



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Κατεύθυνση : “Ψηφιακές Επικοινωνίες & Δίκτυα”**

**Υπηρεσίες για τη βελτίωση επιδόσεων συστημάτων
μεταφορών, μέσω υποδομών B3G/IMS**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημητρέλλου Ελένη

Αθήνα, Ιούνιος 2008

РАНЕЕЗНАМО ТЕРПАА

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες με στόχο τη μείωση της μόλυνσης και της κυκλοφοριακής συμφόρησης στους δρόμους αλλά και με στόχο την εξασφάλιση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αναπτύσσονται υπηρεσίες για τη βελτίωση των επιδόσεων των συστημάτων μεταφορών. Μια επιλογή προς αυτήν την κατεύθυνση είναι το carpooling, που στοχεύει στην αποτελεσματικότερη και πιο γρήγορη μετακίνηση και εξασφαλίζει αξιόπιστη, ασφαλή και ευχάριστη διαδρομή στους χρήστες του.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται ένα ευφυές σύστημα μεταφορών που χρησιμοποιεί τις κινητές επικοινωνίες με σκοπό την παροχή υπηρεσιών, όπως είναι το carpooling, που επιτρέπουν τη συνεργάσιμη μεταφορά. Παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας carpooling πλατφόρμας που εξασφαλίζει αξιοπιστία, ασφάλεια αλλά και εμπιστοσύνη μεταξύ των χρηστών, αφού τους αντιστοιχίζει με βάση τα κοινά ενδιαφέροντα ομιλίας τους, ενώ ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του κάθε χρήστη.

Στα παρακάτω κεφάλαιο, γίνεται λόγος για τις βασικές απαιτήσεις του carpooling συστήματος, εξηγείται ο τρόπος που ο χρήστης εγγράφεται και πλοηγείται σε ένα τέτοιο σύστημα, παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά και η αρχιτεκτονική του carpooling συστήματος, που βασίζεται στην IP Multimedia Subsystem (IMS) πλατφόρμα, και τέλος αναλύονται οι παράμετροι του συστήματος και το πρόβλημα βελτιστοποίησης, από το οποίο προκύπτουν οι χρήστες που ταιριάζουν περισσότερο μεταξύ τους. Για αυτό το σκοπό εξετάζονται τρία διαφορετικά σενάρια και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις τους.

Λέξεις κλειδιά

Carpooling, IP Multimedia Subsystem (IMS), ευφυές σύστημα μεταφορών, κινητές επικοινωνίες, προφίλ χρηστών, αντικειμενική συνάρτηση (objective function – OF), προσομοίωση, πρόβλημα βελτιστοποίησης, ubiquitous παροχή υπηρεσίας, SIP.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον Αναπληρωτή Καθηγητή κο Παναγιώτη Δεμέστιχα για την επίβλεψη και τη βοήθεια που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου καθώς και στην Υποψήφια Διδάκτωρ Γιούλη Κρητικού και στο Διδάκτωρ Γιώργο Δημητρακόπουλο για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες υποδείξεις τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου και στην αδερφή μου για την υποστήριξη και την υπομονή τους σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	9
1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
1.3	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΔΙΟ.....	12
2	Η ΕΝΝΟΙΑ «CARPOOLING».....	14
2.1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ CARPOOLING	14
2.2	Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	15
3	ΔΟΜΗ ΤΟΥ CARPOOLING ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	17
3.1	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	17
3.2	CARPOOLING ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	18
4	ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ ΤΟΥ CARPOOLING.....	19
4.1	ΓΕΝΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΗ	19
4.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ	21
4.3	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	22
4.4	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΗ	23
5	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	25
5.1	ΣΥΝΟΨΗ.....	25
5.2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	25
5.3	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	27
5.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ.....	28
6	ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ CARPOOLING.....	30
7	ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ CARPOOLING.....	32
7.1	ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΩΤΟ – ΓΕΝΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	32
7.1.1	Θεωρητικό υπόβαθρο	32
7.1.2	Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις	37
7.2	ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΧΕΙ ΤΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑ	39
7.2.1	Θεωρητικό υπόβαθρο	39
7.2.2	Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις	45
7.3	ΣΕΝΑΡΙΟ ΤΡΙΤΟ – ΠΑΡΟΜΟΙΑ ΒΑΡΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	47
7.3.1	Θεωρητικό υπόβαθρο	47

7.3.2	Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις	52
8	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ CARPOOLING ΜΕΣΩ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ IMS.....	55
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	55
8.2	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS).....	56
8.3	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΟΥ IMS.....	57
8.4	ΔΙΚΤΥΑΚΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ.....	58
8.5	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ IMS.....	58
8.6	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ IMS.....	61
8.7	ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ IMS ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΙΣΤΟΥ.....	67
8.7.1	Οι περιορισμοί της IMS αρχιτεκτονικής.....	67
8.7.2	Χρησιμοποίηση αρχιτεκτονικής SOA στο IMS.....	68
8.8	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ IMS.....	69
9	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ IMS ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ CARPOOLING.....	72
9.1	ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΤΟ IMS ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ CARPOOLING	72
10	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ CARPOOLING ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	77
10.1	ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ CARPOOLING ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	77
10.2	CARPOOLING ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΟ IMS.....	79
10.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ CARPOOLING.....	81
11	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	83
12	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85

ΣΧΗΜΑΤΑ

<i>Figure 1: Θέμα από διαφημιστική καμπάνια στο Ηνωμένο Βασίλειο</i>	10
<i>Figure 2: Η πορεία του χρήστη στην carpooling πλατφόρμα</i>	18
<i>Figure 3: Μοντέλο συστήματος</i>	28
<i>Figure 4: Συσκευή πλοήγησης</i>	31
<i>Figure 5: Τα βάρη των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς</i>	37
<i>Figure 6: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς</i>	38
<i>Figure 7: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους υποψήφιους οδηγούς</i>	39
<i>Figure 8: Τα βάρη των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους συνεπιβάτες</i>	45
<i>Figure 9: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους συνεπιβάτες</i>	46
<i>Figure 10: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους τρεις χρήστες</i>	47
<i>Figure 11: Τα βάρη των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς</i>	52
<i>Figure 12: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς</i>	53
<i>Figure 13: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους τρεις χρήστες</i>	54
<i>Figure 14: Το διάγραμμα της IMS αρχιτεκτονικής</i>	62
<i>Figure 15: Πρώτο παράδειγμα IMS αρχιτεκτονικής</i>	66
<i>Figure 16: Δεύτερο παράδειγμα IMS αρχιτεκτονικής</i>	66
<i>Figure 17: Πως οι υπηρεσίες ιστού συνδυάζονται με την IMS υποδομή</i>	69
<i>Figure 18: Βασικά συστατικά του carpooling συστήματος</i>	77
<i>Figure 19: Carpooling Αρχιτεκτονική</i>	80
<i>Figure 20: Ακολουθία βημάτων με την έναρξη της carpooling εφαρμογής</i>	82

ΠΙΝΑΚΕΣ

<i>Table 1: Συνολικές παράμετροι συστήματος</i>	24
<i>Table 2: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους οδηγούς</i>	34
<i>Table 3: Κατάταξη υποψηφίων οδηγών με βάση την OF – Κόστος Δρομολογίου / άτομο</i>	36
<i>Table 4: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους επιβάτες</i>	42
<i>Table 5: Κατάταξη υποψηφίων επιβατών με βάση την OF – Κόστος δρομολογίου / άτομο</i>	44
<i>Table 6: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους οδηγούς</i>	50
<i>Table 7: Κατάταξη υποψηφίων οδηγών με βάση την OF – Κόστος δρομολογίου / άτομο</i>	51

1 Εισαγωγικά στοιχεία

1.1 Εισαγωγή

Η σημερινή κατάσταση που επικρατεί στους δρόμους των περισσότερων μεγάλων πόλεων είναι ένα ατελείωτο κυκλοφοριακό χάος. Εκατοντάδες αυτοκίνητα κατακλύζουν καθημερινά τους δρόμους, επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα και δημιουργώντας ανυπόφορο θόρυβο. Ένα συνηθισμένο φαινόμενο που επιβαρύνει ακόμα περισσότερο την κατάσταση, είναι το γεγονός ότι ο μοναδικός επιβάτης στα περισσότερα από τα οχήματα Ι.Χ. που κυκλοφορούν στους δρόμους είναι ο οδηγός, με αποτέλεσμα ένας μεγάλος αριθμός καθισμάτων στα αυτοκίνητα να παραμένει άδειος, Figure 1 [11]. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όχι μόνο τον περιορισμό της χωρητικότητας του δρόμου, αλλά και μια ατελείωτη κατάσταση συμφόρησης, που οδηγεί σε απώλεια χρόνου και χρήματος, μόλυνση, υποβαθμισμένη ποιότητα ζωής και απόβλητα μη ανανεώσιμης ενέργειας.

Οι κυβερνήσεις έχουν διαπιστώσει ότι μια απαίτηση για βιώσιμη ανάπτυξη είναι η αποτελεσματική, άμεση και γρήγορη μετακίνηση στους δρόμους, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μεγάλες πόλεις. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζονται η καθημερινή ασφάλεια των πολιτών, που επιτυγχάνεται με μείωση των ατυχημάτων, καθώς και ο σωστός χειρισμός έκτακτης ανάγκης που αποτελούν τις σημαντικότερες ανησυχίες για όλες τις κυβερνήσεις, όσον αφορά τις μετακινήσεις. Τα περιστατικά εκτάκτων αναγκών μπορεί να καταλήξουν σε μοιραίους και σοβαρούς τραυματισμούς, ενώ ταυτόχρονα είναι αιτίες συμφόρησης, κατανάλωσης ενέργειας και μόλυνσης. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να βρεθούν λύσεις που βασίζονται σε εφαρμογές κινητής επικοινωνίας και που μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση στις μετακινήσεις, την ασφάλεια και το χειρισμό εκτάκτων αναγκών.

Μία αποτελεσματική λύση είναι το carpooling, μια «μόδα» που έχει αρχίσει να αναπτύσσεται στην Ευρώπη, ενώ είναι ήδη διαδεδομένο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Από δημοσιευμένα στοιχεία του 2006, προκύπτει ότι εφαρμόζεται για περισσότερο από πέντε χρόνια στις Ηνωμένες Πολιτείες [3]. Το carpooling είναι ένας όρος που έχει επικρατήσει διεθνώς για το «μοίρασμα» μιας διαδρομής με άλλους ταξιδιώτες που κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση [1]. Φέρνει σε επαφή ανθρώπους που σχεδιάζουν να κάνουν το ίδιο ταξίδι και θέλουν να μοιράσουν τα έξοδά τους [2]. Το

carpooling είναι με άλλα λόγια η συνεννόηση μέσω Διαδικτύου ατόμων με τον ίδιο προορισμό, ώστε να χρησιμοποιούν ένα όχημα για λόγους οικονομίας και κυκλοφοριακής ανάσας [5]. Ένας λόγος της γρήγορης διάδοσής του είναι η τεχνολογική πρόοδος, ιδιαίτερα το διαδίκτυο, αφού εκατοντάδες διαδρομές κανονίζονται μέσα από αυτό [11]. Διαδίδεται μέσα από φίλους και συναδέλφους, καθώς και από online υπηρεσίες [4].



Figure 1: Θέμα από διαφημιστική καμπάνια στο Ηνωμένο Βασίλειο

1.2 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ευφυούς συστήματος μεταφοράς, δηλαδή η ανάπτυξη μιας carpooling πλατφόρμας, η οποία είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του carpooling συστήματος αλλά και ικανή να προσαρμόζεται στις ανάγκες του κάθε χρήστη. Σκοπός του carpooling συστήματος είναι όχι μόνο να προτείνει βέλτιστες, αξιόπιστες και ασφαλείς διαδρομές αλλά και να αντιστοιχίσει τους συνταξιδιώτες με βάση τα κοινά ενδιαφέροντα ομιλίας τους. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες του carpooling εξασφαλίζουν παράλληλα με την ασφαλή οδήγηση, μια ευχάριστη διαδρομή, αφού έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν με τους συνταξιδιώτες τους για τα κοινά τους ενδιαφέροντα.

Επιπλέον παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του carpooling συστήματος, η οποία βασίζεται στην πλατφόρμα IP Multimedia Subsystem, μια υποδομή που βασίζεται στις IP δικτυακές επικοινωνίες και είναι υπεύθυνη για την παροχή υπηρεσιών στην εποχή της

σύγκλισης. Απώτερος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος κινητών επικοινωνιών και η εφαρμογή του στον τομέα των μεταφορών, με σκοπό τη βελτίωση της ασφάλειας στην οδήγηση καθώς και η ανάπτυξη υπηρεσιών που στοχεύουν στη βελτίωση επιδόσεων των συστημάτων μεταφορών και βασίζονται στην κοινή συνεργασία και την εμπιστοσύνη, όπως είναι το carpooling.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται σχετικές εργασίες στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια carpooling και τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την εφαρμογή αυτής της υπηρεσίας, καθώς και η κατάσταση που επικρατεί στη Ελλάδα, δηλαδή κατά πόσο ο κόσμος είναι γνώστης της έννοιας carpooling και την αποδέχεται. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη παρουσίαση της δομής του carpooling συστήματος, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται αναλυτικά οι συνολικές παράμετροι του συστήματος. Οι παράμετροι του συστήματος περιλαμβάνουν το προσωπικό προφίλ του κάθε χρήστη, που είναι υπεύθυνο για την ομαδοποίηση των χρηστών, τα χαρακτηριστικά του κάθε δρομολογίου καθώς και το προφίλ αξιολόγησης, που είναι απαραίτητο για την ανανέωση και προσαρμοστικότητα του συστήματος. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο του συστήματος, που βασίζεται σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης κάνοντας χρήση της αντικειμενικής συνάρτησης, με σκοπό το πιο κατάλληλο ταίριασμα χρηστών. Επιπλέον γίνεται αναφορά στον υπολογισμό του κόστους του δρομολογίου.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται οι διαφορετικές περιπτώσεις χρησιμοποίησης της υπηρεσίας carpooling, ενώ στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τρία διαφορετικά σενάρια carpooling, καθώς και τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν. Το όγδοο κεφάλαιο επικεντρώνεται στα βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας IP Multimedia Subsystem και παραθέτει πληροφορίες σχετικά με τα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας, τους μηχανισμούς ασφάλειας και την αρχιτεκτονική του IMS. Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται λόγος για το πόσο σημαντικό είναι το IMS στην υπηρεσία carpooling και αναφέρονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το IMS στην εφαρμογή του carpooling. Στο δέκατο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του carpooling συστήματος και περιγράφονται τα βασικά συστατικά του καθώς και μια εφαρμογή της υπηρεσίας carpooling. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται λόγος για τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία καθώς και για

μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα που περιγράφουμε στην εργασία.

1.3 Σχετικές εργασίες στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο

Η υπηρεσία carpooling έχει αρχίσει να γίνεται γνωστή τα τελευταία χρόνια, ωστόσο έχει ήδη δεχτεί ιδιαίτερη προσοχή και έχουν γίνει αρκετές μελέτες και έρευνες, με σκοπό την αποτελεσματικότερη μετακίνηση. Στο [25], που είναι βασισμένο σε μία ανάλυση του 1977-78 Nationwide Personal Transportation Survey (NPTS), γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης του carpooling περισσότερο, αναλύοντας τα άτομα που είναι περισσότερο πιθανό να κάνουν carpooling, τον τρόπο με τον οποίο το πραγματοποιούν καθώς και το γιατί αποφασίζουν να συμμετέχουν στο carpooling. Η καλύτερη κατανόηση του carpooling καθώς και περισσότερες πληροφορίες πάνω σε αυτό είναι απαραίτητα για να αναπτυχθεί ένα αποτελεσματικό σύστημα.

Η έρευνα χωρίζει τους χρήστες σε τρεις ομάδες, αυτούς που κάνουν carpooling και τουλάχιστον ένας συνεπιβάτης είναι από το ίδιο νοικοκυριό, αυτούς που είναι τελείως άγνωστοι μεταξύ τους και μοιράζονται τα καθήκοντα οδήγησης και αυτούς που δε διαθέτουν όχημα και είναι μόνο συνοδηγοί. Στη συνέχεια παραθέτει το ποσοστό αυτών που επιλέγουν carpooling, να ταξιδέψουν μόνοι τους ή τα μέσα μαζικής μεταφοράς καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε ομάδας σχετικά με τους τρεις διαφορετικούς τρόπους μετακίνησης. Τέλος η έρευνα δείχνει ότι ένας σημαντικός λόγος για carpooling είναι το κόστος της μετακίνησης κυρίως για αυτούς που κάνουν μεγάλες διαδρομές αλλά και για αυτούς που δε διαθέτουν αυτοκίνητο.

Στο [13] υποστηρίζεται ότι το carpooling μπορεί να αποτελέσει λύση στην κυκλοφοριακή συμφόρηση, ωστόσο, ύστερα από έρευνα, προκύπτει ότι το κυριότερο πρόβλημα είναι η έλλειψη εμπιστοσύνης προς τους άλλους επιβάτες. Με σκοπό την αύξηση της εμπιστοσύνης, προτείνεται η δημιουργία ενός συστήματος carpooling μέσα σε έναν οργανισμό, είτε είναι εταιρία είτε πανεπιστημιακή κοινότητα. Με αυτόν τον τρόπο οι συνεπιβάτες θα γνωρίζονται μεταξύ τους και μέσα από μια ιστοσελίδα, κάθε χρήστης θα εντάσσεται στην ομάδα carpooling που τον εξυπηρετεί ή θα δημιουργεί καινούρια.

Το [11] προχωράει ένα βήμα παραπέρα και παρουσιάζει ένα λογισμικό που ονομάζεται WIGeoPOOL και είναι ένας έξυπνος αλγόριθμος ταιριάσματος που βασίζεται στο GIS. Ο αλγόριθμος έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει τις καλύτερες ομάδες carpooling ανάμεσα σε εκατοντάδες αιτήσεις. Οι χρήστες απλά εγγράφονται στο σύστημα και δηλώνουν αφετηρία και προορισμό. Είναι ένα σύστημα πλοήγησης στο οποίο κάθε χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση μέσα από υπηρεσίες διαδικτύου.

Σε συνέχεια των παραπάνω ερευνητικών μελετών, αυτή η εργασία παρουσιάζει ένα carpooling σύστημα που έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις και τις προσωπικές προτιμήσεις του κάθε χρήστη. Το σύστημα εξασφαλίζει το καλύτερο ταίριασμα χρηστών τόσο σχετικά με τη διαδρομή, όσο και σχετικά με το πόσο ταιριάζουν οι χρήστες μεταξύ τους, με τη βοήθεια του προβλήματος βελτιστοποίησης και τη χρήση της αντικειμενικής συνάρτησης. Μέσα από τη χρήση παραμέτρων καταχωρούνται τα προσωπικά χαρακτηριστικά και οι προτιμήσεις του κάθε χρήστη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η ασφάλεια και η εμπιστοσύνη μεταξύ των χρηστών αλλά και να λαμβάνεται υπόψη η προσωπικότητα και οι προτιμήσεις του κάθε χρήστη. Επιπλέον γίνεται η παρουσίαση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής του carpooling, που βασίζεται στην πλατφόρμα IP Multimedia Subsystem και εξασφαλίζει πρόσβαση στην υπηρεσία από οποιαδήποτε τερματική συσκευή και από οποιοδήποτε δίκτυο.

2 Η έννοια «carpooling»

2.1 Πλεονεκτήματα του carpooling

Το «carpooling» αρχίζει να λαμβάνει μορφή μαζικού κινήματος, καθώς όχι μόνο κάνει πιο ευχάριστη ακόμα και τη βαρετή διαδρομή προς τη δουλειά, αλλά γιατί με αυτόν τον τρόπο μειώνονται τα έξοδα για βενζίνη, πάρκινγκ ή διόδια, αφού η συμφωνία συνήθως ορίζει ότι τα μοιράζονται οι συνταξιδιώτες. Το κυριότερο όμως είναι ότι η «μόδα» αυτή συμβάλλει πιο καθοριστικά από οποιαδήποτε άλλη κυβερνητική πολιτική στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης [1]. Παρακάτω αναπτύσσονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η υπηρεσία carpooling.

Μεγαλύτερη άνεση και περισσότερη οικονομία: Για τους ιδιώτες, το carpooling είναι πιο οικονομικό από το να χρησιμοποιούν μόνοι το αυτοκίνητό τους, ή να χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Όχι μόνο μοιράζονται τα έξοδα ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους επιβάτες αλλά επιπλέον δε χρειάζεται να περπατούν ή να περιμένουν τη δημόσια συγκοινωνία. Έρευνες δείχνουν ότι ο μέσος χρόνος διαδρομής για κάποιον που έχει διαρκές εισιτήριο για τα μέσα μαζικής μεταφοράς είναι 70% περισσότερος σε σύγκριση με το carpooling. Επιπλέον το επίπεδο άνεσης στο carpooling είναι το ίδιο με αυτό του ιδιωτικού αυτοκινήτου. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας τρόπος μείωσης του καθημερινού άγχους, αφού οι συμμετέχοντες μοιράζουν τις ημέρες που οδηγούν για τη δουλειά τους με άλλους οδηγούς [4], ενώ τέλος δεν είναι λίγες οι έρευνες που δείχνουν ότι το carpooling είναι η απάντηση στην ολοένα και αυξανόμενη τιμή των καυσίμων [1].

Μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης και ατμοσφαιρικής ρύπανσης: Στην Αμερική, το 2000, 83.8 % από τους οδηγούς μετακινήθηκαν μόνοι τους για τη δουλειά, ενώ το 9.1 % χρησιμοποίησε carpooling και το 1.1 % χρησιμοποίησε μέσα μαζικής μεταφοράς και ταξί. Η παρακίνηση ακόμα και ενός μικρού μέρους από αυτούς τους οδηγούς να συνταξιδέψουν προς τη δουλειά τους, θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στη μείωση της συμφόρησης. Το carpooling στοχεύει κυρίως σε ώρες αιχμής της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Για έναν πληθυσμό με 42 εκατομμύρια άτομα, μια αύξηση από 1.2 σε 2 άτομα σε κάθε όχημα, ελαττώνει τον αριθμό των οχημάτων σε χρήση κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής σε 14 εκατομμύρια από 35.1. Το carpooling επίσης αποτελεί

πιθανόν, την πιο αποτελεσματική τεχνική για ενεργειακή συντήρηση μεταφορών. Εάν αυξηθούν τα άτομα σε κάθε όχημα από 1.2 σε 1.3, εκτιμάται ότι 100000 βαρέλια πετρελαίου μπορούν να σωθούν καθημερινά [13].

Ενθάρυνση διαπροσωπικών σχέσεων: Όχι μόνο μειώνει τη συμφόρηση στους δρόμους και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, αλλά προωθεί και τις κοινωνικές σχέσεις των ανθρώπων, μέσα σε μία κοινωνία που χαρακτηρίζεται από έλλειψη διαπροσωπικών σχέσεων [3]. Παρέχει στους ανθρώπους έναν τρόπο να επικοινωνούν κοινωνικά, να αλληλεπιδρούν και να δημιουργούν σχέσεις που διατηρούνται στο χρόνο [13]. Νέες online carpooling υπηρεσίες προσφέρουν καινούριους τρόπους για να αναπτυχθούν κοινωνικές σχέσεις μέσα από περιοχές συζήτησης στο διαδίκτυο.

Μείωση χρόνου μετακίνησης: Το carpooling μειώνει το χρόνο μετακίνησης των ατόμων, όταν υπάρχουν ειδικές λωρίδες υψηλής κυκλοφορίας [13]. Σε είκοσι Πολιτείες των ΗΠΑ η δημιουργία λωρίδων κυκλοφορίας αποκλειστικά για αυτοκίνητα με πάνω από δύο ή τρεις επιβάτες, είναι γεγονός. Έχει βρεθεί ότι μια κανονική λωρίδα κυκλοφορίας σε έναν αυτοκινητόδρομο εξυπηρετεί το 21% των αυτοκινήτων, αλλά μόνο το 18% των επιβατών, ενώ η ειδική λωρίδα για τα αυτοκίνητα με πάνω από δύο επιβάτες, εξυπηρετεί το 16% των οχημάτων και το 27% των επιβατών όλου του αυτοκινητοδρόμου [1].

Όλα τα παραπάνω καθιστούν το carpooling προτιμώτερο τρόπο καθημερινής μετακίνησης, ενώ ταυτόχρονα η ανάγκη να έχει κάποιος το δικό του ιδιωτικό αυτοκίνητο για καθημερινή μετακίνηση στη δουλειά, με όλα τα απαραίτητα έξοδα, μειώνεται όλο και περισσότερο [12]

2.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, το έδαφος είναι πρόσφορο, παρόλο που η λατρεία για το αυτοκίνητό, κρατάει τον κόσμο, ακόμα, μακριά από τέτοιου είδους πρωτοβουλίες [1]. Κάθε μέρα, στους δρόμους της Αθήνας κυκλοφορούν περισσότερα από δύο εκατομμύρια αυτοκίνητα, με τα οποία πραγματοποιούνται πάνω από οκτώ εκατομμύρια μετακινήσεις. Σχεδόν οι μισές, το 40%-45%, αφορούν διαδρομές από και προς τη δουλειά, κυρίως μοναχικές διαδρομές, αφού στην πλειονότητά τους τα Ι.Χ. που κυκλοφορούν στην πόλη έχουν έναν και μοναδικό επιβάτη, τον οδηγό. Οι συγκοινωνιολόγοι έχουν τονίσει

επανειλημμένως πως η συνήθεια να κυκλοφορεί «καθείς με το αυτοκίνητό του» είναι βασική συνιστώσα του κυκλοφοριακού προβλήματος της πρωτεύουσας, ενώ επιτείνει και το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αφού κάθε λίτρο βενζίνης που καίγεται παράγει περίπου 2,4 κιλά διοξειδίου του άνθρακα και πλήθος άλλων ρύπων [5].

Στις μέρες μας, παρά τα όποια μέτρα, το νέφος εξακολουθεί να πνίγει τις μεγάλες πόλεις. Η αλόγιστη χρήση των Ι.Χ. είναι η βασική αιτία, αφού ευθύνεται για το 62% των συνολικά εκπεμπόμενων υδρογονανθράκων, για το 63% των συνολικά εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου και για το 80% του συνολικά εκπεμπόμενου μονοξειδίου του άνθρακα. Το κάθε Ι.Χ. σε σχέση με τα λεωφορεία εκπέμπει ανά μετακινούμενο επιβάτη έως και 40 φορές περισσότερους ρύπους [1].

Μια θετική συμπεριφορά που παρατηρείται τελευταία από τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων είναι ότι αρχίζουν να συνειδητοποιούν την ανάγκη για ελάττωση της χρήσης του αυτοκινήτου. Το Ι.Χ. έχει πάψει να προσφέρει σημαντική εξυπηρέτηση στους χρήστες του, αφού μέρα παρά μέρα είναι υποχρεωμένοι να το ακινητοποιούν εξαιτίας του Δακτυλίου. Επιπλέον στις ώρες αιχμής, η ταχύτητά του στο κέντρο της Αθήνας δεν ξεπερνά τα 5 χλμ./ώρα, όση δηλαδή είναι και η ταχύτητα ενός πεζού. Αυτό συμβαίνει γιατί στην Ελλάδα αναλογούν πάνω από 400 οχήματα ανά 1.000 κατοίκους – ένας από τους μεγαλύτερους αριθμούς στην Ε.Ε., ενώ την ίδια στιγμή, η «πληρότητα» των Ι.Χ. είναι ιδιαίτερος χαμηλή, μόλις 1 με 2 επιβάτες ανά αυτοκίνητο [1].

Ένα πρώτο βήμα για την ελάττωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης είναι καταρχήν οι πολίτες να ενημερωθούν για την ύπαρξη της υπηρεσίας carpooling και για τα πλεονεκτήματά του. Για αυτό το σκοπό, τον Ιανουάριο του 2006, εγκαινιάστηκε μια καινούρια ιστοσελίδα για το carpooling, που δέχτηκε περισσότερες από 5000 επισκέψεις τους δύο πρώτους μήνες. Από στοιχεία του 2006, υπάρχουν 853 εγγεγραμμένοι μέλη, από τα οποία το 80% των χρηστών είναι από 25 μέχρι 40 χρονών [3]. Επιπλέον, αυτοί που αποφασίζουν να αφήσουν το αυτοκίνητό τους και να γίνουν χρήστες του carpooling, έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένες διευκολύνσεις, όπως ειδικά σημεία συνάντησης και ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας [4].

3 Δομή του carpooling συστήματος

3.1 Απαιτήσεις του συστήματος

Το carpooling, το οποίο βασίζεται στην πρόσβαση στο διαδίκτυο είτε μέσω υπολογιστών, είτε μέσω κινητών, είτε μέσω Ασύρματων Φορητών Τερματικών έχει σαν σκοπό τη βελτίωση της ασφάλειας, δηλαδή μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, τη βελτίωση της εμπιστοσύνης ανάμεσα στον οδηγό και τους συνεπιβάτες, την μείωση της συμφόρησης καθώς και το σωστό χειρισμό έκτακτων περιστατικών. Τέλος προτείνει βέλτιστες, αξιόπιστες, σίγουρες και ασφαλείς όχι μόνο διαδρομές, αλλά και τους κατάλληλους συνδυασμούς χρηστών, όσον αφορά τα προσωπικά χαρακτηριστικά, τα ενδιαφέροντα ομιλίας και το είδος οδήγησης. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, το carpooling σύστημα πρέπει να συμβαδίζει με τις παρακάτω απαιτήσεις:

Εξατομίκευση: Για να αναπτυχθεί ένα αποδοτικό σύστημα carpooling και για να είναι η διαδρομή που μοιράζονται οι χρήστες όσο το δυνατόν πιο ευχάριστη, γίνεται κατηγοριοποίηση των χρηστών ανάλογα με τα ενδιαφέροντά τους και τις ασχολίες τους, ώστε να λαμβάνονται υπόψη τα κοινά ενδιαφέροντα τόσο του οδηγού όσο και των συνεπιβατών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αναπτυχθούν προφίλ χρηστών και ανάλογα με αυτά οι χρήστες να κατηγοριοποιούνται σε ομάδες. Ένα προφίλ αποτελείται από διάφορες παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τον κάθε χρήστη όπως ηλικία, γένος, επάγγελμα, τοποθεσία και ικανότητα οδήγησης.

Προσαρμοστικότητα: Ένα προηγμένο carpooling σύστημα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις του χρήστη και τις προσωπικές του ανάγκες, τις οποίες ο ίδιος διευκρινίζει στο σύστημα. Επιπλέον οι προτιμήσεις του χρήστη αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και το σύστημα πρέπει να είναι ικανό να προσαρμόζεται κατάλληλα στις τυχόν αλλαγές, αλλά ταυτόχρονα να λαμβάνει υπόψη και το ιστορικό του χρήστη.

Δύο απαιτήσεις, οπότε, του συστήματος είναι η εξατομίκευση και η προσαρμοστικότητα, ώστε το σύστημα να μπορέσει να αλληλεπιδράσει αποτελεσματικά με τον χρήστη [7].

3.2 Carpooling πλατφόρμα

Για να δημιουργηθεί ένα αρχικό προφίλ σε κάθε χρήστη, το σύστημα ζητάει από τον χρήστη να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο μόλις μπαίνει στην πλατφόρμα της υπηρεσίας carpooling, με σκοπό να εξαχθούν κάποια αρχικά στοιχεία σχετικά με τις προτιμήσεις του χρήστη, τα ενδιαφέροντά του και το κοινωνικοπολιτιστικό επίπεδό του, ώστε να γίνει το κατάλληλο ταίριασμα του οδηγού με τους συνεπιβάτες, καθώς και λεπτομέρειες σχετικά με τη διαδρομή που επιθυμεί να πραγματοποιήσει.

Στη συνέχεια αφού το σύστημα προτείνει τους βέλτιστους πιθανούς συνδυασμούς οδηγών με συνεπιβάτες, αυτοί επιλέγουν ή απορρίπτουν αντίστοιχα ανάλογα με το προφίλ των χρηστών, ώστε να προκύψουν οι τελικοί συνδυασμοί. Μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής τόσο οι οδηγοί όσο και οι συνοδηγοί αξιολογούν τους συνεπιβάτες τους, με αποτέλεσμα να ανατροφοδοτείται και να ανανεώνεται το προσωπικό προφίλ των χρηστών.

Σχηματικά η δομή του carpooling συστήματος παρουσιάζεται παρακάτω στο Figure 2:

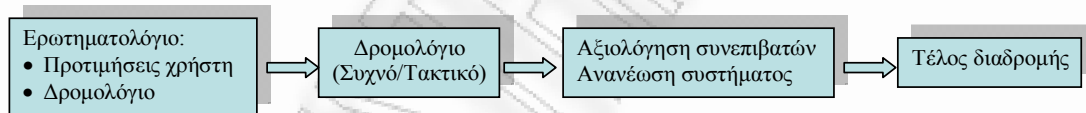


Figure 2: Η πορεία του χρήστη στην carpooling πλατφόρμα

4 Τα χαρακτηριστικά των χρηστών του carpooling

Οι προτιμήσεις του χρήστη διαρκώς αλλάζουν κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησής του από μια υπηρεσία carpooling. Οι παράμετροι του χρήστη κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες και οι περισσότερες από αυτές τις παραμέτρους αποτελούν το προσωπικό προφίλ του χρήστη. Από τη μία είναι οι παράμετροι που αναφέρονται σε προσωπικά χαρακτηριστικά και στις προτιμήσεις του κάθε χρήστη σχετικά με την προσωπικότητα των συνεπιβατών και συνήθως είναι σταθερές, ή παραμένουν σταθερές για μεγάλο χρονικό διάστημα. Από την άλλη είναι οι παράμετροι που αναφέρονται στα χαρακτηριστικά της διαδρομής, στο επιθυμητό κόστος αυτής και στη συχνότητα χρήσης της υπηρεσίας carpooling που επιθυμεί ο κάθε χρήστης. Ο συνδυασμός των παραπάνω παραμέτρων κατηγοριοποιεί τους χρήστες αρχικά σε ομάδες.

Τέλος υπάρχει μια παράμετρος αξιολόγησης, με την οποία οι χρήστες μπορούν προαιρετικά να αξιολογούν όχι μόνο τους συνεπιβάτες τους ως προς την κοινωνική τους συμπεριφορά, αλλά και τον οδηγό ως προς την οδική του συμπεριφορά. Επιπλέον δηλώνουν αν θέλουν να επαναλάβουν τη διαδρομή με τους ίδιους συνεπιβάτες, με αποτέλεσμα το σύστημα να ανανεώνεται και να επαναλαμβάνει ή όχι τον ίδιο συνδυασμό χρηστών.

Το προσωπικό προφίλ του κάθε χρήστη μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους σύνολα, στο γενικό προφίλ και στο προφίλ αξιολόγησης. Το γενικό προφίλ περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους της πρώτης κατηγορίας που αποτελούν τις προσωπικές προτιμήσεις του κάθε χρήστη καθώς και μία παράμετρο από τη δεύτερη κατηγορία σχετικά με το επιθυμητό κόστος της διαδρομής. Το προφίλ αξιολόγησης αποτελείται κυρίως από την παράμετρο αξιολόγησης της τρίτης κατηγορίας, που με τη σειρά της αναλύεται σε τρία επιμέρους μέρη.

4.1 Γενικό προφίλ χρήστη

Οι παράμετροι που αναφέρονται στα προσωπικά χαρακτηριστικά και στις προτιμήσεις του κάθε χρήστη είναι συνολικά οκτώ, είναι σταθερές για κάθε χρήστη και αποτελούν τα χαρακτηριστικά εκείνα, τα οποία επηρεάζουν τη δημιουργία κατάλληλων

ομάδων. Οι οκτώ αυτές παράμετροι περιλαμβάνονται στο γενικό προφίλ του κάθε χρήστη και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

Ηλικία: Ο κάθε χρήστης δηλώνει τόσο την ηλικία του, όσο και σε ποια κατηγορία ηλικίας θέλει να ανήκει ο συνεπιβάτης του ή ο οδηγός, στην περίπτωση που ο χρήστης είναι επιβάτης. Η παράμετρος παίρνει τιμές 13-17, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 64-70.

Φύλο: Συνήθως η επιλογή του, δεν επηρεάζει τους περισσότερους χρήστες, ωστόσο είναι μια παράμετρος που δημιουργεί ευκολότερα κοινά θέματα συζήτησης.

Οικογενειακή Κατάσταση: Το αν είναι παντρεμένος ή όχι ο κάθε χρήστης παίζει σημαντικό ρόλο στο κατάλληλο ταίριασμα μεταξύ τους. Για παράδειγμα, οι μητέρες έχουν πολλά περισσότερα θέματα να συζητήσουν μεταξύ τους, κυρίως σχετικά με τα παιδιά τους, από ότι θα είχαν με μια φοιτήτρια ή έναν φοιτητή.

Απασχόληση του χρήστη: Όσον αφορά την απασχόληση, ο χρήστης μπορεί να ανήκει σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες: εργαζόμενος, άνεργος ή συνταξιούχος, να είναι μαθητής ή φοιτητής ή τέλος να ασχολείται με τα οικιακά.

Μορφωτικό Επίπεδο: Χαρακτηρίζεται ως ανώτερο, μέσο ή κατώτερο. Το μορφωτικό επίπεδο σε συνδυασμό με την οικογενειακή κατάσταση, την ηλικία και την απασχόληση είναι τέσσερις παράμετροι πολύ σημαντικές, καθώς συνήθως οι χρήστες που ανήκουν στις ίδιες κατηγορίες, είναι πιο πιθανό να έχουν κοινά ενδιαφέροντα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το αντικείμενο συζήτησης να είναι ενδιαφέρον, ώστε όχι μόνο να γίνεται ευκολότερα η γνωριμία μεταξύ άγνωστων συνεπιβατών αλλά επιπλέον να γίνεται και πιο ευχάριστη η διαδρομή.

Κάπνισμα: Το κατά πόσο ένας χρήστης είναι καπνιστής ή όχι, είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους και συνήθως επηρεάζει πολύ περισσότερο την επιλογή του συνεπιβάτη, από ότι επηρεάζουν τα κοινά τους ενδιαφέροντα.

Γλώσσα: Η γνώση τουλάχιστον μιας ξένης γλώσσας θεωρείται πλέον γεγονός, ωστόσο είναι μια παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει την επιλογή του συνεπιβάτη.

Εθνικότητα: Είναι μια παράμετρος που για κάποιους παίζει σημαντικό ρόλο στο κατά πόσο θα εμπιστευτούν και θα ταιριάζουν με τους συνεπιβάτες. Για πολλούς χρήστες, το carpooling είναι μια ευκαιρία να γνωρίσουν διαφορετικές συνήθειες

ανθρώπων, διαφορετικούς τρόπους ζωής καθώς και καινούριες εμπειρίες. Αυτό επιτυγχάνεται πιο εύκολα όταν οι συνεπιβάτες είναι διαφορετικής εθνικότητας.

Εκτός από το κάπνισμα, οι μουσικές προτιμήσεις και το κατά πόσο επιτρέπονται τα φαγητά και τα ποτά είναι κάποιοι κανόνες που αποφασίζονται από κοινού. Κάποιοι άνθρωποι, για παράδειγμα, μπορεί να ενοχλούνται από τις συζητήσεις και να θέλουν ησυχία, ενώ άλλοι μπορεί να ενοχλούνται από τα δυνατά αρώματα [6].

4.2 Χαρακτηριστικά δρομολογίου

Εκτός από τις παραμέτρους για τις προσωπικές προτιμήσεις των χρηστών, άλλες τέσσερις σημαντικές παράμετροι σχετικά με τη διαδρομή που επιθυμεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης είναι η Αφετηρία, ο Προορισμός, η Συχνότητα Δρομολογίου και το Κόστος Δρομολογίου. Τις τρεις πρώτες τις δηλώνει ο χρήστης όταν κάνει αίτηση για υπηρεσία carpooling, ενώ το κόστος δρομολογίου περιλαμβάνεται στο γενικό προφίλ του κάθε χρήστη.

Αφετηρία: Για να λειτουργήσει το σύστημα carpooling αποδοτικά, πρέπει οι χρήστες μιας ομάδας να μένουν κοντά, να κατευθύνονται προς τον ίδιο προορισμό και να συμπίπτουν είτε οι ώρες δουλειάς τους, είτε οι ώρες και ημέρες που θέλουν να πραγματοποιήσουν ένα ταξίδι. Οπότε η πρώτη παράμετρος που έχει να κάνει με τη διαδρομή είναι καταρχήν ο τόπος διαμονής του χρήστη που κάνει αίτηση για υπηρεσία carpooling, δηλαδή η αφετηρία του. Η αντίστοιχη παράμετρος για τον οδηγό είναι το σημείο που βρίσκεται με το αυτοκίνητό του την στιγμή της αίτησης. Είτε αποφασίζονται κάποια κοινά σημεία συνάντησης, είτε ο οδηγός περνάει από τα σπίτια των συνεπιβατών του, ύστερα από συνεννόηση. Επιπλέον η ομάδα αποφασίζει το χρόνο αναμονής για κάθε χρήστη στο σημείο συνάντησης, ο οποίος ανέρχεται συνήθως γύρω στα 2 με 3 λεπτά [6].

Προορισμός: Είναι μια σημαντική παράμετρος και σε συνδυασμό με τις ώρες εργασίας του κάθε χρήστη, διαμορφώνει τις ομάδες carpooling. Είναι συνηθισμένο συνάδελφοι από μια δουλειά να οργανώνουν carpooling, επειδή συμπίπτουν και ο προορισμός και οι ώρες απασχόλησής τους.

Συχνότητα Δρομολογίου: Τα δρομολόγια μπορούν να είναι καθημερινά ή συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας, μπορούν να είναι υπεραστικά και τέλος μπορούν να είναι για εταιρίες. Το τελευταίο δίνει σε εταιρίες, πανεπιστήμια και ιδρύματα τη

δυνατότητα να δημιουργούν ένα κοινό λογαριασμό για τα μέλη τους, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο ένα κίνητρο και το μέσο ώστε άτομα που εργάζονται στον ίδιο χώρο να έχουν την δυνατότητα να μοιράζονται τις διαδρομές με συναδέλφους ή συμφοιτητές [2].

Κόστος Δρομολογίου: Ο κάθε χρήστης, είτε είναι οδηγός είτε είναι επιβάτης, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει αν επιθυμεί η διαδρομή που θα πραγματοποιήσει να είναι οικονομική ή όχι. Αν η διαδρομή είναι οικονομική, τότε οι συνεπιβάτες και ο οδηγός μοιράζονται τα έξοδα για τη βενζίνη μόνο. Στην περίπτωση που επιλέξουν η διαδρομή να μην είναι η οικονομικότερη, το κόστος της διαδρομής είναι περισσότερο γιατί εκτός από τη βενζίνη, το πιο πιθανό είναι να περιλαμβάνονται και διόδια στη διαδρομή. Συνήθως αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου και τη μείωση της διάρκειας της διαδρομής. Ωστόσο αυτό δεν ισχύει πάντα και δεν είναι σίγουρο ότι με την ακριβότερη διαδρομή, θα φθάσουν γρηγορότερα στον προορισμό τους.

4.3 Παράμετροι ανανέωσης συστήματος

Όπως αναφέρθηκε, ο χρήστης για να γραφτεί στην πλατφόρμα του carpooling, απαντά σε μια σειρά ερωτήσεων από την οποία προκύπτουν οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων και στη συνέχεια κατηγοριοποιείται σε μια ομάδα. Ωστόσο είναι δυνατή η ανανέωση του συστήματος είτε στην περίπτωση που ο χρήστης αλλάξει την τιμή κάποιας παραμέτρου, αλλά κυρίως μέσα από μια διαδικασία αξιολόγησης τόσο του οδηγού από τους συνεπιβάτες, όσο και αντίστροφα, μετά το τέλος κάθε διαδρομής. Οπότε η παράμετρος ανανέωσης του συστήματος είναι η αξιολόγηση, η οποία αποτελείται από τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται στο προφίλ αξιολόγησης του κάθε χρήστη.

Αξιολόγηση: Όλοι οι χρήστες που έχουν γραφτεί στο σύστημα, έχουν τη δυνατότητα να αξιολογήσουν έναν οδηγό ή έναν επιβάτη μετά από μια διαδρομή μαζί, ή να δεχτούν αξιολόγηση. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα ερωτηματολόγιο το οποίο αποτελείται από 3 ερωτήσεις και το οποίο συμπληρώνει προαιρετικά ο οδηγός και ο συνοδηγός αφού έχει ολοκληρωθεί η κοινή τους διαδρομή, αξιολογώντας ο ένας τον άλλον ως προς την κοινωνική συμπεριφορά τους, την καλή ή όχι οδική συμπεριφορά του οδηγού καθώς και το αν θέλουν να επαναλάβουν τη διαδρομή με τον ίδιο συνεπιβάτη. Συνεπώς η αξιολόγηση αναλύεται επιμέρους σε τρία μέρη:

1. *Οδική Συμπεριφορά*: Η οδική συμπεριφορά του οδηγού κατά τη διάρκεια της διαδρομής και γενικά το στυλ οδήγησης που ακολουθεί είναι μια σημαντική παράμετρος. Η οδική συμπεριφορά μπορεί να είναι ήρεμη ή ταραχώδης, φιλική προς το περιβάλλον ή σε γενικές γραμμές οικονομική με τη βενζίνη. Το στυλ οδήγησης αντίστοιχα μπορεί να χαρακτηριστεί ως άνετο, ήρεμο, αγωνιστικό ή διστακτικό. Είναι πολύ σημαντική η ικανότητα του οδηγού στην οδήγηση, επειδή επηρεάζει άμεσα την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την εμπιστοσύνη που αναπτύσσεται ανάμεσα στους χρήστες του συστήματος.

2. *Κοινωνική Συμπεριφορά*: Η οδική συμπεριφορά του οδηγού μαζί με την κοινωνική του συμπεριφορά αποτελούν τις βασικές παραμέτρους για την αξιολόγηση του κάθε οδηγού.

3. *Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου*: Τέλος υπάρχει στο ερωτηματολόγιο, η δυνατότητα ο χρήστης να απαντήσει στην ερώτηση αν θα ήθελε να μοιραστεί ξανά διαδρομή με τον συγκεκριμένο χρήστη. Αυτό βοηθάει το σύστημα να γνωρίζει αν θα ξανακάνει το ίδιο ταίριασμα χρηστών στο μέλλον ή όχι.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αξιολόγησης για το κάθε χαρακτηριστικό που περιγράψαμε παραπάνω και που μπορεί κανείς να διαλέξει: θετική, αρνητική ή ουδέτερη. Επιπλέον μπορεί ο καθένας να προσθέσει σχόλια, δικαιολογώντας την αξιολόγησή του και να δώσει λεπτομέρειες, όπως για παράδειγμα σχετικά με την ακρίβεια ή την αξιοπιστία ενός άλλου μέλους, καθώς και ως προς τα ενδιαφέροντά του. Όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στο προσωπικό προφίλ αξιολόγησης και μπορούν να ενημερωθούν από τις εμπειρίες των άλλων.

4.4 Συνολικό προσωπικό προφίλ χρήστη

Γενικά χρειάζεται στην αρχή κάποιος χρόνος μέχρι να συνηθίσει κάποιος την ομάδα του. Κυρίως όταν πρόκειται για καθημερινή χρήση του carpooling, χρειάζονται κάποιες ημέρες μέχρι να τακτοποιηθεί η ρουτίνα κάποιου σε ένα αρμονικό πρόγραμμα. Ο παρακάτω πίνακας, Table 1, παρουσιάζει συγκεντρωμένες όλες τις παραμέτρους του κάθε χρήστη με τις συντομεύσεις τους:

Table 1: Συνολικές παράμετροι συστήματος

Παράμετροι	Parameters	Notation
1. Ηλικία	Age	AG
2. Φύλο	Gender	GEN
3. Μορφωτικό επίπεδο	Educational Level	EL
4. Οικογενειακή Κατάσταση	Family State	FS
5. Απασχόληση	Work	WOR
6. Κάπνισμα	Smoking	SM
7. Γλώσσα	Language	LAN
8. Εθνικότητα	Nationality	NT
9. Αφετηρία	Source	SR
10. Προορισμός	Destination	DEST
11. Συχνότητα Δρομολογίου	Itinerary Frequency	CF
12. Κόστος Δρομολογίου	Commuter Cost	CC
13. Αξιολόγηση	Evaluation	EST
13.1 Ικανότητα Οδήγησης	Driving Skills	DS
13.2 Κοινωνική Συμπεριφορά	Social Behavior	SB
13.3 Επανάληψη Δρομολογίου	Repetition	RP

Οι οκτώ πρώτες παράμετροι που αναφέρονται σε προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη καθώς και η δωδέκατη παράμετρος που δηλώνει το επιθυμητό κόστος δρομολογίου του κάθε χρήστη αποτελούν το γενικό προφίλ του χρήστη και αυτό επειδή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δηλώσει ποια παράμετρο θεωρεί περισσότερο σημαντική για αυτόν και ποιές είναι οι προτιμήσεις του για τους συνεπιβάτες, ώστε η διαδρομή να είναι ευχάριστη.

Η τελευταία παράμετρος που αποτελείται από τρεις επιμέρους αποτελεί το προφίλ αξιολόγησης του χρήστη. Έτσι, το σύστημα αφού εντοπίσει τις επιλογές για ταίριασμα οδηγού και επιβάτη, μπορεί να συμβουλευτεί το προφίλ αξιολόγησης για να τσεκάρει τυχόν περιορισμούς, δηλαδή το αν κάποιος χρήστης δεν επιθυμεί να ξανακάνει το ίδιο ταίριασμα. Το γενικό προφίλ και το προφίλ αξιολόγησης, δηλαδή συνολικά οι δέκα από τις δεκατρείς παραμέτρους, αποτελούν το συνολικό προσωπικό προφίλ. Τέλος όσον αφορά την Αφετηρία, τον Προορισμό και τη Συχνότητα Δρομολογίου ο χρήστης απλά τα δηλώνει στην αρχή της αίτησής του.

5 Μοντελοποίηση του συστήματος

5.1 Σύνοψη

Σκοπός του συστήματος είναι να βρίσκει ποιος οδηγός είναι ο πιο κατάλληλος για κάθε χρήστη με βάση τις προτιμήσεις του. Αρχικά, με κάθε εγγραφή στο σύστημα, ο χρήστης συμπληρώνει σε ένα ερωτηματολόγιο το προσωπικό του προφίλ, καθώς και το προφίλ που επιθυμεί να έχει ο οδηγός. Επιπλέον συμπληρώνει τα βασικά χαρακτηριστικά της διαδρομής που επιθυμεί να πραγματοποιήσει, δηλαδή τον προορισμό του, την αφετηρία του καθώς και τη συχνότητα του δρομολογίου. Οι αρχικές αυτές πληροφορίες κατατάσσουν τον χρήστη σε μια αρχική ομάδα, όπου οι οδηγοί και οι συνεπιβάτες έχουν σχεδόν τα ίδια χαρακτηριστικά.

Από το ερωτηματολόγιο αυτό προκύπτει η βαρύτητα του κάθε χρήστη για κάθε παράμετρο, καθώς και οι διάφορες τιμές που μπορεί να πάρει για κάθε χρήστη η συγκεκριμένη παράμετρος. Η βαρύτητα κάθε παραμέτρου είναι πολύ σημαντική επειδή δείχνει ποια παράμετρο θεωρεί ο κάθε χρήστης ότι τον επηρεάζει περισσότερο στην επιλογή του οδηγού. Είναι πιθανό πολλές παράμετροι να έχουν την ίδια βαρύτητα για τον χρήστη. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να θεωρεί εξίσου σημαντικό τόσο το να φθάσει γρήγορα στον προορισμό του, όσο και το να μην είναι καπνιστής ο συνεπιβάτης του.

5.2 Αξιολόγηση της βαρύτητας των παραμέτρων

Οι συνολικές παράμετροι του συστήματος είναι δεκατρείς: οκτώ παράμετροι που αποτελούν τις προσωπικές προτιμήσεις του κάθε χρήστη, όπως έχουμε αναφέρει, τέσσερις παράμετροι που σχετίζονται με τη διαδρομή και μία παράμετρος ανανέωσης που αναλύεται σε τρεις επιμέρους. Το προσωπικό προφίλ όμως συγκεκριμένα αποτελείται από δέκα παραμέτρους και ο χρήστης δηλώνει τη βαρύτητα για κάθε παράμετρο.

Όσον αφορά το επιθυμητό προφίλ για τον οδηγό, ο χρήστης αξιολογεί την κάθε παράμετρο με ένα βάρος, που κυμαίνεται από 0.1 έως 0.9 με το 0.9 να συμβολίζει την παράμετρο που ο χρήστης θεωρεί ως την πιο σημαντική. Επιπλέον, ο χρήστης δίνει τιμές στις διάφορες κατηγορίες της κάθε παραμέτρου, με μια κλίμακα από 0.1 έως 0.9,

δηλώνοντας τις προσωπικές του προτιμήσεις. Το άθροισμα τόσο για τις συνολικές βαρύτητες των παραμέτρων, όσο και για τιμές που παίρνουν οι κατηγορίες της κάθε παραμέτρου, πρέπει να είναι ίσο με τη μονάδα. Συνολικά οι παράμετροι που αποτελούν το προσωπικό προφίλ είναι ηλικία, φύλο, μορφωτικό επίπεδο, οικογενειακή κατάσταση, απασχόληση, κάπνισμα, γλώσσα, εθνικότητα, επιθυμητό κόστος δρομολογίου, που αποτελούν το γενικό προφίλ, και τέλος αξιολόγηση η οποία αναλύεται σε ικανότητα οδήγησης του οδηγού, κοινωνική συμπεριφορά του και επανάλυση ταιριάσματος δρομολογίου, η οποία με τη σειρά της αποτελεί το προφίλ αξιολόγησης.

Εάν κάποιες κατηγορίες της ίδιας παραμέτρου έχουν την ίδια τιμή, σημαίνει ότι για τον χρήστη δεν υπάρχει ιδιαίτερη προτίμηση. Όσον αφορά την επανάλυση ταιριάσματος δρομολογίου, ο χρήστης δε συμπληρώνει κάποια βαρύτητα, απλά στην περίπτωση που έχει ξαναταξιδέψει με κάποιον από τους υποψήφιους οδηγούς το σύστημα να μπορεί να ενημερώνεται για τον αν θέλει ο χρήστης να επαναληφθεί το ταίριασμα αυτό ή όχι.

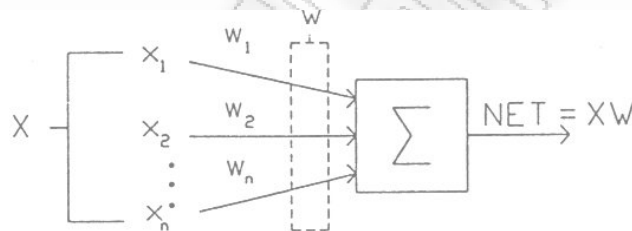
Όσον αφορά το κόστος της διαδρομής ο χρήστης δηλώνει τη βαρύτητα που έχει για αυτόν η παράμετρος, δηλαδή το κατά πόσο προτιμά οικονομική ή όχι διαδρομή. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνονται οι πιθανότητες οι συνεπιβάτες να προτιμούν το ίδιο είδος διαδρομής. Επιπλέον για κάθε αίτηση διαδρομής υπολογίζεται το συνολικό κόστος της διαδρομής. Όπως έχει αναφερθεί η διαδρομή μπορεί να είναι οικονομική ή να είναι ακριβή. Ανάλογα με αυτό που θα επιλέξουν στο τέλος οι συνεπιβάτες προκύπτει και η τελική τιμή των εξόδων. Για να προκύψει το κόστος που προέρχεται από τα έξοδα της βενζίνης, στην αρχή ο χρήστης εκτός από την αφετηρία και τον προορισμό δηλώνει και τα χιλιόμετρα της διαδρομής που θα πραγματοποιήσει.

Από την άλλη πλευρά, ο κάθε οδηγός συμπληρώνει και αυτός ένα σύντομο ερωτηματολόγιο με τα προσωπικά του στοιχεία και ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν τα στοιχεία του σε κάθε παράμετρο, του αντιστοιχεί και μια τιμή που έχει ορίσει ο κάθε χρήστης. Η αξιολόγηση της ικανότητας οδήγησης και της κοινωνικής συμπεριφοράς του κάθε υποψήφιου οδηγού προκύπτει σαν μέσος όρος από τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια που συμπληρώνουν οι επιβάτες, μετά από κάθε διαδρομή, αφού δεν μπορούν οι ίδιοι οι οδηγοί να αξιολογήσουν τον εαυτό τους.

5.3 Πρόβλημα βελτιστοποίησης

Ο εντοπισμός του οδηγού που ταιριάζει καλύτερα σε κάθε χρήστη αποτελεί ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, δηλαδή αναζήτησης της ελάχιστης ή μέγιστης τιμής μιας αντικειμενικής συνάρτησης μίας μεταβλητής ή πολλών μεταβλητών [9]. Συγκεκριμένα, η λύση σε αυτό το πρόβλημα βελτιστοποίησης απαιτεί τη μεγιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης (objective function), οι μεταβλητές της οποίας είναι οι παράμετροι του προφίλ, μέσα σε μια αποδεκτή περιοχή [8].

Οι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί για τη βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης μεταβλητών κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προβλήματος που καλούνται να επιλύσουν. Στην περίπτωση μας, η αντικειμενική συνάρτηση είναι ένα νευρωνικό δίκτυο που χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο εισόδων, που είναι οι παράμετροι, τα αντίστοιχα βάρη και τους κόμβους άθροισης που αθροίζουν τα σήματα εισόδου πολλαπλασιασμένα με τα αντίστοιχα βάρη τους, με αποτέλεσμα ανάλογα με τις τιμές που έχει δώσει ο κάθε χρήστης, ο πιο κατάλληλος οδηγός να είναι αυτός που μεγιστοποιεί την συνάρτηση. Σχηματικά η συνάρτηση παριστάνεται:



$$\text{Όπου } NET = x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 + \dots + x_n \cdot w_n \quad [10]$$

Η αντικειμενική συνάρτηση υπολογίζεται για κάθε χρήστη με βάση τις παραμέτρους και τη βαρύτητά τους. Ο οδηγός για τον οποίο το OF μεγιστοποιείται είναι ο οδηγός που θα επιλεγεί σε σχέση με τους άλλους οδηγούς και επομένως είναι αυτός που ταιριάζει περισσότερο με τον συγκεκριμένο χρήστη.

Η αντικειμενική συνάρτηση είναι της μορφής:

$$\text{Max} \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) \quad \text{Objective Function (OF)}$$

$$par > 0 \quad par = 1, \dots, N$$

Όπου N είναι το σύνολο των παραμέτρων, $W(x, par)$ είναι το βάρος (weight) για τον χρήστη X ως προς την κάθε παράμετρο par , και $par(d)$ είναι η τιμή της παραμέτρου που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο οδηγό. Επίσης, ισχύει ότι:

$$\sum_d X(x, d) = 1$$

δηλαδή ότι ο χρήστης X θα επιλέξει μόνο έναν οδηγό D , καθώς και

$$\sum_{par} W(x, par) = 1$$

επειδή το άθροισμα όλων των βαρών των παραμέτρων πρέπει να ισούται με τη μονάδα.

Το Figure 3 αντιπροσωπεύει το μοντέλο του συστήματος:

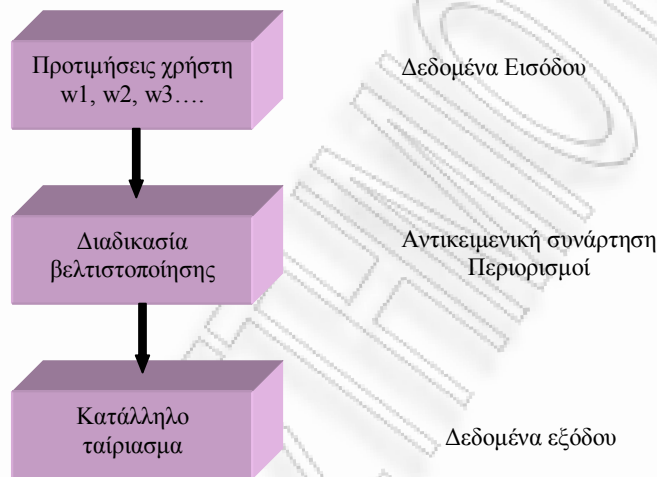


Figure 3: Μοντέλο συστήματος

5.4 Υπολογισμός του κόστους δρομολογίου

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, εκτός από την αντικειμενική συνάρτηση που δείχνει ποιος οδηγός είναι ο πιο κατάλληλος, υπάρχει μια δεύτερη συνάρτηση με την οποία για κάθε αίτηση για διαδρομή carpooling, υπολογίζεται το συνολικό κόστος της διαδρομής, είτε πρόκειται για οικονομική διαδρομή, είτε όχι. Στο τέλος που θα προκύψει το τελικό ταίριασμα του οδηγού με τον συνεπιβάτη και αφού έχουν αποφασίσει αν προτιμούν οικονομική ή όχι διαδρομή, προκύπτει και η τελική τιμή των εξόδων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι τελικοί χρήστες που θα μοιραστούν το αυτοκίνητο και θα είναι

συνεπιβάτες, να γνωρίζουν τα ακριβή έξοδα της διαδρομής είτε αποφασίσουν η διαδρομή να είναι οικονομική είτε όχι.

Το συνολικό κόστος για την οικονομική διαδρομή προκύπτει μόνο από τα έξοδα της βενζίνης και αυτό γιατί δε λαμβάνεται υπόψη η φθορά του αυτοκινήτου. Θεωρούμε μια τιμή που είναι το κόστος για βενζίνη ανά χιλιόμετρο, για παράδειγμα $R = 0.25$, η οποία πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των χιλιομέτρων της διαδρομής και δίνει τα συνολικά έξοδα για βενζίνη. Τα έξοδα αυτά μοιράζονται δια τον αριθμό των συνεπιβατών στο αυτοκίνητο. Αυτός είναι ο λόγος που είναι υποχρεωτικό στην αρχή ο χρήστης που ζητάει υπηρεσία carpooling, εκτός από την αφετηρία και τον προορισμό, να δηλώνει τα χιλιόμετρα της διαδρομής.

Αν αποφασίσουν οι συνεπιβάτες και ο οδηγός ότι προτιμούν την ακριβότερη διαδρομή, τότε αν πρόκειται για αστική διαδρομή, το πιο πιθανό είναι να προστεθούν τα διόδια της Αττικής Οδού ή υπάρχει περίπτωση να προτιμούν μια συγκεκριμένη διαδρομή που δεν έχει κίνηση, η οποία όμως είναι μεγαλύτερη, άρα περισσότερα χιλιόμετρα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο κόστος. Στην περίπτωση ενός υπεραστικού ταξιδιού, είτε προστίθενται τα διόδια των εθνικών οδών, είτε όπως πριν, αντί να προτιμηθεί ο συντομότερος δρόμος που είναι ο οικονομικότερος, μπορεί να προτιμηθεί μια μεγαλύτερη αλλά ωραιότερη και πιο ξεκούραστη διαδρομή. Ο αριθμός των διοδίων, n , δηλώνεται και αυτός στην αρχή της αίτησης, αλλά και στην περίπτωση που ο χρήστης δε τον γνωρίζει, ο αριθμός των διοδίων όπως και τα χιλιόμετρα της διαδρομής προκύπτουν εύκολα από την αφετηρία και τον προορισμό.

Ο τύπος που δίνει τα συνολικά έξοδα είτε πρόκειται για αστική είτε για υπεραστική διαδρομή είναι:

$$\sum \text{εξοδων} = \frac{(0.25 \cdot Km + 2 \cdot n)}{N}$$

Όπου Km είναι τα χιλιόμετρα της συνολικής διαδρομής, N ο αριθμός των επιβατών στο αυτοκίνητο και n ο αριθμός των συνολικών διοδίων, τα οποία θεωρούμε 2 € το καθένα. Αν υπάρξουν περαιτέρω έξοδα προστίθονται στην συνολική εξίσωση.

6 Περιπτώσεις χρησιμοποίησης υπηρεσίας carpooling

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις που μπορεί να γίνει χρησιμοποίηση της υπηρεσίας carpooling. Παρακάτω αναφέρονται οι τρεις διαφορετικές περιπτώσεις carpooling, που δείχνουν καλύτερα πώς λειτουργεί το σύστημα.

➤ **Περίπτωση χρηστών 1: Επιβάτης κάνει αίτηση carpooling.**

Στην πρώτη περίπτωση ο χρήστης που κάνει αίτηση για υπηρεσία carpooling είναι επιβάτης και επιθυμεί να πραγματοποιήσει ένα δρομολόγιο [11]. Αρχικά συμπληρώνει στην αίτηση την αφετηρία, τον προορισμό, την ημέρα και ώρα του δρομολογίου καθώς και τα προσωπικά του χαρακτηριστικά και προτιμήσεις. Το σύστημα εντοπίζει τους οδηγούς που ενδιαφέρονται να κάνουν το ίδιο δρομολόγιο, είτε είναι καθημερινό είτε είναι υπεραστικό. Μέσα από την αντικειμενική συνάρτηση, προκύπτει ο οδηγός που ταιριάζει καλύτερα με το χρήστη. Αφού επικοινωνήσουν οι χρήστες με τηλέφωνο, email ή SMS και συμφωνήσουν, το σύστημα παρέχει αυτόματα, κατάλληλα σημεία συνάντησης.

➤ **Περίπτωση χρηστών 2: Οδηγός κάνει αίτηση carpooling.**

Στη δεύτερη περίπτωση ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία, μόνο που ο χρήστης που κάνει την αίτηση για υπηρεσία carpooling, είναι οδηγός και επιθυμεί να βρει συνοδηγούς για το δρομολόγιο που θέλει να πραγματοποιήσει [11]. Με αυτό το τρόπο όχι μόνο μειώνονται τα έξοδα, αλλά επιπλέον γίνεται πιο ευχάριστο το δρομολόγιο αφού κάνει καινούριες γνωριμίες. Η διαδικασία είναι η ίδια όπως παρουσιάζεται παρακάτω σε παράδειγμα που ακολουθεί.

➤ **Περίπτωση χρηστών 3: Συνδυασμός με σύστημα πλοήγησης.**

Μια τρίτη περίπτωση είναι όταν υπάρχει συνεργασία μεταξύ του χρήστη και του συστήματος πλοήγησης [11]. Στην περίπτωση αυτή ο οδηγός, ο οποίος είναι μέλος του συστήματος, βρίσκεται ήδη εν κινήσει και εκτελεί το δρομολόγιο του. Το σύστημα δέχεται μια αίτηση από έναν χρήστη που επιθυμεί carpooling άμεσα. Εκτός από τα προγραμματισμένα δρομολόγια, το σύστημα έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί και άμεσα τους χρήστες του.

Κάθε οδηγός, που είναι μέλος του συστήματος, έχει μια συσκευή τοποθετημένη μπροστά στο αυτοκίνητο, όπως στο Figure 4, με την οποία

επικοινωνεί με το σύστημα πλοήγησης, ενώ αντίστοιχα το σύστημα ξέρει ανά πάσα στιγμή τη θέση του οδηγού. Οπότε το σύστημα αρχικά εντοπίζει τους οδηγούς που εξυπηρετούν το συγκεκριμένο δρομολόγιο. Στη συνέχεια, αν οι υποψήφιοι οδηγοί είναι περισσότεροι από έναν, μέσω της αντικειμενικής συνάρτησης προκύπτει αυτός που ταιριάζει περισσότερο με το χρήστη που έκανε την αίτηση και με τις προσωπικές του προτιμήσεις.

Στη συνέχεια ο οδηγός ενημερώνεται μέσω της συσκευής ότι υπάρχει στο δρόμο του χρήστη που επιθυμεί να εκτελέσει δρομολόγιο με την ίδια κατεύθυνση. Από τη στιγμή που ο οδηγός επιθυμεί να μοιραστεί τη διαδρομή του με κάποιον άλλον και δέχεται, το σύστημα του στέλνει τις απαραίτητες πληροφορίες για το ακριβές σημείο συνάντησης. Πριν ο οδηγός δεχτεί, έχει την ευκαιρία να ενημερωθεί για το προσωπικό προφίλ του χρήστη που κάνει την αίτηση ή για το αν έχουν μοιραστεί ξανά δρομολόγιο μαζί.

Για να επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας, το οποίο είναι σημαντικό για το μοίρασμα μιας διαδρομής με ιδιωτικό αυτοκίνητο, είναι απαραίτητη η εγγραφή στο σύστημα από οποιονδήποτε χρήστη επιθυμεί να εξυπηρετηθεί από αυτό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κάθε στιγμή ο οδηγός αλλά και ο επιβάτης να μπορεί να ενημερώνεται για το προσωπικό προφίλ του άλλου χρήστη, ώστε να μπορεί να αποφασίσει άμεσα αν επιθυμεί να μοιραστεί τη διαδρομή μαζί του.



Figure 4: Συσκευή πλοήγησης

7 Πιθανά σενάρια carpooling

7.1 Σενάριο Πρώτο – Γενικό παράδειγμα

7.1.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Θεωρούμε το παρακάτω σενάριο σύμφωνα με το οποίο η Μαρία είναι ένας χρήστης, που εγγράφεται στο σύστημα. Βρίσκεται στη Ν. Φιλαδέλφεια και ο προορισμός της είναι η Αργυρούπολη. Την ίδια στιγμή υπάρχουν τρεις οδηγοί που ενημερώνουν το σύστημα ότι σκοπεύουν να κάνουν την ίδια διαδρομή.

Αρχικά η Μαρία επιλέγει από λίστες τον προορισμό και την αφετηρία της καθώς και τη συχνότητα δρομολογίου, δηλαδή το αν πρόκειται για καθημερινό δρομολόγιο, υπεραστικό ή δρομολόγιο για εταιρίες. Επιπλέον συμπληρώνει τα χιλιόμετρα της διαδρομής, ώστε να υπολογιστεί το κόστος του δρομολογίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κατηγοριοποιείται σε ομάδα που όλοι οι οδηγοί και οι επιβάτες έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά:

- Προορισμός: Αργυρούπολη
- Αφετηρία: Ν. Φιλαδέλφεια
- Είδος δρομολογίου: Καθημερινό
- Χιλιόμετρα: 18 Km

Στη συνέχεια συμπληρώνει το προσωπικό της προφίλ και τις τιμές των παραμέτρων του προφίλ του οδηγού με βάση τις προσωπικές της προτιμήσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται οι παράμετροι που αναφέρονται στο προφίλ που θέλει ο χρήστης να έχει ο οδηγός.

1. Ηλικία: βαρύτητα 0.09

- 13 – 17: 0.1
- 18 – 24: 0.25
- 25 – 34: 0.4
- 35 – 44: 0.16
- 45 – 54: 0.05
- 55 – 64: 0.02

- 65 – 70: 0.02
- 2. Φύλο: βαρύτητα 0.02**
- Άνδρας: 0.5
 - Γυναίκα: 0.5
- 3. Μορφωτικό επίπεδο: βαρύτητα 0.07**
- Ανώτερο: 0.6
 - Μέσο: 0.2
 - Κατώτερο: 0.2
- 4. Οικογενειακή κατάσταση: βαρύτητα 0.05**
- Παντρεμένος: 0.3
 - Ανύπαντρος: 0.7
- 5. Απασχόληση: βαρύτητα 0.07**
- Εργαζόμενοι: 0.4
 - Άνεργοι: 0.05
 - Οικιακά: 0.05
 - Μαθητές / Φοιτητές: 0.5
- 6. Κάπνισμα: βαρύτητα 0.25**
- Ναι: 0.1
 - Όχι: 0.9
- 7. Γλώσσα: βαρύτητα 0.02**
- Ελληνικά: 0.3
 - Αγγλικά: 0.3
 - Γαλλικά: 0.3
 - Άλλη: 0.1
- 8. Εθνικότητα: βαρύτητα 0.05**
- Ελληνική: 0.8
 - Άλλη: 0.2
- 9. Κόστος Δρομολογίου: βαρύτητα 0.05**
- Οικονομική διαδρομή: 0.6
 - Μη οικονομική διαδρομή: 0.4

10. Αξιολόγηση

- **Ικανότητα Οδήγησης: βαρύτητα 0.25**
 - Καλή: 0.5
 - Μέτρια: 0.35
 - Κακή: 0.15
- **Κοινωνική συμπεριφορά: βαρύτητα 0.08**
 - Καλή: 0.8
 - Μέτρια: 0.1
 - Κακή: 0.1
- **Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου**
 - Ναι
 - Όχι
 - Δεν έχει ξαναγίνει ταιρίασμα

Παρακάτω στο Table 2 είναι καταγεγραμμένα τα στοιχεία των τριών οδηγών και οι τιμές που αντιστοιχούν στα στοιχεία αυτά.

Table 2: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους οδηγούς

Παράμετροι	Γιώργος	Κατερίνα	Νίκος
Ηλικία	44 χρονών (0.16)	26 χρονών (0.4)	34 χρονών (0.4)
Φύλο	Ανδρας (0.5)	Γυναίκα (0.5)	Ανδρας (0.5)
Μορφωτικό επίπεδο	Μέσο μορφωτικό επίπεδο (0.2)	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.6)	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.6)
Οικογενειακή Κατάσταση	Παντρεμένος (0.3)	Ανόπαντρη (0.7)	Ανόπαντρος (0.7)
Απασχόληση	Εργαζόμενος (0.4)	Φοιτήτρια (0.5)	Εργαζόμενος (0.4)
Κάπνισμα	Μη καπνιστής (0.9)	Καπνίστρια (0.1)	Καπνιστής (0.1)
Γλώσσα	Ελληνικά (0.3)	Ελληνικά (0.3)	Ελληνικά (0.3)
Εθνικότητα	Ελληνική (0.8)	Ελληνική (0.8)	Ελληνική (0.8)
Αφετηρία	N. Φιλαδέλφεια	N. Φιλαδέλφεια	N. Φιλαδέλφεια
Προορισμός	Αργυρούπολη	Αργυρούπολη	Αργυρούπολη
Συχνότητα Δρομολογίου	Καθημερινό	Καθημερινό	Καθημερινό
Κόστος Δρομολογίου Αξιολόγηση	Μη οικονομική (0.4)	Οικονομική (0.6)	Οικονομική (0.6)

1. Ικανότητα Οδήγησης	Καλή οδήγηση (0.5)	Καλή οδήγηση (0.5)	Μέτρια οδήγηση (0.35)
2. Κοινωνική Συμπεριφορά	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)
3. Επανάληψη Δρομολογίου	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου

Για κάθε χρήστη αντιστοιχεί μία τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, με βάση τις παραμέτρους και τη βαρύτητά τους. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα από τα οποία προκύπτει ότι ο Γιώργος έχει τη μεγαλύτερη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης, άρα είναι αυτός που ταιριάζει περισσότερο με τις προσωπικές προτιμήσεις της Μαρίας:

Γιώργος

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.09 \cdot 0.16 + \\
 &+ 0.02 \cdot 0.5 + 0.07 \cdot 0.2 + 0.05 \cdot 0.3 + 0.07 \cdot 0.4 + 0.25 \cdot 0.9 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.8 + \\
 &+ 0.05 \cdot 0.4 + 0.25 \cdot 0.5 + 0.08 \cdot 0.8 \Rightarrow \\
 OF &= 0.5614
 \end{aligned}$$

Κατερίνα

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.09 \cdot 0.4 + \\
 &+ 0.02 \cdot 0.5 + 0.07 \cdot 0.6 + 0.05 \cdot 0.7 + 0.07 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 0.1 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.8 + \\
 &+ 0.05 \cdot 0.6 + 0.25 \cdot 0.5 + 0.08 \cdot 0.8 \Rightarrow \\
 OF &= 0.448
 \end{aligned}$$

Νίκος

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.09 \cdot 0.4 + \\
 &+ 0.02 \cdot 0.5 + 0.07 \cdot 0.6 + 0.05 \cdot 0.7 + 0.07 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 0.1 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.8 + \\
 &+ 0.05 \cdot 0.6 + 0.25 \cdot 0.35 + 0.08 \cdot 0.8 \Rightarrow \\
 OF &= 0.4105
 \end{aligned}$$

Παρατηρούμε ότι ενώ η δεύτερη και ο τρίτος οδηγός ικανοποιεί περισσότερο τις προσωπικές προτιμήσεις της Μαρίας ως προς την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, την οικογενειακή κατάσταση και την απασχόληση, ωστόσο προκύπτει ότι ο πρώτος οδηγός είναι πιο κατάλληλος και αυτό επειδή η Μαρία δίνει περισσότερο βαρύτητα στην

ικανότητα οδήγησης του οδηγού και κυρίως στο αν καπνίζει ή όχι. Επιπλέον παρατηρούμε ότι ενώ η Μαρία προτιμά να είναι οικονομική η διαδρομή, ο Γιώργος, που είναι αυτός με τη μεγαλύτερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, δεν επιθυμεί η διαδρομή να είναι η οικονομικότερη. Ωστόσο η Μαρία δε δίνει πολύ σημασία στο κόστος αλλά στο κάπνισμα, το οποίο το θεωρεί το σημαντικότερο στοιχείο για να έχει ένα ευχάριστο δρομολόγιο. Οπότε αν αποφασίσουν να είναι συνεπιβάτες και επικοινωνήσουν μεταξύ τους, θα αποφασίσουν από κοινού αν συμφωνούν η διαδρομή να είναι οικονομική ή όχι, αφού έχουν τη δυνατότητα αν θέλουν να αλλάξουν την απόφαση αυτή.

Το σύστημα έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πίνακα με Objective Functions (OF) που προκύπτουν από τους υποψήφιους οδηγούς. Αυτό σημαίνει ότι ο συνδυασμός των υψηλότερων τιμών του OF θα είναι το πρώτο αποτέλεσμα που θα προβάλλει στους υποψήφιους το σύστημα. Τόσο οι υποψήφιοι οδηγοί, όσο και οι χρήστες έχουν δικαίωμα να απορρίψουν (reject) το πρώτο αποτέλεσμα, εφόσον θα μπορούν να δουν το σύντομο προφίλ του υποψήφιου συνεπιβάτη. Αν κάποιος από τους δύο κάνει reject, τότε θα του παρουσιάζεται η αμέσως επόμενη επιλογή. Με τον ίδιο τρόπο που μπορούν να απορρίψουν κάποιον, μπορούν επίσης να διαλέξουν να έχουν περισσότερους από έναν συνεπιβάτη. Στο Table 3 παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα καθώς και το κόστος της διαδρομής, έχοντας θεωρήσει ότι οι συνεπιβάτες είναι δύο και ότι τελικά προτιμούν τη μη οικονομική διαδρομή, η οποία περιλαμβάνει διόδια:

Table 3: Κατάταξη υποψηφίων οδηγών με βάση την OF – Κόστος Δρομολογίου / άτομο

Drivers	Objective Function
George	0.5614
Katerina	0.448
Nikos	0.4105
Commuter Cost / Person	3.25 €

Όταν γίνει η τελική επιλογή των συνεπιβατών, επικοινωνούν μεταξύ τους με τηλέφωνο, με e-mail ή με SMS, για να κανονίσουν την ακριβή ώρα συνάντησης, το σημείο συνάντησης και πιθανόν το μέγιστο χρόνο αναμονής στο σημείο συνάντησης.

Επιπλέον συνηγορούνται για το κόστος της συγκεκριμένης διαδρομής, καθώς και το αν θα πληρώνουν μηνιαία ή όχι σε περίπτωση καθημερινών δρομολογίων.

7.1.2 Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μια σειρά από γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν μετά από επεξεργασία των παραπάνω στοιχείων. Η πρώτη γραφική παράσταση, Figure 5, απεικονίζει την τιμή της βαρύτητας που αντιστοιχεί σε κάθε παράμετρο και για τους τρεις οδηγούς, με βάση τις προσωπικές προτιμήσεις της Μαρίας.

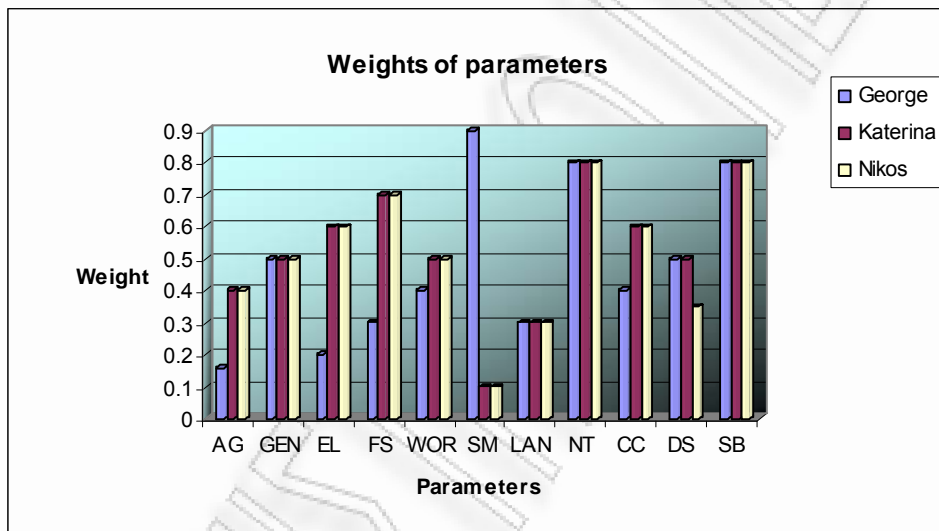


Figure 5: Οι τιμές των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς

Η παρακάτω γραφική παράσταση, Figure 6, δείχνει την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (objective function) και για τους τρεις οδηγούς από την οποία προκύπτει ο πιο κατάλληλος οδηγός για την Μαρία, δηλαδή αυτός που έχει τη μεγαλύτερη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης.

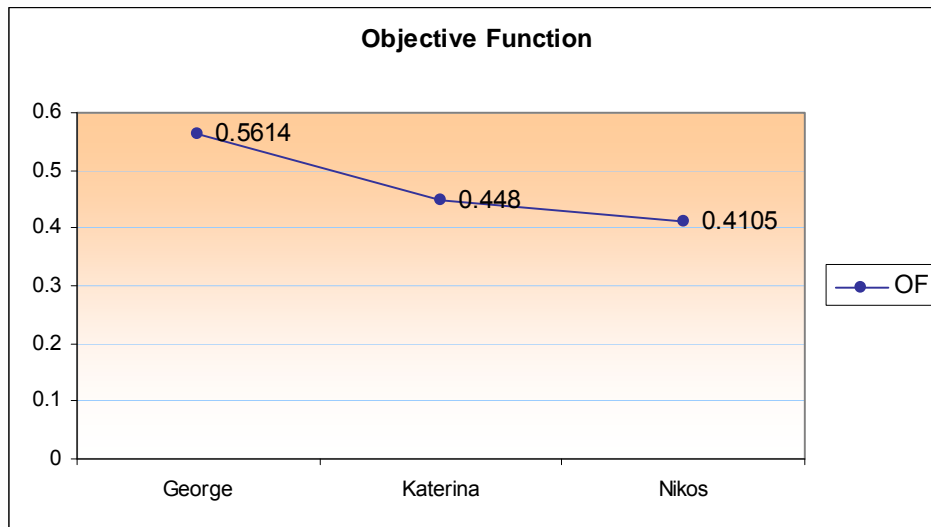
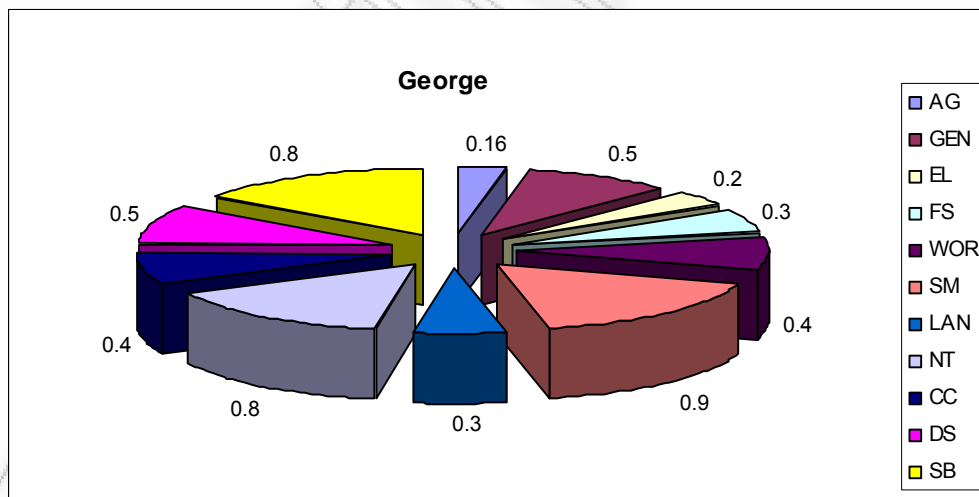


Figure 6: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς

Στη συνέχεια ακολουθούν τρεις γραφικές παραστάσεις, μία για κάθε οδηγό, από τις οποίες προκύπτει η βαρύτητα που έχουν για την Μαρία οι παράμετροι του κάθε οδηγού.



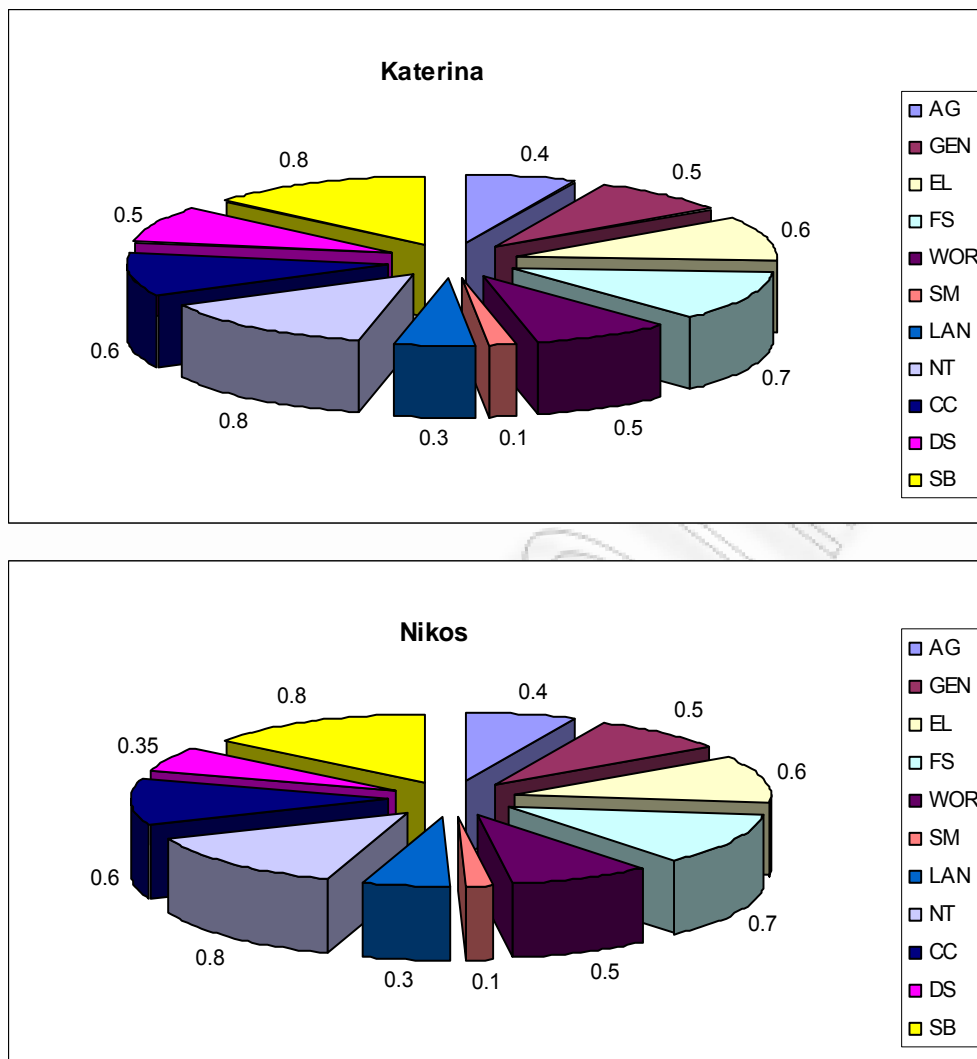


Figure 7: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους υποψήφιους οδηγούς

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, Figure 7, μπορούμε να συγκρίνουμε πιο εύκολα τις διαφορετικές τιμές που έχουν οι παράμετροι κάθε οδηγού, ώστε να συμπεράνουμε ποια παράμετρος σε κάθε οδηγό πλησιάζει περισσότερο στις προσωπικές προτιμήσεις της Μαρίας.

7.2 Σενάριο Δεύτερο – Το κόστος έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα

7.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο δεύτερο σενάριο, έχουμε την περίπτωση που ένας οδηγός θέλει να πραγματοποιήσει μια διαδρομή και επιθυμεί να βρει συνεπιβάτες για να μοιραστούν τα

έξοδα. Η διαδικασία είναι ακριβώς η ίδια. Αρχικά δίνει λεπτομέρειες για τη διαδρομή και στη συνέχεια συμπληρώνει ένα ερωτηματολόγιο με τα προσωπικά του στοιχεία καθώς και τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να έχουν οι συνεπιβάτες του.

Το δρομολόγιο που επιθυμεί να πραγματοποιήσει δεν είναι καθημερινό αλλά υπεραστικό, δηλαδή η αφετηρία είναι η Αθήνα, συγκεκριμένα Χαλάνδρι, και ο προορισμός είναι τα Ιωάννινα. Ο χρήστης δηλώνει τη συγκεκριμένη ημέρα και ώρα που θα πραγματοποιηθεί η διαδρομή, τις πιθανές ενδιάμεσες στάσεις που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διαδρομής καθώς και τον αριθμό των διοδίων που περιλαμβάνει η διαδρομή είτε τελικά αποφασίσουν να πάνε από την εθνική είτε όχι:

- Προορισμός: Ιωάννινα
- Αφετηρία: Χαλάνδρι
- Είδος δρομολογίου: Υπεραστικό
- Χιλιόμετρα: 463 Km
- Αριθμός διοδίων: 5

Όταν το δρομολόγιο είναι υπεραστικό, τότε ακόμα περισσότερο από ότι σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, είναι πολύ σημαντικό για τους χρήστες το κόστος της διαδρομής, επειδή συνήθως είναι και υψηλότερο σε σχέση με ένα καθημερινό αστικό δρομολόγιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ταξίδι, τόσο περισσότερο σημαντικό και τόση περισσότερη βαρύτητα έχει συνήθως το κόστος για τους χρήστες, σε σχέση με όλες τις άλλες παραμέτρους. Ακολουθεί το προφίλ που επιθυμεί ο χρήστης να έχουν οι συνεπιβάτες του, αφού πρώτα έχει συμπληρώσει τα δικά του προσωπικά στοιχεία:

1. Ηλικία: βαρύτητα 0.1

- 13 – 17: 0.15
- 18 – 24: 0.3
- 25 – 34: 0.3
- 35 – 44: 0.1
- 45 – 54: 0.05
- 55 – 64: 0.05
- 65 – 70: 0.05

2. Φύλο: βαρύτητα 0.02

- Άνδρας: 0.5
- Γυναίκα: 0.5

3. Μορφωτικό επίπεδο: βαρύτητα 0.09

- Ανώτερο: 0.5
- Μέσο: 0.35
- Κατώτερο: 0.15

4. Οικογενειακή κατάσταση: βαρύτητα 0.04

- Παντρεμένος: 0.3
- Ανύπαντρος: 0.7

5. Απασχόληση: βαρύτητα 0.08

- Εργαζόμενοι: 0.2
- Άνεργοι: 0.25
- Οικιακά: 0.05
- Μαθητές / Φοιτητές: 0.5

6. Κάπνισμα: βαρύτητα 0.15

- Ναι: 0.8
- Όχι: 0.2

7. Γλώσσα: βαρύτητα 0.02

- Ελληνικά: 0.3
- Αγγλικά: 0.3
- Γαλλικά: 0.3
- Άλλη: 0.1

8. Εθνικότητα: βαρύτητα 0.05

- Ελληνική: 0.65
- Άλλη: 0.35

9. Κόστος Δρομολογίου: βαρύτητα 0.35

- Οικονομική διαδρομή: 0.1
- Μη οικονομική διαδρομή: 0.9

10. Αξιολόγηση

- **Κοινωνική συμπεριφορά: βαρύτητα 0.1**
 - Καλή: 0.8
 - Μέτρια: 0.1
 - Κακή: 0.1
- **Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου**
 - Ναι
 - Όχι
 - Δεν έχει ξαναγίνει ταιρίασμα

Όπως παρατηρούμε, πράγματι για το χρήστη το κόστος της διαδρομής έχει πολύ μεγάλη βαρύτητα, σε αντίθεση με το προηγούμενο σενάριο, που ο χρήστης έδινε μεγαλύτερη βαρύτητα στην ικανότητα οδήγησης του οδηγού και κυρίως στο κάπνισμα. Υπάρχουν τρεις χρήστες του συστήματος που ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά αυτής της διαδρομής, δηλαδή θέλουν να κάνουν το συγκεκριμένο ταξίδι, τη συγκεκριμένη ημέρα. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας Table 4, με τη βαρύτητα που αντιστοιχεί σε κάθε παράμετρο του προσωπικού τους προφίλ με βάση τις επιθυμίες του οδηγού.

Table 4: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους επιβάτες

Παράμετροι	Μαργαρίτα	Αθανασία	Δημήτρης
Ηλικία	23 χρονών (0.3)	53 χρονών (0.05)	31 χρονών (0.3)
Φύλο	Γυναίκα (0.5)	Γυναίκα (0.5)	Ανδρας (0.5)
Μορφωτικό επίπεδο	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.5)	Μέσο μορφωτικό επίπεδο (0.35)	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.5)
Οικογενειακή Κατάσταση	Ανύπαντρη (0.7)	Παντρεμένη (0.3)	Ανύπαντρός (0.7)
Απασχόληση	Φοιτήτρια (0.5)	Οικιακά (0.05)	Εργαζόμενος (0.2)
Κάπνισμα	Καπνίστρια (0.8)	Μη καπνίστρια (0.2)	Καπνιστής (0.8)
Γλώσσα	Ελληνικά (0.3)	Ελληνικά (0.3)	Ελληνικά (0.3)
Εθνικότητα	Ελληνική (0.65)	Ελληνική (0.65)	Ελληνική (0.65)
Αφετηρία	Χαλάνδρι	Μαρούσι	Αγ. Παρασκευή
Προορισμός	Ιωάννινα	Ιωάννινα	Ιωάννινα
Συχνότητα	Υπεραστικό	Υπεραστικό	Υπεραστικό

Δρομολογίου			
Κόστος Δρομολογίου	Οικονομική (0.1)	Μη οικονομική (0.9)	Οικονομική (0.1)
Αξιολόγηση			
1. Κοινωνική Συμπεριφορά	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.8)
2. Επανάληψη Δρομολογίου	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου

Υπολογίζουμε με βάση τις παραμέτρους και τη βαρύτητα τις τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και για τους τρεις συνεπιβάτες:

Μαργαρίτα

$$OF = \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.1 \cdot 0.3 + 0.02 \cdot 0.5 + 0.09 \cdot 0.5 + 0.04 \cdot 0.7 + 0.08 \cdot 0.5 + 0.15 \cdot 0.8 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.65 + 0.35 \cdot 0.1 + 0.1 \cdot 0.8 \Rightarrow$$

$$OF = 0.4265$$

Αθανασία

$$OF = \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.1 \cdot 0.05 + 0.02 \cdot 0.5 + 0.09 \cdot 0.35 + 0.04 \cdot 0.3 + 0.08 \cdot 0.05 + 0.15 \cdot 0.2 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.65 + 0.35 \cdot 0.9 + 0.1 \cdot 0.8 \Rightarrow$$

$$OF = 0.526$$

Δημήτρης

$$OF = \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.1 \cdot 0.3 + 0.02 \cdot 0.5 + 0.09 \cdot 0.5 + 0.04 \cdot 0.7 + 0.08 \cdot 0.2 + 0.15 \cdot 0.8 + 0.02 \cdot 0.3 + 0.05 \cdot 0.65 + 0.35 \cdot 0.1 + 0.1 \cdot 0.8 \Rightarrow$$

$$OF = 0.4025$$

Παρατηρούμε ότι η Μαργαρίτα και ο Δημήτρης έχουν σχεδόν σε όλες τις παραμέτρους τις ίδιες τιμές και μάλιστα έχουν αρκετά υψηλές τιμές σε αντίθεση με την Αθανασία. Αυτό δείχνει ότι ταιριάζουν πάρα πολύ με τον οδηγό και με τις προσωπικές του προτιμήσεις. Το πιο φυσιολογικό θα ήταν ο οδηγός να αποφασίσει να ταξιδέψει και με τους δύο αφού ταιριάζουν τόσο πολύ σχεδόν σε όλες τις παραμέτρους. Ωστόσο ο

οδηγός δίνει περισσότερο βαρύτητα στο κόστος του δρομολογίου και το θεωρεί το σημαντικότερο στοιχείο για την επιλογή των συνεπιβατών. Δηλαδή προτιμά την πιο ακριβή διαδρομή μέσω διοδίων διότι θεωρεί την εθνική πιο γρήγορη και πιο ασφαλής. Αυτός είναι ο λόγος που τελικά η Αθανασία είναι αυτή που έχει την υψηλότερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Παρόλο που σχεδόν σε όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους δεν ταιριάζει με τον οδηγό, ωστόσο προτιμούν και οι δύο να μην έχουν την οικονομικότερη διαδρομή.

Εδώ φαίνεται και πόση μεγάλη σημασία έχει η βαρύτητα των παραμέτρων καθώς και πόσο πολύ επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα. Επιπλέον παρατηρούμε ότι το κόστος του δρομολογίου είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για κάποιους χρήστες και μπορεί να αλλάξει τελείως τη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων.

Ο οδηγός, ωστόσο, μπορεί στη συνέχεια να επιλέξει το χρήστη με την υψηλότερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης ή να τον απορρίψει και να επιλέξει τον επόμενο συνεπιβάτη με την αμέσως επόμενη μεγαλύτερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Αντίστοιχα αν θέλει παραπάνω από έναν συνεπιβάτη, μπορεί να επιλέξει τους δύο πρώτους χρήστες που έχουν τις μεγαλύτερες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης, αφού πρώτα επικοινωνήσουν και συμφωνήσουν σε τυχόν διαφορές που έχουν. Παρακάτω ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας Table 5, μαζί με το κόστος της διαδρομής, έχοντας θεωρήσει ότι οι συνεπιβάτες τελικά είναι δύο. Επιπλέον θεωρούμε ότι προτιμούν την ακριβότερη διαδρομή, δηλαδή εκτός από τη βενζίνη θα πληρώσουν και τα αντίστοιχα διόδια:

Table 5: Κατάταξη υποψηφίων επιβατών με βάση την OF – Κόστος δρομολογίου / άτομο

Passengers	Objective Function
Athanasia	0.526
Margarita	0.4265
Dimitris	0.4025
Commuter Cost / Person	62.875 €

7.2.2 Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις

Στη συνέχεια ακολουθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που έχουμε παρουσιάσει και στο πρώτο σενάριο. Η πρώτη γραφική παράσταση, Figure 8, απεικονίζει τις τρεις διαφορετικές τιμές που παίρνει η κάθε παράμετρος για τον κάθε υποψήφιο συνεπιβάτη. Πράγματι φαίνεται από τη γραφική παράσταση ότι τη μεγαλύτερη βαρύτητα έχει η παράμετρος του κόστους δρομολογίου που αντιστοιχεί στην Αθανασία.

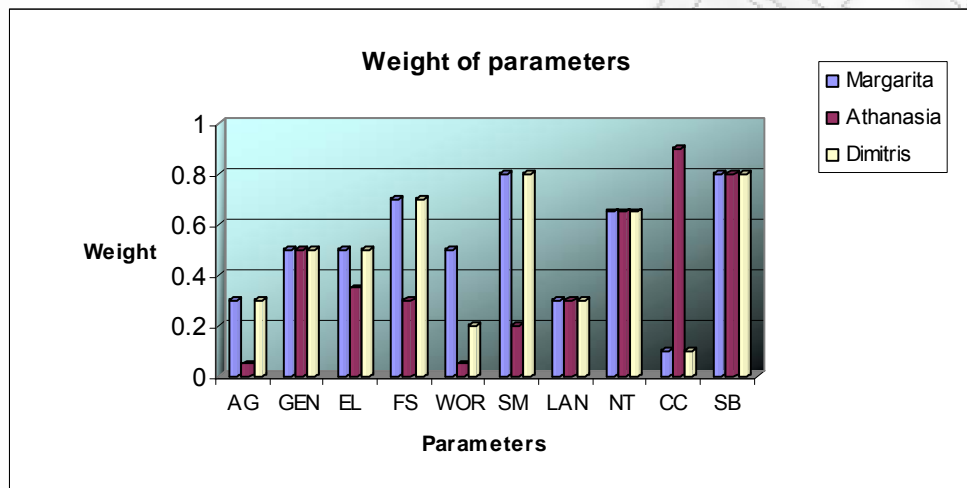


Figure 8: Τα βάρη των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους συνεπιβάτες

Η δεύτερη γραφική παράσταση, Figure 9, απεικονίζει τις τρεις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τον κάθε υποψήφιο συνεπιβάτη, από όπου προκύπτει ότι η Αθανασία είναι αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή άρα και που ταιριάζει περισσότερο στο προφίλ του οδηγού.

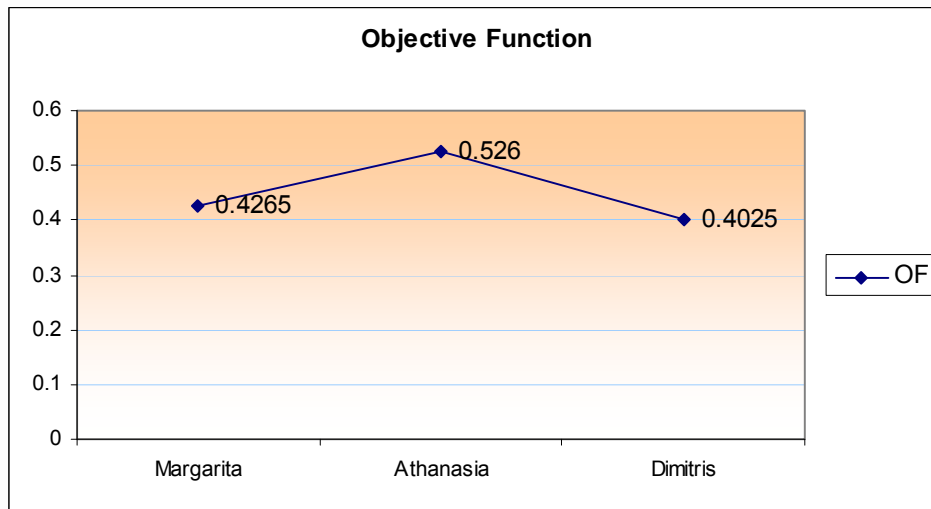
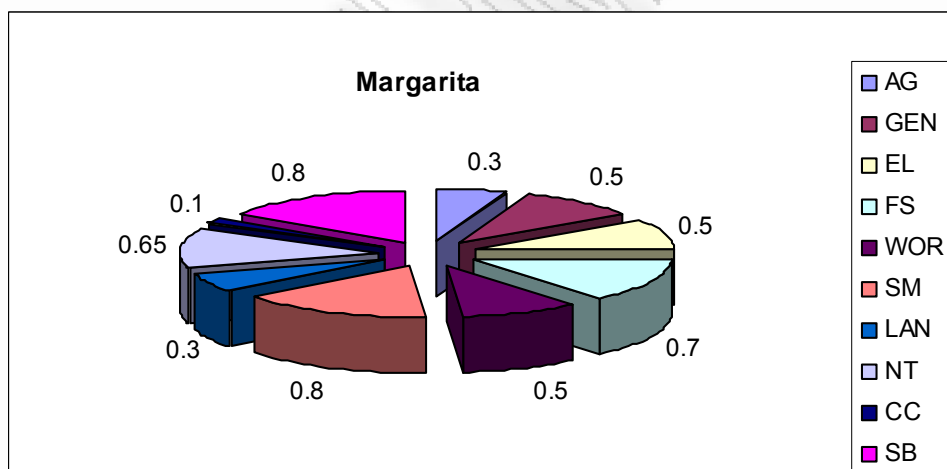


Figure 9: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους συνεπιβάτες

Οι τρεις επόμενες γραφικές παραστάσεις δείχνουν για κάθε συνεπιβάτη τη τιμή κάθε μεταβλητής με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εφικτή η μεταξύ τους σύγκριση.



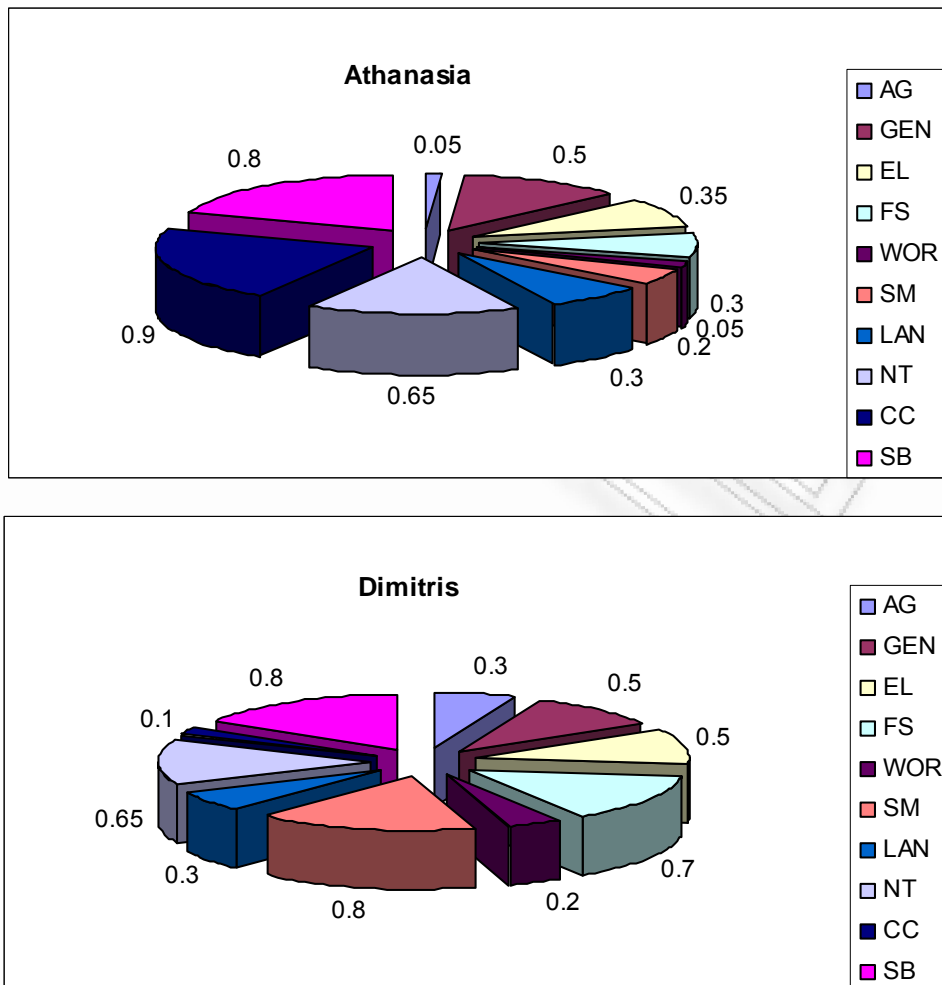


Figure 10: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους τρεις χρήστες

7.3 Σενάριο Τρίτο – Παρόμοια βάρη παραμέτρων

7.3.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο σενάριο αυτό θα ασχοληθούμε με την περίπτωση που ένας χρήστης κάνει αίτηση για carpooling χωρίς να δίνει περισσότερη ή λιγότερη βαρύτητα σε κάποια από τις παραμέτρους. Δηλαδή δεν τον ενδιαφέρει αν ο συνεπιβάτης του ταιριάζει απόλυτα με τις προσωπικές του προτιμήσεις, αν καπνίζει, καθώς και αν επιθυμεί οικονομική ή όχι διαδρομή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα βάρη για όλες σχεδόν τις παραμέτρους να είναι παρόμοια.

Θεωρούμε λοιπόν έναν χρήστη που επιθυμεί να πραγματοποιήσει μια διαδρομή με τα παρακάτω χαρακτηριστικά καθώς και τις παρακάτω προσωπικές προτιμήσεις του:

- Προορισμός: Αθήνα
- Αφετηρία: Χαλκίδα
- Είδος δρομολογίου: Καθημερινό
- Χιλιόμετρα: 120 Km
- Αριθμός διοδίων: 1

1. Ηλικία: βαρύτητα 0.08

- 13 – 17: 0.05
- 18 – 24: 0.15
- 25 – 34: 0.27
- 35 – 44: 0.2
- 45 – 54: 0.18
- 55 – 64: 0.1
- 65 – 70: 0.05

2. Φύλο: βαρύτητα 0.07

- Άνδρας: 0.47
- Γυναίκα: 0.53

3. Μορφωτικό επίπεδο: βαρύτητα 0.09

- Ανώτερο: 0.3
- Μέσο: 0.4
- Κατώτερο: 0.3

4. Οικογενειακή κατάσταση: βαρύτητα 0.09

- Παντρεμένος: 0.4
- Ανύπαντρος: 0.6

5. Απασχόληση: βαρύτητα 0.08

- Εργαζόμενοι: 0.2
- Άνεργοι: 0.25
- Οικιακά: 0.3

- Μαθητές / Φοιτητές: 0.25
- 6. Κάπνισμα: βαρύτητα 0.10**
- Ναι: 0.3
 - Όχι: 0.7
- 7. Γλώσσα: βαρύτητα 0.09**
- Ελληνικά: 0.25
 - Αγγλικά: 0.25
 - Γαλλικά: 0.25
 - Άλλη: 0.25
- 8. Εθνικότητα: βαρύτητα 0.09**
- Ελληνική: 0.55
 - Άλλη: 0.45
- 9. Κόστος Δρομολογίου: βαρύτητα 0.09**
- Οικονομική διαδρομή: 0.5
 - Μη οικονομική διαδρομή: 0.5
- 10. Αξιολόγηση**
- **Ικανότητα Οδήγησης: βαρύτητα 0.10**
 - Καλή: 0.6
 - Μέτρια: 0.35
 - Κακή: 0.05
 - **Κοινωνική συμπεριφορά: βαρύτητα 0.12**
 - Καλή: 0.9
 - Μέτρια: 0.05
 - Κακή: 0.05
 - **Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου**
 - Ναι
 - Όχι
 - Δεν έχει ξαναγίνει ταιρίασμα

Παρατηρούμε ότι ο χρήστης δε θεωρεί κάποια παράμετρο σημαντικότερη και που να επηρεάζει περισσότερο την επιλογή του, γι' αυτό οι παράμετροι έχουν σχεδόν τα ίδια

βάρη. Αν θεωρήσουμε ότι τρεις χρήστες θέλουν να κάνουν την ίδια διαδρομή, στο Table 6 παρουσιάζονται οι τιμές που παίρνουν οι παράμετροί τους:

Table 6: Οι τιμές των παραμέτρων για τους υποψήφιους οδηγούς

Παράμετροι	Ουρανία	Miguel	Γιάννης
Ηλικία	38 χρονών (0.2)	25 χρονών (0.27)	45 χρονών (0.18)
Φύλο	Γυναίκα (0.53)	Ανδρας (0.47)	Ανδρας (0.47)
Μορφωτικό επίπεδο	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.3)	Ανώτερο μορφωτικό επίπεδο (0.3)	Μέσο μορφωτικό επίπεδο (0.4)
Οικογενειακή Κατάσταση	Παντρεμένη (0.4)	Ανύπαντρος (0.6)	Παντρεμένος (0.4)
Απασχόληση	Οικιακά (0.3)	Φοιτητής (0.25)	Εργαζόμενος (0.2)
Κάπνισμα	Μη καπνίστρια (0.7)	Μη καπνιστής (0.7)	Καπνιστής (0.3)
Γλώσσα	Ελληνικά (0.25)	Ισπανικά (0.25)	Ελληνικά (0.25)
Εθνικότητα	Ελληνική (0.55)	Ισπανική (0.45)	Ελληνική (0.55)
Αφετηρία	Χαλκίδα	Χαλκίδα	Χαλκίδα
Προορισμός	Αθήνα	Αθήνα	Αθήνα
Συχνότητα Δρομολογίου	Καθημερινό	Καθημερινό	Υπεραστικό
Κόστος Δρομολογίου	Μη οικονομική (0.5)	Οικονομική (0.5)	Μη οικονομική (0.5)
Αξιολόγηση			
1. Ικανότητα Οδήγησης	Καλή οδήγηση (0.6)	Καλή οδήγηση (0.6)	Καλή οδήγηση (0.6)
2. Κοινωνική Συμπεριφορά	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.9)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.9)	Καλή κοινωνική συμπεριφορά (0.9)
3. Επανάληψη Δρομολογίου	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Δεν έχει ξαναγίνει ταίριασμα	Επανάληψη ταιριάσματος δρομολογίου

Στη συνέχεια ακολουθούν οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς.

Ουρανία

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.08 \cdot 0.2 + \\
 &+ 0.07 \cdot 0.53 + 0.09 \cdot 0.3 + 0.09 \cdot 0.4 + 0.08 \cdot 0.3 + 0.1 \cdot 0.7 + 0.09 \cdot 0.25 + \\
 &+ 0.09 \cdot 0.55 + 0.09 \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 0.6 + 0.12 \cdot 0.9 \Rightarrow \\
 OF &= 0.4951
 \end{aligned}$$

Miguel

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.08 \cdot 0.27 + \\
 &+ 0.07 \cdot 0.47 + 0.09 \cdot 0.3 + 0.09 \cdot 0.6 + 0.08 \cdot 0.25 + 0.1 \cdot 0.7 + 0.09 \cdot 0.25 + \\
 &+ 0.09 \cdot 0.45 + 0.09 \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 0.6 + 0.12 \cdot 0.9 \Rightarrow \\
 OF &= 0.5015
 \end{aligned}$$

Γιάννης

$$\begin{aligned}
 OF &= \sum_d X(x, d) \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 1 \cdot \sum_{par} W(x, par) \cdot par(d) = 0.08 \cdot 0.18 + \\
 &+ 0.07 \cdot 0.47 + 0.09 \cdot 0.4 + 0.09 \cdot 0.4 + 0.08 \cdot 0.2 + 0.1 \cdot 0.3 + 0.09 \cdot 0.25 + \\
 &+ 0.09 \cdot 0.55 + 0.09 \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 0.6 + 0.12 \cdot 0.9 \Rightarrow \\
 OF &= 0.4503
 \end{aligned}$$

Παρατηρούμε ότι ενώ οι τρεις υποψήφιοι οδηγοί έχουν αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφέρουν μεταξύ τους, ωστόσο οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης δε διαφέρουν πολύ. Αυτό συμβαίνει επειδή όλες οι παράμετροι έχουν παρόμοια βάρη, με αποτέλεσμα να μη ξεχωρίζει κάποιος οδηγός. Τελικά ύστερα από επικοινωνία με τους υποψήφιους που είχαν τις δύο υψηλότερες τιμές της OF, αποφασίστηκε να πραγματοποιείται καθημερινό δρομολόγιο με τον Miguel οδηγό και την Ουρανία δεύτερο συνεπιβάτη. Έτσι μοιώνονται τα έξοδα ακόμα περισσότερο παρόλο που η Ουρανία αρχικά προοριζόταν για οδηγός.

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας Table 7, με τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης καθώς και με τα έξοδα που θα χρειαστεί να πληρώσει κάθε άτομο.

Table 7: Κατάταξη υποψηφίων οδηγών με βάση την OF – Κόστος δρομολογίου / άτομο

Passengers	Objective Function
Miguel	0.5015
Ourania	0.4951
Giannis	0.4503
Commuter Cost / Person	7 €

7.3.2 Αποτελέσματα – Γραφικές παραστάσεις

Οι γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν απεικονίζουν πολύ καλύτερα τα στοιχεία που προκύπτουν από τους παραπάνω πίνακες καθώς και τις τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση. Στην πρώτη γραφική παράσταση, Figure 11, απεικονίζεται η βαρύτητα που αντιστοιχεί σε κάθε παράμετρο για τους τρεις χρήστες. Παρατηρούμε ότι οι τρεις διαφορετικές τιμές βαρύτητας που παίρνει μια παράμετρος για τους τρεις χρήστες, είναι παρόμοιες και δε διαφέρουν πολύ μεταξύ τους.

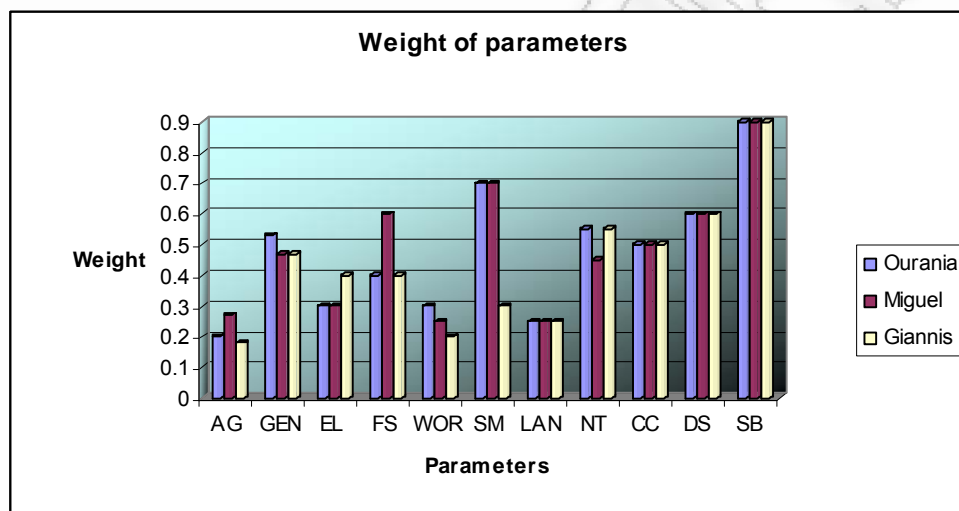


Figure 11: Τα βάρη των παραμέτρων και για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς

Ακολουθεί η δεύτερη γραφική παράσταση, Figure 12, με τις τρεις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης που αντιστοιχούν στους υποψήφιους οδηγούς και με τον Miguel να προκύπτει ότι είναι ο πιο κατάλληλος οδηγός, έχοντας πολύ μικρή διαφορά από την Ουρανία.

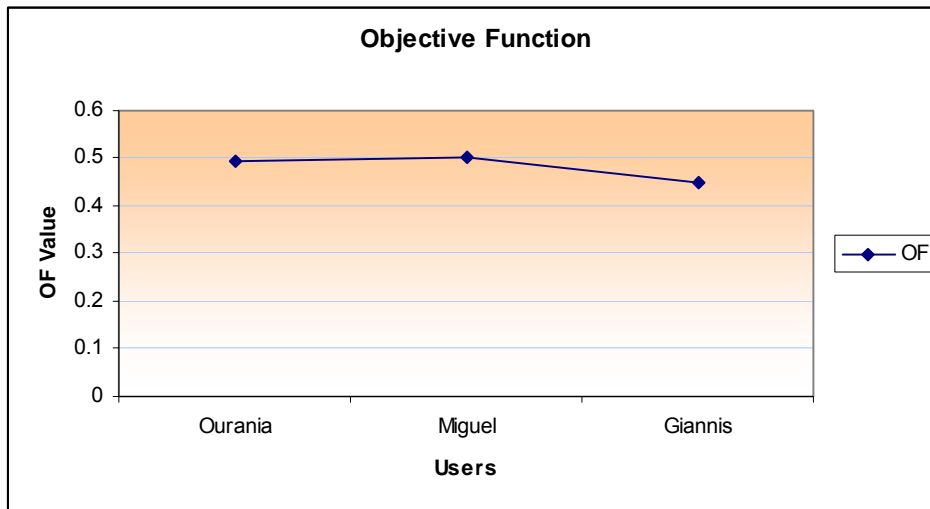
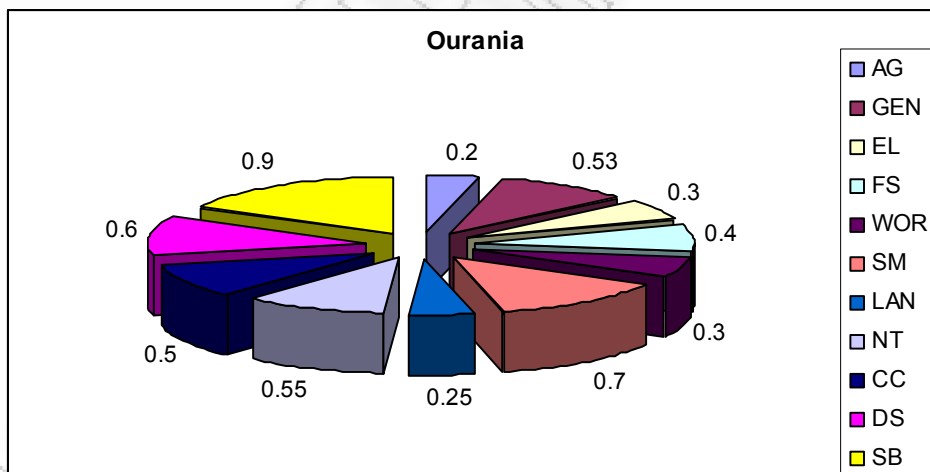


Figure 12: Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις υποψήφιους οδηγούς

Τέλος, ακολουθούν τρεις γραφικές παραστάσεις, Figure 13, όπου για κάθε υποψήφιο οδηγό φαίνεται η τιμή που παίρνει η κάθε παράμετρος του, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.



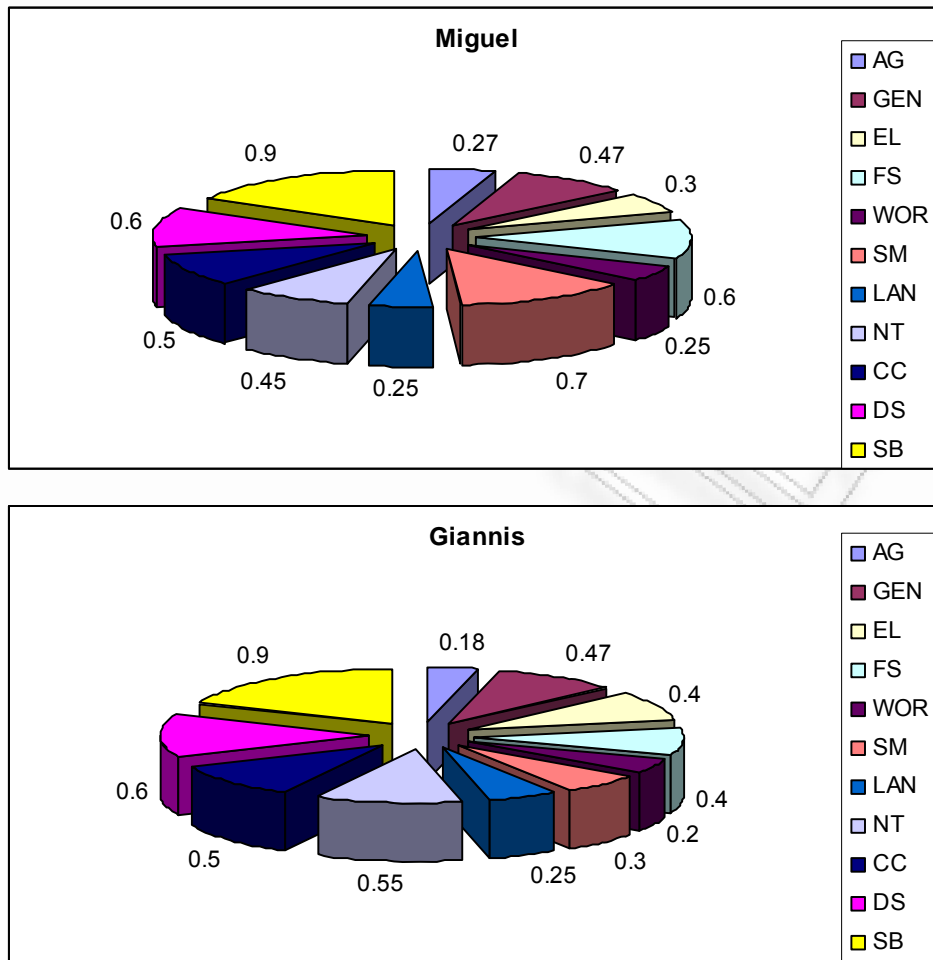


Figure 13: Σύγκριση των τιμών κάθε παραμέτρου για τους τρεις χρήστες

8 Υλοποίηση υπηρεσίας carpooling μέσω πλατφόρμας IMS

8.1 Εισαγωγή

Ο κάθε χρήστης έρχεται πολλές φορές σε επαφή με την πλατφόρμα της υπηρεσίας carpooling, στην οποία αποκτά πρόσβαση μέσω διαδικτύου είτε από υπολογιστή, είτε από κινητό, είτε από PDA. Την πρώτη φορά ο χρήστης εγγράφεται στο σύστημα, συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο, όπως έχουμε αναφέρει, με τα προσωπικά του στοιχεία, τις προσωπικές του προτιμήσεις σχετικά με το προφίλ των χρηστών που θα μοιραστεί μαζί τους τη διαδρομή, καθώς και με τα χαρακτηριστικά της διαδρομής που θέλει να πραγματοποιήσει. Από τη στιγμή που ο χρήστης γίνεται μέλος, έχει άμεση πρόσβαση στην πλατφόρμα του συστήματος, κάθε φορά που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία carpooling.

Η σωστή επικοινωνία των χρηστών με το σύστημα, που υποστηρίζει την υπηρεσία carpooling, καθώς και η σωστή και άμεση επικοινωνία των χρηστών – μελών μεταξύ τους, είτε θέλουν να συνεννοηθούν για μια διαδρομή είτε απλά να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, ελέγχονται από την πλατφόρμα IP Multimedia Subsystem (IMS). Το IP Multimedia Subsystem (IMS) θεωρείται ο συνδεδετικός κρίκος των διαφόρων υποδομών που έχει ένας πάροχος και εκτιμάται ότι μπορεί να λειτουργήσει καταλυτικά όσον αφορά την ομογενοποίηση και την αποτελεσματικότερη παροχή υπηρεσιών στην εποχή της σύγκλισης. Βασίζεται στις IP δικτυακές επικοινωνίες και παρέχει ένα ανεξάρτητο δίκτυο και ένα περιβάλλον παροχής υπηρεσιών για τους ενσύρματους και τους ασύρματους χρήστες δικτύων.

Οι χρήστες από τη στιγμή που γίνονται μέλη, έχουν όλα τα προσωπικά χαρακτηριστικά τους καταχωρημένα στην πλατφόρμα του συστήματος. Έχουν τη δυνατότητα να αξιολογήσουν άλλους χρήστες που ταξίδεψαν μαζί, να κάνουν κάποια προσωπικά σχόλια, όπως τις μουσικές τους προτιμήσεις ή τα χόμπι τους, να ανταλλάξουν φωτογραφίες, μουσική, βίντεο ή μηνύματα κειμένου και γενικά να επικοινωνούν με άλλους χρήστες και ακόμα περισσότερο με αυτούς που έχουν ήδη ξαναταξιδέψει μαζί. Η πλατφόρμα IP Multimedia Subsystem (IMS) είναι το πλέον κατάλληλο πρότυπο για να υποστηρίξει αυτές τις απαιτήσεις του συστήματος για την υπηρεσία carpooling.

8.2 Βασικά χαρακτηριστικά του IP Multimedia Subsystem (IMS)

Το πρότυπο IP Multimedia Subsystem (IMS) είναι ένα σύνολο προδιαγραφών που περιγράφει την Next Generation Networking (NGN) αρχιτεκτονική, η οποία υλοποιεί υπηρεσίες τηλεφωνίας που βασίζονται στο IP πρωτόκολλο και υπηρεσίες πολυμέσων. Είναι αναγνωρισμένο πρότυπο που καθορίστηκε από την 3rd Generation Partnership Project (3GPP), μία συμφωνία συνεργασίας ανάμεσα σε ένα αριθμό οργανισμών πιστοποίησης τηλεπικοινωνιακών προτύπων, και ενσωματώνει τις υπηρεσίες που παρέχονται από το εδώ και πολύ καιρό υπάρχον δίκτυο IP με την κινητικότητα των φορητών ψηφιακών συσκευών, όπως είναι τα 3G κινητά τηλέφωνα. Το IMS καθορίζει μια πλήρης αρχιτεκτονική που καθιστά δυνατή τη σύγκλιση φωνής, δεδομένων και βίντεο με δίκτυο κινητής τεχνολογίας πάνω σε IP υποδομή [14].

Σκοπός είναι να καλύψει το κενό ανάμεσα στα δύο πιο πετυχημένα παραδείγματα επικοινωνίας, την τεχνολογία κινητών τηλεπικοινωνιών και την τεχνολογία διαδικτύου καθώς και να παρέχει κυψελωτή πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες που παρέχει το διαδίκτυο [14]. Η αρχική διατύπωση του οργανισμού πιστοποίησης προτύπων (3GPP R5) αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση παράδοσης υπηρεσιών διαδικτύου πάνω σε GSM και GPRS. Η προοπτική αυτή αργότερα επεκτάθηκε από 3GPP2 και TISPAN, ζητώντας υποστήριξη από δίκτυα εκτός από GPRS, όπως Wireless LAN, CDMA2000 και ενσύρματης πρόσβασης [15].

Σύμφωνα με το 3GPP, το IMS δεν προορίζεται στο να τυποποιήσει εφαρμογές μόνο του, αλλά στο να βοηθήσει την πρόσβαση των πολυμέσων και των εφαρμογών φωνής στα ενσύρματα και ασύρματα τερματικά, ένα είδος δηλαδή σύγκλισης σταθερού και κινητού δικτύου, ή αλλιώς σύγκλιση σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, Fixed Mobile Convergence (FMC). Αυτό επιτυγχάνεται με τον καθορισμό μιας οριζόντιας αρχιτεκτονικής σε στρώματα, όπου υπάρχει ένα οριζόντιο στρώμα ελέγχου που απομονώνει το δίκτυο πρόσβασης από το στρώμα υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες δε χρειάζεται να έχουν τις δικές τους λειτουργίες ελέγχου, αφού το στρώμα ελέγχου είναι ένα κοινό οριζόντιο στρώμα [15].

8.3 Πρωτόκολλα του IMS

Το IP Multimedia Subsystem (IMS) χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP version 6, για να μπορεί να παρέχει μεγάλο διάστημα διευθύνσεων, καθώς και καινούρια χαρακτηριστικά που δεν υπάρχουν στο IPv4, όπως η ασφάλεια, Quality of Service (QoS) και Plug-and-play [22]. Το IMS είναι το πρότυπο που πρέπει να υποστηρίζει υπηρεσίες πολυμέσων, όπως φωνή και βίντεο, που βασίζονται σε packet switching, παρέχοντας ταυτόχρονα ποιότητα υπηρεσίας (QoS), πιστοποίηση (authentication), εξουσιοδότηση (authorization) και χρέωση (accounting). Για να καταφέρει τους στόχους του το IMS, χρησιμοποιεί ανοικτά πρωτόκολλα διαδικτύου, όπως το Session Initiation Protocol (SIP), για έλεγχο σηματοδοσίας, το Real-time Transport Protocol (RTP), για τη μεταφορά πολυμέσων, όπως βίντεο και ήχο, και το Diameter που εξασφαλίζει το AAA (Authentication, Authorization, Accounting).

Session Initiation Protocol (SIP): Για να διευκολυνθεί η ενοποίηση με το διαδίκτυο, το IMS χρησιμοποιεί σαν βασικό του πρωτόκολλο το Session Initiation Protocol (SIP), όπως καθορίστηκε από την Internet Engineering Task Force (IETF) [15]. Το SIP είναι ένα πρωτόκολλο γενικής χρήσης και ευκολόχρηστο του στρώματος εφαρμογής που αρχικά σχεδιάστηκε για διαχείριση κλήσης στα IP δίκτυα. Παρέχει έλεγχο σηματοδοσίας για τις συνόδους των πολυμέσων, δηλαδή χρησιμοποιείται για τη δημιουργία session-oriented μεταξύ δύο ή περισσότερων άκρων σε ένα δίκτυο IP. Το SIP δεν έχει Home Address αλλά μία URI (Uniform Resource Identifier) για να αναγνωρίζει το χρήστη. Σε αντίθεση με το πρωτόκολλο H.323 της ITU, το SIP έχει μια ανοικτή, εύκολα κατανοητή δομή και διάταξη μηνυμάτων που μπορεί να επεκταθεί, επιτρέποντας εύκολη ενσωμάτωση καινούριων τύπων μηνυμάτων και πεδίων [18]. Το SIP παρέχει ευελιξία, και αυτό επειδή η δομή του μηνύματος στηρίζεται στο Session Description Protocol (SDP) [19], του οποίου η διάταξη επιτρέπει τον καθορισμό καινούριων μηνυμάτων και νέα ένωση παραμέτρων, απαλλαγμένη από τις υπάρχουσες διαδικασίες [18].

Real-time Transport Protocol (RTP): Η IMS αρχιτεκτονική χρησιμοποιεί εκτός από το πρωτόκολλο SIP για την ανταλλαγή μηνυμάτων σηματοδοσίας, και το πρωτόκολλο RTP για την ανταλλαγή πληροφοριών για την κίνηση των χρηστών. Η βασική διαφορά των δύο πρωτοκόλλων είναι ότι το SIP χρησιμοποιείται για τη

σηματοδοσία και τη μεταφορά φωνής πάνω στο IP (VoIP), ενώ το RTP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της πληροφορίας πολυμέσων και δεδομένων [22].

Diameter: Το Diameter είναι ένα πρωτόκολλο AAA (Authentication, Authorization και Accounting) για εφαρμογές όπως η πρόσβαση στο δίκτυο ή η κινητικότητα του IP. Το βασικό σενάριο είναι να παρασχεθεί ένα πρωτόκολλο που να μπορεί να επεκταθεί προκειμένου να παρασχεθούν οι υπηρεσίες AAA στις νέες τεχνολογίες πρόσβασης [16].

8.4 Δικτυακή πρόσβαση

Ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί σε ένα δίκτυο IMS με διάφορους τρόπους, όλοι από τους οποίους χρησιμοποιούν το αναγνωρισμένο πρότυπο Internet Protocol (IP). Τα άμεσα IMS τερματικά, όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι υπολογιστές και τα Ασύρματα Φορητά Τερματικά, Personal Digital Assistants (PDAs), μπορούν να εγγράφονται κατευθείαν σε ένα δίκτυο IMS, ακόμα και όταν γίνεται περιαγωγή από άλλο δίκτυο ή και από άλλη χώρα. Η μόνη απαίτηση είναι να μπορούν να χρησιμοποιήσουν IPv6 και να τρέχουν το Session Initiation Protocol (SIP). Υποστηρίζονται όλες οι προσβάσεις είτε είναι ενσύρματη πρόσβαση, όπως Digital Subscriber Line (DSL), καλωδιακά modems και Ethernet, είτε είναι κινητή πρόσβαση, όπως για παράδειγμα W-CDMA, CDMA2000, GSM και GPRS, είτε τέλος είναι ασύρματη πρόσβαση, όπως WLAN και WiMAX. Άλλα τηλεφωνικά συστήματα όπως PSTN, H.323 καθώς και κάποια VoIP συστήματα μη συμβατά με IMS, υποστηρίζονται μέσα από πύλες [15].

8.5 Πλεονεκτήματα του IMS

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά του IMS το καθιστούν το πιο κατάλληλο εργαλείο για την υλοποίηση της υπηρεσίας carpooling. Για να έχει ο χρήστης πρόσβαση στην υπηρεσία carpooling, πρέπει να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες διαδικτύου οπουδήποτε χρησιμοποιείται η κυβελωτή τεχνολογία. Επιπλέον θα πρέπει οι χρήστες να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους είτε με email είτε με στιγμιαία μηνύματα μέσω ενός 2.5G ή 3G κινητού τηλεφώνου, οπουδήποτε και αν βρίσκονται για να συνεννοηθούν για τη διαδρομή. Χρησιμοποιώντας την παρούσα πλατφόρμα, οι σταθεροί και κινητοί χειριστές μπορούν να παρέχουν πολύτιμες υπηρεσίες που στηρίζονται στη δύναμη του IMS, όπως ευέλικτη χρέωση, έλεγχο, ασφάλεια και μηχανισμούς πιστοποίησης. Το IMS

υπερτερεί σε σχέση με την ήδη υπάρχον κυβελωτή υποδομή δικτύων στα παρακάτω σημεία:

- **Χρησιμοποιεί οριζόντια, στρωματοποιημένη δικτυακή αρχιτεκτονική:** Το IMS ακολουθεί το σενάριο της αρχιτεκτονικής σε στρώσεις, βελτιωμένο κατά ένα βήμα περαιτέρω με τον καθορισμό μιας οριζόντιας αρχιτεκτονικής, όπου οι ενεργοποιητές των υπηρεσιών και οι κοινές λειτουργίες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για πολλαπλάσιες εφαρμογές. Το IMS επιπλέον δίνει τη δυνατότητα να παραδίδονται οι υπηρεσίες με έναν τυποποιημένο και καλά δομημένο τρόπο, ο οποίος πραγματικά εκμεταλλεύεται πλήρως την υπάρχουσα αρχιτεκτονική των στρωμάτων, αλληλεπιδρά με τα παλαιά συστήματα και παρέχει καθορισμένη κινητή σύγκλιση. Η οριζόντια αρχιτεκτονική στο IMS καθορίζει τη διαλειτουργικότητα η οποία μεταξύ των τερματικών δημιουργεί την ευκολία και σαφήνεια στις προσδοκίες του χρήστη, ενώ μεταξύ των παροχέων είναι απαραίτητη για να δώσει στους χρήστες την ελευθερία να περιπλανηθούν μεταξύ των διαφορετικών δικτύων [16]. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στην περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί πρόσβαση στην υπηρεσία carpooling και το δίκτυό του δεν είναι διαθέσιμο, να μπορεί να έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με οποιοδήποτε δίκτυο.
- **Παρέχει ενδυνάμωση της ποιότητας των υπηρεσιών - Quality of Service (QoS):** Παρόλο που το δραματικά αυξανόμενο εύρος ζώνης στα 3G κυβελωτά δίκτυα παρέχει μια πολύ γρηγορότερη και πιο αξιόπιστη πρόσβαση στο διαδίκτυο συγκρινόμενο με τα 2.5G κυβελωτά δίκτυα, δεν υπάρχουν εγγυήσεις για την ποιότητα των υπηρεσιών. Το 3G κυβελωτό δίκτυο κάνει ότι καλύτερο μπορεί για να εξασφαλίσει το απαιτούμενο εύρος ζώνης, αλλά δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι θα παραμείνει στο ίδιο επίπεδο. Συνεπώς το εύρος ζώνης μιας τέτοιας σύνδεσης μπορεί να ποικίλει σημαντικά με το χρόνο. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, αναπτύχθηκαν μηχανισμοί Quality of Service (QoS), με σκοπό να εξασφαλίσουν συγκεκριμένα επίπεδα εγγύησης για το εύρος ζώνης του δικτύου κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Το IMS διευκρινίζει την ενδυνάμωση της ποιότητας της υπηρεσίας, Quality of Service, μέσα στο IP δίκτυο και

εκμεταλλεύεται τον μηχανισμό QoS για να καλυτερέψει και να εξασφαλίσει την ποιότητα μετάδοσης [14].

- **Επιτρέπει τη διαθεσιμότητα όλων των υπηρεσιών ανεξάρτητα με τη θέση του χρήστη:** Ένα τυπικό εκνευριστικό πρόβλημα με την κινητή τεχνολογία είναι ότι μερικές υπηρεσίες δεν είναι διαθέσιμες κατά τη διαδικασία της περιαγωγής καθώς και όταν ο χρήστης βρίσκεται σε άλλη χώρα. Το carpooling είναι μια υπηρεσία που δεν αναφέρεται μόνο στο εσωτερικό μιας χώρας, και είναι πολύ σημαντικό ο κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση στο σύστημα οπουδήποτε και να είναι. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, το IMS χρησιμοποιεί τεχνολογίες και πρωτόκολλα διαδικτύου, ώστε να επιτρέπει στους χρήστες να κινούνται σε διαφορετικές χώρες και ταυτόχρονα να μπορούν να εκτελούν όλες τις υπηρεσίες σαν να ήταν στο δίκτυο του σπιτιού τους [14].
- **Παρέχει στους χρήστες του μια σειρά από γενικές υπηρεσίες:** Κάθε χρήστης που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο IMS, έχει στη διάθεσή του τις παρακάτω υπηρεσίες [18]:
 - **Εγγραφή χρήστη:** Το IMS δίκτυο αναγνωρίζει τον χρήστη που είναι συνδεδεμένος σε αυτό, βασισμένο στο IMPI (IMS Personal Identity) και εκτελεί την εγγραφή για διάφορες υπηρεσίες, αφού πρώτα εξασφαλίσει την πιστοποίηση του χρήστη.
 - **Περιαγωγή:** Ο χρήστης μπορεί κατά τη διαδικασία της περιαγωγής να συνδεθεί σε ένα ξένο δίκτυο IMS, ενώ χρησιμοποιεί μια υπηρεσία IMS, χωρίς να υποστεί διακοπή της υπηρεσίας ή υποβάθμιση της ποιότητας της επικοινωνίας. Το IMS εξασφαλίζει απρόσκοπτη πρόσβαση μέσα στο δίκτυο, καθώς και μεταφορά των πολιτικών ασφαλείας και ποιότητας υπηρεσιών των χρηστών κατά τη περιαγωγή.
 - **Διαπομπή:** Ομοίως, ένας χρήστης μπορεί να συνεχίσει να χρησιμοποιεί μια IMS υπηρεσία χωρίς να διακοπεί, ενώ κινείται και το τερματικό διασχίζει τα σύνορα της κυψέλης κατά τη διάρκεια μιας συνόδου. Για παράδειγμα όταν από ένα δίκτυο UMTS εισέρχεται σε WLAN hotspot (διακυβελική διαπομπή) ή όταν κινείται από ένα WLAN hotspot σε άλλο (ενδοκυβελική διαπομπή).

- Χρέωση υπηρεσιών: Το κόστος χρησιμοποίησης υπηρεσιών είναι επίπεδο και ανεξάρτητο από το δίκτυο πρόσβασης, επιτρέποντας για πρώτη φορά αποσύζευξη της παρεχόμενης υπηρεσίας από την ελλοχεύουσα υποδομή δικτύων.

8.6 Αρχιτεκτονική του IMS

Η IMS αρχιτεκτονική υποστηρίζει ένα μεγάλο εύρος υπηρεσιών που βασίζονται στο πρωτόκολλο SIP και που είναι προσβάσιμες από το χρήστη από διάφορες συσκευές μέσω ενός IP δικτύου ή ενός παραδοσιακού τηλεφωνικού συστήματος. Η δικτυακή αρχιτεκτονική αποτελείται από τέσσερα επίπεδα το στρώμα συσκευών, το στρώμα μεταφοράς, το στρώμα ελέγχου και το στρώμα εφαρμογής [14]. Το Figure 14 παρουσιάζει το διάγραμμα της IMS αρχιτεκτονικής, το οποίο αναλύεται παρακάτω:

Στρώμα Συσκευών: Η IMS αρχιτεκτονική παρέχει μια ποικιλία από επιλογές στους χρήστες για την επιλογή των τερματικών συσκευών. Οι συσκευές IMS, όπως οι υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα, τα PDAs και τα ψηφιακά τηλέφωνα μπορούν να συνδεθούν στην IMS υποδομή μέσω του δικτύου. Άλλες συσκευές, όπως παραδοσιακά αναλογικά τηλέφωνα, παρόλο που δεν μπορούν να συνδεθούν σε ένα IP δίκτυο άμεσα, μπορούν να εγκαταστήσουν τη σύνδεση με την IMS υποδομή, μέσω μιας πύλης PSTN [14].

Στρώμα Μεταφοράς: Το στρώμα μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την έναρξη και λήξη των SIP περιόδων, καθώς και για την μετατροπή της μεταδιδόμενης πληροφορίας από ψηφιακή/αναλογική μορφή σε μορφή IP πακέτου. Οι IMS συσκευές συνδέονται με το IP δίκτυο, στο στρώμα μεταφοράς, μέσω μιας ποικιλίας από μέσα μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένου WiFi (μία ασύρματη τεχνολογία δικτύων τοπικής περιοχής), DSL, Cable, SIP, GPRS (General Packet Radio Service είναι μια υπηρεσία δεδομένων που διατίθεται στους χρήστες κινητών τηλεφώνων GSM), και WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access, ένα είδος 3G ψηφιακού δικτύου). Επιπλέον το στρώμα μεταφοράς επιτρέπει στις συσκευές IMS να καλούν αλλά και να λαμβάνουν κλήσεις από το δίκτυο PSTN ή άλλα circuit-switched δίκτυα μέσω της πύλης PSTN [14].

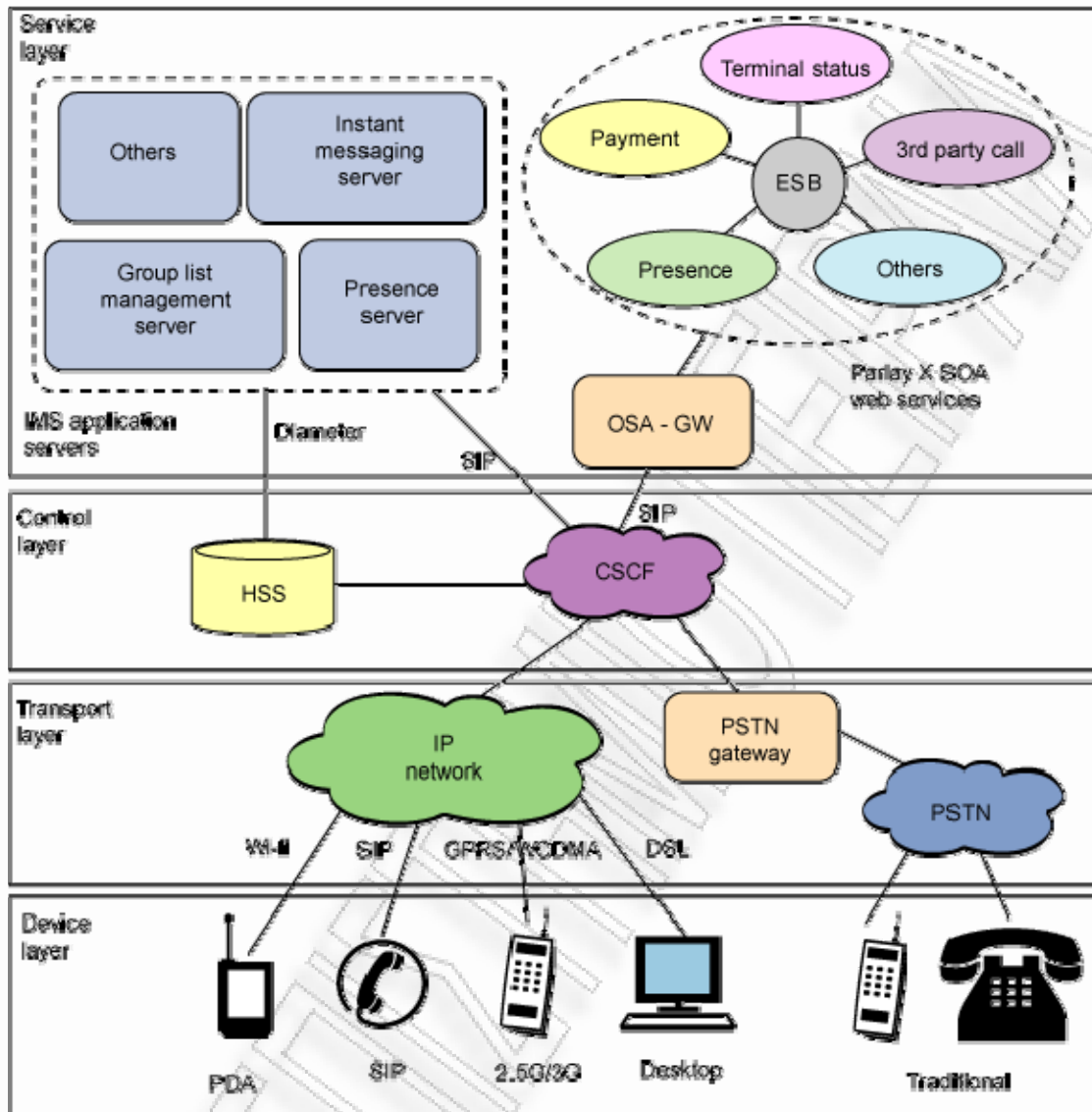


Figure 14: Το διάγραμμα της IMS αρχιτεκτονικής

Στρώμα Ελέγχου: Το στρώμα ελέγχου περιέχει το *Call Session Control Function (CSCF)* που είναι ο σημαντικότερος Server, επίσης γνωστός και ως SIP Server, καθώς και άλλους Servers ελέγχου οι οποίοι διαχειρίζονται την δρομολόγηση των κλήσεων και των session και αρχειοθετούν τα πρωτόκολλα [16]. Υπάρχουν τρεις τύποι CSCFs, που ο καθένας έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία:

- Ο *Proxy CSCF*, P-CSCF, βρίσκεται στα σύνορα του IMS δικτύου με τις υποδομές packet-switched και είναι το πρώτο σημείο επαφής μέσα στο IMS δίκτυο. Δέχεται όλα τα SIP αιτήματα που προέρχονται από ένα IMS τερματικό ή

κατευθύνονται σε αυτό. Είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των πόρων του δικτύου μέσω της αλληλεπίδρασής του με το στρώμα μεταφοράς. Συμπεριφέρεται σαν ένας SIP Proxy που δέχεται SIP μηνύματα και τα δρομολογεί στους κατάλληλους P-CSCFs στην άλλη άκρη του IMS δικτύου, μέσω του S-CSCF [17][18]. Το P-CSCF μπορεί να βρίσκεται είτε στο εγχώριο δίκτυο του χρήστη, είτε στο δίκτυο στο οποίο ο χρήστης είναι επισκέπτης

- Ο **Serving CSCF**, S-CSCF, δέχεται αιτήματα κλήσης μεταφρασμένα από τους P-CSCFs σχετικά με ταυτότητες χρηστών, εντοπισμό της θέσης του χρήστη, προνόμια, αυθεντικοποίηση, εξουσιοδότηση και αρχεία χρέωσης, όλα καταχωρημένα στη βάση δεδομένων του IMS δικτύου [18]. Όλα τα SIP μηνύματα σηματοδοσίας που προορίζονται ή προέρχονται από τα IMS τερματικά, διασχίζουν τον S-CSCF. Ο S-CSCF χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Diameter και αλληλεπιδρά με το Home Subscriber Server (HSS) για να αποκτήσει πληροφορίες σχετικά με την αυθεντικοποίηση και το προφίλ του χρήστη από το HSS. Επιπλέον αλληλεπιδρά με τους application servers (AS) και αφού επιθεωρήσει τα μηνύματα, αποφασίζει ποιός είναι ο σωστός Application Server, στον οποίο πρέπει να το προωθήσει για περαιτέρω επεξεργασία [21].
- Ο **Interrogating CSCF**, I-CSCF, καθιστά δυνατή τη διαλειτουργικότητα με ξένα δίκτυα IMS, παρέχοντας τη δυνατότητα ανταλλαγής των προφίλ των χρηστών, προνόμια δυνατότητας πρόσβασης σε υπηρεσίες και αρχεία χρέωσης για τους χρήστες από περιαγωγή [18]. Αποτελεί δηλαδή το σημείο επαφής με τα ξένα δίκτυα. Διαλέγει έναν S-CSCF για κάθε συνδρομητή και δρομολογεί τα εισερχόμενα SIP μηνύματα για τον συνδρομητή, στον επιλεγμένο S-CSCF [21]. Ο ρόλος του I-CSCF είναι να διατηρεί την ανεξαρτησία της διάταξης των δικτύων και να κρύβει την τοπολογία, τη διάταξη και τη δυναμικότητα των δικτύων, από εξωτερικές οντότητες [17][18]. Μπορεί, δηλαδή, και κρύβει τη δομή του εσωτερικού δικτύου, κρυπτογραφώντας μέρη από τα SIP μηνύματα. Αυτή η προαιρετική λειτουργία αναφέρεται ως topology hiding internet network gateway [21].

Η αλληλεπίδραση με άλλους παροχείς δικτύων ή άλλων τύπων δικτύων αντιμετωπίζεται από τις media πύλες. Για να διαχειριστούν οι κλήσεις από ή προς τις

παλαιές πλατφόρμες, όπως τα δίκτυα PSTN/PLMN, οι κλήσεις δρομολογούνται μέσω του *Media Gateway Control Function (MGCF)* και περνάνε στο κεντρικό IMS δίκτυο CSCF χρησιμοποιώντας το SIP ή το RTP πρωτόκολλο. Όλες οι κλήσεις δρομολογούνται μέσω αυτών των media πυλών και εισάγονται στο δίκτυο IMS ως SIP/RTP media streams [16]. Ο *Media Gateway Control Function (MGCF)* συνδέεται με τα δίκτυα circuit switched μέσω της *IMS Media Gateway (IMS-MGW)*.

Άλλο στοιχείο του στρώματος ελέγχου είναι η βάση δεδομένων *Home Subscriber Server (HSS)* που αποθηκεύει πληροφορίες σχετικές με κάθε τερματικό χρήστη, όπως το μοναδικό προφίλ υπηρεσιών του, τα προνόμια πρόσβασης καθώς και αρχεία χρέωσης [18]. Οι λειτουργίες του *HSS* είναι να περιέχει τις σχετικά με τον συνδρομητή πληροφορίες (προφίλ χρήστη), να εκτελεί την αυθεντικοποίηση και τον έλεγχο δικαιωμάτων του χρήστη και να μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη φυσική θέση του χρήστη. Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Diameter [16]. Με τη συγκέντρωση των πληροφοριών του κάθε χρήστη στο *HSS*, οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να δημιουργήσουν ενοποιημένους προσωπικούς καταλόγους καθώς και συγκεντρωμένη διαχείριση των στοιχείων των χρηστών σε όλες τις υπηρεσίες που παρέχει το IMS [14].

Στρώμα Εφαρμογής: Στην κορυφή της αρχιτεκτονικής του IMS δικτύου, είναι το στρώμα εφαρμογής. Τα τρία στρώματα που περιγράφηκαν παρέχουν μια τυποποιημένη πλατφόρμα δικτύου που επιτρέπει στους παροχείς να προσφέρουν μία ποικιλία από υπηρεσίες πολυμέσων στο στρώμα εφαρμογής. Οι υπηρεσίες όλες παράγονται από τους *Application Servers*, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι όχι μόνο για την επεξεργασία των δεδομένων και την εκτέλεση των υπηρεσιών αλλά επιπλέον παρέχουν τη διεπαφή ενάντια στα στρώματα ελέγχου, χρησιμοποιώντας το SIP πρωτόκολλο. Ένας *application server* μπορεί να διαχειρίζεται πολλαπλές υπηρεσίες εφαρμογής, για παράδειγμα υπηρεσίες τηλεφωνίας και μηνυμάτων, και ένα πλεονέκτημα αυτής της ευελιξίας είναι η μείωση του φορτίου του στρώματος ελέγχου. Υπάρχουν πολλοί *application servers* που παρέχουν διαφορετικές υπηρεσίες, και οι τρεις σημαντικότεροι είναι [14]:

- **Presence server:** Ο *Presence server* παρέχει υπηρεσίες για συλλογή, διαχείριση και διανομή της διαθεσιμότητας πραγματικού χρόνου καθώς και μέσα για την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Επιτρέπει στους χρήστες όχι μόνο να δημοσιοποιούν πληροφορίες σχετικές με την παρουσία τους, αλλά

επιπλέον να εγγράφονται στην υπηρεσία και να γίνονται μέλη, ώστε να λαμβάνουν ειδοποιήσεις για αλλαγές από άλλους χρήστες [14].

- **Group List Management server:** Ο Group List Management server παρέχει υπηρεσίες που επιτρέπουν στους χρήστες ή στους διαχειριστές να διαχειρίζονται, δημιουργούν, τροποποιούν, σβήνουν και να αναζητούν τον καθορισμό ομάδας που βασίζεται στο δίκτυο καθώς και σχετικούς καταλόγους μελών. Επιπλέον διατηρεί τις άδειες πρόσβασης και άλλες συγκεκριμένες ιδιότητες που σχετίζονται με τις ομάδες και τα μέλη. Επιπλέον χρησιμοποιείται για να παρέχει λίστες μελών για στιγμιαία μηνύματα ή άλλες υπηρεσίες [14].
- **Instant Messaging Server:** Ο Instant Messaging Server παρέχει μια υπηρεσία επικοινωνίας που επιτρέπει στους χρήστες να στέλνουν και να λαμβάνουν μηνύματα αμέσως. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να παραδίδουν μηνύματα που περιέχουν πλούσιο κείμενο, φωτογραφίες, βίντεο, μουσική ή συνδυασμό αυτών πάνω σε δίκτυο IP. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη σημερινή κοινότητα του διαδικτύου και το IMS θα φέρει την ίδια εμπειρία υπηρεσίας στο κόσμο των κινητών [14].

Το Figure 15 και το Figure 16 παρουσιάζουν την IMS αρχιτεκτονική, περιγράφοντας αναλυτικότερα το στρώμα ελέγχου.

Στο Figure 15 παρατηρούμε στο στρώμα ελέγχου τους τρεις διαφορετικούς τύπους CSCFs, καθώς και τις διαφορετικές λειτουργίες τους αλλά και τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους. Ο P-CSCF έρχεται σε επαφή με το στρώμα μεταφοράς, ενώ ο S-CSCF είναι υπεύθυνος κυρίως για την αλληλεπίδραση με τους Application Servers. Επιπλέον παρατηρούμε ότι για την επικοινωνία του συστήματος με δίκτυα όπως τα PSTN, οι κλήσεις δρομολογούνται μέσω του *Media Gateway Control Function (MGCF)*, ο οποίος συνδέεται με τα δίκτυα circuit switched μέσω της media-πύλης *IMS Media Gateway (IMS-MGW)*.

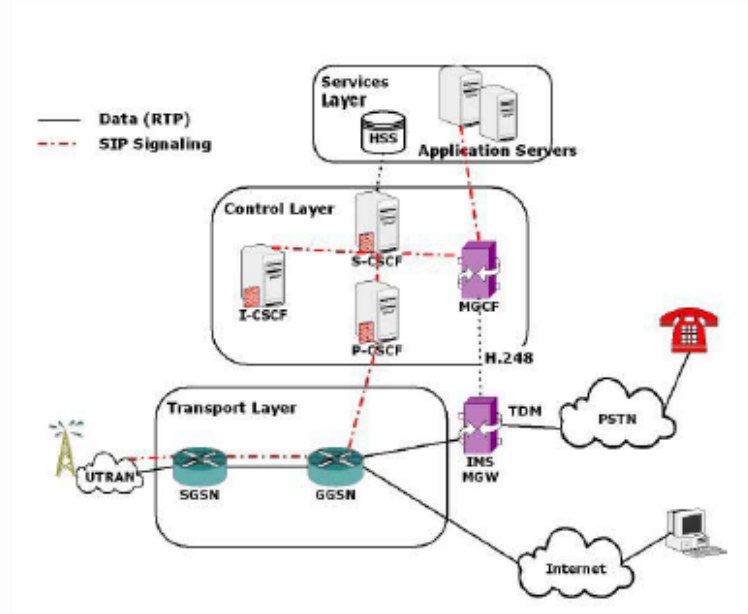


Figure 15: Πρώτο παράδειγμα IMS αρχιτεκτονικής

Στο δεύτερο παράδειγμα της IMS αρχιτεκτονικής, φαίνεται η δομή του στρώματος ελέγχου και είναι περισσότερο διακριτή η λειτουργία του I-CSCF, ο οποίος διαλέγει έναν S-CSCF για κάθε συνδρομητή και δρομολογεί σε αυτόν τα εισερχόμενα SIP μηνύματα του, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί το σημείο επαφής με τα ξένα δίκτυα και καθιστά δυνατή τη διαλειτουργικότητα με τα ξένα δίκτυα IMS.

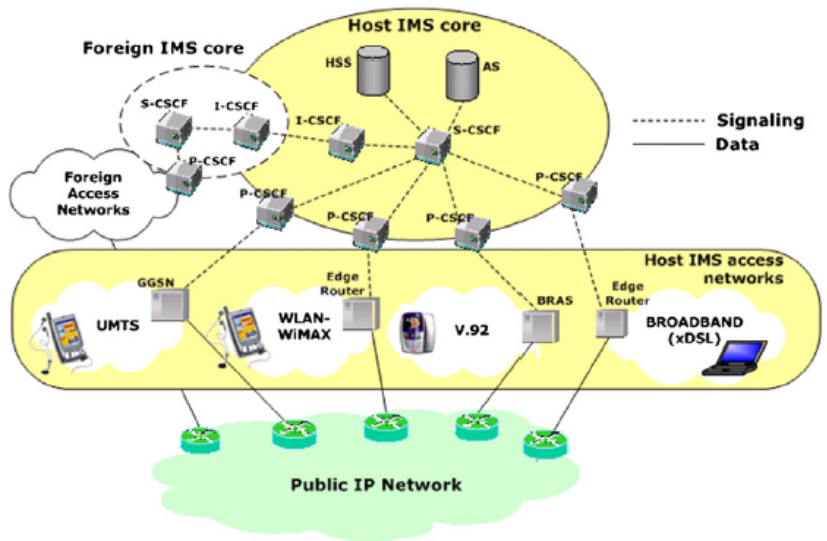


Figure 16: Δεύτερο παράδειγμα IMS αρχιτεκτονικής

Και στα δύο σχήματα, παρατηρούμε ότι τα δύο βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί το σύστημα είναι το SIP πρωτόκολλο, που είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο σηματοδότησης και απεικονίζεται με τη διακεκομμένη γραμμή και το RTP πρωτόκολλο που είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά πληροφορίας πολυμέσων και δεδομένων και απεικονίζεται με την ενιαία γραμμή.

8.7 Επέκταση της IMS αρχιτεκτονικής με χρήση υπηρεσιών ιστού

8.7.1 Οι περιορισμοί της IMS αρχιτεκτονικής

Μία έλλειψη της IMS αρχιτεκτονικής είναι ότι δεν παρέχει απομακρυσμένη πρόσβαση σε κινητές υπηρεσίες που παρέχονται από διαφορετική διοικητική περιοχή και αυτό επειδή οι διεπαφές για τη χρησιμοποίηση αυτών των κινητών υπηρεσιών δεν είναι τυποποιημένες στις διαφορετικές διοικητικές περιοχές δικτύων. Για να υπάρχει δηλαδή σύγκλιση στις υπηρεσίες πρέπει να υπάρχει σύγκλιση και στις υποδομές καθώς και στους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς. Επιπλέον υπάρχουν κινητές υπηρεσίες που προσφέρονται στους τερματικούς χρήστες, οι οποίες είναι απαραίτητο να βασίζονται σε άλλες κινητές υπηρεσίες κατά το χρόνο εκτέλεσής τους. Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε μια υπηρεσία πλοήγησης αυτοκινήτου, είναι πολύ πιθανό ο χειριστής που παρέχει αυτή την υπηρεσία στους τερματικούς χρήστες, να πρέπει να τη συνθέσει από άλλες υπηρεσίες όπως η υπηρεσία θέσης και η υπηρεσία χαρτών, που πιθανόν να προσφέρονται από χειριστές σε διαφορετικές περιοχές δικτύου [20].

Μία συνέπεια αυτών των μειονεκτημάτων είναι η απώλεια εισοδήματος για τους χειριστές που χάνουν την ευκαιρία να προσφέρουν διευκόλυνση των υπηρεσιών σε άλλους χειριστές. Άλλη επίπτωση είναι η περιορισμένη δυνατότητα για ενίσχυση της εμπειρίας του χρήστη, αφού το σύστημα είναι ανίκανο να παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες οι οποίες είναι απαραίτητες για την υποστήριξη των αναγκών τους. Επιπλέον ένας χρήστης κινητής υπηρεσίας έχει μια διαφορετική εμπειρία όταν χρησιμοποιεί κινητές υπηρεσίες που παρέχονται από διαφορετικές περιοχές δικτύων [20].

Η αρχιτεκτονική IMS, όπως την έχουμε περιγράψει μέχρι τώρα, δεν παρέχει στους τελικούς χρήστες τη δυνατότητα να μοιράζονται τις υπηρεσίες τους στο δίκτυο, όπως μπορούν να το κάνουν μέσα από το διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας την peer-to-peer

τεχνολογία. Τα κυψελωτά τερματικά συνήθως παρέχουν ένα συγκεκριμένο αριθμό υπηρεσιών και υπάρχει μικρή πιθανότητα για βελτίωση και εύκολη αναβάθμιση αυτών των υπηρεσιών, όπως γίνεται παραδοσιακά στο διαδίκτυο. Ένα άλλο μειονέκτημα της IMS αρχιτεκτονικής είναι ότι η πληροφορία που μεταβιβάζεται στο SIP πρωτόκολλο δεν παρέχει διαχωρισμό των κινητών υπηρεσιών και των συσκευών στις οποίες τρέχουν οι υπηρεσίες [20].

8.7.2 Χρησιμοποίηση αρχιτεκτονικής SOA στο IMS

Για να ξεπεραστούν αυτά τα μειονεκτήματα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια αρχιτεκτονική που (1) αυξάνει την ευελιξία των παρεχόμενων κινητών υπηρεσιών, (2) επιτρέπει τους τελικούς χρήστες να γίνουν πάροχοι υπηρεσιών και (3) επαυξητικά επεκτείνει την IMS αρχιτεκτονική. Μια λύση βασίζεται στη χρησιμοποίηση της Service Oriented Architecture πάνω στην ήδη υπάρχον IMS υποδομή. Εισάγοντας υπηρεσίες ιστού πάνω από το πρωτόκολλο SIP, νέες κινητές υπηρεσίες μπορούν να εισαχθούν δυναμικά από μια συσκευή τερματικού χρήστη και επιπλέον αυτές οι υπηρεσίες μπορούν εύκολα να γίνουν προσιτές έξω από την περιοχή των χειριστών [20].

Οι υπηρεσίες ιστού που βασίζονται στην αρχιτεκτονική SOA (Service Oriented Architecture) είναι ευκολόχρηστες και υψηλού επιπέδου. Η αρχιτεκτονική SOA παρέχει στις υπηρεσίες ιστού ένα περιβάλλον που είναι ευρέως υιοθετημένο και κατανοητό από ένα μεγάλο αριθμό προγραμματιστών και developers και που διαθέτει μια ποικιλία από διαθέσιμα εργαλεία ανάπτυξης. Με τις διεπαφές των Parlay X SOA υπηρεσιών ιστού, όπως ορίστηκαν από το Parlay Group το 2003, οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη εφαρμογής μπορούν να έχουν πρόσβαση και να χρησιμοποιήσουν τις υπάρχουσες υπηρεσίες IMS, όπως την υπηρεσία carpooling, πιο εύκολα μέσα από τις υπηρεσίες ιστού. Οι Parlay X SOA υπηρεσίες ιστού συνδέονται στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο είτε μέσω του Open Services Access - Gateway (OSA-GW), όπως φαίνεται και στο σχήμα Figure 17, είτε κατευθείαν μέσω συστατικών υπηρεσίας δεδομένων πάνω στο IP πρωτόκολλο [14].

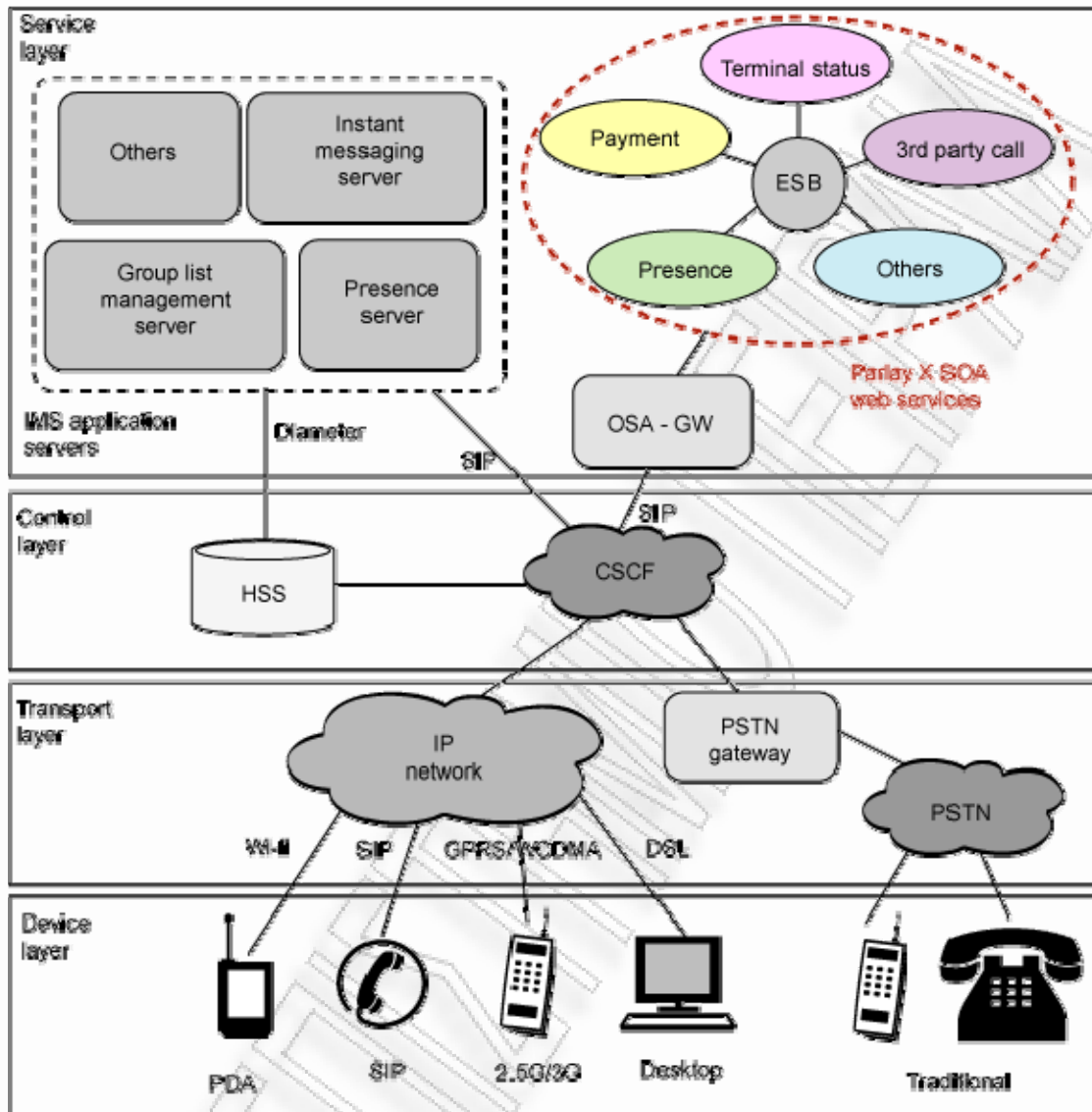


Figure 17: Πως οι υπηρεσίες ιστού συνδυάζονται με την IMS υποδομή

8.8 Ασφάλεια στο IMS

Οι υπηρεσίες τηλεφωνίας είναι πάντα αξιόπιστες και κατά ένα μεγάλο μέρος ανεπηρέαστες από τις πληγές της υποκλοπής, των ιών και των spam που έχουν έρθει να χαρακτηρίσουν το Διαδίκτυο. Ωστόσο, όσον αφορά το IMS δίκτυο, είναι πολύ δύσκολο και πολύπλοκο να εξασφαλιστεί ασφάλεια και αξιοπιστία. Βασικό χαρακτηριστικό του IMS είναι ότι παρέχει όλες τις υπηρεσίες που παρέχει το Διαδίκτυο μέσω των κινητών επικοινωνιών, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο IP. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το IMS

να κληρονομεί όλες τις ευπάθειες και τις ευαισθησίες των TCP/IP, όπως Denial of Service και όχι μόνο. Επιπλέον οι IMS χρήστες έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται στο δίκτυο μέσα από ένα διαφορετικό αριθμό μέσων πρόσβασης (UMTS, ADSL, PSTN), κάτι που κάνει ακόμα πιο πολύπλοκη την ασφάλεια στο IMS.

Βασική απαίτηση για ασφαλή επικοινωνία στο IMS είναι οι βασισμένες στην IP-υπηρεσίες επικοινωνιών πολυμέσων να είναι ασφαλείς για τους χρήστες, δηλαδή απαλλαγμένες από το malware ή τις κακόβουλες επιθέσεις, ανεξάρτητα από κινητά ή σταθερά τερματικά. Επιπλέον οι χρήστες απαιτούν τη διαβεβαίωση ότι δεν μπορούν άλλοι να έχουν πρόσβαση στις προσωπικές υπηρεσίες και τις πληροφορίες τους [16]. Η αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία είναι οι δύο πιο σημαντικές προτεραιότητες και για τους χρήστες και για τους παροχείς. Ο παροχέας έχει την ευθύνη για την κοινότητά του: καμιά υπηρεσία δεν παραδίδεται σε ανώνυμο ή μη ταυτοποιημένο τελικό χρήστη και κανένα αίτημα υπηρεσιών δεν αναμεταδίδεται από τους ανώνυμους και αναξιόπιστους χρήστες ή επιχειρήσεις [16].

Η ασφάλεια των περιοχών πρόσβασης παρέχεται μέσω της επικύρωσης των χρηστών και της προσωπικής ταυτοποίησης. Η ασφάλεια των περιοχών των δικτύων προβλέπεται μέσω της ασφάλειας των περιοχών που φιλοξενούνται οι λύσεις, της προσοχής των κόμβων, της προστασίας από τους ιούς και την καταγραφή του ελέγχου (log). Ενώ η ασφάλεια της λειτουργίας και διαχείρισης υποστηρίζεται από την προστασία της κυκλοφορίας του δικτύου και την προστασία εναντίων των ιών [16].

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που εξασφαλίζει την ασφάλεια είναι η κρυπτογράφηση. Το αρχικό πρότυπο προτείνει τη χρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου IPSec καθώς και του TLS, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κρυπτογράφηση των SIP μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των κόμβων. Επιπλέον, στην άκρη κάθε δικτύου IMS μπορούν να παραταχθούν Security Gateways (SEGs), ώστε να δημιουργηθεί ένα Network Security Domain (NDS), το οποίο θα προστατέψει τον πυρήνα του IMS από άλλα IMS δίκτυα. Σημαντική είναι επίσης η αποφυγή χρησιμοποίησης αδύναμων πρωτοκόλλων διαχείρισης, όπως είναι τα tftp και SNMP ver 2. Η 3GPP χωρίζει την IMS ασφάλεια σε ασφάλεια πρόσβασης και ασφάλεια περιοχών δικτύων:

- Για την ασφάλεια πρόσβασης, τα SIP μηνύματα ανάμεσα στο IMS τερματικό και τον P-CSCF προστατεύονται από δύο IPsec ενώσεις ασφάλειας, μετά την πιστοποίηση και εξουσιοδότηση της εγγραφής. Επιπροσθέτως, ο S-CSCF χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Diameter για να πιστοποιήσει το χρήστη από το HSS και στη συνέχεια προσκαλεί το IMS τερματικό [21]. Με την ταυτοποίηση του χρήστη μέσω μιας υπηρεσίας του IMS, ο χρήστης είναι σε θέση να έχει πρόσβαση και σε άλλες υπηρεσίες του IMS που είναι εξουσιοδοτημένος για να χρησιμοποιεί. Η ταυτοποίηση διαχειρίζεται από το CSCF σαν υπογραφή του χρήστη. Όταν λαμβάνει ένα αίτημα υπηρεσιών, ο SIP Application Server (AS) μπορεί να ελέγξει αν ο χρήστης έχει ταυτοποιηθεί [16].
- Για την ασφάλεια περιοχών δικτύων, εφαρμόζονται πύλες ασφάλειας, Security Gateways (SEGs), στα σύνορα κάθε περιοχής. Η εσωτερική κίνηση μηνυμάτων ανάμεσα σε δύο περιοχές ασφάλειας διασχίζει τον SEG της κάθε περιοχής. Η διεπαφή ανάμεσα στους δύο διαφορετικούς SEGs χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IPsec για την ασφαλή μεταφορά του ωφέλιμου φορτίου. Επιπλέον σε κάθε διεπαφή είναι υποχρεωτική η πιστοποίηση, η ακεραιότητα και η κρυπτογράφηση. Επομένως, ακόμα και αν ο P-CSCF και ο S-CSCF είναι σε διαφορετικές περιοχές ασφάλειας, μπορεί να προστατευθεί η σύννοδος (session) [21].

9 Η σημασία του IMS στην υπηρεσία carpooling

Έχοντας περιγράψει όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά του IP Multimedia Subsystem, είναι κατανοητό γιατί η πλατφόρμα IMS είναι η πλέον κατάλληλη για την υποστήριξη της υπηρεσίας carpooling. Η απαίτηση είναι να υπάρχει πρόσβαση στην υπηρεσία carpooling οπουδήποτε, οποτεδήποτε και με οποιαδήποτε συσκευή. Ένα σημαντικό βήμα στην προσπάθεια ικανοποίησης αυτής της απαίτησης αποτελεί η σύγκλιση στις υποδομές, στις τερματικές συσκευές και στις υπηρεσίες, η οποία έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία. Η σύγκλιση στις υποδομές είναι απαραίτητη προκειμένου να υπάρξει σύγκλιση και στις υπηρεσίες, γι' αυτό και ως πλατφόρμα ενοποίησης χρησιμοποιείται το IP Multimedia Subsystem. Το IMS αναλαμβάνει να λειτουργήσει ως συνδετικός κρίκος όλων των τεχνολογιών και των τομέων ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού στην εποχή της σύγκλισης.

9.1 Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το IMS στην υπηρεσία carpooling

Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι λόγοι που το IMS είναι η πιο κατάλληλη πλατφόρμα για να στηρίξει το carpooling, καθώς και πως το IMS βοηθάει στο να γίνει το carpooling καλύτερο.

Πλήρης κινητικότητα χρηστών και τερματικών συσκευών: Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι οι χρήστες του carpooling είναι σε θέση να εκτελέσουν την υπηρεσία με πλήρη κινητικότητα.. Το δίκτυο παρέχει στους χρήστες και τα τερματικά την κινητικότητα. Η κινητικότητα των χρηστών παρέχεται από το IMS και το SIP. Το χαρακτηριστικό του IMS είναι ότι συνδυάζει τις υπηρεσίες που παρέχει το διαδίκτυο με την κινητικότητα των κινητών τηλεπικοινωνιών. Για να το πετύχει αυτό, το IMS χρησιμοποιεί ανοικτά πρωτόκολλα IP, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν το ίδιο καλά τους χρήστες, ανεξάρτητα αν πρόκειται για πολυμεσική επικοινωνία ανάμεσα σε δυο χρήστες IMS, σε έναν χρήστη IMS κι ένα χρήστη Internet ή δυο χρήστες στο Internet, αφού όλοι χρησιμοποιούν πλέον το ίδιο πρωτόκολλο.

Χάρη σ' αυτή τη δυνατότητα, το IMS γίνεται ο κοινός παρονομαστής του διαδικτύου και της κινητής τηλεφωνίας. Αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα της κινητής

τηλεφωνίας για να παρέχει πρόσβαση παντού και πάντα και τα πλεονεκτήματα του διαδικτύου για να προσφέρει πλήθος ενδιαφέρουσες υπηρεσίες. Οπότε οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία carpooling μέσω του διαδικτύου από το 3G κινητό τους τηλέφωνο, δηλαδή από όπου και αν βρίσκονται.

Συνδυάζει υπηρεσίες τηλεφωνίας με υπηρεσίες πολυμέσων: Ένα από τα πλεονεκτήματα που παρέχει το carpooling είναι ότι ενθαρρύνει τις διαπροσωπικές σχέσεις και προωθεί τις κοινωνικές σχέσεις των ανθρώπων σε μια κοινωνία που όλο και περισσότερο κλείνεται στον εαυτό της. Πολλοί χρήστες κανονίζουν μέσα από το σύστημα καθημερινές διαδρομές με τους ίδιους συνταξιδιώτες κάθε φορά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται καλές σχέσεις οι οποίες κρατάνε και στο χρόνο. Η πλατφόρμα IMS παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους και ταυτόχρονα να ανταλλάσσουν φωτογραφίες, βίντεο και μουσική. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσονται φιλίες αλλά και οι άγνωστοι χρήστες γνωρίζονται μεταξύ τους καλύτερα και βλέπουν αν ταιριάζουν, ώστε να μοιραστούν τη διαδρομή μαζί.

Αυτό επιτυγχάνεται επειδή το IP Multimedia Subsystem συνδυάζει υψηλή ποιότητα υπηρεσιών τηλεφωνίας, σε συνδυασμό με πρωτοποριακές εμπειρίες των υπηρεσιών IP multimedia. Οπότε ένα βασικό όφελος της πλατφόρμας IMS είναι η δυνατότητα εμπλουτισμού και βελτίωσης της κινητής εμπειρίας, παρέχοντας στους χρήστες της υπηρεσίας carpooling εφαρμογές βελτίωσης της παρουσίας και δυνατότητες κοινής χρήσης διαφόρων πολυμέσων, όπως φωτογραφίες, μουσική, παιχνίδια ή video-clip κατά τη διάρκεια ενός τηλεφωνήματος.

Ταυτόχρονη πρόσβαση σε πλήθος υπηρεσιών: Άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της υπηρεσίας carpooling είναι ότι υπάρχει η πιθανότητα να απαιτείται ταυτόχρονη πρόσβαση σε πλήθος υπηρεσιών, είτε όταν ο χρήστης βρίσκεται στο σπίτι του, είτε στην εργασία του, είτε όταν βρίσκεται στο εξωτερικό. Μπορεί εκτός από υπηρεσίες διαδικτύου, υπηρεσίες IP τηλεφωνίας και υπηρεσίες πολυμέσων, να χρειάζεται ταυτόχρονα πρόσβαση σε υπηρεσίες GPS καθώς και επικοινωνία με το σύστημα πλοήγησης, ώστε να εξυπηρετηθεί άμεσα ο χρήστης. Το IMS επιτρέπει διαδραστικότητα των υπηρεσιών. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης πρόσβασης σε μεγάλη γκάμα από νέες υπηρεσίες πολυμέσων που βασίζονται στο IP πρωτόκολλο.

Διασυνδεσιμότητα παντού με πλήθος δικτύων: Το IMS, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, είναι ανεξάρτητο από το δίκτυο πρόσβασης, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η πρόσβαση στην υπηρεσία carpooling από οποιοδήποτε δίκτυο. Ένα σημαντικό βήμα του IMS είναι ότι πραγματοποιεί τη σύγκλιση των δικτύων κινητής και σταθερής τηλεφωνίας. Το IMS υποστηρίζει διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης, όπως είναι τα σταθερά ευρυζωνικά δίκτυα DSL, τα δίκτυα ασύρματης πρόσβασης WLAN και τα δίκτυα κινητής πρόσβασης WCDMA, CDMA2000 και GPRS. Ο τελικός χρήστης έχει τη δυνατότητα μέσω των παρόχων να μπορεί να μετακινείται από το ένα δίκτυο στο άλλο, ακόμα και όταν αλλάζει χώρα, χωρίς να χάνεται η σύνδεση ή να αλλάζει το περιβάλλον χρήσης.

Δυνατότητα επιλογής τερματικής συσκευής: Κάθε χρήστης – μέλος της υπηρεσίας carpooling μπορεί να έχει πρόσβαση στην πλατφόρμα IMS από οποιοδήποτε δίκτυο αλλά και με οποιαδήποτε συσκευή. Οι τερματικές συσκευές που μπορεί να χρησιμοποιήσει για να συνδεθεί στην IMS υποδομή είναι οι υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα, τα σταθερά τηλέφωνα ή τα Ασύρματα Φορητά Τερματικά, αρκεί να χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο IP και να υποστηρίζουν το πρωτόκολλο SIP. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στην πλατφόρμα του συστήματος είτε από τον υπολογιστή στο σπίτι τους, είτε από το κινητό τους στο αυτοκίνητο, είτε από το PDA στη δουλειά.

Όσο περισσότερο εύκολη είναι η πρόσβαση των χρηστών στην υπηρεσία carpooling, τόσο περισσότερο θα διαδοθεί και τόσο περισσότερο θα τη χρησιμοποιούν οι ταξιδιώτες. Άρα, είναι πολύ σημαντικό ο χρήστης να μπορεί να μετακινείται από την μία συσκευή στην άλλη χωρίς να διακόπτεται η υπηρεσία, ενώ ταυτόχρονα οι συσκευές να μπορούν να λειτουργούν τόσο σε δίκτυα κινητής όσο και σταθερής τηλεφωνίας. Οι τελευταίες γενιάς φορητές συσκευές έχουν ιδιαίτερα εντυπωσιακές δυνατότητες, επιτρέποντας την πρόσβαση, σχεδόν, σε κάθε είδους υπηρεσία, οπουδήποτε και αν βρισκόμαστε και οποιαδήποτε στιγμή. Οπότε οι χρήστες του carpooling έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία με την ίδια αποτελεσματικότητα και ποιότητα οπουδήποτε και από οποιοδήποτε σημείο.

Πλήρη διαλειτουργικότητα μεταξύ εταιριών, δικτύων και συσκευών: Συνοπτικά, το πλέον σημαντικό στοιχείο του IMS είναι η υιοθέτηση της αρχής σύγκλισης σταθερής και κινητής τηλεφωνίας (FMC), ικανή να ταυτίζει τις δυνατότητες

σταθερών και κινητών δικτύων για την παροχή αδιάλειπτης υπηρεσίας μέσω διαφορετικών τερματικών συσκευών και ανεξάρτητα γεωγραφικής θέσης. Εξίσου σημαντική είναι και η σύγκλιση στις υποδομές, όπου το IMS διασφαλίζει πλήρη διαλειτουργικότητα όχι μόνο μεταξύ τερματικών συσκευών και δικτύων, αλλά και μεταξύ Application Servers διαφορετικών προμηθευτών και εταιριών. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ των παροχέων είναι απαραίτητη για να δώσει στους χρήστες την ελευθερία να περιπλανηθούν μεταξύ των διαφορετικών δικτύων.

Δηλαδή καθώς ο χρήστης μετακινείται, ενώ για παράδειγμα είναι συνδεδεμένος με το internet ή συμμετέχει σε video-τηλεδιάσκεψη, θα μπορεί να αλλάζει δίκτυα (UMTS, WiFi, Bluetooth, κλπ.) και παρόχους, με τρόπο αυτόματο, χωρίς να διακόπτεται η σύνδεσή του (seamless handoffs) και ισορροπώντας βέλτιστα μεταξύ ασφάλειας, ποιότητας σύνδεσης (QoS) και κόστους της παρεχόμενης υπηρεσίας.

Εξασφάλιση απόδοσης και ποιότητας υπηρεσιών (QoS): Ο ρόλος του IMS θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικός, προκειμένου να μπορέσει ο πάροχος να προσφέρει την υπηρεσία carpooling με υψηλό επίπεδο ποιότητας. Το IMS χρησιμοποιώντας μηχανισμούς ποιότητας υπηρεσιών (QoS) εξασφαλίζει το απαιτούμενο εύρος ζώνης, υψηλές ταχύτητες και υψηλή ποιότητα μετάδοσης σε σχέση με παλιότερα δίκτυα. Το IMS προσφέρει αξιόπιστη κάλυψη και βέλτιστη διαχείριση του διαθέσιμου εύρους ζώνης ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστη απόδοση και να προσφέρεται στους χρήστες προβλέψιμη και βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσιών.

Αξιόπιστη και ασφαλής επικοινωνία: Σε κάθε σύστημα κινητών επικοινωνιών είναι πολύ σημαντικό να παρέχονται ασφαλείς και αξιόπιστες υπηρεσίες. Η κύρια βάση δεδομένων του συστήματος περιλαμβάνει πληροφορίες για το προφίλ των χρηστών της υπηρεσίας carpooling και τα προσωπικά δεδομένα που έχουν καταχωρήσει, αλλά και πληροφορίες για τη θέση του κάθε χρήστη, ώστε να μπορεί το σύστημα να εντοπίζει κάθε μέλος του συστήματος. Είναι πολύ σημαντικό το σύστημα με εφαρμογές πιστοποίησης και κρυπτογράφησης, να εξασφαλίζει αξιοπιστία και ασφάλεια των πληροφοριών που διαθέτει.

Το IMS εξασφαλίζει την απαιτούμενη ασφάλεια, χρησιμοποιώντας μηχανισμούς που ήδη λειτουργούν σε προηγούμενα συστήματα αλλά και εισάγοντας νέους μηχανισμούς. Παρέχει έλεγχο πρόσβασης στο δίκτυο μέσα από ποικιλία πολιτικών

κρυπτογράφησης και διαθέτει συστήματα που εντοπίζουν και συμβάλουν στον περιορισμό κακόβουλων χρηστών και επιθέσεων. Κάποιοι από αυτούς τους μηχανισμούς είναι το πρωτόκολλο IPsec, οι πύλες SEGs καθώς και το πρωτόκολλο Diameter για την πιστοποίηση των χρηστών από τη βάση δεδομένων.

Μειωμένο κόστος κλήσεων: Η χρησιμοποίηση της πλατφόρμας του IMS για την υλοποίηση της υπηρεσίας carpooling, έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ευέλικτου συστήματος χρέωσης με αποτέλεσμα οι χρήστες να αποκτούν ευκολία στον έλεγχο του κόστους. Οι τηλεφωνικές κλήσεις των χρηστών της υπηρεσίας carpooling γίνονται μέσω του συστήματος IP τηλεφωνίας με κόστος πολύ χαμηλότερο από το κόστος των κλήσεων από κινητά τηλέφωνα.

10 Προτεινόμενη αρχιτεκτονική του carpooling συστήματος

Το carpooling βασίζεται στην IMS αρχιτεκτονική αφού, όπως έχει αναφερθεί, η πλατφόρμα η οποία υποστηρίζει την υπηρεσία carpooling είναι το IMS. Τα κύρια συστατικά τα οποία εξασφαλίζουν τη δρομολόγηση των αιτημάτων και των κλήσεων carpooling, ώστε να αποκτήσει ο χρήστης πρόσβαση στην υπηρεσία ή να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο χρήστη του carpooling, είναι ίδια με τα συστατικά της αρχιτεκτονικής IMS. Ωστόσο υπάρχουν επιπλέον τέσσερα βασικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία της υπηρεσίας carpooling και εξασφαλίζουν την πλοήγηση του χρήστη στο σύστημα, την αλληλεπίδρασή του με την υπηρεσία καθώς και την προσαρμοστικότητα του συστήματος [7].

10.1 Βασικά συστατικά του carpooling συστήματος

Τα τέσσερα βασικά συστατικά που απαρτίζουν το σύστημα carpooling και είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του είναι τα *User Profile*, *System Model*, *System Control* και *System Feedback*, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα Figure 18 [7].

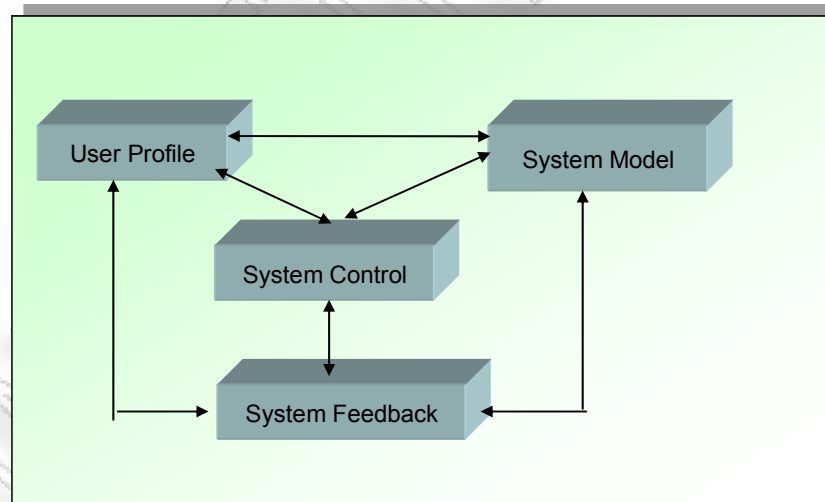


Figure 18: Βασικά συστατικά του carpooling συστήματος

Το *User Profile* συστατικό περιέχει αποθηκευμένες όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με τον κάθε χρήστη του συστήματος. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν το προφίλ του κάθε χρήστη, δηλαδή τα προσωπικά του χαρακτηριστικά καθώς και τις

προσωπικές του προτιμήσεις, όπως ακριβώς προκύπτουν από το αρχικό ερωτηματολόγιο που απαντούν οι χρήστες όταν εγγράφονται στην υπηρεσία carpooling. Επιπλέον αποθηκεύονται οι προτιμήσεις του χρήστη σχετικά με τη διαδρομή που θέλει να πραγματοποιήσει, δηλαδή ο προορισμός, η αφετηρία, το επιθυμητό κόστος δρομολογίου και η επιθυμητή συχνότητά του.

Το *System Model* συστατικό δέχεται σαν είσοδο τα δεδομένα από το *User Profile* σχετικά με τις προσωπικές προτιμήσεις του κάθε χρήστη και τα χαρακτηριστικά διαδρομής της κάθε αίτησης και κάνει μια αρχική ομαδοποίηση χρηστών με βάση την αφετηρία, τον προορισμό και την προσωπικότητα του κάθε χρήστη. Βασική λειτουργία του είναι η διαδικασία βελτιστοποίησης που ακολουθείται προκειμένου να προκύψει για κάθε διαδρομή ο πιο κατάλληλος οδηγός ή συνεπιβάτης. Δέχεται σαν είσοδο τις βαρύτητες των παραμέτρων και μέσω της αντικειμενικής συνάρτησης, προκύπτει το κατάλληλο ταίριασμα οδηγού και συνεπιβάτη καθώς και το κόστος του δρομολογίου.

Το *System Control* συστατικό συνδυάζει πληροφορίες από το *User Profile*, όπου αποθηκεύονται οι προτιμήσεις των χρηστών, με την έξοδο του *System Model*, που αποτελεί τη βέλτιστη λύση του συστήματος. Παίρνει το αποτέλεσμα της αντικειμενικής συνάρτησης που αποτελεί το καλύτερο ταίριασμα οδηγού με συνεπιβάτη και ελέγχει την περίπτωση που έχουν συνταξιδέψει αλλά δεν θέλουν να γίνει το ίδιο ταίριασμα ξανά. Επιπλέον υπάρχει η περίπτωση κάποιος χρήστης να απορρίψει την πρώτη επιλογή της αντικειμενικής συνάρτησης ή να αποφασίσει να έχει δύο συνεπιβάτες. Σε αυτήν την περίπτωση το *System Control* είναι ένας μηχανισμός που ελέγχει και προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες.

Το *System Feedback* συστατικό αποθηκεύει τις πληροφορίες που προκύπτουν από το ερωτηματολόγιο που συμπληρώνουν οι χρήστες μετά το τέλος κάθε διαδρομής. Στο ερωτηματολόγιο αυτό οι χρήστες αξιολογούν τους συνεπιβάτες και τους οδηγούς σχετικά με την κοινωνική τους συμπεριφορά, την οδική τους συμπεριφορά και με το αν θέλουν να συνταξιδέψουν με τους ίδιους χρήστες και άλλη φορά. Με τον τρόπο αυτόν το σύστημα γνωρίζει αν πρέπει να κάνει το ίδιο ταίριασμα ξανά ή όχι. Οι πληροφορίες που συλλέγονται μεταφέρονται στο *User Profile*, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σαν είσοδο στην προσαρμογή και ανατροφοδότηση των παραμέτρων των χρηστών.

10.2 Carpooling αρχιτεκτονική βασισμένη στο IMS

Τα τέσσερα βασικά συστατικά του carpooling συστήματος ενσωματώνονται στην IMS αρχιτεκτονική, ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη και συμπαγής πλατφόρμα, η οποία παρέχει εξουσιοδότηση, έλεγχο πρόσβασης, δρομολόγηση SIP μηνυμάτων και κλήσεων καθώς και εφαρμογή φίλτρων και κριτηρίων ελέγχου. Τα συστατικά που αναφέρθηκαν παραπάνω θεωρούμε ότι περιέχονται στον Carpooling Server, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παροχή της υπηρεσίας carpooling. Η ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική carpooling παρουσιάζεται στο Figure 19 [24].

Ο χρήστης της υπηρεσίας carpooling έχει πρόσβαση από οποιαδήποτε τερματική συσκευή που υποστηρίζει την τεχνολογία IMS, είτε το δίκτυο πρόσβασης είναι κινητό, σταθερό ή ασύρματο. Στην περίπτωση που η πρόσβαση είναι από σταθερό δίκτυο PSTN, υπάρχουν ειδικές πύλες, όπως η *IMS Media Gateway (IMS-MGW)* που επιτρέπει την σύνδεση των circuit-switched δικτύων με τον *Media Gateway Control Function (MGCF)*, ο οποίος διαχειρίζεται κλήσεις από διαφορετικά δίκτυα και τις δρομολογεί στο κεντρικό δίκτυο IMS. Η διαδικασία εγγραφής δένει την IP διεύθυνση της συσκευής με τη δημόσια ταυτότητα του ιδιοκτήτη. Για την αποφυγή επιθέσεων ή παράνομης χρήσης των ταυτοτήτων των χρηστών, τόσο η συσκευή όσο και το κεντρικό δίκτυο επικυρώνονται.

Όταν ένα IMS τερματικό ξεκινάει τη σύνδεση με την υπηρεσία, τα μηνύματα δρομολόγησης πρέπει να διασχίσουν πολλούς SIP εξυπηρετητές, τους *Call Session Control Functions (CSCFs)*, για να φθάσουν στον προορισμό τους. Η κλήση πρώτα δρομολογείται στον *Proxy-CSCF*, ο οποίος μπορεί να βρίσκεται είτε στο εγχώριο δίκτυο του χρήστη, είτε στο δίκτυο που ο χρήστης βρίσκεται ως επισκέπτης. Η επικοινωνία μεταξύ του τερματικού με του *P-CSCF* εξασφαλίζεται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο IPsec στον τρόπο μεταφοράς. Η κλήση στη συνέχεια δρομολογείται στον *Serving-CSCF (S-CSCF)*, που βρίσκεται πάντα στο εγχώριο δίκτυο του χρήστη. Είναι ο *S-CSCF* που εκτελεί τον πλήρη έλεγχο πρόσβασης και τις λειτουργίες δρομολόγησης στο σύστημα carpooling. Αν υπάρχουν αρκετοί S-CSCFs στο δίκτυο, τότε ο *Interrogating-CSCF* αρχικά επιλέγει τον κατάλληλο για να διαχειριστεί την κλήση [23].

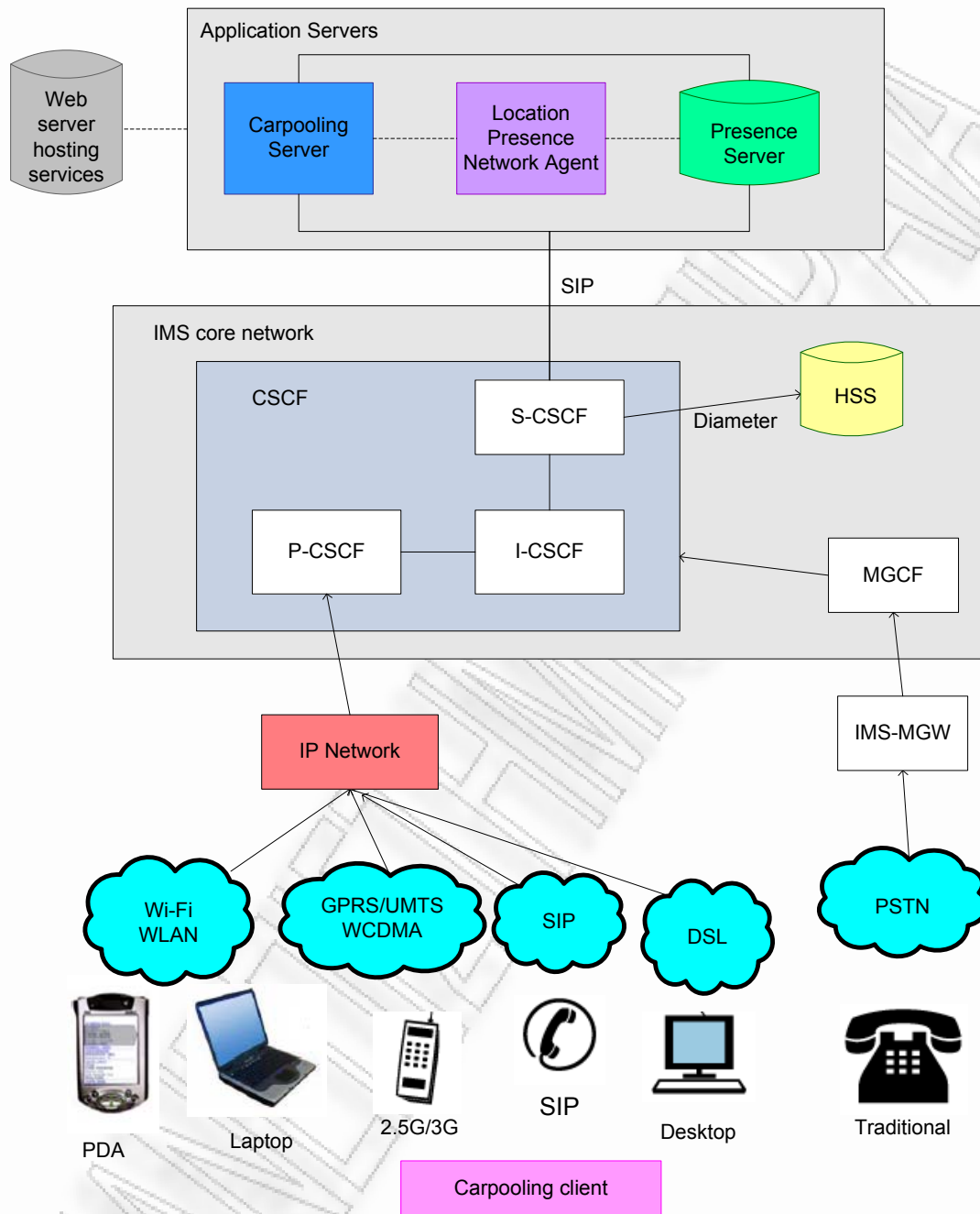


Figure 19: Carpooling Αρχιτεκτονική

Όπως έχει αναφερθεί ο *Home Subscriber Server (HSS)* περιέχει αποθηκευμένες πληροφορίες πιστοποίησης και εξουσιοδότησης και επιτρέπει στους χρήστες και στο δίκτυο να γνωρίζουν ποιές υπηρεσίες είναι διαθέσιμες. Οι πληροφορίες αυτές φορτώνονται στον *S-CSCF*, κάθε φορά που ένα τερματικό εγγράφεται στο δίκτυο [23]. Η

διαφορά του *HSS* με το *User Profile* είναι ότι ο πρώτος εξυπηρετητής παρέχει πληροφορίες που εξασφαλίζουν την πιστοποίηση και την πρόσβαση του κάθε χρήστη στην υπηρεσία carpooling, σε αντίθεση με το *User Profile* που περιέχει πληροφορίες απαραίτητες για την υλοποίηση της υπηρεσίας, όπως είναι τα προσωπικά χαρακτηριστικά και οι προτιμήσεις του κάθε χρήστη καθώς και λεπτομέρειες σχετικά με το δρομολόγιο που πρόκειται να πραγματοποιηθεί.

Για τη γρήγορη παροχή υπηρεσιών το IMS στηρίζεται στους Application Servers (AS). Ο *Carpooling Server* είναι υπεύθυνος για την παροχή της carpooling υπηρεσίας. Δέχεται αιτήσεις χρηστών που αναζητούν συνεπιβάτες ή οδηγούς για το μοίρασμα μιας διαδρομής και εξασφαλίζει το κατάλληλο ταίριασμα χρηστών με βάση τις προσωπικές τους προτιμήσεις που οι ίδιοι έχουν καταχωρήσει στο σύστημα. Ο *Presence Server* παρέχει πληροφορίες σχετικές με την παρουσία και τη θέση του κάθε χρήστη, με αποτέλεσμα τόσο το σύστημα να ενημερώνεται για τη θέση των χρηστών, όσο και οι χρήστες μεταξύ τους. Επιπλέον είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών καθώς και για την εγγραφή τους στο σύστημα.

Το σύστημα πρέπει ανά πάσα στιγμή να γνωρίζει την ακριβή θέση των μελών που έχουν ενεργοποιήσει την υπηρεσία, ώστε να διευκολύνεται η εξυπηρέτηση των χρηστών του συστήματος που επιθυμούν να μοιραστούν μια διαδρομή άμεσα χωρίς να την έχουν προγραμματίσει. Ο μηχανισμός που εντοπίζει τη θέση της τερματικής συσκευής υποστηρίζεται από τον *Location Presence Network Agent*, ο οποίος συνεργάζεται με τον *Presence Server* και ενημερώνει το σύστημα με τη θέση του κάθε χρήστη [24].

10.3 Εφαρμογή της υπηρεσίας carpooling

Η εφαρμογή carpooling δέχεται αιτήσεις εγγραφής, διαχειρίζεται τα αιτήματα των χρηστών για carpooling και στο τέλος ενημερώνει το χρήστη με τα χαρακτηριστικά του συνεπιβάτη που θα μοιραστεί τη διαδρομή, το σημείο συνάντησής τους καθώς και το κόστος του δρομολογίου είτε πρόκειται για καθημερινό είτε για μονό δρομολόγιο. Στο Figure 20 παρουσιάζεται η ακολουθία αλληλεπιδράσεων που εκτελείται όταν ενεργοποιηθεί η εφαρμογή [24].

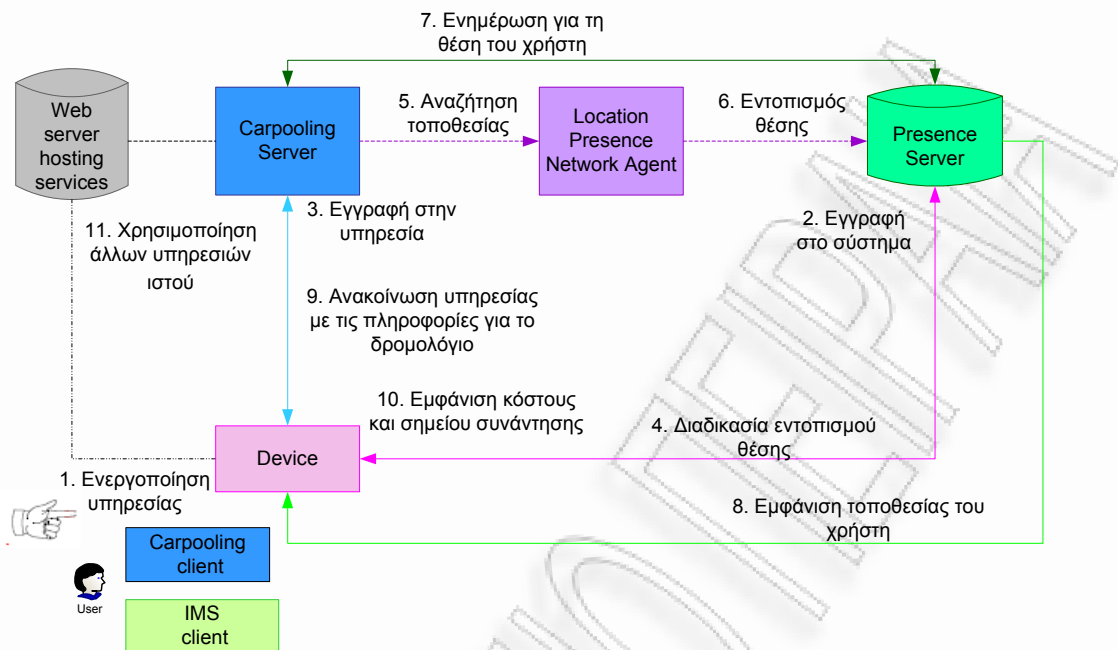


Figure 20: Ακολουθία βημάτων με την έναρξη της carpooling εφαρμογής

Αρχικά ο χρήστης εγγράφεται στο σύστημα και πιστοποιείται και στη συνέχεια εγγράφεται στην υπηρεσία. Αν είναι η πρώτη φορά, συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο με τα προσωπικά του χαρακτηριστικά, ενώ σε αντίθετη περίπτωση καταχωρεί μόνο τα χαρακτηριστικά της διαδρομής. Αυτόματα με την ενεργοποίηση της υπηρεσίας, ξεκινάει η διαδικασία ενημέρωσης θέσης, όπου το σύστημα ενημερώνεται αυτόματα για τη θέση του χρήστη και την εμφανίζει στην οθόνη του τερματικού. Αφού το σύστημα επεξεργαστεί τα στοιχεία, προκύπτει στην οθόνη του τερματικού ο κατάλληλος συνδυασμός που εξυπηρετεί το χρήστη, ενώ του δίνεται η ευκαιρία να έχει ταυτόχρονη πρόσβαση και σε άλλες υπηρεσίες όπως IP τηλεφωνία, στιγμιαία μηνύματα δεδομένων, βίντεο και μουσικής καθώς και σε GPS και χάρτες μέσα από το διαδίκτυο.

11 Συμπεράσματα - Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το κυκλοφοριακό χάος είναι ένα μεγάλο πρόβλημα που επικρατεί κυρίως σε όλες τις μεγάλες πόλεις. Είναι απολύτως κατανοητό ότι αυτή η κατάσταση μπορεί να εξομαλυνθεί, αυξάνοντας τον αριθμό των χρηστών του carpooling και κάνοντας όσο γίνεται περισσότερο γνωστή την έννοια του carpooling. Στην εργασία παρουσιάσαμε ένα σύστημα carpooling το οποίο έχει τη δυνατότητα να βρίσκει για όλους τους χρήστες του, τον καλύτερο συνεπιβάτη ανάλογα με τα ενδιαφέροντά τους, τις προσωπικές προτιμήσεις τους και τη διαδρομή που θέλουν να πραγματοποιήσουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η ασφάλεια, η αξιοπιστία και η εμπιστοσύνη που δείχνουν οι χρήστες μεταξύ τους, αφού πρόκειται για ένα απολύτως οργανωμένο και δομημένο σύστημα. Κατά συνέπεια αυξάνεται η εμπιστοσύνη που δείχνουν οι χρήστες στην υπηρεσία carpooling, κάτι που αποτελεί σημαντικό κίνητρο και συμβάλει στην εξάπλωση του.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στις δύο βασικές απαιτήσεις του συστήματος που είναι η εξατομίκευση, όπου κάθε χρήστης χαρακτηρίζεται από ένα προφίλ και το σύστημα λαμβάνει υπόψη τα κοινά χαρακτηριστικά οδηγού και συνεπιβάτη, καθώς και στην προσαρμοστικότητα που είναι απαραίτητη για ένα αποδοτικό σύστημα. Παρουσιάστηκε η δομή του carpooling συστήματος, η αρχιτεκτονική του και τα βασικά συστατικά που το αποτελούν, ενώ απεικονίστηκαν τα αποτελέσματα από τρία σενάρια που περιγράφηκαν.

Μελλοντική δουλειά που θα μπορούσε να γίνει είναι καταρχήν λεπτομερής δοκιμαστική εξέταση και ακριβής καθορισμός του carpooling συστήματος με τη βοήθεια μιας ομάδας εθελοντών. Στην πράξη είναι πιο εύκολο να εντοπιστούν οι αδυναμίες του συστήματος και να διορθωθούν. Επιπλέον πρέπει να ερευνηθεί η πιθανή ενσωμάτωση περισσότερων παραμέτρων, ώστε να είναι ακόμα πιο ακριβές και αξιόπιστο το σύστημα. Όσον αφορά τη διαδρομή θα μπορούσε να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος κάθε δρομολογίου. Για πολλούς χρήστες είναι περισσότερο σημαντική η διάρκεια της διαδρομής, ιδιαίτερα προς τη δουλειά τους ή τις ώρες αιχμής, από ότι το κόστος του δρομολογίου ή τα ενδιαφέροντα του συνεπιβάτη τους. Το κόστος του δρομολογίου θα μπορούσε να επεκταθεί και να περιλαμβάνει και άλλες επιλογές, για παράδειγμα κάθε οδηγός να επιλέγει είτε να πληρωθεί για το μίσθωμα διαδρομής, είτε απλά να

αλληλομοιράζεται τα καθήκοντα οδήγησης με τον συνεπιβάτη, είτε να προσφέρει φιλανθρωπία, είτε τέλος να μη δέχεται καμία αποζημίωση.

Άλλη παράμετρος που θα μπορούσε να ενσωματωθεί στο σύστημα είναι το ύφος και το είδος κουλτούρας που θέλει κάθε χρήστης να έχει η διαδρομή, δηλαδή οι μουσικές προτιμήσεις, αν επιτρέπεται το φαγητό και το ποτό και αν προτιμάει ησυχία ή είναι υπέρ των συζητήσεων. Στο σύστημα που παρουσιάσαμε οι χρήστες είχαν τη δυνατότητα να συζητήσουν αυτές τις λεπτομέρειες και να βάλουν κάποιους κανόνες, ωστόσο θα μπορούσαν να γίνουν ανεξάρτητες παράμετροι. Τέλος θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος που να παίζει τον ρόλο της αντικειμενικής συνάρτησης και αφού θα δέχεται σαν εισόδους τις τιμές των παραμέτρων, θα εξάγει το αποτέλεσμα.

12 Βιβλιογραφία

- [1] Λίνα Γιαννάρου, “Το μαζικό κίνημα car pooling”, εφημερίδα Καθημερινή, Ημερομηνία δημοσίευσης: 04-09-05, http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_world_168496_04/09/2005_155497
- [2] <http://www.carpooling.gr/>
- [3] HA EU WATCH, “Internet - based Car Pooling in Greece”, Source: CENTRICO, Ημερομηνία δημοσίευσης: 27/7/2006, http://www.haeuwatchits.info/press/press_detail.asp?pid=135&aid=345
- [4] CarpoolConnect.com, <http://carpoolconnect.com/carpool>
- [5] Λίνα Γιαννάρου, «Εξυπνη χρήση των Ι.Χ. για... άνετη Αθήνα», εφημερίδα Καθημερινή, Ημερομηνία δημοσίευσης: 18-3-06, http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_ell_282002_18/03/2006_177737
- [6] <http://www.carpooltool.com/en/my/tips.php>
- [7] Y. Kritikou, P. Demestichas, E.Adamopoulou, K. Demestichas and M. Theologou, “User Profile Modeling in the Context of Web – Based Learning Management Systems”, *Journal of Network and Computer Applications*, Accepted for publication, Elsevier, 2006.
- [8] National Institute of Standards and Technology, <http://www.nist.gov/dads/HTML/objective.html>
- [9] [http://en.wikipedia.org/wiki/Optimization_\(mathematics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Optimization_(mathematics))
- [10] http://egnatia.ee.auth.gr/~imat/ann_chapter1.html
- [11] D.C. Steger-Vonmetz, G. Magenschab, B. Schuetzhofer and J.M. Schopf, “Improving modal choice and transport efficiency with the virtual ridesharing agency”, *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC 2005*, art. no. 1520186, pp. 994-999, 2005.
- [12] H.-J. Huang, H. Yang and M.G.H. Bell, “The models and economics of carpools”, *Annals of Regional Science* 34 (1), pp. 55-68, 2000.
- [13] J. Morse, J. Palay, Y. Luon, S. Nainwal, “CarLoop: Leveraging Common Ground to Develop Long-term Carpools”, *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 2073-2078, 2007.

- [14] <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-ipmultisub1/>
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Multimedia_Subsystem
- [16] Antonakakis Dimitrios, “IMS - IP Multimedia Subsystem”, January 2007
- [17] W. Zhuang, Y. S. Gan, K. J. Loh and K. C. Chua, “Policy-Based QoS Architecture in the IP Multimedia Subsystem of UMTS”, *IEEE Network* 17 (3), pp. 51-57, 2003.
- [18] S.L. Tompros and S. Denazis, “Interworking of heterogeneous access networks and QoS provisioning via IP multimedia core networks”, *Computer Networks* 52 (1), pp. 215-227, 2008.
- [19] M. Handley, SDP: Session Description Protocol, IETF RFC 2327, 1998.
- [20] I. Radovanović, A. Ray, J. Lukkien and M. Chaudron, “Facilitating Mobile Service Provisioning in IP Multimedia Subsystem (IMS) Using Service Oriented Architecture”, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 4749 LNCS, pp. 383-390, 2007.
- [21] P. Agrawal, J.-H. Yeh, J.-C. Chen and T. Zhang, “IP Multimedia Subsystems in 3GPP and 3GPP2: Overview and Scalability Issues”, *IEEE Communications Magazine* 46 (1), pp. 138-145, 2008.
- [22] W.-E. Chen, Y.-H. Sung and Y.-B. Lin, “SIPv6 analyzer: an analysis tool for 3GPP IMS services”, *Wireless Communications and Mobile Computing* 8 (2), pp. 245-253, 2008.
- [23] D. Waiting and N. Ventura, “A Multilayered Architecture for Preventing Automated Spam in the IP Multimedia Subsystem”, *GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference*, art. no. 4411319, pp. 2140-2145, 2007.
- [24] D. Roxburgh, C. Bazin, S. Beddus, G. Dorbes, C. Hue and S. Ringland, “‘Reachability’ in converged IMS services — a BT Alcatel-Lucent collaboration”, *BT Technology Journal* 25 (2), pp. 200-210, 2007.
- [25] R.F. Teal, “Carpooling: Who, How and Why”, *Transportation Research, Part A: General* 21 A (3), pp. 203-214, 1987.