



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Λειτουργίες Προσαρμοστικότητας  
μέσω Αντικειμενοστρεφούς Ενδιάμεσου Λογισμικού για την  
Παροχή Υπηρεσιών Προστιθέμενης Αξίας σε  
Επαναδιαμορφώσιμα Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 3ης / 4ης γενιάς

**ΝΙΚΟΛΑΟΣ Κ. ΧΟΥΣΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2004**



## **ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΛΑΖΑΡΟΣ ΜΕΡΑΚΟΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

ΛΑΖΑΡΟΣ ΜΕΡΑΚΟΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΘΩΜΑΣ ΣΦΗΚΟΠΟΥΛΟΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

## **ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

ΛΑΖΑΡΟΣ ΜΕΡΑΚΟΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΘΩΜΑΣ ΣΦΗΚΟΠΟΥΛΟΣ, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ, Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΔΕΜΕΣΤΙΧΑΣ, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΤΣΑΛΓΑΤΙΔΟΥ, Επίκουρος Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΧΑΤΖΗΕΥΘΥΜΙΑΔΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών



# Πίνακας περιεχομένων

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>1</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	<b>3</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>5</b>
1.1 ΣΥΝΟΨΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	8
1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	10
<b>2. ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	<b>13</b>
2.1 ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ 3 <sup>Η</sup> ΓΕΝΙΑ	13
2.2 ΚΙΝΗΤΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΤΗΝ 3 <sup>Η</sup> ΓΕΝΙΑ	15
2.3 ΚΙΝΗΤΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΕΡΑΝ ΤΗΣ 3 <sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΙΑΣ	19
<b>3. ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ 3<sup>ΗΣ</sup>/4<sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΙΑΣ</b>	<b>23</b>
3.1 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ 3 <sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΙΑΣ - Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	23
3.2 ΒΑΣΙΚΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	26
3.3 RCSPP - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	28
3.4 Ο ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ – RCSPPM	33
3.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ RCSPP	38
3.5.1 Εγγραφή, εγκατάσταση και ενημέρωση υπηρεσίας	38
3.5.2 Παροχή υπηρεσίας στον τελικό χρήστη	41
3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
<b>4. ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ 3<sup>ΗΣ</sup>/4<sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΙΑΣ</b>	<b>47</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	47
4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	47
4.2.1 Η έννοια της προσαρμογής στην παροχή υπηρεσιών	47
4.2.2 Υψηλού επιπέδου μοντέλο προσαρμογής	48
4.2.3 Αρχές ανάπτυξης λειτουργικότητας προσαρμογής	50
4.3 ΓΕΝΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	51
4.3.1 Εισαγωγή	52
4.3.2 Υποστηρικτικοί μηχανισμοί: Αναπαράσταση και επεξεργασία δεδομένων και αλγορίθμων	55
4.3.3 Αρχιτεκτονική και λειτουργία	58
4.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ RCSPP	62
4.4.1 Μοντέλο αρχιτεκτονικής υπηρεσιών	62
4.4.2 Επισκόπηση	63
4.4.3 Παράδειγμα αναπαράστασης και μετασχηματισμού προφίλ υπηρεσιών	64
4.4.4 Μια λειτουργία παροχής υπηρεσιών	67
4.4.5 Υποστήριξη VASP για προσαρμόσιμη παροχή υπηρεσιών	68
4.4.5.1 Τι παρέχει η πλατφόρμα RCSPP;	69
4.4.5.2 Ο VASP τι χρειάζεται να κάνει;	70
4.4.5.3 Υποστηρικτικοί μηχανισμοί	72
Προδιαγραφή του προφίλ υπηρεσίας	72
Ανάπτυξη αλγορίθμων λήψης αποφάσεων	77
4.5 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	82
4.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΛΥΣΗΣ	86
4.6.1 Σύνοψη καινοτομικών δυνατοτήτων και σχεδιαστικών επιλογών	87

4.6.2	Πειραματική αξιολόγηση	88
4.6.2.1	Επαλήθευση λειτουργικότητας και βασικών χαρακτηριστικών	88
4.6.2.2	Διερεύνηση επιπτώσεων σε θέματα επίδοσης	90
	Ταχύτητα λήψης αποφάσεων προσαρμογής	91
	Μέγεθος πληροφορίας προφίλ	93
4.6.3	Σύνοψη της αξιολόγησης	95
<b>5.</b>	<b>ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΣΩ</b>	
	<b>ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ</b>	<b>97</b>
5.1	Η ΕΝΝΟΙΑ «ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ»	97
5.2	ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	98
5.2.1	Επιχειρηματικοί ρόλοι και σχέσεις	99
5.2.2	Δοσοληψίες	104
5.2.3	Πηγές εισοδήματος και ροές χρήματος	108
5.2.4	Πιθανά οφέλη	112
5.2.4.1	VASP	112
5.2.4.2	Πάροχος δικτύου	113
5.2.4.3	Τελικός χρήστης	113
5.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	114
5.3.1	Λειτουργίες του Parlay/OSA Framework	115
5.3.1.1	Διεπαφές διαδικασιών ασφάλειας	115
5.3.1.2	Διεπαφές εξεύρεσης διεπαφών/υπηρεσιών	117
5.3.1.3	Διεπαφές συνδρομής σε διεπαφή/υπηρεσία	118
5.3.2	Λειτουργικότητα διαχείρισης δικτυοκεντρικών υπηρεσιών στην RCSPP	126
5.3.2.1	Διαδικασία εγγραφής δικτυοκεντρικής υπηρεσίας στην RCSPP	126
5.3.2.2	Υλοποίηση του Parlay/OSA Service Subscription Manager	129
5.3.2.3	Προσωμοιωτής του Parlay/OSA Framework	133
<b>6.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b>	<b>135</b>
<b>7.</b>	<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b>	<b>139</b>
	<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ</b>	<b>146</b>
	<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ</b>	<b>148</b>
	<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b>	<b>150</b>

## Περίληψη

Η παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας σε τελικούς χρήστες είναι ένα ζήτημα με ολοένα αυξανόμενη σημασία στον κόσμο των κινητών επικοινωνιών. Χωρίς να παραγνωρίζεται ότι οι βασικές υπηρεσίες φωνητικής τηλεφωνίας και μεταφοράς δεδομένων είναι αυτές καθ' εαυτές ιδιαίτερα χρήσιμες, δικαιολογημένα κυριαρχεί διεθνώς η άποψη πως από μόνες τους είναι ανεπαρκείς για την σε ικανοποιητικό βαθμό αξιοποίηση προς όφελος των χρηστών των υπάρχουσών και μελλοντικών τεχνολογικών δυνατοτήτων. Ειδικότερα, ως απώτερος στόχος έχει προσδιοριστεί από τη διεθνή ερευνητική κοινότητα η δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου υπολογιστικές και τηλεπικοινωνιακές δυνατότητες θα είναι παρούσες σε πάσης φύσεως αντικείμενα τους περιβάλλοντός μας και θα διευκολύνουν σχεδόν κάθε δραστηριότητα της καθημερινής μας ζωής.

Παρότι η πραγματοποίηση του εξαιρετικά φιλόδοξου αυτού οράματος δεν είναι προς το παρόν άμεσα ορατή, στις αναγκαίες προϋποθέσεις για την επίτευξή του μπορούν αδιαμφισβήτητα να συμπεριληφθούν η προσαρμοστικότητα των συστημάτων και υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών και η υποστήριξη «ανοιχτών» μοντέλων παροχής υπηρεσιών που επιτρέπουν την αξιοποίηση της τεχνογνωσίας μιας ποικιλίας επιχειρηματικών φορέων πέραν των παρόχων δικτύου. Η παρούσα διατριβή αποσκοπεί στο να αποτελέσει ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση.

Για τη διάθεση υπηρεσιών πάνω από ετερογενή δίκτυα κινητών επικοινωνιών είναι πολύτιμη, αν όχι απαραίτητη, η υποστήριξη από ενδιάμεσο λογισμικό, εξωτερικό ως προς τις υπηρεσίες, το οποίο συντονίζει και διεκπεραιώνει διάφορες σημαντικές λειτουργίες όπως η επαναδιαμόρφωση της υποκείμενης δικτυακής υποδομής και η προσαρμογή υπηρεσιών στο εκάστοτε περιβάλλον. Η διατριβή είχε ως αφετηρία τη συνεισφορά στο σχεδιασμό μιας τέτοιας πλατφόρμας και την πειραματική υλοποίηση και επαλήθευσή της. Κατά τη διαδικασία αυτή προσδιορίστηκε η ανάγκη για συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές και λειτουργικές οντότητες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία επιτεύχθηκαν μέσω κατάλληλων, όπως αποδείχθηκε, κρίσιμων σχεδιαστικών επιλογών.

Το κύριο ζήτημα που μας απασχόλησε στη διατριβή είναι η εισαγωγή λειτουργιών προσαρμοστικότητας στην παροχή υπηρεσιών, με ιδιαίτερη έμφαση στη λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Ειδικότερα, προσδιορίστηκαν συγκεκριμένες αρχές για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη τέτοιων λειτουργιών, οι οποίες αφορούν κυρίως τη λήψη έξυπνων αποφάσεων και οδηγούν σε συγκεκριμένα πλεονεκτήματα, που έχουν ιδιαίτερη σημασία σε ετερογενή περιβάλλοντα κινητών επικοινωνιών. Επίσης, αναπτύχθηκαν μηχανισμοί που επιτρέπουν την εφαρμογή των προαναφερθεισών αρχών στην πράξη και διαθέτουν καινοτόμα χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, καθιστούν δυνατό το δυναμικό εμπλουτισμό της λογικής λήψης αποφάσεων τόσο

με εκ των προτέρων άγνωστους τύπους δεδομένων περιβάλλοντος όσο και με καινούριους αλγορίθμους. Μάλιστα, όσον αφορά τους τελευταίους δίνεται η δυνατότητα για την ενημέρωσή τους από τρίτες οντότητες μέσω κατάλληλων μεθόδων τόσο για την υλοποίησή τους και την ενσωμάτωσή τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων όσο και για την αναπαράστασή τους με τρόπο που δεν παραβιάζει τα σχετικά διεθνή πρότυπα που αφορούν την ανταλλαγή δεδομένων περιβάλλοντος, όπως οι δυνατότητες τερματικού και τα χαρακτηριστικά δικτύου. Οι παραπάνω μηχανισμοί ενσωματώθηκαν ως επεκτάσεις στην προαναφερθείσα πλατφόρμα ενδιάμεσου λογισμικού και χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία για την προσαρμογή της παροχής συγκεκριμένων πειραματικών υπηρεσιών.

Επίσης, εξετάστηκε το ζήτημα της υποστήριξης προηγμένων επιχειρηματικών μοντέλων παροχής υπηρεσιών μέσω του προαναφερθέντος ενδιάμεσου λογισμικού προσαρμοστικότητας και επαναδιαμορφωσιμότητας. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα καινοτόμο επιχειρηματικό πρότυπο που ευνοεί την αποδοτική διεκπεραίωση των αναγκαίων διαχειριστικών λειτουργιών, και κυρίως στην περίπτωση εγκατάστασης σε διαφορετικά ετερογενή περιβάλλοντα υπηρεσιών που κάνουν χρήση της υφιστάμενης δικτυακής υποδομής μέσω τυποποιημένων διεπαφών. Επιπλέον, σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν λειτουργίες ενδιάμεσου λογισμικού και σχήματα αναπαράστασης δεδομένων που επιτρέπουν την εφαρμογή του προαναφερθέντος προτύπου.



## Ευχαριστίες

Αναμφισβήτητα, η παρούσα διατριβή δε θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα χωρίς τη συμπαράσταση και τη βοήθεια πολλών ανθρώπων, τους οποίους νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά.

Ο επιβλέπων καθηγητής μου κ. Λάζαρος Μεράκος με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να εργαστώ στο Εργαστήριο Δικτύων Επικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών σε ένα υψηλού επιπέδου περιβάλλον που μου επέτρεψε να αποκτήσω σημαντική κατάρτιση και να βελτιωθώ ως ερευνητής. Πέραν της συνεισφοράς του σε ερευνητικά θέματα, μου παρείχε πρόθυμα καταλυτική βοήθεια και στήριξη σε όλους τους τομείς όποτε χρειαζόταν. Επιπλέον, αποτέλεσε για μένα ένα ξεχωριστό παράδειγμα συμπεριφοράς και ήθους σε κάθε του δραστηριότητα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, τους καθηγητές κ. Ιωάννη Σταυρακάκη και κ. Θωμά Σφηκόπουλο για την πολύτιμη καθοδήγησή τους.

Για μένα αποτέλεσε μεγάλη τύχη η στενή μου συνεργασία με τη Δρ. Νάνσυ Αλωνιστιώτη, η οποία όχι μόνο μου προσέφερε καθοριστική βοήθεια με τις ευρείες της γνώσεις και τη διορατικότητά της σε τεχνικά θέματα, αλλά και αποτέλεσε εξαιρετικά πολύτιμο αρωγό και υπομονετικό σύμβουλο σε κάθε δυσκολία, πάντοτε πολύ πέρα από τις τυπικές της υποχρεώσεις.

Στο Εργαστήριο Δικτύων Επικοινωνιών είχα την ευκαιρία για συνεργασία με πλειάδα άξιων ερευνητών, η οποία μου προσέφερε σημαντικές επαγγελματικές εμπειρίες. Με τους Βαγγέλη Γαζή, Αλέξανδρο Καλόξυλο, Μαρία Κουτσοπούλου, Ζαχαρία Μπουφίδη, Σπύρο Παναγιωτάκη, Κώστα Σαΐδη και Κώστα Σουρμπάτη δουλέψαμε μαζί αμέτρητες ώρες, πολλές φορές σε εξαντλητικούς ρυθμούς, και μοιραστήκαμε χαρούμενες και μη στιγμές στον επαγγελματικό τομέα. Ξεχωριστή μνεία αξίζει ο Σπύρος Πανταζής, η συνεργασία με τον οποίο στα πλαίσια της μεταπτυχιακής του διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε ιδιαίτερη χαρά χάρη στο σπάνιο ήθος του και το γνήσιο μεράκι του για έρευνα. Πολύ εποικοδομητική και ευχάριστη εμπειρία ήταν επίσης η ανταλλαγή επιστημονικών απόψεων και η κατά καιρούς σύντομη συνεργασία μου με τους Στάθη Χατζηευθυμιάδη, Γιάννη Πρίγγουρη, Τάσο Ιωαννίδη, Νίκο Φραγκιαδάκη και Μιλτιάδη Κυριακάκο.

Θα ήταν μεγάλη παράλειψη αν ξεχνούσα να αναφέρω τον καθοριστικό ρόλο στην απόφαση μου να ασχοληθώ με την έρευνα του καθηγητή μου στο Πανεπιστήμιο Surrey κ. Γιώργου Παύλου, ο οποίος πριν περίπου τεσσεράμισι χρόνια μου έβαλε την ιδέα και τελικά με έπεισε να μπω στη διαδικασία της διδακτορικής διατριβής, κάτι που μέχρι τότε ποτέ δεν είχα σκεφτεί ως πιθανή επιλογή για το επαγγελματικό μου μέλλον.

Σπουδαίο ρόλο στη μακροχρόνια και δύσκολη προσπάθεια της διδακτορικής μου έρευνας έπαιξαν εκείνοι που στην προσωπική μου ζωή είχαν την υπομονή και τη διάθεση να με ακούσουν και να μου συμπαρασταθούν όταν τα πράγματα δεν πήγαιναν τόσο καλά, δείχνοντας παράλληλα κατανόηση στο γεγονός ότι δεν τους αφιέρωνα όσο χρόνο θα ήθελα και θα τους άξιζε. Τους ευχαριστώ πολύ όλους. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδερφή μου Ελένη, τους φίλους μου Παναγιώτη Ριζομυλιώτη, Θωμά Καμαλάκη, Γιάννη Κονταξάκη, Αντώνη Μπόγρη και Κώστα Παπανδρέου καθώς και την Καλλιόπη Ζούβια της οποίας η παρουσία και η αμέριστη συμπαράσταση έκαναν τα πράγματα πολύ καλύτερα στις δύσκολες στιγμές.

Τέλος, μου είναι πολύ δύσκολο να εκφράσω το πόσο ευγνώμων είμαι στους γονείς μου, Κωνσταντίνο και Ζωή. Η απόλυτη, ανιδιοτελής και με κάθε μέσο υλική και κυρίως ψυχική στήριξη που μου προσφέρουν καθημερινά από τότε που θυμάμαι τον εαυτό μου είναι απλά ανεκτίμητη. Είναι αυτονόητο ότι και στον ερευνητικό και επαγγελματικό τομέα θα είχα επιτύχει πολύ λιγότερα χωρίς τη βοήθειά τους.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίκτυα κινητών τηλεπικοινωνιών 2<sup>ης</sup> γενιάς σηματοδότησαν την εντυπωσιακή άνθιση και πρωτοφανή διάδοση των ασύρματων τηλεπικοινωνιών που συντελέστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Τα συγκεκριμένα συστήματα προσέφεραν έναν πολύ περιορισμένο αριθμό υπηρεσιών (π.χ. φωνητική τηλεφωνία και ανταλλαγή μικρού μήκους γραπτών μηνυμάτων) που παρέχονταν με αξιοπιστία και υψηλές επιδόσεις. Το μοντέλο ανάπτυξης και διανομής των υπηρεσιών αυτών προέρχεται από τα παραδοσιακά δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας και χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση της λογικής της υπηρεσίας στη δικτυακή υποδομή, «κλειστά» μοντέλα ανάπτυξης και διαχείρισης, μεγάλους χρόνους εισαγωγής νέων υπηρεσιών και εξάρτηση της πρόσβασης σε υπηρεσίες από τη συνδρομή σε έναν συγκεκριμένο πάροχο δικτύου.

Στα σύγχρονα και μελλοντικά συστήματα, όμως, οι υπηρεσίες που έχουν τη μεγαλύτερη δυναμική είναι αυτές που προσφέρουν κάτι περισσότερο από απλή σύνδεση σε δίκτυο και βασική επικοινωνία. Στην παρούσα διατριβή ο όρος *υπηρεσία* χρησιμοποιείται εναλλάξ με τους όρους *υπηρεσία προστιθέμενης αξίας* (*Value-Added Service, VAS*) και *εφαρμογή* και αναφέρεται σε ένα προϊόν τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνιών που είναι αντλήπτο και άμεσα προσβάσιμο στον τελικό χρήστη και του οποίου η αξία επικεντρώνεται στο περιεχόμενο και τη λειτουργικότητα και όχι στη συνδεσιμότητα. Επιπλέον, ο όρος αναφέρεται κυρίως σε υπηρεσίες που παρέχονται σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Μάλιστα, για συντομία, χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις η έκφραση «κινητή υπηρεσία».

Ο παραπάνω ορισμός ταιριάζει περισσότερο στις υπηρεσίες 3<sup>ης</sup> γενιάς, που ήδη έχουν αρχίσει να εμφανίζονται και μπορούν να έχουν λειτουργικότητα που μπορεί να συμπεριλάβει σχεδόν ο,τιδήποτε μπορεί να φανταστεί κανείς, πέρα από στοιχειώδεις φωνητικές υπηρεσίες, και προσεγγίζει το μοντέλο του ενσύρματου Διαδικτύου. Στην ανάπτυξη και διάθεση των υπηρεσιών αυτών αναμένεται να έχουν σημαντική συνεισφορά πλέον και επιχειρηματικοί φορείς πέραν του παρόχου δικτύου και των κατασκευαστών δικτυακού εξοπλισμού, οι οποίοι αναφέρονται ως *πάροχοι υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας* (*Value-Added Service Providers, VASP*). Τα μοντέλα παροχής υπηρεσιών στην 3<sup>η</sup> γενιά θα είναι πιο ανοιχτά και θα δίνουν τη δυνατότητα μέσω διάφορων τεχνολογιών (π.χ., μεταγωγή πακέτου, ανοιχτές διεπαφές) τόσο για μεγαλύτερη

ευελιξία και εκμετάλλευση της λειτουργικότητας της υποκείμενης δικτυακής υποδομής όσο και για καταναεμυμένες αρχιτεκτονικές υπηρεσιών που εκτείνονται σε εξυπηρετές του ενσύρματου Διαδικτύου και στο τερματικό.

Η περαιτέρω εξέλιξη των συστημάτων και υπηρεσιών ασύρματων τηλεπικοινωνιών εκφράζεται σήμερα με το όραμα των επικοινωνιών «4<sup>ης</sup> γενιάς» ή «πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς», όπου ένα μεγάλο πλήθος δικτυωμένων συσκευών με υπολογιστικές δυνατότητες, ποικίλων μεγεθών και δυνατοτήτων, θα συνυπάρχουν αρμονικά σε ένα ενιαίο σύστημα επικοινωνιών, που θα υποστηρίζει την παροχή κάθε είδους (π.χ. επικοινωνία, πληροφόρηση, διασκέδαση, ανάκτηση δεδομένων, ηλεκτρονικό εμπόριο, τηλεόραση, ραδιόφωνο) υπηρεσιών στον τελικό χρήστη με προσωποποιημένο τρόπο. Η υλοποίηση του συγκεκριμένου οράματος προϋποθέτει ουσιαστικές τεχνολογικές αλλαγές. Οι τελευταίες περιλαμβάνουν τη δυνατότητα για εύκολη εισαγωγή στο επικοινωνιακό τοπίο και διαλειτουργικότητα διαφορετικών τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης, και κυρίως την προσαρμοστικότητα και επαναδιαμορφωσιμότητα υπηρεσιών και συστημάτων σε μια ποικιλία περιβαλλόντων και συνθηκών. Επίσης, επιβάλλεται να είναι αυτοματοποιημένη και άμεση η συνεργασία, για την παροχή υπηρεσιών, διάφορων επιχειρηματικών οντοτήτων.

Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της παροχής υπηρεσιών σε συστήματα πέραν της 3ης γενιάς αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις όσον αφορά σχετικές λειτουργίες διαχείρισης όπως επαναδιαμόρφωση δικτύου, εγκατάσταση, εξεύρεση και προσαρμογή υπηρεσιών, χρέωση και κατανομή εσόδων. Μία από τις λύσεις που έχει προταθεί για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων αυτών είναι η εισαγωγή μιας πλατφόρμας ενδιάμεσου λογισμικού (middleware), η οποία μεσολαβεί μεταξύ παρόχων δικτύου, τελικών χρηστών και VASP και αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει τις προαναφερθείσες λειτουργίες κατά ενιαίο και αποδοτικό τρόπο. Η προτεινόμενη προσέγγιση έχει τύχει μεγάλης αποδοχής στο ευρωπαϊκό και διεθνές ερευνητικό πεδίο, μέσω πληθώρας δημοσιεύσεων σε διεθνώς αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια.

Το συγκεκριμένο ζήτημα αποτέλεσε το κύριο αντικείμενο του ερευνητικού προγράμματος IST-MOBIVAS [1][2], στο πλαίσιο του οποίου σχεδιάστηκε, υλοποιήθηκε, επιδείχθηκε και λειτούργησε δοκιμαστικά ένα πλήρες πρωτότυπο μιας τέτοιας πλατφόρμας [3]. Τα ερευνητικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη παρούσα διατριβή είχαν ως αφετηρία την εισαγωγή της αρχιτεκτονικής, των αλγορίθμων, μηχανισμών και πρωτοκόλλων της εν λόγω ολοκληρωμένης πλατφόρμας ενδιάμεσου λογισμικού παροχής υπηρεσιών σε δυναμικά επαναδιαμορφώσιμα τηλεπικοινωνιακά περιβάλλοντα. Συγκεκριμένα, η συνεισφορά της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας εστιάστηκε στον προσδιορισμό της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας καθώς και το

σχεδιασμό και υλοποίηση μηχανισμών για διάφορες λειτουργίες απαραίτητες για την επαναδιαμόρφωση όπως η εγγραφή, εξεύρεση και προσαρμογή υπηρεσιών.

Επιπλέον της προαναφερθείσας συνεισφοράς, τα ερευνητικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα διατριβή ήταν αποτέλεσμα σημαντικών επεκτάσεων των αρχικά προταθέντων αλγορίθμων και μηχανισμών. Οι καινοτόμες λειτουργίες που προτείνονται αφορούν τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό της γενικής αρχιτεκτονικής Reconfiguration Control and Service Provision Platform (RCSPP) [5].

Ένα μέρος από τις προτεινόμενες λειτουργίες σχετίζονται με την υποστήριξη εξελιγμένων επιχειρηματικών μοντέλων. Στο πλαίσιο της διατριβής έχει οριστεί ένα τέτοιο μοντέλο [6][7] και έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί πρωτότυπη εφαρμογή ενδιάμεσου λογισμικού για την υποστήριξή του. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που επιτυγχάνεται από την προτεινόμενη αρχιτεκτονική και λειτουργικές οντότητες είναι η διάθεση σε τελικούς χρήστες υπηρεσιών που έχουν απευθείας πρόσβαση στο δίκτυο μέσω τυποποιημένων διεπαφών. Στις συγκεκριμένες υπηρεσίες δίνεται η δυνατότητα να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις λειτουργίες της υφιστάμενης υποδομής και για το λόγο αυτό έχουν τη δυναμική να οδηγήσουν τις κινητές υπηρεσίες δεδομένων σε υψηλότερο βαθμό χρησιμότητας για τους τελικούς χρήστες σε σχέση με την απλή παροχή πρόσβασης στο Διαδίκτυο μέσω ασύρματης σύνδεσης. Το λογισμικό που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε επιτρέπει στην αρχιτεκτονική RCSPP να αναλαμβάνει πλήρως τις διαχειριστικές αλληλεπιδράσεις με τους παρόχους δικτύου, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ασφαλή χρήση από τις εφαρμογές των αντίστοιχων τυποποιημένων διεπαφών δικτύου.

Το σημαντικότερο τμήμα των καινοτόμων μηχανισμών που εισάγονται στην παρούσα διατριβή αφορούν την εισαγωγή λειτουργιών προσαρμοστικότητας στην παροχή υπηρεσιών. Είναι αναπόφευκτο πως κάποια σημαντικά τμήματα της λειτουργικότητας προσαρμογής ενσωματώνονται στο ενδιάμεσο λογισμικό που υποστηρίζει τη διάθεση και εκτέλεση κινητών υπηρεσιών. Η εν λόγω λειτουργικότητα, όμως, χρειάζεται σε πολλές περιπτώσεις να είναι εξατομικευμένη ανά υπηρεσία, σε ό,τι αφορά τόσο τις παραμέτρους περιβάλλοντος (δυνατότητες τερματικού και δικτύου πρόσβασης, προτιμήσεις, γεωγραφική θέση και κατάσταση χρήστη) που λαμβάνονται υπόψη στην λήψη αποφάσεων προσαρμογής όσο και τους αλγορίθμους βάσει των οποίων λαμβάνονται οι εν λόγω αποφάσεις (π.χ. συγκεκριμένες παράμετροι περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάζουν την προσαρμογή μιας υπηρεσίας με διαφορετικό τρόπο).

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής διατυπώνουμε βασικές αρχές για την ανάπτυξη λειτουργιών προσαρμοστικότητας σε υπηρεσίες και ενδιάμεσο λογισμικό δικτύων κινητών επικοινωνιών  $3^{ης}$  /  $4^{ης}$  γενιάς, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη λήψη αποφάσεων προσαρμογής [8]. Επίσης, εισάγουμε καινοτόμες αρχιτεκτονικές και μηχανισμούς που καθιστούν δυνατή την πρακτική

εφαρμογή των προαναφερθεισών αρχών [8][9]. Συγκεκριμένα, καθίσταται δυνατή η δυναμική ενεργοποίηση και «φόρτωση» τόσο όλων των παραμέτρων περιβάλλοντος στις οποίες βασίζεται μια απόφαση προσαρμογής, όπως και των αντίστοιχων αλγορίθμων λήψης απόφασης. Επίσης, είναι δυνατή η δυναμική ενημέρωση των παραπάνω παραγόντων από τρίτες οντότητες (π.χ. από τον VASP μιας υπηρεσίας). Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η λήψη αποφάσεων με βάση συνεχώς μεταβαλλόμενες παραμέτρους και αλγορίθμους, σε συμφωνία με τις απαιτήσεις των συστημάτων πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς. Επίσης, η γενική λειτουργικότητα λήψης αποφάσεων μπορεί να εξατομικευτεί ανάλογα με την υπηρεσία την οποία αφορά η προσαρμογή. Σημειωτέον ότι οι παραπάνω συνεισφορές έχουν αποτελέσει αντικείμενο επιτυχούς πειραματικής αξιολόγησης.

## **1.1 Σύνοψη της συνεισφοράς της διατριβής**

Η συνεισφορά της διατριβής εστιάζεται στην εισαγωγή αρχιτεκτονικών και μηχανισμών που επιλύουν προβλήματα που αφορούν τη δυναμική προσαρμογή υπηρεσιών που απευθύνονται στους τελικούς χρήστες και εισάγονται από VASP ανεξάρτητους του παρόχου δικτύου. Με τον τρόπο αυτό ευνοείται η εύελικτη παροχή υπηρεσιών στα συστήματα κινητών υπηρεσιών 3ης / 4ης γενιάς και διευκολύνεται η εισαγωγή μεγάλου εύρους υπηρεσιών από τρίτους επιχειρηματικούς φορείς (π.χ. εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού). Η εισαγωγή των υπηρεσιών γίνεται με εύκολο και διαφανή τρόπο, απαλλάσσοντας τους ανεξάρτητους παρόχους υπηρεσιών από την ανάγκη να έχουν άμεση γνώση του υποκείμενου δικτυακού περιβάλλοντος. Επίσης, η δυναμική προσαρμογή της υπηρεσίας γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο με τη χρήση λειτουργιών ενδιάμεσου λογισμικού και έτσι δεν απαιτείται η επιφόρτιση του VASP με την ανάπτυξη εσωτερικής (στην υπηρεσία) λογικής προσαρμογής.

Η ερευνητική συνεισφορά της παρούσας διατριβής μπορεί να συνοψισθεί ως εξής:

- Ουσιαστική συμμετοχή στον καθορισμό της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας ενδιάμεσου λογισμικού RCSPP για την παροχή και διαχείριση υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών 3<sup>ης</sup> / 4<sup>ης</sup> γενιάς και καθοριστική συνεισφορά στη λήψη των σχετικών σχεδιαστικών αποφάσεων. Σχεδιασμός των μηχανισμών που επιτρέπουν στους μεν VASP να προδιαγράφουν με φορμαλιστικό τρόπο τις υπηρεσίες καθώς και να τις εγγράφουν στην πλατφόρμα, στους δε τελικούς χρήστες την εξεύρεση, επιλογή, προσαρμογή, μεταφορά στο τερματικό και εκτέλεση των υπηρεσιών της πλατφόρμας.
- Ανάπτυξη ενός υψηλού επιπέδου μοντέλου-πλαισίου προσαρμογής και προσδιορισμός βασικών αρχών για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη λειτουργικότητας προσαρμογής σε ενδιάμεσο λογισμικό, συστήματα και υπηρεσίες δικτύων κινητών επικοινωνιών. Η υιοθέτηση των παραπάνω αρχών, όπως καταδεικνύεται από την πειραματική εφαρμογή τους, οδηγεί σε

συγκεκριμένα ουσιώδη πλεονεκτήματα, τα οποία αποκτούν ιδιαίτερη σημασία σε εξελιγμένα περιβάλλοντα κινητών επικοινωνιών πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς.

- Ανάπτυξη τεχνικών και μηχανισμών για την υποστήριξη της εφαρμογής των προαναφερθεισών αρχών σε λειτουργίες δυναμικής προσαρμογής που αφορούν την παροχή κινητών υπηρεσιών. Ειδικότερα:
  - Ανάπτυξη γενικού μοντέλου για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής και αντίστοιχου σχήματος αναπαράστασης των δεδομένων που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία αυτή. Το συγκεκριμένο σχήμα εξασφαλίζει τη διατήρηση των εν λόγω δεδομένων σε γενικές δομές, οι οποίες μπορούν να ενημερωθούν δυναμικά όσον αφορά όχι μόνο το περιεχόμενο αλλά και τη δομή τους. Επιπλέον, επιτρέπει τη διαίρεση της λογικής λήψης αποφάσεων προσαρμογής σε μικρότερα διακριτά και αυτόνομα τμήματα, καθένα από τα οποία μπορεί να ταυτοποιηθεί και να αντικατασταθεί ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα.
  - Σχεδιασμός και υλοποίηση γενικού λογισμικού στοιχείου (μηχανής) λήψης αποφάσεων προσαρμογής με τα εξής βασικά καινοτόμα χαρακτηριστικά:
    - Δυνατότητα για λήψη αποφάσεων με βάση παραμέτρους οι τύποι των οποίων δεν είναι εκ των προτέρων γνωστοί στο σύστημα.
    - Δυνατότητα δυναμικής φόρτωσης και ενεργοποίησης αλγορίθμων λήψης αποφάσεων προσαρμογής.
    - Δυνατότητα δυναμικής προσθήκης λογικής λήψης αποφάσεων προσαρμογής από τρίτες οντότητες (π.χ. από διάφορους VASP). Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων τεχνικών τόσο για την υλοποίηση αλγορίθμων λήψης αποφάσεων προσαρμογής όσο και την φορμαλιστική προδιαγραφή μετα-δεδομένων σχετικών με τους παραπάνω αλγόριθμους.
- Ορισμός καινοτόμου επιχειρηματικού μοντέλου για την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας σε κινητούς χρήστες. Το μοντέλο καθιστά την όλη διαδικασία παροχής υπηρεσιών πιο αποδοτική και ιδιαίτερα διευκολύνει και μειώνει το κόστος εισαγωγής καινούριων εφαρμογών για τους VASP, ιδιαίτερα στην περίπτωση που η εγκατάσταση των νέων υπηρεσιών γίνεται σε περισσότερα του ενός δίκτυα πρόσβασης (πιθανόν και διαφορετικών τύπων). Σχεδίαση και ανάπτυξη ενδιάμεσου λογισμικού για την υποστήριξη του παραπάνω επιχειρηματικού μοντέλου, με έμφαση στις διαχειριστικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες

για την πρόσβαση των εφαρμογών τελικού χρήστη στα δεδομένα και τη λειτουργικότητα της υφιστάμενης δικτυακής υποδομής μέσω ανοικτών, τυποποιημένων διεπαφών.

## **1.2 Δομή της διατριβής**

Πέραν του τρέχοντος εισαγωγικού κεφαλαίου, η παρούσα διατριβή έχει τη δομή που περιγράφεται παρακάτω:

Το Κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει πληροφορία υποβάθρου σχετικά με την παροχή υπηρεσιών σε τελικούς χρήστες δικτύων κινητών επικοινωνιών. Ειδικότερα, παρατίθεται μια σύντομη συγκριτική παρουσίαση της εξέλιξης των διαφορετικών «γενεών» κυψελωτών ασύρματων δικτύων καθώς και των αντίστοιχων μοντέλων παροχής κινητών υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Επίσης, γίνεται μια συνοπτική αναφορά σε συγκεκριμένες τεχνολογίες και διεθνή πρότυπα με εξέχουσα σημασία. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στο να καταδειχθούν τόσο τα κύρια γνωρίσματα όσο και οι διαφορές των σύγχρονων κινητών συστημάτων και υπηρεσιών με αυτά που βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας και αναμένεται να εμφανιστούν στο άμεσο και εγγύς μέλλον. Βασικά χαρακτηριστικά των τελευταίων που αφορούν και το αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι οι αυξημένες ανάγκες σε προσαρμοστικότητα και σε λειτουργίες υποστήριξης εξελεγμένων επιχειρηματικών μοντέλων.

Το αντικείμενο του Κεφαλαίου 3 είναι η παρουσίαση της RCSPP, η οποία αποτελεί ουσιαστική επέκταση και εξέλιξη της πλατφόρμας που αναπτύχθηκε κατά το έργο IST-MOBIVAS. Ειδικότερα αναλύεται το σκεπτικό εισαγωγής μιας τέτοιας πλατφόρμας, αναπτύσσονται η λειτουργικότητά της, το βασικό επιχειρηματικό μοντέλο που υποστηρίζει και η αρχιτεκτονική της και περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο μέσω αυτής διεκπεραιώνονται οι λειτουργίες της, ενώ γίνεται αναφορά και στις σχεδιαστικές επιλογές που τη χαρακτηρίζουν. Επίσης, παρατίθενται και συμπεράσματα που προέκυψαν από το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την πειραματική λειτουργία της.

Το Κεφάλαιο 4 αναφέρεται στη μείζονα συνεισφορά της παρούσας διατριβής που αφορά συστηματικές μεθόδους για τη μελέτη και ανάπτυξη λειτουργιών προσαρμοστικότητας σε ενδιάμεσο λογισμικό και υπηρεσίες δικτύων κινητών επικοινωνιών. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ένα υψηλού επιπέδου μοντέλο λειτουργιών προσαρμογής και προσδιορίζονται κάποιες βασικές αρχές για την ανάπτυξη τέτοιων λειτουργιών. Επιπλέον, παρουσιάζονται διεξοδικά υποστηρικτικές τεχνικές και μηχανισμοί που είναι απαραίτητοι για την εφαρμογή στην πράξη των παραπάνω αρχών, με έμφαση σε ένα καίριας σημασίας σχήμα αναπαράστασης δεδομένων και αλγορίθμων και στο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός γενικού λογισμικού



στοιχείου λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Το τελευταίο παρέχει μια σειρά από καινοτόμα χαρακτηριστικά που δεν είναι διαθέσιμα σε υπάρχοντα συστήματα.

Στο Κεφάλαιο 5 αφορά την υποστήριξη εξελιγμένων επιχειρηματικών μοντέλων μέσω καινοτόμου ενδιάμεσου λογισμικού. Ειδικότερα, εισάγεται ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο παροχής κινητών υπηρεσιών που έχει ως κύριο ρόλο αυτό του παρόχου της πλατφόρμας RCSPP και περιγράφεται το πώς αυτό μπορεί να καταστήσει αποδοτικότερη τη διάθεση εφαρμογών στους τελικούς χρήστες, ειδικά σε περιβάλλοντα πέραν της 3ης γενιάς. Ακόμη, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση λογικής ενδιάμεσου λογισμικού, που έχει πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της διατριβής ως επέκταση της RCSPP, το οποίο είναι απαραίτητο για την υποστήριξη του προαναφερθέντος επιχειρηματικού μοντέλου και ιδιαίτερα για την παροχή υπηρεσιών που κάνουν χρήση ανοιχτών τυποποιημένων δικτυακών διεπαφών.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 περιέχεται μια σύνοψη των θεμάτων που αναπτύχθηκαν στη διατριβή και εντοπίζονται διάφορα ανοικτά επιστημονικά ζητήματα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικών ερευνητικών προσπαθειών επέκτασης της εργασίας μας.



## 2. ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Με τη βοήθεια της ταχύτατης τεχνολογικής προόδου σε διάφορες ερευνητικές περιοχές, η συνεχώς αυξανόμενη τάση προς ανοιχτά, μη υποκείμενα σε κανονιστικές αρχές τηλεπικοινωνιακά περιβάλλοντα, έχει ήδη ξεκινήσει να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην αγορά τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως. Το παραδοσιακό μοντέλο παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, το οποίο χαρακτηρίζεται από την πλήρη ενσωμάτωση της λειτουργικότητας της υπηρεσίας στο δικτυακό εξοπλισμό και εφαρμόζεται με επιτυχία επί πολλά χρόνια τόσο σε ενσύρματα όσο και σε ασύρματα δίκτυα, παρουσιάζει αξιοπιστία και υψηλές επιδόσεις, αλλά υστερεί σε ευελιξία και δυνατότητα ανοιχτής πρόσβασης. Τα τελευταία χρόνια, το συγκεκριμένο μοντέλο δείχνει να χρειάζεται μια εκ βάθρων αναθεώρηση, η οποία αναμένεται να οδηγήσει σε μια ριζική, μη αντιστρεπτή μεταβολή στον τρόπο αναπτύσσονται, εγκαθίστανται και διαχειρίζονται τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και υπηρεσίες. Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει την εξέλιξη των ασύρματων τηλεπικοινωνιών προς μελλοντικά, πιο δυναμικά περιβάλλοντα και καταδεικνύει το σημαίνοντα ρόλο της επαναδιαμορφωσιμότητας των δικτύων στην εξέλιξη αυτή.

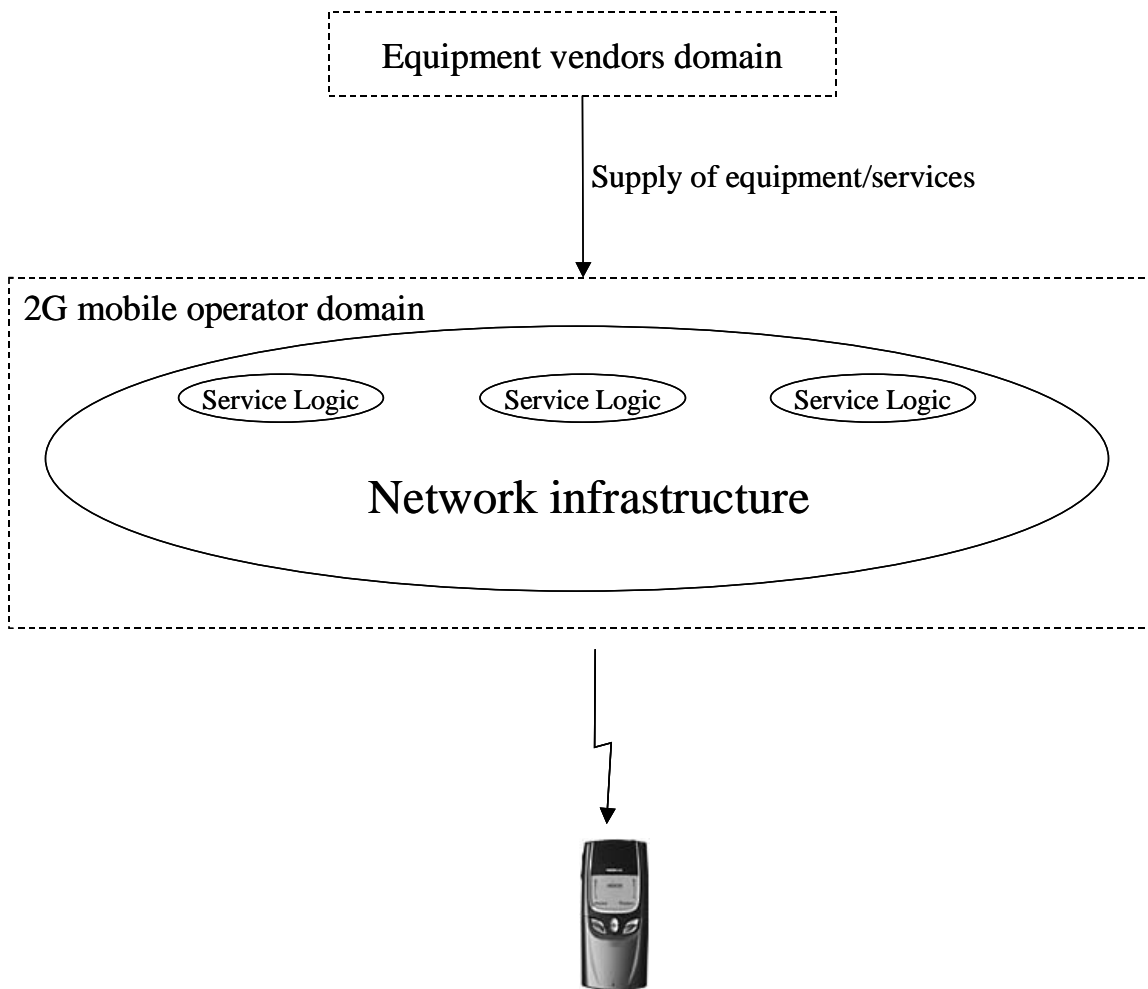
### **2.1 Παροχή υπηρεσιών στην εποχή πριν από την 3<sup>η</sup> γενιά**

Τα κυψελωτά συστήματα κινητών τηλεπικοινωνιών 2<sup>ης</sup> γενιάς [10][11] είχαν πρωτοφανή εμπορική επιτυχία και κατόρθωσαν να εισάγουν τις ασύρματες επικοινωνίες στη ζωή του μέσου πολίτη παγκοσμίως, παρά το γεγονός ότι προσέφεραν έναν πολύ περιορισμένο αριθμό υπηρεσιών, βασισμένων στη φωνητική τηλεφωνία και αργότερα στην ανταλλαγή μικρού μήκους γραπτών μηνυμάτων. Το μοντέλο ανάπτυξης και διανομής των υπηρεσιών αυτών, το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 2-1, προέρχεται από τα παραδοσιακά δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας [12]. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της 2<sup>ης</sup> γενιάς κινητών συστημάτων και υπηρεσιών μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Η ευφυΐα της υπηρεσίας βρίσκεται σε έναν περιορισμένο αριθμό κόμβων του δικτύου κορμού (περιβάλλον υπηρεσιών CAMEL [13], κόμβοι SMS [14]). Ο υπόλοιπος δικτυακός εξοπλισμός (π.χ. σταθμοί βάσης, μεταγωγείς) είναι υπεύθυνος μόνο για την διεκπεραίωση

στοιχειωδών υπηρεσιών μετάδοσης και μεταφοράς, ενώ τα κινητά τερματικά έχουν πολύ περιορισμένες δυνατότητες και συνεπώς η τομή της λογικής της εφαρμογής που ενσωματώνουν δεν υπερβαίνει τη βασική λειτουργικότητα διεπαφής χρήστη και επικοινωνίας.

- Η ανάπτυξη και διαχείριση των υπηρεσιών συντελείται με εργαλεία και τεχνολογίες εξειδικευμένα για τηλεπικοινωνίες και προσिता σε έναν περιορισμένο κύκλο ειδικών. Οι υπηρεσίες ενσωματώνονται σε δικτυακό εξοπλισμό, ο οποίος παρέχει σε τρίτες οντότητες περιορισμένου εύρους διεπαφές για προγραμματισμό και διαχείριση.



**Σχήμα 2-1.** Παροχή υπηρεσιών στη 2<sup>η</sup> γενιά.

Το προαναφερθέν μοντέλο οδηγεί σε σημαντικούς περιορισμούς στην παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών:

- Οι υπηρεσίες συνήθως αναπτύσσονται και εγκαθίστανται μόνο από παρόχους και κατασκευαστές εξοπλισμού. Η συμμετοχή τρίτων οντοτήτων στην ανάπτυξη και διανομή

υπηρεσιών συνήθως δεν περιλαμβάνει προγραμματισμό της υπηρεσίας, παρά μόνο την παροχή περιεχομένου σχετικού με την υπηρεσία.

- Το πλήθος των διαθέσιμων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας 2<sup>ης</sup> γενιάς δεν υπερβαίνει, για έναν μέσο πάροχο, τις μερικές δεκάδες. Συνεπώς, οι υπηρεσίες αυτές δεν συνιστούν σημαντική πηγή εσόδων για τους παρόχους.
- Ο χρόνος εισαγωγής στην αγορά μιας καινούριας υπηρεσίας, είναι της τάξης των μηνών ή και ετών, αφού η εξάρτηση των υπηρεσιών από την υφιστάμενη υποδομή καθιστά τις εργασίες της ανάπτυξης, ελέγχου και εγκατάστασης των υπηρεσιών ιδιαίτερα επίπονες και χρονοβόρες.
- Οι περισσότερες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας εντάσσονται, μαζί με βασικές υπηρεσίες σύνδεσης, σε διάφορες προσφορές βασισμένες στη συνδρομή των παρόχων και είναι προσβάσιμες μόνο από τους συνδρομητές του συγκεκριμένου παρόχου.

## **2.2 Κινητές υπηρεσίες στην 3η γενιά**

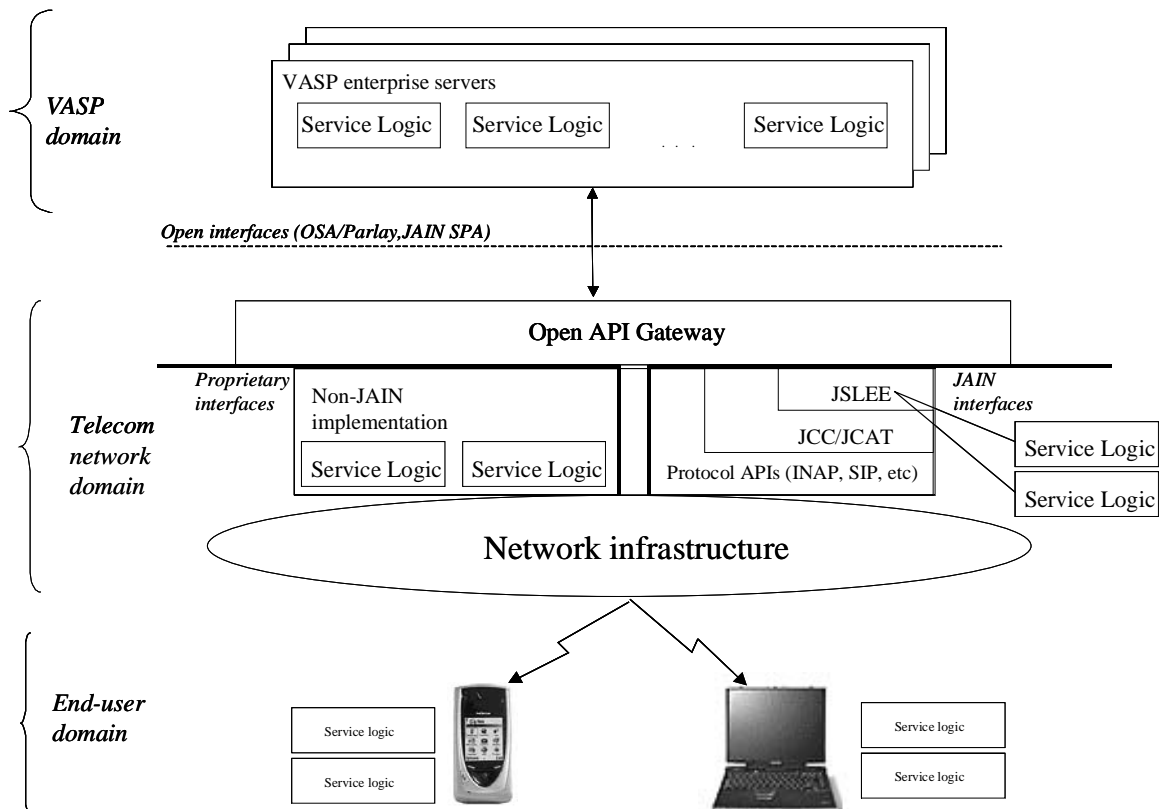
Τα κυψελωτά δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς [15][16][17] αποσκοπούν στον να ανοίξουν το δρόμο προς ένα πιο ευέλικτο περιβάλλον, όπου στο επίκεντρο θα βρίσκονται όχι πλέον στοιχειώδεις προτυποποιημένες υπηρεσίες, όπως η επικοινωνία μέσω φωνής και μικρού μήκους μηνυμάτων, αλλά πολυμεσικές υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που βελτιώνουν ουσιαστικά την εμπειρία της χρήσης κινητών υπηρεσιών [18][19][20]. Οι υπηρεσίες αυτές διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές της δεύτερης γενιάς σε διάφορα σημεία:

- Η λειτουργικότητά τους μπορεί να συμπεριλάβει σχεδόν οτιδήποτε μπορεί να φανταστεί κανείς (π.χ. εξελιγμένους τρόπους επικοινωνίας, ψυχαγωγία, πρόσβαση σε περιεχόμενο, ηλεκτρονικό εμπόριο, ηλεκτρονική διακυβέρνηση), χωρίς πλέον να περιορίζεται σε απλές επεκτάσεις και εμπλουτισμό των βασικών τηλεπικοινωνιακών λειτουργιών (π.χ. του ελέγχου εγκαθίδρυσης κλήσης).
- Η λογική τους μπορεί να κατανέμεται σε ένα πλήθος διακριτών φυσικών τοποθεσιών, προσβάσιμων μέσω IP, οι οποίες ανήκουν στη διοικητική επικράτεια διάφορων οντοτήτων. Για παράδειγμα είναι δυνατόν να βρίσκονται σε εξυπηρέτες τρίτων, όπως και σε κινητά τερματικά, τα οποία από την 3<sup>η</sup> γενιά και μετά μπορούν να έχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό. Επίσης οι υπηρεσίες αυτές είναι φορητές σε διαφορετικά δίκτυα και μπορούν εν γένει να παραχθούν σε ετερογενή περιβάλλοντα, τα οποία χαρακτηρίζονται από τεχνολογική υποδομή και από άλλες παραμέτρους όπως οι προτιμήσεις και η κατάσταση του χρήστη και οι περιβάλλουσες συνθήκες.

- Η ανάπτυξή τους πραγματοποιείται με γλώσσες, τεχνολογίες και εργαλεία γενικού σκοπού (π.χ. Java [21][22], CORBA [23][24], SOAP/XML [25]), τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα στο χώρο της πληροφορικής.

Με δεδομένα τα παραπάνω, η αγορά παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών θα φέρει νέα χαρακτηριστικά (όπως εμφανίζονται στο Σχήμα 2-2):

- Ένα υψηλότερο επίπεδο υπηρεσιών θα προσφέρονται στον τελικό χρήστη, οι οποίες θα συνδυάζουν την εξατομικευμένη πρόσβαση σε πλούσιο περιεχόμενο και λειτουργικότητα με την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων των υφιστάμενων τεχνολογιών (π.χ. υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, πληροφορία σχετική με τη θέση και την κατάσταση του χρήστη).
- Τα μοντέλα ανάπτυξης και παροχής υπηρεσιών θα καταστήσουν δυνατή, και στην πράξη απαραίτητη, τη συνεισφορά πολλών διαφορετικών επιχειρηματικών παικτών (π.χ. πάροχοι δικτύων, κατασκευαστές εξοπλισμού, πάροχοι εφαρμογών, πάροχοι περιεχομένου, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα), αφού η απαιτούμενη τεχνογνωσία δεν θα είναι συνήθως διαθέσιμη εντός ενός μόνου οργανισμού.



**Σχήμα 2-2.** Παροχή υπηρεσιών στην 3<sup>η</sup> γενιά.

Οι επιδιώξεις αυτές είναι εμφανείς στις σχεδιαστικές αρχές των δικτύων 3<sup>ης</sup> γενιάς:

- Η μεταγωγή πακέτου, και ειδικότερα τα δίκτυα βασισμένα στο IP, έχουν υιοθετηθεί για υπηρεσίες δεδομένων [26] (μη πραγματικού χρόνου), ενώ στο μέλλον προβλέπεται η χρήση τους για φωνητική και πολυμεσική επικοινωνία [27]. Η επιλογή αυτή, εκτός από το ότι συνεισφέρει στην αποδοτική αξιοποίηση της διαθέσιμης χωρητικότητας, επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό δικτύων και υπηρεσιών, καθώς και την εισαγωγή εξελιγμένων μοντέλων χρέωσης [28][29][30], τα οποία, όντας προσαρμοσμένα σε συγκεκριμένες υπηρεσίες, μπορούν να είναι πιο ελκυστικά για τον τελικό χρήστη.
- Υπάρχει μια σαφής διάκριση μεταξύ του δικτύου και των υπηρεσιών τελικού χρήστη. Οι τελευταίες δεν τυποποιούνται πλέον, εκτός λίγων εξαιρέσεων. Από την 3<sup>η</sup> γενιά και πέρα, μόνο οι *δυνατότητες υποστήριξης υπηρεσιών* (service capabilities) αποτελούν αντικείμενο τυποποίησης. Οι δυνατότητες αυτές εμπεριέχουν λειτουργικότητα η οποία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών εφαρμογών τελικού χρήστη από τρίτες οντότητες. Επιπλέον, έχουν προδιαγραφεί ανοιχτές προγραμματιστικές διεπαφές (APIs), οι οποίες επιτρέπουν στις εφαρμογές τελικού χρήστη να έχουν ελεγχόμενη πρόσβαση σε επιλεγμένη λειτουργικότητα του δικτύου. Η πρόσβαση αυτή πραγματοποιείται μέσω ανοιχτών τεχνολογιών, όπως η CORBA και τα Web Services, με τις οποίες είναι εξοικειωμένο ένα μεγάλο μέρος των ενασχολούμενων με την ανάπτυξη λογισμικού και εκτός του χώρου των τηλεπικοινωνιών. Το γεγονός αυτό αναμένεται να επιτρέψει σε μεγάλο αριθμό κατασκευαστών λογισμικού να εισέλθουν και να συνεισφέρουν στην αγορά κινητών υπηρεσιών, οδηγώντας έτσι στην ουσιαστική διεύρυνση του φάσματος των εφαρμογών που είναι διαθέσιμες στον τελικό χρήστη.

Η τυποποίηση ανοιχτών διεπαφών σε δυνατότητες υποστήριξης υπηρεσιών αποτελεί ήδη αντικείμενο εντατικών προσπαθειών από διάφορους διεθνείς οργανισμούς. Οι πιο σημαντικές από αυτές τις προσπάθειες παρατίθενται παρακάτω:

- **Parlay** [31][32]. Το Parlay είναι μία αντικειμενοστρεφής διεπαφή, η οποία αναπτύσσεται από το ομώνυμο διεθνές βιομηχανικό φόρουμ, το οποίο έχει ως σκοπό να επιτρέψει σε ανεξάρτητους παραγωγούς λογισμικού να έχουν πρόσβαση σε ένα περιορισμένο εύρος δικτυακών λειτουργιών, μέσω των λεγόμενων Service Capability Features (SCFs). SCFs τα οποία έχουν ήδη προδιαγραφεί (στην έκδοση 4.0) περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων διεπαφές για έλεγχο εγκαθίδρυσης κλήσης [40], ανάκτηση των δυνατοτήτων του τερματικού [41] και της θέσης, κατάστασης και διαθεσιμότητας του χρήστη [42], χρέωση με βάση το μεταφερθέν περιεχόμενο [43] και διαχείριση δικτύου με βάση πολιτικές (policy-based management) [44]. Θέματα ασφάλειας σχετικά με την πρόσβαση στα SCFs (π.χ. ταυτοποίηση αυθεντικότητας, εξουσιοδότηση χρήσης και έλεγχος

- πρόσβασης ) αποτελούν αντικείμενο ενιαίας διαχείρισης από μια οντότητα που ονομάζεται Parlay Framework [39], η οποία λειτουργεί ως το σημείο πρώτης επαφής για τους εξυπηρετούμενους του Parlay. Οι διεπαφές Parlay είναι ανεξάρτητες από συγκεκριμένες πλατφόρμες υλικού, λειτουργικά συστήματα, γλώσσες προγραμματισμού και τεχνολογίες δικτύωσης.
- **OSA** [33][32][34]. Το OSA (Open Service Access) είναι μία προδιαγραφή της 3GPP, η οποία παρέχει ένα API για τη συγκεκριμένη περίπτωση των δικτύων κινητών επικοινωνιών 3ης γενιάς. Το OSA εξαρχής ήταν σε μεγάλο βαθμό βασισμένο στο Parlay. Μάλιστα, από το 2001 και μετά, και τα δύο πρότυπα είναι συμβατά και οι επόμενες εκδόσεις τους αναπτύσσονται από κοινού από τη 3GPP και το Parlay group. Το OSA, όπως και το Parlay, είναι ευρέως αποδεκτά από τους σημαντικότερους βιομηχανικούς παίκτες, γεγονός που αποδεικνύεται στον ήδη σημαντικό αριθμό εμπορικά διαθέσιμων προϊόντων και εγκαταστάσεων ήδη σε λειτουργία από παρόχους κινητής τηλεφωνίας.
  - **JAIN** [35]. Το JAIN (Java APIs for Integrated Networks) είναι σύνολο διεπαφών ορισμένων στη γλώσσα Java, οι οποίες αποσκοπούν στο να καταστήσουν δυνατή την ταχεία ανάπτυξη εξελιγμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών με βάση την πλατφόρμα της Java. Η οικογένεια διεπαφών JAIN χωρίζεται σε:
    - ο *Διεπαφές Πρωτοκόλλων (Protocol APIs)* [37], οι οποίες επιτρέπουν την απευθείας πρόσβαση σε λειτουργικότητα πρωτοκόλλων σηματοδότησης ενσύρματων, ασύρματων και IP δικτύων.
    - ο *Διεπαφές Εφαρμογών (Application APIs)*, οι οποίες προδιαγράφουν διεπαφές που είναι αναγκαίες για την δημιουργία υπηρεσιών τελικού χρήστη. Μια Java έκδοση των διεπαφών Parlay, με το όνομα JAIN Service Provider API (SPA) [38], έχει ήδη συμπεριληφθεί στην τελευταία κατηγορία, μαζί με άλλες διεπαφές [36], όπως η τυποποίηση ενός περιβάλλοντος εκτέλεσης εξυπηρέτη, που ονομάζεται JSLEE (JAIN Service Logic Execution Environment) καθώς και ενός περιβάλλοντος ανάπτυξης υπηρεσιών (service creation environment, SCE).
  - Έχει εισαχθεί η έννοια του Εικονικού Οικείου Περιβάλλοντος (Virtual Home Environment, VHE) [33][45][46], η οποία αναφέρεται στην ομοιόμορφη πρόσβαση σε εξατομικευμένες υπηρεσίες ανεξαρτήτως τόπου και χρόνου.
  - Έχουν οριστεί τυποποιημένα Περιβάλλοντα Εκτέλεσης Κινητών Τερματικών (Mobile station execution environments, MExEs) [47], με βάση τα οποία το τερματικό μπορεί να φιλοξενήσει σημαντικό τμήμα της λειτουργικότητας των εφαρμογών τελικού χρήστη.



- Τα δίκτυα πρόσβασης και κορμού έχουν σε μεγάλο βαθμό αποσυσχετιστεί [48], έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η παροχή υπηρεσιών πάνω από ποικίλες τεχνολογίες πρόσβασης.

Το βασικό μοντέλο παροχής υπηρεσιών 3<sup>ης</sup> γενιάς απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Ένα κυψελωτό δίκτυο 3<sup>ης</sup> γενιάς παρέχει σε εξωτερικές εφαρμογές ανοιχτές διεπαφές μέσω ενός κατάλληλου κόμβου διασύνδεσης (gateway), ο οποίος μετατρέπει, με μη τυποποιημένη λειτουργικότητα, τις εισερχόμενες κλήσεις μεθόδων της διεπαφής σε κατάλληλη ανταλλαγή μηνυμάτων/σηματοδοσίας με το υφιστάμενη δικτυακή υποδομή. Για να το επιτύχει αυτό, μια υλοποίηση κόμβου διασύνδεσης μπορεί να κάνει χρήση είτε των JAIN Διεπαφών Πρωτοκόλλων και Εφαρμογών (εκτός των JAIN SPA) ή και μη τυποποιημένων διεπαφών. Η οντότητα η οποία διαχειρίζεται τον κόμβο διασύνδεσης είναι εν γένει ο πάροχος δικτύου. Ας υποθέσουμε ότι μια εταιρία αναπτύσσει μια υπηρεσία προστιθέμενης αξίας για κινητούς χρήστες και ότι ένα μέρος της υπηρεσίας κάνει χρήση ενός ή περισσότερων τυποποιημένων SCFs. Για να παρέχει την υπηρεσία στους συνδρομητές ενός συγκεκριμένου δικτύου, η εταιρία συνάπτει μια εμπορική συμφωνία με τον αντίστοιχο πάροχο για τη χρήση των OSA/Parlay διεπαφών στο εν λόγω δίκτυο και εγγράφει την εφαρμογή της στο Framework, προσδιορίζοντας μεταξύ άλλων και ποια SCFs χρειάζεται. Από το συγκεκριμένο σημείο και μετά το Framework έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει και να πιστοποιεί την ταυτότητα της εφαρμογής, επιτρέποντάς της με αυτό τον τρόπο να χρησιμοποιεί τα SCFs που ορίζει η συμφωνία. Η αλληλεπίδραση μεταξύ εφαρμογής και κόμβου διασύνδεσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διάφορων τεχνολογιών κατανεμημένης αντικειμενοστραφούς επικοινωνίας, όπως CORBA, DCOM [49], Web Services.

### **2.3 Κινητές υπηρεσίες πέραν της 3ης γενιάς**

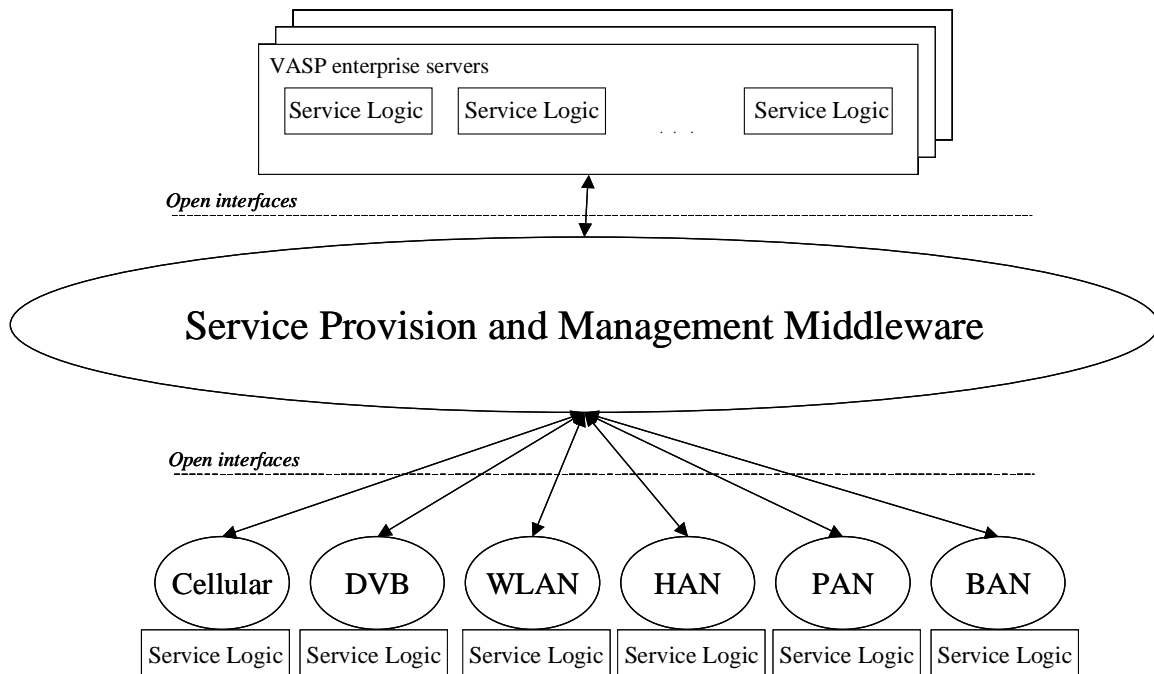
Η δυναμική των κινητών υπηρεσιών, ωστόσο, με δεδομένες πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις σε τομείς όπως η ασύρματη δικτύωση και η τεχνολογία λογισμικού, εκτείνεται πολύ πέρα από τα συστήματα και τις υπηρεσίες 3<sup>ης</sup> γενιάς. Ο απώτερος στόχος των μελλοντικών συστημάτων, που αναφέρονται συνήθως ως συστήματα «4<sup>ης</sup> γενιάς» ή «πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς» [50][51], είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος, όπου ένα μεγάλο πλήθος δικτυωμένων συσκευών ποικίλων μεγεθών και δυνατοτήτων, θα συνυπάρχουν αρμονικά σε ένα ενιαίο σύστημα επικοινωνιών, που θα υποστηρίζει την παροχή κάθε είδους (π.χ. επικοινωνία, πληροφόρηση, διασκέδαση, ανάκτηση δεδομένων, ηλεκτρονικό εμπόριο, τηλεόραση, ραδιόφωνο) υπηρεσιών στον τελικό χρήστη. Μέσω του συστήματος αυτού, μια πλειάδα πολύτιμων και οικονομικά προσιτών υπηρεσιών θα επιδρά σε σχεδόν κάθε πτυχή των καθημερινών δραστηριοτήτων των χρηστών και θα βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής τους. Με βάση αυτό τον ιδιαίτερα φιλόδοξο στόχο, μπορούν να

προσδιοριστούν τα παρακάτω θεμελιώδη χαρακτηριστικά των μελλοντικών κινητών συστημάτων και υπηρεσιών:

*Σύγκλιση τεχνολογιών:* Μέχρι σήμερα η παροχή υπηρεσιών πραγματοποιείται μέσω της συνύπαρξης διακριτών μεταξύ τους δικτύων διάφορων τύπων (π.χ. κινητής τηλεφωνίας, ενσύρματου Internet, ψηφιακής τηλεόρασης). Διαφορετικοί τύποι δικτύων υποστηρίζουν διαφορετικά, παρότι συχνά επικαλυπτόμενα, σύνολα υπηρεσιών, γεγονός για το οποίο έχει επίγνωση και ο χρήστης. Σε μια ιδανική περίπτωση, ο καταναλωτής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών θα αποκομίζει την εντύπωση ότι υπάρχει μια ενιαία υποδομή μέσω της οποίας παρέχονται όλες οι υπηρεσίες που του προσφέρονται και συνεπώς δε θα έχει καμία γνώση για της υφιστάμενες τεχνολογίες. Για παράδειγμα, δε θα μπορεί να ξέρει αν το video clip που παρακολουθεί μεταδίδεται μέσω ενός κυψελωτού δικτύου, ενός ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN) ή ενός συστήματος ψηφιακής τηλεόρασης. Επιπλέον, η ανάγκη για παρέμβαση του χρήστη θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή. Ευφυείς πράκτορες λογισμικού μπορούν να αναλάβουν το έργο της εξεύρεσης υπηρεσιών οι οποίες είναι χρήσιμες σε μια συγκεκριμένη περίπτωση, της εξατομίκευσής τους και της διάθεσής τους στο χρήστη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

*Πανταχού παρουσία:* Τα μελλοντικά δίκτυα επικοινωνιών αναμένεται να αποτελούνται από ένα τεράστιο πλήθος συσκευών διάφορων μεγεθών, οι οποίες θα ενσωματώνουν υπολογιστικές και τηλεπικοινωνιακές δυνατότητες και θα είναι πυκνά διασπαρμένες μέσα στο φυσικό περιβάλλον (π.χ., ενταμιευμένες σε κάθε λογής απτά αντικείμενα). Σε ένα τέτοιο περιβάλλον θα είναι δυνατή η εμφάνιση υπηρεσιών με άνευ προηγουμένου λειτουργικότητα και χρησιμότητα για τον τελικό χρήστη.

*Ποικιλία τεχνολογιών πρόσβασης:* Ένα από τα κυριότερα γνωρίσματα των συστημάτων 4<sup>ης</sup> γενιάς αναμένεται να είναι η απρόσκοπτη συνύπαρξη συμπληρωματικών ή και ανταγωνιστικών μεταξύ τους τεχνολογιών σύνδεσης, όπως κυψελωτών δικτύων κινητής τηλεφωνίας, ασύρματων τοπικών δικτύων και δορυφορικών συστημάτων, συστημάτων ψηφιακής τηλεόρασης, σε ένα σύστημα, το οποίο ο χρήστης θα το αντιλαμβάνεται ως ενιαίο [53][54][55]. Σε ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να είναι δυνατή η δυναμική εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών πρόσβασης («κατακόρυφη μεταπομπή» [56]). Ο βέλτιστος τρόπος σύνδεσης σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή θα προσδιορίζεται βάσει διάφορων παραμέτρων περιβάλλοντος.



**Σχήμα 2-3.** Παροχή υπηρεσιών πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς.

*Προσαρμοσιμότητα/Επαναδιαμορφωσιμότητα:* Οι υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας σε μελλοντικά συστήματα θα παρέχονται σε μια ποικιλία συνθηκών που δεν θα είναι εκ των προτέρων προβλέψιμες. Το αδύνατον της πρόβλεψης γίνεται φανερό με την εξέταση του πίνακα 1, όπου παρουσιάζεται μόνο ένα πιθανό σημείο διαφοροποίησης: η τεχνολογία πρόσβασης και οι αντίστοιχες παράμετροι του δικτύου (π.χ. επιτεύξιμοι ρυθμοί μετάδοσης). Οι παράμετροι του περιβάλλοντος περιλαμβάνουν εν γένει περαιτέρω πληροφορία που αφορά το χρήστη (π.χ. ταυτότητα, γεωγραφική θέση, προσωπικές προτιμήσεις, τρέχουσα δραστηριότητα, συναισθηματική κατάσταση), το φυσικό περιβάλλον (π.χ. θερμοκρασία, φωτισμός, θόρυβος), όπως και το τεχνολογικό περιβάλλον (χαρακτηριστικά τερματικού, γειτονικές συσκευές). Οι διαρκώς μεταβαλλόμενες αυτές παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν την παροχή υπηρεσιών από πολλές απόψεις, όπως να καθορίσουν την προτιμητέα τεχνολογία πρόσβασης, διαμόρφωση δικτύου ή σύνθεση υπηρεσιών. Συνεπώς, λειτουργικές οντοτήτες διάφορων επιπέδων που εμπλέκονται στην παροχή υπηρεσιών, από τις εφαρμογές τελικού χρήστη και middleware στοιχεία έως τα τερματικά και ο εξοπλισμός δικτύου πρέπει να είναι επαναδιαμορφώσιμες και προσαρμόσιμες σε ραγδαία μεταβλητές συνθήκες [4][5][61].



### **3. ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ 3<sup>ης</sup>/4<sup>ης</sup> ΓΕΝΙΑΣ**

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει μια κατανεμημένη πλατφόρμα λογισμικού, με την επωνυμία Reconfiguration Control and Service Provision Platform (RCSPP) [5], για την ευέλικτη παροχή και διαχείριση υπηρεσιών σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών 3<sup>ης</sup>/4<sup>ης</sup> γενιάς. Η δομή του κεφαλαίου έχει ως εξής: Αρχικά σχολιάζονται τα μειονεκτήματα και οι περιορισμοί του προτύπου παροχής υπηρεσιών 3<sup>ης</sup> γενιάς, όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2, και τεκμηριώνεται η ανάγκη για την καθιέρωση πλατφορμών όπως η RCSPP. Στη συνέχεια εισάγεται το βασικό, καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο που υποστηρίζεται από την RCSPP. Κατόπιν τούτου, παρουσιάζεται σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης η γενική αρχιτεκτονική και λειτουργικότητα της πλατφόρμας. Η επόμενη ενότητα πραγματεύεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το βασικό στοιχείο της RCSPP, ο Reconfiguration Control and Service Provision Manager (RCSPM). Ακολούθως αναλύονται οι βασικές λειτουργίες της RCSPP, συμπεριλαμβανομένης της παρουσιάσής τους με τη μορφή ακολουθιών ανταλλαγής μηνυμάτων. Το κεφάλαιο κλείνει με την αναφορά των συμπερασμάτων στα οποία καταλήξαμε με βάση της εμπειρία του σχεδιασμού και της υλοποίησης της πλατφόρμας.

#### **3.1 Μειονεκτήματα των προτύπων παροχής υπηρεσιών 3<sup>ης</sup> γενιάς - Η δυναμική των πλατφορμών διαχείρισης υπηρεσιών**

Η τυποποίηση ανοικτών δικτυακών διεπαφών είναι ένα σημαντικό βήμα για τη μετάβαση σε μια πιο δυναμική και ευέλικτη αγορά κινητών υπηρεσιών, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 2. Εντούτοις, το «άνοιγμα» των δικτύων μέσω τυποποιημένων διεπαφών από μόνο του, και τα προκύπτοντα απλά σχήματα παροχής υπηρεσιών (βλ. Κεφάλαιο 2), δεν είναι αρκετά για αυτήν την μετάβαση. Ορισμένα ζητήματα ιδιαίτερης σημασίας για την παροχή και τη διαχείριση κινητών υπηρεσιών δεν αντιμετωπίζονται από την προαναφερθείσα προσέγγιση:

- Σε περιβάλλοντα πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς, το επιθυμητό για τους VASPs είναι οι υπηρεσίες τους να προσφέρονται σε διάφορα δίκτυα (π.χ., δίκτυα UMTS διαφορετικών παρόχων) καθώς επίσης και σε διαφορετικούς τύπους/τεχνολογίες δικτύων (π.χ., ενσύρματο Διαδίκτυο, UMTS

και WLAN). Εντούτοις, μια πύλη δικτυακών διεπαφών παρέχει συνήθως πρόσβαση σε ένα μόνο δίκτυο και ανήκει στον πάροχο του συγκεκριμένου δικτύου. Κατά συνέπεια, η ανοικτή πρόσβαση σε ανοικτές διεπαφές περισσότερων του ενός δικτύων απαιτεί πολλές διμερείς επιχειρηματικές σχέσεις (μία με κάθε μεμονωμένο πάροχο), γεγονός που οδηγεί σε σημαντικό διαχειριστικό κόστος για τους VASPs, ειδικά στην περίπτωση μικρομεσαίων επιχειρήσεων. Η εισαγωγή ενός μεσολαβητή που θα μπορούσε να παρέχει στις εφαρμογές των VASP πρόσβαση στις ανοικτές διεπαφές πολλών δικτύων μέσω μιας μοναδικής επιχειρηματικής συμφωνίας θα χαμήλωνε τον πήχη για την είσοδο των VASP στην αγορά κινητών υπηρεσιών.

- Μια μείζων απαίτηση για την εποχή από την 3<sup>η</sup> γενιά και μετά είναι η γρήγορη εγκατάσταση υπηρεσιών για εμπορική χρήση. Η λειτουργία αυτή δεν περιλαμβάνει μόνο τις προαναφερθείσες επιχειρηματικές συμφωνίες με τους παρόχους δικτυακών διεπαφών, αλλά και πολλές ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν για να βελτιστοποιήσουν την παροχή υπηρεσιών, όπως τη φυσική κατανομή των συνιστωσών της υπηρεσίας καθώς επίσης και την κατάλληλη επαναδιαμόρφωση του εξοπλισμού δικτύου. Πέραν του γεγονότος ότι οι υπάρχουσες σήμερα τυποποιημένες διεπαφές δεν είναι επαρκείς για να εκτελεστούν μέσω αυτών όλες τις απαραίτητες λειτουργίες [61], ο συντονισμός των απαραίτητων ενεργειών σε διαφορετικά περιβάλλοντα μέσω κλήσεων σε δικτυακά API αποτελεί υπερβολικό φόρτο για έναν μέσο VASP που κανονικά πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη μόνο της λογικής των υπηρεσιών του. Κατά συνέπεια, μια πιο βιώσιμη λύση θα ήταν ο VASP να παράγει μια δηλωτική (π.χ., XML) περιγραφή των απαιτήσεων εφαρμογής και έπειτα ένας κατάλληλος μεσολαβητής να μετατρέπει αυτές τις απαιτήσεις σε ενέργειες στην υφιστάμενη υποδομή, η οποία θα μπορεί να αποτελείται από πολλά δίκτυα και τεχνολογίες [52]. Αυτές οι ενέργειες μπορεί να πρέπει να εκτελεστούν σε μια πλειάδα περιοχών δικαιοδοσίας και δικτύων που εμπλέκονται στην παροχή και τη διαχείριση της υπηρεσίας από άκρο σε άκρο. Συνεπώς, ο προαναφερθείς μεσολαβητής πρέπει να μην ανήκει στη δικαιοδοσία ενός συγκεκριμένου παρόχου δικτύου.
- Διαχείριση επαναδιαμορφωσιμότητας. Η επαναδιαμορφωσιμότητα θεωρείται ως μία ζωτικής σημασίας ιδιότητα για τα συστήματα κινητών επικοινωνιών επόμενης γενιάς [4][57][58]. Ειδικότερα, η διαχείριση της επαναδιαμόρφωσης του δικτύου και του τερματικού αποτελεί ένα ιδιαίτερα περίπλοκο πρόβλημα που αφορά πολλαπλά στρώματα της λογικής του δικτύου και περιλαμβάνει την ευφυή καταγραφή πληροφοριών και αλληλεπίδραση με τον υφιστάμενο δικτυακό εξοπλισμό [5]. Επιπλέον, οι ενέργειες επαναδιαμόρφωσης είναι δυνατόν να επηρεάζουν ή ακόμα και να εφαρμόζονται σε περισσότερα του ενός δίκτυα.

Κατά συνέπεια, μια εξειδικευμένη οντότητα διαφορετική από τον πάροχο δικτύου θα ήταν η πιο κατάλληλη για να τις διαχειριστεί.

- Διαχείριση προσαρμοστικότητας στο περιβάλλον. Η προσαρμοστικότητα της παροχής υπηρεσιών σε απρόβλεπτα περιβάλλοντα και καταστάσεις είναι ένας πολύ απαιτητικός στόχος. Οι σχετικές προσπάθειες της ανάπτυξης της λογικής για τον προσδιορισμό του περιβάλλοντος και τη λήψη ευφύων αποφάσεων προσαρμογής είναι επιθυμητό να μετακινηθεί από τους μεμονωμένους VASP σε μια εξειδικευμένη πλατφόρμα που προσφέρει τη γενικές, επαναχρησιμοποιήσιμες λειτουργίες προσαρμογής.
- Δημιουργία ενός μοναδικού σημείου επαφής (π.χ., κινητή πύλη) για τους τελικούς χρήστες, όπου η εξεύρεση και η βέλτιστη χορήγηση μεγάλου αριθμού υπηρεσιών εκτελούνται από μια ενιαία διεπαφή χρήστη και προσαρμόζονται στο περιβάλλον παροχής υπηρεσιών (π.χ., δυνατότητες τερματικού, προτιμήσεις χρηστών, χαρακτηριστικά δικτύου) [59][60]. Η εν λόγω λειτουργία αποσκοπεί στο να εξοικονομήσει, σε μεγάλο βαθμό, για τους χρήστες το χρόνο και την προσπάθεια που απαιτούνται για τον εντοπισμό και την εξοικείωση με αυτό που χρειάζονται σε μια αφθονία διαθέσιμων εφαρμογών. Η εξελεγχόμενη διαχείριση πληροφορίας περιβάλλοντος αποτελεί βασικό προαπαιτούμενο για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου.
- Ευέλικτη και επαναδιαμορφώσιμη τιμολόγηση. Τα άκαμπτα, βασισμένα στο χρόνο και τη σύνδεση σχήματα δεν είναι πλέον ικανοποιητικά για το χειρισμό της χρέωσης και της τιμολόγησης της παροχής προηγμένων υπηρεσιών πολυμέσων. Η εφαρμογή ποικίλων, αυθαίρετα περίπλοκων σχεδίων τιμολόγησης πρέπει να υποστηρίζεται. Επιπλέον, ένας ενιαίος αναλυτικός λογαριασμός πρέπει να παράγεται ανά χρήστη για όλες τις βασικές και προστιθεμένες αξίας υπηρεσίες. Η επίλυση αυτών των ζητημάτων απαιτεί την ανάπτυξη συστημάτων τιμολόγησης που συλλέγουν και επεξεργάζονται δεδομένα από διάφορες υποδομές δικτύου (3G δίκτυα πρόσβασης, ενσύρματα IP δίκτυα) και επιτρέπουν τη δυναμική επαναδιαμόρφωση των σχημάτων τιμολόγησης, τη δυναμική τροποποίηση των χρεώσεων καθώς επίσης και το διαμοιρασμό των εσόδων μεταξύ των εμπλεκόμενων επιχειρηματικών μερών. Κατά συνέπεια, τα παραδοσιακά συστήματα τιμολόγησης τηλεπικοινωνιών σε χρήση από τους παρόχους δικτύων κινητών επικοινωνιών δεν αποτελούν επαρκή λύση. Επιπλέον, οι υπάρχουσες τυποποιημένες διεπαφές (OSA/Parlay/JAIN) παρέχουν δυνατότητες μόνο για χρέωση με βάση το περιεχόμενο, η οποία εκτελείται απευθείας από την εφαρμογή στο λογαριασμό του τελικού χρήστη και συνεπώς δεν παρέχει μια πλήρη λύση για χρέωση και τιμολόγηση.

Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι ορισμένη λειτουργικότητα, που είναι κρίσιμη για την ευέλικτη παροχή υπηρεσιών στην 3<sup>η</sup> γενιά και πέραν αυτής, πρέπει να είναι αρκετά προσαρμόσιμη και επεκτάσιμη για να επιτελεί το σκοπό της σε ετερογενή περιβάλλοντα και άρα δεν μπορεί να υποθέσει την ύπαρξη ή να εξαρτηθεί από συγκεκριμένα υφιστάμενα πρωτόκολλα ή τεχνολογίες. Η διαχείριση αυτής της ποικιλομορφίας είναι μια εξαιρετικά δύσκολη εργασία, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει ένα δυσβάσταχτο φορτίο εάν αναλαμβανόταν από οντότητες όπως μεμονωμένες εφαρμογές και πάροχοι δικτύων κινητών επικοινωνιών. Μια πιο βιώσιμη προσέγγιση θα ήταν να ανατεθούν οι συγκεκριμένες λειτουργίες σε ευφυείς πλατφόρμες διαχείρισης υπηρεσιών που να ενεργούν ως μεσολαβητές μεταξύ των VASPs, των τελικών χρηστών και των παρόχων δικτύου. Αυτή η προσέγγιση έχει το σημαντικό όφελος της απλοποίησης και μείωσης του κόστους ορισμένων σημαντικών λειτουργιών, με την ανάθεση τους σε μια εξειδικευμένη οντότητα (πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών) αντί της κατανομής της αντίστοιχης ευθύνης μεταξύ ενός πλήθους δραστών (π.χ., πάροχοι δικτύου, VASPs). Σε τελική ανάλυση αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στη δραστική μείωση του κόστους της παροχής κινητών υπηρεσιών για τους εμπλεκόμενους επιχειρηματικούς φορείς και τη διευκόλυνση της εισόδου στη σχετική αγορά νέων παρόχων εφαρμογών και περιεχομένου. Επιπλέον, η διοίκηση της πλατφόρμας από μια οντότητα που δεν είναι απαραίτητως πάροχος δικτύου επιτρέπει περισσότερη ευελιξία στην εγκατάσταση υπηρεσιών σε ετερογενείς υποδομές, σε συμφωνία με τις απαιτήσεις των συστημάτων πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς.

### **3.2 Βασικό επιχειρηματικό μοντέλο**

Στην παρούσα ενότητα εισάγεται συνοπτικά το βασικό επιχειρηματικό μοντέλο που υποστηρίζεται από την RCSPP, το οποίο μπορεί να αποτελέσει τον πυρήνα για την προδιαγραφή πολυπλοκότερων και πληρέστερων μοντέλων, όπως αυτά που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5. Το πλέον καινοτόμο στοιχείο του μοντέλου είναι η εισαγωγή ενός νέου επιχειρηματικού ρόλου, με το όνομα *διαχειριστής/πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών*.

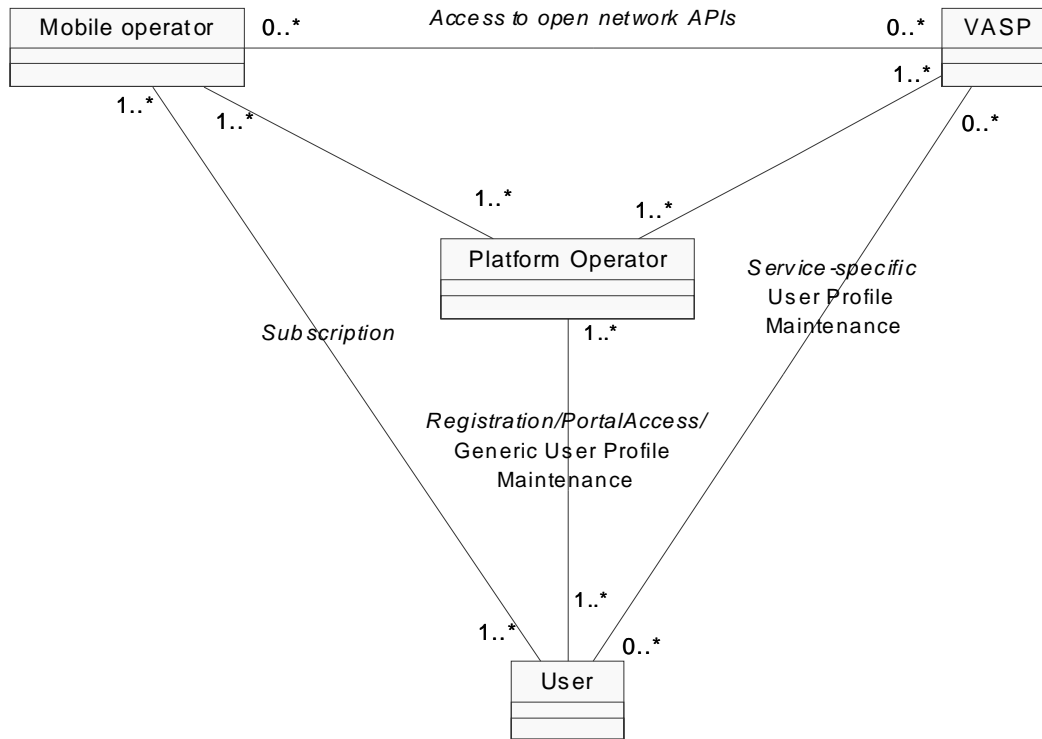
Οι επιχειρηματικοί ρόλοι στο προτεινόμενο μοντέλο και οι μεταξύ τους σχέσεις απεικονίζονται στο Σχήμα 3-1, που έχει τη μορφή διαγράμματος κλάσεων της UML. Οι ρόλοι αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

*Τελικός κινητός χρήστης (end-user)*: Ο τελικός χρήστης είναι η οντότητα που καταναλώνει τις υπηρεσίες.

*Πάροχος δικτύου κινητών επικοινωνιών (mobile network operator)*: Πρόκειται για την οντότητα που διαχειρίζεται τη δικτυακή υποδομή που επιτρέπει τη δικτύωση του χρήστη και εν γένει



επίσης παρέχει και πρόσβαση στο δίκτυό της σε τρίτες οντότητες μέσω τυποποιημένων διεπαφών.



**Σχήμα 3-1.** Βασικοί ρόλοι επιχειρηματικού μοντέλου παροχής υπηρεσιών σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

*Διαχειριστής/πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών (service provision platform administrator/provider):* Είναι η οντότητα που διαχειρίζεται την πλατφόρμα λογισμικού RCSPP. *Πάροχος υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (Value-Added Service Provider, VASP):* Είναι η οντότητα που παρέχει (και εν γένει επίσης αναπτύσσει) την εφαρμογή/υπηρεσία τελικού χρήστη. Ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών παρέχει στον τελικό χρήστη ένα portal για εξατομικευμένη εξεύρεση και εκτέλεση εφαρμογών και επιπλέον αναλαμβάνει την αυτοματοποιημένη εγκατάσταση και διαχείριση των εφαρμογών των VASPs που διανέμονται πάνω από την υποδομή των παρόχων δικτύου. Για να φέρει σε πέρας τα παραπάνω ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών εμπλέκεται σε επιχειρηματικές συνεργασίες με παρόχους δικτύου και VASPs, ενώ διατηρεί απευθείας πελατειακές σχέσεις με τους τελικούς χρήστες. Οι VASPs μπορούν να συνάπτουν επιχειρηματικές συμφωνίες με παρόχους δικτύου για την πρόσβαση σε ανοιχτές διεπαφές δικτύου (π.χ. OSA/Parlay). Κατ' αναλογία με το μοντέλο της 2<sup>ης</sup> γενιάς, ο χρήστης έχει μια συνδρομή με τον πάροχο δικτύου, η οποία περιλαμβάνει την έκδοση μιας κατάλληλης κάρτας USIM. Σημειωτέον ότι για την πρόσβαση σε μια εφαρμογή δε απαιτείται προγενέστερη

συνδρομή του χρήστη με τον αντίστοιχο VASP, αφού το μοντέλο που εφαρμόζεται επιτρέπει τη δυναμική εξεύρεση, μεταφορά (downloading) και εκτέλεση υπηρεσιών. Μολαταύτα, επιχειρηματικές σχέσεις μεταξύ του VASP και του τελικού χρήστη δεν αποκλείονται. Για παράδειγμα, ο VASP μπορεί να αποθηκεύει στοιχεία για την ταυτότητα και τις προτιμήσεις του χρήστη, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες όπως η αυτόματη χρέωσή του μέσω πιστωτικής κάρτας και η εξατομίκευση του παρεχόμενου σε αυτόν περιεχομένου.

Αξίζει να τονιστεί πως στην πράξη είναι δυνατόν μία οντότητα να έχει ταυτόχρονα παραπάνω από έναν από τους προαναφερθέντες ρόλους, όπως και το αντίστροφο. Για παράδειγμα, ένας πάροχος δικτύου ή πλατφόρμας υπηρεσιών μπορεί επιπλέον να αναπτύσσει δικές του υπηρεσίες και συνεπώς να ενεργεί ως VASP.

Ένα σημαντικό σημείο έγκειται στο ότι η πλατφόρμα προσφέρει τόσο στους τελικούς χρήστες όσο και στους VASPs τη δυνατότητα να εκτελέσουν πολύπλοκες λειτουργίες σε ένα βήμα και αλληλεπιδρώντας μόνο με μία οντότητα (την πλατφόρμα). Η δυνατότητα αυτή, η οποία συχνά αναφέρεται ως λειτουργία one-stop-shop, συμβάλλει στην απλοποίηση και ταχύτερη ολοκλήρωση πολυσύνθετων διαδικασιών, οι οποίες στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι αυτές της εξατομικευμένης διανομής υπηρεσιών στους τελικούς χρήστες και της αυτοματοποιημένης εγκατάστασης των εφαρμογών των VASPs.

### **3.3 RCSPP - Λειτουργικότητα και αρχιτεκτονική**

Η παρούσα ενότητα αποτελεί μια επισκόπηση της πλατφόρμας RCSPP. Αρχικά σκιαγραφείται η λειτουργικότητά της μέσω περιπτώσεων χρήσης (use cases) της UML και περιγράφεται το γενικό μοντέλο παροχής υπηρεσιών που υποστηρίζει και ακολούθως παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική της σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης.

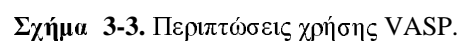
Η πλατφόρμα χρησιμοποιείται από δύο ειδών εξωτερικές οντότητες:

- Τελικούς χρήστες
- Παρόχους υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (VASPs)

Οι τελικοί χρήστες έχουν τη δυνατότητα μέσω της πλατφόρμας να επιλέξουν και να εκτελέσουν τις εφαρμογές που επιθυμούν. Εκ των υστέρων, λαμβάνουν έναν ενιαίο αναλυτικό λογαριασμό που συμπεριλαμβάνει τη χρέωσή τους τόσο για τη σύνδεση στο δίκτυο, η οποία είναι διαθέσιμη μέσω των παρόχων δικτύου, όσο και για την πρόσβαση σε υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας. Οι παραπάνω λειτουργίες αποτελούν αντικείμενο εξατομίκευσης, η οποία πραγματοποιείται με την υποστήριξη της RCSPP. Οι περιπτώσεις χρήσης της πλατφόρμας, οι οποίες αναφέρονται σε τελικούς χρήστες απεικονίζονται στο Σχήμα 3-2 και επεξηγούνται αμέσως παρακάτω.



Αξίζει στο σημείο αυτό να τονιστεί η διαφορά μεταξύ των λειτουργιών εγγραφής/εγκατάστασης της υπηρεσίας (από τον VASP) και μεταφορά και εκτέλεση της υπηρεσίας (από τον τελικό χρήστη). Η πρώτη λαμβάνει χώρα τη στιγμή που ο VASP επιθυμεί να καταστήσει την υπηρεσία διαθέσιμη στους κινητούς χρήστες (μετά από συμφωνία με τον πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών), ενώ η δεύτερη αφού ο τελικός χρήστης επιλέξει την υπηρεσία για εκτέλεση κατά τη διάρκεια μιας συνόδου.

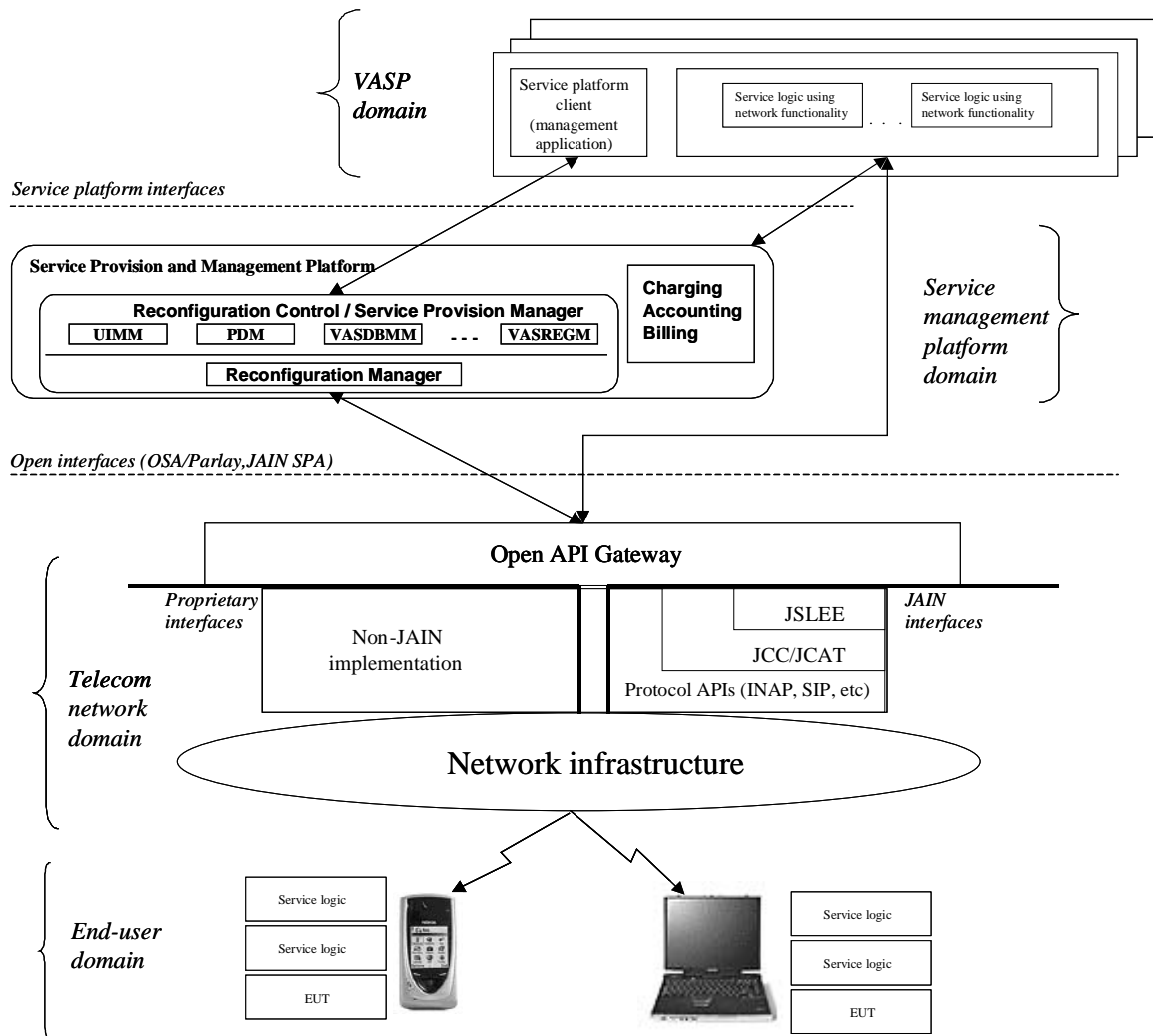


Η πλατφόρμα αποτελείται από διάφορα καταναμεμημένα στοιχεία λογισμικού και συγκεκριμένα από το *Διαχειριστή Ελέγχου Επαναδιαμόρφωσης και Παροχής Υπηρεσιών (Reconfiguration Control and Service Provision Manager, RCSPM)*, το *Σύστημα Καταγραφής, Καταμερισμού και Χρέωσης (Charging, Accounting and Billing System, CAB)* και το *Τερματικού Τελικού Χρήστη (End User Terminal)*, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 3-4.

Οι ακόλουθες παράγραφοι περιγράφουν τη λειτουργικότητα καθενός από τα στοιχεία αυτά.

Ο RCSPM είναι το κεντρικό στοιχείο της πλατφόρμας. Συντονίζει τις αναγκαίες διαδικασίες για τη δυναμική εγκατάσταση εφαρμογών και την εξατομικευμένη εξεύρεση, μεταφορά, εκτέλεση και διαχείριση υπηρεσιών τελικού χρήστη. Ο RCSPM παρέχει μια web διεπαφή στον VASP, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται για την εξ αποστάσεως διενέργεια λειτουργιών εγκατάστασης και διαχείρισης υπηρεσιών. Συνεπώς ο RCSPM αλληλεπιδρά με λογισμικό επιπέδου διαχείρισης (management plane) που εκτελείται την επικράτεια του VASP και όχι με τις ίδιες τις εφαρμογές. Παρ' όλα αυτά, ο RCSPM παρέχει διεπαφές και απευθείας σε υπηρεσίες τελικού χρήστη. Οι διεπαφές αυτές, οι οποίες αποτελούν επεκτάσεις των τυποποιημένων διεπαφών OSA/Parlay, επιτρέπουν την επαναδιαμόρφωση της υφιστάμενης υποδομής (π.χ. μεταβολή πολιτικών τιμολόγησης στο CAB), καθώς και την ανάκτηση και ενημέρωση πληροφορίας περιβάλλοντος. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη λειτουργικότητα και την εσωτερική δομή του RCSPM περιλαμβάνονται στην ενότητα 3.4.

Το CAB [62][63][64] είναι υπεύθυνο για το συνολικό έλεγχο των διαδικασιών καταγραφής κίνησης, καταμερισμού και χρέωσης. Η λειτουργικότητά του περιλαμβάνει τη συλλογή πληροφορίας από δίκτυα διάφορων τύπων (π.χ. κυψελωτά 3<sup>ης</sup> γενιάς, ενσύρματα IP δίκτυα), την εφαρμογή των κατάλληλων για κάθε περίπτωση μοντέλων χρέωσης, τον υπολογισμό του μεριδίου της κάθε εμπλεκόμενης επιχειρηματικής οντότητας και την παραγωγή ενός ενιαίου αναλυτικού λογαριασμού για τον κάθε τελικό χρήστη. Επιπλέον, το CAB παρέχει εξελεγχόμενη λειτουργικότητα μέσω ανοιχτών διεπαφών, ώστε τόσο ο RCSPM όσο και εξουσιοδοτημένοι VASPs να έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν ένα επιλεγμένο σύνολο λειτουργιών, όπως τη δυναμική διαμόρφωση πολιτικών διατίμησης και την ανάκτηση στατιστικής πληροφορίας σχετικής με τη χρήση των υπηρεσιών.

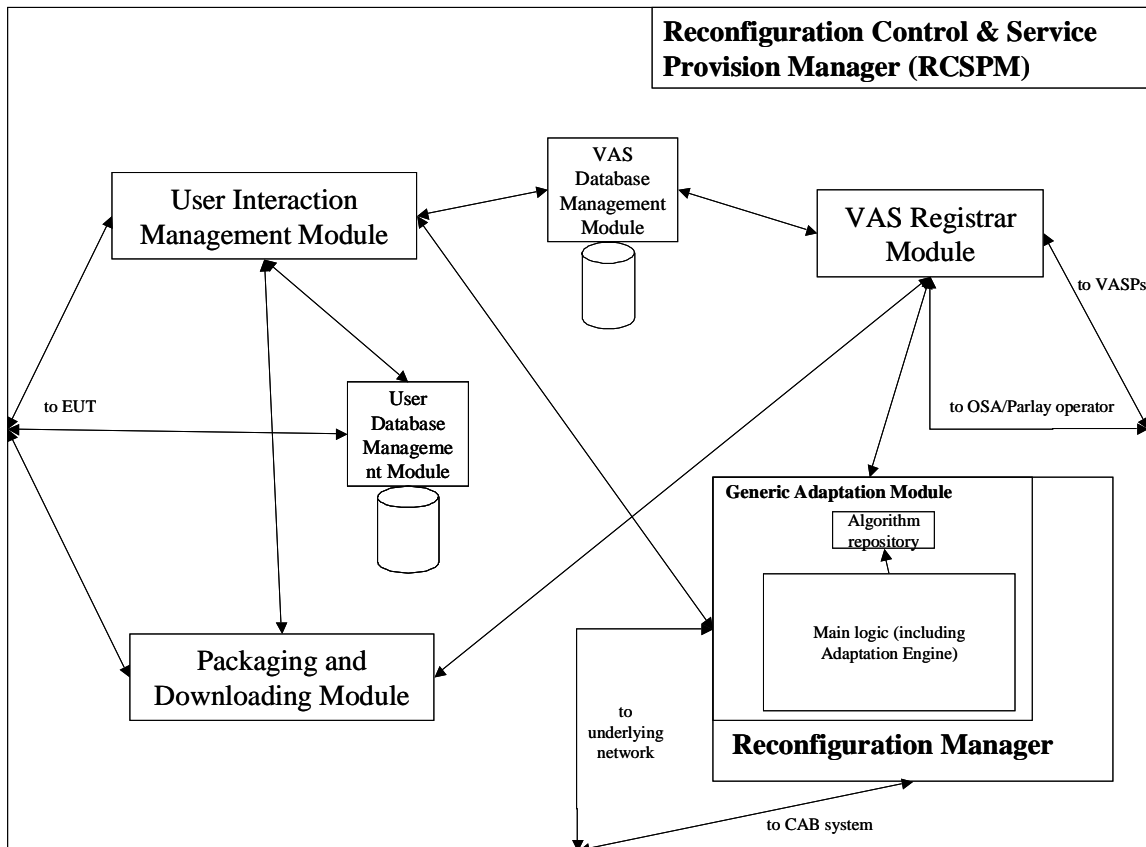


**Σχήμα 3-4.** Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική της RCSPP.

Το EUT [65] (το οποίο δεν απεικονίζεται στο Σχήμα 3-4) είναι εγκατεστημένο στο κινητό τερματικό και ενσωματώνει ένα περιβάλλον εκτέλεσης εφαρμογών, γραφικές διεπαφές χρήστη για εξεύρεση, επιλογή και μεταφορά υπηρεσιών, καθώς και λειτουργικότητα καταγραφής γεγονότων και παρακολούθησης παραμέτρων του περιβάλλοντος. Έχει τη δυνατότητα να μεταδίδει στο RCSPM πληροφορία περιβάλλοντος χρήσιμη για την εξατομίκευση της παροχής υπηρεσιών. Το EUT δε χρειάζεται να είναι προεγκατεστημένο στο τερματικό, αφού μπορεί να μεταφερθεί και να εγκατασταθεί δυναμικά, από οποιονδήποτε χρήστη έχει τη σχετική εξουσιοδότηση. Η εξουσιοδότηση αυτή μπορεί να έχει τη μορφή ενός πιστοποιητικού που έχει εκδοθεί από μια έμπιστη τρίτη οντότητα ή μιας έγκυρης συνδρομής με έναν πάροχο δικτύου που είναι συμβεβλημένος με τον πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών.

### 3.4 Ο διαχειριστής της παροχής υπηρεσιών – RCSPM

Η παρούσα ενότητα πραγματεύεται τη λειτουργικότητα και την αρχιτεκτονική του RCSPM. Το RCSPM χρήζει λεπτομερέστερης αναφοράς, αφού είναι το κύριο δομικό στοιχείο της RCSPP, έχει τη γενική εποπτεία της λειτουργίας της πλατφόρμας, είναι το πρώτο σημείο επαφής για τελικούς χρήστες (για την εξεύρεση και διανομή υπηρεσιών) και VASPs (για την εγκατάσταση υπηρεσιών), και διατηρεί το σύνολο της πληροφορίας περιβάλλοντος η οποία είναι αναγκαία για την εξατομικευμένη και προσαρμοστική παροχή υπηρεσιών.



Σχήμα 3-5. Εσωτερική αρχιτεκτονική του RCSPM.

Ο RCSPM [5] απαρτίζεται από τα εξής στοιχεία λογισμικού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-5:

*Μονάδα Εγκατάστασης και Διαχείρισης Υπηρεσιών Προστιθέμενης Αξίας (VAS Registrar Module, VASREGM):* Μέσω της μονάδας αυτής οι VASPs έχουν τη δυνατότητα να εγγραφούν με χρήση της αντίστοιχης αυτοματοποιημένης διαδικασίας τις υπηρεσίες τους στην πλατφόρμα και με τον τρόπο αυτό να την καταστήσουν διαθέσιμη στους τελικούς χρήστες. Η εγγραφή και εγκατάσταση της υπηρεσίας περιλαμβάνει την αποθήκευση μετα-πληροφορίας για την υπηρεσία στη βάση δεδομένων εφαρμογών της RCSPP, την κατάλληλη (αν χρειάζεται) επαναδιαμόρφωση της υφιστάμενης υποδομής (π.χ. διαμόρφωση του δικτυακού εξοπλισμού με τρόπο ώστε να είναι δυνατή η παροχή ποιότητας υπηρεσίας στους χρήστες της εφαρμογής) καθώς και την

αυτοματοποιημένη αλληλεπίδραση με παρόχους ανοιχτών διεπαφών δικτύου (π.χ. OSA/Parlay) με σκοπό να διευθετηθεί η τυχόν πρόσβαση της υπηρεσίας στις διεπαφές αυτές. Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της εφαρμογής, ο VASP εισάγει στο σύστημα μια υψηλού επιπέδου αφαίρεσης προδιαγραφή των ιδιοτήτων και απαιτήσεων της υπηρεσίας. Η συγκεκριμένη, σχετική με την υπηρεσία, μετα-πληροφορία είναι κωδικοποιημένη σε XML και οφείλει να είναι συμβατή με ένα καθολικά αποδεκτό Document Type Definition (DTD) της XML [66]. Η VASREGM ενσωματώνει ευφυείς διαδικασίες η οποίες με βάση την προαναφερθείσα περιγραφή της εφαρμογής προσδιορίζουν τις ενέργειες (π.χ. επαναδιαμόρφωση δικτύου) που είναι απαραίτητες για την βέλτιστη παροχή της υπηρεσίας. Η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι το πολύπλοκο έργο της εγκατάστασης της εφαρμογής μετατίθεται σε μεγάλο βαθμό από τον VASP στον πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών, διευκολύνοντας έτσι την είσοδο στην αγορά κινητών υπηρεσιών σε ανεξάρτητους κατασκευαστές λογισμικού.

Μέσω της VASREGM οι VASPs έχουν επίσης τη δυνατότητα να ενημερώνουν τα μετα-δεδομένα των εφαρμογών τους, διαδικασία που, όπως και η εγγραφή, μπορεί να συμπεριλάβει διάφορες ενέργειες (π.χ. ενημέρωση του συστήματος χρέωσης, επαναδιαμόρφωση στοιχείων δικτύου), οι οποίες είναι απαραίτητες για την παροχή της υπηρεσίας με τις νέες συνθήκες. Παραδείγματα συνήθων λειτουργιών ενημέρωσης είναι η προσθήκη/διαγραφή συγκεκριμένων εκδόσεων της υπηρεσίας, η αλλαγή των πολιτικών χρέωσης και τιμολόγησης και η μεταβολή διευθύνσεων δικτύου των εξυπηρετών μέσω των οποίων παρέχεται η υπηρεσία.

*Διαχειριστής Επαναδιαμόρφωσης (Reconfiguration Manager, RCM):* Η μονάδα αυτή αναλαμβάνει να συντονίσει την επαναδιαμόρφωση της δικτυακής υποδομής, της RCSPP πλατφόρμας και των ίδιων των υπηρεσιών. Αφού λάβει τις κατάλληλες εντολές από λογική υψηλότερου επιπέδου (π.χ. το VASREGM), εκτελεί τις πρόπουσες ενέργειες για την επαναδιαμόρφωση οντοτήτων όπως των υφιστάμενων δικτύων και της ίδιας της πλατφόρμας RCSPP. Η αλληλεπίδραση με υφιστάμενα δίκτυα μπορεί να πραγματοποιείται μέσω τυποποιημένων (π.χ. OSA/Parlay, COPS) ή και μη τυποποιημένων διεπαφών και πρωτοκόλλων. Ο RCM επίσης παρέχει ανοιχτές διεπαφές σε εφαρμογές τελικού χρήστη, οι οποίες επεκτείνουν το OSA/Parlay και επιτρέπουν σε εξουσιοδοτημένες τρίτες οντότητες να εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες επαναδιαμόρφωσης. Στην πρωτοτυπική υλοποίηση της πλατφόρμας δοκιμάστηκαν λειτουργίες επαναδιαμόρφωσης σε ειδικού τύπου IP δρομολογητές (L4+ Systems [67]), οι οποίοι έχουν τόσο για τη δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής στοιχείων για ροές δεδομένων όσο και για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας μέσω DiffServ τεχνικών.

Ο RCM περιλαμβάνει επίσης ένα στοιχείο γενικής προσαρμογής [8][9], το οποίο χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση ευφών επιλογών στη διαδικασία προσαρμογής (π.χ. προσδιορισμός του



τι είδους προσαρμογή είναι απαραίτητη σε μια συγκεκριμένη περίπτωση). Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του στοιχείου αυτού αποτελεί το γεγονός ότι η υλοποίησή του είναι ανεξάρτητη από τους τύπους της πληροφορίας και τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται για τη λήψη της εκάστοτε απόφασης. Συνεπώς, δεδομένα και αλγόριθμοι οποιουδήποτε τύπου υποστηρίζονται χωρίς την παραμικρή αλλαγή στον κώδικα του στοιχείου. Όσον αφορά την RCSPP, το στοιχείο προσαρμογής συμμετέχει στην εξατομίκευση της εξεύρεσης υπηρεσιών, στην προσαρμογή υπηρεσιών και στην επαναδιαμόρφωση δικτύου. Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται με την υποστήριξη των ευφύων αποφάσεων που λαμβάνονται με βάση μετα-δεδομένα περιγραφής οντοτήτων όπως ο χρήστης, το τερματικό, η δικτυακή υποδομή και η υπηρεσία. Το στοιχείο γενικής προσαρμογής παρουσιάζεται διεξοδικά στο κεφάλαιο 5.

*Μονάδα διαχείρισης αλληλεπίδρασης με το χρήστη (User Interaction Management Module, UIMM):* Ο ρόλος της συγκεκριμένης μονάδας είναι να συντονίζει, να υλοποιεί και να προσαρμόζει λειτουργίες της υπηρεσίας που περιλαμβάνουν αλληλεπίδραση με το χρήστη, όπως είναι διαδικασίες ασφάλειας (π.χ. πιστοποίηση αυθεντικότητας, έλεγχος πρόσβασης) και η εξεύρεση, επιλογή, σύνθεση και μεταφορά υπηρεσιών. Για την επίτευξη των παραπάνω η UIMM παρακολουθεί όλες τις τρέχουσες συνόδους τελικών χρηστών με την πλατφόρμα και διατηρεί διαρκώς ενημερούμενη πληροφορία περιβάλλοντος για καθεμία από αυτές. Η πληροφορία αυτή, στην οποία μπορούν να έχουν απευθείας πρόσβαση και εφαρμογές τελικού χρήστη, συλλέγεται από κατάλληλες πηγές (π.χ. υφιστάμενα δίκτυα, βάσεις δεδομένων υπηρεσιών και χρηστών). Οι μέθοδοι συλλογής περιλαμβάνουν ανάκτηση (“pull”) που πραγματοποιεί η UIMM από τις πηγές ή προώθηση (“push”) που λαμβάνει χώρα από τις πηγές προς τη UIMM.

Τόσο η ανάκτηση όσο και η ενημέρωση της πληροφορίας περιβάλλοντος επιτυγχάνονται μέσω κατάλληλων ανοιχτών διεπαφών που παρέχει η UIMM σε οντότητες εξωτερικές προς αυτό, όπως πηγές πληροφορίας περιβάλλοντος και υπηρεσίες τελικού χρήστη [68]. Σημειωτέον ότι οποιοδήποτε, μη γνωστοί εκ των προτέρων τύποι δεδομένων μπορούν να αποθηκευθούν ως πληροφορία περιβάλλοντος. Επιπροσθέτως, είναι δυνατός ο δυναμικός εμπλουτισμός των διεπαφών με προσαρμογείς (adapters), οι οποίοι υποστηρίζουν διαφορετικούς μηχανισμούς αναπαράστασης (π.χ. XML, RDF) και ανταλλαγής (SOAP, CORBA) πληροφορίας και μπορούν να φορτωθούν στο σύστημα κατά το χρόνο εκτέλεσης (run-time). Με τον τρόπο αυτό η UIMM έχει τη δυνατότητα δυναμικής επαύξησης της υποστήριξής της για εξωτερικούς εξυπηρετούμενους (clients) που χρησιμοποιούν ποικίλα πρωτόκολλα επικοινωνίας και κωδικοποιήσεις δεδομένων.

Η πληροφορία περιβάλλοντος παρέχεται ως είσοδος στο στοιχείο προσαρμογής του RCM, το οποίο αποφασίζει ως προς τις ενέργειες προσαρμογής που πρέπει να γίνουν στην εκάστοτε

περίπτωση και επιστρέφει τα αντίστοιχα αποτελέσματα στη UIMM. Η τελευταία τα αξιοποιεί για την εξατομίκευση της παροχής υπηρεσιών.

*Μονάδα Συσκευασίας και Μεταφοράς Λογισμικού (Packaging and Downloading Module, PDM):*

Η μονάδα αυτή αναλαμβάνει να τοποθετήσει («συσκευάσει») όλα τα στοιχεία λογισμικού και τους όποιους βοηθητικούς πόρους (π.χ. αρχεία εικόνων) τα οποία είναι αναγκαία για την εκτέλεση μιας υπηρεσίας σε ένα μοναδικό αρχείο και να καταστήσει το αρχείο προσβάσιμο για μεταφορά στο τερματικό του χρήστη [69]. Το μοναδικό αρχείο που παράγεται είναι προσαρμοσμένο στο περιβάλλον (π.χ. τερματικό, δίκτυο πρόσβασης, προτιμήσεις και κατάσταση χρήστη) της εκάστοτε αίτησης για επιλογή υπηρεσίας από τον τελικό χρήστη. Η λειτουργία αυτή είναι ένα παράδειγμα προσαρμογής υπηρεσίας με δύο βασικά χαρακτηριστικά:

- Η λογική που επιλέγει και πραγματοποιεί τη δέουσα προσαρμογή βρίσκεται εκτός της υπηρεσίας. Η τελευταία δε χρειάζεται να έχει καμία επίγνωση του μηχανισμού προσαρμογής.
- Η προσαρμογή της υπηρεσίας λαμβάνει χώρα κατά την εγκατάσταση της εφαρμογής. Άλλες λειτουργίες προσαρμογής ενεργούν κατά την εκτέλεση της εφαρμογής.

Ένα πολύ σημαντικό σχεδιαστικό ζήτημα, που αφορά τις συγκεκριμένες λειτουργίες (συσκευασία και μεταφορά) προσαρμογής υπηρεσίας, είναι το *πού* αυτές πραγματοποιούνται. Στο χώρο του ενσύρματου Internet, όπου η σύνδεση των τερματικών γίνεται συνεχώς πιο αξιόπιστη, μικρή σε κόστος και μεγαλύτερης χωρητικότητας, υπάρχουσες προσεγγίσεις προτείνουν όλα τα στοιχεία που αποτελούν την εφαρμογή πρώτα να μεταφέρονται (το καθένα μέσω ξεχωριστής σύνδεσης) στο τερματικό και στη συνέχεια εκεί να λαμβάνει χώρα η διαδικασία της συσκευασίας και εκτέλεσης της εφαρμογής. Η προσέγγιση αυτή προφανώς επιβαρύνει με περιττή κίνηση τη ζεύξη του τερματικού με το δίκτυο και οδηγεί σε σπατάλη χωρητικότητας. Η σπατάλη αυτή είναι προβληματική στην περίπτωση ασύρματης σύνδεσης του τερματικού, περίπτωση κατά την οποία η χωρητικότητα αποτελεί εν γένει πόρο εν ανεπαρκεία. Για το λόγο αυτό, εμείς επιλέξαμε να τοποθετήσουμε τη λειτουργία της συσκευασίας στην πλευρά του δικτύου (εξυπηρέτη), όπου όλα τα προγράμματα, βιβλιοθήκες και υποστηρικτικά αρχεία που απαιτούνται για την εκτέλεση μιας εφαρμογής συγκροτούνται σε ένα μοναδικό αρχείο και μεταφέρονται στο τερματικό μέσω μιας μοναδικής δικτυακής σύνδεσης. Το κυριότερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η οικονομία όσον αφορά το μέγεθος των δεδομένων που διακινούνται και τον αριθμό των συνδέσεων που ανοίγουν για την προσαρμογή και εκτέλεση μιας εφαρμογής στο τερματικό.

*Μονάδα Διαχείρισης Δεδομένων Υπηρεσιών Προστιθέμενης Αξίας (VAS Database Management Module, VASDBMM):* Ο RCSPM διατηρεί έναν ταμειευτήρα (repository) με μετα-δεδομένα για όλες τις υπηρεσίες που διατίθενται στους τελικούς χρήστες μέσω της RCSPP. Η μονάδα

VASDBMM λειτουργεί ως διεπαφή με το συγκεκριμένο ταμειευτήρα και επιτρέπει σε εξωτερικές οντότητες (εξυπηρετούμενους) να ανακτούν και να ενημερώνουν τα δεδομένα των υπηρεσιών κατά τρόπο που είναι ανεξάρτητος με την υλοποίηση της αποθήκευσης, αναπαράστασης και διαχείρισης των δεδομένων αυτών. Η συγκεκριμένη ιδιότητα επιτυγχάνεται με την κωδικοποίηση των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ εξυπηρετούμενων και VASDBMM σε XML και τη συμμόρφωσή τους με έναν προκαθορισμένο XML DTD. Για παράδειγμα, στην πρωτότυπη υλοποίησή μας έχουμε χρησιμοποιήσει μια σχεσιακή βάση δεδομένων για την αποθήκευση των δεδομένων. Ενδεχόμενη αλλαγή στην επιλογή αυτή (π.χ. χρήση ενός καταλόγου LDAP) δεν επιφέρει καμία αλλαγή στη διεπαφή πρόσβασης στο VASDBMM.

Οι πληροφορίες που αποτελούν το προφίλ της υπηρεσίας περιλαμβάνουν:

- Δεδομένα ταυτοποίησης και γενικές πληροφορίες για την υπηρεσία..
- Δίκτυα μέσω των οποίων παρέχεται η συγκεκριμένη υπηρεσία.
- Αναλυτική φορμαλιστική περιγραφή της αρχιτεκτονικής του λογισμικού που συνιστά την υπηρεσία. Η περιγραφή αυτή μπορεί επίσης να περιέχει εναλλακτικές λύσεις για την εγκατάσταση και εκτέλεση της υπηρεσίας.
- Απαιτήσεις της υπηρεσίας από το τερματικό χρήστη. Τα δεδομένα αυτά περιγράφουν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα τερματικό για να μπορεί να υποστηρίξει την εκτέλεση της υπηρεσίας και αναφέρονται σε:
  - ο Υλικό (π.χ. επεξεργαστής, μνήμη, μονάδες εισόδου/εξόδου)
  - ο Λογισμικό (π.χ. περιβάλλοντα εκτέλεσης, διερμηνευτές, προγράμματα πλοήγησης, βοηθητικές βιβλιοθήκες).
- Απαιτήσεις της υπηρεσίας από το υφιστάμενο δίκτυο. Τα δεδομένα αυτά περιγράφουν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα δίκτυο για να μπορεί να υποστηρίξει την παροχή της υπηρεσίας και κατανέμονται σε δύο κατηγορίες:
  - ο Δεδομένα αμιγώς τεχνικού χαρακτήρα.
    - Συμβατοί τύποι δικτύου.
    - Χωρητικότητα.
    - Υποστήριξη παροχής ποιότητας υπηρεσίας.
  - ο Δεδομένα επιχειρηματικού και τεχνικού χαρακτήρα.
    - Οντότητα διαχείρισης του δικτύου.
    - Διαθεσιμότητα ανοιχτών διεπαφών δικτύου και πολιτικές παρόχου ανοιχτών διεπαφών που θεωρούνται αποδεκτές.
    - Πολιτικές τιμολόγησης και διανομής κερδών παρόχου δικτύου που θεωρούνται αποδεκτές.

- Πληροφορία σχετικά με τη χρέωση της υπηρεσίας (όσον αφορά τους τελικούς χρήστες) και τη διανομή των αντίστοιχων εσόδων στα εμπλεκόμενα μέρη.
- Προτιμήσεις χρήστη (π.χ. γλώσσα, γραφικές διεπαφές) που υποστηρίζονται από την υπηρεσία.
- Δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες ασφάλειας.

Η VASDBMM χρησιμοποιείται κυρίως στις διαδικασίες:

- Εγκατάστασης και ενημέρωσης υπηρεσιών, όπου το ρόλου του εξυπηρετούμενου έχει η VASREGM.
- Εξεύρεσης, προσαρμογής και εκτέλεσης υπηρεσιών, όπου το ρόλου του εξυπηρετούμενου έχει η UIMM.

*Μονάδα Διαχείρισης Δεδομένων Χρηστών (User Database Management Module, UDBMM):* Ο RCSPM ενσωματώνει λογική διαχείρισης του προφίλ (profile) των δεδομένων του χρήστη, ώστε αυτό να λαμβάνεται υπόψη στη διαδικασία εξατομίκευσης των λειτουργιών της πλατφόρμας. Το προφίλ του χρήστη περιλαμβάνει τους ακόλουθους τύπους πληροφορίας:

- Δεδομένα για την ταυτότητα του χρήστη και πληροφορία απαραίτητη για τις διαδικασίες ασφάλειας. Το πρωτεύον κλειδί για την ταυτοποίηση του χρήστη είναι η διεύθυνση email, έτσι ώστε αυτή να είναι ανεξάρτητη από το δίκτυο που παρέχει σύνδεση στο τερματικό σε κάθε σύνοδο του χρήστη με την πλατφόρμα.
- Γενικές, ανεξάρτητες υπηρεσίες, προσωπικές προτιμήσεις (π.χ. γλώσσα, προεπιλεγμένη κατηγορία χρέωσης, προτιμήσεις σχετικές με την ασφάλεια και την προστασία προσωπικών δεδομένων).
- Λίστα των «προτιμώμενων» (favourite) υπηρεσιών, τις οποίες ο χρήστης αποθηκεύει στο προφίλ του, ώστε να διευκολύνεται η αναζήτησή τους. Πρόκειται συνήθως για υπηρεσίες που ο χρήστης εκτελεί συχνότερα από τις υπόλοιπες.

Η πλατφόρμα δίνει ανά πάσα στιγμή τη δυνατότητα στον τελικό χρήστη να δει και να ενημερώσει τα δεδομένα του. Η επικοινωνία της πλατφόρμας με εξωτερικούς εξυπηρετούμενους πραγματοποιείται μέσω HTTP και η κωδικοποίηση των δεδομένων του χρήστη γίνεται σε XML.

### **3.5 Βασικές λειτουργίες της RCSP**

#### **3.5.1 Εγγραφή, εγκατάσταση και ενημέρωση υπηρεσίας**

Η RCSP παρέχει στους VASPs τη δυνατότητα για αυτόματη, από απόσταση εγγραφή/εγκατάσταση και διαχείριση των υπηρεσιών τους, μέσω μιας εύχρηστης web γραφική διεπαφής. Συγκεκριμένα, υποστηρίζονται οι παρακάτω λειτουργίες:

- Εισαγωγή (εγκατάσταση) υπηρεσίας.

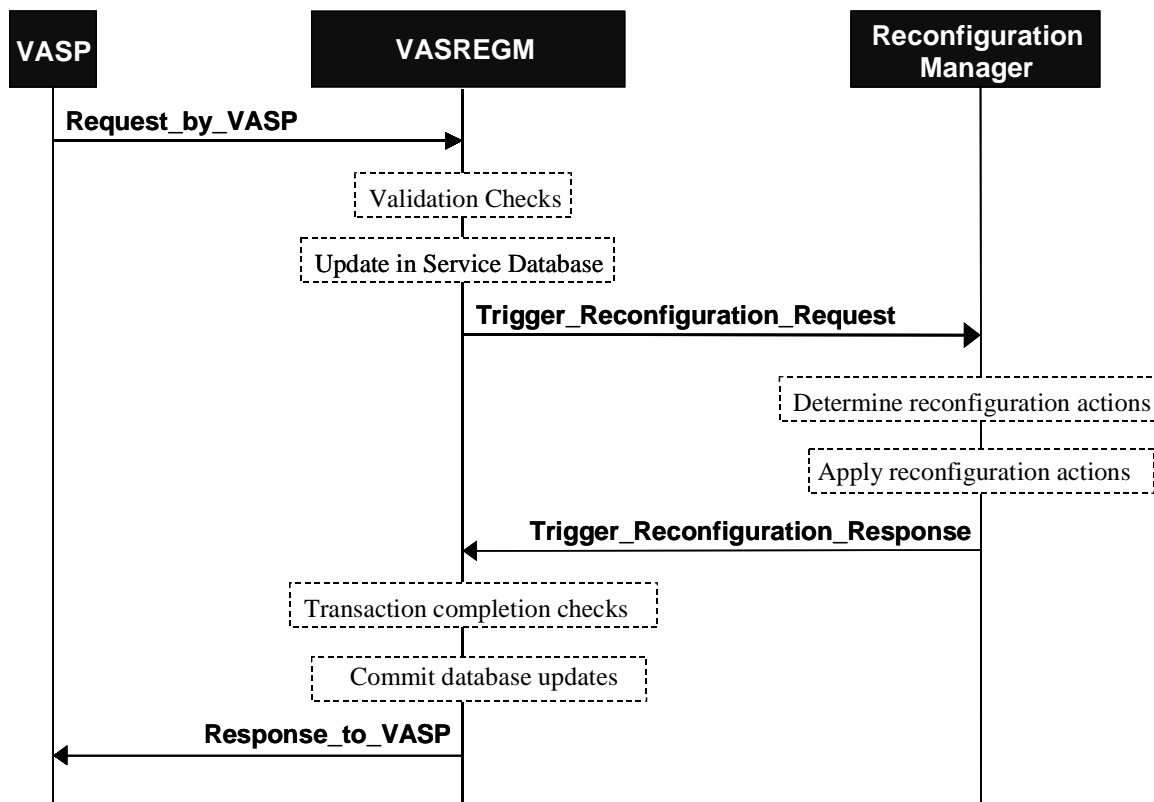
- Ενημέρωση υπηρεσίας.
- Διαγραφή υπηρεσίας.

Και οι τρεις παραπάνω διαδικασίες μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούνται από τρεις διακριτές φάσεις, όπως περιγράφονται ακολούθως και απεικονίζονται στο Σχήμα 3-6:

- *Αίτηση του VASP για την εκκίνηση της διαδικασίας.* Η πιο σημαντική παράμετρος της συγκεκριμένης αίτησης είναι τα δεδομένα (προφίλ) της υπηρεσίας. Η παράμετρος αυτή στην περίπτωση της εισαγωγής περιλαμβάνει το προφίλ της υπηρεσίας στο σύνολό του, στην ενημέρωση μόνο τα προς μεταβολή στοιχεία, ενώ στην διαγραφή τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ταυτοποίηση της υπηρεσίας. Τα δεδομένα αυτά παρέχονται από τον VASP, είτε με τη συμπλήρωση όλων των στοιχείων σε κατάλληλες φόρμες της γραφικής web διεπαφής, είτε με τη μορφή ενός εγγράφου XML, που είναι σύμφωνο με τον καθολικά αποδεκτό XML DTD για περιγραφή υπηρεσιών.
- *Εκτέλεση της λειτουργίας.* Η εν λόγω φάση περιλαμβάνει την πραγματοποίηση του κύριου τμήματος της επιθυμητής λειτουργίας, η οποία έχει τη μορφή μιας κατανεμημένης δοσοληψίας (transaction). Συνήθεις συνιστώσες της δοσοληψίας αυτής παρατίθενται παρακάτω:
  - ο Έλεγχος εγκυρότητας στο προφίλ υπηρεσίας, που έχει εισαχθεί από τον VASP. Το τελευταίο οφείλει να μην παραβιάζει την προϋπάρχουσα συμφωνία μεταξύ του VASP και του παρόχου πλατφόρμας RCSPP. Τμήματα της συμφωνίας με ιδιαίτερη σημασία είναι αυτά που αφορούν τη χρέωση του χρήστη για την πρόσβαση στην υπηρεσία και το μερίδιο του VASP στα προκύπτοντα έσοδα. Η λειτουργία αυτή εκτελείται από την VASREGM.
  - ο Εισαγωγή/ενημέρωση/διαγραφή της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη στη βάση δεδομένων υπηρεσιών. Η λειτουργία αυτή εκτελείται από τη VASREGM με χρήση και της VASDBMM.
  - ο Λειτουργίες επαναδιαμόρφωσης της υφιστάμενης υποδομής. Η εκτέλεση των συγκεκριμένων λειτουργιών, οι οποίες προσδιορίζονται από την κατάλληλη ερμηνεία του προφίλ της υπηρεσίας και της πληροφορίας περιβάλλοντος συντονίζεται από τον RCM, ο οποίος λαμβάνει γεγονότα σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης (π.χ. ενημέρωση της πολιτικής τιμολόγησης της υπηρεσίας «X») και τα μετατρέπει στην κατάλληλη σηματοδότηση με στοιχεία της πλατφόρμας και του δικτύου (π.χ. δρομολογητές, σύστημα χρέωσης).
  - ο Λογική συντονισμού της δοσοληψίας, η οποία ενσωματώνεται στην VASREGM. Για παράδειγμα, αν κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας ενημέρωσης υπηρεσίας η

μεταβολή της διαμόρφωσης των δρομολογητών του υφιστάμενου δικτύου δεν μπορεί να ολοκληρωθεί επιτυχώς, οι όποιες αλλαγές έχουν πραγματοποιηθεί στη βάση δεδομένων υπηρεσιών δεν επικυρώνονται.

- Αναφορά έκβασης της λειτουργίας στον VASP. Στην περίπτωση της μη επιτυχούς εκτέλεσης της λειτουργίας, η εν λόγω αναφορά περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τα συγκεκριμένα λάθη που έλαβαν χώρα και τις αντίστοιχες αιτίες.

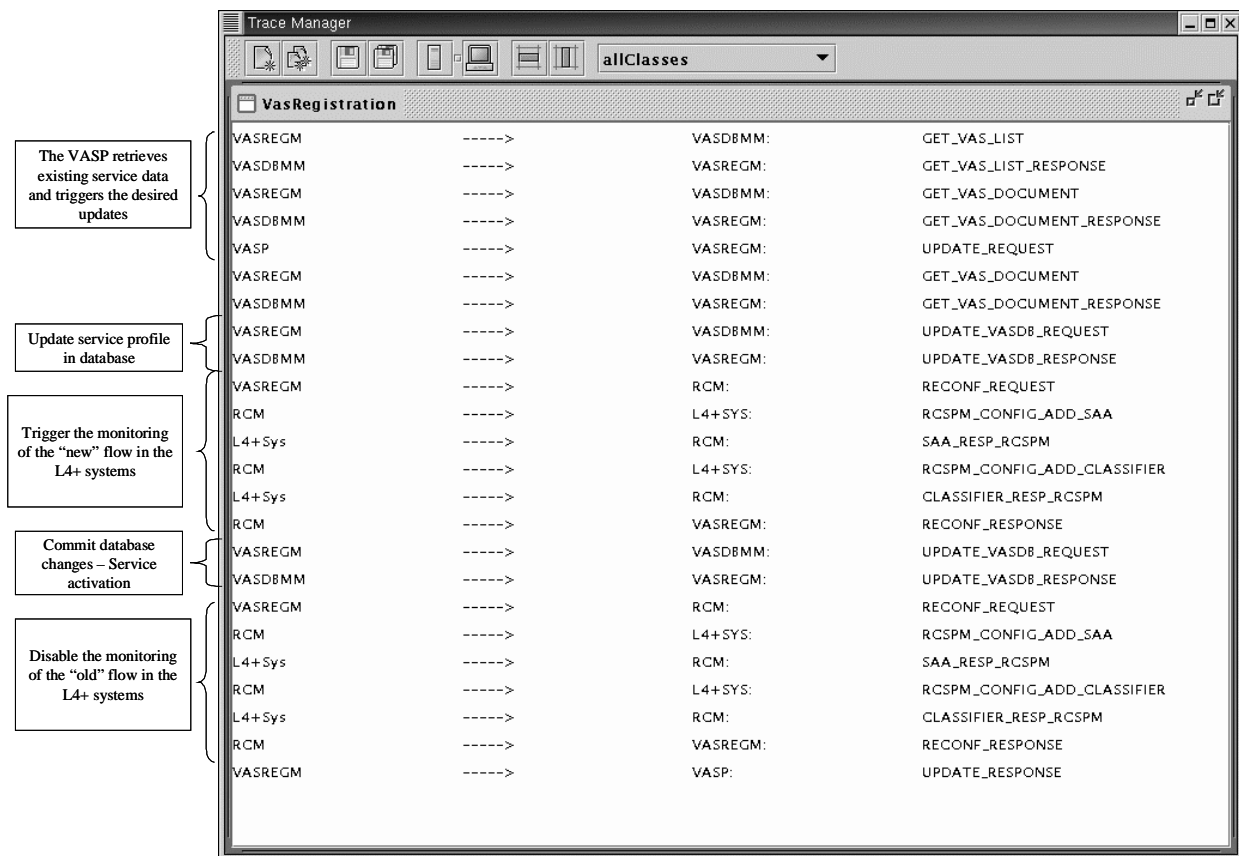


**Σχήμα 3-6.** Γενική δομή των λειτουργιών διαχείρισης δεδομένων υπηρεσιών της RCSPP.

Το Σχήμα 3-7 απεικονίζει την καταγραφή της σηματοδότησης που διεξάγεται μεταξύ του VASP και των εσωτερικών μονάδων του RCSPM κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας ενημέρωσης υπηρεσίας. Το στοιχείο που μεταβάλλεται στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η δικτυακή διεύθυνση του στατικού τμήματος της εφαρμογής, η οποία επηρεάζει τον προσδιορισμό των ροών δεδομένων που δημιουργούνται κατά τη χρήση της εφαρμογής και συνεπώς τις διαδικασίες παροχής ποιότητας υπηρεσίας και καταγραφής δεδομένων κίνησης απαραίτητων για τη χρέωση. Συνεπώς, εξαιτίας της μεταβολής αυτής, απαιτούνται αλλαγές στη διαμόρφωση των L4+ δρομολογητών, ώστε αυτοί να παρακολουθούν τις σωστές ροές δεδομένων.

Η συγκεκριμένη καταγραφή έχει επιτευχθεί με χρήση ενός λογισμικού εργαλείου κατανεμημένης καταγραφής (distributed logging tool) με το όνομα TraceManager, το οποίο χρησιμοποιήθηκε

κατά την ανάπτυξη και τον έλεγχο σωστής λειτουργίας της RCSPP. Το εργαλείο έχει τη δυνατότητα να συλλέγει σε μια κεντρική τοποθεσία μηνύματα καταγεγραμμένα από ένα καταναμεμημένο σύστημα οποιασδήποτε φυσικής τοπολογίας. Η εμφάνιση των μηνυμάτων είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και διαμορφώσιμη: μπορούν να οριστούν πολλά διαφορετικά παράθυρα, καθένα από τα οποία περιέχει μια κατηγορία μηνυμάτων στον επιθυμητό βαθμό λεπτομέρειας. Με τον τρόπο αυτό, πολλές διαφορετικές όψεις της λειτουργίας του συστήματος είναι διαθέσιμες στο χρήστη ή στο διαχειριστή συστήματος. Το Σχήμα 3-7 απεικονίζει την όψη ενός παραθύρου του TraceManager, που προέκυψε με ρύθμιση «μόνο-σηματοδοσία», κατά την οποία καταχωρίζονται μόνο τα μηνύματα που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών μονάδων/στοιχείων (δεν εμφανίζονται μηνύματα από την επεξεργασία που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό των μονάδων/στοιχείων).



Σχήμα 3-7. Μηνύματα που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας ενημέρωσης υπηρεσίας.

### 3.5.2 Παροχή υπηρεσίας στον τελικό χρήστη

Η διαδικασία μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η παροχή της υπηρεσίας στον τελικό χρήστη αποτελείται από τα εξής βήματα:

1. Εγγραφή του χρήστη στην πλατφόρμα. Η συγκεκριμένη λειτουργία πραγματοποιείται ως εξής:
  - a. Το EUT εγκαθίσταται στο τερματικό του τελικού χρήστη. Το αναγκαίο για τη διαδικασία αυτή πρόγραμμα εγκατάστασης διατίθεται δωρεάν από τον πάροχο πλατφόρμας RCSPP σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο, για παράδειγμα μέσω μιας δημόσια προσβάσιμης ιστοσελίδας.
  - b. Ο χρήστης, μέσω της γραφικής διεπαφής του EUT, στέλνει στον RCSPM μια αίτηση εγγραφής, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την έκδοση από το RCSPM ενός ατομικού πιστοποιητικού SPKI. Από τη στιγμή αυτή και μετά, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στην πλατφόρμα, καθώς η τελευταία χρησιμοποιεί για την ταυτοποίησή του το συγκεκριμένο πιστοποιητικό.

Το δικαίωμα του χρήστη στην έκδοση προσωπικού SPKI πιστοποιητικού μπορεί να προέρχεται από μια απευθείας συμφωνία που έχει συνάψει με τον πάροχο πλατφόρμας RCSPP, από συμφωνία με μια έμπιστη τρίτη οντότητα, ή και μέσω της συνδρομής του με έναν πάροχο δικτύου, ο οποίος είναι συμβεβλημένος με τον πάροχο πλατφόρμας RCSPP.
2. Ο χρήστης συνδέεται με την πλατφόρμα. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει αμοιβαία πιστοποίηση αυθεντικότητας μεταξύ χρήστη και πλατφόρμας, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση πιστοποιητικών SPKI. Σημειωτέον ότι δεν απαιτείται από το χρήστη η πληκτρολόγηση ζεύγους αναγνωριστικού/κωδικού (username/password), αφού το SPKI πιστοποιητικό του, το οποίο περιέχει όλη την αναγκαία πληροφορία, αποστέλλεται στον RCSPM αυτόματα.
3. Ο χρήστης κάνει μια αίτηση για εξεύρεση υπηρεσιών, με βάση συγκεκριμένες παραμέτρους, τις οποίες εισάγει μέσω της αντίστοιχης γραφικής διεπαφής. Οι παράμετροι αυτές μπορεί να είναι:
  - a. Κατηγορία
  - b. Λέξεις-κλειδιά
  - c. Όνομα υπηρεσίας

Με την αίτηση αυτή αποστέλλεται στη UIMM η τυχόν πληροφορία περιβάλλοντος που είναι διαθέσιμη στο τερματικό και η οποία περιλαμβάνει υποχρεωτικά τις δυνατότητες του τερματικού και, προαιρετικά, πρόσθετα δεδομένα, όπως χαρακτηριστικά ασύρματης ζεύξης και γεωγραφική θέση χρήστη.
4. Η UIMM αρχικά ανακτά από τη VASDBMM τα δεδομένα των εφαρμογών που ταιριάζουν με την αίτηση του χρήστη. Στη συνέχεια διαμορφώνει («φιλτράρει») τη λίστα υπηρεσιών



που θα επιστραφεί στο χρήστη, με βάση τα δεδομένα περιβάλλοντος της τρέχουσας συνόδου, τα οποία είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμα στη UIMM. Η διαμόρφωση αυτή πραγματοποιείται μέσω σχετικής αίτησης στο στοιχείο γενικής προσαρμογής του RCM, στην οποία περιλαμβάνονται ως παράμετροι η αρχική (αφιλτράριστη) λίστα υπηρεσιών και η πληροφορία περιβάλλοντος. Το στοιχείο προσαρμογής επιλέγει τις υπηρεσίες που είναι δυνατόν να παρασχεθούν και για κάθε τέτοια υπηρεσία τις εναλλακτικές διαμορφώσεις που είναι δυνατές. Η παραπάνω επιλογή γίνεται πάντα με βάση τις τρέχουσες συνθήκες περιβάλλοντος και τα αποτελέσματά της διαβιβάζονται από τη UIMM στο EUT.

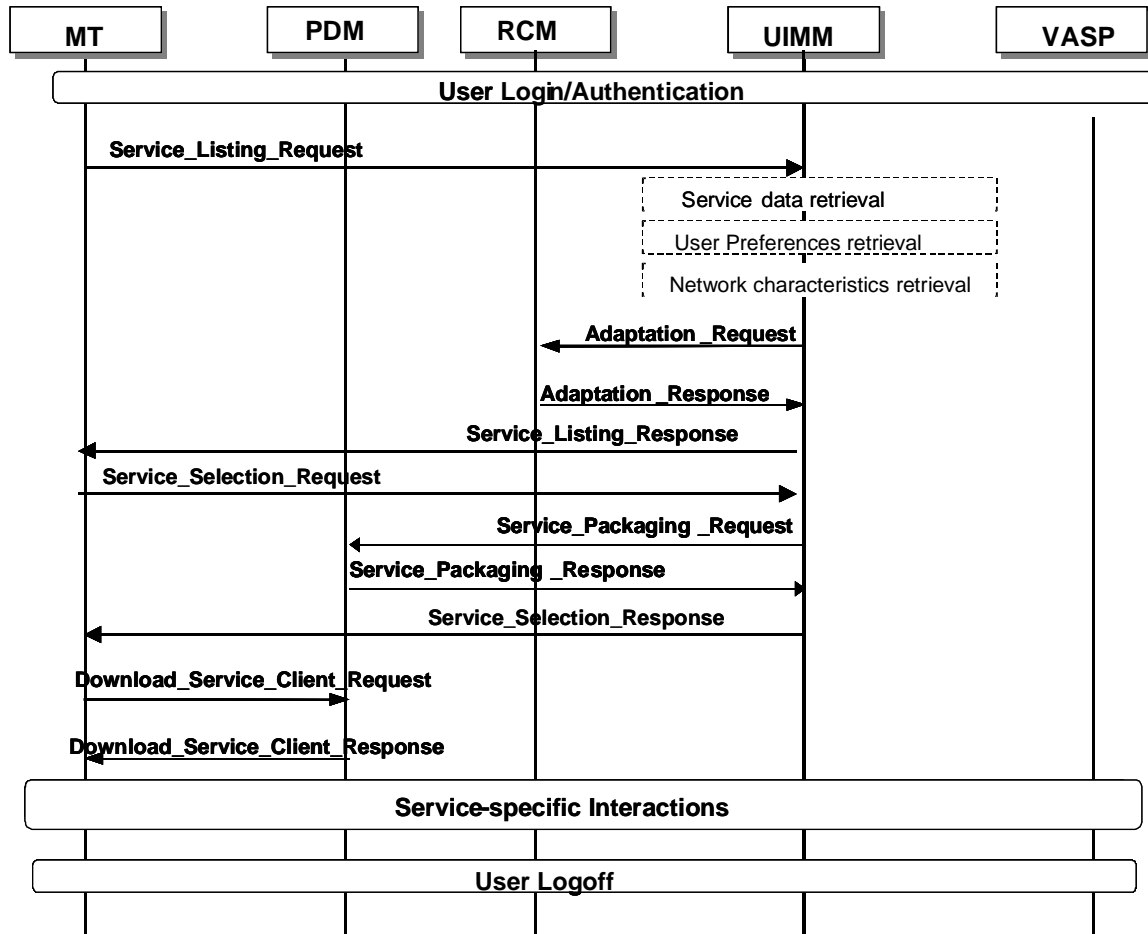
5. Ο κατάλογος των υπηρεσιών εμφανίζεται στον τελικό χρήστη, ο οποίος επιλέγει μία από αυτές για εκτέλεση, οπότε η σχετική αίτηση αποστέλλεται στην UIMM. Η επιλογή αφορά και την έκδοση της υπηρεσίας που προτιμά ο χρήστης. Κατά τη διαδικασία επιλογής, μπορούν να ληφθούν υπόψη στοιχεία τα οποία είναι διαθέσιμα, μέσω της γραφικής διεπαφής του EUT, για κάθε υπηρεσία του καταλόγου. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων γενική περιγραφή της υπηρεσίας, στοιχεία για τον πάροχο της υπηρεσίας, διαθέσιμες εκδόσεις και ενδεικτικό κόστος χρήσης της υπηρεσίας.
6. Η UIMM στέλνει στην PDM μια αίτηση για συσκευασία της επιλεγμένης έκδοσης της υπηρεσίας. Σημειωτέον ότι η βέλτιστη διαμόρφωση για τη συγκεκριμένη έκδοση έχει προσδιοριστεί στο βήμα 4, κατά τη διαδικασία του φιλτραρίσματος των διαθέσιμων υπηρεσιών. Η PDM τοποθετεί το, έτοιμο προς μεταφορά, αρχείο της υπηρεσίας σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση (URL) και επιστρέφει τη διεύθυνση αυτή στη UIMM, η οποία τη μεταβιβάζει στο EUT.
7. Ο χρήστης κατεβάζει και εκτελεί την προσαρμοσμένη εφαρμογή. Κατά την εκτέλεση, υπάρχει συνήθως επικοινωνία μεταξύ του στατικού και του κινητού τμήματος της υπηρεσίας.
8. Τα βήματα 3-7 είναι δυνατόν να επαναληφθούν όσες φορές ο χρήστης επιθυμεί να αναζητήσει και να εκτελέσει εφαρμογές. Όταν δεν επιθυμεί να εκτελέσει άλλες εφαρμογές, μπορεί να αποσυνδεθεί από την πλατφόρμα.

Η παραπάνω διαδικασία (εκτός της αρχικής εγγραφής) απεικονίζεται στο Σχήμα 3-8, όπου φαίνεται η ακολουθία ανταλλαγής μηνυμάτων που λαμβάνει χώρα μεταξύ των διάφορων στοιχείων της πλατφόρμας κατά τη διάρκεια μιας RCSPP συνόδου ενός ήδη εγγεγραμμένου χρήστη (βήματα 2-8). Κατά τη συγκεκριμένη σύνοδο, ο χρήστης επιλέγει κι εκτελεί μία μόνο εφαρμογή, μετά από αναζήτηση που πραγματοποιεί στο σύνολο των διαθέσιμων υπηρεσιών.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι στο χρήστη δίνεται η δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε εφαρμογές που περιλαμβάνονται στη λίστα των προτιμώμενων υπηρεσιών του, η οποία αποτελεί

τμήμα του προφίλ του. Η αντίστοιχη διαδικασία είναι όμοια με αυτή που ακολουθείται για τις κοινές εφαρμογές και συνίσταται κατά βάση από τα βήματα 3-7, με τις εξής διαφορές:

- Στο βήμα 3, ο χρήστης εισάγει τα κριτήρια αναζήτησης σε ειδικό τμήμα της γραφικής διεπαφής του EUT, το οποίο αφορά προτιμώμενες υπηρεσίες.
- Στο βήμα 4, η ανάκτηση των δεδομένων των εφαρμογών δεν πραγματοποιείται από τη VASDBMM, αλλά από μια cache των προφίλ των προτιμώμενων υπηρεσιών, η οποία διατηρείται τοπικά και ενημερώνεται καθ'όλη τη διάρκεια της συνόδου του χρήστη από τη UIMM.



Σχήμα 3-8. Παράδειγμα σηματοδότησης κατά τη διάρκεια της παροχής υπηρεσιών στο χρήστη.

### 3.6 Συμπεράσματα

Τα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία της ανάλυσης, σχεδιασμού, υλοποίησης και πειραματικού ελέγχου της πλατφόρμας RCSPP, μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Η εισαγωγή μιας ενιαίας, αν και κατανεμημένης, πλατφόρμας λογισμικού αποτελεί χρήσιμη και εφικτή λύση για την από άκρο σε άκρο διαχείριση και παροχή υπηρεσιών μέσω ετερογενών δικτύων πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς. Μια τέτοια πλατφόρμα είναι δυνατόν να αναπτυχθεί με τη χρήση εργαλείων και τεχνολογιών πληροφορικής γενικού σκοπού, μη εξειδικευμένων για τηλεπικοινωνίες. Από τεχνική άποψη, τα κύρια προαπαιτούμενα για την εφαρμογή μιας τέτοιας λύσης είναι η διαλειτουργική και επεκτάσιμη αναπαράσταση και διαχείριση δεδομένων περιβάλλοντος και προφίλ υπηρεσιών, όπως και η διαθεσιμότητα ανοιχτών διεπαφών μεταξύ οντοτήτων σε διάφορα επίπεδα της στοίβας πρωτοκόλλων δικτύου. Η τελευταία επιτρέπει τη φορητότητα λογικής που υλοποιεί ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών όπως η πρόσβαση στο υφιστάμενο δίκτυο, η διαχείριση και εκτέλεση ενεργειών επαναδιαμόρφωσης, η εγγραφή και εγκατάσταση υπηρεσιών και η ανάκτηση/ενημέρωση πληροφορίας περιβάλλοντος.
- Ένα σημαντικό τμήμα των λειτουργιών (π.χ. επαναδιαμόρφωση δικτύου, χρέωση και κατανομή εσόδων, εγκατάσταση και προσαρμογή υπηρεσίας) που αφορούν την εγκατάσταση, χορήγηση και διαχείριση υπηρεσιών μπορεί να εκτελεστούν *διαφανώς* ως προς την υπηρεσία, δηλαδή με τέτοιο τρόπο ώστε η ίδια η υπηρεσία να είναι ανεξάρτητη από τη λογική που τις υλοποιεί. Η συγκεκριμένη ιδιότητα μπορεί να επιτευχθεί με την ανάθεση των παραπάνω λειτουργιών στο RCSPP, μια οντότητα που λειτουργεί (κυρίως) ορθογώνια ως προς την εφαρμογή. Η εν λόγω προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα ότι δεν προδιαγράφει ιδιαίτερες προϋποθέσεις και περιορισμούς όσον αφορά την υλοποίηση της υπηρεσίας. Για παράδειγμα, δεν απαιτείται η υποστήριξη από την υπηρεσία συγκεκριμένων διεπαφών ούτε η ανάπτυξη της υπηρεσίας σύμφωνα με καθορισμένες αρχιτεκτονικές και μοντέλα (π.χ. component models) ή με τη χρήση συγκεκριμένων γλωσσών, εργαλείων και τεχνολογιών. Το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνταξη από τον VASP του προφίλ της υπηρεσίας σε συμφωνία με κάποια φορμαλιστική προδιαγραφή, η οποία στην περίπτωση της RCSPP είναι ένας XML DTD. Συνεπώς, η πλατφόρμα έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει την παροχή ενός ευρύτατου φάσματος υπηρεσιών, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί χωρίς επίγνωση της ύπαρξης της πλατφόρμας.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως τα παραπάνω σε καμία περίπτωση δεν αποκλείουν τη δυνατότητα των εφαρμογών, όταν αυτό κρίνεται αποδοτικότερο από τους κατασκευαστές τους, να ενσωματώνουν λογική υλοποίησης των προαναφερθεισών λειτουργιών και να αλληλεπιδρούν απευθείας με τη δικτυακή υποδομή.

- Η εξατομικευμένη παροχή υπηρεσιών διευκολύνεται ιδιαίτερα από τη διατήρηση κεντρικά στον RCSPM διαρκώς ενημερούμενης πληροφορίας περιβάλλοντος, συσχετισμένης με κάθε σύνοδο τελικού χρήστη με την πλατφόρμα. Η πληροφορία αυτή προέρχεται από μια μεγάλη ποικιλία πηγών και είναι διαθέσιμη στις εφαρμογές τελικού χρήστη μέσω ανοιχτών διεπαφών. Σημαντικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου σχήματος είναι η δυνατότητα να διατηρούνται δεδομένα οποιουδήποτε τύπου και προφίλ που περιγράφουν οποιαδήποτε οντότητα, όπως και η πρόβλεψη για την ύπαρξη προσαρμογέων, οι οποίοι μπορούν να εντάσσονται δυναμικά στην πλατφόρμα και καθιστούν δυνατή την υποστήριξη ενός συνεχώς επεκτεινόμενου συνόλου πρωτοκόλλων και κωδικοποιήσεων για την ανταλλαγή πληροφορίας περιβάλλοντος.

## **4. Γενικός μηχανισμός προσαρμογής για παροχή υπηρεσιών σε δίκτυα 3ης/4ης γενιάς**

### **4.1 Εισαγωγή**

Το παρόν κεφάλαιο έχει ως θέμα του την κύρια ερευνητική συνεισφορά της παρούσας διατριβής, η οποία αφορά την εισαγωγή λειτουργιών προσαρμοστικότητας στην παροχή υπηρεσιών πάνω από δίκτυα επικοινωνιών 3<sup>ης</sup> / 4<sup>ης</sup> γενιάς. Ειδικότερα, εισάγονται βασικές έννοιες σχετικές με την προσαρμοστικότητα στην παροχή κινητών υπηρεσιών και προτείνονται ορισμένες αρχές για το σχεδιασμό και την υλοποίηση λειτουργιών προσαρμοστικότητας. Οι τελευταίες σχετίζονται κυρίως με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Επίσης, παρουσιάζεται με λεπτομέρεια μια σειρά καινοτόμων αρχιτεκτονικών και μηχανισμών που καθιστούν δυνατή την πρακτική εφαρμογή των προαναφερθεισών αρχών και περιγράφεται η πειραματική τους αξιολόγηση και τα σχετικά αποτελέσματα.

### **4.2 Βασικές έννοιες και αρχές προσαρμογής**

#### **4.2.1 Η έννοια της προσαρμογής στην παροχή υπηρεσιών**

Η προσαρμοστικότητα ορίζεται συνήθως ως η ευκολία με την οποία μια οντότητα μπορεί να τροποποιηθεί δυναμικά σύμφωνα με το περιβάλλον της (context). Η δυναμική τροποποίηση (προσαρμογή) μπορεί να θεωρηθεί ως μετάβαση σε μια άλλη κατάσταση (state) της οντότητας και θα μπορούσε να συμπεριλάβει μια αλλαγή στη συμπεριφορά της. Ο όρος περιβάλλον αναφέρεται σε οποιοδήποτε πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να χαρακτηρίσουν την κατάσταση της οντότητας [70].

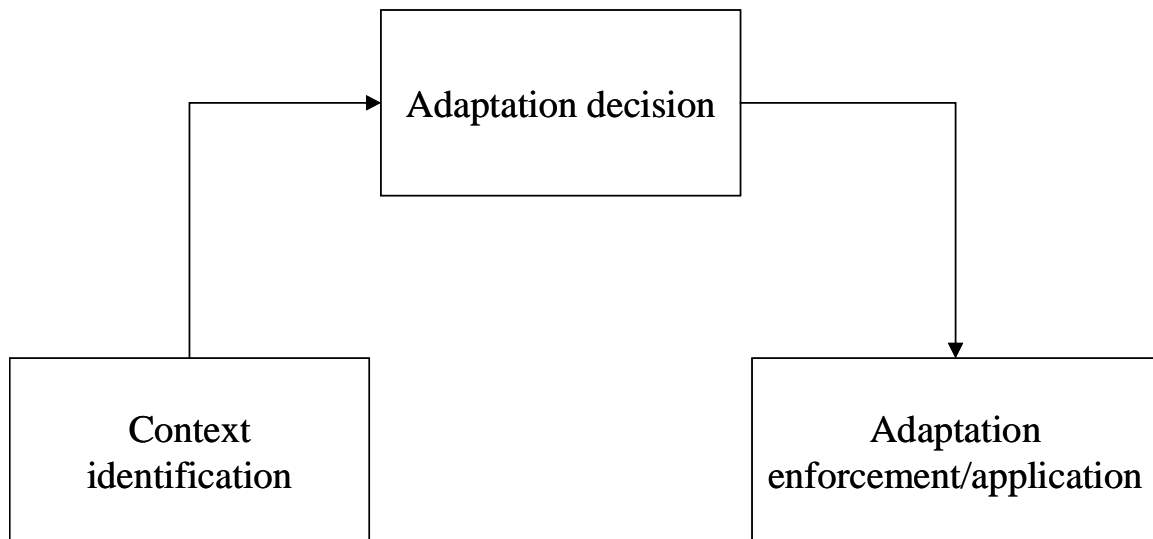
Εξετάζοντας τη δυνατότητα εφαρμογής των ανωτέρω ορισμών στον τομέα της κινητής παροχής υπηρεσιών, θα μπορούσαν να προσδιοριστούν διάφοροι τύποι οντοτήτων που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο προσαρμογής:

- Υπηρεσίες τελικών χρηστών (π.χ., συνιστώσες υπηρεσιών μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν, η φυσική κατανομή των συνιστωσών μπορεί να αλλάξει).

- Ενδιάμεσο λογισμικό (middleware) και λειτουργίες επιπέδου διαχείρισης που υποστηρίζουν τη δημιουργία και την παροχή κινητών υπηρεσιών. Παραδείγματος χάριν, οι λειτουργίες όπως η εξεύρεση και μεταφορά υπηρεσιών μπορούν να προσαρμοστούν με βάση το τρέχον περιβάλλον.
- Πρωτόκολλα σε διάφορα στρώματα της στοίβας πρωτοκόλλων δικτύωσης. Σχετικά παραδείγματα αποτελούν η δυναμική επιλογή των αλγορίθμων διόρθωσης λαθών ανάλογα με την υφιστάμενη τεχνολογία επιπέδου σύνδεσης και η δυναμική ενεργοποίηση πρωτοκόλλων μεταφοράς που είναι εξειδικευμένα για επικοινωνία πάνω από ασύρματες ζεύξεις.
- Μηχανισμοί επιπέδου ελέγχου (control plane) (π.χ., αλγόριθμοι παράδοσης, δυναμική επιλογή της τεχνολογίας πρόσβασης).
- Περιεχόμενο που παρέχεται στον κινητό χρήστη (π.χ., ακουστικά/τηλεοπτικά ρεύματα, περιεχόμενα μιας ιστοσελίδας).

#### 4.2.2 Υψηλού επιπέδου μοντέλο προσαρμογής

Είναι προφανές από τα ανωτέρω ότι η έννοια της προσαρμογής στο περιβάλλον εμπεριέχει μια μεγάλη ποικιλία μηχανισμών που μπορούν να εφαρμοστεί σε διάφορες οντότητες που απαντούν στα συστήματα και τις υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών. Εντούτοις, η διαδικασία προσαρμογής μιας οντότητας μπορεί εν γένει να αναπαρασταθεί από ένα μοντέλο αποτελούμενο από τρεις ευδιάκριτες φάσεις, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4-1:



**Σχήμα 4-1.** Γενικό μοντέλο μιας διαδικασίας προσαρμογής.

1. Ανάκτηση και καταγραφή πληροφορίας περιβάλλοντος. Η φάση αυτή συνίσταται κατ'ουσίαν στη συλλογή των κατάλληλων πληροφοριών από το τρέχον περιβάλλον και συνήθως περιλαμβάνει:
  - Εξεύρεση των διαθέσιμων σημείων προέλευσης πληροφορίας περιβάλλοντος.

- Συλλογή/καταγραφή των στοιχείων περιβάλλοντος από τα κατάλληλα σημεία προέλευσης. Η συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να συμπεριλάβει μεθόδους όπως η περιοδική ανάκτηση ή η εκδήλωση ενδιαφέροντος για συγκεκριμένα καταγεγραμμένα γεγονότα και η καταγραφή των αντίστοιχων γνωστοποιήσεων. Αυτή η εργασία μπορεί να υποστηριχθεί από τεχνικές όπως η ενδιάμεση εναποθήκευση (caching) και η δημιουργία πιστών αντιγράφων (replication) των στοιχείων περιβάλλοντος, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση, διαθεσιμότητα και αξιοπιστία.
2. Προσδιορισμός της καταλληλότερης (με βάση τις τρέχουσες συνθήκες) κατάστασης της οντότητας. Η διαδικασία αυτή αποτελείται συνήθως από διάφορες δευτερεύουσες υπο-εργασίες:
- Ανάκτηση των σχετικών πληροφοριών περιβάλλοντος (π.χ., μετα-δεδομένα για τις απαιτήσεις/τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα κάθε εναλλακτικής λύσης) και προαιρετικά προεπεξεργασία αυτών των πληροφοριών (π.χ., μετατροπή μορφής, φιλτράρισμα, συγχώνευση) έτσι ώστε είναι κατάλληλες ως είσοδοι στις λειτουργίες λήψης αποφάσεων.
  - Προσδιορισμός του αλγορίθμου/των κριτηρίων απόφασης. Μια σχετική δευτερεύουσα εργασία είναι ο προσδιορισμός των τύπων πληροφοριών περιβάλλοντος που είναι χρήσιμοι στην προκείμενη κατάσταση.
  - Εκτέλεση αυτής καθ'εαυτήν της λειτουργίας λήψης απόφασης, η οποία περιλαμβάνει εν γένει το συνταίριασμα και την επεξεργασία των δεδομένων που περιγράφουν την προσαρμοζόμενη οντότητα και το τρέχον περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής μόνο οι πληροφορίες περιβάλλοντος που είναι χρήσιμες στην τρέχουσα κατάσταση λαμβάνονται υπόψη. Η έκβαση της λειτουργίας είναι δυνατόν να υπαγορεύει τη μετάβαση σε μια διαφορετική κατάσταση/διαμόρφωση της οντότητας.
3. Εφαρμογή/ενεργοποίηση της επιλεγμένης μετάβασης, η οποία περιλαμβάνει:
- Ανάκτηση των αποτελεσμάτων προσαρμογής.
  - Ενεργοποίηση των μηχανισμών οι οποίοι θέτουν σε ισχύ την καλύτερη εναλλακτική λύση. Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί εξαρτώνται από τον τύπο της προσαρμοζόμενης οντότητας.

#### **4.2.3 Αρχές ανάπτυξης λειτουργικότητας προσαρμογής**

Στην πλειοψηφία των υπάρχοντων συστημάτων, κατά την ανάπτυξη προσαρμοστικών λειτουργιών, δεν αποτελεί σημαντική προτεραιότητα η μεθοδολογία με την οποία η λογική προσαρμογής ενσωματώνεται σε μια υπηρεσία ή ένα σύστημα. Οι διαφορετικές φάσεις του

προτύπου που παρουσιάζεται ανωτέρω εφαρμόζονται κατά τρόπο μη συστηματικό, που δεν επιτρέπει την ευελιξία και τη δυναμική επεκτασιμότητα των λειτουργιών προσαρμογής.

Μια προσεκτική εξέταση του προαναφερθέντος απλού προτύπου προσαρμογής μπορεί να οδηγήσει σε μερικές αρχές για την ενσωμάτωση της λειτουργίας προσαρμογής σε ένα σύστημα.

Αυτές οι αρχές είναι οι ακόλουθες:

- Οι υλοποιήσεις των διαφορετικών φάσεων της γενικής διαδικασίας προσαρμογής πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένες ή μία από την άλλη [9][8]. Η προαναφερθείσα αποσύνδεση θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί εξ ολοκλήρου, όταν:
  1. Οι αλγόριθμοι και γενικά η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής είναι ανεξάρτητοι από τους μηχανισμούς συλλογής δεδομένων περιβάλλοντος και αντίστροφα.
  2. Οι μηχανισμοί που θέτουν σε ισχύ τις αποφάσεις προσαρμογής είναι ανεξάρτητοι από το πώς οι αποφάσεις λαμβάνονται και αντίστροφα.
  3. Οι μηχανισμοί που θέτουν σε ισχύ τις αποφάσεις προσαρμογής είναι ανεξάρτητοι από το ποιες παράμετροι του περιβάλλοντος χρησιμοποιούνται στην προσαρμογή και από το πώς αυτές συλλέγονται, και αντίστροφα.
- Η φάση λήψης αποφάσεων προσαρμογής υλοποιείται από ένα αποκλειστικού σκοπού, γενικό στοιχείο λογισμικού [8]. Ο όρος «γενικό» στη συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρεται σε δύο επιθυμητές ιδιότητες. Πρώτον, στην ανεξαρτησία από συγκεκριμένους τύπους παραμέτρων περιβάλλοντος, αλγορίθμων προσαρμοστικότητας και προσαρμόσιμων οντοτήτων. Οι τύποι όλων των παραπάνω δεν πρέπει να δηλώνονται ρητά στην υλοποίηση του στοιχείου. Δεύτερον, στο ότι το στοιχείο πρέπει να είναι επεκτάσιμο σε χρόνο εκτέλεσης, ώστε να είναι σε θέση να επιλέξει τη βέλτιστη εναλλακτική λύση βασισμένη σε, εξαρτώμενες από την προσαρμοζόμενη οντότητα, πληροφορίες περιβάλλοντος και αλγορίθμους, που φορτώνονται στο σύστημα δυναμικά.
- Η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής δεν πρέπει να είναι μονολιθική. Αντίθετα, είναι πιο αποδοτικό να αποτελείται από στοιχεία που είναι ταυτοποιήσιμα και αναπληρώσιμα, έτσι ώστε να μπορεί να μεταβληθεί με ελάχιστη προσπάθεια.

Η χρησιμότητα του πρώτου σημείου είναι αρκετά προφανής: η αποσύνδεση των διαφορετικών φάσεων οδηγεί στην ευελιξία του κώδικα προσαρμογής. Η λογική στοιχείων που αφορούν μια ορισμένη φάση μπορούν να τροποποιηθούν/αντικατασταθούν, είτε κατά το χρόνο μετάφρασης είτε κατά το χρόνο εκτέλεσης, χωρίς το γεγονός αυτό να επηρεάζει την υλοποίηση των άλλων φάσεων.

Η δεύτερη αρχή είναι πολύ σημαντική στις περιπτώσεις όπου το σύνολο των σημαντικών για την προσαρμογή παραμέτρων περιβάλλοντος και των αντίστοιχων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων



προσαρμογής μπορεί να υπόκειται σε μεταβολές από τους υπεύθυνους για την ανάπτυξή τους. Αυτό οπωσδήποτε θα ισχύει σε περιβάλλοντα πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς: ο ορισμός νέων τύπων παραμέτρων περιβάλλοντος, η επινόηση καινοτόμων μεθόδων ανίχνευσης και προσδιορισμού τους, καθώς επίσης και η ανάπτυξη ευφύων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων αναμένεται να αποτελούν πολύ συχνό φαινόμενο. Κατά συνέπεια, οι προαναφερθέντες αλγόριθμοι δεν πρέπει να είναι άκαμπτα ενσωματωμένοι στη λογική προσαρμογής, έτσι ώστε να καθίσταται ευκολότερη η δυναμική τροποποίησή τους. Μια άλλη πολύ σημαντική πτυχή σχετική με το δεύτερο σημείο είναι ότι μεμονωμένες *στιγμιότυπα* οντοτήτων, π.χ., διαφορετικές εφαρμογές, μπορούν να έχουν διαφορετικούς τρόπους ερμηνείας των απαιτήσεών τους από το περιβάλλον, απαιτώντας κατά συνέπεια εξατομικευμένους αλγορίθμους λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Η παράγραφος 4.4.3 περιέχει διάφορα παραδείγματα σχετικά με θέμα αυτό.

Η διατύπωση της τελευταία αρχής οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος της λογικής απόφασης προσαρμογής μπορεί να είναι κοινό για έναν μεγάλο αριθμό *τύπων* οντοτήτων (π.χ., εφαρμογές και πρωτόκολλα) και *στιγμιότυπων* οντοτήτων (π.χ., διαφορετικές εφαρμογές). Μόνο ένα πολύ μικρό μέρος αυτής της λογικής είναι ιδιαίτερο για ένα συγκεκριμένο στιγμιότυπο μιας οντότητας. Παραδείγματος χάριν, μια εφαρμογή που λαμβάνει υπόψη της τη θέση του τελικού χρήστη μπορεί να είναι εξαιρετικά ευαίσθητη μόνο σε μερικές παραμέτρους μετα-δεδομένων της πληροφορίας θέσης, όπως η ακρίβεια και ο χρόνος της τελευταίας ενημέρωσης. Κατά συνέπεια, το κόστος εξατομίκευσης ενός αλγορίθμου σύμφωνα με αυτές πρέπει να είναι ανάλογο προς αυτό το γεγονός. Εκ νέου προγραμματισμός ή επανεκτέλεση ολόκληρης της υλοποίησης ενός αλγορίθμου δεν θα πρέπει να απαιτείται για μια μικρή τροποποίηση, όσο σημαντική κι αν είναι η τελευταία.

### **4.3 Γενικό λογισμικό στοιχείο προσαρμογής**

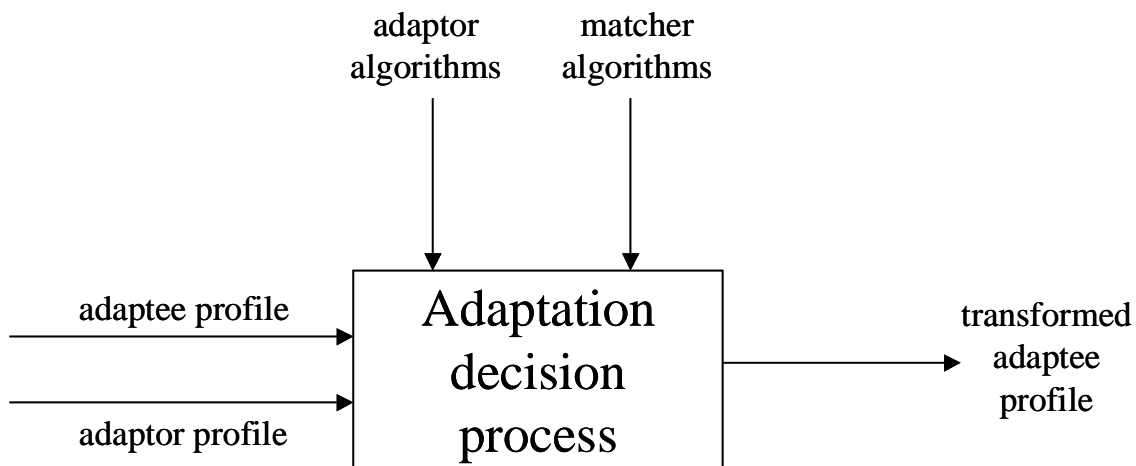
Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει τη κύρια λειτουργικότητα που καθιστά εφικτή την προσέγγισή μας. Η συγκεκριμένη λειτουργικότητα έχει τη μορφή ενός γενικού λογισμικού στοιχείου (μηχανής) προσαρμογής που είναι σε θέση να λάβει ευφυείς αποφάσεις σύμφωνα με δυναμικά φορτωμένα μετα-δεδομένα και αλγορίθμους.

Κατ'αρχάς, εισάγουμε την προσέγγισή μας για το σχεδιασμό και την υλοποίηση, κατά γενικό τρόπο, του υποσυστήματος λήψης αποφάσεων μιας λειτουργίας προσαρμογής. Η συζήτηση αυτή περιλαμβάνει την παρουσίαση των βασικών αφαιρέσεων και εννοιών που αποτέλεσαν τη βάση για την υλοποίηση αυτή. Στη συνέχεια, περιγράφουμε ένα καινοτόμο σχήμα αναπαράστασης δεδομένων που έχουμε αναπτύξει. Εν κατακλείδι, παρουσιάζουμε το σχεδιασμό και την

υλοποίηση του ίδιου του γενικού τμήματος προσαρμογής, πραγματευόμενοι ζητήματα που αφορούν τόσο τη δομή όσο και τη λειτουργικότητά του.

### 4.3.1 Εισαγωγή

Όπως εξηγείται στην ενότητα 4.1, η προσαρμογή συνίσταται ουσιαστικά σε μετασχηματισμό μιας οντότητας, την οποία καλούμε *προσαρμοζόμενο (adaptee)*. Το πλήρες σύνολο των διαθέσιμων μετα-δεδομένων που αφορούν τον προσαρμοζόμενο αποτελεί το *προφίλ προσαρμοζομένου (adaptee profile)*. Ο καθορισμός της βέλτιστης ενέργειας προσαρμογής που πρέπει να εκτελεσθεί στον προσαρμοζόμενο θα έχει ως αποτέλεσμα, κατά κανόνα, ένα τροποποιημένο προφίλ προσαρμοζομένου, που αντικατοπτρίζει τη μετάβασή του σε μια άλλη κατάσταση. Το προφίλ αυτό θα παρασχεθεί έπειτα ως είσοδος στη λογική εφαρμογής/ενεργοποίησης της προσαρμογής, η οποία είναι αρμόδια για να μετασχηματίσει την πραγματική προσαρμοζόμενη οντότητα καταλλήλως. Η διαδικασία απόφασης προσαρμογής λαμβάνει υπόψη τις πληροφορίες που αναπαριστούν το τρέχον περιβάλλον. Οι πληροφορίες αυτές στο σύνολό τους συνιστούν το *προφίλ προσαρμοστή (adaptor profile)*.



**Σχήμα 4-2.** Επισκόπηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

Το προσαρμοζόμενο μπορεί να είναι οτιδήποτε από ένα απλό ζεύγος όνομα-τιμή έως μια σύνθετη δομή στοιχείων, που αποτελείται από ακολουθίες ατομικών τιμών καθώς επίσης και ιεραρχίες εμφωλευμένων σύνθετων υπο-προφίλ. Η τελευταία κατάσταση προκύπτει όταν αυτή καθ'εαυτή η προσαρμοζόμενη οντότητα αποτελείται από διάφορα συστατικά στοιχεία που μπορούν με τη σειρά τους να είναι ταυτοποιήσιμες, αυτόνομες οντότητες. Εντούτοις, ένα μη-ατομικό συστατικό του προφίλ προσαρμοζομένου μπορεί επίσης να είναι απλώς σύνθετα μετα-δεδομένα που αφορούν την προσαρμοζόμενη οντότητα στο σύνολό της. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να προσδιορίζουν τις λειτουργικές απαιτήσεις της οντότητας σε σχέση με τις παραμέτρους περιβάλλοντος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, επιλέγουμε για την αναπαράσταση του προφίλ προσαρμοζόμενου μια δενδρική δομή. Κάθε κόμβος σε αυτό το δέντρο αντιστοιχεί σε μια ορισμένη μονάδα του προφίλ, που προσδιορίζεται από όνομα και καθολικά διακριτό τύπο. Η λειτουργία της προσαρμογής ολόκληρου του προφίλ περιλαμβάνει την αναδρομική προσαρμογή κάθε μίας από αυτές τις μονάδες. Ορισμένα τμήματα της ιεραρχίας του προφίλ μπορούν να υπόκεινται στην προσαρμογή που επηρεάζεται από συγκεκριμένους τύπους παραμέτρων περιβάλλοντος. Οι αντίστοιχοι κόμβοι του δέντρου περιλαμβάνουν τα στοιχεία (των παραπάνω τύπων) που υποδεικνύουν τις επιθυμητές τιμές (ή απαιτήσεις) όσον αφορά τις προαναφερθείσες παραμέτρους. Επιπλέον, κάθε «εξαρτώμενος από το περιβάλλον» κόμβος περιλαμβάνει πληροφορίες για το πώς ο ίδιος επηρεάζεται από τις τιμές των προαναφερθεισών περιβαλλοντικών παραμέτρων. Αυτός είναι στην πραγματικότητα ο *αλγόριθμος* που χειρίζεται την προσαρμογή αυτού του ιδιαίτερου στοιχείου του προφίλ προσαρμοζόμενου.

Τέτοιοι αλγόριθμοι, που καλούμε *αλγορίθμους προσαρμοστές (adaptor algorithms)*, δέχονται ως είσοδο τα προφίλ προσαρμοζόμενου και προσαρμοστή. Προφανώς, μπορούν να είναι τόσο διαφορετικοί όσο οι πληροφορίες στις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν. Για τους απλούς τύπους στοιχείων όπως αριθμούς και απλές συμβολοσειρές η απαραίτητη λογική μπορεί να είναι ένας έλεγχος ισότητας ή ένας στοιχειώδης υπολογισμός. Για τους σύνθετους τύπους, μπορεί να χρειάζεται αυθαίρετα περίπλοκη λογική. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στην έξοδο τέτοιων αλγορίθμων αυτό που επιστρέφεται είναι μια προσαρμοσμένη έκδοση του προφίλ προσαρμοζόμενου ή ένα τμήμα αυτού. Εντούτοις, υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένας διαφορετικός τύπος είναι καταλληλότερος για την τιμή επιστροφής. Παραδείγματος χάριν, ο προαναφερθείς τύπος μπορεί να είναι μια boolean τιμή που δείχνει εάν ο προσαρμοζόμενος είναι στο σύνολό του συμβατός με το τρέχον περιβάλλον, ή μια πιο αναλυτική μετρική αυτού του γεγονότος, όπως ένας πραγματικό αριθμό μέσα σε ένα ορισμένο διάστημα (π.χ. μεταξύ 0 και 1). Η τελευταία εκφυλισμένη περίπτωση μοντελοποιείται στην προσέγγισή μας από μια άλλη κατηγορία αλγορίθμων, που αποκαλούνται *matcher αλγόριθμοι*. Οι αλγόριθμοι προσαρμοστών μιας σύνθετης οντότητας χρησιμοποιούν συνήθως έναν συνδυασμό προσαρμοστών και matchers που εφαρμόζονται στα εμφωλευμένα συστατικά τμήματα της οντότητας. Μια επισκόπηση της γενικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων προσαρμογής απεικονίζεται στο Σχήμα 4-2.

Για να καταστήσουμε την ανωτέρω παρουσίαση πιο σαφή, εξετάζουμε την περίπτωση όπου η προσαρμοζόμενη οντότητα είναι μια υπηρεσία προστιθέμενης αξίας για τελικούς χρήστες κινητών επικοινωνιών. Υποθέτουμε ότι η προσαρμογή υπηρεσιών επηρεάζεται από τις δυνατότητες του τερματικού, τα χαρακτηριστικά του δικτύου και τις προτιμήσεις του χρήστη. Αυτές οι πληροφορίες, επομένως, διαμορφώνουν το προφίλ προσαρμοστή. Το προφίλ του

προσαρμοζόμενου (δηλαδή της υπηρεσίας) περιέχει ποικίλα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, παραμέτρων ταυτοποίησης και ασφάλειας, γενικής περιγραφή όπως και δεδομένα σχετικά με την τιμολόγηση και την κατανομή εσόδων από τη χρήση της υπηρεσίας [5]. Επιπλέον, το προφίλ αυτό ενσωματώνει μια περιγραφή της αρχιτεκτονικής του λογισμικού της υπηρεσίας. Επίσης υποθέτουμε ότι το λογισμικό της εφαρμογής αποτελείται από μια ιεραρχική δομή επιμέρους συνιστωσών (components), κάθε μία από τις οποίες μπορεί να έχει διαφορετικές υλοποιήσεις (π.χ., μια για κάθε λειτουργικό σύστημα ή περιβάλλον εκτέλεσης για το οποίο προορίζεται). Κατά συνέπεια, ένα δέντρο που αναπαριστά τα αντίστοιχα υπο-προφίλ θα αποτελεί μέρος των μετα-δεδομένων της εφαρμογής. Η υπηρεσία στο σύνολό της καθώς επίσης και οι επιμέρους συνιστώσες και οι υλοποιήσεις τους έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε σχέση με τις παραμέτρους περιβάλλοντος. Παραδείγματος χάριν μπορούν να εξαρτηθούν από την ύπαρξη μιας ορισμένης ανάλυσης της οθόνης του τερματικού, μιας συγκεκριμένης έκδοσης της πλατφόρμας της Java ή μιας δικτυακής ζεύξης με ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Θα μπορούσαν επίσης να υποστηρίζουν μια διεπαφή με τον χρήστη σε ένα συγκεκριμένο σύνολο γλωσσών ή να έχουν νόημα μόνο όταν βρίσκεται ο χρήστης μέσα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Αυτό το γεγονός αντικατοπτρίζεται στα προφίλ προσαρμοστή (περιβάλλοντος) που περιέχονται στους κόμβους που αντιπροσωπεύουν την αρχιτεκτονική του λογισμικού της εφαρμογής.

Ας θεωρήσουμε ένα παράδειγμα αλγορίθμου προσαρμοστή για υπηρεσίες τελικών χρηστών που αναλαμβάνει να αποφασίσει ποιες συνιστώσες θα περιληφθούν σε μια συγκεκριμένη εγκατάσταση/διαμόρφωση της υπηρεσίας. Ο αλγόριθμος πρώτα θα ελέγξει εάν το τρέχον περιβάλλον είναι συμβατό με τις απαιτήσεις της υπηρεσίας στο σύνολό της, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται σε ένα προφίλ προσαρμοστή στον κόμβο ρίζα του δέντρου. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση των προσαρμοστών για τους κατάλληλους τύπους προφίλ (δυνατότητες τερματικού, χαρακτηριστικά δικτύου, προτιμήσεις χρηστών). Οι προσαρμοστές αυτοί καλούν στη συνέχεια τους προσαρμοστές και τους matchers των μεμονωμένων ιδιοτήτων (π.χ., μέγεθος οθόνης, υποστηριζόμενοι φορείς επικοινωνίας, γεωγραφική θέση χρηστών). Ένα παράδειγμα ενός απλού matcher αλγορίθμου είναι ο παρακάτω, ο οποίος αντιστοιχεί σε μια υλοποίηση μιας συνιστώσας και αφορά την ιδιότητα JavaPlatform του τερματικού, όπως αυτή ορίζεται στην προδιαγραφή User Agent Profile (UAProf) [88] της OMA:

```
If <The value of the JavaPlatform attribute of the current terminal is equal to the component  
implementation X profile value for JavaPlatform>
```

```
Then <Return true: component implementation X is compatible with the current  
terminal>
```

Εάν ο έλεγχος είναι επιτυχής, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε συνιστώσα της υπηρεσίας και κάθε υλοποίηση, χρησιμοποιώντας τα προφίλ προσαρμοστών που είναι ενσωματωμένα στους αντίστοιχους κόμβους. Ο αλγόριθμος, αφού συλλέξει τα επιμέρους αποτελέσματα για κάθε υπο-στοιχείο, μπορεί να εφαρμόσει έναν επιπλέον κανόνα στο σύνολο των αποτελεσμάτων, ο οποίος π.χ., να αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι ορισμένες συνιστώσες μπορεί να είναι υποχρεωτικές, ενώ άλλες προαιρετικές. Για παράδειγμα, έστω μια εφαρμογή που αποτελείται από τις συνιστώσες A, B, C, D, E, από τις οποίες οι A, B και C είναι υποχρεωτικές, ενώ οι D και E προαιρετικές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να ενσωματωθεί στον αντίστοιχο προσαρμοστή αλγόριθμο ο ακόλουθος κανόνας, ο οποίος σημειωτέον είναι από τη φύση του εξειδικευμένος για την εν λόγω εφαρμογή:

If <Components A, B and C are compatible with the current context>

Then <Perform recursive adaptation decision on components and return the adapted application profile>

Else <Return null: the application does not fit current context>

Μετά από την ολοκλήρωση της λειτουργίας λήψης απόφασης, παράγεται μια νέα έκδοση του προφίλ υπηρεσίας, η οποία περιέχει μόνο τις συνιστώσες που είναι κατάλληλες για την εν λόγω διαμόρφωση. Επιπλέον, κάθε μία από τις συνιστώσες προσαρμόζεται, δεδομένου ότι περιλαμβάνει απλώς μία και μόνο υλοποίηση, η οποία έχει προσδιοριστεί ως η βέλτιστη για το τρέχον περιβάλλον. Μια περίπτωση ενός τέτοιου μετασχηματισμού προφίλ για μια συγκεκριμένη εφαρμογή παρουσιάζεται στην παράγραφο 4.4.3.

#### **4.3.2 Υποστηρικτικοί μηχανισμοί: Αναπαράσταση και επεξεργασία δεδομένων και αλγορίθμων**

Στην τρέχουσα ενότητα παρουσιάζουμε λεπτομερώς το σχεδιασμό και την υλοποίηση του σχήματος αναπαράστασης και επεξεργασίας δεδομένων και αλγορίθμων που περιγράφεται στην ενότητα 4.3.1. Όσον αφορά τα δεδομένα (προφίλ οντοτήτων και περιβάλλοντος), ο κύριος στόχος αυτού του σχήματος είναι η δυνατότητα να προσαρμόζονται αυθαίρετα σύνθετα προφίλ οντοτήτων που μπορούν να περιέχουν τύπους δεδομένων άγνωστους στο σύστημα. Όσον αφορά στους αλγορίθμους, ο κύριος στόχος μας είναι η υποστήριξη για δυναμική, ενδεχομένως απομακρυσμένη φόρτωση υλοποιήσεων αλγορίθμων που δεν είναι εκ των προτέρων γνωστοί στο σύστημα.

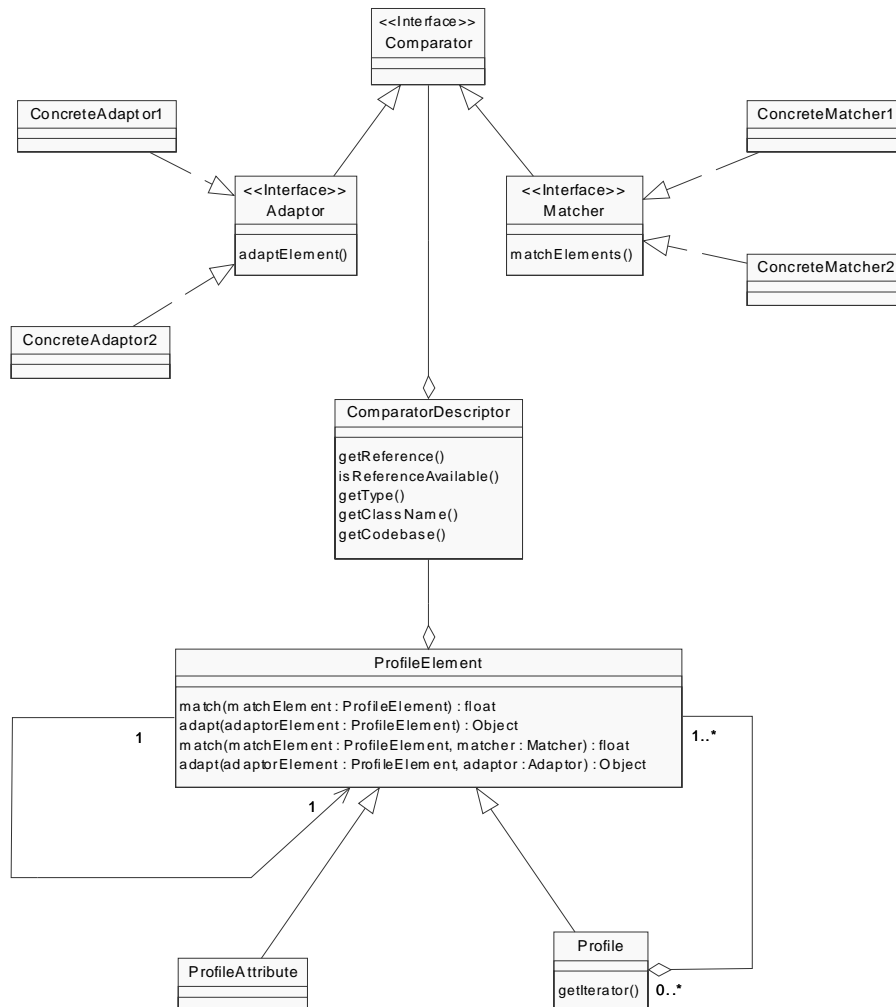
Η εσωτερική αναπαράσταση των δεδομένων ως Java αντικείμενα που έχουμε χρησιμοποιήσει στην υλοποίησή μας απεικονίζεται στο UML διάγραμμα κλάσεων στο Σχήμα 4-3. Για την αναπαράσταση δεδομένων έχουμε εφαρμόσει το πρότυπο σχεδιασμού Composite [71]. Αυτή η επιλογή έγινε εξαιτίας του γεγονότος ότι ένα προφίλ μπορεί να αποτελείται τόσο από απλές

(ατομικές) ιδιότητες όσο και από εμφωλευμένα σύνθετα προφίλ και ότι υπάρχει ένα κοινό σύνολο μεθόδων που πρέπει να περιληφθεί στις δημόσιες διεπαφές τόσο των απλών ιδιοτήτων όσο και των σύνθετων προφίλ. Συνεπώς, έχουμε ορίσει τις κλάσεις *ProfileAttribute*, για τις απλές ιδιότητες και *Profile*, για τα σύνθετα προφίλ. Και οι δύο κατηγορίες κληρονομούν από την αφηρημένη βασική κλάση *ProfileElement*, ενώ το *Profile* περιλαμβάνει επίσης αντικείμενα τύπου *ProfileElement*. Κάθε αντικείμενο τύπου *ProfileElement* έχει ως αναγνωριστικά το όνομα και τον καθολικά διακριτό τύπο του (π.χ., `gr.uoa.di.cnl.TerminalCapabilities`). Τα αντικείμενα τύπου *ProfileElement* λειτουργούν ουσιαστικά ως γενικές δομές αποθήκευσης αυθαίρετα πολύπλοκων δεδομένων των οποίων η ανάκτηση και (στην περίπτωση σύνθετων προφίλ) διάτρεξη πραγματοποιείται με λογική που είναι ανεξάρτητη από συγκεκριμένους τύπους δεδομένων. Επομένως, η εισαγωγή νέων τύπων προφίλ και παραμέτρων περιβάλλοντος δεν απαιτεί τη μεταβολή του κώδικα επεξεργασίας δεδομένων του στοιχείου προσαρμογής και μπορεί να συντελεσθεί κατά το χρόνο εκτέλεσης.

Η διεπαφή των αντικειμένων *ProfileElement* περιλαμβάνει δύο τύπους μεθόδων, τις *adapt()* και *match()*, σε αναλογία με τις κατηγορίες αλγορίθμων (προσαρμοστών και matcher), που περιγράφονται στην ενότητα 4.3.1. Η μέθοδος *adapt()* επιστρέφει ένα αντικείμενο του γενικού τύπου *Object*, το οποίο είναι συνήθως ένα στοιχείο σχεδιαγράμματος *adaptee ProfileElement*. Η μέθοδος *match()* επιστρέφει μια πραγματική τιμή μεταξύ 0 και 1, που εκφράζει το βαθμό συμβατότητας μεταξύ δύο αντικειμένων *ProfileElement* του ίδιου τύπου. Από την άποψη της υλοποίησης, το *matching* μπορεί να θεωρηθεί ως μια ειδική, εκφυλισμένη περίπτωση προσαρμογής, η οποία εμφανίζεται όταν ο προσαρμοστής και ο προσαρμοζόμενος αναπαριστώνται από προφίλ του ίδιου τύπου και η απαιτούμενη έξοδος της λειτουργίας προσαρμογής είναι απλά μια μετρική του εάν τα δύο προφίλ είναι συμβατά. Εντούτοις, ορίσαμε δύο χωριστές μεθόδους δεδομένου ότι η εμπειρία της ανάπτυξης του πρωτοτύπου μας κατέδειξε το κατά αυτό τον τρόπο καθίσταται ευκολότερος ο προγραμματισμός των εξυπηρετούμενων που χρησιμοποιούν τη διεπαφή *ProfileElement*, δεδομένου ότι αυτή η ειδική περίπτωση εμφανίζεται αρκετά συχνά.

Ο αλγόριθμος προσαρμογής περιέχεται εν γένει σε ένα αντικείμενο που υλοποιεί το *interface Comparator*. Υπάρχουν δύο ειδικεύσεις του *Comparator*: Τα *interfaces Adaptor* και *Matcher*, που αντιστοιχούν στις μεθόδους *adapt()* και *match()* που περιγράφονται ανωτέρω. Ένα αντικείμενο *Comparator* περιέχεται σε ένα αντικείμενο *ProfileElement*, μέσω ενός αντικειμένου τύπου *ComparatorDescriptor*, και φορτώνεται δυναμικά για κάθε αίτημα προσαρμογής/matching, δεδομένου ότι συμπεριλαμβάνεται ως παράμετρος στις μεθόδους *adapt()* και *match()*. Με αυτήν την προσέγγιση, οι νέοι αλγόριθμοι προσαρμογής για συγκεκριμένες

ιδιότητες μπορούν να εισαχθούν χωρίς την ανάγκη να τροποποιηθεί ή να επαναμεταγλωττιστεί ο κώδικας των κλάσεων *ProfileElement* που αντιπροσωπεύουν εκείνες τις ιδιότητες. Μάλιστα, αυτή είναι μια εφαρμογή του προτύπου σχεδίασης Strategy [71]. Εναλλακτικά, ένας εξυπηρετούμενος μπορεί να καλέσει τις μεθόδους *adapt()* και *match()* χωρίς να περιλάβει ως παράμετρο ένα *Comparator* αντικείμενο. Σε αυτή την περίπτωση, η λειτουργία εκτελείται χρησιμοποιώντας έναν προεπιλεγμένο αλγόριθμο, ο οποίος προσδιορίζεται βάσει του τύπου του αντίστοιχου *ProfileElement*.

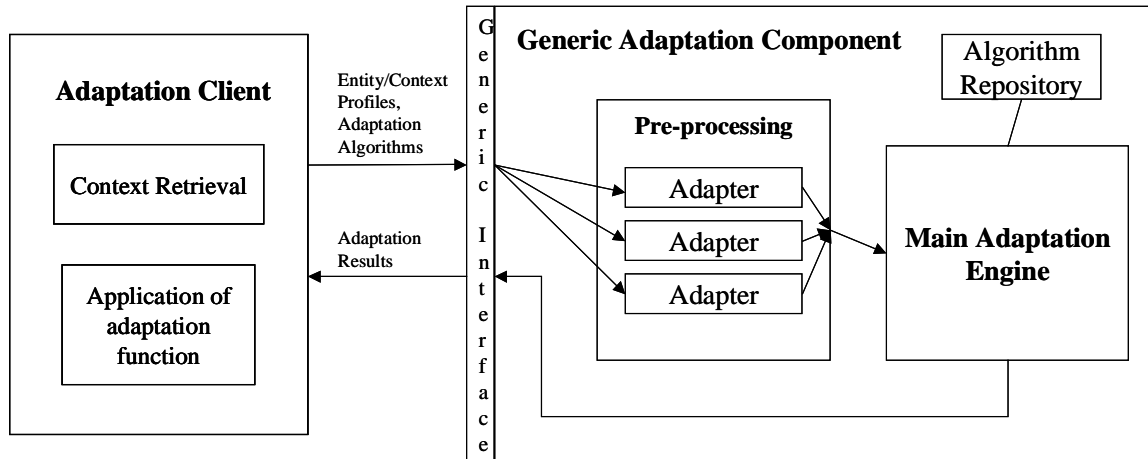


Σχήμα 4-3. Διάγραμμα κλάσεων UML του σχήματος αναπαράστασης δεδομένων και αλγορίθμων.

### 4.3.3 Αρχιτεκτονική και λειτουργία

Η υψηλού επιπέδου αφαίρεσης αρχιτεκτονική του γενικού λογισμικού στοιχείου προσαρμογής που προτείνουμε απεικονίζεται στο Σχήμα 4-4.

Οι εξυπηρετούμενοι είναι σε θέση να επικαλεσθούν τις λειτουργίες λήψης αποφάσεων προσαρμογής με χρήση μιας ανοικτής διεπαφής. Μέσω της διεπαφής, οι εξυπηρετούμενοι παρέχουν ως είσοδο στο στοιχείο τα προφίλ της προσαρμόσιμης οντότητας και του περιβάλλοντος και προαιρετικά επίσης των αλγορίθμων προσαρμογής και λαμβάνουν ως επιστροφή την έκβαση της διαδικασίας απόφασης.



**Σχήμα 4-4.** Αρχιτεκτονική γενικού λογισμικού στοιχείου προσαρμογής.

Εσωτερικά, η λειτουργία προσαρμογής μπορεί να διαιεθεί λογικά σε τρία μέρη: Προ-επεξεργαστής, κύρια μηχανή προσαρμογής και ταμιευτήρας αλγορίθμων.

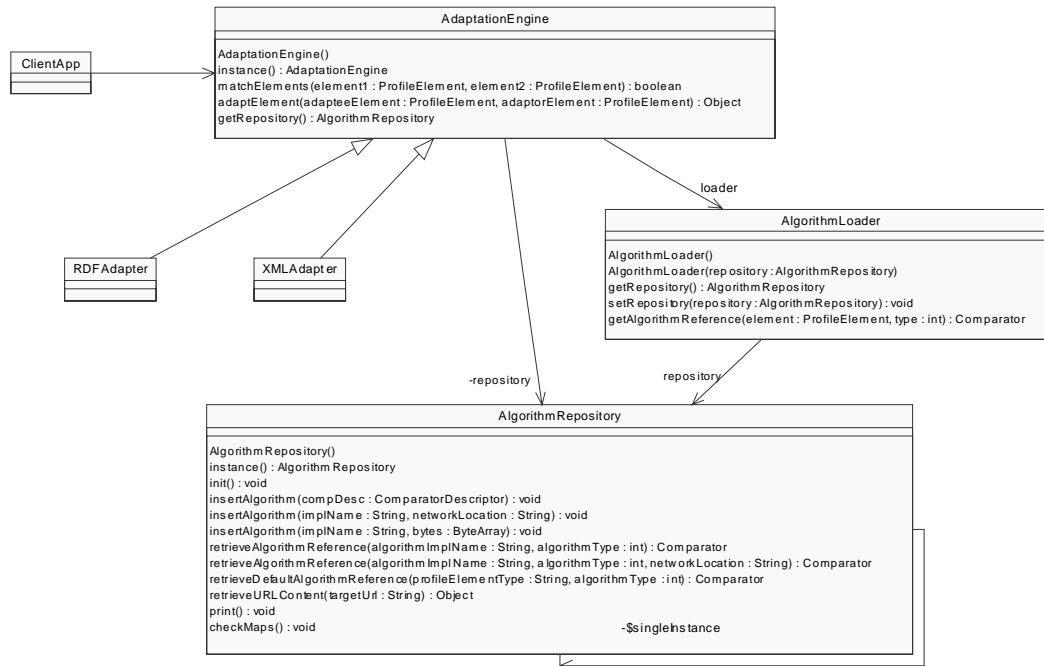
Ο προ-επεξεργαστής είναι αρμόδιος για να μετασχηματίζει, εάν είναι απαραίτητο, τα προφίλ οντοτήτων/περιβάλλοντος στο κοινό σχήμα αναπαράστασης που χρησιμοποιείται εσωτερικά από τη μηχανή προσαρμογής. Στην ουσία πρόκειται για μια λειτουργία μετατροπής διεπαφών, η οποία έχει υλοποιηθεί σύμφωνα με το πρότυπο σχεδιασμού Adapter (προσαρμογέας) [71]. Στην τρέχουσα υλοποίησή μας έχουμε ενσωματώσει προσαρμογείς για RDF/XML [72] (χρησιμοποιώντας τα εργαλεία ανοικτού κώδικα DELI [73] και JENA [74]), απλή XML καθώς επίσης και δεδομένα σχεσιακών στοιχεία βάσεων δεδομένων. Προσαρμογείς (adapters) για άλλα σχήματα μπορούν να ενσωματωθούν δυναμικά, εμπλουτίζοντας τη λειτουργικότητά του χωρίς καμία τροποποίηση στον κώδικά του.

Η κύρια μηχανή προσαρμογής συντονίζει την επεξεργασία του αιτήματος προσαρμογής, εργασία η οποία περιλαμβάνει κυρίως τον εντοπισμό και φόρτωση του κατάλληλου αλγορίθμου από τον ταμιευτήρα.

Ο ταμιευτήρας αλγορίθμων χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και ανάκτηση αλγορίθμων matching και προσαρμογής, οι οποίοι είναι υλοποιημένοι ως Java αντικείμενα που είναι συμβατά με το interface *Comparator*. Η δημόσια διεπαφή του ταμιευτήρα είναι επίσης διαθέσιμη σε οντότητες εξωτερικές ως προς το γενικό στοιχείο προσαρμογής. Μια κατηγορία λειτουργιών της διεπαφής επιτρέπει την εισαγωγή στον ταμιευτήρα υλοποιήσεων αλγορίθμων. Επιπλέον, ο



ταμιευτήρας επιτρέπει στους εξυπηρετούμενους να ανακτήσουν αναφορές σε Java αντικείμενα που αντιστοιχούν σε υλοποιήσεις αλγορίθμων, βάσει καθολικά διακριτού ονόματος κλάσης, (π.χ., gr.uoa.di.cnl.adaptation.DefaultIntegerMatcher) και τύπου (Matcher ή προσαρμοστής). Επιπλέον, υλοποιήσεις αλγορίθμων μπορούν να μεταφερθούν και να φορτωθούν από μια απομακρυσμένη διεύθυνση δικτύου (URL). Ειδικότερα, αντικείμενα αλγορίθμων τα οποία είναι άγνωστα στον ταμιευτήρα κατά το χρόνο μεταγλώττισης μπορούν να φορτωθούν δυναμικά. Η τελευταία λειτουργία πραγματοποιείται με χρήση των μηχανισμών αυτό-προσδιορισμού (reflection) που είναι ενσωματωμένοι στη γλώσσα Java. Επιπλέον, για κάθε τύπο *ProfileElement* υπάρχουν προεπιλεγμένοι αλγόριθμοι matcher και προσαρμοστή, οι οποίοι είναι επίσης ανακτήσιμοι από τους εξυπηρετούμενους του ταμιευτήρα μέσω της δημόσιας διεπαφής του. Μόνο ένα στιγμιότυπο του *AlgorithmRepository* υπάρχει για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση του τμήματος προσαρμογής, κατά το πρότυπο σχεδιασμού Singleton [71].

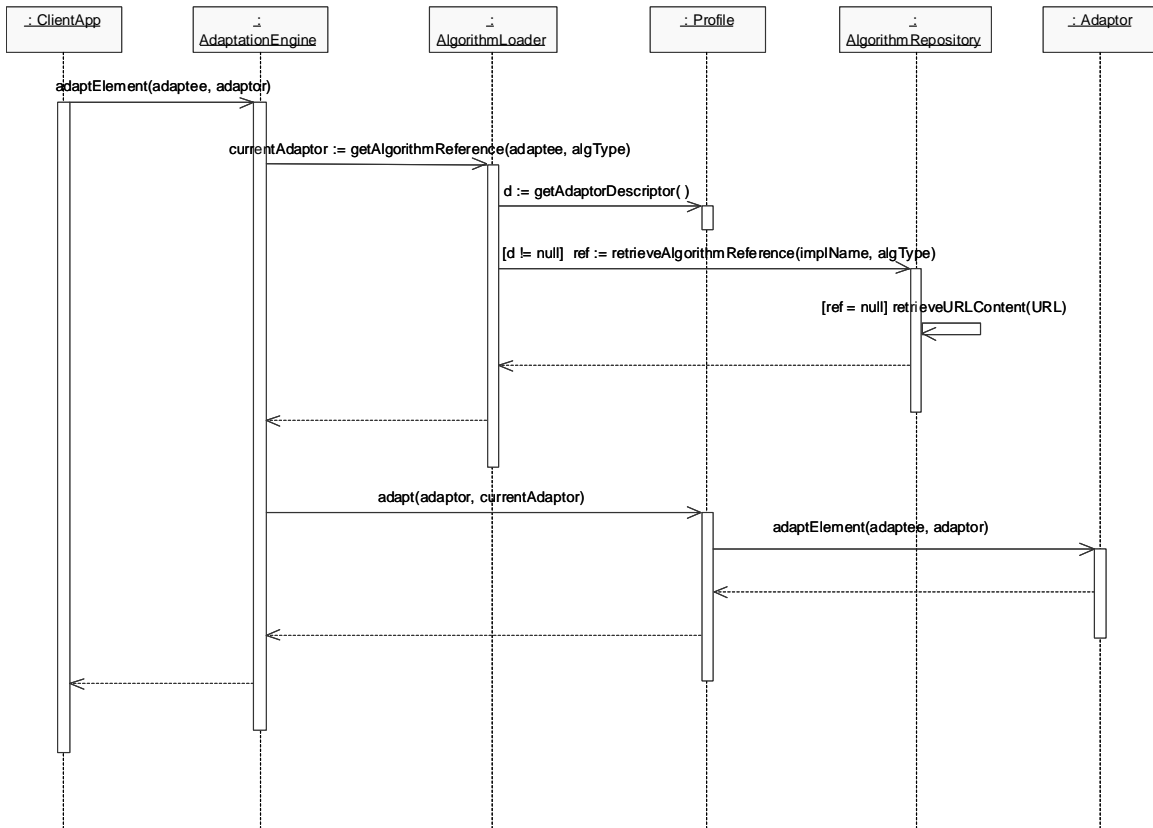


**Σχήμα 4-5.** Διεπαφή και εσωτερική αρχιτεκτονική του στοιχείου προσαρμογής.

Το UML διάγραμμα κλάσεων του τμήματος προσαρμογής παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-5, όπου επίσης συμπεριλαμβάνονται η γενική διεπαφή του στοιχείου λήψης αποφάσεων προσαρμογής και του ταμιευτήρα αλγορίθμων. Οι κλάσεις των προσαρμογέων που συνιστούν τον προεπεξεργαστή έχουν τη μορφή ειδικεύσεων του *AdaptationEngine*.

Μια άλλη βασική κλάση είναι η *AlgorithmLoader*, η οποία συντονίζει την ανάκτηση και την ενεργοποίηση του αλγορίθμου που είναι αρμόδιος για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης

απόφασης προσαρμογής. Με βάση το προφίλ προσαρμοζόμενου καθορίζει εάν ένας προεπιλεγμένος ή εξατομικευμένος αλγόριθμος πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία του τρέχοντος αιτήματος. Στην τελευταία περίπτωση μπορεί να προκαλέσει, αν είναι απαραίτητο, τη μεταφορά των αντίστοιχων δυαδικών αρχείων της υλοποίησης του αλγορίθμου από μια απομακρυσμένη τοποθεσία δικτύου.

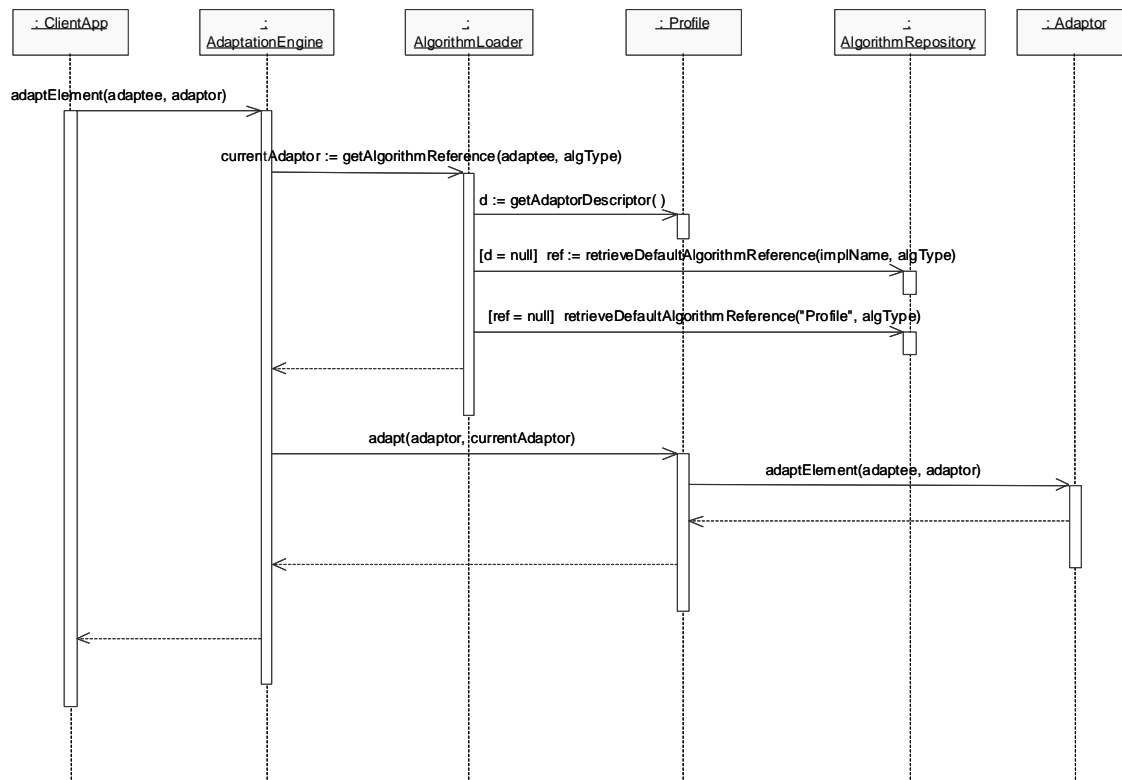


**Σχήμα 4-6.** Διάγραμμα ακολουθίας για την περίπτωση που στην προσαρμογή χρησιμοποιείται ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος.

Η επεξεργασία του αιτήματος προσαρμογής πραγματοποιείται σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 4-6, που αναφέρεται στην κατάσταση όπου χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος προεπιλογής, και στο Σχήμα 4-7 το οποίο αφορά την περίπτωση κατά την οποία στο αίτημα καθορίζεται ένας εξατομικευμένος αλγόριθμος.

1. Η AdaptationEngine λαμβάνει το αίτημα από τον εξυπηρετούμενο και εκκινεί μέσω της AlgorithmLoader να ανακτήσει μια αναφορά στον κατάλληλο αλγόριθμο (τύπου προσαρμοστή) για το εν λόγω προφίλ προσαρμοζόμενου.
2. Η AlgorithmLoader ανακτά τον *ComparatorDescriptor* του αλγορίθμου προσαρμοστή που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο προφίλ προσαρμοζόμενου.

- Εάν το προαναφερθέν αντικείμενο τύπου *ComparatorDescriptor* δεν έχει τιμή (Σχήμα 4-6), ανακτάται από τον ταμιευτήρα ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος προσαρμοστής για αυτόν τον συγκεκριμένο τύπο προφίλ. Εάν κανένας τέτοιος αλγόριθμος προσαρμοστής δεν υπάρχει, ανακτάται από τον ταμιευτήρα ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος προσαρμοστής για τα αντικείμενα τύπου *Profile*.



**Σχήμα 4-7.** Διάγραμμα ακολουθίας για την περίπτωση που στην προσαρμογή χρησιμοποιείται εξατομικευμένος αλγόριθμος.

Στην περίπτωση που το αντικείμενο τύπου *ComparatorDescriptor* του προφίλ προσαρμοζόμενου έχει τιμή (Σχήμα 4-7), η αντίστοιχη αναφορά λαμβάνεται από τον ταμιευτήρα, εάν είναι διαθέσιμη τοπικά. Διαφορετικά, η κατάλληλη υλοποίηση ανακτάται από ένα απομακρυσμένο URL και φορτώνεται με χρήση μηχανισμών αυτό-προσδιορισμού.

- Η αναφορά αλγορίθμου προσαρμοστή επιστρέφεται στην *AdaptationEngine*, και χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή του προφίλ προσαρμοζόμενου. Η συγκεκριμένη εργασία ανατίθεται από το προφίλ προσαρμοζόμενου στο αντίστοιχο αντικείμενο αλγορίθμου προσαρμοστή, το οποίο ενσωματώνει την απαραίτητη λογική. Ειδικότερα, στην περίπτωση που το προφίλ περιέχει μια ιεραρχία των εμφωλευμένων υπο-προφίλ, τα τελευταία μπορούν να υπόκεινται με τη σειρά τους σε προσαρμογή, εάν έτσι καθορίζεται από τον αλγόριθμο προσαρμοστή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί από την

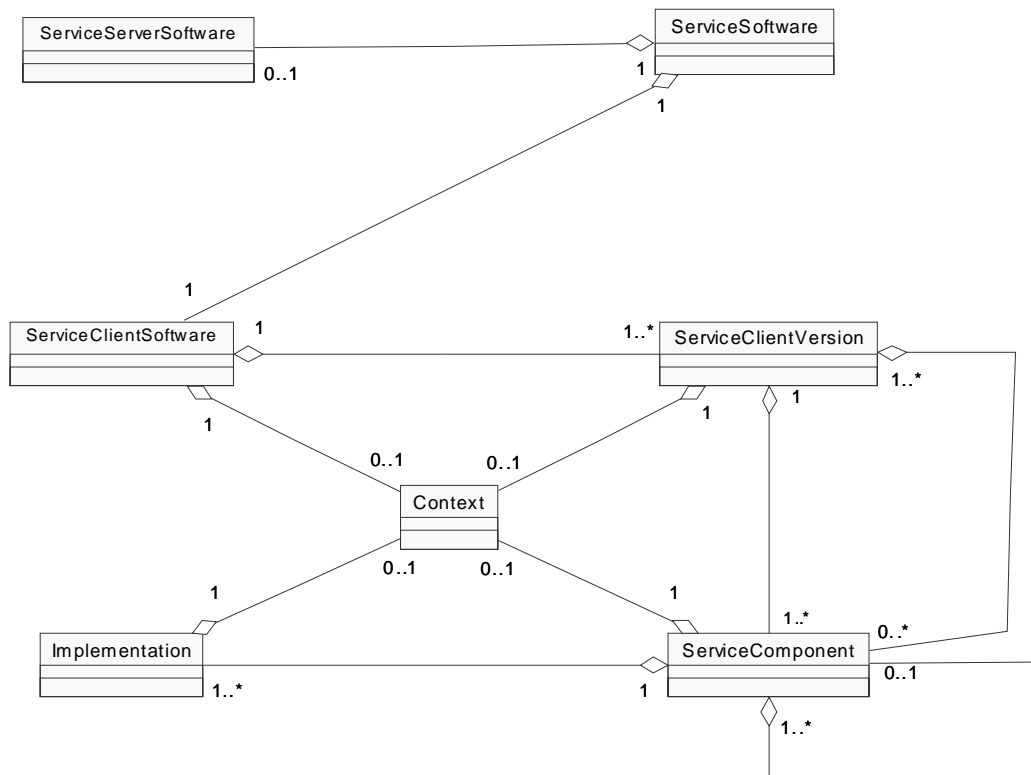
επαναλαμβανόμενη επανάληψη των βημάτων 1-5, με το αντικείμενο αλγορίθμου προσαρμοστή στο ρόλο του εξυπηρετούμενου της AdaptationEngine.

5. Το τελικό προσαρμοσμένο προφίλ προσαρμοζόμενου επιστρέφεται στον εξυπηρετούμενο μέσω του AdaptationEngine.

## 4.4 Προσαρμοστική παροχή υπηρεσιών στην πλατφόρμα RCSP

### 4.4.1 Μοντέλο αρχιτεκτονικής υπηρεσιών

Η δομή και το περιεχόμενο του προφίλ υπηρεσίας είναι βασισμένα σε ένα μοντέλο υπηρεσιών που έχουμε αναπτύξει. Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι γενικό και ανεξάρτητο από λεπτομέρειες υλοποίησης, ώστε να είναι σε θέση να αναπαραστήσει μια πολύ ευρεία γκάμα υπηρεσιών.



**Σχήμα 4-8.** Υψηλού επιπέδου μοντέλο αρχιτεκτονικής υπηρεσίας.

Το συγκεκριμένο υψηλού επιπέδου πρότυπο υπηρεσιών απεικονίζεται στο Σχήμα 4-8, ως διάγραμμα κλάσεων της UML. Ουσιαστικά, μια εφαρμογή (ServiceSoftware στο Σχήμα 4-8) που προσφέρεται στους κινητούς χρήστες αποτελείται δύο μέρη (τμήματα): ένα στατικό μέρος (ServiceServerSoftware), το οποίο περιλαμβάνει την κύρια λογική της εφαρμογής και τις

απαραίτητες αλληλεπιδράσεις με άλλες οντότητες στο σταθερό δίκτυο (π.χ., βάσεις δεδομένων, άλλοι εξυπηρέτες) και ένα μετακινούμενο (κινητό) τμήμα (ServiceClientSoftware), το οποίο μεταφέρεται δυναμικά και εκτελείται στο τερματικό κατόπιν αίτησης του τελικού χρήστη (όταν επιλέγει να έχει πρόσβαση ένας χρήστης σε μια υπηρεσία) και υλοποιεί κατ'ελάχιστον λειτουργίες όπως γραφικές διεπαφές χρήστη και η επικοινωνία με το στάσιμο μέρος. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες υπηρεσίες δεν υπάρχει στατικό τμήμα, όπως παραδείγματος χάριν μια αυτόνομη εφαρμογή παιχνιδιού.

Το κινητό μέρος μιας εφαρμογής (ServiceClientSoftware) συνήθως είναι διαθέσιμο σε διάφορες παραλλαγές (ServiceClientVersion). Κάθε παραλλαγή (έκδοση) μπορεί να έχει ορισμένες απαιτήσεις από το περιβάλλον παροχής υπηρεσιών (π.χ., χαρακτηριστικά τερματικού και δικτύου, προτιμήσεις χρηστών). Αυτό το γεγονός αντικατοπτρίζεται στην κλάση Context που περιέχεται σε κάθε ServiceClientVersion. Οι παραλλαγές υπηρεσιών αφαιρούν μια συνολική υπηρεσία και εκφράζουν τις διαφορετικές εναλλακτικές διαμορφώσεις επέκτασης όσον αφορά τη δομή ή/και το περιεχόμενο μιας συγκεκριμένης αίτησης. Μια έκδοση υπηρεσιών αποτελείται από ένα υποχρεωτικό τμήμα (CorePart) και ένα ή περισσότερα προαιρετικά μέρη (OptionalPart). Κάθε τμήμα περιλαμβάνει μία ή περισσότερες συνιστώσες (ServiceComponent) που μπορούν να έχουν περαιτέρω απαιτήσεις από το περιβάλλον σε σχέση με την περιέχουσα ServiceClientVersion. Οι συνιστώσες μπορούν να είναι αυτόνομες και επαναχρησιμοποιήσιμες μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών. Τα ίδια τα προαιρετικά στοιχεία μπορούν να περιέχουν περαιτέρω προαιρετικές συνιστώσες (OptionalComponents). Κάθε συνιστώσα έχει μια ή περισσότερες διαφορετικές υλοποιήσεις (Implementation), κάθε μια από τις οποίες προσδιορίζεται από ένα μοναδικό URL, όπου βρίσκεται ο αντίστοιχος κώδικας.

Ένα προφίλ υπηρεσίας που επιστρέφεται ως έξοδος μετά από μια λειτουργία προσαρμογής περιέχει από μία μόνο έκδοση, όλες τις υποχρεωτικές συνιστώσες και ενδεχομένως και κάποιες προαιρετικές. Επιπλέον, περιλαμβάνει ακριβώς μία υλοποίηση ανά συνιστώσα.

#### **4.4.2 Επισκόπηση**

Ο στόχος του τρέχοντος τμήματος είναι να περιγράψει λεπτομερώς πώς η εισαγωγή της λειτουργίας προσαρμογής ενσωματώνεται στο RCSPM, υποστηριζόμενη από τους μηχανισμούς που προτείνουμε. Στην RCSP, ο προτεινόμενος μηχανισμός προσαρμογής εφαρμόζεται για ποικίλες διαδικασίες, που περιλαμβάνουν:

- Προσαρμογή της εξεύρεσης υπηρεσιών.
- Προσδιορισμός των ενεργειών επαναδιαμόρφωσης που πρέπει να εκτελεστούν στην υφιστάμενη υποδομή δικτύων κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης υπηρεσιών.

- Δυναμική, κατόπιν παραγγελίας συσκευασία των κατάλληλων συστατικών μιας εφαρμογής σε μια ενιαία δέσμη που μεταφέρεται στη συνέχεια στο τερματικό του χρήστη. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό του ποιες συνιστώσες της εφαρμογής πρέπει να περιληφθούν στην τελική συσκευασία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι ανωτέρω ενέργειες προσαρμογής εκτελούνται από το RCSPM και είναι έτσι *διαφανείς* στην πραγματική εφαρμογή, η υλοποίηση της οποίας είναι απολύτως ανεξάρτητη της λειτουργίας προσαρμογής και της RCSPP.

Η προαναφερθείσα λειτουργία δυναμικής συσκευασίας θα χρησιμοποιηθεί ως όχημα επίδειξης σε αυτή την ενότητα. Πρώτα, εξετάζουμε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα μιας ευφυούς απόφασης προσαρμογής και εξηγούμε πώς αυτή αντικατοπτρίζεται σε έναν ενός προφίλ προσαρμοζόμενου. Έπειτα, περιγράφουμε πώς το τμήμα προσαρμογής μας ενσωματώνεται στον RCSPM. Αυτό περιλαμβάνει μια συνοπτική εισαγωγή διάφορων αρχιτεκτονικών συνιστωσών του RCSPM που περιλαμβάνονται στις σχετικές με τον τελικό χρήστη λειτουργίες της πλατφόρμας, καθώς επίσης και της παρουσίασης μιας ακολουθίας αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια των διαδικασιών εξεύρεσης, προσαρμογής και μεταφοράς υπηρεσιών.

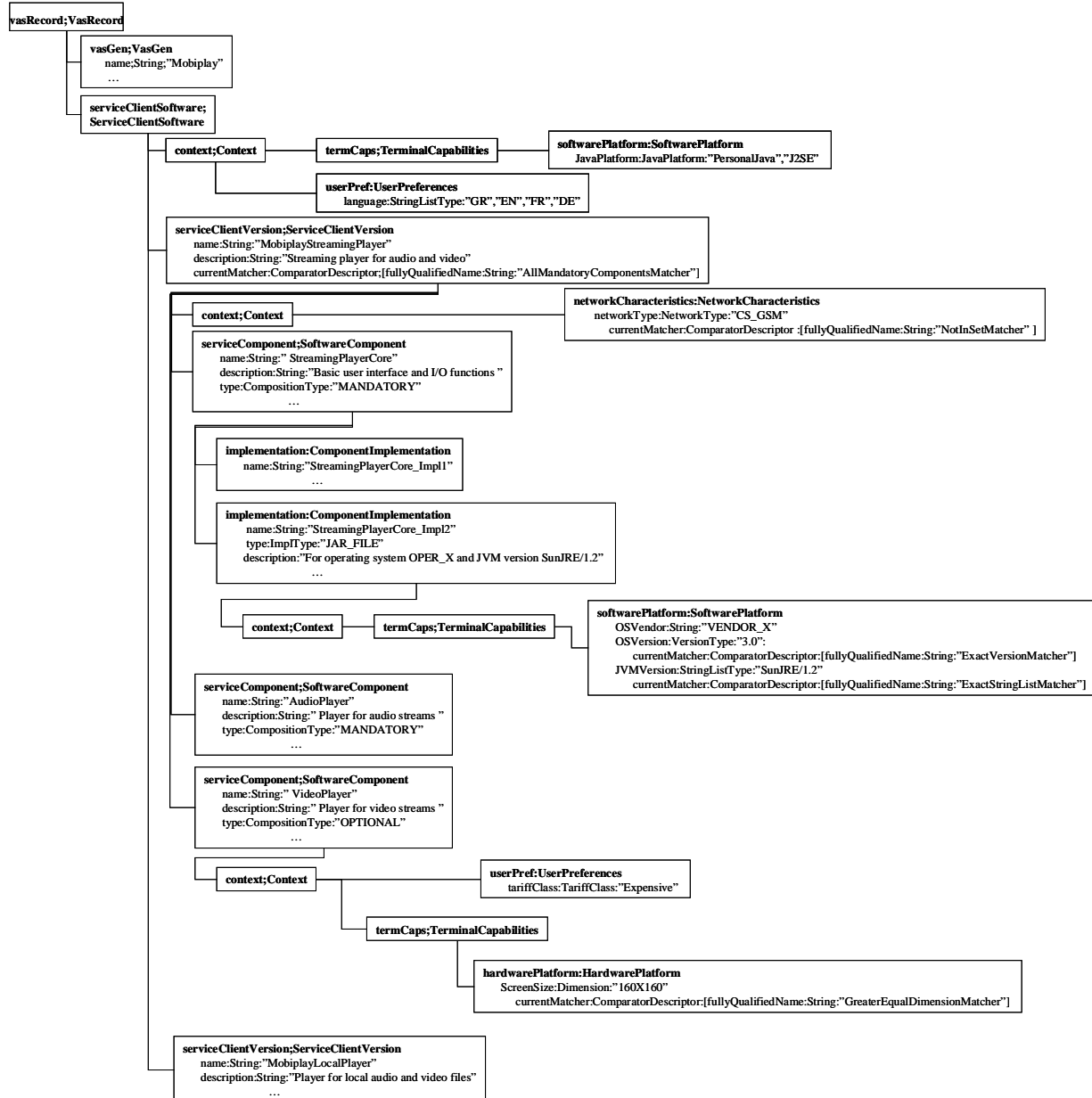
#### 4.4.3 Παράδειγμα αναπαράστασης και μετασχηματισμού προφίλ υπηρεσιών

Η δημιουργία μιας ενιαίας συσκευασίας εφαρμογής, έτοιμης προς μεταφορά και εκτέλεση, απαιτεί την επιλογή των συνιστωσών που είναι κατάλληλες για το κινητό μέρος της υπηρεσίας. Επομένως, η αντίστοιχη απόφαση έχει αντίκτυπο στο τμήμα του προφίλ υπηρεσίας που αναφέρεται στην αρχιτεκτονική του λογισμικού της εφαρμογής. Η τελευταία ακολουθεί το πρότυπο δεδομένων της παραγράφου 4.2, και αναπαρίσταται στο προφίλ υπηρεσίας χρησιμοποιώντας το γενικό μοντέλο της παραγράφου 3.2.

Το Σχήμα 4-9 παρουσιάζει ένα μέρος του προφίλ υπηρεσίας που αφορά την αρχιτεκτονική λογισμικού της υπηρεσίας, σε ιδιαίτερα απλοποιημένη μορφή για λόγους αναγνωσιμότητας. Η μέθοδος απεικόνισης είναι η ακόλουθη: Τα αντικείμενα τύπου *Profile* απεικονίζονται ως πλαίσια, που ονομάζονται με *ProfileName:ProfileType* με έντονους (bold) χαρακτήρες. Τα αντικείμενα τύπου *ProfileAttribute* αναγράφονται με τη μορφή *ProfileAttributeName:ProfileAttributeType:ProfileAttributeValue*. Οι διάφοροι γειτονικοί («γονέας-παιδί») κόμβοι του προφίλ είναι συνδεδεμένοι με γραμμές και κατάλληλα στοιχισμένοι ιεραρχικά.

Η εν λόγω εφαρμογή ("Mobiplay") καθιστά δυνατή την αναπαραγωγή ήχου και εικόνας, έχει υλοποιηθεί σε Java και είναι διαθέσιμη σε δύο εκδόσεις: μία για την αναπαραγωγή τοπικά αποθηκευμένων αρχείων ήχου και εικόνας ("MobiplayLocalPlayer") και μία για την streaming

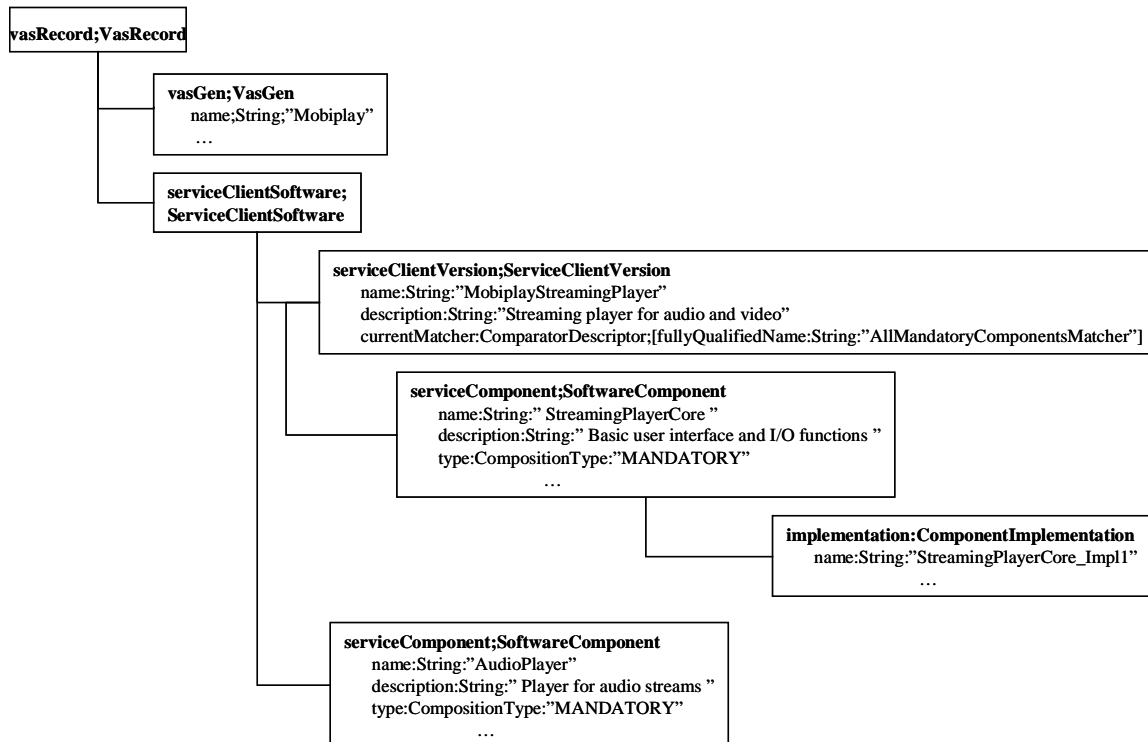
αναπαραγωγή περιεχομένου που μεταφέρεται από απομακρυσμένους εξυπηρετές ("MobiplayStreamingPlayer"). Η τελευταία έκδοση περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες, εκ των οποίων δύο είναι υποχρεωτικές ("StreamingPlayerCore" και "AudioPlayer") και μία προαιρετική ("VideoPlayer"). Επιπλέον, υπάρχουν δύο υλοποιήσεις της συνιστώσας "StreamingPlayerCore".



**Σχήμα 4-9.** Προφίλ υπηρεσίας πριν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

Οι παράμετροι περιβάλλοντος, παρουσιάζονται στο διάγραμμα ως σχεδιαγράμματα του τύπου "Context". Στη διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής, έχουν το ρόλο των προφίλ προσαρμοστών, σύμφωνα με την ορολογία της παραγράφου 3.1. Είναι προφανές από το διάγραμμα ότι τα στοιχεία αρχιτεκτονικής λογισμικού σε διάφορα επίπεδα εξαρτώνται από

διαφορετικές παραμέτρους. Παραδείγματος χάριν, όλες οι εκδόσεις του κινητού τμήματος της υπηρεσίας απαιτούν είτε την "PersonalJava" είτε την "J2SE" πλατφόρμα και προσφέρονται στα ελληνικά, αγγλικά, γαλλικά και γερμανικά. Εξατομικευμένοι αλγόριθμοι απαιτούνται σε ορισμένες περιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, η τιμή της παραμέτρου περιβάλλοντος `networkType` της έκδοσης "MobiplayStreamingPlayer" δηλώνει το με ποιους τύπους δικτύων η υπηρεσία δεν είναι συμβατή. Κατά συνέπεια, ένας εξατομικευμένος matcher είναι απαραίτητος, που να επιστρέφει αρνητικό αποτέλεσμα όταν η τιμή αυτή είναι ίδια με τον τύπο δικτύου που συνδέει τον αιτούντα τελικό χρήστη. Επιπλέον, μια ξεχωριστή υλοποίηση της συνιστώσας "StreamingPlayerCore" υπάρχει για την περίπτωση που ένας συγκεκριμένος συνδυασμός έκδοσης λειτουργικού συστήματος και Java Virtual Machine υπάρχει στο τερματικό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ένα ορισμένο σφάλμα στην υλοποίηση αυτής της έκδοσης Java Virtual Machine για το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα προκαλεί «κόλλημα» στη λειτουργία της εφαρμογής και δεν υπάρχει κανένας τρόπος ο κώδικας της υπηρεσίας να παρέχει μια αποδοτική λύση για όλες τις περιπτώσεις. Κατά συνέπεια, ο αντίστοιχος VASP αναπτύσσει μια ειδική έκδοση που ενσωματώνει μια κατάλληλη εξειδικευμένη λύση.



**Σχήμα 4-10.** Προφίλ υπηρεσίας μετά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

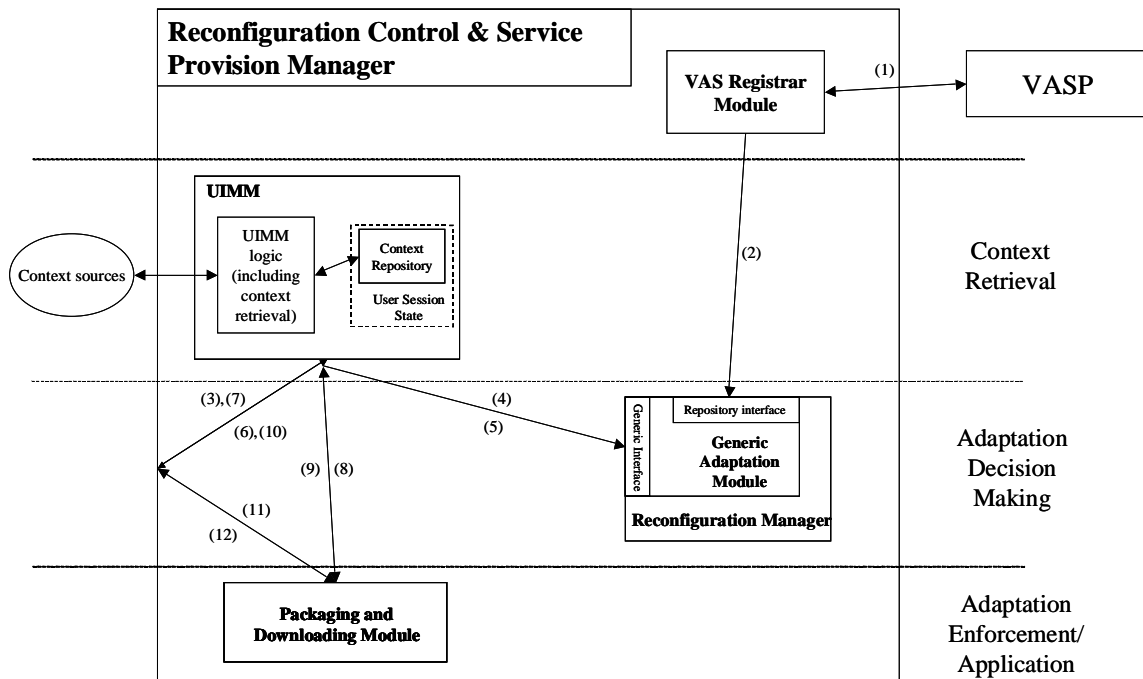
Ένα πιθανό αποτέλεσμα μιας διαδικασία λήψης αποφάσεων προσαρμογής για αυτήν την υπηρεσία απεικονίζεται στο Σχήμα 4-10. Το μετασχηματισμένο προφίλ περιέχει μόνο την έκδοση "MobiplayStreamingPlayer" και χρησιμοποιεί την προεπιλεγμένη υλοποίηση



("StreamingPlayerCore\_Impl1"). Επιπλέον, η προαιρετικό συνιστώσα "VideoPlayer" έχει εξαιρεθεί. Ένας λόγος για αυτό θα μπορούσε να είναι ότι θεωρείται πάρα πολύ ακριβή σύμφωνα με το προφίλ του αιτούντος χρήστη.

#### 4.4.4 Μια λειτουργία παροχής υπηρεσιών

Στην ενότητα αυτή περιγράφουμε πώς πραγματοποιείται η εξεύρεση υπηρεσιών, σύνθεση, συσκευασία και μεταφορά υπηρεσιών στον RCSPM. Τα διάφορα βήματα της γενικής διαδικασίας παρουσιάζονται σε αριθμούς εντός παρενθέσεων στο Σχήμα 4-11, όπου επίσης απεικονίζεται η αντιστοίχιση των διαφορετικών φάσεων προσαρμογής στις διάφορες μονάδες του RCSPM. Σημειώστε ότι αυτή η αντιστοίχιση ισχύει μόνο για τη λειτουργία προσαρμογής, συσκευασίας και μεταφοράς υπηρεσιών. Στην εξεύρεση υπηρεσιών, παραδείγματος χάριν, η μονάδα που χειρίζεται την εφαρμογή της απόφασης προσαρμογής είναι η UIMM και όχι η PDM.



Σχήμα 4-11. Αρχιτεκτονική του RCSPM για την υποστήριξη λειτουργιών προσαρμογής.

Το πρώτο βήμα στην παροχή μιας εφαρμογής είναι η εγγραφή της στην RCSPP, η οποία εκκινείται από τον VASP μέσω μιας κατάλληλης web διεπαφής χρήστη (1). Τη λειτουργία εγγραφής τη διαχειρίζεται η VASREGM. Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων ενεργειών, την ανάκτηση και την αποθήκευση των όποιων εξατομικευμένων αλγορίθμων απαιτούνται για την προσαρμόσιμη παροχή της εφαρμογής. Τούτο πραγματοποιείται μέσω του ταμιευτήρα αλγορίθμων του γενικού τμήματος προσαρμογής (2). Η απόφαση σχετικά με το πού απαιτούνται εξατομικευμένοι αλγόριθμοι λαμβάνεται από το VASP, λαμβάνοντας υπόψη τους

προεπιλεγμένους αλγορίθμους για κάθε τύπο στοιχείων σχεδιαγράμματος, οι οποίοι ανακοινώνονται εκ των προτέρων από τον πάροχο της πλατφόρμας RCSPP.

Μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση της λειτουργίας εγγραφής, έστω ότι ένας κινητός χρήστης, που έχει εγκαθιδρύσει μια ενεργό σύνοδο με το RCSPP, αιτείται (3) να δει ποιες υπηρεσίες είναι κατάλληλες για το τρέχον περιβάλλον. Τότε, το σύστημα παροχής υπηρεσιών πρέπει να ανακτήσει τον κατάλογο διαθέσιμων υπηρεσιών από μια βάση δεδομένων/ταμιευτήρα εφαρμογών και να τον φιλτράρει σύμφωνα με το περιβάλλον κάνοντας χρήση του γενικού στοιχείου προσαρμογής (4). Σε αυτήν την περίπτωση, τα δεδομένα των υπηρεσιών έχουν το ρόλο του προφίλ προσαρμοζόμενου, ενώ το προφίλ προσαρμοστή περιέχει την πληροφορία περιβάλλοντος που αφορά την τρέχουσα σύνοδο του χρήστη, η οποία διατηρείται από το UIMM.

Το αποτέλεσμα προσαρμογής που επιστρέφεται (5) από το στοιχείο προσαρμογής έχει τη μορφή μιας δενδρικής δομής που περιέχει τον κατάλογο των συμβατών υπηρεσιών, με κάθε καταχώρηση υπηρεσίας να συμπεριλαμβάνει έναν κατάλογο συμβατών παραλλαγών της συγκεκριμένης υπηρεσίας. Επιπλέον, κάθε καταχώρηση παραλλαγής της υπηρεσίας περιέχει τις βέλτιστες υλοποιήσεις των προαιρετικών συνιστωσών που πρέπει να ενσωματωθούν στην υπηρεσία στο τρέχον περιβάλλον. Αυτή η προσαρμοσμένη λίστα υπηρεσιών παρουσιάζεται στον τελικό χρήστη (6), ο οποίος μπορεί στη συνέχεια να επιλέξει (7) μια υπηρεσία, διευκρινίζοντας επίσης την επιθυμητή έκδοση, εάν περισσότερες από μια εκδόσεις είναι διαθέσιμες και συμβατές με το περιβάλλον. Κατόπιν, η UIMM, ζητά από (8) από την PDM να εκτελέσει τη συσκευασία του κινητού τμήματος της υπηρεσίας. Αυτό το αίτημα περιλαμβάνει ως παράμετρο το προηγουμένως προσαρμοσμένη προφίλ της υπηρεσίας μαζί με τις λεπτομέρειες για τη βέλτιστη διαμόρφωσή της. Η PDM επιστρέφει τη διεύθυνση δικτύου (π.χ., URL) (9) του δυναμικά κατασκευασμένου μετακινούμενου τμήματος της εφαρμογής. Αυτή η διεύθυνση διαβιβάζεται (10) στο τερματικό, το οποίο είναι σε θέση κατόπιν να το ζητήσει (11) και να το ανακτήσει (12).

#### **4.4.5 Υποστήριξη VASP για προσαρμόσιμη παροχή υπηρεσιών**

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει λεπτομερέστερα τις δυνατότητες υποστήριξης από την πλατφόρμα παρόχων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Πρώτα, περιγράφουμε τα δεδομένα και τους μηχανισμούς που ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών καθιστά διαθέσιμους στους VASP για την εγκατάσταση των εφαρμογών τους. Έπειτα, παρουσιάζουμε, τη λεπτομερή ακολουθία ενεργειών που απαιτούνται από ένα VASP για την ευέλικτη και προσαρμοστική παροχή υπηρεσιών και περιγράφουμε τη γενική δομή των αυτοματοποιημένων διαδικασιών διαχείρισης υπηρεσιών που προσφέρονται από την RCSPP. Στη συνέχεια, αναλύουμε διεξοδικότερα την

υλοποίηση ορισμένων μηχανισμών που είναι κρίσιμοι για την υποστήριξη προσαρμογής με βάση αλγορίθμους εξατομικευμένους για κάθε υπηρεσία, οι οποίοι προδιαγράφονται και εισάγονται στην πλατφόρμα από τους αντίστοιχους VASP. Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί [77] αφορούν κυρίως την προδιαγραφή των προφίλ υπηρεσιών, με ιδιαίτερη έμφαση στα μετα-δεδομένα για τους αλγορίθμους λήψης αποφάσεων προσαρμογής, καθώς επίσης και την ανάπτυξη και τη ενεργοποίηση αυτής καθ'εαυτήν της λογικής λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

#### **4.4.5.1 Τι παρέχει η πλατφόρμα RCSPP;**

Για να προσφέρει σε τρίτους την ικανότητα ανάπτυξης της δικής τους λογικής προσαρμογής και εισαγωγής της στο σύστημα, ο πάροχος πλατφόρμας RCSPP πραγματοποιεί τις ακόλουθες ενέργειες:

1. Παρέχει στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη υπηρεσιών το VASP στοιχείο της πλατφόρμας, το οποίο επιτρέπει την από απόσταση εγκατάσταση υπηρεσιών και διαχείριση δεδομένων, μέσω ενός εύχρηστου γραφικού ενδιάμεσου χρήστη, που μπορεί να υλοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως ως απλή HTML ιστοσελίδα (όπως γίνεται στην πειραματική υλοποίησή μας) ή ως μια Java εφαρμογή/applet.
2. Δημοσιεύει την επίσημη προδιαγραφή της δομής του προφίλ υπηρεσιών. Η τελευταία καθορίζεται με χρήση μιας μεθόδου αναπαράστασης δεδομένων που ευνοεί τη διαλειτουργικότητα και την επεκτασιμότητα, όπως η XML [75] ή η RDF [76]. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν εργαλεία με τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η φορμαλιστική περιγραφή των δομών οποιουδήποτε προφίλ, όπως οι XML Document Type Definitions (DTD) και το XML Schema [79] για την XML και το RDF Schema [80] για την RDF. Στο πρωτότυπό μας έχουμε χρησιμοποιήσει XML και συγκεκριμένα XML DTD για την αναπαράσταση του προφίλ υπηρεσιών και την προδιαγραφή της δομής, αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε επειδή χαρακτηρίζεται από απλότητα, ευκολία της εφαρμογής, ενώ είναι ακόμα επεκτάσιμη και ικανή να αναπαραστήσει πολύπλοκα προφίλ.
3. Παρέχει έναν τρόπο για τους VASP να αντιστοιχίσουν τις απαιτήσεις των υπηρεσιών ως προς τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων περιβάλλοντος με τους αλγορίθμους που θα αναλάβουν το έργο της λήψης αποφάσεων προσαρμογής σε σχέση με τις παραμέτρους αυτές. Στο πρωτότυπό μας έχουμε επινοήσει τον τρόπο να το επιτύχουμε αυτού σε RDF/XML [72], όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.4.5.3.
4. Παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται ένας VASP για αναπτύξει έναν εξατομικευμένο αλγόριθμο λήψης απόφασης προσαρμογής. Οι εν λόγω πληροφορίες περιλαμβάνουν τη λεπτομερή περιγραφή του ενιαίου σχήματος αναπαράστασης προφίλ που

χρησιμοποιεί η πλατφόρμα και αναλυτικές οδηγίες για την επέκταση του κώδικα λήψης αποφάσεων προσαρμογής (π.χ., ποια interfaces πρέπει να επεκταθούν). Επιπλέον, η πλατφόρμα επιτρέπει την αυτόματη φόρτωση αλγορίθμων λήψης αποφάσεων στον ταμιευτήρα του γενικού στοιχείου προσαρμογής κατά τη διάρκεια της λειτουργίας εγγραφής υπηρεσίας από τον VASP. Ειδικότερα στην πειραματική μας υλοποίηση, ανάπτυξη εξατομικευμένων αλγορίθμων υποστηρίζεται μόνο σε γλώσσα Java.

5. Δημοσιοποιεί τον τύπο των στοιχείων του προφίλ περιβάλλοντος για τα οποία υπάρχει ένας προκαθορισμένος αλγόριθμος λήψης απόφασης, καθώς επίσης και αυτούς καθ'εαυτούς τους προκαθορισμένους αλγορίθμους (συμπεριλαμβανομένης της υλοποίησής τους). Ο προκαθορισμένος αλγόριθμος χρησιμοποιείται για τη λήψη αποφάσεων προσαρμογής σχετικά με ένα συγκεκριμένο στοιχείο προφίλ στην περίπτωση που ο VASP δεν έχει προσδιορίσει ρητά έναν εξατομικευμένο αλγόριθμο για το συγκεκριμένο στοιχείο.

#### **4.4.5.2 Ο VASP τι χρειάζεται να κάνει;**

Πριν χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα, οι VASP πρέπει να λάβουν την αντίστοιχη εξουσιοδότηση, μέσω μιας διαδικασίας εγγραφής. Αυτή η διαδικασία, ένα μέρος της οποίας εκτελείται μέσω off-line επιχειρησιακής αλληλεπίδρασης μεταξύ παρόχου πλατφόρμας και VASP, ολοκληρώνεται όταν ο τελευταίος λαμβάνει τα δεδομένα (π.χ., ένα πιστοποιητικό SPKI) που επιτρέπουν την πιστοποίηση της ταυτότητάς του από την πλατφόρμα.

Η εγκατάσταση μιας εφαρμογής και η διάθεσή της στους τελικούς χρήστες πραγματοποιείται με την υποστήριξη της πλατφόρμας και απαιτεί τις ακόλουθες ενέργειες από την πλευρά των εγγεγραμμένων VASPs:

1. Ανάπτυξη της λογικής της υπηρεσίας. Διάφορες εκδόσεις και υλοποιήσεις μπορούν να υπάρχουν για κάθε εφαρμογή. Κανένας ιδιαίτερος περιορισμός από την άποψη γλωσσών προγραμματισμού, μεθοδολογιών και εργαλείων δεν επιβάλλεται από την πλατφόρμα στους κατασκευαστές υπηρεσιών. Εντούτοις, σε περίπτωση που ακολουθείται μια προσέγγιση ανάπτυξης βασισμένη σε συστατικά (component-based), είναι δυνατή η δυναμική σύνθεση του κινητού μέρους της υπηρεσίας, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.4.1.
2. Προδιαγραφή των απαιτήσεων της υπηρεσίας σε σχέση με τις παραμέτρους περιβάλλοντος. Απαιτήσεις από το περιβάλλον αντιστοιχίζονται σε όλα τα στοιχεία (π.χ., κινητό τμήμα, έκδοση, συνιστώσα, υλοποίηση) που μοντελοποιούν το μετακινούμενο τμήμα μιας υπηρεσίας. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν το διαφορετικό "πεδίο εφαρμογής", ανάλογα με τον τύπο στοιχείου με τον οποίο συνδέονται. Για παράδειγμα, οι απαιτήσεις

του κινητού τμήματος της υπηρεσίας αφορούν όλες τις εκδόσεις και, επομένως, εάν αυτές οι απαιτήσεις δεν είναι συμβατές με το τρέχον περιβάλλον παροχής υπηρεσιών ενός χρήστη, καμία έκδοση της εφαρμογής δεν μπορεί να παρασχεθεί στο χρήστη αυτόν. Επίσης, οι απαιτήσεις μιας έκδοσης αναφέρονται σε όλες τις συνιστώσες της (υποχρεωτικές και προαιρετικές) και οι απαιτήσεις μιας συνιστώσας αφορούν όλες τις υλοποιήσεις της.

3. Ανάπτυξη εξατομικευμένων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων προσαρμογής για ορισμένες παραμέτρους περιβάλλοντος. Αυτό είναι απαραίτητο σε περίπτωση που η πλατφόρμα δεν παρέχει έναν προκαθορισμένο αλγόριθμο για αυτές τις παραμέτρους ή που ο παρεχόμενος προκαθορισμένος αλγόριθμος δεν είναι κατάλληλος για την εν λόγω εφαρμογή. Η ανάπτυξη του αλγορίθμου πρέπει να είναι συμβατή με τις σχετικές οδηγίες που δημοσιοποιούνται από τον πάροχο πλατφόρμας. Γενικά, ένας VASP δε χρειάζεται να υλοποιήσει εξατομικευμένους αλγορίθμους παρά μόνο για έναν μικρό αριθμό παραμέτρων που είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη βέλτιστη παροχή υπηρεσίας και για τις οποίες υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις.
4. Προσδιορισμός των απαραίτητων μετα-δεδομένων για την εγγραφή της υπηρεσίας. Τα εν λόγω μετα-δεδομένα αποτελούν το προφίλ υπηρεσίας, που περιλαμβάνει ποικίλες πληροφορίες, όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.4.5.3. Ένα κρίσιμο τμήμα του προφίλ υπηρεσίας αφορά τις απαιτήσεις της εφαρμογής από το περιβάλλον, παραδείγματος χάριν δυνατότητες τερματικού, χαρακτηριστικά δικτύου και προτιμήσεις και γεωγραφική θέση χρήστη, μαζί με τους τυχόν εξατομικευμένους αλγορίθμους που συνδέονται με μεμονωμένες παραμέτρους. Η περιγραφή της υπηρεσίας στο πρωτότυπό μας καθορίζεται σε XML και πρέπει να είναι συμβατή με ένα συγκεκριμένο XML DTD. Εντούτοις, κάποια τμήματα του σχεδιαγράμματος, όπως τις απαιτήσεις από το περιβάλλον και οι αντίστοιχοι αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων προσαρμογής μπορούν να διατυπωθούν σε RDF/XML (βλ. ενότητα 4.4.5.3).
5. Εκτέλεση της λειτουργίας εγγραφής της υπηρεσίας μέσω του VASP στοιχείου της πλατφόρμας. Κατά τη λειτουργία αυτή λαμβάνει χώρα και η τυχόν εισαγωγή ή ενημέρωση των υλοποιήσεων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων που αποθηκεύονται στον κατάλληλο ταμιευτήρα που διατηρείται από το λογισμικό στοιχείο προσαρμογής του RCM. Η παραπάνω λειτουργία, η οποία περιλαμβάνει κυρίως την αποθήκευση στον ταμιευτήρα των απαιτούμενων δυαδικών αρχείων, πραγματοποιείται από τον VASREGM και περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις με τον RCM.

#### 4.4.5.3 Υποστηρικτικοί μηχανισμοί

##### *Προδιαγραφή του προφίλ υπηρεσίας*

Οι λειτουργίες παροχής υπηρεσιών του RCSPΠ εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη διαθεσιμότητα ακριβών μετα-δεδομένων σχετικών με την υπηρεσία, τα οποία αναφέρονται και ως *προφίλ υπηρεσίας*. Το προφίλ υπηρεσίας καθορίζεται από τον VASP και διαβιβάζεται στο RCSPM κατά τη διάρκεια της λειτουργίας εγγραφής υπηρεσιών. Το RCSPM διατηρεί αυτές τις πληροφορίες σε μια κατάλληλη βάση δεδομένων υπηρεσιών, τα στοιχεία της οποίας μπορούν να ενημερωθούν οποιαδήποτε στιγμή από εξουσιοδοτημένες τρίτες οντότητες (π.χ., VASP). Η τρέχουσα ενότητα περιγράφει αρχικά το περιεχόμενο του προφίλ υπηρεσίας, κατόπιν αναφέρεται αναλυτικότερα στο σχήμα αναπαράστασής του που έχουμε επιλέξει και, τέλος, παρουσιάζει πώς τα μετα-δεδομένα των αλγορίθμων λήψης αποφάσεων προσαρμογής μπορούν να περιληφθούν στα μετα-δεδομένα υπηρεσιών, με την υποστήριξη της RDF.

Το προφίλ εφαρμογής περιλαμβάνει ποικίλες πληροφορίες, όπως:

- Γενικά στοιχεία για την υπηρεσία, όπως όνομα, έκδοση, περιγραφή και πληροφορίες για τον VASP.
- Μια περιγραφή της αρχιτεκτονικής του λογισμικού της υπηρεσίας, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε προαιρετικών συνιστωσών.
- Απαιτήσεις από τα τερματικά, οι οποίες μπορούν να περιέχουν ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων, π.χ. αυτές που προδιαγράφονται στο πρότυπο User Agent Profile της Open Mobile Alliance (OMA).
- Απαιτήσεις από τη δικτυακή υποδομή. Αυτές περιλαμβάνουν καθαρά τεχνικά χαρακτηριστικά όπως τον τύπο δικτύου (π.χ., GSM/GPRS, UMTS, WLAN) και τη διαθέσιμη χωρητικότητα καθώς επίσης και απαιτήσεις υβριδικής (επιχειρηματικής και τεχνικής) φύσεως όπως το η πολιτική διανομής εσόδων του παρόχου δικτύου και η διαθεσιμότητα ανοικτών δικτυακών διεπαφών.
- Προτιμήσεις χρηστών που υποστηρίζονται από την εφαρμογή (π.χ., διαθέσιμες γλώσσες, επίπεδα τιμών).
- Εξειδικευμένες για τη συγκεκριμένη υπηρεσία πληροφορίες για την τιμολόγησή της καθώς επίσης και το μερίδιο του VASP στα σχετικά έσοδα.
- Στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες ασφάλειας (π.χ. κλειδιά, πιστοποιητικά).

Δεδομένου ότι τα μετα-δεδομένα υπηρεσιών αποτελούν αντικείμενο επεξεργασίας και ανταλλαγής σε τομείς δικαιοδοσίας διαφορετικών οντοτήτων, η μέθοδος αναπαράστασής τους είναι αναγκαίο να είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο αποθήκευσης των δεδομένων και να προωθεί

τη διαλειτουργικότητα. Δύο τρέχοντα πρότυπα της κοινοπραξίας World-Wide-Web Consortium (W3C) [78], η XML και η RDF μπορούν να θεωρηθούν ως πρωταρχικοί υποψήφιοι για αυτόν τον σκοπό. Η XML είναι μια ευρέως διαδεδομένη μετα-γλώσσα, η οποία επιτρέπει την αναπαράσταση ιεραρχικών δομών δεδομένων και ενσωματώνει ικανότητες για τον καθορισμό νέων λεξιλογίων και σχημάτων. Η RDF είναι ένα πιο σύνθετο κατασκεύασμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κωδικοποίηση αυθαίρετα σύνθετων πληροφοριών υπό μορφή labeled κατευθυνόμενων γράφων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η XML είναι η πιο κοινή μέθοδος για την κωδικοποίηση RDF δεδομένων, αν και δεν είναι η μόνη [81].

Γενικά, η XML είναι ευκολότερη στο να τη χρησιμοποιήσει και να χειριστεί κανείς, ενώ η RDF έχει τις μεγαλύτερες δυνατότητες για να αναπαραστήσει δεδομένα με πλούσιο σημασιολογικό περιεχόμενο. Η χρήση της RDF οδηγεί σε περισσότερη σαφήνεια, δεδομένου ότι για οποιαδήποτε πληροφορία κωδικοποιημένη σε RDF υπάρχει μια ρητή φορμαλιστική ερμηνεία, βασισμένη στην θεωρία του RDF μοντέλου [82]. Συνεπώς, ένα συγκεκριμένο σύνολο πληροφοριών μπορεί να αναπαρασταθεί σε RDF ακριβώς με ένα, μοναδικό τρόπο, ενώ στην XML είναι δυνατές πολλές διαφορετικές κωδικοποιήσεις των ίδιων δεδομένων [85]. Εντούτοις, αυτό το πλεονέκτημα της RDF έχει το τίμημα του μεγαλύτερου μεγέθους των κωδικοποιημένων δεδομένων και της αυξημένης πολυπλοκότητας. Το τελευταίο χαρακτηριστικό την καθιστά όχι ιδιαίτερα ελκυστική για την πλειοψηφία των χρηστών και προγραμματιστών [83].

Στην προσέγγισή μας, το προφίλ υπηρεσίας κωδικοποιείται σε XML. Ένας συγκεκριμένος XML DTD υιοθετείται για τον καθορισμό του λεξιλογίου των μετα-δεδομένων εφαρμογής. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει η δυνατότητα για την ενσωμάτωση στο προφίλ RDF δεδομένων. Τα τελευταία αποτελούν τιμές ορισμένων XML στοιχείων και έχουν τη μορφή CDATA τμημάτων της XML [84]. Αυτό έχει θεωρηθεί απαραίτητο για ορισμένα στοιχεία, όπως τις απαιτήσεις από το περιβάλλον, οι οποίες μπορούν να συμπεριλάβουν πληροφορίες που δεν είναι εκ των προτέρων προβλέψιμες και συνεπώς δεν είναι δυνατόν να ενσωματωθούν σε ένα προκαθορισμένο καθολικά υιοθετημένο από τους VASP XML DTD ή XML Schema. Με τον τρόπο αυτό, οι VASPs έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν στο προφίλ υπηρεσίας τις απαιτήσεις περιβάλλοντος, και ταυτόχρονα να παράγουν έγγραφα XML που είναι έγκυρα και συμβατά με τον DTD μετα-δεδομένων υπηρεσιών. Οι μεγαλύτερες ικανότητες επεκτασιμότητας, τις οποίες από τη φύση της διαθέτει η RDF [86], είναι ο κύριος λόγος για την επιλογή αυτή.

Με βάση τα ανωτέρω, ο XML DTD που χρησιμοποιούμε για την προδιαγραφή του προφίλ υπηρεσίας έχει τη γενική δομή που απεικονίζεται στο Σχήμα 4-12.

```
<!--DTD for service descriptor-->
<!--Author: Nikos Houssos, UoA-CNL-->
<!ELEMENT VAS (VASGEN, VASP, SOFTWAREARCH, SECURITY)>
<!ELEMENT VASGEN (VASName, VASID?, VASVersion, VASDescription, SubscriptionType, Category,
Keywords, Availability, UpdateDescription?, Parlay_OSA_Data?)>
.
.
<!ELEMENT VASP (VASPName, VASPTType, VASPPublicKey, VASPReference)>
.
.
<!ELEMENT SOFTWAREARCH (ServerPart, ClientPart)>
.
.
<!ELEMENT ClientPart (ServiceClientVersion+, ContextReq)>
<!ELEMENT ContextReq (TermReq?, NetworkReq?, UserPref?, UserStatus?, OtherReq?)>
<!ELEMENT TermReq (#PCDATA)>
<!ELEMENT NetworkReq (#PCDATA)>
<!ELEMENT UserPref (#PCDATA)>
<!ELEMENT UserStatus (#PCDATA)>
<!ELEMENT OtherReq (#PCDATA)>
<!ELEMENT ServiceClientVersion (CorePart, OptionalPart?, ContextReq, PricingModel, TariffClass,
CostDescription, FlowMonitoring, QoSIndicator)>
.
.
<!ELEMENT CorePart (Component+)>
<!ELEMENT OptionalPart (Component+)>
<!ELEMENT Component (Description, Implementation+, ContextReq?, OptionalPart?)>
.
.
<!ELEMENT Implementation (Codebase, ContextReq?)>
.
.
<!ELEMENT SECURITY (IPRProtection, Confidentiality, VASConditionsOfUse, SecurityDomain,
SPKICertificate)>
.
.
```

**Σχήμα 4-12.** XML DTD για το προφίλ υπηρεσίας (Σημείωση: μόνο ένα μέρος του και απλοποιημένο χάριν αναγνωσιμότητας)

Ένα σημαντικό ζήτημα αφορά το πώς ο VASP μπορεί να προδιαγράψει τους εξατομικευμένους αλγόριθμους που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή των προφίλ υπηρεσιών σύμφωνα στο τρέχον περιβάλλον παροχής υπηρεσιών. Για το ζήτημα αυτό, έχουμε προσδιορίσει μια λύση, βασισμένη στην υπόθεση ότι τα μετα-δεδομένα απαιτήσεων περιβάλλοντος κωδικοποιούνται σε RDF. Συγκεκριμένα, έχουμε καθορίσει μια συγκεκριμένη ιδιότητα (property) της RDF αποκαλούμενη *ComparatorAlgorithm*, υποκείμενο (subject) της οποίας μπορεί να είναι οποιοσδήποτε RDF πόρος (resource) και του οποίου η τιμή είναι τύπου *ComparatorDescriptor*. Η τελευταία αποτελεί μια κατηγορία πόρων RDF, η οποία αναπαριστά αλγόριθμους λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Η *ComparatorDescriptor* είναι μια υποκατηγορία της γενικότερης κατηγορίας *AlgorithmDescriptor*. Ένα αντικείμενο τύπου *ComparatorDescriptor* μπορεί να έχει τις διάφορες ιδιότητες, οι οποίες παρέχουν στοιχεία επαρκή για τον εντοπισμό και τη φόρτωση της υλοποίησης του αντίστοιχου αλγόριθμου (π.χ., *FullyQualifiedName*, *ImplementationLocation*) ή χρησιμοποιούνται για την παροχή γενικών πληροφοριών για τον αλγόριθμο (π.χ., *AlgorithmDescription*, *DeveloperDescriptor*). Οι αντίστοιχες δηλώσεις συμπεριλαμβάνονται σε ένα RDF Schema που έχουμε καθορίσει και έχουμε καταστήσει δημόσια διαθέσιμο. Το εν λόγω σχήμα απεικονίζεται στο Σχήμα 4-13.



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#" xml:base="http://www.cnl.di.uoa.gr/People/nhoussos/Schemata/AlgorithmSchema-20030622">
  <!-- Algorithm Descriptor Definition -->
  <rdf:Description rdf:ID="AlgorithmDescriptor">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:comment> The base class for resource classes that represent algorithms. </rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <!-- Comparator Descriptor Definition -->
  <rdf:Description rdf:ID="ComparatorDescriptor">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:comment>
      A resource that represents an algorithm used for adaptation/matching.
    </rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <!-- Properties common for all AlgorithmDescriptor resources. -->
  <rdf:Description rdf:ID="FullyQualifiedName">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:comment>
      Provides the fully qualified name of the algorithm.
      Example: "gr.uoa.di.cnl.adaptation.LocationMatcher"
    </rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:ID="AlgorithmDescription">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:comment>Provides a textual description of the algorithm.</rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:ID="DeveloperDescriptor">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:comment>Provides a textual description of the entity that has developed the algorithm.</rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:ID="ImplementationLocation">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:comment>
      Indicates the network location (codebase) from where the algorithm implementation may be retrieved.
      Example: "http://www.cnl.di.uoa.gr/People/nhoussos/Algorithms/"
    </rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:ID="TargetResourceInstance">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#AlgorithmDescriptor"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource"/>
    <rdfs:comment> Indicates the resource instance on which the algorithm will be applied. This property has
    meaning only when the algorithm metadata is specified separately from the context requirements metadata.
  </rdfs:comment>
  </rdf:Description>
  <!-- Properties specific to ComparatorDescriptor resources. -->
  <rdf:Description rdf:ID="ComparatorType">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Property"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#ComparatorDescriptor"/>
    <rdfs:comment>Indicates the type of the Comparator algorithm (Adaptor or Matcher)</rdfs:comment>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

**Σχήμα 4-13.** RDF Schema για τα μετα-δεδομένα αλγορίθμων

Για να επεξηγήσουμε τα ανωτέρω, παραθέτουμε ακολούθως μερικά παραδείγματα, στα οποία χρησιμοποιούμε, ως συγκεκριμένες περιπτώσεις παραμέτρων περιβάλλοντος, ορισμένες ιδιότητες που αποτελούν μέρος του προφίλ τερματικού και περιλαμβάνονται στην προδιαγραφή UAProf [88]. Επίσης, υποθέτουμε ότι τα RDF δεδομένα κωδικοποιούνται σε RDF/XML.

Εάν η τιμή της RDF ιδιότητας που αντιστοιχεί σε μια παράμετρο περιβάλλοντος είναι σύνθετη (μη ατομική), επανυξάνεται με μια ιδιότητα τύπου `ComparatorAlgorithm`. Παραδείγματος χάριν, ο ακόλουθος ορισμός για την ιδιότητα `JVMVersion`:

```
<prf:JVMVersion>
  <rdf:Bag><rdf:li>SunJRE/1.2</rdf:li></rdf:Bag>
</prf:JVMVersion>
```

Γίνεται:

```
<prf:JVMVersion>
  <rdf:Bag><rdf:li>SunJRE/1.2</rdf:li></rdf:Bag>
  <alg:ComparatorAlgorithm>
    <alg:ComparatorType>Matcher</alg:ComparatorType>
    <alg:FullyQualifiedName>gr.uoa.di.cnl.adaptation.VersionMatcher</alg:FullyQualified
alifiedName>
    <alg:ImplementationCodebase>http://www.cnl.di.uoa.gr/People/nhoussos/Impl/cl
asses/</alg:ImplementationCodebase>
  </alg:ComparatorAlgorithm>
</prf:JVMVersion>
```

Εάν η τιμή μιας RDF ιδιότητας που αντιστοιχεί σε μια παράμετρο περιβάλλοντος είναι ατομική, χρησιμοποιούμε μια τυποποιημένη τεχνική της RDF, η οποία επιτρέπει την αναπαράσταση σχέσεων βαθμού μεγαλύτερου του 2 με τη χρήση πολλαπλών δυαδικών σχέσεων [72]. Συγκεκριμένα η κύρια (πρωτεύουσα) τιμή της ιδιότητας περιλαμβάνεται σε μια `rdf:value` ιδιότητα και προστίθεται επίσης κι ένα στοιχείο ιδιότητας τύπου `ComparatorAlgorithm`. Συνεπώς, ο ακόλουθος ορισμός για μια ιδιότητα τύπου `ScreenSize`:

```
<prf:ScreenSize>1024x768</prf:ScreenSize>
```

Γίνεται:

```
<prf:ScreenSize>
  <rdf:value>1024x768</rdf:value>
  <alg:ComparatorAlgorithm>
    <alg:ComparatorType>Matcher</alg:ComparatorType>
    <alg:FullyQualifiedName>gr.uoa.di.cnl.adaptation.ScreenSizeMatcher</alg:FullyQualifiedNam
e>
    <alg:ImplementationCodebase>http://www.cnl.di.uoa.gr/People/nhoussos/Impl/classes/
  </alg:ImplementationCodebase>
  </alg:ComparatorAlgorithm>
</prf:ScreenSize>
```

Σημειωτέον ότι στους ανωτέρω ορισμούς το πρόθεμα alg: αναφέρεται στη δημόσια προσβάσιμη web διεύθυνση <http://www.cnl.di.uoa.gr/People/nhoussos/Schemata/AlgorithmSchema-20030622#>.

#### *Ανάπτυξη αλγορίθμων λήψης αποφάσεων*

```
public abstract class ProfileElement
{
    public abstract boolean match( ProfileElement matchElement );
    public abstract Object adapt( ProfileElement adaptorElement );
    public boolean match( ProfileElement matchElement, Matcher matcher ) {}
    public Object adapt( ProfileElement adaptorElement, Adaptor ad ) {}
    public String getName() {}
    public String getType() {}
    public ComparatorDescriptor getMatcherDescriptor() {}
    public void setMatcherDescriptor( ComparatorDescriptor matcherVal ) {}
    public Matcher getMatcher() {}
    public void setMatcher( Matcher matcher ) {}
    public ComparatorDescriptor getAdaptorDescriptor() {}
    public void setAdaptorDescriptor( ComparatorDescriptor adaptorVal ) {}
    public Adaptor getAdaptor() {}
    public void setAdaptor( Adaptor ad ) {}
}
```

**Σχήμα 4-14.** Δημόσια διεπαφή αντικειμένων τύπου ProfileElement.

```
public class Profile extends ProfileElement implements Serializable, Cloneable
{
    public int getSize() {}
    public Iterator getValuesIterator() {}
    public Iterator getKeysIterator() {}
    public void putElement( String elementName, Object el ) {}
    public ProfileElement getElement( String name ) {}
    public ProfileElement getElement( String name, String type ) {}
    public Profile getProfile( String name ) {}
    public Profile getProfile( String name, String type ) {}
    public Object getAttrValue( String name ) {}
    public int setAttrValue( String name, Object value ) {}
    public int setAttrValue( String name, String type, Object value ) {}
    public boolean match( ProfileElement ob ) {}
    public Object adapt( ProfileElement adaptorElement ) {}
}
```

**Σχήμα 4-15.** Δημόσια διεπαφή αντικειμένων τύπου Profile.

```

public class ProfileAttribute extends ProfileElement implements Serializable, Cloneable
{
    public Object getSingleValue() {}
    public Object getValueAt( int i )
    public void setIdentificationFields( String name, String type ) {}
    public void setFields( String name, String type, ArrayList val, Matcher matcher, Adaptor Adaptor ) {}
    public void setValue( ArrayList val ) {}
    public void setSingleValue( Object obj ) {}
    public boolean match( ProfileElement ob ) {}
    public Object adapt( ProfileElement ob ) {}
}

```

**Σχήμα 4-16.** Δημόσια διεπαφή αντικειμένων τύπου ProfileAttribute.

Η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής στο σύστημά μας υλοποιείται απευθείας στη γλώσσα προγραμματισμού Java. Συνεπώς, δεν έχουμε ακολουθήσει δηλωτικές μεθόδους προδιαγραφής. Αυτή η επιλογή γίνεται για να εξασφαλιστεί η απόλυτη ευελιξία και ελευθερία στην έκφραση πολύπλοκων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων χωρίς να επιβαρύνεται η οντότητα που προδιαγράφει τον αλγόριθμο με υπέρμετρη επιπλέον προσπάθεια.

Η ανάπτυξη εξατομικευμένων αλγορίθμων σε γλώσσα Java δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Το μόνο που έχει να κάνει ο VASP είναι να ενσωματώσει την αλγοριθμική λογική σε Java κλάσεις οι οποίες υλοποιούν είτε το Adapter είτε το Matcher interface. Η λογική αυτή συνήθως ανακτά την τιμή μίας ή περισσότερων παραμέτρων από το προφίλ προσαρμοστή (περιβάλλοντος) και βάσει αυτών καταλήγει σε μια απόφαση λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια που αποτελούν ίδιον της συγκεκριμένης υπηρεσίας την οποία αφορά η απόφαση. Η ανάκτηση πραγματοποιείται με χρήση των δημόσιων διεπαφών των αντικειμένων τύπου ProfileElement (Σχήμα 4-14), Profile (Σχήμα 4-15) και ProfileAttribute (Σχήμα 4-16). Το γεγονός ότι κάποιες παράμετροι μπορεί να μην είναι διαθέσιμες στο προφίλ προσαρμοστή πρέπει να προβλέπεται από τον προγραμματιστή του αλγορίθμου. Σημειωτέον ότι η ανάκτηση των δεδομένων προϋποθέτει κάποια συναίνεση μεταξύ των διάφορων VASP και παρόχων πλατφόρμας RCSPP όσον αφορά καθολικά κοινούς ή συμβατούς τύπους των δεδομένων (βλ. και ενότητα 4.6).

Το Σχήμα 4-17 περιλαμβάνει την υλοποίηση σε Java του προκαθορισμένου αλγορίθμου προσαρμοστή για σύνθετα προφίλ, την οποία χρησιμοποιήσαμε στο πρωτότυπό μας. Το Σχήμα 4-18 περιλαμβάνει τον αντίστοιχο ψευδοκώδικα. Είναι άξιο προσοχής το ότι ο εν λόγω αλγόριθμος λαμβάνει την απόφασή του καλώντας αναδρομικά τους αλγορίθμους που αντιστοιχούν στα περιεχόμενα του προφίλ (ατομικές ιδιότητες και εμφωλευμένα σύνθετα προφίλ).

```

public class DefaultProfileAdaptor implements Adaptor {
    public Object adaptElement( ProfileElement adaptee, ProfileElement adaptor ) {
        Profile tmpAdapteeProfile = null;
        Profile cpAdapteeProfile = null;
        ProfileElement tmpElement = null;
        boolean tmpBoolean = true;
        Matcher tmpMatcher = null;
        AdaptationEngine ae = null;

        if ( adaptor == null )
            return adaptee;
        if ( !( adaptee instanceof Profile ) )
            return null;
        else
            cpAdapteeProfile = (Profile) adaptee.clone();
        tmpElement = cpAdapteeProfile.getElement( adaptor.getName(), adaptor.getType() );
        if ( tmpElement == null ) {
            if ( !( cpAdapteeProfile.containsNestedProfiles() ) )
                tmpAdapteeProfile = (Profile) cpAdapteeProfile.clone();
            else
                tmpAdapteeProfile = adaptNestedProfiles( cpAdapteeProfile, adaptor );
        } else {
            tmpMatcher = tmpElement.getMatcher();
            if ( tmpMatcher == null ) {
                tmpBoolean = AdaptationEngine.instance().matchElements( tmpElement, adaptor );
            }
            else
                tmpBoolean = tmpElement.match( adaptor, tmpMatcher );
            if ( tmpBoolean )
                tmpAdapteeProfile = adaptNestedProfiles( cpAdapteeProfile, adaptor );
            else
                tmpAdapteeProfile = null;
        }
        return tmpAdapteeProfile;
    }

    public Profile adaptNestedProfiles( Profile adapteeProfile, ProfileElement adaptor ) {
        ProfileElement profEl = null;
        Profile tmpProf = null;
        Profile tmpAdapteeProfile = null;
        Iterator it = null;
        int profileCount = 0;

        tmpAdapteeProfile = new Profile( adapteeProfile.getName(), adapteeProfile.getType() );
        it = adapteeProfile.getValuesIterator();
        while ( it.hasNext() ) {
            profEl = (ProfileElement) it.next();
            if ( profEl instanceof ProfileAttribute )
                tmpAdapteeProfile.putElement( profEl.getName(), profEl );
            else if ( profEl instanceof Profile ) {
                tmpProf = (Profile) profEl.adapt( adaptor );
                if ( tmpProf != null ) {
                    profileCount++;
                    tmpAdapteeProfile.putElement( profEl.getName(), tmpProf );
                }
            }
        }
        if ( profileCount == 0 )
            tmpAdapteeProfile = null;
        return tmpAdapteeProfile;
    }
}

```

**Σχήμα 4-17.** Υλοποίηση προκαθορισμένου αλγορίθμου προσαρμοστή για αντικείμενα τύπου Profile.

```

Create a temporary empty Profile (tmpAdapteeProfile) of the same name & type with the adapteeProfile.
Create a temporary boolean variable (tmpBoolean).
Search in the adapteeProfile for any ProfileElement with same name & type as the adaptorProfileElement.
If NOT found
    If no profiles are included in the adapteeProfile (Note: case that all elements are attributes)
        tmpAdapteeProfile = Exact copy of adapteeProfile
    Else
        For every profile in the adapteeProfile
            tmpAdapteeProfile.put( profile.adapt( adaptorProfileElement ) )
        End For
        If All entries in tmpAdapteeProfile are equal to null
            tmpAdapteeProfile = null
        Else
            Copy all profileAttributes of the adapteeProfile into the tmpAdapteeProfile.
        End If
    End If
Else
    If adapteeProfile.profileElement.currentMatcher == null
        tmpBoolean = adapteeProfile.profileElement.match( adaptorProfileElement )
    Else
        tmpBoolean = adapteeProfile.profileElement.match( adaptorProfileElement,
            adapteeProfile.profileElement.currentMatcher.getReference() )
    End If
    If tmpBoolean == TRUE
        For every profile in the adapteeProfile
            tmpAdapteeProfile.put( profile.adapt( adaptorProfileElement ) )
        End For
        If All entries in tmpAdapteeProfile are equal to null
            tmpAdapteeProfile = null
        Else
            Copy all profileAttributes of the adapteeProfile into the tmpAdapteeProfile.
        End If
    Else
        tmpAdapteeProfile = null
    End If
End If
Return tmpAdapteeProfile

Subroutine AdaptNestedProfiles ( adapteeProfile, tmpAdapteeProfile )
    For every profile in the adapteeProfile
        tmpAdapteeProfile.put( profile.adapt( adaptorProfileElement ) )
    End For
    If All entries in tmpAdapteeProfile are equal to null
        tmpAdapteeProfile = null
    Else
        Copy all profileAttributes of the adapteeProfile into the tmpAdapteeProfile.
    End If
End Subroutine

```

**Σχήμα 4-18.** Ψευδοκώδικας προκαθορισμένου αλγορίθμου προσαρμοστή για αντικείμενα τύπου Profile. Στο Σχήμα 4-19 παρουσιάζεται η υλοποίηση ενός προκαθορισμένου matcher αλγορίθμου για στοιχεία του τύπου StringListType<sup>1</sup> (βλ. ενότητα 4.6). Ο προκαθορισμένος αλγόριθμος απαιτεί όλα τα στοιχεία/μέλη της λίστας με τον ίδιο δείκτη να είναι ίσα μεταξύ τους. Ένας διαφορετικός αλγόριθμος για τον ίδιο τύπο δεδομένων, που απεικονίζεται στο Σχήμα 4-20, απαιτεί απλώς ένα

<sup>1</sup> Σημείωση: χάριν συντομίας έχουν παραλειφθεί οι δηλώσεις import και package.

τουλάχιστον στοιχείο της τιμής της αντίστοιχης ιδιότητας του προφίλ περιβάλλοντος να είναι ίσο με μία τουλάχιστον από τις απαιτούμενες τιμές της προσαρμόσιμης οντότητας. Η παραπάνω λογική είναι δυνατό να συνιστά έναν εξειδικευμένο αλγόριθμο κατάλληλο για την ιδιότητα JavaPlatform, στην περίπτωση που το τερματικό θα χρειάζεται να έχει εγκατεστημένη τουλάχιστον μία από τις Java πλατφόρμες που υποστηρίζονται από μια συγκεκριμένη υπηρεσία.

```
public class CustomStringListTypeMatcher implements Matcher
{
    public boolean matchElements( ProfileElement element1, ProfileElement element2 )
    {
        StringListType obj1, obj2;
        int i, j;

        if ( ( element1.getType().equals( "StringListType" ) )
            && ( element2.getType().equals( "StringListType" ) ) )
        {
            obj1 = ((StringListType) ((ProfileAttribute) element1).getSingleValue());
            obj2 = ((StringListType) ((ProfileAttribute) element2).getSingleValue());

            for (i = 0; i < obj1.strings.length; i++)
            {
                if (obj1.strings[i] != null)
                {
                    for (j = 0; j < obj2.strings.length; j++)
                    {
                        if (obj2.strings[j] != null)
                        {
                            if (obj1.strings[i].equals(obj2.strings[j]))
                                return true;
                        }
                    }
                }
            }

            return false;
        }
        else
            return false;
    }
}
```

**Σχήμα 4-19.** Παράδειγμα υλοποίησης προκαθορισμένου matcher αλγορίθμου.

```

public class DefaultStringListTypeMatcher implements Matcher
{
    public boolean matchElements( ProfileElement element1, ProfileElement element2 )
    {
        StringListType obj1, obj2;
        int i, j;
        boolean returnValue = true;

        if ( ( element1.getType().equals( "StringListType" ) )
            && ( element2.getType().equals( "StringListType" ) ) )
        {
            obj1 = ((StringListType) ((ProfileAttribute) element1).getSingleValue());
            obj2 = ((StringListType) ((ProfileAttribute) element2).getSingleValue());

            for (i = 0; i < obj1.strings.length; i++)
            {
                if ( !(obj1.strings[i].equals(obj2.strings[i])) )
                {
                    returnValue = false;
                }
            }
        }
        return returnValue;
    }
}

```

**Σχήμα 4-20.** Παράδειγμα υλοποίησης εξατομικευμένου matcher αλγορίθμου.

## 4.5 Συναφείς ερευνητικές εργασίες

Η προσαρμογή είναι ένα δημοφιλές ερευνητικό θέμα στην περιοχή των δικτύων και των κινητών συστημάτων και υπηρεσιών [89][90][91]. Εντούτοις, η πλειοψηφία των συγκεκριμένων εργασιών αφορά στην επινόηση αλγορίθμων προσαρμογής για συγκεκριμένες οντότητες και αποδοτικών μεθόδων για την εφαρμογή/ενεργοποίηση της προσαρμογής. Αντίθετα, η εργασία μας αφορά την οικοδόμηση ενός γενικού και επεκτάσιμου πλαισίου προσαρμογής βασισμένου σε έναν μηχανισμό λήψης αποφάσεων. Επομένως, μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά ως προς τα ανωτέρω. Παραδείγματος χάριν, οι ευφυείς αλγόριθμοι που επινοούνται για συγκεκριμένες περιπτώσεις προσαρμογής μπορούν να υλοποιηθούν ως αντικείμενα αλγορίθμων προσαρμοστών που φορτώνονται δυναμικά από το σύστημά μας. Εντούτοις, προσεγγίσεις με στόχους που είναι ως ένα ορισμένο βαθμό παρόμοιοι με τους δικούς μας υπάρχουν στη βιβλιογραφία και αποτελούν το αντικείμενο της παρούσας ενότητας, η οποία αναφέρεται σε ερευνητικές προσπάθειες σε διάφορες περιοχές σχετικές με ασύρματα συστήματα, λογισμικό και υπηρεσίες.

Η κάθε ερευνητική προσπάθεια εξετάζεται με ιδιαίτερη έμφαση στη σχεδίαση και την υλοποίηση του μηχανισμού λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Παράμετροι που αποτελούν σημαντικά κριτήρια σύγκρισης με την προσέγγισή μας είναι ο τρόπος προδιαγραφής και υλοποίησης των



αλγορίθμων λήψης αποφάσεων, η τυχόν υποστήριξη εισαγωγής τέτοιων αλγορίθμων/πολιτικών από τρίτες οντότητες, η δυναμική επεκτασιμότητα του συστήματος και η δυνατότητα διάκρισης της συνολική λογική λήψης αποφάσεων σε επιμέρους, δυναμικά ενημερούμενα, αυτόνομα τμήματα.

Στον τομέα της κινητής παροχής υπηρεσιών, μια πολύ ενδιαφέρουσα πρωτοβουλία είναι η Προδιαγραφή Παροχής Υπηρεσιών σε Εξυπηρετούμενους (J2EE Client Provisioning Specification) [92], μια δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα ως τμήμα του Java Community Process στο πλαίσιο του Java Specification Request (JSR) 124, και βρίσκεται αυτήν την περίοδο στη φάση της προτεινόμενης τελικής έκδοσης (proposed final draft). Η συγκεκριμένη προδιαγραφή καθορίζει μια επέκταση στην πλατφόρμα J2EE [93] που στοχεύει να υποστηρίξει τη δημιουργία εφαρμογών/πυλών παροχής υπηρεσιών. Ο όρος «παροχή υπηρεσιών» (provisioning) αναφέρεται στην εξεύρεση και διάθεση υπηρεσιών σε χρήστες που είναι πιθανό να χρησιμοποιούν μια ποικιλία τερματικών με διαφορετικές δυνατότητες. Μια εφαρμογή/πύλη παροχής υπηρεσιών επιτρέπει στους τελικούς χρήστες για να εντοπίσουν, να μεταφέρουν στα τερματικά τους και να εκτελέσουν υπηρεσίες προστιθεμένης αξίας αναπτυγμένες από τρίτους.

Η J2EE Client Provisioning Specification δεν εξετάζει την προσαρμογή αυτής καθ' εαυτή της εφαρμογής, αλλά επικεντρώνεται σε δύο λειτουργίες, οι οποίες προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά των συσκευών τελικών χρηστών:

- Εξεύρεση υπηρεσιών, και ειδικότερα φιλτράρισμα του καταλόγου διαθέσιμων υπηρεσιών με βάση το περιβάλλον.
- Το πρωτόκολλο και ο μηχανισμός που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της εφαρμογής στο κινητό τερματικό.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του σχήματος που καθορίζεται στο τρέχον προτεινόμενο τελικό σχέδιο είναι ότι οι φάσεις λήψης αποφάσεων και εφαρμογής/ενεργοποίησης της γενικής διαδικασίας προσαρμογής είναι διακριτές. Ένα καινοτόμο χαρακτηριστικό γνώρισμα κοινό με την προσέγγισή μας είναι ότι η σχετική αλγοριθμική λογική δεν είναι άκαμπτα ενσωματωμένη στο σύστημα και αποτελείται από επιμέρους αυτόνομα τμήματα. Υπάρχει η δυνατότητα για επέκταση της λογικής αυτής με αλγορίθμους απόφασης και εφαρμογής/ενεργοποίησης, αν και όχι σε χρόνο εκτέλεσης όπως στο δικό μας μηχανισμό. Για το συνταίριασμα των απαιτήσεων εφαρμογής με τις δυνατότητες των τερματικών συσκευών ορίζεται ένα ειδικό στοιχείο λογισμικού, το οποίο μπορεί να επεκταθεί με αλγορίθμους που υλοποιούνται ως Java αντικείμενα.

Εντούτοις, η προσέγγιση του JSR 124 στερείται σημαντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα γενικότητας και επεκτασιμότητας που συμπεριλαμβάνονται στο μηχανισμό μας. Το σχήμα που

υιοθετείται για την αναπαράσταση των προφίλ υπηρεσιών και περιβάλλοντος είναι απλοϊκό: μια τιμή παραμέτρου περιβάλλοντος μπορεί να είναι μια συμβολοσειρά ή μια ακολουθία συμβολοσειρών. Συνεπώς, η υποστηρίξη αυθαίρετα σύνθετων στοιχείων προφίλ και η αντιστοίχιση συγκεκριμένων αλγορίθμων με μεμονωμένες εφαρμογές δεν είναι δυνατές. Το τελευταίο γεγονός σημαίνει ότι ένας ενιαίος αλγόριθμος υιοθετείται για όλα τα ταιριάσματα που αφορούν έναν συγκεκριμένο τύπο παραμέτρου (π.χ., ακέραιος αριθμός, ScreenSize), και συνεπώς δεν υποστηρίζεται η ανά-εφαρμογή εξατομίκευση. Επιπλέον, οι περίπλοκες αποφάσεις προσαρμογής και οι μετασχηματισμοί προφίλ δεν μπορούν να καθοριστούν. Μόνο η απλή περίπτωση του ταιριάσματος απαιτήσεων/ικανοτήτων είναι διαθέσιμη, με έναν τρόπο ανάλογο στη λειτουργία που παρέχεται τα αντικείμενα *Matcher* στην προσέγγισή μας.

Ένα ζήτημα που έχει προσελκύσει την προσοχή των ερευνητικών κοινοτήτων των ασύρματων επικοινωνιών και του κατανεμημένων συστημάτων είναι η προσαρμογή, σε χρόνο εκτέλεσης, των κινητών εφαρμογών στις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας των πόρων δικτύων και λειτουργικών συστημάτων. Το Odyssey [94][95] είναι ένα σύστημα που στοχεύει να επιτύχει τον στόχο αυτόν. Ακολουθεί το *application-aware* πρότυπο προσαρμογής, σύμφωνα με το οποίο η εργασία προσαρμογής πραγματοποιείται συλλογικά από την ίδια την εφαρμογή και μια εξωτερική οντότητα όπως ενδιάμεσο λογισμικό (middleware) ή το λειτουργικό σύστημα. Η καταγραφή πληροφορίας περιβάλλοντος και η εφαρμογή/ενεργοποίηση της προσαρμογής εκκινούνται και συντονίζονται από την εφαρμογή, αλλά πραγματοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από οντότητες του λειτουργικού συστήματος. Οι τελευταίες θέτουν στη διάθεση της εφαρμογής τις τύπος-συγκεκριμένες καθώς επίσης και τύπος-εξαρτώμενες διεπαφές. Η νοημοσύνη λήψης αποφάσεων αποτελεί τμήμα της εφαρμογής και, σύμφωνα με το μοντέλο προγραμματισμού του Odyssey, τοποθετείται έξω από το κύριο σώμα ελέγχου της. Το Odyssey παρέχει πολύτιμες ιδέες για την ανάπτυξη προσαρμοστικών κινητών υπηρεσιών και αναδεικνύει την αξία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων όπως ο διαχωρισμός ευθυνών και η γενικότητα των διεπαφών. Εντούτοις, ζητήματα όπως η αναπαράσταση πληροφορίας περιβάλλοντος, η υλοποίηση της λογικής λήψης αποφάσεων με έναν ανεξάρτητο από την εφαρμογή τρόπο και η δυναμική επεκτασιμότητα του συστήματος δεν αντιμετωπίζονται.

Μια άλλη ερευνητική προσπάθεια που εξετάζει την προσαρμογή των κινητών υπηρεσιών στις παραμέτρους περιβάλλοντος είναι το πρόγραμμα IST-VESPER, το οποίο έχει καταλήξει στον καθορισμό μιας κατανεμημένης αρχιτεκτονικής ενδιάμεσου λογισμικού [96]. Σύμφωνα με την προσέγγιση του VESPER, η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής, και συλλογής δεδομένων περιβάλλοντος ενσωματώνεται σε διακριτές οντότητες που είναι εξωτερικές ως προς αυτή καθ'εαυτήν την εφαρμογή και καλούνται *Context Handling Group* και *Adaptation Triggering*

*Logic (ATL)*, αντίστοιχα. Κατάλληλες διεπαφές χρησιμοποιούνται για την αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ του ενδιάμεσου λογισμικού και της εφαρμογής, οι οποίες επιτρέπουν την, εκκινούμενη από το ενδιάμεσο λογισμικό, ρύθμιση των παραμέτρων εγκατάστασης και λειτουργίας της εφαρμογής καθώς επίσης και την εκκινούμενη από την εφαρμογή επαναδιαμόρφωση του υφιστάμενου δικτύου. Εντούτοις, η οντότητα λήψης αποφάσεων δεν είναι ούτε δυναμικά επεκτάσιμη ούτε γενική. Παραδείγματος χάριν, η εισαγωγή των νέων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων απαιτεί τη μεταβολή του κώδικα του ATL και δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί απευθείας από τρίτες οντότητες.

Εξεζητημένες τεχνικές για τη δημιουργία προσαρμοστικών συστημάτων έχουν αναπτυχθεί στον τομέα του προσαρμόσιμου και αυτο-προσδιοριζόμενου ενδιάμεσου λογισμικού, τα οποία, εντούτοις, εστιάζουν συνήθως στη φάση εφαρμογής/ενεργοποίησης της προσαρμογής. Μια αξιοσημείωτη προσέγγιση είναι αυτή που παρουσιάζεται από τους David και Ledoux [97], η οποία καθορίζει μια αρχιτεκτονική που επιτρέπει τον εμπλουτισμό των υπηρεσιών τελικών χρηστών με επαναχρησιμοποιήσιμες, ανεξάρτητες από την εφαρμογή συνιστώσες που υλοποιούν υπηρεσίες ενδιάμεσου λογισμικού (π.χ., απομακρυσμένη επικοινωνία, μόνιμη αποθήκευση). Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική περιλαμβάνει ένα στοιχείο επιτήρησης πόρων και μια διακεκριμένη *μηχανή προσαρμογής (adaptation engine)*, η οποία αναλαμβάνει τόσο τη λήψη αποφάσεων προσαρμογής όσο και την εφαρμογή/ενεργοποίησή τους. Όπως στο σύστημά μας, οι πληροφορίες περιβάλλοντος και τα μετα-δεδομένα εφαρμογής αναπαρίστανται σύμφωνα με ένα ενιαίο σχήμα, το οποίο είναι, εντούτοις, απλοϊκό (απλές ιδιότητες) και, επομένως, δεν επιτρέπει την αναπαράσταση πολύπλοκων δομών με εμφωλευμένα προφίλ. Οι αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων προσαρμογής έχουν τη μορφή *πολιτικών προσαρμογής (adaptation policies)* που προδιαγράφονται με δηλωτικό τρόπο και εισάγονται στη συνέχεια στο σύστημα μέσω ενός κατάλληλου διερμηνέα (interpreter). Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ιδιαίτερα κοινή σε συστήματα διαχείρισης δικτύου και μάλιστα πολλές γλώσσες προδιαγραφής πολιτικών έχουν αναπτυχθεί σε ακαδημαϊκά και εταιρικά ερευνητικά κέντρα [98]. Συνολικά, η συγκεκριμένη προσέγγιση αναγνωρίζει τα οφέλη της αποσύνδεσης μεταξύ των συνιστωσών μιας λειτουργίας προσαρμογής και τη σημασία της φάσης λήψης αποφάσεων, αλλά είναι σχεδιασμένη για έναν συγκεκριμένο τύπο προσαρμογής. Ως εκ τούτου, οι πολιτικές προσαρμογής έχουν περιορισμένη εκφραστική δύναμη και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προδιαγραφή αυθαίρετων αλγορίθμων λήψης αποφάσεων.

Μια παρόμοια προσπάθεια έχει οδηγήσει στη δημιουργία του συστήματος MoleNE [99], που επιτρέπει τη δυναμική προσαρμοστικότητα των εφαρμογών στο περιβάλλον εκτέλεσής τους. Το MoleNE υποστηρίζει τη απρόσκοπτη εναλλαγή σε χρόνο εκτέλεσης μεταξύ των διαφορετικών

υλοποιήσεων μιας συνιστώσας. Αποτελείται από το *Detection/Notification Framework* για τη συλλογή πληροφορίας περιβάλλοντος και το *Reactive Framework* για τη λήψη αποφάσεων και την εφαρμογή/ενεργοποίηση της προσαρμογής. Με έναν τρόπο ανάλογο με την προσέγγισή μας, η υλοποίηση του αλγορίθμου λήψης αποφάσεων προσαρμογής είναι ενσωματωμένη σε ένα κατάλληλο αντικείμενο. Εντούτοις, η στρατηγική προσαρμογής προσαρτάται στην εφαρμογή κατά το χρόνο ανάπτυξης και, επομένως, δεν μπορεί να τροποποιηθεί δυναμικά (σε χρόνο εκτέλεσης). Επιπλέον, μια οι στρατηγικές προσαρμογής που αφορούν μια ολόκληρη εφαρμογή έχουν τη μορφή μιας ενιαία μονολιθικής οντότητας. Συνεπώς, δεν υποστηρίζεται ο διαχωρισμός της αντίστοιχης λειτουργίας σε μικρότερα κομμάτια που μπορούν να αντικατασταθούν δυναμικά (όπως οι αλγόριθμοι προσαρμοστές και matcher στο σύστημά μας).

Ένας άλλος ερευνητικός τομέας όπου η προσαρμογή έχει αποτελέσει αντικείμενο των σημαντικών προσπαθειών είναι η παροχή περιεχομένου. Αν και το κύριο θέμα των συγκεκριμένων προσπαθειών αφορούσε σχήματα για την περιγραφή και το μετασχηματισμό πολυμεσικής πληροφορίας (φάση εφαρμογής/ενεργοποίησης προσαρμογής), η σημασία του σταδίου λήψης αποφάσεων έχει αναγνωριστεί σε ορισμένες εργασίες, όπως οι [100] και [101]. Και οι δύο προαναφερθείσες προσεγγίσεις παρουσιάζουν αρχιτεκτονικές προσαρμογής, όπου μια ειδικού σκοπού οντότητα λήψης αποφάσεων (αποκαλούμενη *customizer* και *adaptation engine*, αντίστοιχα) συμπεριλαμβάνεται ως ξεχωριστό και ζωτικής σημασίας μέρος. Εντούτοις, οι οντότητες αυτές δεν είναι ούτε γενικές ούτε επεκτάσιμες. Στην ουσία ενσωματώνουν με άκαμπτο τρόπο έναν μοναδικό αλγόριθμο που υιοθετεί συγκεκριμένα κριτήρια και δέχεται ως είσοδο παραμέτρους περιβάλλοντος προκαθορισμένων τύπων.

## **4.6 Αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης**

Η παρούσα ενότητα παρέχει μια αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης. Αρχικά, συνοψίζονται τις καινοτόμες δυνατότητες που προσφέρει η προσέγγισή μας σε σχέση με άλλα διαθέσιμα σήμερα συστήματα λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Επίσης, αναφέρουμε τις κύριες σχεδιαστικές επιλογές στις οποίες καταλήξαμε. Έπειτα, παρουσιάζουμε τα πιθανά ζητήματα και αδύνατα σημεία και τα συζητάμε βασισμένοι στην εμπειρία μας από την ανάπτυξη του σχετικού πρωτοτύπου, της ενσωμάτωσης του συστήματός μας στο RCSPP και των πειραμάτων μας με λειτουργίες προσαρμογής.

### **4.6.1 Σύνοψη καινοτομικών δυνατοτήτων και σχεδιαστικών επιλογών**

Η προσέγγισή μας προσφέρει τις εξής καινοτόμες δυνατότητες:

- Το λογισμικό στοιχείο λήψης αποφάσεων προσαρμογής μπορεί να δεχθεί ως είσοδο μη εκ των προτέρων γνωστές παραμέτρους των προφίλ οντοτήτων και περιβάλλοντος χωρίς εκ νέου προγραμματισμό και μεταγλώτισση. Η εν λόγω ιδιότητα οφείλεται στο γεγονός ότι η πληροφορία των προφίλ στην οποία βασίζονται οι αποφάσεις προσαρμογής διατηρείται σε δομές που είναι γενικές και ανεξάρτητες από συγκεκριμένους τύπους δεδομένων.
- Αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων προσαρμογής μπορούν να φορτωθούν στο σύστημα λήψης αποφάσεων σε χρόνο εκτέλεσης. Υλοποιήσεις αλγορίθμων (σε γλώσσα Java) μπορούν να εισαχθούν δυναμικά στο σύστημα από τρίτους (π.χ., VASP στην περίπτωση κινητών υπηρεσιών).
- Η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής δεν είναι μονολιθική. Αποτελείται από έναν αριθμό αυτόνομων, μονοσήμαντα ταυτοποιήσιμων και ανεξάρτητων στοιχείων, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη παράμετρο του προφίλ προσαρμοζόμενου (όχι στο προφίλ στο σύνολό του). Κατά συνέπεια, είναι δυνατή η εξατομίκευση τμημάτων της λογικής λήψης αποφάσεων προσαρμογής, με μικρή προσπάθεια (π.χ. ανάπτυξη και φόρτωση ενός απλού αλγορίθμου που αφορά μία παράμετρο), δεδομένου ότι μόνο η συμπεριφορά που διαφέρει από την προεπιλεγμένη χρειάζεται να επαναπρογραμματιστεί. Η συγκεκριμένη μπορεί να λάβει χώρα από τρίτες οντότητες σε συνδυασμό με τη δυνατότητα που περιγράφεται στην παράγραφο 2 της παρούσας αριθμημένης λίστας.

Οι παραπάνω δυνατότητες στο σύνολό τους δεν είναι διαθέσιμες σε άλλα υπάρχοντα συστήματα, όπως φαίνεται από την ενότητα 4.5.

Πέραν της εφαρμογής των γενικών αρχών που αναφέρονται στην ενότητα 4.2.3, κατά την ανάπτυξη του συστήματός μας προβήκαμε σε κάποιες ιδιαίτερης σημασίας σχεδιαστικές επιλογές, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Όλα τα δεδομένα των διάφορων προφίλ υποβάλλονται σε επεξεργασία μετά από τη μετατροπή τους σε ένα κοινό, γενικό σχήμα αναπαράστασης.
- Η εξατομικευμένη για μια εφαρμογή λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής που εισάγεται από τρίτες οντότητες (στη γενική περίπτωση, από VASP) προδιαγράφεται όχι με δηλωτικό, αλλά με διαδικασιακό τρόπο. Ειδικότερα, έχει τη μορφή πλήρους υλοποίησης του αλγορίθμου σε Java.
- Η συλλογή πληροφορίας περιβάλλοντος και η λήψη αποφάσεων προσαρμογής που αφορούν την παροχή κινητών υπηρεσιών διενεργείται στο σταθερό δίκτυο από μια πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών και όχι από το κινητό τερματικό.
- Το γενικό στοιχείο λήψης αποφάσεων προσαρμογής είναι εντελώς "άμνημον" («stateless»). Αυτό σημαίνει ότι κάθε αίτημα εξυπηρετείται ανεξάρτητα από οποιαδήποτε προηγούμενα

αιτήματα του ίδιου εξυπηρετούμενο και είναι τελείως ανεξάρτητο από οποιαδήποτε άλλα δεδομένα πέραν των παραμέτρων του αιτήματος.

#### **4.6.2 Πειραματική αξιολόγηση**

Για να αξιολογήσουμε πειραματικά το προτεινόμενο σύστημα, το υλοποιήσαμε και το χρησιμοποιήσαμε για τη διεκπεραίωση της λήψης αποφάσεων προσαρμογής μέσα στην αρχιτεκτονική ενδιάμεσου λογισμικού RCSPP. Η διαδικασία αξιολόγησης είχε δύο κύριους στόχους. Αφενός, να ελέγξει ότι είναι εφικτό να αναπτυχθεί μια υλοποίηση λογισμικού στοιχείου λήψης αποφάσεων προσαρμογής που λειτουργεί όπως περιγράφεται στην υπο-ενότητα 4.4 και εκπληρώνει τους στόχους του σχεδιασμού του με το να προσφέρει τα μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που συνοψίζονται στην παράγραφο 4.6.1. Αφετέρου, να επιβεβαιώσει ότι το προαναφερθέν στοιχείο λογισμικού και οι σχετικοί μηχανισμοί είναι σε θέση να λειτουργήσουν στην πράξη χωρίς να προκαλούν υπερβολικό κόστος από άποψη επίδοσης. Τα αντίστοιχα πειράματα και τα συμπεράσματα στο οποία καταλήξαμε παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους.

##### **4.6.2.1 Επαλήθευση λειτουργικότητας και βασικών χαρακτηριστικών**

Στην παρούσα ενότητα θα αναφερθούμε στην εμπειρία μας από τη χρήση του προτεινόμενου μηχανισμού σε πειράματα παροχής υπηρεσιών μέσω της RCSPP όσον αφορά τις παρακάτω λειτουργίες:

- Προσαρμογή της εξεύρεσης υπηρεσιών.
- Δυναμική, κατόπιν αίτησης συσκευασία των κατάλληλων συστατικών μιας εφαρμογής σε ένα ενιαίο αρχείο που μεταφέρεται στη συνέχεια στο τερματικό του χρήστη. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό του ποιες συνιστώσες της εφαρμογής πρέπει να περιληφθούν στην τελική συσκευασία.

Όσον αφορά την υλοποίηση των άλλων δύο τμημάτων της διαδικασίας προσαρμογής, χρησιμοποιήσαμε τους μηχανισμούς για τη συλλογή πληροφορίας περιβάλλοντος και την εφαρμογή αποφάσεων προσαρμογής [18] τους οποίους, στο πλαίσιο άλλων ερευνητικών προσπαθειών, έχουμε αναπτύξει και ενσωματώσει στην RCSPP.

Ο καθορισμός των κατάλληλων ενεργειών προσαρμογής σχετικά με τις δύο προαναφερθείσες λειτουργίες της πλατφόρμας περιέλαβε τη σύγκριση των μετα-δεδομένων υπηρεσιών με τα προφίλ περιβάλλοντος, τα οποία αποτελούνταν από τις παραμέτρους που συνοψίζονται στον Πίνακα 4-1. Κυρίως υιοθετήσαμε τυποποιημένα σύνολα πληροφοριών, έτσι ώστε να επιτραπεί η επαλήθευση του συστήματός μας μέσω της επεξεργασίας ρεαλιστικών δεδομένων. Ειδικότερα, κατέστη δυνατό να αναπαρασταθεί το σύνολο των παραμέτρων προφίλ που χρησιμοποιούνται

από μόλις επτά βασικούς τύπους δεδομένων, και συγκεκριμένα τους Integer, Float, String, StringList, Dimension, Version και VersionList.

Το γενικό λογισμικό στοιχείο προσαρμογής αποδείχτηκε ικανό να διεκπεραιώσει όλα τα αιτήματα λήψης αποφάσεων αν και η υλοποίησή του δεν περιλαμβάνει ρητά την αλγοριθμική λογική και τους τύπους δεδομένων των παραμέτρων προφίλ. Οι σχετικές πληροφορίες οι εξαρτώμενες από κάθε αίτημα λήψης απόφασης ενσωματώνονται στις παραμέτρους του τελευταίου. Οι εν λόγω παράμετροι αναπαρίστανται ως Java αντικείμενα με τη μορφή που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.2. Χάριν στη χρήση γενικών δομών δεδομένων, δεν στάθηκε αναγκαίο να ορίσουμε μέσα στο λογισμικό στοιχείο λήψης αποφάσεων κλάσεις της Java για συγκεκριμένα ατομικά και σύνθετα τμήματα των δεδομένων περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, δεν έχουν δημιουργηθεί ξεχωριστές κλάσεις "TerminalCapabilities" ή "UserPreferences". Οι σχετικές πληροφορίες ταυτοποίησης περιλαμβάνονται στις ιδιότητες «όνομα» και «τύπος» των αντίστοιχων ProfileElement αντικειμένων. Συνεπώς, έγινε κατορθωτή η αλλαγή της δομής των προφίλ υπηρεσιών και περιβάλλοντος (π.χ., εισαγωγή νέων ιδιοτήτων), ακόμα και κατά τη διάρκεια μίας ενεργής συνόδου τελικού χρήστη, χωρίς οποιαδήποτε τροποποίηση του στοιχείου λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι η λογική λήψης αποφάσεων υλοποιήθηκε, σε σύμφωνα με το σχεδιασμό, με μη-μονολιθικό τρόπο: αποτελούνταν από πολυάριθμα αλγοριθμικά τμήματα που φορτώνονταν δυναμικά. Μια συνήθης προσαρμογή ενός προφίλ υπηρεσίας στις δοκιμές μας απαιτούσε περισσότερες από 50 κλήσεις των μεθόδων των αντικειμένων των προσαρμοστών και matcher αλγορίθμων.

Κατηγορία δεδομένων περιβάλλοντος	Παράμετρος	Ενδεικτικές τιμές
Δυνατότητες τερματικού	Όπως στην προδιαγραφή UAProf [ 22 ].	Όπως στην προδιαγραφή UAProf [ 22 ].
Χαρακτηριστικά δικτύων	Όπως στην προδιαγραφή UAProf [ 22 ].	Όπως στην προδιαγραφή UAProf [ 22 ].
	networkType	"CS_GSM", "GPRS", "CS_PDC", "WLAN_802_11"
	Δεδομένα για τον πάροχο δικτύου και τις ανοιχτές διεπαφές που αυτός διαθέτει σε τρίτους [ 7 ].	Όπως στο [ 7 ].
Προτιμήσεις και κατάσταση τελικού χρήστη	Γλώσσα	"GR", "MB", "DE", "FR"
	tariffClass	"Cheap", "Average", "Expensive", "All Rates"
	Γεωγραφική θέση	"15.0,34.0,N,43.5,17.8,E"

**Πίνακας 4-1.** Περίληψη των παραμέτρων περιβάλλοντος που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματά μας.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών μας, υλοποιήσαμε ποικίλους προσαρμοστές και matcher αλγορίθμους. Ειδικότερα, τουλάχιστον για τις παραμέτρους περιβάλλοντος στον πίνακα 1,

καταλήξαμε στην πράξη ότι ήταν αρκετό να υλοποιήσουμε μόνο έναν προκαθορισμένο προσαρμοστή (για τον τύπο *Profile*) και επτά matchers (έναν για καθέναν από τους βασικούς τύπους δεδομένων των παραμέτρων προφίλ που αναφέρθηκαν προηγουμένως στην τρέχουσα παράγραφο. Όσον αφορά τους εξατομικευμένους αλγορίθμους, υλοποιήσαμε μόνο ελάχιστους (2-3) προσαρμοστές και matchers ανά υπηρεσία, όπως διευκρινίζεται στο παράδειγμα της παραγράφου 4.3.2. Αναμένουμε ότι αυτό θα είναι ο κανόνας για ένα μέσο VASP σε πραγματικές συνθήκες. Η ανάπτυξη των αλγορίθμων δεν παρουσίασε καμία δυσκολία: όλοι οι αλγόριθμοι matcher υλοποιήθηκαν σε όχι περισσότερες από 80 γραμμές κώδικα Java, ενώ η πλειοψηφία τους έχει μέγεθος μικρότερο από 30 γραμμές, όπως φαίνεται και στο παράδειγμα της ενότητας 4.4.5.3. Η πιο μεγάλη σε μέγεθος υλοποίηση αλγορίθμου αφορά τον προκαθορισμένο προσαρμοστή και δεν αριθμεί παραπάνω από 120 γραμμές.

Μια προφανής ερώτηση αφορά την καταλληλότητα του σχήματος αναπαράστασης δεδομένων, που παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.3.2. Όσον αφορά τη γενικότητά του, καταδεικνύεται από τη δυνατότητά του να αναπαριστά σύνθετες δομές, όπως τα προφίλ υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένου του προτύπου αρχιτεκτονικής λογισμικού της παραγράφου 4.2 και των τυποποιημένων, εκφρασμένων σε RDF δυνατοτήτων τερματικού και χαρακτηριστικών δικτύων. Όλοι οι ανωτέρω μετασχηματισμοί ήταν σχετικά απλοί, όπως επίσης εμφανίζονται στο παράδειγμα της παραγράφου 4.4.3. Ένα πιθανό πρόβλημα θα μπορούσε να είναι η αντιστοίχιση των τύπων δεδομένων, όπως ορίζονται σε διάφορα σχήματα κωδικοποίησης και προτυποποιημένες προδιαγραφές με τους τύπους των στοιχείων των προφίλ. Δεδομένου ότι κατορθώσαμε να αναπτύξουμε ένα απλό σχήμα με μόνο επτά βασικούς τύπους ιδιοτήτων, πιστεύουμε ότι η συναίνεση σε αυτόν την εργασία μπορεί να επιτευχθεί εύκολα στο πλαίσιο, παραδείγματος χάριν, ενός διεθνούς φόρουμ σχετικού με την κινητή παροχή υπηρεσιών (π.χ., Open Mobile Alliance, OMA).

#### **4.6.2.2 Διερεύνηση επιπτώσεων σε θέματα επίδοσης**

Δύο κύριοι τύποι πιθανών προβλημάτων επίδοσης έχουν εξεταστεί κατά τη διάρκεια των δοκιμών μας: Η αύξηση στις απαιτήσεις μεγέθους προφίλ που εισάγονται από το προτεινόμενο σχήμα αναπαράστασης δεδομένων και την ταχύτητα της λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Οι σχετικές πρακτικές δοκιμές και τα συμπεράσματα παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους. Όσον αφορά την οργάνωση των δοκιμών, όλα τα πειράματα εκτελέστηκαν σε εργαστηριακό περιβάλλον, που αποτελεί ουσιαστικά εξέλιξη της δοκιμαστικής πλατφόρμας MOBIVAS [35].

Ο RCSPM φιλοξενήθηκε σε έναν συνήθη προσωπικό υπολογιστή γραφείου, με επεξεργαστή Pentium III στα 1,6 GHz, 256 MBytes μνήμης RAM, συνδεδεμένο σε τμήμα ενσύρματου



τοπικού δικτύου Ethernet ταχύτητας 10Mbps. Συνημμένοι στο ίδιο τμήμα Ethernet ήταν ένας σταθερός σταθμός εργασίας στον οποίο έτρεχε το στοιχείο VASP της RCSPP και ένας σταθμός βάσης τοπικού ασύρματου δικτύου 802.11 που επέτρεπε την επικοινωνία του RCSPP με έναν φορητό υπολογιστή που υποστήριζε επικοινωνία μέσω 802.11 και στο οποίο ήταν εγκατεστημένο το EUT.

### ***Ταχύτητα λήψης αποφάσεων προσαρμογής***

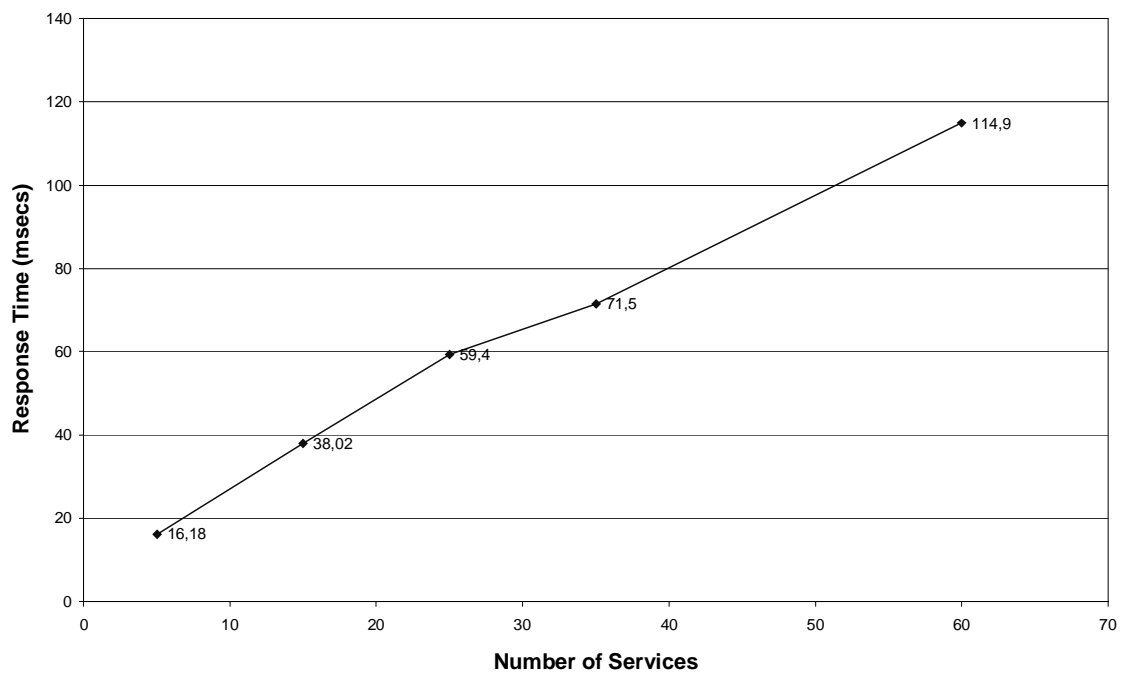
Ο χρόνος απόκρισης σε αιτήματα λήψης αποφάσεων προσαρμογής οφείλει να διατηρείται σε λογικά όρια έτσι ώστε να μην οδηγεί σε καθυστέρηση ολοκλήρωση των λειτουργιών της πλατφόρμας σε τέτοιο βαθμό που να γίνεται αντιληπτή στον τελικό χρήστη.

Στις συγκριτικές μας μετρήσεις επίδοσης, μετρήσαμε το χρόνο που απαιτήθηκε για την εξυπηρέτηση των αιτημάτων λήψης απόφασης σχετικών με μια πλήρη διαδικασία εξεύρεσης και παροχής υπηρεσιών στην RCSPP [5], η οποία απαιτεί την προσαρμογή προφίλ όπως στο παράδειγμα της παραγράφου 4.4.3. Η έκβαση αυτής της λειτουργίας απόφασης είναι ένας φιλτραρισμένος κατάλογος από προφίλ υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένης της βέλτιστης διαμόρφωσης για όλες τις εκδόσεις κάθε εφαρμογής στο τρέχον περιβάλλον. Ειδικότερα, μελετήσαμε την επιρροή σε αυτόν τον χρόνο απόκρισης δύο παραγόντων: του αριθμού των προφίλ προσαρμοζόμενου (υπηρεσίας) και του μεγέθους των προφίλ υπηρεσιών, έτσι ώστε να λάβουμε μια σημαντική ένδειξη σχετικά με τις δυνατότητες κλιμάκωσης του συστήματος.

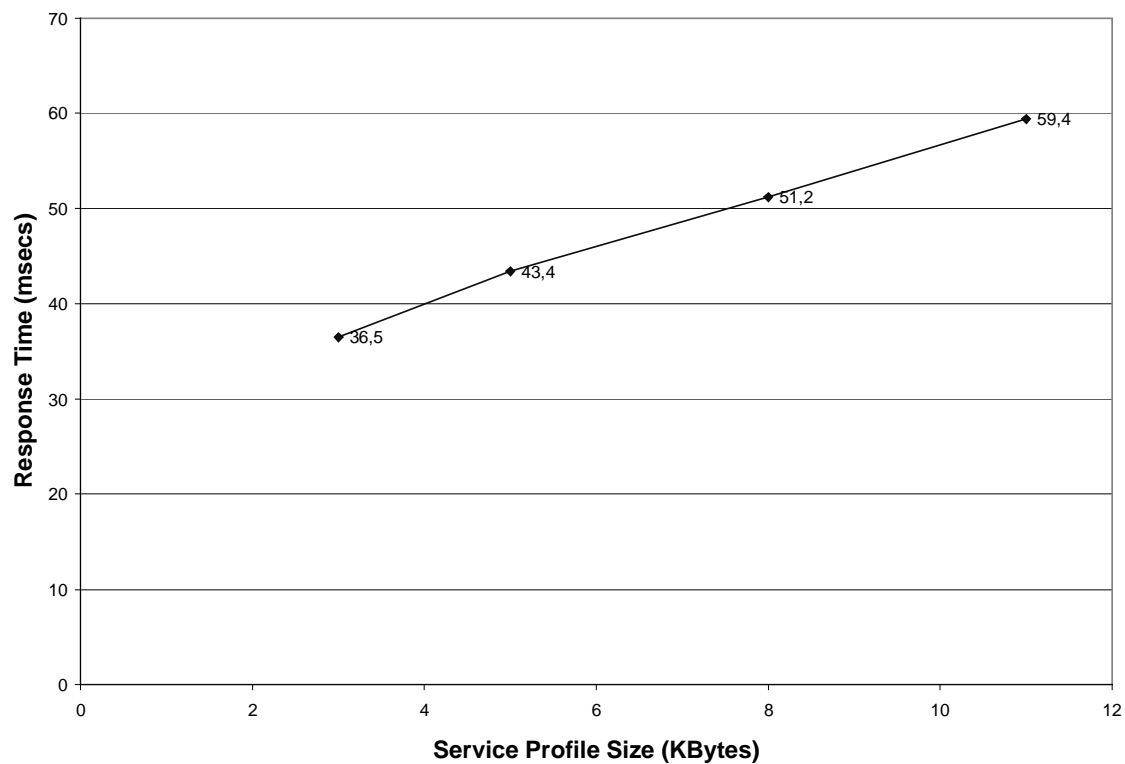
Τα δεδομένα προφίλ υπηρεσιών που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματα αφορούσαν δύο παραδείγματα εφαρμογών: Μιας εφαρμογής αναπαραγωγής πολυμέσων (ήχου/εικόνας) ("Mobiplay") και ενός προγράμματος άμεσης επικοινωνίας με δυνατότητες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης ("Locator"). Αυτές οι εφαρμογές αποτελούν εξέλιξη των υπηρεσιών που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος MOBIVAS [1]. Επιπλέον, χάριν δοκιμής με ρεαλιστικό πλήθος εφαρμογών, δημιουργήσαμε έναν μεγάλο αριθμό προφίλ ανύπαρκτων υπηρεσιών. Αυτά τα "τεχνητά" προφίλ είχαν περιεχόμενο και μεγέθη που ποίκιλαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πειραμάτων, όπως περιγράφεται κατωτέρω. Όλες οι τιμές που παρουσιάζονται ως αποτελέσματα των δοκιμών, έχουν ληφθεί ως μέσοι όροι σε 50 αιτήματα.

Το Σχήμα 4-21 απεικονίζει το χρόνο απόκρισης που παρατηρείται καθώς ο αριθμός των υπηρεσιών αυξάνει. Το μέγεθος των προφίλ υπηρεσιών και περιβάλλοντος είναι ουσιαστικά το ίδιο σε όλες τις περιπτώσεις (κατά προσέγγιση 11KBytes για κάθε προφίλ υπηρεσίας και 3KBytes για το προφίλ περιβάλλοντος της συνόδου τελικού χρήστη με την RCSPP). Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, ο χρόνος απόκρισης αυξάνεται με γραμμικό τρόπο καθώς ο αριθμός υπηρεσιών αυξάνεται. Η τιμή του χρόνου απόκρισης είναι κάτω από 0,12 δευτερόλεπτα ακόμη

και για τιμές του πλήθους των υπηρεσιών της τάξης αρκετών δεκάδων.



**Σχήμα 4-21.** Χρόνος απόκρισης για αυξανόμενο αριθμό υπηρεσιών.



**Σχήμα 4-22.** Χρόνος απόκρισης για αυξανόμενο μέγεθος προφίλ υπηρεσίας.

Το Σχήμα 4-22 απεικονίζει το χρόνο απόκρισης που παρατηρείται καθώς αυξάνει το μέγεθος του

προφίλ υπηρεσίας, ενώ ο αριθμός προφίλ υπηρεσιών παραμένει σταθερός (ίσος με 25). Το μέγεθος του προφίλ περιβάλλοντος είναι αμετάβλητος για όλα τα αιτήματα (ίσος με 3KB). Η διαφορά στο μέγεθος των προφίλ που χρησιμοποιήσαμε επιτεύχθηκε κυρίως με την προσθήκη περισσότερων εκδόσεων υπηρεσιών και απαιτήσεων από παραμέτρους περιβάλλοντος. Σημειώστε ότι ο τελευταίος παράγοντας είναι ιδιαίτερα σημαντικός, δεδομένου ότι η διαδικασία απόφασης περιλαμβάνει συνήθως τουλάχιστον μία λειτουργία σύγκρισης/προσαρμογής για κάθε παράμετρο που απαριθμείται στις εν λόγω απαιτήσεις της εφαρμογής από το περιβάλλον. Αντίθετα, το μέγεθος προφίλ περιβάλλοντος (προσαρμοστής) δεν έχει σημαντική επιρροή στο χρόνο απόκρισης του στοιχείου λήψης αποφάσεων (όπως φαίνεται από τα πειράματά μας) και έτσι δεν παρουσιάζεται ως ξεχωριστή περίπτωση δοκιμής. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι ο χρόνος απόκρισης αυξάνεται γραμμικά όσον αφορά το μέγεθος προφίλ υπηρεσίας. Επιπλέον, η τιμή του χρόνου απόκρισης είναι κάτω από 0,06 δευτερόλεπτα ακόμη και για μέγεθος προφίλ υπηρεσίας ίσο με 11KB.

### ***Μέγεθος πληροφορίας προφίλ***

Είναι λογικό να αναμένεται ότι το σχήμα μας εισάγει κάποιο αυξημένο κόστος στην αναπαράσταση δεδομένων από την άποψη του μεγέθους, το οποίο αποτελεί το αντίτιμο για τη γενικότητά του. Το ζήτημα αυτό το έχουμε εξετάσει με τη σύγκριση του μεγέθους των ίδιων προφίλ με διάφορες μεθόδους. Στις δοκιμές μας, χρησιμοποιήσαμε δύο προφίλ: ένα προφίλ υπηρεσίας που αναπαριστά το Mobipay (σε πλήρη, μη-προσαρμοσμένη μορφή) και ένα προφίλ δυνατοτήτων τερματικών, κωδικοποιημένη σύμφωνα με την προδιαγραφή User Agent Profile (UAProf) της OMA. Το τελευταίο προφίλ περιέλαβε τιμές για όλες τις ιδιότητες (παραμέτρους) που προδιαγράφονται στην UAProf σχετικές με την πλατφόρμα λογισμικού, την πλατφόρμα υλικού και τα χαρακτηριστικά δικτύων [88]. Τα παραπάνω δύο προφίλ αναπαραστάθηκαν με τρεις τρόπους:

1. Το αρχικό σχήμα αναπαράστασής τους. Για το προφίλ υπηρεσιών αυτό είναι ένα έγγραφο XML [66], που περιέχει και δεδομένα κωδικοποιημένα σε RDF/XML που ενσωματώνονται στην XML ως απλή ακολουθία χαρακτήρων (character data). Για το προφίλ δυνατοτήτων τερματικού η αρχική αναπαράσταση είναι σε RDF/XML.
2. Το σχήμα της παραγράφου 4.3.2.
3. Μια αναπαράσταση σε Java που χρησιμοποιεί στατικές κλάσεις που περιέχουν παραμέτρους άκαμπτα καθορισμένες στο χρόνο σχεδιασμού/ανάπτυξης (π.χ., ένα προφίλ υπηρεσιών αναπαρίσταται από μια κλάση αποκαλούμενη VasRecord, το οποίο περιέχει μια στατικά

καθορισμένη μεταβλητή για κάθε περιλαμβανόμενη ιδιότητα του προφίλ ή εμφωλευμένο προφίλ).

Τα αποτελέσματα των δοκιμών μας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-2 (τα μεγέθη είναι όλα σε bytes). Στις στήλες με το όνομα ratio1 και ratio2 αναγράφονται οι τιμές που υπολογίζονται από τους τύπους:

$$\text{ratio1} = [ \text{μέγεθος(Java γενικό προφίλ)} / \text{μέγεθος(αρχικό)} ] - 1 * 100 \text{ } \langle \rangle$$

$$\text{ratio2} = \{ [ \text{μέγεθος(Java γενικό προφίλ)} / \text{μέγεθος(Java στατικό προφίλ)} ] - 1 \} * 100$$

	Initial	Java custom object	Java generic profile	ratio1	ratio2
service profile	10748	8817	10950	1,879419	24,1919
terminal capabilities profile	2614	2073	2551	-2,410099	23,05837

**Πίνακας 4-2.** Αποτελέσματα πειραμάτων σχετικών με το μέγεθος δεδομένων προφίλ.

Κατά συνέπεια, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι το συνολικό κόστος είναι αμελητέο (της τάξεως 1-2%) σε σύγκριση με την αρχική αναπαράσταση, ενώ είναι αξιοσημείωτη (της τάξεως 20-25%) σε σχέση με την στατική καθορισμένη άκαμπτη Java αναπαράσταση. Εντούτοις, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές στον ανωτέρω πίνακα, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι ένα μέσο μέγεθος για τις παραμέτρους ενός αιτήματος προσαρμογής θα ήταν 15 Kbytes. Ο πλεονασμός που εισάγεται από το σχέδιό μας είναι συνεπώς για 3,5 Kbytes ή 27 Kbits. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι συνήθως ο εξυπηρετούμενος του στοιχείου προσαρμογής συνδέεται με αυτό με μια πολύ γρήγορη σύνδεση του τοπικού δικτύου (π.χ., γρήγορο Ethernet) η αύξηση στο χρόνο μετάδοσης των παραμέτρων θα ήταν λιγότερο από 0,3 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Κατά συνέπεια, στην πράξη δεν προκαλείται σημαντικός αρνητικός αντίκτυπος.

Κόστος σε μέγεθος υπάρχει και στην XML αναπαράσταση του προφίλ υπηρεσίας λόγω της εισαγωγής των μεταδεδομένων που αφορούν τους εξατομικευμένους αλγορίθμους που προδιαγράφει ο αντίστοιχος VASP σε RDF/XML. Πράγματι, στα πειράματά μας μετρήσαμε ότι η αναπαράσταση μιας ιδιότητας σε RDF/XML μπορεί να γίνει μέχρι και 8 φορές μεγαλύτερη σε μέγεθος με την προσθήκη των μετα-δεδομένων των αλγορίθμων (στην χειρότερη περίπτωση των ατομικών ιδιοτήτων). Όπως είναι φανερό από τα παραπάνω, το επιπλέον στοιχείο ιδιότητας αυξάνει το μέγεθος του προφίλ υπηρεσίας. Εντούτοις, το πρόσθετο μέγεθος δεν αποτελεί πρόβλημα για τους εξής δύο λόγους:

1. Στην γενική περίπτωση, ένας VASP χρειάζεται να αναπτύξει εξατομικευμένους αλγορίθμους μόνο για ένα μικρό υποσύνολο των παραμέτρων περιβάλλοντος. Οι προκαθορισμένοι αλγόριθμοι (βλ. ενότητα 4.3.2) είναι κατάλληλοι για τη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων. Στην πειραματική μας υλοποίηση, το προαναφερθέν προφίλ της υπηρεσίας Mobiply αριθμούσε στην αρχική του μορφή 10099 bytes, ενώ με την προσθήκη μεταδεδομένων για δύο ατομικές ιδιότητες των δυνατοτήτων τερματικού (ScreenSize και

JavaPlatform) το τελικό του μέγεθος ήταν 10748 bytes, ήτοι αύξηση κατά 649 bytes ή 6,43%, δηλαδή σχετικά μικρή.

2. Η εγγραφή υπηρεσιών καθώς και οι άλλες διαδικασίες που βασίζονται στο προφίλ υπηρεσίας είναι διαδικασίες διαχείρισης που δεν έχουν αυστηρά όρια ως προς το χρόνο ολοκλήρωσής τους και δεν περιλαμβάνουν επικοινωνία μέσω της περιορισμένων δυνατοτήτων ασύρματης ζεύξης του κινητού τερματικού. Κατά συνέπεια, η έλλειψη πόρων δεν αποτελεί μείζον ζήτημα σε αυτήν την περίπτωση. Πραγματικά στο πρωτότυπό μας, παρατηρήσαμε ότι όλες οι διαδικασίες εγγραφής υπηρεσιών που δοκιμάσαμε, ακόμη και αυτές που περιλαμβάνουν το φόρτωμα υλοποιήσεων αλγορίθμων στον ταμειευτήρα του RCM, ολοκληρώθηκαν με μια καθυστέρηση λίγων δευτερολέπτων, η οποία είναι απόλυτα αποδεκτή για τέτοιες λειτουργίες διαχείρισης.

#### 4.6.3 Σύνοψη της αξιολόγησης

Τα πειράματα αξιολόγησης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το λογισμικό στοιχείο λήψης αποφάσεων προσαρμογής και οι σχετικοί μηχανισμοί λειτουργούν πράγματι σωστά και προσφέρουν τα καινοτόμα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για τα οποία έχουν σχεδιαστεί. Το προτεινόμενο σύστημα ήταν σε θέση να επεξεργαστεί μια ποικιλία από διαφορετικά σύνολα ρεαλιστικών δεδομένων (π.χ., όπως αυτά προδιαγράφονται από τα διεθνή πρότυπα κινητών υπηρεσιών). Η εφαρμογή της αρχής της αποσύνδεσης, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.2.3, επέτρεψε την επαναχρησιμοποίηση των ανεξάρτητα αναπτυγμένων μηχανισμών για τη συλλογή πληροφορίας περιβάλλοντος και την εφαρμογή ενεργειών προσαρμογής κατά τρόπο συμπληρωματικό στο στοιχείο λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, οι δοκιμές επίδοσης έδειξαν ότι το κόστος που προκαλείται από την εισαγωγή στο σύστημα προηγμένων ιδιοτήτων όπως αυτή της γενικότητας είναι λογικό και αποδεκτό στην πράξη για την κινητή παροχή υπηρεσιών.

Ένα ακόμη σημαντικό θέμα είναι η δυνατότητες κλιμάκωσης της προσέγγισής μας σε πραγματικά κινητά συστήματα, όπου ο αριθμός χρηστών είναι της τάξης των εκατομμυρίων. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των πειραμάτων της παραγράφου 4.6.2.2, ακόμη και η πειραματική μας υλοποίηση παρουσιάζει ικανοποιητικές ιδιότητες ως προς την κλιμάκωση. Επιπλέον, στο σχήμα μας καταστήσαμε σκόπιμα το στοιχείο προσαρμογής "άμνημον" («stateless»). Αυτό σημαίνει ότι κάθε αίτημα εξυπηρετείται ανεξάρτητα από οποιαδήποτε προηγούμενα αιτήματα του ίδιου εξυπηρετούμενο και είναι τελείως ανεξάρτητο από οποιαδήποτε άλλα δεδομένα πέραν των παραμέτρων του αιτήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό συμβάλλει στην αυτονομία του στοιχείου προσαρμογής και επιτρέπει την κλιμάκωσή του μέσω τυποποιημένων τεχνικών δημιουργίας πιστών αντιγράφων (ομοιοτύπων) και εξισορρόπησης φόρτου. Το μόνο

σχετικό ζήτημα που έχει ενδιαφέρον είναι η δημιουργία και ο συγχρονισμός πολλαπλών ομοιοτύπων του ταμιευτήρα αλγορίθμων, ο οποίος μπορεί να ενημερώνεται δυναμικά σε οποιαδήποτε στιγμή από τους VASPs. Εντούτοις, δεδομένου ότι η τελευταία λειτουργία δεν αναμένεται να συμβαίνει συχνά, δεν αναμένουμε να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην περίπτωση της ύπαρξης πολλαπλών αντιγράφων του ταμιευτήρα, ως προς την ορθότητα των δεδομένων, ακόμα κι αν χρησιμοποιηθεί ένα απλό παρασκηνιακό (lazy) σχήμα για τη διάδοση των όποιων μεταβολών πραγματοποιούνται από τους VASPs.

Ένα ενδιαφέρον ζήτημα είναι εάν οι VASPs θα αποθαρρυνθούν να εισάγουν στο σύστημα εξατομικευμένους αλγορίθμους από το γεγονός ότι οι τελευταίοι πρέπει να υλοποιηθούν σε γλώσσα προγραμματισμού και όχι να προσδιοριστούν δηλωτικά. Ο σχεδιασμός μας είναι τέτοιος που κανένας σημαντικός περιορισμός ή απαίτηση δεν επιβάλλεται στον υπεύθυνο για την ανάπτυξη του αλγορίθμου, αφού απλώς πρέπει να τηρηθεί το interface Adapter ή Matcher. Επιπλέον, ένας VASP, για να υλοποιήσει έναν αλγόριθμο δεν είναι απαραίτητο να μάθει κάποια νέα δηλωτική γλώσσα, αλλά να επαναχρησιμοποιήσει ένα μέρος της υπάρχουσας τεχνογνωσίας του όσον αφορά την ανάπτυξη λογισμικού. Υπάρχει, φυσικά, ο περιορισμός ότι η ανάπτυξη του αλγορίθμου πρέπει να γίνεται αποκλειστικά στη γλώσσα Java, η οποία είναι, εντούτοις, πανταχού παρούσα και ευρέως υιοθετημένη από παρόχους εφαρμογών για ασύρματα περιβάλλοντα.

Όσον αφορά περιορισμούς που μπορεί κανείς να εντοπίσει στην προσέγγισή μας, το προτεινόμενο σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί μόνο για προσαρμογή σε χρόνο εγκατάστασης. Για παράδειγμα, δεν έχει δοκιμαστεί σε λειτουργίες ενημέρωσης της λογικής της εφαρμογής αυτής καθ' εαυτήν. Επιπλέον, παραμένει θέμα προς περαιτέρω διερεύνηση η υλοποίηση του στοιχείου λήψης αποφάσεων σε μια πλατφόρμα λογισμικού (π.χ., J2ME) που στοχεύει σε τερματικά περιορισμένων ικανοτήτων και στερείται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα (π.χ., ενδοσκοπήση) που είναι ενσωματωμένα σε εκδόσεις της τυποποιημένης πλατφόρμας της Java για συνήθεις οικιακούς και φορητούς υπολογιστές. Είναι επίσης άξιο παραπέρα έρευνας εάν το λογισμικό στοιχείο λήψης αποφάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη προσαρμογής σε λειτουργίες δικτύωσης χαμηλός-στρώματος (π.χ., επιλογή δικτύου πρόσβασης ή «κατακόρυφη» μεταπομπή) όπου οι απαιτήσεις όσον αφορά τις επιδόσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες.

## 5. ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΣΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

### 5.1 Η έννοια «επιχειρηματικό μοντέλο»

Μία έννοια που αναγνωρίζεται τελευταία ως σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος σε επιχειρήσεις κάθε είδους είναι αυτή του επιχειρηματικού μοντέλου (ή προτύπου). Η σημασία της είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε τομείς όπως το ηλεκτρονικό και κινητό εμπόριο, όπου τα μέσα του επιχειρείν και της παραγωγής κερδών δεν είναι τόσο σαφή και κατανοητά όσο στους παραδοσιακούς κλάδους επιχειρηματικής δραστηριότητας. Αυτό το γεγονός έχει οδηγήσει ακόμη και στο φαινόμενο των επιχειρήσεων που επιδιώκουν να εξασφαλίσουν την αποκλειστικότητα των επιχειρηματικών τους μοντέλων μέσω διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας [102]. Επιπλέον, η έννοια του επιχειρηματικού μοντέλου έχει προταθεί στους ερευνητικούς τομείς της επιχειρηματικότητας και της στρατηγικής διαχείρισης ως η μονάδα ανάλυσης που είναι η πλέον κατάλληλη για την κατανόηση της δημιουργίας αξίας στο ηλεκτρονικό εμπόριο, έναντι των καθιερωμένων προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τους συμβατικούς τομείς της βιομηχανίας [103].

Ο όρος «επιχειρηματικό μοντέλο» χρησιμοποιείται εκτενώς στη βιβλιογραφία ηλεκτρονικού και κινητού εμπορίου και εν γένει αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τρόπο ή μέθοδο με την οποία μπορεί να ασκηθεί επιχειρηματική δραστηριότητα. Εντούτοις, δεν έχει ακόμα διατυπωθεί για τον όρο αυτό κάποιος καθολικά αποδεκτός ορισμός. Πολλές σχετικές προσπάθειες έχουν παραγάγει ένα πλήθος από διαφορετικά, αν και επικαλυπτόμενα, αποτελέσματα [103][104][105][106]. Παραδείγματος χάριν, ο Timmers [104] ορίζει το επιχειρηματικό μοντέλο ως "μια αρχιτεκτονική για τις ροές προϊόντων, υπηρεσιών και πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένης της περιγραφής των διάφορων επιχειρηματικών οντοτήτων και των ρόλων τους, της των εν δυνάμει οφελών για τις διάφορες επιχειρηματικές οντότητες και των πιθανών πηγών εισοδήματος", ενώ οι Weill και Vitale [107] ως "περιγραφή των ρόλων και των σχέσεων μεταξύ των καταναλωτών, των πελατών, των συνεργατών και των προμηθευτών μιας εταιρίας, η οποία προσδιορίζει τις σημαντικότερες ροές προϊόντων, πληροφοριών και χρημάτων και των σημαντικότερων οφελών

για τους συμμετέχοντες". Οι Amit και Zott [103] δηλώνουν ότι "ένα επιχειρηματικό μοντέλο απεικονίζει το περιεχόμενο, τη δομή και τη διοίκηση δοσοληψιών, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να δημιουργούν αξία μέσω της εκμετάλλευσης επιχειρηματικών ευκαιριών". Στον τελευταίο ορισμό, ως δοσοληψία αναφέρεται μια σύνθετη λειτουργία κάποιας χρηματικής αξίας, η οποία αποτελείται από μια ακολουθία αλληλεπιδράσεων μεταξύ επιχειρηματικών οντοτήτων. Επίσης, το περιεχόμενο δοσοληψίας αναφέρεται στα αγαθά και τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται και στους μηχανισμούς και πόρους που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η ανταλλαγή, η δομή δοσοληψίας στους συμμετέχοντες στη δοσοληψία και τις μεταξύ τους συνδέσεις/σχέσεις (συμπεριλαμβανομένης της ακολουθίας των βημάτων από τα οποία αποτελείται η συναλλαγή), και η διοίκηση δοσοληψίας στο ποιός και με ποιό τρόπο ελέγχει τις ροές αγαθών, πληροφοριών και πόρων.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζουμε το επιχειρηματικό μοντέλο της «μεσολαβούσας πλατφόρμας παροχής υπηρεσιών». Κατά την παρουσίαση αυτή, περιλαμβάνουμε εκείνα τα στοιχεία της έννοιας του επιχειρηματικού μοντέλου που είναι παρόντα σε όλους τους ανωτέρω ορισμούς, δηλαδή:

- Τις επιχειρηματικές οντότητες που συμμετέχουν στις δοσοληψίες για την παροχή υπηρεσιών και τις μεταξύ τους σχέσεις.
- Τις ακολουθίες αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραπάνω οντοτήτων που συνιστούν δοσοληψίες.
- Τις πιθανές πηγές εισοδήματος.
- Τα πιθανά οφέλη για κάθε οντότητα.
- Πρέπει να τονίσουμε ότι στη βιβλιογραφία δίστανται οι απόψεις για το αν το τελευταίο στοιχείο (πιθανές πηγές εισοδήματος) πρέπει να θεωρείται τμήμα του ορισμού ενός επιχειρηματικού μοντέλου ή όχι. Παρ'όλα αυτά, εμείς το συμπεριλαμβάνουμε στην παρουσίασή μας, αφού πιστεύουμε ότι είναι χρήσιμο για την κατανόηση και αξιολόγηση ενός μοντέλου.

## **5.2 Προηγμένο επιχειρηματικό μοντέλο για την παροχή υπηρεσιών σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών.**

Στην τρέχουσα ενότητα ορίζουμε το επιχειρησιακό μοντέλο της «μεσολαβούσας πλατφόρμας παροχής υπηρεσιών», το οποίο βασίζεται σε επέκταση του προτύπου που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3.

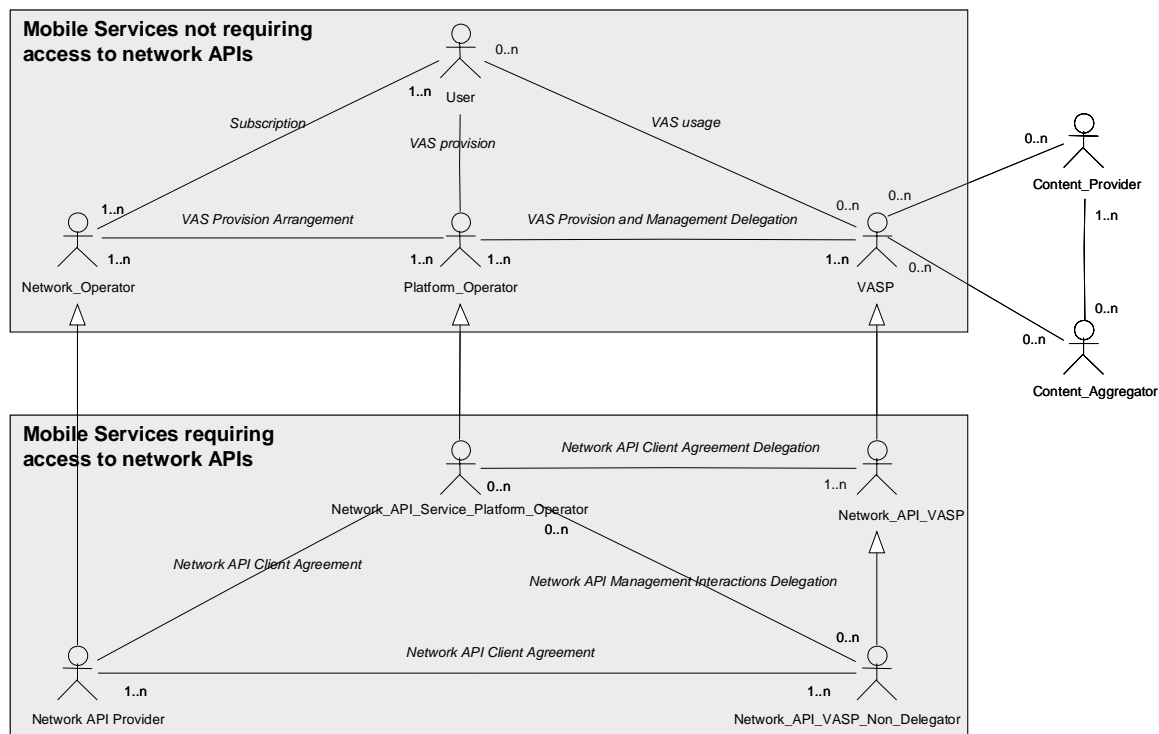


### 5.2.1 Επιχειρηματικοί ρόλοι και σχέσεις

Οι επιχειρηματικοί ρόλοι που προσδιορίζουμε στο προτεινόμενο πρότυπο και οι μεταξύ τους σχέσεις απεικονίζονται στο Σχήμα 5-1 με τη μορφή διαγράμματος κλάσεων της UML. Οι κύριοι ρόλοι είναι οι ίδιοι με το μοντέλο του Κεφαλαίου 3, δηλαδή *Τελικός χρήστης*, *Πάροχος δικτύου κινητών επικοινωνιών*, *Πάροχος υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας* και ο νεοεισαχθείς ρόλος *Διαχειριστής/πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών*.

Παρακάτω, παρουσιάζουμε αναλυτικότερα τους προαναφερθέντες ρόλους και προσδιορίζουμε διάφορες ειδικεύσεις τους που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον:

*Τελικός (κινητός) χρήστης*: Η οντότητα που είναι ο πραγματικός καταναλωτής των διαθέσιμων υπηρεσιών. Στο χρήστη διατίθενται υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας από έναν πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών.



Σχήμα 5-1. UML διάγραμμα ρόλων και σχέσεων επιχειρηματικού μοντέλου.

*Πάροχος δικτύου κινητών επικοινωνιών*: Ο πάροχος δικτύου κινητών επικοινωνιών είναι μια οντότητα που διαθέτει την υποδομή για την πρόσβαση κινητών χρηστών σε βασικές υπηρεσίες επικοινωνίας, οι οποίες υποστηρίζουν την παροχή εφαρμογών προστιθέμενης αξίας. Ο πάροχος δικτύου μπορεί να διατηρεί άμεση πελατειακή σχέση με τον τελικό χρήστη (π.χ., μέσω μιας συνδρομής). Αυτή είναι η πιο πιθανή εξέλιξη στα 3G δίκτυα, ενώ στα 4G συστήματα η συγκεκριμένη σχέση μπορεί να αναληφθεί από τον προμηθευτή πλατφορμών υπηρεσιών. Μια σημαντική πτυχή είναι ότι ο πάροχος δικτύου είναι δυνατόν να διαθέτει σε τρίτους πρόσβαση σε

επιλεγμένη λειτουργικότητα του δικτύου, μέσω ανοικτών, τυποποιημένων διεπαφών (π.χ., OSA/Parlay στα 3G δίκτυα), επομένως, αναλαμβάνοντας το ρόλο του *Παρόχου διεπαφών δικτύου*. Οι εφαρμογές τελικών χρηστών που στηρίζονται σε πρόσβαση στην υφιστάμενης υποδομής (π.χ., για την εγκαθίδρυση κλήσεων ή την ανάκτηση γεωγραφικής θέσης) μπορούν να ταξινομηθούν σε μια ιδιαίτερη (αν και πολύ ευρεία) δική τους κατηγορία, δεδομένου ότι η διαχείρισή τους έχει αυξημένες απαιτήσεις σε σύγκριση με τις υπόλοιπες υπηρεσίες.

Στο πρότυπό μας, ο πάροχος διεπαφών δικτύου είναι μια ειδίκευση του παρόχου δικτύου (με άλλα λόγια, ο πάροχος διεπαφών δικτύου είναι ταυτόχρονα και πάροχος δικτύου). Από τεχνικής άποψης, αυτό δεν είναι υποχρεωτικό. Εντούτοις, αναμένεται να αποτελέσει το κυρίαρχο σενάριο στα δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς και επίσης να διατηρηθεί σε μεγάλο βαθμό και μετά την έλευση 4G των συστημάτων 4<sup>ης</sup> γενιάς, δεδομένου ότι η επιχείρηση του ανοικτού ρόλου προμηθευτών API από έναν τρίτο εισάγει σύνθετα και δυσεπίλυτα ζητήματα ασφάλειας.

*Διαχειριστής/πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών*: Πρόκειται για την επιχειρηματική οντότητα που μεσολαβεί μεταξύ των VASPs, των προμηθευτών δικτύων και των τελικών χρηστών με την υποστήριξη μιας πλατφόρμας λογισμικού για τη διαχείριση και την παροχή υπηρεσιών. Ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών συνεργάζεται με τους παρόχους δικτύου και τους VASPs για να διαθέσει τις εφαρμογές στους τελικούς χρήστες. Οι σημαντικότερες λειτουργίες τις οποίες αναλαμβάνει ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών είναι η εγκατάσταση, διαχείριση, εξεύρεση, προσαρμογή και μεταφορά υπηρεσιών. Μια ιδιαίτερη κατηγορία παρόχων πλατφόρμας υπηρεσιών μοντελοποιείται από έναν χωριστό ρόλο: τον *Πάροχο πλατφόρμας για δικτυοκεντρικές υπηρεσίες*, ο οποίος είναι σε θέση να χειριστεί την εγκατάσταση και τη διαχείριση υπηρεσιών που στηρίζονται στη λειτουργικότητα του υφιστάμενου δικτύου και απαιτούν πρόσβαση σε αυτό μέσω ανοικτών διεπαφών.

*Πάροχος υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (VASP)*: Είναι η επιχειρηματική οντότητα που κατέχει και διαχειρίζεται την υλοποίηση (π.χ., υποδομή λογισμικού) μιας υπηρεσίας προστιθέμενης αξίας. Η έννοια των υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας καλύπτει όλες τις υπηρεσίες, η αξία των οποίων έγκειται συνήθως στη λειτουργικότητα και το περιεχόμενο, αντί της συνδεσιμότητας. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών, από την επικοινωνία μέσω πολυμεσικών μηνυμάτων έως το κινητό εμπόριο και τους αυτόματους οδηγούς πλοήγησης σε αστικές περιοχές. Οι πάροχοι υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας συνάπτουν επιχειρηματικές συμφωνίες με τους παρόχους πλατφόρμας υπηρεσιών, αναθέτοντάς τους τη διάθεση των υπηρεσιών τους πάνω από διάφορα δίκτυα. Συμβάσεις για τη χρήση υπηρεσιών μεταξύ VASPs και τελικών χρηστών δεν απαιτούνται χωρίς ωστόσο να αποκλείονται.

Μια εξειδικευμένη κατηγορία VASPs περιλαμβάνει εκείνους που προσφέρουν υπηρεσίες οι οποίες χρησιμοποιούν τη διεπαφή OSA/Parlay (*Πάροχος δικτυοκεντρικών υπηρεσιών, Network\_API\_VASP*). Οι συγκεκριμένοι προμηθευτές μπορούν να επιλέξουν είτε να αναθέσουν τις απαραίτητες επιχειρησιακές αλληλεπιδράσεις με τον πάροχο διεπαφών δικτύου στον πάροχο πλατφόρμας για δικτυοκεντρικές υπηρεσίες είτε να τις αναλάβουν οι ίδιοι. Την τελευταία περίπτωση μοντελοποιεί ο ρόλος *Αυτόνομος πάροχος δικτυοκεντρικών υπηρεσιών (Network\_API\_VASP\_Non\_Delegator)*.

*Πάροχος περιεχομένου:* Πρόκειται για μια οντότητα που είναι σε θέση να παρέχει κάποια μορφή περιεχομένου που μπορεί να έχει αξία για τους τελικούς χρήστες (π.χ., τιμές μετοχών, μουσική, ειδήσεις). Ο πάροχος περιεχομένου μπορεί να εμπλακεί σε επιχειρησιακές σχέσεις με διανομείς περιεχομένου ή απευθείας με VASPs, έτσι ώστε το περιεχόμενό τους να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητές υπηρεσίες.

*Διανομέας περιεχομένου:* Οντότητα που συλλέγει περιεχόμενο από διάφορες πηγές (παρόχους περιεχομένου), το επεξεργάζεται και το διαμορφώνει με τρόπο ώστε είναι πιο εύκολα ανακτήσιμο και προσιτό ή πιο εύχρηστο για τα ενδιαφερόμενα μέρη (π.χ., VASPs) σε σύγκριση με το δεδομένα που ανακτώνται απευθείας από τους παρόχους περιεχομένου.

Το μοντέλο μας έχει αναπτυχθεί με ιδιαίτερη έμφαση σε μια ειδική (αν και πολύ ευρεία) κατηγορία εφαρμογών τελικών χρηστών, στις οποίες αναφερόμαστε στην παρούσα διατριβή με τον όρο *δικτυοκεντρικές*. Οι εν λόγω υπηρεσίες χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι οι υλοποιήσεις τους κάνουν άμεση χρήση της λειτουργικότητας της υφιστάμενης υποδομής (π.χ., για την εγκαθίδρυση κλήσεων ή την ανάκτηση πληροφορίας γεωγραφικής θέσης), εν γένει μέσω προτυποποιημένων διεπαφών. Οι εφαρμογές αυτής της κατηγορίας θεωρείται ευρέως πως διαθέτουν ιδιαίτερη δυναμική και μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη παροχής υπηρεσιών σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών, δεδομένου ότι συνδυάζουν την πρόσβαση σε πληροφορίες διαθέσιμες από το δίκτυο, όπως η γεωγραφική θέση και η κατάσταση του χρήστη, καθώς επίσης και σε περιεχόμενο εξειδικευμένο ανά εφαρμογή. Επιπλέον, είναι φορητές σε διαφορετικά δίκτυα, δεδομένου ότι χρησιμοποιούν τυποποιημένες διεπαφές, ανεξάρτητες από τα χαρακτηριστικά της δικτυακής υποδομής. Εντούτοις, έχουν αυξημένες απαιτήσεις όσον αφορά την εγκατάσταση και τη διαχείρισή τους σε σχέση με τις "απλές" υπηρεσίες. Παραδείγματος χάριν, είναι απαραίτητη η εγγραφή κάθε δικτυοκεντρικής εφαρμογής με καθεμία από τις πύλες ανοικτών διεπαφών που χρησιμοποιεί. Η εγγραφή συμπεριλαμβάνει την προδιαγραφή και ενδεχομένως τη διαπραγμάτευση διάφορων παραμέτρων (π.χ., μέγιστη επιτρεπόμενη συχνότητα αιτήματος) που σχετίζονται με την ασφαλή πρόσβαση και χρήση του των διεπαφών από την εφαρμογή. Για το λόγο αυτό, το πρότυπό μας περιλαμβάνει ξεχωριστούς ρόλους που σχετίζονται

με την παροχή δικτυοκεντρικών υπηρεσιών (στο Σχήμα 5-1 υπάρχει μια σαφής ομαδοποίηση των ρόλων αυτών).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το προτεινόμενο πρότυπο μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη χωρίς να υπάρχει κατ'ανάγκη μία ένα-προς-ένα αντιστοίχιση μεταξύ ρόλων και πραγματικών επιχειρηματικών οντοτήτων. Για παράδειγμα, ένας πάροχος δικτύου μπορεί να αναλάβει το ρόλο του παρόχου πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών, ενώ ένας πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών ή και ένας πάροχος περιεχομένου μπορεί να λειτουργήσει ως πάροχος υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας.

Οι κυριότερες σχέσεις μεταξύ των ρόλων του μοντέλου, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 5-1, είναι οι εξής:

1. *Συνδρομή (Subscription)* μεταξύ του τελικού χρήστη και του παρόχου δικτύου. Ο τελικός χρήστης εμπλέκεται σε μια επιχειρηματική σχέση με το πάροχο δικτύου, η οποία έχει τη μορφή μιας συνδρομής που ενεργοποιείται συνήθως με την έκδοση μιας κάρτας (U)SIM. Ο πάροχος δικτύου προσφέρει στο χρήστη πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες δικτύου. Είναι επίσης η οντότητα που εκδίδει και παραδίδει στο χρήστη έναν μοναδικό αναλυτικό λογαριασμό, ο οποίος περιλαμβάνει τα οφειλόμενα για την πρόσβαση τόσο σε βασικές όσο και σε προστιθέμενης αξίας υπηρεσίες. Σημειωτέον ότι ο υπολογισμός του παραπάνω λογαριασμού πραγματοποιείται από το CAB σύστημα και μπορεί να αποτελέσει αυτόνομη, ανεξάρτητη υπηρεσία. Συνεπώς ουσιαστικά ανατίθεται στην οντότητα που διαθέτει στο CAB σύστημα, που συνήθως είναι ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών.
2. *Παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (VAS Provision)* μεταξύ του τελικού χρήστη και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών. Ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών επιτρέπει στο χρήστη να βρει και να εκτελέσει το σύνολο των υπηρεσιών που είναι εγγεγραμμένες στην πλατφόρμα. Επιπλέον, η παροχή των υπηρεσιών αυτών είναι προσαρμοσμένη στο φυσικό, κοινωνικό και τεχνολογικό περιβάλλον. Ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών διατηρεί στοιχεία για το προφίλ του χρήστη (π.χ., προτιμήσεις σχετικές με τη γραφική διεπαφή και τη χρήση υπηρεσιών, αγαπημένες υπηρεσίες) έτσι ώστε μπορεί να εξατομικεύσει την παροχή υπηρεσιών καταλλήλως. Δεδομένα από το προφίλ του χρήστη χρησιμοποιούνται επίσης για την πιστοποίηση της ταυτότητάς του όταν ξεκινά μια σύνοδο με την πλατφόρμα. Ο χρήστης έχει το αποκλειστικό δικαίωμα να ανακτά και να τροποποιεί το περιεχόμενο του προφίλ του. Οι παραπάνω λειτουργίες απαιτούν την ύπαρξη μιας σχέσης/σύμβασης μεταξύ του χρήστη και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών. Η συγκεκριμένη σχέση μπορεί να δημιουργείται αυτόματα με τη συνδρομή του χρήστη στον πάροχο δικτύου. Με άλλα λόγια, οι συνδρομητές εκείνων των παρόχων δικτύου που είναι συμβεβλημένοι με τον πάροχο πλατφόρμας

υπηρεσιών είναι δυνατόν να αποκτούν αυτόματα εξουσιοδότηση για πρόσβαση στην πλατφόρμα.

3. *Διακανονισμός για την παροχή υπηρεσιών (VAS Provision Arrangement)* μεταξύ του παρόχου δικτύου και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών. Το δίκτυο προσφέρει την τηλεπικοινωνιακή υποδομή για την πρόσβαση σε υπηρεσίες. Η πλατφόρμα έχει προνομιακή πρόσβαση στην υποδομή αυτή, έτσι ώστε να μπορεί να συλλέξει στοιχεία και να τη διαμορφώσει κατάλληλα για να επιτύχει τη βέλτιστη παροχή υπηρεσιών (π.χ., διαμόρφωση δικτυακού εξοπλισμού για βελτιστοποίηση της ποιότητας υπηρεσίας, καταγραφή κίνησης για τον υπολογισμό χρέωσης). Από τα έσοδα που προκύπτουν από την κατανάλωση υπηρεσιών, ο πάροχος δικτύου λαμβάνει ένα συγκεκριμένο μερίδιο, το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με την αντίστοιχη διμερή συμφωνία μεταξύ αυτού και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών.
4. *Ανάθεση παροχής και διαχείρισης υπηρεσιών (VAS Provision and Management Delegation)* μεταξύ του VASP και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών. Το VASP καταχωρίζει και διαχειρίζεται το μετα-δεδομένα των υπηρεσιών του που διατηρούνται στις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων της πλατφόρμας μέσω μιας αυτοματοποιημένης εφαρμογής, η οποία του επιτρέπει να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις υπηρεσίες του σε φορμαλιστική μορφή (π.χ. XML). Η πλατφόρμα αναλαμβάνει την εγκατάσταση και τη διαχείριση υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, απαλλάσσοντας κατά συνέπεια το VASP από την ευθύνη διεκπεραίωσης των λειτουργιών αυτών. Η εγκατάσταση και διαχείριση εφαρμογών περιλαμβάνουν εν γένει την επαναδιαμόρφωση του υφιστάμενου δικτύου, η οποία πραγματοποιείται με βάση τις ιδιότητες της υπηρεσίας που έχει προσδιορίσει ο VASP κατά την εγγραφή. Επιπλέον, η πλατφόρμα καθιστά την υπηρεσία εξευρέσιμη και προσβάσιμη από τους τελικούς χρήστες. Η επιχειρηματική συμφωνία μεταξύ παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών και VASP καθορίζει τον τρόπο διανομής μεταξύ των δύο οντοτήτων των εσόδων από τη χρήση υπηρεσιών.
5. *Πρόσβαση σε διεπαφές δικτύου (Network API client agreement)*, μεταξύ αυτόνομου παρόχου δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και παρόχου διεπαφών δικτύου. Πρόκειται για μια συμφωνία για τη χρήση του OSA API από τις εφαρμογές του VASP. Περιλαμβάνει παραμέτρους όπως τις ιδιότητες της πρόσβασης σε συγκεκριμένα τμήματα των διεπαφών από τις εφαρμογές αυτές (π.χ., ποιες εφαρμογές είναι εξουσιοδοτημένες να καλέσουν ποια τμήματα των διεπαφών, κ.λπ.).
6. *Πρόσβαση σε διεπαφές δικτύου (Network API client agreement)*, μεταξύ παρόχου πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και παρόχου διεπαφών δικτύου. Είναι ουσιαστικά ο ίδιος τύπος σχέσης όπως στην ένωση 5. Εντούτοις, ο πάροχος πλατφόρμας δικτυοκεντρικών

υπηρεσιών δεν τη χρησιμοποιεί για τις δικές του δικτυοκεντρικές υπηρεσίες, αλλά για τις υπηρεσίες των VASPs οι οποίοι τον έχουν εξουσιοδοτήσει να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες αλληλεπιδράσεις με τον πάροχο διεπαφών δικτύου (βλ. Σχέση 7).

7. *Ανάθεση συμφωνίας για την πρόσβαση σε διεπαφές δικτύου* μεταξύ παρόχου δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και παρόχου πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών. Αυτή η συμφωνία πραγματοποιείται όταν ένας πάροχος δικτυοκεντρικών υπηρεσιών αναθέτει όλες τις διαχειριστικές αλληλεπιδράσεις με τον πάροχο διεπαφών δικτύου στον πάροχο πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών. Σε αυτήν την περίπτωση, ο πάροχος διεπαφών δικτύου δεν αλληλεπιδρά με τον πραγματικό VASP, δεδομένου ότι επιχειρηματική συμφωνία συνάπτει μόνο με τον πάροχο πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους μικρούς προμηθευτές λογισμικού που βρίσκονται στο ρόλο του παρόχου δικτυοκεντρικών υπηρεσιών να αποφύγουν το κόστος μιας απευθείας σύμβασης με τον πάροχο διεπαφών δικτύου. Κατά συνέπεια, είναι ένα βήμα προς το να καταστεί ευκολότερη για τους ανεξάρτητους κατασκευαστές λογισμικού η είσοδος στην αγορά τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.
8. *Ανάθεση διαχειριστικών αλληλεπιδράσεων για πρόσβαση σε διεπαφές δικτύου (Network API Management Interactions Delegation)* μεταξύ αυτόνομου παρόχου δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και παρόχου πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών. Η συγκεκριμένη επιχειρηματική σχέση επιτρέπει σε έναν αυτόνομο πάροχο δικτυοκεντρικών υπηρεσιών να χρησιμοποιήσει τη διαχειριστική εφαρμογή που του προσφέρει ο πάροχος πλατφόρμας δικτυοκεντρικών υπηρεσιών για την εγγραφή υπηρεσιών ως ενοποιημένο περιβάλλον για να εκτελέσει επίσης τις λειτουργίες εγγραφής υπηρεσίας σε πύλες πρόσβασης σε διεπαφές δικτύου (π.χ. στο Parlay/OSA Framework). Αυτό είναι δυνατό παρά την ύπαρξη μιας άμεσης επιχειρησιακής συμφωνίας μεταξύ αυτόνομου παρόχου δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και παρόχου διεπαφών δικτύου. Κατά συνέπεια, η εγγραφή και η εγκατάσταση εφαρμογής τόσο με την πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών όσο και με το περιβάλλον πρόσβασης σε διεπαφές δικτύου εκτελούνται σύμφωνα με μια ενιαία, αυτοματοποιημένη διαδικασία.

### 5.2.2 Δοσοληψίες

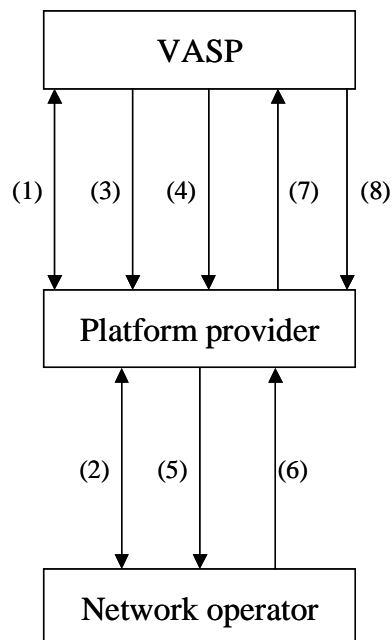
Στο επιχειρηματικό μας μοντέλο ορίζονται δύο βασικές δοσοληψίες: η *εγκατάσταση και διαχείριση υπηρεσιών* και η *παροχή υπηρεσιών*.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον προσδιορισμό των οντοτήτων του επιχειρηματικού μας μοντέλου στόπιμα συμπεριλάβαμε αποκλειστικά τις οντότητες που συμμετέχουν άμεσα στις προαναφερθείσες δοσοληψίες και όχι κάποιους άλλους επιχειρηματικούς φορείς (π.χ.,

κατασκευαστές τερματικών και εξοπλισμού δικτύων, τελικοί προμηθευτές λειτουργικών συστημάτων και περιβαλλόντων εκτέλεσης εφαρμογών) που έχουν σε αυτές υποστηρικτικούς ρόλους.

Οι αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια μιας δοσοληψίας εγκατάστασης και διαχείρισης υπηρεσιών απεικονίζονται στο Σχήμα 5-2.

Η αντίστοιχη διαδικασία ξεκινά εν γένει με μια off-line συμφωνία (3) μεταξύ του VASP και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών για την εγκατάσταση μιας ορισμένης υπηρεσίας πάνω από συγκεκριμένα δίκτυα πρόσβασης. Αυτή καθ'εαυτήν η αυτοματοποιημένη διαδικασία για την ενεργοποίηση της συμφωνίας εκκινείται από τον VASP μέσω μιας κατάλληλης (π.χ. web, Java) γραφικής διεπαφής την οποία προμηθεύει ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών (4). Η πλατφόρμα αποφασίζει για το πώς η υπηρεσία πρέπει να εγκατασταθεί και να παρασχεθεί, ερμηνεύοντας κατάλληλα τη φορμαλιστική περιγραφή της υπηρεσίας. Η τελευταία παρέχεται από τον VASP, είτε μέσω της προαναφερθείσας γραφικής διεπαφής είτε υπό μορφή προκατασκευασμένου εγγράφου (π.χ., ένα έγγραφο XML που είναι συμβατό με έναν καθολικά κοινό XML DTD). Το προφίλ της υπηρεσίας περιλαμβάνει ένα πλήθος διαφορετικών παραμέτρων όπως τις διαθέσιμες εκδόσεις υπηρεσιών, αρχιτεκτονική του λογισμικού της υπηρεσίας, απαιτήσεις από τερματικό και δίκτυο, μέθοδος τιμολόγησης, δίκτυα στα οποία η υπηρεσία πρέπει να εγκατασταθεί, πληροφορίες ασφάλειας, κλπ.

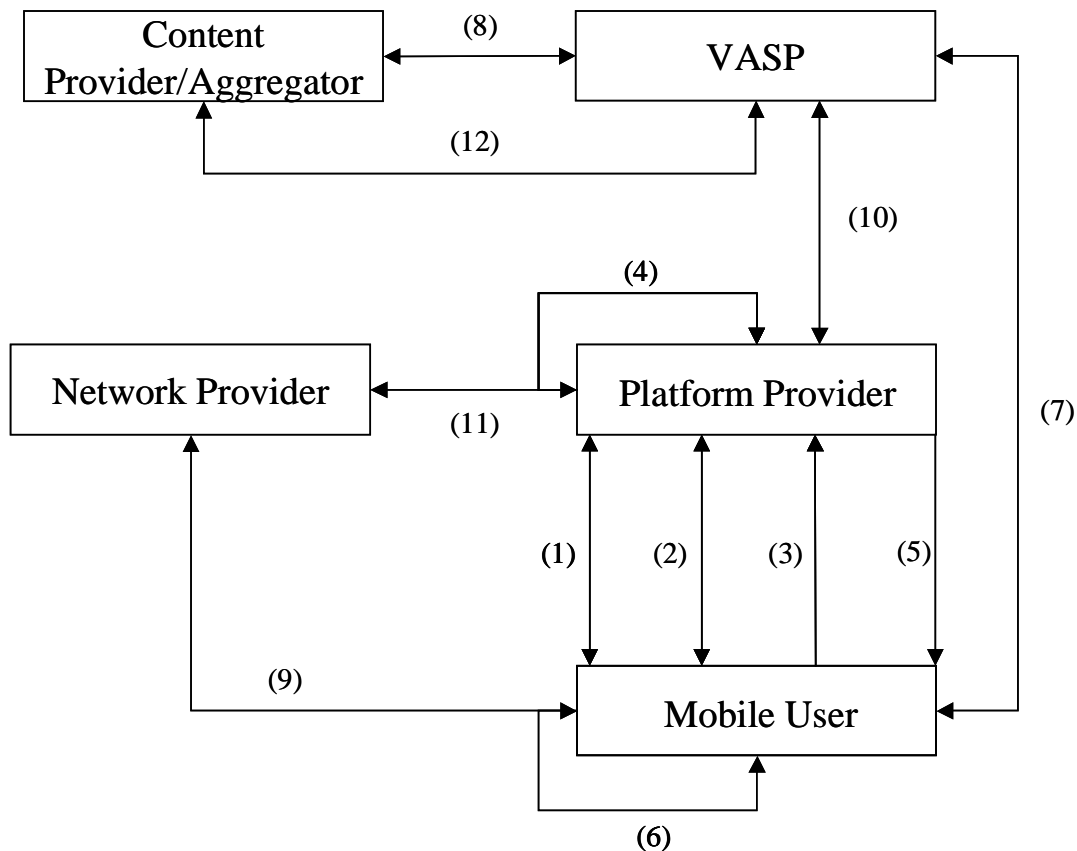


**Σχήμα 5-2.** Αλληλεπιδράσεις κατά τη δοσοληψία εγκατάστασης και διαχείρισης υπηρεσιών.

Η λογική της πλατφόρμας πρώτα ελέγχει αν οι παράμετροι του αιτήματος είναι αποδεκτές. Στην περίπτωση αυτή, βασισμένος στα προφίλ της νέας υπηρεσίας και των δικτύων στα οποία αυτή

πρόκειται να εγκατασταθεί, προσδιορίζουν τις κατάλληλες ενέργειες διαχείρισης και επαναδιαμόρφωσης και εκκινούν την εφαρμογή τους (5). Οι παραπάνω ενέργειες μπορεί να περιλαμβάνουν και όλες τις απαραίτητες αλληλεπιδράσεις για την πρόσβαση της υπηρεσίας σε ανοικτές διεπαφές δικτύου. Για την ολοκλήρωση από την πλατφόρμα των παραπάνω λειτουργιών απαιτείται πρόσβαση στο δίκτυο, η οποία πραγματοποιείται είτε μέσω προτυποποιημένων ανοικτών διεπαφών είτε μέσω προνομιούχου πρόσβασης στη λειτουργία του δικτύου με χρήση «κλειστών» πρωτοκόλλων ειδικού σκοπού. Όταν όλες οι απαραίτητες ενέργειες έχουν εκτελεσθεί χωρίς λάθη, ο πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών ειδοποιείται (6), η δοσοληψία θεωρείται ολοκληρωμένη και η υπηρεσία τίθεται στην διάθεση των κινητών χρηστών, δηλαδή περιλαμβάνεται στη βάση δεδομένων μέσω της οποίας διεξάγεται η εξεύρεση εφαρμογών. Επίσης, ο VASP λαμβάνει ένα μήνυμα ενημέρωσης για την έκβαση ολόκληρης της δοσοληψίας (7). Σε περίπτωση κατά την οποία η δοσοληψία δεν έχει ολοκληρωθεί σωστά, το παραπάνω μήνυμα περιέχει αναλυτικά τον τύπο και τα πιθανά αίτια των σφαλμάτων που έχουν λάβει χώρα. Πριν από μια λειτουργία εγκατάστασης υπηρεσίας ο VASP πρέπει ο ίδιος να έχει εγγραφεί ως πελάτης του προμηθευτή πλατφορμών (1), ενώ ο τελευταίος πρέπει να έχει συνάψει συμφωνίες με τους παρόχους δικτύου για την πρόσβαση στο δίκτυο μέσω κατάλληλων διεπαφών (2) Μετά από την επιτυχή εγκατάσταση της υπηρεσίας, ο VASP έχει ανά πάσα στιγμή τη δυνατότητα να αφαιρέσει μια υπηρεσία από την πλατφόρμα ή και να εκτελέσει πολύπλοκες τροποποιήσεις της περιγραφής της (8) (π.χ., αλλαγή στην τιμολόγηση, εισαγωγή, διαγραφή ή τροποποίηση μεμονωμένων εκδόσεων της υπηρεσίας). Οι διαδικασίες αυτές απαιτούν την επανάληψη των ενεργειών 3 έως 7.



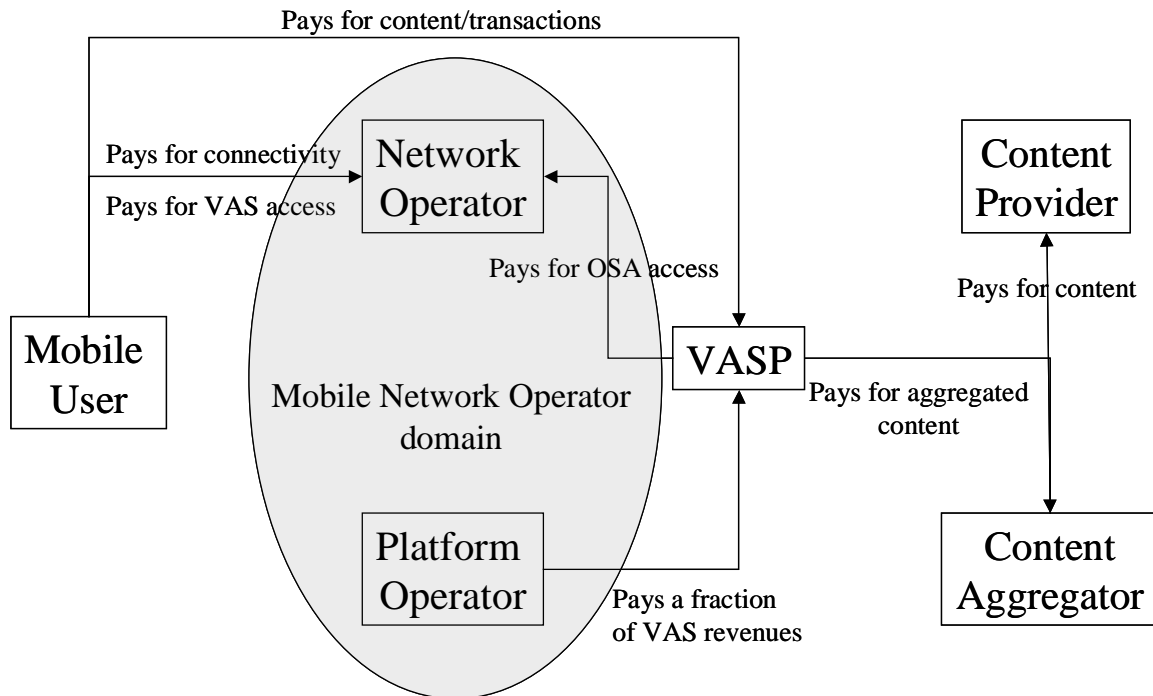


**Σχήμα 5-3.** Αλληλεπιδράσεις κατά τη δοσοληψία παροχής υπηρεσιών.

Οι αλληλεπιδράσεις που περιλαμβάνονται σε μια δοσοληψία παροχής υπηρεσιών απεικονίζονται στο Σχήμα 5-3. Για να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες μέσω της πλατφόρμας, ο χρήστης πρέπει πρώτα να εκτελέσει μια λειτουργία εγγραφής (1). Από εκεί και πέρα ο χρήστης μπορεί να εγκαθιδρύει με την πλατφόρμα συνόδους. Μια σύννοδος χρήστη ξεκινά με μια διαδικασία σύνδεσης/αμοιβαίας πιστοποίησης αυθεντικότητας (2). Μέσω της πύλης, ο χρήστης είναι σε θέση να βρει και να επιλέξει τις εγγραμμένες υπηρεσίες που ταιριάζουν με τις προτιμήσεις του και το τρέχον περιβάλλον (γεωγραφική θέση και κατάσταση χρήστη, δυνατότητες τερματικού, χαρακτηριστικά δικτύων πρόσβασης). Μετά από την επιλογή μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας (3), η διαμόρφωση της υπηρεσίας (π.χ., ποια στοιχεία λογισμικού πρέπει να κατέβουν στο τερματικό και ποια να μείνουν στον δίκτυο κορμού) προσαρμόζεται (4) στο παρόν περιβάλλον και το προσαρμοσμένο τερματικό τμήμα της υπηρεσίας, το οποίο έχει που έχει δημιουργηθεί δυναμικά από τα στοιχεία λογισμικού του VASP, μεταφέρεται στο τερματικό (5) και φορτώνεται για εκτέλεση (6). Η χρήση της υπηρεσίας είναι δυνατόν να περιλαμβάνει κάποια χρηματική συναλλαγή (π.χ. προμήθεια για τη μεταφορά χρημάτων μεταξύ τραπεζικών λογαριασμών), οπότε ο χρήστης χρεώνεται απευθείας από τον VASP (7). Το στατικό τμήμα της εφαρμογής μπορεί να έχει δυναμική πρόσβαση σε περιεχόμενο κάποιας τρίτης οντότητας (8). Κατά τη διάρκεια της

χρήσης της υπηρεσίας, καταγράφονται από την κατάλληλα διαμορφωμένη δικτυακή υποδομή δεδομένα κίνησης που χρησιμεύουν στη χρέωση. Τελικά, ο χρήστης χρεώνεται με έναν ενιαίο λογαριασμό για τη χρήση βασικών και προστιθέμενης αξίας υπηρεσιών (9). Τα προκύπτοντα έσοδα διανέμονται μεταξύ των εμπλεκόμενων οντοτήτων (πάροχος δικτύου, πάροχος πλατφόρμας υπηρεσιών, VASP, πάροχος/διανομέας περιεχομένου), βάσει προϋπαρχουσών συμφωνιών (10), (11), (12).

### 5.2.3 Πηγές εισοδήματος και ροές χρήματος



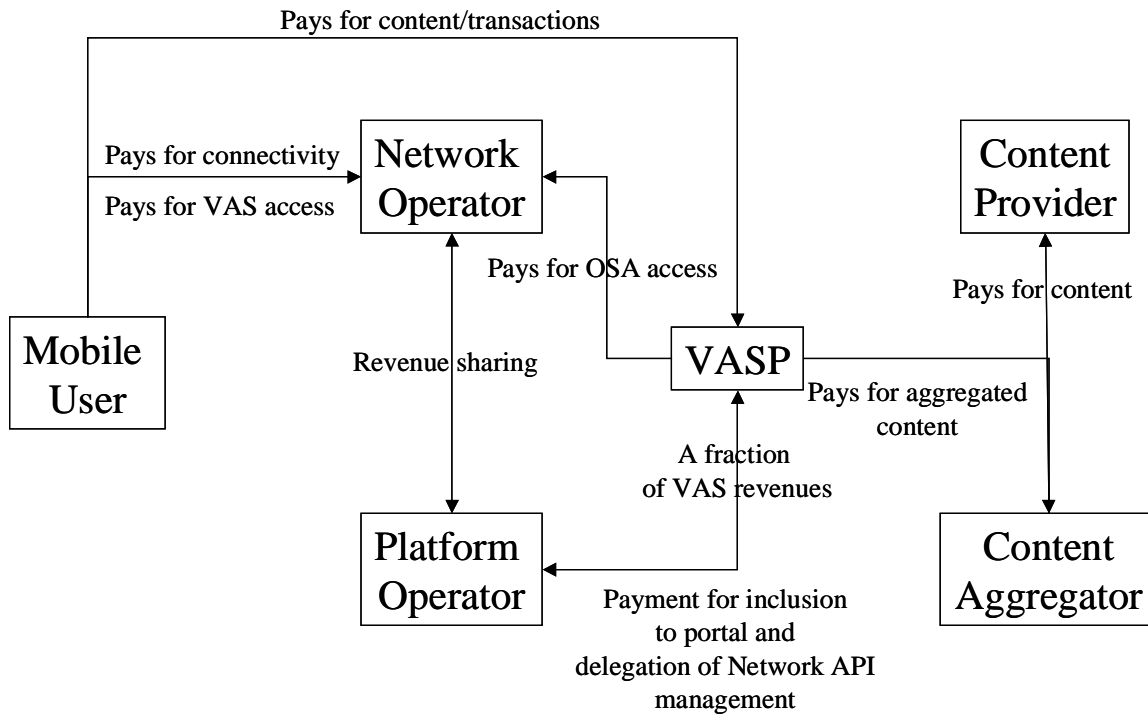
**Σχήμα 5-4.** Πιθανές ροές χρήματος στην περίπτωση που την πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών διαχειρίζεται ο πάροχος δικτύου.

Ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο για ένα επιχειρηματικό μοντέλο είναι οι πιθανές πηγές εισοδήματος. Το Σχήμα 5-4 και το Σχήμα 5-5 απεικονίζουν τις πιθανές ροές χρήματος για δύο διαφορετικές εκδοχές της εφαρμογής του προτεινόμενου επιχειρησιακού προτύπου στον πραγματικό κόσμο, που περιλαμβάνει τους προαναφερθέντες επιχειρηματικούς ρόλους, για την κινητή παροχή υπηρεσιών σε δίκτυα 3ης γενιάς και μετέπειτα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ροές χρήματος ("ποιος εισπράττει χρήματα από ποιον") σε τελική ανάλυση εξαρτώνται από τις σχετικές ισχύεις των εμπλεκόμενων οντοτήτων σε κάθε περίπτωση και δεν μπορούν να προκαθοριστούν ή να προβλεφθούν επακριβώς. Κατά συνέπεια, σχήματα παραγωγής εισοδήματος πέραν αυτών που παρουσιάζονται στα σχήματα Σχήμα 5-4 και Σχήμα 5-5 μπορούν να εμφανιστούν μεταξύ των

ίδιων επιχειρηματικών φορέων σε μια δεδομένη κατάσταση, αν και πιστεύουμε ότι τα δεδομένα παραδείγματα αντιπροσωπεύουν τις πλέον πιθανές περιπτώσεις.

Στο πρότυπο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-4, ο πάροχος δικτύου 3<sup>ης</sup> γενιάς αναλαμβάνει το ρόλο του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών και συμμετέχει σε απευθείας επιχειρηματικές συμφωνίες με τους VASPs τόσο για την εγκατάσταση εφαρμογών όσο και για τη διαχείριση της πρόσβασής τους σε λειτουργίες του δικτύου δικτύων μέσω των διεπαφών OSA/Parlay. Ο χρήστης λαμβάνει και εξοφλεί στον πάροχο δικτύου έναν ενιαίο, αναλυτικό λογαριασμό που αφορά και τις βασικές και τις προστιθέμενης αξίας υπηρεσίες. Μέρος των εσόδων από τις τελευταίες καταλήγει στον VASP, ο οποίος επίσης χρεώνεται από τον πάροχο δικτύου για την πρόσβαση στις ανοικτές διεπαφές δικτύου. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας υπηρεσίας μπορεί επίσης να λάβει χώρα απευθείας χρέωση του χρήστη από τον VASP για κάποια εξαρτώμενη από την εφαρμογή δοσοληψία (π.χ. αγορά ενός προϊόντος). Η συγκεκριμένη χρέωση πραγματοποιείται από λογική εκτός της πλατφόρμας. Σε περίπτωση που κάποια υπηρεσία χρησιμοποιεί πολυμεσικό περιεχόμενο που προέρχεται από κάποια τρίτη οντότητα, η τελευταία (είτε πρόκειται για πάροχο είτε για διανομέα περιεχομένου) εισπράττει από τον VASP κάποιο αντίτιμο που μπορεί να είναι πάγιο ή και ανάλογο με το περιεχόμενο που ανακτάται. Αντίστοιχο τίμημα ανάκτησης δεδομένων συνήθως καταβάλλει και ο διανομέας περιεχομένου στον πάροχο περιεχομένου.

Αυτή η ρύθμιση θα μπορούσε να είναι μια φυσική εξέλιξη των μοντέλων που προϋπάρχουν της 3<sup>ης</sup> γενιάς [108]. Ένας μέσος πάροχος δικτύου κατέχει σημαντικά στρατηγικά πλεονεκτήματα, όπως μια υπάρχουσα μεγάλη βάση συνδρομητών, την απευθείας σχέση με τον πελάτη καθώς επίσης και ευκολότερη πρόσβαση σε δεδομένα και λειτουργικότητα του δικτύου, όπως η γεωγραφική θέση χρηστών. Η σχέση εμπιστοσύνης με τους συνδρομητές του μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την προσέλκυση των τελικών χρηστών στις υπηρεσίες 3<sup>ης</sup> γενιάς και θα μπορούσε να ωφελήσει την ανάπτυξη της αγοράς 3G, βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα. Εντούτοις, είναι αμφισβητήσιμο εάν οι πάροχοι δικτύου είναι σε θέση ή πρόθυμοι να επεκτείνουν σημαντικά την πείρα τους σε θέματα ανάπτυξης και παροχής υπηρεσιών έτσι ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις ενός τέτοιου ρόλου. Επιπλέον, ένας πάροχος δικτύου που διαθέτει μια πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών θα πρόσφερε πιθανώς την εγκατάσταση υπηρεσιών αποκλειστικά σε δίκτυα της δικαιοδοσίας του.



**Σχήμα 5-5.** Πιθανές ροές χρήματος στην περίπτωση που την πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών διαχειρίζεται μια οντότητα διαφορετική από τον πάροχο δικτύου.

Στο Σχήμα 5-5 παρουσιάζεται ένα διαφορετικό σενάριο, όπου την πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών τη διαχειρίζεται από μια οντότητα διαφορετική από τον πάροχο δικτύου. Σε μια τέτοια περίπτωση, διανομή εισοδήματος πρέπει να διενεργείται και μεταξύ του παρόχου δικτύου και του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών. Επίσης, οι πάροχοι δικτυακών υπηρεσιών μπορεί να χρεώνονται επιπλέον από τους παρόχους πλατφόρμας για τη σχέση ανάθεση συμφωνίας για την πρόσβαση σε διεπαφές δικτύου. Αυτό το μοντέλο ταιριάζει σε μελλοντικά ανοιχτά περιβάλλοντα πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς, όπου αναμένεται να συνυπάρχουν πολλά διαφορετικά δίκτυα συνδεσιμότητας. Επιτρέπει σε συγκεκριμένους φορείς να εξειδικευθούν στο ρόλο του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών, να συμβληθούν με διάφορους παρόχους δικτύου και να μπορούν με τον τρόπο αυτό να προσφέρουν σε VASPs την εγκατάσταση των υπηρεσιών τους σε περισσότερα από ένα δίκτυα μέσω μιας μοναδικής επιχειρηματικής συμφωνίας. Εντούτοις, αυτό θα απαιτούσε σημαντική προσπάθεια, για να επιτευχθεί η αναγνώριση από τους πιθανούς πελάτες (είτε αυτοί είναι τελικοί χρήστες είτε VASPs) καθώς επίσης και την καθιέρωση μη αποκλειστικών επιχειρησιακών σχέσεων με πέραν του ενός παρόχου δικτύου. Οι φορείς που έχουν ενδεχομένως τη δυνατότητα να ξεπεράσουν αυτές τις δυσκολίες και να αναλάβουν επιτυχώς το ρόλο του παρόχου πλατφόρμας υπηρεσιών είναι επιχειρήσεις που έχουν ήδη μια απευθείας σχέση με πιθανούς χρήστες και επίσης κατέχουν ένα ισχυρό εμπορικό σήμα (π.χ. πάροχοι ενσύρματης πρόσβασης στο Διαδίκτυο). Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η δυνατότητα άμεσης

επικοινωνίας με τους τελικούς χρήστες και επίδρασης σε αυτούς (π.χ. μέσω διαφήμισης). Τη συγκεκριμένη δυνατότητα διαθέτουν κυρίως επιχειρήσεις έντυπων και ηλεκτρονικών μέσων ενημέρωσης (π.χ., τηλεοπτικά και ραδιοφωνικά δίκτυα).

#### **5.2.4 Πιθανά οφέλη**

Ο κύριος στόχος του επιχειρηματικού μας μοντέλου είναι να προσελκύσει VASPs στην ανάπτυξη και εγκατάσταση κινητών υπηρεσιών, έτσι ώστε τελικά ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών να μπορεί να προσφερθεί στους τελικούς χρήστες. Η προσέγγιση που έχουμε ακολουθήσει για να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος στόχος είναι το να καταστήσουμε τις αντίστοιχες διαδικασίες ιδιαίτερα αποδοτικότερες. Η *αποδοτικότητα* των επιχειρηματικών διαδικασιών έχει αναγνωριστεί ως ένας από τους κύριους παράγοντες δημιουργίας προστιθέμενης αξίας σε ένα επιχειρησιακό μοντέλο [2]. Τη βελτίωση της αποδοτικότητας προσπαθούμε να την πετύχουμε με τη χρήση εξελιγμένων λογισμικών συστημάτων διαχείρισης της παροχής υπηρεσιών.

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζουμε τα εν δυνάμει οφέλη του μοντέλου μας για τους φορείς που παραδοσιακά εμπλέκονται στην παροχή κινητών υπηρεσιών (πάροχος δικτύου, VASP, τελικός χρήστης) με ιδιαίτερη έμφαση στο ζήτημα της αποδοτικότητας. Ειδικότερα, τα ακόλουθα οφέλη μπορούν να προσδιοριστούν για κάθε οντότητα:

##### **5.2.4.1 VASP**

1. Η πλατφόρμα υποστηρίζει, διαφανώς ως προς τον VASP, την προσαρμογή υπηρεσιών στις παραμέτρους περιβάλλοντος (π.χ., ικανότητες τερματικών και δικτύων, θέση χρηστών και προτιμήσεις) και την επαναδιαμόρφωση της δικτυακής υποδομής κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης υπηρεσιών. Το γεγονός αυτό απαλλάσσει τους VASP από το κόστος του να υλοποιήσουν οι ίδιοι τη λογική για τη συλλογή πληροφορίας περιβάλλοντος και για τη λήψη και εφαρμογή ευφυών αποφάσεων προσαρμογής.
2. Η αυτοματοποίηση της εγκατάστασης υπηρεσιών μειώνει τις σχετικές δαπάνες για τους VASP.
3. Η πλατφόρμα επιτρέπει VASPs να πραγματοποιήσουν σε μία μοναδική λειτουργία την εγκατάσταση μιας υπηρεσίας σε περισσότερα του ενός δίκτυα (και ακόμη και σε διαφορετικούς τύπους δικτύων, π.χ. σε UMTS και WLAN), συμπεριλαμβανομένων των αλληλεπιδράσεων με τον πάροχο δικτύου για την πρόσβαση σε προτυποποιημένες δικτυακές διεπαφές. Με την προσέγγιση αυτή, μειώνεται για τον VASP το κόστος πολλαπλών εγκαταστάσεων μιας εφαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

4. Η αυτόματη ενσωμάτωση των υπηρεσιών σε μια δικτυακή πύλη χρηστών με προηγμένες δυνατότητες εξεύρεσης υπηρεσιών μειώνει το κόστος της εμπορικής/διαφημιστικής προώθησης μια νέας εφαρμογής. Το συγκεκριμένο όφελος μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για μικρού και μεσαίου μεγέθους VASP που δεν διαθέτουν ισχυρό εμπορικό σήμα.
5. Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν στη μείωση του χρόνου μεταξύ της ανάπτυξης και της εμπορικής εκμετάλλευσης μιας υπηρεσίας και οδηγούν σε μικρότερη περίοδο απόσβεσης για τον VASP. Το γεγονός αυτό, συσσωρευτικά, διευκολύνει την παραγωγή μιας ευρύτερης κλίμακας (κινητών) υπηρεσιών.

Τα οφέλη για τους VASPs συνοψίζονται στον Πίνακα 5-1.

#### 5.2.4.2 Πάροχος δικτύου

1. Η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα υπηρεσιών από την πλευρά των VASP είναι λογικό να οδηγήσει σε μεγαλύτερη κατανάλωσή τους από τους τελικούς χρήστες και συνεπώς σε μια σημαντική νέα πηγή εισοδήματος για τους παρόχους δικτύου.
2. Η αυτοματοποίηση της εγκατάστασης υπηρεσιών μειώνει τις σχετικές δαπάνες για τους παρόχους δικτύου.

#### 5.2.4.3 Τελικός χρήστης

1. Η πλατφόρμα αποτελεί για το χρήστη ένα μοναδικό σημείο επικοινωνίας μέσω του οποίου μπορούν να πραγματοποιηθούν οι λειτουργίες εξεύρεσης, εξατομίκευσης και εκτέλεσης υπηρεσιών. Συνεπώς, ο χρήστης δε χρειάζεται να αναζητά τις διάφορες υπηρεσίες σε πολλά διαφορετικά σημεία (π.χ. διευθύνσεις δικτύου/web).
2. Η έκδοση ενός ενιαίου αναλυτικού λογαριασμού που αφορά και βασικές και προστιθέμενης αξίας υπηρεσίες είναι ιδιαίτερα βολική για τον τελικό χρήστη.
3. Το μοντέλο οδηγεί στη διαθεσιμότητα μεγαλύτερου πλήθους υπηρεσιών κάτι που σε τελική ανάλυση ωφελεί περισσότερο από όλους τον τελικό χρήστη.

Απαιτούμενες λειτουργίες για την ανάπτυξη, εγκατάσταση και εμπορική εκμετάλλευση υπηρεσιών	Απαιτούμενη προσπάθεια	
	Με την πλατφόρμα	Χωρίς την πλατφόρμα
Κτήση/Ανάπτυξη λογισμικό εξυπηρετούμενου για πύλες τυποποιημένων δικτυακών διεπαφών	Μείζων	Ελάχιστων (μόνη απαίτηση: συμφωνία με τον πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών)
Επιχειρηματικές συμφωνίες με παρόχους τυποποιημένων δικτυακών διεπαφών (για ένα	Μέτρια	Ελάχιστων (μόνη απαίτηση: συμφωνία

δίκτυο)		με τον πάροχο πλατφόρμας υπηρεσιών)
Επιχειρηματικές συμφωνίες με παρόχους τυποποιημένων δικτυακών διεπαφών (για περισσότερα του ενός δίκτυα)	Ανάλογη με το πλήθος των δικτύων	Σταθερή – η ίδια με την περίπτωση του ενός δικτύου
Ανάπτυξη λογικής συλλογής πληροφορίας περιβάλλοντος	Μείζων	Καμία ή Ελάσσων
Ανάπτυξη λογικής λήψης αποφάσεων προσαρμογής και εφαρμογής τους	Μείζων	Καμία ή Ελάσσων
Ανάπτυξη λογικής επαναδιαμόρφωσης δικτυακής υποδομής	Μείζων	Ελάσσων (συνήθων απαιτεί μόνο προδιαγραφή των μετα-δεδομένων της υπηρεσίας)
Εμπορική/διαφημιστική προώθηση της υπηρεσίας	Μείζων	Καμία ή Ελάσσων

**Πίνακας 5-1.** Οφέλη για τον VASP από το προτεινόμενο επιχειρηματικό μοντέλο και τη χρήση της πλατφόρμας.

### **5.3 Λογισμικό υποστήριξης εγγραφής δικτυοκεντρικών υπηρεσιών**

Τα τελευταία χρόνια αρκετές προσπάθειες διεθνώς έχουν επικεντρωθεί στον ορισμό και υλοποίηση ανοιχτών δικτυακών διεπαφών που επιτρέπουν την ανάπτυξη υπηρεσιών, οι οποίες μπορούν να έχουν πρόσβαση στη λειτουργικότητα της υφιστάμενης δικτυακής υποδομής και ταυτόχρονα είναι φορητές σε διαφορετικά δίκτυα (ακόμη και διαφορετικούς τύπους δικτύων). Οι κυριότερες από αυτές τις προσπάθειες οδήγησαν στον ορισμό των διεπαφών Parlay/OSA, όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 2. Πρόκειται για ανοικτές, αντικειμενοστρεφείς διεπαφές ανεξάρτητες από την τεχνολογία των δικτύων παροχής υπηρεσιών στο οποίο εφαρμόζονται, οι οποίες παρέχουν, με ασφαλή τρόπο, πρόσβαση στις δυνατότητες μιας ευρείας γκάμας δικτύων επικοινωνιών, ενώ παράλληλα είναι επεκτάσιμες για χρήση και σε νέους τύπους δικτύων με αυξημένες δυνατότητες.

Πριν μια εφαρμογή αποκτήσει πρόσβαση στις Parlay/OSA διεπαφές, είναι απαραίτητο να εκτελεστούν διάφορες διαχειριστικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στον πάροχο της εφαρμογής και το Parlay/OSA Framework (το οποίο χάριν συντομίας μπορεί να αναφέρεται και ως απλά «Framework» στο υπόλοιπο του παρόντος κεφαλαίου). Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 5.2.1, οι εν λόγω αλληλεπιδράσεις είναι δυνατόν να ενταχθούν στη λειτουργία εγγραφής μιας υπηρεσίας στην πλατφόρμα RCSPP, έτσι ώστε να απλοποιηθεί η όλη διαδικασία για τους VASP.

Στην ενότητα αυτή αρχικά θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι λειτουργίες του Framework που αφορούν την εγγραφή νέας υπηρεσίας στο Parlay/OSA και στην συνέχεια θα εστιάσουμε στις επεκτάσεις που έχουν ενσωματωθεί στην πλατφόρμα RCSPP ώστε να υποστηρίζει δικτυοκεντρικές υπηρεσίες που κάνουν χρήση του Parlay/OSA.

Αξίζει να τονιστεί ότι από εδώ και στο εξής με τον όρο διεπαφή/υπηρεσία θα εννοούμε μια διεπαφή που παρέχεται από το Parlay/OSA, και με τον όρο εφαρμογή μια οντότητα (π.χ., προστιθέμενης αξίας υπηρεσία τελικού χρήστη) η οποία κάνει χρήση των Parlay/OSA διεπαφών.

### 5.3.1 Λειτουργίες του Parlay/OSA Framework

Τα Parlay/OSA περιλαμβάνει διάφορες αντικειμενοστρεφείς διεπαφές. Εμείς θα εστιάσουμε την προσοχή μας στις διεπαφές που προσφέρει το Parlay/OSA Framework, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι αναγκαίες διαχειριστικές αλληλεπιδράσεις που προηγούνται της χρήσης του Parlay/OSA από μια εφαρμογή.

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα του Parlay/OSA τρεις από τις κατηγορίες διεπαφών που παρέχει το Framework είναι και οι ακόλουθες:

1. Διεπαφές διαδικασιών ασφάλειας (Trust and Security Interfaces)
2. Διεπαφές εξεύρεσης διεπαφών/υπηρεσιών (Service Discovery Interfaces)
3. Διεπαφές συνδρομής σε διεπαφή/υπηρεσία (Service Subscription Interfaces)

Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθεί καθεμία από τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες διεπαφών. Σημειωτέον ότι το Framework περιλαμβάνει κι ένα πλήθος άλλων διεπαφών, οι οποίες όμως δεν έχουν να κάνουν με τις λειτουργίες εγγραφής εφαρμογών στο Parlay/OSA Framework, τις οποίες πραγματοποιεί το VASREGM.

#### 5.3.1.1 Διεπαφές διαδικασιών ασφάλειας

Πρόκειται για μια διεπαφή που παρέχει τα εξής:

- Το πρώτο σημείο επαφής της εξυπηρετούμενης εφαρμογής με το Parlay/OSA Framework.
- Την διαδικασία πιστοποίησης μια εφαρμογής.
- Την δυνατότητα επιλογής μια διεπαφής από την εφαρμογή.
- Την δυνατότητα πρόσβασης σε άλλες διεπαφές του Framework από την εφαρμογή.

Η πρόσβαση μιας εφαρμογής στο Framework μπορεί να χωριστεί στα εξής τρία στάδια :

1. Αρχική Επαφή
2. Πιστοποίηση
3. Πρόσβαση

Τα αντίστοιχα *Interfaces* του *Framework* για αυτά τα τρία στάδια είναι τα εξής :

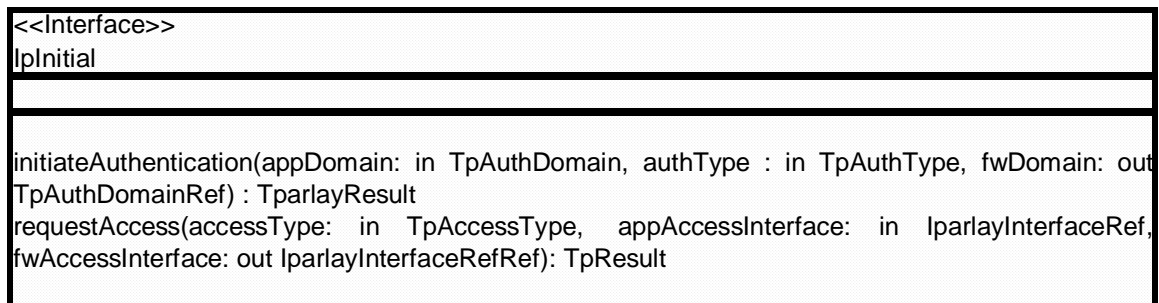


- IpInitial
- IpAuthentication
- IpAccess

Μια λεπτομερέστερη περιγραφή των τριών αυτών σταδίων και πως μπορεί μια εξυπηρετούμενη εφαρμογή να χρησιμοποιήσει τις παραπάνω διεπαφές για να αποκτήσει πρόσβαση στις υπηρεσίες δικτύου που προσφέρει το Parlay/OSA είναι το αντικείμενο της παρούσας υπο-ενότητας.

Αναλυτικότερα, κατά την αρχική επαφή η εξυπηρετούμενη εφαρμογή αποκτά μια προγραμματιστική αναφορά στη διεπαφή IpInitial του Framework στο οποίο επιθυμεί να έχει πρόσβαση. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως με χρήση ενός προκαθορισμένου URL ή μέσω ενός Object Request Broker (ORB). Η εξυπηρετούμενη εφαρμογή χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη αναφορά για να εκκινήσει τη διαδικασία πιστοποίησης με το Framework.

Η διεπαφή IpInitial ορίζεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-6.



**Σχήμα 5-6.** Ορισμός διεπαφής IpInitial.

Η συνάρτηση initiateAuthentication() χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση της επικοινωνίας της εφαρμογής με το Framework. Μετά την ολοκλήρωσή της, επιστρέφεται στην καλούσα εφαρμογή μια αναφορά στη διεπαφή IpAuthentication του Framework, η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-7.

Η συγκεκριμένη διεπαφή παρέχει λειτουργίες τόσο για τον ορισμό της μεθόδου αμοιβαίας πιστοποίησης ταυτότητας της εφαρμογής με το Framework όσο και για αυτή καθ'εαυτήν την πιστοποίηση. Αφού η εφαρμογή επιλέξει μια μέθοδο πιστοποίησης καλεί την συνάρτηση authenticate(). Το Framework ελέγχει (π.χ. με αναζήτηση σε μια βάση δεδομένων) αν το ID της εφαρμογής είναι έγκυρο κι αν είναι η πιστοποίηση ολοκληρώνεται με επιτυχία.

<<Interface>> IpAuthentication
selectAuthMethod (authCaps: in TpAuthCapabilityList, prescribedMethod: out TpAuthCapabilityRef) : TpResult authenticate (prescribedMethod: in TpAuthCapability, challenge: in TpString, response: out TpStringRef) : TpResult abortAuthentication() : TpResult

Σχήμα 5-7. Ορισμός διεπαφής IpAuthentication.

Στην συνέχεια η εφαρμογή για να αποκτήσει πρόσβαση στις διάφορες διεπαφές του *Framework* καλεί τη μέθοδο *requestAccess()* της διεπαφής *IpInitial*, η οποία με τη σειρά της επιστρέφει στον εξυπηρετούμενο μια νέα αναφορά στη διεπαφή *IpAccess*. Η τελευταία παρουσιάζεται στον Σχήμα 5-8. Οι κύριες συναρτήσεις της διεπαφής αυτής είναι οι *obtainInterface()* , η οποία καλείται με παράμετρο το όνομα μιας διεπαφής και επιστρέφει μια προγραμματιστική αναφορά σε αυτή, και η *selectService()* η οποία επιστρέφει μια προγραμματιστική αναφορά στη ζητούμενη διεπαφή του Parlay/OSA.

<<Interface>> IpAccess
obtainInterface( interfaceName: in TpInterfaceName, fwInterface: out IparlayInterfaceRef): TpResult selectService( serviceID: in TpServiceID, serviceProperties: in TpServicePropertyList, serviceToken: out TpServiceTokenRef): TpResult accessCheck( serviceToken: in TpServiceToken, securityContext: in TpString, securityDomain: in TpString, group : in TpString, serviceAccessTypes: in TpString, serviceAccessControl: out TpServiceAccessControlRef): TpResult endAccess(endAccessProperties: in TpEndAccessProperties) : TpResult

Σχήμα 5-8. Ορισμός διεπαφής IpAccess.

### 5.3.1.2 Διεπαφές εξεύρεσης διεπαφών/υπηρεσιών

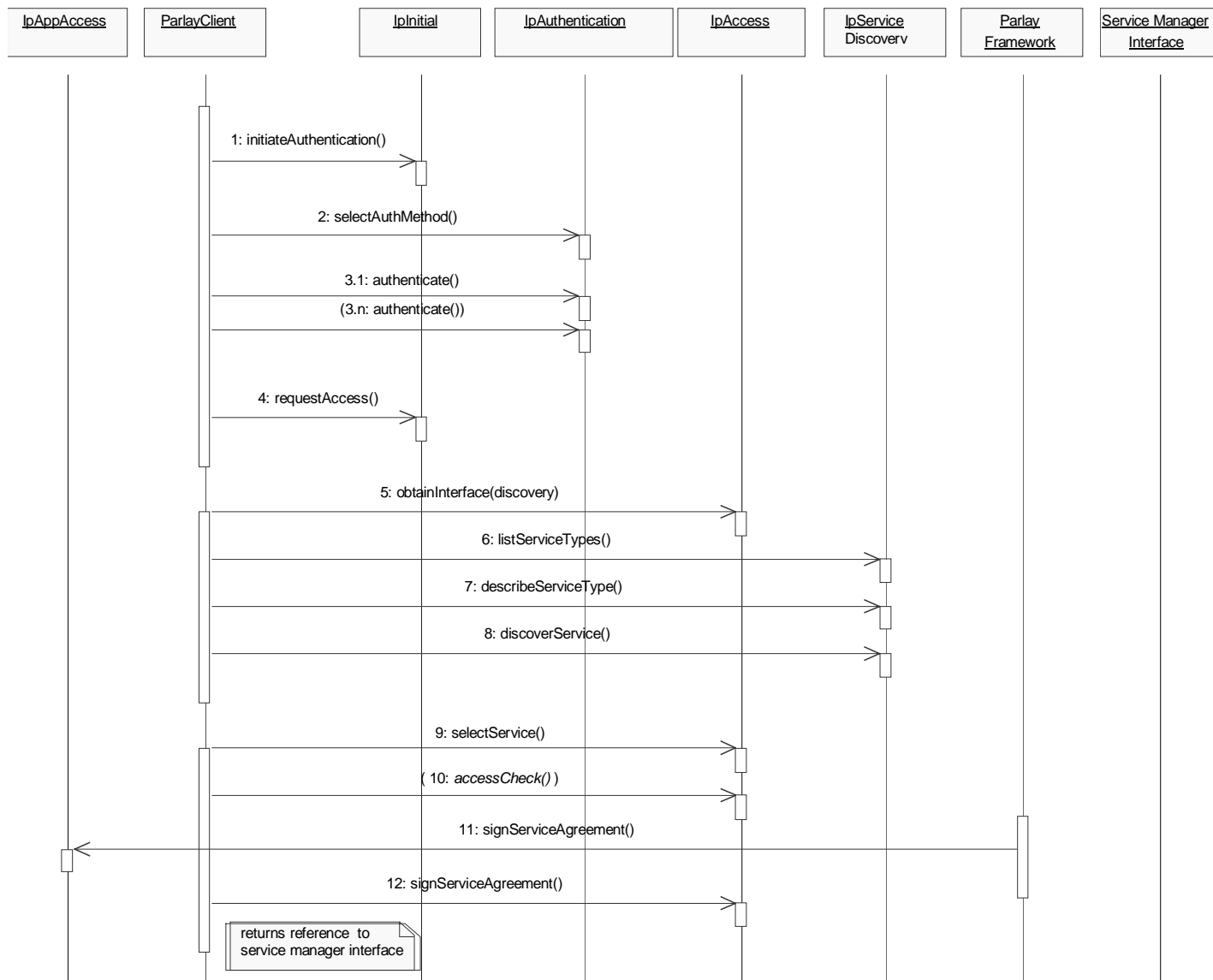
Η διεπαφή *IpServiceDiscovery* του *Framework* περιλαμβάνει τις λειτουργίες ανεύρεσης διεπαφών (υπηρεσιών που το Parlay/OSA διαθέτει στους εξυπηρετούμενους) από μια εφαρμογή. Το Σχήμα 5-9 παρουσιάζει τον ορισμό της εν λόγω διεπαφής.

<<Interface>>
IpServiceDiscovery
listServiceTypes(listTypes: out TpServiceTypeNameListRef) : TpResult
describeServiceType(name: in TpServiceTypeName, serviceTypeDescription: out TpServiceTypeDescriptionRef) : TpResult
discoverService(serviceTypeName: in TpServiceTypeName, desiredPropertyList: in TpServicePropertyList, max: in TpInt32, serviceList: out TpServiceListRef) : TpResult
listSubscribedServices(serviceList: out TpServiceListRef) : TpResult

**Σχήμα 5-9.** Ορισμός διεπαφής IpServiceDiscovery.

Βασικές λειτουργίες της είναι οι *listServiceType()* που επιστρέφει μια λίστα με όλες τις διεπαφές/υπηρεσίες και η *discoverService()* η οποία ανακαλύπτει μια διεπαφή/υπηρεσία δεδομένης μιας περιγραφής αυτής.

Η όλη διαδικασία πιστοποίησης με το Framework και εξεύρεσης και επιλογής Parlay/OSA διεπαφής/υπηρεσίας, με χρήση των διεπαφών που παρουσιάστηκαν στις υπο-ενότητες 5.3.1.1 και 5.3.1.2, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-10.



Σχήμα 5-10. Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την πρόσβαση μιας εφαρμογής στο Framework.

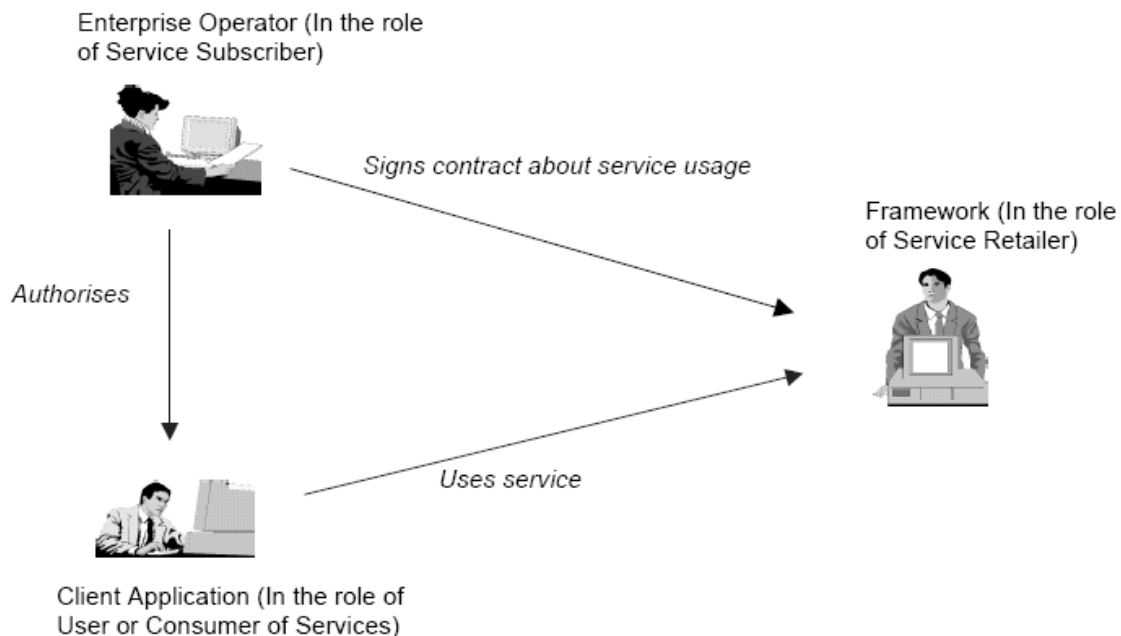
### 5.3.1.3 Διεπαφές συνδρομής σε διεπαφή/υπηρεσία

Ένα άλλο πολύ σημαντικό θέμα είναι επίσης το πώς μπορεί να εγγραφεί μια εφαρμογή εφαρμογή μας σε μια υπηρεσία του *Framework*. Η τρέχουσα παράγραφος ασχολείται με το συγκεκριμένο ζήτημα.

Στο Σχήμα 5-11 παρουσιάζεται το μοντέλο με τους ρόλους που εμπλέκονται στην διαδικασία που χρειάζεται ώστε μια εφαρμογή να αποκτήσει πρόσβαση σε συγκεκριμένες διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA. Η εν λόγω διαδικασία αυτή αφορά τον *πάροχο εφαρμογής*, ο οποίος μπορεί να είναι ένας οργανισμός που θέλει να παράσχει δικτυοκεντρικές εφαρμογές σε ένα σύνολο πελατών του (π.χ., ένας VASP στο μοντέλο της ενότητας 5.2.1), ένας πάροχος

Parlay/OSA διεπαφών δικτύου (Framework operator στο Σχήμα 5-11) και αυτές καθ'εαυτές οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τις Parlay/OSA διεπαφές (εξυπηρετούμενες εφαρμογές) και εμμέσως οι χρήστες τους.

Πριν μπορέσει μια εξυπηρετούμενη εφαρμογή να χρησιμοποιήσει μια διεπαφή/υπηρεσία του Parlay/OSA, η εφαρμογή πρέπει να εγγραφεί (να αποκτήσει «συνδρομή») στην εν λόγω διεπαφή/υπηρεσία. Η εγγραφή πραγματοποιείται με την ηλεκτρονική υπογραφή ενός συμβολαίου που αφορά την χρήση της υπηρεσίας, μέσω μιας διεπαφής αυτοματοποιημένης (online) εγγραφής, η οποία προσφέρεται από το *Framework*. Το Framework παρέχει στην συνέχεια την διεπαφή/υπηρεσία αυτή στη συγκεκριμένη εφαρμογή με βάση το προαναφερθέν συμβόλαιο. Ο πάροχος των εφαρμογών εγκρίνει την χρήση της διεπαφής/υπηρεσίας αυτής από κάποιες από τις εφαρμογές του, εγγράφοντας τις εφαρμογές αυτές στην υπηρεσία..



**Σχήμα 5-11.** Μοντέλο συνδρομής σε διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA.

Ο πάροχος εφαρμογών προσδιορίζει στο Framework το ποιες διεπαφές/υπηρεσίες χρειάζεται κάθε εφαρμογή του, ενώ το Framework του παρέχει τις κατάλληλες διεπαφές για τη διαχείριση των εφαρμογών του, την συνδρομή τους στις διάφορες διεπαφές/υπηρεσίες και τη διαχείριση των αντίστοιχων συμβολαίων πρόσβασης σε διεπαφές/υπηρεσίες. Με αυτό τον τρόπο ο πάροχος εφαρμογών μπορεί πλέον δυναμικά να δημιουργεί, να τροποποιεί και να καταργεί εφαρμογές και συμβόλαια πρόσβασης σε διεπαφές/υπηρεσίες.

Σημειώνουμε εδώ πως ο πάροχος εφαρμογών αναπαρίσταται στο Framework με ένα αντικείμενο, το οποίο περιέχει ένα μοναδικό ID καθώς και κάποιες ιδιότητες του. Αυτό το ID δημιουργείται από το Framework σε μια off-line φάση πριν την εγγραφή του παρόχου εφαρμογών σε αυτό, που

συμπεριλαμβάνει διαπραγματεύσεις σχετικές με το είδος των διεπαφών/υπηρεσιών που θα χρησιμοποιήσει ο πάροχος, καθώς και με τη χρέωσή του για αυτές τις υπηρεσίες.

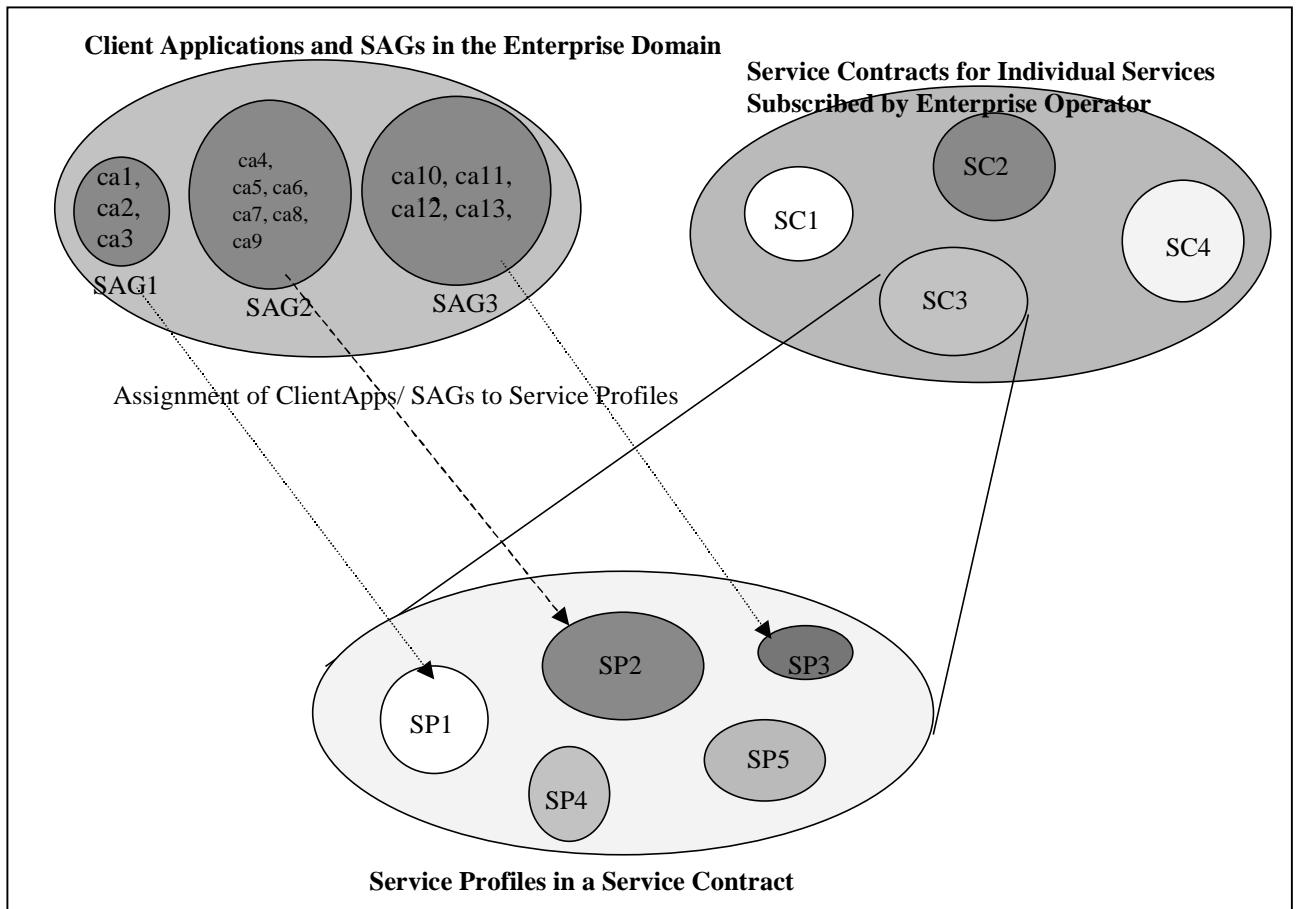
Μετά την ολοκλήρωση της εν λόγω συμφωνίας, ο πάροχος εφαρμογών έχει τη δυνατότητα να εγγράψει ηλεκτρονικά τις εφαρμογές του σε διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA, αλλά και να ομαδοποιήσει ένα υποσύνολο των εφαρμογών του με κοινά χαρακτηριστικά ως προς την χρήση αυτών των διεπαφών/υπηρεσιών. Κάθε τέτοια ομάδα/σύνολο καλείται Subscription Assignment Group (SAG). Ένα SAG συσχετίζει μια εξυπηρετούμενη εφαρμογή με συγκεκριμένες χαρακτηριστικά μιας διεπαφής/υπηρεσίας. Μια εφαρμογή μπορεί να είναι μέλος περισσότερων του ενός SAG.

Για την χρήση μιας διεπαφής/υπηρεσίας από μια εφαρμογή, ο πάροχος εφαρμογής συνάπτει με το Framework ένα συμβόλαιο πρόσβασης στη διεπαφή/υπηρεσία (service contract). Έτσι, κάθε συνδρομή εφαρμογής σε Parlay/OSA διεπαφή/υπηρεσία περιγράφεται από ένα συμβόλαιο το οποίο ορίζει τις συνθήκες για την παροχή της διεπαφής/υπηρεσίας και θέτει σχετικούς όρους. Κάθε συμβόλαιο περιέχει ένα ή περισσότερα προφίλ διεπαφής/υπηρεσίας (service profile), ένα για κάθε εφαρμογή ή SAG του παρόχου εφαρμογών. Το προφίλ διεπαφής/υπηρεσίας περιέχει τις παραμέτρους που εξειδικεύουν περαιτέρω τους όρους του αντίστοιχου περιέχοντος συμβολαίου με σκοπό να προσαρμοστεί η πρόσβαση στη διεπαφή/υπηρεσία στις ανάγκες της εξυπηρετούμενης εφαρμογής. Το κάθε προφίλ υπηρεσίας ταυτοποιείται με ένα μοναδικό ID.

Όσον αφορά την *εξυπηρετούμενη* εφαρμογή και αυτή, όπως και ο *provider* διακρίνεται στο Framework από ένα μοναδικό ID. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, κάθε εφαρμογή είναι μέρος ενός SAG και περιορίζεται από ένα προφίλ υπηρεσίας ως προς τον τρόπο χρήσης καθεμιάς από τις διεπαφές/υπηρεσίες που αυτή χρησιμοποιεί..

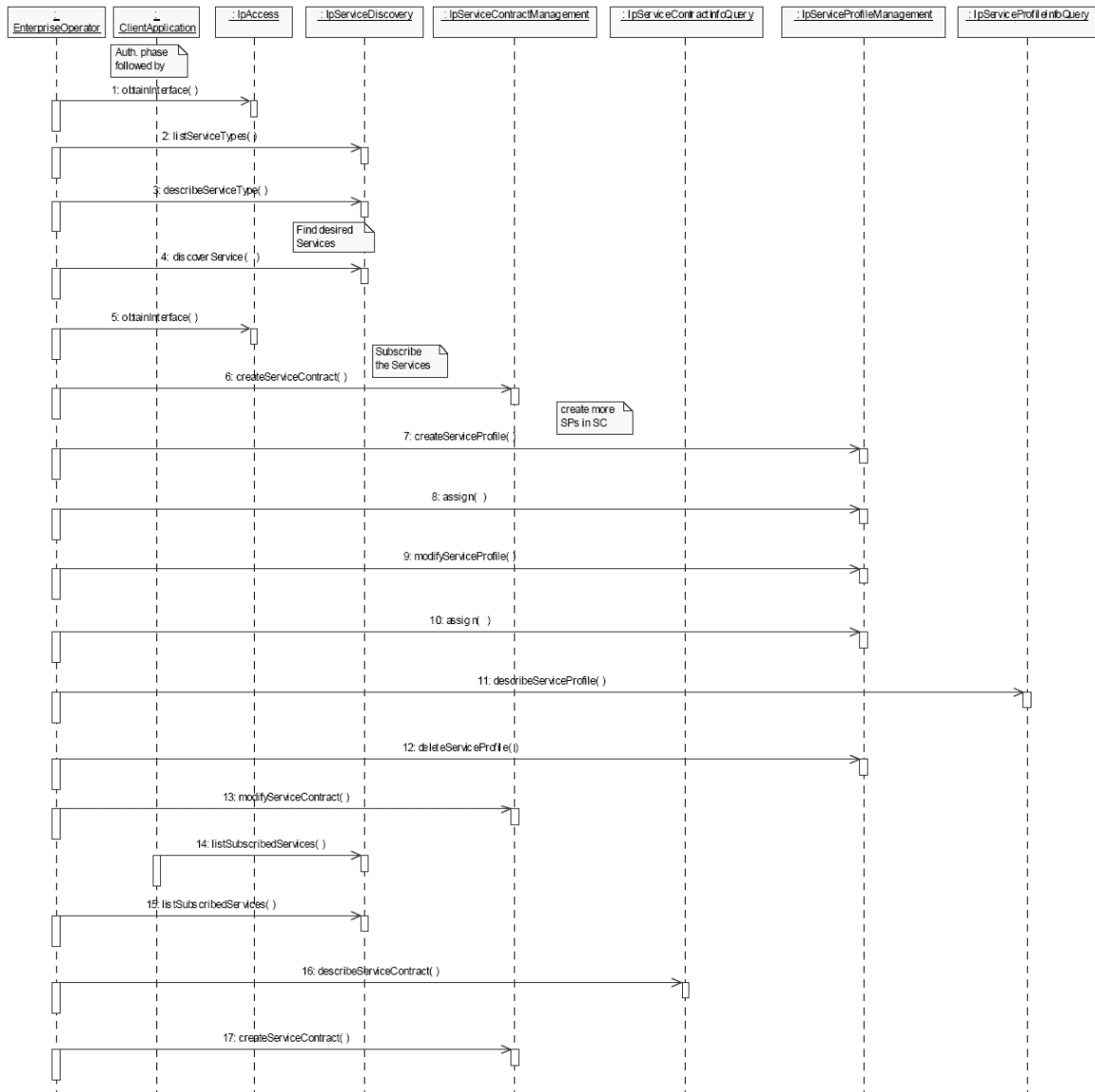
Ο πάροχος ενδέχεται να μην επιθυμεί να δώσει σε όλες τις εφαρμογές του τα ίδια χαρακτηριστικά υπηρεσιών και τις ίδιες άδειες χρήσεις αυτών. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να ομαδοποιήσει τις εφαρμογές σε διαφορετικά SAG και να αναθέσει συγκεκριμένα προφίλ υπηρεσιών σε καθένα από αυτά.

Η σχέση μεταξύ προφίλ διεπαφών/υπηρεσιών, συμβολαίων διεπαφών/υπηρεσιών και SAG, απεικονίζεται στο Σχήμα 5-12.



**Σχήμα 5-12.** Σχέση ανάμεσα σε SAGs, service profiles και service contracts

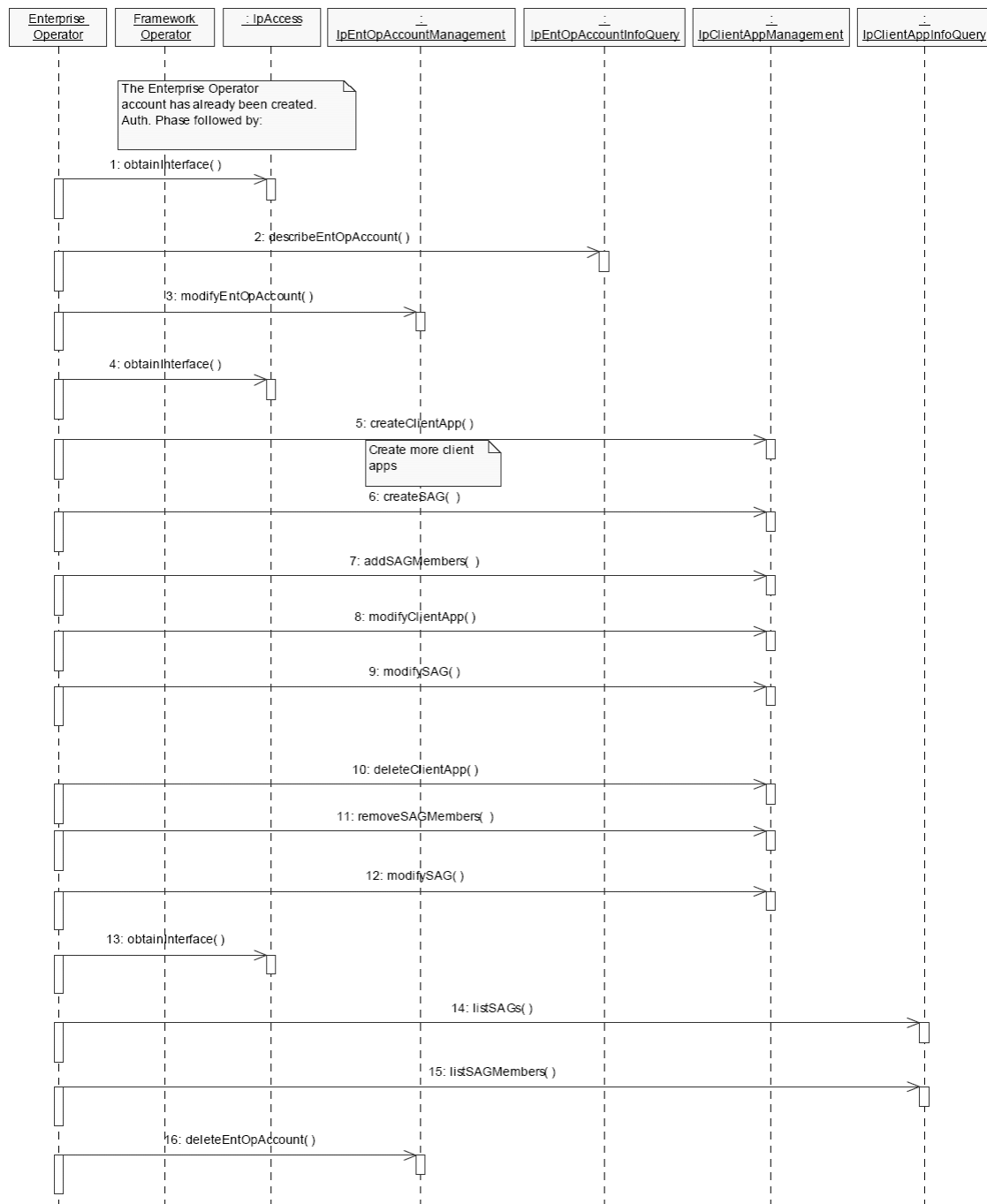
Οι σημαντικότερες διαδικασίες που σχετίζονται με τη συνδρομή σε διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA σκιαγραφούνται στα επόμενα ακολουθιακά διαγράμματα UML. Συγκεκριμένα, στο Σχήμα 5-13 φαίνεται η διαδικασία δημιουργία συμβολαίων και προφίλ διεπαφών/υπηρεσιών. Επίσης, στο Σχήμα 5-14 απεικονίζονται τα μηνύματα που ανταλλάσσονται για τη δημιουργία και διαχείριση του λογαριασμού ενός παρόχου εφαρμογών, όπως επίσης για την εγγραφή εφαρμογής στο Framework, την ένταξη της σε ένα ή περισσότερα SAG και τον προσδιορισμό των συμβολαίων και προφίλ βάσει των οποίων η εφαρμογή θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA.



**Σχήμα 5-13.** Διάγραμμα μηνυμάτων για την δημιουργία και τροποποίηση SAG καθώς και συμβολαίων και προφίλ διεπαφών/υπηρεσιών.

Στο υπόλοιπο της παρούσας υπο-ενότητας περιγράφονται οι διεπαφές του *Framework* οι οποίες χρησιμοποιούνται στις ακολουθίες ανταλλαγής μηνυμάτων των προηγούμενων σχημάτων. Οι συγκεκριμένες διεπαφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνον από έναν πάροχο πιστοποιημένο από το *Framework*, και όχι απευθείας από μια εφαρμογή ενός παρόχου.





**Σχήμα 5-14.** Διάγραμμα ακολουθίας μηνυμάτων για την διαχείριση λογαριασμού παρόχου εφαρμογών.

Το Parlay/OSA Framework διατηρεί δεδομένα (σε κατάλληλους λογαριασμούς) για κάθε συμβεβλημένο πάροχο εφαρμογής. Ο τελευταίος μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διεπαφή IpEntOpAccountManagement, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5-15 για την διαχείριση του δικού του λογαριασμού στο Framework, όπως τη δημιουργία, τροποποίηση και διαγραφή ενός λογαριασμού.

<<Interface>>
IpEntOpAccountManagement
createEntOpAccount(enterpriseOperator: in TpEntOp) : TpResult modifyEntOpAccount(enterpriseOperator: in TpEntOp) : TpResult deleteEntOpAccount() : TpResult

**Σχήμα 5-15.** Ορισμός διεπαφής IpEntOpAccountManagement.

Η διαχείριση των συμβολαίων συνδρομής εφαρμογών σε διεπαφές/υπηρεσίες του Parlay/OSA πραγματοποιείται μέσω της διεπαφής IpServiceContractManagement, η οποία παρέχει μεθόδους για τη δημιουργία, τροποποίηση και διαγραφή τέτοιων συμβολαίων και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-16.

<<Interface>>
IpServiceContractManagement
createServiceContract(serviceContract: in TpServiceContract) : TpResult modifyServiceContract(serviceContract: in TpServiceContract) : TpResult deleteServiceContract(serviceContractID: in TpServiceContractID) : TpResult

**Σχήμα 5-16.** Ορισμός διεπαφής IpServiceContractManagement.

Στην περίπτωση κατά την οποία ο πάροχος εφαρμογής επιθυμεί μια εφαρμογή του να αποκτήσει πρόσβαση στις διεπαφές Parlay/OSA, πρέπει αρχικά να την εγγράψει στο *Framework*, το οποίο παρέχει για το σκοπό αυτό τη διεπαφή IpClientAppManagement. Η τελευταία επιτρέπει στον πάροχο να εκτελέσει τις επόμενες λειτουργίες :

- Εγγραφή, τροποποίηση και διαγραφή μιας εξυπηρετούμενης εφαρμογής,
- Διαχείριση μιας ομάδας εφαρμογών (SAG).

Στο Σχήμα 5-17 παρουσιάζεται ο ορισμός της διεπαφής διαχείρισης μιας εξυπηρετούμενης εφαρμογής, στον οποίο διακρίνονται οι συναρτήσεις για τις λειτουργίες που μόλις αναφέρθηκαν.

<<Interface>>
IpClientAppManagement
createClientApp(clientAppDescription: in TpClientAppDescription) : TpResult modifyClientApp(clientAppDescription: in TpClientAppDescription) : TpResult deleteClientApp(clientAppID: in TpClientAppID) : TpResult createSAG(sag: in TpSag, clientAppIDs: in TpClientAppIDList) : TpResult modifySAG(sag: in TpSag) : TpResult deleteSAG(sagID: in TpSagID) : TpResult addSAGMembers(sagID: in TpSagID, clientAppIDs: in TpClientAppIDList) : TpResult removeSAGMembers(sagID: in TpSagID, clientAppIDList: in TpClientAppIDList) : TpResult

**Σχήμα 5-17.** Ορισμός διεπαφής IpClientAppManagement.

Η διεπαφή IpServiceProfileManagement ( Σχήμα 5-18) χρησιμοποιείται από τον πάροχο εφαρμογής για την διαχείριση των προφίλ διεπαφών/υπηρεσιών καθώς και για την συσχέτιση ενός προφίλ σε ένα SAG.

<<Interface>>
IpServiceProfileManagement
createServiceProfile(serviceProfile: in TpServiceProfile) : TpResult modifyServiceProfile(serviceProfile: in TpServiceProfile) : TpResult deleteServiceProfile(serviceProfileID: in TpServiceProfileID) : TpResult assign(sagID: in TpSagID, serviceProfileID: in TpServiceProfileID) : TpResult deassign(sagID: in TpSagID, serviceProfileID: in TpServiceProfileID) : TpResult

**Σχήμα 5-18.** Ορισμός διεπαφής IpServiceProfileManagement.

Η διεπαφή IpServiceProfileInfoQuery (Σχήμα 5-19) χρησιμοποιείται από τον πάροχο εφαρμογής για την ανάκτηση πληροφορίας σχετικής με τα υπάρχοντα προφίλ διεπαφών/υπηρεσιών που τον αφορούν.

<<Interface>>
IpServiceProfileInfoQuery
listServiceProfiles () : TpServiceProfileIDList describeServiceProfile (serviceProfileID : in TpServiceProfileID) : TpServiceProfileDescription listAssignedMembers (serviceProfileID : in TpServiceProfileID) : TpSagIDList

**Σχήμα 5-19.** Ορισμός διεπαφής IpServiceProfileInfoQuery.

Η διεπαφή IpServiceContractInfoQuery (Σχήμα 5-20) χρησιμοποιείται από τον πάροχο εφαρμογής για την ανάκτηση πληροφορίας σχετικής με τα υπάρχοντα συμβόλαια διεπαφών/υπηρεσιών που τον αφορούν.

<<Interface>>
IpServiceContractInfoQuery
describeServiceContract (serviceContractID : in TpServiceContractID) : TpServiceContractDescription listServiceContracts () : TpServiceContractIDList listServiceProfiles (serviceContractID : in TpServiceContractID) : TpServiceProfileIDList

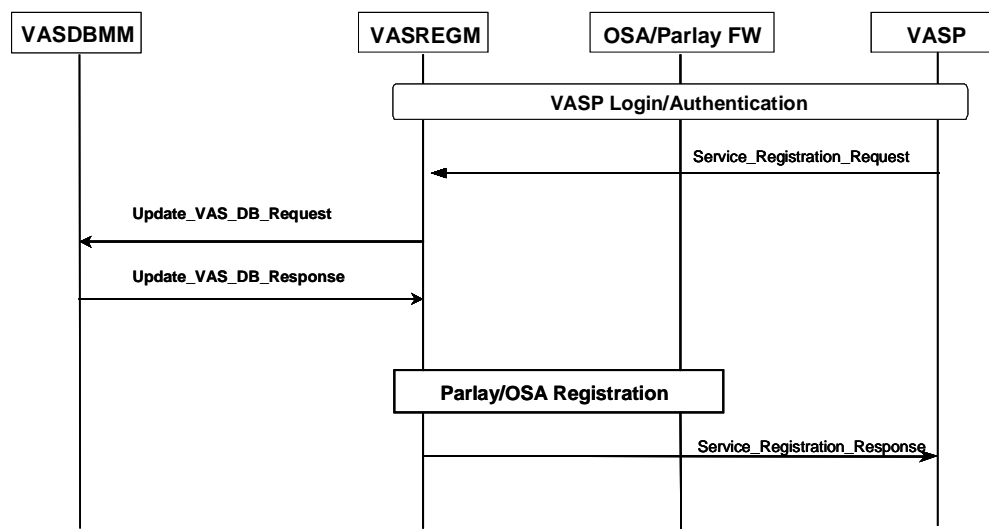
**Σχήμα 5-20.** Ορισμός διεπαφής IpServiceContractInfoQuery.

### 5.3.2 Λειτουργικότητα διαχείρισης δικτυοκεντρικών υπηρεσιών στην RCSPP

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, στον VASP προσφέρεται η δυνατότητα από την πλατφόρμα να εγγράψει μια νέα υπηρεσία, όπως επίσης να ενημερώσει τα δεδομένα μιας ήδη υπάρχουσας ή και να τη διαγράψει. Οι παραπάνω λειτουργίες έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις όταν αφορούν δικτυοκεντρικές υπηρεσίες των οποίων η διαχείριση όσον αφορά τις διεπαφές δικτύου έχει ανατεθεί από τον VASP στον πάροχο πλατφόρμας RCSPP. Η παρούσα υπο-ενότητα έχει ως αντικείμενο τη σχεδίαση και υλοποίηση της λογικής που διεκπεραιώνει την αντίστοιχη λειτουργικότητα και η οποία έχει αναπτυχθεί ως ένα αυτόνομο στοιχείο λογισμικού, ενσωματωμένο στο VASREGM με το όνομα Διαχειριστής Εγγραφής Υπηρεσίας στο Parlay/OSA (Parlay/OSA Service Subscription Manager, SSM). Πρέπει να τονίσουμε ότι το σύστημά μας υποθέτει ότι οι διεπαφές που χρησιμοποιούνται από την υπηρεσία είναι αυτές που προδιαγράφονται από το πρότυπο Parlay/OSA. Αρχικά, εξετάζουμε τη διαδικασία εγγραφής μιας νέας δικτυοκεντρικής υπηρεσίας στην RCSPP, τα αντίστοιχα δεδομένα που πρέπει να περιληφθούν στο προφίλ της υπηρεσίας και τις ακολουθίες μηνυμάτων που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στον VASP, το VASREGM και το Parlay/OSA Framework. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε την υλοποίηση του SSM και, τέλος, περιγράφουμε την υλοποίηση ενός προσομοιωτή του Parlay/OSA Framework που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο και την επαλήθευση του SSM.

#### 5.3.2.1 Διαδικασία εγγραφής δικτυοκεντρικής υπηρεσίας στην RCSPP

Στο Σχήμα 5-21 απεικονίζεται η διαδικασία εγγραφής στην RCSPP μιας υπηρεσίας που χρησιμοποιεί Parlay/OSA διεπαφές.



Σχήμα 5-21. Διαδικασία εγγραφής μιας δικτυοκεντρικής υπηρεσίας στην RCSPP.

Η διαδικασία εγγραφής μιας δικτυοκεντρικής υπηρεσίας στην RCSPP ξεκινά με τη σχετική αίτηση από τον VASP προς το VASREGM, και την αποστολή του προφίλ της υπηρεσίας, κωδικοποιημένου σε XML (βλ. ενότητα 4.X), το οποίο αρχικά αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων υπηρεσιών της RCSPP. Ένα μέρος του συγκεκριμένου προφίλ περιλαμβάνει το σύνολο των δεδομένων που είναι απαραίτητα τόσο για την εγγραφή της υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework όσο και για μεταγενέστερες λειτουργίες διαχείρισης, όπως την ενημέρωση και τη διαγραφή των δεδομένων της υπηρεσίας που διατηρούνται στο Parlay/OSA Framework. Στο Σχήμα 5-22 απεικονίζεται το τμήμα του XML DTD του προφίλ υπηρεσίας που αφορά την αλληλεπίδραση με το Parlay/OSA Framework. Το τμήμα αυτό περιλαμβάνει τις εξής παραμέτρους:

- **Πεδίο ParlayOSAData.** Πρόκειται για το στοιχείο το οποίο περιέχει το σύνολο των σχετικών με το Parlay/OSA δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν μια παράμετρο (RequiresParlayOSA) που δηλώνει εάν η εν λόγω υπηρεσία κάνει χρήση των διεπαφών Parlay/OSA και πληροφορίες που αφορούν τον πάροχο διεπαφών δικτύου, τον VASP και την ίδια την υπηρεσία.
- **Πεδίο FwOpData.** Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με τον πάροχο διεπαφών δικτύου, όπως:
  1. Το όνομά του (FwOpName),
  2. Στοιχεία που είναι απαραίτητα στους εξυπηρετούμενους του Parlay/OSA Framework για την σύνδεση με τον αντίστοιχο Parlay/OSA εξυπηρετή, όπως όνομα κόμβου δικτύου (FwHostInitial) και δικτυακή θύρα (FwPortInitial).
  3. Γενική περιγραφή για την προς εγγραφή δικτυοκεντρική εφαρμογή του VASP (ClientAppDescription). Πρόκειται για την περιγραφή της εφαρμογής που θέλει ο VASP να εγγράψει, όπως ο ID αριθμός της, το *password* και κάποιες ιδιότητές της που έχουν να κάνουν με τις δικαιοδοσίες της ως προς την χρήση των Parlay/OSA διεπαφών.
- **Πεδίο EntOpData.** Είναι μια περιγραφή του παρόχου της εφαρμογής, με στοιχεία όπως ο ID αριθμός του, το όνομά του και κάποιες ιδιότητές του.

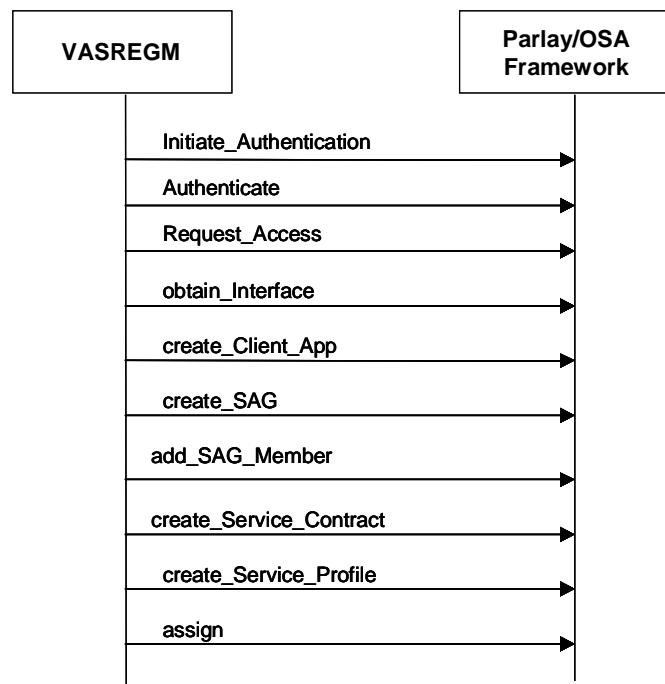
- **Πεδίο ParlayOSAService** : Σε αυτό το πεδίο, το οποίο είναι το πλέον σημαντικό, βρίσκονται οι πληροφορίες που αφορούν την ίδια την εφαρμογή και την σχέση της με τον Parlay/OSA εξυπηρετή. Αυτές οι πληροφορίες συνοψίζονται στον τύπο της ή των Parlay/OSA διεπαφών που θα χρησιμοποιηθούν από την εφαρμογή του provider, σε κάποιες ιδιότητες των διεπαφών αυτών, σε πληροφορίες που έχουν να κάνουν με το συμβόλαιο χρήσης των υπηρεσιών αυτών, με την χρέωση (*Billing Contact*) με την διάρκεια χρήσης των διεπαφών, και με ιδιότητες που χρειάζεται να προσδιοριστούν κατά την εγγραφή της εφαρμογής.

```
<!--DTD for service descriptor-->
<!--Author: Nikos Houssos, UoA-CNL-->
<!ELEMENT VAS (VASGEN, VASP, SOFTWAREARCH, SECURITY)>
<!ELEMENT VASGEN (VASName, VASID?, VASVersion, VASDescription, SubscriptionType,
Category, Keywords, Availability, UpdateDescription?, Parlay_OSA_Data?)>
.
.
.
<!ELEMENT Parlay_OSA_Data(RequiresParlayOSA, FwOpData*, EntOpData*, ParlayOSAService*)>
<!ELEMENT RequiresParlayOSA (#PCDATA)>
<!ELEMENT FwOpData (FwOpName, FwHostInitial, FwPortInitial, ClientAppDescription)>
<!ELEMENT FwOpName (#PCDATA)>
<!ELEMENT FwHostInitial (#PCDATA)>
<!ELEMENT FwPortInitial (#PCDATA)>
<!ELEMENT ClientAppDescription (ClientAppID, Password, ClientAppProperties)>
<!ELEMENT ClientAppID (#PCDATA)>
<!ELEMENT Password (#PCDATA)>
<!ELEMENT ClientAppProperties (#PCDATA)>
<!ELEMENT EntOpData (#PCDATA | DetailedEntOpData)*>
<!ELEMENT DetailedEntOpData (EntOpName, EntOpId, EntOpProperties)>
<!ELEMENT EntOpName (#PCDATA)>
<!ELEMENT EntOpId (#PCDATA)>
<!ELEMENT EntOpProperties (#PCDATA)>
<!ELEMENT ParlayOSAService(ServiceType, ServicePropertyList, ServiceContractData)>
<!ELEMENT ServiceType (#PCDATA)>
<!ELEMENT ServicePropertyList (#PCDATA)>
<!ELEMENT ServiceContractData (ServiceContractID?, ServiceRequestor, BillingContact,
StartDate, EndDate, ServiceSubscriptionProperties)>
<!ELEMENT ServiceContractID (#PCDATA)>
<!ELEMENT ServiceRequestor (#PCDATA)>
<!ELEMENT BillingContact (#PCDATA)>
<!ELEMENT StartDate (#PCDATA)>
<!ELEMENT EndDate (#PCDATA)>
<!ELEMENT ServiceSubscriptionProperties (#PCDATA)>
.
.
.
```

**Σχήμα 5-22.** XML DTD για το τμήμα του προφίλ δικτυοκεντρικής υπηρεσίας που σχετίζεται με το Parlay/OSA.

Σε περίπτωση που η προς εγγραφή υπηρεσία χρειάζεται πρόσβαση στις Parlay/OSA διεπαφές, ο VASREGM προβαίνει στις κατάλληλες ενέργειες ώστε αυτή, πέρα από την πλατφόρμα RCSPP, να εγγραφεί και στο Parlay/OSA Framework. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις με το Parlay/OSA Framework. Στα ανταλλασσόμενα μηνύματα χρησιμοποιούνται ως παράμετροι τα κωδικοποιημένα σε XML δεδομένα του προφίλ υπηρεσίας που περιγράφηκαν παραπάνω, αφού πραγματοποιηθεί συντακτική ανάλυσή τους και μετατροπή τους στην κατάλληλη μορφή.

Η εν λόγω αλληλεπίδραση έχει ως αποτέλεσμα την αλληλουχία μηνυμάτων που απεικονίζεται στο Σχήμα 5-23. Σημειώνουμε πως μόνο οι αιτήσεις από το VASREGM στο Parlay/OSA Framework παρουσιάζονται σε αυτό το σχήμα, χάριν οικονομίας χώρου. Είναι αυτονόητο πως για κάθε αίτηση υπάρχει και μια απόκριση από το Parlay/OSA Framework. Επίσης στο σχήμα αυτό, το *Framework* αναπαρίσταται ως μία ενιαία οντότητα και δεν απεικονίζονται αναλυτικά οι διεπαφές του που αναλαμβάνουν να διαχειριστούν την κάθε αίτηση. Μπορεί κανείς να καταλάβει σε ποίο εσωτερικό αντικείμενο του Framework απευθύνεται καθένα από τα μηνύματα που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα, αν μελετήσει τις προηγούμενες παραγράφους, όπου παρατέθηκε αναλυτικά η επικοινωνία ενός Enterprise Operator (στην περίπτωση μας είναι ο VASREGM, που μεσολαβεί για την εγγραφή της υπηρεσίας ανάμεσα στον VASP και τον πάροχο διεπαφών δικτύου) με το Framework. Επισημαίνουμε επίσης πως με μία μοναδική αίτηση *obtain\_Interface* μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάκτηση περισσότερων της μιας διεπαφών, ενώ οι διαδικασίες *create\_Service\_Contract* και *create\_Service\_Profile* δεν είναι απαραίτητο να διεξαχθούν αν έχουν γίνει προηγουμένως για λογαριασμό της δικτυοκεντρικής εφαρμογής που θα εισαχθεί στο σύστημα ή του αντίστοιχου VASP.



**Σχήμα 5-23.** Μηνύματα που ανταλλάσσονται κατά την εγγραφή μιας υπηρεσίας από το VASREGM στο Framework.

### 5.3.2.2 Υλοποίηση του Parlay/OSA Service Subscription Manager

Στην παρούσα υπο-ενότητα παρουσιάζουμε την υλοποίηση του Parlay/OSA Service Subscription Manager, ο οποίος αποτελεί κομμάτι του γενικότερου διαχειριστή εγγραφής υπηρεσιών του

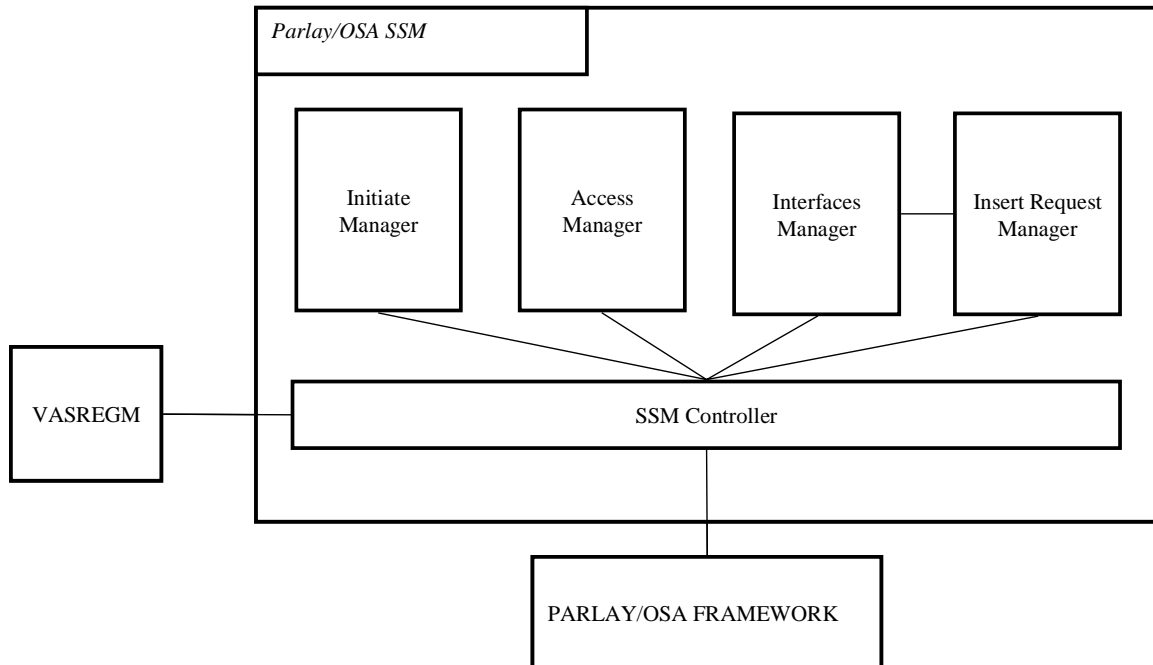
VASREGM. Η αρχιτεκτονική του SMM απεικονίζεται στο Σχήμα 5-24, ενώ η σχεδίασή του και οι διεπαφές μεταξύ των αντικειμένων που το αποτελούν περιλαμβάνονται στο διάγραμμα κλάσεων UML του Σχήμα 5-25. Όπως φαίνεται στα προαναφερθέντα σχήματα, ο SSM αποτελεί αυτόνομο στοιχείο λογισμικού, το οποίο μέσω κατάλληλης δημόσιας διεπαφής (βλ. Σχήμα 5-25) δίνει τη δυνατότητα για εγγραφή μιας υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework. Η παράμετρος εισόδου (xmlStr) που απαιτείται από την μοναδική μέθοδο (registerWithParlayOSAFw) της εν λόγω διεπαφής είναι τύπου String και περιέχει τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη διεκπεραίωση της συγκεκριμένης λειτουργίας, κωδικοποιημένα σε XML, όπως περιγράφεται στην υπο-ενότητα 5.3.2.1. Στην πειραματική μας υλοποίηση, η διεπαφή του SSM καλείται από την κυρίως λογική του VASREGM με παράμετρο ένα τμήμα του XML εγγράφου της υπηρεσίας το οποίο παρέχεται από τον εκάστοτε VASP.

Τα κύρια εσωτερικά αντικείμενα του SSM είναι οι εξής:

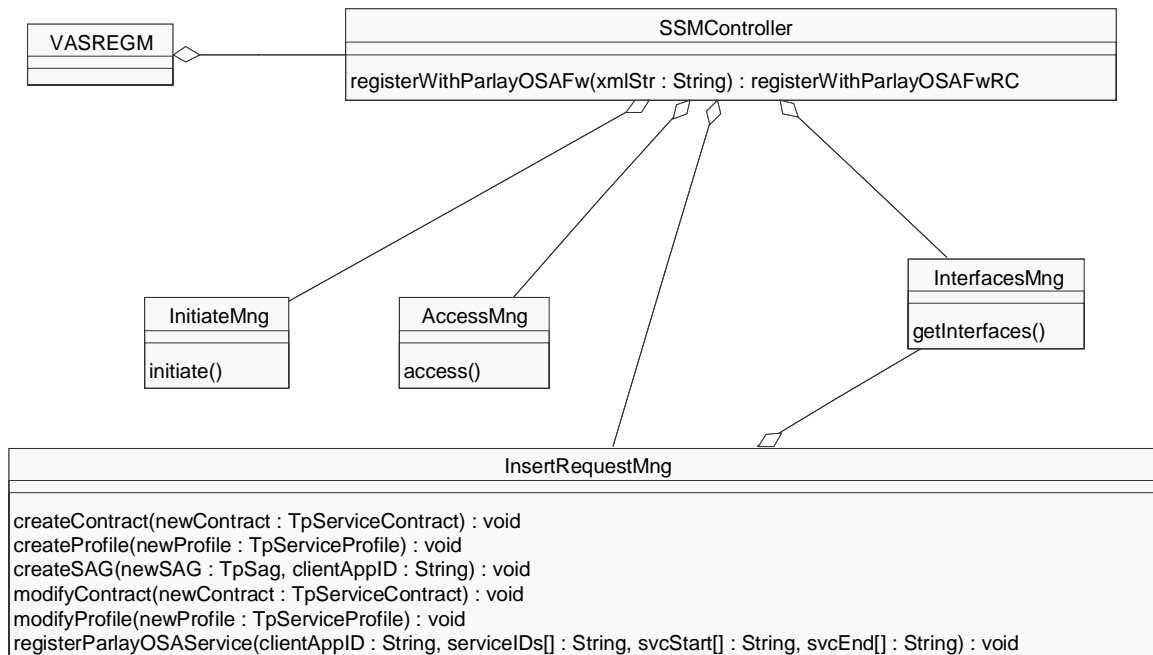
- **SSM Controller.** Πρόκειται για το αντικείμενο που πραγματοποιεί το συντονισμό της όλης διαδικασία εγγραφής υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework, ο οποίος συνίσταται κυρίως στη δημιουργία στιγμιotypών των υπόλοιπων αντικειμένων και σε κατάλληλες κλήσεις των μεθόδων τους. Επίσης, παρέχει τη δημόσια διεπαφή του SSM σε εξωτερικούς εξυπηρετούμενους, διεκπεραιώνει τη συντακτική ανάλυση και μετασχηματισμό των XML δεδομένων εισόδου και αναλαμβάνει τη σύνδεση (μέσω CORBA) με τον εξυπηρετή του Parlay/OSA Framework και την ανάκτηση προγραμματιστικών αναφορών στις διεπαφές του τελευταίου.
- **Initiate Manager.** Αναλαμβάνει την αρχική επικοινωνία του VASREGM με την IpInitial διεπαφή του Framework και την πιστοποίηση ταυτότητας του VASREGM σε αυτό.
- **Access Manager.** Χορηγεί στο VASREGM πρόσβαση στις διάφορες διεπαφές του Framework. Το αντικείμενο αυτό χρησιμοποιείται αφού έχει γίνει πιστοποίηση του VASREGM από το Framework.
- **Interfaces Manager.** Παρέχει στο VASREGM έλεγχο πάνω στις διάφορες διεπαφές του Framework.



- **Insert Request Manager.** Περιέχει την κύρια λογική της διαδικασίας εγγραφής μιας υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework, συμπεριλαμβανομένων και των όποιων μεταβολών (αν χρειάζονται) σε συμβόλαια και προφίλ υπηρεσιών Parlay/OSA.



**Σχήμα 5-24.** Αρχιτεκτονική του OSA Service Subscription Manager.

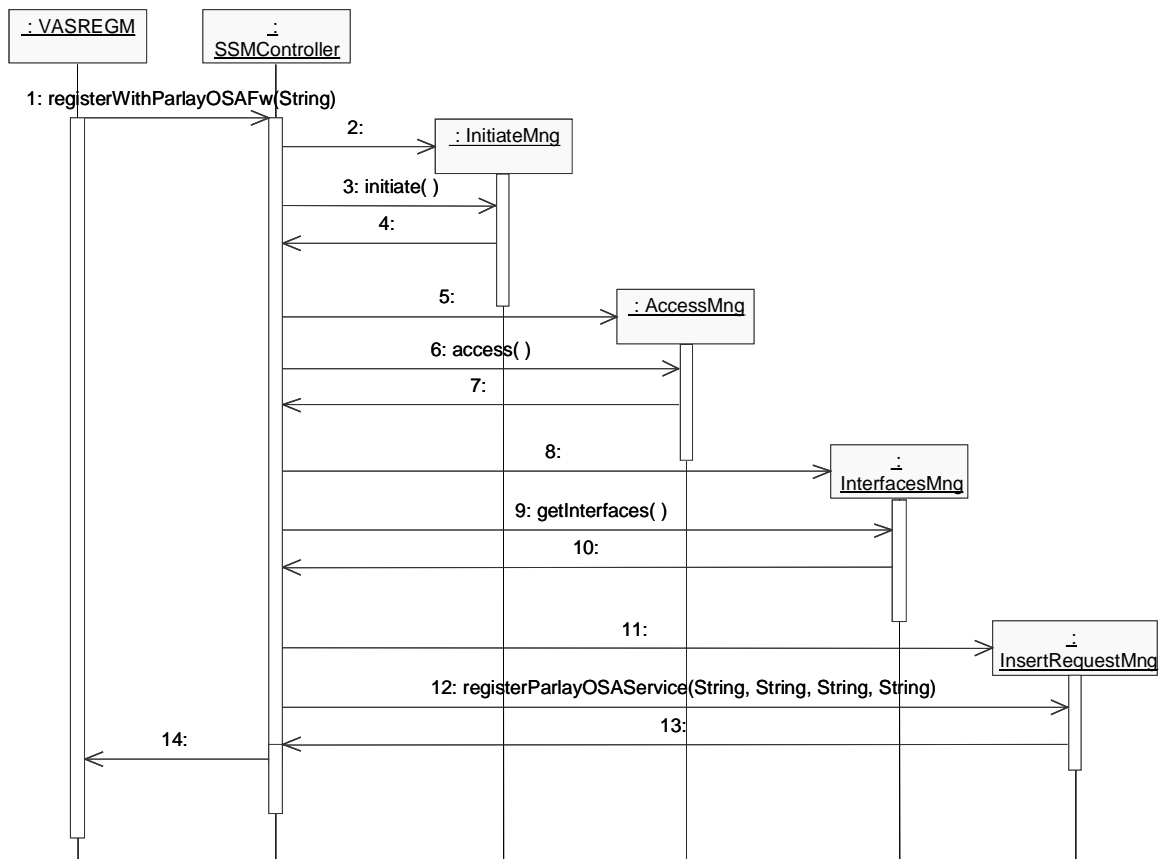


**Σχήμα 5-25.** Σχεδίαση και διεπαφές του SMM.

Συνοπτικά, η όλη διαδικασία εγγραφής υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework έχει ως εξής:

Αρχικά, το VASREGM καλεί τη διεπαφή του SSM Controller με την κατάλληλη παράμετρο εισόδου. Ο SSM Controller συνδέεται με τον εξυπηρετή του Parlay/OSA Framework και ανακτά τη διεπαφή IpInitial, ενώ δημιουργεί κι ένα νέο στιγμιότυπο της κλάσης InitiateMng.

Το αντικείμενο InitiateMng χρησιμοποιεί την IpInitial διεπαφή του Framework για να πιστοποιηθεί από το τελευταίο. Η μέθοδος πιστοποίησης μπορεί να είναι οποιαδήποτε από τις υποστηριζόμενες από το Framework μεθόδους. Με την ολοκλήρωση της πιστοποίησης, το συγκεκριμένο αντικείμενο έχει λάβει μια προγραμματιστική αναφορά στην IpAccess διεπαφή του Framework.



**Σχήμα 5-26.** Ακολουθιακό διάγραμμα UML για τη διαδικασία εγγραφής υπηρεσίας στο Parlay/OSA Framework.

Στη συνέχεια δημιουργείται ένα αντικείμενο τύπου *AccessMng*, το οποίο χρησιμοποιεί την προαναφερθείσα αναφορά για να αποκτήσει πρόσβαση στις διεπαφές εγγραφής και διαχείρισης του *Framework*. Συγκεκριμένα, λαμβάνει αναφορές για όλες τις απαραίτητες διεπαφές (*Enterprise Operator Account Management*, *Client Application Management*, *Service Discovery Management*, *Service Subscription Management*, *Service Profile Management*, *Service Profile Info Query Management*, *Service Contract Management*, *Service Contract Info Query Management*). Στη συνέχεια ο έλεγχος περνάει στο αντικείμενο *InterfacesMng*, το οποίος

ουσιαστικά αποτελεί έναν ταμειευτήρα αυτών των διεπαφών για τον *InsertRequestMng.*. Το τελευταίο κάνει χρήση αυτών των εν λόγω διεπαφών και με βάση τα ακολουθιακά διαγράμματα μηνυμάτων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους εγγράφει μια υπηρεσία στο *Framework*.

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται στο ακολουθιακό διάγραμμα UML του Σχήμα 5-26. Σημειώτεον ότι στο συγκεκριμένο ακολουθιακό διάγραμμα περιλαμβάνονται τα μηνύματα που ανταλλάσσονται εσωτερικά στο SMM και όχι οι αλληλεπιδράσεις με το Parlay/OSA Framework, οι οποίες ακολουθούν τα σχετικά διεθνή πρότυπα, όπως περιγράφονται στην ενότητα 5.3.1.

### 5.3.2.3 Προσομοιωτής του Parlay/OSA Framework

Για την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του SSM, στην ιδανική περίπτωση έπρεπε να διεξαχθούν δοκιμές της επικοινωνίας του με ένα πραγματικό Parlay/OSA Framework. Επειδή κάτι τέτοιο δεν κατέστη δυνατό, υλοποιήσαμε έναν προσομοιωτή ενός Parlay/OSA Framework εξυπηρετή, ο οποίος περιλαμβάνει την υλοποίηση μόνο των βασικών διεπαφών που αφορούν με την εγγραφή, διαγραφή ή τροποποίηση μιας εγγεγραμμένης στο Framework δικτυοκεντρικής υπηρεσίας. Ειδικότερα, υλοποιήθηκαν όλες οι διεπαφές που παρουσιάστηκαν στην υπο-ενότητα 5.3.1. Σημειώτεον ότι οι διεπαφές του Parlay/OSA Framework έχουν αναπτυχθεί ως CORBA εξυπηρετές.

Αρχικά έχει υλοποιηθεί ένας προσομοιωτής του *IpInitial* interface με τις βασικές λειτουργίες *initiate()* και *requestAccess()*. Ο προσομοιωτής αυτός χρησιμοποιεί μια τοπική βάση δεδομένων που διατηρεί στοιχεία για τους με τους παρόχους δικτυοκεντρικών υπηρεσιών και τις εφαρμογές που έχουν συνάψει σύμβαση με τον πάροχο διεπαφών δικτύου. Κατά την διαδικασία πιστοποίησης χρησιμοποιείται η διεπαφή *IpAuthenticate*, η οποία ενημερώνει κατάλληλα και ανακτά πληροφορία από μια βάση δεδομένων με πιστοποιημένους εξυπηρετούμενους (VASP/εφαρμογές). Αυτή η βάση χρησιμοποιείται ώστε να δοθεί πρόσβαση ή όχι στον εξυπηρετούμενο κατά την κλήση της μεθόδου *requestAccess()*.

Επίσης, για την πρόσβαση του εξυπηρετούμενου στον εξυπηρετή του Parlay/OSA έχει υλοποιηθεί και η διεπαφή *IpAccess*, η οποία ουσιαστικά μέσω της μεθόδου *obtainInterface()* παρέχει στον εξυπηρετούμενο όλες τις υπόλοιπες διεπαφές που αυτός χρειάζεται για να διεκπεραιώσει τις διαδικασίες εγγραφής, διαγραφής ή τροποποίησης μιας υπηρεσίας του. Οι συγκεκριμένες διεπαφές παρουσιάστηκαν στην υπο-ενότητα, και έχουν να κάνουν με την διαχείριση τόσο του λογαριασμού του ίδιου του VASP, όσο και με την αυτοματοποιημένη διαχείριση των εφαρμογών του, των αντίστοιχων συμβολαίων και τους όρους με τους οποίους αυτές θα κάνουν χρήση των διεπαφών.

Συμπληρωματικά αναφέρουμε πως έχουν υλοποιηθεί και διεπαφές που έχουν να κάνουν με την ανεύρεση πληροφοριών σχετικών με τα παραπάνω. Πρόκειται για τις διεπαφές Ip EntOp Account InfoQuery, Ip Client App InfoQuery, Ip ServiceContract InfoQuery και Ip ServiceProfile InfoQuery. Με τη χρήση των παραπάνω, ένας VASP μπορεί να λάβει από το Framework πληροφορίες που είναι σχετικές με τα υπάρχοντα συμβόλαια, τα προφίλ υπηρεσιών που έχει δημιουργήσει, καθώς και τους λογαριασμούς των εφαρμογών του. Όλες αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται από το Framework και αφορούν κάθε VASP, τις εφαρμογές του, τα συμβόλαια και τα προφίλ των υπηρεσιών που αυτός έχει ορίσει.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών προς τα ετερογενή δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενιάς, έχει αυξήσει τις απαιτήσεις σε μια σειρά κρίσιμων ερευνητικών θεμάτων συμπεριλαμβανομένης της επαναδιαμορφωσιμότητας της δικτυακής υποδομής όπως και της προσαρμόσιμης παροχής υπηρεσιών σε τελικούς χρήστες. Το γεγονός αυτό τείνει να αλλάξει τη φιλοσοφία και τις μεθόδους μέσω των οποίων πραγματοποιείται η ανάπτυξη, διάθεση, προσαρμογή και διαχείριση κινητών υπηρεσιών, καθώς είναι πλέον σαφής η ανάγκη για νέους, εξελιγμένους μηχανισμούς και τεχνικές.

Η παρούσα διατριβή είχε ως βασικό στόχο το σχεδιασμό καινοτόμων αρχιτεκτονικών και μηχανισμών που προάγουν την ευέλικτη παροχή υπηρεσιών σε επαναδιαμορφώσιμα συστήματα δικτύων κινητών επικοινωνιών 3<sup>ης</sup> / 4<sup>ης</sup> γενιάς. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον προσδιορισμό συστηματικών μεθόδων εισαγωγής λειτουργιών προσαρμοστικότητας σε ενδιάμεσο λογισμικό, συστήματα και υπηρεσίες, καθώς και σε συγκεκριμένα ζητήματα που έχουν να κάνουν με τη λήψη ευφών αποφάσεων προσαρμογής βάσει δυναμικά ενημερούμενων δεδομένων περιβάλλοντος. Το πρωταρχικό ερέθισμα και την αφετηρία των σχετικών ερευνητικών προσπαθειών αποτέλεσε η συμμετοχή στο ερευνητικό πρόγραμμα IST-MOBIVAS, στο πλαίσιο του οποίου προσδιορίστηκαν νέοι μηχανισμοί και πρωτόκολλα για την εγκατάσταση, εξεύρεση, προσαρμογή και εκτέλεση υπηρεσιών τελικού χρήστη μέσω μιας νεο-εισαχθείσας κατανεμημένης αρχιτεκτονικής ενδιάμεσου λογισμικού.

Στο πλαίσιο της διατριβής οι προαναφερθέντες μηχανισμοί επεκτάθηκαν και επανασχεδιάστηκαν έτσι ώστε να διαθέτουν προηγμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά κυρίως τις διαδικασίες προσαρμογής, για την καλύτερη κατανόηση των οποίων αναπτύχθηκε ένα γενικό λειτουργικό μοντέλο. Επίσης, προσδιορίστηκαν συγκεκριμένες σχεδιαστικές αρχές για προσαρμοστικά συστήματα, οι οποίες αφορούν την ανεξαρτησία μεταξύ των επιμέρους τμημάτων μιας λειτουργίας προσαρμογής αλλά και εξελιγμένες ιδιότητες που είναι σημαντικό να διαθέτει η λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Οι τελευταίες περιλαμβάνουν την υποστήριξη για δυναμική φόρτωση και επεξεργασία παραμέτρων περιβάλλοντος και αλγορίθμων απόφασης που

δεν είναι εκ των προτέρων γνωστοί καθώς και τον κερματισμό της λειτουργικότητας λήψης αποφάσεων σε μικρότερα, διακριτά, αυτόνομα και αντικαταστάσιμα μέρη. Οι εν λόγω αρχές στη συνέχεια εφαρμόστηκαν στην πράξη για την παροχή κινητών υπηρεσιών μέσω πλατφόρμας ενδιάμεσου λογισμικού, οπότε επιβεβαιώθηκαν πειραματικά τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη υιοθέτησή τους. Για να καταστεί όμως δυνατή η πρακτική εφαρμογή των προαναφερθεισών αρχών, αποδείχτηκαν αναγκαία ο προσδιορισμός και η ανάπτυξη νέων, καινοτόμων τεχνικών και μηχανισμών όσον αφορά το σχεδιασμό της λογική λήψης αποφάσεων προσαρμογής. Όπως καταδεικνύεται από την πειραματική μας εμπειρία, οι μηχανισμοί αυτοί όντως προσέδωσαν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων τις επιθυμητές δυνατότητες χωρίς να την επιβαρύνουν με ιδιαίτερο κόστος όσον αφορά κρίσιμες παραμέτρους επίδοσης (π.χ. χρόνος επεξεργασίας μιας αίτησης, μέγεθος των διακινούμενων μέσω δικτύου δεδομένων). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα θέματα αντιμετωπίζονται με την παρούσα διατριβή για πρώτη φορά στη διεθνή βιβλιογραφία με συστηματικό, ενοποιημένο και ολοκληρωμένο τρόπο. Οι αρχιτεκτονικές και μηχανισμοί που εισάγονται απέχουν πολύ από τον αποσπασματικό τρόπο αντιμετώπισης επιμέρους συναφών θεμάτων που μπορεί να συναντήσει κανείς στις μέχρι σήμερα σχετικές διεθνείς ερευνητικές προσπάθειες.

Ένα άλλο τμήμα της διατριβής ασχολήθηκε με τον προσδιορισμό καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων για τη διάθεση εφαρμογών σε κινητούς χρήστες, τη διερεύνηση των αυξημένων αναγκών που αυτά δημιουργούν σε σχέση με υποστηρικτικά συστήματα λογισμικού και το σχεδιασμό λειτουργικών οντοτήτων ενδιάμεσου λογισμικού οι οποίες καθιστούν δυνατή και αποδοτική την υιοθέτηση τέτοιων μοντέλων. Ειδικότερα, ορίστηκε ένα επιχειρηματικό πρότυπο παροχής υπηρεσιών, το οποίο οδηγεί σε μικρότερο κόστος εισαγωγής νέων εφαρμογών για τους VASP, και ιδιαίτερα στην περίπτωση δικτυοκεντρικών υπηρεσιών που είναι επιθυμητό να διατεθούν με χρήση δικτύων πρόσβασης διάφορων τύπων και παρόχων. Επιπλέον, σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε πειραματικά με επιτυχία ενδιάμεσο λογισμικό για την διαχείριση της εγκατάστασης δικτυοκεντρικών υπηρεσιών με βάση το προαναφερθέν μοντέλο.

Στο σύνολό της, η παρούσα διατριβή ασχολείται με ζητήματα κρίσιμα για την προσαρμοστική παροχή υπηρεσιών σε επαναδιαμορφώσιμα δίκτυα κινητών επικοινωνιών και προτείνει για αυτά συγκεκριμένες καινοτόμες λύσεις, οι οποίες έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς για τις περιπτώσεις προσαρμογής ενδιάμεσου λογισμικού διαχείρισης υπηρεσιών και δικτυοκεντρικών εφαρμογών τελικού χρήστη. Διάφορα σχετικά ερευνητικά θέματα, τα οποία παραμένουν ανοιχτά και μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής μας δραστηριότητας παρατίθενται στο υπόλοιπο του τρέχοντος κεφαλαίου.

Η αρχιτεκτονική και οι μηχανισμοί λήψης αποφάσεων που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4 έχουν σχεδιαστεί ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν, κατ' αρχήν, σε οποιοδήποτε περιβάλλον και λειτουργία προσαρμογής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναμένεται να έχει η αξιοποίησή τους και ο πρακτικός έλεγχος της καταλληλότητάς τους για τη λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις προσαρμογής με διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτές που εξετάστηκαν στα έως τώρα πειράματά μας. Για παράδειγμα, είναι σκόπιμο να εξεταστεί το εφαρμόσιμο των προτεινόμενων μηχανισμών σε λειτουργικότητα κατώτερων στρωμάτων της δικτυακής στοίβας πρωτοκόλλων. Ένα ενδιαφέρον σχετικό παράδειγμα αποτελεί η κατακόρυφη μεταπομπή (vertical handover), δηλαδή η δυναμική αλλαγή της τεχνολογίας πρόσβασης μέσω της οποίας ένας χρήστης συνδέεται στο δίκτυο. Μία απόφαση που αφορά την εν λόγω λειτουργία μπορεί να επηρεάζεται από παραμέτρους και παράγοντες διαφορετικής προέλευσης (π.χ. χαρακτηριστικά και φόρτος δικτύου, προτιμήσεις χρήστη, κόστος εκτελούμενων εφαρμογών) οι οποίοι δεν είναι εκ των προτέρων γνωστοί, οπότε η σχετική απαίτηση εκ πρώτης όψεως ικανοποιείται από τις δυνατότητες της αρχιτεκτονικής μας. Παρ' όλα αυτά, χρήζουν επιπλέον εξέτασης ζητήματα που έχουν βαρύνουσα σημασία στη συγκεκριμένη λειτουργία, όπως η περιορισμένη ανεκτικότητα σε καθυστερήσεις και η αυξημένη σημασία της ασφάλειας.

Οι μέχρι σήμερα ερευνητικές μας προσπάθειες οι σχετιζόμενες με λειτουργίες προσαρμογής έχουν επικεντρωθεί στο τμήμα της λήψης αποφάσεων, όπως αυτό παρουσιάζεται στο μοντέλο της ενότητας 4.2, και οι αντίστοιχοι μηχανισμοί έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητοι από τη λογική των υπόλοιπων τμημάτων. Συνεπώς, εξελεγμένες αρχιτεκτονικές και τεχνικές τόσο για την συλλογή δεδομένων περιβάλλοντος όσο και για την εφαρμογή/ενεργοποίηση έξυπνων αποφάσεων προσαρμογής μπορούν να συμπληρώσουν την εργασία μας και να συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση και την εισαγωγή καινοτομικών, ολοκληρωμένων δυνατοτήτων προσαρμοστικότητας σε συστήματα λογισμικού και κινητών επικοινωνιών.

Ένας τομέας που παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον είναι η συλλογή και διαχείριση της πληροφορίας περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, αποτελούν ιδιαίτερα πολύπλοκα προβλήματα η φυσική κατανομή της παραπάνω πληροφορίας καθώς και η βελτίωση της διαθεσιμότητάς της όπως και της αποδοτικότητας στην ανάκτησή της μέσω κατάλληλων σχημάτων δημιουργίας ομοιοτύπων. Αν και για τα δύο αυτά θέματα η έρευνα σε κατανεμημένα συστήματα έχει ήδη οδηγήσει σε πολύ σημαντικά αποτελέσματα που έχουν υιοθετηθεί με επιτυχία και σε πραγματικές εφαρμογές (π.χ. WWW, κατανεμημένα συστήματα αρχείων), η ειδική περίπτωση των δεδομένων περιβάλλοντος σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών, κυρίως πέραν της 3<sup>ης</sup> γενιάς, εισάγει επιπλέον δυσκολίες. Τα εν λόγω δεδομένα μπορούν να προέρχονται από πολλές

διαφορετικές πηγές, να αναπαρίστανται με διάφορους, ασύμβατους μεταξύ τους τρόπους, ενώ δεν είναι καν σαφώς ορισμένα. Για παράδειγμα, το σύνολο των πληροφοριών περιβάλλοντος που μπορούν να επηρεάσουν την παροχή υπηρεσιών σε έναν χρήστη δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί επακριβώς. Ένα υποψήφιο αντικείμενο μελλοντικής μας έρευνας μπορεί να αποτελέσει ο σχεδιασμός ενός σχήματος για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων ζητημάτων με βασικό χαρακτηριστικό ένα κύριο ομοιότυπο δεδομένων περιβάλλοντος που διατηρείται στον RCSPM και ενημερώνεται με κατάλληλους μηχανισμούς και πρωτόκολλα.

Η προσαρμογή υπηρεσιών είναι μία ακόμα ερευνητική περιοχή με ευρύ πεδίο εφαρμογών, όπου κρίσιμα ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα. Πολλές χρήσιμες ενέργειες προσαρμογής όπως η δυναμική αντικατάσταση στοιχείων λογισμικού, η επαναδιαμόρφωση της φυσικής κατανομής των συνιστωσών μιας υπηρεσίας και η σύνθεση υπηρεσιών από αυτόνομες συνιστώσες (components) τόσο κατά το χρόνο εγκατάστασης όσο και σε χρόνο εκτέλεσης δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς στη διεθνή βιβλιογραφία. Νέοι μηχανισμοί είναι αναγκαίο να αναπτυχθούν για την επίλυση σχετικών προβλημάτων, οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο πειραματικής μελέτης και αξιολόγησης σε συνδυασμό με τις λειτουργικές οντότητες που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

Συμπερασματικά, η παρούσα διατριβή αποσκοπεί στο να αποτελέσει ένα βήμα προς την δυναμική και ευέλικτη παροχή υπηρεσιών σε κινητούς χρήστες με ιδιαίτερη έμφαση στην πιο συστηματική και αποτελεσματική ενσωμάτωση προηγμένων λειτουργιών προσαρμοστικότητας σε υπηρεσίες και ενδιάμεσο λογισμικό δικτύων κινητών επικοινωνιών. Ευελπιστούμε ότι η εργασία μας θα συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των ζητημάτων που διερευνήσαμε και θα αποτελέσει το υπόβαθρο για περαιτέρω ερευνητικές προσπάθειες στους προαναφερθέντες τομείς.



## 7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Ερευνητικό πρόγραμμα IST-10206-MOBIVAS, <http://mobivas.cnl.di.uoa.gr>.
- [2] N. Alonistioti, E. Gazis, M. Koutsopoulou and S. Panagiotakis, “An application platform for downloadable VAS provision to mobile users, IST Mobile Communications Summit 2000.
- [3] S. Panagiotakis, M. Koutsopoulou, A. Alonistioti, N. Houssos, V. Gazis, “An Advanced Service Provision Framework for Reconfigurable Mobile Networks”, Inderscience International Journal of Mobile Communications”, accepted for publication.
- [4] M. Dillinger, N. Alonistioti, K. Madani, (Eds.), “Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions”, John Wiley & Sons, 2003, ISBN: 0470851643.
- [5] A. Alonistioti, N. Houssos, “The need for network reconfigurability”, in [4].
- [6] N. Houssos, V. Gazis, A. Alonistioti, "A flexible management architecture for the support of advanced business models in 3G mobile service provision", 1st International Conference on Mobile Business (M-Business 2002), Athens, Greece, 8-9 July 2002.
- [7] N. Houssos, V. Gazis, A. Alonistioti, “Enabling delivery of mobile services over heterogeneous converged infrastructures”, Kluwer Information Systems Frontiers Journal, Special issue on “Network Convergence: Realizing a Dream, or a Nightmare?”, accepted for publication.
- [8] N. Houssos, et al., “Advanced adaptability and profile management framework for the support of flexible mobile service provision”, IEEE Wireless Communication Magazine, August 2003.
- [9] N.Houssos, S.Pantazis, A.Alonistioti, “Generic adaptation mechanism for the support of context-aware service provision in 3G networks” 4th IEEE International Conference on Mobile Wireless Communication Networks (MWCN 2002), Stockholm, Sweden, 9-11 September 2002.
- [10] ETSI ETS 300 522 ed.1 (1994-09), “European digital cellular telecommunications system (Phase 2); Network architecture (GSM 03.02)”, September 1994.

- [11] M. Mouly, M. Pautet, "The GSM System for Mobile Communications", Telecom Publishing, June 1992), ISBN: 0945592159.
- [12] A. Lazar, "Programming Telecommunication Networks", IEEE Network Magazine, September/October 1997.
- [13] 3GPP TS 22.078, "Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL); Service description; Stage 1".
- [14] SMS reference.
- [15] 3GPP TR 01.01U, "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Objectives and overview".
- [16] 3GPP TR 01.04U, "Scenarios and considerations for the introduction of the Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)".
- [17] Prodip Chaudhury, Werner Mohr, Seizo Onoe, "The 3GPP Proposal for IMT-2000", IEEE Communications Magazine, no. 12, December 1999 pp. 72-81.
- [18] UMTS Forum Report No. 9, "The UMTS third generation market - structuring the service revenues opportunities", available from <http://www.umts-forum.org/>.
- [19] UMTS Forum Report No. 10, "Shaping the mobile multimedia future - An extended vision from the UMTS Forum", available from <http://www.umts-forum.org/>.
- [20] UMTS Forum Report No. 11, "Enabling UMTS third generation services and applications", available from <http://www.umts-forum.org/>.
- [21] Java technology home page, <http://java.sun.com>.
- [22] R. Orfali, D. Harkey, "Client/Server Programming with Java and CORBA", John Wiley and Sons, 2nd Edition, March 1998.
- [23] OMG CORBA home page, <http://www.corba.org>.
- [24] Steve Vinoski, "CORBA: Integrating Diverse Applications Within Distributed Heterogeneous Environments", IEEE Communications Magazine, no. 2, February 1997 pp. 46-55.
- [25] "SOAP Version 1.2 Part 0: Primer", W3C Recommendation, 24 June 2003, <http://www.w3.org/TR/2003/REC-soap12-part0-20030624/>.
- [26] 3G TS 23.060: "General Packet Radio Service (GPRS); Service description".
- [27] 3G TS 23.228: "IP Multimedia Subsystem (IMS)".
- [28] M. Falkner, M. Devetsikiotis and I. Lambadaris, "An Overview of Pricing Concepts for Broadband IP Networks" IEEE Communications Surveys, Second Quarter 2000.
- [29] C. Courcoubetis and R. Weber, "Pricing Communication Networks: Economics, Technology and Modelling", John Wiley & Sons, March 2003, ISBN 0-470-85130-9.

- [30] M. Koutsopoulou, C. Farmakis and E. Gazis, "Subscription Management and Charging for Value Added Services in UMTS Networks" IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference (Spring VTC2001), May 2001, Rhodes, Greece.
- [31] Parlay specifications, available from <http://www.parlay.org/specs/index.asp>.
- [32] Ard-Jan Moerdijk, Lucas Klostermann, "Opening the Networks with Parlay/OSA: Standards and Aspects Behind the APIs", IEEE Network, no. 3, May 2003.
- [33] 3GPP TS 23.127: "Virtual Home Environment".
- [34] 3GPP TS 29.198-01: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 1: Overview".
- [35] J. Keijzer, D. Tait, R. Goedman, "JAIN: A new approach to services in communication networks", IEEE Communications Magazine, January 2000.
- [36] Ravi Jain, Farooq M. Anjum, Paolo Missier, Subramanya Shastry, "Java call control, coordination, and transactions", IEEE Communications Magazine, no. 1, January 2000 pp. 108-114.
- [37] Ravi Raj Bhat, Rajeev Gupta, "JAIN protocol APIs", *IEEE Communications Magazine*, no. 1, January 2000, pp. 100-107.
- [38] Simon Beddus, Gary Bruce, Steve Davis, "Opening up networks with JAIN Parlay", *IEEE Communications Magazine*, no. 4, April 2000, pp. 136-143.
- [39] 3GPP TS 29.198-03: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 3: Framework".
- [40] 3GPP TS 29.198-04: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 4: Call Control".
- [41] 3GPP TS 29.198-07: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 7: Terminal capabilities".
- [42] 3GPP TS 29.198-14: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 14: Presence and Availability Management (PAM)".
- [43] 3GPP TS 29.198-12: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 12: Charging".
- [44] 3GPP TS 29.198-13: "Open Service Access (OSA) Application Programming Interface (API); Part 13: Policy management".
- [45] N. Houssos, M. Koutsopoulou, S. Schaller, "A VHE architecture for advanced value-added service provision in 3rd generation mobile communication networks", Proceedings of the Globecom 2000 Workshop on Service Portability and Customer Services Environments, San Francisco, USA, November 2000, pp.69-79.

- [46] I. Roussaki, M. Chantzara, S. Xynogalas, M. Anagnostou, "Provision of VHE services to roaming users", KICS/IEEE Journal of Communications and Networks (JCN), December 2002, vol.4 no.4, pp. 10-16.
- [47] 3G TS 23.057: "Mobile Station Application Execution Environment (MExE)".
- [48] 3G TS 23.002: "Network architecture".
- [49] Microsoft Corporation, DCOM technical overview, [http://msdn.microsoft.com/library/en-us/dndcom/html/msdn\\_dcomtec.asp](http://msdn.microsoft.com/library/en-us/dndcom/html/msdn_dcomtec.asp).
- [50] J. Pereira, "Beyond third generation", Wireless Personal Mobile Communications (WPMC) 1999, September 22, 1999, Amsterdam, The Netherlands.
- [51] V. Gazis, N. Houssos, A. Alonistioti, L. Merakos, "Evolving perspectives of 4th generation mobile communication systems", 13th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Communications (PIMRC 2002), Coimbra, Portugal, 15-18 September 2002.
- [52] N. Houssos, et al., "Value-Added Service Management in 3G networks", IEEE/IFIP Networks Operations and Management Symposium (NOMS 2002), 15-19 April 2002, Florence, Italy, pp. 529-545.
- [53] World Wireless Research Forum (WWRF) Book of Visions 2001, available at <http://www.wireless-research-forum.org>.
- [54] W. Mohr, "Access network evolution beyond third generation mobile communications", IEEE Communications Magazine, December 2000, pp. 122 – 133.
- [55] M. Annoni et al., "Radio access networks beyond 3G: A first comparison of architectures", IST Mobile Communications Summit 2001, September 4, 2001, Barcelona, Spain.
- [56] Theodore B. Zahariadis, Konstantinos G. Vaxevanakis, Christos P. Tsantilas, Nikolaos A. Zervos, Nikos A. Nikolaou, "Global roaming in next-generation networks", IEEE Communications Magazine, no. 2, Feb 2002 pp. 145-151.
- [57] W. Tuttlebee (Ed.), "Software Defined Radio: Origins, Drivers and International Perspectives", John Wiley & Sons, March 2002.
- [58] W. Tuttlebee (Ed.), "Software Defined Radio: Enabling Technologies", John Wiley & Sons, July 2002.
- [59] Davide Mandato, Ernő Kovacs, Fritz Hohl, Hamid Amir-Alikhani, "CAMP: A context-aware mobile portal", IEEE Communications Magazine, no. 1, Jan 2002 pp. 90-97.
- [60] S. Panagiotakis, N. Houssos, N. Alonistioti, "Generic architecture and functionality to support downloadable service provision to mobile users", 3rd generation infrastructure and services conference (3GIS), Athens, Greece, July 2001.
- [61] N. Alonistioti, N. Houssos, S. Panagiotakis, "A framework for reconfigurable provisioning

- of services in mobile networks", International Symposium on Communications Theory & Applications (ISCTA '01), Ambleside, Cumbria, UK, July 2001.
- [62] M. Koutsopoulou, N. Alonistioti, E. Gazis, A. Kaloxylos, "Adaptive Charging Accounting and Billing system for the support of advanced business models for VAS provision in 3G systems" Invited paper at the IEEE 12th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2001), September - October 2001, San Diego, USA.
  - [63] M. Koutsopoulou, E. Gazis and A. Kaloxylos, "A novel billing scheme for UMTS networks" International Symposium on 3rd Generation Infrastructure and Services, July 2001, Athens, Greece.
  - [64] M. Koutsopoulou, A. Kaloxylos, A. Alonistioti, "Charging, Accounting and Billing as a Sophisticated and Reconfigurable Discrete Service for next Generation Mobile Networks Fall VTC2002, Vancouver, Canada, September 2002.
  - [65] O. Fouial. K. A. Fadel, I. Demeure, "Adaptive Service Provision in Mobile Computing Environments", 4th IEEE International Conference on Mobile Wireless Communication Networks (MWCN 2002), Stockholm, Sweden, 9-11 September 2002.
  - [66] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition), W3C Recommendation, October 2000, <http://www.w3.org/TR/REC-xml>.
  - [67] T. Harbaum, M. Zitterbart, F. Griffoul, J. Röthig, S. Schaller and H. J. Stüttgen, "Layer 4+ switching with QoS support for RTP and HTTP", Globecom 1999.
  - [68] N. Houssos, A. Alonistioti, L. Merakos, "Towards efficient support of context-awareness in mobile systems", PIMRC 2003, Beijing, China, September 2003.
  - [69] N.Houssos, V.Gazis, A.Alonistioti, "Application-Transparent Adaptation in Wireless Systems beyond 3G", 2nd International Conference on Mobile Business (M-Business 2003), Vienna, Austria, June 2003.
  - [70] A K. Dey, "Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications", PhD thesis, College of Computing, Georgia Institute of Technology, December 2000. <http://www.cc.gatech.edu/fce/ctk/pubs/dey-thesis.pdf>.
  - [71] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, "Design Patterns: Elements of Reusable Object Oriented Software", Addison Wesley Longman, Inc., 1995.
  - [72] RDF Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, 22 February 1999.
  - [73] M. Butler, "DELI: A DELivery context LIBrary for CC/PP and UAProf", HP Labs Technical Report, HPL-2001-260.
  - [74] The JENA semantic web toolkit, <http://www.hpl.hp.com/semweb/jena-top.html>.

- [75] XML: Extensible Markup Language home page, <http://www.w3.org/XML/>.
- [76] RDF: Resource Description Framework home page, <http://www.w3.org/RDF/>.
- [77] N. Houssos, N. Alonistioti, L. Merakos, "A scheme for the introduction of 3rd party, application-specific adaptation features in mobile service provision", 4th International IFIP conference on Distributed Applications and Interoperable Systems (DAIS 2003), Paris, France, 19-21 November 2003, LNCS 2883, Springer, pp. 15-28.
- [78] World Wide Web Consortium (W3C), <http://www.w3.org>.
- [79] XML Schema specification, available at <http://www.w3.org/XML/Schema>.
- [80] RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, available at <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [81] T. Berners-Lee, "Primer: Getting into RDF and the Semantic Web using N3", <http://www.w3.org/2000/10/swap/Primer>.
- [82] RDF Semantics, <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>.
- [83] Butler M., "Barriers to the real world adoption of Semantic Web technologies", HP Technical Report, HPL-2002-333.
- [84] Extensible Markup Language (XML) 1.0, W3C Recommendation, 6 October 2000.
- [85] Decker S., et al., "The Semantic Web: the roles of XML and RDF", IEEE Internet Computing, September-October 2000.
- [86] RDF Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, 22 February 1999.
- [87] Smith C., Butler M., "Validating CC/PP and UAProf Profiles", HP Technical Report, HPL-2002-268.
- [88] Open Mobile Alliance (OMA): User Agent Profile (UAProf) specification, available from <http://www.openmobilealliance.org>.
- [89] Z. J. Haas, "Designing Methodologies for Adaptive and Multimedia Networks", IEEE Communications Magazine, pp.106-107, Vol. 39, N.11, November 2001.
- [90] P. Brusilovsky, M. Maybury, "From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web", Special section in the Communications of the ACM, May 2002.
- [91] G. Agha, "Adaptive Middleware", Special section in the Communications of the ACM, June 2002.
- [92] J2EE Client Provisioning Specification, Java Specification Request 124, <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=124>.
- [93] Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE) home page, <http://java.sun.com/j2ee>.
- [94] B. D. Noble, M. Satyanarayanan, "Experience with adaptive mobile applications in Odyssey", Mobile Networks and Applications (MONET), 4 (1999), pp. 245-254.

- [95] B. D. Noble, "System Support for Mobile, Adaptive Applications", IEEE Personal Communications Magazine, 2000.
- [96] A. Liotta, A. Yew, C. Bohoris, G. Pavlou, "Delivering service adaptation with 3G technology", Proceedings of the 13th IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations and Management (DSOM 2002), Montreal, Canada, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2506, pp.108-120, Springer-Verlag, 2002.
- [97] P. David, T. Ledoux, "An infrastructure for adaptable midlleware", CoopIS/DOA/ODBASE 2002, LNCS 2519, pp. 773-790.
- [98] N. Damianou, A. Bandara, M. Sloman, E. Lupu, "A Survey of Policy Specification Approaches", available at <http://www.doc.ic.ac.uk/~mss/MSSPubs.html>.
- [99] J. Malenfant, M. T. Segarra, F. Andre, "Dynamic adaptability: the MoleNE experiment", Reflection 2001, LNCS 2192, pp. 110-117.
- [100] R. Mohan, J.R. Smith, and C.-S. Li, "Adapting Multimedia Internet Content for Universal Access," IEEE Trans. Multimedia, vol. 1, no. 1, Mar. 1999, pp. 104–114.
- [101] W. Y. Lum, F. C. M. Lau, "A Context-Aware Decision engine for Content Adaptation", IEEE Pervasive Computing Magazine, July-September 2002.
- [102] L. Buchanan, "A business model of one's own", Computerworld, 20 (1998), 82-84.
- [103] R. Amit, C. Zott, "Value Creation in E-Business", Strategic Management Journal, 22 (2001), 493 – 520.
- [104] P. Timmers, "Business Models for Electronic Markets", Electronic Markets, Vol. 8, No. 2, April 1998, pp. 2-8.
- [105] L. Applegate, "Emerging e-business models: lessons from the field", Harvard Business School, 9-801-172.
- [106] J. Hedman, T. Kalling, "The Business Model: A Means to Understand the Business Context of Information and Communication Technology", Working Paper Series, School of Economics and Management, Lund University.
- [107] P. Weill, M. Vitale, "Place to Space", Harvard Business School Press.
- [108] A. Tsalgatidou, E. Pitoura, Business Models and Transactions in Mobile Electronic Commerce: Requirements and Properties. Journal of Computer Networks, Special Issue on Electronic Business Systems, 2001;37(2):221-236.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

2G	2nd Generation
3G	3rd Generation
3GPP	3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project
4G	4th Generation
API	Application Programming Interface
BAN	Body Area Network
CAB	Charging, Accounting and Billing
CAMEL	Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic
COPS	Common Open Policy Service
CORBA	Common Object Request Broker
DCOM	Distributed Component Object Model
DiffServ	Differentiated Services
DTD	Document Type Definition
DVB	Digital Video Broadcasting
EUT	End-User Terminal
GPRS	GSM Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HAN	Home Area Network
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IN	Intelligent Network
IP	Internet Protocol
J2EE	Java 2 Enterprise Edition
J2ME	Java 2 Micro Edition
J2SE	Java 2 Standard Edition
JAIN	Java APIs for Integrated Networks
JSLEE	JAIN Service Logic Execution Environment
JSR	Java Specification Request
JVM	Java Virtual Machine
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MExE	Mobile Station Execution Environment
OMA	Open Mobile Alliance
ORB	Object Request Broker
OSA	Open Service Access
PAN	Personal Area Network
PDM	Packaging and Downloading Module
RCM	Reconfiguration Manager
RCSPM	Reconfiguration Control and Service Provision Manager
RCSP	Reconfiguration Control and Service Provision Platform
RDF	Resource Description Framework
SAG	Subscription Assignment Group
SCF	Service Capability Feature



SMS	Short Message Service
SOAP	Simple Object Access Protocol
SPKI	Simple Public Key Infrastructure
SSM	Service Subscription Manager
TCP	Transport Control Protocol
UAProf	User Agent Profile
UDBMM	User Database Management Module
UIMM	User Interaction Management Module
UML	Unified Modelling Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URL	Universal Resource Locator
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
VAS	Value-Added Service
VASDBMM	Value-Added Service Database Module
VASP	Value-Added Service Provider
VASREGM	Value-Added Service Registrar Module
VHE	Virtual Home Environment
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Διεθνής όρος	Μετάφραση
adaptability	προσαρμοστικότητα/προσαρμοσιμότητα
adaptation	προσαρμογή
administrative domain	διοικητική επικράτεια
application	εφαρμογή
attribute	ιδιότητα
authentication	πιστοποίηση αυθεντικότητας
beyond 3G	πέραν της 3 <sup>ης</sup> γενιάς
billing	χρέωση
business model	επιχειρηματικό μοντέλο
caching	ενδιάμεση αποθήκευση
cellular network	κυψελωτό δίκτυο
certificate	πιστοποιητικό
client	εξυπηρετούμενος
component	συνιστώσα
context	περιβάλλον
control plane	επίπεδο ελέγχου
data	δεδομένα
data representation	αναπαράσταση δεδομένων
default	προεπιλεγμένος
design pattern	πρότυπο σχεδίασης
downloading	μεταφορά
end user	τελικός χρήστης
execution environment	περιβάλλον εκτέλεσης
extensibility	επεκτασιμότητα
flexibility	ευελιξία
instance	στιγμιότυπο
interface	διεπαφή
interoperability	διαλειτουργικότητα
management	διαχείριση
matching	συνταίριασμα
metadata	μετα-δεδομένα
middleware	ενδιάμεσο λογισμικό
object-oriented	αντικειμενοστρεφής
on-demand	κατόπιν αίτησης/παραγγελίας
packaging	συσκευασία
packet switching	μεταγωγή πακέτου
performance	επίδοση

personalisation	εξατομίκευση/προσωποποίηση
portability	φορητότητα
portal	πύλη
pricing	τιμολόγηση
provider	πάροχος
quality of service	ποιότητα υπηρεσίας
reconfigurability	επαναδιαμορφωσιμότητα
reconfiguration	επαναδιαμόρφωση
reference	αναφορά
reflection	αυτο-προσδιορισμός
regulatory body	ρυθμιστική/κανονιστική αρχή
replication	δημιουργία ομοιοτύπων
repository	ταμειυτήρας
revenue flow	ροή χρήματος
revenue sharing	διανομή κερδών
router	δρομολογητής
run-time	χρόνος εκτέλεσης
server	εξυπηρετής
service	υπηρεσία
service capabilities	δυνατότητες υποστήριξης υπηρεσιών
service deployment	εγκατάσταση υπηρεσιών
service discovery	εξεύρεση υπηρεσιών
service provision	παροχή υπηρεσιών
session	σύνοδος
software	λογισμικό
software module	στοιχείο/μονάδα λογισμικού
standardization	τυποποίηση
state	κατάσταση
stateless	αμνήμων
terminal	τερματικό
traffic monitoring	καταγραφή κίνησης
transaction	δοσοληψία
ubiquitous	πανταχού παρών
update	ενημέρωση
use case	περίπτωση χρήσης
value-added service	υπηρεσία προστιθέμενης αξίας
web page	ιστοσελίδα

## Πίνακας Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 2-1. ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗ 2 <sup>Η</sup> ΓΕΝΙΑ.....	14
ΣΧΗΜΑ 2-2. ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΗΝ 3 <sup>Η</sup> ΓΕΝΙΑ.....	16
ΣΧΗΜΑ 2-3. ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΠΕΡΑΝ ΤΗΣ 3 <sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΙΑΣ.....	21
ΣΧΗΜΑ 3-1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΡΟΛΟΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	27
ΣΧΗΜΑ 3-2. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΧΡΗΣΤΗ.....	29
ΣΧΗΜΑ 3-3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ VASP.....	30
ΣΧΗΜΑ 3-4. ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ RCSPP.....	32
ΣΧΗΜΑ 3-5. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ RCSPM.....	33
ΣΧΗΜΑ 3-6. ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΗΣ RCSPP.....	40
ΣΧΗΜΑ 3-7. ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΠΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	41
ΣΧΗΜΑ 3-8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ ΧΡΗΣΤΗ.....	44
ΣΧΗΜΑ 4-1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	48
ΣΧΗΜΑ 4-2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	52
ΣΧΗΜΑ 4-3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΛΑΣΕΩΝ UML ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.....	58
ΣΧΗΜΑ 4-4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	58
ΣΧΗΜΑ 4-5. ΔΙΕΠΑΦΗ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	59
ΣΧΗΜΑ 4-6. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ Ο ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	60
ΣΧΗΜΑ 4-7. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΕΞΑΤΟΜΙΚΕΥΜΕΝΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	61
ΣΧΗΜΑ 4-8. ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	63
ΣΧΗΜΑ 4-9. ΠΡΟΦΙΛ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	65
ΣΧΗΜΑ 4-10. ΠΡΟΦΙΛ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	67
ΣΧΗΜΑ 4-11. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ RCSPM ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....	67
ΣΧΗΜΑ 4-12. XML DTD ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (ΣΗΜΕΙΩΣΗ: ΜΟΝΟ ΕΝΑ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΚΑΙ ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΧΑΡΙΝ ΑΝΑΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ).....	74
ΣΧΗΜΑ 4-13. RDF SCHEMA ΓΙΑ ΤΑ ΜΕΤΑ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.....	75
ΣΧΗΜΑ 4-14. ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΥΠΟΥ PROFILEELEMENT.....	77
ΣΧΗΜΑ 4-15. ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΥΠΟΥ PROFILE.....	78
ΣΧΗΜΑ 4-16. ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΥΠΟΥ PROFILEATTRIBUTE.....	78
ΣΧΗΜΑ 4-17. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΗ ΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΤΥΠΟΥ PROFILE.....	79
ΣΧΗΜΑ 4-18. ΨΕΥΔΟΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΗ ΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΤΥΠΟΥ PROFILE.....	80
ΣΧΗΜΑ 4-19. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟΥ MATCHER ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	81
ΣΧΗΜΑ 4-20. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΞΑΤΟΜΙΚΕΥΜΕΝΟΥ MATCHER ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	82
ΣΧΗΜΑ 4-21. ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΡΙΘΜΟ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	92
ΣΧΗΜΑ 4-22. ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΡΟΦΙΛ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	93
ΣΧΗΜΑ 5-1. UML ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΣΕΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	99
ΣΧΗΜΑ 5-2. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΟΣΟΛΗΨΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	106
ΣΧΗΜΑ 5-3. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΟΣΟΛΗΨΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	107
ΣΧΗΜΑ 5-4. ΠΙΘΑΝΕΣ ΡΟΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΖΕΤΑΙ Ο ΠΑΡΟΧΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	108
ΣΧΗΜΑ 5-5. ΠΙΘΑΝΕΣ ΡΟΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΖΕΤΑΙ ΜΙΑ ΟΝΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΟΧΟ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	110
ΣΧΗΜΑ 5-6. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpINITIAL.....	116
ΣΧΗΜΑ 5-7. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpAUTHENTICATION.....	116
ΣΧΗΜΑ 5-8. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpACCESS.....	117
ΣΧΗΜΑ 5-9. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpSERVICEDISCOVERY.....	117

ΣΧΗΜΑ 5-10. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟ FRAMEWORK.....	118
ΣΧΗΜΑ 5-11. ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΣ ΣΕ ΔΙΕΠΑΦΕΣ/ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ PARLAY/OSA. ....	119
ΣΧΗΜΑ 5-12. ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ SAGs, SERVICE PROFILES ΚΑΙ SERVICE CONTRACTS .....	121
ΣΧΗΜΑ 5-13. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ SAG ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΦΙΛ ΔΙΕΠΑΦΩΝ/ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	122
ΣΧΗΜΑ 5-14. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΠΑΡΟΧΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.....	123
ΣΧΗΜΑ 5-15. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpEntOpAccountManagement. ....	124
ΣΧΗΜΑ 5-16. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpServiceContractManagement. ....	124
ΣΧΗΜΑ 5-17. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpClientAppManagement.....	124
ΣΧΗΜΑ 5-18. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpServiceProfileManagement. ....	125
ΣΧΗΜΑ 5-19. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpServiceProfileInfoQuery.....	125
ΣΧΗΜΑ 5-20. ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IpServiceContractInfoQuery. ....	125
ΣΧΗΜΑ 5-21. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΤΗΝ RCSPP.....	126
ΣΧΗΜΑ 5-22. XML DTD ΓΙΑ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΡΟΦΙΛ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ PARLAY/OSA.....	128
ΣΧΗΜΑ 5-23. ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΝΤΑΛΛΑΣΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΓΓΡΑΦΗ ΜΙΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ VASREGM ΣΤΟ FRAMEWORK. ....	129
ΣΧΗΜΑ 5-24. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ OSA SERVICE SUBSCRIPTION MANAGER. ....	131
ΣΧΗΜΑ 5-25. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΠΑΦΕΣ ΤΟΥ SMM. ....	131
ΣΧΗΜΑ 5-26. ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ UML ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΤΟ PARLAY/OSA FRAMEWORK.....	132