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνονται ολοκληρωμένα από τεχνολογικής άποψης πλαίσια ανάπτυξης Πληροφοριακών Συστημάτων Υγείας (ΠΣΥ) που βασίζονται σε ασφαλείς υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές, οι οποίες ολοκληρώνουν παρελθούσες τεχνολογικές επενδύσεις και λαμβάνουν ιδιαίτερος υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση τους. Στα πλαίσια αυτά δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στη συνεργασία, τη συνέργεια και την ανταλλαγή ιατρικής και διαχειριστικής πληροφορίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων (ιατρικά κέντρα, νοσοκομεία), αλλά και στη δημιουργία και διασφάλιση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας, σε ότι έχει να κάνει με την εξουσιοδότηση (*authorization*) της πρόσβασης στην οποιαδήποτε ιατρική πληροφορία.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 1

---

## ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της κοινωνίας της πληροφορίας οδηγεί στην ανάγκη παροχής και ανταλλαγής τεράστιων ποσοτήτων πληροφορίας και παράλληλα φέρνει στο προσκήνιο διάφορα ζητήματα που αφορούν στην πολυπλοκότητα των πληροφοριακών συστημάτων. Συγκεκριμένα, στον τομέα της υγείας οι ποσότητες των ιατρικών δεδομένων που μεταφέρονται είναι ιδιαίτερα μεγάλες και η ανάγκη για αποτελεσματικά και ευέλικτα πληροφοριακά συστήματα υγείας καθίσταται επιτακτική. Εξάλλου, σε κάθε ανεπτυγμένη χώρα το σύστημα παροχής ιατρικής φροντίδας αποτελεί σημαντικό τμήμα του ολικού συστήματος υγείας της, οπότε στόχος θα πρέπει να αποτελεί η παροχή υψηλής ποιότητας ενδο-νοσοκομειακής ιατρικής φροντίδας. Ωστόσο, για την επίτευξη των στόχων ενός συστήματος παροχής ιατρικής φροντίδας απαιτείται η συνεργασία (*collaboration*), η συνέργεια (*cooperation*) και ο συντονισμός (*coordination*) διαφόρων οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας (π.χ. νοσοκομεία, κέντρα υγείας) και διαφόρων κατηγοριών προσωπικού (π.χ. παραϊατρικό και ιατρικό προσωπικό).

Στην περίπτωση που το σύστημα παροχής ιατρικής φροντίδας υλοποιείται εντός μιας υγειονομικής περιφέρειας, οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας που την απαρτίζουν πρέπει να δρουν συντονισμένα και συγχρονισμένα και συνεπώς, να συνεργάζονται για την άμεση κι έγκαιρη εξυπηρέτηση περιστατικών, παρέχοντας υψηλού επιπέδου υπηρεσίες ιατρικής φροντίδας, τόσο σε προ-νοσοκομειακό, όσο και σε ενδο-νοσοκομειακό επίπεδο. Τοιουτοτρόπως, μειώνεται σημαντικά το ποσοστό θνησιμότητας (*mortality*) και νοσηρότητας (*morbidity*) του πληθυσμού κι επιπροσθέτως, μειώνεται το κόστος παροχής υπηρεσιών υγείας [40],[170].

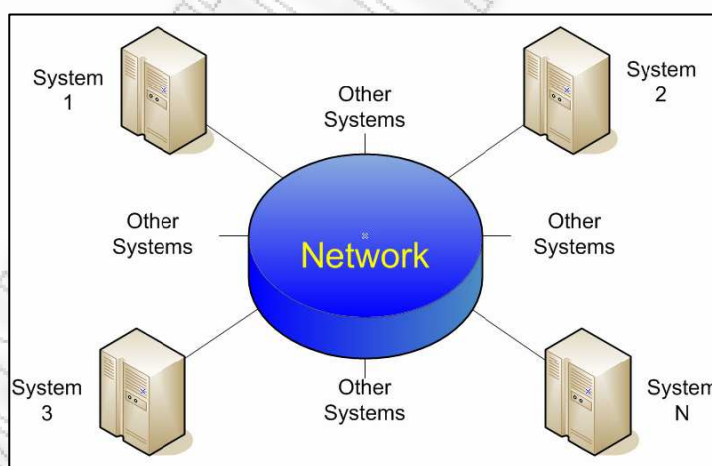
Συνεπώς, οδηγούμαστε σε έναν πληροφοριακό κόσμο, όπου η κυρίαρχουσα αρχιτεκτονική υπολογιστών περιλαμβάνει ευρέως κατανεμημένα -ενσωματωμένα και μη- συστατικά και είναι αυτή των δικτυοκεντρικών συστημάτων. Κατά την τελευταία δεκαετία, ο χώρος της πληροφορίας έχει οραματισθεί μια ταυτόχρονη εξέλιξη λογισμικού, τεχνικών και τεχνολογιών για τη βέλτιστη ανάπτυξη των δικτυοκεντρικών συστημάτων. Αυτή η εξέλιξη αποσκοπεί στην μετάβαση από την παρούσα διαδικασία ανάπτυξης στατικών συστημάτων στην ανάπτυξη ευέλικτων. Τα ευέλικτα αυτά συστήματα αποτελούνται από υποσυστήματα που κατανοούν το περιβάλλον, στο οποίο τείνουν να ενσωματωθούν. Παράλληλα, είναι ικανά να ανταλλάσσουν πηγές πληροφορίας που να απορροφούνται από το περιβάλλον, στο οποίο αποστέλλονται. Αυτά τα συστήματα έχουν εν γένει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι πιο δυνατά και εύρωστα από τα συστήματα που υπήρχαν έως τώρα, δηλαδή τα εξειδικευμένα και αυτοσχέδια (*ad hoc*) κατανεμημένα συστήματα. Το τεχνικό επίτευγμα αφορά στην ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου που διαχειρίζεται την ανταλλαγή πηγών σε ένα υψηλού επιπέδου δικτυωμένο περιβάλλον, ανεπτυγμένο με βάση τον συνδυασμό κατάλληλων τεχνικών.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, σε ότι αφορά το χώρο των δικτυοκεντρικών συστημάτων, αρχικά εν γένει και κατόπιν αναφορικά με τον ιατρικό τομέα. Σε πρώτη φάση προσδιορίζονται τα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα, παραθέτοντας τα χαρακτηριστικά τους, αναλύοντας τα προτερήματα και τα μειονεκτήματά τους και στην πορεία μελετώνται διεξοδικά τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση τους στον τομέα της υγείας, καθώς και τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν για την επιτυχή λειτουργία και χρήση τους.

## 1.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

### 1.2.1 Προσδιορισμός δικτυοκεντρικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους

Ένα δικτυοκεντρικό (πληροφοριακό) σύστημα (*network-oriented information system*) περιλαμβάνει έναν αριθμό κόμβων και υποσυστημάτων δικτύων που παρέχουν διάφορες λειτουργίες, τα οποία μπορεί να είναι είτε μέρος ενός δημόσιου τομέα (*domain*), είτε να ανήκουν σε διαφορετικούς οργανισμούς. Μια αναπαράσταση του δικτυοκεντρικού συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 1-1 που ακολουθεί. Διεθνώς, έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για τον όρο δικτυοκεντρικό σύστημα. Ένας σαφής ορισμός είναι ότι αποτελεί μια συλλογή ανεξάρτητων υπολογιστών που εμφανίζεται στους χρήστες ως ένα ενιαίο σύστημα, του οποίου οι συνιστώσες βρίσκονται σε δικτυωμένους υπολογιστές, επικοινωνούν και συντονίζουν τις ενέργειες τους μόνο με τη διαβίβαση μηνυμάτων [63],[226]. Συγκεκριμένα, υποστηρίζει δυναμικές αλλαγές, αυτόματη αναδιάρθρωση, ετερογένεια συσκευών και τεχνολογιών δικτύωσης και κατακεντρωμένη διαχείριση πόρων. Ο χρήστης παύει να είναι μια οντότητα που συνδέεται στενά με ένα συγκεκριμένο μηχάνημα, αντιθέτως μπορεί να μεταφέρει το προφίλ του σε διαφορετικά συστήματα υλικού και λογισμικού [28].



**Σχήμα 1-1:** Αναπαράσταση δικτυοκεντρικού πληροφοριακού συστήματος (Πηγή - *The implications of Network-centric software systems on software architecture: a critical evaluation* [57])

Η ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων αποτελεί πολύ καλή επιλογή στην περίπτωση που απαιτείται η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων και η αποτελεσματική συνεργασία τους στα πλαίσια μιας περιφέρειας. Ο λόγος είναι ότι



προκύπτουν αρκετά πλεονεκτήματα από τη χρήση τους, από τα οποία τα σημαντικότερα είναι τα εξής:

- ❖ πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων ενός υπολογιστή
- ❖ περισσότερη ισχύς με λιγότερο κόστος
- ❖ μείωση της εμφάνισης προβλημάτων, λόγω της κατανομής του φόρτου εργασίας
  - κάθε υπολογιστής είναι ανεξάρτητος, με αποτέλεσμα τα προβλήματά του να μην επηρεάζουν τους υπόλοιπους
  - λιγότερος χρόνος για την ανίχνευση σφαλμάτων
- ❖ εύκολη σύνδεση χρηστών σε απομακρυσμένους πόρους (*remote resources*)
- ❖ διαμοιρασμός πόρων σε απομακρυσμένους χρήστες, με ελεγχόμενο ωστόσο τρόπο
  - απόκρυψη του γεγονότος ότι στο ανοικτό αυτό σύστημα οι πόροι είναι δικτυοκεντρικοί, διατηρώντας κατά συνέπεια τη διαφάνεια (*transparency*) του συστήματος
- ❖ παροχή υπηρεσιών με τυποποιημένους κανόνες που περιγράφουν τη σύνταξη (*syntax*) και τη σημασιολογία (*semantics*) αυτών των υπηρεσιών
- ❖ ανάπτυξη κλιμακούμενου (*scalable*) συστήματος, ως προς το μέγεθος, τη γεωγραφία και τη διαχείριση [57].

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι η εφαρμογή των δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων στον τομέα της υγείας -αν και χρησιμοποιείται ευρέως στις μέρες μας- φέρνει στο προσκήνιο κάποια ζητήματα, τα οποία οι οργανισμοί που συνεργάζονται και ανταλλάσσουν δεδομένα στα πλαίσια μιας περιφέρειας οφείλουν να κατανοήσουν και να επιλύσουν. Παραδείγματα τέτοιων ζητημάτων είναι τα παρακάτω:

- ❖ όλοι οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο μπορούν να συνεργάζονται επιτυχώς, μόνο όταν υπάρχει μια οντότητα που θα ελέγχει αυτή τη συνεργασία και θα τους συντονίζει
- ❖ η επικοινωνία με άλλους υπολογιστές μπορεί να είναι αργή και να οδηγήσει σε έλλειψη αποτελεσματικής επικοινωνίας, οπότε
  - τα δεδομένα θα πρέπει να καταλαμβάνουν όσο το δυνατόν λιγότερο χώρο στο δίσκο
  - θα πρέπει να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους
- ❖ υπάρχει ο κίνδυνος αρνητικών αποτελεσμάτων, όσον αφορά την ταχύτητα της διαδικασίας υπολογισμού όταν υπολογιστικές διεργασίες εξαρτώνται από πολλές μεταβλητές
- ❖ τίθενται σοβαρά ζητήματα ασφάλειας
  - για τον οργανισμό που χρησιμοποιεί δικτυοκεντρικά συστήματα και
  - για το χρήστη, ο υπολογιστής του οποίου εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία

- ❖ στην περίπτωση ενός τοπικού δικτυοκεντρικού δικτύου, το κόστος της συντήρησης μπορεί να ανέλθει στα ύψη, αφού κάθε υπολογιστής εμφανίζει τα δικά του προβλήματα και σφάλματα. Οπότε, εάν οι υπολογιστές δεν χρησιμοποιούνται και για κάποια άλλη λειτουργία, όπως παραδείγματος χάριν ως σταθμοί εργασίας σε μια βιβλιοθήκη, το δικτυοκεντρικό σύστημα που αναπτύσσεται δεν είναι καθόλου αποτελεσματικό και συμφέρον από πλευράς κόστους.

### 1.2.2 Προσδιορισμός απαιτήσεων για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια στροφή στη δημιουργία μοντέλων ανάπτυξης λογισμικού, από την πλατφόρμο-κεντρική στη δικτυο-κεντρική μορφή. Η συμβατική χρήση του λογισμικού που επικρατούσε έως τότε εστίαζε σε εφαρμογές που ήταν εγκατεστημένες σε τοπικές μηχανές και η αναβάθμιση τους γινόταν χειροκίνητα. Με το πέρασμα του χρόνου, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για μηχανήματα που επιτρέπουν την πρόσβαση σε απομακρυσμένα δεδομένα και υπολογιστικές πηγές. Επιπροσθέτως, η τεχνολογική εξέλιξη που παρατηρείται στο υλικό (*hardware*) και στις συνδέσεις δικτύου άνοιξε το δρόμο στον προσδιορισμό λογισμικού (*software engineering*), ώστε να εστιάσει στην επίλυση πολυπλοκότερων, ενδεχομένως και άλυτων προβλημάτων. Άλλωστε, η απόκτηση γνώσης σε ότι αφορά το λογισμικό φέρνει στο προσκήνιο διάφορα κίνητρα για την ολοκλήρωση εφαρμογών και την ενσωμάτωση ήδη υπάρχουσων σε αυτές που δημιουργούνται. Ως εκ τούτου, εισάγονται και άλλες μορφές πληροφορικής, όπως είναι η κατανεμημένη, η πλέγματος και η υπηρεσιοστρεφής.

Είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν ότι σημαντικό ζήτημα στο σχεδιασμό και την υλοποίηση συστημάτων λογισμικού είναι η επιλογή της αρχιτεκτονικής που θα χρησιμοποιηθεί, και σε αυτό δεν αποτελούν εξαίρεση τα δικτυοκεντρικά συστήματα. Απαιτείται η επιλεχθείσα αρχιτεκτονική να εξυπηρετεί κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα που σχετίζονται με την ποιότητα, όπως παραδείγματος χάριν η απόδοση και η αξιοπιστία. Ωστόσο, λόγω της κατανεμημένης φύσης τους και της εξάρτησης από τις συνδέσεις δικτύου, τα δικτυοκεντρικά συστήματα επιζητούν αρχιτεκτονικές που εκτός από τα παραπάνω γνωρίσματα, πληρούν και κάποιες προϋποθέσεις ασφάλειας, όπως η διαλειτουργικότητα, η ευελιξία και η εύρωστη σύνδεση.

Ένα ερώτημα, το οποίο τίθεται κατά τη μελέτη των δικτυοκεντρικών συστημάτων είναι σε ποια σημεία διαφέρουν τα δικτυοκεντρικά συστήματα από τα υπόλοιπα. Συνοπτικά, ένα

δικτυοκεντρικό σύστημα έχει τα εξής χαρακτηριστικά που δεν τα συναντάμε στα υπόλοιπα συστήματα [57]:

- ❖ όψη και αντίληψη συστήματος υποσυστημάτων
- ❖ δομή δικτύου που περιλαμβάνει το περιβάλλον εκτέλεσης, στο οποίο τα συστατικά του συστήματος αλληλεπιδρούν και συντελεί στη μείωση της επίδρασης των συστατικών στην ανταλλαγή πληροφορίας
- ❖ δυναμική συμπεριφορά εκτέλεσης που σημαίνει ότι τα αλληλεπιδρώντα συστατικά του συστήματος δεν είναι απαραίτητα γνωστά, μέχρι τη στιγμή της εκτέλεσης
- ❖ ασταθής, δυναμικά-προσδιορισμένος μη συγκεντρωτικός έλεγχος που σημαίνει ότι ο έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος δεν είναι απαραίτητα αρμοδιότητα ενός συγκεκριμένου συστατικού του συστήματος, αλλά αντίθετα μεταβάλλεται ανάλογα με το ποια λειτουργία εκτελεί το σύστημα και ποιο συστατικό εκκίνησε την εκτέλεση του συστήματος

Η δικτυοκεντρικότητα έχει πολλές επιπτώσεις στον επαναπροσδιορισμό λογισμικού και ιδιαίτερα στη φάση σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής. Στα παραδοσιακά συστήματα υπήρχε η λογική ότι ήταν κλειστά συστήματα που διαχειρίζονταν από ξεχωριστούς το καθένα οργανισμούς. Στις περιπτώσεις αυτές, το σύνολο του συστήματος ελέγχεται από το σχεδιαστή του, αν και κάποια συστατικά συνήθως επαναχρησιμοποιούνται από άλλες εσωτερικές ή και εξωτερικές εφαρμογές. Συνεπώς, για αυτά τα συστήματα, ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός οδηγούσε σε αρχιτεκτονικές που δεν επέτρεπαν την παραμικρή δυναμική συμπεριφορά, κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Οι σχεδιαστές τους γνωρίζουν από πριν που είναι τοποθετημένα τα οποιαδήποτε συστατικά και με ποιο τρόπο διασυνδέονται, κι επομένως έχουν από τη μία πλευρά τον απόλυτο έλεγχο του όλου συστήματος, αλλά από την άλλη, την υποχρέωση να προβλέπουν τη συμπεριφορά τους κατά την εκτέλεση.

Αντίθετα, στην περίπτωση των δικτυοκεντρικών συστημάτων αυτή η προϋπόθεση ακυρώνεται, δηλαδή το σύστημα μπορεί να έχει έναν πρωτεύον στόχο, αλλά όχι απαραίτητα συγκεντρωτικό έλεγχο. Αναλυτικότερα, μια δικτυοκεντρική εφαρμογή βρίσκεται στο διαδίκτυο που με τη σειρά του είναι ένα δίκτυο που αποτελείται από άλλα δίκτυα, τα οποία συνεργάζονται όπως καθορίζεται από την αρχιτεκτονική που χρησιμοποιούν. Εντούτοις, η δομή του διαδικτύου απλοποιείται από την ύπαρξη ενός αριθμού προτύπων, σε μορφή πρωτοκόλλων που περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο ανταλλάσσονται δεδομένα μέσω δικτύου. Τα πρωτόκολλα αυτά είναι ανεξάρτητα του υλικού και του λογισμικού των εφαρμογών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο, ενώ η επιλογή αυτών των πρωτοκόλλων είναι προαιρετική. Οι δικτυακοί τόποι (*websites*), οι υπηρεσίες ιστού (*web services*) και άλλες διαδικτυακές λειτουργίες διαχειρίζονται από μεμονωμένους οργανισμούς και η απόφαση να

ενωθούν ή/και να απομακρυνθούν από το διαδίκτυο, έγκειται στη βούληση του κάθε οργανισμού.

Η δημιουργία δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων απαιτεί μεταβολές σε πολλούς τομείς, ένας από τους οποίους αφορά στο λογισμικό και τον τρόπο, με τον οποίο αυτό αναπτύσσεται. Οι μεθοδολογίες και οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων προέρχονται από αυτές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μη δικτυοκεντρικών. Ωστόσο, το λειτουργικό περιεχόμενο των δικτυοκεντρικών συστημάτων είναι περισσότερο δυναμικό που σημαίνει ότι πρόκειται να υποστούν εκτεταμένες αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται το λογισμικό τους. Με το πέρασμα του χρόνου οι δικτυοκεντρικές μεθοδολογίες χρησιμοποιούνται ευρέως από τους ειδικούς ανάπτυξης λογισμικού και θα είναι η επικρατέστερη τάση για την ανάπτυξη του. Το ολοκληρωμένο και καταναμημένο σύστημα που περιλαμβάνει το ανεπτυγμένο λογισμικό είναι αποτέλεσμα, είτε εξ' αρχής σχεδιασμού, είτε κληρονομούμενο –από άλλες εφαρμογές - στοιχείο.

Επομένως, η τάση που επικρατεί πλέον έχει απομακρυνθεί από κάποιες παλιές, μία από τις οποίες ήταν για παράδειγμα η υπολογιστο-κεντρική, στην οποία διασυνδέαμε τα διάφορα τμήματα και κατόπιν ρυθμίζαμε τα ελλείμματα στην συμπεριφορά του συστήματος. Άλλη μια τάση που επικρατούσε στο παρελθόν είναι η ανθρωπο-κεντρική, στην οποία τα ίδια τα συστήματα προσαρμόζονται στις απαιτήσεις, ώστε να παρέχουν την εικόνα ότι ένας σταθερός χρήστης μπορεί να προσπελαύνει αναγκαίες - για την ολοκλήρωση μιας εργασίας - πηγές πληροφορίας. Στο μοντέλο που μελετάται ασχολούμαστε αρχικά με τα συστατικά του συστήματος, τα οποία μπορεί να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου, στην περίπτωση που αλλάξουν οι απαιτήσεις.

Συνεπώς, δημιουργούνται νέα υπολογιστικά μοντέλα που συμβάλλουν στην ανάπτυξη οργανωμένων και παραγωγικών συστημάτων, στα οποία περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά, όπως αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο, αξιοπιστία και ασφάλεια. Επίσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι σε κάθε καινούριο περιβάλλον οι επικρατούσες συνθήκες, υπό τις οποίες τα συστήματα λειτουργούν μεταβάλλονται διαρκώς, οι υπολογιστικές αυτές μέθοδοι πρέπει να αξιολογούν την οργάνωση, διακίνηση και ανταλλαγή πληροφορίας, ώστε τα συστήματα αυτά να είναι αποτελεσματικά και αποδοτικά. Η πραγματική υπόσχεση των δικτυοκεντρικών συστημάτων αφορά στο γεγονός, ότι κάτι που δημιουργείται μία φορά προγραμματιστικά, πρέπει να μπορεί να εκτελείται παντού και υπό οποιοσδήποτε συνθήκες.

Προκειμένου να ολοκληρωθούν τα νέα αυτά υπολογιστικά μοντέλα, η δικτυοκεντρική αντίληψη προωθεί τη σύνθεση ενός συστήματος από επιμέρους προσεγγίσεις συστημάτων, όπου ο κανόνας είναι η συνένωση ευέλικτων ανεπτυγμένων συστατικών και υποσυστημάτων. Ωστόσο, πρωτίστως πρέπει να αναλυθούν λεπτομερώς και ίσως και να αναθεωρηθούν οι πιθανοί τρόποι, με τους οποίους τα επιμέρους τμήματα συνδυάζονται μεταξύ τους και επικοινωνούν, καθώς και η επίδραση του περιεχομένου των συστημάτων στη συμπεριφορά αυτών των τμημάτων. Επιπλέον, η διάρκεια ζωής των συστημάτων αυξάνεται, οπότε δεν έχουμε πλέον συστήματα που λειτουργούν για ένα συγκεκριμένο διάστημα, αλλά που μεταβάλλονται διαρκώς. Πίσω από τη συνεχή αυτή μεταβολή βρίσκεται η λογική ότι κάποια στιγμή θα έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό που δεν πρόκειται ποτέ να διακοπεί πλήρως η λειτουργία τους.

Βάσει των παραπάνω, με την εξέλιξη της δικτυοκεντρικότητας οι οργανισμοί αναζητούν τρόπους ενσωμάτωσης των υπαρχόντων συστημάτων και των δεδομένων τους σε ένα δικτυοκεντρικό περιβάλλον. Η ενσωμάτωση αυτή δεν αφορά μόνο στην απλή σύνδεση υπολογιστών και τη μετάδοση δεδομένων μέσω Διαδικτύου. Θεωρείται, λοιπόν ιδιαίτερα σημαντική η αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφορίας που θα φέρνει εις πέρας τους απώτερους στόχους των συστημάτων και θα δικαιολογεί την επένδυση σε αυτά. Ακολουθώς, μεγάλη επίδραση δέχεται και ο τομέας του προσδιορισμού λογισμικού, αφού υπάρχει πλέον η ανάγκη για επαναξιολόγηση των απαιτήσεων του συστήματος, πριν τις φάσεις του σχεδιασμού και της κωδικοποίησης του. Ο επαναπροσδιορισμός των απαιτήσεων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ευρεία ανάπτυξη του κλάδου αυτού, αρκεί να αναλογιστούμε ότι ιδίως στις διαδικτυακές εφαρμογές που τα περιθώρια χρόνου είναι τόσο στενά, μέχρι πρόσφατα ο χρήστης εγκατέλειπε το επίτευγμα, προτού καν ολοκληρώσει το σύστημα.

Συνοψίζοντας, ο στόχος έγκειται στην ανάπτυξη εργαλείων και μεθοδολογιών για τον επαναπροσδιορισμό (*reengineering*) υπαρχόντων συστημάτων λογισμικού που λειτουργούν επιτυχώς, στα πλαίσια ενός δικτυοκεντρικού πληροφοριακού περιβάλλοντος και που επωφελούνται πλήρως των προνομίων του. Η τεχνολογία του επαναπροσδιορισμού των υπαρχόντων συστημάτων λογισμικού καθορίζεται από τους στόχους του επαναπροσδιορισμού - παραδείγματος χάριν, ώθηση σε μια *client-server* αρχιτεκτονική ή σε μια αντικειμενοστρεφή (*object-oriented*) αρχιτεκτονική. Με την τάση που παρατηρείται για σημαντικές αλλαγές στα πληροφοριακά περιβάλλοντα και στις πλατφόρμες, η ανάδειξη της Δικτυο-Κεντρικής Πληροφορικής (*Network-Centric Computing - NCC*) θεωρείται μείζονος σημασίας τάση που πρόκειται να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην εξέλιξη των υπαρχόντων συστημάτων λογισμικού. Το εγχείρημα αυτό, αναλαμβάνει εν μέρει να συμπεριλάβει νέες

απαιτήσεις (για παράδειγμα νέες τάσεις σε πλατφόρμες) κι εν μέρει, να επωφεληθεί σε μέγιστο βαθμό από διαθέσιμες τεχνολογίες.

Η Δικτυοκεντρική Πληροφορική σχετίζεται με την ύπαρξη ισχυρών υπολογιστών, οι οποίοι χειρίζονται μεγάλες ποσότητες πληροφορίας και κώδικα, παρέχοντας ένα καταναμημένο, βασισμένο σε δίκτυο υπολογιστικό περιβάλλον, όπου κώδικας και πληροφορία προσπελούνται από εξυπηρετητές (*servers*), όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Η τάση αυτή τείνει να κυριαρχήσει στον τομέα της πληροφορικής, καθώς μειώνεται το κόστος και το οργανωτικό φορτίο από τη χρήση υπολογιστών σε περιβάλλον οργανισμού. Επιπροσθέτως, μειώνεται το ρίσκο ύπαρξης δύο αντιγράφων κώδικα εφαρμογής του οργανισμού. Ακόμη, η χρήση προτύπων (*standards*) για την ένταξη και σύνδεση πελατών (*clients*) με κεντρικούς εξυπηρετητές (*servers*) συμβάλλει στη μέγιστη χρήση υλικού και λογισμικού, καθώς και στη μείωση του κόστους εκπαίδευσης του χρήστη. Βάσει των παραπάνω, προσδοκάται η Δικτυοκεντρική Πληροφορική να παρέχει καλύτερο έλεγχο των λειτουργιών του υπολογιστή, όπως είναι η ασφάλεια και διαχείριση δικτύου, η διαχείριση της απόδοσης και η ανάκτηση.

Η εμφάνιση της Δικτυοκεντρικής Πληροφορικής και τα προτερήματα που παρατηρούνται από τη χρήση της ωθούν πολλούς οργανισμούς να προσαρμόσουν τα υπάρχοντα συστήματα λογισμικού τους σε δικτυοκεντρικά, ώστε να αντλούν σε μέγιστο βαθμό τα οφέλη τους. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν είναι μια απλή διαδικασία, αλλά αντίθετα επιφέρει αλλαγές σε πολλά επίπεδα, με αποτελέσματα όπως αυτά που αναφέρονται παρακάτω:

- ❖ Η ανάμειξη υπολογιστών αυξάνει τον αριθμό των συστατικών που αλληλεπιδρούν σε ένα εκτελέσιμο σύστημα.
- ❖ Η συγχώνευση περιεχομένου και λογισμικού, όπως στις ιστοσελίδες με ενσωματωμένες μικροεφαρμογές (*applets*) οδηγεί σε νέες μορφές καταναμημένης πληροφορικής.
- ❖ Ένα εκτελέσιμο σύστημα είναι δυνατόν να δημιουργηθεί δυναμικά από συστατικά διαφόρων παρόχων που μπορεί να βρίσκονται σε διάφορα σημεία στον κόσμο.
- ❖ Οι επιχειρησιακές ανάγκες και οι τεχνολογίες (υλικό, λογισμικό και δικτυακές επικοινωνίες) εξελίσσονται ταχέως, δημιουργώντας αλλαγές τόσο στις πλατφόρμες, όσο και στα επίπεδα εφαρμογής.
- ❖ Οι επιχειρησιακοί και κοινωνικοί παράγοντες είναι το ίδιο σημαντικοί με τους τεχνικούς παράγοντες, σε ότι αφορά το σχεδιασμό του συστήματος, με αποτέλεσμα την ανάδειξη νέων οικονομικών κανόνων.

Επομένως, οι τεχνικές που επικρατούν σε ότι αφορά τον επαναπροσδιορισμό λογισμικού πρέπει να επεκταθούν για να ανταπεξέλθουν σε ένα δικτυοκεντρικό περιβάλλον, στα εξής σημεία:

- ❖ να πραγματοποιείται επαναπροσδιορισμός επιπέδου αρχιτεκτονικής
- ❖ να υπάρχει ανεξαρτησία πλατφόρμας
- ❖ να εξασφαλίζονται οι προϋποθέσεις της δικτυοκεντρικής πληροφορικής, όπως είναι η αυθεντικοποίηση, η μυστικότητα και η ακεραιότητα

Συγκεκριμένα, οι πιο βασικές αλλαγές που πρέπει να γίνουν αφορούν στην ανάγκη για μια κατανοητή υποδομή (*framework*) που θα καθοδηγεί όλες τις διαδικασίες, δίνοντας έμφαση σε ανώτερα επίπεδα (απαιτήσεις και αρχιτεκτονική) και συνδέοντας τα με αυτά χαμηλότερου επιπέδου.

### **1.2.3 Προκλήσεις των δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων**

Η κοινότητα της αρχιτεκτονικής λογισμικού αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις που ωστόσο δεν σχετίζονται άμεσα με την δικτυοκεντρικότητα, αφού ο τομέας της αρχιτεκτονικής λογισμικού βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Επομένως, σε αυτή την ενότητα, ασχολούμαστε μόνο με τις προκλήσεις που τίθενται από τα δικτυοκεντρικά συστήματα και είναι οι επικρατέστερες από αυτές που μελετήθηκαν από συστήματα και αρχιτεκτονικές λογισμικού που χρησιμοποιούν δικτυοκεντρικά χαρακτηριστικά [57].

#### **I. Προτυποποίηση**

Η πρώτη πρόκληση είναι η ανάγκη να αναπτυχθούν αρχιτεκτονικές λογισμικού που προσαρμόζουν αποτελεσματικά τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες που παρέχονται από τους κατασκευαστές (*developers*) τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι τα συστήματα που έχουν δημιουργηθεί είναι τοπικά και απομακρυσμένα και απαιτούν αρχιτεκτονική υποστήριξη, όσον αφορά τη διαλειτουργικότητα, τη διασύνδεση, την ασφάλεια και άλλες λειτουργικές ιδιότητες. Κατόπιν τούτου, υπάρχει μια διαφωνία σχετικά με το αν το λογισμικό θα πρέπει να προέλθει από μια αρχιτεκτονική που θα διευκολύνει την παραγωγή συστημάτων που χρησιμοποιούν δυναμική συνένωση κατανεμημένων πηγών. Συγκεκριμένα, προκειμένου να δημιουργηθούν νέα συστατικά και να προσαρμοστούν τα ήδη υπάρχοντα σε ένα δικτυοκεντρικό περιβάλλον, πρέπει να καθιερωθούν νέα πρότυπα, παρόμοια με τα πρωτόκολλα Διαδικτύου.

## II. Κλιμάκωση

Μια ακόμη πρόκληση αναδεικνύεται η ανάγκη για κλιμακούμενες αρχιτεκτονικές, παρόμοιες με αυτές του Διαδικτύου που μπορούν να εξελίσσονται και να διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα και τη μεταβλητότητα των επιμέρους συστατικών. Είναι σαφές ότι τα δικτυοκεντρικά συστήματα, όντας υποσυστήματα μεγαλύτερων συστημάτων ενσωματώνουν διαφορετικά μεταξύ τους συστατικά, τα οποία χρειάζονται διαφορετικές αρχιτεκτονικές προσεγγίσεις και ποικίλους τύπους επικοινωνίας. Κάποιες από τις υπάρχουσες μεθόδους αρχιτεκτονικής, πιθανόν να είναι συμβατές, εντούτοις οι εφαρμογές τους μπορεί να χρειάζονται αλλαγές, με αποτέλεσμα να απαιτείται η εισαγωγή μιας νέας αρχιτεκτονικής που να τις επιτρέπει. Παραδείγματος χάριν, η σιωπηρή επίκληση (*implicit invocation*) αποτελεί μια –ευρέως αποδεκτή– μέθοδο σχεδιασμού συστημάτων και συγκεκριμένα αναφέρεται σε έναν τύπο αρχιτεκτονικής, βάσει του οποίου το σύστημα δημιουργείται μέσω εκπομπής και διακίνησης συμβάντων. Από τη μία πλευρά, αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής επιτρέπει σε ετερογενή συστατικά να ενσωματώνονται σε συστήματα με χαμηλή διασύνδεση και υψηλή συνοχή και συνεκτικότητα, χαρακτηριστικά απαραίτητα για κάθε αποτελεσματικό και επιτυχές σύστημα. Από την άλλη, οι αρχιτέκτονες συστημάτων οφείλουν να λαμβάνουν υπόψιν τους τις βασικές προϋποθέσεις ανάπτυξης συστημάτων, όπως η αξιοπιστία διακίνησης/διανομής των συμβάντων και δρομολόγησης των μηνυμάτων, τα οποία είναι αβέβαια σε ένα δικτυοκεντρικό σύστημα. Κατά συνέπεια, πειθόμεθα ότι είναι απαραίτητες πρωτότυπες τεχνικές που θα επιτρέπουν τη σχεδίαση συστημάτων, με τρόπο ώστε να διασφαλίζεται και να εξυπηρετείται το δυναμικό τους στοιχείο.

## III. Κατόπιν Ζήτησης (*On-Demand*) Σύνθεση

Η τρίτη πρόκληση σχετίζεται με την ανάγκη ανάπτυξης αρχιτεκτονικών που θα επιτρέπουν στους χρήστες να συνθέτουν δικά τους συστήματα. Με την ταχεία ανάπτυξη του Διαδικτύου όλο και περισσότεροι χρήστες αναγκάζονται οι ίδιοι να συνθέτουν τις υπηρεσίες. Είναι πιθανόν, αυτοί οι χρήστες να έχουν μικρή ή και καθόλου τεχνική ειδίκευση, εντούτοις επιθυμούν τα τμήματα που συνθέτουν να λειτουργούν με τον τρόπο που εκείνοι επιθυμούν. Οι αρχιτέκτονες οφείλουν να βρουν τρόπους, ώστε η δικτυοκεντρική αρχιτεκτονική να συμβάλλει στη δημιουργία μεταβαλλόμενων συστημάτων και να υποστηρίζει την –κατόπιν αιτήσεως- ζήτηση (*on-demand*) νέων συστατικών.



#### **IV. Εύρωστη Συνδεσιμότητα**

Η τέταρτη πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν οι σχεδιαστές των δικτυοκεντρικών συστημάτων είναι η ανάγκη για εύρωστη αρχιτεκτονική, η οποία θα περιλαμβάνει ανεξάρτητα, ετερογενή, κατανεμημένα και δυναμικά ολοκληρωμένα συστατικά. Για παράδειγμα, η υποδομή του Διαδικτύου υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα πηγών, όπως είναι η πρωταρχική πληροφορία, οι μηχανισμοί επικοινωνίας, οι εφαρμογές δικτύου, οι υπηρεσίες και πολλές άλλες, οι οποίες όμως έχουν κοινό χαρακτηριστικό ότι είναι λειτουργικά και διαχειριστικά ανεξάρτητες. Έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν ή να αποσυνδεθούν από το δίκτυο κατά βούληση, να καλέσουν άλλες πηγές και το κυριότερο, να αναπτυχθούν ανεξάρτητα η μία από τις άλλες. Ομοίως, ένα δικτυοκεντρικό σύστημα πρέπει να έχει υποδομή που να επιτυγχάνει αποκεντρωτικό έλεγχο των συστατικών του συστήματος, τα οποία θα επιλέγονται και θα συνδέονται κατάλληλα βάσει της εργασίας που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Η εσωτερική πολυπλοκότητα που εμπεριέχεται στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας επιλογής και σύνθεσης αναγκάζει τους σχεδιαστές του συστήματος να εστιάσουν στις απαιτήσεις της διεπαφής των επιμέρους συστατικών του δικτυοκεντρικού συστήματος. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε ένα δικτυοκεντρικό μοντέλο, οι σχεδιαστές του συστήματος δεν έχουν απαραίτητα γνώση της υλοποίησης των συστατικών που έχουν αναπτυχθεί από άλλες οντότητες. Επιπροσθέτως, η ολοκλήρωση ενσωματωμένων συστατικών μπορεί να είναι ανέφικτη στην περίπτωση που αυτά τα συστατικά έχουν στατικά προσδιορισμένες διεπαφές. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση ενός συστατικού που αλληλεπιδρά, μέσω κλήσεων απομακρυσμένης διαδικασίας (remote procedure calls) με ένα συστατικό που αλληλεπιδρά μέσω διαμοιραζόμενων δεδομένων είναι ένα αρκετά δύσκολο επίτευγμα. Οι επιπλέον αυτές προκλήσεις αρχιτεκτονικού σχεδιασμού κάνουν επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και εκτίμησή της αρχιτεκτονικής τους.

#### **V. Ασφάλεια**

Τα μοντέλα ασφάλειας πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις που έχουν προσδιορισθεί και να εστιάζουν στην ασφαλή ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του συστήματος. Στην περίπτωση ενός δικτυοκεντρικού συστήματος, η έντονη εξάρτηση από διαδικτυακές επικοινωνίες φέρνει στο προσκήνιο ακόμη περισσότερα ρίσκα ασφάλειας. Η ασφάλεια δεν πρέπει να είναι απλώς ένα στοιχείο του συστήματος, πρέπει να ενσωματωθεί με αυτό κι επομένως, οι αρχιτεκτονικές που υποστηρίζουν τη δημιουργία δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων πρέπει να παρέχουν τεχνολογίες που αφορούν στην ασφάλεια.

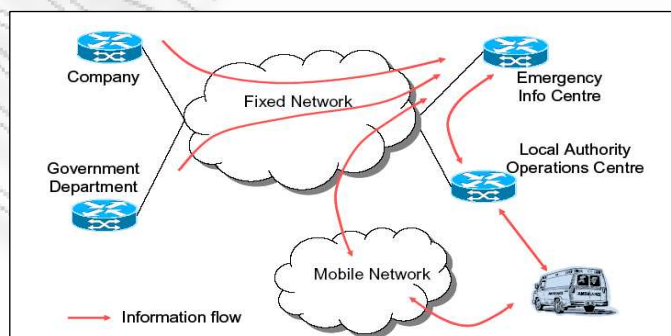
## VI. Εξέταση και Αξιολόγηση

Το ζήτημα της εξέτασης και αξιολόγησης έχει τις ρίζες του στην εμφάνιση των δικτυοκεντρικών συστημάτων. Οι Alberts, Garstka, και Stein τονίζουν στο βιβλίο τους που αφορά στα δικτυοκεντρικά συστήματα το εξής: «Η εξέταση των συστημάτων είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, αφού δεν αφορά στη μελέτη της απόδοσης των επιμέρους συστημάτων, αλλά όλου του συστήματος» [4]. Συνεπώς, οι παραδοσιακές τεχνικές αξιολόγησης δικτυοκεντρικών αρχιτεκτονικών δεν υπήρξαν επαρκείς και ικανές να καλύψουν ολοκληρωτικά την ανάγκη για μελέτη και αξιολόγηση των δικτυοκεντρικών συστημάτων. Οπωσδήποτε, οι παραπάνω προκλήσεις δεν είναι ακόμη απόλυτα κατανοητές, αλλά εκτιμάται ότι καθώς η κοινότητα της πληροφορικής θα εντρυφήσει περισσότερο στα δικτυοκεντρικά συστήματα, οι προκλήσεις αυτές θα προσδιοριστούν επαρκέστερα.

### 1.2.4 Εφαρμογή δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων στον τομέα της υγείας

Το όραμα ενός δικτυοκεντρικού πληροφοριακού συστήματος υγείας, το οποίο αναπαρίσταται στο σχήμα 1-2 αφορά στα εξής:

- ❖ Συνεχή διασύνδεση, δηλαδή συνεχή παροχή πρόσβασης σε νοσοκομεία, κλινικές και γιατρούς.
- ❖ Συνεχή ασφάλεια, οπότε συμμόρφωση με τους κανόνες του οργανισμού HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*) που θέτει εθνικά πρότυπα για την προστασία της ιατρικής πληροφορίας.
- ❖ Συνέχεια της εφαρμογής χωρίς διακοπή των υπηρεσιών, προκειμένου να υλοποιηθεί ο στόχος που έχει θέσει το περιβάλλον παροχής υπηρεσιών υγείας.
- ❖ Χαμηλό TCO (*Total Cost of Ownership*) που αφορά σε υψηλή απόδοση της παροχής ιατρικής φροντίδας, χάριν σε μια υλοποιημένη και ολοκληρωμένη πλατφόρμα που εξαλείφει την ανάγκη για επιπλέον υπηρεσίες.



Σχήμα 1-2: Αναπαράσταση αρχιτεκτονικής δικτυοκεντρικού πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης κρίσιμης κατάστασης

Συνήθως, οι διαδικτυακές εφαρμογές είναι το πρώτο σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών που παρέχουν ευρεία πρόσβαση σε κλινικά και διαχειριστικά δεδομένα, καθώς και σε –προσβάσιμους από το διαδίκτυο- οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας και εξωτερικά ιατρικά περιβάλλοντα. Η πρόσβαση σε εφαρμογές υγείας, μέσω ενός περιηγητή (*browser*) είναι μια απαραίτητη τεχνική ικανότητα, η οποία διασφαλίζει την ανάπτυξη και ολοκλήρωση των δεδομένων, καθώς και την πρόσβαση σε αυτά. Οι εφαρμογές αυτές όμως, για να μπορούν να αλληλεπιδρούν θα πρέπει να αναγνωρίζουν με κάποιον τρόπο την ταυτότητα των ασθενών, γεγονός που συνεπάγεται την ύπαρξη ενός συστήματος δεικτών των ασθενών που θα χρησιμοποιεί σαν πηγή δεδομένων δικτυακούς δείκτες ασθενών μέσα σε ένα δικτυοκεντρικό σύστημα καταγραφής. Αυτό το σύστημα επιτρέπει κατά συνέπεια την αναγνώριση ενός ασθενή και της πληροφορίας που σχετίζεται με αυτόν, με αποτέλεσμα να διασφαλίζει τη συνέχεια της φροντίδας υγείας.

Ένα ακόμη καλύτερο σενάριο είναι οι εφαρμογές να αντλούν πληροφορία από μια κοινή βάση δεδομένων, μέσω ενός μοναδικού μοντέλου δεδομένων. Η προσέγγιση αυτή παρέχει υψηλού επιπέδου ολοκλήρωση, αφού όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες που προέρχονται από τις εφαρμογές περιέχονται σε μια μοναδική βάση δεδομένων και είναι εύκολα προσβάσιμες. Στο παρελθόν, μια τέτοια προσέγγιση δεν ήταν εφικτή εξαιτίας της έλλειψης προτύπων και δικτύου που να είναι ικανά να διανείμουν πρόσβαση σε εφαρμογές και βάσεις δεδομένων σε όλους τους παρόχους υπηρεσιών υγείας. Εντούτοις, με την πάροδο του χρόνου, η ταχεία ανάπτυξη και εξέλιξη διαδικτυακών προτύπων εξάλειψε τα οποιαδήποτε εμπόδια.

Η δικτυοκεντρική ολοκλήρωση εφαρμογών και η διαλειτουργικότητα απαιτεί συνεργασία μεταξύ των υπευθύνων για την ανάπτυξη λογισμικού και δικτύου και των οργανισμών υγείας, καθώς οι αγοραστές τεχνολογιών ιατρικής πληροφορίας (*healthcare IT purchasers*) αξιώνουν εφαρμογές και δικτυακές λύσεις που να βασίζονται σε πρότυπα. Παρά το γεγονός ότι η ανάπτυξη εφαρμογών που να είναι προσβάσιμες από έναν περιηγητή δεν επαρκούν τεχνικά για να επιτευχθούν όλοι οι στόχοι των «ανοικτών» αρχιτεκτονικών και της διαλειτουργικότητας, είναι ωστόσο ένα συνετό βήμα.

Οι δικτυοκεντρικές λειτουργίες ιατρικής φροντίδας έχουν για χαρακτηριστικά στοιχεία που προέρχονται από το συνδυασμό των παρακάτω τριών ευδιάκριτων πεδίων [238]:

- ❖ Το φυσικό πεδίο: είναι ο στόχος που προσπαθεί να επηρεάσει άμεσα ή έμμεσα η ιατρική φροντίδα. Εκτός από τον πιο προφανή στόχο της εξάλειψης ασθενειών, σε αυτό το πεδίο περιλαμβάνονται και άλλες όψεις της ιατρικής φροντίδας, όπως παραδείγματος χάριν, η έρευνα και οι πολιτικές της, τα οικονομικά θέματα, το πολιτικό περιβάλλον της φροντίδας υγείας και η εκπαίδευση του ασθενή. Τα

δεδομένα/πληροφορία/γνώση του φυσικού πεδίου αναφέρονται στην παρούσα, παρά στην μελλοντική κατάσταση και συλλέγονται πολύ εύκολα. Εν περιλήψει, το φυσικό πεδίο αναπαριστά την τρέχουσα πραγματικότητα που επικρατεί στο χώρο της ιατρικής φροντίδας.

- ❖ Το πεδίο πληροφόρησης: αποτελείται από όλα εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία, την αποθήκευση, τη διαχείριση και τη διασπορά/διανομή/μετατροπή της πληροφορίας. Όλες οι εισοδοί αισθητήρων (*sensory inputs*) μαζεύονται στο πεδίο της πληροφόρησης και αντιπροσωπεύουν οντότητες (άτομα και μηχανές). Η έξοδος των αισθητήρων μπορεί να έχει πολλές μορφές (παραδείγματος χάριν βασικά δεδομένα έρευνας, διαγνωστικά δεδομένα ασθενών, ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους κι άλλα). Να τονίσουμε ότι η πληροφορία που υπάρχει σε αυτό το πεδίο, μπορεί να μην αντιπροσωπεύει ακριβώς την τρέχουσα πραγματικότητα, εντούτοις η πραγματικότητα αυτή διαφαίνεται από την αλληλεπίδραση συστατικών μέσα σε αυτό το πεδίο και από τις επικοινωνίες που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια αυτών των αλληλεπιδράσεων. Το πεδίο αυτό είναι πολύ ευαίσθητο σε εισβολές που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα, σε ότι αφορά την ποιότητα της πληροφορίας που περιέχεται σε αυτό. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλα μέτρα ασφάλειας που να εμποδίζουν εισβολές με ανεπιθύμητα αποτελέσματα.
- ❖ Το γνωστικό πεδίο: αποτελείται από όλους τους ανθρώπινους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις λειτουργίες ιατρικής φροντίδας. Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι η εκπαίδευση, η εμπειρία, η προσωπική δέσμευση (κίνητρο) και άλλα και αποτελούν δυσδιάκριτες έννοιες που είναι δύσκολο να υπολογιστούν. Παρόλα αυτά, δημιουργούν τη βάση για την επιλογή της κατάλληλης χρονικής στιγμής και του κατάλληλου χώρου, ώστε να έχουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στην παροχή υπηρεσιών υγείας. Ακόμη και κατά τη διάρκεια ανάπτυξης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, η -σε βάθος- ενημέρωση για την κατάσταση που επικρατεί, καθώς και οι αποφάσεις που πρέπει να παρθούν πραγματοποιούνται μέσα στο γνωστικό πεδίο.

### 1.2.5 Προκλήσεις από την εφαρμογή δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων στον τομέα της υγείας

Η ακεραιότητα της κλινικής πληροφορίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον χρόνο που παρήλθε μέχρι την παραλαβή της και συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο χρόνος, τόσο μικρότερη είναι και η αξιοπιστία της πληροφορίας. Τα περισσότερα κλινικά συστήματα

καταγράφουν τα σημαντικότερα δεδομένα σε χαρτί, δημιουργώντας έναν φάκελο που περιλαμβάνει κάθε δραστηριότητα που προκαλείται από ένα περιστατικό. Ωστόσο, τα μη ηλεκτρονικά συστήματα καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ανθρώπινου δυναμικού, προκειμένου να ολοκληρώσουν ηλεκτρονικά την πληροφορία, χωρίς όμως να μπορούν να υποστηρίξουν παροχή τους στο διαδίκτυο. Για τους προαναφερόμενους λόγους αναπτύσσονται δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν την τεχνολογία του διαδικτύου, ωστόσο η πληροφορία είναι εγκατεστημένη σε μια κεντρική εφαρμογή. Στον τομέα της υγείας, όμως, η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων συνεπάγεται την πλήρωση κάποιων προϋποθέσεων/προκλήσεων, ώστε τα συστήματα αυτά να είναι αποτελεσματικά και να παρέχουν υπηρεσίες υγείας.

***Κίνητρο: εύρεση πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο και λειτουργία κάτω από μη βέλτιστες συνθήκες***

Τα συστήματα που περιλαμβάνουν κλινικά δεδομένα απαιτούν εκπαίδευση και μηχανισμούς ασφάλειας για τη χρήση και την προστασία τους, αντίστοιχα. Δυστυχώς, πολύτιμος χρόνος καταναλώνεται από το χρήστη για την κατανόηση του συστήματος, καθώς και για την αναγνώριση της ταυτότητας του. Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, λαμβάνοντας υπόψη την προσπάθεια που πρέπει να γίνει για να χρησιμοποιηθεί σωστά το σύστημα και να αποκτηθεί δικαίωμα πρόσβασης στα δεδομένα, η τμηματοποίηση και αναλυτικότητα (*granularity*) της πληροφορίας που έχει συλλεχθεί μπορεί να είναι μια καλή λύση, αφού όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο πιο ευέλικτο γίνεται το σύστημα.

***Κίνητρο: ταχεία αναγνώριση εξουσιοδοτημένων χρηστών και παροχή -προσιτών προς το χρήστη- μηχανισμών για την εύρεση πληροφορίας***

Οι κλινικές υπηρεσίες για κάθε κοινωνικό σύνολο μπορούν να περιγραφούν ως το άθροισμα των υπηρεσιών διαιρούμενο με τον συνολικό αριθμό των ατόμων που περιλαμβάνει το κοινωνικό σύνολο. Ωστόσο, η αλήθεια είναι ότι στην πραγματικότητα το ποσό αυτό είναι αρκετά μικρότερο, αφού κάθε κλινικός πάροχος παρέχει ένα φάκελο ασθενή και η πληροφορία που συλλαμβάνεται και διατηρείται στα κλινικά συστήματα περιλαμβάνει τμήματα μόνο της πληροφορίας που συλλέγεται από τους κλινικούς παρόχους. Η ανώμαλη σύνδεση πληροφοριακών συστημάτων διευκολύνει λοιπόν, χρήστες που κακοβούλως διαπράττουν μη ανιχνεύσιμες ενέργειες. Μόνο όταν η πληροφορία που παρέχεται είναι δυνατόν να ανταλλαχθεί, μπορούμε να έχουμε μια ολοκληρωμένη και σαφή εικόνα της κλινικής δραστηριότητας που πραγματοποιείται σε κάθε υπηρεσία.

### **Κίνητρο: ικανότητα ασφαλούς συνεργασίας και ανταλλαγής σημαντικής κλινικής πληροφορίας**

Όταν και τα τρία παραπάνω κίνητρα επιτυγχάνονται, εδραιώνεται ένα δικτυοκεντρικό κοινόχρηστο περιβάλλον που παρέχει ικανοποιητική απόδοση της ποιότητας ζωής. Το κλινικό δίκτυο, εφόσον είναι ασφαλές παρέχει τμηματοποιημένη (*granular*) πληροφορία, έτσι ώστε να μειώνει το ρίσκο ανθρώπινου λάθους, να λειτουργεί κάτω από ακραίες συνθήκες και να ανταπεξέρχεται σε δύσκολες και απρόβλεπτες καταστάσεις, όπου παρατηρείται ατυχής απώλεια ή κλοπή πληροφορίας.

### **1.3 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ**

Τις δυο τελευταίες δεκαετίες, η διαχείριση της δικτυακής πληροφορίας άλλαξε αισθητά τις επιχειρησιακές διαδικασίες των οργανισμών, αφού το διαδίκτυο ξέφυγε από τη στατική συλλογή εγγράφων και οδηγήθηκε σε ένα δυναμικό δίκτυο αντικειμένων που παρέχει υπηρεσίες πληροφορίας. Σήμερα, πολλοί οργανισμοί διαθέτουν πρόσβαση στα πληροφοριακά τους συστήματα, μέσω υπηρεσιών ιστού (*web services*). Επιπροσθέτως, το διαδίκτυο δεν περιορίζεται μόνο σε παραδοσιακά υλικά (*hardware*), αλλά περιλαμβάνει και κινητές ή και έξυπνες συσκευές (όπως κινητά τηλέφωνα και Personal Digital Assistant - PDA). Η ταχεία εξέλιξη του έφερε το χώρο της υγείας στο προσκήνιο, αφού η πληροφορία σε ηλεκτρονική μορφή μπορεί πλέον να προσπελαστεί, μέσω του Διαδικτύου και ειδικών συσκευών, ανεξαρτήτως κλινικών συνόρων. Επιτυγχάνεται ακολούθως, η συνέχεια της ιατρικής φροντίδας (*continuity of healthcare*), βελτιώνεται η ποιότητα της και μειώνεται το κόστος παροχής της. Σε αυτό το πλαίσιο, οι επαγγελματίες της τεχνολογίας της ιατρικής φροντίδας (*healthcare information technology professionals*) οφείλουν να αναρωτιούνται, όχι μόνο πως η τεχνολογία που χρησιμοποιούν υπηρετεί τον οργανισμό, αλλά και πως υπηρετεί τον ασθενή και γενικότερα την ιατρική φροντίδα, ώστε η κλινική επικοινωνία που παρέχεται να οδηγήσει σε καλύτερη τηλεϊατρική, τηλεεκπαίδευση και τεχνολογίες ανταλλαγής κλινικής πληροφορίας.

Η παραπάνω επέκταση (*evolution*) συνετέλεσε στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας που εξυπηρετούν τους στόχους της συνεργασίας και της συνέργειας μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας (νοσοκομεία, ιατρικά κέντρα), σε περιβάλλον δικτύου και στα πλαίσια καθορισμένων υγειονομικών περιφερειών. Ωστόσο, οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας λειτουργούν σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, γεγονός που συνεπάγεται ότι και οι ίδιοι μεταβάλλονται διαρκώς, οπότε απαιτείται η εξαρχής ανάπτυξη και η μετέπειτα εξέλιξη των

δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων που θα προσαρμόζονται εύκολα και γρήγορα στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Έτσι, επιτυγχάνεται η επιθυμητή ευθυγράμμιση (*alignment*) μεταξύ της οργανωτικής δομής των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας και των πληροφοριακών συστημάτων που περιλαμβάνουν, με αποτέλεσμα την εξυπηρέτηση των στόχων και των πολιτικών τους χωρίς να περιορίζονται από γεωγραφικά όρια [8],[26],[157],[192],[193],[189].

Σε διεθνές επίπεδο έχουν υλοποιηθεί αρκετά δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα για την υποστήριξη και παροχή ιατρικής φροντίδας με στόχους, τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εξυπηρέτηση περιστατικών, της θνησιμότητας και της νοσηρότητας και εν γένει, τη βελτίωση της παρεχόμενης ιατρικής φροντίδας, ελαττώνοντας ταυτόχρονα το κόστος για τους συμμετέχοντες οργανισμούς [8],[14],[189],[190]. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι κλειδί για τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας είναι τα πληροφοριακά συστήματα που ολοκληρώνουν την ιατρική πληροφορία, ενώ παράλληλα βελτιώνουν όχι μόνο την παροχή της τρέχουσας ιατρικής φροντίδας, αλλά θέτουν και τις βάσεις για τη βέλτιστη παροχή της και στο απώτερο μέλλον. Η ανάγκη να συνυπάρχουν και να συνεργάζονται ετερογενή και πολύπλοκα συστήματα οδηγεί στην υιοθέτηση λύσεων, όσον αφορά την αρχιτεκτονική και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. Απαιτείται μια ευέλικτη υποδομή που να τα συνδέει, στα πλαίσια ενός δικτύου διασυνδεδεμένων οργανισμών. Η ολοκλήρωση επιτυγχάνεται μέσω της σύνδεσης υπαρχόντων συστημάτων, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες δικτύου και τα πρότυπα που υπάρχουν στο εμπόριο. Με αυτό τον τρόπο παρέχεται μια ομοιόμορφη και προσαρμόσιμη διεπαφή που προσφέρει διαλειτουργικότητα και, ασφαλή και ελεγχόμενη πρόσβαση σε μεμονωμένα συστήματα.

Ανακεφαλαιώνοντας, αν και τα περισσότερα από τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί περατώνουν τις βασικές ενέργειες που πρέπει να εκτελούνται από τους οργανισμούς, παραμένει η ανάγκη για ανάπτυξη ευέλικτων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων που προσαρμόζονται στις ανάγκες παροχής υπηρεσιών υγείας. Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι διαλειτουργικά και εύκολα διασυνδέσιμα με άλλα πληροφοριακά συστήματα υγείας (παραδείγματος χάριν άλλων νοσοκομείων, της ίδιας ή και διαφορετικής υγειονομικής περιφέρειας) για την ανταλλαγή της ιατρικής πληροφορίας των ασθενών, με στόχο την παροχή σε αυτούς, ολοκληρωμένης και κοινόχρηστης ιατρικής φροντίδας (*integrated and shared care*). Απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη των παραπάνω είναι οι εξής:

- ❖ Συνεργασία: σε ένα σύστημα ιατρικής φροντίδας συμμετέχουν πολλά άτομα με διαφορετικούς ρόλους, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εκτέλεση διαφορετικών ενεργειών, κατά τις διαδικασίες παροχής προ-νοσοκομειακής και ενδο-νοσοκομειακής ιατρικής φροντίδας. Συνεπώς, για την παροχή συντονισμένων

ιατρικών ενεργειών στα περιστατικά απαιτείται η συλλειτουργία και η συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων ατόμων και μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών, καθώς και ο συντονισμός των ενεργειών τους [157],[189],[192],[193][189]. Στόχος όλων των συμμετεχόντων φορέων είναι η αποφυγή επαναλαμβανόμενης εκτέλεσης δραστηριοτήτων, ώστε η ιατρική φροντίδα να παρέχεται στα περιστατικά τη στιγμή που ζητείται [192],[193],[194]. Επίσης, επιβάλλεται η χρήση κατάλληλων τεχνολογιών και τυποποιήσεων για την υλοποίηση δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων ιατρικής φροντίδας που θα διασφαλίζουν τα ακόλουθα:

- την υποστήριξη των διαδικασιών που εκτελούνται εντός και μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών,
  - την παροχή των κατάλληλων μέσων για τη συνεργασία και το συντονισμό των ενεργειών των ατόμων που εκτελούν τις δραστηριότητες των διαδικασιών,
  - την αυτοματοποίηση δραστηριοτήτων των διαδικασιών,
  - την απλοποίηση και τη μείωση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης των διεπιχειρησιακών διαδικασιών ιατρικής φροντίδας.
- ❖ Ασφαλή πληροφόρηση: οι συντονισμένες ιατρικές ενέργειες των ατόμων που συμμετέχουν στο σύστημα ιατρικής φροντίδας, η συλλειτουργία και συνεργασία τους απαιτούν συνθήκες ασφάλειας. Στόχος όλων των συμμετεχόντων φορέων είναι η ασφαλής ανταλλαγή της ιατρικής πληροφορίας, τόσο μεταξύ των συνεργαζόμενων ατόμων, όσο και μεταξύ των συνεργαζόμενων πηγών πληροφόρησης. Για το λόγο αυτό, οι τεχνολογίες και οι πολιτικές που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να διασφαλίζουν την ασφάλεια στα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα ιατρικής φροντίδας
- ❖ Ολοκληρωμένη πληροφόρηση: για την έγκαιρη εξυπηρέτηση των περιστατικών εντός του υποσυστήματος ιατρικής φροντίδας και για την παροχή ιατρικών υπηρεσιών υψηλού επιπέδου απαιτείται η κατάλληλη πληροφοριακή υποστήριξη του συστήματος σε λειτουργικό (*functional*) και διοικητικό (*managerial*) επίπεδο, όπως:
- λειτουργική πληροφορία για ιατρικούς σκοπούς, δηλαδή ολοκληρωμένη ιατρική πληροφορία για το περιστατικό
  - διοικητική πληροφορία για
    - ✓ αξιολόγηση αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας
    - ✓ επιδημιολογικούς σκοπούς, με στόχο τη βέλτιστη οργάνωση και διάθεση πόρων.

Ιδιαίτερης σημασίας πηγή πληροφορίας για το ιατρικό προσωπικό αποτελούν τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών, η πρόσβαση στα οποία παρέχει πληροφορία για:



- την κατάσταση της υγείας των ασθενών,
- τη φαρμακευτική αγωγή που μπορεί να ακολουθούν οι ασθενείς,
- πιθανές χρόνιες παθήσεις των ασθενών και
- άλλα κρίσιμα ιατρικά στοιχεία.

Τα παραπάνω στοιχεία των ασθενών βοηθούν το ιατρικό προσωπικό στη λήψη ιατρικών αποφάσεων, στην εκτέλεση των κατάλληλων ιατρικών πράξεων, στην αποφυγή επιπλοκών στην υγεία των ασθενών, στην αποφυγή επανάληψης ιατρικών εξετάσεων και γενικά στην παροχή καλύτερης ιατρικής φροντίδας. Συνεπώς, ένα δικτυοκεντρικό πληροφοριακό σύστημα υγείας πρέπει να παρέχει στους χρήστες πρόσβαση στην κατάλληλη πληροφορία, ιατρική και διοικητική. Επιπλέον, επειδή η ιατρική πληροφορία συλλέγεται και καταχωρείται σε διαφορετικούς τόπους, απαιτείται η τυποποίηση της δομής της (*structure*), της μορφής της (*format*) και της σημασιολογίας της (*semantics*), ώστε να είναι εύκολα κατανοητή από όλα τα εμπλεκόμενα μέλη [155],[158],[191].

Η έρευνα που πραγματοποιείται αναφέρεται κατά πρώτους, στην ολοκλήρωση υπηρεσιών παροχής ιατρικής φροντίδας από την άποψη της ολοκλήρωσης της πληροφορίας και κατά δεύτερους, στην ανάπτυξη συστημάτων που παρέχουν υπηρεσίες, στα πλαίσια καθορισμένων υγειονομικών περιφερειών. Είναι πλέον, επιτακτική η ανάγκη οι οργανισμοί της υγειονομικής περιφέρειας να επικοινωνούν αποτελεσματικά, προκειμένου να ανταλλάσσουν ιατρική πληροφορία, τη στιγμή που απαιτείται. Επίσης, ο κάθε οργανισμός πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνεί με οργανισμούς άλλων υγειονομικών περιφερειών, όταν πρέπει να προσπελάσει δεδομένα που είναι καταχωρημένα σε αυτούς. Σε αυτή την περίπτωση απαραίτητη προϋπόθεση είναι η δημιουργία υγειονομικών περιφερειών που θα περιλαμβάνουν δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα, τα οποία θα έχουν δημιουργηθεί με τη χρήση κατάλληλων αρχιτεκτονικών και τεχνολογιών.

Πιο αναλυτικά, παρουσιάζεται μια σταδιακή προσέγγιση για την παροχή της αναγκαίας πληροφοριακής υποστήριξης των συμμετεχόντων οργανισμών παροχής ιατρικής φροντίδας. Σ' αυτό το πλαίσιο, ορίζονται οι διαδικασίες παροχής ιατρικής φροντίδας και προσδιορίζονται οι συνθήκες εξουσιοδότησης για την πρόσβαση στην οποιαδήποτε πληροφορία. Κατόπιν, αναλύονται τα υπάρχοντα συστήματα, σχεδιάζονται και αναπτύσσονται διαδικασιοστρεφή, διεπιχειρησιακά και υπηρεσιοστρεφή συστήματα, τα οποία μετατρέπονται σε -βασισμένα σε- BPEL συστήματα παροχής ιατρικής φροντίδας [192],[193][190].

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## 2

---

# ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΜΗΣΗΣ, ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα που πραγματοποιείται αφορά στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, κατά τρόπο ώστε, αφενός να παρέχουν ολοκληρωμένη και συμμετοχική παροχή υπηρεσιών υγείας στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας και αφετέρου να προσαρμόζονται στις διοικητικές μεταβολές που πραγματοποιούνται στη δομή

των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας, οι οποίες επιβάλλονται από το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Σ' αυτό το πλαίσιο, μελετάται αρχικά η οριζόντια θεώρηση των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας, προσανατολισμένων προς τις διαδικασίες που εκτελούνται εντός και μεταξύ των οργανισμών, στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας και ακολούθως, η ανάπτυξη αντίστοιχων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων. Η οριζόντια, διαδικασιοστρεφής (*process-oriented*) θεώρηση της λειτουργίας των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας αντικατόπτριζε πιστά την τάση που επιβάλλει την παροχή ολοκληρωμένης και κοινόχρηστης ιατρικής φροντίδας (*integrated and shared care*) στους ασθενείς και οδήγησε στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική [5],[10],[131],[192],[193]. Κατά τη διαδικασιοστρεφή θεώρηση, οι υπηρεσίες υγείας οργανώνονται σε ασθενοκεντρικές (*patient-centric*) διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας.

Η διαδικασιοστρεφής θεώρηση εξελίσσεται στην υπηρεσιοστρεφή (*service-oriented*), η οποία μετατρέπει τις διαδικασίες σε αυτοτελείς, αυτόνομες, επαναχρησιμοποιήσιμες και διαλειτουργικές υπηρεσίες που μπορούν να συνεργάζονται αποτελεσματικά, να προσαρμόζονται στις νέες απαιτήσεις που θέτει το περιβάλλον και να υλοποιούνται μέσω των υπηρεσιών ιστού. Κατ' αντιστοιχία, αναβαθμίζονται παλαιά ή αναπτύσσονται νέα πληροφοριακά συστήματα υγείας, τα οποία αξιοποιούν τις σύγχρονες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (*information and communication technologies - ICT*) που όχι μόνο παρέχουν πληροφοριακή στήριξη στις επιμέρους μονάδες, αλλά και συμβάλλουν στην αποτελεσματική συνεργασία (*collaboration*) και συνέργεια (*cooperation*) τους, ανεξαρτήτως γεωγραφικών ορίων και μέσω εσωτερικού ή εξωτερικού δικτύου [10],[192],[193],[245].

Βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη των σύγχρονων δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας είναι η ανάπτυξη μιας σειράς υποδομών. Πρωτεύουσα σημασία έχουν οι υποδομές τυποποιήσεων της ιατρικής πληροφορίας, αναφορικά με τη δομή, τη μορφοποίηση και τη σημασιολογία της, λόγω της έντονης ανάγκης για ανταλλαγή πλήρους (*complete*), συνεκτικής (*coherent*) και ολοκληρωμένης (*integrated*) ιατρικής πληροφορίας των ασθενών, κατά τρόπο κατανοητό από τις ετερογενείς ιατρικές ομάδες [79],[113],[114],[117],[131],[155],[158],[167],[168],[191],[243]. Επιπλέον, απαιτείται η χρήση κατάλληλων τεχνολογιών για την ενίσχυση της απαιτούμενης συνεργασίας (*collaboration*), συνέργειας (*cooperation*) και συντονισμού (*coordination*) μεταξύ των συμμετεχόντων μερών στις διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας [192],[193],[203].

Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα διεθνώς και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρότυπα συστήματα ονοματολογίας και κωδικοποίησης ιατρικών όρων και οι σύγχρονες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων σε περιβάλλον διαδικτύου και παγκόσμιου ιστού.

## 2.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Ο χώρος της υγείας χαρακτηρίζεται από συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και από ανταλλαγές τεράστιων και ποικίλων ποσοτήτων ιατρικής πληροφορίας, μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας [117],[131],[192],[193],[195],[243]. Συνεπώς, τα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας, τα οποία, ιδίως στην περίπτωση που εκτείνονται στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας είναι αυτόνομα, ανεξάρτητα, βασίζονται σε διαφορετικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιούν διαφορετική ιατρική ορολογία. Η χρήση, λοιπόν κατάλληλων τυποποιήσεων για την κωδικοποίηση και την ονοματολογία της ιατρικής πληροφορίας και η δυνατότητα που παρέχεται κατ' αυτόν τον τρόπο, ανταλλαγής σημασιολογικά ομογενοποιημένης πληροφορίας, ενδυναμώνει την συνεργασία μεταξύ των οργανισμών και ευνοεί την επικοινωνία των πληροφοριακών συστημάτων που αυτοί παρέχουν.

Σε αυτή τη βάση, λοιπόν, πολλοί διεθνείς οργανισμοί έχουν ασχοληθεί με την κωδικοποίηση και την ονοματολογία της ιατρικής πληροφορίας, ενώ αρκετές από αυτές τις κωδικοποιήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε ερευνητικά αλλά και παραγωγικά πληροφοριακά συστήματα υγείας [198],[225],[251]. Η κωδικοποίηση των δεδομένων συμβάλλει:

- ❖ στην αναβάθμιση της ποιότητας της πληροφορίας που καταγράφεται
- ❖ στην τυποποίηση της πληροφορίας και συνεπώς, στην ενίσχυση της συγκρισιμότητας, της ολοκλήρωσης και της συστηματικής διασύνδεσης της πληροφορίας και γενικότερα στη βέλτιστη αξιοποίησή της
- ❖ στη δημιουργία και υποβολή έξυπνων ερωτημάτων (*intelligent queries*) που βασίζονται σε κωδικούς για την παραγωγή στατιστικών αναφορών που αφορούν τη διοίκηση, καθώς και για την παραγωγή ιατρικών στατιστικών αναφορών που αφορούν τους επαγγελματίες υγείας
- ❖ στην ευκολότερη και ταχύτερη εισαγωγή πληροφορίας σε ηλεκτρονικά συστήματα.

Παρά το γεγονός ότι η κωδικοποίηση της πληροφορίας αποτελεί μια δύσκολη και αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, όλες οι προηγμένες χώρες έχουν στραφεί προς αυτήν την κατεύθυνση. Διεθνώς, τα τελευταία χρόνια οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας χρησιμοποιούν κωδικοποιημένη ιατρική πληροφορία στα πληροφοριακά συστήματα υγείας που χρησιμοποιούν. Οι οργανισμοί αυτοί έχουν αποκομίσει πολύτιμη εμπειρία και τεχνογνωσία και σε βάθος χρόνου έχουν συλλέξει σημαντική στατιστική πληροφορία [198],[225],[251].

### 2.2.1 ICD

Το σύστημα ονοματολογίας ICD (*International Classification of Diseases*) χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση και την ταξινόμηση νόσων και διαγνώσεων. Η τελευταία έκδοση του συστήματος ICD είναι η δέκατη (ICD-10), η οποία αναπτύχθηκε και ενημερώνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (*World Health Organization - WHO*), στον οποίο και παραχωρήθηκαν τα δικαιώματα για την ανάπτυξή του και χρησιμοποιείται από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ). Το σύστημα ICD-10 παρέχει κανόνες και συμβάσεις για την εξασφάλιση συνεπών και συγκρίσιμων δεδομένων, τα οποία προκύπτουν από τη στατιστική ανάλυση δεδομένων σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο [251].

Σε ορισμένες χώρες, όπως στις ΗΠΑ, Καναδά και Αυστραλία, το σύστημα ICD-10 έχει τροποποιηθεί για να καλύψει ειδικές ανάγκες τους. Συγκεκριμένα, στις ΗΠΑ έχουν σχεδιαστεί δύο νέες εκδόσεις του συστήματος ICD, το ICD-10-CM για την κωδικοποίηση νόσων και διαγνώσεων και το ICD-10-PCS για την κωδικοποίηση ιατρικών πράξεων. Παρόλ' αυτά, μόνο η έκδοση ICD-9-CM χρησιμοποιείται μέχρι αυτή τη στιγμή στην παραγωγή, ενώ υπάρχουν και αρκετοί φορείς που αμφισβητούν το όφελος από τη μετάβαση στην έκδοση ICD-10-CM. Στην Ευρώπη, πολλές χώρες χρησιμοποίησαν το σύστημα ICD-10 για την παραγωγή πιστοποιητικών θανάτου και αναφορών θνησιμότητας-νοσηρότητας (*mortality & morbidity data*) [251].

Κατόπιν συμφωνίας όλων των αρμόδιων φορέων σε διεθνές επίπεδο, οποιεσδήποτε τροποποιήσεις πραγματοποιηθούν στο σύστημα ICD, πρέπει να συμφωνούν με τους περιορισμούς που θέτει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις, δεν έχει πραγματοποιηθεί ουδεμία αλλαγή στα τρία και τέσσερα ψηφία που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση των κατηγοριών του συστήματος. Αλλαγές, ωστόσο έχουν πραγματοποιηθεί στους τίτλους των κατηγοριών που όμως, δεν επηρεάζουν τη

σημασία της κατηγορίας και του κωδικού (π.χ. ICD-10 κωδικός = J45.0, τίτλος = Predominantly allergic asthma) [251].

Το σύστημα ICD-10 υπάρχει σε πολλές γλωσσικές εκδόσεις, από τις οποίες κάποιες έχουν υλοποιηθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και κάποιες άλλες από τοπικούς οργανισμούς. Κάποιες από αυτές τις εκδόσεις, όπως η γαλλική, η ισπανική, η ρωσική και η κροατική έχουν ολοκληρωθεί και δημοσιευτεί, ενώ κάποιες άλλες βρίσκονται ακόμη στο στάδιο της προετοιμασίας [251]. Στην Ελλάδα, η πρώτη έκδοση της μετάφρασης του συστήματος ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 1999 και έχει σταλεί από το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας στους ιατρικούς οργανισμούς, προκειμένου να προβούν σε παρατηρήσεις και σχόλια.

## 2.2.2 LOINC

Το σύστημα ονοματολογίας LOINC (*Logical Observation Identifiers Names and Codes*) αποτελεί μια εθελοντική προσπάθεια του Regenstrief Institute for Health Care των ΗΠΑ. Το Regenstrief Institute είναι ένας διεθνής, μη κερδοσκοπικός οργανισμός ιατρικής έρευνας που συνεργάζεται με το πανεπιστήμιο της Indiana των ΗΠΑ. Το σύστημα LOINC αναπτύχθηκε το 1994 και αποτέλεσε τυποποίηση για την ηλεκτρονική ανταλλαγή κλινικών δεδομένων μεταξύ των διαφόρων οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Για παράδειγμα, το σύστημα LOINC χρησιμοποιείται για τη μεταφορά κλινικών δεδομένων από εργαστήρια σε νοσοκομεία, σε ιδιωτικά και δημόσια ιατρεία και σε ασφαλιστικούς οργανισμούς, με σκοπό την αξιοποίηση αυτών των δεδομένων για την παροχή κλινικής ιατρικής, καθώς και για διαχειριστικούς λόγους [198].

Η χρήση των κωδικών του συστήματος LOINC συμβάλλει στην αποθήκευση των κλινικών αποτελεσμάτων που προέρχονται από διάφορες πηγές δεδομένων σε μια βάση δεδομένων, στην αξιοποίησή τους κατά την παροχή ιατρικής φροντίδας, στην κλινική έρευνα και στη χρήση τους για διαχειριστικούς σκοπούς. Σήμερα, η βάση δεδομένων του LOINC περιέχει περίπου 32.000 ιατρικούς όρους για ιατρικές εξετάσεις, από τους οποίους γύρω στους 20.000 είναι όροι εργαστηριακών εξετάσεων. Το σύστημα LOINC έχει υποστηριχθεί από το American Clinical Laboratory Association και το College of American Pathologists. Επίσης, έχει υιοθετηθεί από πολλούς φορείς, ως εναλλακτικό σύστημα κωδικών αναφοράς. Τέτοιοι φορείς είναι οι Quest, LabCorp, Mayo Medical Laboratories και MDS Labs, μεγάλοι Health Management Organizations (HMOs), συμπεριλαμβανομένων των Kaiser Permanente and Aetna, κυβερνητικοί οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των CDC, DOD, VA και NLM, και

τέλος η Γερμανία, η Ελβετία και δύο Καναδικές κομητείες. Επίσης, στους κωδικούς του συστήματος LOINC βασίζονται και οι προτάσεις του HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*) των ΗΠΑ, για τον καθορισμό των τυποποιήσεων στις ηλεκτρονικές συναλλαγές [198]. Το σύστημα ονοματολογίας LOINC αποτελείται από πολλές κατηγορίες. Το εργαστηριακό μέρος της βάσης δεδομένων του συστήματος περιέχει τις συνήθεις κατηγορίες της χημείας, αιματολογίας, μικροβιολογίας και τοξικολογίας καθώς και κατηγορίες για φάρμακα. Οι αντιβιοτικές ευαισθησίες αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία. Το κλινικό μέρος της βάσης δεδομένων περιέχει καταχωρήσεις για κρίσιμες ενδείξεις, αιμοδυναμική, ηλεκτροκαρδιογράφημα, μαιευτικό υπέρηχο, καρδιακό ήχο και πολλές κλινικές άλλες παρατηρήσεις.

### 2.2.3 SNOMED

Το σύστημα SNOMED (*Systematized Nomenclature of Medicine*) αναπτύχθηκε και ενημερώνεται από το College of American Pathologists και χρησιμοποιείται ευρέως για την περιγραφή των αποτελεσμάτων εργαστηριακών εξετάσεων. Βασίζεται σε μια πολυαξονική (*multiaxial-11fields*) δομή κωδικοποίησης, η οποία αναπαριστά τα ιατρικά προβλήματα των ασθενών, καλύτερα από ότι οι κωδικοί των συστημάτων ICD και CPT. Το σύστημα SNOMED σχεδιάστηκε με σκοπό να παρέχει μια τυποποιημένη, ποιοτική κλινική ονοματολογία που να υποστηρίζει τη συλλογή, την ολοκλήρωση, την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των κλινικών δεδομένων, καθώς και το διαμοιρασμό, τη σύνδεση και την ανταλλαγή τους. Η κωδικοποίηση κατά το σύστημα SNOMED έχει προταθεί ως υποψήφια για τη δημιουργία τυποποιημένου λεξιλογίου, το οποίο θα ενσωματώνεται στα συστήματα Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων ασθενών (*HIF*) [225].

Ο σχεδιασμός του συστήματος κωδικοποίησης SNOMED βασίζεται στη λογική ότι είναι απαραίτητη μια λεπτομερειακή και σαφής ονοματολογία για την ακριβή απεικόνιση της πολυπλοκότητας και της ποικιλίας της πληροφορίας του ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου, σε μορφή κατανοητή από τους υπολογιστές. Έχει, λοιπόν σχεδιαστεί κατά τρόπο που να εγγυάται ότι οι κωδικοποιημένοι ιατρικοί όροι είναι κατανοητοί και μπορούν να αναγνωστούν από ανθρώπους αλλά και από μηχανές [225].

Το σύστημα SNOMED έχει συνεργαστεί με άλλα συστήματα ονοματολογίας και συγκεκριμένα, τα ICD-9-CM, ICD-10 και το εργαστηριακό μέρος του συστήματος LOINC. Συνεπώς, με τη χρήση του συστήματος SNOMED διευκολύνεται η κωδικοποίηση δεδομένων, αποφεύγοντας τη διπλή καταχώριση ήδη κωδικοποιημένων –από άλλα συστήματα

ονοματολογίας- δεδομένων. Επιπλέον, το σύστημα SNOMED είναι εύκολα προσαρμόσιμο (*adaptable*) και συμβατό (*compatible*) με άλλες τυποποιήσεις, όπως είναι οι HL7, DICOM, ANSI, XML, ISO, και ASC X12 [225].

#### 2.2.4 Χρήσεις συστημάτων ονοματολογίας

Η κατηγοριοποίηση και η κωδικοποίηση της ιατρικής πληροφορίας με τη χρήση τυποποιημένων συστημάτων ονοματολογίας (ICD, LOINC, SNOMED) εξασφαλίζει συνεπή ολοκλήρωση, αναζήτηση και ανταλλαγή της ιατρικής πληροφορίας των ασθενών. Για το λόγο αυτό, τα συστήματα ονοματολογίας χρησιμοποιούνται εκτενώς στο χώρο της υγείας, ως μέσο για τη διατήρηση σημασιολογικά ομογενοποιημένων ιατρικών δεδομένων. Για παράδειγμα, τα συστήματα ονοματολογίας συνήθως ενσωματώνονται σε ιατρικές εφαρμογές (π.χ Ηλεκτρονικούς Ιατρικούς Φακέλους ασθενών - ΗΙΦ) για την παροχή κωδικοποιημένων ιατρικών δεδομένων, τα οποία μπορούν εύκολα να ανακτηθούν και να ολοκληρωθούν. Επιπλέον, τα συστήματα ονοματολογίας συχνά χρησιμοποιούνται ως βάση για την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων, στις οποίες αποθηκεύονται ιατρικά δεδομένα ασθενών. Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά μερικές από τις χρήσεις των συστημάτων ονοματολογίας [191],[198],[225],[251]:

- ❖ σε ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους ασθενών
- ❖ σε ανατομικά παθολογικά συστήματα
- ❖ σε κλινικά εργαστηριακά συστήματα
- ❖ σε ραδιολογικά συστήματα
- ❖ σε συστήματα κλινικών ελέγχων
- ❖ στην τηλεϊατρική
- ❖ στις βάσεις δεδομένων αυτοψίας
- ❖ για τη δημιουργία αναφορών μολυσματικών ασθενειών
- ❖ για την αποτίμηση ιατρικών αποτελεσμάτων
- ❖ για την αναζήτηση βιβλιογραφίας
- ❖ για την κωδικοποίηση δεδομένων των επειγόντων περιστατικών
- ❖ για την κωδικοποίηση εντύπων αναφοράς περιστατικών για χρήση στην κλινική έρευνα
- ❖ για την κωδικοποίηση ιατρικής πληροφορίας και την προβολή της στο διαδίκτυο
- ❖ για τη δόμηση αποθηκών ιατρικών δεδομένων και εικόνων
- ❖ για τη δόμηση αποθηκών ασθενειών



### 2.3 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Η μορφοποίηση της σημασιολογικά όμοιας ιατρικής πληροφορίας αποτελεί ένα από τα σημαντικά ζητούμενα του χώρου της υγείας, σε ότι αφορά την ανταλλαγή της πληροφορίας μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας [39],[50],[55],[73],[74],[105],[140],[166],[249]. Παρόλ' αυτά, έχει παρατηρηθεί ότι οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας, συχνά δομούν και μορφοποιούν όμοια ιατρικά/κλινικά κείμενα με διαφορετικό τρόπο, ακόμα και στην περίπτωση που αυτοί οι οργανισμοί βρίσκονται στην ίδια υγειονομική περιφέρεια ή χώρα. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η επανάληψη ιατρικών εξετάσεων σε ασθενείς οφείλεται συχνά στην αδυναμία αναζήτησης των αποτελεσμάτων των εξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν από τους ασθενείς σε άλλους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας. Κυριότερη αιτία της έλλειψης της απαιτούμενης επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των συστημάτων των μονάδων παροχής υπηρεσιών υγείας αποτελεί η ετερογένεια (*heterogeneity*) των συστημάτων αυτών, τα οποία συχνά δομούν και αποθηκεύουν την ιατρική πληροφορία των ασθενών σε ετερογενείς μορφές [16],[21],[191],[195],[213].

Η XML (*eXtensible Markup Language*) έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια ως ένα πρότυπο (*standard*) για την επίλυση των προβλημάτων ετερογένειας (*heterogeneity*) και διαλειτουργικότητας (*interoperability*) μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων, σε ότι αφορά την ανταλλαγή μεταξύ τους κατάλληλης πληροφορίας σε τυποποιημένη μορφή [21],[53],[54],[55],[73],[74],[195],[213],[249]. Το κυριότερο προτέρημα της XML είναι η δυνατότητα δόμησης και μορφοποίησης των δεδομένων σε μορφή ηλεκτρονικών εγγράφων, τα οποία περιέχουν τα πραγματικά δεδομένα (*actual data*) και τα μεταδεδομένα (*metadata*), κάνοντας τα κατανοητά από ανθρώπους και μηχανές [252].

Ένα από τα πιο γνωστά πρότυπα για τη μορφοποίηση των ιατρικών δεδομένων είναι η τυποποίηση HL7 (*Health Level 7*). Η HL7 προτείνει την ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας σε μορφή μηνυμάτων και περιγράφει λεπτομερώς τη δομή (*structure*), τη μορφή (*format*) και το περιεχόμενο (*content*) των μηνυμάτων [27],[105],[140]. Με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, πολλά πληροφοριακά συστήματα υγείας άρχισαν να χρησιμοποιούν την XML [53],[54],[73],[74]. Η ευρεία χρήση της ώθησε τον οργανισμό HL7 να δημιουργήσει το πρότυπο CDA (*Clinical Document Architecture*) της γλώσσας XML που στοχεύει στον προσδιορισμό της κωδικοποίησης (*encoding*), της δομής (*structure*) και της σημασιολογίας (*semantics*) κλινικών εγγράφων. Το πρότυπο CDA βασίζεται στο μοντέλο HL7 RIM (*Reference Information Model*), στους τύπους δεδομένων της έκδοσης 3 του προτύπου HL7

και σε κωδικοποιημένα λεξιλόγια ιατρικών όρων (ICD, LOINC και SNOMED) [39],[53],[113],[114],[166],[191].

Κατά την παροχή ιατρικής φροντίδας εντός μιας υγειονομικής περιφέρειας είναι πιθανή η ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας των ασθενών μεταξύ των συμμετεχόντων φορέων. Ειδικότερα, οι φορείς αυτοί είναι το Γενικό Περιφερειακό Νοσοκομείο, τα υπόλοιπα νοσοκομεία και τα Κέντρα Υγείας, ενώ η ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας μπορεί να γίνει μεταξύ τουλάχιστον δύο από τους προαναφερθέντες οργανισμούς, μετά από τη λήψη στοιχείων από τους ηλεκτρονικούς φακέλους των ασθενών των οργανισμών που έχουν επισκεφθεί. Όμως, παρατηρείται σε πολλές περιπτώσεις ότι οι οργανισμοί αυτοί χρησιμοποιούν ετερογενή πληροφοριακά συστήματα για την υποστήριξη των καθημερινών εργασιών τους και αποθηκεύουν τα δεδομένα των ασθενών σε ετερογενή δομή (*structure*) και μορφή (*format*), χρησιμοποιώντας διαφορετική σημασιολογία (*semantics*), συχνά μη κατανοητή από τους άλλους οργανισμούς [155],[158],[191].

Συνεπώς, είναι αναγκαία η χρήση κατάλληλων τεχνολογιών, οι οποίες θα αναλαμβάνουν τη δόμηση και τη μορφοποίηση της ιατρικής πληροφορίας, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, ώστε να επιτυγχάνεται η ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας μεταξύ των ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Επιπροσθέτως, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.2 χρησιμοποιούνται πλέον καθιερωμένα συστήματα ονοματολογίας για τη σημασιολογική ομογενοποίηση της ιατρικής πληροφορίας [198],[225],[251]. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η ανταλλαγή τεχνολογικά μορφοποιημένης και σημασιολογικά ομογενοποιημένης ιατρικής πληροφορίας, μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας.

### 2.3.1 XML/SOAP

Ο οργανισμός W3C (*World Wide Web Consortium*), ο οποίος αναπτύσσει πρότυπα για τον παγκόσμιο ιστό (*world wide web – www*), δημιούργησε ένα νέο πρότυπο, την XML. Η XML είναι μια εφαρμογή της SGML (*Standard Generalized Markup Language*), η οποία, όπως και η HTML (*HyperText Markup Language*) είναι ειδικά σχεδιασμένη για χρήση στο παγκόσμιο ιστό (*www*). Η διαφορά μεταξύ της XML και της HTML είναι ότι η XML παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία, όσον αφορά τη διαχείριση πολύπλοκων ηλεκτρονικών εγγράφων [252]. Τα κυριότερα προτερήματα της XML είναι τα εξής:

- ❖ δυνατότητα δημιουργίας νέων ετικετών (*tags*), σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ηλεκτρονικών εγγράφων, με αποτέλεσμα την ακριβέστερη αναπαράσταση της εμπεριεχόμενης πληροφορίας
- ❖ δυνατότητα αναπαράστασης πολύπλοκων σχέσεων (δέντρα και σχέσεις κληρονομικότητας) μεταξύ των δεδομένων των εγγράφων
- ❖ ακριβής αναπαράσταση της δομής (*structure*) και της σημασιολογίας (*semantics*) των εγγράφων, με αποτέλεσμα την ευκολότερη αναζήτησή τους
- ❖ διαχωρισμός του περιεχομένου (*content*) των εγγράφων από την εμφάνισή (*layout*) τους, με τρόπο ώστε η οποιαδήποτε αλλαγή στην εμφάνιση των δεδομένων να μην τα επηρεάζει.

Στην XML επιτρέπεται η ομαδοποίηση κάποιων εγγράφων με τη χρήση ενός DTD (*Document Type Definition*) ή ενός σχήματος XML (*XML schema*). Ο DTD χρησιμοποιείται εδώ και είκοσι περίπου χρόνια ως τμήμα της SGML, ενώ το σχήμα XML (*XML schema*) είναι σχετικά πρόσφατο. Το σχήμα XML διατηρεί προβάδισμα σε σχέση με το DTD, λόγω των προτερημάτων του (παραδείγματος χάριν υποστήριξη τύπων δεδομένων στα ηλεκτρονικά έγγραφα XML) και για το λόγο αυτό τείνει να το αντικαταστήσει. Συγκεκριμένα, είναι πιο ευέλικτο από το DTD, επειδή είναι γραμμένο σε XML, είναι επεκτάσιμο (*extensible*) και επαναχρησιμοποιήσιμο (*reusable*) σε άλλα σχήματα XML. Επιπλέον, υποστηρίζει την περιγραφή τύπων δεδομένων και τη δημιουργία νέων τύπων από άλλους τυποποιημένους [252].

Όπως προαναφέρθηκε στα προτερήματα της XML, η γλώσσα αυτή επιτρέπει το διαχωρισμό της δομής και του περιεχομένου των εγγράφων από την παρουσίασή τους. Ο διαχωρισμός αυτός, ουσιαστικά ισοδυναμεί με την αναπαράσταση της αναλυτικής δομής του περιεχομένου του εγγράφου (μεταδεδομένα – *metadata*) και των δεδομένων του, σε μια μορφή ανεξάρτητη από την παρουσίαση του [191],[195],[252]. Συνεπώς, οι οποιοσδήποτε αλλαγές στην παρουσίαση δεν επηρεάζουν την αναλυτική δομή των εγγράφων και επομένως καθίσταται δυνατή η δημιουργία πολλών διαφορετικών παρουσιάσεων για τα ίδια έγγραφα, με επακόλουθο η πληροφορία που περιέχεται σε αυτά να εμφανίζεται σε διάφορα μέσα, όπως σε υπολογιστές χειρός (*palmtops*) και κινητά τηλέφωνα [166].

Για την παρουσίαση των εγγράφων XML σε διάφορες μορφές χρησιμοποιούνται διαφορετικά XML style sheets, τα οποία αναπτύσσονται μέσω της XSL (*eXtensible Style Language*). Αναλυτικά, με τη βοήθεια του μετασχηματισμού XSLT (*eXtensible Style Language Transformation*), τα ηλεκτρονικά έγγραφα XML (*XML documents*) μετατρέπονται σε σελίδες

HTML και παρουσιάζονται στους χρήστες μέσω περιηγητών ιστού (*web browsers*). Επίσης, με τη χρήση κατάλληλων μετασχηματισμών τα ηλεκτρονικά έγγραφα XML τροποποιούνται σε έγγραφα PDF και σε διάφορες άλλες μορφές [252].

Τον τελευταίο καιρό, η XML λόγω της πληθώρας των προτερημάτων που προσφέρει χρησιμοποιείται ευρέως από πολλά πληροφοριακά συστήματα για τη μορφοποίηση των δεδομένων, σε ηλεκτρονικά έγγραφα και για την ανταλλαγή τους μεταξύ διαφόρων οργανισμών, μέσω του διαδικτύου. Ειδικότερα σε ότι αφορά τον τομέα της υγείας, η XML έχει υιοθετηθεί από πολλά πληροφοριακά συστήματα υγείας για την καταγραφή (*tagging*) των ιατρικών δεδομένων, τον έλεγχο της εγκυρότητάς τους (*data validity*) και τη δόμηση (*data structure*) των καταγεγραμμένων ιατρικών δεδομένων σε μορφή ηλεκτρονικών ιατρικών εγγράφων. Επιπροσθέτως, οι συνεχείς βελτιώσεις στα δίκτυα, στην ταχύτητα των επεξεργασιών και στις τεχνικές συμπιέσεις καθιστά ακόμη πιο εφικτή και αποτελεσματική τη χρήση της XML από τα πληροφοριακά συστήματα γενικά και τα πληροφοριακά συστήματα υγείας ειδικότερα [16],[21],[39],[73],[74],[213].

Η χρήση της γλώσσας XML ευνοείται ακόμη περισσότερο, λόγω της εξέλιξης των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΣΔΒΔ) για την αποθήκευση των ηλεκτρονικών εγγράφων XML σε πίνακες των βάσεων δεδομένων, καθώς και λόγω της ενσωμάτωσης συναρτήσεων στα ΣΔΒΔ για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αυτών εγγράφων. Για παράδειγμα, ένα πληροφοριακό σύστημα υγείας μπορεί να διατηρεί δεδομένα σε σχεσιακή μορφή και σε μορφή ηλεκτρονικών εγγράφων XML, να τα αποθηκεύει στις ίδιες βάσεις δεδομένων και να χρησιμοποιεί τις ενσωματωμένες συναρτήσεις που παρέχονται από αυτά για τη διαχείριση των δεδομένων και των εγγράφων. Επιπλέον, με τη χρήση των ενσωματωμένων συναρτήσεων των ΣΔΒΔ είναι δυνατή η ανάκτηση σχεσιακών δεδομένων σε μορφή ηλεκτρονικών εγγράφων XML [135],[142],[180].

Οι προαναφερθείσες δυνατότητες των νέων ΣΔΒΔ είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στο χώρο της υγείας, καθώς μεγάλος όγκος δεδομένων παράγεται καθημερινά από ετερογενή πληροφοριακά συστήματα και ανταλλάσσεται μεταξύ οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Για παράδειγμα, ένα οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιεί τις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές του για την αποθήκευση των δεδομένων του σε σχεσιακή μορφή. Στη συνέχεια, μπορεί να μετατρέπει τα σχεσιακά δεδομένα σε μορφή ηλεκτρονικών εγγράφων XML, με τη βοήθεια των συναρτήσεων του χρησιμοποιούμενου ΣΔΒΔ, προκειμένου να αποσταλούν σε άλλους οργανισμούς. Επίσης, ένας οργανισμός παροχής υπηρεσιών υγείας μπορεί να λαμβάνει ηλεκτρονικά έγγραφα XML, να τα αποθηκεύει στις βάσεις δεδομένων του και να τα

διαχειρίζεται με την βοήθεια των παρεχόμενων ενσωματωμένων συναρτήσεων του χρησιμοποιούμενου ΣΔΒΔ. Επιπλέον, τα ηλεκτρονικά έγγραφα XML που ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας μπορούν να μετασχηματίζονται σε σελίδες HTML και να παρουσιάζονται μέσω περιηγητών ιστού (*web browser*) στους χρήστες.

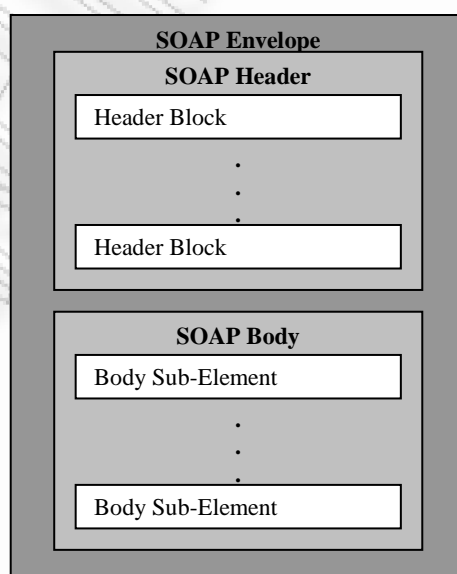
Μια απαραίτητη προϋπόθεση για την ανταλλαγή ηλεκτρονικών εγγράφων XML (*XML documents*) είναι η αμοιβαία κατανόηση του περιεχομένου των εγγράφων από τον αποστολέα και τον παραλήπτη διαφορετικών οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός κοινού σχήματος XML (*XML schema*), με βάση το οποίο αναπαρίστανται τα ανταλλασσόμενα ηλεκτρονικά έγγραφα XML. Ακόμη, πρέπει να αναφέρουμε ότι έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες, τόσο για τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των διαφορετικών σχημάτων XML, όσο και για την ολοκλήρωση ετερογενών σχημάτων XML. Σκοπός αυτών των συνδέσεων είναι οι οργανισμοί που ανταλλάσσουν ηλεκτρονικά έγγραφα να διατηρούν διαφορετικά σχήματα XML για τους ίδιους τύπους εγγράφων [160],[206].

Το SOAP (*Simple Object Access Protocol*) είναι ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής δεδομένων που προτάθηκε ως μέσο για την ανταλλαγή ηλεκτρονικών εγγράφων XML. Είναι βασισμένο στην XML και επιτρέπει στις εφαρμογές να ανταλλάσσουν δεδομένα σε μορφή μηνυμάτων, μέσω του διαδικτύου. Συγκεκριμένα, το SOAP θεωρείται πρωτόκολλο επικοινωνίας επιπέδου εφαρμογών (*application layer*), αλλά και μέθοδος ανταλλαγής ηλεκτρονικών εγγράφων σε μορφή μηνυμάτων. Είναι διαλειτουργικό (*interoperable*) και συνεπώς, ανεξάρτητο από την πλατφόρμα λογισμικού και υλικού που μπορεί να χρησιμοποιούν οι οργανισμοί που ανταλλάσσουν τα δεδομένα με τη μορφή μηνυμάτων SOAP. Η τελευταία έκδοση του SOAP είναι η version 1.2 [253].

Ένας από τους κυριότερους στόχους της ανάπτυξης του SOAP είναι ο διαχωρισμός των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου από την υλοποίηση του ίδιου του πρωτοκόλλου επικοινωνίας, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η μεταφορά των μηνυμάτων SOAP, τόσο με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο, όσο και με άλλα. Το SOAP αποτελεί ουσιαστικά ένα μηχανισμό ανταλλαγής μηνυμάτων μιας κατεύθυνσης (*one way*), οπότε και παρέχει πλήρη περιγραφή των απαραίτητων ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν από ένα κόμβο SOAP (παραλήπτης) κατά την λήψη ενός μηνύματος SOAP. Πιο πολύπλοκα σενάρια αλληλεπίδρασης και ανταλλαγής μηνυμάτων μιας κατεύθυνσης (παραδείγματος χάριν αίτημα/απάντηση, αίτημα/πολλαπλές απαντήσεις, κ.α.), μεταξύ ενός αποστολέα και ενός ή περισσότερων παραληπτών μηνυμάτων μπορούν να δημιουργηθούν από εφαρμογές που

ανταλλάσσουν πολλά μηνύματα μιας κατεύθυνσης, καθώς και από τις δυνατότητες που προσφέρονται από τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Το SOAP δεν καθορίζει τη σημασιολογία των δεδομένων των εφαρμογών που περιέχονται στα μηνύματα, όπως και δεν καθορίζει θέματα που αφορούν στη δρομολόγηση των μηνυμάτων SOAP, στην αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων και στο πέρασμα των μηνυμάτων από τείχη προστασίας (*firewalls*). Η λειτουργία του SOAP αφορά αποκλειστικά στην παροχή του πλαισίου εργασίας, σύμφωνα με το οποίο μεταφέρεται συγκεκριμένη πληροφορία εφαρμογών [91],[253].

Ένα μήνυμα SOAP, η δομή του οποίου αναπαρίσταται στο Σχήμα 1, περιέχει ένα φάκελο (*envelope*), ο οποίος αποτελείται από την επικεφαλίδα (*header*) και το κυρίως μέρος (*body*) του μηνύματος. Η επικεφαλίδα σε ένα μήνυμα SOAP είναι προαιρετική και περιέχει επιπλέον πληροφορία από αυτή που περιλαμβάνεται στο κυρίως μέρος του μηνύματος. Σε περίπτωση που σε ένα μήνυμα SOAP υπάρχει επικεφαλίδα, αυτό είναι το πρώτο στοιχείο του φακέλου που έχει να κάνει με την αυθεντικοποίηση, την καθοδήγηση και την επεξεργασία του μηνύματος. Οι επικεφαλίδες στα μηνύματα SOAP χρησιμοποιούνται για διάφορους λόγους, ένας από τους οποίους είναι για τον καθορισμό των ενδιάμεσων κόμβων που παρεμβάλλονται μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη του μηνύματος (διαδρομή μηνύματος SOAP). Ένας ενδιάμεσος κόμβος στη διαδρομή ενός μηνύματος SOAP μπορεί να εξετάσει την πληροφορία της επικεφαλίδας του μηνύματος, να εισάγει ή να αφαιρέσει πληροφορία από αυτή, αλλά και να προσθέσει επιπλέον ενδιάμεσους κόμβους στη διαδρομή του μηνύματος [91],[133],[253]. Το κυρίως μέρος αποτελεί επίσης στοιχείο του μηνύματος και βρίσκεται μέσα στο φάκελό του. Ουσιαστικά περιέχει την πληροφορία που μεταφέρεται από τον αποστολέα στον παραλήπτη του μηνύματος.



Σχήμα 2-1: Η δομή ενός μηνύματος SOAP

Με τη χρήση του SOAP, κάθε υπολογιστής που είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο μπορεί να διαμοιράζει δεδομένα και πηγές δεδομένων σε κάθε άλλο υπολογιστή, επίσης συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο [91]. Στον ιατρικό τομέα, η χρήση του SOAP μπορεί να ενισχύσει την ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας σε μορφή μηνυμάτων, μεταξύ οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας που βρίσκονται στην ίδια ή σε διαφορετική υγειονομική περιφέρεια, της ίδιας ή και διαφορετικής χώρας. Το SOAP αλλάζει τη μορφή του διαδικτύου και συγκεκριμένα μεταβαίνουμε από το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (*client-server*), σύμφωνα με το οποίο οι πελάτες (*clients*) ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω εξυπηρετητών (*servers*) σε ένα κατακεντρωμένο διομότιμο μοντέλο (*peer-to-peer*).

Στο διομότιμο μοντέλο (*peer-to-peer*) οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο μπορούν να ανταλλάσσουν απευθείας δεδομένα μεταξύ τους [91],[133]. Στο ιατρικό χώρο, η χρήση του διομότιμου μοντέλου (*peer-to-peer*) έχει πολλές θετικές επιπτώσεις [108]. Συγκεκριμένα, το SOAP μπορεί να χρησιμοποιηθεί εντός μιας υγειονομικής περιφέρειας για την απευθείας ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας, μέσω μηνυμάτων μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Φυσικά, ένα τέτοιο μοντέλο επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφορίας απαιτεί την εφαρμογή κατάλληλων τεχνολογιών ασφάλειας, ώστε να διασφαλίζεται η ανταλλασσόμενη πληροφορία [45],[70].

Κατά συνέπεια, στο πλαίσιο μιας υγειονομικής περιφέρειας, τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών συλλέγονται, καταχωρούνται και διατηρούνται κατακεντρωμένα αρχικά στους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας και κατόπιν ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανισμών σε μορφή μηνυμάτων SOAP, μετά από απαίτηση βέβαια εξουσιοδοτημένων χρηστών. Εναλλακτικά, με τη χρήση του SOAP τα ιατρικά δεδομένα μπορούν να διατηρούνται στους οργανισμούς που συλλέγονται και στη συνέχεια να αποστέλλονται με τη μορφή μηνυμάτων SOAP και να αποθηκεύονται κεντρικά σε αποθήκες ιατρικής πληροφορίας. Πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα θα δίνεται μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες, οι οποίοι θα μπορούν να προσπελάσουν τις αποθήκες ιατρικής πληροφορίας.

### 2.3.2 HL7

Ο οργανισμός HL7 (*Health Level Seven Inc.*) δημιουργήθηκε το 1987 στις Η.Π.Α. με σκοπό την ανάπτυξη προτύπων για την ηλεκτρονική και αυτόματη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Το πρότυπο HL7 χρησιμοποιείται παγκοσμίως και θεωρείται το πλέον χρησιμοποιούμενο πρότυπο ανταλλαγής πληροφορίας σε κλινικά περιβάλλοντα, υπό μορφή μηνυμάτων. Στην Ευρώπη έχει διαδοθεί ως πρότυπο

ανταλλαγής πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών ιατρικών και κλινικών υποσυστημάτων. Σχεδόν όλα τα ευφυή διαγνωστικά μηχανήματα (ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός) το υποστηρίζουν και σχεδόν όλα τα πληροφοριακά συστήματα υγείας υψηλού επιπέδου χρησιμοποιούν τους κανόνες ανταλλαγής μηνυμάτων του, προκειμένου να αποστέλλουν και να λαμβάνουν μηνύματα HL7 [27],[53],[54],[73],[74],[105],[112],[140].

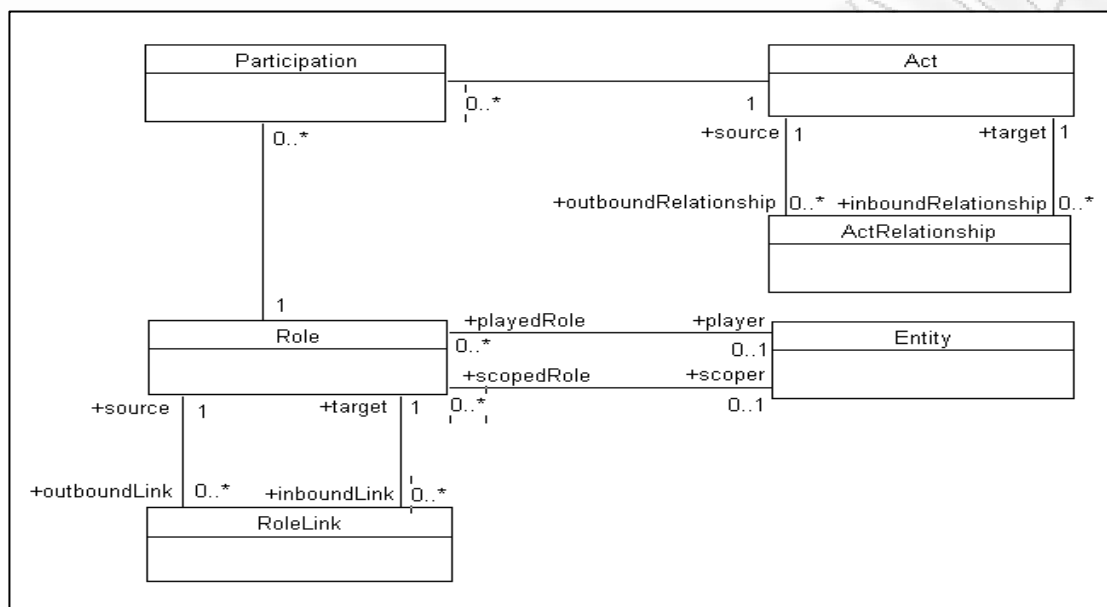
Η τελευταία έκδοση του HL7 είναι η version 3.0, της οποίας η υλοποίηση παρέχει μια σαφή αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται στα πεδία ενός μηνύματος HL7 και επομένως διευκολύνει στην ανταλλαγή συγκρίσιμων δεδομένων μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Το κυριότερο στοιχείο αυτής της έκδοσης είναι το μοντέλο RIM (*Reference Information Model*), το οποίο συχνά αναπαρίσταται σε ανώτερο επίπεδο αφαίρεσης με ένα μοντέλο κλάσεων (*class model*) στη γλώσσα UML (*Unified Modeling Language*) [27]. Στο Σχήμα 2-2 αναπαρίσταται ένα μοντέλο κλάσεων με τις κυριότερες κλάσεις του μοντέλου RIM. Το RIM αποτελεί μια απεικόνιση των κλινικών δεδομένων και αναπαριστά τον κύκλο ζωής των γεγονότων που περιέχονται σε ένα μήνυμα ή σε ομάδες από συσχετιζόμενα μηνύματα (π.χ. μια εντολή για ακτινολογική εξέταση). Επιπλέον, αναπαριστά τις σημασιολογικές (*semantic*) συνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ των πληροφοριών που μεταφέρονται στα πεδία ενός μηνύματος HL7 και αποτελεί ένα κοινό μοντέλο που χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς για τη δημιουργία μηνυμάτων HL7.

Συγκεκριμένα το μοντέλο RIM αποτελείται από τις ακόλουθες έξι κυριότερες κλάσεις:

- ❖ *Act*: η κλάση αυτή αναπαριστά τις ενέργειες που εκτελούνται και οι οποίες πρέπει να τεκμηριωθούν κατά τη διάρκεια παροχής και διαχείρισης της ιατρικής φροντίδας. Παραδείγματα ενεργειών αποτελούν μια κλινική παρατήρηση (*clinical observation*), μια εκτίμηση για κάποια κατάσταση υγείας (*an assessment of health condition*), μια θεραπευτική αγωγή (*treatment service*) και πολλά άλλα
- ❖ *Participation*: η κλάση αυτή εκφράζει το περιεχόμενο μιας ενέργειας (*act*) σχετικά με το ποιος τη διεκπεραίωσε, ποιος την εκτέλεσε, πότε πραγματοποιήθηκε η εκτέλεση κ.α.
- ❖ *Entity*: η κλάση αυτή αναπαριστά τις φυσικές οντότητες και τα αντικείμενα που λαμβάνουν μέρος στην παροχή ιατρικής φροντίδας. Για παράδειγμα, φυσικές οντότητες μπορεί να είναι ένα άτομο, μια ομάδα ατόμων, ένας οργανισμός κ.α.
- ❖ *Role*: η κλάση αυτή καθορίζει τους ρόλους με τους οποίους συμμετέχουν οι οντότητες (*entities*) κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ενεργειών (*act*) παροχής ιατρικής φροντίδας



- ❖ ActRelationship: η κλάση αυτή αναπαριστά τις συνδέσεις που δημιουργούνται μεταξύ δύο ενεργειών (*act*), όπως είναι η σχέση μεταξύ μιας αίτησης για εξέταση και η ίδια η εξέταση
- ❖ RoleLink: η κλάση αυτή αναπαριστά τις σχέσεις μεταξύ ξεχωριστών ρόλων (*role*).



**Σχήμα 2-2:** Ένα μοντέλο κλάσεων με τις κυριότερες κλάσεις του μοντέλου RIM

Οι κλάσεις του μοντέλου RIM διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: σε αυτές που αναπαριστούν ευδιάκριτες έννοιες και δε χρειάζονται περαιτέρω χαρακτηριστικά ή σχέσεις και σε εκείνες τις κλάσεις που απαιτούν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά ή σχέσεις για την αναπαράστασή τους. Οι κλάσεις της πρώτης περίπτωσης αναπαρίστανται ως ένας μοναδικός κωδικός στο λεξιλόγιο του RIM. Όσον αφορά τις κλάσεις της δεύτερης κατηγορίας και όταν αυτά τα επιπλέον χαρακτηριστικά που απαιτούνται δεν κληρονομούνται από τις γονικές κλάσεις, στο μοντέλο RIM προστίθενται κλάσεις εξειδίκευσης (*specification classes*) ή υπομοντέλα (*sub-models*). Συγκεκριμένα, οι κλάσεις Act, Entity και Role αναπαρίστανται στο μοντέλο RIM από μια ομάδα από κλάσεις εξειδίκευσης ή υπομοντέλα.

Επιπλέον, οι κλάσεις αυτές περιλαμβάνουν τα παρακάτω κωδικοποιημένα χαρακτηριστικά, τα οποία χρησιμεύουν για το σαφή προσδιορισμό της έννοιας που μοντελοποιούν [27]:

- ❖ classCode (για τις κλάσεις Act, Entity and Role): το χαρακτηριστικό αυτό εξειδικεύει καλύτερα τη συγκεκριμένη κλάση ή έννοια
- ❖ moodCode (για την κλάση Act) και determinerCode (για την κλάση Entity): το χαρακτηριστικό αυτό διαχωρίζει εάν η κλάση αναπαριστά ένα στιγμιότυπο (instance) ή ένα είδος (kind) της κλάσης Act ή της κλάσης Entity

- ❖ code (για τις κλάσεις Act, Entity and Role): το χαρακτηριστικό αυτό παρέχει επιπλέον ταξινόμηση για μια συγκεκριμένη τιμή classCode.

Οι άλλες τρεις κλάσεις, οι Participation, ActRelationship και RoleLink δεν αναπαριστώνται από κλάσεις γενίκευσης ή εξειδίκευσης. Ωστόσο, αυτές οι κλάσεις αναπαριστούν άλλες έννοιες, όπως τα διαφορετικά είδη σχέσεων μεταξύ των στιγμιοτύπων των κλάσεων Act [27]. Σε ένα μήνυμα HL7, συχνά εφαρμόζονται μία ή περισσότερα πρότυπα HL7 (*HL7 templates*) για την αναπαράσταση του μηνύματος για μια συγκεκριμένη περίπτωση. Συγκεκριμένα, μια φόρμα HL7 είναι μια δομή δεδομένων βασισμένη στο μοντέλο RIM, η οποία εκφράζει το περιεχόμενο ενός μηνύματος που απαιτείται σε ένα συγκεκριμένο κλινικό ή διαχειριστικό περιβάλλον [27],[112].

### 2.3.3 CDA

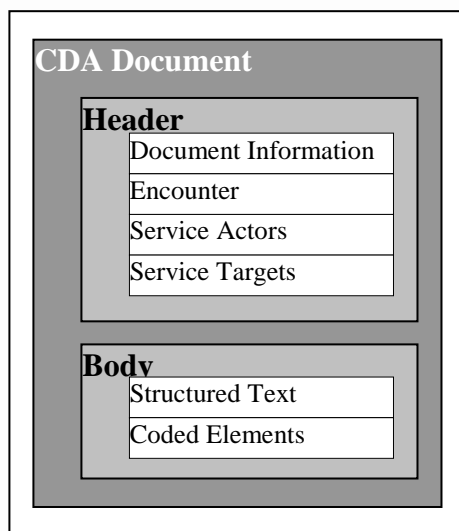
Η ευρεία χρήση της γλώσσας XML για την ανταλλαγή δεδομένων μέσω διαδικτύου ώθησε τον οργανισμό HL7 στην ανάπτυξη του προτύπου CDA (*Clinical Document Architecture*). Το πρότυπο CDA παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρονικών ιατρικών εγγράφων XML (*XML clinical documents*) με ιατρικά δεδομένα ασθενών και την ανταλλαγή τους, μέσω διαδικτύου μεταξύ οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Επιπλέον, στο πρότυπο CDA χρησιμοποιούνται διεθνώς αναγνωρισμένα συστήματα ονοματολογίας για την κωδικοποίηση των ιατρικών δεδομένων που περιέχονται στα έγγραφα, ώστε το περιεχόμενο των κωδικοποιημένων πλέον ηλεκτρονικών εγγράφων να γίνεται απόλυτα κατανοητό [73],[74],[112].

Πιο αναλυτικά, το πρότυπο CDA προσδιορίζει τη δομή (*structure*) και τη σημασιολογία (*semantics*) των κλινικών εγγράφων που δημιουργούνται και ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας και των τμημάτων τους. Βασίζεται στη γλώσσα XML, στο μοντέλο RIM και στους τύπους δεδομένων της τρίτης έκδοσης της τυποποίησης HL7, καθώς και σε κωδικοποιημένα λεξιλόγια ιατρικών όρων [27],[73],[74],[112]. Με τη χρήση του προτύπου CDA για τη δημιουργία κλινικών εγγράφων, προκύπτουν έγγραφα που είναι ηλεκτρονικά επεξεργάσιμα από τις μηχανές και αναγνώσιμα από τους ανθρώπους. Τα ηλεκτρονικά έγγραφα CDA μπορούν να εμφανίζονται μέσω περιηγητών ιστού (*web browsers*) που υποστηρίζουν τη γλώσσα XML κι επιπροσθέτως, μπορούν να εμφανίζονται σε διάφορες συσκευές όπως για παράδειγμα σε υπολογιστές χειρός (*palmtops*) [73],[74].

Η πρώτη έκδοση του προτύπου CDA παρουσίασε την έννοια των επιπέδων, η οποία γινόταν αντιληπτή από τις ομάδες των ιεραρχικών XML DTDs ή των σχημάτων XML (*XML schemas*) που καθόριζαν τη δομή των ηλεκτρονικών εγγράφων CDA. Αυτή η ιεραρχία δημιούργησε την αρχιτεκτονική του κλινικού εγγράφου. Στη δεύτερη έκδοση του CDA που είναι και η τελευταία, η έννοια των επιπέδων παραμένει αλλά ο τρόπος αναπαράστασης των ιεραρχιών μεταβλήθηκε. Συγκεκριμένα, προτάθηκε ένα σχήμα XML, το οποίο καθορίζει τη δομή και τη σημασιολογία των ηλεκτρονικών εγγράφων CDA. Σε αυτό το σχήμα, όπως και στα μηνύματα HL7 μπορούν να εφαρμοστούν μια ή περισσότερες φόρμες HL7 (*HL7 templates*) για τον περιορισμό των δεδομένων των ηλεκτρονικών εγγράφων CDA, όσον αφορά συγκεκριμένες περιπτώσεις [73],[74],[112]. Το πρότυπο CDA αναπτύχθηκε για τους εξής λόγους:

- ❖ για την τυποποίηση της δομής των διαφορετικών τύπων κλινικών εγγράφων
- ❖ για την υποστήριξη της ανταλλαγής της ιατρικής πληροφορίας, σε μορφή αναγνώσιμη από τους ανθρώπους και ταυτόχρονα επεξεργάσιμη από τις μηχανές
- ❖ για την υποστήριξη της μακροβιότητας της πληροφορίας με διαχωρισμό των δεδομένων από τα συστήματα αποθήκευσής τους, ώστε τα δεδομένα να είναι ανεξάρτητα από την πλατφόρμα υλικού ή λογισμικού των συστημάτων αποθήκευσης
- ❖ για την τοπική και διεθνή υιοθέτηση ενός κοινού προτύπου δόμησης των διαφορετικών τύπων κλινικών εγγράφων.

Στο σχήμα XML του προτύπου CDA, περιγράφεται η πληροφορία που πρέπει ή ενδέχεται να περιέχει ένα κλινικό έγγραφο, η παρουσίαση αυτής της πληροφορίας και η θέση της μέσα στο έγγραφο. Συγκεκριμένα, ένα ηλεκτρονικό έγγραφο CDA περιέχει μια επικεφαλίδα (*header*) και το κυρίως μέρος (*body*) του εγγράφου. Στην επικεφαλίδα περιέχεται πληροφορία σχετικά με το έγγραφο, συμπεριλαμβανομένης της έκδοσής του, του περιστατικού που προκάλεσε τη δημιουργία του εγγράφου, τους παρόχους υπηρεσιών (ιατροί) και τους αποδέκτες τους (ασθενείς). Η πληροφορία που περιέχεται στην επικεφαλίδα των ηλεκτρονικών εγγράφων CDA ενδυναμώνει την ανταλλαγή ηλεκτρονικών κλινικών εγγράφων, εντός και μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας, διευκολύνει τη διαχείριση των εγγράφων αυτών και βοηθάει στην ενσωμάτωσή τους στα συστήματα ΗΙΦ (Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου). Το κυρίως μέρος ενός ηλεκτρονικού εγγράφου CDA περιέχει τα δεδομένα του περιστατικού που προκάλεσε τη δημιουργία του εγγράφου και μπορεί να είναι είτε σε δομημένη, είτε σε μη δομημένη μορφή [39],[73],[74],[112],[166]. Η δομή του προτύπου CDA φαίνεται στο Σχήμα 2-3.



Σχήμα 2-3: Η δομή ενός εγγράφου CDA

Το πρότυπο CDA έχει χρησιμοποιηθεί σε ερευνητικές εφαρμογές στο χώρο της υγείας και στο μέλλον πρόκειται να χρησιμοποιείται στο μέλλον ως τυποποιημένο μέσο για τη δημιουργία ηλεκτρονικών κλινικών εγγράφων με δομή (*structure*), μορφή (*format*) και σημασιολογία (*semantics*), κατανοητές από όλους τους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας. Επιπλέον, αναμένεται να αποτελέσει τυποποιημένο μέσο δόμησης της ιατρικής πληροφορίας που περιλαμβάνεται στα συστήματα ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων [73],[74],[112].

#### 2.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Στο χώρο της υγείας, κατά την παροχή ιατρικής φροντίδας συχνά συμμετέχουν πολλοί οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας, οι οποίοι εκτελούν διάφορες αλληλεξαρτώμενες (*interdependent*) και κατανεμημένες (*distributed*) δραστηριότητες. Η ανάγκη, καταρχήν για υποστήριξη και διασύνδεση αυτών των δραστηριοτήτων και κατόπιν για μείωση του κόστους και βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών φροντίδας υγείας οδηγούν στη διασύνδεση των οργανισμών, μέσω δικτύων παροχής υπηρεσιών υγείας που, όμως επικεντρώνονται στις ανάγκες των ασθενών [44],[192],[202]. Ειδικότερα, η παροχή ολοκληρωμένης (*integrated*) και συνεργατικής ιατρικής φροντίδας (*shared care*) και η υποστήριξη της συνέχειας στην παροχή ιατρικής φροντίδας (*continuity of care*) απαιτεί τη συνεργασία (*collaboration*), τη συνέργεια (*cooperation*) και το συντονισμό (*coordination*) των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Αναγκαία προϋπόθεση για την επίτευξη των στόχων αυτών είναι η αναπαράσταση της παροχής υπηρεσιών υγείας με διαδικασίες

(*processes*), ενδο-επιχειρησιακές (*intra-organizational*), οι οποίες διαπερνούν οριζόντια τις οργανωτικές δομές των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας ή διεπιχειρησιακές (*inter-organizational*) που διαπερνούν οριζόντια τους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας [2],[7],[23],[44],[192],[193]. Σ' αυτό το πλαίσιο, συχνά απαιτείται και η μοντελοποίηση του υπό μελέτη χώρου με τη χρήση επιχειρησιακών και διεπιχειρησιακών διαδικασιών παροχής φροντίδας υγείας. Η μοντελοποίηση αυτή θέτει τη βάση για την ευθυγράμμιση και τη βελτίωση των διαδικασιών, με αποτέλεσμα τόσο η τυποποίηση τους, όσο και η τήρησή τους σε όλο το εύρος των συστημάτων ιατρικής φροντίδας να αποτελεί την επιτακτικότερη ανάγκη που πρέπει να ικανοποιούν τα σύγχρονα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα υγείας [2],[5],[157],[189],[192],[193]. Στην παρούσα διατριβή, αφού μελετάται η ανάπτυξη δικτυοκεντρικών συστημάτων δίνεται περισσότερη έμφαση στην αναπαράσταση διεπιχειρησιακών διαδικασιών. Η αναπαράσταση αυτή γίνεται με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών, μία από τις οποίες είναι η τεχνολογία της ροής εργασιών (*workflow technology*), διαφόρων αρχιτεκτονικών όπως είναι η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (*SOA-Service Oriented Architecture*) και διαφόρων γλωσσών όπως είναι η BPEL (*Business Process Execution Language*) που πρόκειται να μελετηθούν στο σύνολο τους στο επόμενο κεφάλαιο.

Η τεχνολογία ροής εργασιών παρέχει εν γένει, ένα μέσο για την τυποποίηση (μοντελοποίηση) και τη βελτίωση των διαδικασιών και ειδικότερα, των διαδικασιών παροχής φροντίδας υγείας. Σε ότι αφορά το χώρο της υγείας, η χρήση της τεχνολογίας ροής εργασιών συμβάλλει στα ακόλουθα [2],[6],[7],[44],[148],[169],[192],[194]:

- ❖ στην παράλειψη των δραστηριοτήτων που επαναλαμβάνονται άσκοπα
- ❖ στην αυτοματοποίηση δραστηριοτήτων
- ❖ στη μεταφορά του ελέγχου της ροής της εργασίας μεταξύ των συμμετεχόντων φορέων
- ❖ στην παροχή της κατάλληλης πληροφορίας των ασθενών τη στιγμή που απαιτείται
- ❖ στον κατάλληλο συντονισμό των ενεργειών των συμμετεχόντων επαγγελματιών υγείας
- ❖ στην απλοποίηση των διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας.

Συνεπώς, η χρήση της τεχνολογίας ροής εργασιών συμβάλλει στην ενίσχυση της συνεργασίας (*collaboration*), της συνέργειας (*cooperation*) και του συντονισμού (*coordination*) των ενεργειών των επαγγελματιών υγείας και των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας που συμμετέχουν με διαφορετικούς ρόλους στη διαδικασία παροχής ιατρικής φροντίδας [7],[169],[192],[193].

Ένα σημαντικό εργαλείο της τεχνολογίας ροής εργασιών αποτελούν τα συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας-ΣΔΡΕ (*Workflow Management Systems-WFMS*), τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων, βασισμένων στις ροές εργασίας, τα λεγόμενα Συστήματα Ροής Εργασίας - ΣΡΕ. Με την ανάπτυξη ΣΡΕ επιτυγχάνονται η συνεργασία και η συνέργεια μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας, ενώ ο συντονισμός τους παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης, εκτέλεσης και διαχείρισης των διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας, καθώς και διασύνδεσης των επιμέρους εφαρμογών ή των εφαρμογών και των χρηστών. Ακολούθως, η ενσωμάτωση των ΣΔΡΕ στα πληροφοριακά συστήματα υγείας για την ανάπτυξη συστημάτων, βασισμένων στις ροές εργασίας βοηθάει στην προσαρμογή των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας στις σύγχρονες και διαρκώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις [7],[44],[118],[169].

Τα ΣΔΡΕ προάγουν την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων βασισμένων σε ανεξάρτητα συστατικά (*component-oriented information systems*), διαχωρίζοντας παράλληλα τη λογική των διαδικασιών από αυτή των εφαρμογών [118],[148]. Η λογική των διαδικασιών υλοποιείται από τα ΣΔΡΕ, ενώ η λογική των εφαρμογών υλοποιείται από τα προγράμματα εφαρμογών, τα οποία αντιστοιχούν σε δραστηριότητες των διαδικασιών και καλούνται από αυτές κατά την εκτέλεση τους. Στο σημείο αυτό παρατηρείται μια σημαντική διαφορά από τα παλαιότερα πληροφοριακά συστήματα, τα οποία σε αντίθεση με τα σύγχρονα συνήθιζαν να ενσωματώνουν τη λογική των διαδικασιών και τη λογική των εφαρμογών στα προγράμματα εφαρμογών [7],[118],[192],[193]. Πλέον, στα συστήματα που περιλαμβάνουν ροές εργασίας (ΣΡΕ) τα προγράμματα εφαρμογών δρουν ως ανεξάρτητες υπολογιστικές ενότητες, οι οποίες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην ίδια διαδικασία ή ακόμα και σε άλλες. Επιπλέον, τα ΣΔΡΕ υποστηρίζουν την εκκίνηση υπαρχόντων εφαρμογών (επεξεργαστές κειμένου, λογιστικά φύλλα) κατά την εκτέλεση δραστηριοτήτων των διαδικασιών και τη χρήση υπαρχόντων εφαρμογών για την υλοποίηση δραστηριοτήτων των διαδικασιών. Γι' αυτό συχνά τα ΣΡΕ χρησιμοποιούνται και ως ενδιάμεση τεχνολογία για την ολοκλήρωση διαφόρων εφαρμογών [6],[148],[192],[193].

Η τεχνολογία της ροής εργασίας έχει εξελιχθεί περαιτέρω σε ότι αφορά τα δικτυοκεντρικά συστήματα. Συγκεκριμένα, περιγράφει τις διεργασίες όλου του συστήματος με τη χρήση διεπιχειρησιακών διαδικασιών, οι οποίες ακολουθώντας τη λογική της ροής εργασίας λειτουργούν για να εξυπηρετήσουν την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης και της αποδοτικότητας. Για το λόγο αυτό δημιουργούνται υπηρεσίες, οι οποίες συνήθως είναι ένα σύνολο αυτόνομων επιχειρησιακών διαδικασιών που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες και μπορούν να υπάρξουν σε οποιαδήποτε περιβάλλον, ανεξαρτήτως υλικού και λογισμικού.

Παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει μια καινούρια υπηρεσία από ήδη υπάρχοντες και να την ορίσει ως νέα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι υπηρεσίες αυτές είναι υπηρεσίες δικτύου (*web services*) και βασίζονται στα πρότυπα που επικρατούν για την παροχή των υπηρεσιών σε ένα δικτυακό περιβάλλον. Στον τομέα της υγείας, η αίτηση για μια εξέταση ή η αναπλήρωση αποθέματος νοσοκομείου είναι παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για τον προσδιορισμό διοργανωσιακών ροών εργασίας (*interorganizational workflow*) και για το λόγο αυτό έχουν προταθεί πολλές γλώσσες, μία από τις οποίες είναι η BPEL (*Business Process Execution Language*), η οποία θα μελετηθεί διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο. Εν συντομία, η γλώσσα αυτή επιτρέπει τη σύνθεση υπηρεσιών που ουσιαστικά είναι υπηρεσίες δικτύου και την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ αυτών. Ενώ βασίζεται στη λογική της ροής εργασίας, είναι μια γλώσσα που προσδιορίζει τη συμπεριφορά των επιχειρησιακών διαδικασιών βασιζόμενη στις υπηρεσίες δικτύου και στα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης. Η παροχή υπηρεσιών υγείας σε ασθενείς είναι ένα ενδιαφέρον σενάριο που περιλαμβάνει σύνθεση υπηρεσιών δικτύου και υποστηρίζει την ολοκλήρωση καταναμημένων και ετερογενών υπηρεσιών πολύπλοκων ροών εργασίας. Στην ενότητα αυτή, μελετάται εκτενώς η ροή εργασίας και τα επιμέρους συστατικά της, αλλά στα πλαίσια ενός διοργανωσιακού περιβάλλοντος, όπου δηλαδή οι οργανισμοί μιας υγειονομικής περιφέρειας έχουν αναπτύξει υπηρεσίες υγείας, τις οποίες και συνθέτουν κατάλληλα προκειμένου να συνεργασθούν, ανταλλάσσοντας μηνύματα και δεδομένα.

#### **2.4.1 Επιχειρησιακές διαδικασίες και διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας**

Ο όρος επιχειρησιακή διαδικασία (*business process*) σχετίζεται με τις λειτουργίες που εκτελούνται σε διάφορους οργανισμούς. Παραδείγματα επιχειρησιακών διαδικασιών είναι η διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών στους οργανισμούς ανάπτυξης λογισμικού, η διαδικασία διαχείρισης πελατών στους ασφαλιστικούς οργανισμούς και η διαδικασία έκδοσης και διανομής καρτών στις τραπεζικές επιχειρήσεις [148],[169]. Οι επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελούνται από μια σειρά δραστηριότητες που εκτελούνται από κάποια άτομα (ταυτόχρονη ή σειριακή συμμετοχή), με βάση συγκεκριμένους ρόλους και έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού εγγράφων. Συγκεκριμένα, πραγματεύονται τον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται και συντονίζεται μια πολύπλοκη εργασία σε μια επιχείρηση, με στόχο την καλύτερη οργάνωση του προσωπικού της και την παροχή υψηλού επιπέδου υπηρεσιών στους πελάτες της. Είναι αυτονόητο ότι η ποιότητα των επιχειρησιακών διαδικασιών επηρεάζει την απόδοση μιας επιχείρησης [5],[10],[23],[202].

Για την εκτέλεση αυτών των επιχειρησιακών διαδικασιών ακολουθείται ένα τυποποιημένο και προσυμφωνημένο μοντέλο εργασίας, το οποίο ονομάζεται μοντέλο διαδικασιών (*process model*) [2],[118],[202]. Τα εργαλεία μοντελοποίησης διαδικασιών (*process modeling tools*) επιτρέπουν στους χρήστες να συντονίζουν τις επιχειρησιακές εργασίες, τους ανθρώπους και τις εφαρμογές λογισμικού και να μοντελοποιούν τη ροή εργασιών. Η μοντελοποίηση αυτή μπορεί να γίνει είτε εσωτερικά στα πλαίσια μιας διαδικασίας, είτε μεταξύ διαφόρων διαδικασιών, ίσως και διαφορετικών οργανισμών, όπως παραδείγματος χάριν μεταξύ διαφορετικών οργανισμών (νοσοκομεία, ιατρικά κέντρα) μιας υγειονομικής περιφέρειας. Σε ένα μοντέλο διαδικασίας περιγράφονται οι επιμέρους εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται για την εκτέλεσή της κάθε εργασίας, η σωστή σειρά εκτέλεσης τους, τα άτομα που συμμετέχουν στη διαδικασία και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από και ανταλλάσσονται μεταξύ των εργασιών, κατά την εκτέλεση της [1],[7],[10],[44],[148].

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες που διαπερνούν οριζόντια δύο ή περισσότερες επιχειρήσεις ονομάζονται διεπιχειρησιακές διαδικασίες (*cross-organizational processes*) [2],[5],[6],[7],[23]. Ο τρόπος και ο βαθμός αλληλεπίδρασης των οργανισμών που συμμετέχουν στην εκτέλεση μιας διεπιχειρησιακής διαδικασίας καθορίζει τις ροές εργασίας μέσα στη διαδικασία. Παρακάτω αναφέρονται οι διάφοροι τρόποι αλληλεπίδρασης δύο οργανισμών που συμμετέχουν σε μια διεπιχειρησιακή διαδικασία:

- ❖ μια δραστηριότητα μιας επιχειρησιακής διαδικασίας καλεί μια άλλη επιχειρησιακή διαδικασία, η οποία εκτελείται ανεξάρτητα από την αρχική
- ❖ μια δραστηριότητα μιας επιχειρησιακής διαδικασίας καλεί μια άλλη επιχειρησιακή διαδικασία και περιμένει μέχρι η δεύτερη να ολοκληρωθεί
- ❖ μια δραστηριότητα μιας επιχειρησιακής διαδικασίας καλεί μια άλλη επιχειρησιακή διαδικασία και μια δεύτερη δραστηριότητα της πρώτης επιχειρησιακής διαδικασίας περιμένει, έως ότου ολοκληρωθεί η δεύτερη επιχειρησιακή διαδικασία.

Αναφορικά με τον τομέα της υγείας, οι διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας είναι αρκετά περίπλοκες, με συνέπεια η μοντελοποίησή τους να αποτελεί δύσκολη διαδικασία. Συγκεκριμένα, τα κύρια χαρακτηριστικά των διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας είναι τα ακόλουθα [44],[93],[193],[214],[219],[234],[244]:

- ❖ οι περισσότερες διαδικασίες είναι διαλειτουργικές και επομένως, συμμετέχουν στην εκτέλεση τους χρήστες με διαφορετικές ειδικότητες και ρόλους στον ίδιο ή σε διαφορετικούς οργανισμούς



- ❖ οι διαδικασίες μπορεί να επιδεχθούν μεταβολές, εξαιτίας αλλαγών στο περιβάλλον, όπως παραδείγματος χάριν αλλαγές στις διαχειριστικές διαδικασίες και στις ιατρικές προσεγγίσεις, προκειμένου να αξιοποιηθούν σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις (π.χ. σύγχρονος ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός)
- ❖ κάποιες δραστηριότητες των διαδικασιών είναι δύσκολο να αυτοματοποιηθούν ή να εκτελεστούν μερικώς από αυτοματοποιημένα μέσα, αφού κατά την εκτέλεση τους συχνά απαιτείται η λήψη αποφάσεων από τους χρήστες
- ❖ μεταξύ των δραστηριοτήτων των διαδικασιών και μεταξύ των διαδικασιών ανταλλάσσεται σημαντική διαχειριστική και ιατρική πληροφορία
- ❖ οι διαδικασίες των υπαρχόντων τεχνολογιών και υποδομών των οργανισμών είναι πιθανότατο να αξιοποιηθούν ως μέσα για την εκτέλεση ή/και την αυτοματοποίηση επιμέρους τμημάτων των διαδικασιών. Παράδειγμα τέτοιας αξιοποίησης είναι η εκτέλεση μιας εξέτασης από ένα γιατρό ή ένα νοσηλευτή και η καταγραφή των αποτελεσμάτων της σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η ποιότητα και ο βαθμός συνεργασίας και συντονισμού μεταξύ των χρηστών και μεταξύ των χρηστών και των αυτοματοποιημένων μέσων παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση των διαδικασιών και συνεπώς, στην παροχή υψηλής ποιότητας ιατρικών υπηρεσιών στους ασθενείς
- ❖ οι διαδικασίες πρέπει να εκτελούνται σε ασφαλές περιβάλλον και σύμφωνα με τους περιορισμούς που τίθενται από τις πολιτικές ασφάλειας των συμμετεχόντων οργανισμών.

Η τυποποίηση των διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας και η ανάπτυξη δικτυοκεντρικών, διαδικασιοστρεφών και κατόπιν υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ροής εργασιών για την υποστήριξη αυτών των διαδικασιών, μπορεί να αποφέρει σημαντικό όφελος στους οργανισμούς. Ο λόγος είναι ότι κατά τη μοντελοποίηση των διαδικασιών που πρόκειται να υποστηριχτούν με το νέο σύστημα, αναλύονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας, τα οποία συνυπολογίζονται στη λήψη αποφάσεων για τον επανασχεδιασμό των διαδικασιών. Επιπλέον, εξασφαλίζεται ο διαχωρισμός των ροών εργασίας που περιγράφονται και υλοποιούνται από τον κώδικα των εφαρμογών και συνεπώς, οι εφαρμογές υλοποιούνται ως ανεξάρτητα συστατικά, τα οποία καλούνται από το περιβάλλον εκτέλεσης των διαδικασιών [1],[65],[222],[241]. Η ανάπτυξη δικτυοκεντρικών, διαδικασιοστρεφών και υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων είναι ένα σημαντικό βήμα που πραγματοποιείται στον τομέα της υγείας, ωστόσο η ανάγκη για συνεργασία πολλών συστημάτων στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας, σε περιβάλλον δικτύου δεν περιλαμβάνει μόνο την τεχνολογία της ροής εργασίας, που μελετάται διεξοδικά σε αυτό το

κεφάλαιο, αλλά και τη χρήση λοιπών αρχιτεκτονικών και τεχνολογιών για τη σύνθεση, τη συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ υπηρεσιών υγείας, που θα αναλυθούν διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

#### 2.4.2 Επιχειρησιακές διαδικασίες και ροές εργασίας

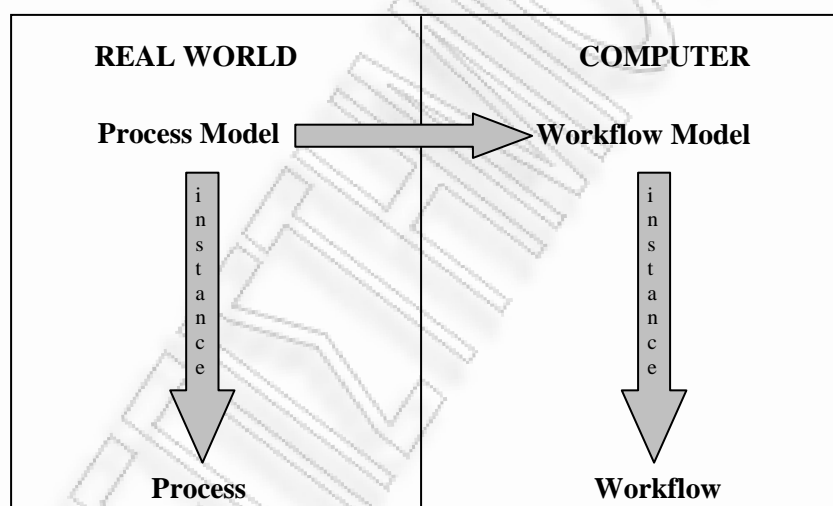
Ένα μοντέλο διαδικασίας (*process model*) περιγράφει τη δομή μιας επιχειρησιακής διαδικασίας του πραγματικού κόσμου. Απεικονίζει, επομένως μια θεώρηση (*view*) της διαδικασίας, συμπεριλαμβάνοντας αυτοματοποιημένες και μη εργασίες, σημεία αποφάσεων και επιχειρησιακούς κανόνες, παράλληλες και διαδοχικές ροές εργασίας και τρόπους διαχείρισης των εξαιρέσεων που προκύπτουν κατά την εκτέλεση της επιχειρησιακής διαδικασίας [118],[129],[148],[193]. Επίσης, ορίζει όλα τα πιθανά μονοπάτια (*paths*) μεταξύ των δραστηριοτήτων της επιχειρησιακής διαδικασίας, τους κανόνες που ορίζουν τα μονοπάτια που ακολουθούνται και όλες τις ενέργειες (*actions*) που πραγματοποιούνται. Το μοντέλο αυτό αποτελεί το πρότυπο (*template*), σύμφωνα με τον οποίο ενεργοποιείται και αρχίζει η εκτέλεση κάθε διαδικασίας όταν δημιουργείται ένα στιγμιότυπο (*instance*) του μοντέλου. Ο όρος 'στιγμιότυπο διαδικασίας' (*process instance*) χρησιμοποιείται για τα στιγμιότυπα που δημιουργούνται από τα μοντέλα διαδικασιών και τα οποία παράγονται από ένα σύνολο τιμών που καθορίζει το πραγματικό μονοπάτι μεταξύ των δραστηριοτήτων για την εκτέλεση της διαδικασίας [1],[148],[245].

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελούνται συνήθως από κάποια τμήματα που εκτελούνται αυτόματα από τον υπολογιστή (*automated*) και από κάποια άλλα τμήματα που δεν υποστηρίζονται από τους υπολογιστές και εκτελούνται από τους χρήστες (*manual*). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-4 τα αυτοματοποιημένα τμήματα ονομάζονται ροές εργασίας και το σύνολο τους συνιστά ένα μοντέλο ροής εργασίας (*workflow model*), το οποίο αποτελεί το πρότυπο για την κατασκευή αυτοματοποιημένων διαδικασιών και μπορεί να είναι είτε τμήμα ενός μεγαλύτερου μοντέλου διαδικασίας είτε να ταυτίζεται με αυτό [1],[118],[148].

Τα μοντέλα ροής εργασίας, κατά την εκτέλεση των ροών εργασίας χρησιμοποιούν εξειδικευμένες εφαρμογές, στις οποίες έχει ενσωματωθεί πληροφορία, σχετική με τις ροές εργασίας. Τουτέστιν, οποιαδήποτε τροποποίηση στις ροές εργασίες της διαδικασίας απαιτεί τροποποίηση και στα προγράμματα εφαρμογών. Για το λόγο αυτό, για την εκτέλεση των ροών εργασίας προτιμάται η χρήση συστημάτων διαχείρισης ροής εργασίας ΣΔΡΕ, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα από τα προγράμματα εφαρμογών που υλοποιούν τις δραστηριότητες της διαδικασίας. Σ' αυτήν την περίπτωση, τα μοντέλα εισάγονται σε ένα ΣΔΡΕ, το οποίο

αναλαμβάνει την εκτέλεση και τη διαχείριση τους [1],[19],[148]. Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος ροής εργασίας – ΣΡΕ (διαδικασιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα που βασίζεται σε ένα ΣΔΡΕ) μπορεί να είναι συγκεντρωτική (*centralized*) ή κατανεμημένη (*distributed*). Στην πρώτη περίπτωση, τα μοντέλα ροής εργασίας των διαδικασιών εκτελούνται από ένα κεντρικό ΣΔΡΕ, ενώ στη δεύτερη διασπώνται σε μικρότερα μοντέλα που εκτελούνται από δύο ή περισσότερα ΣΔΡΕ [1],[2],[118].

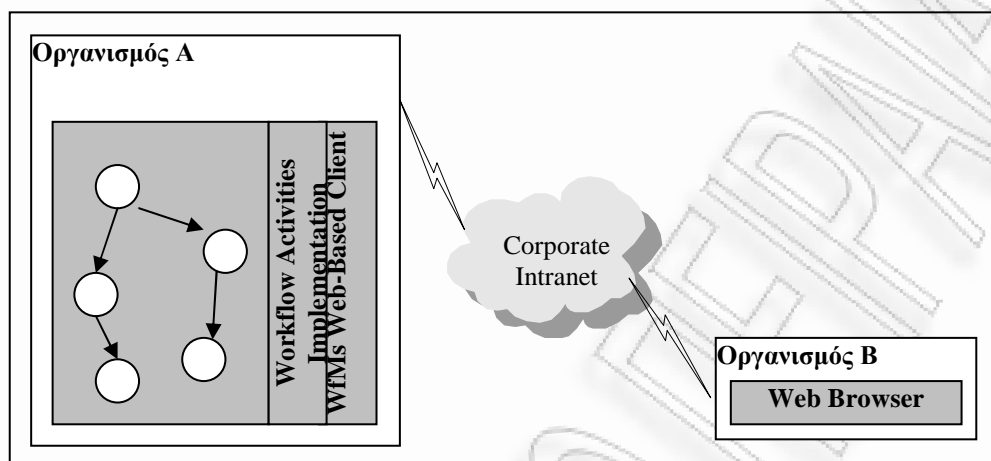
Με την ανάπτυξη του διαδικτύου και των σύγχρονων τεχνολογιών του παγκόσμιου ιστού, τα ΣΔΡΕ εξελίχθηκαν, ώστε να υποστηρίζουν την εκτέλεση διεπιχειρησιακών μοντέλων ροής εργασίας μέσω του παγκόσμιου ιστού (*web*) [2],[3],[7],[157],[189],[194]. Συγκεκριμένα, ο τρόπος υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασίας εξαρτάται από το βαθμό και τον τρόπο αλληλεπίδρασης των οργανισμών που συμμετέχουν σε μια διεπιχειρησιακή διαδικασία ροής εργασίας. Στη συνέχεια, αναφέρονται διάφορα παραδείγματα υλοποίησης διεπιχειρησιακών μοντέλων ροής εργασίας μέσω του παγκόσμιου ιστού.



**Σχήμα 2-4:** Επιχειρησιακές διαδικασίες και ροές εργασίας

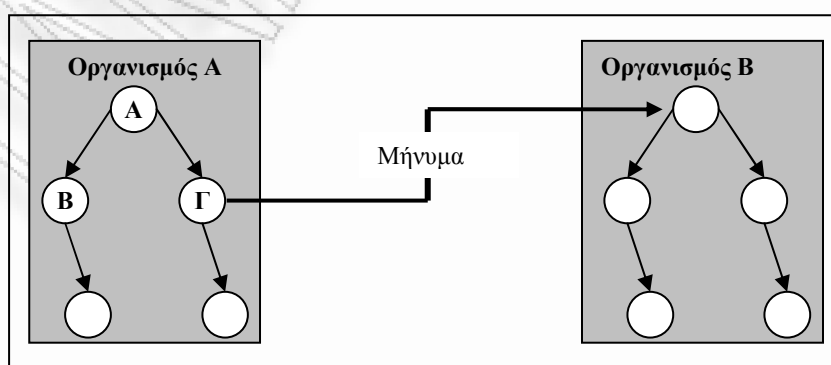
Στο Σχήμα 2-5 αναπαρίσταται μια αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασίας, σύμφωνα με την οποία, το μοντέλο εκτελείται από ένα ΣΔΡΕ που βρίσκεται σε ένα από τους δύο συμμετέχοντες οργανισμούς στη διαδικασία (π.χ. Οργανισμός Α). Επιπλέον, το σύστημα ροής εργασίας (ΣΡΕ) του οργανισμού Α βασίζεται σε τεχνολογίες του παγκόσμιου ιστού. Υποστηρίζει δε, πέρα από την τοπική, και την απομακρυσμένη εκτέλεση των δραστηριοτήτων της ροής εργασιών, καθώς και την απομακρυσμένη δημιουργία και διαχείριση των στιγμιότυπων της διαδικασίας (*process instances*) από εξουσιοδοτημένους χρήστες του οργανισμού Β. Δηλαδή, σύμφωνα με το μοντέλο ροής εργασίας κάποιες δραστηριότητες της διαδικασίας εκτελούνται τοπικά από εξουσιοδοτημένους χρήστες του οργανισμού Α και κάποιες άλλες, απομακρυσμένα από

εξουσιοδοτημένους χρήστες του οργανισμού B. Μοναδική προϋπόθεση για τον οργανισμό B, όσον αφορά την απομακρυσμένη εκτέλεση των δραστηριοτήτων και τη διαχείριση των στιγμιότυπων της διαδικασίας είναι η ύπαρξη ενός περιηγητή ιστού (*web browser*).



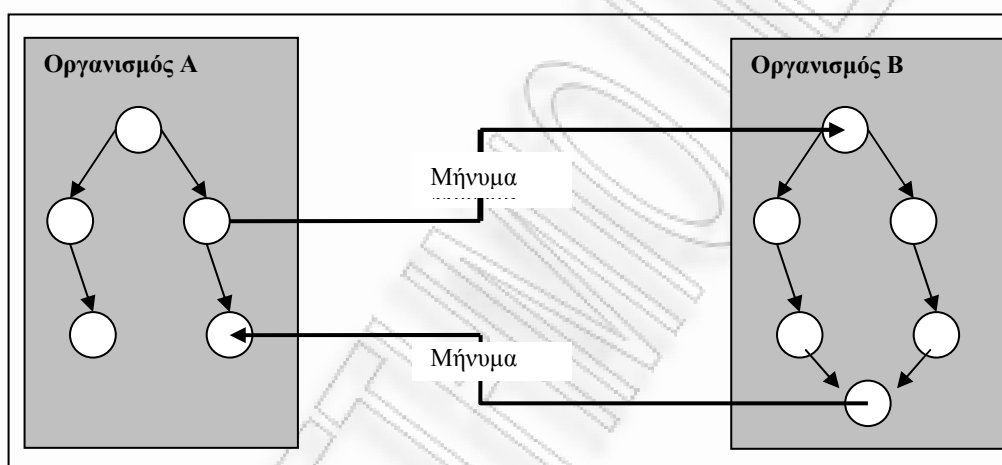
Σχήμα 2-5: Μια αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασίας

Εναλλακτικά, στο Σχήμα 2-6 αναπαρίσταται μια άλλη αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασίας, στην οποία το διεπιχειρησιακό μοντέλο ροής εργασίας διασπάται σε δύο μοντέλα, τα οποία εκτελούνται από τα τοπικά ΣΔΡΕ των δύο συμμετεχόντων οργανισμών. Βάσει αυτής της αρχιτεκτονικής, κατά την εκτέλεση της υλοποίησης μιας δραστηριότητας (δραστηριότητα Γ) του μοντέλου ροής εργασίας του οργανισμού A αποστέλλεται ένα ηλεκτρονικό μήνυμα στον οργανισμό B. Με τη λήψη του μηνύματος από τον οργανισμό B δημιουργείται και αρχίζει τοπικά ένα στιγμιότυπο (*instance*) του τοπικά εγκατεστημένου μοντέλου ροής εργασίας. Στη συνέχεια, η ροή εργασίας του οργανισμού A, είτε περιμένει την ολοκλήρωση της ροής εργασίας του οργανισμού B για να συνεχίσει την εκτέλεση της, είτε συνεχίζει την εκτέλεση της ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η ροή εργασίας του οργανισμού B.



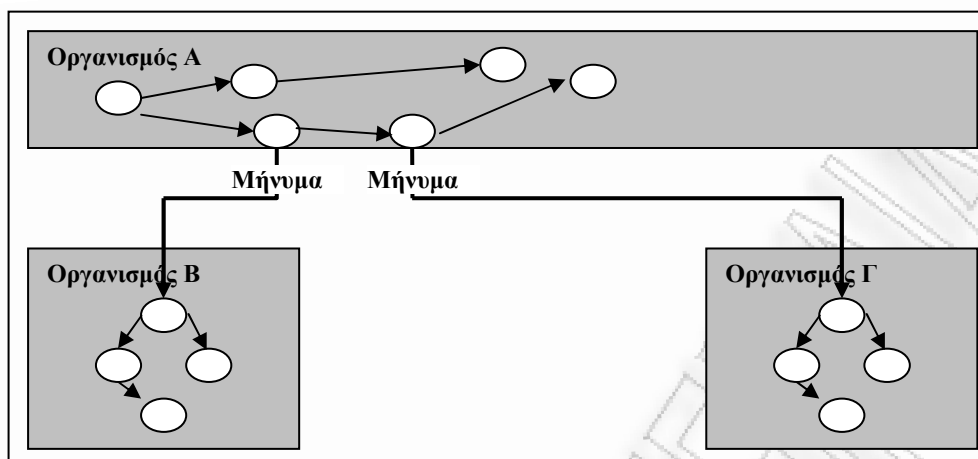
Σχήμα 2-6: Μια εναλλακτική αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασιών

Το Σχήμα 2-7 αναπαριστά μια εναλλακτική αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασίας, σύμφωνα με την οποία το διεπιχειρησιακό μοντέλο, αναπαριστάμενο σε ανώτερο επίπεδο αφαίρεσης εγκαθίσταται και εκτελείται από το τοπικό ΣΔΡΕ ενός οργανισμού (Οργανισμός Α). Κατά την εκτέλεση υλοποιήσεων συγκεκριμένων δραστηριοτήτων της ροής εργασίας αποστέλλεται ένα ηλεκτρονικό μήνυμα σε κάποιον άλλο οργανισμό (Οργανισμός Β ή Γ). Με τη λήψη του μηνύματος από τον οργανισμό δημιουργείται και αρχίζει ένα στιγμιότυπο του τοπικά εγκατεστημένου μοντέλου ροής εργασίας. Στη συνέχεια, σύμφωνα με το διεπιχειρησιακό μοντέλο ροής εργασίας μπορεί να απαιτείται ή όχι η ολοκλήρωση της ροής εργασίας στον οργανισμό Β ή Γ για τη συνέχιση της εκτέλεσης της ροής εργασίας στον οργανισμό Α.



**Σχήμα 2-7:** Μια εναλλακτική αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασιών

Στο Σχήμα 2-8 αναπαρίσταται μια ακόμη αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασιών, σύμφωνα με την οποία το μοντέλο ροής εργασίας διασπάται σε δύο μοντέλα που εκτελούνται από τα τοπικά ΣΔΡΕ των δύο συμμετεχόντων οργανισμών. Κατά την εκτέλεση της υλοποίησης μιας δραστηριότητας της ροής εργασίας του οργανισμού Α αποστέλλεται ένα ηλεκτρονικό μήνυμα στον οργανισμό Β όπου δημιουργείται και ξεκινά τη λειτουργία του ένα στιγμιότυπο του τοπικά εγκατεστημένου μοντέλου ροής εργασίας. Η ροή εργασίας του οργανισμού Α συνεχίζει την εκτέλεσή της, μέχρις ότου φτάσει σε μια δραστηριότητα, η οποία θα απαιτεί την ολοκλήρωση της ροής εργασίας του οργανισμού Β.



Σχήμα 2-8: Μια εναλλακτική αρχιτεκτονική υλοποίησης ενός διεπιχειρησιακού μοντέλου ροής εργασιών

Μετά από τον καθορισμό των μοντέλων ροής εργασίας μιας διεπιχειρησιακής διαδικασίας και την επιλογή της κατάλληλης αρχιτεκτονικής υλοποίησης αυτής της διαδικασίας, το/τα μοντέλα ροής εργασίας εισάγονται στο/στα ΣΔΡΕ του οργανισμού ή των οργανισμών. Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων της διεπιχειρησιακής διαδικασίας και για τη δημιουργία και ανταλλαγή των ηλεκτρονικών μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών, επιλέγονται και χρησιμοποιούνται κατάλληλες σύγχρονες τεχνολογίες. Για παράδειγμα, για τη δημιουργία των ηλεκτρονικών μηνυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γλώσσα XML και για την ανταλλαγή τους το πρωτόκολλο SOAP. Η χρήση της γλώσσας XML και του πρωτοκόλλου SOAP για τη δημιουργία και την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ οργανισμών έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς, λόγω του ότι αποτελούν διαλειτουργικές τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν ανεξάρτητα από την πλατφόρμα λογισμικού ή υλικού, την οποία χρησιμοποιούν οι οργανισμοί που ανταλλάσσουν μηνύματα [157],[192],[252],[253]. Αντίστοιχα, για την υλοποίηση και εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών ως υπηρεσίες και τη σύνθεση τους χρησιμοποιούνται κάποιες άλλες αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες, όπως είναι η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (*Service-Oriented Architecture - SOA*) και η γλώσσα BPEL (*Business Process Execution Language*), αντίστοιχα.

#### 2.4.3 Αρχιτεκτονική συστημάτων ροής εργασιών

Η αρχιτεκτονική ενός ΣΔΡΕ, η οποία αναπαρίσταται στο σχήμα 2-9, ακολουθεί τον τρόπο κατασκευής πολλών συστημάτων εφαρμογών, οπότε και αποτελείται από τρία επίπεδα (*3-tier*) [1].[118]. Το πρώτο επίπεδο (*tier*) αποτελείται από τους σταθμούς εργασίας των

χρηστών (*client*), από τους οποίους εκτελούνται οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη διεπαφή προγραμμάτων εφαρμογών (*Application Programming Interface - API*). Η διεπαφή αυτή παρέχεται από το ΣΔΡΕ, για την αλληλεπίδρασή τους με τον εξυπηρετητή του ΣΔΡΕ, ο οποίος εκτελείται στο δεύτερο επίπεδο, ενώ οι εφαρμογές που περιλαμβάνονται σε αυτή, μπορεί να είναι εγκατεστημένες είτε σε έναν υπολογιστή, είτε σε έναν εξυπηρετητή ιστού (*web server*). Στη δεύτερη περίπτωση, οι χρήστες καλούν και εκτελούν τις εφαρμογές, μέσω ενός περιηγητή ιστού (*web browser*) και αλληλεπιδρούν με τον εξυπηρετητή του ΣΔΡΕ μέσω Internet. Επίσης, στο πρώτο επίπεδο εκτελείται και ο εκτελεστής προγραμμάτων (*program executor*), ο οποίος ενεργοποιεί τα προγράμματα με τα οποία εργάζονται οι χρήστες. Σε αυτό το σημείο, να αναφέρουμε ότι η επικοινωνία μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή παρέχεται από το ΣΔΡΕ [118].

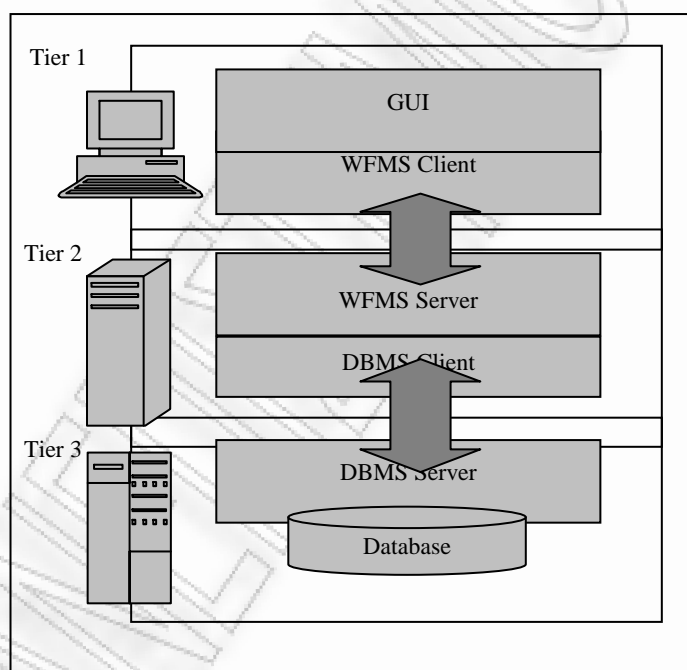
Στο δεύτερο επίπεδο εκτελείται ο εξυπηρετητής του ΣΔΡΕ, ο οποίος αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών και ανεξάρτητων -μεταξύ τους- συνιστωσών μερών. Από τα πιο σημαντικά είναι ο εξυπηρετητής εκτέλεσης ροών εργασίας (*workflow execution server*) και ο εξυπηρετητής εκτέλεσης προγραμμάτων (*program execution server*). Ο εξυπηρετητής εκτέλεσης ροών εργασίας (*workflow execution server*) εκτελεί όλες τις ενέργειες που σχετίζονται με την εκτέλεση μιας διαδικασίας, όπως είναι η εκκίνηση της διαδικασίας, η πλοήγηση στις επόμενες δραστηριότητες, οι χρήστες που συμμετέχουν στην εκτέλεση της διαδικασίας και η διανομή σε αυτούς των επιμέρους εργασιών. Ο εξυπηρετητής εκτέλεσης προγραμμάτων (*program execution server*) ελέγχει την εκτέλεση εκείνων των υλοποιήσεων των δραστηριοτήτων, οι οποίες δεν αλληλεπιδρούν με τους χρήστες. Οι δύο εξυπηρετητές επικοινωνούν, μέσω ενός μηχανισμού επικοινωνίας και συγκεκριμένα αυτή η επικοινωνία αφορά στη λήψη από τον εξυπηρετητή εκτέλεσης προγραμμάτων κατάλληλων αιτημάτων, τα οποία αποστέλλονται από τον εξυπηρετητή εκτέλεσης ροών εργασίας. Παρέχεται, συνακόλουθα, η δυνατότητα επανεγκατάστασης του εξυπηρετητή του ΣΔΡΕ με τη δομή πελάτη-εξυπηρετητή (*client-server*), μεταφέροντας τον εξυπηρετητή εκτέλεσης προγραμμάτων σε μια διαφορετική μηχανή [1],[2],[118].

Στο τρίτο επίπεδο εκτελείται το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΣΔΒΔ) του συστήματος. Έχει αναφερθεί ότι το όφελος από τη χρήση της αρχιτεκτονικής αυτής μεγιστοποιείται, όταν τα τρία επίπεδα υλοποιούνται σε τρεις διαφορετικές μηχανές, ωστόσο αυτό δεν είναι απαραίτητο.

#### 2.4.4 Τυποποιήσεις συστημάτων ροής εργασιών

Ο οργανισμός Workflow Management Coalition - WfMC, είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1993 [118]. Συμμετέχουν κατασκευαστές, χρήστες και πανεπιστημιακές/ερευνητικές ομάδες που ασχολούνται με τα ΣΔΡΕ, ενώ σκοπός του είναι ο καθορισμός τυποποιήσεων για τα ΣΔΡΕ και η προαγωγή της χρήσης τους. Ο οργανισμός χωρίζεται σε τρεις βασικές επιτροπές, την Τεχνική Επιτροπή (*Technical Committee*), την Επιτροπή των Εξωτερικών Σχέσεων (*External Relations Committee*) και την Οργανωτική Επιτροπή (*Steering Committee*). Οι επιτροπές αυτές είναι υπεύθυνες για τα ακόλουθα:

- ❖ την καθιέρωση μιας κοινής ονοματολογίας για τα ΣΔΡΕ
- ❖ την καθιέρωση τυποποιήσεων για τη διατήρηση της αρχής της διαλειτουργικότητας (*interoperability*) και της διασυνδεσιμότητας (*interconnectivity*) από όλα τα προϊόντα ΣΔΡΕ
- ❖ τον έλεγχο της τήρησης των απαιτήσεων από τους κατασκευαστές των ΣΔΡΕ [118].



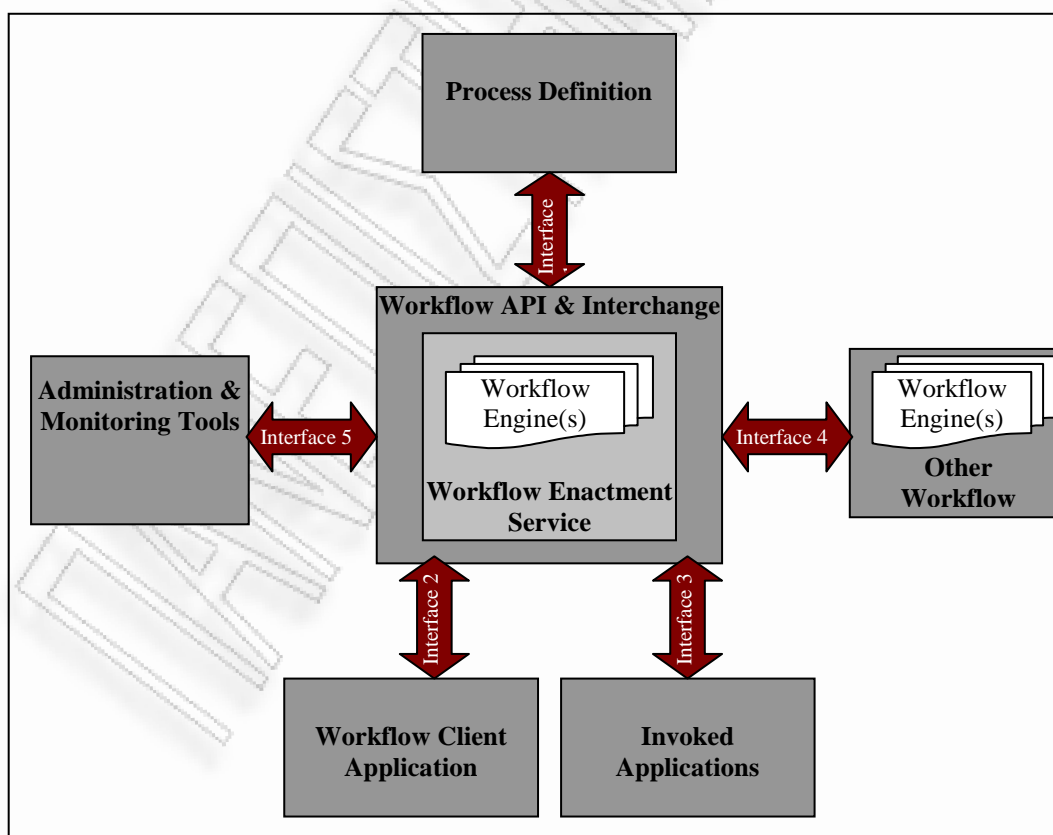
Σχήμα 2-9: Η αρχιτεκτονική τριών στρωμάτων των συστημάτων διαχείρισης ροής εργασιών

Ένας από τους αρχικούς στόχους του οργανισμού WfMC ήταν η δημοσίευση ενός μοντέλου αναφοράς για τα συστήματα ροής εργασιών (*workflow reference model*) και ενός πρότυπου λεξιλογίου (*glossary*) για την τήρηση μιας κοινής αρχιτεκτονικής και ονοματολογίας από τους κατασκευαστές των ΣΔΡΕ [118]. Το μοντέλο αναφοράς των συστημάτων ροής εργασιών που αναπτύχθηκε από τον οργανισμό WfMC καθορίζει τα ακόλουθα:



- ❖ ένα κοινό λεξιλόγιο για την περιγραφή των επιχειρησιακών διαδικασιών και των υποστηρικτικών τεχνολογιών τους που διευκολύνουν στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών
- ❖ μια λειτουργική περιγραφή των αναγκαίων συστατικών λογισμικού των ΣΔΡΕ και του τρόπου αλληλεπίδρασης αυτών
- ❖ ένα σύστημα διεπαφής (*interface*) για την αλληλεπίδραση των διαφόρων αναγκαίων συστατικών λογισμικού των ΣΔΡΕ. Η διεπαφή αυτή προσδιορίζει κατά πρώτους ένα τυποποιημένο τρόπο για την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών προϊόντων ΣΔΡΕ, καθώς και άλλες τυποποιήσεις για τη διατήρηση της αρχής της διαλειτουργικότητας από τα ΣΔΡΕ. Συνολικά, έχουν αναπτυχθεί πέντε διαφορετικά συστήματα διεπαφής (*interfaces*), τα οποία αποτελούν τη βάση του προγράμματος τυποποίησης (*standardization*) του οργανισμού WfM.

Στο Σχήμα 2-10 αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς των συστημάτων ροής εργασιών. Το μοντέλο αυτό δεν ορίζει τη δομή και την αρχιτεκτονική των ΣΔΡΕ, αλλά μόνο τις πέντε διεπαφές του μοντέλου αναφοράς, οπότε οι κατασκευαστές των ΣΔΡΕ μπορούν κατά βούληση, να δομούν και να υλοποιούν τα ΣΔΡΕ, αρκεί να τηρείται το μοντέλο αναφοράς [1],[118].



**Σχήμα 2-10:** Το μοντέλο αναφοράς των συστημάτων ροής εργασιών

Η πρώτη διεπαφή (*interface 1*) καθορίζει ένα τυποποιημένο τρόπο αναπαράστασης και δόμησης των δεδομένων καθορισμού διαδικασιών (*process definition data*), ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών προϊόντων ΣΔΡΕ και μεταξύ αποθηκών μοντέλων διαδικασιών (*process model repositories*). Συνεπώς, οι οργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν ένα πρώτο εργαλείο για την ανάλυση των διαδικασιών τους και για την ανάπτυξη μοντέλων διαδικασιών και άλλο ένα για την εκτέλεση των μοντέλων ροής εργασίας. Απαραίτητη προϋπόθεση, βέβαια είναι τα εργαλεία αυτά να χρησιμοποιούν τον τυποποιημένο τρόπο της πρώτης διεπαφής για την αναπαράσταση και τη δόμηση των δεδομένων καθορισμού διαδικασιών. Η πρώτη διεπαφή, η οποία αναφέρεται και ως μετα-μοντέλο καθορισμού διαδικασιών (*process definition meta-model*) προσδιορίζει τα αντικείμενα της διαδικασίας, τα χαρακτηριστικά τους και τις σχέσεις τους κι επίσης, καθορίζει μια γραμματική για την απεικόνιση της δομής των διαδικασιών και του πληροφοριακού τους περιεχομένου. Επιπροσθέτως, οφείλουμε να αναφέρουμε ότι η πρώτη διεπαφή ορίζεται με τη βοήθεια μιας γλώσσας που ονομάζεται γλώσσα ορισμού των διαδικασιών ροής εργασίας (*workflow process definition language*). Πρόσφατα, με αφορμή την ευρεία χρήση της XML, η γλώσσα αυτή επανακαθορίστηκε και μετονομάστηκε σε XPDL (*XML Process Definition Language*) [118].

Η δεύτερη διεπαφή (*interface 2*) καθορίζει τον τρόπο αλληλεπίδρασης των εφαρμογών πελάτη με τα ΣΔΡΕ. Αυτή η διεπαφή προσδιορίστηκε ως μια σειρά από διεπαφές προγραμμάτων εφαρμογών (*application programming interfaces - APIs*) για τις διαδικασίες (*workflow API - WAPI*), οι οποίες προσφέρουν συναρτήσεις και μεθόδους, με σκοπό τη χρήση τους από τις εφαρμογές πελάτη για τη διαχείριση των διαδικασιών, των εργασιών των διαδικασιών και των καταλόγων εργασιών. Οι διεπαφές για τις διαδικασίες (WAPIs) αρχικά υλοποιήθηκαν στη γλώσσα προγραμματισμού C και στη συνέχεια επαναπροσδιορίστηκαν σε αντικείμενα IDL και OLE [118].

Η τρίτη διεπαφή (*interface 3*) ορίζει ένα τυποποιημένο πλαίσιο για τη χρήση των υπαρχόντων εφαρμογών λογισμικού, ως υλοποιήσεις δραστηριοτήτων, υποστηρίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη μεταφερσιμότητα (*portability*) και την επαναχρησιμοποίηση (*reusability*) των εφαρμογών. Αναπτύχθηκε από πέντε βασικές συναρτήσεις του WAPI, οι οποίες υποστηρίζουν ένα κοινό μηχανισμό για τη σύνδεση, αποσύνδεση και ενεργοποίηση διαφόρων πρακτόρων (*agents*) ή άλλων εφαρμογών λογισμικού που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση δραστηριοτήτων διαδικασιών [118].

Η τέταρτη διεπαφή (*interface 4*) ορίζει ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών ΣΔΡΕ, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση διαδικασιών μεταξύ διαφορετικών προϊόντων ΣΔΡΕ. Η διεπαφή αυτή προσδιορίζει λειτουργίες για την εκκίνηση υποδιαδικασιών που εκτελούνται σε άλλα ΣΔΡΕ, για τη δημιουργία ερωτήσεων αναφορικά με την κατάσταση των υποδιαδικασιών και πολλά άλλα. Η αρχική έκδοση καθορίστηκε ως ένα σώμα κειμένου σε MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*) για την ανταλλαγή δεδομένων με e-mail, ενώ οι ακόλουθες εκδόσεις προσαρμόστηκαν στην XML (*Wf-XML*) [118]. Η πέμπτη διεπαφή (*interface 5*) ορίζει ένα κοινό μοντέλο για τα δεδομένα ελέγχου που χρησιμοποιούνται από τα διάφορα ΣΔΡΕ. Αναμένεται σύντομα η δομή των δεδομένων ελέγχου να εκφραστεί σε μορφή XML [118].

#### **2.4.5 Θέματα ασφάλειας στα συστήματα ροής εργασιών**

Η ασφάλεια των συστημάτων ροής εργασίας (ΣΡΕ) αποτελεί σημαντικό τμήμα των συστημάτων αυτών που πρέπει να αναλυθεί λεπτομερώς. Θεωρείται απαραίτητη η ενσωμάτωση κατάλληλων υπηρεσιών ασφάλειας (*security services*) στα ΣΡΕ που να διασφαλίζουν την ασφαλή εκτέλεση των ροών εργασίας [250]. Συγκεκριμένα, απαιτείται η χρήση ενός εύρωστου μοντέλου ασφάλειας, το οποίο να επιτρέπει την ελεγχόμενη πρόσβαση στα αντικείμενα δεδομένων, την ασφαλή εκτέλεση των δραστηριοτήτων και την αποτελεσματική διαχείριση της ασφάλειας [18],[33],[250]. Κατά την ανάπτυξη ενός ασφαλούς συστήματος ροής εργασίας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα θέματα ασφάλειας:

- ❖ Αυθεντικοποίηση (*authentication*), η οποία αφορά στην αξιόπιστη εξακρίβωση της ταυτότητας των πρακτόρων (*agents*) που είναι υπεύθυνοι για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ροών εργασίας.
- ❖ Εξουσιοδότηση (*authorization*), η οποία αφορά στην ύπαρξη ελέγχου πρόσβασης, ώστε να διαβεβαιώνεται η εμπιστευτικότητα (*confidentiality*) και η ακεραιότητα (*integrity*).
- ❖ Εμπιστευτικότητα (*confidentiality*), η οποία αφορά στην εξουσιοδοτημένη προσπέλαση πληροφορίας, συμπεριλαμβανομένων της πληροφορίας καθορισμού των ροών εργασίας (*workflow definition*) και της πληροφορίας των στιγμιότυπων ροών εργασίας (*workflow instances*).
- ❖ Ακεραιότητα (*integrity*), η οποία αφορά στην εξουσιοδοτημένη τροποποίηση της πληροφορίας, συμπεριλαμβανομένων της πληροφορίας καθορισμού των ροών εργασίας (*workflow definition*) και της πληροφορίας που διαχειρίζονται οι

δραστηριότητες κατά την εκτέλεση των στιγμιότυπων ροών εργασίας (*workflow instances*).

- ❖ Έλεγχος (*audit*), η οποία αφορά στην καταγραφή της πληροφορίας ελέγχου, σχετικά δηλαδή με το ποιος εκτέλεσε ποια ενέργεια, σε ποια χρονική στιγμή και κατά την εκτέλεση ποιού στιγμιότυπου ροής εργασίας (*workflow instances*). Η πληροφορία αυτή μπορεί έπειτα να αναλυθεί για την ανακάλυψη ύποπτης ή και παράνομης συμπεριφοράς.
- ❖ Ανωνυμία (*anonymity*), η οποία αφορά στη διατήρηση της ανωνυμίας των πρακτόρων από τους άλλους πράκτορες που συμμετέχουν στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων μιας ροής εργασίας. Η ανωνυμία μπορεί να χρειαστεί σε μια ροή εργασίας, όταν για την εκτέλεση διαφορετικών δραστηριοτήτων συμμετέχουν πράκτορες με εμπλεκόμενα συμφέροντα.
- ❖ Διάκριση καθηκόντων (*separation of duties*), η οποία αφορά στη διάκριση των καθηκόντων των χρηστών και στον καθορισμό των δικαιωμάτων τους για την εκτέλεση και διαχείριση των δραστηριοτήτων και των στιγμιότυπων των ροών εργασίας, με στόχο τη μείωση του κινδύνου απάτης.
- ❖ Διαθεσιμότητα (*availability*), η οποία αφορά στη διαθεσιμότητα των κατάλληλων δεδομένων και πόρων και παράδοση τους στους πράκτορες (*agents*), για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ροών εργασίας.

Σε ότι αφορά την εξουσιοδότηση (*authorization*), οι οργανισμοί που χρησιμοποιούν ΣΔΡΕ για τη μοντελοποίηση και την εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών τους, συχνά αναπτύσσουν και ενσωματώνουν στο σύστημα ροής εργασίας μια πολιτική ασφάλειας που βασίζεται στους ρόλους των χρηστών (*role-based security*). Η τελευταία είναι ευρύτερα γνωστή, ως έλεγχος πρόσβασης που βασίζεται σε ρόλους (*Role-Based Access Control - RBAC*), στην οποία οι άδειες (*permissions*) για την πραγματοποίηση διεργασιών συνδέονται με τους ρόλους (*roles*), ενώ οι χρήστες (*users*) είναι τμήματα των κατάλληλων ρόλων [84],[209]. Πιο συνοπτικά, σε αυτή την πολιτική καθορίζονται οι ρόλοι των χρηστών και τα δικαιώματα αυτών στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ροών εργασίας, καθώς και στην πρόσβαση στα αντικείμενα δεδομένων, τα οποία διαχειρίζονται οι χρήστες κατά την εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων [3],[18],[33],[132].

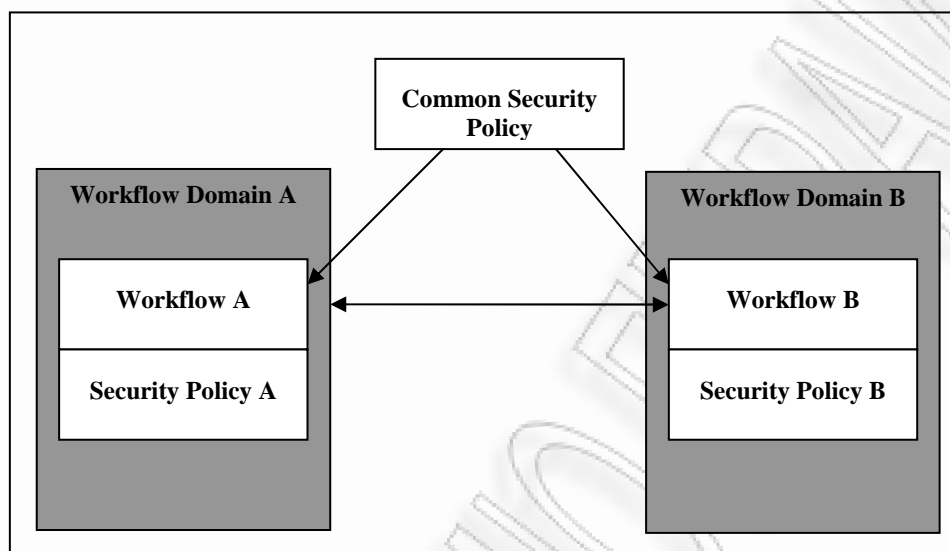
Ο έλεγχος πρόσβασης που βασίζεται σε ρόλους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην έρευνα ασφάλειας ροής εργασίας και αποτελεί το θεμέλιο βάσει του οποίου ποικίλα μοντέλα ελέγχου πρόσβασης έχουν δημιουργηθεί, το καθένα από τα οποία καλύπτει με το δικό του τρόπο τη δική του κλίμακα εφαρμογών [83],[210],[254]. Επιπροσθέτως, η μέθοδος RBAC υιοθετήθηκε

ευρέως από τη βιομηχανία, δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας (*Workflow Management Systems - WfMSs*) είναι ήδη βασισμένα σε αυτή τη μέθοδο. Ο βασικός συλλογισμός πίσω από την υλοποίηση ενός μοντέλου RBAC σε ένα περιβάλλον ροής εργασίας είναι ότι οι ρόλοι θεωρούνται ομάδες αδειών εκτέλεσης διεργασιών και πρόσβασης αντικειμένων δεδομένων κι επίσης ότι η πολιτική ελέγχου πρόσβασης ουσιαστικά προσδιορίζεται ως ένα ζευγάρι συσχετισμών (*mappings*): ένα συσχετισμό χρηστών προς ρόλους κι άλλον έναν ρόλων προς άδειες. Με αυτό τον τρόπο σε κάθε ρόλο αναθέτονται συγκεκριμένες άδειες σε ότι αφορά την εκτέλεση διεργασιών και την πρόσβαση στα δεδομένα κατά τη διάρκεια της φάσης υλοποίησης. Συνακόλουθα, οι άδειες που δίνονται στους χρήστες κατά τη φάση της εκτέλεσης απορρέουν από τους ρόλους τους και είναι υποκειμένες σε στατικά και δυναμικά στοιχεία, τα οποία με τη σειρά τους τίθενται για να εκφράσουν πολιτικές εξουσιοδότησης [209].

Μια σημαντική προϋπόθεση για την παροχή υψηλού επιπέδου ασφάλειας συστήματος στα συστήματα ροής εργασίας είναι η αρχή των ελαχίστων προνομίων [159]. Η χρήση του ελέγχου πρόσβασης που βασίζεται σε ρόλους (*Role-Based Access Control – RBAC*) για την ενδυνάμωση της αρχής των ελαχίστων προνομίων περιλαμβάνει το γεγονός ότι οι χρήστες θα επιτρέπεται να αναλαμβάνουν τους ελάχιστους δυνατούς ρόλους (ή άδειες που δίνονται σε ρόλους) που απαιτούνται για αποτελεσματική εκτέλεση των διεργασιών και να συγχρονίζουν την εγκυρότητα των σχετικών εξουσιοδοτήσεων με τα χρονικά διαστήματα που έχουν προσδιορισθεί για την εκτέλεση αυτών των διεργασιών [83],[255]. Ωστόσο, τα μοντέλα RBAC δεν είναι ικανά να περιλάβουν συγκεκριμένα συστατικά περιεχομένου (*contextual*) επιπέδου εφαρμογών, τα οποία περιορίζουν τις δυνατότητες πρόσβασης των χρηστών βάσει των ρόλων τους, κατά τη διάρκεια της φάσης της ανάπτυξης της ροής εργασίας. Έτσι, χρειάζεται ένας έλεγχος πρόσβασης που να λαμβάνει καταρχήν υπόψη το πλαίσιο εργασίας του χρήστη που σημαίνει ότι ακόμη και ο ίδιος χρήστης μπορεί να έχει διαφορετικές ανάγκες πρόσβασης στα δεδομένα, ανάλογα με το στιγμιότυπο εργασίας στο οποίο δουλεύει.

Αναφορικά με τα δικτυοκεντρικά συστήματα που μελετώνται στη συγκεκριμένη διατριβή, όπου το σύστημα ροής εργασιών που περιλαμβάνεται είναι διεπιχειρησιακό, τότε το σύστημα αυτό υλοποιείται από δύο (ή και περισσότερα) υποσυστήματα ροής εργασίας, τα οποία εκτελούνται σε δύο (ή και περισσότερους) διαφορετικούς οργανισμούς. Αντίστοιχα, ο κάθε οργανισμός μπορεί να καθορίζει τη δική του πολιτική ασφάλειας για το τοπικό υποσύστημα ροής εργασίας και όλοι οι οργανισμοί μαζί να καθορίζουν μια κοινή πολιτική ασφάλειας για το διεπιχειρησιακό σύστημα ροής εργασιών [250]. Για την αποφυγή συγκρούσεων (*conflicts*), οι τοπικές πολιτικές ασφάλειας πρέπει να είναι συμβατές με την κοινή πολιτική ασφάλειας

[192]. Στο Σχήμα 2-11 αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική ενός διεπιχειρησιακού συστήματος που βασίζεται στις ροές εργασίας και εκτελείται από δύο οργανισμούς με διαφορετικές πολιτικές ασφάλειας και μια κοινά ορισμένη πολιτική ασφάλειας.



Σχήμα 2-11: Μια αρχιτεκτονική ενός διεπιχειρησιακού συστήματος ροής εργασιών με διαφορετικές και μια κοινή πολιτική ασφάλειας

Οι υπηρεσίες ασφάλειας (*security services*) που συνήθως περιλαμβάνουν μια κοινή πολιτική ασφάλειας είναι η εξουσιοδότηση (*authorization*), η ακεραιότητα των δεδομένων (*data integrity*) και ο έλεγχος (*audit*). Κατά την εκτέλεση μιας διεπιχειρησιακής ροής εργασιών, οι κανόνες ασφάλειας που τίθενται από την κοινή πολιτική ασφάλειας τηρούνται και από τους δύο οργανισμούς. Μια κοινή πολιτική ασφάλειας, συνήθως περιέχει πληροφορία ελέγχου σχετικά με την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών που αφορούν στα εξής [18],[250]:

- ❖ δικαίωμα εκκίνησης διαδικασιών (*process initiation permissions*) – για τον καθορισμό εκείνων των εξωτερικών περιβαλλόντων ροής εργασιών που τους επιτρέπεται η εκκίνηση διαδικασιών σε άλλο περιβάλλον ροής εργασιών
- ❖ έλεγχος χρήσης χαρακτηριστικών (*control of attribute usage*) – για τον προσδιορισμό εκείνων των χαρακτηριστικών του καθορισμού των διαδικασιών (*process definition*) που επιτρέπεται να τροποποιηθούν ή να αναγνωστούν όταν η διαδικασία έχει αρχίσει απομακρυσμένα
- ❖ άλλες διαχειριστικές λειτουργίες (*other administrative functions*) – για τον καθορισμό εκείνων των τοπικών λειτουργιών που επιτρέπεται να εκτελεστούν ή να τροποποιηθούν από ένα στιγμότυπο διαδικασίας (*process instance*) που έχει αρχίσει απομακρυσμένα.

Η κοινή πολιτική ασφάλειας εκτός από την πληροφορία σχετικά με τα μέτρα ασφάλειας που πρέπει να τηρούνται, επίσης περιέχει πληροφορία σχετικά με το πότε αυτά τα μέτρα χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, οι υπηρεσίες ασφάλειας μιας κοινής πολιτικής ασφάλειας μπορούν να εφαρμοστούν [18],[250]:

- ❖ για συγκεκριμένους τύπους διαδικασιών (π.χ. για συγκεκριμένους αναγνωριστικούς αριθμούς του καθορισμού των διαδικασιών)
- ❖ για συγκεκριμένα στιγμιότυπα μιας διαδικασίας, για παράδειγμα ανάλογα με τον χρήστη που δημιουργεί και εκκινεί το στιγμιότυπο της διαδικασίας
- ❖ για συγκεκριμένη κλήση μιας εφαρμογής πελάτη.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 3

---

### **ΧΡΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΩΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

#### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στη σύγχρονη εποχή απαιτείται η άμεση ανταπόκριση και προσαρμογή των οργανισμών στις νέες προκλήσεις για επικοινωνία και συνεργασία με άλλους οργανισμούς. Η επικοινωνία και η συνεργασία πρέπει να λαμβάνει χώρα ανεξαρτήτως γεωγραφικών ορίων και να στοχεύει στην παροχή νέων υπηρεσιών σε αυτούς, χωρίς ταυτόχρονα να αυξάνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας τους. Για το λόγο αυτό, οι εταιρείες πληροφορικής σχεδιάζουν και προτείνουν διάφορες αρχιτεκτονικές για την ανάπτυξη καταναλωμένων υπολογιστικών



συστημάτων (*distributed computational systems*) και συγκεκριμένα δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων. Επιπλέον, αναπτύσσονται διάφορες τεχνολογίες, προϊόντα και γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζουν την αρχή της διαλειτουργικότητας (*interoperability*) και της διασύνδεσης (*interconnectivity*) κι επιτρέπουν την ολοκλήρωση των ετερογενών εφαρμογών των οργανισμών [13],[99],[171],[252],[253].

Στο χώρο της ιατρικής φροντίδας παρατηρείται συχνά η χρήση απομονωμένων (*isolated*) κι ετερογενών (*heterogeneous*) πληροφοριακών συστημάτων από τους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας για την υποστήριξη των εσωτερικών τους διαδικασιών, με μικρή ή ακόμη και ανύπαρκτη σύνδεση μεταξύ τους. Εξαιτίας της μεγάλης ετερογένειας των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, η διασύνδεσή τους και η ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ αυτών απαιτεί σημαντικό κόπο και χρόνο. Άμεση συνέπεια είναι η ελλιπής ανταλλαγή της ιατρικής πληροφορίας των ασθενών μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας (π.χ. αποτελέσματα ιατρικών εξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν σε άλλο οργανισμό), η επαναληπτική εκτέλεση ιατρικών εξετάσεων και διαδικασιών, αλλά και η αύξηση της διάρκειας παραμονής των ασθενών στα νοσοκομεία και του κόστους παροχής υπηρεσιών υγείας [5],[157],[156],[192],[193]. Λύση στα παραπάνω προβλήματα ετερογένειας των πληροφοριακών συστημάτων υγείας και της κάλυψης των απαιτήσεων συνεργασίας (*collaboration*) και συνέργειας (*cooperation*) δίνει η περιοδική αναβάθμιση και εξέλιξη των υπάρχοντων πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Η αναβάθμιση των υπάρχοντων πληροφοριακών συστημάτων υγείας πραγματοποιείται με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών και προτιμάται από την αντικατάστασή τους από νέα ομοιογενή, καθώς η τελευταία αυτή λύση θα απαιτούσε σημαντική προσπάθεια και υψηλό κόστος [5],[6],[192],[193].

Μια από τις πιο πρόσφατες αρχιτεκτονικές ανάπτυξης κατανομημένων υπολογιστικών συστημάτων είναι η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική. Η αρχιτεκτονική αυτή θεωρείται σημαντική εξέλιξη των αρχιτεκτονικών ανάπτυξης λογισμικού, ενώ υποστηρίζεται και προάγεται από την τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού (*web services*) [13],[99],[171]. Η τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού αποτελεί σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη, ενώ η έννοια της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια και συγκεκριμένα από τον καιρό που αναπτύχθηκε η CORBA με στόχο την ολοκλήρωση των εφαρμογών ετερογενών συστημάτων [13]. Στον ιατρικό χώρο, η χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής μπορεί να συμβάλλει στην αναβάθμιση και εξέλιξη των ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων, διατηρώντας ταυτόχρονα σε χαμηλά επίπεδα το κόστος αναβάθμισης, ενώ η χρήση της

γλώσσας BPEL –που θα μελετηθεί παρακάτω- συμβάλλει στη σύνθεση των υπηρεσιών ιστού [13],[157],[192].

Πιο αναλυτικά, σε μια προσέγγιση υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής που αποσκοπεί στην υποστήριξη διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας, η BPEL χρησιμοποιείται για τη συνεργασία, τόσο εσωτερικά στις διαδικασίες, όσο και μεταξύ τους. Ωστόσο, σε ένα υπηρεσιοστρεφές περιβάλλον απαιτείται μια εύρωστη και ασφαλής υποδομή που θα συνδυάζει τις υπηρεσίες, προκειμένου να καλύψει τις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις. Συνακόλουθα, εισάγεται η τεχνολογία του επιχειρησιακού δίαυλου υπηρεσίας (*Enterprise Service Bus - ESB*), που επιλύει ζητήματα συνδεσιμότητας εφαρμογών και υπηρεσιών. Όταν όλες οι παραπάνω τεχνολογίες και αρχιτεκτονικές επιζητούν εικονικά περιβάλλοντα, όπου θα επιτρέπεται η πρόσβαση σε απομακρυσμένες πηγές πληροφορίας για άντληση της, τότε εισάγεται η έννοια της τεχνολογίας πλέγματος (*grid technology*). Σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι οι προαναφερθείσες τεχνολογίες και αρχιτεκτονικές μπορούν να χρησιμοποιήσουν οντολογίες, οπότε μπορούν να λειτουργήσουν και σε περιβάλλον σημασιολογικού ιστού (*Semantic Web*) που είναι ένας εναλλακτικός τρόπος αναδιοργάνωσης του τεράστιου όγκου πληροφοριών και που στον ιατρικό τομέα μας βοηθάει να ξεφύγουμε από το πληροφοριακό χάος που επικρατεί και να προσδιορίσουμε καλύτερα την ιατρική πληροφορία.

### 3.2 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΙΣΤΟΥ

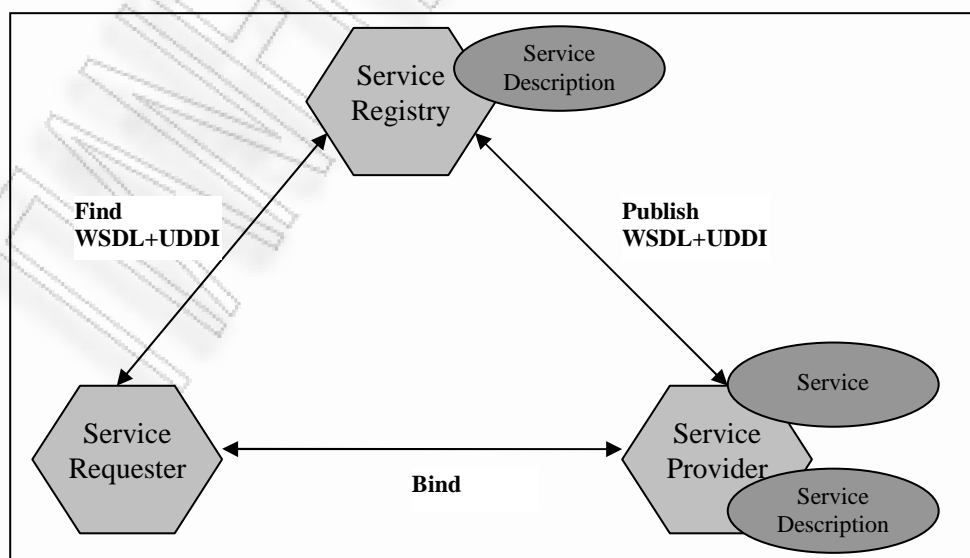
Οι υπηρεσίες ιστού ορίζονται ως διεπαφές (*interface*) που τις χρησιμοποιούν χρήστες ή προγράμματα για την εκτέλεση απομακρυσμένων λειτουργιών (*functions*). Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται με την ανταλλαγή τυποποιημένων μηνυμάτων XML (*XML messages*), μέσω όμως Διαδικτύου. Η περιγραφή μιας υπηρεσίας ιστού γίνεται με βάση την XML, ονομάζεται περιγραφή υπηρεσίας (*service description*) και περιέχει όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες για την αλληλεπίδραση με την υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων της μορφής (*format*) και της δομής (*structure*) των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται, των πρωτοκόλλων μεταφοράς των μηνυμάτων και της τοποθεσίας της υπηρεσίας [13],[99],[171]. Οι υπηρεσίες ιστού δε φανερώνουν τις λεπτομέρειες υλοποίησής τους σε αυτούς που τις καλούν, ενώ μπορούν να εκτελεστούν από οποιαδήποτε εφαρμογή ή άλλη υπηρεσία, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα λογισμικού ή υλικού στην οποία έχουν υλοποιηθεί, απλά με την ανταλλαγή μηνυμάτων XML μεταξύ της εφαρμογής ή της υπηρεσίας και των υπηρεσιών ιστού. Αυτό επιτρέπει τη «χαλαρή σύνδεση» (*loosely coupled*) των εφαρμογών, προάγει την ανάπτυξη διαλειτουργικών υλοποιήσεων και προωθεί την ολοκλήρωση των εφαρμογών. Οι υπηρεσίες

ιστού χρησιμοποιούνται μόνες τους ή μαζί με άλλες υπηρεσίες ιστού για την εκπλήρωση μιας εργασίας, μιας ομάδας από πολύπλοκες εργασίες ή μιας επιχειρησιακής συναλλαγής [13],[99],[171].

Οι υπηρεσίες ιστού αρχικώς χρησιμοποιήθηκαν από ασφαλιστικούς ή τραπεζικούς οργανισμούς για την παροχή υπηρεσιών σε επιχειρησιακούς συνεταίρους και πελάτες μέσω διαδικτύου (παραδείγματος χάριν για την επιβεβαίωση του αριθμού μιας πιστωτικής κάρτας που πληκτρολογείται μέσω διαδικτύου, προκειμένου να πραγματοποιηθεί κάποια αγορά). Τον τελευταίο καιρό, πολλοί οργανισμοί έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν και να χρησιμοποιούν υπηρεσίες ιστού, ενώ στο χώρο της υγείας άρχισαν να χρησιμοποιούνται πρόσφατα για την ολοκλήρωση των ετερογενών εφαρμογών των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας και την ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας των ασθενών [99],[157],[171],[191],[192].

### 3.2.1 Το μοντέλο των υπηρεσιών ιστού

Η αρχιτεκτονική των υπηρεσιών ιστού βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τριών ρόλων, του προμηθευτή υπηρεσίας (*service provider*), του αιτούντος υπηρεσίας (*service requestor*) και του τόπου καταχώρισης υπηρεσιών (*service registry*) και αφορούν στις λειτουργίες δημοσίευσης (*publish*), εύρεσης (*find*) και σύνδεσης (*bind*) των υπηρεσιών ιστού, αντίστοιχα. Οι ρόλοι αυτοί και οι αντίστοιχες λειτουργίες αποτελούν το προγραμματιστικό μοντέλο των υπηρεσιών ιστού [99],[171]. Ακολούθως, στο Σχήμα 3-1 αναπαρίστανται οι λειτουργίες που εκτελούνται από τους ρόλους της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ρόλων, καθώς και τα συστατικά (υπηρεσία - *service*, περιγραφή υπηρεσίας - *service description*) που δημιουργούνται από αυτή την αλληλεπίδραση.



**Σχήμα 3-1:** Ρόλοι, λειτουργίες και συστατικά των υπηρεσιών ιστού

Συγκεκριμένα, οι ρόλοι της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού αναλύονται ως ακολούθως [99],[171]:

- ❖ προμηθευτής υπηρεσίας (*service provider*): από επιχειρησιακής απόψεως είναι ο ιδιοκτήτης της υπηρεσίας, ενώ από αρχιτεκτονικής είναι η πλατφόρμα που παρέχει πρόσβαση για την εκτέλεση της υπηρεσίας
- ❖ αιτών υπηρεσίας (*service requester*): από επιχειρησιακής απόψεως είναι η επιχείρηση που αναζητά την ικανοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών από κάποια άλλη επιχείρηση, ενώ από αρχιτεκτονικής απόψεως είναι η εφαρμογή που αιτείται, καλεί και εκτελεί μια υπηρεσία
  - ο ρόλος του αιτούντα υπηρεσίας μπορεί να υλοποιηθεί, είτε από μια εφαρμογή που εκτελείται από ένα χρήστη, μέσω ενός περιηγητή ιστού (*web browser*), είτε από μία εφαρμογή χωρίς σύστημα διεπαφής για τους χρήστες (*user interface*), όπως για παράδειγμα μια άλλη υπηρεσία ιστού
- ❖ τόπος καταχώρησης υπηρεσιών (*service registry*): είναι μια αποθήκη που περιλαμβάνει περιγραφές υπηρεσιών, όπου οι προμηθευτές υπηρεσίας δημοσιεύουν τις υπηρεσίες τους
  - οι αιτούντες υπηρεσίας προσπελαύνουν τους τόπους καταχώρησης υπηρεσιών για την αναζήτηση υπηρεσιών και την ανάκτηση πληροφορίας σύνδεσης με αυτές και περιγραφών υπηρεσιών από άλλες πηγές, όπως ένα τοπικό αρχείο, ένας τόπος FTP (*FTP site*) και ένας δικτυακός τόπος (*web site*)
  - ο ρόλος του τόπου καταχώρισης υπηρεσιών είναι προαιρετικός, λόγω του ότι ένας προμηθευτής υπηρεσίας μπορεί να αποστείλει την περιγραφή μιας υπηρεσίας απευθείας στον αιτούντα υπηρεσίας.

Για να γίνει κατανοητή η αρχιτεκτονική μίας υπηρεσίας ιστού περιγράφεται ένα τυπικό σενάριο ανάπτυξης της, όπου ένας προμηθευτής υπηρεσίας (*service provider*) φιλοξενεί ένα τμήμα λογισμικού που αποτελεί την υλοποίηση της υπηρεσίας ιστού. Καθορίζει, λοιπόν μια περιγραφή για αυτήν την υπηρεσία ιστού και τη δημοσιεύει (*publish*) σε έναν αιτούντα υπηρεσίας (*service requestor*) ή σε ένα τόπο καταχώρησης υπηρεσιών (*service registry*), ενώ από την μεριά του, ο αιτών υπηρεσίας (*service requestor*) εκτελεί μια λειτουργία εύρεσης (*find*) τοπικά ή στον τόπο καταχώρησης υπηρεσιών (*service registry*) για να ανακτήσει την περιγραφή της υπηρεσίας. Κατόπιν, χρησιμοποιεί την πληροφορία της περιγραφής της υπηρεσίας (*service description*) για να συνδεθεί (*bind*) με τον προμηθευτή της υπηρεσίας (*service provider*) και να εκτελέσει εν τέλει την υπηρεσία ιστού [99],[171].

### 3.2.2 Τεχνολογία υπηρεσιών ιστού

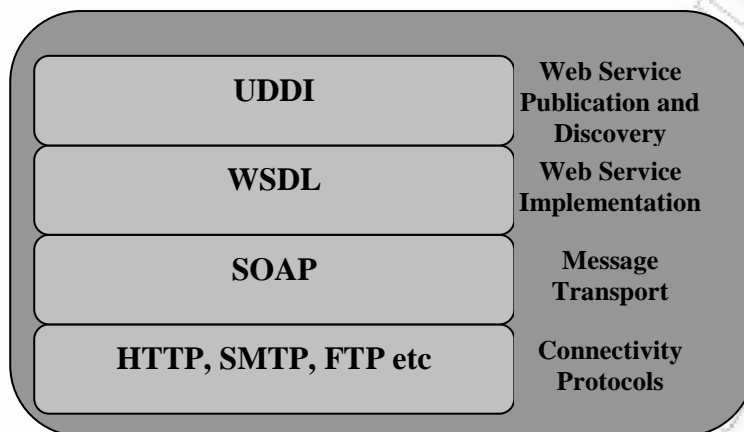
Τα πρότυπα (*standards*) που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού αφορούν [99],[171]:

- ❖ στον καθορισμό της μορφής των μηνυμάτων που αποστέλλονται στις υπηρεσίες ιστού μέσω διαδικτύου
- ❖ στον καθορισμό των διεπαφών (*interfaces*) των υπηρεσιών, στις οποίες αποστέλλονται τα μηνύματα
- ❖ στην περιγραφή συμβάσεων για την αντιστοίχιση του περιεχομένου των μηνυμάτων με τις εφαρμογές που υλοποιούν τις υπηρεσίες ιστού
- ❖ στον καθορισμό των μηχανισμών δημοσίευσης (*publish*) και εύρεσης (*find*) των διεπαφών (*interfaces*) των υπηρεσιών ιστού.

Μερικά από αυτά τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τις υπηρεσίες ιστού είναι το πρωτόκολλο SOAP (*Simple Object Access Protocol*) και οι προδιαγραφές WSDL (*Web Services Definition Language*) και UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*). Στο Σχήμα 3-2 αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική των τεχνολογιών των υπηρεσιών ιστού.

Όπως έχει προαναφερθεί, το πρωτόκολλο SOAP είναι ένα πρωτόκολλο μεταφοράς (*transport protocol*) μηνυμάτων που βασίζεται στη γλώσσα XML και χρησιμοποιείται σε αποκεντρωμένα και κατανεμημένα περιβάλλοντα για την ανταλλαγή δεδομένων. Παρέχει ένα μηχανισμό για την ανταλλαγή εντολών και παραμέτρων μεταξύ πελατών (*clients*) και εξυπηρετητών (*servers*) κι επιπλέον, όπως οι υπηρεσίες ιστού, έτσι και αυτό είναι διαλειτουργικό, άρα και ανεξάρτητο από την πλατφόρμα λογισμικού και υλικού, του μοντέλου αντικειμένων (*object model*) και της γλώσσας προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των υπηρεσιών ιστού [253]. Σημαντικό προτέρημα του SOAP είναι ότι βασίζεται στην XML, σε αντίθεση με άλλα παλαιότερα πρωτόκολλα μεταφοράς (*transport protocols*) δεδομένων που βασίζονται σε δυαδικά κείμενα (όπως για παράδειγμα το Internet Inter-ORB Protocol –IIOP- για την CORBA και το Java Remote Method Protocol –JRMP- για Java Remote Method Invocation -RMI). Η χρησιμότητα της XML αφορά στο γεγονός ότι είναι ευκολότερα αναγνώσιμη από ότι ένα δυαδικό κείμενο, αλλά και στο ότι οι εφαρμογές που επικοινωνούν με τη χρήση του SOAP μεταγλωττίζονται με μεγαλύτερη ευκολία [171],[252],[253]. Το SOAP χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς, όπως το HTTP (*HyperText Transport Protocol*) που προτιμάται σε μεγαλύτερο ποσοστό, το SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), το FTP (*File Transfer Protocol*) και πολλά άλλα. Όταν τα μηνύματα SOAP αποστέλλονται μέσω του πρωτοκόλλου

μεταφοράς HTTP, συνήθως διαπερνούν τα τείχη προστασίας που εν γένει επιτρέπουν τη διέλευση μηνυμάτων με το HTTP πρωτόκολλο που είναι ευρύτερα γνωστό για πλοήγηση στο διαδίκτυο [171],[252],[253].



Σχήμα 3-2: Η αρχιτεκτονική των τεχνολογιών των υπηρεσιών ιστού

Η προδιαγραφή WSDL (*Web Services Definition Language*) είναι μια –βασισμένη στην XML- μεταγλώσσα (*meta-language*) που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των υπηρεσιών ιστού. Συγκεκριμένα, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι αιτούντες υπηρεσιών (*service requestors*) επικοινωνούν με τους προμηθευτές υπηρεσιών (*service providers*) για την εκτέλεση των υπηρεσιών ιστού που προσφέρουν οι προμηθευτές. Όπως και η XML, έτσι και η μεταγλώσσα WSDL είναι επεκτάσιμη κι επιτρέπει την περιγραφή των ακροδεκτών (*endpoints*) και του περιεχομένου των μηνυμάτων που ανταλλάσσουν, ανεξάρτητα από τη μορφή των μηνυμάτων και από τα πρωτόκολλα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των υπηρεσιών ιστού. Επίσης, η WSDL χρησιμοποιείται για την περιγραφή λεπτομερειών σχετικά με το σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία των υπηρεσιών ιστού στο διαδίκτυο, αφού για κάθε υπηρεσία ιστού δημιουργείται ένα αρχείο σε μεταγλώσσα WSDL, το οποίο διατίθεται σε αυτούς που επιθυμούν την εκτέλεση της υπηρεσίας ιστού [99],[171].

Η UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) αποτελεί μια προδιαγραφή για τη δημιουργία τόπων καταχώρησης (*registries*), οι οποίες ονομάζονται τόποι καταχώρησης υπηρεσιών UDDI (*UDDI registry*). Ένας τόπος καταχώρησης UDDI είναι μια βάση δεδομένων, όπου καταγράφονται περιγραφές των υπηρεσιών ιστού και των επιχειρήσεων που τις προσφέρουν. Οι προμηθευτές υπηρεσιών ιστού χρησιμοποιούν τους τόπους καταχώρησης UDDI για τη δημοσίευση των υπηρεσιών τους, τις οποίες ανακαλύπτουν και εκτελούν οι αιτούντες υπηρεσιών, ενώ οι δύο αυτοί ρόλοι αλληλεπιδρούν με έναν τόπο καταχώρησης UDDI, μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων SOAP (*SOAP messages*) [99],[171].

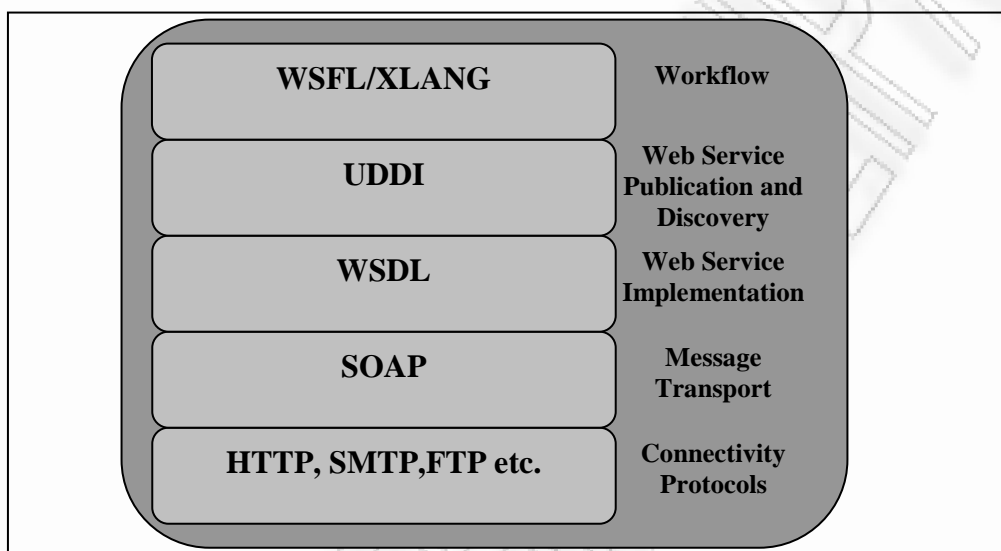
### 3.2.3 Υπηρεσίες ιστού και ροές εργασίας

Οι υπηρεσίες ιστού και οι ροές εργασίας σχετίζονται με δύο τρόπους και συγκεκριμένα, μια υπηρεσία ιστού μπορεί να υλοποιείται από μια ροή εργασιών και μια ροή εργασιών μπορεί να χρησιμοποιεί υπηρεσίες ιστού, ως υλοποιήσεις των δραστηριοτήτων της. Στην πρώτη περίπτωση, η παροχή δυνατότητας πρόσβασης σε μία ροή εργασιών ενός οργανισμού, μέσω της ανάπτυξης μίας υπηρεσίας ιστού που μπορεί να εκτελεστεί μέσω διαδικτύου συμβάλλει στην ενίσχυση της συνεργασίας των επιχειρησιακών συνεταιίρων. Από την άλλη, στη δεύτερη περίπτωση η χρήση υπηρεσιών ιστού, ως υλοποιήσεις δραστηριοτήτων μιας ροής εργασιών βοηθάει στην υλοποίηση πολύπλοκων ροών εργασίας, αφού οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να εκτελεστούν μέσω διαδικτύου από οποιοδήποτε οργανισμό [75],[149],[237].

Επίσης, οι υπηρεσίες ιστού συχνά χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση διεπιχειρησιακών διαδικασιών ροών εργασίας (*cross-organizational workflow processes*). Παράδειγμα τέτοιου τύπου είναι η ολοκλήρωση δύο υποδιαδικασιών ροών εργασίας, από τις οποίες η καθεμία εκτελείται σε διαφορετικό οργανισμό. Η ολοκλήρωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη από τον κάθε οργανισμό υπηρεσιών ιστού για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων των τοπικών υποδιαδικασιών που αλληλεπιδρούν (σύμφωνα με το μοντέλο της διεπιχειρησιακής διαδικασίας) [75],[107],[144],[149],[237].

Η χρήση υπηρεσιών ιστού για την ολοκλήρωση διεπιχειρησιακών διαδικασιών ροής εργασίας συνέβαλε στη δημιουργία ενός νέου προτύπου που περιγράφει τις συνθέσεις των υπηρεσιών ιστού, ως τμήμα του προσδιορισμού μιας επιχειρησιακής διαδικασίας [75],[149]. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-3, το πρότυπο αυτό προστέθηκε στο ανώτερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής των τεχνολογιών των υπηρεσιών ιστού, για το οποίο έχουν προταθεί δύο γλώσσες που βασίζονται στην XML. Η μία ονομάζεται WSFL (*Web Services Flow Language*) και η άλλη XLANG (*XML-based extension of WSDL*) και αναπτύχθηκαν από την IBM και την Microsoft, αντίστοιχα [150],[227].

Η WSFL παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας δύο τύπων μοντέλων: τα μοντέλα ροής (*flow model*) και τα γενικά μοντέλα (*global model*). Ένα μοντέλο ροής περιγράφει πως εκπληρώνεται ένας επιχειρησιακός στόχος, ενώ ένα γενικό μοντέλο πως αλληλεπιδρούν οι υπηρεσίες ιστού μεταξύ τους. Επίσης, το γενικό μοντέλο ευνοεί τη δημιουργία μοντέλων αλληλεπίδρασης μεταξύ των επιχειρησιακών συνεταιίρων που παρέχουν τις υπηρεσίες ιστού, δημιουργώντας συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων εισόδου και των δεδομένων εξόδου των υπηρεσιών ιστού που αλληλεπιδρούν [75],[150].



**Σχήμα 3-3:** Η αρχιτεκτονική των τεχνολογιών των υπηρεσιών ιστού

Η βασική μονάδα εργασίας στην WSFL είναι η δραστηριότητα που σημαίνει ότι όλες οι δραστηριότητες αναπαρίστανται με κόμβους σε ένα συνδεδεμένο γράφημα και συνδέονται μέσω σχέσεων *dataLink* και *controlLink* που απεικονίζουν τη ροή των δεδομένων και τη ροή ελέγχου μεταξύ αυτών των δραστηριοτήτων, αντίστοιχα. Η σχέση *dataLink* συνδέει δύο δραστηριότητες και καθορίζει το πέρασμα δεδομένων από τη δραστηριότητα προέλευσης της σχέσης *dataLink* στη μηχανή ροής (*flow engine*) και στη συνέχεια το πέρασμα αυτών των δεδομένων ή μέρους αυτών στη δραστηριότητα στόχου της σχέσης *dataLink*. Επίσης, η σχέση αυτή επιτρέπει τον προσδιορισμό συσχετίσεων (*mappings*), μεταξύ ενός εγγράφου που παράγεται από μια δραστηριότητα προέλευσης κι ενός εγγράφου που λαμβάνεται από μια δραστηριότητα στόχου. Τα δεδομένα μεταξύ των δύο δραστηριοτήτων ρέουν πάντα σύμφωνα με τις σχέσεις *controlLinks* [150].

Οι δραστηριότητες στα μοντέλα που αναπτύσσονται με τη WSFL συσχετίζονται με ενέργειες (*actions*). Αναλυτικά, όταν η εκτέλεση μιας δραστηριότητας ολοκληρωθεί το στιγμιότυπο της διαδικασίας (*process instance*) αποκτά μια δεδομένη κατάσταση, οπότε και ξεκινάει



αυτόματα μια ενέργεια (*action*), σύμφωνα με την προσδιορισμένη μετάβαση στο μοντέλο ροής (σχέση *controlLink*) και αρχίζει μια νέα δραστηριότητα. Σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι η προαναφερθείσα μετάβαση, συνήθως προστατεύεται από μια συνθήκη ελέγχου, η οποία εκφράζεται ως συνάρτηση των δεδομένων της ροής δεδομένων (σχέση *dataLink*) [150].

Ο βασικότερος στόχος της WSFL είναι η χρήση των υπηρεσιών ιστών, ως υλοποιήσεις δραστηριοτήτων διαδικασιών ροών εργασίας (*workflow processes*), από τις οποίες δραστηριότητες, κάθε μία υλοποιείται από μια υπηρεσία ιστού και σχετίζεται με ένα προμηθευτή υπηρεσίας (*service provider*) που είναι υπεύθυνος για την παροχή της. Αυτή η σχέση καθορίζει το σύνδεσμο μεταξύ των δραστηριοτήτων μιας ροής εργασίας και των υπηρεσιών που προσφέρονται από τους προμηθευτές υπηρεσιών [150].

Σε ότι αφορά τα μειονεκτήματα της WSFL, ένα από τα κυριότερα είναι η εξάρτησή της από την προδιαγραφή WSDL που σημαίνει ότι σε περίπτωση που τροποποιηθεί η προδιαγραφή WSDL θα πρέπει να τροποποιηθεί και η WSFL. Το λογισμικό WebSphere Process Manager της IBM χρησιμοποιεί την προδιαγραφή WSFL για την αυτοματοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών, για την ολοκλήρωση διεπιχειρησιακών διαδικασιών και για την ενσωμάτωση επιχειρησιακών εφαρμογών (*Enterprise Application Integration EAI*) σε ροές εργασίας σε μορφή υπηρεσιών ιστού [150].

Παρόμοια με την WSFL, έτσι και η XLANG είναι μια επέκταση της προδιαγραφής WSDL κι εξαρτάται από αυτή, με άμεση συνέπεια οποιαδήποτε τροποποίηση της προδιαγραφής WSDL να επιφέρει τροποποιήσεις και στην XLANG. Η XLANG συμβάλλει στην ανάπτυξη μοντέλων συνθέσεων υπηρεσιών ιστού και περιγράφει συνάμα, τις συμβάσεις συνεργασίας μεταξύ των προμηθευτών υπηρεσιών (*service providers*). Οι βασικές οντότητες στον καθορισμό των διαδικασιών με τη XLANG είναι οι ενέργειες (*actions*), για την περιγραφή των οποίων χρησιμοποιούνται οι τέσσερις τύποι λειτουργιών της προδιαγραφής WSDL: αίτηση/απάντηση (*request/reply*), αίτηση για απάντηση (*solicit answer*), μονή κατεύθυνση (*one-way*) και ειδοποίηση (*notification*). Επίσης, στον καθορισμό των διαδικασιών με την XLANG χρησιμοποιούνται και άλλοι δύο τύποι ενεργειών (*actions*): η λήξη διορίας (*timeouts*) και οι εξαιρέσεις (*exceptions*) [75],[227].

Βάσει της XLANG, ο καθορισμός μιας διαδικασίας περιλαμβάνεται μέσα στον καθορισμό μιας υπηρεσίας και είναι αυτή η διαδικασία που προσδιορίζει την συμπεριφορά της υπηρεσίας. Στον καθορισμό μιας υπηρεσίας που υλοποιείται από μια διαδικασία κι έχει μια

συγκεκριμένη συμπεριφορά αναπαρίστανται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εισερχομένων (*input*) και εξερχομένων (*output*) λειτουργιών (*operations*) των υπηρεσιών που υλοποιούν τις δραστηριότητες της διαδικασίας. Η αναπαράσταση των συνδέσεων των λειτουργιών των υπηρεσιών δημιουργεί μια σειρά εκτέλεσης υπηρεσιών, η οποία έχει σαφώς καθορισμένα αρχή και τέλος και αποτελεί τον καθορισμό της επιχειρησιακής διαδικασίας που υλοποιεί την υπηρεσία [227].

Η XLANG παρέχει τη δυνατότητα εκκίνησης πολλών στιγμιότυπων μιας υπηρεσίας. Ένα στιγμιότυπο (*instance*) αρχίζει με διάφορους τρόπους, μπορεί λοιπόν να δημιουργηθεί από μια διαδικασία που εκτελείται στο παρασκήνιο ή από κάποια λειτουργία μιας εφαρμογής ή μιας υπηρεσίας ιστού. Κάθε φορά που μια υπηρεσία λαμβάνει ένα μήνυμα που αντιστοιχεί στη δημιουργία ενός νέου στιγμιότυπου αυτής, δημιουργείται ένα νέο στιγμιότυπο της επιχειρησιακής διαδικασίας που καθορίζει τη συμπεριφορά της υπηρεσίας. Αυτή η λειτουργία καλείται λειτουργία ενεργοποίησης. Ένα στιγμιότυπο μιας υπηρεσίας ολοκληρώνεται όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση της διαδικασίας που καθορίζει τη συμπεριφορά της. Ο εξυπηρετητής της Microsoft, Biz Talk Server και το εργαλείο Biz Talk Orchestration χρησιμοποιεί την προδιαγραφή XLANG για τον καθορισμό των επιχειρησιακών διαδικασιών, για την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ εφαρμογών και για την ολοκλήρωση συστατικών εφαρμογών σε μορφή υπηρεσιών ιστού [227].

Μία άλλη προδιαγραφή που προτάθηκε πρόσφατα για το ανώτερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής της τεχνολογίας των υπηρεσιών ιστού και που θα μελετηθεί διεξοδικά σε επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου, είναι η προδιαγραφή BPEL4WS (*Business Process Execution Language for Web Services*), η οποία αποτελεί μια προσπάθεια ενοποίησης των προδιαγραφών WSFL και XLANG, συνδυάζοντας τα προτερήματα της κάθε προσέγγισης. Στόχος της προσπάθειας αυτής είναι η προδιαγραφή BPEL4WS να αποτελέσει στο μέλλον πρότυπο (*standard*) για τη σύνθεση υπηρεσιών ιστού, η οποία όντας γλώσσα υλοποίησης να περιγράφει κάθε είδους επιχειρησιακή διαδικασία και να εισάγει την έννοια των αφηρημένων διαδικασιών (*abstract processes*) [11].

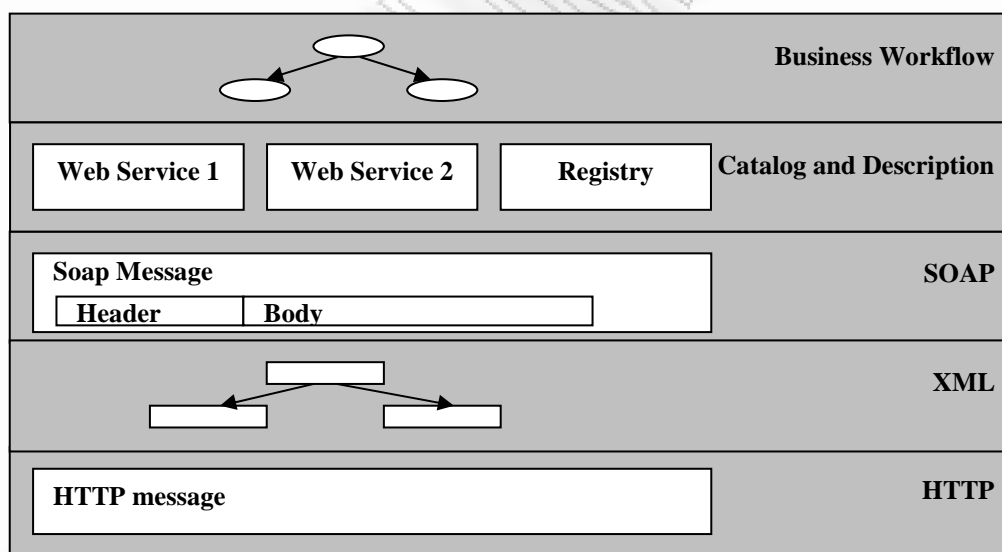
### 3.2.4 Ασφάλεια υπηρεσιών ιστού

Τον τελευταίο καιρό, ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες ιστού, καθώς και άλλα πρότυπα που βασίζονται στην XML ως μέσο για την αυτοματοποίηση των αλληλεπιδράσεων των πελατών τους με τις επιχειρησιακές τους διαδικασίες [149],[237]. Παρόλ' αυτά, η έλλειψη προτύπων για την ασφάλεια των υπηρεσιών ιστού στάθηκε εμπόδιο

στην ευρεία χρήση των υπηρεσιών ιστού από τους οργανισμούς. Ο λόγος είναι κάθε οργανισμός πρέπει να ενισχύσει τις υπηρεσίες ασφάλειας (*security services*) που χρησιμοποιεί, όταν πρόκειται να παράσχει πρόσβαση στις εφαρμογές της σε εξωτερικούς συνεργάτες, μέσω διαδικτύου και ειδικά όταν αυτές οι εφαρμογές σχετίζονται με κρίσιμες επιχειρησιακές διαδικασίες [82],[103],[119],[121].

Μια βασική αρχή της ασφάλειας είναι ότι ένα σύστημα είναι ασφαλές μόνο όταν για όλα τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του συστήματος έχουν αναπτυχθεί υπηρεσίες ασφάλειας (*security services*), αφού η έλλειψη ασφάλειας σε οποιοδήποτε επίπεδο της αρχιτεκτονικής του συστήματος μπορεί να επιτρέψει σε εισβολείς την είσοδό τους στο σύστημα. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τις υπηρεσίες ιστού είναι απαραίτητη η ανάπτυξη υπηρεσιών ασφάλειας (*security services*) για τα ακόλουθα επίπεδα της αρχιτεκτονικής των συστημάτων [82],[103],[119]:

- ❖ Επίπεδο επιχειρησιακής διαδικασίας ή ροών εργασίας
- ❖ Επίπεδο τύπου καταχώρισης και περιγραφής των υπηρεσιών ιστού
- ❖ Επίπεδο επικοινωνίας (τυπικά SOAP)
- ❖ Επίπεδο αποθήκευσης εγγράφων XML
- ❖ Επίπεδο μεταφοράς δεδομένων.



**Σχήμα 3-4:** Τα επίπεδα των υπηρεσιών ιστού για την εφαρμογή υπηρεσιών ασφάλειας

Στο Σχήμα 3-4 αναπαριστώνται τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού για τα οποία απαιτείται η ανάπτυξη υπηρεσιών ασφάλειας (*security services*). Το πρώτο επίπεδο αφορά στη χρήση υπηρεσιών ιστού ως υλοποιήσεις δραστηριοτήτων ροών εργασίας καθώς και στη χρήση μιας ροής εργασίας για την υλοποίηση μιας υπηρεσίας ιστού. Όπως προαναφέρθηκε, για αυτό το επίπεδο έχουν αναπτυχθεί οι γλώσσες WSFL και XLANG από

την IBM και την Microsoft, αντίστοιχα. Όμως, θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα προαναφερόμενα πρότυπα δεν εισάγουν κάποιο πρότυπο ασφάλειας (*security standard*).

Το επόμενο επίπεδο αφορά στους τύπους καταχώρισης των υπηρεσιών ιστού (*service registries*) και στις περιγραφές τους (*service descriptions*). Όπως προαναφέρθηκε, για αυτό το επίπεδο έχει αναπτυχθεί η προδιαγραφή UDDI, η οποία παρέχει τους ακόλουθους γενικούς κανόνες ασφάλειας [82],[103],[119]:

- ❖ δικαίωμα δημοσίευσης υπηρεσίας και δημιουργίας/μετατροπής πληροφορίας σε ένα τόπο καταχώρισης υπηρεσιών ιστού (*service registry*) έχουν μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες
- ❖ δικαίωμα μετατροπής ή διαγραφής πληροφορίας σε έναν τόπο καταχώρισης υπηρεσιών ιστού (*service registry*) έχουν μόνο οι κατασκευαστές-φορείς αυτής της πληροφορίας
- ❖ κάθε υλοποίηση ενός τόπου καταχώρισης υπηρεσιών ιστού (*service registry*) μπορεί να ορίσει ένα δικό της μηχανισμό αυθεντικοποίησης (*authentication mechanism*) για την αυθεντικοποίηση των χρηστών που προσπελαίνουν τον τόπο καταχώρισης.

Στο επίπεδο αυτό είναι δυνατή η χρήση τεχνολογιών ασφάλειας, οι οποίες υλοποιούν υπηρεσίες εξουσιοδοτήσεων (*authorization services*) για τον καθορισμό εξουσιοδοτήσεων σε αντικείμενα γραμμένα σε XML, αφού οι περιγραφές των υπηρεσιών ιστού που αποθηκεύονται στους τύπους καταχώρισης UDDI (*UDDI registry*) είναι γραμμένες σε WSDL, η οποία βασίζεται στην XML [82]. Παράδειγμα τεχνολογίας ασφάλειας που μπορεί να εφαρμοστεί σε αυτό το επίπεδο είναι η προδιαγραφή XACML (*XML Access Control Markup Language*) [96],[153].

Η προδιαγραφή XACML αναπτύχθηκε από μια ειδική τεχνική επιτροπή του οργανισμού OASIS, σε συνεργασία με το ερευνητικό εργαστήριο της IBM στο Τόκιο και το Πανεπιστήμιο του Μιλάνου. Ένας από τους στόχους της τεχνικής επιτροπής του οργανισμού OASIS ήταν ο καθορισμός ενός σχήματος XML (*XML schema*) και μιας ονοματολογίας (*namespace*) για την έκφραση σε XML κανόνων εξουσιοδοτήσεων (*authorization rules*) για αντικείμενα που είναι και αυτά γραμμένα σε XML. Συγκεκριμένα, η προδιαγραφή XACML καθορίζει μία δομή για τη δημιουργία πολιτικών ασφάλειας (*security policy*) στην XML, οι οποίες περιέχουν κανόνες εξουσιοδοτήσεων που καθορίζουν τα δικαιώματα των χρηστών σε θέματα προσπέλασης βάσεων δεδομένων, εγγράφων XML και υπηρεσιών ιστού. Επίσης, η XACML καθορίζει κανόνες εξουσιοδοτήσεων για τα έγγραφα XML σε επίπεδο στοιχείων XML (*XML element*) [96],[153].

Θέλοντας να αποσαφηνίσουμε τον τρόπο, με τον οποίο λειτουργεί η προδιαγραφή XACML, παραθέτουμε σε αυτό το σημείο ένα τυπικό σενάριο χρήσης της προδιαγραφής XACML, στο οποίο ένα υποκείμενο (π.χ. ένας χρήστης ή μια εφαρμογή) επιχειρεί την εκτέλεση κάποιας ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο πόρο (*resource*). Το υποκείμενο στέλνει μια αίτηση προσπέλασης (*access request*) στην οντότητα που προστατεύει αυτόν τον πόρο (π.χ. ένας εξυπηρετητής ιστού), η οποία καλείται PEP (*Policy Enforcement Point*). Η οντότητα PEP σχηματίζει μια νέα αίτηση προσπέλασης (*access request*) σε XACML με τα στοιχεία του υποκειμένου (π.χ. όνομα και διεύθυνση χρήστη κ.α.), την αιτούμενη ενέργεια, τα στοιχεία του πόρου και οποιαδήποτε άλλη σχετική πληροφορία. Κατόπιν, στέλνει την αίτηση σε μια οντότητα που ονομάζεται PDP (*Policy Decision Point*) που με τη σειρά της την εξετάζει, βάσει της πολιτικής ασφάλειας (*security policy*) που είναι γραμμένη σε XACML και των στοιχείων της αίτησης προσπέλασης και αποφασίζει εάν η αιτούμενη ενέργεια επιτρέπεται ή όχι στο υποκείμενο. Η οντότητα PDP δημιουργεί μια απάντηση σε XACML και την αποστέλλει στην PEP, η οποία επιτρέπει ή όχι την αιτούμενη ενέργεια για τον συγκεκριμένο πόρο στον αιτούντα [96],[153].

Στο επίπεδο επικοινωνίας της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα πρωτόκολλα μεταφοράς (*transport protocols*), αλλά περισσότερο συχνά χρησιμοποιείται το SOAP, το οποίο από μόνο του δεν προσδιορίζει κάποιο πρότυπο ασφάλειας. Για το SOAP έχει αναπτυχθεί η προδιαγραφή WS-Security που περιγράφει προσθήκες (*assertions*) για τα μηνύματα SOAP, αποσκοπώντας στη διασφάλιση της ακεραιότητας (*message integrity*), τη διατήρηση της εμπιστευτικότητας (*message confidentiality*) και τη μονή αυθεντικοποίηση των μηνυμάτων (*single message authentication*) [17]. Επίσης, η προδιαγραφή WS-Security παρέχει ένα μηχανισμό για την εισαγωγή χαρακτηριστικών ασφάλειας (*security tokens*) στα μηνύματα SOAP, δεν προσδιορίζει όμως τα χαρακτηριστικά ασφάλειας που πρέπει να υπάρχουν στα μηνύματα. Ωστόσο, είναι αρκετά ευέλικτη, ώστε να υποστηρίζει την εισαγωγή διαφόρων μορφών χαρακτηριστικών ασφάλειας στα μηνύματα [17].

Επιπλέον, η προδιαγραφή WS-security καθορίζει πρότυπα για την κρυπτογράφηση (*encryption*) και την αποκρυπτογράφηση (*decryption*) μηνυμάτων SOAP. Η κρυπτογράφηση μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα στοιχείο SOAP (*SOAP element*) ενός μηνύματος SOAP ή στα δεδομένα που εμπεριέχονται σε αυτό. Ακόμη, παρέχει τη δυνατότητα κρυπτογράφησης ολόκληρου του μηνύματος SOAP που μπορεί όμως να περιέχει τμήματα του μηνύματος ήδη κρυπτογραφημένα. Επίσης, η WS-Security προσδιορίζει πρότυπα για τη ψηφιακή υπογραφή (*digital signature*) των μηνυμάτων SOAP, επιτρέποντας την ύπαρξη πολλών ψηφιακών

υπογραφών στο ίδιο μήνυμα, ακόμη κι αν αυτές υπερκαλύπτουν τμήματα του μηνύματος [17],[121]. Για την ασφάλεια του επιπέδου αποθήκευσης εγγράφων XML της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κρυπτογράφηση και η ψηφιακή υπογραφή των εγγράφων XML ή μερών αυτών, όπως αυτές ορίζονται από τον οργανισμό W3C [17],[25],[123]. Επιπροσθέτως, για την ασφάλεια του επιπέδου μεταφοράς δεδομένων της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ασφαλή πρωτόκολλα Secure HTTP (HTTPS) ή/και SSL (*Secure Socket Layer*) [17],[92],[121].

Επιπλέον, ένα άλλο πρότυπο που έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται σε περιβάλλοντα εκτέλεσης υπηρεσιών ιστού είναι το πρότυπο SAML (*Security Assertion Markup Language*), το οποίο δεν μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε κάποιο από τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών ιστού. Βασίζεται στην XML και παρέχει ένα πλαίσιο εργασίας για την ανταλλαγή πληροφορίας ασφάλειας μεταξύ δύο ή περισσότερων συστημάτων που συναλλάσσονται. Το πρότυπο SAML συμβάλλει στην υλοποίηση υπηρεσιών εμπιστευτικότητας (*confidentiality*), εξουσιοδότησης (*authorization*) και ακεραιότητας (*integrity*). Συγκεκριμένα, παρέχει το μέσο που ουσιαστικά είναι ένας μηχανισμός ανταλλαγής πληροφορίας αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης μεταξύ των συναλλασσόμενων [128],[207]. Η πληροφορία αυτή εισάγεται στα μηνύματα SOAP που ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο οργανισμών για την εκτέλεση της υπηρεσίας ιστού. Ο τρόπος εισαγωγής πληροφορίας αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης στην επικεφαλίδα (*header*) ή στο κυρίως μέρος (*body*) ενός μηνύματος SOAP καθορίζεται από την προδιαγραφή WS-security [17],[128],[207]. Για παράδειγμα, σε ένα τυπικό σενάριο υλοποίησης μιας υπηρεσίας ιστού ένας οργανισμός διαθέτει μια υπηρεσία ιστού, την οποία ένας άλλος οργανισμός ενσωματώνει στο δικό του σύστημα. Οι χρήστες του δεύτερου οργανισμού, οι οποίοι αυθεντικοποιούνται από το τοπικό σύστημα του οργανισμού που ανήκουν εκτελούν την υπηρεσία ιστού που προσφέρεται από τον πρώτο οργανισμό χωρίς να το αντιλαμβάνονται που σημαίνει ότι όλη η διαδικασία αποκρύπτεται από τους χρήστες.

Κάθε χρήστης, λοιπόν, αυθεντικοποιείται μόνο μια φορά κατά την είσοδό του στο τοπικό σύστημα και είναι αυτό το σύστημα που κατόπιν εξετάζει εάν ο χρήστης είναι εξουσιοδοτημένος για την εκτέλεση της συγκεκριμένης υπηρεσίας ιστού. Στην περίπτωση που επιτρέπεται στον χρήστη η εκτέλεση της υπηρεσίας, στο μήνυμα SOAP που αποστέλλεται σε αυτήν την υπηρεσία, προστίθεται η πληροφορία αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης που έχει προσυμφωνηθεί μεταξύ των δύο οργανισμών (π.χ. ένα πιστοποιητικό 'certificate' του οργανισμού προέλευσης το οποίο έχει χορηγήσει μια τρίτη έμπιστη οντότητα - *third trusted party*). Κατά συνέπεια, ο οργανισμός που παρέχει την υπηρεσία ιστού (προμηθευτής υπηρεσίας) εμπιστεύεται τον αυθεντικοποιημένο κι

εξουσιοδοτημένο χρήστη εκείνων των οργανισμών που δημιουργούν και αποστέλλουν μηνύματα SOAP με την κατάλληλη πληροφορία αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης [128],[207].

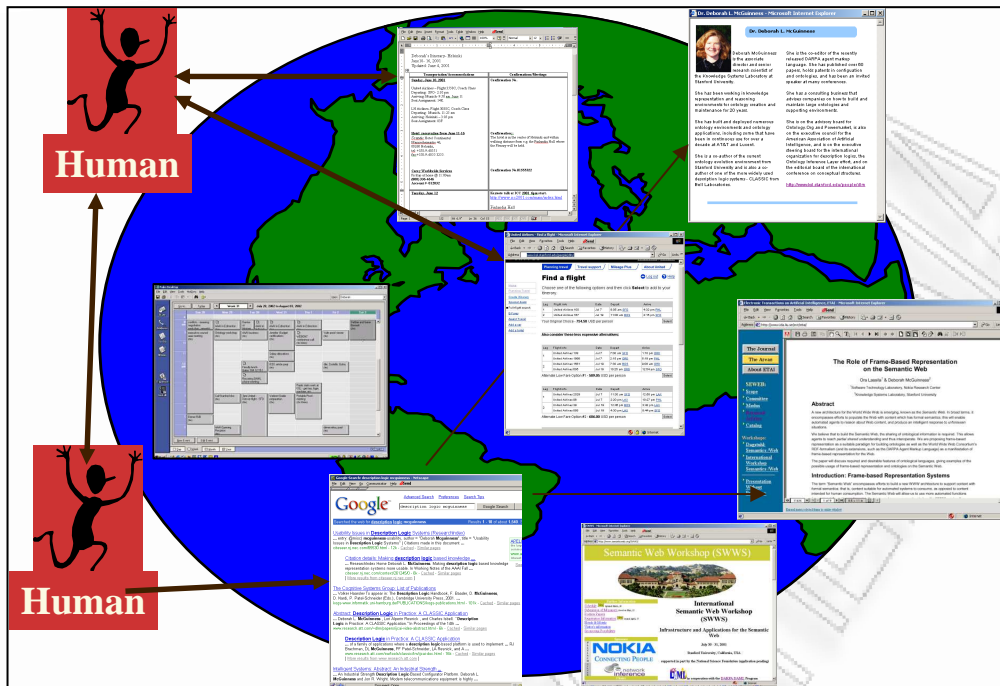
### 3.3 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

#### 3.3.1 Εμφάνιση Σημασιολογικού Ιστού

Ο παγκόσμιος ιστός αποτελεί μείζονος σημασίας επίτευγμα στο χώρο της τεχνολογίας, αν αναλογιστεί κανείς την ποσότητα της διαθέσιμης πληροφορίας και το ρυθμό αύξησης των ανθρώπων που τον χρησιμοποιούν, αφού από μερικές χιλιάδες ιστοσελίδες που είχαμε το 1990 φτάνουμε σήμερα τις εκατοντάδες εκατομμύρια σελίδες. Κατακλύζεται από τεράστια ποσότητα πληροφόρησης επί παντός θέματος και η επιτυχία του βασίζεται στην απλότητα του και συγκεκριμένα στην απλότητα των HTTP και HTML που επέτρεψαν στους κατασκευαστές λογισμικού, στους φορείς παροχής πληροφοριών και τους τελικούς χρήστες την εύκολη προσπέλαση δεδομένων [161]. Το Σχήμα 3-5 αποτελεί μια αναπαράσταση του σημερινού παγκόσμιου ιστού.

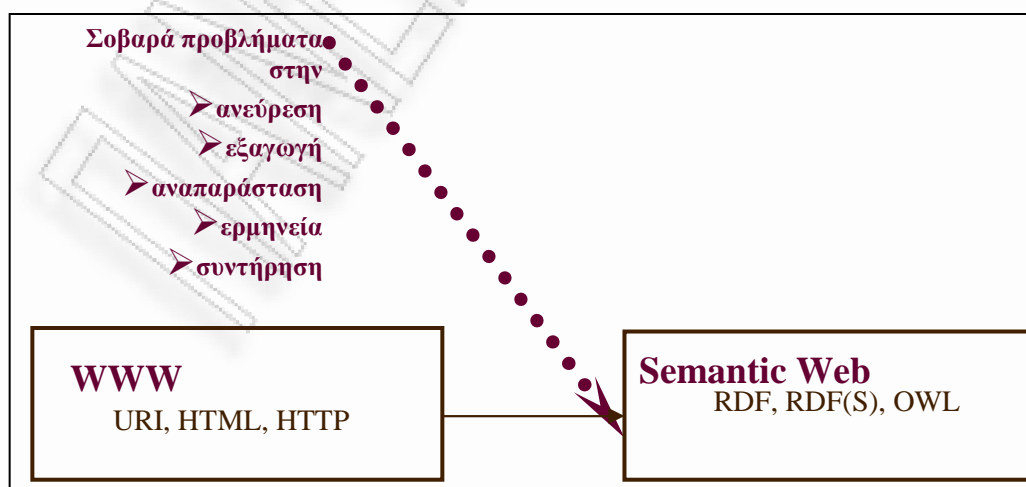
Κάποιες από τις αδυναμίες του παγκόσμιου ιστού που παρατηρούνται τη σημερινή εποχή και μας οδηγούν στην μετάβαση στο σημασιολογικό ιστό (*Semantic Web*) είναι οι εξής:

- ❖ πολύπλοκα ερωτήματα που απαιτούν υπόβαθρο γνώσεων
  - εύρεση πληροφορίας σε αποθήκες δεδομένων (*data repositories*), παραδείγματος χάριν ταξιδιωτικές πληροφορίες ή τιμές από προϊόντα και υπηρεσίες
- ❖ εύρεση και χρήση υπηρεσιών ιστού
  - ανάθεση πολύπλοκων εργασιών σε πράκτορες ιστού (*web agents*), παραδείγματος χάριν κράτηση πακέτου διακοπών σε μέρος με συγκεκριμένες απαιτήσεις π.χ. ψηλή θερμοκρασία, θάλασσα, αγγλική γλώσσα
- ❖ σε μία τυπική ιστοσελίδα η πληροφορία σήμανσης (*markup*) αποτελείται από πληροφορίες παρουσίασης (π.χ. μέγεθος γραμματοσειράς και χρώμα) και διασυνδέσεις με σχετικό περιεχόμενο, ωστόσο
  - το σημασιολογικό περιεχόμενο είναι προσβάσιμο στους χρήστες, αλλά όχι εύκολα στους υπολογιστές και απαιτείται κατανόηση της φυσικής γλώσσας.



Σχήμα 3-5: Ο Παγκόσμιος Ιστός Σήμερα: Πλούσια Πηγή Πληροφοριών για Διαχείριση και Ερμηνεία από τον Άνθρωπο

Εκτός από τις παραπάνω αδυναμίες, η απλότητα του παγκόσμιου ιστού ενδέχεται να αποβεί εμπόδιο στην παραπέρα ανάπτυξη, καθώς συχνά πλέον παρατηρείται ότι η πληροφόρηση που διανέμεται μέσω αυτού μπορεί να είναι σωστή ή λάθος, πρόσφατη ή παλιά, χωρίς εγγενή ταξινόμηση, με αποτέλεσμα ο παγκόσμιος ιστός να εμφανίζει τη μορφή ενός μη διαχειρίσιμου πληροφοριακού χάους. Σε αυτό το οριακό σημείο, εμφανίζεται στο προσκήνιο ο σημασιολογικός ιστός (*Semantic Web*), ο οποίος αναδιοργανώνει και προτείνει ένα νέο τρόπο οργάνωσης του τεράστιου όγκου πληροφοριών, η μετάβαση στον οποίο αναπαρίσταται στο σχήμα 3-6.



Σχήμα 3-6: Σημασιολογικός Ιστός σε αντίθεση με τον Παγκόσμιο Ιστό



Ο παγκόσμιος ιστός (*world wide web*) δημιουργήθηκε από τον Tim Berners-Lee, φυσικό που δούλευε στο CERN, με όραμα του η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων και υπερκειμένου να είναι τόσο προφητική, ώστε η –αναγνώσιμη από τη μηχανή– πληροφορία να παρέχει ακριβή αναπαράσταση των ανθρώπινων σκέψεων, των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ατόμων και τους τρόπους εργασίας τους. Κατόπιν, η ανάλυση της μηχανής θα αποτελεί ένα πολύ καλό διαχειριστικό εργαλείο, το οποίο θα διευκολύνει την εργασία μας, μέσω προτύπων που θα δημιουργεί και θα εφαρμόζει στους οργανισμούς και τα συστήματά τους [30]. Επομένως, το όραμα του Tim Berners-Lee για τον σημασιολογικό παγκόσμιο ιστό προβλέπει:

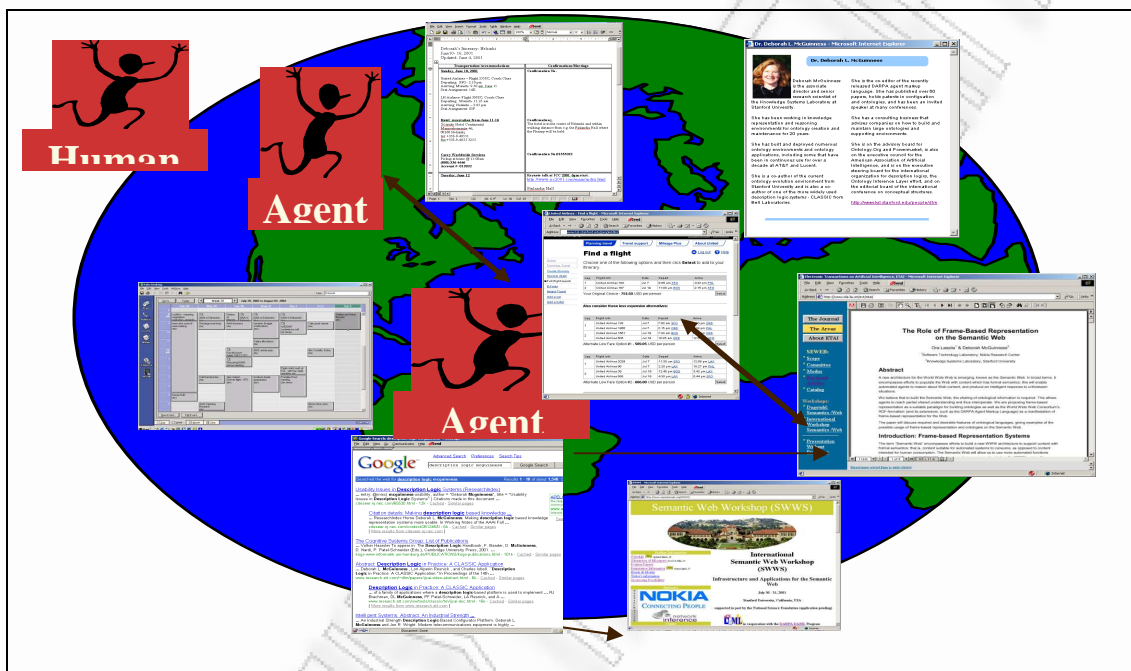
- ❖ σημασιολογία της πληροφορίας, η οποία θα γίνεται εύκολα κατανοητή από τις μηχανές, και
- ❖ εκατομμύρια από μικρές εξειδικευμένες υπηρεσίες συλλογισμού (*reasoning services*), οι οποίες θα παρέχουν υποστήριξη στην επιτυχή επίτευξη εργασιών, βασιζόμενες στην προσπελάσιμη πληροφορία [233].

Προκειμένου να υλοποιήσει, λοιπόν το όραμά του έδωσε τον ακόλουθο ορισμό του Σημασιολογικού Ιστού, μια αναπαράσταση του οποίου δίνεται στο σχήμα 3-7: «Ο σημασιολογικός ιστός (*Semantic Web*) δεν είναι ένας ξεχωριστός παγκόσμιος ιστός, αλλά μια επέκταση του ήδη υπάρχοντος, όπου η σημασία της πληροφορίας είναι καλά προσδιορισμένη, διευκολύνοντας άτομα και μηχανές να δουλεύουν παράλληλα στα πλαίσια καλύτερης συνεργασίας» [30],[233].

Κάνοντας μια αντιπαράθεση των χαρακτηριστικών του παγκοσμίου ιστού και του σημασιολογικού, σε ότι αφορά τις μηχανές αναζήτησης που χρησιμοποιούνται στο καθένα, υπάρχουν οι εξής ειδοποιητές διαφορές:

- ❖ οι μηχανές αναζήτησης στον παγκόσμιο ιστό
  - λειτουργούν με λέξεις κλειδιά
  - έχουν υψηλό βαθμό επανάλιψης αναζήτησης και μικρή ακρίβεια
  - είναι ευαίσθητες στο λεξιλόγιο
  - δε λαμβάνουν υπόψη το περιεχόμενο που υπονοείται
- ❖ οι μηχανές αναζήτησης στο σημασιολογικό παγκόσμιο ιστό
  - λειτουργούν με αναζήτηση βάσει εννοιών, αντί λέξεων κλειδιά
  - εστιάζουν σημασιολογικά, με αποτέλεσμα τη διεύρυνση των ερωτήσεων
  - χρησιμοποιούν τελεστές μετασχηματισμού των κειμένων.

Επομένως, ο σημασιολογικός ιστός είναι μία νέα μορφή του περιεχομένου του ιστού (*web content*), του οποίου η σημασία είναι κατανοητή από τους υπολογιστές και αποσκοπεί στην εμφάνιση νέων τεχνολογιών και δυνατοτήτων για αυτούς. Αν και προς το παρόν, η υλοποίηση αυτού του οράματος είναι πολύ δύσκολη, η αρχή γίνεται προσθέτοντας σημασιολογικό σχολιασμό (*semantic annotation*) στις διάφορες πηγές πληροφορίας. Όπως προαναφέρθηκε, παρέχει σημασιολογική αναζήτηση σε μηχανές αναζήτησης, ενώ χρησιμοποιεί σημασιολογικά portals και agents για εύρεση πληροφοριών (π.χ. για εύρεση του e-shop με τη φθηνότερη τιμή για ένα συγκεκριμένο προϊόν).

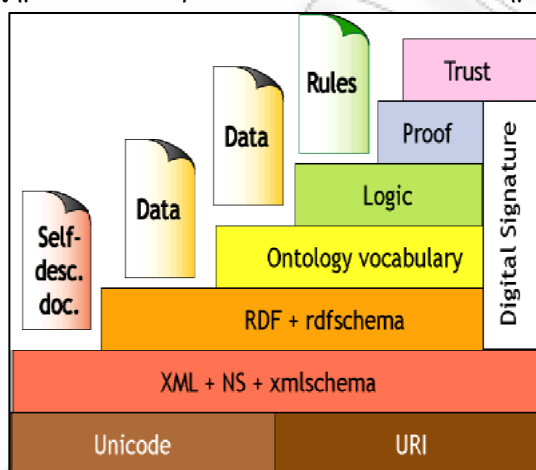


Σχήμα 3-7: Ο Μελλοντικός Παγκόσμιος Ιστός: Πλούσια Πηγή Πληροφοριών για Διαχείριση και Ερμηνεία από τον H/Y

Για την ανάπτυξη του σημασιολογικού ιστού χρησιμοποιούνται δύο τεχνολογίες: η XML (*eXtensible Markup Language*) και η RDF (*Resource Description Framework*) [161],[69]. Η XML επιτρέπει σε οποιονδήποτε να δημιουργήσει τις δικές του ετικέτες ή επιπρόσθετα στοιχεία (*tags*), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από προγράμματα, με την προϋπόθεση ότι ο συγγραφέας τους θα πρέπει να γνωρίζει για ποιο λόγο χρησιμοποιείται κάθε tag. Εν συντομία, η XML επιτρέπει στους χρήστες να προσθέτουν κάποια αυθαίρετη δομή στα έγγραφα τους, αλλά δε δίνουν καμία εξήγηση για το τι ακριβώς σημαίνουν αυτές οι δομές.

Η έννοια εκφράζεται από την RDF που κρυπτογραφείται σε τριπλά σύνολα, το καθένα από τα οποία έχει τη μορφή μιας πρότασης που αποτελείται από υποκείμενο, ρήμα και αντικείμενο και γράφεται με τη χρήση XML tags. Στην RDF, ένα έγγραφο κάνει ισχυρισμούς ότι συγκεκριμένα αντικείμενα (π.χ άτομα, ιστοσελίδες ή οτιδήποτε άλλο) έχουν ιδιότητες (όπως

«είναι ο συγγραφέας του») με συγκεκριμένες τιμές (άλλης ιστοσελίδας). Η δομή αυτή περιγράφει την πλειοψηφία των δεδομένων που επεξεργάζονται από τις μηχανές. Το καθένα από τα υποκείμενα και αντικείμενα προσδιορίζονται από ένα URI (*Universal Resource Identifier*), παρόμοιο με το σύνδεσμο που χρησιμοποιείται σε μια ιστοσελίδα, το URL (*Uniform Resource Locator*) που είναι ο πιο κοινός τύπος URI. Τα ρήματα προσδιορίζονται, επίσης από τα URI, γεγονός που σημαίνει ότι καθένας μπορεί να προσδιορίσει μια καινούρια έννοια, ένα καινούριο ρήμα μέσω του προσδιορισμού ενός URI για αυτό το ρήμα μέσα στον ιστό. Ωστόσο, η αυτοματοποίηση απαιτεί διαφορετικούς όρους για διαφορετικά πράγματα, με αποτέλεσμα να απαιτείται διαφορετικό URI για κάθε έννοια. Τα RDF, συνακόλουθα, αποκωδικοποιούν την πληροφορία ενός εγγράφου και διαβεβαιώνουν ότι οι διάφορες έννοιες δεν είναι απλές λέξεις, αλλά μοναδικοί ορισμοί που οποιοσδήποτε μπορεί να βρει στο διαδίκτυο [161]. Στο σχήμα 3-8 αναπαρίστανται τα επίπεδα του σημασιολογικού ιστού.



**Σχήμα 3-8: Επίπεδα Σημασιολογικού Ιστού**

(Πηγή <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html>)

### 3.3.2 Οντολογίες

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκαν κάποιες από τις αδυναμίες του παγκόσμιου ιστού, οι οποίες επιγραμματικά είναι δυσκολία απάντησης σε πολύπλοκα ερωτήματα που απαιτούν υπόβαθρο γνώσεων, εύρεσης πληροφορίας σε αποθήκες δεδομένων (data repositories), εύρεσης/χρήσης υπηρεσιών ιστού, ανάθεσης πολύπλοκων εργασιών σε πράκτορες ιστού και ύπαρξης σημασιολογικού περιεχομένου. Η λύση δίνεται από την προσθήκη σχολιασμών στις ιστοσελίδες και από τη σημασιολογία, η οποία παρέχεται με τη χρήση οντολογιών. Τα βασικά θεμέλια του σημασιολογικού ιστού είναι οι οντολογίες, οι γλώσσες περιγραφής των οντολογιών και τα μεταδεδομένα [12],[34],[37]. Ένα εργαλείο για την περιγραφή οντολογιών είναι το OWL (*Web Ontology Language*) που είναι εισήγηση του W3C (*World Wide Web Consortium*) και παρέχει τυπική σύνταξη για την περιγραφή οντολογιών [181],[239]. Η OWL

ακολουθεί τη σύνταξη της XML και ουσιαστικά είναι επέκταση του RDF (*Resource Description Framework*) [197].

#### ♦ **Ορισμός οντολογιών**

Η έννοια της οντολογίας προέρχεται από τη φιλοσοφία και συγκεκριμένα από τον Αριστοτέλη και ορίζεται ως εξής: «η μεταφυσική μελέτη της φύσης της ζωής και της ύπαρξης». Στην πληροφορική εισήχθη από την Τεχνητή Νοημοσύνη και ορίστηκε από τον Gruber ως εξής: «Μια οντολογία είναι μια τυπική (*formal*) και κατηγορηματική (*explicit*) προδιαγραφή μιας διαμοιρασμένης (*shared*) εννοιολογικής αναπαράστασης (*conceptualization*)» [34],[101]. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αποσαφηνίσουμε τους προαναφερθείς όρους, οπότε:

- ❖ ο όρος ‘εννοιολογική αναπαράσταση’ (*conceptualization*) αναφέρεται σε ένα αφηρημένο μοντέλο φαινομένων του κόσμου, στο οποίο έχουν προσδιοριστεί οι έννοιες που σχετίζονται με τα φαινόμενα αυτά
- ❖ ο όρος ‘κατηγορηματική’ (*explicit*) σημαίνει ότι το είδος των εννοιών που χρησιμοποιούνται, καθώς και οι περιορισμοί που αφορούν την χρήση αυτών των εννοιών είναι προσδιορισμένα με σαφήνεια
- ❖ ο όρος ‘αυστηρή’ (*formal*) αναφέρεται στο ότι η οντολογία πρέπει να είναι μηχανικά αναγνώσιμη
- ❖ ο όρος ‘διαμοιρασμένη’ (*shared*) αναφέρεται στο ότι η οντολογία πρέπει να αποτυπώνει γνώση που είναι αναγνωρισμένη και μπορεί να διαμοιρασθεί στα πλαίσια μιας κοινότητας.

Οι οντολογίες προσφέρουν μία εννοιολογική θεωρία για ένα πεδίο ενδιαφέροντος, κάνοντας τη γνώση επαναχρησιμοποιήσιμη και διαμοιραζόμενη. Επίσης, παρέχουν ένα λεξιλόγιο για τους όρους που χρησιμοποιούνται, σχηματίζουν νέους όρους από το συνδυασμό υπαρχόντων, κάνοντας τη σημασιολογία αυτών των όρων, με αυτό τον τρόπο τυπικά ορισμένη. Ακόμη, οι οντολογίες συνενώνουν δύο ουσιώδη συστατικά που συμβάλλουν στην πλήρη ανάπτυξη του παγκόσμιου ιστού:

- ❖ την τυπική σημασιολογία της πληροφορίας, διευκολύνοντας την επεξεργασία της πληροφορίας από τον Η/Υ
- ❖ τη σημασιολογία του πραγματικού κόσμου, επιτρέποντας τη σύνδεση του περιεχομένου που γίνεται μηχανικά επεξεργάσιμο από τον Η/Υ με τη σημασία που του δίνουν οι άνθρωποι βασιζόμενοι σε μια κοινά αποδεκτή ορολογία.

♦ **Μορφές οντολογιών**

Μια οντολογία μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, αλλά οπωσδήποτε θα περιλαμβάνει ένα λεξιλόγιο όρων και κάποιες προδιαγραφές για τη σημασία τους. Σχετικά με τον βαθμό της τυπικότητας της αναπαράστασης μιας οντολογίας αυτή μπορεί να είναι:

- ❖ άτυπη (*informal*), εκφρασμένη σε μια φυσική γλώσσα
- ❖ ημι-άτυπη (*semi-informal*): διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας
- ❖ ημι-τυπική (*semi-formal*): διατυπωμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα
- ❖ αυστηρά τυπική (*rigorously formal*): περιέχει ορισμούς όρων με αυστηρή σημασιολογία, θεωρήματα και αποδείξεις ιδιοτήτων, όπως η ορθότητα (*soundness*) και η πληρότητα (*completeness*).

♦ **Συστατικά οντολογιών**

Τα βασικά συστατικά των οντολογιών είναι οι πέντε κατηγορίες συστατικών που ακολουθούν:

- ❖ κλάσεις (*classes*): έννοιες που σχετίζονται με ένα πεδίο ή κάποιες εργασίες, οι οποίες είναι συνήθως οργανωμένες σε κάποιο ταξινομικό σύστημα (π.χ. σε μια οντολογία που αφορά στο πανεπιστήμιο: ο 'φοιτητής' και ο 'καθηγητής' αποτελούν δύο κλάσεις)
- ❖ σχέσεις (*relations*): ένας τύπος αλληλεπίδρασης μεταξύ εννοιών ενός πεδίου (όπως: subclass-of, is-a)
- ❖ συναρτήσεις (*functions*): μια ειδική περίπτωση σχέσης στην οποία το  $n$ -οστό στοιχείο της σχέσης προσδιορίζεται μοναδικά από τα  $n-1$  προηγούμενα στοιχεία (για παράδειγμα η τιμή μεταχειρισμένου αυτοκινήτου μπορεί να προσδιορίζεται, ως συνάρτηση της αρχικής τιμής του καινούριου αυτοκινήτου, του μοντέλου του αυτοκινήτου, των χαρακτηριστικών του αυτοκινήτου και των χιλιομέτρων που έχει διανύσει)
- ❖ αξιώματα (*axioms*): αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντα αληθείς (για παράδειγμα, αν ο Φ είναι δευτεροετής φοιτητής τότε μπορεί να εγγραφεί στο επιλεγόμενο μάθημα Μ)
- ❖ στιγμιότυπα (*instances*): αναπαριστούν συγκεκριμένα στοιχεία (π.χ. ο φοιτητής με το όνομα Νίκος είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης 'φοιτητής').

♦ **Κατηγορίες οντολογιών**

Μερικές χαρακτηριστικές κατηγορίες οντολογιών είναι οι ακόλουθες:

- ❖ οντολογίες πεδίου ορισμού (*domain ontologies*): αναπαριστούν γνώση γύρω από ένα συγκεκριμένο πεδίο (π.χ. ιατρική, ηλεκτρονικά κ.λ.π.)
- ❖ οντολογίες μεταδεδομένων (*metadata ontologies*): παρέχουν λεξιλόγιο για την περιγραφή του περιεχομένου ηλεκτρονικά διαθέσιμης πληροφορίας
- ❖ γενικές οντολογίες (*generic or common sense ontologies*): στοχεύουν στο να αποτυπώσουν τη γενική γνώση που υπάρχει για τον κόσμο, σχετικά με βασικές έννοιες όπως ο χρόνος, ο χώρος, τα συμβάντα, κ.λ.π.
- ❖ οντολογίες αναπαράστασης (*representational ontologies*): παρέχουν οντότητες αναπαράστασης, χωρίς να προσδιορίζουν τι ακριβώς αναπαριστούν
- ❖ οντολογίες μεθοδολογίας ή εργασιών (*method or task ontologies*): παρέχουν όρους που αναφέρονται σε συγκεκριμένες εργασίες (π.χ. διάγνωση κ.λ.π.).

#### ♦ **Εφαρμογές των οντολογιών**

Οι οντολογίες εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς, μερικοί από τους οποίους αφορούν στα ακόλουθα:

- ❖ στην επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων και οργανισμών, αφού
  - παρέχουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο εννοιών και ορολογιών σε ανθρώπους με διαφορετικές ανάγκες και οπτικές γωνίες, στα πλαίσια ενός οργανισμού και
  - διευκολύνουν την επικοινωνία των ανθρώπων αυτών
- ❖ στη διαλειτουργικότητα (*interoperability*) μεταξύ συστημάτων, αφού
  - διάφοροι χρήστες χρειάζεται να ανταλλάσσουν δεδομένα ή να χρησιμοποιούν διαφορετικά πακέτα λογισμικού
  - απαιτείται η χρήση οντολογιών για μετάφραση στις περιπτώσεις διαφορετικών γλωσσών και αναπαραστάσεων
- ❖ στη μηχανική συστημάτων (*systems engineering*), όσον αφορά τα εξής:
  - προδιαγραφές
  - επαναχρησιμοποίηση τμημάτων
  - θέματα αξιοπιστίας

#### ♦ **Μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογιών**

Αν και δεν υπάρχουν πρότυπες μεθοδολογίες για τη ανάπτυξη οντολογιών, αλλά μόνο εμπειρικοί κανόνες, στην εργασία των M. Uschold & M. Gruninger προτείνονται οι ακόλουθες φάσεις για την ανάπτυξη οντολογιών [232]:

- ❖ προσδιορισμός σκοπιμότητας και πεδίου εφαρμογής, καθώς είναι σημαντικό

να αποσαφηνιστούν οι λόγοι για τους οποίους κατασκευάζεται η οντολογία και ποιες είναι οι πιθανότερες χρήσεις της, αλλά και να προσδιοριστούν τα άτομα που θα είναι οι πιθανότεροι χρήστες της

- ❖ κατασκευή της οντολογίας που περιλαμβάνει τα εξής στάδια:
  - τη σύλληψη (*capture*), η οποία
    - ✓ προσδιορίζει τις βασικές έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις
    - ✓ καθορίζει σαφώς τις προδιαγραφές των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων, τις οποίες παραθέτει σε μορφή κειμένου
    - ✓ εγκρίνει τους όρους, με τους οποίους γίνεται αναφορά σε έννοιες και σχέσεις
  - την κωδικοποίηση (*coding*), η οποία παρέχει ρητή αναπαράσταση της σύλληψης του προηγούμενου σταδίου σε μια συγκεκριμένη γλώσσα
  - την ενοποίηση (*integration*) υπαρχουσών οντολογιών, η οποία πρέπει να απαντήσει στο δύσκολο ζήτημα του λόγου και του τρόπου χρήσης των υπαρχουσών τεχνολογιών ή τμήματα αυτών
  - την αξιολόγηση (*evaluation*) που κατά τους Gomez-Perez είναι η «έκφραση τεχνικών κρίσεων σχετικά με τις οντολογίες, το σχετιζόμενο με αυτές περιβάλλον λογισμικού και την τεκμηρίωση σε σχέση με ένα πλαίσιο αναφοράς...» [98] και
  - την τεκμηρίωση (*documentation*) που περιλαμβάνει όλες οι σημαντικές παραδοχές, τόσο αναφορικά με τις βασικές έννοιες που ορίζονται στην οντολογία, όσο και με τα βασικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την έκφραση αυτών των εννοιών.

### 3.3.3 Σημασιολογικές υπηρεσίες ιστού

Οι υπηρεσίες ιστού είναι -η πιο πολλά υποσχόμενη- τεχνολογική πλατφόρμα, σε ότι αφορά τα θέματα διαλειτουργικότητας που παρατηρούνται στον τομέα παροχής ιατρικής φροντίδας, αφού προσφέρει ένα πρότυπο μηχανισμό ανταλλαγής μεταξύ ποικίλων εφαρμογών των διαθέσιμων υπηρεσιών τους [164]. Εν τούτοις, μέχρι πρόσφατα οι υπηρεσίες ιστού είχαν περιορισμένη χρησιμότητα, αφού οι υπάρχουσες τεχνολογίες για περιγραφή, δημοσίευση/εύρεση και παροχή μηνυμάτων, όπως είναι οι WSDL, η UDDI και το πρωτόκολλο SOAP αντίστοιχα, παρείχαν μόνο συντακτικές περιγραφές. Άμεση συνέπεια είναι τόσο οι πάροχοι, όσο και οι αιτούντες, να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην επίλυση



προβλημάτων που έχουν να κάνουν με αντιφατικές και ανακόλουθες ορολογίες και στην αναπαράσταση του νοήματος των εξόδων των εφαρμογών ή των αιτήσεων τους.

Επομένως, είναι κοινά αποδεκτό, ότι η σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών ιστού είναι απαραίτητη, προκειμένου να είναι δυνατή η αυτόματη εύρεση, σύνθεση, ολοκλήρωση και εκτέλεση τους σε ποικίλα πληροφοριακά συστήματα. Οι σημασιολογικές υπηρεσίες ιστού πρόκειται να απαρτίσουν τον επερχόμενο σημασιολογικό ιστό (*Semantic Web*), ο οποίος είναι επέκταση του σημερινού ιστού με τη διαφορά ότι πλέον η πληροφορία είναι σημασιολογικά άρτια ορισμένη και κατανοητή από τη μηχανή [12],[30],[69],[161],[233]. Σε αυτό το σημείο, να τονίσουμε ότι προκειμένου ο σημασιολογικός ιστός να είναι επιτυχής θα πρέπει να εμπλουτισθεί σημασιολογικά η περιγραφή τόσο της λειτουργίας της κάθε υπηρεσίας, όσο και του μηνύματος της υπηρεσίας, ώστε να προσδιορίζονται και ο λόγος ύπαρξης της υπηρεσίας και η σημασία των εμπεριεχομένων δεδομένων, αντίστοιχα [164],[231].

Οι λειτουργίες αυτόματη εύρεση, εκτέλεση, σύνθεση, ολοκλήρωση και διαλειτουργία δεν είναι πραγματοποιήσιμες στο σημερινό διαδίκτυο, εξαιτίας της έλλειψης τόσο περιεχομένου σήμανσης (*markup*), όσο και κατάλληλης γλώσσας σήμανσης [233]. Η αυτόματη εύρεση υπηρεσιών ιστού περιλαμβάνει αυτόματο εντοπισμό της θέσης των υπηρεσιών ιστού που παρέχουν συγκεκριμένη υπηρεσία και προσδιορίζονται από απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Σε αυτή την περίπτωση, λοιπόν, ένας άτομο πρέπει πρώτα να χρησιμοποιήσει μια μηχανή αναζήτησης για να βρει την κατάλληλη υπηρεσία και κατόπιν, είτε να προσπελάσει την ιστοσελίδα που σχετίζεται με την υπηρεσία, είτε να εκτελέσει την ίδια την υπηρεσία, προκειμένου να σιγουρευτεί ότι ανταποκρίνεται στα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Με τη σημασιολογική *markup* των υπηρεσιών είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε την απαραίτητη πληροφορία για τη εύρεση της υπηρεσίας ιστού, η οποία θα εμφανίζεται με τη μορφή – κατανοητής από τον υπολογιστή- σημασιολογικής *markup* στις ιστοσελίδες των υπηρεσιών. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιώντας έναν τόπο καταγραφής των υπηρεσιών ή μια μηχανή αναζήτησης που να είναι βασισμένη σε οντολογίες είναι δυνατός ο αυτόματος εντοπισμός κατάλληλων υπηρεσιών.

Η αυτόματη εκτέλεση υπηρεσιών ιστού περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα υπολογιστή ή έναν πράκτορα (*agent*) που θα εκτελεί αυτόματα μια προσδιορισμένη υπηρεσία ιστού (π.χ. αγορά εισιτηρίου για συγκεκριμένη πτήση, μέσω συγκεκριμένης ιστοσελίδας) [115]. Στο σημερινό διαδίκτυο, για να εκτελεσθεί μια συγκεκριμένη υπηρεσία ο χρήστης πρέπει να επισκεφθεί τον δικτυακό τόπο, να συμπληρώσει τη φόρμα και να πατήσει το κουμπί για να εκτελέσει την υπηρεσία. Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να αποστείλει μια HTTP αίτηση στο δικτυακό



μονοπάτι (URL) της υπηρεσίας με κωδικοποιημένες τις απαραίτητες παραμέτρους. Και οι δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις απαιτούν την ύπαρξη ενός ατόμου, το οποίο θα γνωρίζει ποια πληροφορία χρειάζεται η υπηρεσία να εκτελέσει και θα μεταφράζει την πληροφορία που η υπηρεσία επιστρέφει. Το σημασιολογικό markup των υπηρεσιών ιστού παρέχει σαφή και κατανοητά από τον υπολογιστή API για την εκτέλεση των υπηρεσιών κι έτσι το markup λέει στον πράκτορα ποια εισερχόμενα δεδομένα είναι απαραίτητα, ποια πληροφορία θα επιστραφεί, πώς θα εκτελεσθεί αυτόματα η υπηρεσία και ενδεχομένως πώς θα αλληλεπιδράσει με αυτή.

Η αυτόματη σύνθεση, ολοκλήρωση και διαλειτουργία υπηρεσιών ιστού περιλαμβάνει την αυτόματη σύνθεση και διαλειτουργικότητα κατάλληλων υπηρεσιών ιστού για την εκτέλεση κάποιας εργασίας, δεδομένης μιας υψηλού επιπέδου περιγραφής του στόχου της συγκεκριμένης εργασίας (π.χ. ένας χρήστης ζητάει να γίνουν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για ένα επαγγελματικό ταξίδι με σκοπό ένα συγκεκριμένο συνέδριο). Στην περίπτωση που κάποια ενέργεια για το συγκεκριμένο σκοπό απαιτεί σύνθεση υπηρεσιών ιστού που θα πρέπει να διαλειτουργούν, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τις κατάλληλες υπηρεσίες ιστού, να προσδιορίσει χειροκίνητα το συνδυασμό, να διασφαλίσει ότι κάθε λογισμικό έχει δημιουργηθεί ανάλογα με τις ανάγκες και να επιλέξει μια προτίμηση από λίστες επιλογής (π.χ. να επιλέξει μια πτήση από μια λίστα ποικίλων πτήσεων). Με το σημασιολογικό markup των υπηρεσιών ιστού, η απαραίτητη πληροφορία που πρέπει να επιλεγεί, να συνδυαστεί και να απαντηθεί παρέχεται κωδικοποιημένη στους δικτυακούς τόπους των υπηρεσιών. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας λογισμικού που να διαχειρίζεται το markup, ενώ παράλληλα να προσδιορίζει τους στόχους της εργασίας που πρέπει να διεκπεραιωθεί, ώστε η εργασία να πραγματοποιηθεί αυτόματα. Η σύνθεση των υπηρεσιών και η συνεργασία τους ευνοεί την αυτόματη εύρεση και εκτέλεση. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες από οργανισμούς, με σκοπό τη βελτίωση της εύρεσης υπηρεσιών ιστού και την εκτέλεση των υπηρεσιών.

### **3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ (GRID TECHNOLOGY)**

#### **3.4.1 Ορισμός τεχνολογίας πλέγματος**

Η πληροφορική πλέγματος (*grid computing*) είναι μια γεωγραφικά κατανεμημένη υποδομή ενός συνόλου υπολογιστών (*cluster*) που προσφέρει υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους πάνω από το διαδίκτυο. Παρέχει, παράλληλα, πολιτικές ασφάλειας και κατανομής πόρων, πρόσβαση με ψηφιακά πιστοποιητικά, ενώ εντάσσεται σε εικονικούς οργανισμούς

(*virtual organizations*), μέσω των οποίων καθορίζονται οι διαθέσιμοι πόροι [31],[124]. Η διαφορά της τεχνολογίας πλέγματος από την τυπική cluster πληροφορική σε ότι αφορά τα συστήματα είναι ότι τα πλέγματα είναι πιο χαλαρά συνδεδεμένα, ετερογενή και γεωγραφικά διασκορπισμένα. Επίσης, η πληροφορική πλέγματος δημιουργείται ως επί το πλείστον από βιβλιοθήκες λογισμικού (*software libraries*) και ενδιάμεσα (*middleware*) πλέγματος.

Το πρωταρχικό προτέρημα της κατανεμημένης πληροφορικής είναι ότι κάθε κόμβος μπορεί να αποκτηθεί ως βασικό υλικό (*hardware*), το οποίο όταν συνδυάζεται μπορεί να προσφέρει παρόμοιες προγραμματιστικές πηγές με έναν υπερ-υπολογιστή (*supercomputer*), αλλά με μικρότερο κόστος. Το βασικό μειονέκτημα απόδοσης είναι ότι τόσο οι επεξεργαστές, όσο και οι τοπικές περιοχές αποθήκευσης δεν έχουν συνδέσεις υψηλής ταχύτητας. Αυτό αποδίδει καλά σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν πολλαπλούς παράλληλους υπολογισμούς, οι οποίοι πραγματοποιούνται ανεξάρτητα χωρίς την ανάγκη επικοινωνίας ενδιάμεσων αποτελεσμάτων μεταξύ επεξεργαστών. Ακόλουθα, σε κάθε τύπο πλατφόρμας, τόσο η υποδομή, όσο και ο προγραμματισμός που χρειάζεται είναι διαφορετικά. Οι βασικές διαφορές μεταξύ πλεγμάτων και παραδοσιακών clusters είναι ότι τα πλέγματα συνδέουν σύνολα από υπολογιστές που είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι.

Επίσης, υπάρχουν κάποιες διαφορές στον προγραμματισμό και στην ανάπτυξη, αφού μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρό και δύσκολο να γράφονται προγράμματα που θα εκτελούνται επιτυχώς σε περιβάλλον ενός υπερ-υπολογιστή, το οποίο μπορεί να έχει ένα κοινό λειτουργικό σύστημα ή να απαιτεί τα προγράμματα να επιλύουν ταυτόχρονα κάποια θέματα. Η υποδομή πλέγματος (*grid infrastructure*) είναι αυτή που επιτρέπει σε προγράμματα που υφίστανται μόνα τους (*standalone*) να εκτελούνται σε πολλές μηχανές, έτσι ώστε κάθε ένα από αυτά να επιλύει ένα τμήμα του ιδίου προβλήματος [31],[124]. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό η συγγραφή και η διόρθωση των προγραμμάτων να γίνεται σε μια μοναδική μηχανή, ωστόσο πολλά στιγμιότυπα του ιδίου προγράμματος θα τρέχουν ταυτόχρονα στην ίδια διαμοιραζόμενη μνήμη και αποθήκη δεδομένων και με αυτό τον τρόπο θα μειώνεται η πολυπλοκότητα.

### 3.4.2 Εισαγωγή στην ασφάλεια πλέγματος και απαιτήσεις

Ζήτημα πρωτεύουσας σημασίας σε ότι αφορά το σχεδιασμό πλέγματος είναι οι απαιτήσεις ασφάλειας. Τα βασικά συστατικά που συσχετίζονται με την ασφάλεια αποτελούνται από μηχανισμούς για αυθεντικοποίηση, εξουσιοδότηση κι εμπιστευτικότητα της επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών πλέγματος. Χωρίς αυτή τη λειτουργικότητα δεν είναι δυνατή η

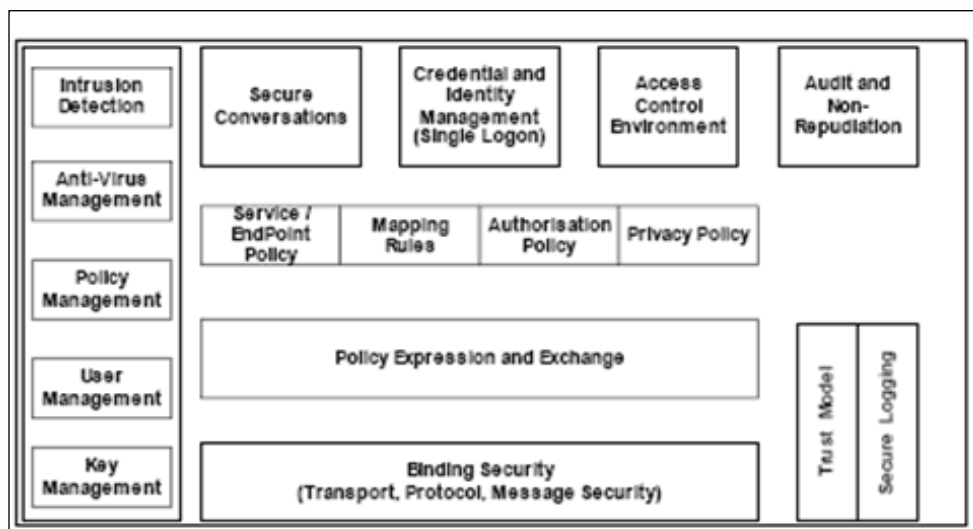
διασφάλιση της ολοκλήρωσης και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Η ασφάλεια πλέγματος είναι βασισμένη σε κάποια πρότυπα ασφάλειας και υπάρχουν πολλά διαφορετικά εργαλεία και τεχνολογίες διαθέσιμες που να διασφαλίζουν ότι το περιβάλλον πλέγματος είναι ασφαλές.

Ένας εικονικός οργανισμός (*Virtual Organization – VO*) είναι μία από τις βασικότερες έννοιες του σημερινού περιβάλλοντος πλέγματος και αποτελείται από ένα δυναμικό σύνολο ομάδων ή μεμονωμένων ατόμων ή οργανισμών που προσδιορίζουν τις συνθήκες και τους κανόνες (επιχειρησιακούς στόχους και πολιτικές) για το διαμοιρασμό πηγών [90]. Ένα εικονικό περιβάλλον πρέπει να συγχρονίζει τη διαχείριση πηγών και την ανταλλαγή τους εντός του εικονικού οργανισμού, ο οποίος ενώνει δυνητικά πολλούς οργανισμούς, γεγονός που υποδηλώνει ότι μια εφαρμογή πλέγματος μπορεί να ενώνει ποικίλους διαχειριστικούς τομείς με διαφορετικές επιχειρησιακές απαιτήσεις και πολιτικές. Επίσης, η υποδομή ασφάλειας πλέγματος πρέπει να προσαρμοσθεί στις τοπικές πολιτικές ασφάλειας και στις πολιτικές που καθορίζονται από τον εικονικό οργανισμό. Για να ικανοποιηθεί αυτή η απαίτηση, η υποδομή ασφάλειας πλέγματος απαιτεί διαλειτουργικότητα μεταξύ των ποικίλων τομέων, ενώ διατηρεί ένα σαφή διαχωρισμό μεταξύ των πολιτικών ασφάλειας και των μηχανισμών που αναπτύσσονται από τους εικονικούς και τους πραγματικούς οργανισμούς [90].

Οι απαιτήσεις που αφορούν στην ασφάλεια πλέγματος αναλύονται παρακάτω:

- ❖ **Αυθεντικοποίηση (*authentication*)** - παρέχει διεπαφές για την εισαγωγή μηχανισμών αυθεντικοποίησης, καθώς και μεθόδων εκχώρησης του επιλεγμένου μηχανισμού.
- ❖ **Ανάθεση (*delegation*)** - παρέχει μηχανισμούς ανάθεσης δικαιωμάτων πρόσβασης σε υπηρεσίες, διασφαλίζοντας ωστόσο ότι τα δικαιώματα πρόσβασης περιορίζονται μόνο στην εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών που καθορίζονται από προσδιορισμένες πολιτικές.
- ❖ **Μοναδική είσοδος (*single logon*)** - αναφέρεται στην επανα-αυθεντικοποίηση μιας ήδη αυθεντικοποιημένης οντότητας για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, όταν αυτή η οντότητα επιθυμεί είσοδο σε πηγές πλέγματος και λαμβάνει υπόψη πολλαπλά πεδία ασφάλειας (*security domains*) και χαρτογραφήσεις ταυτότητας (*identity mappings*)
- ❖ **Διάρκεια ζωής πιστοποιητικών και ανανέωση (*credential life span and renewal*)** - αναφέρεται στη δυνατότητα ανανέωσης των πιστοποιητικών του αιτούντα, εφόσον μια λειτουργία στην εφαρμογή πλέγματος απαιτεί περισσότερο χρονικό διάστημα από αυτό που διατίθεται από τη διάρκεια ζωής του πιστοποιητικού.

- ❖ Εξουσιοδότηση (*authorization*) - αναφέρεται στην ικανότητα ελέγχου της πρόσβασης σε συστατικά πλέγματος, βάσει βέβαια των απαιτήσεων των πολιτικών εξουσιοδότησης.
- ❖ Ιδιωτικότητα (*privacy*) - επιτρέπει τόσο στον αιτούντα, όσο και στον πάροχο υπηρεσίας τον προσδιορισμό και την ενδυνάμωση πολιτικών ιδιωτικότητας.
- ❖ Εμπιστευτικότητα (*confidentiality*) - προστατεύει την εμπιστευτικότητα του περιεχομένου των μηνυμάτων που μετακινούνται, καθώς και των OGSA συστατικών, μέσω διαφόρων μηχανισμών (point-to point, store and forward).
- ❖ Ακεραιότητα μηνύματος (*message integrity*) - διασφαλίζει την ακεραιότητα του περιεχομένου των μηνυμάτων, γεγονός που σημαίνει ότι μη εξουσιοδοτημένες επεμβάσεις είναι βέβαιο ότι θα εντοπισθούν.
- ❖ Ανταλλαγή πολιτικών (*policy exchange*) - επιτρέπει τη διαπραγμάτευση του περιεχομένου των μηχανισμών ασφάλειας, μεταξύ αιτούντων και παρόχων υπηρεσιών.
- ❖ Ασφαλής είσοδος (*secure input*) - παρέχει μια θεμελίωση για μη άρνηση (*non-repudiation*) και επαλήθευση λογαριασμών (*auditing*) που επιτρέπει σε όλες τις υπηρεσίες να κατανέμουν χρονικά και να καταχωρούν ποικίλους τύπους πληροφορίας χωρίς καθόλου διακοπές ή αλλαγές.
- ❖ Εγγύηση (*assurance*) - παρέχει τρόπους για να προσδιορίσει το επίπεδο εγγύησης της ασφάλειας, εμφανίζοντας τους τύπους των υπηρεσιών ασφάλειας που παρέχονται από ένα περιβάλλον. Η πληροφορία είναι χρήσιμη, προκειμένου να αποφασιστεί εάν πρέπει να αναπτυχθεί η υπηρεσία για το περιβάλλον.
- ❖ Διαχειρισσιμότητα (*manageability*) - η απαίτηση αυτή αφορά ποικίλα διαχειριστικά θέματα ασφάλειας υπηρεσιών, όπως είναι η διαχείριση ταυτοτήτων (*identity management*), η διαχείριση πολιτικών (*policy management*) κτλ.
- ❖ Διάνυση τειχών προστασίας (*firewall traversal*) - αναφέρεται στην ικανότητα οικειοποίησης τειχών προστασίας όταν επιθυμείται η δημιουργία ενός περιβάλλοντος πλέγματος που αποτελείται από πολλούς οργανισμούς (*cross-domain*), χωρίς να απαιτείται τοπικός έλεγχος από πολιτικές.
- ❖ Ασφάλεια της OGSA υποδομής (*securing the OGSA infrastructure*) - αναφέρεται στην ασφάλεια των βασικών συστατικών ασφάλειας της υποδομής OGSA.



**Σχήμα 3-9: Μοντέλο ασφάλειας πλέγματος**

Το σχήμα 3-9 παραθέτει μια υψηλού-επιπέδου θεώρηση των συστατικών ασφάλειας ενός μοντέλου ασφάλειας πλέγματος, το οποίο τηρεί τις προϋποθέσεις ασφάλειας που περιγράφηκαν παραπάνω. Το συγκεκριμένο μοντέλο ασφάλειας δημιουργεί τη ψευδαίσθηση ενός μοναδικού μοντέλου, παροτρύνοντας τους οργανισμούς να επικοινωνούν με έτερους που πιθανόν να χρησιμοποιούν διαφορετική τεχνολογία, μέσω της υπάρχουσας υποδομής ασφάλειας.

### **3.5 ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ (SOA)**

#### **3.5.1 Σημασιολογική ερμηνεία**

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (*Service-Oriented Architecture - SOA*) είναι μια αρχιτεκτονική προσέγγιση που στηρίζεται σε υπάρχουσες τεχνολογίες, ενώ παράλληλα υποστηρίζει ένα σύνολο πρακτικών, μεθοδολογιών και σχεδιασμών που μπορούν να εφαρμοσθούν μέσω μίας ή περισσότερων τεχνολογιών. Γενικότερα, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική προωθεί την ανάπτυξη υπηρεσιών γύρω από τις υπάρχουσες επιχειρησιακές λειτουργίες που διατίθενται από μια εφαρμογή. Συνακόλουθα, εφαρμογές που επιθυμούν επικοινωνία με αυτή την εφαρμογή, χρησιμοποιούν μια ή περισσότερες υπηρεσίες, προκειμένου να υλοποιήσουν την επιθυμητό επιχειρησιακό έργο. Ένας ορισμός της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής είναι ο ακόλουθος: «*Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική αφορά στη δημιουργία πρότυπων διεπαφών για την πρόσβαση σε διαφορετικές επιχειρησιακές λειτουργίες, οι οποίες μπορεί να προέρχονται από άλλα επιχειρησιακά συστήματα, μέσα στο*

περιβάλλον ενός οργανισμού. Πιο αναλυτικά, η υλοποίηση ονομάζεται *Enterprise SOA*, όταν οι διεπαφές δημιουργούνται για ευρεία χρήση, στα πλαίσια εφαρμογών που εκτείνονται σε ποικίλα επιχειρησιακά και λειτουργικά όρια» [143].

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική, ως μια σχεδιαστική-αρχιτεκτονική προσέγγιση επιτρέπει στους οργανισμούς να εστιάζουν περισσότερο στις επιχειρησιακές διαδικασίες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των εφαρμογών τους και λιγότερο σε χαμηλότερου επιπέδου θέματα ολοκλήρωσης και ανάπτυξης εφαρμογών. Θέλοντας να δώσουμε μια πιο σαφή εικόνα για το τι ακριβώς είναι η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική, μπορούμε να πούμε ότι είναι μια συλλογή επαναχρησιμοποιήσιμων - συνδεδεμένων σε δίκτυο- υπηρεσιών που επικοινωνούν μέσω καλά προσδιορισμένων και ανεξάρτητων από πλατφόρμες διεπαφών και παρέχουν πρόσβαση σε δεδομένα, επιχειρησιακές διαδικασίες και ΙΤ (*information technology*) υποδομή. Επίσης, η αρχιτεκτονική αυτή επιτρέπει στην τεχνολογία της πληροφορίας (ΙΤ) να ολοκληρώνει και να διαχειρίζεται δεδομένα, διαμέσου κληρονομούμενων και καινούριων εφαρμογών. Η δημιουργία μιας υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής αποτελεί το πρώτο σημαντικό βήμα για την επίτευξη της αίσθησης ενός μοναδικού πελάτη (*single customer view*), το οποίο δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό να διατηρεί και να παρέχει ισχύ σε υπάρχοντα ΙΤ στοιχεία και να δημιουργεί νέες λειτουργίες σε σύνθετες εφαρμογές. Οι οργανισμοί επιτυγχάνουν πλήρη γνώση της πληροφορίας του πελάτη, μέσω της ολοκλήρωσης απομακρυσμένων συστημάτων, της βελτιστοποίησης επιχειρησιακών διαδικασιών και της ευθυγράμμισης τους με το ΙΤ.

### 3.5.2 Σύνθετες εφαρμογές σε υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης νέων εφαρμογών, επαναχρησιμοποιώντας υπάρχοντα στοιχεία. Σε αντίθεση με την τάση που υπήρχε σε παλαιότερες αρχιτεκτονικές ανάπτυξης, η στενή συνδεσιμότητα ή η εξάρτηση από τη μηχανή αντικαθίστανται από πρότυπα που παρέχουν χαλαρά συνδεδεμένες εφαρμογές (*loosely coupled applications*) και συντελούν στην αύξηση της ευελιξίας (*flexibility*), της ευρωστίας (*agility*) και επαναχρησιμοποίησης (*reusability*). Η σύνθετη ανάπτυξη εφαρμογών είναι διαδικασιοκεντρική (*process-centric*) και βασισμένη στις αρχές της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής. Αναλυτικότερα, συνδυάζει τα προτερήματα του συνηθισμένου τρόπου ανάπτυξης με αυτά μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής, με προκαθορισμένη λειτουργικότητα που προέρχεται από την επέκταση υπάρχοντων εφαρμογών. Η προσέγγιση αυτή χωρίζει την επιχειρησιακή διαδικασία και την τοποθετεί στο δικό της τμήμα, με αποτέλεσμα να μπορούν να γίνουν οποιεσδήποτε αλλαγές, είτε άμεσα στην επιχειρησιακή διαδικασία, είτε στα

συστήματα που την υποστηρίζουν. Η προσέγγιση που αφορά σε σύνθετες και διαδικασιοστρεφείς εφαρμογές συντελεί στην ολοκλήρωση εκ μέρους των οργανισμών πολλαπλών πηγών για την επίτευξη της αίσθησης ενός μοναδικού πελάτη (*single customer view*). Επίσης, παρέχει ευθυγράμμιση μεταξύ IT δυνατοτήτων και επιχειρησιακών στόχων, παρέχοντας περαιτέρω επιχειρησιακή ευρωστία (*business agility*) [80],[143].

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική έχει πολλά προτερήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους [196],[221], αφού είναι:

- ❖ βασισμένη σε πρότυπα (*standards-based*)
- ❖ χαλαρά συνδεδεμένη (*loosely coupled*)
- ❖ με διαμοιραζόμενες υπηρεσίες (*shared services*)
- ❖ αποτελούμενη από συστατικά που δεν εξαρτώνται το ένα από τα άλλα (*coarse grained*)
- ❖ με ενιαίο έλεγχο (*federated control*)

**Πίνακας 3-1: Κατανεμημένη και υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική και οι διαφορές τους**

<b>Κατανεμημένη αρχιτεκτονική (Distributed Component Architecture)</b>	<b>Υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (Service-Oriented Architecture)</b>
Προσανατολισμένη προς τη λειτουργικότητα	Προσανατολισμένη προς τη διαδικασία
Σχεδιασμένη να αντέχει	Σχεδιασμένη να αλλάξει
Μεγάλος κύκλος ανάπτυξης	Συμμετοχική και επαναληπτική ανάπτυξη
Εστιασμένη στο κόστος	Εστιασμένη στην επιχείρηση
Απομόνωση εφαρμογών	Ενορχήστρωση υπηρεσιών
Στενά συνδεδεμένη	Χαλαρά συνδεδεμένη, οπότε εύρωστη και προσαρμόσιμη
Ομογενής τεχνολογία	Ετερογενής τεχνολογία
Προσανατολισμένη προς το αντικείμενο	Προσανατολισμένη προς το μήνυμα

### **3.5.3 Χαρακτηριστικά της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής**

Μια λύση που βασίζεται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική απαιτεί έναν συγκεκριμένο αριθμό χαρακτηριστικών από μια SOA υποδομή [111],[228], τα οποία αναλύονται ακολούθως:

- ❖ χαλαρή συνδεσιμότητα (*loose coupling*)
  - εξαλείφει την ανάγκη για στενή συνδεσιμότητα των εξόδων των συστημάτων, με αποτέλεσμα κάθε σύστημα να μπορεί να διαχειρίζεται

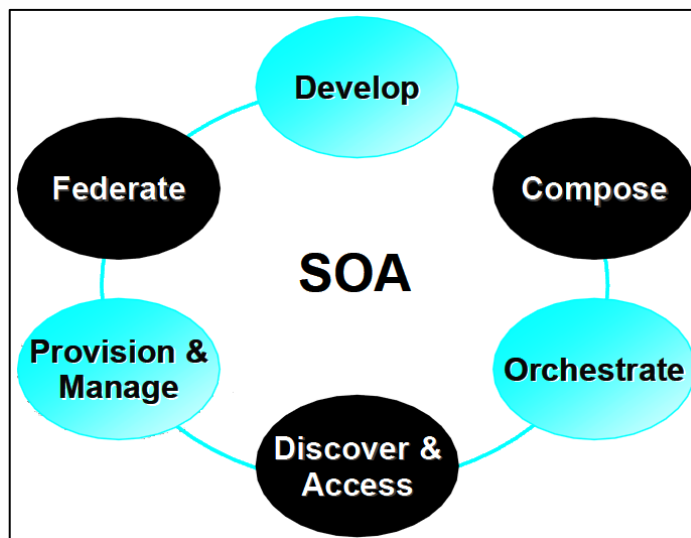
- ανεξάρτητα την απόδοση (*performance*), την κλιμάκωση (*scalability*) και τη διαθεσιμότητα (*availability*) του
- κρατάει κρυμμένες τις οποιεσδήποτε αλλαγές στην εκτέλεση
  - δίνει στους παρόχους και στους καταναλωτές ανεξαρτησία, ωστόσο απαιτεί διαπαφές που να είναι βασισμένες σε πρότυπα και ενδιάμεσους που να διαχειρίζονται τις αιτήσεις μεταξύ των τερματικών συστημάτων (*end systems*)
- ❖ τεχνολογίες βασισμένες σε πρότυπα
- με τη χρήση -βασισμένων σε πρότυπα- τεχνολογιών διευκολύνεται ο συνδυασμός διαφόρων προϊόντων
  - η υποστήριξη προτύπων επηρεάζει την ύπαρξη χαλαρά συνδεδεμένων επιπέδων
- ❖ επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες
- η επαναχρησιμοποίηση υπηρεσιών περιορίζει κατά πολύ τον κίνδυνο να πραγματοποιούνται οι ίδιες εργασίες περισσότερες από μια φορές, με αποτέλεσμα να υπάρχει συνοχή και συνέπεια στην υλοποίηση
  - η επαναχρησιμοποίηση των υπηρεσιών είναι καλύτερη επιλογή από την επαναχρησιμοποίηση εκείνων των συστατικών ή κλάσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί ανεπιτυχώς στο παρελθόν
- ❖ συγχρονισμένη υπηρεσία κλήσεων (*synchronous service calls - RPC Style*)
- παρέχει άμεση απάντηση σε μια αίτηση, εφόσον ο πάροχος της υπηρεσίας είναι διαθέσιμος
  - είναι σημαντική για εφαρμογές που απαιτούν απόκριση σε πραγματικό χρόνο
- ❖ ασύγχρονη υπηρεσία κλήσεων (*asynchronous service calls- document style*)
- με τη χρήση χαλαρά συνδεδεμένων (*coarse-grained*) μηνυμάτων και μιας υπηρεσίας μηνυμάτων, οι αιτήσεις των υπηρεσιών δρομολογούνται και επεξεργάζονται με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Η προσέγγιση αυτή έχει αρκετά προτερήματα σε ότι αφορά το σύστημα μηνυμάτων, αφού μπορεί να δρομολογήσει τόσα μηνύματα, όσα επιτρέπει το μέγεθος της ουράς
- ❖ ανάπτυξη υπηρεσιών, βάσει υπαρχόντων συστατικών λογισμικού (*non-intrusive development*)
- μειώνει την ανάγκη αλλαγής, δοκιμής και συντήρησης υπάρχοντος λογισμικού
  - μέσω των σύνθετων υπηρεσιών, ο οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει τη λειτουργικότητα από υπάρχουσες επενδύσεις που μπορούν να



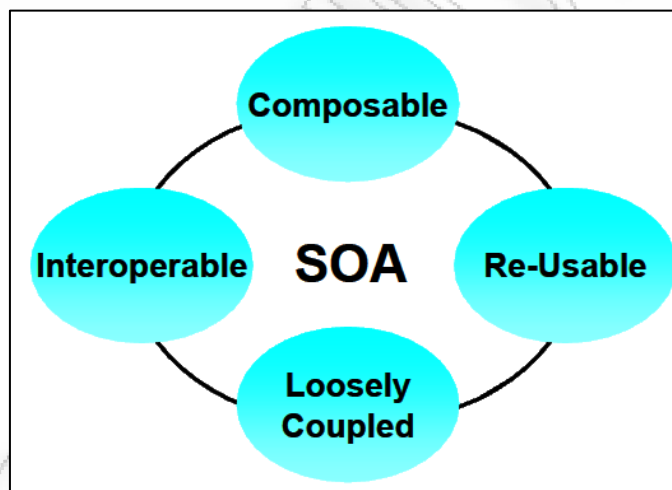
επαναχρησιμοποιηθούν για να προσφέρουν περαιτέρω προτερήματα στον οργανισμό

- ❖ διαχείριση των πολιτικών
  - η πληροφορική με χρήση πολιτικών προάγει τη δημιουργία πρότυπων και επαναχρησιμοποιήσιμων υπηρεσιών, με αποτέλεσμα οι αλλαγές στην υλοποίηση των εφαρμογών να ελαχιστοποιούνται
  - με τη χρήση των πολιτικών, αυτοί που αναπτύσσουν τα συστήματα μπορούν να εστιάζουν στη λογική της εφαρμογής, ενώ η ομάδα υποστήριξης εστιάζει στους κανόνες
- ❖ υπηρεσίες πρόσβασης στα δεδομένα
  - κρύβουν την πολυπλοκότητα των πηγών δεδομένων και ενδυναμώνει την συνέπεια, την ακεραιότητα και την ασφάλεια τους
- ❖ σύνθετες υπηρεσίες
  - χρησιμοποιούν υπάρχοντα IT στοιχεία
  - η συνένωση ή ενορχήστρωση προϊόντων απλοποιεί την ολοκλήρωση ετερογενών συστημάτων
- ❖ διαμοιραζόμενες υπηρεσίες υποδομής (*shared or enterprise infrastructure services*)
  - παρέχεται συνέπεια
  - είναι δυνατή η δημιουργία άλλων διαμοιραζόμενων υπηρεσιών, όπως είναι οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την ασφάλεια, απλώς με την θεώρηση υπάρχοντων προϊόντων ως υπηρεσίες
- ❖ στενά συνδεδεμένες (*fine-grained*) υπηρεσίες που έχουν το προνόμιο ότι επιβάλλουν θέματα ασφάλειας και για το λόγο αυτό παρέχουν πρόσβαση σε πολιτικές
  - χαλαρά συνδεδεμένες (*coarse-grained*) υπηρεσίες που δεν απαιτούν πολλαπλές κλήσεις στο διαδίκτυο, προκειμένου να παράσχουν επιχειρησιακή λειτουργικότητα.

Στα σχήματα 3-10 και 3-11 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής αυτής και ο κύκλος ζωής για την ανάπτυξη μιας υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής, αντίστοιχα.



Σχήμα 3-10: Χαρακτηριστικά υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής (Πηγή *Build Applications using Service-Oriented Architecture* [196])



Σχήμα 3-11: Κύκλος ζωής για την ανάπτυξη υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής (Πηγή *Build Applications using Service-Oriented Architecture* [196])

### 3.5.4 Προϋποθέσεις ανάπτυξης υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής

Για την ανάπτυξη μιας υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής απαιτούνται τα ακόλουθα [13]:

- ❖ αξιοποίηση των υπαρχόντων υποδομών- τα υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα των οργανισμών ενσωματώνουν σημαντική πληροφορία για τη λειτουργία τους κι επομένως η χρήση μιας αρχιτεκτονικής, στην οποία ενσωματώνονται υπάρχοντα συστήματα που με την πάροδο του χρόνου ίσως χρειάζονται να διασπαστούν ή και να αντικατασταθούν αποτελεί πραγματικό όφελος για τις επιχειρήσεις

- ❖ υποστήριξη όλων των απαιτούμενων μορφών ολοκλήρωσης που περιλαμβάνει ολοκλήρωση χρηστών, εφαρμογών, διαδικασιών, πληροφορίας, καθώς και ανάπτυξη νέων εφαρμογών για την επίτευξη όλων των μορφών ολοκλήρωσης
- ❖ σταδιακή ανάπτυξη ενός συστήματος, η οποία επιτρέπει τη σταδιακή αύξηση του κέρδους μιας επιχείρησης χάρη στην επένδυση (*return on investment - ROI*) που πραγματοποιείται, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι πολλά έργα έχουν αποτύχει λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητάς τους, του κόστους τους και των μη παραγωγικών σχεδίων υλοποίησής τους
- ❖ δημιουργία κατάλληλου περιβάλλοντος ανάπτυξης, το οποίο πρέπει να βασίζεται σε ένα πρότυπο πλαίσιο εργασίας, όπου επαναχρησιμοποιούνται μοντέλα και συστατικά εφαρμογών, υπάρχουσες υποδομές, ενώ αξιοποιούνται κατάλληλα και σύγχρονες τεχνολογίες
- ❖ υποστήριξη νέων μοντέλων ανάπτυξης υπολογιστικών συστημάτων και σύγχρονων τεχνολογιών (π.χ. χρήση του μοντέλου client-server, της τεχνολογίας των πυλών ιστού, των τεχνολογιών για πλέγματα κ.α.)

### 3.5.5 Οφέλη από τη χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής

Η ανάπτυξη υπηρεσιών με τη χρήση υπάρχοντων εφαρμογών και υποδομών σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών σε μορφή συστατικών λογισμικού (*component – oriented approach*) αποφέρει σημαντικά οφέλη στις επιχειρήσεις, μερικά από τα οποία αναλύονται παρακάτω [13]:

- ❖ Αξιοποίηση υπάρχοντων συστατικών - η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική επιτρέπει την ανάπτυξη επιχειρησιακών υπηρεσιών από την ολοκλήρωση υπάρχοντων συστατικών εφαρμογών, με τη χρήση του κατάλληλου υπηρεσιοστρεφούς πλαισίου εργασίας. Για τη χρήση μιας υπηρεσίας απαιτείται μόνο η γνώση της διεπαφής (*interface*) και του ονόματος της υπηρεσίας. Οι εσωτερικές λεπτομέρειες υλοποίησης των υπηρεσιών, καθώς και η πολυπλοκότητα της ροής της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των συστατικών των υπηρεσιών αποκρύπτονται από αυτούς που τις χρησιμοποιούν. Τα συστατικά αυτά έχουν αναπτυχθεί σε διαφορετικές μηχανές και προγραμματιστικές γλώσσες και εκτελούνται σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Συνακόλουθα, τα υπάρχοντα συστατικά των συστημάτων των οργανισμών προσπελάσσονται μέσω διεπαφών (*interfaces*) σε μορφή υπηρεσιών.
- ❖ Αξιοποίηση υπάρχοντων υποδομών - η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική επιτρέπει την αξιοποίηση των υπάρχοντων υποδομών των διάφορων επιχειρησιακών

εφαρμογών. Με τη χρήση ενός κατάλληλα προσδιορισμένου υπηρεσιοστρεφούς πλαισίου εργασίας ολοκληρώνονται υπάρχοντα συστατικά, νέα αναπτυγμένα συστατικά και εμπορικά συστατικά, μέσω της ανάπτυξης υπηρεσιών που αξιοποιούν και ταυτόχρονα αναβαθμίζουν τις υπάρχουσες υποδομές.

- ❖ Γρηγορότερη είσοδος των επιχειρήσεων στην αγορά – οι οργανισμοί που υιοθετούν το υπηρεσιοστρεφές πλαίσιο εργασίας, αναπτύσσουν υπηρεσίες και τις δημοσιεύουν σε τόπους καταχώρισης (*registries*) υπηρεσιών. Η ανάπτυξη υπηρεσιών, δεδομένου ότι γίνεται χρησιμοποιώντας υπάρχοντα συστατικά εφαρμογών και υπηρεσίες μειώνει το χρόνο σχεδίασης, ανάπτυξης, δοκιμής και χρήσης των νέων υπολογιστικών συστημάτων. Συνακόλουθα, μειώνεται αισθητά ο χρόνος εισόδου των επιχειρήσεων στην αγορά και η προσαρμογή τους στις νέες απαιτήσεις που αυτή θέτει.
- ❖ Μείωση κόστους - με την υιοθέτηση ενός υπηρεσιοστρεφούς πλαισίου εργασίας αξιοποιούνται υπάρχοντα συστατικά και υποδομές για την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών και, συνεπώς, μειώνεται σημαντικά το κόστος ανάπτυξης για τον εκάστοτε οργανισμό.
- ❖ Μετρίαση κινδύνου- η επαναχρησιμοποίηση υπάρχοντων εφαρμογών μειώνει τον κίνδυνο σφαλμάτων στη διαδικασία παραγωγής κι ανάπτυξης νέων υπηρεσιών, καθώς και στη συντήρηση και διαχείριση της υπάρχουσας υποδομής που υποστηρίζει τις υπηρεσίες.
- ❖ Συνεχής βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών - στην περίπτωση που μια υπηρεσία υλοποιείται από μια ή περισσότερες επιχειρησιακές διαδικασίες, η ροή εργασιών των διαδικασιών (*process flows*) αναπαρίσταται από τη σειρά εκτέλεσης των συστατικών που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της υπηρεσίας. Συνεπώς, οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στις επιχειρησιακές διαδικασίες επηρεάζουν άμεσα τις υπηρεσίες, με αποτέλεσμα συχνά οι τελευταίες να χρησιμοποιούνται ως μέσο, τόσο για την παρακολούθηση των αλλαγών που πραγματοποιούνται στις διαδικασίες (π.χ. αλλαγές στο μοντέλο της διαδικασίας, αναδιοργάνωση των συστατικών που συνιστούν μια υπηρεσία), όσο και για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη βελτίωσή τους.
- ❖ Διαδικασιοστρεφής αρχιτεκτονική - τα παλαιότερα μοντέλα ανάπτυξης συστημάτων ήταν προσανατολισμένα στις λειτουργίες (*function-oriented*) και ενσωμάτωναν στις εφαρμογές τους την κατάλληλη πληροφορία για τις επιχειρησιακές διαδικασίες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν οι εφαρμογές να επαναχρησιμοποιηθούν σε άλλες διαδικασίες, αλλά ούτε και για την υλοποίηση δραστηριοτήτων της ίδιας διαδικασίας. Σε μια διαδικασιοστρεφή αρχιτεκτονική (*process-oriented*) ανάπτυξης συστημάτων, οι εφαρμογές αναπτύσσονται για την υλοποίηση δραστηριοτήτων μιας ή

περισσότερων διαδικασιών, οι οποίες δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν από υπηρεσίες. Συνεπώς, με την αλληλοσύνδεση των υπηρεσιών που υλοποιούν τις δραστηριότητες μιας διαδικασίας δημιουργείται μια ροή διαδικασίας (*process flow*) που συντελεί στην εκπλήρωση της επιχειρησιακής ανάγκης. Ένα σαφές προτέρημα που προκύπτει από τη χρήση υπηρεσιών για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων συγκεκριμένων διαδικασιών είναι η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υπηρεσιών για την υλοποίηση άλλων δραστηριοτήτων της ίδιας ή/και άλλης διαδικασίας, ως αποτέλεσμα του γεγονότος ότι οι υπηρεσίες δεν περιέχουν λεπτομέρειες για τις διαδικασίες.

### **3.5.6 Εφαρμογή της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής στο χώρο της υγείας**

Στο ιατρικό χώρο, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας να χρησιμοποιούν απομονωμένα (*isolated*) και ετερογενή (*heterogeneous*) πληροφοριακά συστήματα, με μικρή ή ανύπαρκτη σύνδεση μεταξύ τους για την υποστήριξη των εσωτερικών τους διαδικασιών. Λόγω της μεγάλης ετερογένειας των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, η διασύνδεσή τους και η ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ αυτών απαιτεί σημαντικό κόπο και χρόνο, με συνέπεια την ελλιπή ανταλλαγή της ιατρικής πληροφορίας μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας (π.χ. αποτελέσματα ιατρικών εξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν σε άλλο οργανισμό), την άσκοπη επαναληπτική εκτέλεση των διαφόρων ιατρικών εξετάσεων στους ασθενείς, την επέκταση της χρονικής διάρκειας παραμονής των ασθενών στα νοσοκομεία, παράλληλα με το κόστος παροχής υπηρεσιών υγείας [5],[155],[157],[191],[192],[193].

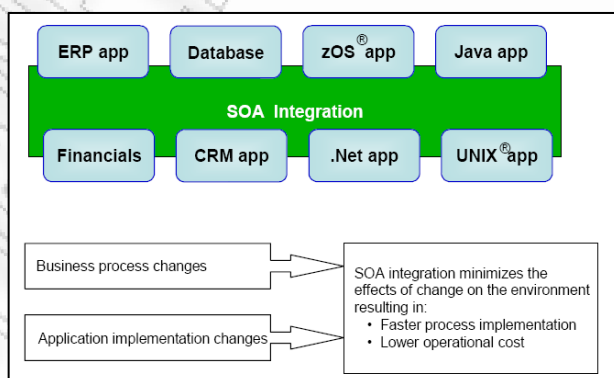
Για την επίλυση των προαναφερόμενων προβλημάτων ετερογένειας των πληροφοριακών συστημάτων υγείας και για την κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων συνεργασίας (*collaboration*) και συνέργειας (*cooperation*) απαιτείται η περιοδική αναβάθμιση και εξέλιξη των υπαρχόντων πληροφοριακών συστημάτων υγείας [5],[6],[192],[193]. Η αναβάθμιση αυτή πραγματοποιείται με αντικατάσταση των υπαρχόντων συστημάτων υγείας από νέα ομογενή που καλύπτουν τις νέες απαιτήσεις, αν και η όλη διαδικασία απαιτεί σημαντική προσπάθεια και μεγάλο κόστος, γεγονός που το καθιστά σχεδόν αδύνατο. Συνεπώς, προτιμάται η αναβάθμιση των υπαρχόντων πληροφοριακών συστημάτων υγείας με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών για την κάλυψη των νέων απαιτήσεων συνεργασίας, συνέργειας και για την ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας μεταξύ τους. Εν γένει, η χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής ανάπτυξης συστημάτων στο χώρο της υγείας μπορεί να βοηθήσει στην

αναβάθμιση και εξέλιξη των συστημάτων αυτών για την εκπλήρωση των ολοένα μεταβαλλόμενων απαιτήσεων, διατηρώντας ταυτόχρονα σε χαμηλά επίπεδα το κόστος αναβάθμισης [13],[157],[190],[192].

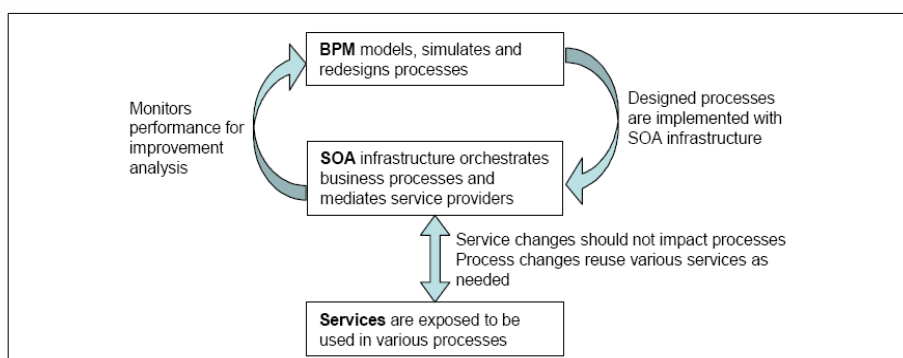
### 3.6 BUSINESS PROCESS EXECUTION LANGUAGE (BPEL)

#### 3.6.1 Εισαγωγή στην BPM

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των οργανισμών και η απαίτηση να μειωθεί το κόστος ανάπτυξης συστημάτων έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη προσαρμογής των επιχειρησιακών διαδικασιών στις νέες απαιτήσεις, ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Συνακόλουθα, η διαχείριση των επιχειρησιακών διαδικασιών (*BPM – Business Process Management*) κατέστη μια συμφέρουσα λύση για την μοντελοποίηση, τον έλεγχο, την προσομοίωση και τον επανασχεδιασμό διαδικασιών, με σκοπό την ευελιξία τους [176]. Ωστόσο, η τεχνολογία της ολοκλήρωσης θα πρέπει να συνδέει χαλαρά τις εφαρμογές και τις πηγές που αποτελούν τη διαδικασία, ειδικά η διαδικασία θα εγκλωβιστεί σε μια συγκεκριμένη τεχνολογική πλατφόρμα, γεγονός το οποίο θα κάνει δαπανηρή την οποιαδήποτε αλλαγή στη διαδικασία και θα έρθει σε αντιπαράθεση με τον σκοπό που επιτελεί η BPM. Σε αυτό το σημείο, εισέρχεται η –βασισμένη σε πρότυπα- υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική, η οποία παρέχει την τεχνική δυνατότητα να δημιουργηθούν ανεξάρτητες διαδικασίες. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3-12, τα πρότυπα του SOA, όπως είναι οι υπηρεσίες ιστού κάνουν τις πηγές πληροφορίες και τις εφαρμογές πρόσβασιμες και επαναχρησιμοποιήσιμες από τους σχεδιαστές των διαδικασιών, με αποτέλεσμα οι διαδικασίες που μοντελοποιούνται με εργαλεία BPM να υλοποιούνται μέσω μια SOA υποδομής.



Σχήμα 3-12: Προσαρμογή της χαλαρά συνδεδεμένης ολοκλήρωσης στις αλλαγές



**Σχήμα 3-13:** Σχέση μεταξύ BPM και SOA (Πηγή *BPM and SOA: Better Together* [176])

Στο σχήμα 3-13 αναπαρίσταται η σχέση των BPM και SOA, ο συνδυασμός των οποίων διευκολύνει την εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών από την απλή αυτοματοποίηση στην διαχειρίσιμη ευελιξία. Η ευελιξία αφορά στη δημιουργία υπηρεσιών που επαναχρησιμοποιούνται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους σε πολλαπλές διαδικασίες κι επιτρέπουν συνεχή βελτίωση, με μικρότερο κόστος ανάπτυξης. Ο στόχος του SOA είναι να εμφανίζει τα επιμέρους στοιχεία οποιουδήποτε οργανισμού ως επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες που μπορούν να επικοινωνούν και να ολοκληρώνονται γρήγορα. Είναι επομένως, μια προσέγγιση που ολοκληρώνει υπάρχουσες εφαρμογές και συμβάλλει στη δημιουργία καινούριων, οι οποίες στο μέλλον μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές και διαφορετικές επιχειρησιακές διαδικασίες [176].

### 3.6.2 Ανάπτυξη της γλώσσας BPEL

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική συμβάλλει στην επαναχρησιμοποίηση των επιμέρους συστατικών των διαδικασιών, οπότε και στην αύξηση της ευελιξίας των οργανισμών. Επίσης, συμβάλλει στην ενορχήστρωση (*orchestration*) των υπηρεσιών με τη μορφή επιχειρησιακών διαδικασιών. Ωστόσο, πολλά BPM εργαλεία λειτουργούν μονοπωλιακά και για το λόγο αυτό προσδιορίστηκε μια καινούρια γλώσσα ενορχήστρωσης, η BPEL (*Business Process Execution Language*).

Η προσπάθεια που παρατηρήθηκε τα τελευταία χρόνια σε πολλούς οργανισμούς να μετατρέπουν επαναχρησιμοποιούμενες εφαρμογές σε υπηρεσίες και να ενορχηστρώνονται μέσω πλατφόρμων ευνοεί τη συνεργασία των SOA και BPEL. Συγκεκριμένα, η BPEL δίνει τη δυνατότητα στις υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές να υποστηρίζουν τις μεταβαλλόμενες διαδικασίες των οργανισμών, έχοντας ως βάση λιγότερες πηγές και εκτελώντας τις εργασίες



σε μικρότερο χρόνο. Η BPEL θεωρείται ως ένα πρότυπο για τη σύνθεση πολλαπλών υπηρεσιών που δημιουργούνται από συνεργαζόμενες και συναλλασσόμενες επιχειρησιακές διαδικασίες. Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει κατά καιρούς για την παροχή υπηρειαοιοτρεφών αρχιτεκτονικών, οι οποίες διαφέρουν στα εξής σημεία: στα πρότυπα, στην ικανότητα να λειτουργούν ανεξάρτητα από την οποιαδήποτε πλατφόρμα και να δημιουργούν επαναχρησιμοποίησιμες υπηρεσίες, με τρόπο ώστε αν οι εφαρμογές μεταβληθούν να μην έχουν καμία επίδραση στις επιχειρησιακές διαδικασίες, καθώς και στην ικανότητα να δημιουργούν υπηρεσίες που να είναι επιμέρους τμήματα μεγαλύτερων αποθηκών δεδομένων και επομένως, να μπορούν να ανακαλυφθούν.

Η προγραμματιστική γλώσσα BPEL, εκτός από το να επιτρέπει αποστολή και παραλαβή μηνυμάτων υποστηρίζει επιπλέον και τα εξής:

- ❖ Ένα μηχανισμό συσχετισμού των μηνυμάτων που να βασίζεται στις ιδιότητες.
- ❖ XML και WSDL μεταβλητές.
- ❖ Ένα μοντέλο που βασίζεται σε μια γλώσσα που έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί και να διαχειρίζεται εκφράσεις ή εντολές από διαφορετικές και ποικίλες γλώσσες.
- ❖ Δομές και εντολές δομημένου προγραμματισμού, ώστε να παρέχεται εκτέλεση εντολών τόσο σειριακά, όσο και παράλληλα.

Επομένως, σκοπός της BPEL είναι να διαλειτουργική και να χειρίζεται επιχειρησιακές αλληλεπιδράσεις που να περιλαμβάνουν σύγχρονες ή ασύγχρονες, διομότιμες (*peer-to-peer*) ανταλλαγές μηνυμάτων στο εσωτερικό, σωστά διατυπωμένων, δυνητικά μεγάλης διάρκειας αλληλεπιδράσεων που αφορούν σε ένα ή περισσότερα μέρη [46],[137],[242].

### 3.6.3 Σχεδιαστικοί στόχοι της BPEL

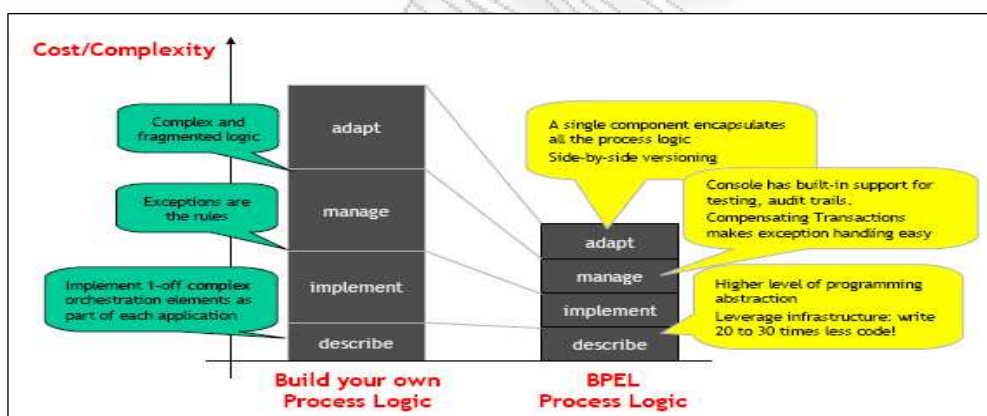
Παρακάτω παραθέτονται δέκα σχεδιαστικοί στόχοι που συνδέονται με την BPEL:

- ❖ Προσδιορισμός των επιχειρησιακών διαδικασιών που αλληλεπιδρούν με εξωτερικές οντότητες, μέσω λειτουργιών των υπηρεσιών ιστού που προσδιορίζονται από την WSDL 1.1.
- ❖ Προσδιορισμός των επιχειρησιακών διαδικασιών με τη βοήθεια μιας –βασισμένης σε XML- γλώσσας.
- ❖ Προσδιορισμός ενός συνόλου θεωριών για ενορχήστρωση των υπηρεσιών ιστού που χρησιμοποιούνται τόσο για τις εξωτερικές (αφηρημένες), όσο και για τις εσωτερικές (εκτελέσιμες) θεωρήσεις της επιχειρησιακής διαδικασίας.



- ❖ Παροχή ιεραρχικών και γραφικών μεθόδων ελέγχου, ώστε να μειωθεί η οριοθέτηση του χώρου μοντελοποίησης της διαδικασίας.
- ❖ Παροχή λειτουργιών για διαχείριση των δεδομένων που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό των δεδομένων της διαδικασιών και τον έλεγχο των ροών
- ❖ Υποστήριξη ενός μηχανισμού ταυτοποίησης για τα στιγμιότυπα των διαδικασιών, ο οποίος επιτρέπει τον προσδιορισμό των αναγνωριστών (*identifier*) των στιγμιότυπων στο επίπεδο μηνυμάτων εφαρμογής.
- ❖ Υποστήριξη της δημιουργίας και του τερματισμού στιγμιότυπων διαδικασιών.
- ❖ Προσδιορισμός ενός μοντέλου συναλλαγών που θα εκτελείται για μεγάλο χρονικό διάστημα (*long-running*) και θα βασίζεται σε αποδεδειγμένες και επιτυχείς τεχνικές, με σκοπό την ανάκτηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, όταν λόγω σφαλμάτων σταματά η εκτέλεση τους.
- ❖ Χρήση υπηρεσιών ιστού για διάσπαση και συνάθροιση διαδικασιών.
- ❖ Δόμηση με βάση τα πρότυπα των υπηρεσιών ιστού.

Το σχήμα 3-14 αναπαριστά τα προτερήματα και την αξία της BPEL.



**Σχήμα 3-14:** Αξία και προτερήματα της BPEL

### 3.6.4 Είδη BPEL διαδικασιών

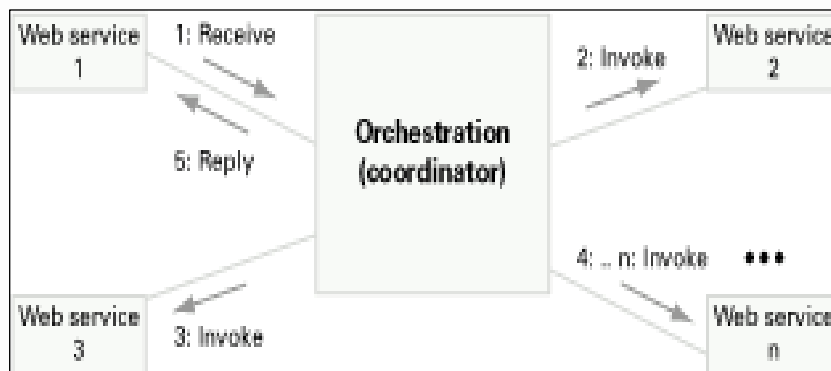
Η BPEL προσδιορίζει ένα μοντέλο και μια σύνταξη για την περιγραφή της συμπεριφοράς επιχειρησιακών διαδικασιών, τα οποία βασίζονται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαδικασίας και συνεργατών (*partners*). Είναι ένας επαναχρησιμοποιήσιμος προσδιορισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους σε πολλαπλά σενάρια, ενώ σε όλες αυτές τις περιπτώσεις μπορεί και διατηρεί μια ομοιόμορφη –σε επίπεδο εφαρμογών-συμπεριφορά.

Υπάρχουν δύο τύποι BPEL διαδικασιών που διαφέρουν τόσο στην φύση τους, όσο και στον τρόπο εκτέλεσης τους [46]:

- ❖ αφηρημένη διαδικασία (*abstract process*)- προσδιορίζει την ανταλλαγή των εξωτερικών μηνυμάτων μεταξύ των υπηρεσιών ιστού, αλλά δεν περιλαμβάνει ουδεμία πληροφορία για το εσωτερικό τμήμα της επιχειρησιακής διαδικασίας. Ο συγκεκριμένος τύπος διαδικασίας χρησιμοποιείται, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, για τη μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης μηνύματος (επιχειρησιακό πρωτόκολλο) μεταξύ δύο υπηρεσιών ιστού και δεν είναι εκτελέσιμος
- ❖ εκτελέσιμη διαδικασία (*executable processes*)- προσδιορίζει την ανταλλαγή των εξωτερικών μηνυμάτων μεταξύ των υπηρεσιών ιστού, αλλά και τις λεπτομέρειες για το εσωτερικό τμήμα της επιχειρησιακής διαδικασίας. Επίσης, σε αντίθεση με την αφηρημένη διαδικασία είναι και εκτελέσιμη.

### 3.6.5 Εμφάνιση της BPEL4WS

Η BPEL4WS (*Business Process Execution Language for Web Services*) είναι μια γλώσσα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών που δημιουργήθηκε σε πρώτη φάση από τις IBM και MICROSOFT και αφορά στην προτυποποίηση μέσω υπηρεσιών ιστού. Είναι βασισμένη σε XML και αποσκοπεί στη σύνδεση διαφόρων πραγμάτων, ένα από τα οποία είναι κλήσεις υπηρεσιών ιστού. Η BPEL4WS προσδιορίζει τη συμπεριφορά, τόσο επιχειρησιακών διαδικασιών που χρησιμοποιούν υπηρεσίες ιστού, όσο και επιχειρησιακών διαδικασιών που λειτουργούν ουσιαστικά, ως υπηρεσίες ιστού [137],[242]. Ο ρόλος της γλώσσας αυτής είναι η ενορχήστρωση διαδικασιών (*process orchestration*), δηλαδή ο συνδυασμός δομημένων δραστηριοτήτων με τη μορφή ενός γραφήματος ροής, το οποίο θα εκφράζει πολύπλοκους αλγόριθμους που αναπαριστούν την εκτέλεση της διαδικασίας. Η ενορχήστρωση διαδικασιών αναπαρίσταται στο σχήμα 3-15 που ακολουθεί. Σκοπός της BPEL4WS είναι η υλοποίηση ενός διαδικασιοστρεφούς πληροφοριακού συστήματος (*process-oriented information system*) που θα είναι ευέλικτο και προσαρμόσιμο στις αλλαγές, ενώ συνάμα θα επιτρέπει τον επαναπροσδιορισμό (*reengineering*) επιχειρησιακών διαδικασιών.



**Σχήμα 3-15:** Αναπαράσταση της ενορχήστρωσης (orchestration)

### 3.6.6 Η BPEL4WS στο χώρο της υγείας

Η BPEL4WS είναι μια γλώσσα που βασίζεται στα πρότυπα και χρησιμοποιείται για τη διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών και την υλοποίηση ενός ευέλικτου και ευπροσάρμοστου, διαδικασιοστρεφούς και βασισμένου στον ιστό πληροφοριακού συστήματος. Στον τομέα της υγείας, η γλώσσα αυτή πραγματοποιεί την υλοποίηση διαδικασιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας (*process-oriented healthcare information systems*).

Στον ιατρικό τομέα, η διαλειτουργικότητα είναι ένα θέμα μείζονος σημασίας, καθώς σε ένα ιατρικό οργανισμό θεωρείται ιδιαίτερα καθοριστική η αξιόπιστη, έγκαιρη και ακριβής πληροφορία για την ασφάλεια του ασθενή. Επίσης, η διαλειτουργικότητα είναι απαραίτητη, όσον αφορά τις επιχειρησιακές λειτουργίες όλων των τύπων των ιατρικών οργανισμών, τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά. Πιο αναλυτικά, εσωτερικά οι οργανισμοί πρέπει να μοιράζουν την πληροφορία μεταξύ των διαφόρων κλινικών συστημάτων. Εξωτερικά, αυτοί οι οργανισμοί θα πρέπει να ανταλλάσσουν συγκεκριμένη πληροφορία, όπως είναι αυτή που περιέχεται στους ιατρικούς φακέλους. Ωστόσο, το ζήτημα της διαλειτουργικότητας έχει υπάρξει πολύ δαπανηρό για τους ιατρικούς οργανισμούς, καθώς τα προηγούμενα χρόνια έγιναν κάποιες απόπειρες να αναπτυχθούν έργα που να διαχειρίζονται τη διαλειτουργικότητα, όμως αυτό δεν είχε τα καλύτερα αποτελέσματα, αφού ο κάθε οργανισμός χρησιμοποιούσε πολλές πλατφόρμες, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ετερογενές περιβάλλον, δύσκολο στη διαχείριση και δαπανηρό στη λειτουργία.

Είναι λοιπόν, απόλυτα κατανοητό ότι οι ιατρικοί οργανισμοί χρειάζονται μια πλατφόρμα που θα είναι κοινή για όλο τον οργανισμό και θα διαμοιράζει την απαραίτητη πληροφορία.

Παράλληλα θα στηρίζεται σε πρότυπα, θα είναι κατά το μέγιστο δυνατό ευέλικτη για να συνυπάρχει με υπάρχοντα συστήματα, ασφαλής για να διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων και να προστατεύει τη μυστικότητα του ασθενή και αρκετά αξιόπιστη, ώστε να ανταποκρίνεται στις δύσκολες και ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις του ιατρικού τομέα. Επίσης, αυτή η πλατφόρμα θα επιτρέπει στους ιατρικούς οργανισμούς να ανταλλάσσουν πληροφορία, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και να υποστηρίζουν το βασικό στόχο που είναι η παροχή υψηλής ποιότητας ιατρικής φροντίδας.

### **3.7 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΣ ΔΙΑΥΛΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (ENTERPRISE SERVICE BUS - ESB)**

#### **3.7.1 Εισαγωγή**

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική χρειάζεται μια υποδομή που να συνδέει απομακρυσμένες εφαρμογές και IT (*information technology*) πηγές, στην ουσία να συνθέτει και να ολοκληρώνει καινούρια και παλιά, οποιαδήποτε τεχνολογία και αν χρησιμοποιούν και οπουδήποτε κι αν έχουν αναπτυχθεί, ενώ παράλληλα να ενορχηστρώνει τις αλληλεπιδράσεις τους και να τις κάνει ευρέως διαθέσιμες ως υπηρεσίες. Συνακόλουθα, η αρχιτεκτονική αυτή πρέπει να είναι ευέλικτη που σημαίνει ότι θα πρέπει να συνδυάζει και να επανασυναρμολογεί υπηρεσίες, προκειμένου να προσαρμόζεται και να απαντά στις σύγχρονες απαιτήσεις. Επίσης, η SOA πρέπει να είναι αξιόπιστη, οπότε η υποδομή που χρειάζεται πρέπει να είναι εύρωστη και ασφαλής και για αυτό το λόγο εισηγήθηκε ο επιχειρησιακός διάυλος υπηρεσίας ESB, ο οποίος είναι μια υποδομή λογισμικού που απλοποιεί τη σύνθεση και την επαναχρησιμοποίηση επιχειρησιακών συστατικών μέσα σε μια υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική [46],[248].

Ο επιχειρησιακός διάυλος υπηρεσίας ESB είναι ένα καινούριο είδος ενδιάμεσου (*middleware*) που στην ουσία είναι ένα συνονθύλευμα χαρακτηριστικών διαφόρων ενδιάμεσων. Υποστηρίζει τις υπηρεσίες ιστού, αφού χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SOAP, τη γλώσσα WSDL και το UDDI κι έχει κατανεμημένη αρχιτεκτονική, στην οποία μερικές υπηρεσίες εκτελούνται κοντά στα προγράμματα εφαρμογών, παρά σε ένα κεντρικό hub [46]. Παρ' ότι ο ESB παρέχει ανταλλαγή μηνυμάτων σε σφαιρικό επίπεδο, δεν είναι σε θέση να παράσχει το σύνολο της υποδομής που χρειάζεται μια υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική. Για παράδειγμα, είναι δύσκολο έως αδύνατο με τη χρήση του ESB να υλοποιηθεί η λογική της εφαρμογής, τα συστατικά της, η λογική της ροής της διαδικασίας και οι ροές εργασίας. Επίσης, ο ESB είναι

απαραίτητο στοιχείο της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής μόνο όταν ο οργανισμός, στον οποίο θα εφαρμοσθεί είναι γεωγραφικά καταμεμημένος.

Ο επιχειρησιακός διάυλος υπηρεσίας ESB είναι μια τεχνολογία, η οποία συνδέει άλλες τεχνολογίες, δεν παράγει επιχειρησιακή αξία, αντίθετα είναι το μέσο για να διεκπεραιωθεί μια εργασία. Σε αντίθεση με την υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική που είναι δύσκολο να γίνει κατανοητή, ο ESB γίνεται ευκολότερα αντιληπτός, αφού δεν επιζητά την εκπλήρωση επιχειρησιακών απαιτήσεων, μόνο τεχνολογικών. Στηρίζεται σε πρότυπα, όπως είναι τα εξής: XML, IP, HTTP, SOAP, JMS, JAX-RPC, JAX-WS και όσον αφορά την υλοποίηση είναι απλούστερη σε σχέση με την υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική, η οποία μπορεί να μην οδηγήσει πουθενά αν δεν ικανοποιηθούν κάποιες προϋποθέσεις [248].

Ο επιχειρησιακός διάυλος υπηρεσίας ESB όσον αφορά την αρχιτεκτονική του κατά πρώτους, συμπυκνώνει την επιχειρησιακή λογική στο ενδιάμεσο και κατά δεύτερος παρέχει πιο ευέλικτη δημιουργία και ανταλλαγή μηνυμάτων. Το πρότυπο του ESB βασίζεται σε βασικές σχεδιαστικές αρχές της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής κι επομένως προσφέρει πολλά οφέλη στη μοντελοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, μόνο όταν οι επιχειρησιακές υπηρεσίες συνδυάζονται και συνθέτονται για να μετατραπούν από μεμονωμένες υπηρεσίες σε σύνθετες. Η σύνθεση αυτή μας οδηγεί στην έννοια της ενορχήστρωσης υπηρεσιών (*service orchestration*), στην οποία στοχεύει η προδιαγραφή BPEL4WS [137],[242],[247]. Η ενορχήστρωση υπηρεσιών προσφέρει μια από πάνω προς τα κάτω διαδικασιοστρεφή (*process-oriented*) προσέγγιση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής, μοντελοποιώντας μια αρχικά αφηρημένη διαδικασία, για την οποία όμως δίνονται οι απαραίτητες τεχνικές λεπτομέρειες, ώστε να υλοποιηθούν τα στάδια της διαδικασίας. Την ίδια στιγμή, ο ESB δημιουργεί μία ευέλικτη και κλιμακούμενη αρχιτεκτονική βάση για επιπρόσθετα έργα, παρέχοντας το θεμέλιο για την επέκταση και την επαναχρησιμοποίηση αυτών των έργων, προκειμένου να εξυπηρετηθούν επιπλέον ανάγκες των χρηστών. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται αισθητά ο κίνδυνος οι οποιεσδήποτε αλλαγές γίνουν στις απαιτήσεις του έργου πριν αυτό ολοκληρωθεί, να επηρεάσουν την υλοποίηση του. Τέλος, λειτουργώντας βάσει των στόχων της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής προσδίδουν στο όλο σύστημα επιχειρησιακή ευρωστία και ευρείας κλίμακας διαλειτουργικότητα.

Η αρχιτεκτονική του ESB διαφέρει από προϊόν σε προϊόν, όποτε στην περίπτωση για την υλοποίηση μιας υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής χρειάζεται ένα ESB είναι ανάγκη να μελετηθούν πρώτα κάποια ζητήματα που σχετίζονται με την επιλογή του ESB, τα οποία είναι τα εξής:

- ❖ Απόδοση και κλιμάκωση (*performance and scalability*)- ουσιαστικής σημασίας ζήτημα είναι η υποδομή που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη μιας υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής, να παρέχει την απαιτούμενη απόδοση και να προσαρμόζεται στις διαρκώς μεταβαλλόμενες ανάγκες. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές hub-and-spoke τεχνολογίες ολοκλήρωσης συστημάτων, ο ESB αν συνδυαστεί με μία κατανεμημένη αρχιτεκτονική μπορεί να διευκολύνει την κατανεμημένη εκτέλεση των υπηρεσιών, καθώς και την ενορχήστρωση τους σε μία υποδομή που θα επιτρέπει την επικοινωνία. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό η ανάπτυξη των συστημάτων σε φυσικό επίπεδο να μην επηρεάζει τη λογική και σημασιολογική συμπεριφορά της υποδομής, αντίθετα να είναι κατανεμημένη σε τέτοιο βαθμό που να διαχειρίζεται και να ελέγχει τις διαδικασίες για την επιτυχή ολοκλήρωση των συστημάτων.
- ❖ Ασφάλεια (*security*), αξιοπιστία (*reliability*) και διαθεσιμότητα (*availability*)- ένας ESB πρέπει να παρέχει ποιότητα υπηρεσιών, ώστε να διασφαλίζει ότι η επικοινωνία των υπηρεσιών είναι τόσο ασφαλής και αξιόπιστη, ώστε να εξυπηρετεί τις τρέχουσες επιχειρησιακές απαιτήσεις. Παρέχοντας αυτές τις εγγυήσεις, οι σχεδιαστές των υπηρεσιών απλοποιούν την ανάπτυξη υπηρεσιών, αφού πλέον εστιάζουν όχι τόσο στη λογική ολοκλήρωσης των υπηρεσιών, αλλά στην επιχειρησιακή λογική. Μια υψηλού επιπέδου υποδομή ανάπτυξης υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής γλιτώνει τις εφαρμογές από λάθη προερχόμενα από επικοινωνιακά σφάλματα ή εξυπηρετητές (*server*). Ένα υψηλού επιπέδου ESB θα παρουσιάζεται στις υπηρεσίες, όχι μόνο ως μια αξιόπιστη υποδομή, αλλά ως υποδομή στην οποία οι υπηρεσίες είναι διαρκώς διαθέσιμες, ακόμη και όταν ένα συστατικό της κατανεμημένης υποδομής οδηγήσει σε σφάλμα.
- ❖ Διαμοιρασμός (*distribution*)- σε μια υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική, οι υπηρεσίες και οι ενορχηστρώσεις υπηρεσιών (*service orchestration*) αλληλεπιδρούν με άλλες υπηρεσίες κατανεμημένες κατά μήκος του ίδιου οργανισμού ή και διαφορετικού. Το ESB εξυπηρετεί τις ανάγκες επικοινωνίας των υπηρεσιών αυτών, επιτρέποντας το διαμοιρασμό των δεδομένων. Συνακόλουθα, σε ένα συνδεδεμένο (*federated*) περιβάλλον, όπου οι υπηρεσίες συνδέουν οργανικά σύνορα ή σε ένα κατανεμημένο (*distributed*), όπου οι υπηρεσίες ενώνουν γεωγραφικά σύνορα είναι ιδιαίτερα σημαντικό τα δεδομένα να οδηγούνται στο κατάλληλο σημείο, την κατάλληλη στιγμή.
- ❖ Ευελιξία (*flexibility*)- η ευελιξία ενός ορθά σχεδιασμένου ESB επιτρέπει στον οργανισμό να αλλάζει χωρίς ιδιαίτερο κόπο την ενορχήστρωση των υπηρεσιών, καθώς και τους κανόνες και τις σχέσεις μεταξύ των δεδομένων. Σε αυτή την

περίπτωση, η βασική απαίτηση είναι να αλλάζουν δυναμικά οι υπηρεσίες και οι διαδικασίες, χωρίς να διακόπτονται οι υπηρεσίες που εκτελούνται εκείνη τη στιγμή. Ο ESB, λοιπόν δημιουργεί μια υποδομή για χαλαρά συνδεδεμένη ολοκλήρωση (*loosely-coupled integration*), με αποτέλεσμα οι αλλαγές σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμες. Επίσης, η ενορχήστρωση των υπηρεσιών (*service orchestration*) παρέχει έναν ευέλικτο τρόπο μοντελοποίησης, προσδιορισμού και διαχείρισης των διαδικασιών που οδηγούν σε σειριακή αλληλεπίδραση των υπηρεσιών.

- ❖ Εμβέλεια (*visibility*) και έλεγχος (*control*)- ένας ESB οφείλει να διαχειρίζεται και να ελέγχει τόσο την υποδομή, όσο και τις διαδικασίες και τις υπηρεσίες που αναπτύσσονται μέσα σε αυτή. Η πρώτη διεργασία που πρέπει να εκτελεσθεί είναι η ανάπτυξη των υπηρεσιών, οι οποίες μπορούν να «φιλοξενηθούν» στο σημείο που ο ESB εκτελείται. Στην περίπτωση που η ανάπτυξη του συστήματος είναι κατανεμημένη, ο επιχειρησιακός διάυλος υπηρεσίας ESB πρέπει να κάνει ευκολότερη την ανάπτυξη και αναβάθμιση υπηρεσιών σε απόσταση από μία κεντρική τοποθεσία. Για την παροχή δυναμικού, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ελέγχου ο ESB βασίζεται σε ρυθμίσεις και συγκεκριμένα οι υπηρεσίες πρέπει να παραμετροποιηθούν και οι μεταξύ τους σχέσεις να δηλωθούν, ώστε οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτές να μην απαιτεί επαναδιόρθωση και δεύτερη ανάπτυξη. Συνεπώς, η μεταβολή των δεδομένων και της ροής της διαδικασίας πραγματοποιούνται χωρίς να χρειάζεται να σταματήσουν οι υπηρεσίες που εκτελούνται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

### **3.7.2 Προτερήματα του Επιχειρησιακού Διάυλου Υπηρεσίας ESB**

#### ***Προτερήματα τεχνολογίας πληροφοριών (IT- Information Technology):***

- ❖ Μείωση του χρόνου και της προσπάθειας που απαιτείται για την ολοκλήρωση νέων και υπαρχουσών εφαρμογών.
- ❖ Δημιουργία καινούριας διαδικασίας που να είναι επαναχρησιμοποίηση υπαρχουσών εφαρμογών και δεδομένων.
- ❖ Αύξηση της ευελιξίας, η οποία μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά πολύπλοκων συστημάτων και πραγματοποιείται ελαχιστοποιώντας τις εξαρτήσεις μεταξύ των εφαρμογών, των υπηρεσιών και της υποδομής του κατανεμημένου περιβάλλοντος.

- ❖ Μείωση του Συνολικού Κόστους Ιδιοκτησίας (*Total Cost of Ownership - TCO*) και αύξηση της ευελιξίας προσαρμογής μελλοντικών αναγκών, μέσω – βασισμένων σε πρότυπα- πρωτοκόλλων.
- ❖ Αξίопιστη παράδοση των μηνυμάτων, ακόμη και στην περίπτωση αποτυχίας του λογισμικού (*software*), του δικτύου (*network*) ή του υλικού (*hardware*).
- ❖ Παροχή μιας κεντρικής υποδομής διαχείρισης της υπηρεσίας
- ❖ Κατανομή της πληροφορίας, τόσο στην οργανισμό, όσο και στους πελάτες και συνεργάτες.
- ❖ Ικανότητα τεράστιας ανάπτυξης, επιταχύνοντας την παράδοση των υπηρεσιών και μειώνοντας παράλληλα το ρίσκο που μπορεί να προκύψει από σύνθετα έργα.

**Επιχειρησιακά (business) προτερήματα:**

- ❖ Ολοκληρωμένα συστήματα με μειωμένους χρόνους κύκλου (*cycle time*), βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελάτη, καθώς και πιο αξιόπιστες αποφάσεις (*decision-making*) που θα βασίζονται στις σύγχρονες απαιτήσεις.
- ❖ Μείωση του κόστους ΙΤ και έλεγχος μέσω της προτυποποίησης επαναχρησιμοποιήσιμων επιχειρησιακών συστατικών.
- ❖ Βελτιωμένη απόκριση στις αλλαγές των επιχειρησιακών διαδικασιών, η οποία θα πραγματοποιείται γρήγορα και αποτελεσματικά.
- ❖ Ικανότητα να απαντά και να προσαρμόζεται σε ειδικές επιχειρησιακές συνθήκες, όταν αυτές προκύπτουν.



---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 4

---

## ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαδικασιοστρεφής (*process-oriented*) θεώρηση της λειτουργίας των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας αντικατοπτρίζει πιστά την τάση που επιβάλλει την παροχή ολοκληρωμένης και κοινόχρηστης ιατρικής φροντίδας (*integrated and shared care*) στους ασθενείς. Κατά τη διαδικασιοστρεφή θεώρηση, η οποία οδήγησε στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική, οι υπηρεσίες υγείας οργανώνονται σε ασθενοκεντρικές (*patient-centric*) διαδικασίες παροχής υπηρεσιών υγείας. Η διαχείριση της ροής εργασίας είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη διαδικασιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, αφού παρέχει την απαραίτητη υποδομή για την αυτοματοποίηση και ολοκλήρωση διαδικασιών υγείας μέσα σε

έναν υγειονομικό οργανισμό ή μεταξύ πολλών υγειονομικών οργανισμών [139],[146],[151],[184].

Όπως προαναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, στην ενότητα που αφορά στα συστήματα ροής εργασιών και αναλύει το ζήτημα της ασφάλειας τους, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η ενσωμάτωση κατάλληλων υπηρεσιών ασφάλειας στα συστήματα αυτά που να διασφαλίζουν την ασφαλή εκτέλεση των ροών εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, ένα μοντέλο ασφάλειας θα πρέπει να επιτρέπει την ελεγχόμενη πρόσβαση στα αντικείμενα δεδομένων. Η εξουσιοδότηση (*authorization*) είναι ένα απαίτηση ασφάλειας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος ροής εργασίας και αφορά στην ύπαρξη ελέγχου πρόσβασης, ώστε να διαβιβάζονται η εμπιστευτικότητα (*confidentiality*) και η ακεραιότητα (*integrity*) της ιατρικής πληροφορίας.

Σε ότι αφορά την εξουσιοδότηση (*authorization*), οι οργανισμοί που χρησιμοποιούν συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας για τη μοντελοποίηση και την εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών τους, συχνά αναπτύσσουν και ενσωματώνουν στο σύστημα ροής εργασίας πολιτική ασφάλειας που βασίζεται στους ρόλους των χρηστών (*role-based security*). Σε αυτή την πολιτική καθορίζονται οι ρόλοι των χρηστών και τα δικαιώματα αυτών στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ροών εργασίας, καθώς στην πρόσβαση στα αντικείμενα δεδομένων, τα οποία διαχειρίζονται οι χρήστες κατά την εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων.

Κίνητρο της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας είναι η συμμετοχή σε ένα έργο που αφορούσε στον προσδιορισμό διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας για την υλοποίηση ενός διαδικασιοστρεφούς πληροφοριακού συστήματος υγείας. Η ανάγκη καταγραφής στο σύστημα ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων οδήγησε σε αυτή την εργασία και παρείχε κάποιες από τις πληροφορίες για την ανάπτυξη ενός δυναμικού μοντέλου εξουσιοδότησης ροής εργασίας. Η προσέγγιση που θα αναλυθεί στο κεφάλαιο αυτό δημιουργεί το δυναμικό μοντέλο εξουσιοδότησης σε ροές εργασίας που πραγματεύεται τα προαναφερόμενα θέματα στα πλαίσια του RBAC (*Role-Based Access Control*), δηλαδή του ελέγχου πρόσβασης βάσει του ρόλου που δίνεται στον εκάστοτε χρήστη. Συγκεκριμένα, το μοντέλο που αναλύεται στη συνέχεια επιτρέπει στους χρήστες να αλλάζουν το ρόλο τους δυναμικά, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της ροής εργασίας, προκειμένου να αποφευχθεί από τους χρήστες η απόκτηση μη απαραίτητων δικαιωμάτων στην πορεία εκτέλεσης των διεργασιών. Αποτέλεσμα της παραπάνω μεθόδου είναι ο συγχρονισμός της ροής εξουσιοδότησης και της προόδου της ροής εργασίας.

## 4.2 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Κ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ

### 4.2.1 Εφαρμογή της αρχής των ελαχίστων προνομίων και προτερήματα της

Σε περιβάλλοντα ροής εργασίας δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στα ζητήματα εξουσιοδότησης κι ελέγχου πρόσβασης στα δεδομένα, ιδίως όταν αυτά τα περιβάλλοντα αφορούν τον ιατρικό τομέα. Σε ότι αφορά το τεχνικό/ προγραμματιστικό κομμάτι είναι πλέον σαφές ότι παρότι οι εξαρτήσεις μεταξύ των διεργασιών στη ροή εργασίας καθορίζουν κατά ένα μεγάλο βαθμό τη σειρά με την οποία θα εκτελεστούν οι συγκεκριμένες διεργασίες, στην ουσία είναι η εξουσιοδότηση που θα αποφασίσει ποιος θα πρέπει να εκτελέσει κάθε διεργασία και ποια πληροφορία θα πρέπει να διανέμεται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.

Επίσης, ένα τρόπος εξασφάλισης της ασφάλειας της ροής εργασίας είναι η ενδυνάμωση της αρχής των ελαχίστων προνομίων (*least privilege principle*), με την οποία μειώνεται ο κίνδυνος να εκτεθεί σε κίνδυνο η ακεραιότητα της πληροφορίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των διεργασιών [22],[32]. Η αρχή των ελαχίστων προνομίων προσφέρει αρκετά προνόμια στα συστήματα που εφαρμόζεται, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι τα εξής:

- ❖ μεγαλύτερη σταθερότητα συστήματος- οι εφαρμογές στις οποίες έχουν τεθεί περιορισμοί δε μπορούν να εκτελέσουν λειτουργίες, οι οποίες είτε μειώνουν την αποδοτικότητα του συστήματος, είτε να επηρεάζουν άλλες εφαρμογές που τρέχουν στο ίδιο σύστημα
- ❖ καλύτερη ασφάλεια συστήματος- προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν από κακόβουλες ενέργειες (π.χ. ιοί) σε ένα τμήμα του συστήματος, δεν πρόκειται να επεκταθούν σε ολόκληρο το σύστημα
- ❖ μεγαλύτερη ευκολία στην ανάπτυξη- όσο λιγότερα προνόμια έχει μια εφαρμογή, τόσο πιο εύκολη είναι η ανάπτυξη της σε ένα ευρύτερο περιβάλλον.

Ωστόσο, η εφαρμογή της αρχής των ελαχίστων προνομίων συνήθως απαιτεί την εφαρμογή δυναμικών περιορισμών, ώστε οι εξουσιοδοτήσεις για πρόσβαση στα δεδομένα να παρέχονται στους χρήστες και να ανακαλούνται από αυτούς δυναμικά κατά την εκτέλεση των διεργασιών. Η ασφάλεια της πληροφορίας που προσπελάζεται και διανέμεται είναι ένα ζήτημα μείζονος σημασίας που έρχεται σε ίση προτεραιότητα με την ανάγκη του υγειονομικού οργανισμού να βελτιστοποιήσει, να βελτιώσει και να αυτοματοποιήσει διαδικασίες παροχής ιατρικής φροντίδας. Μέχρι σήμερα, έχουν γίνει πολλές μελέτες που πραγματεύονται το ζήτημα της ασφάλειας στον ιατρικό τομέα. Σε ένα ιατρικό περιβάλλον ροής εργασίας, η ενδυνάμωση κι εφαρμογή της αρχής αυτής απαιτεί συγχρονισμό της

παροχής κι ανάκλησης εξουσιοδοτήσεων με τη συνέχεια κι ολοκλήρωση των διεργασιών, αντίστοιχα (συγχρονισμός της ροής εργασίας με την ροή εξουσιοδοτήσεων), προκειμένου να διαβεβαιωθεί ότι δίνεται η άδεια να προσπελασθούν τα δεδομένα μόνο όμως για τη χρονική διάρκεια που εκτελούνται οι διεργασίες [22],[32],[48],[130]. Επί τοις ουσίας, η αρχή αυτή αφορά στην απόκτηση από τους χρήστες του ακριβώς ελάχιστου ρόλου (ή των ελάχιστων εξουσιοδοτήσεων για πρόσβαση στα δεδομένα που έχουν αποδοθεί σε κάθε ρόλο) που απαιτείται για την εκτέλεση των διεργασιών.

Τα περισσότερα μοντέλα ασφάλειας ροής εργασίας θεωρούν ότι οι απαραίτητες αναθέσεις ρόλων σε χρήστες γίνονται κατά τον προσδιορισμό της ροής εργασίας. Οι χρήστες ενεργοποιούν κατόπιν δικής τους κρίσης τους απαραίτητους ρόλους κατά την εκτέλεση της ροής εργασίας, ώστε να εκτελούνται οι εργασίες των ρόλων, ενώ οι εξουσιοδοτήσεις εκτέλεσης αυτών των εργασιών να συμπίπτουν με τις χρονικές στιγμές εκτέλεσης των εργασιών αυτών [22],[32],[48],[130].

Η ερευνητική εργασία που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο αφορά κατά βάση σε περιπτώσεις που έχουν να κάνουν με αιτήσεις κι εξυπηρετήσεις. Αυτού του είδους οι καταστάσεις εμφανίζονται πολύ συχνά στον τομέα παροχής ιατρικών υπηρεσιών, όπου η υπηρεσία που ζητείται μπορεί να εξυπηρετηθεί μόνο αν κάποιες εξουσιοδοτήσεις του αιτούντα παρέχονται για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα στον πάροχο υπηρεσιών.

#### **4.2.2 Χρήση της πολιτικής ασφάλειας RBAC και των ECA κανόνων στην εκτέλεση της διαδικασίας παροχής ιατρικής φροντίδας**

Βάσει των παραπάνω, παρουσιάζεται ένα δυναμικό μοντέλο εξουσιοδοτήσεων ροών εργασίας (*Dynamic Workflow Authorization Model - DWAM*), το οποίο συνδυάζει τα προτερήματα της ανάθεσης εξουσιοδοτήσεων βάσει ρόλων και τη διαχείριση τύπων αντικειμένων, όπως ακριβώς γίνεται και στο RBAC που αναλύεται λεπτομερώς στην ενότητα 2.4.5 που πραγματεύεται τα θέματα ασφάλειας των συστημάτων ροής εργασίας. Επιπροσθέτως, το δυναμικό αυτό μοντέλο παρέχει την ευελιξία ανάθεσης/αφαίρεσης επαρκώς προσδιορισμένων ρόλων που ενσωματώνουν εξουσιοδοτήσεις για μεμονωμένα αντικείμενα, για την διάρκεια της εκτέλεσης της ροής εργασίας. Έτσι, κατά τη διάρκεια ενός στιγμιότυπου ροής εργασίας, τα συμβάντα που πραγματοποιούνται πυροδοτούν την πραγματοποίηση της διαδικασίας των ECA (*Event-Condition-Action*) κανόνων, ώστε να αλλάζουν δυναμικά οι ρόλοι των χρηστών στους ελάχιστους απαραίτητους για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Θα κάνουμε εν συντομία μια περιγραφή των ECA κανόνων, καθώς και της πολιτικής ασφάλειας RBAC, αν και η τελευταία έχει αναλυθεί πρωτύτερα. Η πολιτική ECA (*Event Condition Action*) αναφέρεται στη δομή των ενεργών κανόνων στην προσανατολισμένη στα συμβάντα αρχιτεκτονική (*event driven architecture*) και στα ενεργά συστήματα βάσεων δεδομένων. Αυτοί οι κανόνες αποτελούνται παραδοσιακά από τρία τμήματα:

- ❖ το τμήμα του συμβάντος (*event*) που δίνει το έναυσμα για την ενεργοποίηση του κανόνα
- ❖ το τμήμα της συνθήκης (*condition*) που είναι μια λογική συνθήκη, η οποία εφόσον ικανοποιείται, θέτει σε εφαρμογή την εκάστοτε ενέργεια
- ❖ το τμήμα της ενέργειας (*action*) αποτελείται από αναβαθμίσεις τοπικών δεδομένων [72].

Στην RBAC οι άδειες (*permissions*) για την πραγματοποίηση διεργασιών συνδέονται με τους ρόλους (*roles*), ενώ οι χρήστες (*users*) είναι τμήματα των κατάλληλων ρόλων [84],[209]. Πιο συνοπτικά, σε αυτή την πολιτική καθορίζονται οι ρόλοι των χρηστών και τα δικαιώματα αυτών στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ροών εργασίας, καθώς και στην πρόσβαση στα αντικείμενα δεδομένων, τα οποία διαχειρίζονται οι χρήστες κατά την εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων [3],[18],[33],[132].

#### 4.2.3 Μοντελοποίηση και ανάλυση της διαδικασίας παροχής ιατρικής φροντίδας

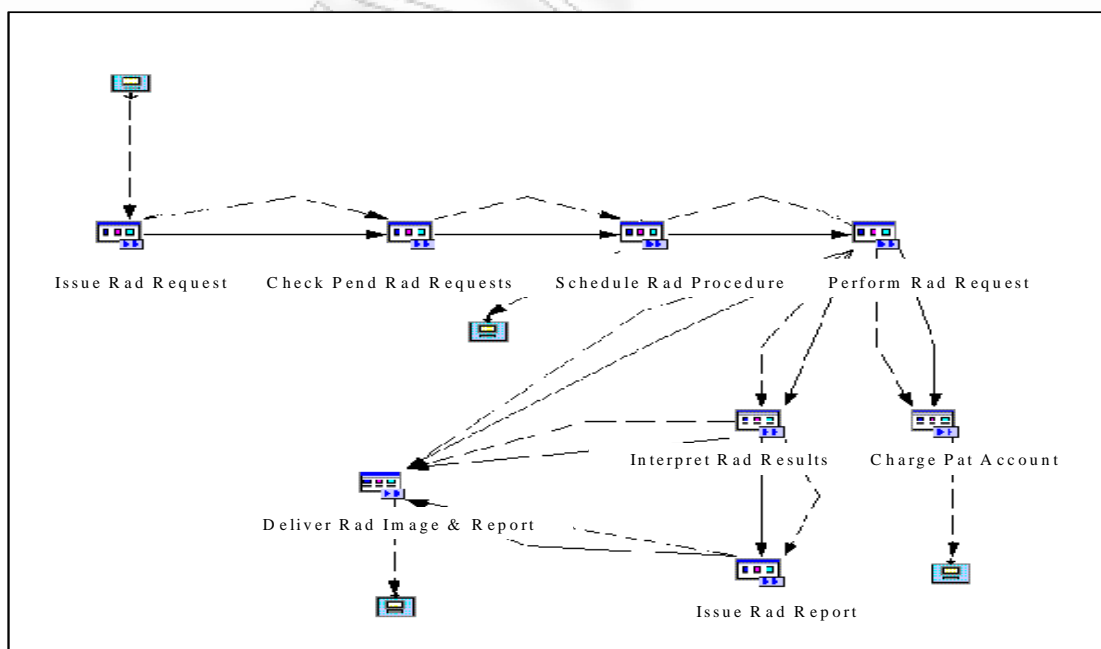
Η εικόνα 4-1 παρέχει μια λεπτομερή αναπαράσταση μιας διαδικασίας παροχής ιατρικής φροντίδας με τη χρήση του εργαλείου IBM WebSphere Workflow Buildime tool [122]. Σε αυτή τη διαδικασία συμμετέχουν δύο οργανικές μονάδες του νοσοκομείου: το κλινικό τμήμα (παραδείγματος χάριν γενική ιατρική, γενική χειρουργική) και το ακτινολογικό τμήμα [186]. Οι ρόλοι που συμμετέχουν στη διαδικασία είναι ο κλινικός ιατρός (*Clinical Doctor -CLD*) κι ο ακτινολόγος (*Radiologist -RDD*). Οι προϋποθέσεις εξουσιοδότησης ροής εργασίας που αφορούν στην εκτέλεση των εργασιών και τα δικαιώματα που σχετίζονται με την πρόσβαση στα δεδομένα κάθε ρόλου αντίστοιχα, δίνονται στον Πίνακα 4-1.

Από την οπτική γωνία της εξουσιοδότησης, η διαδικασία του σχήματος 4-1 αναδύει τις ακόλουθες τρεις σημαντικότερες προϋποθέσεις:

- ❖ Το περιεχόμενο των δεδομένων (*data content*) – κάποιιο κάτοχοι ρόλων θα επιτρέπεται να χρησιμοποιούν ένα σύνολο αδειών μόνο σε αντικείμενα που ικανοποιούν συγκεκριμένους περιορισμούς. Για παράδειγμα, ένας κλινικός ιατρός (*CLD*) μπορεί να γράφει και να διαβάζει δεδομένα από φακέλους ασθενών και να

διανέμει (εγγραφή, ανάγνωση και αποστολή) ακτινολογικές αιτήσεις μόνο για τους/τις ασθενείς του.

- ❖ Τη διάδοση των αδειών (*permission propagation*) – ορισμένοι κάτοχοι ρόλων θα λαμβάνουν και θα επιτρέπεται να εξασκούν ένα σύνολο αδειών σε συγκεκριμένα αντικείμενα όταν εκτελούν μια διεργασία, ως αποτέλεσμα της αίτησης που έγινε από άλλο κάτοχο ρόλου. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας “Issue\_Rad\_Report” που ζητήθηκε από έναν κλινικό γιατρό (CLD) για έναν ασθενή, ένας ακτινολόγος θα μπορεί να διαβάζει τον ιατρικό φάκελο του ασθενή και να διανέμει (κατόπιν εγγραφής και αποστολής) μια ακτινολογική αναφορά στον αιτούντα CLD.
- ❖ Τη μεταβολή των αδειών (*permission change*) – μερικοί κάτοχοι ρόλων θα επιτρέπεται να εξασκούν ένα σύνολο αδειών σε συγκεκριμένα αντικείμενα, προτού να εκτελέσουν μια λειτουργία σε μια εργασία και ένα άλλο σύνολο αδειών στα ίδια αντικείμενα, αφού την έχουν ολοκληρώσει. Παραδείγματος χάριν, κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας “Issue\_Rad\_Report” για έναν ασθενή, την οποία εκκίνησε με την αίτηση του ο κλινικός γιατρός (CLD), ο ακτινολόγος (RDD) θα επιτρέπεται να διαβάζει τον ιατρικό φάκελο του ασθενή και να διανέμει (κατόπιν εγγραφή και αποστολής) την ακτινολογική του αναφορά, αλλά δεν θα του/της επιτρέπεται να διαβάζει τα δεδομένα του ασθενή ή να μεταβάλλει την ακτινολογική αναφορά του μετά την αποστολή της στον CLD.



**Σχήμα 4-1:** Ένα μοντέλο διαδικασίας ακτινολογικής αίτησης με τη χρήση του εργαλείου IBM WebSphere Workflow

Οι προϋποθέσεις αυτές εισάγουν την ανάγκη ύπαρξης ενός υβριδικού μοντέλου εξουσιοδοτήσεων που να βασίζεται στους ρόλους. Το μοντέλο αυτό θα ενσωματώνει τα προτερήματα των αδειών που βασίζονται σε ρόλους. Οι ρόλοι αυτοί όπως και στο RBAC αφορούν σε τύπους αντικειμένων και ικανοποιούν την αρχή των ελάχιστων προνομίων που παρέχεται με την υποστήριξη των παρακάτω χαρακτηριστικών:

- ❖ έλεγχος πρόσβασης βάσει των εξουσιοδοτήσεων που εξαρτώνται από το περιεχόμενο, με περιορισμένη πρόσβαση σε μεμονωμένα αντικείμενα,
- ❖ λειτουργία μετάδοσης κάποιας άδειας από τον ένα ρόλο στον άλλο, σε συγκεκριμένες βέβαια συνθήκες και
- ❖ αλλαγή των ρόλων των χρηστών ανάλογα με τις λειτουργίες των διεργασιών που πρέπει να εκτελεστούν.

*Πίνακας 4-1: Απόσπασμα των προϋποθέσεων εξουσιοδότησης για τη διαδικασία του σχήματος 4-1 (εκτέλεση εργασιών και άδειες προσπέλασης δεδομένων)*

1.	Οι CLD μπορούν να διανέμουν αιτήσεις για την πραγματοποίηση ακτινολογικών διαδικασιών στους ασθενείς τους ( <b>Issue Rad Request</b> )
1.1	Οι CLD μπορούν να συντάσσουν ακτινολογικές αιτήσεις για τους τρέχοντες ασθενείς τους
1.2	Οι CLD μπορούν να διορθώνουν ακτινολογικές αιτήσεις για τους τρέχοντες ασθενείς τους, πριν τις αποστείλουν
1.3	Οι CLD μπορούν να αποστείλουν ακτινολογικές αιτήσεις για τους τρέχοντες ασθενείς τους
1.4	Οι CLD μπορούν να ακυρώσουν τις ακτινολογικές αιτήσεις για τους τρέχοντες ασθενείς τους πριν τις αποστείλουν
1.5	Οι CLD μπορούν να διαβάσουν τους ιατρικούς φακέλους όλων των ασθενών τους
2.	Οι RDD μπορούν να εκτελούν ακτινολογικές διαδικασίες ασθενών ( <b>Perform Rad Request</b> )
3.	Οι RDD μπορούν να διανέμουν ασθενοστρεφείς ακτινολογικές αναφορές ( <b>Issue Rad Report</b> )
3.1	Οι RDD μπορούν να διαβάζουν τα δεδομένα που περιέχονται στις φακέλους των ασθενών πριν αποστείλουν τις ακτινολογικές τους αναφορές
3.2	Οι RDD μπορούν να συντάσσουν ακτινολογικές αναφορές για τους τρέχοντες ασθενείς τους
3.3	Οι RDD μπορούν να διορθώνουν ακτινολογικές αναφορές των ασθενών τους πριν τις αποστείλουν
3.4	Οι RDD μπορούν να στέλνουν τις ακτινολογικές τους αιτήσεις για τους τρέχοντες ασθενείς τους
3.5	Οι RDD μπορούν να διαγράψουν τις ακτινολογικές τους αναφορές, αφού τις αποστείλουν
3.6	Οι RDD μπορούν να προσπελαύνουν και να διαβάζουν τις ακτινολογικές αναφορές όλων των ασθενών

### 4.3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

#### 4.3.1 Μοντελοποίηση ρόλων

Οι ρόλοι είναι σύνολα δυνατοτήτων και προνομίων κι αντιπροσωπεύουν οργανωτικούς παράγοντες που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες παροχής ιατρικής φροντίδας. Έχει παρατηρηθεί ότι κάθε ρόλος ομαδοποιεί τις άδειες που σχετίζονται με αυτόν, οπότε η διαδικασία ανάθεσης ενός ρόλου σε έναν χρήστη πρέπει να είναι απολύτως ταυτόσημη με τη διαδικασία ανάθεσης στο χρήστη όλων των αδειών που έχουν να κάνουν με το συγκεκριμένο ρόλο. Επιπροσθέτως, η προσκόλληση στην αρχή των ελάχιστων προνομίων απαιτεί έναν πιο σαφή προσδιορισμό των ρόλων που δίνονται στους συμμετέχοντες σε μια ροή εργασίας κι επομένως η εξουσιοδότηση θα πρέπει να προσδιορίζεται με έναν τρόπο που να εναρμονίζεται με τις ανάγκες κάθε μεμονωμένου ατόμου για εκτέλεση διεργασιών και πρόσβαση σε δεδομένα [130].

Αναφορικά με τα παραπάνω, οι ρόλοι μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: μόνιμοι (*permanent*) και προσωρινοί (*temporary*). Οι μόνιμοι ρόλοι αντιστοιχούν σε υπάρχοντες οργανωτικές δομές που προσδιορίζουν το διαχωρισμό των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν, ενώ οι εξουσιοδοτήσεις αντιστοιχούν σε λειτουργίες και καθορίζουν τις διεργασίες που πρέπει να εκτελέσει ένας χρήστης και τις κλάσεις αντικειμένων με δεδομένα που μπορεί να προσπελάσει (παραδείγματος χάριν “CLD” και “RDD”). Οι προσωρινοί ρόλοι προέρχονται από τους μόνιμους, δίνουν άδειες πρόσβασης στα δεδομένα, όταν αυτά χρειάζονται για την εκτέλεση συγκεκριμένων διεργασιών και ενεργοποιούνται μόνο μέχρι να εκτελεστούν αυτές οι διεργασίες (παραδείγματος χάριν «θεράπων κλινικός ιατρός - attending CLD», «θεράπων ακτινολόγος - attending RDD»). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η σχέση μεταξύ μόνιμων και προσωρινών ρόλων είναι ένα προς πολλά. Επιπροσθέτως, ένας χρήστης μπορεί να αναλάβει προσωρινούς ρόλους, με την προϋπόθεση ότι ένας άλλος ή και ο ίδιος ο χρήστης εκτέλεσαν επιτυχώς μια συγκεκριμένη διεργασία. Επομένως, οι προσωρινοί ρόλοι είναι μεταβατικοί, καθώς μπορούν να δοθούν ή να ακυρωθούν σε/από μόνιμους κατόχους ρόλων, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διεργασιών. Για παράδειγμα, ένας ακτινολόγος (RDD) μπορεί να αναλάβει μόνο τον προσωρινό ρόλο του θεράποντα ακτινολόγου, όταν ο κλινικός γιατρός (CLD) αιτείται την εκτέλεση μιας ακτινολογικής διαδικασίας για έναν ασθενή του και την αναθέτει σε έναν συγκεκριμένο ακτινολόγο ή ο τελευταίος επιλέγει από μόνος του να φέρει εις πέρας αυτή την αίτηση.



### 4.3.2 Συμβάντα

Ένα συμβάν (*event*) είναι αυτό που συμβαίνει κατά την εκτέλεση ενός στιγμιότυπου (*instance*) μιας διεργασίας και συντελεί στην ανάθεση ενός στιγμιότυπου προσωρινού ρόλου σε έναν άλλο χρήστη ή στην ακύρωση του ρόλου αυτού, στην περίπτωση που το συγκεκριμένο στιγμιότυπο της διεργασίας έχει εκτελεσθεί επιτυχώς κάποια άλλη δεδομένη χρονική στιγμή. Επομένως, σε ένα περιβάλλον παροχής ιατρικής φροντίδας μπορεί να παρουσιαστούν δύο είδη συμβάντων, τα συμβάντα ανάθεσης προσωρινού ρόλου και τα συμβάντα ακύρωσης προσωρινού ρόλου:

- ❖ Συμβάντα ανάθεσης προσωρινού ρόλου (*Temporary\_Role\_Granting\_Events*): ένα συμβάν ανάθεσης προσωρινού ρόλου προσδιορίζεται ως  $(e_g, T, r, r_1)$  και σημαίνει ότι το συμβάν μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της διεργασίας  $T$  και θα έχει το αποτέλεσμα που προκύπτει από την ανάθεση ενός στιγμιότυπου του προσωρινού ρόλου  $r_1$  στο χρήστη, ο οποίος θα κατέχει το μόνιμο ρόλο  $r$ . Για παράδειγμα, όταν ένας κλινικός ιατρός (CLD) εκδίδει μια αίτηση για ακτινολογική αναφορά εξέτασης ενός συγκεκριμένου ασθενή, όλοι οι διαθέσιμοι ακτινολόγοι (RDD) γίνονται υποψήφιοι για να απαντήσουν στην αίτηση. Όταν ένας ακτινολόγος από τη λίστα επιλέγει να εκτελέσει την εκκρεμούσα αίτηση, του/της δίνεται ένα στιγμιότυπο του προσωρινού ρόλου «θεράπων ακτινολόγος», κάτω από τον οποίο του επιτρέπεται να διαβάζει τα δεδομένα του ασθενή και να εκδίδει (διαβάζει, συντάσσει και αποστέλλει) μια αναφορά για τον τρέχοντα ασθενή.
- ❖ Συμβάντα κατάργησης προσωρινού ρόλου (*Temporary\_Role\_Revocation\_Events*): ένα συμβάν κατάργησης προσωρινού ρόλου προσδιορίζεται ως  $(e_r, T, r, r_1)$  που σημαίνει ότι το συμβάν μπορεί να συμβεί κατά την εκτέλεση της διεργασίας  $T$  και θα έχει ως αποτέλεσμα την κατάργηση ενός στιγμιότυπου του προσωρινού ρόλου  $r_1$  από έναν χρήστη που κατέχει το μόνιμο ρόλο  $r$ . Παραδείγματος χάριν, όταν ένας ακτινολόγος (RDD) αποστέλλει μίαν ακτινολογική αναφορά για έναν ασθενή σε απάντηση μιας αίτησης από τον κλινικό ιατρό (CLD), το αντίστοιχο στιγμιότυπο του προσωρινού ρόλου «θεράπων ακτινολόγος» καταργείται και ο χρήστης μένει με το μόνιμο ρόλο του που είναι αυτός του ακτινολόγου (RDD). Κατέχοντας το μόνιμο αυτό ρόλο, ο χρήστης έχει το δικαίωμα να αναγνώσει ακτινολογικές αναφορές για προηγούμενους ασθενείς του, αλλά δεν έχει το δικαίωμα να αναγνώσει τα δεδομένα από τον ιατρικό φάκελο ενός ασθενή και να εκδώσει, δηλαδή να διαβάσει, να συγγράψει και να αποστείλει μίαν ακτινολογική αναφορά για τον ασθενή.

### 4.3.3 Κανόνες ECA

Κατά τη διάρκεια του προσδιορισμού της ροής εργασίας, τα συμβάντα της εφαρμογής ροής εργασίας προσδιορίζονται βάσει του ονόματος της ροής εργασίας και της διεργασίας, στην οποία έχουν ενσωματωθεί. Κατά την εκτέλεση της ροής εργασίας, η εμφάνιση των συμβάντων δίνει αυτόματα το έναυσμα για την εφαρμογή κι ενεργοποίηση σχετικών κανόνων, δεδομένου ότι το σχετικό στιγμιότυπο διεργασίας θα έχει επιτυχώς εκτελεσθεί. Οι κανόνες αυτοί δίνονται με τη μορφή συμβάντος-συνθήκης-ενέργειας (event-condition-action - ECA) που έχει αναλυθεί παραπάνω [97]. Ακόλουθα, κατά την πραγματοποίηση ενός συμβάντος ανάθεσης προσωρινού ρόλου, η σχετική συνθήκη αξιολογείται και εάν αυτή ικανοποιείται, δίνεται το έναυσμα για ανάθεση/κατάργηση ενός στιγμιότυπου προσωρινού ρόλου σε/από ένα κάτοχο του αντίστοιχου μόνιμου ρόλου. Βάσει των παραπάνω, οι κανόνες ECA έχουν την εξής μορφή:

**Rule (rule\_name)**

**ON event\_name**

**IF condition\_expression**

**THEN action\_set**

**EndRule**

Οι κανόνες ανάθεσης και κατάργησης ρόλων αποθηκεύονται και δρομολογούνται από ένα σύστημα λογισμικού που εκτελεί κανόνες κατά την εκτέλεση διεργασιών σε ένα περιβάλλον, τη μηχανή κανόνων (*rule engine*). Όταν πραγματοποιείται ένα συμβάν τα δεδομένα προσδιορισμού του συμβάντος περνάνε στο προαναφερθέν σύστημα λογισμικού, το οποίο με τη σειρά του αποφασίζει τη στιγμή που το συμβάν θα ενεργοποιήσει τον κανόνα. Ο κανόνας αυτός παραμένει ανενεργός, έως ότου το στιγμιότυπο (στο οποίο συμβαίνει το συμβάν) εκτελεσθεί επιτυχώς, οπότε και αξιολογείται η συνθήκη του κανόνα κι εάν όντως ικανοποιείται, ενεργοποιείται η αντίστοιχη ενέργεια. Επομένως, οι κανόνες ECA εκτελούνται με έναν έγκυρο τρόπο για την ανάθεση/κατάργηση προσωρινών ρόλων σε/από σχετικούς κατόχους μόνιμων ρόλων και το σύστημα λογισμικού των κανόνων (*rule engine*) συγχρονίζει την πρόοδο της διαδικασίας με τη ροή της εξουσιοδότησης.

## 4.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ

Σε αυτή την ενότητα, θα γίνει μια λεπτομερής περιγραφή των συστατικών που χρησιμοποιούνται στο προτεινόμενο δυναμικό μοντέλο εξουσιοδότησης και θα παρουσιαστούν οι σχετικοί κανόνες εξουσιοδότησης. Σε αυτό το σημείο, να αναφέρουμε ότι

θα ασχοληθούμε μόνο με τις εξουσιοδοτήσεις προσωρινών ρόλων. Επομένως, το δυναμικό μοντέλο εξουσιοδότησης (*Dynamic Workflow Authorization Model – DWAM*) προσδιορίζεται με τον ακόλουθο ορισμό.

**Ορισμός:** Θεωρούμε ότι  $U$ ,  $R_P$ ,  $R_T$ ,  $W$ ,  $OBJ$ ,  $PRIV$ ,  $CONS$  και  $E$  αντιπροσωπεύουν τις ομάδες των χρηστών, τους μόνιμους ρόλους, τους προσωρινούς, τις διεργασίες, τα αντικείμενα, τα προνόμια, τους περιορισμούς και τα συμβάντα αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση, το DWAM αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά και τις παρακάτω σχέσεις μεταξύ αυτών των συστατικών:

- ❖  $PTR \subseteq R_P \times R_T$  είναι μια ένα προς πολλά σχέση μόνιμου προς προσωρινού ρόλου
- ❖  $UR \subseteq U \times R_P$  είναι μια πολλά προς πολλά σχέση χρήστη προς ανάθεση μόνιμου ρόλου
- ❖  $R_P W \subseteq R_P \times W$  είναι μια πολλά προς πολλά σχέση ρόλου προς ανάθεση διεργασίας
- ❖  $OBPR \subseteq OBJ \times PRIV$  είναι μια πολλά προς πολλά σχέση αντικειμένου προς απόκτηση προνομίων
- ❖  $PERM \subseteq R_T \times OBPR \times CONS$  είναι μια σχέση άδειας από τον προσωρινό ρόλο στο αντικείμενο και στο προνόμιο πρόσβασης (παραδείγματος χάριν εγγραφή, ανάγνωση, σύνταξη) με ένα σαφή περιορισμό
- ❖  $WE \subseteq W \times E$  είναι μια ένα προς πολλά σχέση διεργασίας προς συμπεριλαμβανόμενου συμβάντος
- ❖  $EUR \subseteq WE \times R_P \times R_T$  είναι μια σχέση ανάθεσης/κατάργησης προσωρινού ρόλου από αντικείμενο και διεργασία προς μόνιμους και προσωρινούς ρόλους.

Βάσει των παραπάνω, οι εξουσιοδοτήσεις πρόσβασης στα δεδομένα για προσωρινούς ρόλους προσδιορίζεται με την εξάδα  $(r_T, T, op, (c, p), [t_b, t_e], [e_g, e_r])$ , ορίζοντας ότι ο χρήστης που κατέχει το ρόλο  $r_T$  έχει το δικαίωμα να εκτελέσει τη λειτουργία  $op$  (*operation*) στα αντικείμενα της κλάσης  $c$  (*class*) που ικανοποιούν το καθορισμένο περιορισμό  $p$  (*predicate constraint*), κατά την εκτέλεση της διεργασίας  $T$  (*task*) εντός του χρονικού διαστήματος  $[t_b, t_e]$  και αυτή η εξουσιοδότηση υφίσταται μεταξύ της πραγματοποίησης του συμβάντος ανάθεσης προσωρινού ρόλου  $e_g$  και του συμβάντος κατάργησης του ίδιου ρόλου  $e_r$ .

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα ροής εργασίας μπορούν να προσφέρουν πολλά προτερήματα στην ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Ωστόσο, για να αξιοποιήσουν στο μέγιστο την αξία τους σε ότι αφορά την αυτοματοποίηση διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας, οι μηχανισμοί εξουσιοδότησης κι ελέγχου

πρόσβασης θα πρέπει να μπορούν να ρυθμίζουν αποτελεσματικά και με σαφείς στόχους την πρόσβαση του εκάστοτε χρήστη στην πληροφορία. Παράλληλα, θα πρέπει να παρέχουν την απαραίτητη εμπιστευτικότητα, μέσω πολιτικών ασφάλειας που είναι έμπιστες και ενδυναμωμένες, τόσο εντός συνόρων των οργανισμών, όσο και μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, εάν η προσαρμογή στην αρχή των ελαχίστων προνομίων θεωρηθεί ως απαραίτητο και αναπόσπαστο συστατικό κάθε συστήματος, ο μηχανισμός εξουσιοδότησης θα πρέπει να παρέχει πολύ στενά προσδιορισμένες κι επίκαιρες άδειες, έτσι ώστε οι κατάλληλοι χρήστες να παίρνουν δικαίωμα πρόσβασης σε συγκεκριμένα αντικείμενα, μόνο όταν παρέχουν τις υπηρεσίες τους. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο και απαιτητό οι άδειες να μην παρέχονται πρώιμα και να μην καταργούνται καθυστερημένα, δηλαδή η χρήση να ταυτίζεται με την πραγματική ανάγκη. Κατόπιν τούτων, η έρευνα σε αυτό το κεφάλαιο έγκειται στην ανάπτυξη ενός δυναμικού μοντέλου εξουσιοδότησης, στο οποίο οι εξουσιοδοτήσεις να παρέχονται και να καταργούνται κατά την εκτέλεση της ροής εργασίας κι ανάλογα από την πραγματοποίηση συγκεκριμένων συμβάντων.

#### **4.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΝΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ ΑΣΘΕΝΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ**

Η παραπάνω προσέγγιση επεκτάθηκε για να περιλαμβάνει εικονικούς φακέλους ασθενών και να αναλύει το ζήτημα της ασφάλειας τους σε περιβάλλον πλέγματος (*grid environment*). Παρατίθεται λοιπόν ένα δυναμικό μοντέλο εξουσιοδότησης, το βασικό κίνητρο του οποίου είναι η επέκταση της τρέχουσας εξουσιοδότησης πλέγματος και των μηχανισμών ελέγχου πρόσβασης, ώστε να παρέχεται ασφαλής πρόσβαση σε δεδομένα ασθενών που μοιράζονται σε διαφορετικούς υγειονομικούς οργανισμούς.

Το προαναφερθέν μοντέλο επιτρέπει στους χρήστες να αλλάζουν δυναμικά ρόλους, κατά τη διάρκεια της ροής εργασίας (ανάλογα με την πραγματοποίηση συγκεκριμένων συμβάντων), ώστε να αποφεύγεται η απόκτηση μη αναγκαίων προνομίων. Οι εικονικοί φάκελοι ασθενών (*Virtual Patient Records - VPR*) εμπλέκονται από την άποψη ότι συντελούν στην ολοκληρωμένη πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών που είναι πιθανό να έχουν κατανεμηθεί σε διάφορους ιατρικούς οργανισμούς. Στον τομέα της υγείας, η τεχνολογία πλέγματος αναδείχθηκε ως μια υποδομή κατάλληλη για το διαμοιρασμό και τη συντονισμένη χρήση ποικίλων και διασκορπισμένων πηγών που περιλαμβάνουν πηγές δεδομένων, δημιουργώντας εικονικούς οργανισμούς υγείας που αποτελούνται από γεωγραφικά κατανεμημένους και οργανωσιακά απομακρυσμένους παρόχους ιατρικής φροντίδας [187]. Δημιουργείται, κατ' αυτό τον τρόπο, η κατάλληλη τεχνολογική υποδομή για την υλοποίηση ενός –βασισμένου σε

ροή εργασίας- εικονικού φακέλου ασθενών. Ωστόσο, η ετερογενής και πολύ-οργανωσιακή φύση του περιβάλλοντος υγείας φέρνει στο προσκήνιο διάφορα ζητήματα, όπως είναι το θέμα της ασφάλειας, αφού οι πηγές εκτείνονται σε πολλά πεδία, διαχειριστικά και ασφάλειας.

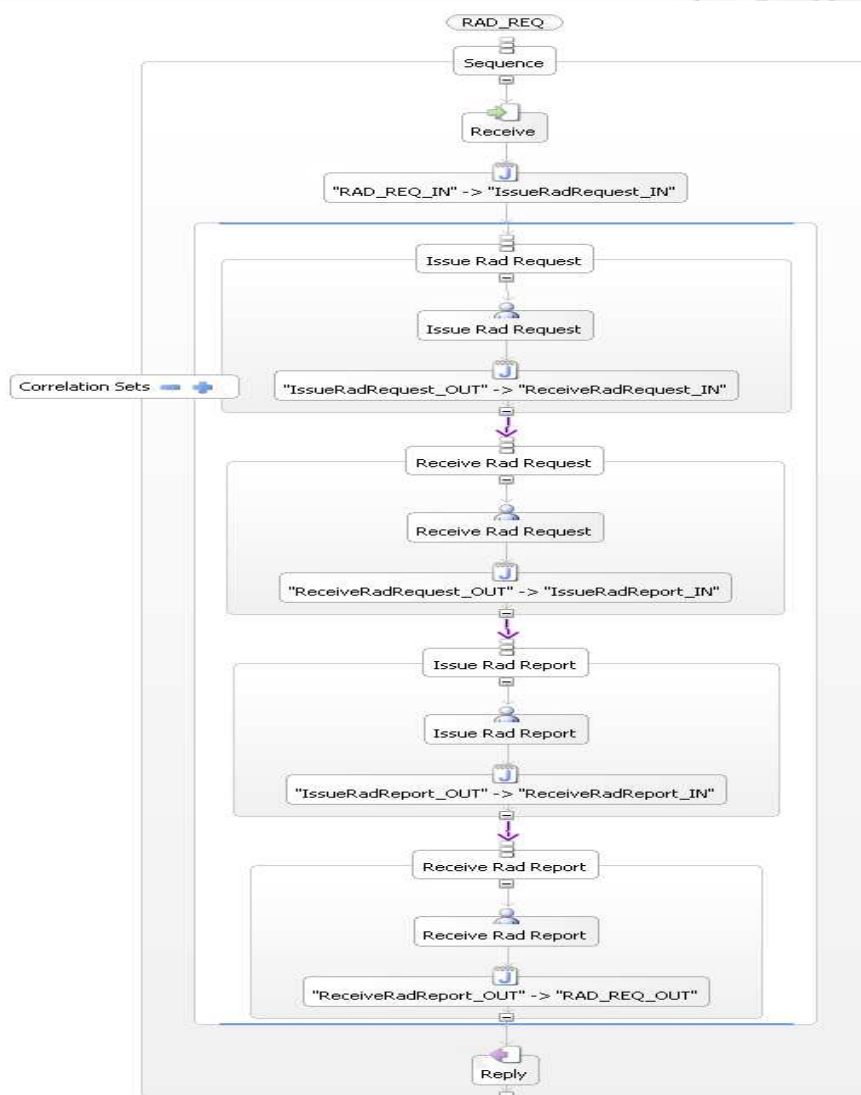
Επιπροσθέτως, ο προσανατολισμός προς τις υπηρεσίες πλέγματος κάνει την τεχνολογία πλέγματος μια πολλά υποσχόμενη πλατφόρμα για δυναμική ανάπτυξη και ολοκλήρωση υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, με τη χρήση τεχνολογιών ροής εργασίας και βάσεων δεδομένων υπηρεσιών πλέγματος που παρέχονται από ενδιάμεσα (*middleware*) προϊόντα. Τέτοιο προϊόν είναι ένα λογισμικό, γνωστό ως Open Grid Services Architecture - Data Access and Integration (*OGSA – DAI*). Η αρχιτεκτονική *OGSA-DAI* υλοποιεί εικονικά τα διάφορα δεδομένα, παραδείγματος χάριν συμβάλλει στην πρόσβαση και ολοκλήρωση των δεδομένων που προέρχονται από ξεχωριστές πηγές, μέσω της τεχνολογίας πλέγματος κι επομένως παρέχει την κατάλληλη βάση για τη δημιουργία συστήματος ηλεκτρονικού φακέλου ασθενή. Η σημασία αυτού του συστήματος εντοπίζεται στο γεγονός ότι παρέχει ολοκληρωμένη, συντονισμένη και εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ηλεκτρονικά δεδομένα ασθενή, ανεξαρτήτως της τοποθεσίας στην οποία βρίσκονται στο διαδίκτυο και του τύπου της πηγής δεδομένων που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση τους.

Η ετερογένεια και η -πολλαπλών πεδίων- φύση των πλεγμάτων υγείας (*health grids*) φέρνουν στην επιφάνεια διάφορες ανησυχίες που σχετίζονται με την ασφάλεια της ιατρικής πληροφορίας που μεταφέρεται κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας ιατρικής φροντίδας. Η ανάγκη για δυναμική εξουσιοδότηση οδηγεί στην αρχή των ελαχίστων προνομίων (*least privilege principle*), στην οποία αποδίδεται μια σημαντική προϋπόθεση ασφάλειας σε ότι αφορά τα ιατρικά δεδομένα πλέγματος, όπου κάθε διαδικασία ιατρικής φροντίδας προσδιορίζεται ως μια ροή εργασίας υπηρεσιών πλέγματος [18],[22],[32]. Σε ένα περιβάλλον ροής εργασίας πλέγματος, η αρχή αυτή δίνει στον κάθε χρήστη που συμμετέχει τον ρόλο που χρειάζεται εκείνη τη στιγμή για την εκτέλεση της διεργασίας και δικαιώματα πρόσβασης στα δεδομένα που ανήκουν μόνο σε αυτό τον ρόλο. Όταν μια διεργασία επιλέγεται για εκτέλεση καλείται η υπηρεσία πλέγματος που υπόκειται σε αυτή και αναθέτονται τα δικαιώματα του χρήστη που θα συμμετάσχει, ώστε όταν είναι αναγκαίο, η συγκεκριμένη υπηρεσία πλέγματος να μπορεί μέσω του χρήστη αυτού να επικοινωνήσει με άλλες πηγές πλέγματος (υπηρεσίες ή δεδομένα) [138]. Το συμπέρασμα είναι ότι η προσαρμογή στην αρχή των ελαχίστων προνομίων είναι ένα ζωτικής σημασίας ζήτημα, ιδίως σε ένα καταναμημένο περιβάλλον, όπως το περιβάλλον πλέγματος, αφού απομονώνει τα προβλήματα που αφορούν στην ασφάλεια στα ζητήματα εξουσιοδότησης κι ανάθεσης καθηκόντων.

Το OGSA-DAI λογισμικό υποστηρίζει μηχανισμούς ελέγχου πρόσβασης βάσει ρόλου (*Role-Based Access Control - RBAC*) με τη χρήση της υπηρεσίας CAS (*Community Authorization Service*) που παρέχεται από το Globus Toolkit [187]. Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση να προκληθούν σημαντικά διαχειριστικά και λειτουργικά θέματα, αφού οι υπηρεσίες ιατρικής φροντίδας απαιτούν συχνή αλλαγή του ρόλου των συμμετεχόντων ατόμων, ανάλογα με τη διεργασία που πρέπει να εκτελεσθεί τη δεδομένη χρονική στιγμή. Έτσι, ο διαχειριστής της CAS πρέπει να τροποποιήσει κατάλληλα την CAS βάση δεδομένων, μόνο όμως όταν αυτό είναι απόλυτα αναγκαίο [56]. Θεωρείται, λοιπόν ότι όλες οι αναγκαίες αναθέσεις ρόλου σε χρήστη θα δημιουργούνται κατά τον προσδιορισμό της ροής εργασίας. Συνακόλουθα, οι χρήστες συνήθως ενεργοποιούν τον απαραίτητο ρόλο κατά την κρίση τους στη διάρκεια της εκτέλεσης, ώστε να εκτελέσουν στιγμιότυπα διεργασιών και να συγχρονίσουν τη διάρκεια των εξουσιοδοτήσεων με το χρονικό διάστημα που έχει οριστεί για την εκτέλεση στιγμιότυπων διεργασιών [22],[32],[48],[130],[138].

Το σχήμα 4-2 που παρατίθεται παρακάτω είναι μια λεπτομερής προσέγγιση μιας διαδικασίας ιατρικής φροντίδας, η οποία αναπαραστάθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου IBM WebSphere Business Integration Modeler. Στη συγκεκριμένη διαδικασία συμμετέχουν δύο μονάδες διαφορετικών νοσοκομείων, η μία είναι το κλινικό τμήμα (γενική ιατρική, γενική χειρουργική) και η άλλη είναι το ακτινολογικό, ενώ οι δύο ρόλοι που λαμβάνουν μέρος στην εκτέλεση της διαδικασίας είναι ο κλινικός ιατρός (CLD) και ο ακτινολόγος (RDD) [186].

Συμπέρασμα των άνω είναι ότι τα συστήματα πλέγματος ροής εργασίας προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Ωστόσο, προκειμένου αυτά τα συστήματα να είναι κατά το μέγιστο αποτελεσματικά στην αυτοματοποίηση διαδικασιών υγείας, πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί εξουσιοδότησης και ελέγχου πρόσβασης που θα συντονίζουν την πρόσβαση των χρηστών στα ιατρικά δεδομένα, ενώ παράλληλα θα διασφαλίζουν ότι θα έχουν τεθεί μηχανισμοί ασφάλειας, βεβαίως μέσα στα όρια των οργανισμών.



Σχήμα 4-2: Λεπτομερές ανάλυση της διαδικασίας μιας ακτινολογικής αίτησης από το εργαλείο IBM WebSphere Business Integration Modeler

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 5

---

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και του διαδικτύου φέρνει την επανάσταση στον τομέα της υγείας και ιδιαίτερα της ιατρικής φροντίδας (*healthcare*), σε ότι αφορά την υλοποίηση ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων. Η τάση που άρχισε να επικρατεί είναι η χρήση εφαρμογών που λειτουργούν σε περιβάλλον διαδικτύου και χρησιμοποιούνται ως υπηρεσίες ιστού, προκειμένου να στηρίξουν τη διαλειτουργικότητα ετερογενών συστημάτων και να παράσχουν υπηρεσίες ιατρικής φροντίδας. Οι υπηρεσίες ιστού διασφαλίζουν τις ανάγκες κι απαιτήσεις των ασθενών και η χρήση τους οδήγησε στην εμφάνιση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής. Σε αυτή τη βάση, το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στην υλοποίηση συστημάτων ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων, με χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής (*Service-Oriented Architecture - SOA*) και της γλώσσας BPEL4WS (*Business*



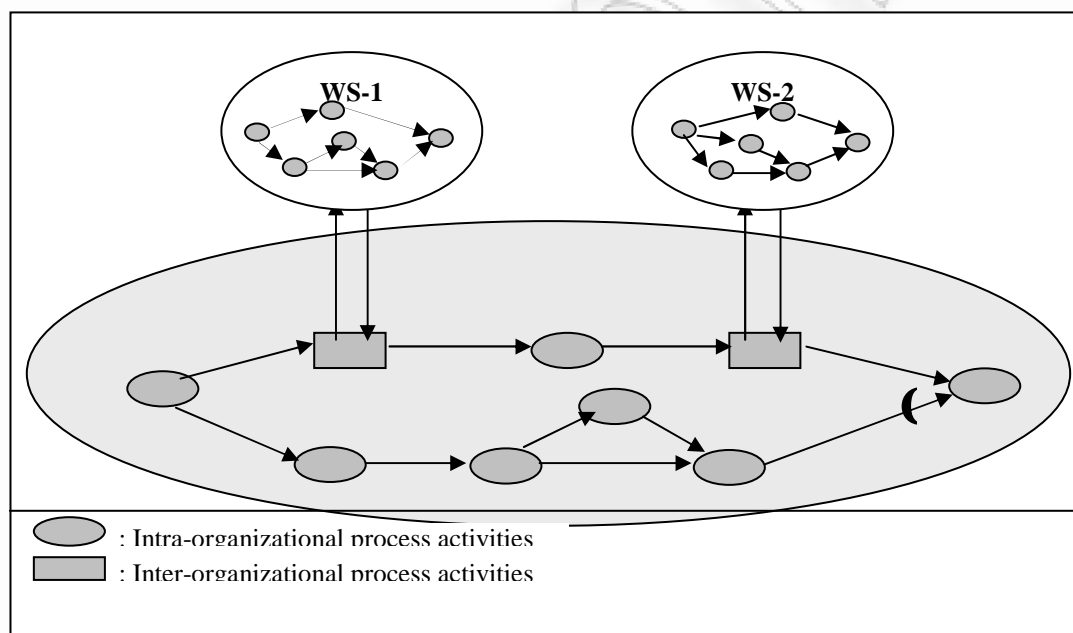
*Process Execution Language for Web Services*). Αρχικά αναλύονται τα οφέλη της χρήσης των SOA και BPEL4WS και στη συνέχεια παρατίθεται μια διαδικασιοστρεφής (*process-oriented*), υπηρεσιοστρεφής (*service-oriented*) και βασισμένη στον ιστό προσέγγιση (*web-oriented*) για την ολοκλήρωση ασφαλών πληροφοριακών συστημάτων υγείας.

Στο χώρο της ιατρικής φροντίδας πραγματοποιείται προσπάθεια μείωσης του κόστους και παράλληλα βελτίωσης της ποιότητας, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί υγείας να προσπαθούν να αλλάξουν τις οργανωσιακές τους δομές και τις λειτουργικές τους διαδικασίες, επικεντρώνοντας την προσοχή τους στην εξυπηρέτηση των άγιων αναγκών των ασθενών και στην αποτελεσματική διαχείριση των υπηρεσιών που αναπτύσσονται [211]. Οι οργανισμοί οφείλουν να συνεργάζονται μεταξύ τους για την παροχή της ιατρικής φροντίδας, αφού περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα γεωγραφικά κατανεμημένων και οργανωσιακά απομακρυσμένων παρόχων ιατρικής φροντίδας.

Η δημιουργία εικονικών (*virtual*) οργανισμών που να βασίζονται σε διεπιχειρησιακές διαδικασίες παροχής ιατρικής φροντίδας (*cross-organizational healthcare processes*) εξυπηρετεί την ανάγκη για συνεργασία μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας [165],[204]. Μιλώντας για διεπιχειρησιακές διαδικασίες, να αναφέρουμε ότι η τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού έχει προταθεί για την υλοποίηση χαλαρά συνδεδεμένων αρχιτεκτονικών ολοκλήρωσης διεπιχειρησιακών διαδικασιών. Οι υπηρεσίες ιστού αποτελούν μια δυναμική και κατανεμημένη τεχνολογία, σχεδιασμένη για την παροχή μιας διαλειτουργικής πλατφόρμας για την ολοκλήρωση ετερογενών συστημάτων δια μέσου του διαδικτύου (*internet*) ή ενός εσωτερικού δικτύου (*intranet*). Βασίζονται στην εγγραφιστική (*document-oriented*) προσέγγιση, αφού για την εκτέλεση τους ανταλλάσσουν εγγραφιστική μηνύματα με τον καλούντα υπηρεσίας (*service requestor*) δια μέσου του διαδικτύου ή του εσωτερικού δικτύου [53],[60],[61],[106],[136],[157],[188],[189],[190],[192]. Μια σχηματική αναπαράσταση της ολοκλήρωσης μιας διεπιχειρησιακής διαδικασίας με τη χρήση υπηρεσιών ιστού εμφανίζεται στο Σχήμα 5-1.

Στα πλαίσια των πληροφοριακών συστημάτων, η προαναφερθείσα ανάγκη συνεπάγεται τη μετάβαση από την παραδοσιακή διεξαγωγή διαδικασιών στη φάση της επικοινωνίας και της συνεργασίας [120]. Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική, ως προσέγγιση χαλαρά συνδεδεμένης, ανεξαρτήτως πρωτοκόλλων, βασισμένης στα πρότυπα κατανεμημένης πληροφορικής θεωρεί υπηρεσίες τις –διαθέσιμες στο διαδίκτυο– πηγές λογισμικού που χρησιμοποιεί. Η ευρεία και γρήγορη απήχηση του διαδικτύου έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη για διαδικτυακά πληροφοριακά συστήματα υγείας που επικοινωνούν και ανταλλάσσουν δεδομένα, χωρίς να υφίστανται όμως κανένα γεωγραφικό περιορισμό. Σε αυτό

το σημείο να σημειώσουμε, ότι δεδομένου ότι οι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας λειτουργούν σε ένα περιβάλλον, στο οποίο μεταβάλλονται διαρκώς οι απαιτήσεις, τα πληροφοριακά συστήματα υγείας των οργανισμών οφείλουν να προσαρμόζονται σε νέες απαιτήσεις, καθώς και σε πρωτοεμφανιζόμενες τεχνολογίες που θα ήταν χρήσιμο να εφαρμοσθούν. Επομένως, είναι επιτακτική η ανάγκη συστημάτων με τη μέγιστη ευελιξία [175]. Όταν η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική συνδέεται με μία γλώσσα που βασίζεται σε πρότυπα και παράλληλα μοντελοποιεί κι εκτελεί διαδικασίες, όπως είναι η BPEL4WS, η SOA παρέχει την κατάλληλη τεχνολογική υποδομή που υποστηρίζει το συντονισμό (*coordination*) και τη συλλειτουργία (*cooperation*) υπηρεσιών φροντίδας υγείας, διαμέσου οργανισμών και μεταξύ παρόχων φροντίδας υγείας [88]. Επομένως, ο συνδυασμός BPEL4WS και SOA χρησιμοποιείται προκειμένου η BPEL4WS να αλλάξει τον τρόπο, με τον οποίο τα συστατικά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε μια SOA.



Σχήμα 5-1: Σχηματική αναπαράσταση της ολοκλήρωσης μιας διεπιχειρησιακής διαδικασίας με τη χρήση υπηρεσιών ιστού

Οι θεωρήσεις των υπηρεσιών διευκολύνουν τους χρήστες των πληροφοριακών συστημάτων υγείας στο χειρισμό πολύπλοκων εννοιών λογισμικού με τη βοήθεια γνώριμων όρων [59]. Επιπροσθέτως, ο προσδιορισμός των υπηρεσιών δίνει στους κατασκευαστές τους (*developers*) τη δυνατότητα αποτελεσματικής επαναχρησιμοποίησης τους. Εν τέλει, βασική αρχή της υπηρεσιοστρεφούς τεχνολογίας είναι η ζήτηση μιας δομής, όπου χρήσιμα συστατικά ολοκλήρωσης ταυτοποιούνται κι επεξεργάζονται λεπτομερώς. Όλες αυτές οι διαφορετικές όψεις του προσανατολισμού των υπηρεσιών (*service orientation*) παρουσιάζουν τα επίπεδα αρχιτεκτονικής που χρειάζονται για να αναπτυχθούν αποτελεσματικά τα συστήματα.

Εν περιλήψει, η ερευνητική εργασία που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο πραγματεύεται την ανάπτυξη υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας και αναπτύσσει μια υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική που ολοκληρώνει απομακρυσμένες εφαρμογές ετερογενών συστημάτων και παρέχει την απαραίτητη ευελιξία. Η συνεργασία είναι απαραίτητη προϋπόθεση και για αυτό η προσέγγιση που περιγράφεται περιλαμβάνει και την BPEL4WS. Επίσης, η εργασία αυτή αναλύει τον τρόπο με τον οποίο η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική σε συνεργασία με την BPEL4WS οργανώνουν τη διαδικασία ανάπτυξης των πληροφοριακών συστημάτων υγείας, παρέχοντας συστήματα που καλύπτουν τις πληροφοριακές ανάγκες που υπάρχουν. Εν τέλει, να αναφέρουμε ότι αναλύονται και θέματα ασφάλειας, ώστε τα ανεπτυγμένα συστήματα να ανταλλάσσουν την ιατρική πληροφορία με ασφαλή τρόπο.

## **5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Η προσπάθεια εξυπηρέτησης των αναγκών των ασθενών οδήγησε σε τεχνολογικές καινοτομίες, μία από τις οποίες αφορά στη συνύπαρξη της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής και της BPEL4WS για την υλοποίηση πληροφοριακών συστημάτων υγείας που περιλαμβάνουν ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους. Πλέον, η παροχή της ιατρικής φροντίδας δεν εστιάζει στον οργανισμό, αλλά στον άμεσο αποδοχέα που δεν είναι άλλος από τον ασθενή κι έτσι βελτιώνεται η ποιότητα της παροχής ιατρικής φροντίδας, μειώνεται το κόστος υπηρεσίας υγείας και παρέχεται ολοκληρωμένη (*integrated*) και διαμοιρασμένη ιατρική φροντίδα (*shared care*), καθώς και συνέχεια της ιατρικής φροντίδας (*continuity of care*). Οι προαναφερόμενοι στόχοι προκειμένου να επιτευχθούν απαιτείται ένα περιβάλλον, στο οποίο η εξυπηρέτηση των αναγκών των ασθενών θα είναι πρωταρχικής σημασίας ζήτημα. Βέβαια, σε αυτό το περιβάλλον το ιατρικό τμήμα (παραδείγματος χάριν οι ασθενείς), το λειτουργικό τμήμα (παραδείγματος χάριν οι διαχειριστές των ιατρικών οργανισμών), καθώς και το τεχνολογικό τμήμα (παραδείγματος χάριν οι προηγμένες τεχνολογίες) θα πρέπει να συνεργάζονται και να συλλειτουργούν. Επομένως, η SOA ως σχεδιαστικός τρόπος και η BPEL4WS, ως γλώσσα για τη διαχείριση των επιχειρησιακών διαδικασιών συνδυάζονται και δημιουργούν την κατάλληλη υποδομή για τη συνεργασία ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων υγείας και κατά συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας παροχής ιατρικής φροντίδας.

Πριν προχωρήσουμε στην αρχιτεκτονική του συστήματος και στην υλοποίησή του, ας κάνουμε μια περίληψη της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής. Η υπηρεσιοστρεφής

αρχιτεκτονική (SOA) χρησιμοποιείται ως μέσο για την ανταλλαγή ιατρικής πληροφορίας μεταξύ ποικίλων συστημάτων υγείας σε περιβάλλον ιστού [38],[89],[165],[182],[212]. Τα χαλαρά συνδεδεμένα συστήματα (*loosely-coupled systems*) που χρησιμοποιούνται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική συντελούν στη σχεδίαση διεπιφανειών (*interfaces*) με όσο το δυνατό λιγότερες εξαρτήσεις μεταξύ τους, οι οποίες μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης απρόβλεπτων και ανεπιθύμητων αλλαγών στα υπόλοιπα συστατικά, όταν πραγματοποιηθούν αλλαγές σε ένα συγκεκριμένο [59],[104]. Ακολούθως, συντελούν στην αύξηση της ευελιξίας, ώστε να επιτρέπεται η προσθήκη ή αντικατάσταση συστατικών, καθώς και αλλαγές στις λειτουργίες τους. Η ευελιξία είναι ένα ζήτημα που απαιτεί μεγάλη προσοχή, ιδίως στην περίπτωση που η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική μας περιλαμβάνει υπηρεσίες ιστού (*web services*) [38],[182],[230], αφού οι τελευταίες στα πλαίσια ενός δυναμικού περιβάλλοντος, όπως το διαδίκτυο μπορεί να αλλάξουν τη σειρά ή τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται. Ακόμη, σε ένα υπηρεσιοστρεφές κι ετερογενές περιβάλλον επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση υπαρχόντων συστημάτων, παρέχοντας ευρωστία συστήματος (*system agility*) [38],[173],[182],[212].

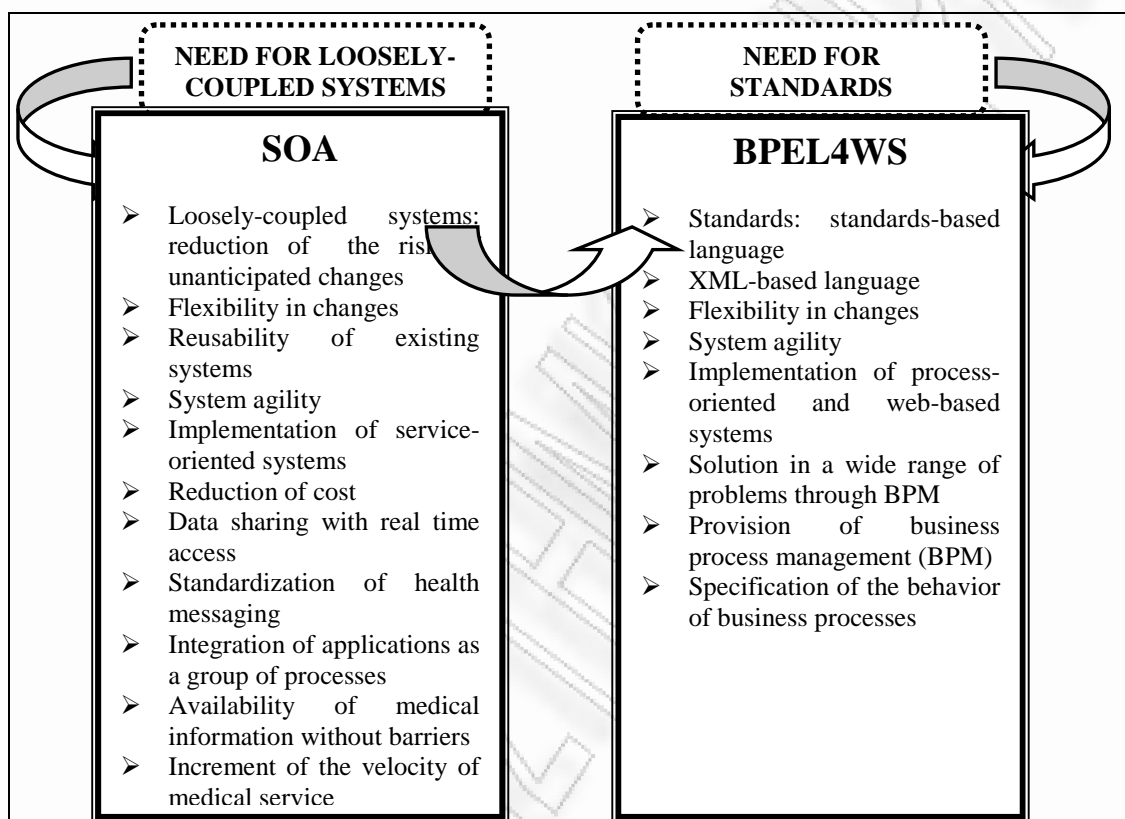
Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναλύσουμε τις επιπτώσεις της χρήσης του SOA από διάφορες οπτικές γωνίες. Συγκεκριμένα, από την τεχνική οπτική γωνία η υλοποίηση υπηρεσιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων με χρήση υπηρεσιών ιστού επιτυγχάνει το διαμοιρασμό δεδομένων μεταξύ ετερογενών υπηρεσιών, όπου η πρόσβαση στα δεδομένα αυτά γίνεται σε πραγματικό χρόνο με παράλληλη προτυποποίηση των μηνυμάτων ιατρικού περιεχομένου. Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική επιτρέπει την ολοκλήρωση εφαρμογών ως σύνολο διαδικασιών, γεγονός που αποτελεί σημαντικό προτέρημα της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής, εφόσον οι επιχειρησιακές διαδικασίες μπορούν να δημιουργηθούν, να μεταβληθούν και να διαχειρισθούν εύκολα προκειμένου να καλύψουν τις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες [149],[165],[228]. Αναλυτικότερα, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική παρέχει την απαραίτητη ευελιξία, ενώ η επαναχρησιμοποίηση υπαρχόντων συστημάτων μειώνει το κόστος για τους οργανισμούς υγείας και αυξάνει την ταχύτητα με την οποία ανταλλάσσονται τα δεδομένα [88],[196]. Από την ιατρική οπτική γωνία, τα πληροφοριακά συστήματα υγείας που βασίζονται σε υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές επικοινωνούν, συνεργάζονται και συλλειτουργούν, κάνοντας την ιατρική πληροφορία διαθέσιμη από παντού και από όλους, χωρίς τυχόν περιορισμούς. Τοιουτοτρόπως, όπως στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης, έτσι και στην περίπτωση της συνεργασίας η ταχύτητα παροχής ιατρικής υπηρεσίας αυξάνεται, ενώ η ποιότητα της αντίστοιχα βελτιώνεται.

Ένα εύλογο ερώτημα είναι πως προέκυψε η χρήση της γλώσσας BPEL4WS σε ένα υπηρεσιοστρεφές περιβάλλον. Ένα τέτοιο περιβάλλον είναι και δυναμικό, οπότε στόχος είναι να έχουμε εύρωστα κι ευέλικτα συστήματα που σημαίνει ότι οι επιχειρησιακές διαδικασίες στον τομέα της υγείας πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλονται, ανάλογα με τις ανάγκες των ασθενών [165],[175],[212]. Η αλλαγή των διαδικασιών οδήγησε σε αρχιτεκτονική βασισμένη στα συστατικά (*component-based architecture*), η οποία υλοποιεί υπηρεσίες. Με την ανάπτυξη των τεχνολογιών και την κυριαρχία του διαδικτύου η – βασισμένη στα συστατικά - αρχιτεκτονική είχε ως αποτέλεσμα την υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική εμπλουτισμένη με πρότυπα ιστού, όπως είναι οι υπηρεσίες ιστού. Οι παραπάνω αλλαγές οδήγησαν σε διαδικασιοστρεφείς (*process-oriented*), υπηρεσιοστρεφείς (*service-oriented*) και βασισμένες στο διαδίκτυο (*web-based*) αρχιτεκτονικές, ώστε να υλοποιηθούν τα πληροφοριακά συστήματα. Η διαδικασιοστρεφής και βασισμένη στο διαδίκτυο αρχιτεκτονική συντείνει στα συστήματα διαχείρισης ροών εργασίας (*Workflow Management Systems - WFMS*), ενώ μια υπηρεσιοστρεφής και βασισμένη στο διαδίκτυο αρχιτεκτονική συντείνει στη χρήση των υπηρεσιών ιστού. Ο συνδυασμός WFMS και υπηρεσιών ιστού, με σκοπό την επίτευξη της ενορχήστρωσης διαδικασιών (*process orchestration*) και την υλοποίηση πληροφοριακών συστημάτων οδήγησε στη σύλληψη της ιδέας της διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (*Business Process Management - BPM*), η οποία χρησιμοποιεί μια πρότυπη γλώσσα για τη δημιουργία BPEL διαδικασιών, γνωστή με την ονομασία BPEL4WS (*Business Process Execution Language for Web Services*).

Αναφορικά με την γλώσσα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών BPEL4WS, αυτή είναι μια υψηλού επιπέδου γλώσσα που βασίζεται στην XML κι ενώνει κλήσεις υπηρεσιών ιστού, προσδιορίζοντας τη συμπεριφορά των επιχειρησιακών διαδικασιών που χρησιμοποιούν υπηρεσίες ιστού, καθώς και των επιχειρησιακών διαδικασιών που εκφράζουν τη λειτουργικότητα τους ως υπηρεσίες ιστού [67],[137],[147],[228],[242]. Ο ρόλος της BPEL4WS είναι η σύνθεση και ενορχήστρωση διαδικασιών, με την έννοια του συνδυασμού δομημένων δραστηριοτήτων που έχουν προσδιοριστεί ως διαγράμματα ροής των διαδικασιών και εκφράζουν αλγόριθμους, σε ότι αφορά την υλοποίηση υπηρεσιών. Επίσης, η γλώσσα αυτή στοχεύει στην υλοποίηση ενός διαδικασιοστρεφούς πληροφοριακού συστήματος, ευέλικτου και ανθεκτικού σε αλλαγές που επιτρέπει τον επαναπροσδιορισμό των επιχειρησιακών διαδικασιών [137],[228],[242].

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναλυθεί ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται η γλώσσα BPEL4WS. Η Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών (*Business Process Management - BPM*) αν και προέρχεται από τη τεχνολογία ροής εργασίας είναι ένα πρότυπο που τείνει να επιλύσει μια ευρύτερη γκάμα προβλημάτων, επιτρέποντας τη δημιουργία συνδέσεων

επικοινωνίας μεταξύ πολλαπλών ανεξάρτητα διαχειριζόμενων διαδικασιών. Κατόπιν των παραπάνω, η BPEL4WS είναι μια πρότυπη γλώσσα που χρησιμοποιείται στη διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών και στην υλοποίηση ενός εύρωστου διαδικασιοστρεφούς και διαδικτυακού πληροφοριακού συστήματος. Στον τομέα της υγείας επιτυγχάνει την υλοποίηση διαδικασιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Το σχήμα 5-2 παραθέτει τα χαρακτηριστικά των SOA και BPEL4WS, όπως αυτά αναλύονται σε αυτή την ενότητα.

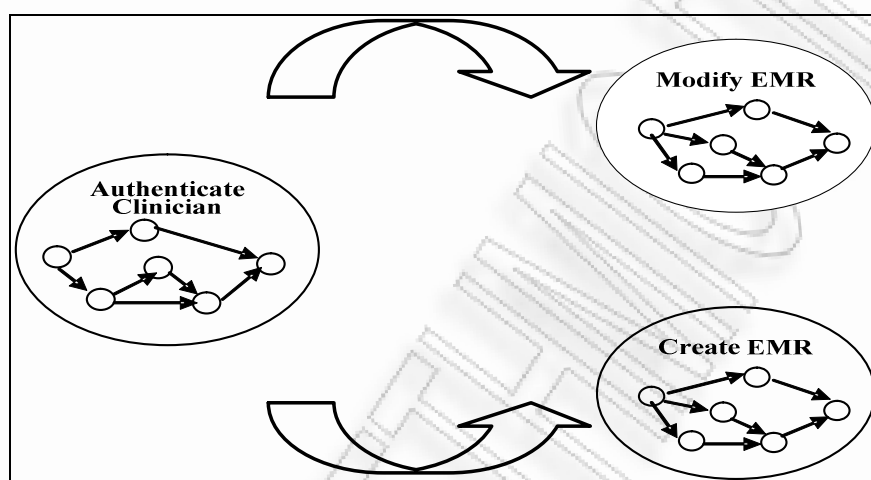


Σχήμα 5-2: Παράθεση των χαρακτηριστικών των SOA και BPEL4WS

### 5.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται μια προσέγγιση υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής, η οποία εννοχηστρώνει υπηρεσίες ιστού με σκοπό να επιτρέψει και να διευκολύνει ετερογενείς κι απομακρυσμένους οργανισμούς να επικοινωνούν, να συνεργάζονται και να συλλειτουργούν στην ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων. Ένας σημαντικός στόχος της συγκεκριμένης προσέγγισης, ίσως και ο βασικότερος είναι η υλοποίηση εύρωστων (*agile*) συστημάτων που να είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στις διαρκείς αλλαγές που πραγματοποιούνται στον ιατρικό τομέα και που αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση των αναγκών

των ασθενών. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική, η οποία αναπαρίσταται στο Σχήμα 5-3 περιλαμβάνει τρεις υπηρεσίες ιστού και συγκεκριμένα μία υπηρεσία ιστού αυθεντικοποίησης, μία για την τροποποίηση υπαρχόντων Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων (*ΗΦΑ - Electronic Medical Record –EMR*) και μία για τη δημιουργία καινούριων Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων. Όπως προαναφέρθηκε, οι τρεις υπηρεσίες ιστού θα πρέπει να επικοινωνούν και να συλλειτουργούν για τη μετάδοση και ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων, οπότε απαιτείται ένα μέσο για την ενορχήστρωση αυτών των υπηρεσιών με τη χρήση της γλώσσας BPEL4WS. Ωστόσο, καθώς αυτή η γλώσσα αναλύεται και χρησιμοποιείται στην ενότητα της υλοποίησης του συστήματος, πρέπει σε πρώτη φάση να αναλύσουμε τη λειτουργικότητα κάθε υπηρεσίας ιστού για να περιγράψουμε με τον καλύτερο τρόπο την προτεινόμενη αρχιτεκτονική.



**Σχήμα 5-3:** Αναπαράσταση των υπηρεσιών ιστού της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής

Η πρώτη υπηρεσία ιστού είναι εκείνη που αφορά στην αυθεντικοποίηση του γιατρού, αφού ο γιατρός πρέπει να εισάγει όνομα χρήστη (*username*) και κωδικό (*password*), προκειμένου να αυθεντικοποιήσει την ταυτότητα του και να μπει στο σύστημα των ΗΦΑ. Τα στοιχεία του ονόματος του χρήστη και του κωδικού του έχουν πρωτίστως καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων του συστήματος που αφορά στα στοιχεία του ιατρικού προσωπικού. Η προαναφερόμενη υπηρεσία ιστού αποτελείται από ένα σύνολο δραστηριοτήτων που υποδεικνύουν τη ροή της διαδικασίας. Η πρώτη δραστηριότητα είναι η εισαγωγή των πιστοποιητικών των ιατρών, όπως παραδείγματος χάριν το όνομα χρήστη και τον κωδικό του. Έπειτα, το σύστημα ελέγχει τα εισαχθέντα πιστοποιητικά ως προς την εγκυρότητα τους, αναζητώντας τα στη βάση δεδομένων που περιέχει τα προσωπικά στοιχεία των ιατρών. Κατόπιν του ελέγχου κι εφόσον αυτά τα στοιχεία είναι έγκυρα, ο συγκεκριμένος ιατρός έχει τη δικαιοδοσία να προσπελάσει το σύστημα των Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων και να δημιουργήσει ή να τροποποιήσει ένα ΗΦΑ.

Η δεύτερη υπηρεσία ιστού προσπελαύνει ή τροποποιεί υπάρχοντες ΗΦΑ, ενώ η τρίτη δημιουργεί από την αρχή έναν ΗΦΑ. Σε ότι αφορά την δεύτερη υπηρεσία ιστού, εφόσον ο ιατρός έχει αυθεντικοποιηθεί και έχει προσπελάσει το σύστημα ΗΦΑ μπορεί να διαβάσει τον ιατρικό φάκελο του ασθενή που επιβλέπει, οπότε η επόμενη δραστηριότητα αφορά στην επιλογή του ασθενή του οποίου τον ιατρικό φάκελο θέλει να μελετήσει ο ιατρός που τον επιβλέπει. Έπειτα, εκτός του να μελετήσει τον ιατρικό φάκελο του ασθενή ο ιατρός έχει τη δυνατότητα ανάλογα με τις απαιτήσεις να τον τροποποιήσει. Όταν ολοκληρώσει τη συγκεκριμένη λειτουργία, αποθηκεύει τον ιατρικό φάκελο στη βάση δεδομένων των ΗΦΑ. Στην περίπτωση που ο ιατρός επιθυμεί τη δημιουργία ενός ιατρικού φάκελου για έναν καινούριο ασθενή, η ροή της εργασίας κατευθύνεται στην τρίτη υπηρεσία ιστού, όπου ο εξουσιοδοτημένος ιατρός εισάγει τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή για τον οποίο επιθυμεί να δημιουργήσει έναν καινούριο ιατρικό φάκελο και αφού το δημιουργήσει, τον αποθηκεύει στη βάση δεδομένων του συστήματος ΗΦΑ.

#### 5.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα σημαντικό ζήτημα που πρέπει να αναλυθεί είναι η ασφάλεια της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής που αφορά επιμέρους θέματα, όπως είναι η εμπιστευτικότητα (*confidentiality*), η ακεραιότητα (*integrity*), η μη άρνηση (*non-repudiation*) η αυθεντικοποίηση (*authentication*), η εξουσιοδότηση (*authorization*) και η διαθεσιμότητα (*availability*). Συγκεκριμένα, η εμπιστευτικότητα στοχεύει στη διασφάλιση ότι η πληροφορία είναι διαθέσιμη μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες. Η ακεραιότητα πάλι διαβεβαιώνει ότι η πληροφορία δεν τροποποιείται, είτε στην περίπτωση που μεταδίδεται, είτε στην περίπτωση που αποθηκεύεται, ενώ η μη άρνηση (*non-repudiation*) εγγυάται ότι ο αποστολέας ενός μηνύματος δεν πρόκειται να αρνηθεί ότι απέστειλε το συγκεκριμένο μήνυμα. Η αυθεντικοποίηση αφορά στην εξακρίβωση της ταυτότητας του αποστολέα και του παραλήπτη του εκάστοτε μηνύματος και η εξουσιοδότηση διασφαλίζει ότι μια οντότητα αυθεντικοποίησης προσπελαύνει μόνο εκείνες τις πηγές πληροφορίας που απαιτούνται για την αίτηση ή την παροχή μιας υπηρεσίας. Επίσης, η διαθεσιμότητα έχει να κάνει με το γεγονός ότι μια μη διακοπτόμενη υπηρεσία παρέχεται μόνο σε αυθεντικοποιημένους κι εξουσιοδοτημένους χρήστες [9],[174]. Δύο τρόποι που χρησιμοποιούνται ευρύτερα για την ασφάλεια των ανταλλασσόμενων δεδομένων είναι η κρυπτογράφηση (*encryption*), η οποία εκτός από ασφάλεια παρέχει κι εμπιστευτικότητα, καθώς και η ψηφιακή υπογραφή που παρέχει ακεραιότητα. Παρότι οι δύο αυτές μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε αυτή την προσέγγιση, δεν είναι αρκετές κι επομένως απαιτείται ένας επιπλέον τρόπος που θα



διασφαλίζει την εφαρμογή των βασικών απαιτήσεων ασφάλειας στα πληροφοριακά συστήματα υγείας.

Αναφορικά με την εξουσιοδότηση, μια μέθοδος ασφάλειας είναι η χρήση μιας ευέλικτης γλώσσας ελέγχου πρόσβασης (*access control language*) που θα εξυπηρετεί ποικίλες και διαφορετικές απαιτήσεις. Ταυτοχρόνως, η γλώσσα αυτή θα πρέπει να είναι απλή, κατανοητή και αναγνώσιμη τόσο από τον άνθρωπο, όσο και από τις μηχανές σε επίπεδο υλοποίησης και χρήσης. Πλέον, χρησιμοποιούνται γλώσσες ελέγχου πρόσβασης που είναι βασισμένες σε γλώσσα XML (*eXtensible Markup Language*), καθώς η σύνταξη και η σημασιολογία τους μπορεί εύκολα να επεκταθεί, ενώ παράλληλα τις υποστηρίζουν όλες οι βασικές πλατφόρμες.

Δύο από τις πιο γνωστές και ευρέως χρησιμοποιούμενες –βασισμένες σε XML– πολιτικές ελέγχου πρόσβασης είναι οι WS-Policy και XACML (*eXtensible Access Control Markup Language*), οι οποίες ενώ έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, έχουν ως ειδοποιό διαφορά ότι η XACML χρησιμοποιεί ένα μοντέλο πολιτικής ως βάση, οδηγώντας σε μια καθαρή σημασιολογία της γλώσσας. Η XACML είναι μια αρχή για την ανάπτυξη προτύπου για έλεγχο πρόσβασης και συστημάτων ελέγχου πρόσβασης και εξουσιοδότησης [15]. Μια άλλη γνωστή γλώσσα που σχετίζεται με θέματα ασφάλειας είναι η SAML (*Security Assertion Markup Language*), η οποία αναφέρεται σε θέματα αυθεντικοποίησης και παρέχει μηχανισμό για τη μεταβίβαση αποφάσεων πιστοποίησης ταυτότητας και εξουσιοδότησης μεταξύ συνεργαζόμενων οντοτήτων, σε αντίθεση με την XACML που εστιάζει σε ένα μηχανισμό για την κατάληξη σε αυτές τις αποφάσεις εξουσιοδότησης [236].

Η αρχιτεκτονική της γλώσσας XACML βασίζεται σε μια αίτηση για εξουσιοδότηση που αρχίζει από το πρότυπο PEP (*Policy Enforcement Point*), το οποίο κατόπιν δημιουργεί μια XACML αίτηση και τη στέλνει στο PDP (*Policy Decision Point*) που αξιολογεί την αίτηση και στέλνει απάντηση αποδοχής ή άρνησης πρόσβασης με τις απαραίτητες υποχρεώσεις, αφού πρώτα αξιολογήσει τις σχετικές πολιτικές και τους κανόνες που εμπεριέχονται σε αυτές. Ωστόσο, για την αξιολόγηση των πολιτικών, η PDP χρησιμοποιεί το PAP (*Policy Access Point*) που γράφει πολιτικές και σύνολα πολιτικών και τα διαθέτει στο PDP. Το τελευταίο με τη σειρά του αποστέλλει την απόφαση εξουσιοδότησης που του διατέθηκε στο PEP που έρχεται με τη σειρά του να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις που έχουν τεθεί από την προαναφερόμενη απόφαση και να επιτρέψει ή να απαγορέψει την πρόσβαση [15],[236].

Εντούτοις, πρέπει να αποσαφηνίσουμε τον τρόπο με τον οποίο η XACML εφαρμόζεται στον τομέα της υγείας. Το προτεινόμενο σενάριο αφορά στην πρόσβαση ενός γιατρού στον ιατρικό φάκελο ενός ασθενή, οπότε μπαίνοντας στο σύστημα εισάγει το όνομα του ασθενή και

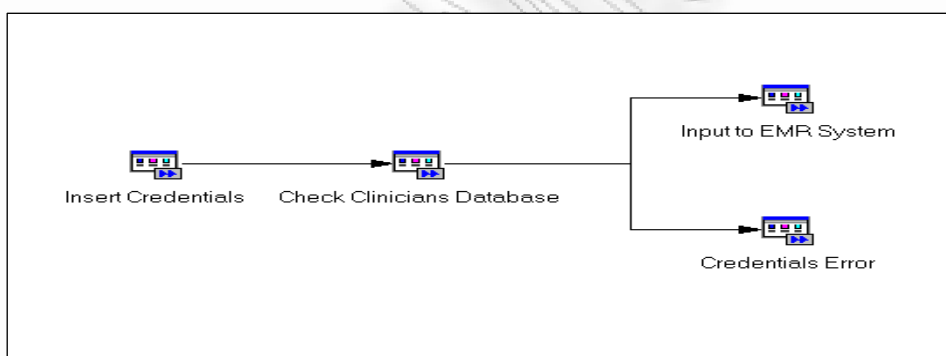
ανακτά τον ηλεκτρονικό του φάκελο. Τότε, η εφαρμογή του νοσοκομείου αιτείται στο PEP που δημιουργεί μια αίτηση βασισμένη στα στοιχεία του ασθενή, την πηγή δεδομένων που ζητείται και οτιδήποτε έχει σχέση με την αίτηση. Κατόπιν, το PEP αποστέλλει την αίτηση στο PDP, το οποίο αξιολογεί την αίτηση, μέσω της αλληλεπίδρασης με το PAP που ανακτά τις εφαρμόσιμες πολιτικές στην αίτηση και την επιστρέφει στο πρότυπο PDP. Η απόφαση εξουσιοδότησης στέλνεται στο PEP, το οποίο είτε επιτρέπει στο γιατρό την πρόσβαση στον ηλεκτρονικό ιατρικό φάκελο ενός ασθενή, είτε την αρνείται [15]. Επομένως, με τη χρήση της XACML υλοποιείται ένα ασφαλές υπηρεσιοστρεφές, διαδικασιοστρεφές και διαδικτυακό πληροφοριακό σύστημα που παρέχοντας ασφάλεια, συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας παροχής υπηρεσιών υγείας.

## 5.5 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

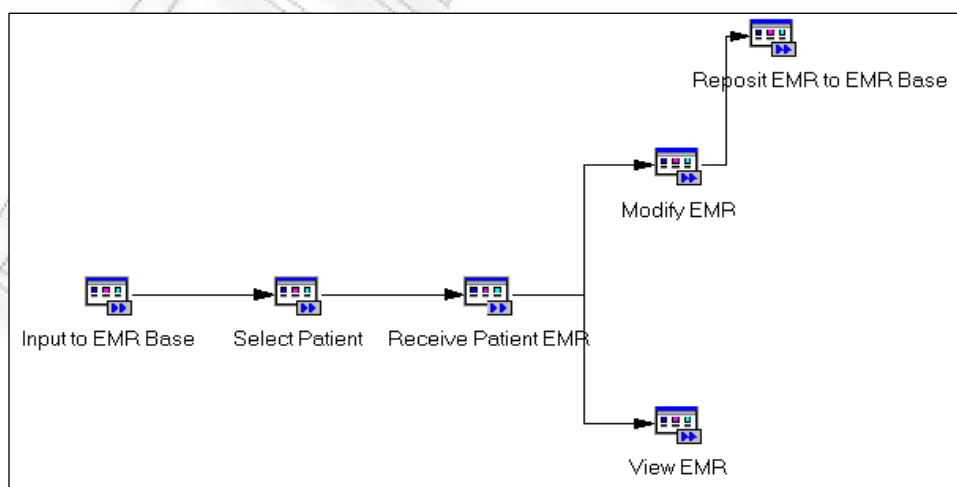
Η ανάπτυξη της τεχνολογίας συνέβαλε στην αναγνώριση των ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων ως τρόπο παροχής δομημένων ηλεκτρονικών δεδομένων. Ωστόσο το σημαντικότερο προτέρημα των ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων είναι ότι τα δεδομένα που εσωκλείονται στους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους μπορούν να προσπελασθούν από εξουσιοδοτημένους χρήστες, χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς. Επομένως, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική είναι ένας τρόπος παροχής διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, ενώ με τις υπηρεσίες ιστού παρέχει την κατάλληλη υποδομή για επικοινωνία, συνεργασία και συνέργια μεταξύ απομακρυσμένων, διαφορετικών συστημάτων. Εκτός από τη διαλειτουργικότητα, η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται προκειμένου να υλοποιηθούν εύρωστα συστήματα που θα είναι διαδικασιοστρεφή (*process-oriented*) και διαδικτυακά (*web-based*). Αυτός είναι και ο λόγος που στη συγκεκριμένη προσέγγιση χρησιμοποιείται η BPM, η οποία χρησιμοποιεί τη γλώσσα BPEL4WS για την υλοποίηση εύρωστων διαδικασιοστρεφών μηνυμάτων.

Για την υλοποίηση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής πρόκειται να χρησιμοποιηθούν υπηρεσίες ιστού που θα χρησιμοποιούν έναν εξυπηρετητή ιστού (*web server*), από τους οποίους επιλέγουμε τον Apache Tomcat, ως τον πιο διαδεδομένο για τη μετάδοση και την παραλαβή των XML μηνυμάτων. Επιπροσθέτως, κάποια SOAP μηνύματα με τη μορφή XML εγγράφου φτάνουν στον εξυπηρετητή (*server*). Η αποθήκευση των μηνυμάτων στον εξυπηρετητή και η μετάδοση απαντήσεων και επιβεβαιώσεων στον *client* πραγματοποιείται από ένα πρόγραμμα, γραμμένο σε Java 2 SE Platform 1.4.2. Η διεπαφή υλοποιείται σε γλώσσα προγραμματισμού Java και για την αναπαράσταση των επιχειρησιακών διαδικασιών

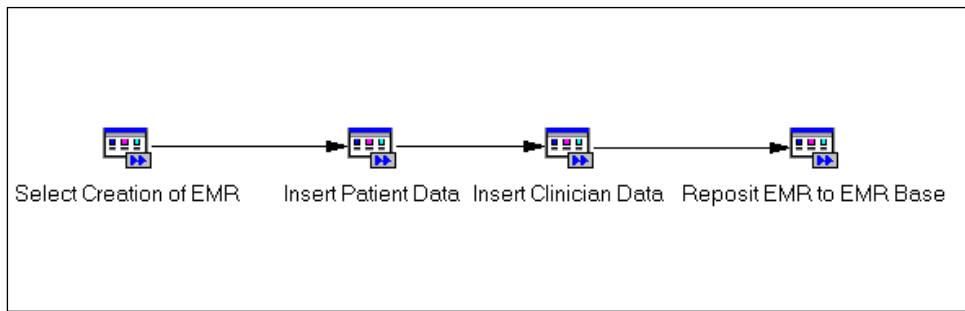
χρησιμοποιείται το εργαλείο IBM WebSphere Workflow, ενώ για την ενορχήστρωση των υπηρεσιών δικτύου το IBM WebSphere Business Integration και συγκεκριμένα το WebSphere Studio Application Developer Integration Edition V.5.1. Η αναπαράσταση των τριών υπηρεσιών δικτύου που αναλύονται παραπάνω πραγματοποιείται μέσω του εργαλείου WebSphere Workflow. Όπως φαίνεται στα σχήματα 5-4, 5-5 και 5-6, οι υπηρεσίες δικτύου αναπαρίστανται ως σύνολο δραστηριοτήτων, οι οποίες δημιουργούν κάποια fdl αρχεία που τις περιγράφουν. Κατόπιν, το εκάστοτε fdl αρχείο εξάγεται και εισάγεται στο εργαλείο WebSphere Studio Application Developer Integration Edition, προκειμένου να υλοποιηθούν οι BPEL διαδικασίες και να ενορχηστρωθούν οι υπηρεσίες δικτύου, όπως αναπαρίστανται στο σχήμα 5-7. Στο σχήμα 5-8 παρουσιάζεται η οθόνη με τα ιατρικά στοιχεία ενός περιστατικού, η οποία προκύπτει από την εκτέλεση της δραστηριότητας ‘Select Patient’ της υπηρεσίας ιστού Modify EMR, ενώ στο σχήμα 5-9 δίνεται η οθόνη με τον ηλεκτρονικό φάκελο ενός περιστατικού, όπως αυτή προκύπτει από την εκτέλεση της δραστηριότητας ‘Receive Patient EMR’. Στο σχήμα 5-10 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ανάκτησης της ιστοσελίδας με τον ιατρικό φάκελο ενός ασθενή που προκύπτει με την εκτέλεση της υπηρεσίας ιστού, Create EMR.



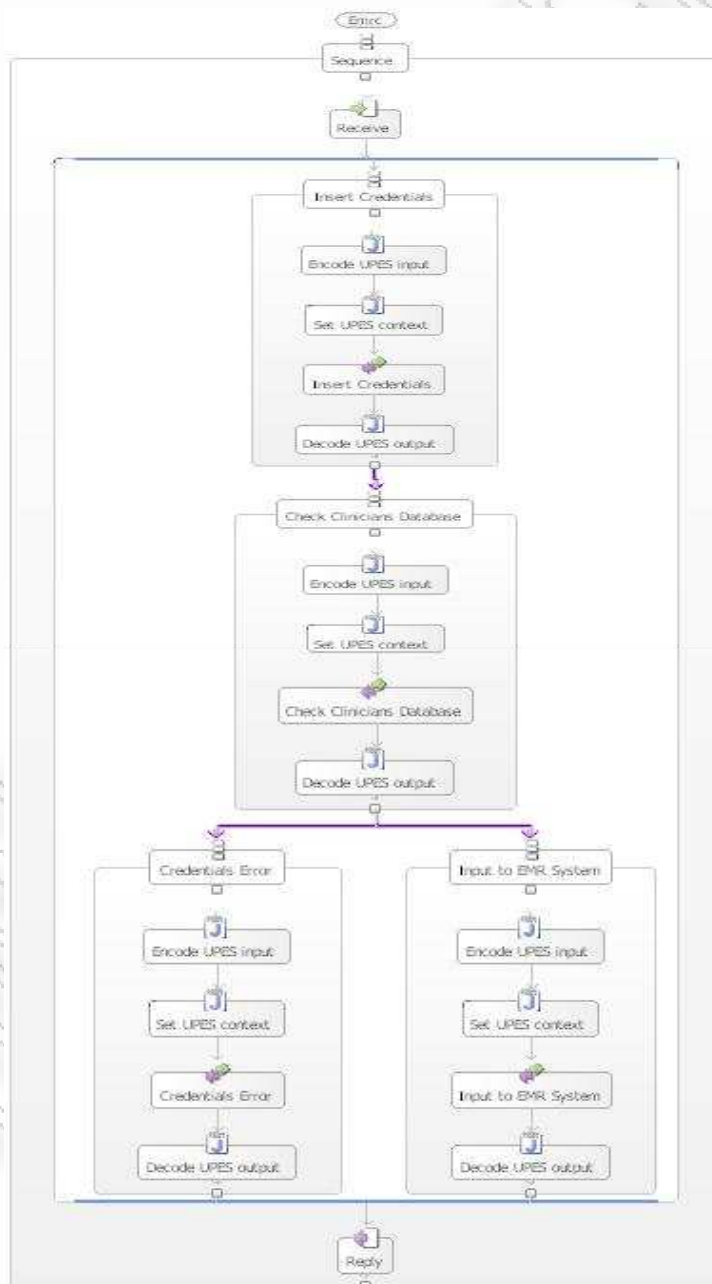
**Σχήμα 5-4:** Αναπαράσταση των δραστηριοτήτων της πρώτης υπηρεσίας δικτύου



**Σχήμα 5-5:** Αναπαράσταση των δραστηριοτήτων της δεύτερης υπηρεσίας δικτύου



Σχήμα 5-6: Αναπαράσταση των δραστηριοτήτων της τρίτης υπηρεσίας δικτύου



Σχήμα 5-7: Αναπαράσταση της BPEL διαδικασίας της πρώτης υπηρεσίας δικτύου

IBM WebSphere MQ Workflow Web Client - Main page - Microsoft Internet Explorer

Address: http://mikaela:8080/MQWFClient/RTC.html

WebSphere MQ Workflow

© Copyright IBM Corporation 1999, 2002. All Rights Reserved.

Complete work item Cancel

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟΥ

ΚΩΔΙΚΟΣ	2343		
ΟΝΟΜΑ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΠΑΠΑΣ
ΤΗΛΕΦΩΝΟ	210-3434434	Α.Δ.Τ.	P 093454
ΗΛΙΚΙΑ	50	ΤΥΠΟΣ ΗΜΙΚΙΑΣ	E
ΟΝ. ΠΑΤΡΟΣ	ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	ΦΥΛΟ	A
ΑΣΦΑΛΕΙΑ	ΙΚΑ	ΑΡ. ΜΗΤΡΩΟΥ	34348954540
ΠΑΘΗΣΗ			
ΟΔΟΣ 1	ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ	ΑΡ 1	120
ΟΔΟΣ 2		ΑΡ 2	
ΔΗΜΟΣ	ΑΘΗΝΑ	ΠΕΡ. ΔΙΕΥΘ.ΥΝΣΗΣ	ΔΙΠΛΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ

### ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΙΑΤΡΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ	ΑΤΥΧΗΜΑ ΜΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΙΑΤΡ. ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΜΕ ΦΟΡΤΗΓΟ
ΙΑΤΡ. ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΤΡΟΧΑΙΟ - ΑΠΩΛΕΙΑ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΙΑΤΡ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	
ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΕΙΓΟΝΤΟΣ	ΕΠΕΙΓΟΝ

Σχήμα 5-8: Παρουσίαση οθόνης με τα ιατρικά στοιχεία ενός περιστατικού (χρήση πλασματικών δεδομένων)

IBM WebSphere MQ Workflow Web Client - Main page - Microsoft Internet Explorer

Address: http://mikaela:8080/MQWFClient/RTC.html

WebSphere MQ Workflow

© Copyright IBM Corporation 1999, 2002. All Rights Reserved.

Complete work item Cancel

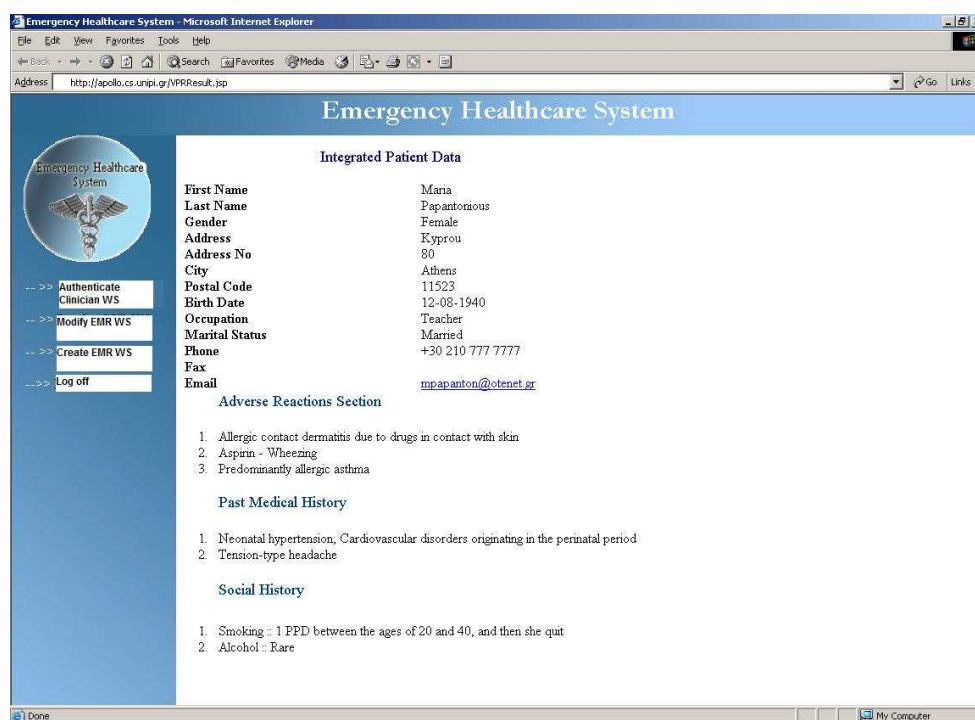
### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟΥ

ΚΩΔΙΚΟΣ	2343		
ΟΝΟΜΑ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΠΑΠΑΣ
ΗΛΙΚΙΑ	50	ΤΥΠ. ΗΛΙΚΙΑΣ	E
ΙΑΤΡ. ΣΥΜΒΑΝ	ΑΤΥΧΗΜΑ ΜΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	ΠΕΡ. ΙΑΤΡ. ΣΥΜΒ.	ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΜΕ ΦΟΡ
ΙΑΤΡ. ΠΡΟΒΛ.	ΤΡΟΧΑΙΟ - ΑΠΩΛΕΙΑ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ	ΠΕΡ. ΙΑΤΡ. ΠΡΟΒ.	
ΒΑΘ. ΕΠΕΙΓ.	ΕΠΕΙΓΟΝ		
ΑΣΘΕΝΟΦΟΡΟ	A01		

### ΙΑΤΡΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ	>ΕΧΕΙ ΧΕΙΡΟΥΡΓΗΘΕΙ ΠΡΙΝ 5 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΓΜΑ ΚΙΝΗΜΗΣ ΣΤΟ ΔΕΞΙ ΚΑΤΩ ΑΚΡΟ
ΑΛΛΕΡΓΙΕΣ	>ΑΛΛΕΡΓΙΚΟΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ >ΑΛΛΕΡΓΙΚΗ ΔΥΣΠΝΟΙΑ
ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ	>ΔΕΝ ΛΑΜΒΑΝΕΙ ΦΑΡΜΑΚΑ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ	>ΑΛΚΟΟΛ - ΣΙΓΑΝΙΑ
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ	>ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΡΔΙΑΣ - ΕΜΦΡΑΓΜΑ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

Σχήμα 5-9: Η οθόνη εμφάνισης ιατρικών στοιχείων από τον ηλεκτρονικό ιατρικό φάκελο ενός ασθενούς (χρήση πλασματικών δεδομένων)



Σχήμα 5-10: Ανάκτηση ιστοσελίδας με τα δεδομένα ενός ιατρικού φακέλου ασθενή, μέσω της εκτέλεσης της υπηρεσίας ιστού *Create EMR*

## 5.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΦΑΚΕΛΩΝ

Όπως είχε προαναφερθεί η ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών διέυρνε τις επιλογές για την υλοποίηση συστημάτων ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών (*Electronic Patient Record - EMR*) που εκτείνονται κατά μήκος πολλών οργανωσιακών συνόρων και παρέχουν ασθenoκεντρική πληροφορία τη στιγμή που χρειάζεται. Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (*Service-Oriented Architecture – SOA*) και οι υπηρεσίες ιστού που ενoρχηστρώνονται με τη γλώσσα BPEL (*Business Process Execution Language*) δίνουν στους χρήστες δυνατότητα πρόσβασης σε απομακρυσμένα δεδομένα ασθενών.

Η ανάγκη προσπέλασης πληροφοριακών πηγών, ανεξαρτήτως τοποθεσίας οδήγησε στην τεχνολογία πλέγματος, ευνοώντας τη δημιουργία εικονικών και απομακρυσμένων πηγών. Οι τεχνικές της τεχνολογίας πλέγματος και της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής περιλαμβάνουν ολοκλήρωση και διαμοιρασμό δεδομένων. Η εξέλιξη της παραπάνω προσέγγισης εστιάζει στο σχεδιασμό συστημάτων ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων που



βασίζονται σε αρχιτεκτονική SOA πάνω σε υποδομή πλέγματος για να ενισχύσουν τη συνεργασία μεταξύ γεωγραφικά διάσπαρτων χρηστών.

Η έννοια της τεχνολογίας πλέγματος βασίζεται σε ένα σύνολο «ανοικτών» προτύπων και πρωτοκόλλων (*Open Grid Services Architecture - OGSA*) που ευνοούν την επικοινωνία μεταξύ ετερογενών και γεωγραφικά διασκορπισμένων περιβαλλόντων. Σε αντίθεση με το διαδίκτυο, όπου ο χρήστης του βλέπει μέσω του ιστού ένα στιγμιότυπο του περιεχομένου, ο χρήστης του πλέγματος ουσιαστικά βλέπει έναν μοναδικό μεγάλο υπολογιστή. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας πλέγματος και της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής ευνοεί τους ιατρικούς οργανισμούς, αφού παρέχει παράλληλη εκτέλεση σχετικών επιχειρησιακών διαδικασιών για μικρότερους χρόνους απόκρισης και μέγιστη απόδοση. Επίσης, οι εφαρμογές που σχεδιάστηκαν για να είναι αποδοτικές σε ένα περιβάλλον υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα σύνολο -βασισμένων σε πρότυπα- διαδικτυακών πρωτοκόλλων για να επικοινωνούν με τις καλύτερες συνθήκες επικοινωνίας με άλλες εφαρμογές και ετερογενείς πηγές, κατά μήκος ενός πλέγματος. Οι τεχνικές της τεχνολογίας πλέγματος και της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής καλύπτουν ζητήματα ολοκλήρωσης, διαμοιρασμού δεδομένων, επαναχρησιμοποίησης, ευελιξίας και συντονισμού των υπηρεσιών, αυξάνοντας την παραγωγικότητα, ευνοώντας την συνεργασία και προάγοντας την ευελιξία.

Η ικανότητα της τεχνολογίας πλέγματος να βελτιστοποιεί το διαμοιρασμό πηγών δεδομένων κατά μήκος δικτύων οφείλεται στο γεγονός ότι στηρίζεται στην αρχιτεκτονική OGSA, η οποία εργάζεται με υπηρεσίες πλέγματος (*grid services*), παρόμοιες με τις υπηρεσίες ιστού, αλλά σε περιβάλλον πλέγματος. Ουσιαστικά, το OGSA είναι μια υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική πλέγματος που χρησιμοποιεί υπηρεσίες πλέγματος (*grid services*). Έτσι, η τεχνολογία πλέγματος παρέχει τη βάση για την ενορχήστρωση των υπηρεσιών ιστού μιας ευέλικτης υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής που όμως επιτυγχάνεται από τη γλώσσα BPEL4WS.

Σε ότι αφορά την υλοποίηση ενός ηλεκτρονικού φακέλου ασθενών, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (SOA), η τεχνολογία πλέγματος (*grid technology*) και η BPEL4WS συνδυάζονται ιδανικά, αφού η αρχιτεκτονική οργανώνει τις διεργασίες ως υπηρεσίες που επικοινωνούν με τις υπόλοιπες, η τεχνολογία πλέγματος επεκτείνει αυτή την ικανότητα σε γεωγραφικά καταναμημένα και ετερογενή συστήματα, διανέμοντας σε αυτά εικονικά δεδομένα και η BPEL4WS κάνει τις υπηρεσίες να λειτουργούν ως διαδικασίες, παράλληλα και ανεξάρτητα από τις άλλες. Έτσι, η τεχνολογία πλέγματος ευνοεί την πλήρη συνεργασία, συνενώνοντας δεδομένα και κατανέμοντας τα, αλλά και αυξάνει σφαιρικά την απόδοση και την ευελιξία του συστήματος. Τα προτερήματα αυτά διαδραματίζουν έναν ουσιαστικό ρόλο

στον ιατρικό τομέα, καθώς η ποιότητα της ιατρικής φροντίδας, η ικανότητα να προσαρμόζεται στις ανάγκες των ασθενών και η ταχύτητα με την οποία παρέχονται οι υπηρεσίες φροντίδας υγείας είναι οι πρωταρχικοί σκοποί.

Η προσέγγιση αυτή υλοποιεί εύρωστα συστήματα που είναι ικανά να επικρατήσουν σε ένα περιβάλλον συνεχώς μεταβαλλόμενο και να προσαρμοστούν στις ανάγκες των ασθενών. Εν συντομία λοιπόν, μέσω της προσέγγισης αυτής παρέχεται μία διαδικασιοστρεφής, υπηρεσιοστρεφής και διαδικτυακή που είναι υλοποιημένη πάνω σε μία υποδομή πλέγματος, ο οποίος είναι και ο σκοπός της προσέγγισης αυτής και ο λόγος για τον οποίο συνδυάζονται η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (SOA), η γλώσσα BPEL4WS και η τεχνολογία πλέγματος (*grid computing*).

Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει τις τρεις ίδιες υπηρεσίες ιστού, μια για εξουσιοδότηση, μια για τροποποίηση των υπαρχόντων ιατρικών φακέλων ασθενών και μια για δημιουργία νέων ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός μεγάλου δικτύου που εμφανίζεται σε έναν τερματικό χρήστη ή σε μια εφαρμογή ως ένας μεγάλος ηλεκτρονικός φάκελος ασθενή που αποτελείται από τρεις υπηρεσίες πλέγματος που διαμοιράζουν και ανταλλάσσουν ιατρικά δεδομένα. Οι τρεις υπηρεσίες ιστού που δημιουργήθηκαν για να λειτουργούν σε ένα περιβάλλον πλέγματος, δημιουργήθηκαν με τη χρήση ενός εργαλείου, γνωστού ως Globus και ονομάζονται υπηρεσίες πλέγματος, καθώς αποτελούν στιγμιότυπα υπηρεσιών ιστού που έχουν περιγραφεί μέσω της WSDL, όπως όλες οι υπηρεσίες ιστού με ίσως κάποιες μικρές προσθήκες σε γλώσσα XML. Οι υπηρεσίες πλέγματος έχουν περιγραφεί από ένα σύνολο προτύπων και πρωτοκόλλων (OGSA), τα οποία χρησιμοποιούν τα καλύτερα χαρακτηριστικά τόσο από την τεχνολογία πλέγματος όσο και από τις υπηρεσίες ιστού και διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα ετερογενών συστημάτων, ώστε διαφορετικοί τύποι συστημάτων να επικοινωνούν και να διαμοιράζουν δεδομένα.



---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 6

---

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ESB ΚΑΙ BPEL

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πάροχοι ιατρικής φροντίδας αντιμετωπίζουν συχνά το κίνητρο της ανάπτυξης και ολοκλήρωσης ποικίλων και γεωγραφικά απομακρυσμένων ΙΤ (*information technology*) συστημάτων, ώστε να ικανοποιήσουν τις προϋποθέσεις και να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες μοντέρνων τεχνολογιών. Υψηλά κόστη, περισσότερη πληροφορία και μεγαλύτερη προσαρμογή προς τους απαιτητούς κανόνες είναι μερικές από τις απαιτήσεις που τίθενται στους παρόχους ιατρικής φροντίδας, καθιστώντας απαραίτητη την πρόσβαση σε δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή και εικονικά από οπουδήποτε. Παράλληλα, οι ίδιοι οι πάροχοι ιατρικής

φροντίδας θα πρέπει να κρατούν τα δεδομένα αυτά ασφαλή και να τηρούν τους διαφόρους κανονισμούς, όπως αυτούς της HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*) [116]. Η HIPAA περιλαμβάνει τον Τίτλο II που αφορά σε κανόνες για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων υγείας, η οποία επιτυγχάνεται με τη δημιουργία προτύπων για τη χρήση και τη διάδοση της ιατρικής πληροφορίας μεταξύ των παρόχων ιατρικής φροντίδας.

Βάσει των παραπάνω, πολύτιμος χρόνος καταναλώνεται για τη βελτίωση της παροχής ιατρικής φροντίδας στους ασθενείς. Γίνεται κατ' επέκταση αναγκαία η εξέλιξη των συστημάτων, μέσω της τροποποίησης και της επέκτασης υπάρχουσας IT υποδομής. Η προσέγγιση που αναλύεται σε αυτό το κεφάλαιο αφορά στην εξέλιξη της διαδικασίας διανομής ιατρικής φροντίδας εντός και διαμέσου οργανωσιακών συνόρων. Κατόπιν παρουσιάζεται μια προσέγγιση που περιλαμβάνει συστήματα υγείας σχεδιασμένα βάσει της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής (SOA) με τη χρήση της τεχνολογίας ESB (*Enterprise Service Bus*) για την επίλυση θεμάτων ολοκλήρωσης και της γλώσσας BPEL (*Business Process Execution Language*) για την υποστήριξη απαιτήσεων συνεργασίας. Εξαιτίας των αυστηρών απαιτήσεων ασφάλειας ενός τέτοιου περιβάλλοντος, ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στην ανάπτυξη κατάλληλων μηχανισμών ασφάλειας που διαβεβαιώνουν την εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ολοκληρωμένες υπηρεσίες υγείας και ιατρικά δεδομένα.

Οι προκλήσεις των συστημάτων υγείας αφορούν στη διάθεση υψηλού επιπέδου ιατρικής φροντίδας με τρόπο αποδοτικό για το κόστος. Βέβαια, αυτό δεν είναι τόσο εύκολο από την άποψη ότι οι πάροχοι ιατρικής φροντίδας πρέπει να ισορροπούν την ιατρική φροντίδα μεταξύ επιχειρησιακής διαχείρισης, διαχείρισης απαιτήσεων, προσαρμογή στους κανονισμούς και συνεχή ιατρική εκπαίδευση, ενώ παράλληλα να ανταποκρίνονται στις νέες τάσεις και τις μοντέρνες τεχνολογίες [145]. Σε αυτό το περιβάλλον, η συνεισφορά των παρόχων IT συστημάτων μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ότι έχει σχέση με τη βελτίωση της ροής της πληροφορίας για τη φροντίδα των ασθενών, την παράλληλη βελτιστοποίηση των λειτουργιών και τη μείωση του κόστους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, σημαντικές πηγές επενδύθηκαν για την ανάπτυξη αυτών των πληροφοριακών συστημάτων που εκτός από το ότι είναι μεγάλα και πολύπλοκα, συχνά είναι απομακρυσμένα, αταίριαστα, ετερογενή και βασίζονται περισσότερο στη διαδικασία παραδοσιακής μετάδοσης, παρά στην υποστήριξη επιχειρησιακών διαδικασιών. Συνεπώς, η ολοκλήρωση αυτών των συστημάτων με έμφαση βέβαια στην επικοινωνία και τη συνεργασία μεταξύ τους είναι μια πρόκληση που αντιμετωπίζεται συχνά από τους παρόχους ιατρικής φροντίδας, αφού μπορεί να χρειάζεται η τροποποίηση και η επέκταση τους προκειμένου να ανταπεξέρχονται στις συνεχώς

μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και να οικειοποιούνται νέες και πιο μοντέρνες τεχνολογίες [120],[145]. Για την ικανοποίηση αυτής της πρόκλησης, πρέπει να σχεδιαστεί μια διαδικασία επέκτασης συστημάτων (*systems evolution process*) και να υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτύχει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων που πιθανόν να έχουν υλοποιηθεί στο παρελθόν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και με διαφορετικές τεχνολογίες, καθώς και να υποστηρίξει την αναπαράσταση της διαδικασίας διανομής ιατρικής φροντίδας.

Η επέκταση συστημάτων (*system evolution*) είναι μια επαναληπτική και επαυξητική διαδικασία που απευθύνεται στην ικανοποίηση των βασικών αναγκών των ασθενών, αλλά και στην προσαρμογή και λειτουργία κληρονομούμενων και υπαρχόντων συστημάτων [85]. Έχοντας μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, υπάρχει περίπτωση η επέκταση αυτή να μην αφορά απλά την εφαρμογή ενός συνόλου μικρών διαφοροποιήσεων, αλλά και την ανάπτυξη συστημάτων από μηδενικό σημείο. Η επέκταση των συστημάτων θα πρέπει να διασφαλίζει ότι οι αλλαγές είναι ικανές να δημιουργήσουν λειτουργικές δυνατότητες που θα εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των χρηστών. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η πολυπλοκότητα και η αστάθεια των απαιτήσεων των -μεγάλης κλίμακας- συστημάτων υγείας, καθώς και οι μεγάλες επενδύσεις κάνουν την επέκταση επιτακτική ανάγκη.

Τις πιο πολλές φορές, η απόφαση για την επέκταση των συστημάτων εξαρτάται από το εάν η υπάρχουσα αρχιτεκτονική συστημάτων και οι λειτουργίες τους ταιριάζουν στις τρέχουσες και προβλεπόμενες απαιτήσεις του υπό έρευνα τομέα. Επομένως, για την εξέλιξη υπαρχόντων συστημάτων, μεγαλύτερο βάρος δίνεται στην ανάγκη να ερευνηθεί το λειτουργικό πλαίσιο των συστημάτων, να αναπτυχθεί -όταν απαιτείται- αυτό το πλαίσιο και να χρησιμοποιηθεί από το σύστημα-στόχο. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το πλαίσιο που προαναφέρθηκε περιγράφεται από τις συστατικές του επιχειρησιακές διαδικασίες και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, οπότε η διαδικασία επέκτασης των συστημάτων έγκειται στο σχεδιασμό των συστημάτων βάσει του πως μπορεί να υποστηρίξει τις επιχειρησιακές διαδικασίες. Αυτό υποδεικνύει ότι οι υγειονομικοί οργανισμοί που θέλουν να εξελίξουν τα υπάρχοντα συστήματα τους πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση στο αρμονικό συνταίριασμα μεταξύ του συστήματος-στόχου και της διαδικασίας του λειτουργικού του πλαισίου.

Όταν υπάρχει το όραμα για ένα ολοκληρωμένο, διαδικασιοστρεφές σύστημα υγείας, οι κατασκευαστές τους (*developers*) θα πρέπει πρωτίστως να επιλύσουν ζητήματα ολοκλήρωσης όσον αφορά την επικοινωνία, διαβεβαιώνοντας ότι τα υπάρχοντα συστήματα που χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα μεταφοράς και μορφές δεδομένων μπορούν να ανταλλάσσουν την οποιαδήποτε πληροφορία. Επίσης, θα πρέπει να αποφασίζουν πως

υπάρχοντα συστήματα μπορούν να αλληλεπιδρούν για να υποστηρίξουν επιχειρησιακές διαδικασίες [183],[234]. Αναφορικά με τα παραπάνω, το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τη διαδικασία επέκτασης και την υλοποίηση ενός συστήματος υγείας που βασίζεται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική (Service-Oriented Architecture - SOA), ενώ χρησιμοποιεί την τεχνολογία ESB (*Enterprise Service Bus*) και τη γλώσσα BPEL (*Business Process Execution Language*) για την υποστήριξη της ολοκλήρωσης και της σύνθεσης συστημάτων.

## **6.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Ο ιατρικός τομέας απαιτεί πλέον βελτίωση της ποιότητας παροχής ιατρικής φροντίδας με παράλληλη μείωση του κόστους, οπότε απαιτείται η μεταφορά της φροντίδας από την οργανισμο-κεντρική κατάσταση σε ασθενο-κεντρική. Η μεταφορά αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με συντονισμό και συνεργασία των λειτουργικών μονάδων που μετέχουν στην παροχή της ιατρικής φροντίδας και ωθεί τους ιατρικούς οργανισμούς στην ανάπτυξη των υπάρχοντων συστημάτων τους, ώστε να παρέχουν ολοκληρωμένη πρόσβαση στα ιατρικά δεδομένα, ανεξαρτήτως τόπων και συνόρων, οπουδήποτε και αν βρίσκεται αυτά. Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική (SOA), ως μέθοδος για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση απομακρυσμένων συστημάτων παρουσιάζει έναν τρόπο για το πώς οι διάφορες επιχειρησιακές και τεχνολογικές αρχιτεκτονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να ολοκληρωθούν, καθώς και πώς η λειτουργικότητα των σύνθετων εφαρμογών μπορεί να μεταφερθεί σε μία πύλη (portal) ή σε μια μηχανή αναζήτησης ιστού (web browser). Επομένως, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική αποτελεί έναν πολλά υποσχόμενο στόχο για την εξέλιξη των συστημάτων παροχής ιατρικής φροντίδας, αφού όπως είναι γνωστό, η τεχνολογική ετερογένεια των ιατρικών οργανισμών είναι περισσότερο ο κανόνας, παρά η εξαίρεση [85],[120],[145].

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική συμβάλλει στην ευκολότερη και αποτελεσματικότερη ολοκλήρωση δεδομένων κι εφαρμογών, ευνοώντας την end-to-end ολοκλήρωση εφαρμογών μεταξύ και διαμέσου παρόχων ιατρικής φροντίδας και παρέχει ένα ευέλικτο μοντέλο που επιτρέπει στους ιατρικούς οργανισμούς να προσαρμόζονται γρήγορα και αποτελεσματικά στις περιβαλλοντολογικές αλλαγές [60],[182]. Δημιουργεί εφαρμογές από τη βάση, συνδέοντας μία ή περισσότερες υπηρεσίες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης, διαλειτουργικής και end-to-end διαδικασίας υγείας, όπως είναι για παράδειγμα μια ιατρική παραγγελία (*medical order*). Αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής εξαρτάται από το διαδίκτυο και είναι συνδυασμός της επιχειρησιακής αρχιτεκτονικής

(*business architecture*), της αρχιτεκτονικής εφαρμογών (*application architecture*) και της αρχιτεκτονικής λογισμικού (*software architecture*). Επιπροσθέτως, επιτρέπει στους χρήστες τη γρήγορη κι αποτελεσματική ανάπτυξη, επαναχρησιμοποίηση και επαναπροσδιορισμό αυτοματοποιημένων διαδικασιών ροής εργασίας (που ουσιαστικά είναι υπηρεσίες), καθώς μεταβάλλονται οι προτεραιότητες στο χώρο της ιατρικής φροντίδας, οι διαχειριστικές προϋποθέσεις ή οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες [81],[80],[165]. Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική, λοιπόν απαντά στην ανάγκη ανταλλαγής ιατρικής πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων παροχής ιατρικής φροντίδας στο διαδίκτυο, οπότε και αποτελεί την ιδανική αρχιτεκτονική βάση για τη συμμετοχή και περαιτέρω ανάπτυξη υπαρχόντων συστημάτων παροχής ιατρικής φροντίδας [38],[89],[196],[212].

Για να κατανοήσουμε σε βάθος την έννοια της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής και πως αυτή λειτουργεί μέσα σε ένα σύστημα, αναφέρουμε ότι οι απομακρυσμένες εφαρμογές παροχής ιατρικής φροντίδας μπορούν να θεωρηθούν ως υπηρεσίες που υποστηρίζουν καθορισμένες δραστηριότητες παροχής ιατρικής φροντίδας κι έχουν συγκεκριμένη λειτουργικότητα. Τοιουτοτρόπως, ένα περιβάλλον υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής έχει ανάγκη μια εύρωστη και ασφαλή υποδομή που θα μπορεί να συνδυάζει υπηρεσίες με στόχο την ικανοποίηση των μεταβαλλόμενων απαιτήσεων, αλλά και να συνθέτει τις υπάρχουσες ή και καινούριες εφαρμογές των υπηρεσιών [71]. Προς αυτή την οδό κινείται η εισαγωγή της υποδομής ESB (*Enterprise Service Bus*), η οποία συνδέει εφαρμογές και υπηρεσίες με τη δρομολόγηση μηνυμάτων μεταξύ αυτών, αλλά και διαθέτει τις υπηρεσίες για πρόσβαση ακόμη και από απομακρυσμένα συστήματα, καθώς κι επαναχρησιμοποίηση τους [20],[71].

Η υποδομή ESB αποτελεί το κατάλληλο περιβάλλον για τη φιλοξενία υπηρεσιών ιστού, λειτουργώντας ως μια δίοδος (*bus*) που συνδέει ποικίλες πηγές και διασφαλίζει ότι οι υπηρεσίες παρατίθενται μέσα σε αυτή βάσει προτυποποιημένων πρωτοκόλλων (παραδείγματος χάριν τα SOAP, HTTP και JMS). Έτσι, κάθε πελάτης (*client*) άμεσα με αυτές μπορεί να δημιουργήσει ή να μετατρέψει, αλλά και να δρομολογήσει αιτήσεις υπηρεσιών. Η ESB συνδέει αποτελεσματικά τόσο ήδη υπάρχουσες, όσο και καινούριες υπηρεσίες και συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος. Οπότε συντελεί και στην ανάπτυξη εικονικών εφαρμογών παροχής υπηρεσιών υγείας (*virtual healthcare applications*) ως ένα συνδεδεμένο και διαδικασιο-κεντρικό (*process-based*) σύνολο ανεξάρτητων υπηρεσιών που υπάρχουν εντός κι εκτός του υγειονομικού οργανισμού. Επίσης, εφαρμόζεται σε ένα σύνολο επιχειρησιακών προϋποθέσεων, όπως μια συνηθισμένη λύση λογισμικού, χωρίς όμως τη λογική που κρύβεται πίσω από τον κώδικα ανάπτυξης του. Η ESB διευκολύνει την διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων πλατφόρμων, συνενώνει -υπηρεσιοστρεφείς,

καθοδηγούμενες από τα συμβάντα και στρεφόμενες στα μηνύματα- αρχιτεκτονικές που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών κι έτσι παρέχει την τεχνολογική βάση για την ανάπτυξη υπαρχόντων συστημάτων παροχής ιατρικής φροντίδας, εντός ενός ολοκληρωμένου κι αποτελούμενου από ποικίλες περιφέρειες περιβάλλοντος [20],[71].

Σε μια υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική, οι υπηρεσίες και οι ενορχηστρώσεις τους (*service orchestrations*) αλληλεπιδρούν με υπηρεσίες που διανέμονται και διατίθενται διαμέσου κάθε υγειονομικού οργανισμού και μεταξύ διαφόρων υγειονομικών οργανισμών. Σε ένα συνδεδεμένο περιβάλλον παροχής ιατρικής φροντίδας (*federated healthcare environment*), στο οποίο οι υπηρεσίες διασχίζουν οργανωσιακά σύνορα ή σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον παροχής ιατρικής φροντίδας (*distributed healthcare environment*), όπου οι επικοινωνίες των υπηρεσιών συνενώνουν γεωγραφικά σύνορα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό τα δεδομένα, τα συμβάντα και οι οποιεσδήποτε αποκρίσεις να οδηγούνται στο κατάλληλο σημείο, την κατάλληλη στιγμή και βάσει συγκεκριμένων πολιτικών ασφάλειας, χωρίς να υπάρχει διαχείριση από πάνω.

Ως εκ τούτου, η ESB εκτός του να επιλύει ζητήματα ανάπτυξης κι ολοκλήρωσης, παρέχει την ικανότητα ενορχήστρωσης δραστηριοτήτων παροχής ιατρικής φροντίδας σε διαδικασίες, συνήθως μέσω της BPEL [183]. Η γλώσσα BPEL προσδίδει μια πλατφόρμα που είναι πρότυπη και βασισμένη στην XML και που εκφράζει την ακολουθία των συμβάντων και την λογική της συνεργασίας των επιχειρησιακών διαδικασιών, ενώ οι υποκείμενες υπηρεσίες παρέχουν τη λειτουργικότητα των διαδικασιών αυτών [67],[137],[242]. Κατά συνέπεια, σε μια προσέγγιση υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής που στοχεύει στην υποστήριξη διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας, η γλώσσα BPEL, όταν αυτή είναι εμπλουτισμένη με τους κατάλληλους μηχανισμούς ελέγχου πρόσβασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στη συνεργασία εντός και μεταξύ διαδικασιών.

Βάσει των παραπάνω, μια διαδικασία επέκτασης συστήματος (*system evolution process*) που βασίζεται σε μια διαδικασιοστρεφή SOA αποτελείται από τα εξής στάδια:

- ❖ Ανάπτυξη της περιγραφής διαδικασίας ενός υγειονομικού οργανισμού ή τμήματος του και προσδιορισμός των προϋποθέσεων υποστήριξης διαδικασιών, κατόπιν επίβλεψης, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων συνέργιας και συνεργασίας, οπότε και δημιουργία μιας γραφικής αναπαράστασης του τρόπου και της σειράς με την οποία εκτελούνται οι δραστηριότητες των διαδικασιών, στα πλαίσια μιας ανθρώπινης ροής εργασίας.

- ❖ Χαρτογράφηση των υπάρχοντων εφαρμογών συστημάτων στα μοντέλα των διαδικασιών, με τρόπο ώστε να διαφαίνονται οι μεταβολές, αναφορικά με το «τι είναι διαθέσιμο» και «τι είναι αναγκαίο» (αναφορικά με το ποιες εφαρμογές να παραμείνουν, ποιες να τροποποιηθούν ή να αναβαθμισθούν και ποιες να καταργηθούν), καθώς και ανάπτυξη παλαιών και νέων εφαρμογών ως υπηρεσίες που έχουν αποδοθεί σε δραστηριότητες διαδικασιών.
- ❖ Περιγραφή των υπηρεσιών μέσα στην BPEL μηχανή (*engine*), η οποία δημιουργεί ένα XML αρχείο που υποδεικνύει στο δρομολογητή μηνυμάτων (*message router*) – δίοδο υπηρεσιών (*service bus*), τους κανόνες που σχετίζονται με κάθε υπηρεσία και χρησιμοποιεί την υποδομή ESB ως δρομολογητή μηνυμάτων και μηχανή κανόνων που αξιολογεί μηνύματα, μετατρέπει δεδομένα και διασφαλίζει τη μεταφορά των μηνυμάτων μεταξύ συστημάτων και εν τέλει τη μετάδοση της πληροφορίας στην πύλη ή τη μηχανή αναζήτησης του χρήστη.

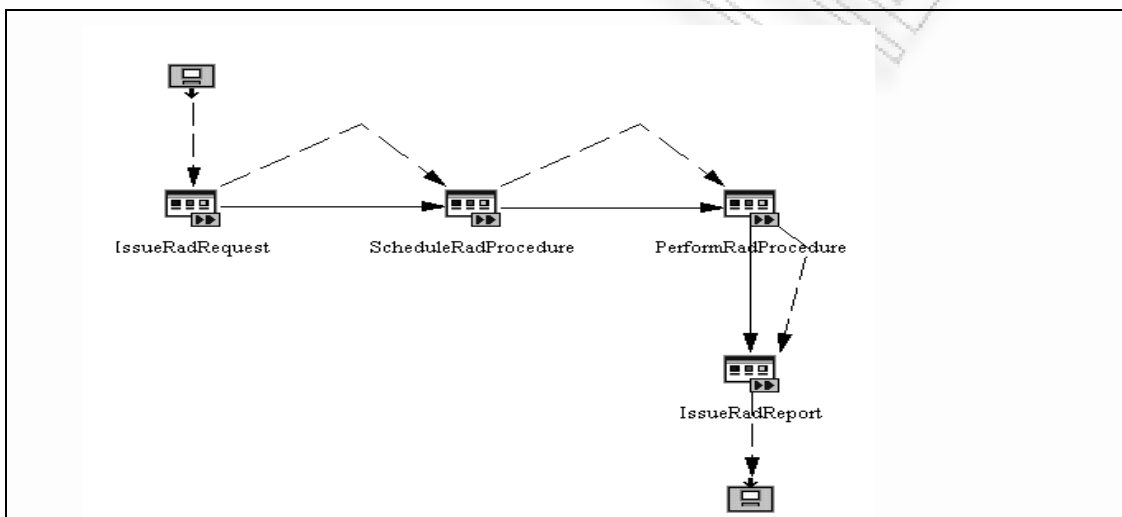
Η προσέγγιση που αναλύεται προτείνει μια εξελικτική κατεύθυνση, όπου η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική που υλοποιείται σε μια ESB/BPEL υποδομή λογισμικού γίνεται ζωτικής σημασίας ζήτημα στην υποστήριξη σχέσεων, όπως αυτές που υπάρχουν μεταξύ των υγειονομικών συστημάτων και του λειτουργικού τους περιεχομένου, των σχέσεων μεταξύ των ρόλων και των σχέσεων μεταξύ τμημάτων συστημάτων που εκφράζονται ως υπηρεσίες. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η προσέγγιση που μελετάται στην πορεία επικεντρώνεται στο προαναφερθέν τρίτο στάδιο.

### 6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Σε αυτή την παράγραφο περιγράφεται ένα παράδειγμα ενός έργου υλοποίησης που πραγματεύεται την αυτοματοποίηση διοργανωσιακών διαδικασιών υγείας που εκτείνονται στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης υγειονομικής περιφέρειας και στην ουσία αναλύει κι επεξηγεί τις τεχνικές όψεις της συγκεκριμένης προσέγγισης στο ζήτημα της εξέλιξης συστημάτων. Συγκεκριμένα, μια υγειονομική περιφέρεια αποτελείται από ένα γενικό νοσοκομείο κι από έναν αριθμό περιφερειακών νοσοκομείων και ιατρικών κέντρων. Συνήθως, οι ιατρικές διαδικασίες πραγματοποιούνται από ποικίλους παρόχους ιατρικής φροντίδας μέσα σε μια υγειονομική περιφέρεια, οπότε υπάρχει η ανάγκη διασφάλισης ότι η πρόσβαση στην πληροφορία του εκάστοτε ασθενή θα πραγματοποιείται μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες, όμως μόνο όταν απαιτείται. Το παράδειγμα διαδικασίας που χρησιμοποιείται αφορά σε ιατρικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται από ιατρικά κέντρα

προς νοσοκομεία και περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά συστήματα που βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες:

- ❖ Radiology Order System (*ROS*): ένα σύστημα που χειρίζεται την προώθηση ιατρικών εντολών μεταξύ υγειονομικών οργανισμών και παρατίθενται με τη μορφή υπηρεσίας ιστού.
- ❖ Radiology Report System (*RRS*): ένα σύστημα που διαχειρίζεται τις ακτινογραφίες και τις σχετικές ακτινολογικές αναφορές και το οποίο χρησιμοποιεί ένα JMS (Java Message Service) σύστημα αναμονής σε ότι έχει να κάνει με την επικοινωνία.
- ❖ Electronic Patient Record (*EMR*): ένα προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις σύστημα που διαχειρίζεται ιατρικά δεδομένα ασθενών και το οποίο έχει υλοποιηθεί σε Corba.



**Σχήμα 6-1:** Αναπαράσταση μιας ανώτερου επιπέδου άποψη της διαδικασίας ακτινολογικών εντολών

Υποθέτουμε μια διαδικασία υγείας που ξεκινάει με την αίτηση του ιατρού ενός ιατρικού κέντρου για μια ακτινολογική διεργασία σε ένα από τους ασθενείς του και τελειώνει με τη σύνταξη της ακτινολογικής αναφοράς από τον ακτινολόγο. Σε αυτή τη διαδικασία εμπλέκονται δύο ακτινολογικές μονάδες: το ιατρικό κέντρο και ακτινολογικό τμήμα του νοσοκομείου. Ο ακτινολόγος, προκειμένου να εκτελέσει την ακτινολογική αίτηση προσβαίνει το ανάλογο τμήμα του ηλεκτρονικού φακέλου του ασθενή και συντάσσει την ακτινολογική αναφορά, ενσωματώνοντας τις ακτινογραφίες και την εκτίμηση της κατάστασης, τα οποία στο σύνολο τους αποστέλλονται στον αιτούντα ιατρό. Το σχήμα 6-1 αναπαριστά μια ανώτερου επιπέδου άποψη της διαδικασίας υγείας που σχετίζεται με ακτινολογικές εντολές, ενώ η αναπαράσταση πραγματοποιείται με το εργαλείο IBM WebSphere Workflow Buildtime [122].



## 6.4 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η αρχιτεκτονική συστήματος που παρατίθεται περιγράφει μια διαδικασία επέκτασης που στηρίζεται σε μια υλοποίηση υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής πάνω σε υποδομή λογισμικού ESB/BPEL. Η επέκταση αυτή στόχο έχει την παροχή εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε ολοκληρωμένη πληροφορία ασθενή, κατά την εκτέλεση διαδικασιών υγείας που εκτείνονται στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας. Βάσει των παραπάνω, οι εφαρμογές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο συνθέτονται μέσα σε μια SOA, ώστε να χρησιμεύσουν ως ένα ενιαίο σύνολο.

Η ένωση των εφαρμογών συντελεί στη δημιουργία επιχειρησιακών διαδικασιών που στο σύνολο τους επιλύουν ποικίλα ζητήματα υλοποίησης και ολοκλήρωσης, εκθέτοντας κάθε εφαρμογή ως μια υπηρεσία ιστού κι έπειτα χρησιμοποιώντας τη γλώσσα BPEL για τη σύνθεση των υπηρεσιών σε επιχειρησιακές διαδικασίες. Η εικόνα 6-2 αποτελεί μια σχηματική αναπαράσταση των τεσσάρων βασικών συστατικών της αρχιτεκτονικής. Συγκεκριμένα, αυτά είναι:

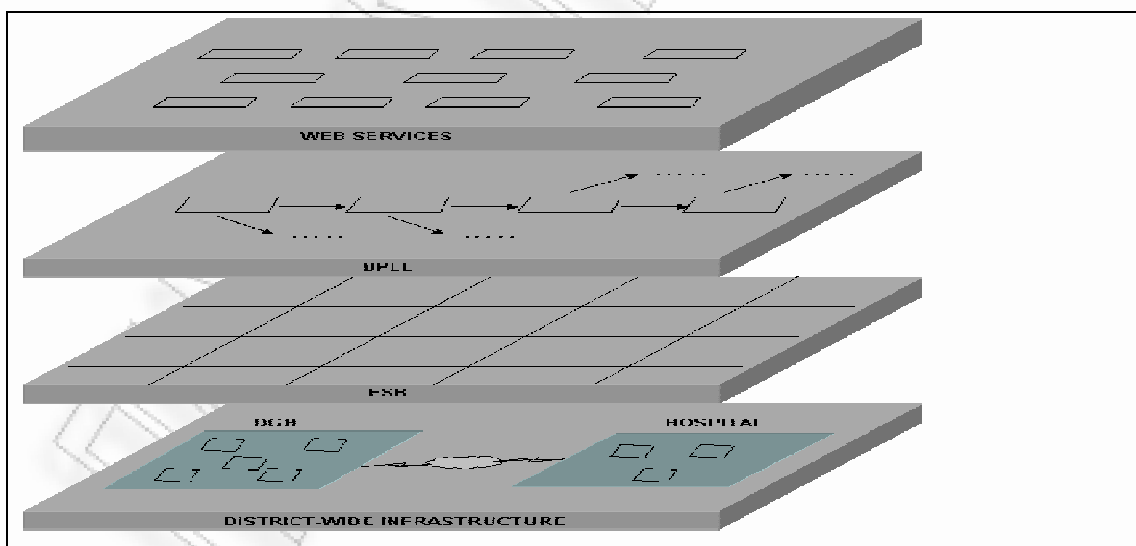
- ❖ Η υπάρχουσα IT υποδομή.
- ❖ Η ESB που περιλαμβάνει προσαρμογείς (*adapters*) για την έκθεση υπαρχόντων συστημάτων και την παροχή συνδεσιμότητας σε αυτά.
- ❖ Η BPEL μηχανή, η οποία αναλαμβάνει την επεξήγηση κι εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών που περιγράφονται σε BPEL και αυτό το επιτυγχάνει ενορχηστρώνοντας υπάρχουσες υπηρεσίες.
- ❖ Οι υπηρεσίες που αναπτύχθηκαν ή και δημιουργήθηκαν εξαρχής από υπάρχοντα συστήματα.

Σε αυτό το σημείο μπορεί να προστεθεί ένα πέμπτο συστατικό που αναπαριστά τον εξυπηρετητή εξουσιοδότησης (*authorization server*), ο οποίος διαχειρίζεται ποιος μπορεί να εκτελέσει τις διάφορες BPEL δραστηριότητες, ανάλογα βέβαια με το ρόλο του. Παραδείγματα τέτοιων BPEL δραστηριοτήτων είναι η ενεργοποίηση (*invocation*) μιας υπηρεσίας ή η ανάθεση μιας νέας τιμής σε ένα XML έγγραφο.

Στα πλαίσια της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, το σύστημα ROS είναι ήδη υλοποιημένο ως υπηρεσία ιστού κι επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη. Απαιτείται επιπλέον εργασία για την παρουσίαση των δύο άλλων συστημάτων ως υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, μια ESB παρέχει στους πελάτες (*clients*) τη δυνατότητα πρόσβασης στις υπηρεσίες μέσω του πρωτοκόλλου HTTP (ή και άλλων πρωτοκόλλων) και προωθεί τις αιτήσεις του εκάστοτε πελάτη στο σύστημα RRS, μέσω JMS (*Java Message Service*). Σε αυτό το πλαίσιο, νέες

δομές μηνυμάτων προσδιορίζονται μέσω ενός –βασισμένου σε CDA- XML σχήματος κι επιπλέον δημιουργούνται κανόνες μετατροπής για να μετατρέψουν την υπάρχουσα μορφή των εφαρμογών.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι μια υπηρεσία ιστού που βασίζεται σε ESB για το σύστημα RRS και δέχεται αιτήσεις, τις μετατρέπει πριν τις τοποθετήσει στην JMS ουρά κι επικοινωνεί με τις άλλες υπηρεσίες ιστού μέσω BPEL. Η εικόνα 6-3 παρουσιάζει τις BPEL δομές που προστέθηκαν για το σκοπό αυτό στα WSDL αρχεία. Η δομή PartnerLinkType προσδιορίζει το ρόλο κάθε συμμετέχοντα στη διαδικασία υγείας και το συνδέει με ένα δεδομένο *PortType* (παραδείγματος χάριν τον όρο WSDL για διεπαφές). Σε αυτό το παράδειγμα, η παρουσία ενός μοναδικού ρόλου υπονοεί μια σχέση πελάτη-εξυπηρετητή (*client-server*). Η εικόνα 6-3 παρουσιάζει επίσης, τον προσδιορισμό της ιδιότητας *RadProcCd* και μια ιδιότητα ψευδώνυμο που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εξαγωγή της τιμής της ιδιότητας από το μήνυμα εξουσιοδότησης. Τέλος, πρέπει να αναπτυχθεί το EMR σύστημα, το οποίο είναι βασισμένο σε Corba και για αυτό το λόγο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ESB οδηγός που να δημιουργεί αυτόματα την υπηρεσία ιστού, σχεδιάζοντας τη διεπαφή σε WSDL και δημιουργώντας την υπηρεσία ιστού από αυτή τη διεπαφή. Η υλοποίηση της υπηρεσίας δρα ως πελάτης (*client*) κατευθειάν στο σύστημα Corba ή μέσω μιας διεπαφής υπηρεσίας ιστού που δημιουργείται με τη βοήθεια της υποδομής ESB.



**Σχήμα 6-2:** Αναπαράσταση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής υλοποιημένης βάσει των ESB και BPEL

```
<plnk:PartnerLinkType name="RRSLinkType">
  <plnk:role name="serviceProvider">
    <plnk:PortType name="tns:RRS" />
  </plnk:role>
</plnk:partnerLinkType>
<bpws:property name="RadProcCd" type="xsd:string" />
<bpws:propertyAlias messageType="tns:authenticate" part="request"
propertyName="tns:RadProcCd "
query="/xsd1:EMRDetails/RadProcCd" />
```

**Σχήμα 6-3:** Παράθεση παραδείγματος των WSDL επεκτάσεων του BPEL

Η αρχιτεκτονική που προτάθηκε είναι συμβατή με το πρότυπο EN 12967 HISA (*Health Informatics Service Architecture*), το οποίο στοχεύει στην παροχή ενός μοντέλου αναφοράς (*reference model*) για IT υπηρεσίες παροχής ιατρικής φροντίδας, διευκολύνοντας τη δημιουργία, απόκτηση και χρήση διαλειτουργικών συστημάτων [43]. Με αυτό τον τρόπο, η ιατρική πληροφορία διαχωρίζεται πλήρως από τις εφαρμογές και γίνεται διαθέσιμη στις διάφορες μονάδες του πληροφοριακού συστήματος υγείας, όπου και όποτε απαιτείται.

## **6.5 ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ESB ΚΑΙ BPEL ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ**

### **6.5.1 Ανάλυση διαδικασίας επέκτασης συστήματος κι επιμέρους συστημάτων υγείας σε περιβάλλον πλέγματος**

Η προσέγγιση που ήδη περιγράφηκε δημιουργήθηκε για την ανάπτυξη υπαρχόντων συστημάτων προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, αποτελεί λοιπόν μια λύση που βασίζεται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική, αλλά παράλληλα και στην ενδιάμεση τεχνολογία ESB και στη γλώσσα BPEL για την ενορχήστρωση μεμονωμένων δραστηριοτήτων υγείας σε διαδικασίες υγείας. Κατά συνέπεια, μέσω της διαδικασίας επέκτασης που περιγράφηκε σε αυτό το κεφάλαιο, κατά πρώτους επιλύονται ζητήματα ολοκλήρωσης, σε επίπεδο επικοινωνίας, έτσι ώστε όλα τα συστήματα (υπάρχοντα ή μη) που χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα μεταφοράς και μορφές δεδομένων να μπορούν να ανταλλάσουν την ιατρική πληροφορία. Κατά δεύτερους, κι εφόσον τα ζητήματα επικοινωνίας έχουν υλοποιηθεί, τα διάφορα IT συστήματα μπορούν να αλληλεπιδράσουν, προκειμένου να υποστηρίξουν τις διαδικασίες υγείας. Έτσι, αποτέλεσμα της επέκτασης είναι μια διαλειτουργική διαδικασία κι ένα υπηρεσιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα υγείας.

Η περιγραφείσα προσέγγιση επεκτάθηκε, ώστε να συμπεριλάβει το ζήτημα της ασφάλειας όλων των συναλλαγών που πραγματοποιούνται στα πλαίσια οποιασδήποτε περίπτωσης παροχής ιατρικής φροντίδας. Η επέκταση των συστημάτων θα πρέπει να διασφαλίζει ότι οι αλλαγές θα δημιουργούν λειτουργικές δυνατότητες που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των χρηστών. Όμως, εκτός από τη διαδικασία επέκτασης συστημάτων (*systems evolution process*) που επιτυγχάνει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, σε αυτή την παράγραφο μελετώνται και οι προϋποθέσεις ασφάλειας που τίθενται κατά τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται, αφού το ζήτημα της ασφάλειας είναι εξαιρετικής σημασίας κριτήριο στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση της διαδικασίας επέκτασης συστήματος.

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, η ασφάλεια είναι ένα ζήτημα όπου πρέπει να δίνεται συνεχής προσοχή, αφού οι υγειονομικοί οργανισμοί έχουν δεσμευθεί να προστατεύουν τη μυστικότητα και την εμπιστευτικότητα, καθώς και να διασφαλίζουν την ασφάλεια ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων. Έτσι, οι κατασκευαστές-σχεδιαστές (*designers*) καλούνται να διαβεβαιώσουν την παροχή υπηρεσιών ολοκληρωμένης ιατρικής φροντίδας και αντικείμενων δεδομένων, καθώς και την εισαγωγή κανονισμών, ώστε να είναι εφαρμόσιμες στις τρέχουσες πρακτικές για έλεγχο πρόσβασης, μέσα στα σύνορα βέβαια των οργανισμών [35].

Όπως έχει προαναφερθεί, για την εξέλιξη υπαρχόντων συστημάτων, μεγαλύτερο βάρος δίνεται στη διερεύνηση του λειτουργικού πλαισίου των συστημάτων, την ανάπτυξη αυτού του πλαισίου, όταν αυτό απαιτείται και τη χρήση του από το σύστημα-στόχο. Το πλαίσιο αυτό συνήθως περιγράφεται από τις επιμέρους του επιχειρησιακές διαδικασίες και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, οπότε η διαδικασία επέκτασης των συστημάτων έγκειται στο σχεδιασμό των συστημάτων βάσει του πως μπορεί να υποστηρίξει τις επιχειρησιακές διαδικασίες και πως οι διαδικασίες αυτές μπορούν να διατεθούν σε εξουσιοδοτημένους χρήστες, με έναν τρόπο εξελικτικό-διεισδυτικό (*pervasive*). Αυτό υποδεικνύει ότι οι υγειονομικοί οργανισμοί που θέλουν να εξελίξουν τα υπάρχοντα συστήματα τους πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση στο αρμονικό συνταίριασμα μεταξύ του συστήματος-στόχου και του λειτουργικού του πλαισίου.

Όταν υπάρχει το όραμα για ένα εξελικτικό και διεισδυτικό (*pervasive*), ολοκληρωμένο (*integrated*), διαδικασιοστρεφές (*process-oriented*) σύστημα υγείας, οι κατασκευαστές τους (*developers*) θα πρέπει πρωτίστως να επιλύσουν ζητήματα ολοκλήρωσης όσον αφορά την επικοινωνία, διαβεβαιώνοντας ότι τα υπάρχοντα συστήματα που χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα μεταφοράς και μορφές δεδομένων μπορούν να ανταλλάσσουν την οποιαδήποτε

πληροφορία. Επιπροσθέτως, οι κατασκευαστές των συστημάτων θα πρέπει να αποφασίζουν πως υπάρχοντα συστήματα μπορούν να αλληλεπιδρούν για να υποστηρίξουν επιχειρησιακές διαδικασίες [183],[234] κι εντέλει να σχεδιάζουν ένα σημείο εισόδου (παραδείγματος χάριν μια *πύλη-portal*), μέσω του οποίου το ολοκληρωμένο σύστημα θα μπορεί να προσπελασθεί από εξουσιοδοτημένους χρήστες, όποτε και όπου απαιτείται, μέσω ασύρματων συσκευών και σύμφωνα με το περιεχόμενο της πληροφορίας.

Αναφορικά με τα παραπάνω, στις προηγούμενες παραγράφους του κεφαλαίου παρουσιάστηκε η διαδικασία επέκτασης και η υλοποίηση ενός συστήματος υγείας που βασίζεται στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική (*Service-Oriented Architecture - SOA*), χρησιμοποιεί την τεχνολογία ESB (*Enterprise Service Bus*) και τη γλώσσα BPEL (*Business Process Execution Language*) για την υποστήριξη της ολοκλήρωσης και της σύνθεσης συστημάτων. Σε αυτή την παράγραφο, η διαδικασία επέκτασης εξελίχθηκε με την εφαρμογή της σε περιβάλλον πλέγματος. Η τεχνολογία πλέγματος πραγματεύεται τις συνηθισμένες υπηρεσιοστρεφείς απαιτήσεις κλιμάκωσης (ιδιότητα πλέγματος επιπέδου υπηρεσίας), αλλά κι επιπρόσθετη λειτουργία του υπάρχοντος συστήματος (ιδιότητα πλέγματος επιπέδου πηγής). Κατόπιν τούτων, παρουσιάζεται μια υποδομή ασφάλειας που μελετάει τον έλεγχο της πρόσβασης στα πλαίσια ενός εξελικτικού-διεισδυτικού διαδικασιοστρεφούς συστήματος παροχής ιατρικής φροντίδας (*pervasive process-based healthcare system*) που είναι υλοποιημένο σε μια υποδομή πλέγματος.

Η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση της τεχνολογίας των υπηρεσιών ιστού, η οποία βασίζεται σε πρότυπα όπως είναι η XML, το WSDL, το UDDI and το SOAP [134]. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκαν πολλά κοινά μεταξύ των στόχων της τεχνολογίας πλέγματος (*grid computing*) και των προτερημάτων των υπηρεσιοστρεφών αρχιτεκτονικών που βασίζονται σε υπηρεσίες ιστού. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η πρόοδος που παρατηρήθηκε στην τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού και των προτύπων της έδωσε την ώθηση για τη μετάβαση της αρχιτεκτονικής των πλεγμάτων, από την απλή συνάθροιση τεχνολογιών (*stovepipe*) σε μια μορφή προτυποποιημένη, υπηρεσιοστρεφή και βασισμένη στις απαιτήσεις του οργανισμού, στον οποίο εφαρμόζεται το πλέγμα [218]. Ως εκ τούτου, η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική μπορεί να υποστηριχθεί από και να θεμελιωθεί βάσει υπηρεσιών ιστού, αλλά και τεχνολογιών πλέγματος. Η τεχνολογία των υπηρεσιών ιστού υποστηρίζει τη χρήση και την έκθεση της λειτουργικότητας κληρονομούμενων συστημάτων (*legacy systems*), όπως και την ανάπτυξη εφαρμογών από την αρχή, ώστε να παρέχεται η λειτουργικότητα των επιπρόσθετων συστημάτων. Η τεχνολογία πλέγματος, όχι μόνο δίνει λειτουργικότητα στα επιπρόσθετα συστήματα, μέσω των

εφαρμογών υπηρεσιών πλέγματος, αλλά επίσης υποστηρίζει την ανάπτυξη υπηρεσιοστρεφών (SOA) υλοποιήσεων, υψηλούς απόδοσης. Αυτό το επιτυγχάνει με τη χρήση πλεγμάτων επιπέδου υπηρεσιών που ικανοποιούν τις βασικές SOA απαιτήσεις κλιμάκωσης, όπως υψηλή διαθεσιμότητα (*high availability*), εξισορρόπηση του φόρτου με την κατανομή του σε πολλά συστήματα (*load-balancing*) κι αποθήκευση των δεδομένων σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο, στην περίπτωση που ασχολούμαστε με μια αρχιτεκτονική πολλών επιπέδων (*mid-tier caching*) [51].

Στην επέκταση της αρχιτεκτονικής των προηγούμενων παραγράφων, η διαδικασία επέκτασης συστήματος (*system evolution process*) βασίζεται σε μια διαδικασιολογική SOA κι εφαρμόζεται σε περιβάλλον πλέγματος, ενώ αποτελείται από τα τέσσερα στάδια:

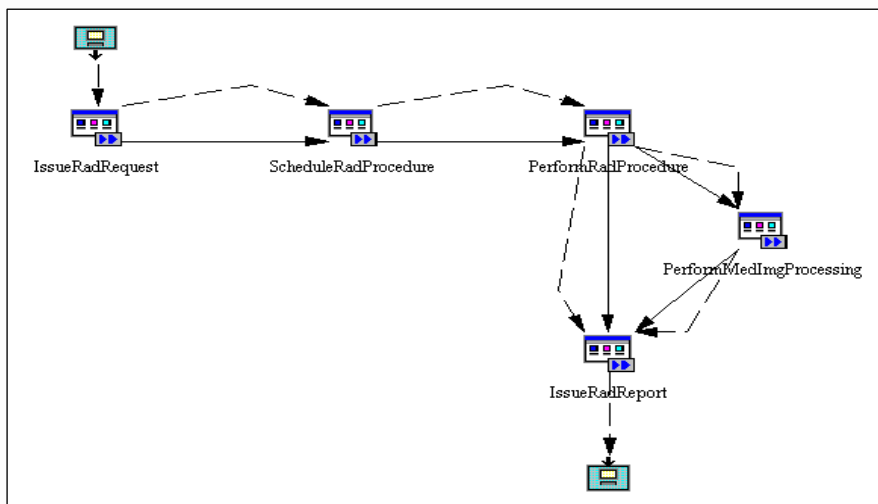
- ❖ Την ανάπτυξη της διαδικασίας ενός υγειονομικού οργανισμού ή τμήματος του και τον προσδιορισμό των προϋποθέσεων υποστήριξης διαδικασιών, οπότε και τη δημιουργία μιας γραφικής αναπαράστασης του τρόπου και της σειράς με την οποία εκτελούνται οι δραστηριότητες των διαδικασιών, στα πλαίσια μιας ανθρώπινης ροής εργασίας.
- ❖ Τη χαρτογράφηση των υαρχόντων εφαρμογών συστημάτων στα μοντέλα των διαδικασιών, με τρόπο ώστε να διαφαίνονται οι μεταβολές, αναφορικά με το «τι είναι διαθέσιμο» και «τι είναι αναγκαίο», αλλά και την ανάπτυξη παλαιών και νέων εφαρμογών ως υπηρεσίες ιστού ή πλέγματος που έχουν αναπτυχθεί πάνω στην υποκείμενη υποδομή πλέγματος κι έχουν αποδοθεί σε δραστηριότητες διαδικασιών. Η ανάπτυξη των εφαρμογών με τη χρήση των υπηρεσιών πλέγματος μπορεί να περιλαμβάνει τη συμμετοχή υαρχόντων βάσεων δεδομένων (παραδείγματος χάριν, εκθέτοντας το πλέγμα με τη δημιουργία υπηρεσιών βάσεων δεδομένων πλέγματος).
- ❖ Την περιγραφή των υπηρεσιών μέσα στην BPEL μηχανή (*engine*), η οποία δημιουργεί ένα XML αρχείο που υποδεικνύει στο δρομολογητή μηνυμάτων (*message router*) – δίοδος υπηρεσιών (*service bus*) τους κανόνες που σχετίζονται με κάθε υπηρεσία και χρησιμοποιεί την υποδομή ESB ως δρομολογητή μηνυμάτων και μηχανή κανόνων που αξιολογεί μηνύματα, μετατρέπει δεδομένα και διασφαλίζει τη μεταφορά των μηνυμάτων μεταξύ συστημάτων και εν τέλει τη μετάδοση της πληροφορίας στην πύλη ή τη μηχανή αναζήτησης του PDA (*Personal Digital Assistant*) του χρήστη. Συνεπώς, το μήνυμα είναι στην ουσία το πακέτο των δεδομένων που ζητήθηκαν από την υπηρεσία.
- ❖ Τον προσδιορισμό των ρίσκων ασφάλειας και ειδικά σε αναφορά με την εξουσιοδότηση και τον έλεγχο πρόσβασης που βγαίνουν στο προσκήνιο κατά τη διάρκεια της αναπαράστασης της ροής εργασίας και την επίκληση υπηρεσιών ιστού.

Κατόπιν τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των κατάλληλων μηχανισμών για την επιτυχή αντιμετώπιση αυτών των ρίσκων.

Η προσέγγιση που αναλύεται προτείνει μια εξελικτική κατεύθυνση, όπου η υπηρεσιοστρεφής αρχιτεκτονική που δημιουργείται μέσα σε ένα πλέγμα, υλοποιείται σε μια ESB/BPEL υποδομή λογισμικού και γίνεται ζωτικής σημασίας ζήτημα στην υποστήριξη σχέσεων, όπως αυτές που υπάρχουν μεταξύ των υγειονομικών συστημάτων και του λειτουργικού τους περιεχομένου, αυτές μεταξύ των ρόλων και αυτές μεταξύ τμημάτων συστημάτων που εκφράζονται ως υπηρεσίες. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η προσέγγιση που μελετάται στην πορεία επικεντρώνεται στο τρίτο και το τέταρτο στάδιο.

Η αναπαράσταση των τεχνικών πτυχών της προσέγγισης που αφορά στην εξέλιξη συστημάτων πραγματοποιείται με την αυτοματοποίηση διοργανωσιακών διαδικασιών υγείας που καλύπτουν μια υγειονομική περιφέρεια. Όπως και στην παράγραφο 6.3, έτσι και σε αυτή, η διαδικασία περιλαμβάνει τα τρία συστήματα που περιγράφηκαν πρωτίτερα, δηλαδή τα ROS (*Radiology Order System*), RRS (*Radiology Report System*) και EMR (*Electronic Medical Record*), αλλά κι ένα ακόμη, το MIPS (*Medical Image Processing System*), το οποίο είναι ένα σύστημα που διαχειρίζεται κι επεξεργάζεται ιατρικές εικόνες και το οποίο είναι μια υπηρεσία πλέγματος (*grid service*).

Σε αυτή την περίπτωση, κατά την πραγματοποίηση της ακτινολογικής εξέτασης, ως αποτέλεσμα της αίτησης ενός κλινικού ιατρού ενός ιατρικού κέντρου, ο ακτινολόγος επεξεργάζεται αρχικώς τις ακτινογραφίες και κατόπιν προσβαίνει τον ιατρικό φάκελο του ασθενή και προσθέτει μια ακτινολογική αναφορά, συμπεριλαμβάνοντας τόσο τις ακτινογραφίες, όσο και το ιατρικό του πόρισμα, το οποίο και αποστέλεται στον αιτούντα ιατρό. Το σχήμα 6-4 αποτελεί υψηλού επιπέδου γραφική αναπαράσταση της ακτινολογικής αίτησης και της πραγματοποίησης της από τον ακτινολόγο, ενώ όπως παρατηρούμε η διαφορά από την αντίστοιχη αναπαράσταση του σχήματος 6-1 αφορά στην προσθήκη της δραστηριότητας *PerformMedImgProcessing* και περιγράφει την επεξεργασία των ακτινογραφιών από τον ακτινολόγο.



**Σχήμα 6-4:** Υψηλού επιπέδου θεώρηση της διαδικασίας υγείας που αφορά σε ακτινολογικές εντολές

Αναφορικά με την αρχιτεκτονική, η διαδικασία υγείας του σχήματος 6-4 βγάζει στο προσκήνιο διάφορες απαιτήσεις, αναφορικά με τη συνεργασία μεταξύ των προαναφερθέντων συστημάτων:

- ❖ Την έκθεση κληρονομούμενων συστημάτων: αφορά στη δημιουργία υπηρεσιών ιστού που περικλείουν τη λογική των κληρονομούμενων εφαρμογών
- ❖ Τη δυνατότητα δημιουργίας πλέγματος από τις υπηρεσίες ιστού με την έκθεση ποικίλων συστημάτων: οι υπηρεσίες που εσωκλείουν τη λογική τόσο κληρονομούμενων, όσο και καινούριων εφαρμογών επικρατούν σε περιβάλλον πλέγματος, αφού αναπτύσσονται στους κόμβους πλέγματος (*grid node*) της υποδομής πλέγματος (*grid infrastructure*), ενώ κάθε υγειονομικός οργανισμός μέσα σε μια υγειονομική περιφέρεια αποτελεί κι έναν κόμβο πλέγματος
- ❖ Την ολοκλήρωση συστήματος: αφορά στην ολοκλήρωση κληρονομούμενων ή νέων συστημάτων που μπορούν να δημιουργήσουν υπηρεσίες, ενώ η ολοκλήρωση αυτή μπορεί να γίνει μέσω ενός λογισμικού ESB/BPEL.

Αναφορικά με την εξουσιοδότηση, η διαδικασία υγείας του σχήματος 6-4 φέρνει στην επιφάνεια μια προϋπόθεση που σχετίζεται με την εκτέλεση διεργασιών και ονομάζεται περιορισμένη εκτέλεση διεργασίας (*restricted task execution*). Σύμφωνα με αυτή, σε συγκεκριμένες συνθήκες οι υποψήφιοι για την εκτέλεση ενός στιγμιότυπου διεργασίας θα πρέπει να προσδιορίζονται δυναμικά και να είναι είτε υποομάδα των εξουσιοδοτημένων χρηστών, είτε ένας μοναδικός εξουσιοδοτημένος χρήστης. Για παράδειγμα, η αίτηση για την εκτέλεση της ακτινολογικής διαδικασίας ενός ασθενή που συντάσσεται από έναν κλινικό



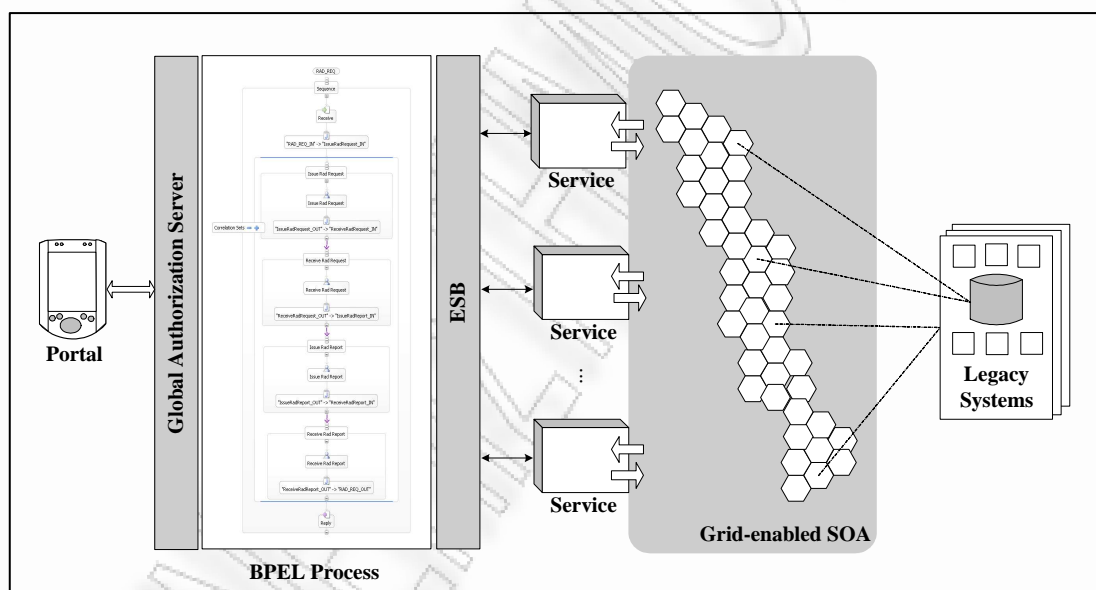
γιατρό, δρομολογείται μονάχα στην υποομάδα των ακτινολόγων που είναι σε υπηρεσία. Ένας από τους ακτινολόγους που κατέχουν την αντίστοιχη υπο-ειδικότητα θα πρέπει να αναλάβει την ακτινολογική εξέταση, οπότε και συντάσσει την ακτινολογική αναφορά, την οποία δρομολογεί μόνο στον αιτούντα κλινικό ιατρό.

Η παραπάνω προϋπόθεση υπαινίσσεται το γεγονός ότι οι άδειες που δίνονται στους συμμετέχοντες στη διαδικασία υγείας για πρόσβαση τους στα δεδομένα, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το γενικό πλαίσιο της εκτέλεσης της διαδικασίας. Συγκεκριμένα, η πληροφορία που αφορά στο πλαίσιο (*contextual information*) και που διατίθεται κατά την στιγμή της πρόσβασης σε αυτή, όπως η εγγύτητα (*proximity*), η τοποθεσία (*location*) και η χρονική στιγμή (*time*) μπορεί να επηρεάσει την απόφαση εξουσιοδότησης, σχετικά με το αν επιτρέπεται σε έναν χρήστη να εκτελέσει μια διεργασία ή όχι. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι η προϋπόθεση αυτή έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ευέλικτη και ακριβή ως προς τον προσδιορισμό της πολιτική ελέγχου πρόσβασης, η οποία παράλληλα ικανοποιεί και τη συνθήκη των ελαχίστων προνομίων (*least privilege principle*). Αν και έχουμε αναλύσει σε προηγούμενο κεφάλαιο αυτή την αρχή, ας κάνουμε σε αυτό το σημείο μια συνοπτική περιγραφή της. Κάθε αξιόπιστο σύστημα ιατρικής φροντίδας πρέπει να διασφαλίζει ότι η πληροφορία του ασθενή μπορεί να προσπελασθεί από εξουσιοδοτημένους χρήστες με εξουσιοδοτημένους τρόπους. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, αυτό επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό ποιού (ως προς το ρόλο) μπορεί να προσπελάσει την πληροφορία του ασθενή, με ποιο τρόπο και κάτω υπό ποιες συνθήκες. Σε αυτό το σημείο εισάγεται η έννοια της αρχής των ελαχίστων προνομίων [41],[48]. Η αρχή αυτή συντελεί στο συγχρονισμό της ροής εργασίας με τη ροή εξουσιοδότησης για τη διασφάλιση ότι οι άδειες πρόσβασης των δεδομένων δίδονται μονάχα για τη διάρκεια εκτέλεσης της εκάστοτε διεργασίας, επιτρέποντας στους χρήστες να λαμβάνουν το μικρότερο -απαιτητό για την εκτέλεση της διεργασίας - ρόλο (ή τις λιγότερες άδειες πρόσβασης δεδομένων που ανατίθενται στο συγκεκριμένο ρόλο).

### 6.5.2 Αρχιτεκτονική συστήματος στα πλαίσια ενός περιβάλλοντος πλέγματος

Η αρχιτεκτονική συστήματος που παρατίθεται περιγράφει μια διαδικασία επέκτασης που στηρίζεται σε μια υλοποίηση υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής πάνω σε μια υποδομή λογισμικού ESB/BPEL που η διαφορά της από την αρχιτεκτονική της παραγράφου 6.4 είναι ότι υλοποιείται σε περιβάλλον πλέγματος. Το σχήμα 6-5 αποτελεί μια σχηματική αναπαράσταση των πέντε βασικών συστατικών της αρχιτεκτονικής. Συγκεκριμένα, αυτά είναι:

- ❖ Η υπάρχουσα IT υποδομή (κληρονομούμενα συστήματα – *legacy systems*).
- ❖ Η ESB που περιλαμβάνει προσαρμογείς (*adapters*) για την παρουσίαση υπαρχόντων συστημάτων και τη σύνδεση τους.
- ❖ Η BPEL μηχανή που αναλαμβάνει την επεξήγηση και την εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών που περιγράφονται σε BPEL, το οποίο και επιτυγχάνει με την ενορχήστρωση υπάρχουσων υπηρεσιών.
- ❖ Οι υπηρεσίες ιστού ή πλέγματος (*grid*) που αναπτύχθηκαν ή και δημιουργήθηκαν εξ αρχής από υπάρχοντα συστήματα και αναπτύχθηκαν στους σχετικούς κόμβους πλέγματος της υποκειμένης υποδομής πλέγματος.
- ❖ Ο εξυπηρετητής εξουσιοδότησης (*authorization server*), ο οποίος διαχειρίζεται ποιος μπορεί να εκτελέσει τις διάφορες BPEL δραστηριότητες, ανάλογα βέβαια με το ρόλο του. Πιο αναλυτικά παραδείγματα τέτοιων BPEL δραστηριοτήτων είναι η ενεργοποίηση (*invocation*) μιας υπηρεσίας ή η ανάθεση μιας νέας τιμής σε ένα XML έγγραφο.



**Σχήμα 6-5:** Αναπαράσταση των βασικών συστατικών της αρχιτεκτονικής του συστήματος, υλοποιημένης σε περιβάλλον πλέγματος

Στα πλαίσια της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, εκτός από το σύστημα ROS που είναι ήδη υλοποιημένο ως υπηρεσία ιστού κι επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη και από την υλοποίηση των RRS και EMR που πραγματοποιήθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο απαιτείται επιπλέον εργασία για την παρουσίαση του συστήματος MIPS ως υπηρεσία. Το MIPS υλοποιήθηκε ως υπηρεσία πλέγματος που στην ουσία είναι μια ομάδα από υπηρεσίες ιστού ανεπτυγμένες στους κόμβους μιας υποδομής πλέγματος. Το σύστημα βασίζεται στο OGSA-DAI (*Open Grid Services Architecture – Data Access and Integration*) που είναι μια

επέκταση του πλαισίου OGSA (*OGSA framework*) και το οποίο επιτρέπει πρόσβαση και ολοκλήρωση δεδομένων ιατρικών εικόνων ετερογενών πηγών δεδομένων.

Οι υπηρεσίες ιστού που αφορούν στα συστήματα ROS, RRS και EMR θα πρέπει να μεταβληθούν σε υπηρεσίες πλέγματος και αυτό πραγματοποιείται με την ανάπτυξη τους στους σχετικούς κόμβους πλέγματος (συστατικά υπολογιστών που υπάρχουν στα πλαίσια υγειονομικών περιβαλλόντων), συνθέτοντας την υποκείμενη υποδομή πλέγματος. Έτσι, οι συνθήκες υπηρεσιοστρεφείς απαιτήσεις κλιμάκωσης, όπως είναι η υψηλή διαθεσιμότητα (*high availability*), η εξισορρόπηση του φόρτου με την κατανομή του σε πολλά συστήματα (*load-balancing*) και η αποθήκευση των δεδομένων σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο, όταν ασχολούμαστε με μια αρχιτεκτονική πολλών επιπέδων (*mid-tier caching*) μπορούν να ικανοποιηθούν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Όπως έχει προαναφερθεί η αρχιτεκτονική που προτάθηκε είναι συμβατή με το πρότυπο EN 12967 HISA (*Health Informatics Service Architecture*), το οποίο στοχεύει στην παροχή ενός μοντέλου αναφοράς (*reference model*) για IT υπηρεσίες παροχής ιατρικής φροντίδας, διευκολύνοντας τη δημιουργία, απόκτηση και χρήση διαλειτουργικών συστημάτων [43]. Με αυτό τον τρόπο, η ιατρική πληροφορία διαχωρίζεται πλήρως από τις εφαρμογές και γίνεται διαθέσιμη στις διάφορες μονάδες του πληροφοριακού συστήματος υγείας, όπου και όποτε απαιτείται. Η αξιολόγηση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής πραγματοποιείται μέσω της ανάπτυξης ενός πειραματικού και πρότυπου συστήματος, το οποίο περιέχει ένα μόνο κομμάτι της λειτουργικότητας που έχει παρουσιαστεί παραπάνω.

### 6.5.3 Περιγραφή της υποδομής ασφάλειας

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική συστήματος απαιτεί τον εμπλουτισμό μηχανισμών ασφάλειας, οι οποίοι αφορούν στην εξουσιοδότηση και τον έλεγχο της πρόσβασης σε διεργασίες που αποτελούν BPEL διαδικασίες, οπότε και σε υπηρεσίες ιστού/πλέγματος που παρουσιάζονται από αυτές, αφού κάθε διεργασία παρουσιάζει/εκθέτει ακριβώς μία υπηρεσία ιστού/πλέγματος. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική πραγματεύεται τα παραπάνω ζητήματα ασφάλειας, μέσω του προτεινόμενου πλαισίου ασφάλειας, το οποίο αποτελείται από μια σφαιρική υπηρεσία ελέγχου πρόσβασης που έχει τοποθετηθεί σε έναν εξυπηρετητή στο γενικό νοσοκομείο της περιφέρειας (*DGH- District General Hospital*) και από μια τοπική υπηρεσία ελέγχου ασφάλειας που έχει τοποθετηθεί σε κάθε υγειονομικό οργανισμό μέσα στην υγειονομική περιφέρεια. Συγκεκριμένα, παρακάτω αναλύεται ο μηχανισμός του ελέγχου πρόσβασης και της διαχείρισης της πληροφορίας του πλαισίου (*contextual information*).

### **A. Ανάλυση του μηχανισμού ελέγχου πρόσβασης**

Στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική, ο έλεγχος της πρόσβασης παρέχεται σε επίπεδο BPEL διεργασιών, μέσω ενός σφαιρικού εξυπηρετητή εξουσιοδότησης (*global authorization server*). Θεωρείται ότι οι τοπικοί εξυπηρετητές εξουσιοδότησης ενσωματώνονται στα κληρονομούμενα συστήματα. Επομένως, οι κανόνες εξουσιοδότησης του σφαιρικού εξυπηρετητή εξουσιοδοτήσεων σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να είναι συμβατοί με αυτούς των τοπικών εξυπηρετητών εξουσιοδότησης. Ο προτεινόμενος μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης είναι βασισμένος στο ενδιάμεσο επίπεδο (*middleware-based*), καθώς χρησιμοποιείται για να μεσολαβεί μεταξύ υποκειμένων (επαγγελματίες υγείας) και αντικειμένων (BPEL διεργασιών), αλλά και για να αποφασίζει εάν θα επιτρέπεται ή όχι η πρόσβαση ενός δεδομένου υποκειμένου σε ένα δεδομένο αντικείμενο, λαμβάνοντας υπόψη το τρέχον πλαίσιο. Πιο συγκεκριμένα, ο μηχανισμός αυτός θα αποτελείται από μια εξωτερική –από την BPEL μηχανή- υπηρεσία ελέγχου πρόσβασης, η οποία θα ρυθμίζει την πρόσβαση του εκάστοτε χρήστη στις διεργασίες και μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση της JAAS (*Java Authentication and Authorization Service*) [127].

Ο μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης βασίζεται στην GSI (*Grid Security Infrastructure*) που πρωτύτερα ονομαζόταν Globus Security Infrastructure και είναι ένας όρος για μυστική, αλλοιωμένη και εξουσιοδοτημένη επικοινωνία μεταξύ λογισμικών σε ένα περιβάλλον πλέγματος. Αντίστοιχα, η ασφαλή και αυθεντικοποιημένη επικοινωνία πραγματοποιείται με τη χρήση της ασύμμετρης κρυπτογράφησης (*asymmetric encryption*). Αναλυτικότερα, η GSI χρησιμοποιεί τα πιστοποιητικά CAS (*Community Authorization Service*) που συντάσσονται από τους επαγγελματίες υγείας σε έναν CAS εξυπηρετητή, τοποθετημένο στο Γενικό Περιφερειακό Νοσοκομείο (*DGH - District General Hospital*). Τα πιστοποιητικά αυτά προσδιορίζουν τις αναθέσεις ρόλων σε χρήστες (*user-to-role assignments*) με τη μορφή ισχυρισμών ασφάλειας που εκφράζονται στη γλώσσα SAML (*Security Assertion Markup Language*) [185], ενώ συνοδεύουν κάθε αίτηση για εκτέλεση διεργασίας. Οι ρόλοι που ανατίθενται και χρησιμοποιούνται στα πιστοποιητικά αυτά θα πρέπει να είναι λειτουργικοί κι έτσι θα πρέπει να παραμένουν αμετάβλητοι, μέχρι να λήξει το πιστοποιητικό, καθώς είναι ανεξάρτητοι των περιορισμών που επικρατούν κατά τη χρονική στιγμή που επιχειρείται η πρόσβαση.

Η απεικόνιση των προαναφερθέντων ρόλων στις αντίστοιχες άδειες πραγματοποιείται μέσω πολιτικών ελέγχου πρόσβασης που εκφράζονται με τη χρήση του προφίλ RBAC της γλώσσας XACML (*eXtensible Access Control Markup Language*). Οι πολιτικές αυτές καθορίζονται στην τοποθεσία που βρίσκεται ο στόχος-αντικείμενο (διεργασία), ο οποίος συνηθίζεται να

φιλοξενείται στην BPEL μηχανή του Γενικού Περιφερειακού Νοσοκομείου και συντελούν στην παραγωγή των αδειών που θα πρέπει να αποκτήσει ένα υποκείμενο, προκειμένου να εκτελέσει τη διεργασία. Συγκεκριμένα, κατά τη σύνταξη της αίτησης για την εκτέλεση μιας διεργασίας, οι ρόλοι που περιλαμβάνονται στο πιστοποιητικό CAS, το οποίο συνοδεύει την αίτηση πρόκειται να εξαχθούν, ενώ οι σχετικές άδειες που αφορούν στην πρόσβαση στις BPEL διεργασίες πρόκειται να προσδιορισθούν με τη χρήση ενός αρχείου, το οποίο με τη σειρά του αποθηκεύει τις πολιτικές XACML [179]. Επίσης, το αρχείο αυτό τοποθετείται στον ίδιο εξυπηρετητή του Γενικού Περιφερειακού Νοσοκομείου, στον οποίο βρίσκεται και η μηχανή BPEL. Έπειτα, κατά την εκτέλεση της διεργασίας συντάσσεται μια αίτηση για την επίκληση της υποκείμενης υπηρεσίας ιστού.

Στην περίπτωση που προστίθεται περαιτέρω λειτουργικότητα στο σύστημα με την ύπαρξη – δημιουργούμενων από το OGSA-DAI- υπηρεσιών βάσεων δεδομένων πλέγματος (*grid database services*), απαιτείται μια υπηρεσία ελέγχου πρόσβασης που εμπλουτίζει τον μηχανισμό της με την προσθήκη χαρακτηριστικών γνώσης του γενικού πλαισίου (*context-aware*). Ο μηχανισμός αυτός θα βρίσκεται σε κάθε υγειονομικό περιβάλλον (για παράδειγμα σε έναν κόμβο πλέγματος) και θα ενεργοποιείται κατά την εκτέλεση της διεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, όταν συντάσσεται μια αίτηση για επίκληση των υποκείμενων υπηρεσιών βάσεων δεδομένων πλέγματος, θα συνοδεύεται απαραίτητα από το ίδιο CAS πιστοποιητικό, με το οποίο έγινε η επίκληση της αίτησης για την εκτέλεση της διεργασίας. Οι ρόλοι που εξάγονται από το πιστοποιητικό αυτό θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των σχετικών αδειών που αφορούν στις υπηρεσίες βάσεων δεδομένων πλέγματος, με τη χρήση XACML πολιτικών, οι οποίες αποθηκεύονται σε ένα αρχείο σε κάθε κόμβο πλέγματος (π.χ. υγειονομικός οργανισμός), παρέχοντας το τμήμα της αιτούμενης ιατρικής πληροφορίας. Σε αυτό το σημείο, να αναφέρουμε ότι και στις δύο υπηρεσίες ελέγχου πρόσβασης (διαχείριση της πρόσβασης σε BPEL διεργασίες και υπηρεσίες βάσεων δεδομένων πλέγματος αντίστοιχα), οι άδειες μεταβάλλονται δυναμικά, αναλόγως βέβαια των περιορισμών που τίθενται από το τρέχον γενικό πλαίσιο.

## **B. Διαχείριση της Πληροφορίας του Πλαισίου**

Στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική, η πληροφορία που αφορά στο υπόβαθρο (*contextual information*) προσδιορίζεται από ένα προκαθορισμένο σύνολο χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τον χρήστη (παραδείγματος χάριν το πιστοποιητικό χρήστη, σχέση χρήστη/ασθενή), το περιβάλλον (παραδείγματος χάριν η τοποθεσία πελάτη και η χρονική στιγμή της επιχειρούμενης πρόσβασης) και τον πάροχο πηγών δεδομένων που φιλοξενεί τα χαρακτηριστικά αυτά που είναι ο υγειονομικός οργανισμός (παραδείγματος χάριν η τοπική

πολιτική ασφάλειας). Για να γίνει πιο κατανοητό ως παραθέσουμε ένα παράδειγμα, όπου ένας κλινικός ιατρός αιτείται μια ακτινολογική διαδικασία, μέσω του PDA του. Οι άδειες του κλινικού ιατρού προσαρμόζονται από την ταυτότητα του (συμπεριλαμβανομένου και του CAS πιστοποιητικού), την τοποθεσία και τη χρονική στιγμή της πρόσβασης, καθώς και από την πολιτική ασφάλειας κάθε υγειονομικού οργανισμού, στον οποίο έχει αποθηκευθεί το τμήμα της ζητηθείσας πληροφορίας.

Η πληροφορία του γενικού πλαισίου (*context information*) συγκεντρώνεται από ένα διαχειριστή που ονομάζεται Διαχειριστής Πλαισίου (*Context Manager*) και υλοποιείται ως σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (*multi-agent system*) σε JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*) [126]. Έτσι ο διαχειριστής αυτός μπορεί να αποτελείται από δύο είδη πρακτόρων:

- ❖ Τον πράκτορα ασύρματου πελάτη (*Wireless Client Agent*) που φιλοξενείται σε κάθε PDA και διαχειρίζεται το πλαίσιο του χρήστη και του περιβάλλοντος
- ❖ Τον πράκτορα ολοκλήρωσης υπηρεσίας (*Service Integration Agent*) που φιλοξενείται σε έναν εξυπηρετητή στο Γενικό Περιφερειακό Νοσοκομείο και διαχειρίζεται τις άδειες των χρηστών σε ότι έχει να κάνει με BPEL διεργασίες.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται υπηρεσίες βάσεων δεδομένων πλέγματος για την παροχή επιπρόσθετης λειτουργικότητας στο σύστημα, απαιτείται ένα τρίτο είδος πράκτορα που θα φιλοξενείται σε έναν εξυπηρετητή στην τοποθεσία όπου βρίσκεται κάθε – συμμετέχοντα στη διαδικασία υγείας- υγειονομικού οργανισμού και θα διαχειρίζεται τις άδειες των χρηστών σε ότι αφορά τις υπηρεσίες βάσεων δεδομένων πλέγματος. Κάθε πράκτορας χρησιμοποιεί ενδιάμεσες υπηρεσίες συλλογής του γενικού υπόβαθρου κι αλληλεπιδρά με μια μηχανή κατάστασης που υποστηρίζει το υποσύνολο αδειών κάθε ρόλου. Η μηχανή αυτή αποτελείται από μεταβλητές που κωδικοποιούν την κατάσταση (άδειες κάθε ρόλου), αλλά και συμβάντα που την μετατρέπουν. Τη χρονική στιγμή που επιχειρείται η πρόσβαση σε μια διεργασία, ο σχετικός πράκτορας δημιουργεί ένα συμβάν που ενεργοποιεί μια αλλαγή στην μηχανή κατάστασης. Επίσης, να προσθέσουμε ότι όλοι οι πράκτορες αντιλαμβάνονται τις αλλαγές στο γενικό πλαίσιο του χρήστη και του περιβάλλοντος.

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική επιτρέπει τη χρήση του πλέγματος, αφού χρησιμοποιεί την ασύμμετρη τεχνολογία για την παροχή πρόσβασης σε ολοκληρωμένες υπηρεσίες υγείας, όταν αυτές είναι αναγκαίες και την τεχνολογία του ενδιάμεσου επιπέδου πλέγματος (*grid middleware*), τόσο για να απευθυνθεί στις συνήθεις υπηρεσιοστρεφείς απαιτήσεις κλιμάκωσης, όσο και για να συμπληρώσει την υπάρχουσα λειτουργικότητα του συστήματος.

Ως ανακεφαλαίωση όσων αναλύσαμε παραπάνω, να πούμε ότι το αποτέλεσμα της επέκτασης που περιγράφηκε είναι μια διαδικασία που είναι διαλειτουργική και λειτουργεί μέσα σε πλέγμα, αλλά κι ένα υπηρεσιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα που μπορεί να είναι προσβάσιμο μέσω μιας πύλης, η οποία προορίζεται για χρήση σε PDA. Ο μηχανισμός ασφάλειας που μελετήθηκε για χρήση του στο υπηρεσιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα, απευθύνεται στην εξυπηρέτηση διαφόρων ζητημάτων ασφάλειας (εξουσιοδότηση, έλεγχος πρόσβασης).

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 7

---

## ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ

### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο επιτυχής σχεδιασμός των διαδικασιών υγείας (*healthcare processes*) που ουσιαστικά εκφράζει τη συλλειτουργική και συναδελφική μορφή της παροχής ιατρικής φροντίδας, απαιτεί ενεργό συμμετοχή των χρηστών. Είναι αναγκαίο οι χρήστες να εφοδιαστούν με επαναχρησιμοποιήσιμο, εύρωστο και προσαρμόσιμο υλικό εκπαίδευσης, ώστε να ειδικευθούν στο σχεδιασμό διαδικασιών ιατρικής φροντίδας και στις αυτοματοποιημένες δραστηριότητες. Η επαναχρησιμοποίηση της γνώσης είναι ένα ζήτημα μείζονος σημασίας στο σχεδιασμό υλικού εκπαίδευσης που αφορά στη μοντελοποίηση διαδικασιών, αφού ενθαρρύνει τους χρήστες να συμμετάσχουν ενεργά στο σχεδιασμό/επανασχεδιασμό δραστηριοτήτων που δραστηριοποιούνται ή και μεταβάλλονται από τις ανάγκες του συνεχώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος. Σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι το υλικό αυτό προσφέρει σημαντικά



προτερήματα, τόσο στο σχεδιαστή (γνώση – επαναχρησιμοποίηση περιεχομένου και απόδοση δυνατότητας σημασιολογικής προσέγγισης - σημασιολογικού ιστού), όσο και στο χρήστη (σημασιολογική αναζήτηση, πλοήγηση σε γνώση και διάδοση της). Η πρωτότυπη προσέγγιση σχεδιασμού υλικού εκπαίδευσης βασίζεται στην εξωτερίκευση του πεδίου της γνώσης με τη μορφή –βασισμένων σε οντολογίες- δικτύων γνώσης (παραδείγματος χάριν σενάρια εκπαίδευσης που εξυπηρετούν όμως συγκεκριμένες ανάγκες εκπαίδευσης), ώστε αυτή η γνώση να είναι επαναχρησιμοποιήσιμη.

Τα τελευταία χρόνια, η διαχείριση των επιχειρηματικών διαδικασιών αναδείχθηκε ως μια πολύ καλή μέθοδος εκπαίδευσης που σχετίζεται με τη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο επικοινωνούν και εξελίσσονται οι επιχειρηματικές διαδικασίες σε διάφορα πεδία εφαρμογής, όπως είναι ο τραπεζικός τομέας, ο ιατρικός, ο τεχνολογικός και ο λογιστικός [68],[145],[163],[205]. Τα θέματα στα οποία απευθύνεται η διαχείριση των επιχειρηματικών διαδικασιών αφορούν σε θεματικές περιοχές, όπως η μοντελοποίηση επιχειρηματικών διαδικασιών (*business process modeling*), η εξόρυξη διαδικασιών (*process mining*) και η διαχείριση ροών εργασίας (*workflow management*). Συγκεκριμένα, η μοντελοποίηση επιχειρηματικών διαδικασιών πραγματοποιείται τον σχεδιασμό νέων διαδικασιών ή την ανάλυση ήδη υπάρχοντων, με αρχικό στόχο τον επανασχεδιασμό τους και αργότερα τη βελτίωση των μεθόδων εργασίας [199]. Η εξόρυξη των διαδικασιών διευκολύνει τον προσδιορισμό των διαδικασιών στην καταγραφή της απόδοσης τους (*log*), η οποία είναι διαθέσιμη για ανάγνωση από πολλούς οργανισμούς, με αποτέλεσμα να μπορεί να υποστηριχθεί ο σχεδιασμός και ο επανασχεδιασμός των διαδικασιών [76]. Εν τέλει, η διαχείριση ροών εργασίας χρησιμοποιείται για την αυτοματοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών και πραγματοποιείται με τη συνολική απεικόνιση της συνεργασίας και του συντονισμού διαθέσιμων πηγών, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά και το φόρτο εργασίας των συμμετεχόντων σε αυτή τη διαδικασία [110]. Συνεπώς, η μοντελοποίηση επιχειρηματικών διαδικασιών αποτελεί βασική προϋπόθεση, τόσο για την εξόρυξη διαδικασιών, όσο και για τη διαχείριση ροών εργασίας.

### **7.1.1 Διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας – στόχοι**

Η τάση που υπάρχει στον τομέα της ιατρικής φροντίδας της ταυτόχρονης μείωσης κόστους και της βελτίωσης ποιότητας οδήγησε σε μια στροφή από την οργανισμο-κεντρική στην ασθενο-κεντρική φροντίδα, απαιτώντας ενσωμάτωση λειτουργικών μονάδων, με εμπλουτισμό του συντονισμού και της συνεργασίας μεταξύ απομακρυσμένων υγειονομικών οργανισμών. Με αυτό τον τρόπο, δόθηκε μεγαλύτερη προσοχή στο σχεδιασμό μοντέλων

διαδικασιών για την παροχή ιατρικής φροντίδας και στην ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας που υποστηρίζουν ενδο-/δια- οργανωσιακές διαδικασίες ιατρικής φροντίδας [10],[29],[157],[192],[234].

Τα μοντέλα διαδικασιών ιατρικής φροντίδας μετατρέπουν τη γνώση που υπονοείται σε ποικίλες διαδικασίες ιατρικής φροντίδας σε σαφώς προσδιορισμένη, μέσω της εξωτερίκευσης της, με αποτέλεσμα οι υγειονομικοί οργανισμοί να αξιολογούν και να βελτιώνουν τις διαδικασίες τους [177],[201]. Επιπροσθέτως, η μοντελοποίηση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας είναι μια πολύ σημαντική δραστηριότητα της διαχείρισης διαδικασιών ιατρικής φροντίδας και αφορά στην ανάπτυξη εφαρμογών που ακολουθούν απευθείας τη λογική εκτέλεσης της υποκείμενης διαδικασίας ιατρικής φροντίδας. Στην πραγματικότητα, οι προϋποθέσεις που τίθενται από το περιβάλλον μπορεί να ενεργοποιήσουν μια εποικοδομητική αλληλεπίδραση μεταξύ χρηστών και αναλυτών, η οποία να οδηγήσει στον προσδιορισμό ενός αριθμού μοντέλων διαδικασιών ιατρικής φροντίδας με διαφορετικούς στόχους και διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης στην αναπαράστασή τους. Ως εκ τούτου, ένας σημαντικός παράγοντας στη διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας είναι η απόδοση κι ενδυνάμωση της δυνατότητας ενεργούς συμμετοχής χρηστών, αφού οι τελευταίοι πρέπει να αναλογίζονται τις δραστηριότητες τους όχι μεμονωμένα, αλλά ως συστατικά στοιχεία των διαδικασιών ιατρικής φροντίδας. Συνεπώς, αυτό που πρέπει να γίνει είναι να τους δοθεί η γνώση, ώστε να ειδικευθούν στον προσδιορισμό και την αυτοματοποίηση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας [235].

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι για να έχουμε ενεργό συμμετοχή χρηστών στη διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας πρέπει εν πρώτοις, να αλλάξει η αντίληψη των χρηστών σε ότι αφορά την εργασία τους (από λειτουργιο-στρεφής σε διαδικασιο-στρεφής) κι εν δεύτεροι να κατανοήσουν σε βάθος κάθε δραστηριότητα ιατρικής φροντίδας [24]. Πράγματι, η συμμετοχή του χρήστη υποστηρίχθηκε από πολλές μελέτες, ως τρόπος για τη διασφάλιση των πραγματικών αναγκών των χρηστών και για την αποδοχή από τον χρήστη του καινούριου συστήματος [49],[77]. Η βασική διαφωνία αυτών των μελετών σε ότι έχει να κάνει με τη συμμετοχή των χρηστών αφορούσε στο γεγονός ότι οι χρήστες που αναμείχθηκαν στη διαδικασία ανάπτυξης συστημάτων μπορεί να επηρεάσουν τις αποφάσεις του σχεδιασμού και της υλοποίησης σύμφωνα με τις δικές τους επιθυμίες και ανάγκες, οδηγώντας σε ένα σύστημα που οι ίδιοι θεωρούν χρησιμοποιήσιμο και χρήσιμο και σε μια στρατηγική υλοποίησης που οι ίδιοι θεωρούν κατάλληλη για τη συγκεκριμένη κατάσταση. Αυτό μπορεί να έχει θετικές, αλλά και αρνητικές επιπτώσεις, ωστόσο αυτό που επιζητείται είναι οι χρήστες

να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στο καινούριο σύστημα, ώστε να αυξήσουν τη πιθανότητα επιτυχίας του.

### **7.1.2 Πρόβλημα έρευνας**

Παράλληλα με την υιοθέτηση κοινόκτητης προσέγγισης για τη διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας, βγήκε στο προσκήνιο η ανάγκη για το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή κατάλληλων μαθημάτων εκπαίδευσης χρήστη, με σκοπό την επάρκεια των χρηστών, ώστε να μπορούν να είναι ενεργά μέλη της ομάδας διαχείρισης διαδικασιών. Η επάρκεια του χρήστη δεν αφορά μόνο στο να τον βοηθήσει να κάνει τη γνώση του πιο σαφή, αλλά παράλληλα να δημιουργήσει καινούρια γνώση και να συλλάβει νέες ιδέες [47],[109],[200]. Συγκεκριμένα, τα σωστά οργανωμένα μαθήματα εκπαίδευσης των χρηστών θα πρέπει να τους βοηθούν στα εξής:

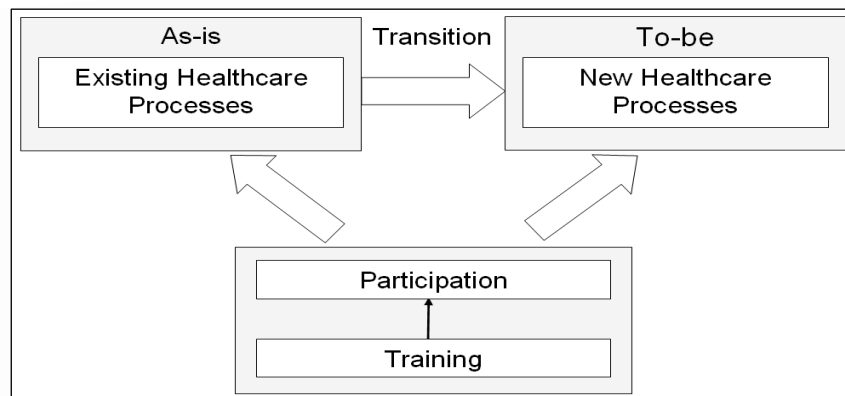
- ❖ στην κατανόηση της διαδικασιοστρεφούς παροχής ιατρικής φροντίδας, στη νοερή σύλληψη των ενδο- και διαλειτουργικών διαδικασιών ιατρικής φροντίδας,
- ❖ στην αφομοίωση της εγγενούς (έμφυτης) λογικής που βρίσκεται κάτω από υπάρχουσες διαδικασίες και
- ❖ στον προσδιορισμό των περιοχών, στις οποίες χρειάζεται ο επανασχεδιασμός και ο εκσυγχρονισμός ήδη υπάρχουσών διαδικασιών για την προσαρμογή στο σύγχρονο, πολύπλοκο και δυναμικό ιατρικό περιβάλλον [240],[246].

Η ανάπτυξη ενός διαδικασιοστρεφούς πληροφοριακού συστήματος υγείας ουσιαστικά αφορά στον επανασχεδιασμό υπάρχοντων διαδικασιών υγείας, με στόχο τη στροφή από την παραδοσιακή σε μια συλλειτουργική και συνεργατική επεξεργασία [192]. Σε αυτό το πλαίσιο, οι συμμετέχοντες στη διαδικασία ασκούν επιρροή με το να μεταδίδουν τη γνώση τους και την εμπειρία τους στη δραστηριότητα διαχείρισης της διαδικασίας. Για παράδειγμα, θεωρούμε μια διαδικασία ιατρικής φροντίδας που περιλαμβάνει ακτινολογικές αιτήσεις από τους ιατρούς ιατρικών κέντρων προς εκτέλεση από το ακτινολογικό τμήμα ενός νοσοκομείου. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την εγγραφή μιας ακτινολογικής αίτησης από τον ιατρό ενός ιατρικού κέντρου, την παραλαβή και τον προγραμματισμό της ακτινολογικής αίτησης από τον ακτινολόγο, την μεταφορά του ασθενή στο ακτινολογικό τμήμα βάσει του προγράμματος εξετάσεων, την εκτέλεση της ακτινολογικής διαδικασίας από τον ακτινολόγο στον οποίο ανατέθηκε η διαδικασία, τη μετάφραση των αποτελεσμάτων και τέλος την αποστολή της ακτινολογικής αναφοράς στον ιατρό.

Αυτές οι διοργανωσιακές διαδικασίες παροχής ιατρικής φροντίδας (*inter-organizational healthcare processes*) που στην ουσία αποτελούν διαδικασίες που εκτείνονται πέρα από σύνορα του οργανισμού αποτελούν τη βάση για ένα περιβάλλον συνεργασίας, αφού συνδέουν γεωγραφικά διασκορπισμένους επαγγελματίες υγείας. Αυτό που λοιπόν δίνει αξία σε μια τέτοιας μορφής διαδικασία υγείας είναι η δυνατότητα δημιουργίας εικονικών ομάδων εργασίας παροχής ιατρικής φροντίδας που οργανώνονται βάσει των υγειονομικών αναγκών. Σε γενικές γραμμές, με την ανταλλαγή γνώσεων βελτιώνεται η υποστήριξη αποφάσεων (*decision making*) και η ποιότητα της παρεχόμενης ιατρικής φροντίδας [10],[157]. Η γνώση που περιλαμβάνεται σε αυτές τις διαδικασίες υγείας (παραδείγματος χάριν ροή δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανόμενες πηγές, φυσική τοποθεσία, απαιτήσεις συντονισμού) και το περιεχόμενο των δεδομένων πρέπει να αποσαφηνίζονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, ώστε οι χρήστες να κατανοούν τις απαιτήσεις του καινούριου περιβάλλοντος συνεργασίας και να συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη του.

Το σχήμα 7-1 παρουσιάζει τη μεταφορά από τις υπάρχουσες στις ανασχεδιασμένες διαδικασίες υγείας, δηλαδή από την υπάρχουσα στη μελλοντική κατάσταση, όπου η εκπαίδευση του χρήστη δίνεται ως μια πολύ σημαντική δραστηριότητα για την ενεργή του συμμετοχή, διαμέσου της δραστηριότητας διαχείρισης διαδικασίας (παραδείγματος χάριν στην ανάλυση υπάρχουσών διαδικασιών και στο σχεδιασμό νέων). Οπότε, η εκπαίδευση χρήστη δεν υποδηλώνει μια απευθείας διαδικασία, αφού μια -απαραίτητη σε κάθε στάδιο εκπαίδευσης- ενέργεια ελέγχου μπορεί να περιλαμβάνει συνεχή επανάληψη.

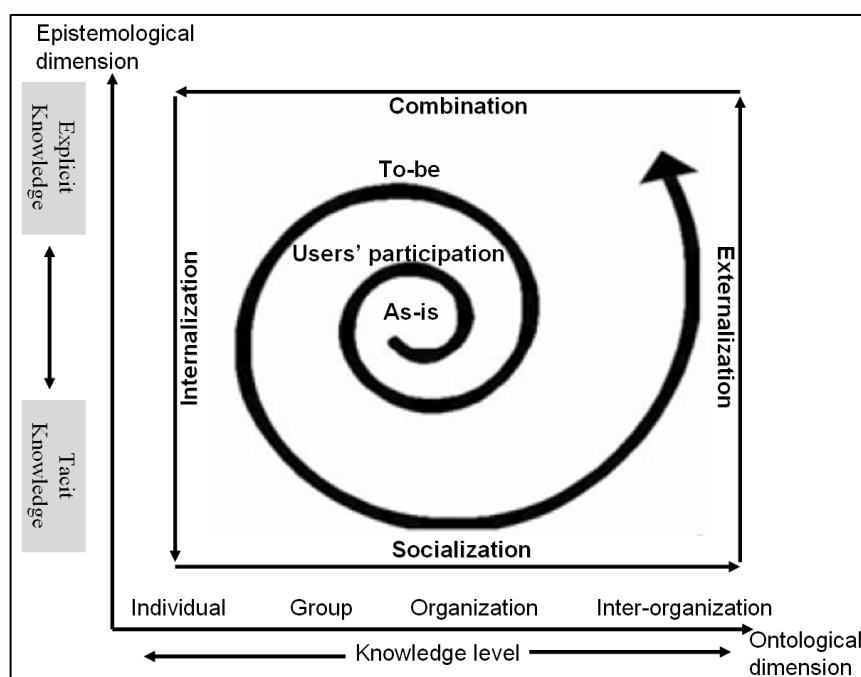
Συνεπώς, η έρευνα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού βοηθήματος που θα δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να κατανοούν τις έννοιες της μοντελοποίησης διαδικασιών υγείας, με σκοπό τον εμπλουτισμό και την ενδυνάμωση της χρήστη-προς-αναλυτή αλληλεπίδρασης, στα πλαίσια της ανάπτυξης ενός διαδικασιοστρεφούς πληροφοριακού συστήματος υγείας. Συγκεκριμένα, σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα – βασισμένο σε οντολογίες- δίκτυο γνώσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τη σημασιολογική αναπαράσταση των εννοιών μιας διαδικασίας υγείας κι επομένως, ως μέσο για την ανάπτυξη του κατάλληλου βοηθήματος εκπαίδευσης. Ακόμη, παρουσιάζεται ένα εικονογραφημένο παράδειγμα ενός οντολογικού δικτύου γνώσης, σε ότι αφορά μια διαδικασία υγείας.



**Σχήμα 7-1:** Συμμετοχή του χρήστη μέσω εκπαίδευσης στον επαναπροσδιορισμό των διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας

## 7.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΒΟΗΘΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ

Το προτεινόμενο μοντέλο αναπτύσσεται βάσει των αρχών που τέθηκαν από διάφορες πρωτοβουλίες που αφορούν στο σημασιολογικό ιστό, οι οποίες έχουν ως κοινό ότι εστιάζουν στον εμπλουτισμό της παρούσας τεχνολογίας ιστού με μεταδεδομένα που είναι κατανοητά από τα μηχανήματα [30]. Τα μεταδεδομένα αυτά αποθηκεύονται σε οντολογίες [102] και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του σημασιολογικού ιστού (*semantic web*), αφού εκφράζουν τις έννοιες σε μια πιο λογική μορφή. Οι υπηρεσίες ιστού είναι υπηρεσίες με πολλά επίπεδα, ικανές να αξιοποιήσουν τη σημασιολογία που παρέχεται από τις περιγραφές αυτών των δεδομένων, ώστε να επεκτείνουν τις δυνατότητες της τεχνολογίας ιστού [224]. Το όραμα του σημασιολογικού ιστού συνδυάστηκε με τις αρχές της τροποποίησης γνώσης, ώστε να παραχθεί ένα θεωρητικό μοντέλο διαδικασιών ηλεκτρονικής μάθησης (*e-learning process*) [172],[256], εμπλουτίζοντας έτσι την κοινωνία της δημιουργίας γνώσης (*knowledge-creating company*) με το όραμα του SLO (*Semantic Learning Organization*) [215].



Σχήμα 7-2: Ανάπτυξη οργανωσιακής γνώσης μέσω της συμμετοχής χρηστών

Στην ουσία, η ενεργή συμμετοχή χρήστη που καθίσταται εφικτή μέσω της εκπαίδευσης του θεωρείται ένα σπείραλ δημιουργίας γνώσης που αναδεικνύεται όταν προάγεται δυναμικά η αλληλεπίδραση μεταξύ υπονοούμενης και σαφούς γνώσης, από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα οντολογικά επίπεδα. Η εικόνα 7-2 απεικονίζει γραφικά τον τρόπο με τον οποίο η υπονοούμενη – ασαφής γνώση ενός ατόμου μετατρέπεται σε σαφή γνώση από τους αναλυτές διαδικασιών υγείας. Διαδοχικά, αυτή η γνώση εμπλουτίζεται ώστε να μετατραπεί σε γνώση της ομάδας, μέσω της εκπαίδευσης της, δίνοντας κατά συνέπεια τη δυνατότητα στις ομάδες χρηστών να συμμετέχουν στην ανάπτυξη νέων συστημάτων, σε συνεργασία βέβαια με τους αναλυτές. Οι νέες διαδικασίες υγείας που σχεδιάζονται αναπαριστούν την οργανωσιακή γνώση σε ενδο-οργανωσιακές δραστηριότητες διαδικασιών και τη διοργανωσιακή γνώση σε διοργανωσιακές δραστηριότητες διαδικασιών, αντίστοιχα.

### 7.2.1 Σχεδιασμός οντολογίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο τρίτο κεφάλαιο, οι οντολογίες είναι συλλογές από έννοιες (γενικές), στιγμιότυπα εννοιών (συγκεκριμένες) και σχέσεις μεταξύ τους [87]. Σε αυτές τις έννοιες, στιγμιότυπα και σχέσεις δίνουν κάποια χαρακτηριστικά, προκειμένου να προσδιορισθεί το περιεχόμενο του δικτύου γνώσεων. Επιπροσθέτως, οι δομές των οντολογιών (παραδείγματος χάριν έννοιες, σχέσεις και στιγμιότυπα) μπορούν να προσδιορισθούν με όρους, προσδιορισμούς, αξιώματα και περιορισμούς που εκφράζονται

στον επιθυμητό βαθμό διατύπωσης, στοιχεία που θεωρούνται ικανά να χαρακτηρίσουν το πεδίο γνώσης στον επιθυμητό βαθμό λεπτομέρειας [100]. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ερωτήματα ή να απαντήσουν σε αυτά, να κάνουν ισχυρισμούς, να προσφέρουν διορατικότητα, να περιγράψουν μεθόδους και να διερευνήσουν σημαντικά θέματα.

Η ανάπτυξη μιας οντολογίας συνήθως είναι από πάνω προς τα κάτω διαδικασία, η οποία αρχίζει από το υψηλότερο σημείο αφαίρεσης και ολοκληρώνεται στο χαμηλότερο που θεωρείται κατάλληλο για την οντολογική δημιουργία διαδικασίας [62],[64],[162]. Για παράδειγμα, σε μια οντολογική ανάπτυξη διαδικασίας θα πρέπει να θεωρηθούν τρία επίπεδα ανάλυσης: η ανώτερη οντολογία, η οποία περιλαμβάνει τις βασικές έννοιες και σχέσεις, η ενδιάμεση οντολογία που περιλαμβάνει πιο λεπτομερείς έννοιες και σχέσεις και η κατώτερη, η οποία εμπεριέχει όλες τις αναγκαίες έννοιες, στιγμιότυπα και σχέσεις για την επίτευξη του στόχου της οντολογίας.

### **7.2.2 Δίκτυα γνώσης στην εκπαίδευση με χρήση σημασιολογικού ιστού**

Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα βοηθήματα εκπαίδευσης είναι στην ουσία συλλογές από αντικείμενα πολυμέσων, τα οποία είναι ομαδοποιημένα ιεραρχικά (π.χ. σε μονάδες και υπομονάδες), έχουν αποκτήσει ευρετήριο κι αναζητούνται μέσω υπερδεσμών (*hyperlinks*), ώστε να καλύπτουν πολλές ανάγκες εκπαίδευσης. Ωστόσο, τα βοηθήματα αυτά παρέχονται μόνο για τη διαχείριση και την αναδόμηση των αντικειμένων πολυμέσων για τη δημιουργία του υλικού για την εκπαίδευση που θα εξυπηρετήσει συγκεκριμένες ανάγκες του πεδίου γνώσης. Επομένως, αυτή η γνώση θα πρέπει να εκφραστεί και να γίνει σαφής από το χρήστη για να διαδοθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.

Η προσέγγιση που προτείνεται σε αυτό το κεφάλαιο δίνει τη δυνατότητα σε εξειδικευμένους στο πεδίο της διανομής ιατρικής φροντίδας (*domain of healthcare delivery*) να εξωτερικεύσουν και να εκφράσουν τη γνώση του πεδίου σε μορφή –βασισμένων σε οντολογίες- δικτύων γνώσεων (σενάρια εκπαίδευσης που εξυπηρετούν συγκεκριμένες ανάγκες εκπαίδευσης) κι έτσι να την κάνουν επαναχρησιμοποιήσιμη. Αναλυτικότερα, η βασική δομή της προσέγγισης αυτής είναι μια οντολογία συγκεκριμένου πεδίου, η οποία αιχμαλωτίζει τη σχετική γνώση. Συνεπώς, τα σενάρια εκπαίδευσης συνδυάζουν δομές οντολογιών με υποστηρικτικά αντικείμενα πολυμέσων, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν σε βάθος το πεδίο γνώσης. Η προσέγγιση βασίζεται στη θεωρία του Sowa για την αντίληψη και την αίσθηση του χρήστη, σε ότι αφορά τη διαδικασία

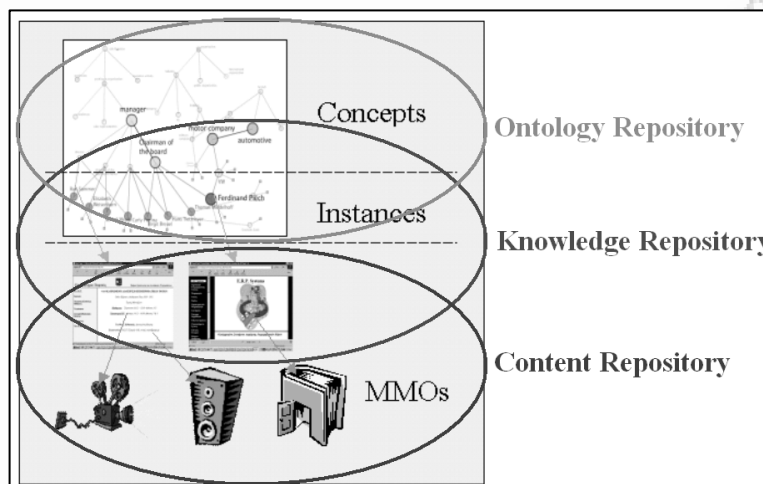
δημιουργίας ενός μοντέλου που αναπαριστά και μεταφράζει δεδομένα (*sensory input - mosaic of percepts*) στη μορφή ενός αφηρημένου γραφήματος (*conceptual graph*) [178],[216]. Έτσι, η κατανόηση του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να μοντελοποιηθεί από τον εκπαιδευόμενο ως μια διαδικασία δύο επιπέδων: (α) την ανάλυση μιας υποδιαδικασίας, όπου το υλικό χωρίζεται σε επιμέρους έννοιες και (β) τη σύνθεση υποδιαδικασίας, όπου οι έννοιες σχετίζονται με άλλες που μπορούν να βρεθούν είτε στο ίδιο εκπαιδευτικό υλικό, είτε σε άλλο υλικό που ο εκπαιδευόμενος έχει ήδη αναλύσει πρωτότερα, ώστε να σχηματίσει πιο περίπλοκες μορφών γραφημάτων (εννοιολογικά γραφήματα). Άμεσο επακόλουθο είναι ότι οι έννοιες δεν ανακαλύπτονται, αλλά δημιουργούνται κι επίσης ότι το εκπαιδευτικό υλικό έχει νόημα μόνο όταν συσχετίζεται με άλλο υλικό, όπως ακριβώς αλληλοσυνδέονται κώδικες και συστήματα στο μυαλό των εκπαιδευόμενων.

Κατά το σχεδιασμό ενός εκπαιδευτικού βοηθήματος που βασίζεται σε οντολογίες, ο κύριος στόχος είναι η αναπαράσταση της γνώσης να αναφέρεται με σαφή τρόπο στο πεδίο εφαρμογής, ώστε να γίνει επαναχρησιμοποιήσιμη. Έτσι, οι ειδικοί στον τομέα καταγράφουν τη γνώση τους σε όρους οντολογίας και την αποθηκεύουν στην αποθήκη οντολογιών (*ontology repository*). Κάθε δομή οντολογίας μπορεί να καταγραφεί μόνο μια φορά, ενώ μπορεί να διατεθεί σε οποιοδήποτε σενάριο εκπαίδευσης. Επιπροσθέτως, οποιοδήποτε σχετικό υλικό που έχει τη μορφή αντικειμένων πολυμέσων (ήδη υπαρκτό ή δημιουργούμενο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη επαναχρησιμοποιήσιμων αντικειμένων πολυμέσων που σχετίζονται με το -υπό έρευνα- πεδίο γνώσης [52],[220]. Η συλλογή από αυτά τα αντικείμενα πολυμέσων αποτελεί την αποθήκη περιεχομένου (*content repository*). Οι αποθήκες οντολογιών και περιεχομένου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία δικτύων γνώσης, η καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα σενάριο εκπαίδευσης. Τα σενάρια εκπαίδευσης με τη σειρά τους αποθηκεύονται στην αποθήκη γνώσης (*knowledge repository*). Το σχήμα 7-3 δείχνει μια σχηματική αναπαράσταση των τριών αποθηκών που προαναφέρθηκαν και χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη προσέγγιση.

Σε αντίθεση με τα σενάρια εκπαίδευσης που έχουν σχεδιασθεί με παραδοσιακό τρόπο και που βασίζονται σε απλή πλοήγηση χρήστη για την εύρεση αντικειμένων πολυμέσων, τα σενάρια εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη προσέγγιση έχουν εμπλουτισθεί με το να επιτρέπουν στους χρήστες να πλοηγούνται στο πεδίο γνώσεων, το οποίο αναπαραστάθηκε με τη μορφή ενός δικτύου γνώσεων. Έτσι, ο χρήστης των σεναρίων εκπαίδευσης οδηγείται στο δίκτυο γνώσεων, είτε μέσω σημασιολογικής αναζήτησης, είτε μέσω πλοήγησης κατευθείαν στο δίκτυο γνώσεων. Για να κατανοήσει κάθε δομή οντολογίας που περιλαμβάνεται στο δίκτυο δομής, ο χρήστης μπορεί να προσπελάσει σχετικό υλικό που



μπορεί να βρεθεί σε μορφή αντικειμένων πολυμέσων και να προσδιορίσει τη σχέση της συγκεκριμένης δομής με άλλες σχετικές.



**Σχήμα 7-3:** Δίκτυα Γνώσης – Σύνδεση των οντολογικών δομών με αντικείμενα πολυμέσων

Οι πιο πολλές ερευνητικές εργασίες πραγματοποιούνται τη χρήση οντολογιών για τη διαχείριση αντικειμένων πολυμέσων ή μη δομημένων περιεχομένων για την ανάκτηση κλινικών δεδομένων [36],[58],[78] κι όχι για την αναπαράσταση υλικού εκπαίδευσης χρήστη στη μορφή δικτύων γνώσεων που θα συνδέουν δομές οντολογιών με αντικείμενα πολυμέσων. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες ομοιότητες με

- ❖ τους Geueke and Stausberg που ανέπτυξαν την επονομαζόμενη υπηρεσία LRSMed (*Learning Resource Server Medicine*), η οποία ευνοεί την ανάκτηση δεδομένων - τη στιγμή της εκμάθησης - από το διαδίκτυο από τους εκπαιδευόμενους για την ιατρική τους εκπαίδευση και η οποία βασίζεται στη συλλογή μεταδεδομένων από τρίτες ηλεκτρονικές δομές εκμάθησης (*third-party electronic learning modules*) [95] και
- ❖ τους Chu and Cesnik, οι οποίοι ανέπτυξαν μια προσέγγιση που χρησιμοποιεί εννοιολογικά γραφήματα, ώστε να δομήσει κατάλληλα ιατρικά έγγραφα για την ανάκτηση δεδομένων και την εύρεση γνώσης [58].

### **7.3 ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ**

Τα τελευταία χρόνια, οι οργανισμοί υγείας παρατήρησαν τις επιπτώσεις που προκλήθηκαν στον τεχνολογικό τους κομμάτι από τις συνεχόμενες αλλαγές του περιβάλλοντος και την επιτακτική ανάγκη προσαρμογής σε αυτές. Οι διαδικασίες ιατρικής φροντίδας παρουσίασαν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα εξαιτίας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των εσωτερικών τους

συστατικών, αλλά και των ίδιων των διαδικασιών με το εξωτερικό περιβάλλον. Επιπροσθέτως, η ανάγκη για διαχείριση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας και βελτίωση της ποιότητας παροχής ιατρικής φροντίδας δημιούργησε τη στροφή των υπηρεσιών από λειτουργο-κεντρικές σε ασθενο-κεντρικές, απαιτώντας αυξημένη συλλειτουργία και συνεργασία μεταξύ των λειτουργικών μονάδων. Συνεπώς, δόθηκε μεγαλύτερη προσοχή στη σχεδίαση νέων διαδικασιών υγείας ή τον επανασχεδιασμό ήδη υπαρχόντων και στην ανάπτυξη διαδικασιοστρεφών πληροφοριακών συστημάτων υγείας για την υποστήριξη τους [10],[145].

Επιπροσθέτως, τα πρωτόκολλα ιατρικής φροντίδας έγιναν αναλυτικά οργανωσιακά μοντέλα που περιγράφουν τα βήματα (διαδικασίες) που πρέπει να πραγματοποιηθούν για τη θεραπεία ασθενών από συγκεκριμένες ασθένειες [86], ενώ χρησιμοποιήθηκαν για να περιορίσουν τη μεταβλητότητα των μεθόδων και να βελτιώσουν την ποιότητα της παροχής ιατρικής φροντίδας, μειώνοντας παράλληλα το επιβαρυνόμενο κόστος [152]. Αν και πραγματοποιήθηκε μεγάλη προσπάθεια, τόσο σε εθνικό, όσο και σε επίπεδο οργανισμού για να δημιουργηθούν πρότυπα πρωτοκόλλων, μεγαλύτερη προσπάθεια χρειάστηκε για να προσαρμοστούν αυτά τα πρωτόκολλα στο κλινικό περιβάλλον και να γίνουν αποδεκτά από το ιατρικό προσωπικό. Πολλοί οργανισμοί λοιπόν αντιλαμβάνονται την ανάγκη για περιγραφή του τρόπου δημιουργίας των ιατρικών διαδικασιών κι επιθυμούν τη δημιουργία πρωτοκόλλων που θα μπορούν να επηρεάσουν την αλλαγή στις ιατρικές μεθόδους [94]. Ωστόσο, τα πρωτόκολλα υγείας μεταβάλλονται δυναμικά όσο οι υγειονομικοί οργανισμοί υφίστανται συνεχή αλλαγή σε ότι αφορά τους εργαζομένους και τις υποχρεώσεις τους. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν που γίνεται μια αλλαγή, τα σχετικά πρωτόκολλα πρέπει να αναβαθμίζονται και προς αυτό το σκοπό κινείται η συλλογική δουλειά επαγγελματιών υγείας και ειδικών στις διαδικασίες.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για να είναι επιτυχής η μοντελοποίηση των διαδικασιών υγείας είναι η κατανόηση του προβλήματος του πεδίου και η σαφής και μόνιμη επικοινωνία. Αυτές οι προϋποθέσεις χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό ενός μοντέλου διαδικασίας υγείας με σαφή και σταθερή μορφή, ενώ είναι κατανοητό ότι η μοντελοποίηση αυτή πραγματοποιείται καλύτερα όταν συμμετέχει ενεργά ο χρήστης. Τέλος, εμπειρικά δείγματα έχουν αποδείξει ότι υπάρχει ανάγκη να εφοδιαστούν οι χρήστες με κατάλληλο και προσαρμόσιμο υλικό εκπαίδευσης, ώστε να εμπλουτισθεί η γνώση τους και να ειδικευθούν στη δραστηριότητα μοντελοποίησης διαδικασιών υγείας.

### **7.3.1 Ανάλυση του σεναρίου – κινήτρου**

Το βασικό κίνητρο για αυτή την έρευνα αποτέλεσε η συμμετοχή μας σε ένα έργο που πραγματεύεται το σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας αρχιτεκτονικής διαδικασιοστρεφούς συστήματος υγείας που εκτείνεται σε όλο το μήκος μιας υγειονομικής περιφέρειας. Οι οργανισμοί της περιφέρειας αυτής έχουν υλοποιήσει έναν αριθμό ετερογενών, λειτουργοστρεφών, αυτόνομων συστημάτων διεξαγωγής διαδικασίας που προσαρμόστηκαν στις οργανωσιακές μεθόδους. Η ανάγκη να συμπεριληφθούν οι χρήστες στον προσδιορισμό της διαδικασίας υγείας, τόσο ενδοργανωσιακά, όσο και διοργανωσιακά αποτέλεσε το κλειδί για την ανάπτυξη ενός βοηθήματος εκπαίδευσης για χρήστη που θα επιτρέπει στην υποκείμενη γνώση να ενσωματωθεί στις διαδικασίες υγείας.

Για λόγους αναπαράστασης, θεωρούμε μια απλή διαδικασία υγείας που περιέχει συγκεκριμένες ροές εργασίας ασθενών, καθώς και τις λειτουργικές μονάδες και τους επαγγελματίες υγείας που μετέχουν σε κάθε εργασία. Κάθε ασθενής θεωρείται ότι εκτελεί έναν αριθμό ιατρικών δραστηριοτήτων, όπως κλινικές εξετάσεις, εργαστηριακές εξετάσεις και διαγνώσεις. Επίσης, οι εργαστηριακές εξετάσεις περιλαμβάνουν την αίτηση για μια εξέταση, τον προγραμματισμό της, την προετοιμασία του ασθενή, τη συλλογή και την παράδοση του δείγματος, την εκτέλεση της εξέτασης και τη σύνταξη της αναφοράς των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης εξέτασης.

Προκειμένου οι χρήστες να κατανοήσουν την ουσία των διαδικασιών υγείας και να συμμετάσχουν ενεργά στη δραστηριότητα μοντελοποίησης ιατρικής διαδικασίας, δημιουργήθηκε ένα σενάριο εκπαίδευσης (δίκτυο γνώσης) που περιλαμβάνει την υποκείμενη λογική μέσω των εργαλείων που δημιουργήθηκαν από το έργο CULTOS (Cultural Units of Learning - Tools and Services) [66]. Αυτά τα εργαλεία είναι:

- ❖ Το εργαλείο K-infinity [229] για τη δημιουργία και τη δημοσιοποίηση της αποθήκης οντολογιών
- ❖ Το εργαλείο εισαγωγής μέσω CULTOS για τη δημιουργία και οίκηση της αποθήκης περιεχομένου και
- ❖ Το εργαλείο CULTOS για τη δημιουργία και τη δημοσιοποίηση της αποθήκης γνώσεων.

Το σενάριο εκπαίδευσης ή αλλιώς δίκτυο γνώσεων που δημιουργήθηκε για την μοντελοποίηση της διαδικασίας υγείας αποθηκεύεται ως ένα δομημένο μετα-αντικείμενο πολυμέσων που περιέχει εξειδικευμένη γνώση και ονομάζεται βελτιωμένο μετα-αντικείμενο

πολυμέσων (*Enhanced Multimedia Meta-Object - EMMO*). Εν κατακλείδι, κάθε σενάριο είναι μια αυτόνομη οντότητα που περιέχει στοιχεία και από τις τρεις αποθήκες που περιγράφηκαν παραπάνω.

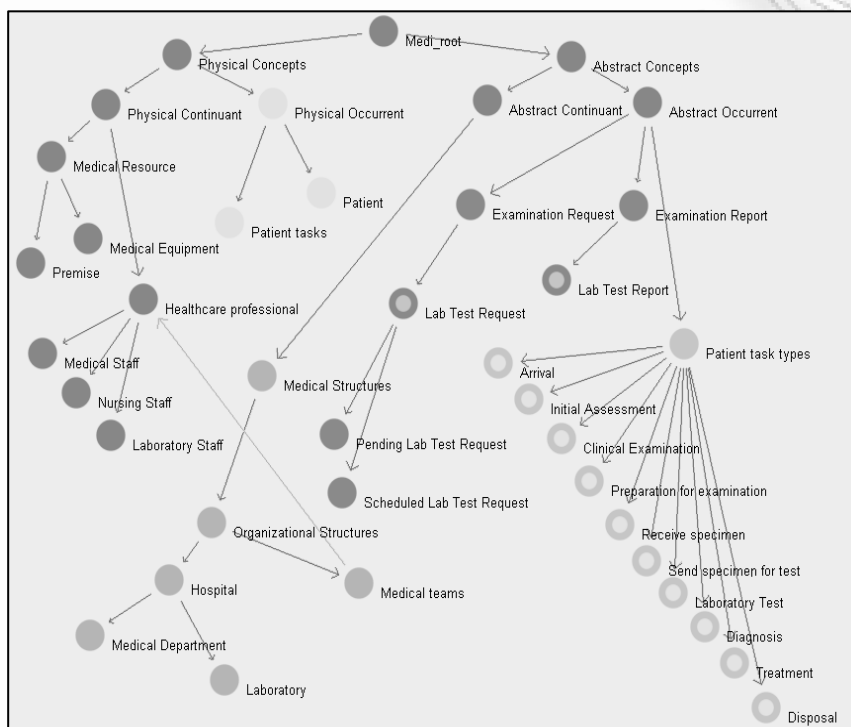
### 7.3.2 Παρουσίαση της εκπαιδευτικής οντολογίας για τη διαδικασία παροχής ιατρικής φροντίδας

Για τις ανάγκες αυτής της έρευνας και συγκεκριμένα για να φανούν τα προτερήματα της προσέγγισης των δικτύων γνώσεων, χρησιμοποιήθηκε ένα απλουστευμένο μοντέλο οντολογίας που προτείνεται από τον Sowa [217]. Τα δυναμικά μοντέλα οντολογιών SNAP και SPAN που προτάθηκαν από το Ινστιτούτο IFOMIS (*Institute for Formal Ontology and Medical Information Science*; <http://www.ifomis.uni-saarland.de>) θεωρούνται πιο εξεζητημένα μοντέλα.

Το σχήμα 7-4 δείχνει τις έννοιες της οντολογίας της διαδικασίας υγείας που χρησιμοποιούμε στην προσέγγιση μας στη μορφή μιας ιεραρχίας γενίκευσης -εξειδίκευσης που συνδέεται με σχέσεις. Η άνω οντολογία αποτελείται από έξι κατηγοριοποιήσεις των εννοιών που προτάθηκαν από τον Sowa [217]. Υπάρχει, λοιπόν η φυσική οντολογία που αφορά σε ύλη ή ενέργεια και η αφηρημένη που αφορά σε θεωρητικές και καθαρές δομές πληροφοριών. Αντίστοιχα, αυτές σπάνε σε φυσικές και αφηρημένες συνέχειες (*physical and abstract continuants*) που έχουν σταθερά χαρακτηριστικά, τα οποία συντελούν στο να αναγνωρίζονται οι διαφορετικές μορφές που παρουσιάζουν από στιγμή σε στιγμή ως το ίδιο αντικείμενο, αλλά και σε φυσικά και αφηρημένα συμβάντα (*physical and abstract occurrents*) που είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες διαδικασίες, προσδιορισμένες μόνο από τις θέσεις τους σε μια περιοχή στο χωροχρόνο (*time-space*). Χωρίς να θέλουμε να μπούμε σε περαιτέρω ανάλυση, να αναφέρουμε ότι στη βιβλιογραφία, αυτές οι έννοιες έχουν χωρισθεί σε χαμηλότερου επιπέδου υπο-έννοιες [141].

Για παράδειγμα στο σχήμα 7-4 η έννοια της φυσικής συνέχειας έχει εξειδικευθεί στις έννοιες 'επαγγελματίας υγείας' (*healthcare professional*) και 'ιατρική πηγή' (*medical resource*), ενώ η έννοια της ιατρικής πηγής έχει εξειδικευθεί στις έννοιες 'προϋπόθεση' (*premise*) και 'ιατρικός εξοπλισμός' (*medical equipment*) και η έννοια του επαγγελματία υγείας έχει εξειδικευθεί στις έννοιες 'ιατρικό' (*medical*), 'νοσηλευτικό' (*nursing*) και 'εργαστηριακό' (*laboratory*) προσωπικό. Επίσης, η έννοια του φυσικού συμβάντος εξειδικεύεται στις έννοιες 'ασθενής' (*patient*) και 'εργασίες ασθενή' (*patient tasks*) και επιπροσθέτως, κάποιες σχέσεις προσδιορίζονται μεταξύ εννοιών οντολογιών υψηλού και χαμηλού επιπέδου ανάλυσης. Κάθε σχέση που προσδιορίζεται μεταξύ δύο εννοιών προέρχεται τόσο από χαμηλότερου επιπέδου

έννοιες, όσο και από στιγμιότυπα εννοιών. Για παράδειγμα, η σχέση R μεταξύ των εννοιών  $X_1$  και  $Y_1$  προέρχεται επίσης από τις έννοιες  $X_2$  και  $Y_2$  που είναι υπο-έννοιες των  $X_1$  και  $Y_1$ , αντίστοιχα. Επίσης, η ίδια σχέση προέρχεται και από τα  $x_{11}$  και  $y_{11}$  που είναι στιγμιότυπα των εννοιών  $X_1$  και  $Y_1$ , αντίστοιχα. Ο πίνακας 7-1 αναπαριστά τις σχέσεις που έχουν προσδιορισθεί από τις ανάγκες του σεναρίου εκπαίδευσης.



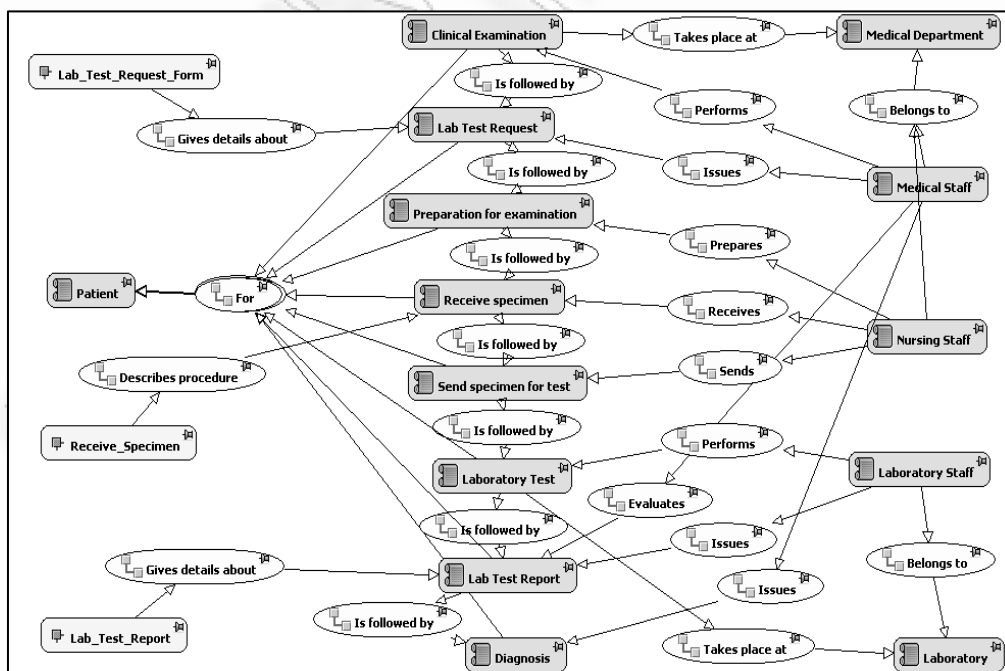
**Σχήμα 7-4:** Αναπαράσταση της εκπαιδευτικής οντολογίας για τη διαδικασία παροχής ιατρικής φροντίδας

**Πίνακας 7-1:** Παράθεση των βασισμένων στην οντολογία – σχέσεων

Source concept	Target concept	Relation	Inverse relation	Use
Abstract Occurrent	Abstract Occurrent	'Is followed by'	'Follows'	To define flows of tasks
Abstract Occurrent	Patient	'For'	'Is the recipient of'	To show the recipient of tasks
Abstract Occurrent	Hospital	'Takes place at'	'Provides the infrastructure for'	To show departments where medical tasks take place
Healthcare Professional	Abstract Occurrent	'Is involved in'	'Involves'	To show which professionals are involved in each task
Healthcare Professional	Hospital	'Belongs to'	'Occupies'	To show professionals' occupation in departments

### 7.3.3 Περιγραφή του εκπαιδευτικού σεναρίου

Το σενάριο εκπαίδευσης (δίκτυο γνώσεων) σχεδιάστηκε βάσει των επιχειρησιακών διαδικασιών που θεωρούμε, όπου έννοιες και στιγμιότυπα εννοιών παρουσιάζονται ως σημεία τομής στρογγυλευμένων ορθογώνιων, ενώ οι σχέσεις ως οβάλ ακμές. Αναφορικά, παρέχεται μια περιγραφή της ανωτέρω επιχειρησιακής διαδικασίας με χρήση εννοιών οντολογιών (με πλάγια γράμματα), γενικών και τοπικών σχέσεων οντολογιών (με μονά εισαγωγικά) και τοπικών στιγμιότυπων που συνδέονται με αντικείμενα πολυμέσων (ολόκληρες λέξεις χωρισμένες με το σύμβολο \_). Έτσι, το σχήμα 7-5 αναπαριστά το σενάριο εκπαίδευσης της παραπάνω διαδικασίας υγείας. Ο πίνακας 7-2 δείχνει πως οι ιατρικοί παράγοντες συνδέονται με διάφορες εργασίες σε μια ροή. Για παράδειγμα η *Κλινική Εξέταση (Clinical Examination)* ‘Πραγματοποιείται στο (Takes place at)’ *Ιατρικό Τμήμα (Medical Department)* και η *Εργαστηριακή Εξέταση (Laboratory Test)* ‘Πραγματοποιείται στο (Takes place at)’ *Εργαστήριο (Laboratory)*, ώστε να φανεί η οργανωσιακή δομή που παρέχει την κατάλληλη υποδομή για κάθε εξέταση. Ο Πίνακας 7-3 δείχνει μερικά από τα στιγμιότυπα των εννοιών που προσδιορίζονται στο σενάριο εκπαίδευσης. Παραδείγματος χάριν, το στιγμιότυπο *Lab\_Exam\_Request\_Form* συνδέεται με αντικείμενα πολυμέσων που μπορεί να περιλαμβάνουν απλές δομές και βασικά βήματα για την ολοκλήρωση κάθε δομής. Επίσης, το στιγμιότυπο *Receive\_Specimen* ‘περιγράφει τη διαδικασία (describes procedure)’ *Receive specimen* (π.χ. περιλαμβάνει οδηγίες σε πολλαπλές μορφές, όπως κείμενο, εικόνες, βίντεο κτλ), ώστε να βοηθήσει το *Nursing Staff* να εκτελέσει τη *Receive Specimen*.



Σχήμα 7-5: Αναπαράσταση του εκπαιδευτικού σεναρίου για τη διαδικασία παροχής ιατρικής φροντίδας

**Πίνακας 7-2:** Τοπικά προσδιορισμένες από το σενάριο σχέσεις

Source concept	Target concept	Ontology relation	Local name
<i>Medical staff</i>	<i>Clinical Examination</i>	'Is involved in'	'Performs'
<i>Medical staff</i>	<i>Lab Test Request</i>	'Is involved in'	'Issues'
<i>Medical staff</i>	<i>Lab Test Report</i>	'Is involved in'	'Evaluates'
<i>Medical staff</i>	<i>Diagnosis</i>	'Is involved in'	'Issues'
<i>Nursing staff</i>	<i>Preparation for examination</i>	'Is involved in'	'Prepares'
<i>Nursing staff</i>	<i>Receive specimen</i>	'Is involved in'	'Receives'
<i>Nursing staff</i>	<i>Send specimen for test</i>	'Is involved in'	'Sends'
<i>Laboratory staff</i>	<i>Lab Test Request</i>	'Is involved in'	'Receives'
<i>Laboratory staff</i>	<i>Laboratory Test</i>	'Is involved in'	'Performs'
<i>Laboratory staff</i>	<i>Lab Test Report</i>	'Is involved in'	'Issues'

**Πίνακας 7-3:** Στιγμιότυπα των εννοιών

Instance	Leading concept	Ontology relation	Local name
Lab_Test_Request_Form	<i>Lab Test Request</i>	'Is instance of'	'Gives details about'
Receive_Specimen	<i>Receive specimen</i>	'Is instance of'	'Describes procedure'
Lab_Test_Report	<i>Lab Test Report</i>	'Is instance of'	'Gives details about'

Επί τοις ουσίας, ακολουθώντας την παραπάνω προσέγγιση για το σχεδιασμό υλικού εκπαίδευσης, χρησιμοποιείται μια υψηλού επιπέδου εικόνα του μοντέλου διαδικασίας υγείας, όπως αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, αλλά και μια χαμηλού επιπέδου εικόνα που λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης μονάδας ιατρικής φροντίδας. Επιπροσθέτως, τα αντικείμενα πολυμέσων θα συνδυαστούν με έννοιες, στιγμιότυπα εννοιών και σχέσεις, ώστε να φανούν τόσο τα στατικά, όσο και τα δυναμικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας υγείας που μελετάται. Επομένως, κάθε σενάριο εκπαίδευσης μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί σε μια άλλη έκδοση του μοντέλου διαδικασίας υγείας, ώστε να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες να κατανοήσουν τα αρνητικά και τα θετικά του επανασχεδιασμού διαδικασίας. Ο επανασχεδιασμός ενός μοντέλου διαδικασίας υγείας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μεταχείριση ήδη προσδιορισμένων αντικειμένων, παρέχοντας κατ' αυτό τον τρόπο ευελιξία (*flexibility*), ευρωστία (*agility*) κι επαναχρησιμοποίηση (*reusability*) του σχεδιασμένου υλικού εκπαίδευσης.

#### 7.4 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Η προτεινόμενη προσέγγιση ασχολείται κατά βάση με τη σύλληψη της γνώσης που βρίσκεται στη λογική, τη δομή και τους τρόπους χρήσης των διαδικασιών υγείας, καθώς και

αναπαράσταση της ως ένα δίκτυο γνώσεων βασισμένο σε οντολογίες (ένα σενάριο εκπαίδευσης που εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη ανάγκη εκπαίδευσης). Η οντολογία περιλαμβάνει όλες τις σχετικές έννοιες, τα στιγμιότυπα των εννοιών, καθώς και τις σχέσεις μεταξύ τους. Το δίκτυο γνώσεων συσχετίζει τις βασικές οντότητες που προσδιορίζονται στην οντολογία με ποικίλα πολυμέσα (κείμενο, εικόνα, βίντεο, απεικόνιση σε κινούμενα σχέδια κ.τ.λ.) για την καλύτερη κατανόηση των δομών οντολογιών. Κατ' επέκταση, ο χρήστης του υλικού εκπαίδευσης μπορεί να αναζητήσει μια δομή οντολογίας (για παράδειγμα μια εργασία παροχής ιατρικής φροντίδας) και να κατανοήσει το νόημα και τη χρήση της με τη βοήθεια του υποστηρικτικού πολυμέσου. Επιπροσθέτως, ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί σε άλλες συνδεδεμένες δομές (για παράδειγμα άλλες εργασίες, μονάδες ιατρικής φροντίδας και προσωπικό), ώστε να αποκτήσει βαθιά γνώση, τόσο των εργασιών των διαδικασιών υγείας, των δεδομένων και του ελέγχου ροών μεταξύ εργασιών των διαδικασιών, οργανωσιακών δομών και επαγγελματιών υγείας, όσο και των αναγκών για τη σχεδίαση νέων ή την επανασχεδίαση παλιών διαδικασιών υγείας.

Το προτεινόμενο μοντέλο δεν αγνοεί τις υπάρχουσες μεθοδολογίες για τη δημιουργία υλικού εκπαίδευσης, αλλά αντίθετα τις ενδυναμώνει, επιτρέποντας τη σημασιολογική αναπαράσταση της γνώσης, ώστε οι χρήστες να μπορούν να πλοηγηθούν σε ένα δίκτυο γνώσεων. Επομένως, το μοντέλο μπορεί να συνδυάσει το υπάρχον υλικό πολυμέσων με δομές οντολογιών, χρησιμοποιώντας εργαλεία πολυμέσων για την ανάπτυξη σεναρίων εκπαίδευσης χρηστών και την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών εκπαίδευσης, με αποτέλεσμα η γνώση που βρίσκεται πίσω από την οντολογία και από τα σενάρια εκπαίδευσης να είναι πλήρως επαναχρησιμοποιήσιμη.

Αναφορικά με τις ανάγκες του δημιουργού του υλικού εκπαίδευσης, τα βασικά πλεονεκτήματα του προτεινόμενου μοντέλου εντοπίζονται σε τρία βασικά συστατικά (αποθήκες):

- ❖ Αποθήκη οντολογιών (*ontology repository*) – έχουν εντοπιστεί πολλά προτερήματα της χρήσης οντολογιών από την κοινότητα τεχνολογίας εκπαίδευσης, αφού συντελεί στο να αποσαφηνιστεί η λογική της επιχειρησιακής διαδικασίας ενός πεδίου εφαρμογής και να είναι αυτή η διαδικασία επαναχρησιμοποιήσιμη [154],[208].
- ❖ Αποθήκη περιεχομένου (*content repository*) – η επαναχρησιμοποίηση του περιεχομένου του υλοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού που συντελείται μέσω του προτεινόμενου μοντέλου και σχετίζεται άμεσα με το πεδίο γνώσης που ερευνάται, αποτελεί στοιχείο-κλειδί της βιβλιογραφίας [52],[220].



- ❖ Αποθήκη γνώσης (*knowledge repository*) – ένα δίκτυο γνώσης είναι μια αυτόνομη οντότητα που εξυπηρετεί συγκεκριμένη εκπαιδευτική ανάγκη σε ένα συγκεκριμένο πεδίο γνώσης, λειτουργεί υπό ένα επίσης συγκεκριμένο επιχειρησιακό πλαίσιο κι έχει μια συγκεκριμένη δομή [223]. Η επαναχρησιμοποίηση της καταγεγραμμένης -μέσα στα σενάρια εκπαίδευσης- γνώσης πραγματοποιείται μέσω των δομών γνώσης που εμπεριέχονται σε παλιά σενάρια και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νέα για την εξυπηρέτηση νέων αναγκών εκπαίδευσης.

Αναφορικά με τον εκπαιδευόμενο, τα βασικά προτερήματα του προτεινόμενου μοντέλου είναι τα παρακάτω:

- ❖ Σημασιολογική αναζήτηση – επιτρέπει την οντολογική αναζήτηση ή την αναζήτηση των δομών βάσει σημασίας κι όχι κειμένου (παραδείγματος χάριν, η αναζήτηση βασίζεται στο σημασιολογικό και γλωσσολογικό συνταίριασμα, παρά στο συνταίριασμα λέξεων. Επιπροσθέτως, περιλαμβάνει
  - το υπό έρευνα πεδίο γνώσης
  - το επιχειρησιακό πλαίσιο (*business context*) και
  - τη δομή του εκπαιδευτικού σεναρίου, δίνοντας κατ' αυτό τον τρόπο έμφαση στο συνταίριασμα του περιεχομένου και της πραγματικής σημασίας της έννοιας που αναζητάται [223].
- ❖ Εννοιολογική πλοήγηση ή πλοήγηση βάσει γνώσης – επιτρέπει την αναζήτηση και πλοήγηση για τον προσδιορισμό της οντολογίας ή των δομών γνώσης, τα οποία καταγράφονται στην αποθήκη γνώσης και χρησιμοποιούνται στα σενάρια εκπαίδευσης. Επίσης, περιλαμβάνει πλοήγηση:
  - στο υπό έρευνα πεδίο γνώσης
  - στο επιχειρησιακό πλαίσιο και
  - στη δομή του εκπαιδευτικού σεναρίου [223].
- ❖ Διάδοση γνώσης (*knowledge dissemination*) – αποτελεί εξαιρετικά σημαντική λειτουργία κάθε εκπαιδευτικής δραστηριότητας και μπορεί να επιτευχθεί μόνο εφόσον παρέχεται στον εκπαιδευόμενο η δυνατότητα εξαγωγής της γνώσης που βρίσκεται στο πεδίο γνώσης, σε αντίθεση με την απλή παρουσίαση των γεγονότων που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν είναι επαρκής. Με το προτεινόμενο μοντέλο, η γνώση γίνεται σαφής, ώστε να βοηθηθεί ο εκπαιδευόμενος στο συνδυασμό (από σαφή σε σαφή) και την ενσωμάτωση (από σαφή σε αφηρημένη) διαδικασιών μετατροπής γνώσης [177].

Αναφορικά με τη μοντελοποίηση διαδικασιών ιατρικής φροντίδας υπάρχει η ανάγκη κατανόησης της κάθε διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένων των δομών των εργασιών των διαδικασιών και των εξαρτήσεων τους, προκειμένου να αλλάξει η αντίληψη των χρηστών για τη δουλειά τους (από λειτουργοστρεφής σε διαδικασιοστρεφής). Μια διαδικασία υγείας, από μια οπτική γωνία διαφορετική αυτής του χρήστη, παραδείγματος χάριν του αναλυτή ιατρικής φροντίδας (*healthcare analyst*) συντελεί σε μια εκ βαθέων κατανόηση των διαδικασιών υγείας που μελετώνται κι επομένως παρέχεται σε κριτικά σκεπτόμενους χρήστες. Σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι η κριτική σκέψη είναι ένα καθοριστικό κριτήριο για τη διάδοση της γνώσης, ενώ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τη μελέτη πολύπλοκων διαδικασιών υγείας που περιλαμβάνουν πολλές αλληλοσχετιζόμενες διεργασίες και συνδυάζουν ποικίλες διαθέσιμες πηγές.

Η προτεινόμενη προσέγγιση για εκπαίδευση χρήστη έχει σημαντική επίδραση στην ενεργό συμμετοχή των χρηστών στις δραστηριότητες διαχείρισης διαδικασιών υγείας, αφού οι χρήστες αυτοί εφοδιάζονται με το κατάλληλο εργαλείο για την απόκτηση σαφούς εικόνας και την πλήρη κατανόηση της διαδικασίας υγείας. Αυξάνεται, τοιουτοτρόπως η συλλειτουργία και συνεργασία μεταξύ αναλυτών και χρηστών, οι οποίοι εργάζονται για έναν κοινό σκοπό, τη βελτίωση της απόδοσης της διαδικασίας υγείας στο ολοένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον υγείας. Οι οποιεσδήποτε αλλαγές στις διαδικασίες μπορούν να ενσωματωθούν πολύ εύκολα, απλούστατα με τη διαχείριση των αντικειμένων που έχουν προσδιορισθεί και καθορισθεί στην οντολογία ή/και στο δίκτυο γνώσεων. Έτσι, η αποδοχή των σχεδιασμένων ή επανασχεδιασμένων διαδικασιών υγείας από τους χρήστες μπορεί να βελτιωθεί χάρη στην αρκετά αυξημένη πιθανότητα να είναι χρήσιμες και χρησιμοποιήσιμες από τους χρήστες. Τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της προτεινόμενης προσέγγισης οδήγησαν στο να επεκταθεί σε καταστάσεις του πραγματικού κόσμου, χρησιμοποιώντας πιο αναλυτικά εργαλεία υλοποίησης και πιο πολύπλοκες διαδικασίες υγείας.

## 7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας, να πούμε ότι το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει μια πρωτότυπη προσέγγιση που βασίζεται σε οντολογίες και αφορά στη δημιουργία σεναρίων εκπαίδευσης πάνω σε έννοιες μοντελοποίησης διαδικασιών υγείας, όπου τόσο τα αντικείμενα πολυμέσων που χρησιμοποιούνται, όσο και η γνώση που εδραιώνεται μέσω αυτών των εκπαιδευτικών σεναρίων είναι πλήρως επαναχρησιμοποιήσιμα. Η προσέγγιση περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- ❖ Τον προσδιορισμό και την υλοποίηση μιας γενικής οντολογίας.

- ❖ Το σχεδιασμό εκείνου του εκπαιδευτικού σεναρίου που καλύπτει κατά το μέγιστο τους εκπαιδευτικούς στόχους και τον προσδιορισμό των απαραίτητων αντικειμένων πολυμέσων.
- ❖ Την τελειοποίηση της γενικής οντολογίας με την προσθήκη όλων των δομών οντολογιών που απαιτούνται για τα εκπαιδευτικά σενάρια.
- ❖ Την ανάπτυξη ή την επιλογή των κατάλληλων αντικειμένων πολυμέσων που είναι αναγκαία για να στηρίξουν τις ποικίλες δομές οντολογιών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στα εκπαιδευτικά σενάρια.
- ❖ Τη δημιουργία κάθε εκπαιδευτικού σεναρίου - δικτύου γνώσεων από το συνδυασμό δομών οντολογιών και αντικειμένων πολυμέσων.

Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι οι χρήστες να εξοικειωθούν και να συμμετάσχουν ενεργά στις δραστηριότητες μοντελοποίησης διαδικασιών υγείας. Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε ένα παράδειγμα εκπαιδευτικού σεναρίου για τον ιατρικό τομέα που υλοποιήθηκε με τα εργαλεία CULTOS. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται σε μια αυτόνομη και επαναχρησιμοποιήσιμη αποθήκη γνώσεων, η οποία με τη σειρά της συνδυάζει δομές οντολογιών (που αποθηκεύονται στην αποθήκη οντολογιών) κι αντικείμενα πολυμέσων (που αποθηκεύονται στην αποθήκη περιεχομένου). Κατ'επέκταση, το εκπαιδευτικό αυτό σενάριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εργαλεία παραγωγής υπερμέσων, για διάφορους σκοπούς, ώστε να παρουσιαστεί τόσο τη γνώση, όσο και το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού σεναρίου.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 8

---

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάζει προσέγγιση για την εξέλιξη υπαρχόντων και την ανάπτυξη νέων πληροφοριακών συστημάτων υγείας χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα συστήματα, όπου αυτό είναι δυνατό, με στόχο την υποστήριξη των διαδικασιών. Με τη ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου, των σύγχρονων τεχνολογιών και τυποποιήσεων του παγκόσμιου ιστού (*web standards and web technologies*), της τεχνολογίας ροής εργασιών, καθώς και της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής παρέχεται η δυνατότητα ολοκλήρωσης των διεπιχειρησιακών διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας και η ολοκλήρωση της ιατρικής πληροφορίας των ασθενών. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνονται μεθοδολογίες που εστιάζουν στη χρήση κατάλληλων αρχιτεκτονικών ανάπτυξης και τεχνολογιών για την ολοκλήρωση πληροφοριακών συστημάτων υγείας, όταν αυτά εκτείνονται πέρα από τα σύνορα γεωγραφικών περιφερειών.

Κύριος στόχος της παρούσης διδακτορικής διατριβής είναι η διατύπωση μεθοδολογιών για την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων υγείας που θα ακολουθούν την τεχνολογική εξέλιξη και θα χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες και κατάλληλες υποδομές. Τα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα υγείας που μελετώνται παρέχουν υπηρεσίες παροχής ιατρικής φροντίδας, στα πλαίσια μιας υγειονομικής περιφέρειας (*health district*). Μια υγειονομική περιφέρεια θεωρείται ότι αποτελείται από ένα Περιφερειακό Γενικό Νοσοκομείο, από ένα Κέντρο Άμεσης Ιατρικής Βοήθειας (ΚΑΙΒ), από άλλα μικρότερα νοσοκομεία και κέντρα υγείας. Η επιτακτική ανάγκη οι μονάδες αυτές να επικοινωνούν και να συνεργούν, μέσω δικτύου και υπηρεσιών ιστού, να ανακτούν τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών από τα συστήματα των διαφόρων φορέων, να παρέχουν και να ανταλλάσσουν αυτά τα δεδομένα όποτε αυτό είναι αναγκαίο, δίνει το έναυσμα για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής και ωθεί την προσπάθεια για τη διατύπωση μεθόδων υλοποίησης δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας που εκτείνονται πέρα από τα σύνορα γεωγραφικών περιφερειών.

Συγκεκριμένα, περιγράφονται μεθοδολογίες για την υλοποίηση πληροφοριακών συστημάτων υγείας, όπως παραδείγματος χάριν Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου (*Electronic Medical Record*), όπου διαδικτυακές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί μέσω υπηρεσιών ιστού που με τη σειρά τους έχουν βασιστεί στην υπηρεσιοστρεφή αρχιτεκτονική. Η εκτέλεση των υπηρεσιών ιστού επιτρέπεται σε χρήστες που κατέχουν συγκεκριμένους ρόλους, ενώ η πρόσβαση στην ιατρική πληροφορία των ασθενών πραγματοποιείται μέσω μοντέλων, στα οποία οι ρόλοι λειτουργούν βάσει συγκεκριμένων δικαιωμάτων. Η έρευνα δεν περιορίστηκε μόνο στην υλοποίηση Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων, αλλά επεκτάθηκε σε γενικότερα πληροφοριακά συστήματα που αναπτύχθηκαν με χρήση της υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής και διαφόρων άλλων τεχνολογιών και προτύπων. Η δικαιοδοσία πρόσβασης στην ιατρική πληροφορία είναι ένα ζήτημα που μελετήθηκε ευρέως και θα αναλυθεί λεπτομερώς στη συνέχεια της διδακτορικής διατριβής. Επομένως, η ασφάλεια των συστημάτων μελετήθηκε διεξοδικά στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής και κατά κάποιο τρόπο ταυτίστηκε με την ασφάλεια που παρέχεται από τις υπάρχουσες τοπικές πολιτικές ασφάλειας των συμμετεχόντων οργανισμών.

Σε όλα τα δικτυοκεντρικά πληροφοριακά συστήματα παροχής ιατρικής φροντίδας που αναπτύχθηκαν, χρησιμοποιήθηκε η XML για την αναπαράσταση και την ολοκλήρωση της πληροφορίας των ασθενών σε μορφή κλινικών εγγράφων XML. Τα συστήματα επείγουσας ιατρικής φροντίδας ενισχύθηκαν με τη χρήση τυποποιημένων συστημάτων ονοματολογίας (π.χ.

ICD-10, SNOMED), για την κωδικοποίηση των ιατρικών δεδομένων των ασθενών και τη χρήση μιας κοινής σημασιολογίας μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η τυποποίηση CDA (*Clinical Document Architecture*) για την αμοιβαία κατανόηση του περιεχομένου των εγγράφων XML που ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας.

Στο πλαίσιο των πρωτότυπων συστημάτων, αναπτύχθηκαν συστήματα εξουσιοδοτήσεων (*authorization systems*) σε επίπεδο συστήματος ροής εργασιών, σε επίπεδο εκτέλεσης υπηρεσιών ιστού και σε επίπεδο βάσεων δεδομένων. Αυτά τα συστήματα εξουσιοδοτήσεων χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα και σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά ασφάλειας που προσφέρονται από υπάρχουσες υποδομές ασφάλειας των συμμετεχόντων οργανισμών.

Στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι να συμβάλει στις προσπάθειες που καταβάλλονται στη χώρα μας αλλά και διεθνώς για την παροχή συνεχούς, ολοκληρωμένης και κοινόχρηστη ιατρικής φροντίδας στους ασθενείς μέσω της ολοκλήρωσης των διεπιχειρησιακών διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας. Από την αξιολόγηση των πρωτότυπων ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων υγείας που αναπτύχθηκαν προκύπτει ότι η χρήση της υπηρεσιοστρεφούς προσέγγισης θεωρείται κατάλληλη για την ολοκλήρωση των υπηρεσιών παροχής ιατρικής φροντίδας, διότι προσφέρει τα ακόλουθα:

- ❖ Υποστήριξη, ολοκλήρωση και αυτοματοποίηση των διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας.
- ❖ Ενίσχυση της συνεργασίας, της συνέργειας και του συντονισμού μεταξύ των συμμετεχόντων οργανισμών στις διεπιχειρησιακές διαδικασίες και παροχή της απαιτούμενης πληροφορίας των ασθενών όπου και όταν χρειάζεται.
- ❖ Ασφαλή εκτέλεση των διαδικασιών παροχής ιατρικής φροντίδας.
- ❖ Αξιοποίηση των υπάρχόντων υποδομών και ολοκλήρωση των υπάρχόντων εφαρμογών των συμμετεχόντων οργανισμών για την ολοκλήρωση των διεπιχειρησιακών διαδικασιών με τη χρήση χαμηλού κόστους υποστηρικτικών τεχνολογιών.
- ❖ Δημιουργία διαλειτουργικών και αυτοτελών συστατικών λογισμικού (*software components*) και δημοσίευση αυτών στο Διαδίκτυο υπό μορφή υπηρεσιών, οι οποίες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από άλλα πληροφοριακά συστήματα του ίδιου και/ή άλλων οργανισμών.
- ❖ Ολοκλήρωση της ιατρικής πληροφορίας των ασθενών.

- ❖ Παροχή ασφαλούς πρόσβασης σε ολοκληρωμένη ιατρική πληροφορία των ασθενών.
- ❖ Μείωση του κόστους και του χρόνου ανάπτυξης και συντήρησης των πληροφοριακών συστημάτων λόγω της χρήσης υπαρχόντων υποδομών και συστατικών των υπαρχόντων εφαρμογών των οργανισμών.
- ❖ Εύκολη προσαρμογή των πληροφοριακών συστημάτων στις μεταβολές που πραγματοποιούνται στους οργανισμούς και στο περιβάλλον τους.

Τα πρωτότυπα συστήματα που περιγράφονται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, υλοποιούνται πειραματικά για την παροχή ιατρικής φροντίδας που παρέχεται εντός του πλαισίου μιας υγειονομικής περιφέρειας. Όμως η μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης και οι αρχιτεκτονικές αυτών των συστημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ολοκλήρωση και την αυτοματοποίηση άλλων διαδικασιών του συστήματος υγείας που εκτελούνται εντός και μεταξύ των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να είναι για παράδειγμα η διαδικασία σχεδιασμένης διακομιδής ασθενών από έναν οργανισμό παροχής υπηρεσιών υγείας σε άλλους οργανισμούς για την εκτέλεση κάποιων ιατρικών εξετάσεων ή για τη συνέχιση της ιατρικής φροντίδας. Επιπλέον, αυτό το πλαίσιο σχεδιασμού και ανάπτυξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ολοκλήρωση και την αυτοματοποίηση διαδικασιών οι οποίες εμπλέκουν και άλλους οργανισμούς, όπως είναι οι ασφαλιστικοί οργανισμοί, τα προνοιακά ιδρύματα και το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας.

Τέλος, οι ιδέες που παρουσιάζονται στην παρούσα διδακτορική διατριβή σχετικά με την υποστήριξη, την ολοκλήρωση και την αυτοματοποίηση διεπιχειρησιακών διαδικασιών παροχής υπηρεσιών υγείας βρίσκουν εφαρμογή και για διαδικασίες που εκτελούνται σε εικονικές υγειονομικές περιφέρειες οι οποίες αποτελούνται από απομακρυσμένους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών υγείας που βρίσκονται στην ίδια ή σε διαφορετικές χώρες. Στην περίπτωση όπου οι συμμετέχοντες οργανισμοί βρίσκονται σε διαφορετικές χώρες, η αρχιτεκτονική των συστημάτων παραμένει ίδια με τη διαφορά ότι απαιτείται η επίλυση διαφόρων κοινωνικοτεχνικών θεμάτων (*sociotechnical issues*) (π.χ. διαφορετική γλώσσα, διαφορετικά ήθη, διαφορετική νομοθεσία). Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων είναι η χρήση διεθνών τυποποιήσεων και η ανάπτυξη σύγχρονης δικτυακής υποδομής για την επικοινωνία των οργανισμών παροχής υπηρεσιών υγείας. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η χρήση και η μελλοντική επέκταση των υπηρεσιοστρεφών προσεγγίσεων που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας, ανεξαρτήτως τοποθεσίας, διαμέσου

*Μια υπηρεσιοστρεφής προσέγγιση για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας*

---

πολλών υγειονομικών περιφερειών. Η επέκταση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται με ασφαλή τρόπο που σημαίνει ότι θα πρέπει να περιλαμβάνονται προκαθορισμένες πολιτικές ασφάλειας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ



*Μια υπηρεσιοστρεφής προσέγγιση για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας*

---

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

---

---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- [1] Aalst W. and Hee K., Workflow management—Models, methods and systems. *Artificial Intelligent in Medicine*, Book review, 27, 393-396, 2003.
- [2] Aalst W., Loosely coupled interorganizational workflows: modelling and analyzing workflows crossing organizational boundaries. *Information and Management*, 37, 67-75, 2000.
- [3] Ahn G.-J., Sandhu R., Kang M. and Park J., Injecting RBAC to secure a web-based workflow system. *Proceedings of 5<sup>th</sup> ACM Workshop on Role-Based Access Control*. Berlin, Germany, 1-10, 2000.
- [4] Alberts D.S., Garstka J.J. and Stein F.P., *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Second Edition, CCRP publication series, 1999.
- [5] Amberg M. and Graber S., Specifying hospital information systems using business process modeling. *Proceedings of Medical Informatics in Europe (MIE)*, Amsterdam, Netherlands, Eds. Brender J., Christensen J.P., Scherrer J.-R. and McNair P., IOS Press, 1037-1041, 1996.
- [6] Amberg M. and Zimmermann F., Enabling virtual workplaces with advanced workflow management systems. *The Virtual Workplace*, Eds. Igarria M. and Tan M., Idea Group Publishing, Harrisburg, PA, 1997.
- [7] Amin T. and Keng Pung H., Inter-organizational workflow management in virtual healthcare enterprises. *Proceedings of 4<sup>th</sup> International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*, Real, Spain, 799-802, 2002.
- [8] Anantharaman V. and Han L., Hospital and emergency ambulance link: IT to enhance emergency pre-hospital care. *International Journal of Medical Informatics*, 61, 147-161, 2001.
- [9] Anderson J., Security of the distributed electronic patient record: a case-based approach to identifying policy issues. *International Journal of Medical Informatics*, 60, 111-118, 2000.

- [10] Andersson A., Hallberg N. and Timpka T., A model for interpreting work and information management in process-oriented healthcare organizations. *International Journal of Medical Informatics*, 72(1-3), 47-56, 2003.
- [11] Andrews T., Curbera F., Dholakia H., Golan Y., Klein J., Leymann F., Liu K., Roller D., Smith D., Thatte S., Trickovic I. and Weerawarana S., Business process execution language for web services version 1.1 (BPEL4WS). BEA Systems, International Business Machines Corporation, Microsoft Corporation, SAP AG, Siebel Systems, Available from URL <http://www-106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpel>, 2003.
- [12] Antoniou, G. and van Harmelen, F., *A Semantic Web Primer.*, The MIT Press, Cambridge Massachusetts, London, England, 2004.
- [13] Apshankar K., Sadhwani D., Samtani G., Siddiqui B., Clark M., Fletcher P., Hanson J., Irani R., Waterhouse M. and Zhang L., *Web services business strategies and architectures.* Book, Expert Press, 2002.
- [14] Araujo R., Gomes E, Machado H. and Marques A., Pre-hospital care in Portugal. *Pre-hospital Immediate care*, 2, 14-17, 1998.
- [15] Ardagna C.A., Damiani E., De Capitani S. and Samarati P., XML-based Access Control Languages. *Information Security Technical Report*, 9(3), 35-45, 2004.
- [16] Arnott S., Effect of XML markup on retrieval of clinical documents. *Proceedings of American Medical Informatics Association Annual Symposium*, Washington, USA, 614-618, 2003.
- [17] Atkinson B., Della-Libera G., Hada S., Hondo M., Hallam-Baker P., Klein J., Lamacchia B., Leach P., Manferdelli J., Maruyama H., Nadalin A., Nagaratnam N., Prafullchandra H., Shewchuk J. and Simon D., Specification: Web services security (WS-security). IBM Corporation, Eds. Kaler C., Available from URL <http://www-106.ibm.com/developerworks/library/ws-secure/>, 2002.
- [18] Atluri V., Security for workflow systems. *Information Security Technical Report*, 6(2), 59-68, 2001.
- [19] Aversano L., Canfora G., Lucia A. and Gallucci P., Business process reengineering and workflow automation: a technology transfer experience. *The Journal of Systems and Software*, 63, 29-44, 2002.
- [20] Balani N., Model and build ESB SOA frameworks - Adapt service-oriented architectures for easy application integration. *IBM DeveloperWorks*, 2005.

- [21] Balogh N., The role of XML in medical informatics in Hungary. *Studies in Health Technology and Informatics*, 90, 168-173, 2002.
- [22] Baoyi W. and Shaomin Z., The Research on Role-Based Access Control Mechanism for Workflow Management Systems. *Lecture Notes in Computer Science*, 3251, 729 – 736, 2004.
- [23] Barretto S., Warren J., Stumptner M., Schefl M., Quirchmayr G and Nield S., Coordination of inter-organizational healthcare processes via specialization of internet-based object life cycles. *Proceedings of the 35<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Hawaii, USA, IEEE Computer Society Press, 2002.
- [24] Barrow P.D.M. and Mayhew P.J., Investigating principles of stakeholder evaluation in a modern IS development approach. *Journal of Systems and Software*, 52(2-3), 95-103, 2000.
- [25] Bartel M., Boyer J., Fox B., LaMacchia B. and Simon E., XML-Signature Syntax and processing. W3C, Available from URL <http://www.w3.org/TR/xmlsig-core/>, 2002.
- [26] Barthell E. and Pemble K., The national emergency medical extranet project. *Journal of Emergency Medicine*, 24(1), 95–100, 2003.
- [27] Beeler G., Case J., Curry J., Hueber A., Mckenzie L., Schadow G. and Shakir A., HL7 reference information model. Health Level Seven Incorporation, Available from URL: <http://www.hl7.org/Library/data-model/RIM/C30201/rim.htm>, 2003.
- [28] Benantar M., Guski R. and Troidle K.M., Access control systems: From host-centric to network-centric computing. *IBM SYSTEMS JOURNAL*, 35(1), 94-112, 1996.
- [29] Berg M. and Toussaint P., The mantra of modelling and the forgotten powers of paper: a sociotechnical view on the development of process-oriented ICT in health care. *International Journal of Medical Informatics*, 69(3), 223-234, 2003.
- [30] Berners-Lee T., Hendler J. and Lassila O., The Semantic Web. *Scientific American Magazine*, 284(5), 34-43, 2001. Available from URL <http://www.scientificamerican.com/2001/0501issue/0501bernerslee.html>.
- [31] Berstis V., *Fundamentals of Grid Computing*. IBM Corporation, 2002. Available from URL <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp3613.pdf>.
- [32] Bertino E., Bonatti P.A. and Ferrari E., TRBAC: A Temporal Role-based Access Control Model. *ACM Transactions on Information and System Security*, 4(3), 191-223, 2001.
- [33] Bertino E., Ferrari E. and Alturi V., The specification and enforcement of authorization constraints in workflow management systems. *ACM Transactions on Information and System Security*, 2(1), 65-104, 1999.

- [34] Beurd G., Ontologies. Talk given at Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic. Available from URL [http://www.uni-koblenz.de/~gb/papers/2002\\_intro\\_talk\\_ontology\\_bang/agent\\_ontologies.pdf](http://www.uni-koblenz.de/~gb/papers/2002_intro_talk_ontology_bang/agent_ontologies.pdf).
- [35] Bhatti R., Samuel A., Eltabakh M.Y., Amjad H. and Ghafoor A., Engineering a Policy-Based System for Federated Healthcare Databases. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 19(9), 1288-1304, 2007.
- [36] Bicer V., Kilic O., Dogac A. and Laleci G.B., Archetype-Based Semantic Interoperability of Web Service Messages in the Health Care Domain. International Journal of Semantic Web and Information Systems, 1(4), 1-23, 2005.
- [37] Bicer, V., Laleci, G., Dogac, A. and Kabak, Y., Providing Semantic Interoperability in the Healthcare Domain through Ontology Mapping. eChallenges 2005, Ljubljana, Slovenia, 2005.
- [38] Bloomberg J., Service-oriented architecture: why and how?. Zapthink whitepaper, 2003.
- [39] Bludau H., Wolff A. and Hochlehnert A., Presenting XML-based medical discharge letters according to CDA. Methods of Information in Medicine, 42(5), 552-556, 2003.
- [40] Boatright Jan R., Emergency medical service – Mass gathering action plans. Journal of Emergency Medicine, 30(3), 253-256, 2004.
- [41] Botha R.A. and Eloff J.H.P., A Framework for Access Control in Workflow Systems. Information Management and Computer Security, 9(3), 126 – 133, 2001.
- [42] Botha R.A. and Eloff J.H.P., Separation of Duties for Access Control Enforcement in Workflow Environments. IBM Systems Journal, 40(3), 666-682, 2001.
- [43] Bott O.J., European Standards for the Electronic Health Record. eHealth benchmarking, 2006. Available from URL [http://www.ehealthbenchmarking.org/2006/images/stories/10\\_bott\\_european\\_standards.pdf](http://www.ehealthbenchmarking.org/2006/images/stories/10_bott_european_standards.pdf)
- [44] Bricon-Souf N., Renard J. and Beuscart R., Dynamic workflow model for complex activity in intensive care unit. International Journal of Medical Informatics, 53, 143-150, 1999.
- [45] Brose G., A gateway to web services security – Securing SOAP with proxies. Lecture Notes in Computer Sciences, Eds. Jeckle M and Zhang L., Publisher Springer-Verlag GmbH, 101-108, 2003.
- [46] Cape Clear, Principles of BPEL, Orchestration and the ESB. Cape Clear Software Corporation, 2004.

- [47] Cartwright J., de Sylva S., Glasgow M., Rivard R. and Whiting J., Inaccessible information is useless information: addressing the knowledge gap. *Journal of Medical Practice Management*, 18(1), 36-41, 2002.
- [48] Casati F., Castano S. and Fugini M., Managing Workflow Authorization Constraints through Active Database Technology. *Information Systems Frontiers*, 3(3), 319-338, 2001.
- [49] Cavaye A.L.M., User participation in system development revisited. *Information & Management*, 28(5), 311-323, 1995.
- [50] Channabasavaiah K., Holley K. and Tuggle E., Migrating to a service-oriented architecture, Part 2, Available from URL <http://www-106.ibm.com/developerworks/library/ws-migratesoa2/>, 2003.
- [51] Chappell D. and Berry D., SOA – Ready for Primetime: The Next-Generation, Grid-Enabled Service-Oriented Architecture. *The SOA Magazine*, Issue X: September 2007.
- [52] Chebotko A., Deng Y., Lu S., Fotouhi F. and Aristar A., An Ontology-Based Multimedia Annotator for the Semantic Web of Language Engineering. *International Journal of Semantic Web and Information Systems*, 1(1), 50-67, 2005.
- [53] Chen H., Lally A., Zhu B. and Chau M., HelpfulMed: Intelligent searching for medical information over the Internet. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(7), 683-694, 2003.
- [54] Chen M., Factors affecting the adoption and diffusion of XML and web services standards for E-business systems. *International Journal of Human Computer Studies*, 58, 259-279, 2003.
- [55] Chen T., Liao B., Lee C. and Cough T., A proposed referral centre on HL7/XML. *Studies in Health Technology and Informatics*, 90, 156-162, 2002.
- [56] Chen, Y., Yang, S., Guo, L., Liu, P., Shen, K. Design and Implementation of a Dynamic-Role Based Access Control Framework in Grid Environment. *Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC '05)*, II, 758-759, 2005.
- [57] Chigani A. and Arthur J.D., The Implications of Network-Centric Software Systems on Software Architecture: A Critical Evaluation. *Proceedings of the 45th ACM annual southeast regional conference*, North Carolina, 70-75, 2007.
- [58] Chu S. and Cesnik B., Knowledge representation and retrieval using conceptual graphs and free text document self-organisation techniques. *International Journal of Medical Informatics*, 62(2-3), 121-133, 2001.



- [59] Colan M., Chapter 1: Service-oriented architecture expands the vision of web services, Part 1. IBM, 2004.
- [60] Colan M., Service-Oriented Architecture expands the vision of Web services, Part 1. Available from URL <http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-soaintro.html>.
- [61] Collins S., Navathe S. and Mark L., XML schema mappings for heterogeneous database access. *Information and Software Technology*, 44(4), 251-257, 2002.
- [62] Colomb R.M. and Dampney C.N.G., An approach to ontology for institutional facts in the semantic web. *Information and Software Technology*, 7(12), 775-783, 2005.
- [63] Coulouris G., Dollimore J. and Kindberg T., *Distributed Systems: Concepts and Design*. Fourth Edition, Addison-Wesley, 2005.
- [64] Cristani M. and Cuel R., A Survey on Ontology Creation Methodologies. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 1(2), 49-69, 2005.
- [65] Cronin P., Automation optimizes nursing workflow. An organization follows its pledge to lead with process, enable with technology. *Healthcare Informatics Online*, Case report, 56, 2004.
- [66] CULTOS (Cultural Units of Learning - Tools and Services), <http://www.cultos.org>.
- [67] Curbera F, Leymann F and Khalaf R. *Composing Web Services using BPEL4WS*. IBM, 2003.
- [68] Currie W.L. and Willcocks L., The New Branch Columbus project at Royal Bank of Scotland: the implementation of large-scale business process re-engineering. *The Journal of Strategic Information Systems*, 5(3), 213-236, 1996.
- [69] Daconta M. C., Obrst L. J. and Smith K. T., *The Semantic Web—A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*. New York: Wiley, 2003.
- [70] Damiani E., Vimercati S., Paraboschi S. and Samarati P., A fine-grained access control for SOAP e-services. *Proceeding of 10<sup>th</sup> International Conference on World Wide Web 2001*, *ACM Transactions on Information Systems*, 504–513, 2001.
- [71] Davidsen L., *Building an ESB without limits*. IBM Software Workgroup, 2007.
- [72] Dittrich K.R., Gatzju S. and Geppert A., The active database management system manifesto: a rulebase of ADBMS features. *ACM SIGMOD Record*, Association for Computing Machinery, 25(3), 40-49, 1996.
- [73] Dolin R., Alschuler L., Beebe C., Biron P., Boyer S., Essin D., Kimber E., Lincoln T. and Mattison J., The HL7 Clinical Document Architecture. *Review, Journal of the American Medical Informatics Association*, 8(6), 552-569, 2001.

- [74] Dolin RH., Rishel W., Biron PV, Spinosa J. and Mattison JE., SGML and XML as interchange formats for HL7 messages. Proceedings of American Medical Informatics Association (AMIA) Symposium, Orlando, USA, 720-724, 1998.
- [75] Duivesteyn S., Web services and workflow – Organizing web services. Web Services Architect: Web Services and Workflow, Available from URL <http://www.webservicesarchitect.com/content/articles/sander01print.asp>, 2001.
- [76] Dustdar S., Hoffmann T. and van der Aalst W., Mining of ad-hoc business processes with TeamLog. Data & Knowledge Engineering, 55(2), 129-158, 2005.
- [77] Dvir D., Transferring projects to their final users: The effect of planning and preparations for commissioning on project success. International Journal of Project Management, 23(4), 257-265, 2005.
- [78] Eichelberg M., Aden T. and Thoben W., A Distributed Patient Identification Protocol Based on Control Numbers with Semantic Annotation. International Journal of Semantic Web and Information Systems, 1(4), 24-43, 2005.
- [79] Ellingsen G. and Monteiro E., A patchwork planet: The heterogeneity of electronic patient record systems in hospitals. Proceedings of 23<sup>rd</sup> Information Systems Research Seminar in Scandinavia (IRIS), Uddevalla, Sweden, Eds. Svensson L., Snis U., Sorensen C., Fagerlind H., Lindroth T., Magnusson M. and Ostlund C., 2000.
- [80] Endrei M., Ang J., Arsanjani A., Chua S., Compte P., Krogdahl P., Luo M. and Newling T., Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Service. International Business Machines Corporation, 2004. Available from URL <http://www.raimcomputing.com/books/Patterns-SOAandWebServices.pdf>.
- [81] Erl T., Service-Oriented Architecture (SOA): Concepts, Technology, and Design. The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl, 2005.
- [82] Fernandez E., Web services security – Current status and the future. Web Services Architect: Web Services Security, Available from URL <http://www.webservicesarchitect.com/content/articles/fernandez01print.asp>, 2002.
- [83] Ferraiolo D., Sandhu R., Gavrila S., Kuhn D.R. and Chandramouli R., A Proposed Standard for Role Based Access Control. ACM Transactions on Information and System Security, 4(3), 224-274, 2001.
- [84] Ferraiolo D.F. and Kuhn D.R., Role-Based Access Controls. Proceedings of the 15<sup>th</sup> National Computer Security Conference, Baltimore, 554-563, 1992.



- [85] Ferrara F.M., The CEN healthcare information systems architecture standard and the DHE middleware – A practical support to the integration and evolution of healthcare systems. *International Journal of Medical Informatics*, 48(1), 173-182, 1998.
- [86] Field M.J. and Lohr K.N., *Clinical Practice Guidelines: Directions for a New Program*. IOM report, National Academy Press, Washington, D.C, 1990 (Eds.).
- [87] Fielding J., Simon J., Ceusters W. and Smith B., *Ontological Theory for Ontological Engineering: Biomedical Systems Information Integration*. Proceedings of the Ninth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR2004). Whistler, BC, 2004.
- [88] Finkelstein C., *The Enterprise: Service-Oriented Architecture (SOA)*. *Information Management Magazine*, 2005. Available from URL <http://www.information-management.com/issues/20050101/1016488-1.html>.
- [89] Fisher M. and Jendrock E., Chapter 1: Introduction to web services. *Java Web Services Tutorial 1.0*, SUN Microsystems, 1-36, 2002.
- [90] Foster I., Kesselman C. and Tuecke S., *The Anatomy of the Grid – Enabling Scalable Virtual Organizations*. First IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid'01), Brisbane, Australia, 2001. Available from URL <http://www.globus.org/research/papers/anatomy.pdf>.
- [91] Fox G., Pallickara S. and Parastatidis S., *Towards flexible messaging for SOAP-based services*. Proceedings of the 2004 ACM/IEEE Conference on Supercomputing, Publisher IEEE Computer Society, 8, 2004.
- [92] Freier A., Karlton P. and Kocher P., *The SSL protocol Version 3.0*, Available from URL <http://wp.netscape.com/eng/ssl3/ssl-toc.html>, 1996.
- [93] Fulop N., Protopsaltis G., King A., Allen P., Hutchings A. and Normand C., *Changing organizations: a study of the context and processes of mergers of health care providers in England*. *Social Science and Medicine*, 60, 119-130, 2005.
- [94] Gensensway D., *Putting guidelines to work-lessons from the real world*. *ACP Observer*, 15(1), 1995.
- [95] Geueke M. and Stausberg J., *A meta-data-based learning resource server for medicine*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 72(3), 197- 208, 2003.
- [96] Godik S. and Moses T., *Extensible access control markup language (XACML) Version 1.1 specification*. OASIS, Available from URL: <http://www.oasis-open.org/committees/xacml/repository/cs-xacml-specification-1.1.pdf>, 2003.

- [97] Goh A., Koh Y.K. and Domazet D.S., ECA rule-based support for workflows. *Artificial Intelligence in Engineering*, 15, 37-46, 2001.
- [98] Gomez-Perez A., Some ideas and examples to evaluate ontologies. *Proceedings of the Eleventh Conference on Artificial Intelligence Applications*, IEEE Computer Society Press, 20(23), 299-305, 1995.
- [99] Gottschalk K., Graham S., Kreger H. and Snell J., Introduction to web services architecture. *IBM Systems Journal*, 41(2), 170-177, 2002.
- [100] Grenon P., Reference Ontologies and Application Ontologies. Institute for Formal Ontology and Medical Information Science (IFOMIS) Reports. ISSN 1611-4019, 2003 Edition. Available from URL [http://www.ifomis.uni-saarland.de/Downloads/Reports/IR-0304\\_Grenon.pdf](http://www.ifomis.uni-saarland.de/Downloads/Reports/IR-0304_Grenon.pdf).
- [101] Gruber T., What is an Ontology?. Available from URL <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>.
- [102] Gruber T.R., A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220, 1993.
- [103] Guitierrez C., Fernandez-Medina E. and Piattini M., A survey of web services security. *Proceedings of International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA)*, Singapore, Ed. Lagana A., 968-977, 2004.
- [104] Hagel J., Loosely coupled: A term worth understanding. 2002. Available from URL <http://www.johnhagel.com/view20021009.shtml>.
- [105] Hammond WE., HL7—more than a communications standard. *Studies in Health Technology and Informatics*, 96, 266-271, 2003.
- [106] Hansen M., Madnick S. and Siegel M., Data integration using web services. *Proceedings of the VLDB 2002 Workshop Efficiency and Effectiveness of XML Tools and Techniques and Data Integration over the Web (EEXTT and DIWeb)*, Hong Kong, Ed. Bressan S., Springer-Verlag, 165-182, 2003.
- [107] Hansen M., Madnick S. and Siegel M., Process aggregation using web services. *Lecture Notes in Computer Science*, Ed. Bussler Ch., 12-27, 2002.
- [108] Haridi S., Aberer K., Van Roy P. and Colajanni M., Topic 18: Peer-to-peer and web computing. *Lecture Notes in Computer Sciences*, Eds. Danelutto M., Vanneschi M. and Laforenza D., Publisher Springer-Verlag GmbH, 1013, 2004.

- [109]Hartman S.J. and Crow S.M., Executive development in healthcare during times of turbulence: Top management perceptions and recommendations. *Journal of Management in Medicine*, 16(5), 359-370, 2002.
- [110]Haux R., Seggewies C., Baldauf-Sobez W., Kullmann P., Reichert H., Luedecke L. and Seibold H., Soarian - workflow management applied for health care. *Methods of Information in Medicine*, 42(1), 25–36, 2003.
- [111]He H., What is Service-Oriented Architecture?. 2003. Available from URL <http://webservices.xml.com/lpt/a/ws/2003/09/30/soa.html>.
- [112]Health Level Seven (HL7), Available from URL <http://www.hl7.org>.
- [113]Heitmann K., Clinical document architecture. *Studies in Health Technology and Informatics*, 96, 279-284, 2003.
- [114]Heitmann K., Schweiger R. and Dudeck J., Discharge and referral data exchange using global standards-the SCIPHOX project in Germany. *International Journal of Medical Informatics*, 70(2-3), 195-203, 2003.
- [115]Hendler J., Agents and the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 30-37, 2001.
- [116]HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act). Available from URL [www.hipaa.org](http://www.hipaa.org).
- [117]Holbrook A., Keshavjee K., Troyan S., Pray M. and Ford P., Applying methodology to electronic medical record selection. *International Journal of Medical Informatics*, 71, 43-50, 2003.
- [118]Hollingsworth D., Workflow management coalition – The workflow reference model. Workflow Management Coalition, Available from URL <http://www.wfmc.org/standards/docs/tc003v11.pdf>, 1995.
- [119]Hondo M., Nagaratnam N. and Nadalin A., Securing web services. *IBM Systems Journal*, 41(2), 228-241, 2002.
- [120]Huizen Van G. and Backman A. J., SOA: First Principles. SONIC software, 2005.
- [121]IBM Corporation and Microsoft Corporation, Security in a web services world: A proposed architecture and roadmap. IBM developerWorks, Available from URL <http://www-106.ibm.com/developerworks/library/ws-secmap/>, 2002.
- [122]IBM Corporation. IBM WebSphere Workflow-Getting Started with Buildtime. V. 3.6, 2005.
- [123]Imamura T, Dillaway B. and Simon E., XML Encryption syntax and processing. W3C, Available from URL <http://www.w3.org/TR/xmlenc-core/>, 2002.

- [124] Jacob B., Brown M., Fukui K. and Trivedi N., Introduction to Grid Computing. International Business Machines Corporation 2005, 2005. Available from URL <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246778.pdf>.
- [125] Jaeger T. and Tidswell J., Rebuttal to the NIST RBAC model proposal. Proceedings of 5<sup>th</sup> ACM Workshop on Role-Based Access Control, Berlin, 65-66, 2000.
- [126] Java Agent Development Framework, <http://jade.tilab.com/>.
- [127] Java Authentication and Authorization Service, <http://java.sun.com/javase/6/docs/technotes/guides/security/jaas/JAASRefGuide.html>.
- [128] Jeong J., Shin D., Shin D. and Moon K., Java-based single sign-on library supporting SAML (security assertion markup language) for distributed web services. Proceedings of 6<sup>th</sup> Asia Pacific Web Conference (APWeb), Hangzhou, China, Eds. Yu J., Lin X., Lu H. and Zhang Y., 891-894, 2004.
- [129] Johannesson P. and Perjons E., Design principles for process modelling in enterprise application integration. Journal of Information Systems, 26, 165-184, 2001.
- [130] <http://csdl.computer.org/comp/trans/tk/2005/01/k0004abs.htm> Joshi J.B., Bertino E., Latif U. and Ghafoor A., A Generalized Temporal Role-Based Access Control Model. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 17(1), 4-23, 2005.
- [131] Joubert M., Dufour J., Aymard S., Falco L. and Fieschi M., Designing and implementing health data and information providers. International Journal of Medical Informatics, 74(2-4), 133-140, 2005.
- [132] Kang M., Park J. and Froscher J., Access control mechanisms for inter-organizational workflow. Proceedings of 6<sup>th</sup> ACM Symposium on Access Control Models and Technologies, Virginia, USA, 66-74, 2001.
- [133] Kangasharju J., Tarkoma S. and Raatikainen K., Comparing SOAP performance for various encodings, protocols and connections. Proceedings of Personal Wireless Communications, Venice, Italy, Ed. Conti M., 397-406, 2003.
- [134] Kapova L. and Hnetyuka P., Model-driven Development of Service Oriented Architectures. WDS'07 Proceedings of Contributed Papers, Prague, Czech, Part I, 72-77, 2007.
- [135] Kappel G., Kapsammer E. and Retschitzegger W., Integrating XML and relational database systems. Lecture Notes in Computer Sciences, Springer Science and Business Media B.V., 343-384, 2004.



- [136] Kapsalis V., Charatsis K., Georgoudakis M., Nikoloutsos E. and Papadopoulos G., A SOAP-based system for the provision of e-services. *Computer Standards and Interfaces*, 26(6), 527-541, 2004.
- [137] Keen M., Cavell J., Hill S., Kee C.K., Neave W., Rumph B. and Tran H., BPEL4WS Business Processes with WebSphere Business Integration: Understanding, Modeling, Migrating. International Business Machines Corporation, 2004. Available from URL <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246381.pdf>
- [138] Kim, S. H., Kim, K. H., Kim, J., Hong, S. J., Kim, S. (2004). Workflow-based Authorization Service in the Grid. *Journal of Grid Computing*, II, 43-55.
- [139] Kittler A.F., Wald J.S., Volk L.A., Pizziferri L., Jagannath Y., Harris C., Lippincott M., Yu T., Hobbs J. and Bates D.W., The role of primary care non-physician clinic staff in e-mail communication with patients. *International Journal of Medical Informatics*, 73(4), 333-340, 2004.
- [140] Koncar M., Implementing the HL7 v3 standard in Croatian primary healthcare domain. *Studies in Health Technology and Informatics*, 105, 325-336, 2004.
- [141] Kumar A., Smith B., Pisanelli D., Gangemi M. and Stefanelli M., An Ontological Framework for the Implementation of Clinical Guidelines in Health Care Organizations. *Studies in Health Technology and Informatics*, IOS Press, 102, 95-107, 2004.
- [142] Kurt A. and Mustafa A., An experimental study on query processing efficiency of native-XML and XML-enabled database systems. *Lecture Notes in Computer Science*, Eds. Bhalla S., Springer-Verlag GmbH, 268-284, 2003.
- [143] Lam W. and Shankararaman V., *Enterprise Architecture and Integration: Methods, Implementation, and Technologies*. IGI Global, 2007. Available from URL [http://www.tibco.com/resources/solutions/soa/lam\\_seshadri\\_article.pdf](http://www.tibco.com/resources/solutions/soa/lam_seshadri_article.pdf).
- [144] Lambros P., Schmitt M-T. and Zentner C., Combine business process management technology and business services to implement complex web services. IBM Corporation, Available from URL <http://www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/BPM.pdf>, 2001.
- [145] Lenz R. and Kuhn K.A., Towards a continuous evolution and adaptation of information systems in healthcare. *International Journal of Medical Informatics*, 73(1), 75-89, 2004.
- [146] Lenz R. and Reichert M., IT Support for Healthcare Processes. *Lecture Notes in Computing Science*, 3649, 354-364, 2005.
- [147] Leymann F. and Roller D., *Business processes in a Web services world*. IBM, 2002.

- [148]Leymann F. and Roller D., Workflow-based applications. IBM Systems Journal, 36, 102-121, 1997.
- [149]Leymann F., Roller D. and Schmint M.-T., Web services and business process management. IBM Systems Journal, 41(2), 198-211, 2002.
- [150]Leymann F., Web services flow language. IBM Corporation, Available from URL <http://www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>, 2001.
- [151]Liu D.R. and Shen M., Workflow Modeling for virtual processes: an order-preserving process-view approach. Information Systems, 28, 505-532, 2003.
- [152]Loback D.F. and Hammond W.E., Development and evaluation of a Computer-Assisted Management Protocol. Proceedings of the Symposium on Computer Applications in Medical Care, Washington, DC.: American Medical Informatics Association, 787-791, 1994.
- [153]Lorch M, Proctor S., Lepro R., Kafura D. and Shah S., First experiences using XACML for access control in distributed systems. Proceedings of ACM workshop on XML security, Fairfax, USA, 25-37, 2003.
- [154]Lytras M., Tsilira A. and Themistocleous M., Towards the semantic e-learning: an ontological orientated discussion of the new research agenda in e-learning. Proceedings of the 9<sup>th</sup> Americas Conference on Information Systems, Tampa, FL, USA, 2985-2997, 2003.
- [155]Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Developing a virtual patient record as a web-based workflow system. Proceedings of Medical Informatics in Europe (MIE), Budapest, Hungary, 90, 298-304, 2002.
- [156]Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Developing a virtual patient record using XML and web-based workflow technologies. International Journal of Medical Informatics, 70, 131-139, 2003.
- [157]Malamateniou F., Poulymenopoulou M., Vassilacopoulos G., Developing a process-oriented virtual healthcare enterprise using web services. Proceedings of International Conference on Information Communication Technologies in Health (ICICTH), Samos Island, Greece, 230-234, 2003.
- [158]Malamateniou F., Vassilacopoulos G. and Mantas J. A search engine for virtual patient records. International Journal of Medical Informatics, 55, 103-115, 1999.
- [159]Managing Workflow Authorization Constraints through Active Database Technology. Information Systems Frontiers, 3(3), 319-338, 2001.

- [160]Mandreoli F., Martoglia R. and Tiberio P., Approximate query answering for a heterogeneous XML document base. Lectures Notes in Computer Sciences, Eds. Xiaofang Z., Stanley S. and Papazoglou M., Publisher Springer-Verlag GmbH, 337, 2004.
- [161]Marshall C. and Shipman F., Which Semantic Web?. Proceedings of 14<sup>th</sup> ACM conference on Hypertext and hypermedia, Nottingham, UK, 57-66, 2003.
- [162]Masuwa-Morgan K. R. and Burrell P., Justification of the need for an ontology for accessibility requirements (Theoretic framework). Interacting with Computers, 16(3), 523-555, 2004.
- [163]McAdam R., Keogh W., Galbraith B. and Laurie D., Defining and improving technology transfer business and management processes in university innovation centres. Technovation, 25(12), 1418-1429, 2005.
- [164]McIlraith S.A., Son T.C. and Zeng H., Semantic Web Services. IEEE Intelligent Systems, 16(2), 46-53, 2001.
- [165]METAGroup, Practical Approaches to Service-Oriented Architecture: Meeting the demand today and tomorrow. META Group Incorporation, 2003.
- [166]Mueller M., Frankewitsch T., Ganslandt T., Burkle T. and Prokosch H., The clinical document architecture (CDA) enables electronic medical records to wireless mobile computing. Proceedings of 11<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics (Medinfo), San Francisco, USA, 1448-1452, 2004.
- [167]Muller M., Butta R. and Prokosch H., Electronic discharge letters using the clinical document architecture (CDA). Studies in Health Technology and Informatics, 95, 824-828, 2003.
- [168]Muller M., Uckert F., Burkle T. and Prokosch H., Cross-institutional data exchange using the clinical document architecture (CDA). International Journal of Medical Informatics, 74(2-4), 245-256, 2005.
- [169]Murray M, Strategies for the successful implementation of workflow systems within healthcare: A cross case comparison. Proceedings of the 36<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, IEEE Computer Society, 166-176, 2003.
- [170]Mur-Veeman I., Hardy B., Steenbergen M. and Wistow G., Development of integrated care in England and the Netherlands, Management across public-private boundaries. Health Policy, 65, 227-241, 2003.

- [171] Myerson J., Web services architectures – How they stack up. Web Services Architect: Articles, Available from URL <http://www.webservicesarchitect.com/content/articles/webservicesarchitectures.pdf>, 2002.
- [172] Naeve A., Yli-Luoma P., Kravcik M., Lytras M, Lindegren M., Nilsson M., Korfiatis N., Wild F., Wessblad R., Kamtsiou V., Pappa D. and Kieslinger B., A conceptual modelling approach to studying the learning process with a special focus on knowledge creation, Deliverable 5.3 of the Prolearn EU/FP6 Network of Excellence, IST 507310, 2005.
- [173] Natim Y., Service-oriented architecture scenario. Gartner research, 2003. Available from URL <http://www.gartner.com/resources/114300/114358/114358.pdf>.
- [174] Neame R. and Olson M., Security issues arising in establishing a regional health information infrastructure. International Journal of Medical Informatics, 73, 285-290, 2004.
- [175] New to SOA and Web Services. IBM, 2003. Available from URL <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/newto/>.
- [176] Noel J., BPM and SOA: Better Together. IBM Corporation, 2005. Available from URL <ftp://ftp.software.ibm.com/software/websphere/pdf/10-07-05JNOELWPSOABPM.pdf>.
- [177] Nonaka I. and Takeuchi H., The Knowledge-Creating Company. Oxford University Press, New York, 1995.
- [178] Novak J.D. and Gowin D.B., Learning How to Learn. UK: Cambridge University Press, New York and Cambridge, 15-25, 1984.
- [179] OASIS Standards, <http://www.oasis-open.org/>.
- [180] Oracle9i XML DataBase Developer's Guide - Oracle XML DB. Oracle Corporation, Available from URL [http://otn.oracle.com/docs/products/oracle9i/doc\\_library/release2/appdev.920/a96620/toc.htm](http://otn.oracle.com/docs/products/oracle9i/doc_library/release2/appdev.920/a96620/toc.htm).
- [181] OWL Web Ontology Language. Available from URL <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [182] Pallos M., Service-Oriented Architecture: A Primer, eAI Journal, 32-35, 2001.
- [183] Pasley J., How BPEL and SOA are changing web services development. IEEE Internet Computing, 9(3), 60-67, 2005.
- [184] Patel N.V., Healthcare Modelling through Role Activity Diagrams for Process-Based Information Systems Development. Requirements Engineering, 5(2), 83 – 92, 2000.
- [185] Pearlman L., Welch V., Foster I., Kesselman C. and Tuecke S.m A Community Authorization Service for Group Collaboration. Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks, 2002.



- [186] Pelikan E., Kotter E. and Timmermann U., Networks in the radiology department and the hospital. *European Radiology*, 11(2), 337 – 345, 2001.
- [187] Pereira A. L., Muppavarapou V., Chung S. M., Role-based Access Control for Grid Database Services. *First DIALOGUE Workshop: Applications-Driven Issues in Data Grids*, Columbus, Ohio, 2005.
- [188] Polivy D. and Tamassia R., Authenticating distributed data using web services and XML signatures. *Proceedings of 2002 ACM Workshop on XML Security*, Fairfax VA, USA, 80-89, 2002.
- [189] Poulymenopoulou M. and Vassilacopoulos G., A web portal for process automation and application integration in emergency healthcare. *Proceedings of International Conference on Information Communication Technologies in Health (ICICTH)*, Samos, Greece, 122-128, 2003.
- [190] Poulymenopoulou M. and Vassilacopoulos G., A web-based workflow system for emergency healthcare. *Proceedings of Medical Informatics in Europe (MIE)*, Budapest, Hungary, 90, 707-711, 2002.
- [191] Poulymenopoulou M. and Vassilacopoulos G., An electronic patient record implementation using clinical document architecture. *Proceedings of International Council on Medical and Care Compunetics (ICMCC)*, 103, 50-57, 2004.
- [192] Poulymenopoulou M., Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Emergency healthcare process automation using workflow technology and web services. *Medical Informatics and the Internet in Medicine*, 28(3), 195-207, 2003.
- [193] Poulymenopoulou M., Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Specifying workflow process requirements for an emergency medical service. *Journal of Medical Systems*, 27(4), 323-333, 2003.
- [194] Poulymenopoulou M. and Vassilacopoulos G., Enabling virtual emergency healthcare enterprises using web services. *Proceedings of Medical Informatics in Europe (MIE)*, St. Malo, France, 322-327, 2003.
- [195] Rassinoux A., Lovis C., Baud R. and Geissbuhler A., XML as standard for communicating in a document-based electronic patient record: a 3 years experiment. *International Journal of Medical Informatics*, 70, 109-115, 2003.
- [196] Ravipati V., *Build Applications using Service-Oriented Architecture*. Oracle Global Business and Technology Conference, Mumbai, 2004.
- [197] RDF Resource Description Framework. Available from URL <http://www.w3.org/RDF/>.

- [198] Regenstrief Institute, Logical observation identifiers names and codes (LOINC), Available from URL <http://www.regenstrief.org/loinc/>.
- [199] Reijers H.A. and Mansar S.L., Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4), 283-306, 2005.
- [200] Rinderle S., Weber B., Reichert M. and Wild W., Integrating Process Learning and Process Evolution – A Semantics Based Approach, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, Volume 3649, 252-267, 2005.
- [201] Rinkus S., Walji M., Johnson-Throop K.A., Malin J.T., Turley J.P, Smith J.W. and Zhang, J., Human-centered design of a distributed knowledge management system. *Journal of Biomedical Informatics*, 38(1), 4-17, 2005.
- [202] Ritonja A. and Hocevar Z., Redesign of healthcare processes classification to improve the processes of gathering information and data processing on professional and organizational quality in healthcare. *International Journal of Health Care Quality*, 14(6), 254-259, 2001.
- [203] Riva A., Mandl K., Oh D., Nigrin D., Butte A., Szolovits P. and Kohane I., The personal internetworked notary and guardian. *International Journal of Medical Informatics*, 62, 27-40, 2001.
- [204] Ruotsalainen, P., A cross-platform model for secure Electronic Health Record Communication. *International Journal of Medical Informatics*, 73(3), 291-295, 2004.
- [205] Rutner S.M., Gibson B.J. and Williams S.R., The impacts of the integrated logistics systems on electronic commerce and enterprise resource planning systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(2), 83-93, 2003.
- [206] Sakamuri B., Madria S., Passi K., Chaudhry E., Mohania M. and Bhowmick S., AXIS: A XML schema integration system. *Lecture Notes in Computer Sciences*, Publisher Springer-Verlag GmbH, 576-578, 2003.
- [207] SAML - Security assertion markup language specification, Available from URL [http://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=security](http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=security), 2001.
- [208] Sampson D.G., Lytras M.D., Wagner G. and Diaz P., Guest editorial: ontologies and the Semantic Web for e-learning. *Educational Technology and Society*, 7(4), 26-28, 2004.
- [209] Sandhu R., Coyne E., Feinstein H. and Youman C., Role-Based Access Control Models. *IEEE Computer*, 29(2), 38-47, 1996.
- [210] Sandhu R., Ferraiolo D. and Kuhn R., The NIST model for role-based access control: Towards a unified standard. *Proceedings of 5<sup>th</sup> ACM Workshop on Role-Based Access Control*, Berlin, 47-63, 2000.

- [211] Schriever, F. J., The Next Health IT Revolution, 2004.
- [212] Schulte R., SOA is changing software. Gartner Research, 2002.
- [213] Schweiger R., Brumhard M., Hoelzer S. and Dudeck J., Implementing health care systems using XML standards. *International Journal of Medical Informatics*, 74(2-4), 267-277, 2005.
- [214] Sheth A., Aalst W. and Arpinar I., Processes driving the networked economy. *IEEE Concurrency*, 7(3), 18-31, 1999.
- [215] Sicilia M.-A. and Lytras M.D., The semantic learning organization. *The learning organization*, 12(5), 402-410, 2005.
- [216] Sowa J., *Conceptual Structures, information processing in mind and machine*. Addison-Wesley Publishing Company Inc, New York, 1984.
- [217] Sowa J., *Knowledge Representation - Logical, Philosophical and Computational Foundations*. Brooks/Cole, USA, 2000.
- [218] Srinivasan L. and Treadwell J., *An Overview of Service-oriented Architecture, Web Services and Grid Computing*. White Paper, 2005. Available from URL <http://h71028.www7.hp.com/ERC/downloads/SOA-Grid-HP-WhitePaper.pdf>.
- [219] Staccini P., Joubert M., Quaranta J., Fieschi D. and Fieschi M., Modelling health care processes for eliciting user requirements: a way to link a quality paradigm and clinical information system design. *International Journal of Medical Informatics*, 64, 129-142, 2001.
- [220] Steinmetz R. and Seeberg C., *Meta-information for Multimedia e-Learning*. Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Volume 2598, 293-303, 2003.
- [221] Stevens M., *The Benefits of a Service-Oriented Architecture*. 2002. Available from URL <http://www.developer.com/design/article.php/1041191/The-Benefits-of-a-Service-Oriented-Architecture.htm>.
- [222] Stohr E. and Zhao J., Workflow automation: Overview and research issues. *Journal of Information Systems*, 3(3), 281-296, 2001.
- [223] Stojanovic L., Saab S. and Studer R., eLearning based on the Semantic Web. *Proceedings of the World Conference on the WWW and the Internet (WebNet 2001)*, Orlando, FL, USA, 2001.
- [224] Sycara K., Dynamic Discovery, Invocation and Composition of Semantic Web Services. In Vouros, G.A. and Panayiotopoulos, T. (Eds.), *Methods and Applications of Artificial Intelligence*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, SETN 2004, LNAI 3025, 3-12, 2004.

- [225] Systematized nomenclature of medicine (SNOMED), Available from URL <http://www.snomed.org/>.
- [226] Tanenbaum A.S. and Van Steen M., Distributed Systems: Principles and Paradigms. Prentice-Hall, 2002.
- [227] Thatte S., XLANG –Web services for business process design, Available from URL [http://www.gotdotnet.com/team/xml\\_wsspecs/clang-c/default.htm](http://www.gotdotnet.com/team/xml_wsspecs/clang-c/default.htm), 2001.
- [228] Tidwell D., Business Processes in Service-Oriented Architectures. IBM Corporation, 2004.
- [229] Tool K-infinity, <http://www.i-views.de>.
- [230] Toole A., Web service-oriented architecture: the best solution to business integration. Cape Clear Software, 2003. Available from URL <http://www.securitypronews.com/it/applicationdevelopment/spn-19-20030815WebServiceOrientedArchitectureTheBestSolutiontoBusinessIntegration.html>.
- [231] Tsetsos V., Anagnostopoulos C. and Hadjiefthymiades S., On the Evaluation of Semantic Web Service Matchmaking Systems. Proceedings on the European Conference on Web Services, Zurich, Switzerland, 255-264, 2006.
- [232] Uschold M. and Gruninger M., Ontologies: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review, 11(2), 1996.
- [233] Uschold M., Where Are the Semantics in the Semantic Web?. AI Magazine, American Association for Artificial Intelligence, 24(3), 25-36, 2003.
- [234] Vassilacopoulos G. and Paraskevopoulou E., A process model basis for evolving hospital information systems. Journal of Medical Systems, 21, 141-153, 1997.
- [235] Vassilacopoulos G., Chrissikopoulos V., Alexandris N. and Tsouropis A., Participative HIS Development: An Approach and a Case Study. Journal of Medical Systems, 20(3), 157-165, 1996.
- [236] Verma M., XML Security: Control information access with XACML. IBM, 2004. Available from URL <http://www.ibm.com/developerworks/xml/library/x-xacml/>.
- [237] Virdell M., Business processes and workflow in the web services world. IBM developerWorks, Available from URL <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-work.html>, 2003.
- [238] Von Lubitz D. and Wickramasinghe N., Healthcare Network-centric Operations: the Confluence of E-Health and E-Government. In L. Al-Hakimi (Ed.) Global E-Government: Theory, Applications, and Benchmarking, Idea Group Publishing (Hershey), 2007, pp. 127 – 146.

- [239] W3C World Wide Web Consortium. Available from URL <http://www.w3.org/>.
- [240] Wald J.S., Pedraza L.A., Reilly C.A., Murphy M.E. and Kuperman G.J., Requirements development for a patient computing system. Proceedings of the AMIA Annual Symposium, 731-735, 2001.
- [241] Walter T. and Herrmann T., The relevance of showcases for the participative improvement of business processes and workflow management. Proceedings of the Participatory Design Conference (PDC), Seattle, USA, Eds. Chatfield R., Kuhn S. and Maller M., 117-127, 1998.
- [242] Weerawarana S. and Curbera F., Business processes: Understanding BPEL4WS, Part 1. Available from URL <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpelcoll/>.
- [243] Weiner M., Stump T., Callahan C., Lewis J. and McDonald C., A practical method of linking data from Medicare claims and a comprehensive electronic medical records system. International Journal of Medical Informatics, 71, 57-69, 2003.
- [244] Wendler T. and Loef C., Workflow management-integration technology for efficient radiology. Medicamundi, 45(4), 41-48, 2001.
- [245] Wetzel I. and Klischewski R., Serviceflow beyond workflow? Concepts and architectures for supporting inter-organizational service processes. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE), Berlin, Germany, 500-515, 2002.
- [246] Wieringa R.J., Blanken H.M., Fokkinga M.M. and Grefen P.W.P.J., Aligning Application Architecture to the Business Context. Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Volume 2681, 209-225, 2003.
- [247] Woolf B. and Snell J., Simplify integration architectures with an Enterprise Service Bus. 2005. Available from URL [http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-esbia/?S\\_TACT=105AGX04&S\\_CMP=ART](http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-esbia/?S_TACT=105AGX04&S_CMP=ART).
- [248] Woolf B., ESB-oriented architecture: The wrong approach to adopting SOA. 2007. Available from URL <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-esbarch/>.
- [249] Woolman P., XML for electronic clinical communications in Scotland. International Journal of Medical Informatics, 64(2-3), 379-383, 2001.



- [250] Workflow management coalition (WMC)– Workflow security considerations. White Paper, Workflow Management Coalition, Available from URL [http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1019\\_10\\_SecurityPaper\\_1998.pdf](http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1019_10_SecurityPaper_1998.pdf), 1998.
- [251] World Health Organization (WHO), International classification of diseases (ICD), Available from URL <http://www.who.int/classifications/icd/en/>.
- [252] World wide web consortium (W3C), Extensible markup language (XML), Available from URL <http://www.w3.org/XML/>.
- [253] World wide web consortium (W3C), Simple object access protocol (SOAP) specifications, Available from URL <http://www.w3.org/TR/soap/>.
- [254] Wu S., Sheth A., Miller J. and Luo Z., Authorization and Access Control of Application Data in Workflow Systems. *Journal of Intelligent Information Systems*, 18(1), Kluwer Academic Publishers, 71-94, 2002.
- [255] Wu S., Sheth A., Miller J. and Luo Z., IT Support for healthcare processes –premises, challenges and perspectives. *Data & Knowledge Engineering*, 61(1), Elsevier Science Publishers, 39-58, 2007.
- [256] Yli-Luoma P.V.J. and Naeve A., Towards a semantic e-learning theory by using a modelling approach, *British Journal of Educational Technology*, 37(3), 445-459, 2006.

---

## **ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

---

### **ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΡΙΣΗ**

1. Papakonstantinou D. and Vassilacopoulos G., A SOA approach to the implementation of an Electronic Medical Record. Accepted for publication International Journal of Applied Systemic Studies, InderScience Publishers, 2006.
2. Makris A., Papakonstantinou D., Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Using Ontology-based knowledge networks for user training in managing healthcare processes. International Journal of Technology Management, Vol 47, Nos 1/2/3:pp. 5-21, 2009.

### **ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΣΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΡΙΣΗ**

1. Koufi V., Malamateniou F., Papakonstantinou D. and Vassilacopoulos G., Using ESB and BPEL for Evolving Healthcare Systems towards Pervasive, Grid-Enabled SOA. Proceedings of the International Conference on Information Systems Development (ISD), Paphos, Cyprus, August 2008.
2. Papakonstantinou D., Malamateniou F. and Vassilacopoulos G., Using ESB and BPEL for evolving healthcare systems towards SOA. Proceedings of the International Congress of the European Federation for Medical Informatics (MIE), Goteborg, Sweden, May 2008.

3. Papakonstantinou D., Malamateniou F., Vassilacopoulos G. and Poulymenopoulou M., A dynamic role-based authorization model for healthcare workflow systems. Proceedings of the International Congress of the European Federation for Medical Informatics (MIE), Maastricht, Netherlands, August 2006.
4. Koufi V., Papakonstantinou D. and Vassilacopoulos G., Virtual Patient Record Security on a Grid Architecture. Proceedings of the International Conference on Information Communication Technologies in Health (ICICTH), Samos, Greece, July 2006.
5. Papakonstantinou D., Koufi V. and Vassilacopoulos G., A Service-Oriented Electronic Medical Record Architecture. Proceedings of the International Conference on Information Communication Technologies in Health (ICICTH), Samos, Greece, July 2006.
6. Papakonstantinou D. and Vassilacopoulos G., An Electronic Medical Record using Service-Oriented Architecture. Proceedings of the Hellenic Society of Systemic Studies (HSSS), Tripoli, Greece, May 2005.



## ΟΡΟΛΟΓΙΑ

**Network-oriented information system - Δικτυοκεντρικό πληροφοριακό σύστημα:** Συλλογή ανεξάρτητων υπολογιστών που εμφανίζεται στους χρήστες της ως ενιαίο σύστημα - Πληροφοριακό σύστημα που περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό από κόμβους και υποσυστήματα δικτύων που παρέχουν διάφορες λειτουργίες. Αυτοί οι κόμβοι και τα υποσυστήματα δικτύων μπορεί να είναι μέρος ενός δημόσιου τομέα (domain) ή να ανήκουν σε διαφορετικούς οργανισμούς.

**Process-oriented information system - Διαδικασιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα:** Πληροφοριακό σύστημα προσανατολισμένο στις διαδικασίες που εκτελούνται εντός ενός οργανισμού και/ή μεταξύ οργανισμών.

**Service-oriented information system - Υπηρεσιοστρεφές πληροφοριακό σύστημα:** Πληροφοριακό σύστημα προσανατολισμένο στις υπηρεσίες που παρέχονται από έναν ή περισσότερους οργανισμούς σε έναν ή περισσότερους οργανισμούς.

**Document-oriented approach - Εγγραφοστρεφή προσέγγιση:** Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση η πληροφορία οργανώνεται σε έγγραφα (*documents*) και η ανταλλαγή πληροφορίας πραγματοποιείται με την ανταλλαγή εγγράφων.

**Object-oriented approach - Αντικειμενοστρεφής προσέγγιση:** Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση η πληροφορία οργανώνεται σε αντικείμενα (*objects*) και η ανταλλαγή πληροφορίας πραγματοποιείται με την ανταλλαγή αντικειμένων.

**Loosely-coupled architecture - Χαλαρά συνδεδεμένη αρχιτεκτονική:** Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αυτή τα συστατικά στοιχεία ενός πληροφοριακού συστήματος συνδέονται κατά τρόπο ώστε η τροποποίηση ενός συστατικού να μην επηρεάζει τα υπόλοιπα συστατικά.

**Tightly-coupled architecture - Στενά συνδεδεμένη αρχιτεκτονική:** Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αυτή τα συστατικά στοιχεία ενός πληροφοριακού συστήματος συνδέονται κατά τρόπο ώστε η τροποποίηση ενός συστατικού να απαιτεί και την τροποποίηση των υπολοίπων συστατικών που συνεργάζονται μαζί του.

**Software components – Συστατικά λογισμικού:** Λογικό μέρος του λογισμικού εφαρμογών που αντιστοιχεί σε μια αυτοτελή μονάδα επιχειρηματικής δραστηριότητας.