



Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεματικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΦΟΥΣΤΕΡΗ 20836

ΕΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Αθήνα 26-9-2013
Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 : Πρόλογος

1.1 Περίληψη.....	Σελ 2
1.2 Εισαγωγή.....	Σελ 3

Κεφάλαιο 2 : Επισκόπηση Τηλεπικοινωνιών

2.1 GSM.....	Σελ 4
2.2 UMTS.....	Σελ 8
2.3 Δίκτυα νέας γενιάς.....	Σελ 12

Κεφάλαιο 3 : Wireless Sensor Networks

3.1 Επισκόπηση WSNs.....	Σελ 18
3.2 Ανάπτυξη Δικτύου.....	Σελ 20
3.3 Μεθοδολογίες ανάπτυξης.....	Σελ 22
3.4 Πρωταρχικοί στόχοι ανάπτυξης.....	Σελ 22
3.5 Εργασίες ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	Σελ 27

Κεφάλαιο 4 : Intelligent Transportation Systems

4.1 Επισκόπηση ITS.....	Σελ 28
4.2 Οι ορισμοί των ITS στην Ευρώπη.....	Σελ 28
4.3 Περιγραφή λειτουργικότητας.....	Σελ 31
4.4 Παραδείγματα ITS συστημάτων.....	Σελ 32

Κεφάλαιο 5 : Ανάπτυξη αλγορίθμου

5.1 Αλγόριθμος εντοπισμού διαθέσιμων χώρων στάθμευσης.....	Σελ 38
5.2 Ανάλυση αλγορίθμου.....	Σελ 39

Κεφάλαιο 6 : Εγχειρίδιο χρήσης

6.1 Αρχικό μενού.....	Σελ 40
6.2 Επιλογή αυτοκινήτου.....	Σελ 42
6.3 Παραδείγματα χρήσης.....	Σελ 43

Κεφάλαιο 7 : ΣυμπεράσματαΣελ 49

ΒιβλιογραφίαΣελ 50

1. Πρόλογος

1.1 Περίληψη :

Σκοπός της εργασίας μας είναι η ανάπτυξη ενός "έξυπνου" συστήματος μεταφοράς (Intelligent Transportation System -ITS), το οποίο θα έχει ως σκοπό την εύρεση ελεύθερων θέσεων παρκαρίσματος σε πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος το σύστημα μας θα χρησιμοποιεί τοπικούς αισθητήρες τοποθετημένους σε καίρια σημεία της πόλης πχ πινακίδες σήμανσης, κολώνες ηλεκτροδότησης, φανάρια κ.α , οι οποίοι θα ανήκουν σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Network) που θα κάνει χρήση του αλγόριθμου αναγνώρισης εμποδίων τον οποίο αναπτύξαμε προκειμένου να βρίσκει τις ελεύθερες θέσεις μέσα στην πόλη. Στη συνέχεια το ασύρματο αυτό δίκτυο θα στέλνει μέσω του τηλεφωνικού δικτύου , σταθερού ή κινητού ανάλογα με το ποιο από τα δύο έχει πρόσβαση το WSN, πληροφορίες σε έναν κεντρικό σέρβερ ο οποίος θα κρατάει ένα αρχείο με όλες τις διαθέσιμες θέσεις παρκαρίσματος ανά πάσα στιγμή στην πόλη. Οι χρήστες του συστήματος θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στον σέρβερ μέσω των κινητών τους τηλεφώνων ή συσκευών πλοήγησης GPS ή ακόμη και από τους προσωπικούς τους υπολογιστές. Τέλος αφού οι χρήστες συνδεθούν στον σέρβερ, το σύστημα μας εντοπίζει την πλησιέστερη σε αυτούς θέση παρκαρίσματος και τους καθοδηγεί προς αυτή.

Σκοπός τους συστήματος μας είναι να διευκολύνει στην κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση των αστικών κέντρων, να βοηθήσει στην βελτιστοποίηση της οδηγικής συμπεριφοράς και να εξοικονομήσει χρόνο και χρήματα στους οδηγούς.

Summary:

Our objective is to develop a Intelligent Transportation System (ITS), which has as a primary objective finding free spaces of parking in densely populated urban centers . To achieve that, our system will use local sensors positioned at key points in the city , eg signs , electricity pylons , traffic lights , etc. , who will be part of a wireless sensors network (WSN) to make use of the obstacle detection algorithm which we developed in order to find the free parking spots in the city. Then the wireless network sends over the telephone network , land or mobile depending on which of the two the WSN has access to, information to a central server which will keep a record of all available parking spots at any time in the city . The users of the system can access the server via their mobile phones or GPS navigation devices or even personal computers. Finally after the user has logged in the server , our system locates the nearest parking space to them and guide them towards it.

The purpose of our system is to help the reduction of traffic congestion in urban centers , help in optimizing driving behavior and save time and money for the drivers.

1.2 Εισαγωγή:

Στις περισσότερες πόλεις του κόσμου συχνά συναντάται ένα πρόβλημα το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την καθημερινότητα και την ζωή των κατοίκων τους, αυτό το πρόβλημα είναι η εύρεση θέσης στάθμευσης. Ο περιορισμένος χώρος που είναι διαθέσιμος για παρκάρισμα έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται συμφόρηση στους δρόμους, ατμοσφαιρική ρύπανση, σπατάλη χρόνου καθώς και εκνευρισμός στους οδηγούς. Επίσης η επί πληρωμή στάθμευση σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους (parking garages) έχει ένα αρκετά υψηλό κόστος το οποίο συχνά είναι απαγορευτικό για τον οδηγό και ενδεχομένως ο χώρος αυτός τις περισσότερες φορές δεν βρίσκεται “κοντά” στον προορισμό του οδηγού ή ακόμη να μην υπάρχει καν στην περιοχή του. Με βάση το από πάνω σκεπτικό σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μπορέσουμε με την χρήση τεχνολογιών όπως : οι κινητές τηλεπικοινωνίες, αισθητήρων, WSNs , ITS κ.α. Να μπορέσουμε να διευκολύνουμε τον οδηγό στην εύρεση parking μέσω οδηγιών οι οποίες θα τον κατευθύνουν μέσω του GPS του σε έναν ελεύθερο χώρο στάθμευσης (White space). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του χρόνου εύρεσης parking (κατά μέσο όρο ο κάθε οδηγός στην Αθήνα αφιερώνει περίπου 15 λεπτά για να βρει θέση στάθμευσης) , αύξηση της τοπικής οικονομίας, ελαχιστοποίηση της εκπομπής ρύπων, καλύτερη οδηγική συμπεριφορά (εφόσον ο οδηγός δεν θα αποσπάται για να βρει parking), αποφυγή δημιουργίας κυκλοφοριακού συνωστισμού από την στάθμευση του οχήματος σε μη επιτρεπτά σημεία της πόλης. Για να το επιτύχουμε αυτό θα αναπτύξουμε έναν αλγόριθμο εντοπισμού εμποδίων ο οποίος θα είναι σε θέση να αναγνωρίζει εύκολα τους white-spaces μέσα σε μια ακτίνα μερικών χιλιομέτρων από το αυτοκίνητο στο οποίο θα τρέχει η εφαρμογή μας

Αρχικά ο αλγόριθμος θα “βρίσκει” ελεύθερους χώρους στάθμευσης μήκους τουλάχιστον 4μ και πλάτους τουλάχιστον 2.6μ. Όταν θα βρίσκει τέτοιους χώρους στέλνει τις συντεταγμένες του ελεύθερου αυτού χώρου στο GPS του αυτοκινήτου (πχ σαν το τοποθέτηση ενός marker στο google maps) και αυτό με την σειρά του θα βρίσκει την συντομότερη διαδρομή προς το χώρο. Ο αλγόριθμος θα τρέχει κάθε ένα λεπτό, αυτό το διάστημα θα μικραίνει ή θα μεγαλώνει με βάση κάποιους παράγοντες πχ κυκλοφοριακή κίνηση , απόσταση οχήματος από το σημείο στάθμευσης κ.α. , και σε περίπτωση που “βρει” ότι καταλήφθηκε η ελεύθερη θέση τότε θα ενημερώνει άμεσα τον οδηγό και θα τον κατευθύνει προς την αμέσως πλησιέστερη του. Τέλος θα ενσωματώσουμε ορισμένους “μαύρους” χώρους οι οποίοι δεν θα εμφανίζονται διαθέσιμοι προς στάθμευση είτε είναι κατειλημμένοι είτε όχι, τέτοιοι χώροι θα είναι πινακίδες που απαγορεύουν την στάθμευση, είσοδοι/έξοδοι νοσοκομείων, στροφές λεωφορείων, σιδηροδρομικές διαβάσεις ΟΣΕ/ΤΡΑΜ κτλ.

2. Επισκόπηση Τηλεπικοινωνιών

2.1 GSM

Εισαγωγή στο GSM

Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (CEPT) το 1982, άρχισε την μελέτη για την δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G) και τότε αυτό το σύστημα ονομάστηκε αρχικά Group Special Mobile (GSM). Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας το οποίο κάνει χρήση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων χρησιμοποιώντας την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων.

Το νέο σύστημα σχεδιάστηκε κυρίως για τη μετάδοση ομιλίας και λιγότερο για τη μετάδοση δεδομένων (fax, e-mail, αρχεία) και αναμενόταν να παρέχει καλύτερη ποιότητα ήχου, πανευρωπαϊκή περιαγωγή (roaming), εφαρμογές με χαμηλότερο κόστος, δυνατότητα για αυξημένη φασματική απόδοση, υψηλή ευελιξία και ανοικτή αρχιτεκτονική που θα επιτρέπει την εισαγωγή νέων υπηρεσιών στο άμεσο μέλλον .

Το 1989 η ευθύνη του GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) και το 1990 ανακοινώθηκε επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το 1991 άρχισε η Ευρωπαϊκή του διάθεση στην Ευρώπη και η σημασία του ακρωνύμιου άλλαξε σε “Global System for Mobile Communications”. Το πρότυπο GSM δεν ήταν μόνο ένα Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού υιοθετήθηκε από πολλές άλλες χώρες των άλλων Ηπείρων, εκμεταλεύοντας διάφορες ζώνες συχνοτήτων. Μέχρι το 1992 πολλές Ευρωπαϊκές χώρες είχαν λειτουργικά δίκτυα GSM εγκατεστημένα και έτσι το τελευταίο άρχισε να τραβάει το παγκόσμιο ενδιαφέρον. Ένας γενικός αριθμός συνδρομητών GSM (μέχρι το έτος 2008) απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα :

Market	Q4 2006	Q2 2007	Q4 2007	Q2 2008
World	2,190,084,047	2,432,990,168	2,709,900,985	2,925,454,308
Africa	195,832,145	232,061,178	273,079,330	306,485,511
Americas	218,384,266	255,639,490	302,471,377	338,342,270
Asia Pacific	825,958,067	949,496,716	1,082,653,571	1,219,674,193
Europe: Eastern	339,735,325	361,706,937	395,030,491	401,945,699
Europe: Western	390,738,824	390,666,845	389,712,986	370,819,907
Middle East	128,538,868	148,180,842	170,277,699	190,634,697
USA/Canada	90,896,552	95,238,160	96,720,693	97,552,031

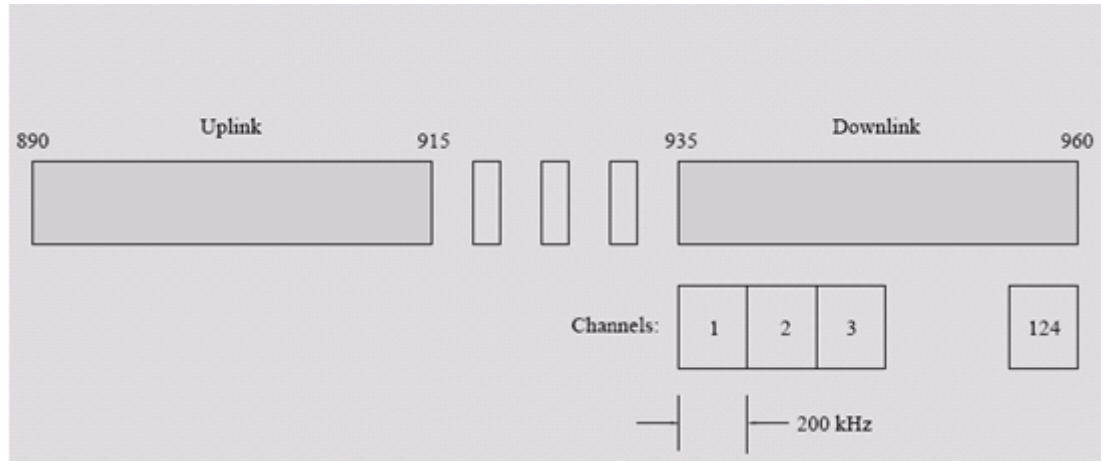
Αριθμός συνδέσεων GSM

Οι ακόλουθοι παράγοντες διαδραματίσανε σημαντικό ρόλο στην επιτυχία του GSM:

- Η απελευθέρωση του μονοπωλίου των τηλεπικοινωνιών στην Ευρώπη κατά την δεκαετία του 90', η μείωση των τιμών και η διεύρυνση της αγοράς
- Η έλλειψη ανταγωνισμού: Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία, ανταγωνιστικά πρότυπα για κινητές επικοινωνίες άρχισαν να ορίζονται μόνο αφού το GSM είχε είδη καλά εδραιωθεί.
- Η γνώση και η επαγγελματική προσέγγιση και συνεργασία του Ευρωπαϊκού Τηλεπικοινωνιακού Συμβουλίου με την βιομηχανία.

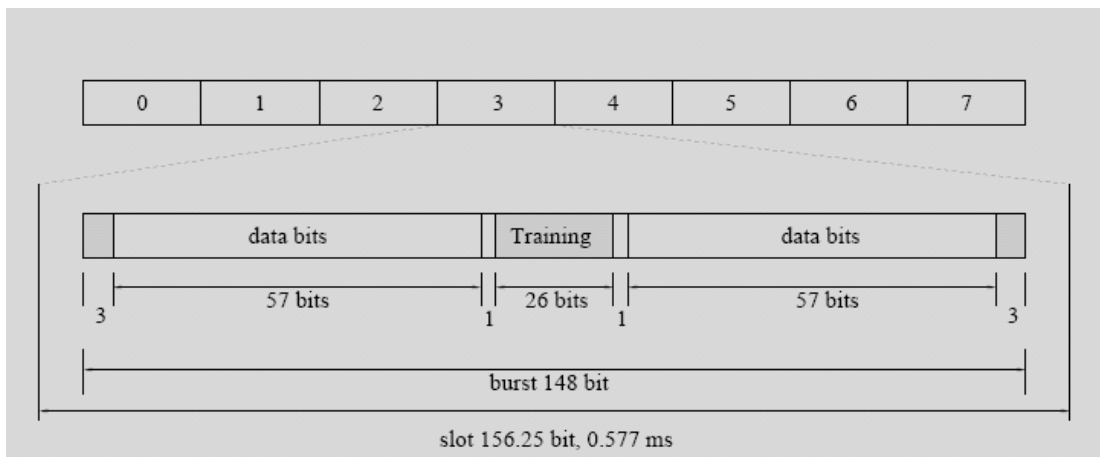
Γενικά χαρακτηριστικά του GSM

Το GSM όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιεί Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου (TDMA) και Διαίρεση Συχνότητας (FDMA). Η διαίρεση συχνότητας σε ένα GSM σύστημα απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



FDMA σε GSM σύστημα

Όπως βλέπουμε το εύρος ζώνης του GSM είναι 25 MHz (125 φέρουσες) για την άνω και 25 MHz (125 φέρουσες) για την κάτω ζεύξη. Η καθεμία από αυτές τις φέρουσες έχει εύρος ζώνης 200 kHz. Βέβαια λόγω φαινομένων παρεμβολής από άλλα συστήματα, η πρώτη φέρουσα συνήθως δε χρησιμοποιείται οπότε ο αριθμός των καναλιών μειώνεται σε 124. Το εύρος ζώνης των 200 KHz χωρίζεται σε 8 χρονο-σχισμές δημιουργώντας 8 λογικά κανάλια. Ένα λογικό κανάλι ορίζεται λοιπόν από την συχνότητά του και το νούμερο της χρονοσχισμής. Η διαίρεση χρόνου σε ένα GSM σύστημα ακολουθεί στο επόμενο σχήμα :



TDMA σε GSM σύστημα

Τα “training” bits που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα είναι απαραίτητα ώστε ο δέκτης να τα συγκρίνει με τα “training” bits από frames που έχει είδη λάβει και να επαναδημιουργήσει το αρχικό σήμα. Με δεδομένο ότι αντιστοιχούν 8 χρήστες ανά κανάλι, μπορούν να υπάρξουν περίπου 1000 πραγματικά κανάλια για ομιλία ή δεδομένα. Η περιοχή συχνοτήτων για την άνω ζεύξη είναι 890 MHz έως 915 MHz (με τις φέρουσες να βρίσκονται σε συχνότητες 890.2 , 890.4 ...), ενώ για την κάτω ζεύξη είναι 935 MHz έως 960 MHz (με φέρουσες αντίστοιχα τις συχνότητες 935.2 , 935.4 ...). Δηλαδή το εύρος διαχωρισμού εκπομπής και λήψης είναι 45 MHz .

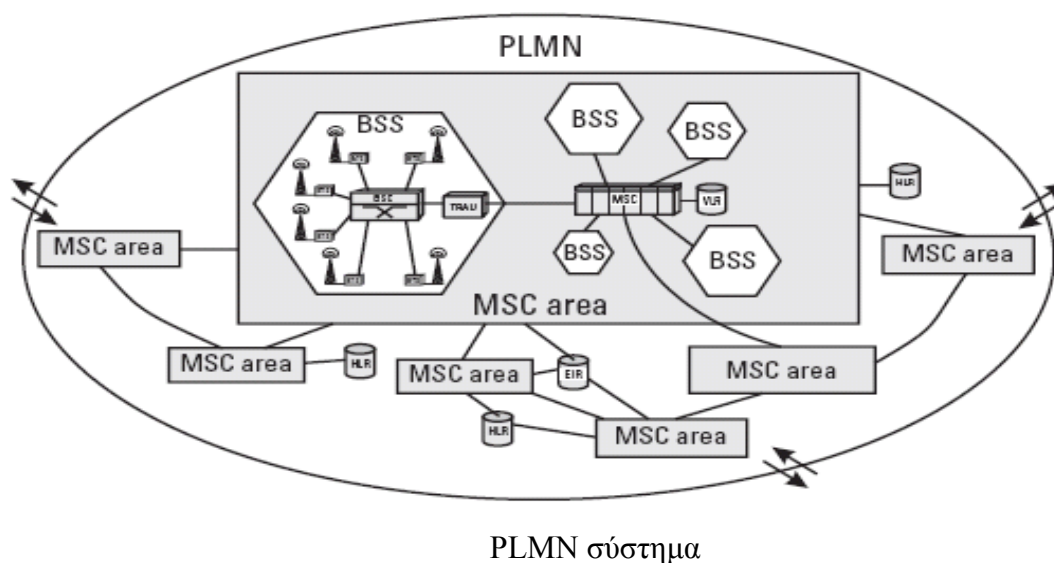
Η διαμόρφωση που χρησιμοποιεί το GSM είναι η GMSK . Ο τύπος αυτός διαμόρφωσης θεωρείται ανθεκτικός σε παρεμβολές “ συγγενούς καναλιού ” , ενώ παράλληλα εξασφαλίζει ότι το μέγιστο ποσοστό της ακτινοβολούμενης ισχύος συγκεντρώνεται πλησίον της κεντρικής συχνότητας χωρίς να διασπείρεται σε μεγάλο εύρος. Ο ρυθμός εκπομπής είναι 270 Kbps (ισομοιράζεται ανάμεσα στους 8 χρήστες , οπότε αντιστοιχεί στον καθένα ρυθμός 33.85 Kbps) , ενώ για τη διόρθωση σφαλμάτων χρησιμοποιείται συνελικτική κωδικοποίηση με ρυθμό κωδικοποίησης 13 Kbps ή 6.5 Kbps . Τέλος είναι πολύ δύσκολο κάποιος τρίτος να υποκλέψει πληροφορίες ή να παρεμβληθεί ελάχιστα στη μετάδοση λόγω τεχνικών που χρησιμοποιούνται, στις οποίες το σήμα μεταπηδάει από συχνότητα σε συχνότητα (frequency hopping).

Αρχιτεκτονική του GSM

Ένα GSM δίκτυο αποτελείται από πολλά δομικά στοιχεία :

- Τον κινητό σταθμό MS (mobile station) και την κάρτα SIM (subscriber identity module)
- Το υποσύστημα βασικού σταθμού BSS (base station system) το οποίο αποτελείται από :
 - α) τον βασικό σταθμό πομποδέκτη BTS (base transceiver station)
 - β) το βασικό σταθμό ελέγχου BSC (base station controller)
 - γ) την μονάδα προσαρμογής του ποσοστού του μετατροπέα κωδικοποίησης TRAU (transcoding rate and adaptation unit)
- Το υποσύστημα μεταγωγής NSS (network switching syb-system) το οποίο αποτελείται από :
 - α) το κέντρο MSC (mobile services switching center)
 - β) τις βάσεις δεδομένων HLR (home location register)
 - γ) τις βάσεις δεδομένων VLR (visitor location register)
 - δ) το κέντρο τεκμηρίωσης EIR (equipment identity register)

Όλα μαζί σχηματίζουν ένα PLMN (public land mobile network) το οποίο απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα με τα περισσότερα από τα προηγούμενα στοιχεία:



Η κάθε μία απο τις οντότητες που απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα επικοινωνεί με μία άλλη μέσω των διεπαφών. Οι κυριότερες απο αυτές παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω, και είναι :

MS ↔ BTS: Επικοινωνούν μέσω της ασύρματης διεπαφής (air interface) χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο (LAPDm) Link Access Protocol on the Dm channel του συστήματος σηματοδοσίας (signaling system).

BTS ↔ BSC: Επικοινωνούν μέσω της διεπαφής Abis, και της χρήσης του πρωτοκόλλου Link Access Protocol on the D channel (LAPD).

BSC ↔ MSC: Επικοινωνούν μέσω της διεπαφής A και τη χρησιμοποίηση υποσύνολου του πρωτόκολλου σηματοδοσίας CCITT7.

2.2 UMTS

Το **Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunications System – UMTS)** είναι το σπουδαιότερο σύστημα κινητών επικοινωνιών 3ης Γενιάς.

Τα συστήματα επικοινωνιών 3ης Γενιάς (3rd Generation systems – 3G) ονομάστηκαν έτσι σε αντιδιαστολή με τις προηγούμενες γενιές κινητών επικοινωνιών: την αναλογική 1η γενιά, την ψηφιακή 2η γενιά (που σήμανε και την επανάσταση της κινητής τηλεφωνίας) και τη γενιά 2.5, που συνδύασε την τεχνολογία της 2ης γενιάς με τη Γενική Πακετική Ραδιοϋπηρεσία (General Packet Radio Service – GPRS). Η 3η γενιά, που αντιστοιχεί στη γενιά προτύπων Διεθνών Κινητών Τηλεπικοινωνιών 2000 (International Mobile Telecommunications 2000 – IMT-2000) της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union – ITU), προέκυψε την προηγούμενη δεκαετία από την προσπάθεια για αναβάθμιση των υπαρχουσών υπηρεσιών της κινητής τηλεφωνίας και των ρυθμών μετάδοσης δεδομένων, ούτως ώστε να βελτιωθούν οι δυνατότητες και η λειτουργικότητα του κινητού τερματικού του χρήστη, δηλαδή ουσιαστικά να καταστούν ελκυστικές και άλλες υπηρεσίες, πέραν της κλασικής τηλεφωνίας, όπως η πρόσβαση στο Διαδίκτυο (Internet), η ηλεκτρονική αλληλογραφία (e-mail), η τηλεεικονοδιάσκεψη (video conference), συναλλαγές, υπηρεσίες ενημέρωσης, υπηρεσίες ψυχαγωγίας, πολυμέσα κατ' απαίτηση (multimedia on-demand), κ.α.

Το κυριότερο σύστημα 3ης γενιάς που επεδίωξε να καθιερωθεί ήταν το UMTS, που στηρίζεται στην Ευρυζωνική Πολλαπλή Προσπέλαση Διαίρεσης Κώδικα (Wideband Code Division Multiple Access – W-CDMA). Τελικά επικράτησε απόλυτα, επειδή αποτελεί ουσιαστικά μία μετεξέλιξη του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (Global System for Mobile Communications – GSM), της πιο διαδεδομένης, δηλαδή, προϋπάρχουσας τεχνολογίας, γύρω από την οποία εκτυλίσσονται όλες οι σημαντικές εξελίξεις στο χώρο της κινητής τηλεφωνίας. Το UMTS αναμένεται σταδιακά και ομαλά να αντικαταστήσει πλήρως το GSM, αξιοποιώντας όμως σε πολύ μεγάλο βαθμό τις υποδομές του. Το UMTS προωθείται στηριζόμενο πάνω σε μία διεθνή πρωτοβουλία τυποποίησης που ονομάζεται Έργο Εταιρικής Συνεργασίας 3ης Γενιάς (3rd Generation Partnership Project – 3GPP). Το UMTS θα πρωταγωνιστήσει, βέβαια, και στην εποχή των συστημάτων 4ης γενιάς (4th Generation systems – 4G), που αναμένεται να ακολουθήσει. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται η λογική και η δομή του UMTS (αρχιτεκτονική, πρωτόκολλα, κλπ), τα χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές του.

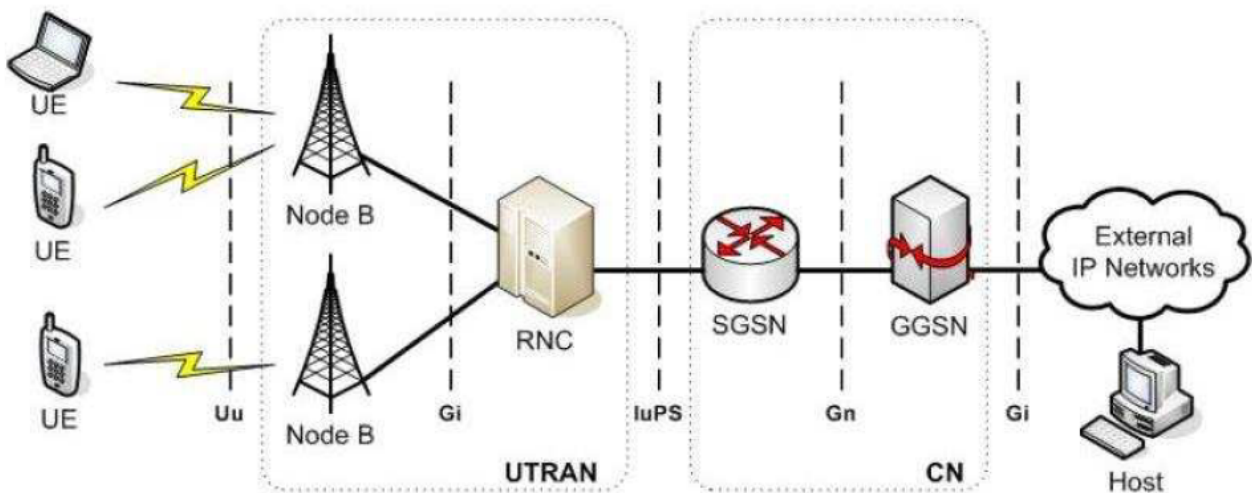
Το σύστημα UMTS θα παίξει πρακτικά το ρόλο της διάδοχης του GSM κατάστασης, κληρονομώντας την κύρια δομή του. Το σύστημα GSM στηρίχθηκε στη λογική των κυψελών, κάτι που συνηθίζεται να εκφράζεται γενικά με τον όρο κυτταρική ιδέα (cellular concept). Με βάση αυτήν, ο γεωγραφικός χώρος είναι τμηματοποιημένος σε κυψέλες ή κύτταρα ή κελιά (cells), καθένα από τα οποία ελέγχεται από κάποιον σταθμό βάσης (base station). Ο κινητός χρήστης μπορεί να συνδεθεί σε οποιονδήποτε ελεύθερο ραδιο-διάυλο, ανάλογα με τη θέση του. Ο κατάλληλος σταθμός βάσης προσδιορίζεται με μια διαδικασία που ονομάζεται εντοπισμός (locating).

Οι διάφοροι ραδιο-δίαυλοι συγκεντρώνονται μεταξύ τους σε έναν κοινό κορμό. Η διαδικασία της ομαλής μεταφοράς του χρήστη από κάποιον ραδιο-δίαυλο σε έναν άλλον ονομάζεται μεταγωγή ή μεταπομπή (handover ή handoff).

Η εμβέλεια του κάθε σταθμού βάσης μπορεί να καθορίζεται διαφορετικά κατά το σχεδιασμό του δικτύου, ρυθμίζοντας την ισχύ εκπομπής της κεραίας αναλόγως, με αποτέλεσμα να προκύπτουν κελιά διαφορετικών μεγεθών ή και τάξεων μεγεθών. Βέβαια, η εμβέλεια είναι κάτι το οποίο εξαρτάται και από το κατώφλι ευαισθησίας των κεραιών των κινητών συσκευών, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει φυσικά και το ανάγλυφο του γεωγραφικού τοπίου και ο χαρακτήρας της περιοχής, ή γενικότερα το είδος των εμποδίων που παρεμβάλλονται.

Αρχιτεκτονική

Μια στοιχειώδης άποψη του συστήματος UMTS παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Μπορούν να ξεχωριστούν τα επιμέρους τμήματα και οι δομικές μονάδες

• Εξοπλισμός Χρήστη (User Equipment – UE)

Αποτελείται από την κάρτα USIM και την Κινητή Συσκευή. Η USIM (Μονάδα Καθολικής Ταυτότητας Συνδρομητή – Universal Subscriber Identity Module) είναι μία κάρτα αντίστοιχη με την κάρτα SIM (Μονάδα Ταυτότητας Συνδρομητή – Subscriber Identity Module) του GSM, αλλά με πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα (της τάξεως των MB, αντί για kB), η οποία περιέχει τις πληροφορίες για τη σύνδεση του χρήστη στο δίκτυο UMTS και την ταυτοποίησή του.

Η Κινητή Συσκευή (Mobile Equipment – ME) έχει την κατάλληλη τεχνολογία για την πραγματοποίηση ασύρματων ζεύξεων με το δίκτυο και τη διαχείριση των διαφόρων εφαρμογών στις οποίες ενδιαφέρεται να αποκτήσει πρόσβαση ο συνδρομητής. Από άποψη προτύπων και ειδικών χαρακτηριστικών, ο UE αποτελείται από καινούρια πρωτόκολλα, σε σχέση με το GSM, ο σχεδιασμός των οποίων στηρίχθηκε στις ανάγκες της WCDMA. Η σύνδεση του UE με το δίκτυο γίνεται στο UTRAN, μέσω διεπαφής Uu, που βασίζεται στη W-CDMA.

Μία φορητή συσκευή UE μπορεί να συνδεθεί ταυτόχρονα με περισσότερες από μία κυψέλες.

• Δίκτυο Επίγειας Ασύρματης Πρόσβασης UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network – UTRAN)

Το UTRAN είναι το κομμάτι του δικτύου που μεσολαβεί για τη σύνδεση μιας συσκευής UE με το κυρίως δίκτυο και χειρίζεται γενικώς όλη την ασύρματη λειτουργία του συστήματος. Σημαντικές λειτουργίες μέσα στο UTRAN είναι η Διαχείριση Ασύρματων Πόρων (Radio Resource Management – RRM) και η Διαχείριση Μεταπομπής (Handoff Management). Το UTRAN αποτελείται από τους Ελεγκτές Ασύρματης Πρόσβασης (Radio Network Controllers – RNCs)

και τους σταθμούς βάσης (base stations), που ονομάζονται Κόμβοι-B (Node-Bs).

Κάθε Node-B είναι υπεύθυνος για την εκπομπή και λήψη στις κυψέλες που διαχειρίζεται. Κάθε RNC ελέγχει έναν ή περισσότερους Node-Bs. Ένας RNC μαζί με τους συνδεδεμένους σε αυτόν Node-Bs αποτελούν ένα Υποσύστημα Ασύρματης Πρόσβασης (Radio Network Subsystem – RNS). Ο RNC είναι υπεύθυνος για το γενικό έλεγχο των λογικών πόρων των Node-Bs. Οι Node-Bs συμβάλλουν πραγματοποιώντας μετρήσεις για τη στάθμη ισχύος (power level), το δείκτη Ποιότητας Υπηρεσιών (**Quality of Service – QoS**), κλπ., ενώ και ο UE πραγματοποιεί μετρήσεις ισχύος στην πλευρά του. Ο κάθε Node-B αποστέλλει δεδομένα προς τον RNC. Ο RNC λαμβάνει τα δεδομένα όλων των Node-Bs του RNS του και προσαρμόζει τις παραμέτρους του υποσυστήματος. Ο RNC ελέγχει τη στάθμη ισχύος του σήματος, διαχειρίζεται την ανταλλαγή πρωτοκόλλων και την τηλεπικοινωνιακή κίνηση, είναι υπεύθυνος για την αποδοχή των κλήσεων, τη δρομολόγηση πακέτων, καθώς και για τις μεταπομπές μεταξύ διαφορετικών RNSs. Βέβαια, υπάρχει η σχετική συνεργασία με τους αντίστοιχους μηχανισμούς του κυρίως δικτύου.

Τα πρωτόκολλα και τα χαρακτηριστικά του UTRAN είναι επίσης αρκετά διαφοροποιημένα, σε σχέση με το αντίστοιχο κομμάτι του δικτύου GSM. Η σύνδεσή του με το CN γίνεται μέσω διεπαφής Iu.

• **Δίκτυο Κορμού (Core Network – CN)**

Το CN αποτελεί μια ομαλή εξέλιξη του κεντρικού μέρους του δικτύου GSM.

Το CN είναι συνδεδεμένο αφενός με το UTRAN και αφετέρου με άλλα εξωτερικά δίκτυα, όπως το Internet, άλλα κινητά δίκτυα, το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (Public Telephone Switched Network – PSTN), κ.α.. Το CN υλοποιεί τη μεταγωγή και τη δρομολόγηση των κλήσεων και τη διασύνδεση με άλλα εξωτερικά δίκτυα, ενώ είναι υπεύθυνο για πολλές άλλες λειτουργίες, όπως η ταυτοποίηση και ο εντοπισμός των χρηστών. Διαιρείται σε δύο πεδία: το πεδίο Μεταγωγής Κυκλώματος (Circuit Switched – CS), το οποίο θυμίζει πολύ το αντίστοιχο κομμάτι του δικτύου GSM, και το πεδίο Μεταγωγής Πακέτων (Packet Switched – PS), διότι το UMTS χρησιμοποιεί και τα δύο είδη μεταγωγών, σε αντίθεση με τα περισσότερα προγενέστερα συστήματα κυψελωτών επικοινωνιών. Το CS περιλαμβάνει τις οντότητες που υποστηρίζουν υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση, που σημαίνει ότι οι πόροι του δικτύου δεσμεύονται κατά την εκκίνηση της υπηρεσίας και απελευθερώνονται με το πέρας αυτής. Αποτελείται από τους εξής κόμβους:

1. **Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (Mobile Services Switching Center – MSC):**

Πρόκειται για έναν κόμβο μεταγωγής. Ουσιαστικά δρομολογεί τα δεδομένα των υπηρεσιών μεταγωγής κυκλώματος εντός του δικτύου UMTS. Ένα MSC διαχειρίζεται πολλά RNCs, ενώ είναι συνδεδεμένο με τις βάσεις δεδομένων του δικτύου, όπως η βάση HLR και η βάση VLR. Τέλος, διαχειρίζεται την κινητικότητα των χρηστών, όσον αφορά υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος.

2. **Διαβιβαστικό Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (Gateway MSC – GMSC):** Το GMSC είναι συνδεδεμένο με τα MSCs. Διασυνδέει το δίκτυο με άλλα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, όπως το PSTN.

3. **Καταχωρητής Θέσης Επισκεπτών (Visitor Location Register – VLR):** Όπως ακριβώς στο GSM, έτσι και στο UMTS, υπάρχει η συγκεκριμένη βάση δεδομένων. Συνήθως μία βάση VLR αντιστοιχεί σε ένα MSC. Ο καταχωρητής VLR αποθηκεύει προσωρινές πληροφορίες για τον κάθε χρήστη σχετικά με την ταυτοποίηση, την ασφάλεια, κ.α.. Η βάση VLR λαμβάνει την αρχική πληροφορία από τη βάση HLR και αναλαμβάνει να την ενημερώνει για τις διάφορες μεταβολές. Οι συναλλαγές μεταξύ VLR και HLR γίνονται μέσω ενός MSC. Το CS είναι επίσης το πεδίο που συνδέεται και με τα υποσυστήματα και τις βαθμίδες που το UMTS έχει κληρονομήσει από το GSM. Γενικώς, το δίκτυο UMTS είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε τα υποδίκτυά του να μπορούν να λειτουργήσουν και ανεξάρτητα, ένα στοιχείο απαραίτητο για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας με άλλα συστήματα 3G, αλλά και για την εξασφάλιση της συμβατότητας ανάμεσα σε διαφορετικά είδη δικτύων, όπως το UMTS και το GSM.

Το PS, αντίθετα, περιλαμβάνει τις οντότητες που υποστηρίζουν υπηρεσίες που χρησιμοποιούν πακετικό τύπο σύνδεσης, που σημαίνει ότι οι πληροφορίες και τα δεδομένα μεταφέρονται

τιμηματικά, σε ανεξάρτητα πακέτα, κάθε ένα εκ των οποίων δρομολογείται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα και μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικούς πόρους του συστήματος, ανάλογα με την κατάσταση μέσα σε αυτό. Το PS αποτελείται από τους εξής κόμβους (σε αντιστοιχία με το CS):

1. Κόμβος Υποστήριξης GPRS εξυπηρέτησης (Serving GPRS Support Node – SGSN): Είναι ο αντίστοιχος του MSC κόμβος στο πεδίο αυτό. Δρομολογεί, δηλαδή, τα δεδομένα των υπηρεσιών μεταγωγής πακέτων εντός του δικτύου UMTS. Επίσης, διαχειρίζεται τα RNCs που είναι συνδεδεμένα σε αυτόν, ενώ αλληλεπιδρά και με τις βάσεις δεδομένων του δικτύου. Διαχειρίζεται, τέλος, την κινητικότητα των χρηστών, όσον αφορά υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος.

2. Κόμβος Υποστήριξης Πυλών GPRS (Gateway GPRS Support Node – GGSN): Είναι ο αντίστοιχος του GMSC κόμβος σε αυτό το πεδίο. Διασυνδέει τους SGSNs με εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής πακέτων, όπως το X.25 και το Internet. Μπορεί να ενθυλακώνει εισερχόμενα πακέτα από εξωτερικά δίκτυα και να τα δρομολογεί στον SGSN.

Τέλος, υπάρχουν και οι εξής κόμβοι στο CN, οι οποίοι δεν εντάσσονται σε κανένα από τα δύο ειδικά πεδία:

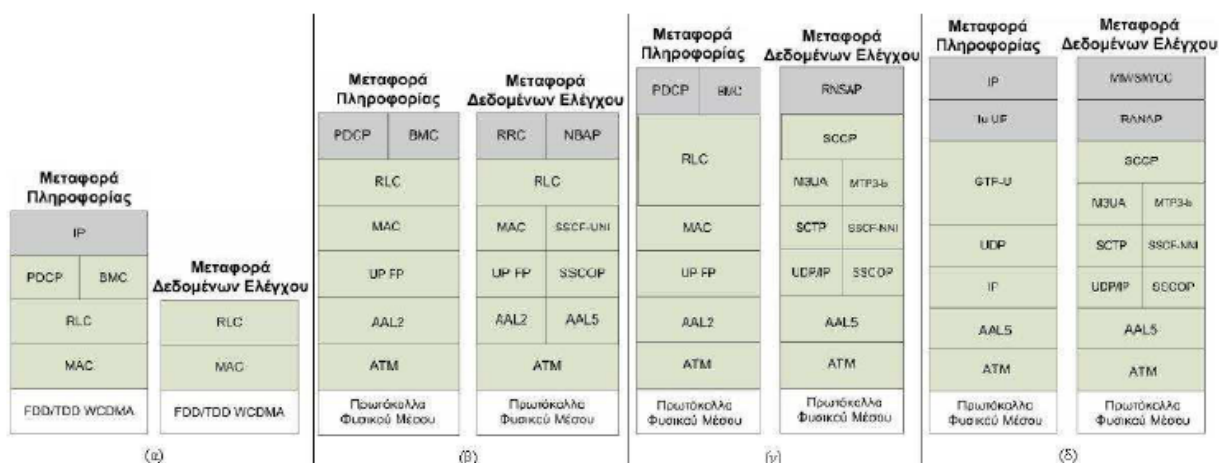
1. Καταχωρητής Θέσης Συνδρομητών Δικτύου (Home Location Register – HLR): Η βάση HLR αποθηκεύει τα δεδομένα των χρηστών που παραμένουν σχετικά σταθερά στο χρόνο, όπως συνέβαινε και στο GSM. Πρόκειται για δεδομένα αναγνωριστικά, πληροφορίες για τις υπηρεσίες του δικτύου στις οποίες αποκτά πρόσβαση ο συνδρομητής κ.α..

2. Κέντρο Πιστοποίησης (Authentication Center – AuC): Κατά την έναρξη της συνδρομής από το χρήστη, ξεκινούν να φορτώνονται στον κόμβο αυτόν διάφορες πληροφορίες ταυτοποίησης και κρυπτογράφησης για τους συνδρομητές. Ο κόμβος AuC είναι συσχετισμένος με τον HLR.

3. Καταχωρητής Ταυτότητας Εξοπλισμού (Equipment Identity Register – EIR): Στη βάση αυτή καταχωρούνται στοιχεία σχετικά με προβληματικές ή ύποπτες συσκευές, σύμφωνα με έναν ειδικό αριθμό της κάθε συσκευής, που ονομάζεται Διεθνής Ταυτότητα Κινητού Εξοπλισμού (International Mobile Equipment Identity – IMEI). Μερικές φορές η βάση EIR είναι ενσωματωμένη σε μία βάση HLR. Θα πρέπει ίσως να προστεθεί η υπενθύμιση ότι τα παραπάνω αφορούν τη σύνδεση του χρήστη με το επίγειο μέρος του δικτύου UMTS. Θεωρητικά, προβλέπεται και δυνατότητα σύνδεσης του χρήστη με το δίκτυο μέσω δορυφόρου. Πρόκειται για μία ξεχωριστή περίπτωση, που δεν αποτελεί ωστόσο τον κανόνα στις κυψελωτές επικοινωνίες.

Πρωτόκολλα

Στο παρακάτω σχήμα παρατίθενται απλουστευτικά οι στοίβες πρωτοκόλλων (protocol stacks) για τις τέσσερις αυτές βασικές διεπαφές του UMTS, σχεδιασμένες με βάση τα επίπεδα του μοντέλου OSI.



Η βασικότερη διεπαφή είναι η Uu , αφού αποτελεί την ασύρματη διεπαφή του δικτύου. Στο μεν 1ο επίπεδο OSI, το επίπεδο φυσικού μέσου (physical layer), αντιστοιχούν οι τεχνικές πρόσβασης. Στο δε 2ο επίπεδο OSI, το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (data link layer), ξεχωρίζουν δύο βασικά πρωτόκολλα: το πρωτόκολλο του υποεπιπέδου Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (Medium Access Control sub-layer protocol – MAC) του UMTS και το πρωτόκολλο Ελέγχου Ραδιοζεύξης (Radio Link Control protocol – RLC). Το MAC προσφέρει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων σε λογικά κανάλια, δηλαδή αντιστοιχίζει λογικά κανάλια σε κανάλια μεταφοράς, για την επικοινωνία του φυσικού επιπέδου με τα παραπάνω επίπεδα. Η σημαντικότερη λειτουργία του είναι η διαχείριση των προτεραιοτήτων, τόσο μεταξύ των διαφόρων συνδεδεμένων τερματικών συσκευών όσο και μεταξύ ροών δεδομένων που αντιστοιχούν στην ίδια συσκευή. Επίσης, ασχολείται με τον έλεγχο της κίνησης, την κρυπτογράφηση, κ.α. Το RLC αφορά διαδικασίες μεταφοράς δεδομένων, όπως για παράδειγμα τον τεμαχισμό σε πακέτα, ενώ μπορεί να είναι υπεύθυνο και για θέματα που άπτονται του QoS. Μερικές φορές αναφερόμαστε και σε άλλο ένα πρωτόκολλο, το πρωτόκολλο Ελέγχου Ασύρματων Πόρων (Radio Resource Control protocol – RRC), το οποίο, όπως υποδηλώνει το όνομά του, ελέγχει τους ασύρματους πόρους του δικτύου, συμβάλλοντας παράλληλα και στη διαχείριση της κινητικότητας. Τέλος, στο 3ο επίπεδο OSI, το επίπεδο δικτύου (network layer), υπάρχουν πρωτόκολλα όπως το Ελέγχου Εκπομπής/Πολυεκπομπής (Broadcast/Multicast Control protocol – BMC) και το Πρωτόκολλο Σύγκλισης Πακέτων Δεδομένων (Packet Data Convergence Protocol – PDCP), που αφορούν τη μεταφορά της πληροφορίας, χωρίς να σχετίζονται με τη μεταφορά δεδομένων ελέγχου. Ιδιαίτερα το PDCP ρυθμίζει την ανταλλαγή πακέτων μεταξύ κινητής συσκευής και δικτύου και το BMC τις διαδικασίες εκπομπής. Τα περισσότερα από τα παραπάνω πρωτόκολλα συναντώνται και σε άλλες διεπαφές.

Το σπουδαιότερο πρωτόκολλο των ενσύρματων διεπαφών του UMTS είναι το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode protocol – ATM) που υλοποιεί το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (2ο επίπεδο OSI). Πάνω από αυτό, χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα Στρωμάτων Προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layers protocols – AALs), όπως το AAL2 και το AAL5, που ρόλος τους είναι η κατάλληλη μετατροπή των δεδομένων ώστε να μπορούν να μεταδοθούν από το ATM.

Στην ενσύρματη διεπαφή Iur αξίζει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά, διότι είναι μία διεπαφή καινούρια, μιας και στο GSM οι αντίστοιχοι με τα RNC κόμβοι του δικτύου δε συνδέονταν απευθείας μεταξύ τους. Ουσιαστικά εξυπηρετεί την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με θέματα πόρων του δικτύου, αλλά κυρίως τη συνεννόηση για τη διαδικασία των μεταπομπών, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα. Το πρωτόκολλο που καθορίζει κυρίως αυτήν τη διαδικασία είναι το πρωτόκολλο Τμήματος Εφαρμογής Υποσυστήματος Ασύρματου Δικτύου (Radio Network Subsystem Application Part protocol – RNSAP).

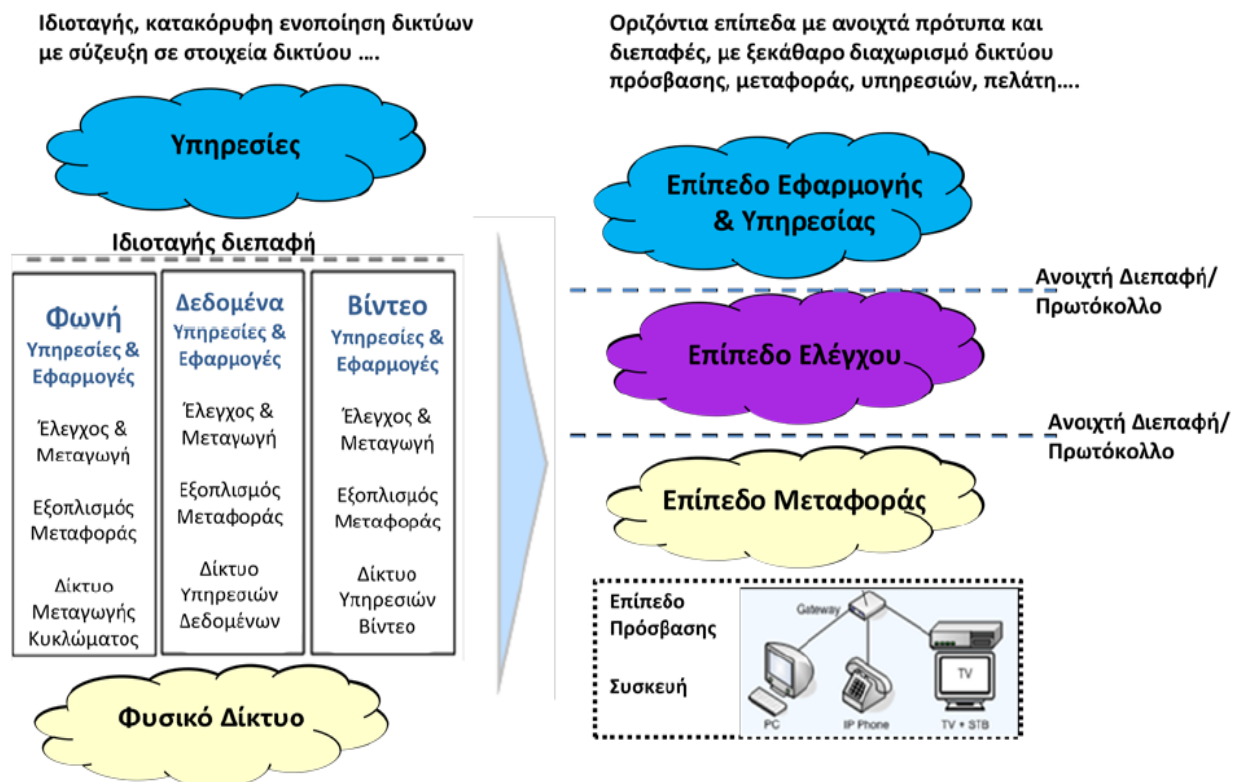
Το σημαντικότερο πρωτόκολλο της διεπαφής $Iu-PS$, που συνδέει το UTRAN με το κυρίως μέρος του δικτύου, είναι αντίστοιχα το πρωτόκολλο Τμήματος Εφαρμογής Δικτύου Ασύρματης Πρόσβασης (Radio Access Network Application Part protocol – RANAP). Παρέχει υπηρεσίες που σχετίζονται με τη διαχείριση ροής, τον εντοπισμό θέσης των χρηστών, την εποπτεία της κατάστασης του συστήματος, τη διαχείριση σφαλμάτων, την κρυπτογράφηση, κ.α.

Τέλος, πρωτόκολλα ιδιαίτερης βαρύτητας υπάρχουν και σε άλλες διεπαφές, όπως για παράδειγμα το Πρωτόκολλο Σήραγγας GPRS (GPRS Tunnelling Protocol – GTP) που ανήκει κυρίως στη διεπαφή Gn (μεταξύ δηλαδή SGSN και GGSN) και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία των κατάλληλων δομών για τη μεταφορά της πληροφορίας.

2.3 Δίκτυα Νέας Γενιάς

Δίκτυο Νέας Γενιάς (NGN) είναι ένα δίκτυο βασισμένο στη μετάδοση πακέτων, ικανό να παρέχει τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες και ικανό να κάνει χρήση πολλαπλών ευρυζωνικών και QoS-enabled τεχνολογιών μεταφοράς και στο οποίο οι λειτουργίες που σχετίζονται με τις υπηρεσίες είναι ανεξάρτητες από τις υποκείμενες τεχνολογίες που σχετίζονται με τη μεταφορά. Προσφέρει απεριόριστη πρόσβαση των χρηστών σε διαφορετικούς παρόχους υπηρεσιών. Υποστηρίζει γενικευμένη κινητικότητα η οποία επιτρέπει συνεχή και καθολική παροχή υπηρεσιών στους χρήστες.

Στο Σχήμα δίνεται μια συγκριτική απεικόνιση ανάμεσα στις υφιστάμενες, κάθετες δικτυακές υποδομές (παραδοσιακό δίκτυο), και σε ένα δίκτυο σύμφωνα με την αρχιτεκτονική Δικτύων Νέας Γενιάς.



Ένα Δίκτυο Νέας Γενιάς περιλαμβάνει τα ακόλουθα στρώματα, καθένα από τα οποία ενσωματώνει συγκεκριμένες λειτουργίες:

- **Στρώμα Πρόσβασης (Access Layer)** (IP7 Access Aggregation Layer): πιστοποίηση δικτύου (authentication), εξουσιοδότηση (authorization) και λογιστική (accounting), Διαχείριση IP και διαμόρφωση υπηρεσιών, δικτυακός εντοπισμός και παρουσία (location and presence) (πχ. Start / Stop RADIUS accounting), έλεγχος κίνησης ανά ροή IP, κλπ.
- **Στρώμα Μεταφοράς (Transport Layer)** (IP Packet Transport Layer): QoS-enabled με διαφοροποιημένη προσέγγιση σύμφωνα με την υπηρεσία.
- **Στρώμα Ελέγχου (Control Layer)** έλεγχος συνόδου υπηρεσίας για υπηρεσίες πραγματικού χρόνου – πχ. VoIP, gaming, πιστοποίηση υπηρεσίας (Digest), εξουσιοδότηση και λογιστική (AAA), διαχείριση πληροφορίας εντοπισμού (IP χρήστη), Έλεγχος Πρόσβασης (Admission Control), διαλειτουργικότητα πρωτοκόλλων, κλπ.
- **Στρώμα Εφαρμογών και Υπηρεσιών (Service and Application Layer)** στρώμα εκτέλεσης επιχειρηματικής λογικής υπηρεσιών για υπηρεσίες βασισμένες σε περιεχόμενο: πλατφόρμες υπηρεσιών IP ικανές να προσφέρουν υπηρεσίες βάσει συγκεκριμένου προφίλ χρήστη.

Γενικά χαρακτηριστικά

Η λειτουργική αρχιτεκτονική των Δικτύων Νέας Γενιάς ενσωματώνει τις παρακάτω αρχές:

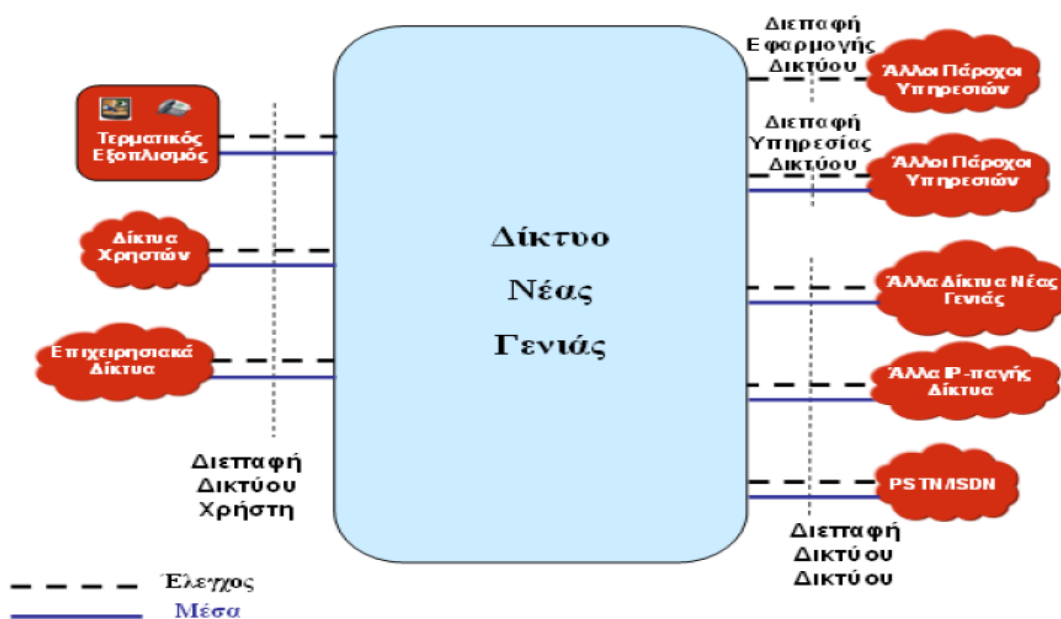
- **Υποστήριξη πολλαπλών τεχνολογιών πρόσβασης:** η λειτουργική αρχιτεκτονική των Δικτύων Νέας Γενιάς απαιτείται να προσφέρει ευελιξία στη παραμετροποίηση που χρειάζεται για την υποστήριξη πολλαπλών τεχνολογιών πρόσβασης.
- **Καταναμημένος έλεγχος:** αυτό θα δώσει τη δυνατότητα προσαρμοστικότητας στη καταναμημένη φύση επεξεργασίας των πακετοπαγή δικτύων (packet-based networks) και θα υποστηρίξει την διαφάνεια θέσης για καταναμημένη υπολογιστική.
- **Ανοιχτός έλεγχος:** το περιβάλλον ελέγχου του δικτύου είναι ανοιχτό να υποστηρίξει τη δημιουργία υπηρεσίας, την ανανέωση υπηρεσίας και την ενσωμάτωση παροχής υπηρεσίας από τρίτους.
- **Ανεξάρτητη παροχή υπηρεσίας:** η διαδικασία παροχής της υπηρεσίας διαχωρίζεται από τη λειτουργία του δικτύου μεταφοράς χρησιμοποιώντας τους προαναφερθέντες μηχανισμούς καταναμημένου και ανοιχτού ελέγχου.
- **Υποστήριξη υπηρεσιών σε συγκεκριμένο δίκτυο:** αυτή η λειτουργικότητα απαιτείται για να παράξει ευέλικτες, εύκολες στη χρήση υπηρεσίες πολυμέσων, απομαστεύοντας το τεχνολογικό δυναμικό της συγκλίνουσας σταθερής-κινητής λειτουργικής αρχιτεκτονικής των δικτύων νέας γενιάς.
- **Βελτιωμένη ασφάλεια και προστασία:** αυτή είναι η βασική αρχή μιας ανοιχτής αρχιτεκτονικής. Είναι επιτακτική ανάγκη η διαφύλαξη της δικτυακής υποδομής με τη παροχή μηχανισμών για ασφάλεια και επίβλεψη των σχετικών επιπέδων (layers).
- **Λειτουργικά χαρακτηριστικά οντότητας:** οι λειτουργικές οντότητες ενσωματώνουν τις παρακάτω αρχές:

Οι λειτουργικές οντότητες ίσως να μην είναι καταναμημένες πάνω σε πολλαπλές φυσικές μονάδες αλλά ίσως έχουν πολλαπλές υποστάσεις (instances).

Οι λειτουργικές οντότητες δεν έχουν απευθείας διασύνδεση με την διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική. Εντούτοις, παρόμοιες οντότητες είναι δυνατόν να βρίσκονται σε διαφορετικά λογικά επίπεδα.

Διασύνδεση Δικτύων Νέας Γενιάς

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τη διαφορετική συνδεσιμότητα – έμμεση ή άμεση (πχ. μέσω ενός άλλου δικτύου) – που τα Δίκτυα Νέας Γενιάς μπορούν να υποστηρίξουν.



Η Διεπαφή Χρήστη Δικτύου (UNI8) χρησιμοποιείται για τη παροχή διασύνδεσης σε:

- Τερματικό εξοπλισμό
- Δίκτυα χρηστών
- Επιχειρησιακά δίκτυα

Η εν λόγω διεπαφή υποστηρίζει ένα τύπο ελέγχου επιπέδου αλληλεπίδρασης και ένα τύπο μέσων επιπέδου αλληλεπίδρασης.

Η Διεπαφή Δικτύου Δικτύου (NNI9) χρησιμοποιείται για τη παροχή διασύνδεσης σε:

- Άλλα Δίκτυα Νέας Γενιάς (στο επίπεδο στρώματος υπηρεσίας και/ή επίπεδο στρώματος μεταφοράς)
- Άλλα IP-παγή δίκτυα
- PSTN10/ISDN11

Η Διεπαφή Δικτύου Δικτύου υποστηρίζει ένα τύπο ελέγχου επιπέδου αλληλεπίδρασης και ένα τύπο μέσων επιπέδου αλληλεπίδρασης.

Η Διεπαφή Εφαρμογής Δικτύου (ANI12) είναι μια διεπαφή που παρέχει ένα κανάλι για αλληλεπιδράσεις και ανταλλαγές μεταξύ ενός Δικτύου Νέας Γενιάς και των εφαρμογών. Αυτή η διεπαφή προσφέρει δυνατότητες και πόρους που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των εφαρμογών. Υποστηρίζει μόνο ένα επίπεδο ελέγχου διαδραστικού τύπου χωρίς να εμπλέκει αλληλεπιδράσεις επιπέδου μέσων ή επιπέδου δεδομένων. Η Διεπαφή Εφαρμογής Δικτύου χρησιμοποιείται για την παροχή διασύνδεσης με άλλους Παρόχους υπηρεσιών και τις εφαρμογές τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένας Πάροχος Δικτύων Νέας Γενιάς μπορεί επίσης να είναι Πάροχος εφαρμογών αφού θα μπορεί να υποστηρίξει εσωτερικές (“in – house”) εφαρμογές.

Η Διεπαφή Υπηρεσίας Δικτύου (SNI13) είναι η διεπαφή η οποία παρέχει ένα δίαυλο για αλληλεπιδράσεις και ανταλλαγές μεταξύ ενός Δικτύου Νέας Γενιάς και άλλων Παρόχων υπηρεσίας (όπως ένας Πάροχος περιεχομένου). Η Διεπαφή Υπηρεσίας Δικτύου υποστηρίζει αλληλεπιδράσεις επιπέδου μέσων ή επιπέδου δεδομένων καθώς και αλληλεπιδράσεις επιπέδου ελέγχου.

Αρχιτεκτονική Δικτύων Επόμενης Γενιάς

Οι λειτουργίες των Δικτύων Νέας Γενιάς χωρίζονται στις λειτουργίες του στρώματος υπηρεσίας (service stratum functions) και του στρώματος μετάδοσης (transport stratum functions). Για την παροχή αυτών των υπηρεσιών απαιτούνται αρκετές λειτουργίες των δύο αυτών στρωμάτων όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 8. Η παράδοση των υπηρεσιών/εφαρμογών στους τελικούς χρήστες πραγματοποιείται με την αξιοποίηση των λειτουργιών υποστήριξης εφαρμογών και λειτουργίες υποστήριξης υπηρεσιών με τις αντίστοιχες λειτουργίες ελέγχου. Το επίπεδο μετάδοσης παρέχει υπηρεσίες διασύνδεσης IP στους χρήστες δικτύων επόμενης γενιάς υπό τον έλεγχο των λειτουργιών ελέγχου μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών ελέγχου προσάρτησης δικτύου (NACF14), των λειτουργιών ελέγχου πόρων και εισδοχής (RACF15) και και των λειτουργιών ελέγχου διαχείρισης κινητής (MMCF16).

Λειτουργίες Επιπέδου Μετάδοσης: οι λειτουργίες μετάδοσης παρέχουν την διασύνδεση για όλα τα στοιχεία και τις φυσικά διαχωριζόμενες λειτουργίες των Δικτύων Νέας Γενιάς, υποστηρίζοντας μονόπλευρη και/ή αμφίπλευρη μεταφορά πληροφοριών καθώς και τη μεταφορά ελέγχου και διαχείρισης της πληροφορίας. Οι λειτουργίες μετάδοσης περιλαμβάνουν λειτουργίες δικτύου πρόσβασης, ακραίου δικτύου (edge functions), μετάδοσης κορμού (core transport functions) και πύλης (gateway functions).

Λειτουργίες Ελέγχου Μετάδοσης: οι λειτουργίες ελέγχου μετάδοσης περιλαμβάνουν τις λειτουργίες ελέγχου πόρων και εισδοχής, τις λειτουργίες ελέγχου προσάρτησης δικτύου καθώς και τις λειτουργίες ελέγχου διαχείρισης κινητής.

Λειτουργίες Επιπέδου Υπηρεσίας: οι λειτουργίες υπηρεσίας περιλαμβάνουν τις λειτουργίες ελέγχου της υπηρεσίας και τις λειτουργίες παράδοσης περιεχομένου (SC17 & CDF18) συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών υπηρεσίας προφίλ χρήστη καθώς και τις λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών (ASF19 & SSF20).

Λειτουργίες Ελέγχου Υπηρεσίας: περιλαμβάνουν λειτουργίες ελέγχου πόρων, καταχώρησης (registration), επαλήθευσης (authentication) και εξουσιοδότησης (authorization) στο επίπεδο της

υπηρεσίας για διαμεσολαβούσες και μη υπηρεσίες. Επιπλέον, υποστηρίζουν λειτουργίες ελέγχου πόρων μέσω (media) όπως για παράδειγμα εξειδικευμένους πόρους και πύλες στο επίπεδο σηματοδότησης. Οι λειτουργίες ελέγχου υπηρεσίας εξυπηρετούν προφίλ υπηρεσίας χρήστη τα οποία αντιπροσωπεύουν συνδυασμό πληροφορίας χρήστη και άλλων δεδομένων ελέγχου μέσω μιας απλής λειτουργίας προφίλ χρήστη στο επίπεδο υπηρεσίας στη μορφή λειτουργικών βάσεων δεδομένων. Οι βάσεις δεδομένων μπορούν να είναι καθορισμένες και εγκατεστημένες ως ένα σετ συνεργασθέντων βάσεων με λειτουργικότητες που εδρεύουν σε οποιοδήποτε μέρος των Δικτύων Νέας Γενιάς.

Λειτουργίες Παράδοσης Περιεχομένου: οι λειτουργίες παράδοσης περιεχομένου λαμβάνουν το περιεχόμενο από τις λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών, το αποθηκεύουν, το διαχειρίζονται και το παραδίδουν στις λειτουργίες τελικού χρήστη χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες των λειτουργιών μετάδοσης οι οποίες βρίσκονται υπό τον έλεγχο των λειτουργιών ελέγχου της υπηρεσίας.

Λειτουργίες Υποστήριξης Εφαρμογών και Υπηρεσιών: οι λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών περιλαμβάνουν λειτουργίες πύλης, καταχώρησης, επαλήθευσης και εξουσιοδότησης στο επίπεδο εφαρμογών. Αυτές οι λειτουργίες είναι διαθέσιμες στις λειτουργικές ομάδες των “εφαρμογών” και των “τελικών χρηστών”. Οι λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών εργάζονται σε συνδυασμό με τις λειτουργίες ελέγχου υπηρεσίας για τη παροχή προς τους τελικούς χρήστες και τις εφαρμογές με τις υπηρεσίες Δικτύων Νέας Γενιάς που έχουν αιτηθεί. Μέσω της Διεπαφής Χρήστη Δικτύου οι λειτουργίες υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών παρέχουν σημεία αναφοράς στις λειτουργίες τελικού χρήστη. Αλληλεπιδράσεις εφαρμογών μεταξύ των λειτουργιών υποστήριξης εφαρμογών και των λειτουργιών υποστήριξης υπηρεσιών διαχειρίζονται μέσω του σημείου αναφοράς της Διεπαφής Εφαρμογών Δικτύου.

Λειτουργίες Τελικού Χρήστη: ο εξοπλισμός τελικού χρήστη μπορεί να είναι για σταθερή (fixed) ή κινητή (mobile).

Λειτουργίες Διαχείρισης: η υποστήριξη της Διαχείρισης είναι θεμελιώδης για τη λειτουργία των Δικτύων Νέας Γενιάς. Οι λειτουργίες διαχείρισης παρέχουν τη δυνατότητα διαχείρισης του δικτύου νέας γενιάς προκειμένου να προσδώσουν στις υπηρεσίες του δικτύου την αναμενόμενη ποιότητα, ασφάλεια και αξιοπιστία. Αυτές οι λειτουργίες είναι καταχωρισμένες με ένα κατανοητό τρόπο σε κάθε λειτουργική οντότητα (FE21) και αλληλεπιδρούν με τη διαχείριση στοιχείων δικτύου (NE22), τη διαχείριση δικτύου και τη διαχείριση λειτουργίας οντότητας.

Οι λειτουργίες διαχείρισης εφαρμόζονται στα στρώματα υπηρεσίας και μετάδοσης των Δικτύων Νέας Γενιάς. Για καθένα από τα στρώματα, καλύπτουν τις ακόλουθες περιοχές: Διαχείριση Βλάβης (Fault Management), Διαχείριση Παραμετροποίησης (Configuration Management), Διαχείριση Χρέωσης (Accounting Management), Διαχείριση Επίδοσης (Performance Management), Διαχείριση Ασφάλειας (Security Management).

Οι λειτουργίες διαχείρισης χρέωσης περιλαμβάνουν επίσης τις λειτουργίες κοστολόγησης και χρέωσης (CAF23) οι οποίες αλληλεπιδρούν στο Δίκτυο Νέας Γενιάς προκειμένου να προσφέρουν στον Πάροχο του Δικτύου τους απαραίτητους πόρους χρησιμοποίησης δεδομένων, εγκαθιστώντας τον Πάροχο ικανό να χρεώσει κατάλληλα τους χρήστες του συστήματος.

Λειτουργίες Διαχείρισης Ταυτότητας: οι λειτουργίες διαχείρισης ταυτότητας (IdM24) χρησιμοποιούνται για την διασφάλιση της ταυτότητας της πληροφορίας, της ταυτότητας μιας οντότητας και για την υποστήριξη επιχειρησιακών εφαρμογών και εφαρμογών ασφαλείας (πχ. έλεγχος πρόσβασης και επαλήθευση) συμπεριλαμβάνοντας υπηρεσίες βασισμένες στην ταυτότητα (identity-based services). Οντότητα θεωρείται οτιδήποτε έχει ξεχωριστή και διακριτή ύπαρξη η οποία μπορεί να ταυτοποιηθεί μοναδικά.

Οι λειτουργίες διαχείρισης ταυτότητας αποτελούν ένα σετ λειτουργιών (πχ. διοίκησης, διαχείρισης, συντήρησης, ανακάλυψης, ανταλλαγής πληροφορίας, συσχέτισης και δέσμευσης, επιβολής πολιτικής, επαλήθευσης) που χρησιμοποιούνται για:

- Διασφάλιση της ταυτότητας της πληροφορίας
- Διασφάλιση της ταυτότητας της οντότητας

- Εγκαθίδρυση και υποστήριξη επιχειρησιακών εφαρμογών και εφαρμογών ασφάλειας

Το πλαίσιο των λειτουργιών διαχείρισης ταυτότητας συνοψίζεται παρακάτω:

- Διαχείριση διάρκειας ζωής ταυτότητας
- Λειτουργικότητες διοίκησης, λειτουργίας, συντήρησης και ενεργοποίησης διαχείρισης ταυτότητας (OAMP25)
- Λειτουργίες διαχείρισης ταυτότητας σηματοδότησης και ελέγχου
- Λειτουργίες διαχείρισης ταυτότητας ομόσπονδων ταυτοτήτων
- Λειτουργίες διαχείρισης ταυτότητας χρήστη και συνδρομητή
- Απόδοση, αξιοπιστία και επεκτασιμότητα διαχείρισης ταυτότητας
- Ασφάλεια διαχείρισης ταυτότητας
- Ρυθμιστικοί κανόνες διαχείρισης ταυτότητας

3: Wireless Sensor Networks

3.1 Επισκόπηση WSNs

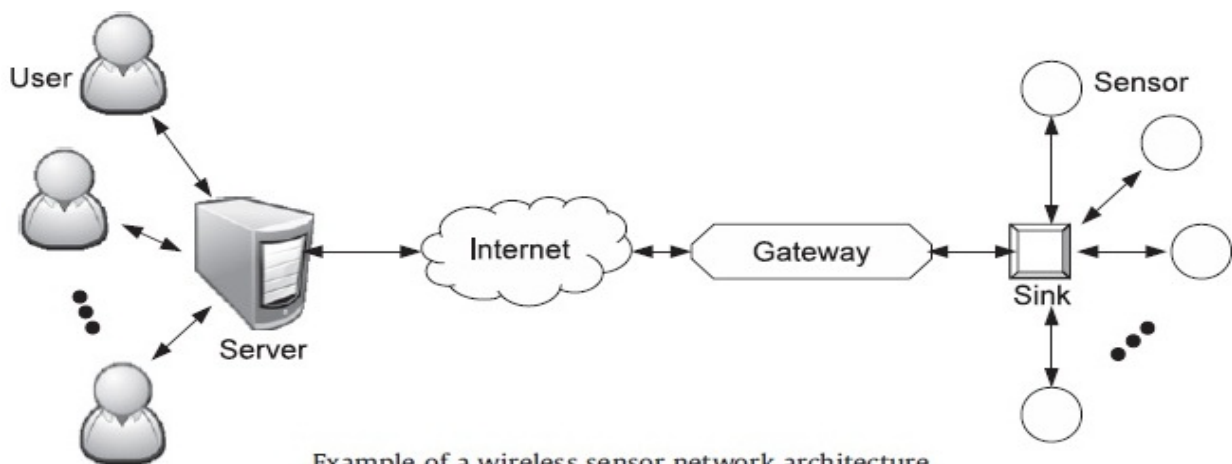
Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs), έχουν κερδίσει την παγκόσμια προσοχή τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα με τη διάδοση της τεχνολογίας των μικρο-ηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS), η οποία διευκόλυνε την ανάπτυξη των έξυπνων αισθητήρων. Ένα τυπικό WSN αποτελείται από ένα αριθμό μικρών κόμβων αισθητήρων που τροφοδοτούνται από μπαταρία και έχουν σκοπό τη συλλογή και τη μεταφορά διαφόρων δεδομένων αυτόνομα. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) έχει σημαντικές εφαρμογές όπως η εξ αποστάσεως παρακολούθηση του περιβάλλοντος και η παρακολούθηση στόχων. Αυτό έχει καταστεί δυνατό από την διαθεσιμότητα, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, των αισθητήρων που είναι μικρότεροι, φθηνότεροι, και ευφυείς. Αυτοί οι αισθητήρες είναι εξοπλισμένοι με ασύρματη διασύνδεση με την οποία μπορούν να επικοινωνούν το ένα με το άλλο για να σχηματίσουν ένα δίκτυο. Ο σχεδιασμός ενός WSN εξαρτάται σημαντικά από την εφαρμογή, και οφείλει να λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως το περιβάλλον, οι στόχοι του σχεδιασμού της εφαρμογής, το κόστος, το υλικό, και οι περιορισμοί του συστήματος. Οι αισθητήρες αυτοί είναι μικροί, με περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ και υπολογιστικούς πόρους, και είναι φθηνοί σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς αισθητήρες. Αυτοί οι κόμβοι αισθητήρων μπορούν να αισθάνονται, να υπολογίζουν και να λαμβάνουν πληροφορίες από το περιβάλλον και, με βάση ορισμένες τοπικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων, μπορούν να μεταδώσουν τα πακέτα στον χρήστη. Έξυπνοι κόμβοι αισθητήρων είναι χαμηλής ισχύος μηχανήματα που διαθέτουν έναν ή περισσότερους αισθητήρες, έναν επεξεργαστή, μνήμη, ένα τροφοδοτικό, μία κεραία και έναν actuator (ενεργοποιητή). Μια ποικιλία από μηχανικούς, θερμικούς, βιολογικούς, χημικούς, οπτικούς και μαγνητικούς αισθητήρες μπορεί να συνδέονται με τον κόμβο για τη μέτρηση ιδιοτήτων του περιβάλλοντος. Δεδομένου ότι οι κόμβοι του δικτύου έχουν περιορισμένη μνήμη και συνήθως τοποθετούνται σε δύσκολες στην πρόσβαση τοποθεσίες, μία κεραία τίθεται σε εφαρμογή για την ασύρματη επικοινωνία με σκοπό να μεταφέρονται τα δεδομένα σε ένα σταθμό βάσης (π.χ., ένα laptop, μια προσωπική συσκευή χειρός, ή ένα σημείο πρόσβασης με σταθερή υποδομή). Η μπαταρία είναι η κύρια πηγή ενέργειας σε ένα κόμβο αισθητήρων. Δευτεροβάθμια τροφοδοσία που αντλεί ενέργεια από το περιβάλλον, όπως τα ηλιακά πάνελ μπορούν να προστεθούν στον κόμβο, ανάλογα με την καταλληλότητα του περιβάλλοντος, όπου ο αισθητήρας θα τοποθετηθεί. Ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται, ενεργοποιητές μπορούν να ενσωματώνονται στους αισθητήρες. Ένα WSN έχει συνήθως ελάχιστη ή καθόλου υποδομή. Αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων αισθητήρων (μερικές δεκάδες χιλιάδες), που εργάζονται από κοινού για να παρακολουθήσουν μια περιοχή ώστε να συλλέξουν στοιχεία σχετικά με το περιβάλλον. Υπάρχουν δύο τύποι WSNs: δομημένα και αδόμητα. Ένα αδόμητο WSN είναι αυτό που περιέχει μία πυκνή συλλογή κόμβων αισθητήρων. Οι κόμβοι αισθητήρων μπορούν να αναπτυχθούν με έναν ad-hoc τρόπο στο πεδίο. Μόλις αναπτυχθεί, το δίκτυο παραμένει χωρίς επιτήρηση και αναλαμβάνει λειτουργίες παρακολούθησης και υποβολής αναφορών. Σε ένα αδόμητο WSN, οι εργασίες συντήρησης του δικτύου, όπως η διαχείριση της συνδεσιμότητας και η ανίχνευση σφαλμάτων είναι δύσκολη δεδομένου ότι υπάρχουν τόσοι πολλοί κόμβοι. Σε ένα δομημένο WSN, το σύνολο ή μέρος από τους κόμβους αισθητήρων αναπτύσσονται κάποιο προσχεδιασμένο τρόπο. Το πλεονέκτημα ενός δομημένου δικτύου είναι ότι λιγότεροι κόμβοι μπορούν να αναπτυχθούν με μικρότερα κόστη συντήρησης του δικτύου και διαχείρισης. Λιγότεροι κόμβοι μπορούν να τοποθετηθούν τώρα αφού οι κόμβοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις για την μέγιστη παροχή κάλυψης, ενώ με μία ad-hoc εφαρμογή μπορεί να υπάρχουν περιοχές ελλιπούς κάλυψης. Τα WSNs έχουν μεγάλες προοπτικές για πολλές εφαρμογές σε σενάρια όπως ο στρατιωτικός εντοπισμός και παρακολούθηση στόχου, καταπολέμηση φυσικών καταστροφών, βιοϊατρική παρακολούθηση της υγείας, εξερεύνηση επικίνδυνων περιοχών και σεισμικής ανίχνευσης.

Σε στρατιωτικές εφαρμογές εντοπισμού και παρακολούθησης στόχου, WSN μπορεί να βοηθήσει

στην ανίχνευση παρείσφρησης και ταυτοποίηση εισβολέα. Συγκεκριμένα παραδείγματα περιλαμβάνουν χωρικά συσχετισμένες και συντονισμένες κινήσεις στρατευμάτων και οχημάτων. Ενώ σε φυσικές καταστροφές, κόμβοι αισθητήρων μπορούν να αισθανθούν και να ανιχνεύσουν το περιβάλλον, για την πρόβλεψη καταστροφών προτού να εμφανιστούν. Σε βιοϊατρικές εφαρμογές, χειρουργικά εμφυτεύματα των αισθητήρων μπορεί να βοηθήσουν την παρακολούθηση της υγείας ενός ασθενούς. Για σεισμική ανίχνευση, ad-hoc ανάπτυξη των αισθητήρων κατά μήκος μίας ηφαιστειακής περιοχής μπορεί να ανιχνεύσουν την ανάπτυξη των σεισμών και των ηφαιστειακών εκρήξεων. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά δίκτυα, τα WSNs έχουν δικά τους σχεδιαστικά προβλήματα και περιορισμένους πόρους. Περιορισμοί πόρων περιλαμβάνουν ένα περιορισμένο ποσό ενέργειας, μικρής εμβέλειας επικοινωνία, με χαμηλό εύρος ζώνης, και περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο σε κάθε κόμβο. Σχεδιαστικοί περιορισμοί εξαρτώνται από την εφαρμογή και περιβάλλον προς παρακολούθηση. Το περιβάλλον παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του μεγέθους του δικτύου, το σχέδιο ανάπτυξης, καθώς και την τοπολογία του δικτύου. Το μέγεθος του δικτύου ποικίλλει ανάλογα με το περιβάλλον προς παρακολούθηση. Για εσωτερικούς χώρους, είναι λιγότεροι οι κόμβοι που απαιτούνται για να σχηματίσουν ένα δίκτυο σε έναν περιορισμένο χώρο ενώ σε υπαίθρια περιβάλλοντα μπορούν να απαιτούνται περισσότεροι κόμβοι για να καλύψουν μια ευρύτερη περιοχή. Μια ad-hoc ανάπτυξη είναι προτιμότερη από μια προσχεδιασμένη ανάπτυξη όταν το περιβάλλον είναι μη προσβάσιμο από τον άνθρωπο ή όταν το δίκτυο αποτελείται από εκατοντάδες έως και χιλιάδες κόμβους. Εμπόδια στο περιβάλλον μπορεί να περιορίσουν επίσης την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τη συνδεσιμότητα δικτύου (ή την τοπολογία).

Σε μία ad-hoc ανάπτυξη, οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετούνται τυχαία στο πεδίο.

Σήμερα, είναι γνωστό ότι η πρόοδος της τεχνολογίας ραδιοεπικοινωνιών έχει επιτύχει ένα χαμηλό επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας που επέτρεψε τη δημιουργία πολύ μικρών συσκευών επικοινωνίας με μπαταρίες. Όταν ενώνονται με χαμηλής ισχύος μικροεπεξεργαστές που συνδέονται με οποιοδήποτε είδος μικροσκοπικών αισθητήρων (π.χ., για ένταση του φωτός, για θερμοκρασία, 3D κίνηση, χτύπος της καρδιάς), ένας μικρός αισθητήρας τροφοδοτούμενος από μπαταρία με δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνίας με άλλες ασύρματες συσκευές δημιουργείται. Επιπλέον, η νέα αυτή συσκευή επιτρέπει τη μέτρηση μερικών φαινομένων που δεν παρατηρούνται μόνο σε ένα μόνο σημείο, αλλά σε μια ευρεία περιοχή. Τέλος, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν μπορούν να κοινοποιούνται σε μία ή περισσότερες συσκευές που ονομάζονται κόμβοι νεροχύτη (sink nodes), οι οποίοι καθιστούν τα δεδομένα διαθέσιμα σε μια πύλη, και περαιτέρω, στο χρήστη. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους των κόμβων του δικτύου (π.χ., χρονικά διαστήματα αναφοράς των μετρήσεων, τοπολογία των κόμβων αισθητήρων), μέσω των κόμβων νεροχύτη.



Example of a wireless sensor network architecture.

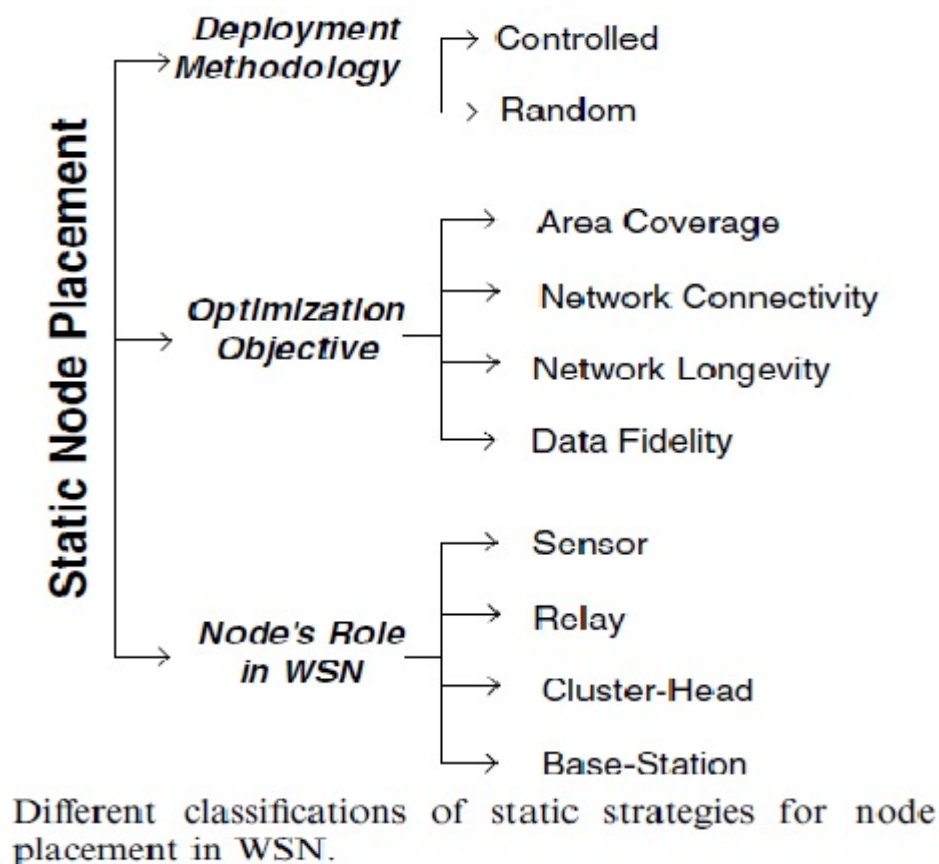
Η τρέχουσα τεχνολογία αισθητήρων παρέχει μια λύση για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη πολλών ειδών ασύρματων εφαρμογών αισθητήρων. Οι αισθητήρες που διατίθενται στην αγορά περιλαμβάνουν γενικούς (πολλαπλών χρήσεων), κόμβους και κόμβους πύλης, ή γέφυρας (gateway, ή bridge). Η δουλειά ενός γενικού (πολλαπλών χρήσεων) κόμβου αισθητήρων είναι να προβαίνει σε μετρήσεις από την παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Μπορεί να είναι εξοπλισμένος με μια ποικιλία συσκευών που μπορούν να μετρήσουν διάφορες φυσικές ιδιότητες όπως το φως, θερμοκρασία, υγρασία, βαρομετρική πίεση, ταχύτητα, επιτάχυνση, θόρυβο, μαγνητικό πεδίο, κλπ. Ο κόμβος πύλης συγκεντρώνει δεδομένα από τους αισθητήρες και τα αναμεταδίδει στο σταθμό βάσης. Οι κόμβοι γέφυρας έχουν υψηλότερες επεξεργαστική ισχύ, ενέργεια της μπαταρίας, και φάσμα μετάδοσης. Ένας συνδυασμός των γενικών κόμβων και κόμβων πύλης χρησιμοποιείται συνήθως για να διαμορφωθεί ένα WSN.

Υπάρχουν πέντε είδη ασύρματων δικτύων αισθητήρων: επίγειο WSN, υπόγειο WSN, υποβρύχιο WSN, πολυμεσικό (multi-media) WSN, και τα κινητά WSN. Τα επίγεια ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται συνήθως από εκατοντάδες έως χιλιάδες φθηνούς κόμβους αναπτυγμένους σε μια συγκεκριμένη περιοχή, είτε στο πλαίσιο μιας ad-hoc σύνδεσης ή με ένα προσχεδιασμένο τρόπο. Σε ad-hoc ανάπτυξη, οι αισθητήρες μπορούν να πέφτουν από ένα αεροπλάνο και να τοποθετούνται τυχαία στην περιοχή-στόχο. Στην περίπτωση της προσχεδιασμένης ανάπτυξης, υπάρχουν διάφορα σχήματα ανάπτυξης των κόμβων : τοποθέτηση πλέγματος, βέλτιστη τοποθέτηση, 2-d και 3-D μοντέλα τοποθέτησης. Υπόγεια τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται από έναν αριθμό κόμβων αισθητήρων υπόγεια, σε μια σπηλιά ή σε ορυχεία οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των συνθηκών του περιβάλλοντος. Πρόσθετοι κόμβοι νεροχύτες βρίσκονται πάνω από το έδαφος και μεταδίδουν πληροφορίες από τους αισθητήρες στο σταθμό βάσης. Ένα υπόγειο WSN είναι ακριβότερο από ένα επίγειο WSN σε επίπεδο εξοπλισμού, εγκατάστασης και συντήρησης. Υποβρύχια WSNs αποτελούνται από έναν αριθμό κόμβων αισθητήρων και οχημάτων που αναπτύσσονται υποβρύχια. Σε αντίθεση με τα επίγεια WSNs, οι υποβρύχιοι κόμβοι αισθητήρων είναι πιο ακριβοί και αναπτύσσονται λιγότεροι αισθητήρες. Αυτόνομα υποβρύχια οχήματα χρησιμοποιούνται για εξερεύνηση και συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες. Τα πολυμεσικά WSNs λέγεται ότι επιτρέπουν την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των γεγονότων, με τη μορφή πολυμέσων, όπως βίντεο, ήχου και εικόνας. Πολυμεσικά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται από έναν αριθμό κόμβων αισθητήρων χαμηλού κόστους, εξοπλισμένους με κάμερες και μικρόφωνα. Αυτοί οι κόμβοι αισθητήρων διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω ασύρματης σύνδεσης για την ανάκτηση, επεξεργασία, συσχετισμό και συμπίεση των δεδομένων. Οι πολυμεσικοί κόμβοι αισθητήρων αναπτύσσονται με προκαθορισμένο τρόπο στο περιβάλλον ώστε να διασφαλίζεται η κάλυψη. Κινητά WSNs αποτελούνται από μια συλλογή από κόμβους αισθητήρων που μπορεί να κινηθεί από μόνη της και να αλληλεπιδράσει με το φυσικό περιβάλλον. Κινητοί κόμβοι έχουν την ικανότητα, να αισθάνονται, να υπολογίζουν και να επικοινωνούν σαν τους στατικούς κόμβους. Μια βασική διαφορά είναι ότι οι κινητοί κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να καθορίζουν και να αναδιοργανώνουν την θέση τους στο δίκτυο.

3.2 Ανάπτυξη Δικτύου

Η προσεκτική τοποθέτηση κόμβων μπορεί να είναι ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο βελτιστοποίησης για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων του σχεδιασμού. Εκτός από τη δυνατότητα να εξετάσει το περιβάλλον του, κάθε αισθητήρας έχει ένα ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την αποστολή των δεδομένων που συλλέγονται σε έναν σταθμό-βάση, είτε άμεσα είτε κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής multi-hop. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας σχετικά με τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων επικεντρώθηκε στην αποτελεσματική υποστήριξη των λειτουργικών απαιτήσεων, όπως η καθυστέρηση των δεδομένων, καθώς και των μη λειτουργικών, όπως η ακεραιότητα των δεδομένων, αντιμετωπίζοντας παράλληλα τους περιορισμούς των πόρων και τη διατήρηση της διαθέσιμης ενέργειας, προκειμένου

να παραταθεί η διάρκεια ζωής του δικτύου. Μία από τις στρατηγικές βελτιστοποίησης του σχεδιασμού είναι να τοποθετηθούν ντετερμινιστικά οι κόμβοι του δικτύου προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητοί στόχοι απόδοσης. Στην περίπτωση αυτή, η κάλυψη της παρακολουθούμενης περιοχής μπορεί να διασφαλιστεί μέσα από τον προσεκτικό σχεδιασμό της πυκνότητας των κόμβων και των οπτικών πεδίων και έτσι η τοπολογία του δικτύου μπορεί να καθοριστεί κατά το χρόνο εγκατάστασης. Ωστόσο, σε πολλές εφαρμογές με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων η εγκατάσταση αισθητήρων είναι τυχαία και ελάχιστος έλεγχος μπορεί να ασκηθεί, προκειμένου να εξασφαλιστεί η κάλυψη και να επιτευχθεί ομοιόμορφη πυκνότητα κόμβων ενώ παράλληλα διατηρώντας μία στενά συνδεδεμένη τοπολογία του δικτύου. Ως εκ τούτου, ελεγχόμενη τοποθέτηση επιδιώκεται συνήθως μόνο για ένα επιλεγμένο υποσύνολο των απασχολούμενων κόμβων. Σχεδιασμοί τοποθέτησης κόμβων πριν από την εκκίνηση του δικτύου συνήθως βασίζουν την επιλογή των θέσεων του κάθε κόμβου σε μεθόδους μέτρησης που είναι ανεξάρτητες από την κατάσταση του δικτύου ή αναλάβουν ένα σταθερό μοτίβο της εκμετάλλευσης του δικτύου που παραμένει αμετάβλητη καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Το πλαίσιο αυτών των στρατηγικών βελτιστοποίησης είναι κυρίως στατικό, υπό την έννοια ότι η αξιολόγηση της ποιότητας των υποψηφίων θέσεων βασίζεται σε βασικές ποιοτικές μετρικές όπως είναι η απόσταση, η συνδεσιμότητα του δικτύου ή/και βασίζουν την ανάλυση τους σε μία σταθερή τοπολογία. Ως εκ τούτου, τις κατατάσσουμε ως στατικές προσεγγίσεις. Με τον όρο μεθοδολογίες ανάπτυξης, όπως έχουμε αναλύσει στην επόμενη υποενότητα, εννοούμε τον τρόπο που οι κόμβοι κατανέμονται και αντιμετωπίζονται κατά τη διαδικασία τοποθέτησης και τις επιπτώσεις του οπτικού πεδίου του αισθητήρα, δηλαδή, σε δύο ή τρεις διαστάσεις.



3.3 Μεθοδολογίες Ανάπτυξης

Οι αισθητήρες μπορούν γενικά να τοποθετούνται σε μια περιοχή ενδιαφέροντος είτε προσδιορισμικά είτε τυχαία. Η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος των αισθητήρων, την εφαρμογή και το περιβάλλον στο οποίο οι αισθητήρες θα λειτουργήσουν. Ελεγχόμενη εγκατάσταση κόμβου είναι βιώσιμη και συχνά απαραίτητη όταν οι αισθητήρες είναι ακριβοί ή όταν η λειτουργία τους επηρεάζεται σημαντικά από τη θέση τους. Τέτοια σενάρια περιλαμβάνουν εποικώντας μια περιοχή με εξαιρετικά ακριβείς κόμβους σεισμικών αισθητήρων, υποβρύχιες εφαρμογές με WSN, και η τοποθέτηση αισθητήρων απεικόνισης και βίντεο. Από την άλλη πλευρά, σε ορισμένες εφαρμογές, τυχαία κατανομή των κόμβων είναι η μόνη εφικτή δυνατότητα. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές σε σκληρά περιβάλλοντα, όπως ένα πεδίο μάχης ή μιας περιοχής που επλήγη από φυσική καταστροφή. Ανάλογα με την διανομή κόμβων και το επίπεδο των επαναλήψεων, η τυχαία ανάπτυξη κόμβων μπορεί να επιτύχει τους απαιτούμενους στόχους απόδοσης.

3.4 Πρωταρχικοί στόχοι ανάπτυξης.

Οι προγραμματιστές εφαρμογών σίγουρα θέλουν οι αισθητήρες να αναπτυχθούν κατά τρόπο που να ευθυγραμμίζεται με τους γενικούς στόχους του σχεδιασμού. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα από τα προτεινόμενα σχέδια τοποθέτησης κόμβων στη βιβλιογραφία έχουν επικεντρωθεί στην αύξηση της κάλυψης, την επίτευξη ισχυρής σύνδεσης δικτύου, την παράταση της διάρκειας ζωής του δικτύου και/ή την ενίσχυση της πιστότητας των δεδομένων. Μια σειρά από δευτερεύοντες στόχους, όπως η ανεκτικότητα σφάλματος του κόμβου και η εξισορρόπηση φορτίου έχουν επίσης ληφθεί υπόψη. Το μεγαλύτερο μέρος του έργου επιχειρεί να μεγιστοποιήσει την επίτευξη των στόχων του σχεδιασμού με το ελάχιστο ποσό των πόρων, π.χ., τον αριθμό των κόμβων. Προφανώς, η επίτευξη των στόχων του σχεδιασμού μέσω τυχαίας κατανομής κόμβων είναι μια ύπιστη πρόκληση. Εν τω μεταξύ, αν και λογικά η ελεγχόμενη τοποθέτηση μπορεί να καλύψει θεωρητικά όλους τους πρωτοβάθμιους και δευτεροβάθμιους στόχους, η αναζήτηση για την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων πόρων του δικτύου διατηρεί την δυσκολία του προβλήματος. Η μεγιστοποίηση της κάλυψης της παρακολουθούμενης περιοχής είναι ο στόχος που έχει λάβει την μεγαλύτερη προσοχή στη βιβλιογραφία. Η αξιολόγηση της κάλυψης ποικίλλει με βάση το γενικό μοντέλο του πεδίου “όρασης” κάθε αισθητήρα και το μετρικό σύστημα που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της κάλυψης του συνόλου των ανεπτυγμένων αισθητήρων. Το μεγαλύτερο μέρος της δημοσιευμένης βιβλιογραφίας θεωρεί μια ζώνη κάλυψης σε μορφή δίσκου με κέντρο τον αισθητήρα και ακτίνα που ισούται με την απόσταση ανίχνευσης του. Ωστόσο, ορισμένες πρόσφατες εργασίες έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν ποιο πρακτικά μοντέλα του πεδίου “όρασης” του αισθητήρα με τη μορφή ανώμαλων πολυγώνων. Μερικά από τα δημοσιευμένα έργα, ιδίως τα πρώτα, χρησιμοποιούν την αναλογία την καλυμμένης περιοχής προς την συνολική περιοχή ενδιαφέροντος ως μέτρο για την ποιότητα της κάλυψης. Από το 2001, ωστόσο, οι περισσότερες προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην χειρότερη περίπτωση κάλυψης, αναφέρεται συνήθως και ως ελάχιστης έκθεσης, μετρώντας την πιθανότητα ότι ο στόχος θα ταξιδέψει σε όλη την έκταση ή ένα γεγονός θα συμβεί χωρίς να έχει εντοπιστεί. Σε αντίθεση με την κάλυψη, η οποία ήταν πάντα ένας στόχος ή περιορισμός για την τοποθέτηση κόμβων, η συνδεσιμότητα δικτύου έχει κριθεί ένα μη-ζήτημα σε ορισμένα από τα αρχικά έργα βασιζόμενα στην υπόθεση ότι το εύρος μετάδοσης T_r ενός κόμβου είναι πολύ μεγαλύτερο από την απόσταση ανίχνευσης του κόμβου S_r . Η υπόθεση είναι ότι η καλή κάλυψη θα αποφέρει ένα συνδεδεμένο δίκτυο όταν το T_r είναι πολλαπλάσιο του S_r . Ωστόσο, αν η έκταση της επικοινωνίας είναι περιορισμένη, π.χ., $T_r = S_r$, η συνδεσιμότητα γίνεται ένα θέμα εκτός αν υπάρχει σημαντική ανεκτικότητα στην έλλειψη κάλυψης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα έργα αντιμετώπισαν το πρόβλημα συνδεσιμότητας με ανάπτυξη αναμεταδοτών κόμβων που έχουν ισχυρές δυνατότητες επικοινωνίας. Η παράταση της διάρκειας ζωής του δικτύου ήταν στόχος τη βελτιστοποίησης για τα περισσότερα από τα δημοσιευμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας για WSNs.

Οι θέσεις των κόμβων επηρεάζουν σημαντικά τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Για παράδειγμα, οι διακυμάνσεις στην πυκνότητα των κόμβων σε ολόκληρη την περιοχή μπορεί τελικά να οδηγήσει σε ανομοιομορφία της κυκλοφοριακής συμφόρησης και να δημιουργήσει bottlenecks (σημεία έντονης συμφόρησης ανάμεσα σε σημεία ελάχιστης συμφόρησης). Επιπλέον, μια ομοιόμορφη κατανομή κόμβων μπορεί να οδηγήσει σε εξάντληση της ενέργειας των κόμβων που είναι κοντά στο σταθμό-βάση σε υψηλότερο ποσοστό από ό, τι τους άλλους κόμβους και έτσι να ελαττώσει τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Μερικές από τις δημοσιευμένες εργασίες να έχουν επικεντρωθεί στην παράταση τη διάρκεια ζωής του δικτύου και όχι στην κάλυψη του πεδίου. Η σιωπηρή παραδοχή είναι ότι υπάρχει επαρκής αριθμός κόμβων ή η απόσταση ανίχνευσης είναι αρκετά μεγάλη έτσι ώστε να μην υπάρχουν τρύπες στην κάλυψη. Η διασφάλιση της αξιοπιστίας των δεδομένων που συλλέγονται είναι προφανώς ένας σημαντικός στόχος του σχεδιασμού του WSN. Ένα δίκτυο αισθητήρων βασικά παρέχει μια συλλογική αξιολόγηση των φαινομένων που εντοπίζονται από την συγχώνευση των δεδομένων από πολλαπλούς ανεξάρτητους (και μερικές φορές ετερογενείς) αισθητήρες. Η συγχώνευση δεδομένων ενισχύει την πιστότητα των αναφερθέντων γεγονότων με τη μείωση της πιθανότητας ψευδών συναγερμών και της παράλειψης ενός ανιχνεύσιμου αντικείμενου. Από τη σκοπιά της επεξεργασίας σήματος, η συγχώνευση δεδομένων προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις επιπτώσεις των παρεμβολών εξετάζοντας τις αναφορές από πολλαπλούς αισθητήρες, έτσι ώστε μια ακριβής εκτίμηση μπορεί να γίνει σχετικά με το ανακαλυφθέν φαινόμενο. Η αύξηση του αριθμού των αναφορών από τους αισθητήρες σε μια συγκεκριμένη περιοχή θα ενισχύσει σίγουρα την ακρίβεια της συγχώνευσης δεδομένων. Ωστόσο, η απαιτήσεις σε κάλυψη θα οδηγήσουν σε αύξηση της πυκνότητας κόμβων, η οποία μπορεί να είναι ανεπιθύμητη λόγω του κόστους και άλλων περιορισμών, όπως η πιθανότητα ανίχνευσης των αισθητήρων σε ένα πεδίο μάχης.

Ανάπτυξη Βασιζόμενη Σε Ρόλους

Οι θέσεις των κόμβων δεν επηρεάζουν μόνο την κάλυψη, αλλά επηρεάζουν σημαντικά και τις ιδιότητες της τοπολογίας του δικτύου. Μερικές από τις δημοσιευμένες εργασίες έχουν επικεντρωθεί στην αρχιτεκτονική δικτύων με σκοπό τη βελτιστοποίηση ορισμένων μετρικών απόδοσης, για παράδειγμα, την παράταση της διάρκειας ζωής του δικτύου ή την ελαχιστοποίηση καθυστέρησης πακέτων. Οι αρχιτεκτονικές αυτές ορίζουν συχνά ρόλους για τους απασχολούμενους κόμβους και ακολουθούν μία στρατηγική τοποθέτησης, για κάθε κόμβο, που εξαρτάται από το ρόλο που παίζει ο κόμβος. Γενικά, ένας κόμβος μπορεί να είναι ένας κανονικός αισθητήρας, ένας αναμεταδότης, ένας κόμβος κεφαλής (cluster head) ή ένας σταθμός βάσης. Δεδομένου ότι οι κόμβοι κεφαλής και οι σταθμοί βάσης λειτουργούν συχνά ως πράκτορες συλλογής δεδομένων για αισθητήρες κοντά τους, μπορούμε να αναφερόμαστε συλλογικά σε αυτούς ως συλλέκτες δεδομένων. Τοποθέτηση αναμεταδοτών κόμβων έχει επίσης θεωρηθεί ως μέσο για τη δημιουργία μίας αποτελεσματικής τοπολογίας δικτύου. Σύγχρονα σχήματα διαχείρισης τοπολογίας υποθέτουν ανάπτυξη πολλών κόμβων και επιλεκτικά ενεργοποίηση αισθητήρων, ώστε να παραταθεί η διάρκεια ζωής του δικτύου. Σε αντίθεση με τα σχήματα αυτά, κατ' απαίτηση και προσεκτική τοποθέτηση κόμβων αξιοποιείται ώστε να διαμορφωθεί η τοπολογία δικτύου για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων απόδοσης. Πολλές παραλλαγές του προβλήματος τοποθέτησης αναμεταδότη κόμβου έχουν διερευνηθεί : καθένα έχει διαφορετική οπτική γωνία, ανάλογα με τη σχέση μεταξύ της απόστασης επικοινωνίας των αισθητήρων και του αναμεταδότη κόμβου, επιτρέποντας σε έναν αισθητήρα να ενεργεί ως σταθμός σε μια διαδρομή δεδομένων, υπολογίζοντας αν είναι επίπεδη ή κλιμακωτή αρχιτεκτονική δικτύου και τον στόχο της διαμόρφωσης βελτιστοποίησης. Οι αναλαμβανόμενες δυνατότητες του αναμεταδότη κόμβου ποικίλλουν ευρέως. Κάποιες εργασίες θεωρούν ότι αναμεταδότης κόμβος (RN) είναι ακριβώς όπως ένας αισθητήρας, ειδικά σε επίπεδες αρχιτεκτονικές δικτύων. Σε δύο επιπέδων δίκτυα, οι RNs παίζουν συνήθως το ρόλο μιας πύλης για έναν ή πολλαπλούς αισθητήρες στους άλλους κόμβους του δικτύου. Η εμβέλεια εκπομπής των RNs συχνά θεωρείται μεγαλύτερη από των αισθητήρων. Όταν οι RNs δεν μεταδίδουν άμεσα στο σταθμό-βάση, το πρόβλημα τοποθέτησης καθίσταται ολοένα και δυσκολότερο, δεδομένου ότι περιλαμβάνει, θέματα δικτύωσης μεταξύ των RN.

Η ομαδοποίηση είναι μια δημοφιλής μέθοδος για να καταστεί δυνατή μια σπονδυλωτή σχεδίαση WSN. Κάθε συστάδα έχει συνήθως καθορισμένο κόμβο κεφαλής (CH). Σε αντίθεση με τους RNs, οι οποία διαβιβάζουν τα δεδομένα από κάποιους αισθητήρες, όπως συζητήσαμε νωρίτερα, οι CHs συνήθως συγκεντρώνουν και συνδυάζουν τα στοιχεία της επιμέρους ομάδας τους και, συχνά, ασκούν καθήκοντα διαχείρισης της ομάδας τους όταν αυτό συνάδει με τις δυνατότητές τους. Όταν ενισχύονται με επαρκή υπολογιστικούς πόρους, οι CHs μπορούν να δημιουργήσουν και να διατηρήσουν ένα multi-hop ενδοομαδική δέντρο δρομολόγησης, να ορίσει στους αισθητήρες τρόπους πρόσβασης μέσου στην επιμέρους ομάδα, να εκχωρήσει αισθητήρες σε εργασίες, κλπ. Όταν ο συντονισμός μεταξύ CHs είναι απαραίτητος, ή οι CHs έχουν πολύ περιορισμένη απόσταση επικοινωνίας ώστε να έχουν άμεση πρόσβαση στον σταθμό βάση, οι CHs μπορεί να χρειάζεται να διαμορφώσουν ένα multi-hop δίκτυο μεταξύ τους, δηλαδή ένα είδος δεύτερου επιπέδου δίκτυο. Οι CHs μπορεί επίσης να επιλεγθούν από τον πληθυσμό των ανεπτυγμένων αισθητήρων. Στην περίπτωση αυτή, λίγος έλεγχος μπορεί να ασκηθεί εκτός αν οι κόμβοι είναι κινητοί. Η προσεκτική τοποθέτηση των κόμβων κεφαλής σε ένα ιεραρχικό δίκτυο έχει κριθεί ως μια αποτελεσματική στρατηγική για τη δημιουργία μίας αποτελεσματικής τοπολογίας δικτύου. Το ίδιο ισχύει και για τους σταθμούς βάσης. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες δημοσιευμένες προσεγγίσεις για την τοποθέτηση του CH ισχύουν και για σταθμούς βάσης για το ίδιο μοντέλο δικτύου, και αντιστρόφως. Η ομοιότητα οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τόσο οι CHs και οι σταθμοί βάσης συλλέγουν τα δεδομένα από τους αισθητήρες και παίρνουν κάποιο ηγετικό ρόλο για τη δημιουργία και τη διαχείριση του δικτύου. Για να απλουστευθεί η συζήτηση στο παρόν τμήμα θα αναφερθούμε στους κόμβους κεφαλής και στους σταθμούς βάσης ως συλλέκτες δεδομένων (DCs). Η πολυπλοκότητα του προβλήματος τοποθέτησης DC ποικίλει ανάλογα με την προγραμματισθείσα αρχιτεκτονική δικτύου.

Τα περισσότερα από τα πρωτόκολλα που περιγράφονται παραπάνω υπολογίζουν αρχικά τη βέλτιστη θέση για τους κόμβους και δεν σκέφτονται τη μετακίνησή τους από τη στιγμή που έχουν τοποθετηθεί. Από την άλλη πλευρά, ορισμένα σχέδια έχουν θεωρήσει δυναμική προσαρμογή της τοποθεσίας των κόμβων, δεδομένου ότι η βελτιστοποίηση των αρχικών θέσεων μπορεί να ακυρωθεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του δικτύου, ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου και των διαφόρων εξωτερικών παραγόντων. Για παράδειγμα, όταν πολλοί από τους αισθητήρες στην περιοχή του σταθμού βάσης σταματήσουν να λειτουργούν, λόγω της εξάντλησης των μπαταριών τους, ορισμένοι εφεδρικοί αισθητήρες που προέρχονται από άλλα μέρη της παρακολουθούμενης περιοχής μπορούν να εντοπιστούν και να μεταφερθούν για να αντικαταστήσουν τους “νεκρούς” αισθητήρες για να βελτιωθεί η διάρκεια ζωής του δικτύου. Τέτοιες δυναμικές μετατοπίσεις μπορεί επίσης να είναι πολύ επωφελής σε μια εφαρμογή παρακολούθησης στόχου όπου ο στόχος είναι κινητός. Για παράδειγμα, ορισμένοι από τους αισθητήρες μπορεί να μεταφερθούν κοντά στο στόχο ώστε να αυξηθεί η πιστότητα των δεδομένων των αισθητήρων. Επιπλέον, σε ορισμένες εφαρμογές μπορεί να είναι σοφό να κρατήσει ο σταθμός βάση μια ασφαλή απόσταση από βλαβερούς στόχους, για παράδειγμα, ένα εχθρικό στρατιωτικό όχημα, με την μετεγκατάσταση σε ασφαλέστερες περιοχές, προκειμένου να εξασφαλισθεί η διαθεσιμότητά του. Η αλλαγή θέσης κόμβων κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του δικτύου είναι πολύ δύσκολο. Σε αντίθεση με την αρχική τοποθέτηση, η μετεγκατάσταση αυτή εκτελείται μετά από ερέθισμα από το δίκτυο ή το περιβάλλον. Επιβάλλεται, επομένως, η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου και των επιδόσεων καθώς και ανάλυση των γεγονότων που συμβαίνουν στην περιοχή του κόμβου. Επιπλέον, η διαδικασία μεταφοράς χρειάζεται προσεκτικό χειρισμό, δεδομένου ότι υπάρχει περίπτωση να προκαλέσει αναστάτωση στην διανομή δεδομένων. Τα βασικά προβλήματα μπορούν να απαριθμηθούν ως εξής: τότε έχει νόημα για έναν κόμβο να μετεγκατασταθεί, πού θα πρέπει να πάει και πώς θα δρομολογηθούν τα δεδομένα ενώ ο κόμβος βρίσκεται σε κίνηση. Πότε να εξετάσουν τη μετεγκατάσταση: Η απόφαση για την κίνηση ενός κόμβου πρέπει να προκαλείται από είτε μια απαραίτητη μέτρηση της απόδοσης (παρά τη σύσταση της πιο αποτελεσματικής τοπολογίας δικτύου), ή μια επιθυμία να ενισχυθούν τα μέτρα αυτά περισσότερο από όσο είναι εφικτό στη τρέχουσα θέση του κόμβου. Μόλις ένας κόμβος έχει το κίνητρό του, θα

εξετάσει τη μετάβαση σε μια νέα θέση. Μια τέτοια εξέταση δεν οδηγεί αναγκαστικά σε μια πραγματική μετεγκατάσταση. Ο κόμβος πρέπει πρώτα να εξετάσει τις επιπτώσεις της επανατοποθέτησης στη νέα θέση σχετικά με την απόδοση του δικτύου και τη λειτουργία του. Συνεπώς, το “πότε” και “πού” της μετακίνησης του κόμβου είναι πολύ στενά συνδεδεμένα. Επιπλέον, ο κόμβος πρέπει να εκτιμήσει το κόστος μεταφοράς. Το εν λόγω κόστος γενικά μπορεί να είναι επιζήμιο για τον κόμβο και το δίκτυο. Για παράδειγμα, αν ο κόμβος είναι ένα ρομπότ, η ενέργεια που καταναλώνεται από τα μηχανικά μέρη κατά τη διάρκεια της μετακίνησης είναι ένα σημαντικό έξοδο για τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του ρομπότ και ως εκ τούτου θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Επιπλέον, όταν οι μετρικές ενέργειας χρόνου έχουν την ύψιστη ανησυχία, ο αντίκτυπος στη διάρκεια ζωής των μεμονωμένων αισθητήρων και η συντήρηση κατά την διαδρομή πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, αντίστοιχα.

Πού να μετεγκατασταθεί: Όταν έχει κίνητρο να μετεγκατασταθεί, ο κόμβος πρέπει να προσδιορίσει μια νέα θέση που θα ικανοποιεί το κίνητρο, π.χ., να αυξήσει τις συνολικές επιδόσεις του δικτύου. Και πάλι, ο υπολογισμός της νέας θέσης και, ενδεχομένως, τα κριτήρια αναζήτησης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού. Βρίσκοντας μια βέλτιστη θέση για τον κόμβο σε ένα multi-hop δίκτυο είναι ένα πολύ σύνθετο πρόβλημα. Η πολυπλοκότητα αυτή απορρέει κυρίως από δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι ο δυνητικά άπειρος αριθμός των πιθανών θέσεων στους οποίους ένας κόμβος μπορεί να μετακινηθεί. Ο δεύτερος παράγοντας είναι η επιβάρυνση από την παρακολούθηση των πληροφοριών κατάστασης του δικτύου και του κόμβου για τον καθορισμό της νέας θέσης. Επιπλέον, για κάθε ενδιάμεση λύση που εξετάζεται στο πλαίσιο της έρευνας για τη βέλτιστη θέση, μια νέα multi-hop τοπολογία δικτύου μπορεί να χρειαστεί να συσταθεί προκειμένου να συγκριθεί η προσωρινή λύση με την τρέχουσα ή τις προηγούμενες θέσεις. Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος μετεγκατάστασης του κόμβου μπορεί να συνεπάγεται ένα τεράστιο αριθμό παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων όλων των ανεπτυγμένων κόμβων, πληροφοριών για την κατάσταση τους (συμπεριλαμβανομένου και του αποθέματος ενέργειας, απόσταση επικοινωνίας, κ.λπ.) και των πηγών δεδομένων στο δίκτυο. Επιπλέον, ένας κόμβος μπορεί να χρειάζεται να γνωρίζει τα όρια της υπό παρακολούθησης περιοχής, τη τρέχουσα αναλογία κάλυψης του δικτύου, τη θέση των “νεκρών” αισθητήρων ή άλλες πληροφορίες, προκειμένου να καθορίσει τη νέα του θέση. Λόγω του μεγάλου αριθμού των κόμβων που συνήθως ασχολούνται με τις εφαρμογές των WSNs, η εκτέλεση μίας εξαντλητικής αναζήτησης δεν θα ήταν πρακτικά εφαρμόσιμη. Επιπλέον, η δυναμική φύση του δικτύου καθιστά την κατάσταση του κόμβου και τις πηγές δεδομένων ραγδαίως μεταβαλλόμενες, έτσι η διαδικασία βελτιστοποίησης ενδέχεται να πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνά. Επιπλέον, μπορεί να είναι ανεπιθύμητη η συμμετοχή των κόμβων σε σύνθετους υπολογισμούς αφού αυτό απασχολεί τόσο την υπολογιστική δύναμη που απαιτείται για την επεξεργασία σε επίπεδο εφαρμογής, για παράδειγμα, συγχώνευση δεδομένων, και καταναλώνει την ενέργεια που απαιτείται για τη μετακίνηση του κόμβου. Ως εκ τούτου, προσεγγιστικές και τοπικές λύσεις, ή αλγόριθμοι αναζήτησης, είναι πιο δημοφιλείς στα πλαίσια των WSNs.

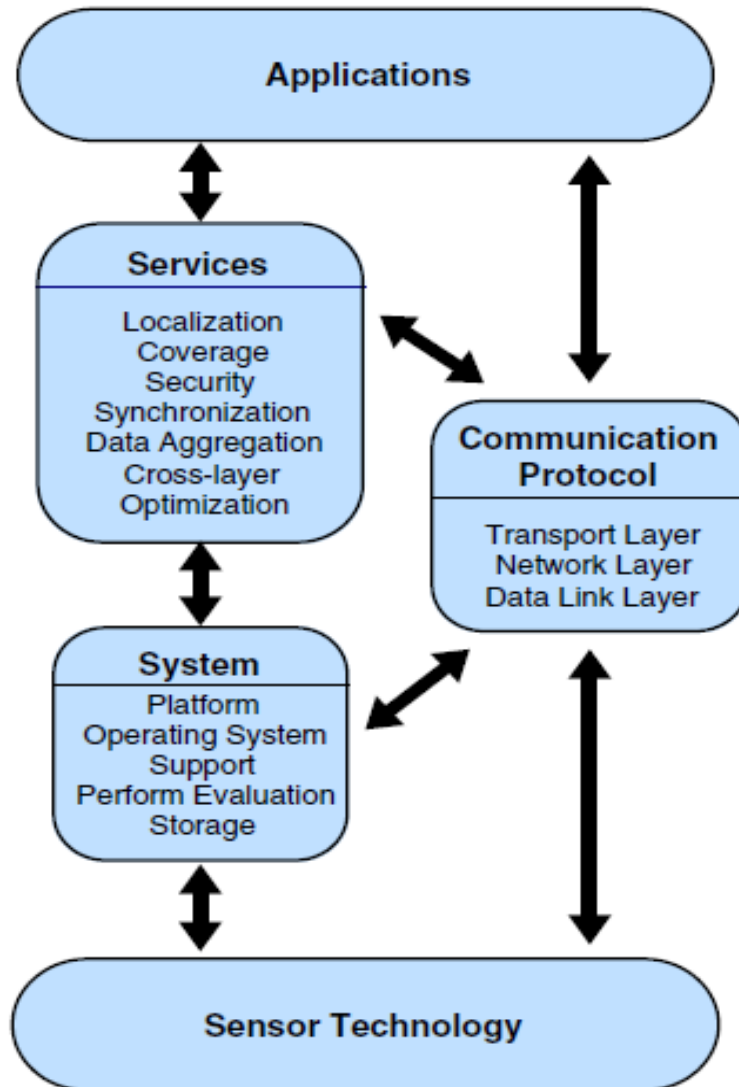
Διαχείριση και δικαιολόγηση της κίνησης: Αφού η νέα θέση του κόμβου έχει επιλεγεί και επιβεβαιωθεί ότι ενισχύει ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά σχεδιασμού, ο κόμβος θα πρέπει να προσδιορίσει μια διαδρομή προς τη νέα θέση. Οι κυριότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην επιλογή διαδρομής είναι η συνολική απόσταση που θα διανυθεί, η καταλληλότητα του εδάφους, η ασφάλεια διαδρομής και ο κίνδυνος να διαταραχθεί η λειτουργία του δικτύου. Η ελαχιστοποίηση των αποστάσεων για τους κόμβους είναι καθοριστικής σημασίας δεδομένου ότι η ενέργεια που καταναλώνεται από τα μηχανικά μέρη σε μια τέτοια κίνηση είναι πολύ περισσότερη από την ενέργεια της επικοινωνίας και υπολογισμού. Ως εκ τούτου, ο συντομότερος δυνατός δρόμος, θα πρέπει να προσδιορίζεται για να φθάσει στη νέα θέση. Ωστόσο, ο κόμβος έχει επίσης να επιλέξει ένα μονοπάτι στο οποίο η κίνησή του είναι φυσικά εφικτή. Ο κόμβος μπορεί να χρειαστεί να συμβουλευτεί ένα γεωμετρικό χάρτη ή να βασιστεί σε ειδικό ενσωματωμένο εξοπλισμό, π.χ., κάμερες, για να αποφευχθούν τα εμπόδια και αδιέξοδα. Η άλλη ανησυχία είναι η προστασία του κόμβου στη διάρκεια της μετακίνησης. Δεδομένου ότι ένα WSN είναι συνήθως αναπτυγμένο σε

σκληρά περιβάλλοντα για την ανίχνευση και την παρακολούθηση επικίνδυνων στόχων ή γεγονότων, ο κόμβος θα πρέπει να αποφεύγει την έκθεση σε κίνδυνο ή να καταστεί παγιδευμένος. Για παράδειγμα, ο κόμβος δεν θα πρέπει να περάσει από μια φωτιά για να φτάσει στη νέα θέση. Ο κόμβος θα πρέπει επίσης να ελαχιστοποιεί τυχόν αρνητικές επιπτώσεις στην λειτουργία του δικτύου. Ενώ ο κόμβος βρίσκεται σε κίνηση, πρέπει να διασφαλίζει ότι η ροή δεδομένων παραμένει αδιάκοπη. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να χρειαστεί να αυξήσει την ισχύ της μετάδοσής του για να καλύψει την προϋπολογισμένη πορεία προκειμένου να διασφαλίσει ότι τα πακέτα θα συνεχίσουν να τον φτάνουν. Συνεχής διανομή δεδομένων εμποδίζει τον κόμβο να χάσει σημαντικές αναφορές κατά τη διάρκεια της μετακίνησης, μία απώλεια που μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε επίπεδο εφαρμογών. Αυτή η ακεραιότητα σε επίπεδο εφαρμογής είναι ένα χαρακτηριστικό του σχεδιασμού από μόνη της. Ως εκ τούτου, είναι σκόπιμο να περιοριστούν οι αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου. Η αποφυγή ριζικών αλλαγών στα δρομολόγια των δεδομένων περιορίζει τη διακοπή της εν εξελίξει κίνησης δεδομένων, αλλά και περιορίζει την επιβάρυνση που η μετεγκατάσταση εισάγει. Και πάλι, ο κόμβος εκτελεί μια ανάλυση της εξισορρόπησης μεταξύ του κέρδους που επιτυγχάνεται με τη μετάβαση σε μια νέα θέση και τα γενικά έξοδα από πλευράς πρόσθετης κατανάλωσης ενέργειας που η πρόταση επιβάλλει σε άλλους κόμβους. Αν η μετακίνηση είναι δικαιολογημένη, ο κόμβος μπορεί να μετεγκατασταθεί.

Το τελευταίο θέμα είναι το κατά πόσον υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τη διάρκεια του χρόνου τον οποίο ο κόμβος διαθέτει για τη μετακίνηση. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να προκύψει σε ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον στο οποίο ο τρόπος διεξαγωγής της κυκλοφορίας μεταβάλλεται συχνά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα κέρδη που επιτεύχθηκαν με τη μετάβαση σε μια θέση μπορεί να χαθούν ή να υποβαθμιστούν πολύ γρήγορα και ο κόμβος θα διαπιστώσει ότι πρέπει να κινηθεί και πάλι σε τρίτη θέση ή ακόμα και να επιστρέψετε στην παλιά θέση. Στη χειρότερη περίπτωση, ο κόμβος συνεχίζει να κινείται πέρα δώθε μεταξύ αυτών των τοποθεσιών. Επομένως, μια σταδιακή προσέγγιση στη νέα θέση μπορεί να είναι σκόπιμη, προκειμένου να αποφευχθεί αυτό το σενάριο. Δυναμική επανατοποθέτηση των DCs, ερευνήθηκε επίσης ως μέσο για την ενίσχυση της απόδοσης του δικτύου, δίνοντας λύση σε προβλήματα με σημεία συμφόρησης της κυκλοφορίας και προλαμβάνοντας διακοπές στην λειτουργία του δικτύου. Σε αντίθεση με την επανατοποθέτηση του αισθητήρα, ο στόχος για την μετακίνηση του DC δεν είναι συνήθως για το τοπικό κόμβο και περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους κατάστασης του δικτύου.

3.5 Εργασίες Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων

Για να καθιστούν δυνατές οι εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν τεχνολογίες αισθητήρων, το φάσμα των καθηκόντων των αισθητήρων μπορούν ευρέως να καταταχθούν σε τρεις ομάδες, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω :



Η πρώτη ομάδα είναι το σύστημα.

Κάθε κόμβος αισθητήρας είναι ένα μεμονωμένο σύστημα. Για την υποστήριξη διαφορετικών εφαρμογών λογισμικού σε ένα σύστημα αισθητήρων, ανάπτυξη νέων πλατφορμών, λειτουργικών συστημάτων, και συστημάτων αποθήκευσης απαιτούνται.

Η δεύτερη ομάδα είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, τα οποία καθιστούν δυνατή την επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και των αισθητήρων. Επιτρέπουν επίσης την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων αισθητήρων.

Η τελευταία ομάδα είναι οι υπηρεσίες που αναπτύσσονται για να ενισχυθεί η εφαρμογή και να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος και την αποτελεσματικότητα του δικτύου. Από την προοπτική των απαιτήσεων της εφαρμογής και της διαχείρισης του δικτύου, είναι σημαντικό οι κόμβοι του δικτύου είναι σε θέση να αυτοδιοργανώνονται. Δηλαδή, οι κόμβοι του δικτύου να μπορούν να οργανωθούν σε ένα δίκτυο και στη συνέχεια είναι σε θέση να ελέγχουν και να διαχειρίζονται τους εαυτούς τους αποτελεσματικά.

4: Intelligent Transportation Systems

4.1 Επισκόπηση ITS:

Η Συνεχής αύξηση αναγκών μεταφοράς οδήγησε σταδιακά στον υπερπληθυσμό μεγάλων πόλεων από οχήματα, αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί δραματικά η κυκλοφοριακή συμφόρηση στους δρόμους η οποία συνοδεύεται από ατυχήματα καθώς και απρόβλεπτες καταστάσεις εκτάκτου κινδύνου. Αυτά τα γεγονότα υποδεικνύουν πως υπάρχουν σημαντικές “ανικανότητες”/ατασταλείες στο υπάρχον μεταφορικό σύστημα και οι οποίες απαιτούν την ανάπτυξη συστημάτων τα οποία θα έχουν ως στόχο τους την επίτευξη γρηγορότερης καθώς και ασφαλέστερης μετακίνησης. Ένας από τους δημοφιλέστερους τρόπους για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων είναι η εφαρμογή των τελευταίων επιτευγμάτων της επιστήμης των Τηλεπικοινωνιών στο χώρο της διαχείρισης της κυκλοφοριακής κίνησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αξιοποίηση γνωστικών από τις αρχές δικτύωσης π.χ. Με την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης της μεταφοράς τα οποία θα έχουν την δυνατότητα μάθησης (μέσω προηγούμενων “εμπειριών”) καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη, εκ των προτέρων, πιθανών κινδύνων και ως εκ τούτου η άμεση τροποποίηση της συμπεριφοράς του οχήματος. Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε πως μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πολυάριθμων οχημάτων τα οποία βρίσκονται σε μια ορισμένη περιοχή είναι δυνατόν να παρθούν αποφάσεις οι οποίες οδηγούν στην βελτίωση της ποιότητας της μεταφοράς καθώς και στην μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και πιθανότητα να προκύψουν καταστάσεις εκτάκτου κινδύνου.

Τα προαναφερθέντα συστήματα είναι γνωστά ως ITS(Intelligent Transportation Systems) τα οποία έχουν ως κύριο στόχο την εκτίμηση της κυκλοφορίας καθώς και την διαχείριση της κάτι το οποίο επιτυγχάνεται μέσω των τεχνολογιών της Πληροφορικής και των Επικοινωνιών με αρκετές καινοτόμες και οικονομικώς αποδοτικές υπηρεσίες και εφαρμογές οι οποίες αφορούν τα δίκτυα μεταφοράς.

Η έννοια των ευφυών μεταφορών όμως δεν είναι κάτι νέο. Η πρώτη αυτοματοποιημένη διαδρομή καθοδήγησης ήταν διαθέσιμη το 1910 και τα πρώτα αυτοματοποιημένα συστήματα αυτοκινητοδρόμων παρουσιάστηκαν το 1939 στην Παγκόσμια Έκθεση(IEEE ITS Council Newsletter). Ωστόσο, τι ακριβώς κάνει ένα σύστημα ευφυών μεταφορών εξαρτάται από ποιόν θα ρωτήσουμε. Στη Βόρεια Αμερική, συγκεκριμένα στις ΗΠΑ: Τα “Ευφυή Συστήματα Μεταφορών(ITS) είναι η εφαρμογή η οποία είναι κατασκευασμένη από αλληλένδετα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρονικών ειδών, καθώς και τεχνολογιών επικοινωνίας και στρατηγικές διαχείρισης για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των επίγειων συστημάτων μεταφοράς” (Mid-America Regional Council). Στο Καναδά τα ITS είναι “Η εφαρμογή προηγμένων και αναδυόμενων τεχνολογιών (σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αισθητήρες, ελέγχου, επικοινωνιών και ηλεκτρονικών συσκευών) στον τομέα των μεταφορών προκειμένου να σωθούν ζωές, χρόνος, χρήμα, ενέργεια καθώς και το περιβάλλον” (ITS Canada). Αξίζει να επισημάνουμε ότι και οι δυο αυτοί ορισμοί αφορούν την εφαρμογή τεχνολογιών των ηλεκτρονικών υπολογιστών πάνω στην κυκλοφορία χωρίς κάποιον εξειδικευμένο τρόπο υλοποίησης.

Η Ευρώπη χρησιμοποιεί μια πιο συγκεκριμένη προσέγγιση προκειμένου να περιγράψει τα ITS και τα διαχωρίζει σε 3 κατηγορίες: κυκλοφορίας, επιβατών και δημόσιων συγκοινωνιών. Αντί να εστιάζουν σε τεχνολογίες οι οποίες είναι “αναδυόμενες” προτιμούν να θέτουν στόχους οι οποίοι περιλαμβάνουν την μέτρηση και την βελτίωση της απόδοσης.

4.2 Οι ορισμοί των ITS στην Ευρώπη

1. Ευφυή Συστήματα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας μετρούν και αναλύουν πληροφορίες που αφορούν τη ροή της κυκλοφορίας και χρησιμοποιούν ITS μετρήσεις για την μείωση των προβλημάτων. Αποτελούνται από μηχανογραφημένα σήματα ελέγχου της κυκλοφορίας, συστήματα για την διαχείριση της κυκλοφορίας και αυτοκινητοδρόμων, ηλεκτρονική έκδοση αδειών, συστήματα διαχείρισης συμβάντων έκτακτης ανάγκης, ηλεκτρονικά διόδια και τιμολόγησης, συστήματα επιβολής της “σωστής” κυκλοφοριακής συμπεριφοράς και έξυπνη προσαρμογή της ταχύτητας του οχήματος.

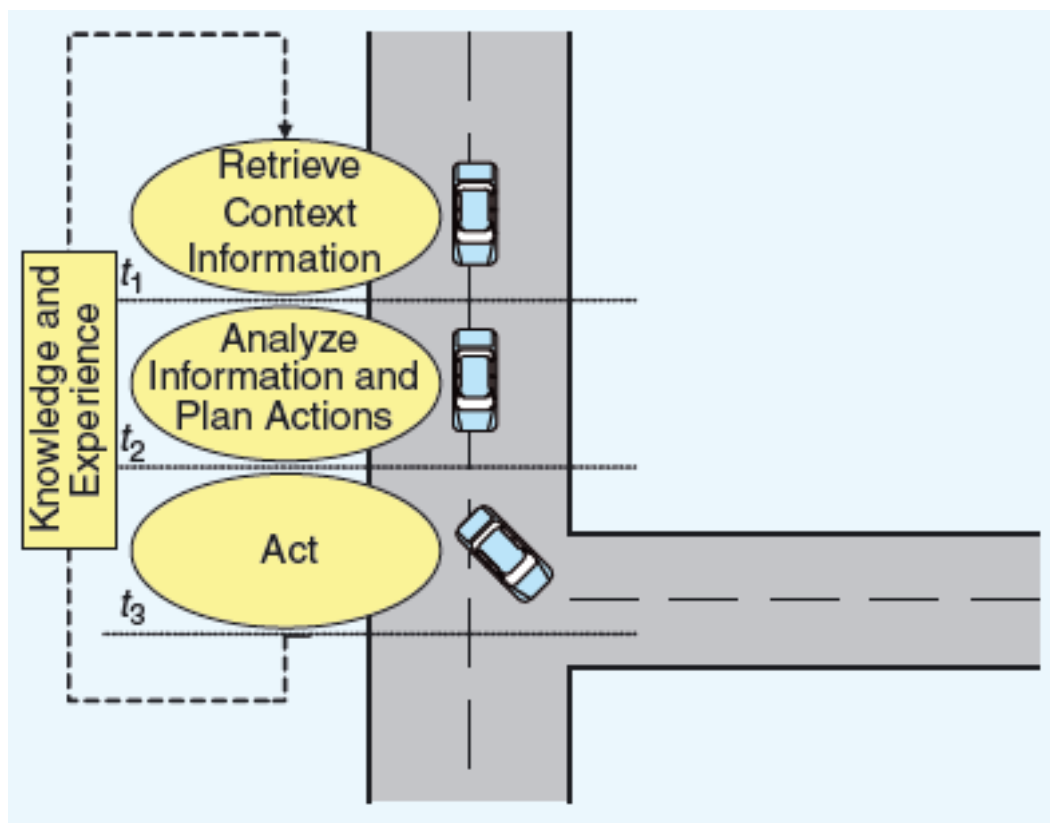
2. Ευφυή Συστήματα Πληροφοριών Επιβατών βελτιώνουν την γνωστική βάση του καταναλωτή και αποτελούνται από συστήματα πληροφόρησης των επιβατών, συστήματα καθοδήγησης ενδιάμεσως της διαδρομής του οχήματος, συστήματα καθοδήγησης σε διαθέσιμο χώρο στάθμευσης, βάση ψηφιακού χάρτη και μεταβλητό συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων.

3. Ευφυή Συστήματα Δημοσίων Μεταφορών περιλαμβάνουν ITS μετρήσεις που αποσκοπούν στην βελτίωση της απόδοσης των δημόσιων μεταφορών. Αποτελούνται από τα ευφυή οχήματα, ευφυή προσαρμογή της ταχύτητας, συστήματα διαχείρισης διαμετακόμισης στόλου, συστήματα πληροφόρησης των επιβατών, συστήματα ηλεκτρονικών πληρωμών, συστήματα ηλεκτρονικής αδειοδότησης, συστήματα διαχείρισης της ζήτησης μεταφορών και των δημόσιων συγκοινωνιών προτεραιοτήτων.

Τα παραπάνω μας οδηγούν στο ερώτημα τι είναι ευφύες; Είναι ευφύες να βρεθεί η σωστή τεχνολογία για να ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη ανάγκη; Πρέπει το ευφύες να χρησιμοποιεί την τελευταία λέξη της τεχνολογίας; Πολλοί ερευνητές προτείνουν ότι η ευφυής μεταφορά είναι εκείνη που εξισορροπεί τις ανάγκες των χρηστών με ένα ολοκληρωμένο και βιώσιμο τρόπο. Δυο Ολλανδοί συγγραφείς γράφουν στο περιοδικό της Γεωγραφίας των Μεταφορών "Αν και δεν υπάρχει ένας κοινός ορισμός για τη βιώσιμη μεταφορά είναι γενικά αποδεκτό ότι βιώσιμη μεταφορά συν επάγει εξισορρόπηση μεταξύ υπαρχόντων και μελλοντικών οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών ιδιοτήτων... Χρειάζονται δείκτες βιωσιμότητας προκειμένου να εξετασθούν οι προϋποθέσεις και οι δυνατότητες προκειμένου να επιτευχθεί μια βιώσιμη μεταφορά. Ο βαθμός στον οποίο οι διάφορες βιώσιμες πολιτικές θα επηρεάσουν τους δείκτες αυτούς θα πρέπει να αξιολογείται συστηματικά εξετάζοντας τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των συστημάτων μεταφοράς. Οι οικονομικοί δείκτες πρέπει να μετρούν τις πιθανές επιδράσεις στην οικονομική ευημερία όπως μακροοικονομικές αλλαγές, το ΑΕΠ, την οικονομική αποτελεσματικότητα, την κατανομή του εισοδήματος και τα ποσοστά ανεργίας. Οι κοινωνικοί δείκτες θα πρέπει να αντανakλούν επιπτώσεις στην κοινωνική/και την ατομική ποιότητα ζωής, όπως η υγεία και η ασφάλεια. Περιβαλλοντικοί δείκτες θα πρέπει να μετρούν τα αποτελέσματα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, όπως η χρήση των πόρων, των εκπομπών ρύπων και των αποβλήτων και την ποιότητα του εδάφους, του νερού και του αέρα που μπορεί να επηρεάσουν την ανθρώπινη (και μη-ανθρώπινη) ζωή". Ενώ η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη των στόχων αυτών, η χρήση της δεν αποτελεί στόχο.

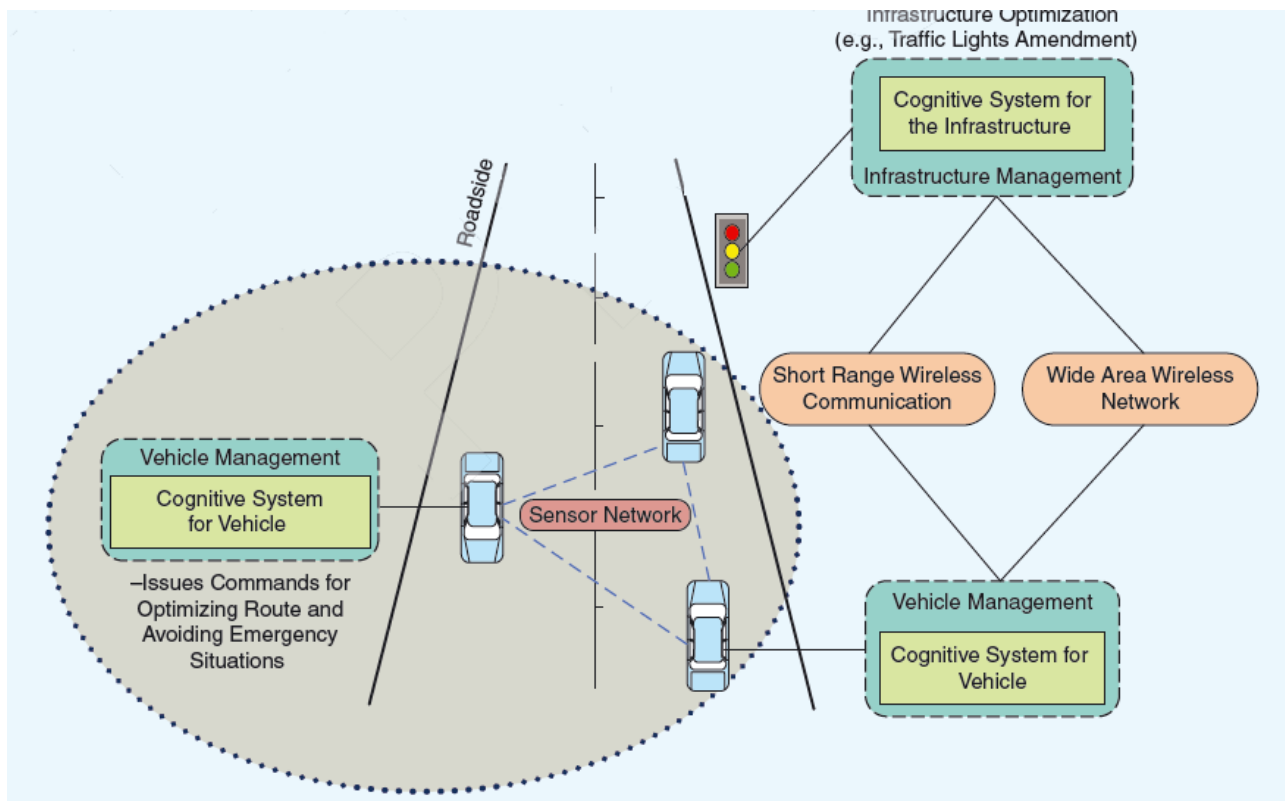
Παρά τη δημιουργία των ITS, υπάρχουν τρόποι να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα και η ασφάλεια των μεταφορών: Οι κυκλοφοριακές συνθήκες που θα πρέπει να ελέγχονται από τα οχήματα μπορούν συχνά να αλλάξουν με ένα ξαφνικό ή επαναλαμβανόμενο τρόπο. Έτσι, αφενός, η κίνηση πρέπει να αξιολογείται σε πραγματικό χρόνο. Από την άλλη πλευρά μοτίβα που προκύπτουν από μια διαδικασία μάθησης θα μπορούσαν να προσθέσουν ακρίβεια στα μηνύματα τα οποία κοινοποιούνται στους οδηγούς. Συστήματα τα οποία επιτυγχάνουν εκτίμηση και διαχείριση της κυκλοφορίας συνήθως είναι συγκεντρωτικά, αυτό σημαίνει, κατ'αρχήν, πως είναι πολύπλοκα και ακατάλληλα για προσαρμογή σε αλλαγές πλαισίου μέσα σε σύντομα χρονικά διαστήματα. Σήμερα η συλλογή πληροφοριών πλαισίου, η επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης καθώς και η εφαρμογή αναδιαμόρφωσης των αποφάσεων είναι μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται off-line και εφαρμόζεται μεσοπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα σε φάσμα χρόνου. Νοημοσύνη ενσωματωμένη στα οχήματα είναι ακόμη σε πολύ χαμηλό επίπεδο και δεν υπάρχει καμία εκτίμηση από το όχημα για την συνολική κατάσταση ασφάλειας η οποία θα προέρχεται από την συσχέτιση μεταξύ των κυκλοφοριακών συνθηκών, της κατάστασης του οχήματος και την συμπεριφορά του οδηγού. Μια πιθανή οδός για την επίτευξη της απόκτησης ικανότητας για προσαρμογή σε νέες κυκλοφοριακές καταστάσεις, της διευκόλυνσης της συνεργασίας και την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας (όλων των παραπάνω) είναι να εφαρμοστούν όσο το δυνατόν περισσότερο διανεμημένες όμως ταυτόχρονα και συνεργατικές λύσεις και ταυτόχρονα να αξιοποιηθούν εμπειρίες και γνώση (η οποία θα βρίσκεται τοπικά μέσα στο ίδιο το όχημα καθώς επίσης και στο παγκόσμιο επίπεδο δικτύου). Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εισαγωγή γνωστικών συστημάτων για την διαχείριση των οχημάτων. Εξ ορισμού, τέτοια γνωστικά συστήματα μπορούν

να διατηρήσουν γνώση από το παρελθόν μέσω αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον τους, και εν συνέχεια μπορούν να μετατρέψουν αυτή τη γνώση σε εμπειρία, και να σχεδιάσουν τις μελλοντικές τους δράσεις αναλόγως. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την απόδοση των οχημάτων (π.χ. επίλυση των προβλημάτων υπερφόρτωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης /αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης γρηγορότερα) καθώς επίσης και την αξιοπιστία των αποφάσεων που λαμβάνονται. Σκοπός της συγκεκριμένης ενότητας είναι να εισάγει νέες λειτουργίες για την παροχή γνώσεων στα οχήματα έτσι ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται από κοινού την κυκλοφορία καθώς και την ασφάλεια. Αυτή η υπό-ενότητα παρέχει μια επισκόπηση του τρέχοντος ασυρμάτου κόσμου εστιάζοντας σε γνωστικά ασύρματα δίκτυα και συστήματα. Στη συνέχεια εξηγεί πως τα WSNs μπορούν να συνεργαστούν με γνωστικά για την οικοδόμηση μιας λειτουργικότητας η οποία θα ενεργεί ως ένα ευφύες δίκτυο μεταφοράς το οποίο μπορεί να ενισχύσει την διαχείριση της κυκλοφορίας και της ασφάλειας στα ίδια τα οχήματα καθώς και στις υποδομές του συνολικού μεταφορικού συστήματος. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται η χρήση ενός τέτοιου συστήματος



Όπως προαναφέρθηκε, τα WSNs αποτελούν μέρος της B3G στον ασύρματο κόσμο. Ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει εκατοντάδες κόμβους που λειτουργούν με την χρήση μικρών μπαταριών, και ως εκ τούτου, η βιωσιμότητά του συστήματος εξαρτάται από τους πόρους που καταναλώνονται για λογαριασμό των κόμβων του. WSNs μπορούν να υπάρχουν σε περιοχές όπου πρέπει να γίνουν ορισμένες μετρήσεις, για τη θερμοκρασία, τη πίεση, την υγρασία, τη ταχύτητα κ.α. Κάθε φορά που ένας αισθητήρας (κόμβος) λαμβάνει ένα έναυσμα, προωθεί τις σχετικές πληροφορίες σε όλο το δίκτυο (WSN). Άλλοι αισθητήρες (κόμβοι) λαμβάνουν αυτές τις πληροφορίες και συνεχίζουν την αποστολή τους μέχρι να φτάσουν σε ένα ή περισσότερους SINK. Ο τρόπος διαβίβασης πληροφοριών στο εσωτερικό του WSN μπορεί να ποικίλει, δεδομένου ότι υπάρχουν πολλές επιλογές για τη δρομολόγηση πακέτων. Επιπλέον, οι κόμβοι μπορεί να (σκοπίμα) να κινούνται, ενώ μερικοί κόμβοι μπορεί να παύσουν να λειτουργούν λόγω ενεργειακών προβλημάτων. Τα παραπάνω καθιστούν την μεταφορά πληροφορίας ένα σημαντικό πρόβλημα. Σε γενικές γραμμές, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν πολλές συναρπαστικές εφαρμογές.

Από αυτή την άποψη, το ακόλουθο σχήμα δείχνει πώς το WSN μπορεί να είναι μέρος των ευφύων συστημάτων μεταφοών, σε συνδυασμό με γνωστικά συστήματα.



Σε γενικές γραμμές, αυτό θα επιτευχθεί μέσω ενός δικτύου αισθητήρων το οποίο θα σχηματίζεται δυναμικά από τα οχήματα που εμπίπτουν σε μια ορισμένη γεωγραφική εμβέλεια και να επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων κόμβων του δικτύου (οχήματα). Αυτό θα οδηγήσει σε σημαντική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των οχημάτων του δικτύου. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να βελτιώσουν όχι μόνο τη ποιότητα της μεταφοράς όσον αφορά τη μείωση της κυκλοφορίας συμφόρησης, αλλά μπορούν επίσης να μειώσουν σημαντικά τον κίνδυνο ατυχημάτων και εμφάνιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

4.3 Περιγραφή Λειτουργικότητας :

Ο ποιο σημαντικός στόχος στην λειτουργικότητα ευφύων διαχειριστικών συστημάτων για οχήματα, καθώς και στο σύνολο της υποδομής των μεταφοών είναι βελτίωση των επιπέδων απόδοσης καθώς και της ασφάλειας της κίνησης. Στο πλαίσιο αυτό, υπάρχουν αρκετές πλευρικές απαιτήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν από την διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης: συνειδητοποίηση των συμφραζομένων καταστάσεων: Να είναι εύκολος ο προσδιορισμός του τρέχοντος πλαισίου ώστε το όχημα να μπορεί να προσαρμοστεί δυναμικά, γρήγορα και με ασφάλεια, και ως εκ τούτου, να παρέχει τα μέγιστα επίπεδα ασφάλειας και ποιότητας υπηρεσίας.

Προσωποποίηση: Να μην υποστηρίζονται μόνο διαφορές κατηγορίες οχημάτων/οδηγών αλλά να δίνονται και συγκεκριμένες λύσεις για το προφίλ του συγκεκριμένου οδηγού.

Υποστήριξη του pervasive computing: Να καταστεί δυνατή η ύπαρξη και τη λειτουργία αισθητήρων, ad hoc δικτύωσης, καθώς επίσης και τοπικά δίκτυα σε όλους τους τομείς της εφαρμογής.

Χρειάζεται πάντα η καλύτερη δυνατή συνδεσιμότητα: Για την παροχή συνεχούς δικτύου πρόσβασης με απώτερο σκοπό να επιτρέπεται στην εφαρμογή να λειτουργεί μέσα σε ετερογενείς περιβάλλοντα.

Συνεργασία με εναλλακτικά RATs: Για να καταστεί δυνατή η απρόσκοπτη λειτουργία της εφαρμογής.

Επεκτασιμότητα: Η ικανότητα να παρέχονται λύσεις σε διαφορά επίπεδα να είναι σε θέση να λειτουργεί είτε με συνεργασία, είτε αυτόνομα ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες κάθε φορά.

Οι αισθητήρες του οχήματος είναι σε θέση να επιτρέπουν την σύνθεση μιας ad hoc δικτύωσης μεταξύ γειτονικών οχημάτων ώστε να επιτρέπεται η επικοινωνία και η ανταλλαγή μηνυμάτων. Στην γενική περίπτωση ένα όχημα μπορεί να έχει πολλαπλούς αισθητήρες και οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ τους μπορούν να ταξινομηθούν σε υψηλού και χαμηλού επιπέδου.

Υψηλού Επιπέδου Δεδομένα

Το είδος των δεδομένων αυτών περιλαμβάνει γνώση σχετική με την κυκλοφοριακή συμφόρηση,εγρήγορη για πιθανές καταστάσεις κινδύνου,χαρακτηρισμό της συμπεριφοράς του οδηγού,χαρακτηρισμού της γενικής κατάστασης του οχήματος (καλή,μέτρια,κακή) και συμπεριφοράς οδήγησης, πληροφορίες για την κατάσταση του οδοστρώματος (πχ. Ολισθηρό),πληροφορίες για τα γειτονικά οχήματα και την δική τους οδηγική συμπεριφορά καθώς και γενικές γνώσεις για την τοποθεσία (ορεινός δρόμος,αστικός δρόμος,δρόμος ταχείας κυκλοφορίας,εθνική οδός κτλ.).

Χαμηλού Επιπέδου Δεδομένα

Αυτό το είδος των πληροφοριών περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα οχήματα, όπως οι ακριβείς θέσης τους(απόσταση μεταξύ τους),ταχύτητες και κατευθύνσεις του καθενός εξ'αυτών,τις δυνατότητες αποστάσεων φρεναρίσματος, και τις δυνατότητες επιταχύνσεων.

Επιπλέον,περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τον οδηγό όπως το προφίλ του, οδήγηκές συνήθειες, τις δυνατότητες του και τις προτιμήσεις του. Οι πληροφορίες που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία συμπερασμάτων που αφορούν τα τρέχοντα καθήκοντα του οδηγού, καθώς και τη μοντελοποίηση της οδήγησης του:δηλαδή, οι κοινές εργασίες που σχετίζονται με την οδήγηση αναγνωρίζονται από την ερμηνεία μετρήσεων αισθητήρων οι οποίοι ειδικεύονται στην καταγραφή των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του οχήματος και του οδηγού (πχ. λειτουργία των πεντάλ,αλλαγές ταχυτήτων, το πάτημα κουμπιών στο ταμπλό,ή το κοίταγμα στους καθρέφτες), καθώς και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οχήματος (πχ. τοποθεσία,στάθμη καυσίμου ,και η κατάσταση του κινητήρα).Αυτή η διαδικασία γίνεται διακριτικά, χωρίς να ενοχλείται ο οδηγός στη φυσική του συμπεριφορά. Η εστίαση βρίσκεται στην αναγνώριση βραχυπρόθεσμων καθηκόντων που ένας οδηγός μπορεί να επιδιώξει. Σε γενικές γραμμές, απαιτείται οι αισθητήρες να αποφασίζουν πως θα επεξεργαστούν τα δεδομένα του οχήματος ,ποία συγκεντρωτικά στοιχεία πρέπει να αποσταλούν,πόσο συχνά,που κτλ. Η επεξεργασία των μετρήσεων των αισθητήρων γίνεται με έναν ιεραρχικό τρόπο με εξειδικευμένες αιτιολογικές τεχνικές,οι οποίες δίνουν πληροφορίες σχετικές με τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο όχημα και τον οδηγό σε διάφορα επίπεδα.

4.4 Παραδείγματα ITS Συστημάτων

Ακόμα δεν εφαρμόζεται ευρέως η παροχή ,με χαρακτήρα εμπορικό, συστημάτων καθοδήγησης τα οποία βρίσκονται μέσα στο ίδιο το αυτοκίνητο. Τέτοιου είδους συστήματα μπορούν να διαφοροποιούνται ανάλογα με επίπεδο επικοινωνίας που έχουν με το δρόμο. Σε αυτά περιλαμβάνονται συστήματα τα οποία δεν ενσωματώνουν κανενός είδους επικοινωνία,συστήματα τα οποία αλληλεπιδρούν με συστήματα οδικού χαρακτήρα,συστήματα τα οποία επιτρέπουν στα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και συστήματα που παρέχουν συνεργασία μεταξύ των οχημάτων και συστημάτων οδικού χαρακτήρα. Ένα παράδειγμα θετικής επίδρασης που επιτεύχθηκε από ένα σύστημα μέσα στο αυτοκίνητο είναι ότι το e-Call,μια Ολλανδική τεχνολογία η οποία καλεί αυτόματα το αριθμό εκτάκτου ανάγκης 112,δημιούργησε μια αύξηση 5%-15% στα ποσοστά επιβίωσης από ατυχήματα (Netherlands Ministry of Transport Policy Framework).

Πρόσθετες υπηρεσίες οι οποίες είναι διαθέσιμες από συστήματα τα οποία βρίσκονται μέσα στο όχημα και περιλαμβάνουν εφαρμογές προειδοποίησης αλλαγής λωρίδας, εφαρμογές αποφυγής συγκρούσεων, ανίχνευσης οχημάτων στις διασταυρώσεις καθώς και προειδοποίησης ότι ο οδηγός έχει αρχίσει να κουράζεται. Τα συστήματα αυτά μπορούν, σταδιακά, να υπερβούν τις απλές προειδοποιήσεις προς τον οδηγό και να μεταβούν στο να παρεμβαίνουν ενεργά στον έλεγχο του οχήματος (Netherlands Ministry of Transport SWOV Institute). Μια τέτοια περίπτωση είναι και το αυτοκίνητο της Google. Μόλις είδε τον καλύτερο του φίλο να πεθαίνει σε αυτοκινητιστικό δυστύχημα σε ηλικία 18 ετών ο Sebastian Thrun αποφάσισε να αφιερώσει τη ζωή του στη μείωση των θανάτων που προκαλούνται από ατυχήματα αυτοκινήτων. Αυτό ήταν και η έμπνευσή του για τη δημιουργία ενός αυτοκινήτου χωρίς οδηγό, κάτι το οποίο πλέον σχετίζεται με την Google και την πρόκληση της DARPA (TED.com). Αυτό μπορεί να φαίνεται παράδοξο δεδομένου ότι οι μελέτες δείχνουν πως ο μέσος άνθρωπος θεωρεί την απώλεια του ελέγχου ως υψηλότερο κίνδυνο. Ωστόσο τέτοιου είδους αυτοκίνητα χωρίς οδηγό πέρασαν πάνω από 140.000 χιλιόμετρα δοκιμών, συμπεριλαμβανομένων ακραίων συνθηκών όπως πολυσύχναστων πόλεων, σκοτεινών ορεινών δρόμων, οδήγηση γύρω από πεζούς, ποδηλάτες, αθλητών καθώς και άγριων ζώων χωρίς να προκληθεί ούτε ένα ατύχημα και χωρίς να τραυματιστεί κανείς. Με άμεση ισχύ από τις 16 Ιουνίου του 2011 η Νεβάδα ψήφισε έναν νόμο ο οποίος επιτρέπει “Την έγκριση της λειτουργίας ενός αυτόνομου οχήματος στις εθνικές οδούς και αναγνωρίζει το γεγονός ότι ένα πρόσωπο δεν υποχρεούται να καθοδηγεί ενεργά ένα αυτόνομο όχημα” (Assembly Bill No. 511–Committee on Transportation). Αν και καθοδηγείται χειροκίνητα με παραδοσιακή βενζίνη, το “Car2Go” πρόγραμμα στο Όστιν του Τέξας είναι αποδεικτικό στοιχείο της καινοτόμου ιδέας της κοινής χρήσης αυτοκινήτων. Υπάρχει ένας στόλος 200 περίπου αυτοκινήτων που ο οποιοσδήποτε μπορεί εύκολα να καλέσει, όταν χρειάζεται ένα όχημα, να διαλέξει το αυτοκίνητο που χρειάζεται και όταν ολοκληρώσει την “χρήση” του αυτοκινήτου τότε απλά αφήνει το όχημα σε μια νόμιμη θέση στάθμευσης. Στη τιμή ενοικίασης περιλαμβάνονται καύσιμα, ασφάλεια, συντήρηση και χιλιόμετρα. Υπάρχουν διαφορές μέθοδοι ως προς την ενημέρωση του οδηγού για το πλησιέστερο σε αυτόν διαθέσιμο όχημα, μια τέτοια μέθοδος είναι μια εφαρμογή για το iPhone (Car2go Austin). Το Car2go θα επεκταθεί και στο Σαν Ντιέγκο με έναν ηλεκτρικό στόλο αυτοκινήτων (Blanco).

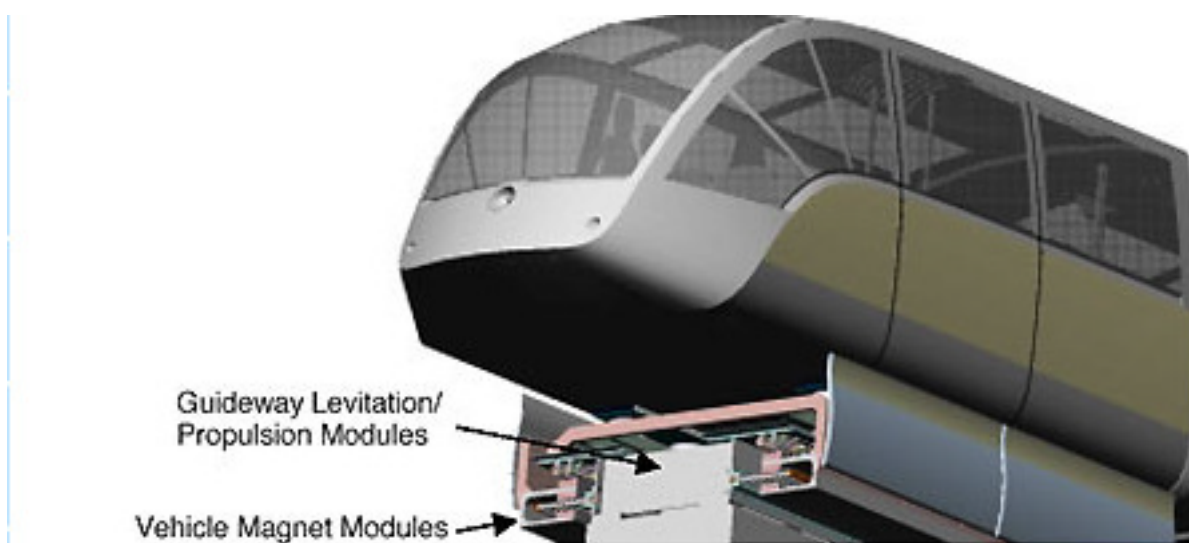


Το αυτόνομο, χωρίς οδηγό, αμάξι της Google

Τρένα μαγνητικής ανύψωσης

Όλοι έχουμε ακούσει ότι δεν πρέπει να επανεφεύρουμε τον τροχό, αλλά τι γίνεται αν μέσω αυτής της διαδικασίας μπορούμε να επιτύχουμε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα; Υπάρχουν τρένα τα οποία ονομάζονται maglev – συντομογραφία για μαγνητική αιώρηση (magnetic levitation) - τα οποία χρησιμοποιούν μαγνητική έλξη και απώθηση ώστε να κατευθυνθεί το τραίνο κατά μήκος της τροχιάς. Ενώ δεν είχε την δυνατότητα για ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, το πρώτο τρένο maglev για τη μεταφορά επιβατών είναι ανοικτό στο Emsland, Γερμανία από το 1984. Άλλα σημεία της υδρογείου στα οποία τα τρένα maglev είναι λειτουργικά περιλαμβάνουν την Κίνα, τη Νότια Κορέα και την Ιαπωνία (Maglev Monorails of the World). Το maglev τρένο του Τόκιο ήταν σε θέση, σε μια δοκιμαστική διαδρομή, να πάει από τα μηδέν στα 500 χιλιόμετρα την ώρα σε μόλις ένα λεπτό και τριάντα δευτερόλεπτα, και η τελική του ταχύτητα των 581 χιλιομέτρων ανά ώρα το καθιστά το ταχύτερο τρένο στον κόσμο.

Εσωτερική όψη της τροχιάς ενός maglev τρένου



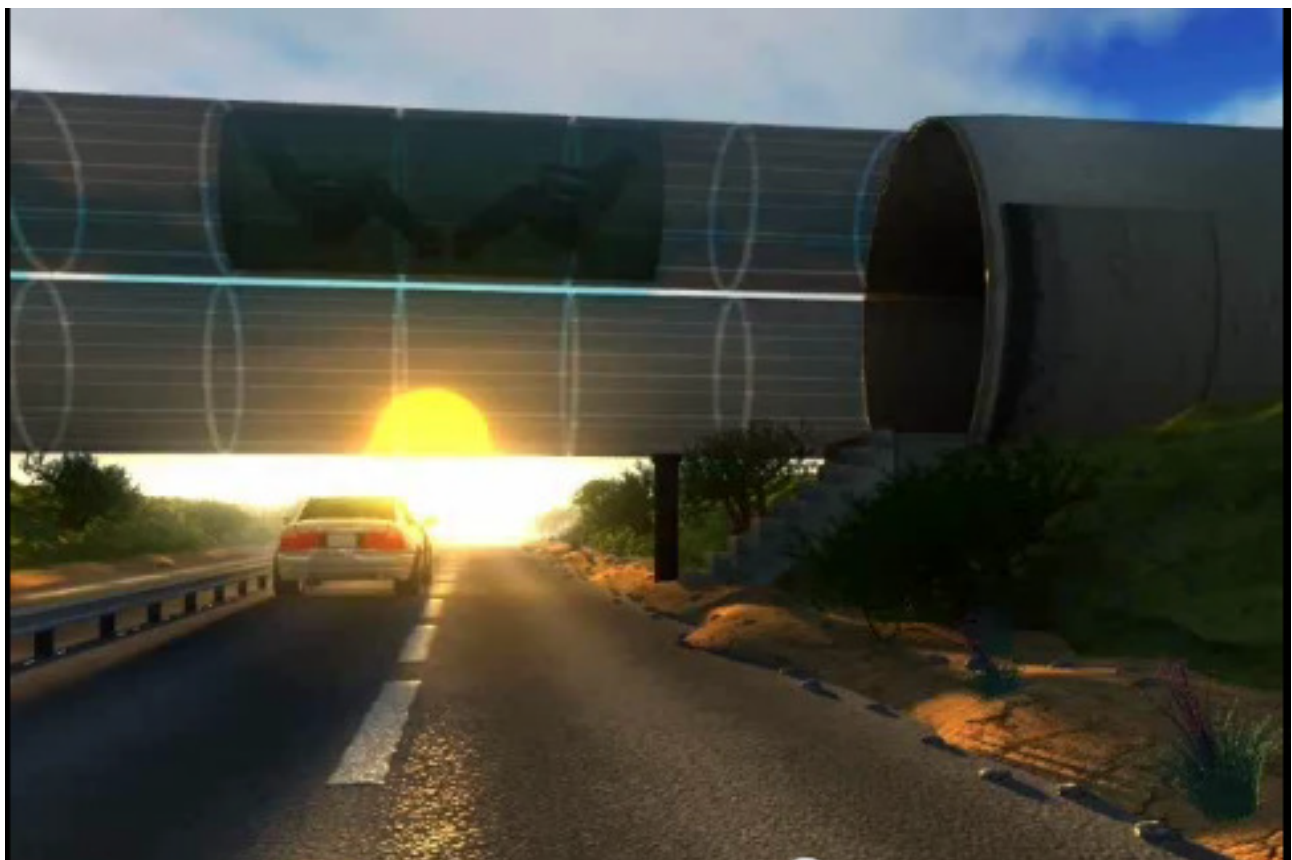
Η ταχύτητα ενός τρένου maglev περιορίζεται μόνο από την αντίσταση του αέρα και τις στροφές. Ωστόσο, αν μαγνητική αιώρηση ήταν να λειτουργήσει μέσα σε ένα σωλήνα με τον αέρα να αναρροφάτε και δεν υπήρχαν στροφές, οι προκλήσεις αυτές θα εξαλείφονταν. Τέτοια είναι η περίπτωση της τεχνολογίας σωλήνα εκκένωσης, επίσης γνωστή ως ET3, η οποία είχε κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1999. Αυτό το είδος της μεταφοράς δεν είναι σήμερα σε λειτουργία, αλλά έχει την ικανότητα να αναπτύξει ταχύτητες χιλιάδων μιλίων ανά ώρα. Ορισμένοι έχουν εκφράσει ανησυχίες για το πώς τέτοιες υψηλές ταχύτητες θα έχουν επιπτώσεις στους επιβάτες, αλλά οι ειδικοί υποστηρίζουν ότι το ανθρώπινο σώμα αισθάνεται μόνο τις αλλαγές στην ταχύτητα - όχι την πραγματική ταχύτητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα που στηρίζει την απόδειξη των από πάνω είναι όταν βρίσκεσαι μέσα σε ένα αεροπλάνο εν κίνησή ή η περιστροφή της γης. Άλλοι έχουν εκφράσει ανησυχίες σχετικά με το αν εμπιστεύονται την τεχνολογία αυτή με την ανθρώπινη ασφάλεια. Οι ειδικοί απαντούν ότι μηχανές που σήμερα χειρίζονται τα αυγά σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας σπάνε σημαντικά λιγότερα αυγά από ότι όταν τα χειρίζονταν οι άνθρωποι. Όταν, λάβουμε υπόψη την πολύ υψηλή απόδοση που επιτυγχάνεται χάρη στις πολύ υψηλές ταχύτητες, θεωρείται ότι η ET3 είναι σε θέση να αντικαταστήσει έναν αυτοκινητόδρομο ταχείας κυκλοφορίας 80 λωρίδων με ένα ενιαίο σωλήνα. Στην πραγματικότητα, λόγω του πόσο γρήγορα οικονομικά και αποδοτικά θα είναι τα ταξίδια, αναμένεται να είναι σε θέση να συνδεθούν οι άνθρωποι και τα αντικείμενα σε όλο τον κόσμο με τον ίδιο τρόπο που το διαδίκτυο κινεί σήμερα τις πληροφορίες.

Μια διαδρομή ET3 που προτείνεται για την σύνδεση του κόσμου, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

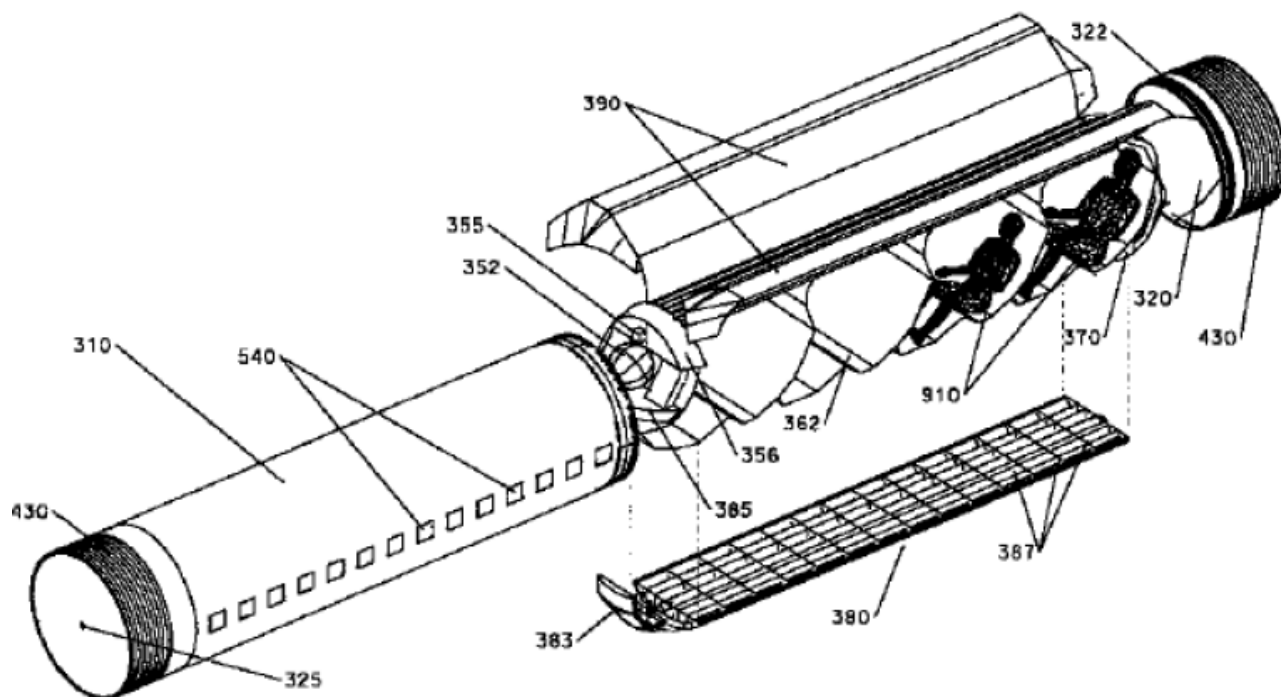


Με άλλα λόγια, ο σωλήνας εκκένωσης θα μπορούσε να αντικαταστήσει τα ταξίδια με αεροπλάνο, συμπεριλαμβανομένων των διεθνών προορισμών. Το σύστημα αυτό μπορεί να τρέξει σε αιολική και ηλιακή ενέργεια (YouTube - Evacuated Tube Transportation Technology).

Καλλιτεχνική προσέγγιση του συστήματος εκκένωσης σωλήνα



Διάγραμμα συστήματος μεταφοράς σωλήνα εκκένωσης, όπως φέρεται στο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ υπ' αριθμόν 5.950.543



Προσωπική Rapid Transit τεχνολογία

Οι Urban Light Transport (Αστικές Συγκοινωνίες Φωτός) ,που είναι γνωστές και ως Ultra, προσδιορίζονται σαν τον συνδυασμό ενός αυτοκινήτου με ένα σιδηροδρομικό τρένο. Όπως περιγράφεται στην ιστοσελίδα τους : "Η Ultra Personal Rapid Transit είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία μεταφοράς,που συνδυάζει την άνεση του ιδιωτικού αυτοκινήτου με τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη της μαζικής μεταφοράς. Τα Ultra pod αυτοκίνητα παρέχουν υπηρεσίες on-Demand,χωρίς διακοπή,από σημείο σε σημείο(point-to-point) και ακόμη είναι κατά 70% πιο αποδοτικά ενεργειακά απ'τα ιδιωτικά αυτοκίνητα". Οι σταθμοί μπορεί να βρίσκονται πάνω από το έδαφος,στο επίπεδο του εδάφους,κάτω από το έδαφος ή ακόμη και μέσα στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων. Ο χρήστης απλά επιλέγει έναν προορισμό και στη συνέχεια μεταφέρεται στη τοποθεσία που επέλεξε μέσω του ενός ιδιωτικού οχήματος (Ultra pod). Τα Ultra pods είναι προσιτά σε αναπηρικά αμαξίδια και μπορούν να μεταφέρουν έως 6 ενήλικες. Αυτά τα συστήματα προσωπικής ταχείας μεταφοράς είναι πλέον διαθέσιμα και σε λειτουργία στο αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου. Επιπλέον βρίσκονται υπό κατασκευή πολλά τέτοιου είδους προτεινόμενα συστήματα ελέγχου τα οποία περιλαμβάνουν το Cupertino (Apple's city) και του midtown Raleigh της βόρειας Καρολίνας (ULtra – Urban Light Traffic).



Προσωπική ταχεία μεταφορά, Ultra, όπως χρησιμοποιείται στο αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου.

5: Ανάπτυξη αλγορίθμου

5.1 Αλγόριθμος εντοπισμού διαθέσιμων χώρων στάθμευσης

no_parking_spot={railway,hospital,police station,bus turn,traffic lights}

position=get_sensor_position;

if(position != no_parking_spot)

```
{
    delete_in_file(freespace,sensor_location )
    starting_pointF=get_sensor_position
    starting_pointB=get_sensor_position
    starting_pointL=get_sensor_position
    starting_pointR=get_sensor_position
    while((starting_pointF + 20cm_front==clear OR starting_pointB +20cm_back==clear) AND
(starting_pointL +20cm_left==clear OR starting_point +20cm_rightR==clear)) //Ελέγχουμε να
δούμε εάν υπάρχει ένας μικρός χώρος ,αρχικά, οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί
    {
        if((starting_pointF + 20cm_front==clear AND starting_pointB +20cm_back==clear)){
            parking_lenght= absoluteValue(starting_pointF+20cm_front) +
absoluteValue(startingPointB+20cm_back)
            starting_pointF = starting_pointF+20cm_front
            starting_pointB= starting_pointB+20cm_back
        }
        else if((starting_pointF + 20cm_front==clear AND starting_pointB +20cm_back==not_clear)){
            parking_lenght= absoluteValue(starting_pointF+20cm_front)
            starting_pointF = starting_pointF+20cm_front
        }
        else if((starting_pointF + 20cm_front==not clear AND starting_pointB +20cm_back==clear)){
            parking_lenght= absoluteValue(starting_pointB+20cm_back)
            starting_pointB= starting_pointB+20cm_back
        }
        else
            break
        if((starting_pointL + 20cm_left==clear AND starting_pointR +20cm_right==clear)){
            parking_width=absoluteValue(starting_pointL+20cm_left)+
absoluteValue(starting_pointR+20cm_right)
            starting_pointL = starting_pointL+20cm_left
            starting_pointR= starting_pointR+20cm_right
        }
        else if((starting_pointL + 20cm_left==clear AND starting_pointR +20cm_right==not_clear))
    {
        parking_width=absoluteValue(starting_pointL+20cm_left)
        starting_pointL = starting_pointL+20cm_left
    }
        else if((starting_pointL + 20cm_left==not_clear AND starting_pointR +20cm_right==clear))
    {
        parking_width=absoluteValue(starting_pointR+20cm_right)
        starting_pointR = starting_pointR+20cm_right
    }
}
```

```

else
    break
    if(parking_leght >= 400cm AND parking_width>= 260cm)
    {
        if(starting_pointR+260cm=clear or starting_pointL+260cm=clear)//ελέγχουμε εάν υπάρχει
        πρόσβαση στην θέση parking είτε από αριστερά είτε από δεξιά
        if(sensor_location +300cm_up=clear)//ελέγχουμε πως δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο προς
        τα επάνω που να εμποδίζει την στάθμευση
        write_in_file(freespace,sensor_location)
        break
    }
    else
        print(sorry the free space is obstructed)
        break
    }
    else
        print(sorry the free space is obstructed)
        break
    }
}
}
}

```

5.2 Ανάλυση Αλγορίθμου

Ο παραπάνω αλγόριθμος, ο οποίος είναι γραμμένος σε φυσική γλώσσα, θα χρησιμοποιηθεί για την εύρεση ελεύθερων θέσεων parking. Η λογική σειρά που ακολουθεί ο αλγόριθμός είναι: Αρχικά λαμβάνει την γεωγραφική θέση (μέσω GPS συντεταγμένων) του εκάστοτε αισθητήρα και ελέγχει εάν αυτός βρίσκεται σε μια μη έγκυρη περιοχή για παρκάρισμα, πχ νοσοκομείο, στροφή λεωφορείου, σιδηροδρομικές γραμμές κ.α. . Εν συνεχεία ο αλγόριθμος διαγράφει οποιαδήποτε προηγούμενη εγγραφή στο αρχείο freespace , το οποίο θα χρησιμοποιείται για να αποθηκεύονται οι ελεύθερες θέσεις parking , από τον συγκεκριμένο αισθητήρα και μετά προσπαθεί να απαντήσει στο ερώτημα εάν στην συγκεκριμένη γεωγραφική θέση υπάρχει ελεύθερος χώρος για να σταθμεύσει ένα όχημα. Σε πρώτο στάδιο ο αλγόριθμος “βρίσκει” ένα μικρά σχετικά χώρο (20 cm^2) και μέσω μιας επανάληψης μεγαλώνει σταδιακά αυτόν τον χώρο κατά 20cm προς οποιαδήποτε κατεύθυνση υπάρχει ελεύθερος χώρος (δεξιά, αριστερά, εμπρός, πίσω) . Σε περίπτωση που ο αρχικός μας χώρος φτάσει σε πλάτος τα 2,6m και σε μήκος τα 4m τότε θεωρούμε ότι βρέθηκε μια ελεύθερη θέση Parking και ελέγχεται εάν το αυτοκίνητο μας έχει πρόσβαση σε αυτή, σε περίπτωση που δεν μπορούμε να προσεγγίσουμε την θέση αυτή εμφανίζεται το αντίστοιχο πληροφοριακό μήνυμα. Τέλος εάν ικανοποιηθούν όλες οι παραπάνω συνθήκες τότε γίνεται μία νέα εγγραφή στο αρχείο freespace με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του αισθητήρα που εντόπισε τον ελεύθερο χώρο.

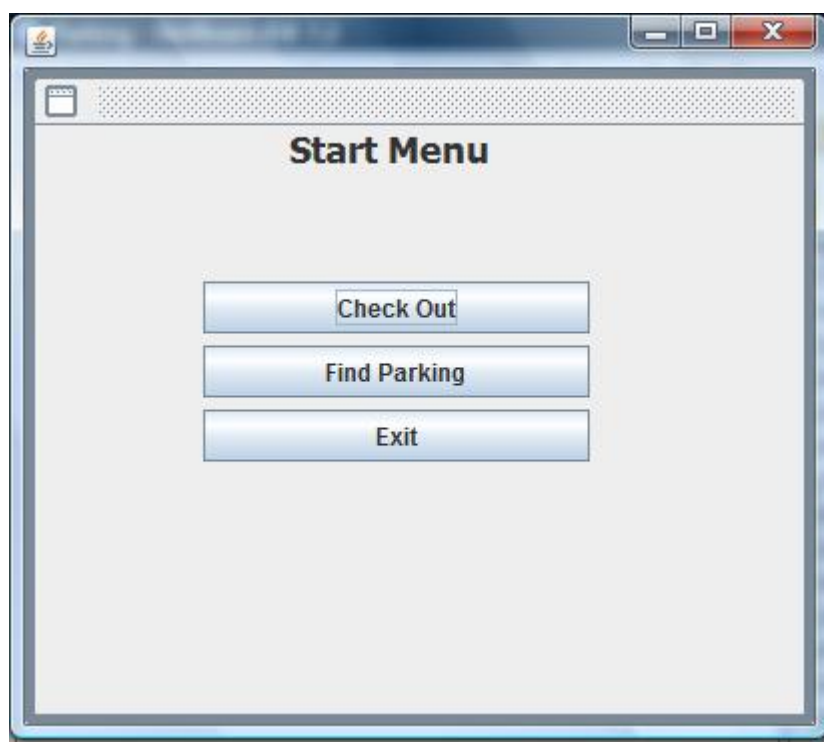
Ο αλγόριθμος θα πρέπει να εκτελείται από όλους τους διαθέσιμους αισθητήρες (ο καθένας από αυτούς θα “τρέχει” ξεχωριστά τον αλγόριθμο) σε τακτά χρονικά διαστήματα , τουλάχιστον ανά 1 λεπτό ή 2 λεπτά, προκειμένου να υπάρχει μια ακριβής εικόνα των διαθέσιμων χώρων στάθμευσής.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το αρχείο freespace θα πρέπει να φυλάσσεται σε έναν ξεχωριστό server στον οποίο θα έρχονται συγκεντρωτικά όλα τα στοιχεία από τους αισθητήρες, και στον οποίο θα έχουν πρόσβαση οι χρήστες του συστήματος για την εύρεση μία θέσης παρκαρίσματος.

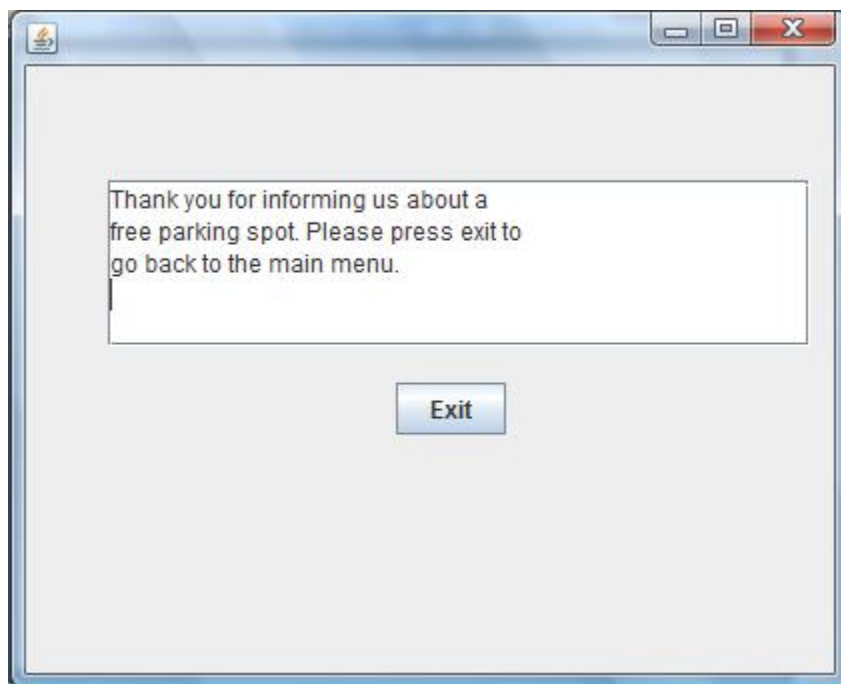
6: Εγχειρίδιο χρήσης

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε το πώς χρησιμοποιείται το πρόγραμμα που σχεδιάσαμε από έναν μέσω (average) χρήστη και θα αναλύσουμε τις δυνατότητες οι οποίες του παρέχονται μέσω αυτού. Επίσης πρέπει να τονισθεί ότι το παρακάτω πρόγραμμα θα πρέπει να μπορεί να εκτελεστεί από διάφορες συσκευές όπως : υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα με το ανάλογο λογισμικό (κατά προτίμηση Android) καθώς και συστήματα πλοήγησης GPS. Και αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους που επιλέξαμε να αναπτύξουμε το πρόγραμμα με την χρήση της γλώσσας Java η οποία παρέχει ευκολότερα την τροποποίηση/ενσωμάτωση του προγράμματος σε αυτές τις συσκευές.

6.1 Αρχικό μενού



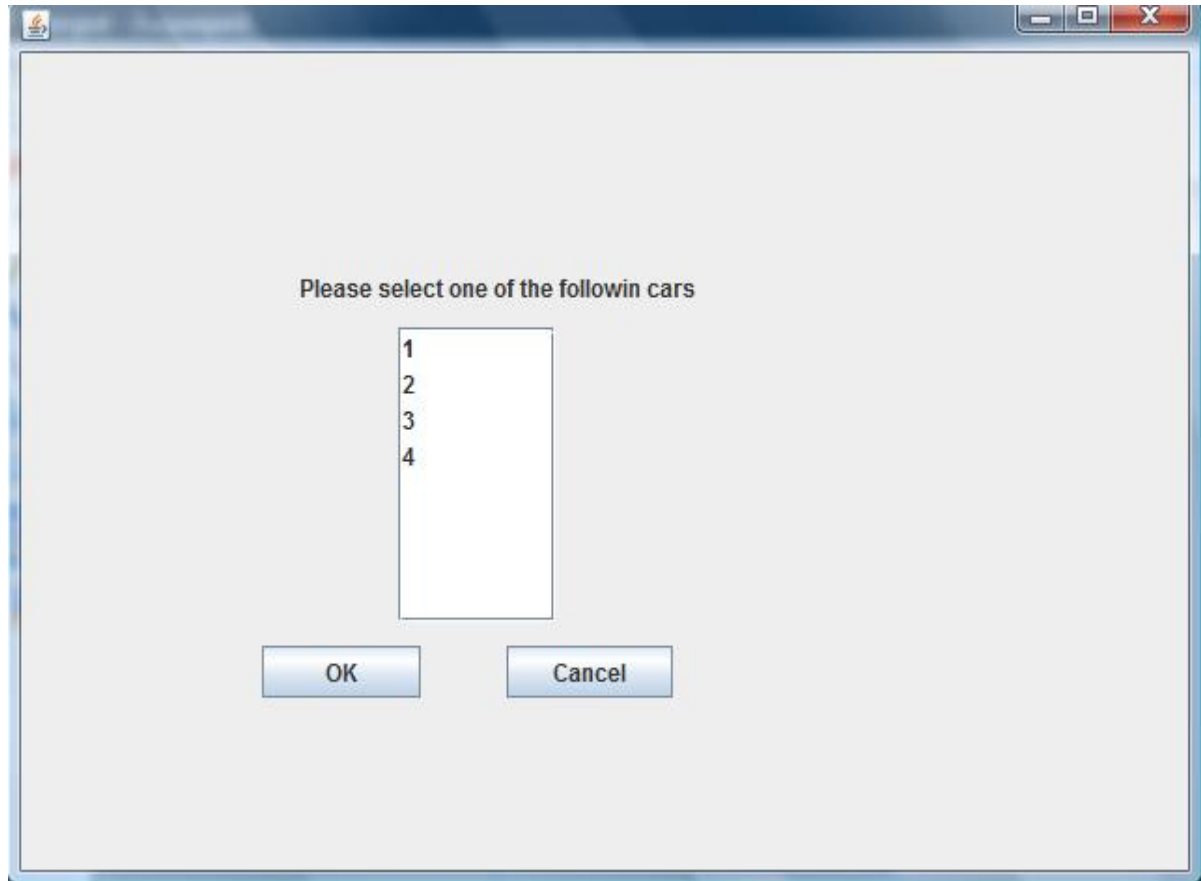
Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει το κεντρικό μενού του προγράμματος μας. Το μενού αποτελείται από τρία κουμπιά το Check Out, το Find Parking και το Exit. Πατώντας το 1ο κουμπί ο χρήστης ενημερώνει την εφαρμογή ότι μόλις ελευθερώθηκε μια θέση στάθμευσης, εννοώντας ότι ο ίδιος ξεπάρκαρε το αυτοκίνητο του από εκεί, και στη συνέχεια ανακατευθύνετε στην παρακάτω φόρμα.



Η παραπάνω φόρμα έχει ως κύριο στόχο να ενημερώσει τον χρήστη μέσω του μηνύματος που φαίνεται στην οθόνη ότι η ελεύθερη θέση που δήλωσε “καταγράφηκε” από την εφαρμογή , δηλαδή το πρόγραμμα βρίσκει τις γεωμετρικές συντεταγμένες GPS στις οποίες ήταν σταθμευμένο το αμάξι του χρήστη και στην συνέχεια δημιουργεί μια νέα εγγραφή στο αρχείο freespace . Τέλος ο χρήστης πατώντας το πλήκτρο Exit μεταφέρεται πίσω στο αρχικό μενού.

6.2 Επιλογή αυτοκινήτου

Πατώντας το 2ο κουμπί στο κεντρικό μενού ο χρήστης ανακατευθύνετε στην παρακάτω φόρμα:



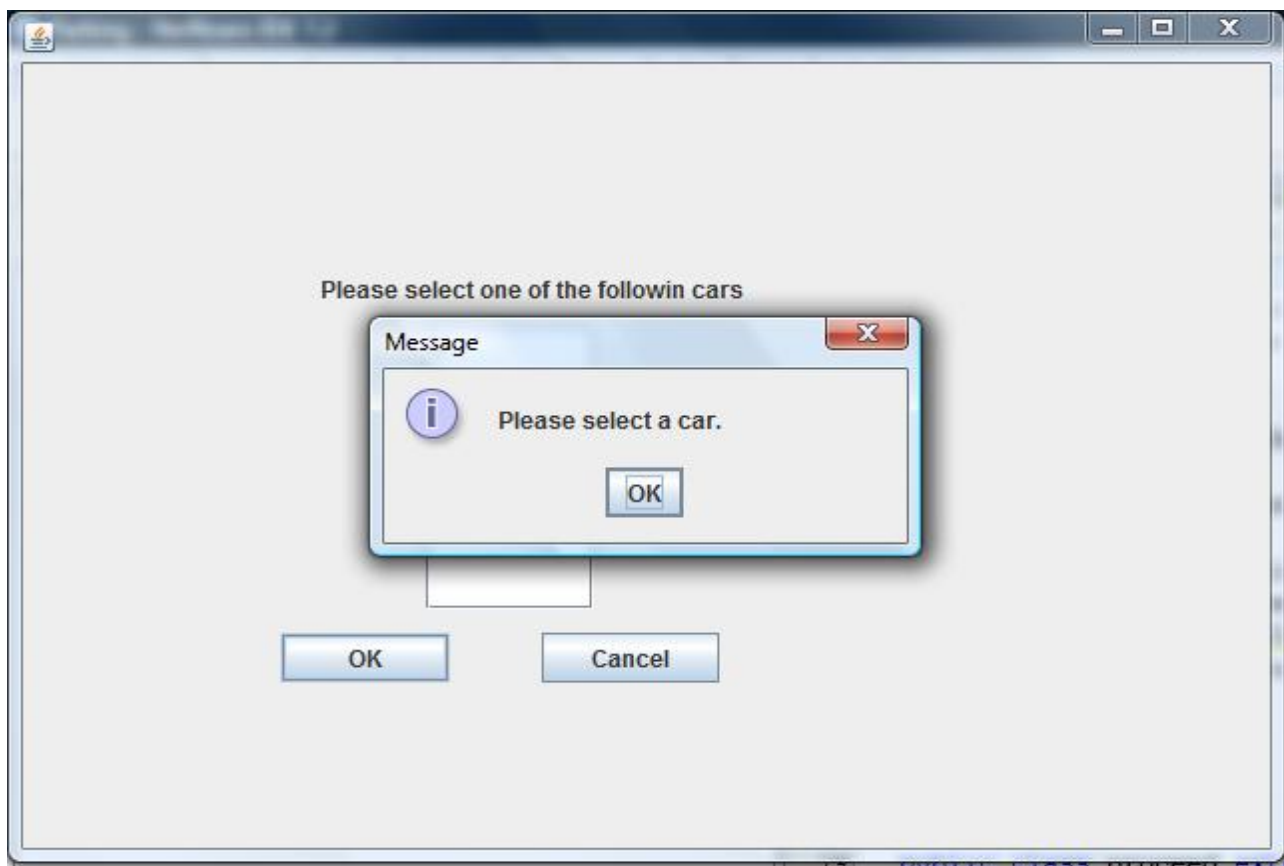
Please select one of the followin cars

- 1
- 2
- 3
- 4

OK

Cancel

Αυτή η φόρμα αποτελείται από ένα drop-down menu το οποίο αντιπροσωπεύει τέσσερα διαφορετικά αυτοκίνητα σε διάφορες περιοχές της Αθήνας. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης πρέπει ένα από τα αυτοκίνητα και να πατήσει το κουμπί OK για να μπορέσει να ελέγξει εάν υπάρχει κάποια ελεύθερη θέση parking κοντά στο αυτοκίνητο που επέλεξε και αν ναι να οδηγηθεί σε αυτήν. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν επιλέξει κανένα από τα αυτοκίνητα και πατήσει το πλήκτρο OK τότε του εμφανίζεται ένα προειδοποιητικό μήνυμα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

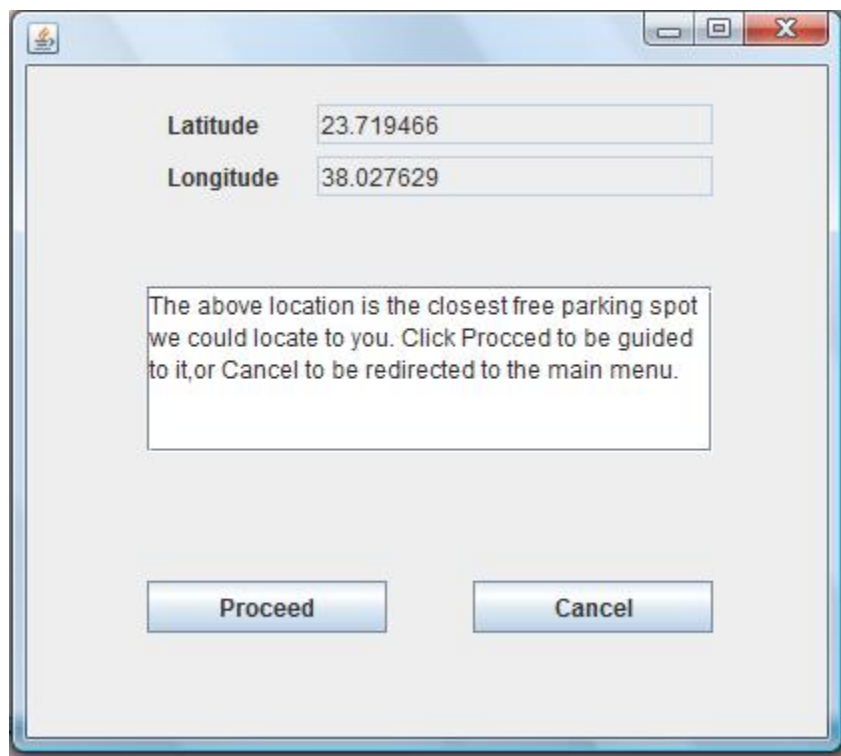


Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που ο χρήστης χρησιμοποιούσε το πρόγραμμα μας μέσω μιας συσκευής GPS τότε το παραπάνω βήμα θα ήταν αχρείαστο αφού η ίδια η συσκευή θα πραγματοποιούσε την εύρεσή του αυτοκινήτου και μετά θα το οδηγούσε στην πλησιέστερη θέση παρκαρίσματος εφ'όσον αυτή βρισκόταν μέσα στο αρχείο freespace.

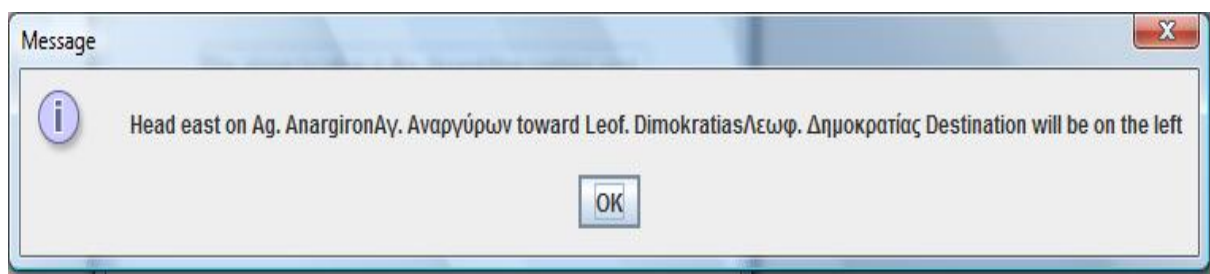
Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα χρήσης του προγράμματος, σε περίπτωση που ο χρήστης διαλέξει οπουδήποτε από τα τέσσερα αυτοκίνητα.

6.3 Παραδείγματα χρήσης

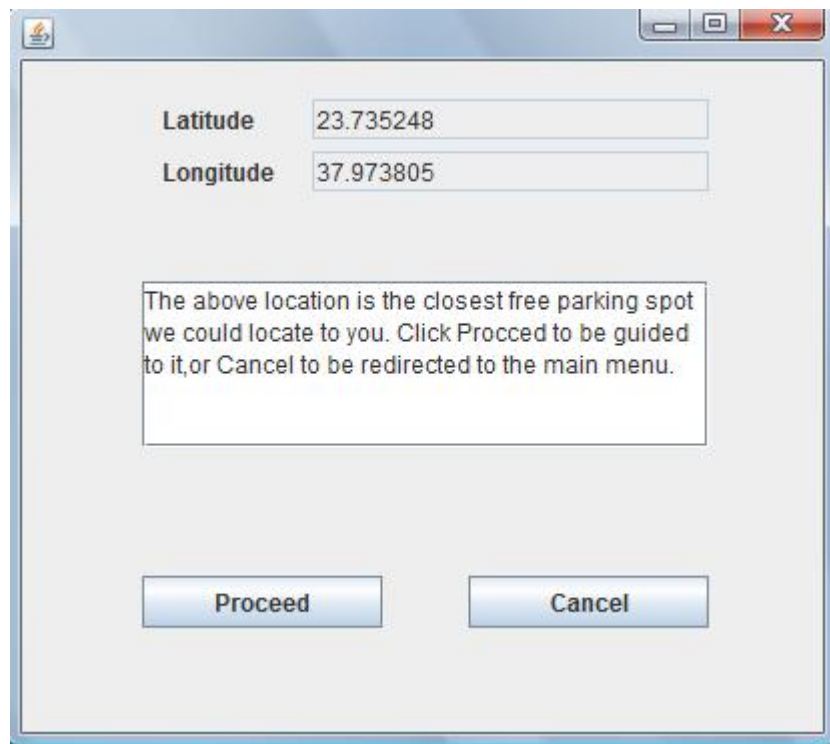
Πχ 1: Ο χρήστης επιλέγει το πρώτο αυτοκίνητο



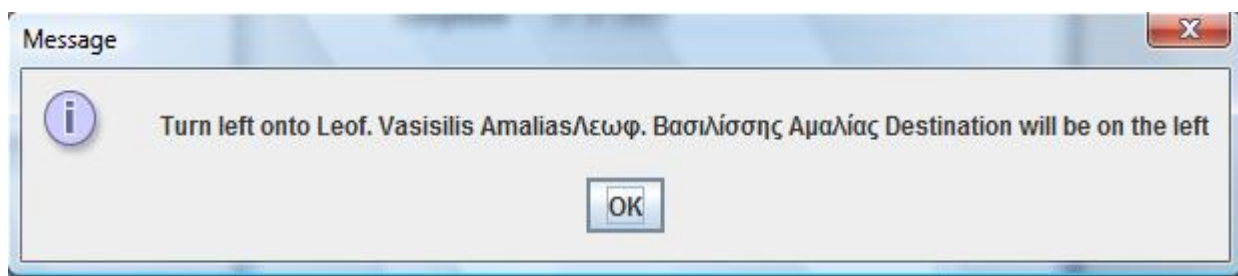
Μέσω της παραπάνου φόρμας ο χρήστης ενημερώνεται για το ποια θέση είναι πλησιέστερη σε αυτόν μέσω των γεωγραφικών συντεταγμένων της Latitude και Longitude. Πατώντας το κουμπί Proceed εμφανίζεται το παρακάτω pop-up μήνυμα το οποίο δίνει οδηγίες στον χρήστη για το πώς θα προσεγγίσει την ελεύθερη θέση Parking, ενώ πατώντας το πλήκτρο Cancel ο χρήστης επιστρέφει στο αρχικό μενού.



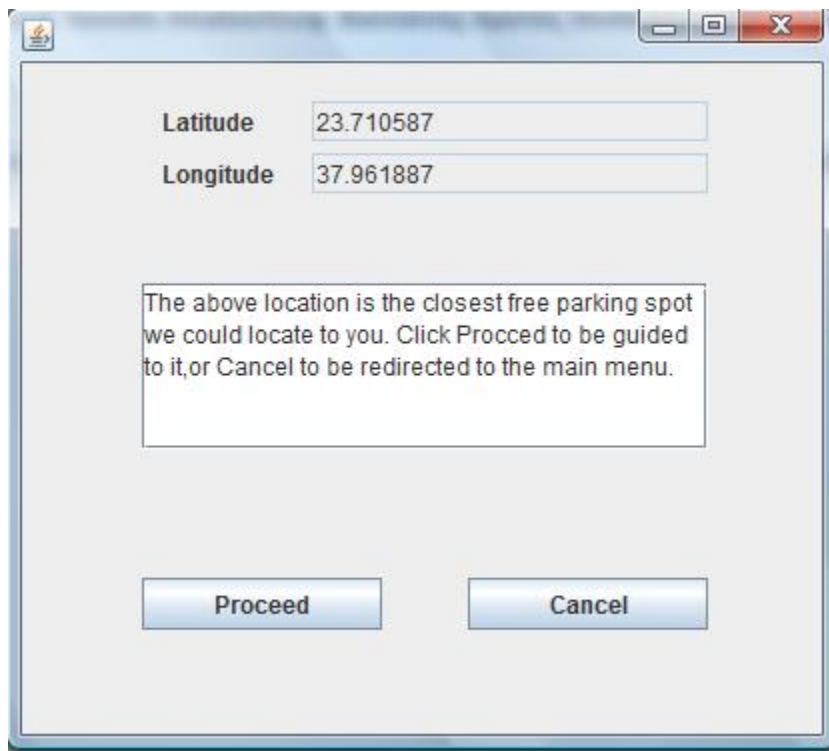
Πχ 2: Ο χρήστης επιλέγει το δεύτερο αυτοκίνητο



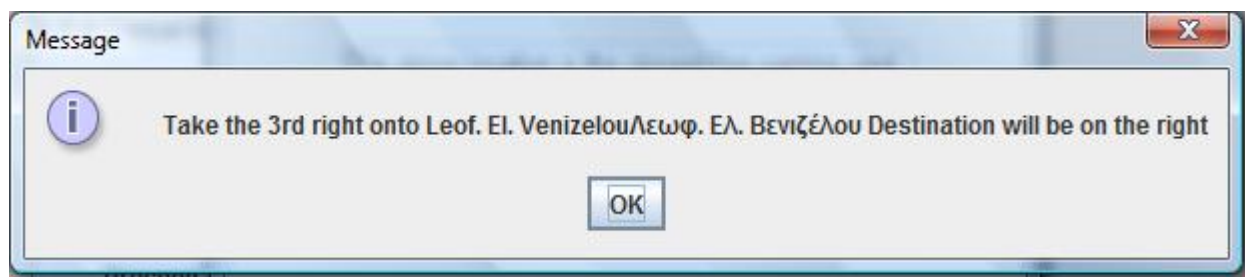
Οπώς και στο 1ο παράδειγμα ο χρήστης ενημερώνεται για την πλησιέστερη θέση στάθμευσής στο αυτοκίνητο του και πατώντας το κουμπί Proceed λαμβάνει οδηγίες για το πως θα φτάσει στον προορισμό του.



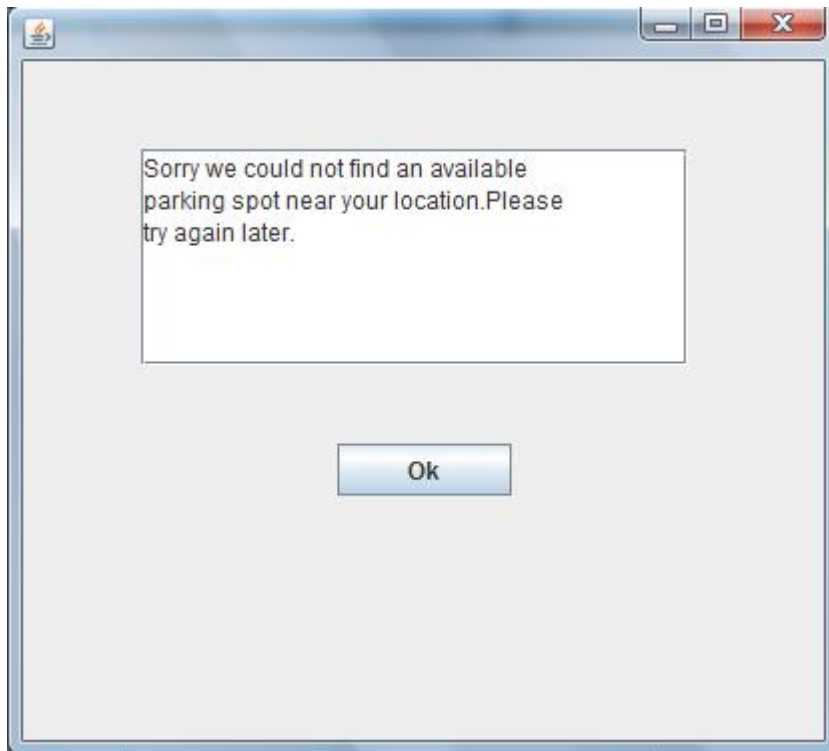
Πχ 3 : Ο χρήστης επιλέγει το τρίτο αυτοκίνητο



Ξανά ενημερώνεται για το ποια θέση είναι κοντινότερη προς στάθμευση σε σχέση με το αυτοκίνητό του και του εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα με οδηγίες για την προσεγγίσει.

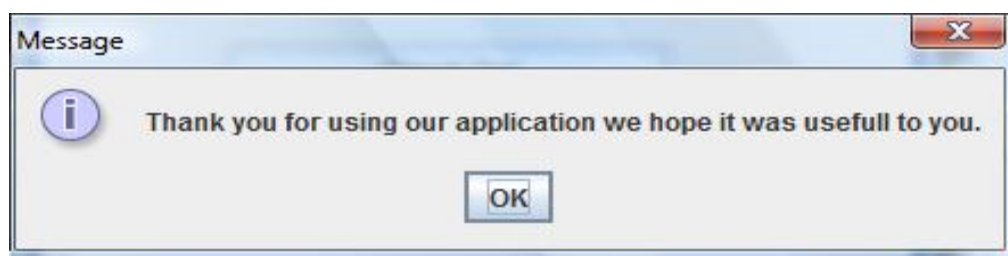


Πχ 4 : Ο χρήστης επιλέγει το τέταρτο αυτοκίνητο



Σε αυτή την φόρμα ο χρήστης ενημερώνεται ότι δυστυχώς δεν υπάρχει κάποια διαθέσιμη θέση για παρκάρισμα κοντά στο αυτοκίνητο του. Επειδή όμως μπορεί να ελευθερωθεί κάποια θέση σύντομα το πρόγραμμα προτείνει να ξαναπροσπαθήσει μετά από λίγο ώστε να μπορέσει να εξυπηρετηθεί. Επίσης πατώντας το κουμπί Ok ο χρήστης ανακατευθύνετε στο αρχικό μενού.

Τέλος πατώντας το τρίτο κουμπί στο κεντρικό μενού ,EXIT, ο χρήστης λαμβάνει το παρακάτω μήνυμα και το πρόγραμμα τερματίζει την λειτουργία του στην εκάστοτε συσκευή που το χρησιμοποιεί.



7: Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας μας, σύνταξη κώδικα, βιβλιογραφικής επισκόπησης, σενάρια χρήσης κτλ. Φτάσαμε στο συμπέρασμα πως η υλοποίηση τους συστήματος που περιγράφεται στα παραπάνω κεφάλαια είναι εφικτή με την τρέχουσα τεχνολογία και τεχνογνωσία που κατέχουμε.

Βέβαια για να επιτύχουμε αυτήν την υλοποίηση θα χρειαζόταν πρώτα να καλυφθούν μερικές βασικές προϋποθέσεις όπως το να γίνει εγκατάσταση κατάλληλων ασύρματων αισθητήρων, οι οποίοι θα ανήκουν σε ένα WSN και θα έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους, σε όσων το δυνατόν μεγαλύτερο κομμάτι της πόλης ώστε να έχουμε μεγαλύτερη δυνατή “κάλυψη”. Επίσης θα πρέπει να υπάρξει συνεργασία με κάποια εταιρία κινητής/σταθερής τηλεφωνίας προκειμένου να μας διατεθεί το τηλεπικοινωνιακό της δίκτυο προκειμένου το σύστημα μας να μπορεί να στέλνει αλλά και να δέχεται δεδομένα από τους χρήστες του. Τέλος θα πρέπει να υπάρξει συνεννόηση με τον εκάστοτε δήμο ώστε να μας παραχωρηθεί η άδεια εγκατάστασης των προαναφερθέντων αισθητήρων.

Σε περίπτωση που οι παραπάνω προϋποθέσεις εκπληρωθούν τότε μπορούμε να προχωρήσουμε στην υλοποίηση του συστήματος μας, με μερικές τροποποιήσεις, πχ όταν ο χρήστης θα χρησιμοποιεί το σύστημα μέσω μιας συσκευής πλοήγησης GPS τότε το μόνο που θα χρειαζόταν να γνωρίζει το σύστημα θα ήταν την γεωγραφική θέση του αμαξιού του χρήστη και θα του απέστελλε απλώς τις συντεταγμένες της κοντινότερης θέσης παρκαρίσματος με αποτέλεσμα το GPS να έβρισκε αμέσως την βέλτιστη διαδρομή χωρίς την βοήθεια του συστήματος.

Η υλοποίηση του συστήματος αυτού θα είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της οδηγικής συμπεριφοράς των χρηστών του αφού τους απαλλάσσει από το άγχος για την εύρεση Parking, πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό διότι πολλές φορές οι οδηγοί στην προσπάθεια τους να βρουν ελεύθερους χώρους για στάθμευση καταλήγουν να μην δίνουν την απαραίτητη προσοχή στο περιβάλλοντα χώρο με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε ατυχήματα που διαφορετικά θα μπορούσαν να είχαν αποφύγει. Επίσης το σύστημα αυτό έχει και οικονομικά/περιβαλλοντικά οφέλη προς τους χρήστες του αφού εξαλείφει την ανάγκη για πολλαπλές διαδρομές για την εύρεση ελεύθερου χώρου με φυσικό επόμενο οι χρήστες να εξοικονομούν καύσιμα ενώ παράλληλα μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγουν τα οχήματα τους.

Τέλος αξίζει να επισημάνουμε ότι το μεγαλύτερο όφελος που παρέχεται από αυτό το σύστημα παρουσιάζεται στις ίδιες τις πόλεις που πρόκειται να το χρησιμοποιήσουν διότι βοηθά στην κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση καθώς και στην αποτροπή στάθμευσής σε χώρους που δεν επιτρέπεται με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται, όσο το δυνατόν περισσότερο, οι κίνδυνοι ατυχημάτων που προέρχονται από τέτοιες συμπεριφορές.

Βιβλιογραφία

An Implementation of Reprogramming Scheme for Wireless Sensor Networks

Aoi Hashizume, Hiroshi Mineno, and Tadanori Mizuno.

A survey on cross-layer solutions for wireless sensor networks

Lucas D. P. Mendes, Joel J. P. C. Rodrigues .

Strategies and techniques for node placement in wireless sensor networks: A survey

Mohamed Younis, Kemal Akkaya.

Wireless sensor network survey

Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal.

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

George Dimitrakopoulos and Panagiotis Demestichas, Μάρτιος 2010 Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Μελέτη Ραδιοκάλυψης του δικτύου GSM και GPRS σε ημιαστικό περιβάλλον

Θεόδωρος Μ. Κοτσίνης, Σεπτέμβριος 2009 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Overview of GSM: The Global System for Mobile Communications

John Scourias University of Waterloo, March 1996.

Next Generation Networks

Βορδώνης Δημήτριος, Χατζηνάκης Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Πατρών 2011.

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Sarah Hasan, Edwin Yaz.