



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

**“Υλοποίηση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας
ενσωματωμένων συσκευών δορυφορικού εντοπισμού
θέσης σε διακομιστή και σύνδεση με βάση
δεδομένων”**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγήτρια: Χριστοδούλου Ζαφειρούλα, ΑΕΜ: 101

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηνάς Δασυγένης

Κοζάνη, 2012



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

**“Υλοποίηση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας
ενσωματωμένων συσκευών δορυφορικού εντοπισμού
θέσης σε διακομιστή και σύνδεση με βάση
δεδομένων”**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγήτρια: Χριστοδούλου Ζαφειρούλα, ΑΕΜ: 101

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηνάς Δασυγένης

Μηνάς Δασυγένης

Λέκτορας

Στεργίου Κων/νος

Επίκουρος Καθηγητής

Κοζάνη, 2012

Υπεύθυνη Δήλωση: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Χριστοδούλου Ζαφειρούλα

Διπλωματούχος Μηχανικός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Περίληψη

Διαχείριση Στόλου (Fleet management) καλείται το σύνολο των τεχνολογιών και των συστημάτων το οποίο επιτρέπει σε μία επιχείρηση να έχει πλήρη έλεγχο των οχημάτων της. Ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση αρκετών επιμέρους επιχειρηματικών διαδικασιών, στο διαχειριστικό έλεγχο και, κατά συνέπεια, στη μείωση του κόστους και την καλύτερη κατανομή των πόρων της επιχείρησης.

Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης στόλων αποτελούνται: (α) από μια συσκευή που τοποθετείται πάνω στο όχημα και έχει την δυνατότητα συνεχούς καταγραφής των τρεχουσών συντεταγμένων του οχήματος, (β) από έναν πομπό που στέλνει τις συντεταγμένες σε ένα κεντρικό σύστημα, (γ) από το διακομιστή που δέχεται τις πληροφορίες, τις επεξεργάζεται και τις αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων, και (δ) από ένα γραφικό περιβάλλον το οποίο απεικονίζει πάνω σε έναν χάρτη τις πληροφορίες που βρίσκονται στη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα φίλτρα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία υλοποιήσαμε τον διακομιστή που δέχεται τις πληροφορίες, τις επεξεργάζεται και τις αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα, αναλύσαμε το ιδιωτικό πρωτόκολλο επικοινωνίας μιας αρκετά δημοφιλούς οικογένειας ενσωματωμένων συστημάτων δορυφορικού εντοπισμού θέσης, και προγραμματίσαμε τον διακομιστή της αμφίδρομης επικοινωνίας σε γλώσσα C/C++/C# που υλοποιεί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Τα ληφθέντα δεδομένα τοποθετούνται σε μια βάση δεδομένων, mysql, χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο API (application programming interface) της βάσης δεδομένων. Τέλος, εφόσον πραγματοποιήσαμε τις αλγοριθμικές/αρχιτεκτονικές βελτιστοποιήσεις του προγράμματος, αναλύσαμε και σχολιάσαμε θέματα επίδοσης της εφαρμογής (χρήση επεξεργαστή, χρόνος εκτέλεσης).

Title of Diploma Thesis:

“Implementation of the communication protocol of embedded devices of satellite position location and link with database”

Abstract

Fleet Management is the sum of technologies and systems which allows a company to have complete control of its vehicles. The operation of such a system is designed to optimize several individual business processes, the management control and, consequently, lower costs and better allocation of business resources.

The fleet management information systems consist of: (a) a device which is mounted on the vehicle and has the potential for continuous recording of the current coordinates of the vehicle, (b) a transmitter that sends coordinates to a central system, (c) a server that receives the information, processes it and stores it in a database, and (d) a graphical interface that displays on a map the information found in the database using the appropriate filters.

In this thesis we implemented the server that receives the information, processes it and stores it in a database. Specifically, we analyzed the private communication protocol of a fairly popular family of satellite positioning systems, and we programmed on server the bidirectional communication that implements this protocol (using the programming language C/C++/C#). The received data is placed in a MySQL database, using the same API (application programming interface) database. Finally, we made all the algorithmic / architectural optimizations of the program, we analyzed and we commented on performance issues in our application (CPU usage, execution time).

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Μηνά Δασυγένη, για την καθοδήγηση του σε κάθε φάση της δημιουργίας της. Επίσης το δυναμικό της εταιρίας i-Track, και ιδιαίτερα τον τεχνικό διευθυντή της εταιρίας, κ. Φώτη Ανδριτσόπουλο, η συνεισφορά του οποίου ήταν ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας αυτής, τόσο με τον εξοπλισμό που μου διέθεσε για το πειραματικό μέρος όσο και με την βοήθεια που μου παρείχε. Θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την διαρκή υποστήριξη, που επέτρεψε την επιτυχή διεκπεραίωση των σπουδών μου. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους μου για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε μαζί.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΟΛΟΥ	11
1.1 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων	11
1.1.2 Συστήματα Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων	11
1.1.3 Κύρια συστατικά ενός συστήματος διαχείρισης στόλου	13
Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή Λογισμικού Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων στην εταιρία «Nestle A.E»	19
1.2 Αντικείμενο εργασίας	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	22
ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ GPS ΚΑΙ GSM	22
2.1 GPS (Global Positioning System)	22
2.1.1. Ιστορικό	22
2.1.2. Βασική Ιδέα	23
2.1.3. Περιγραφή Λειτουργίας	24
Space Segment	24
Control Segment	25
User Segment	26
2.1.4. Σήματα Πλοήγησης	28
2.1.5. Ακρίβεια	29
2.1.6. Σφάλματα	29
Ιονοσφαιρική/τροποσφαιρική διάθλαση	29
Σφάλματα πολλαπλών διαδρομών	30
Σφάλμα θέσης και ρολογιών δορυφόρων	31
Επιλεκτική διαθεσιμότητα	31
2.1.7. Ενέργεια	31
2.1.8. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας GPS	32
2.1.9. Μειονεκτήματα της τεχνολογίας GPS	32
2.2. GSM (Global System for Mobile Communications)	33
2.2.1. Ιστορικό	33
2.2.2. Αρχιτεκτονική GSM	34
Τεχνικά χαρακτηριστικά	34
Ζώνες Συχνοτήτων	34
Δομή του δικτύου	36
2.2.3. Το πρότυπο GPRS	38
2.2.4. Ασφάλεια GSM	39
Παρεμβολή από άλλες συσκευές ήχου	39
2.2.5. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας GSM	39
2.2.6. Μειονεκτήματα της τεχνολογίας GSM	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	41
ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ AVL	41
3.1 Το πακέτο δεδομένων AVL	41

3.1.1 Η επικοινωνία με τον server.....	41
3.2 Πρωτόκολλο δεδομένων συσκευών.....	43
FM1100 - FM2100- FM2200 – FM4100 – FM4200.....	43
3.2.1 AVL πεδίο δεδομένων.....	43
3.2.2 Δεδομένα/Εγγραφές.....	44
3.2.3 AVL Δεδομένα.....	44
3.2.4 Προτεραιότητα.....	44
3.2.5 GPS πληροφορίες.....	45
3.2.6 Στοιχεία εισόδου/εξόδου (IO elements).....	46
3.2.7 Παράδειγμα:.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	52
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ (ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ AVL) 52	
4.1 Βασική περιγραφή FM1100.....	52
4.2 1- Wire devices.....	54
4.3 Βασικές λειτουργίες.....	57
4.3.1 Κατάσταση “Deep Sleep”.....	57
4.3.2 Εικονικό Οδόμετρο.....	58
4.3.3 Χαρακτηριστικά της FM1100.....	58
Σενάρια.....	58
“Trip”.....	59
“Geofencing”.....	60
“iButton list”.....	61
4.4 Διαμόρφωση Λειτουργίας.....	61
4.4.1 Ρυθμίσεις συστήματος.....	62
4.4.2 Ρυθμίσεις εγγραφών.....	62
4.4.3 GSM ρυθμίσεις.....	63
4.4.4 Ρυθμίσεις Ανάκτησης Δεδομένων.....	63
4.4.5 Ρυθμίσεις χαρακτηριστικών και IO στοιχείων.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο.....	68
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	68
5.1 Εργαλεία Υλοποίησης.....	68
Microsoft Visual Studio 2010.....	68
.NET Framework.....	68
Visual C#.NET.....	69
MySQL.....	70
5.2 Το πρόγραμμα της εφαρμογής.....	71
Περιγραφή κώδικα.....	72
5.3 Η Βάση Δεδομένων της εφαρμογής.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο.....	92
ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΔΙΑΚΟΜΙΣΤΗ.....	92
6.1 Visual Studio 2010 : Performance Wizard.....	92
6.2 Συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με το μέγεθος του πακέτου (μέσω Instrumentation Profiling).....	96
6.3 Συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με τον αριθμό των πελατών (Instrumentation Profiling).....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο.....	105

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	105
7.1 Συμπεράσματα	105
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή στην Διαχείριση Στόλου

1.1 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων

Διαχείριση στόλου οχημάτων είναι η δυνατότητα αξιοποίησης, στο μέγιστο βαθμό, των διαθέσιμων οχημάτων, μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, με την από απόσταση παρακολούθηση της λειτουργίας των οχημάτων, με καταγραφή της θέσης τους, αλλά και άλλων παραμέτρων λειτουργίας, σε πραγματικό χρόνο.

Μέσω των συστημάτων καταγραφής και διαχείρισης παρακολουθείται από απόσταση η κίνηση των οχημάτων, με αποτέλεσμα να παράγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις παραμέτρους κίνησης (δρομολόγια, ταχύτητα, στάσεις, θερμοκρασίες, κατανάλωση καυσίμων, άνοιγμα θυρών, κλπ). Τα στοιχεία αυτά είτε αξιοποιούνται μεμονωμένα, είτε εισάγονται απευθείας σε συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP), με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για την λειτουργία μίας επιχείρησης και την βελτίωση της επιχειρησιακής της λειτουργίας. Σήμερα, πολλές εταιρίες παρέχουν πραγματικού χρόνου ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα εντοπισμού και διαχείρισης οχημάτων παντός τύπου, δηλ. φορτηγών, επιβατηγών, γερανοφόρων, χωματουργικών κλπ, που απευθύνονται σε εταιρίες, οργανισμούς αλλά και μεμονωμένους χρήστες.

Οι χρήστες αυτών των συστημάτων έχουν στην διάθεση τους όλες τις πληροφορίες που αφορούν τα οχήματά τους (που πήγαν, πότε, με ποια ταχύτητα, πόση στάση έκαναν, πότε εισήλθαν σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, πότε εξήλθαν, ποιους πελάτες επισκέφθηκαν, πόσα καύσιμα κατανάλωσαν, τι θερμοκρασία είχαν, κλπ) σε πραγματικό χρόνο, αλλά και μέσω αναλυτικών ή συνοπτικών αναφορών που παράγονται αυτόματα από το σύστημα. Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι διαθέσιμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ή στο κινητό τηλέφωνο των χρηστών του συστήματος. Πελάτες τέτοιων συστημάτων είναι μεγάλες εταιρίες και οργανισμοί από τον χώρο των μεταφορών, της λιανικής, του ευρύτερου δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.

1.1.2 Συστήματα Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων

Η διαχείριση του στόλου οχημάτων είναι ένας πολύ σημαντικός τομέας για τις βιομηχανικές εφαρμογές και την ασφάλεια στις μέρες μας. Σε βιομηχανίες, σε μεγάλες και μικρές εταιρίες αρκετές φορές είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των φορτηγών και των αυτοκινήτων τους. Εταιρίες Ενοικίασης Αυτοκινήτων, εταιρίες διανομής, εταιρίες παραλαβής και παράδοσης, και εταιρίες μεταφορών πρέπει να παρακολουθούν τα ίχνη των οχημάτων τους. Οι πληροφορίες που απαιτούνται μπορεί να αφορούν απλά στην ενημέρωση για τη θέση του οχήματος σε μια στιγμή στο χρόνο, αλλά και στο πότε, πού και για πόσο σταμάτησε

το όχημα την πορεία του. Για την ασφάλεια και την αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων, οι εκάστοτε δυνάμεις ασφαλείας, πρέπει επίσης να γνωρίζουν τις θέσεις των οχημάτων τους

προκειμένου να είναι σε θέση να προγραμματίσουν ποιο όχημα θα ανταποκριθεί σε κάθε περίπτωση. Για τον εντοπισμό της θέσης του οχήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλοι τρόποι.

Μερικές από τις μεθόδους εντοπισμού θέσης – όπως παρουσιάζονται και παρακάτω στον πίνακα 1.1 - είναι οι εξής: μέσω GPS^[14], A-GPS^[33], Wi-Fi^[32] ή βάσει δικτύου (μέσω αναγνωριστικού κυψέλης^[34]).

GPS Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού (GPS) είναι ένα σύστημα πλοήγησης το οποίο χρησιμοποιεί δορυφόρους για να προσδιορίσει πού βρίσκεστε.

A-GPS Η υπηρεσία δικτύου Assisted GPS (A-GPS) ανακτά πληροφορίες θέσης με το κυψελικό δίκτυο και βοηθά το σύστημα GPS στον υπολογισμό της τρέχουσας θέσης.

Wi-Fi Η μέθοδος εντοπισμού μέσω Wi-Fi* βελτιώνει την ακρίβεια εντοπισμού όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα σήματα GPS, ιδιαίτερα όταν βρισκόμαστε σε κλειστό χώρο ή ανάμεσα σε ψηλά κτίρια.

Αναγνωριστικό κυψέλης Με τη μέθοδο εντοπισμού βάσει δικτύου (μέσω αναγνωριστικού κυψέλης), εντοπίζεται η θέση μέσω του κυψελικού συστήματος με στο οποίο είμαστε συνδεδεμένοι τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Πίνακας 1.1 – Μέθοδοι εντοπισμού θέσης

Η τηλεματική μπορεί να προσφέρει λύσεις που ανταποκρίνονται στις ειδικές ανάγκες επιχειρήσεων και οργανισμών, που επιθυμούν να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία τους, με την εφαρμογή καινοτόμων εργαλείων διαχείρισης. Τα δημοφιλέστερα σύγχρονα συστήματα συνδυάζουν τεχνολογίες GPS/GIS^[30], με εξειδικευμένο λογισμικό διαχείρισης, ενώ χρησιμοποιούν ως δίκτυο μετάδοσης τα δίκτυα GSM^[24]/GPRS^[31] (βλέπε Κεφ.2) . Επίσης, με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που προσφέρουν μπορούν να διακριθούν σε κατηγορίες, όπως: Συστήματα αυτόματου εντοπισμού, Συστήματα Διαχείρισης Στόλου Εταιρικών Αυτοκινήτων, Συστήματα Επιτήρησης παιδιών ή Συστήματα εντοπισμού ασθενών με γεροντική άνοια.

Στα συστήματα αυτά υπάρχουν ενσωματωμένοι μικροελεγκτές, οι οποίοι λαμβάνουν τα δεδομένα που μεταδίδονται από δορυφόρους, τα αποκωδικοποιούν και τα αποθηκεύουν. Οι μικροελεγκτές αυτοί είναι σε θέση να μεταδώσουν δεδομένα μέσω αρκετών διαφορετικών καναλιών σε ένα απομακρυσμένο κεντρικό σύστημα επεξεργασίας. Τα κανάλια μπορεί να είναι ενσύρματα ή ασύρματα, με μικρό ή μεγάλο φάσμα ασύρματης εμβέλειας.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σήμερα, για τον καθορισμό της θέσης του οχήματος σε ανοικτό χώρο, είναι αυτή του GPS. Το πλεονέκτημα του GPS είναι, ότι είναι διαθέσιμο σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου υπάρχουν ορατοί δορυφόροι. Ένα άλλο

πλεονέκτημα είναι ότι υπάρχουν άφθονοι δέκτες GPS, ακόμα και ενσωματωμένοι σε ηλεκτρονικές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα και PDAs. Το τρίτο πλεονέκτημα είναι ότι η πρόσβαση στις GPS πληροφορίες είναι δωρεάν, από τη στιγμή που θα αγοράσουμε το υλικό.

Το κύριο μειονέκτημα του GPS είναι ότι τα δεδομένα μπορεί να μην είναι ακριβή (και σε ορισμένες περιπτώσεις ούτε καν διαθέσιμα) ανάλογα με τον αριθμό των ορατών δορυφόρων. Η ποιότητα των δεδομένων GPS υποβαθμίζεται, όσο ο αριθμός των ορατών δορυφόρων μειώνεται. Ειδικότερα, αν λιγότεροι από τρεις δορυφόροι είναι ορατοί τότε τα δεδομένα GPS θεωρούνται αναξιόπιστα. Πολλές λύσεις έχουν προταθεί για να ξεπεραστεί το μειονέκτημα αυτό. Ως επί το πλείστον, προτείνεται οι πληροφορίες να μην είναι αυτούσιες όπως τις δίνει το σύστημα GPS, αλλά να προκύπτουν από έναν συνδυασμό των GPS δεδομένων και πρόσθετων πληροφοριών, προκειμένου να μειωθούν τα λάθη στον εντοπισμό μιας κινητής συσκευής και να αυξηθεί η αξιοπιστία.

Τα συστήματα GIS (Geographic Information Systems ή Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)) είναι επίσης χρήσιμα για τη βελτίωση της GPS αξιοπιστίας. Γνωρίζοντας ότι το όχημα είναι σε ένα συγκεκριμένο δρόμο, ο θόρυβος που θα τοποθετούσε το όχημα έξω από το δρόμο μπορεί να αφαιρεθεί. Αδρανειακοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως για να βελτιώσουν την ακρίβεια των συστημάτων, “συμπληρώνοντας” το GPS σύστημα, όταν έχουμε κακή λήψη σήματος. Επί του παρόντος υπάρχουν αδρανειακές μονάδες μετρήσεων (IMU), που παρέχουν στο χρήστη την πληροφορία μεταφρασμένη. Οι πληροφορίες GPS, οι πληροφορίες από τους αισθητήρες και οι πληροφορίες οδομετρίας συνδυάζονται για τον ακριβή και αξιόπιστο εντοπισμό της θέσης. Για την εξαγωγή των δεδομένων χρησιμοποιούνται, ως επί το πλείστον, τα φίλτρα Kalman^[17].

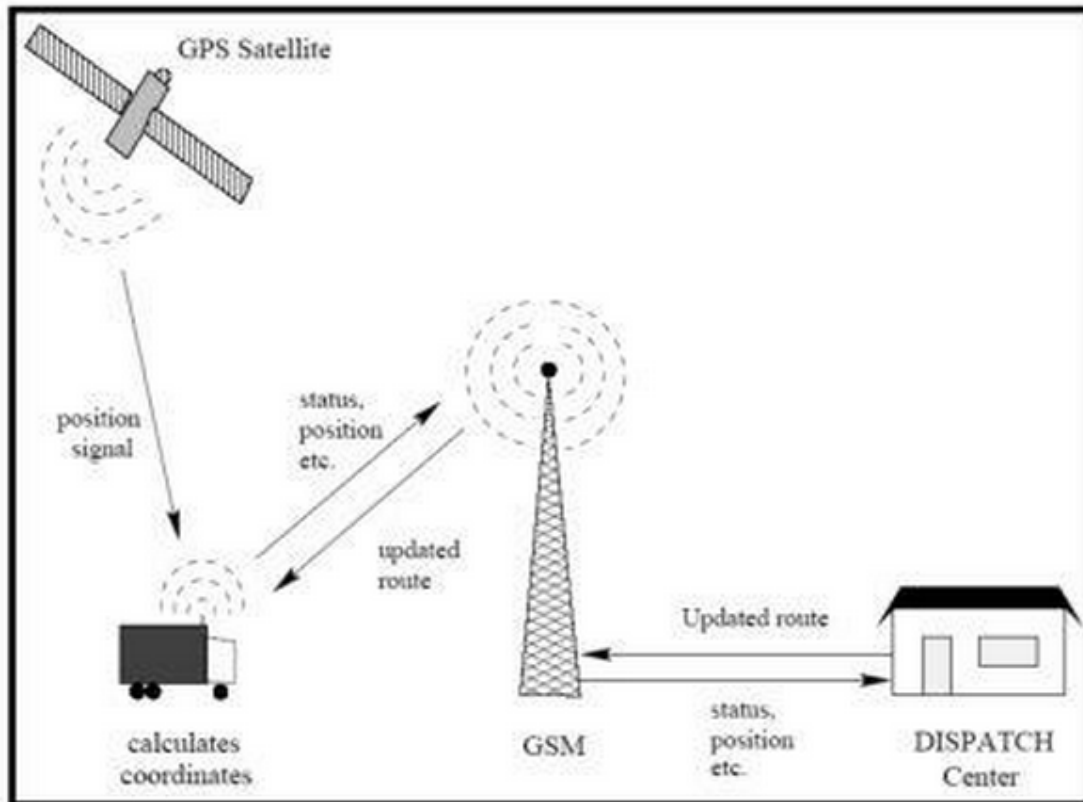
** Η τεχνολογία ασύρματων τοπικών δικτύων - ή αλλιώς Wi-Fi – μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί η τοποθεσία μιας φορητής συσκευής με δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης. Η μέθοδος του πλησιέστερου σημείου πρόσβασης / σταθμού βάσης είναι η πιο απλή και η λιγότερο ακριβή μέθοδος. Καθορίζει τον Wi-Fi σταθμό βάσης στον οποίο συνδέεται μια συσκευή και στη συνέχεια υπολογίζει την απόσταση που διαδίδεται το σήμα. Ο αλγόριθμος Τριγωνισμού υπολογίζει τη θέση της κινητής συσκευής, ως το σημείο τομής κύκλων, με κέντρα σε διαφορετικούς σταθμούς βάσης, και ακτίνες που υπολογίζονται από διάφορες τεχνικές. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τουλάχιστον τρεις εκτιμήσεις για την θέση του κινητού σε σταθερές θέσεις σταθμών βάσης.*

1.1.3 Κύρια συστατικά ενός συστήματος διαχείρισης στόλου

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος διαχείρισης στόλου οχημάτων απεικονίζεται στο σχήμα 1.2 και αποτελείται από τα εξής κύρια τμήματα:

- 1) Τηλεματικός εξοπλισμός επί του οχήματος: Τερματικές μονάδες που αποτελούνται από ένα σύνολο μικροηλεκτρονικών συσκευών, μικροεπεξεργαστών και αισθητήρων. Οι μονάδες αυτές λαμβάνουν δεδομένα από τους δορυφόρους και από τους αισθητήρες που βρίσκονται στο όχημα και τα μεταδίδουν μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας στο κέντρο ελέγχου.
- 2) Κέντρο ελέγχου: Πρόκειται για την εφαρμογή που διαχειρίζεται όλα τα μεταδιδόμενα δεδομένα που αποστέλλουν οι τερματικές μονάδες που αναφέραμε προηγουμένως. Βρίσκεται σε έναν υπολογιστή στη θέση βάσης.

- 3) Συστήματα κινητών και δορυφορικών επικοινωνιών: Η επικοινωνία χωρίζεται σε δύο κυρίως μέρη: α) την πρόσβαση στο επίγειο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας (πχ GSM), το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεση των τερματικών μονάδων με το κέντρο ελέγχου, και β) το σύστημα εντοπισμού (πχ GPS) που είναι υπεύθυνο για τον εντοπισμό των οχημάτων.



Σχήμα 1.2 – Αρχιτεκτονική ενός τυπικού συστήματος Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων

Το Υλικό του Συστήματος

Όσον αφορά στο υλικό του συστήματος, από τη μία πλευρά, υπάρχουν οι εξ αποστάσεως μονάδες που βρίσκονται στα κινούμενα οχήματα, και από την άλλη πλευρά, η τοπική μονάδα, η οποία βρίσκεται σε έναν υπολογιστή στη θέση βάσης. Η κάθε μονάδα αποτελείται από τρία τμήματα μικροελεγκτών. Το πρώτο τμήμα είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από το δέκτη GPS και την αποθήκευσή τους σε μια τοπική μνήμη. Το δεύτερο τμήμα είναι συνδεδεμένο με τους αισθητήρες του οχήματος. Αυτό επιτρέπει το συνδυασμό των δεδομένων από τους αισθητήρες του οχήματος με τα GPS δεδομένα και συνεπώς, κάνει την πληροφορία περισσότερο ακριβή. Επιπλέον, οι αισθητήρες στο όχημα επιτρέπουν τον έλεγχο του σε διάφορα σενάρια. Για παράδειγμα, οι τρέχουσες μονάδες έχουν την ικανότητα να ακινητοποιούν το όχημα, όταν αυτό θεωρείται ότι κινείται χωρίς τη συγκατάθεση του ιδιοκτήτη του. Το τρίτο μέρος, είναι υπεύθυνο για την εγκαθίδρυση της επικοινωνίας και τη μεταφορά των δεδομένων στο σταθμό βάσης. Όσον αφορά στη μεταφορά των δεδομένων στο σταθμό βάσης, έχουν διατεθεί στην αγορά δύο διαφορετικές εκδόσεις συστημάτων διαχείρισης στόλου.

Στην πρώτη, οι μονάδες χαρακτηρίζονταν ως «εκτός σύνδεσης» (offline) μονάδες και παρείχαν τα στοιχεία εντοπισμού όλης της ημέρας, μόλις τα οχήματα επέστρεφαν στην έδρα της εταιρίας. Στην δεύτερη έκδοση συστήματος, οι μονάδες είναι σε διαρκή σύνδεση (online μονάδες) και παρέχεται συνεχής επικοινωνία με το σταθμό βάσης. Συνεχής επικοινωνία σημαίνει πως υπάρχει απευθείας σύνδεση, σε πραγματικό χρόνο, για την παρακολούθηση των οχημάτων.

Στις online μονάδες, το τμήμα που ήταν υπεύθυνο για την επικοινωνία με τη βάση, αντικαταστάθηκε από ένα σύστημα που μεταδίδει τα δεδομένα μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, είτε με την αποστολή ενός μηνύματος κειμένου (SMS) ή πιο συχνά, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία GPRS για την σύνδεση στο internet και τη μεταφορά των δεδομένων με ειδικό διακομιστή. Σ' αυτή την περίπτωση ο σταθμός βάσης δεν είναι πλέον απαραίτητος εφόσον δέκτης μπορεί να είναι οποιοσδήποτε υπολογιστής με σύνδεση στο internet (στην περίπτωση του GPRS) ή οποιοσδήποτε έχει την δυνατότητα λήψης SMS^[35].

Η έκδοση συστήματος με τις online μονάδες, έλυσε πολλά από τα προβλήματα που υπήρχαν στο υποσύστημα επικοινωνίας των offline μονάδων. Οι γραμμές υψηλής τάσης και οι ηλεκτρικές γεννήτριες στη γειννίαση του σταθμού βάσης κατέστρεφαν κάποια από τα δεδομένα λόγω ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Τα ασύρματα τηλέφωνα και οι συσκευές τηλεειδοποίησης που λειτουργούσαν στην ίδια συχνότητα με τον πομπό, ήταν επίσης αιτία να χάνονται δεδομένα. Επίσης, εφόσον χρησιμοποιούνταν χαμηλής ισχύος πομποί, η μονάδα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σταθμό βάσης για την επιτυχή μεταφορά των δεδομένων. Ένας σταθμός βάσης μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή για την επικοινωνία με τις μονάδες. Έτσι, ένα πιο πολύπλοκο σύστημα επικοινωνίας δημιουργήθηκε όταν ο αριθμός των μονάδων που προσπαθούσαν να μεταδώσουν στο σταθμό βάσης ταυτόχρονα ήταν μεγάλος. Η online μονάδα έλυσε αυτά τα προβλήματα με την απευθείας σύνδεση στο διαδίκτυο (Cellular network στην περίπτωση των SMS) και με την δυνατότητα των μονάδων να διαβιβάζουν τα δεδομένα τους όποτε απαιτείται, χωρίς να παίζει ρόλο που είναι οι άλλες μονάδες μετάδοσης και κατά πόσον η μονάδα είναι κοντά ή μακριά στο σταθμό βάσης.

Το κύριο μειονέκτημα της απευθείας σύνδεσης είναι το υψηλότερο κόστος του υλικού για το ζεύγος πομπού – δέκτη. Επίσης, το κόστος λειτουργίας είναι υψηλότερο δεδομένου ότι κάθε μονάδα απαιτεί δική της κάρτα GSM SIM με ένα σταθερό κόστος ανά μήνα. Επιπλέον, κάθε μήνυμα που αποστέλλεται (SMS ή GPRS) είναι ένα επιπλέον κόστος λειτουργίας (σε σύγκριση με το γεγονός ότι η ασύρματη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των μονάδων και του σταθμού βάσης είναι δωρεάν). Οι διαδικασίες τιμολόγησης που χρησιμοποιούνται συνήθως από τους GSM φορείς μελετήθηκαν και εφαρμόστηκε μία τεχνική συμπίεσης δεδομένων, που εξοικονόμησε περίπου το 80% του λειτουργικού κόστους της επικοινωνίας χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση της μονάδας.

Το Λογισμικό του Συστήματος

Το λογισμικό των ηλεκτρονικών συσκευών ονομάζεται υλικολογισμικό (ή αλλιώς Firmware) και είναι ένα είδος λογισμικού το οποίο σαφώς είναι γραμμένο σε γλώσσα μηχανής (ή σε συμβολική γλώσσα^[36]) και είναι φτιαγμένο αποκλειστικά και μόνο για ένα μοντέλο συσκευής. Δημιουργείται από τις ίδιες τις εταιρίες που φτιάχνουν συσκευές και είναι σχεδόν αδύνατον ένας απλός χρήστης να μπορέσει να κάνει το ίδιο. Στην περίπτωση που ο χρήστης μπορέσει, δεν θα λειτουργεί σωστά η συσκευή και αυτό διότι μόνο ο κατασκευαστής γνωρίζει αναλυτικά τις δυνατότητές και τα χαρακτηριστικά της.

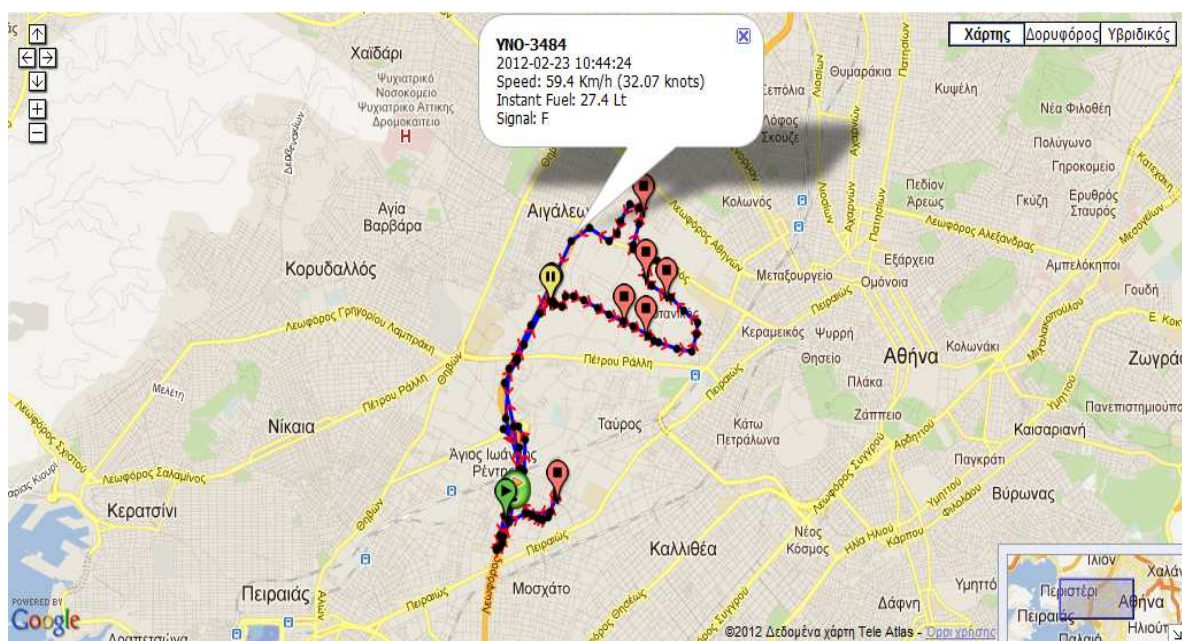
Το firmware, που χρησιμοποιούν οι τερματικές μονάδες σε ένα σύστημα διαχείρισης στόλου, διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο μέρος είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με τον δέκτη GPS, λαμβάνει τα δεδομένα, τα συμπιέζει και τα αποθηκεύει στην

μνήμη. Το δεύτερο μέρος είναι υπεύθυνο για την εγκαθίδρυση της επικοινωνίας με τον σταθμό βάσης, παίρνει τα δεδομένα από την μνήμη, τα διαμορφώνει και τα αποστέλλει στο σταθμό βάσης. Το firmware στην πλευρά του σταθμού βάσης είναι υπεύθυνο για την παραλαβή του πλαισίου δεδομένων από την μονάδα, την αποδιαμόρφωση, αποσυμπίεση και την αποστολή μέσω σειριακής σύνδεσης (RS232 ή USB) στον υπολογιστή.

Το λογισμικό που είναι εγκατεστημένο στον κεντρικό υπολογιστή αποτελείται από λογισμικό GIS καθώς και το λογισμικό αναφορών. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΓΠΣ) είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο.

Το GIS λογισμικό είναι σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απλώς μικρά αποτύπωμα-στίγματα σε τοπικό επίπεδο. Σε άλλες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται το ARCVIEW^[37], για τον σχεδιασμό των διαδρομών των οχημάτων σε ψηφιακό χάρτη της περιοχής. Το ArcView είναι λογισμικό που συναντάται στα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα, που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, την διαχείριση, την δημιουργία και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων.

Επίσης, χρησιμοποιούνται οι Google Earth^[38] χάρτες (απεικόνιση της γης), σε συνδυασμό με τεχνικές απόδοσης κίνησης στην εικόνα (animation), για την αναπαράσταση των δεδομένων σε 3D χάρτες και την προσομοίωση της πορείας των οχημάτων. Το Google Earth παρέχει ελεύθερη άδεια χρήσης και χρησιμοποιεί αεροφωτογραφίες αντί για γραμμικούς χάρτες. Η παρακάτω εικόνα (1.3), παρουσιάζει την πορεία ενός κινούμενου αυτοκινήτου από το σημείο έναρξης ως τον τερματισμό, πάνω σε χάρτη του Google Earth.



Εικόνα 1.3 – Παράδειγμα απεικόνισης διαδρομής οχήματος σε χάρτη Google Earth

Η υποβολή εκθέσεων στατιστικών λογισμικού σχετικά με την απόδοση των οχημάτων παρέχεται σε ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία βάση. Πίνακες ή γραφήματα παρουσιάζουν τη συνολική απόσταση που διανύθηκε, κάποια πιθανή υπέρβαση ταχύτητας και τις καθημερινές στάσεις που πραγματοποιήθηκαν. Με αυτόν τον τρόπο παρατηρείται η απόδοση ενός μεμονωμένου οχήματος σε μία περίοδο συνεχών ημερών και συγκρίνεται η απόδοση του σε σχέση με τα υπόλοιπα οχήματα.

Το σύστημα αυτό που χρησιμοποιείται για την διαχείριση στόλου οχημάτων, έχει ακόμα την δυνατότητα να εφαρμοσθεί για τον δυναμικό σχεδιασμό διαδρομής και τον σχεδιασμό αντίδρασης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Πεδία εφαρμογής, είναι επίσης, η παρακολούθηση της κατάστασης ενοικιαζόμενων οχημάτων, ενώ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την προειδοποίηση του οδηγού όσον αφορά αυτοκινητόδρομους με συμφόρηση, παρακάμψεις ή άλλους κινδύνους της κυκλοφορίας.

Επί του παρόντος, οι έρευνες επικεντρώνονται στην ελαχιστοποίηση του κόστους του συστήματος, μέσω αντικατάστασης των GPS δεκτών των μονάδων, με GPS δέκτες λογισμικού. Οι δέκτες λογισμικού έχουν τη δυνατότητα να υλοποιούν και ελέγχουν διάφορους αλγόριθμους πριν από την hardware υλοποίηση. Αυτό μειώνει δραστικά το συνολικό κόστος, από την στιγμή που το κύριο κόστος των συστημάτων είναι το υλικό των GPS μονάδων. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να μιλάμε ακόμα και για πιο ισχυρά συστήματα, δεδομένου ότι η ελαχιστοποίηση του αριθμού των στοιχείων υλικού, μειώνει την πιθανότητα αποτυχίας. Ένα τέτοιο σύστημα θεωρείται πιο ευέλικτο, καθώς το FPGA^[39] μπορεί να επαναπρογραμματιστεί με όλες τις τροποποιήσεις, να αναβαθμιστεί ή να αλλάξει χωρίς να πρέπει ο πελάτης να στείλει την μονάδα στον κατασκευαστή.

Μια μέθοδος για την αναβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος είναι η ανάπτυξη έξυπνου λογισμικού που θα διορθώνει το σφάλμα βάσει στοιχείων σχετικών με το περιβάλλον στο οποίο το όχημα βρίσκεται εν κινήσει. Για παράδειγμα το λογισμικό που γνωρίζει τα όρια των δρόμων σε συγκεκριμένη περιοχή, μπορεί άμεσα να καταλάβει ότι η θέση του οχήματος μέσα σε ένα συγκεκριμένο κτίριο δεν μπορεί να είναι αποδεκτή για ένα κανονικά κινούμενο όχημα.

Ένας άλλος τρόπος για την ελαχιστοποίηση του κόστους αφορά την χρήση περισσότερο “έξυπνων” μονάδων, γεγονός που οδηγεί στην συμπίεση των δεδομένων προς μετάδοση. Έρευνες επικεντρώνονται σε βελτίωση της ακρίβειας των δεδομένων, με την τοποθέτηση αισθητήρα εντοπισμού στη μονάδα, που θα είναι σε θέση να καθορίσει την θέση του οχήματος ανεξάρτητα από το GPS σήμα. Οι αδρανειακοί αισθητήρες είναι ο κύριος τύπος του υλικού για τον σκοπό αυτό.

Ακόμη, έρευνες επικεντρώνονται στην ενσωμάτωση επιπλέον υλικού στις μονάδες, για τη χρήση περισσότερων εφαρμογών. Για παράδειγμα, συνδέοντας μια οθόνη LCD στις μονάδες, επιτρέπεται η καθοδήγηση του οχήματος, μέσω οπτικής πλοήγησης, ανεξάρτητα από τον τύπο του. Επίσης, καθίσταται δυνατή και η φωνητική πλοήγηση. Η δυνατότητα σύνθεσης ομιλίας επιτρέπει στο σύστημα να καθοδηγεί τον χρήστη με φωνητικές εντολές για να φτάσει στον προορισμό του.

Τέλος, άλλες έρευνες αφορούν την ενσωμάτωση χαρτών στην μνήμη της μονάδας και το πως κάτι τέτοιο μπορεί να ωφελήσει στην επικοινωνία με τον σταθμό βάσης. Ο συμβιβασμός που μελετάται από την επιστημονική κοινότητα, αφορά στην ενσωμάτωση μεγάλης μνήμης στη μονάδα που μπορεί να κρατάει όλες τις πληροφορίες χάρτη (και κατά συνέπεια να μειώνει το κόστος επικοινωνίας για να πάρει νέες πληροφορίες από τον σταθμό βάσης) ή βασίζεται περισσότερο στις πληροφορίες που αποστέλλονται από τον σταθμό βάσης και συνεπώς ελαχιστοποιείται το κόστος της μνήμης της μονάδας.

Οφέλη

Με την επένδυση σε ένα σύστημα εντοπισμού και διαχείρισης οχημάτων, ο χρήστης έχει άμεση αντίληψη του τι συμβαίνει (μέσω της οπτικοποιημένης εικόνας των σχετικών πληροφοριών), με αποτέλεσμα να διευκολύνεται καθοριστικά η λήψη αποφάσεων. Τα σημαντικότερα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση τέτοιων συστημάτων είναι:

- Αυτόματος εντοπισμός των οχημάτων που μας ενδιαφέρουν.
- Οπτικοποίηση κάθε πληροφορίας στο παρεχόμενο γεωγραφικό μοντέλο, χωρίς ανάγκη αλλαγής αυτού όταν το όχημα κινείται εκτός του ελλαδικού χώρου.
- Εύκολη διαχείριση του υπάρχοντος πελατολογίου και δημιουργία σημείων ενδιαφέροντος από τον χρήστη.
- Εποπτεία κάθε δρομολογίου σε πραγματικό χρόνο, με δυνατότητα αναπροσαρμογής ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.
- Δυναμικός προγραμματισμός και βελτιστοποίηση δρομολογίων.
- Αξιολόγηση και κοστολόγηση δρομολογίου.
- Μείωση του κόστους επικοινωνίας με τους οδηγούς.
- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.
- Αύξηση της απόδοσης του προσωπικού και μείωση άσκοπων υπερωριών.
- Αποτελεσματική συμβολή στην προστασία του οχήματος έναντι κλοπής.
- Αποτροπή φαινομένων λαθροχειρίας στα καύσιμα και εμπορεύματα του οχήματος.
- Μικρό κόστος χρήσης του συστήματος, είτε τα οχήματα κινούνται εντός ή εκτός Ελλάδος.
- Αυτόματη επεξεργασία στοιχείων και δημιουργία αναφορών (Εικόνα 1.4).
- Παροχή αισθήματος ασφάλειας στους οδηγούς έναντι απρόβλεπτων γεγονότων (ατυχήματα, βλάβες, κλπ).

	A	B	C	D	E	F
1	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ					
2	Όχημα	ΥΝΟ-3484				
3						
4	Οδηγός	VT310_Drv (16.62 KM)				
5						
6	Ημερομηνία	23/02/2012				
7						
8	Ώρα	Κατάσταση Οχήματος	Ταχ. (Km/h)	Περιοχή Στάθμευσης Οχήματος	Γ. Πλάτος	Γ. Μήκος
9	11:02:26	ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ (8 Ώρες, 34 Λεπτά)	33	Λεωφόρος Κηφισού 0/65,18233,ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	37,960838	23,675856
10	11:01:56	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	42,8		37,963257	23,67692
11	11:01:25	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	58,5		37,967113	23,677595
12	11:00:59	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	36,1		37,969017	23,675234
13	11:00:26	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	41,1		37,969196	23,677465
14	10:59:53	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	47,4		37,967869	23,678444
15	10:59:26	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	43,3		37,9646	23,678297
16	10:58:59	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	38,2		37,962029	23,677099
17	10:58:26	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	43,5		37,960178	23,679316
18	10:57:55	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	31,9		37,960506	23,68227
19	10:57:26	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	25,2		37,962589	23,683161
20	10:56:54	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,961979	23,683081
21	10:53:55	ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ (2 Λεπτά)	19,8	Κεννεντι 0/6,18233,ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΕΝΤΗΣ	37,961929	23,683043
22	10:53:25	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	33,7		37,959846	23,68189
23	10:52:55	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,959641	23,681004
24	10:51:54	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,959808	23,680347
25	10:51:24	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,959984	23,679739
26	10:50:55	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	44,3		37,960339	23,678461
27	10:50:24	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	33		37,959412	23,676044
28	10:49:54	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	10,3		37,957817	23,675182
29	10:49:18	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	10,9		37,957172	23,674973
30	10:48:53	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,95673	23,674751
31	10:48:25	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	0		37,956551	23,67411
32	10:47:54	ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	40,4		37,958065	23,674667

Εικόνα 1.4 - Παράδειγμα ημερήσιας αναφοράς παρακολούθησης οχήματος (της εταιρίας διαχείρισης στόλου οχημάτων iTrack)

Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή Λογισμικού Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων στην εταιρία «Nestle A.E»

Σε αυτό το σημείο παραθέτουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής εξειδικευμένου λογισμικού για τη διαχείριση στόλου οχημάτων, που εξυπηρετεί όλα όσα έχουμε αναφέρει μέχρι στιγμής.

Το σύστημα «iTrackPro»^[41] που έχει αναπτυχθεί από την ελληνική εταιρία «iTrack» είναι μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης στόλου οχημάτων. Απλουστεύει και βελτιστοποιεί όλες τις δραστηριότητες μεταφοράς ξεκινώντας από τον προγραμματισμό και την εκτέλεση, και καταλήγοντας στον απολογισμό των εργασιών του στόλου των οχημάτων. Αναλυτικότερα, ο εντοπισμός των οχημάτων γίνεται με δορυφορική ακρίβεια ενώ όλα τα στοιχεία των δρομολογίων καταγράφονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή από όπου μπορούν να εκτυπωθούν αναφορές και να χρησιμοποιηθούν για σύγκριση και μελέτη. Παρέχει επίσης λεπτομερή παρουσίαση των δρομολογίων σε χάρτη και δυνατότητα τοποθέτησης πελατών επάνω σε αυτόν. Προσφέρει άμεση πληροφόρηση για την ακριβή θέση, ταχύτητα κίνησης, πλήθος και διάρκεια στάσεων οχημάτων καθώς και ελέγχους για διάφορες ρυθμίσεις όπως η θερμοκρασία του φορτίου.

Ένα σύστημα όπως αυτό αυξάνει το επίπεδο εξυπηρέτησης του πελάτη, αφού φροντίζει για την αξιόπιστη πληροφόρηση των παραδόσεων, ελαχιστοποιεί το χρόνο αναμονής και εξυπηρέτησης και διασφαλίζει την ποιότητα του φορτίου που παραδίδεται. Μειώνει τα έξοδα λειτουργίας του στόλου βελτιώνοντας την κατανομή του φόρτου εργασίας παρακολουθώντας την κατανάλωση καυσίμων και προλαμβάνοντας τυχόν έκτακτα συμβάντα. Επίσης δίνει τη δυνατότητα συνολικού ελέγχου και εποπτείας των οχημάτων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής τα οποία της προσδίδουν μεγάλη ευελιξία, είναι τα εξής:

- Ιχνηλασία, επίβλεψη κατάστασης, και απεικόνιση της θέσης ενός φορτηγού σε ψηφιακούς χάρτες σε πραγματικό χρόνο,
- Δυναμική αναπροσαρμογή δρομολογίων διανομής ,
- Αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων μέσω packet-based κινητών δικτύων (GPRS),
- Βελτιωμένη οργάνωση στόλου μέσω της συνεχούς παρακολούθησης συγκεκριμένων λειτουργιών και αποθήκευσης αυτών σε βάση δεδομένων,
- Συλλογή μετρήσεων απόδοσης σε πραγματικό χρόνο (ώρες εργασίας, % των παραδόσεων που γίνονται εγκαίρως, κτλ).

Το παραπάνω σύστημα είχε πρακτική εφαρμογή στην εταιρία «Nestle», η οποία έχοντας προϊόντα ιδιαίτερα ευάλωτα στις συνθήκες μεταφοράς, έπρεπε να εξασφαλίσει την εύρυθμη λειτουργία της επιλύοντας τα προβλήματα διανομής. Η ανάγκη εγκατάστασης μιας τέτοιας ολοκληρωμένης λύσης καθώς και η αξία εφαρμογής για την εταιρία αναδεικνύεται μέσα από τα ακόλουθα προβλήματα και απαιτήσεις: Α) Ανάγκη μείωσης του λειτουργικού κόστους Β) Ανάγκη μέτρησης δεδομένων πεδίου (π.χ. θερμοκρασία) με κατάλληλους αισθητήρες και Γ) Ανάγκη ταυτοποίησης του πληρώματος του στόλου.

Στα οχήματα της εταιρίας εγκαταστάθηκαν οι ηλεκτρονικές μονάδες που διαθέτουν δορυφορικό εντοπισμό και μέτρηση θερμοκρασίας φορτίου απόλυτης ακρίβειας. Το προσωπικό εφοδιάστηκε με ηλεκτρονικές ταυτότητες μέσω των οποίων αναγνωρίζεται το πλήρωμα κάθε οχήματος. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός των οχημάτων περιλαμβάνει επίσης αναγνώστη των ηλεκτρονικών ταυτοτήτων. Στα γραφεία της εταιρίας εγκαταστάθηκε ο σταθμός βάσης του συστήματος που περιελάμβανε το λογισμικό τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό και αναλυτικούς χάρτες. Το λογισμικό iTrackPro, εγκαταστάθηκε σε τρεις υπολογιστές σε δίκτυο σε τρία

διαφορετικά τμήματα (Διεύθυνση εργοστασίου, γραφείο κινήσεως, τμήμα δικτύου). Μέσω των υπολογιστών αυτών γίνεται αυτόματος εντοπισμός του στόλου σε πραγματικό χρόνο, οι χρόνοι άφιξης και παραμονής στα καταστήματα, η πλήρης παρουσίαση των δρομολογίων, η θερμοκρασία των θαλάμων κτλ.

Η εταιρία ενημέρωσε από την πρώτη στιγμή όλους τους εργαζομένους για το σύστημα. Σε καθημερινή βάση εκτυπώνονται τα φύλλα διαδρομής που αναφέρονται σε κάθε όχημα χωριστά. Με αυτά τα ακριβή δεδομένα που παράγει το σύστημα ο προϊστάμενος διανομής μπορεί πλέον να συζητήσει σε αντικειμενική βάση με τους οδηγούς τα τυχόν προβλήματα και τους τρόπους βελτίωσης του προγράμματος διανομής.

Πολύ σημαντικό για την εταιρία είναι, ότι με το σύστημα αυτό, το τμήμα διασφάλισης ποιότητας δεν ελέγχει αναδρομικά τις θερμοκρασίες διανομής αλλά τις ελέγχει σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον το τμήμα λειτουργίας δικτύου μπορεί να παρακολουθεί τις στάσεις που γίνονται σε κάθε κατάστημα και να συζητηθούν με τους πελάτες όλα τα θέματα που αφορούν τη διανομή έχοντας συγκεκριμένα και ακριβή στοιχεία από το σύστημα.

Σύμφωνα με την εταιρία Nestle, από τότε που εγκαταστάθηκε το σύστημα παρουσιάστηκε σαφής μείωση του κόστους διανομής ανά κιλό διανεμηθέντων προϊόντων και βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας στους πελάτες της.

1.2 Αντικείμενο εργασίας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένα από τα βασικά στοιχεία ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης στόλου οχημάτων είναι ο διακομιστής επικοινωνίας ανάμεσα στην συσκευή και το κέντρο συλλογής πληροφοριών, που αναλαμβάνει την παρακολούθηση. Αυτός ακριβώς είναι και ο στόχος της παρούσας εργασίας.

Πιο συγκεκριμένα, το αντικείμενο της πτυχιακής μου, είναι η δημιουργία προγράμματος για την επικοινωνία των συσκευών της εταιρίας Teltonika με έναν server. Το πρόγραμμα που υλοποιήσαμε δέχεται τις πληροφορίες, τις αποκωδικοποιεί σύμφωνα με το εξειδικευμένο πρωτόκολλο, τις επεξεργάζεται και τις αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων. Τέλος, αναλύεται και σχολιάζεται η κλιμάκωση του διακομιστή.

Η εφαρμογή μου σχεδιάστηκε με την πλατφόρμα Microsoft Visual Studio 2010. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποίησα ήταν η C++/C# και για τον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων και των πινάκων που την απαρτίζουν η MySQL.

Η οργάνωση της παρούσας εργασίας έχει ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο κάνουμε μια εισαγωγή στην έννοια της διαχείρισης στόλου οχημάτων, αναλύουμε τα βασικά χαρακτηριστικά αλλά και τα οφέλη αυτών των συστημάτων διαχείρισης και τέλος, παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής ενός πραγματικού, εξειδικευμένου λογισμικού διαχείρισης στόλου οχημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζουμε αναλυτικά όλες τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα που περιγράψαμε αρχικά. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στις τεχνολογίες GPS, GSM αλλά και στο πρότυπο GPRS.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύουμε το πρωτόκολλο επικοινωνίας AVL. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι αυτό που υλοποιήσαμε στην εφαρμογή μας. Στο σημείο αυτό παρουσιάζουμε αναλυτικά την επικοινωνία με τον server μέσω του πρωτοκόλλου TCP/IP, τα πεδία δεδομένων που περιλαμβάνει ένα AVL πακέτο, το μέγεθος τους, ενώ παραθέτουμε και παραδείγματα για την ευκολότερη κατανόηση του.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζουμε την συσκευή FM1100 της εταιρίας Teltonika. Η συγκεκριμένη συσκευή χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο που υλοποιήσαμε στην εφαρμογή μας και είναι ένα από τα πλέον ανταγωνιστικά μοντέλα της αγοράς, τόσο για τις λειτουργίες όσο και για το μικρό της μέγεθος. Τον συγκεκριμένο τύπο συσκευής τον χρησιμοποιήσαμε και ως δείγμα για την υλοποίηση της εφαρμογής μας. Παρουσιάζουμε, λοιπόν, αναλυτικά τις λειτουργίες της αλλά το πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε για τη ρύθμιση τους.

Τα κεφάλαια πέντε και έξι είναι αφιερωμένα στην εφαρμογή αυτή καθ' αυτή. Περιγράφουμε τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε και αναλύουμε τον κώδικα του προγράμματος μας, αλλά και τη βάση δεδομένων. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα μας και οι μελλοντικές επεκτάσεις.

Κεφάλαιο 2^ο

Οι Τεχνολογίες GPS και GSM

2.1 GPS (Global Positioning System)

Το GPS είναι ένα σύστημα πλοήγησης βασισμένο σε δορυφόρους. Αναπτύχθηκε από το υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών στις αρχές της δεκαετίας του 70. Το GPS αναπτύχθηκε αρχικά ως ένα στρατιωτικό σύστημα για να καλύψει τις ανάγκες του αμερικανικού στρατού. Ονομάστηκε επίσημα NAVSTAR GPS, ένα όνομα που δόθηκε από τον John Walsh. Επειδή εξυπηρετεί ένα απεριόριστο αριθμό χρηστών, καθώς επίσης χρησιμοποιείται και για λόγους ασφάλειας, το GPS είναι ένα παθητικό (μονοκατευθυντικό) σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν μόνο να λαμβάνουν σήματα από τους δορυφόρους. Το GPS είναι το μοναδικό πλήρως λειτουργικό σύστημα του GNSS (Global Navigation Satellite System), το οποίο είναι ο τυποποιημένος, γενικής χρήσης όρος για τα συστήματα δορυφορικής πλοήγησης που παρέχουν αυτόνομη γεωγραφική τοποθέτηση με παγκόσμια κάλυψη. Χρησιμοποιώντας έναν αστερισμό από τουλάχιστον 24 δορυφόρους, ελλειπτικής και όχι κυκλικής τροχιάς γύρω από τη γη που εκπέμπουν ακριβή μικροκυματικά σήματα, το σύστημα ενεργοποιεί έναν δέκτη GPS για να καθορίσει τη θέση ενός σημείου, την ταχύτητα, την κατεύθυνση κίνησής του, το υψόμετρό του, και το χρόνο.

Επιπλέον, σε συνδυασμό με ένα ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούμε να έχουμε την απεικόνιση αυτών των πληροφοριών. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε ύψος περίπου 20.200 χλμ. από την επιφάνεια της γης και η αντίστοιχη περίοδος της κίνησής τους είναι περίπου 12 ώρες (για την ακρίβεια 11 ώρες και 58 λεπτά).

Άλλα παρόμοια συστήματα είναι το ρωσικό GLONASS, το οποίο είναι ένα σύστημα δορυφορικής πλοήγησης βασισμένο σε ράδιο, το ανερχόμενο ευρωπαϊκό σύστημα τοποθέτησης Galileo, το προτεινόμενο σύστημα πλοήγησης πυξίδας από την Κίνα και το IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System) από την Ινδία. Ο αστερισμός των δορυφόρων κατευθύνεται από την πεντηκοστή διαστημική μοίρα της αεροπορικής δύναμης των ΗΠΑ (United States Air Force (USAF) 50th Space Wing). Το κόστος συντήρησης του συστήματος είναι περίπου 750 εκατομμύρια US\$ το χρόνο, συμπεριλαμβανομένης και της αντικατάστασης παλιών δορυφόρων, καθώς και της έρευνας και της ανάπτυξης νέων συστημάτων.

2.1.1. Ιστορικό

Έπειτα από την κατάρριψη του Korean Air Lines Flight 007^[42] το 1983, ο πρόεδρος Ronald Reagan εξέδωσε μια κατευθυντήρια οδηγία, καθιστώντας το σύστημα προσιτό και δωρεάν για τη χρήση του από τους πολίτες. Μέχρι τότε, το GPS αποτελούσε μία ευρέως διαδεδομένη βοήθεια στην πλοήγηση και ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατασκευή χαρτών, την εξερεύνηση περιοχών, το εμπόριο και για διάφορες επιστημονικές χρήσεις. Το GPS παρέχει

επίσης μία ακριβή χρονική αναφορά που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπως η επιστημονική μελέτη σεισμών και ο συγχρονισμός των τηλεπικοινωνιακών δικτύων.

2.1.2. Βασική Ιδέα

Από την αρχαιότητα τα σημεία του ορίζοντα καθώς και οι διάφοροι αστερισμοί χρησιμοποιούνταν για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης, αποτελούσε σημείο αναφοράς και συνέβαλλε στην εύρεση της σωστής πορείας των ανθρώπων.

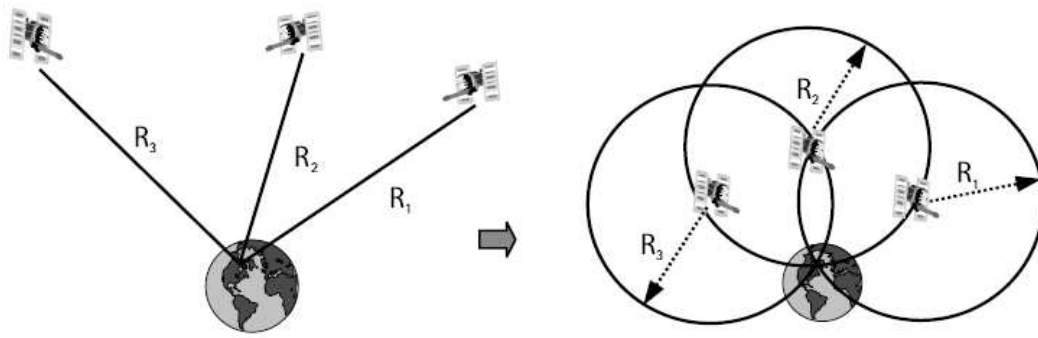
Ένας τυπικός GPS δέκτης υπολογίζει τη θέση στην οποία βρίσκεται, χρησιμοποιώντας τα σήματα από τέσσερις ή περισσότερους GPS δορυφόρους. Τέσσερις δορυφόροι χρειάζονται εφόσον η διαδικασία απαιτεί μια εξαιρετικά ακριβή τοπική ώρα, περισσότερο ακριβή από την ώρα που δύναται να δώσει οποιοδήποτε συνηθισμένο ρολόι, έτσι ώστε ο δέκτης να επιλύσει εσωτερικά ως προς το χρόνο και τη θέση.



Εικόνα 2.1- Αστερισμός των GPS δορυφόρων

Πιο συγκεκριμένα, ο δέκτης χρησιμοποιεί τέσσερις μετρήσεις για να επιλύσει ως προς τέσσερις μεταβλητές x , y , z και t , δηλαδή τις συντεταγμένες στον τρισδιάστατο χώρο και το χρόνο. Αυτές οι τιμές μετατρέπονται στη συνέχεια σε φιλική ως προς το χρήστη μορφή, όπως το γεωγραφικό πλάτος και μήκος ή την τοποθεσία σε ένα χάρτη και επιδεικνύονται στο χρήστη.

Η ιδέα λειτουργίας του GPS είναι σχετικά απλή. Αν οι αποστάσεις από ένα σημείο πάνω στη γη (GPS δέκτης), από μέχρι και τρεις δορυφόρους GPS, είναι γνωστές μαζί με τις θέσεις των δορυφόρων, τότε η θέση του σημείου (δέκτη) μπορεί να καθοριστεί εύκολα εφαρμόζοντας γνωστές μεθόδους τριγωνομετρίας και γεωμετρίας. Κάθε GPS δορυφόρος διαθέτει ένα ατομικό ρολόι εξαιρετικά υψηλής ακρίβειας, το οποίο βρίσκεται πάνω στο δορυφόρο και ελέγχει τα εκπεμπόμενα σήματα.



Εικόνα 2.2- Αποστάσεις δορυφόρων από σταθερό σημείο στην επιφάνεια της γης

Τα μηνύματα που μεταδίδονται συνεχώς περιέχουν την τρέχουσα ώρα στην αρχή του μηνύματος, παραμέτρους για τον υπολογισμό της θέσης του δορυφόρου (ephemeris) και το γενικό σύστημα κατάστασης του δορυφόρου (almanac). Κάθε δορυφόρος μεταδίδει μόνο το δικό του «ephemeris», ενώ εκπέμπει ένα «almanac» για όλους τους δορυφόρους. Τα σήματα ταξιδεύουν σε μια δεδομένη γνωστή ταχύτητα, την ταχύτητα του φωτός και ελαφρώς επιβραδύνονται διαμέσου της ατμόσφαιρας. Ο δέκτης χρησιμοποιεί το χρόνο άφιξης για να υπολογίσει την απόσταση από κάθε δορυφόρο.

Παρόλο που απαιτούνται τέσσερις δορυφόροι για τη φυσιολογική λειτουργία του συστήματος, είναι πιθανόν να χρειαστούν λιγότεροι σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, αν είναι ήδη γνωστή μια μεταβλητή, ένας δέκτης μπορεί να αποφασίσει τη θέση του με το να χρησιμοποιήσει μόνο τρεις δορυφόρους. Στην πράξη επίσης, οι δέκτες χρησιμοποιούν επιπρόσθετες ενδείξεις (ολίσθηση Doppler, από το ομώνυμο φαινόμενο, από σήματα δορυφόρων, τελευταία γνωστή θέση, dead reckoning (διαδικασία εκτίμησης της τρέχουσας θέσης βασισμένη σε προηγούμενη προκαθορισμένη θέση), inertial navigation (βοήθεια πλοήγησης που χρησιμοποιεί υπολογιστή και αισθητήρες κίνησης για να εντοπίζει τη θέση, τον προσανατολισμό και την ταχύτητα ενός οχήματος) κτλ) για να δώσουν απαντήσεις όταν είναι ορατοί λιγότεροι από τους τέσσερις δορυφόρους.

2.1.3. Περιγραφή Λειτουργίας

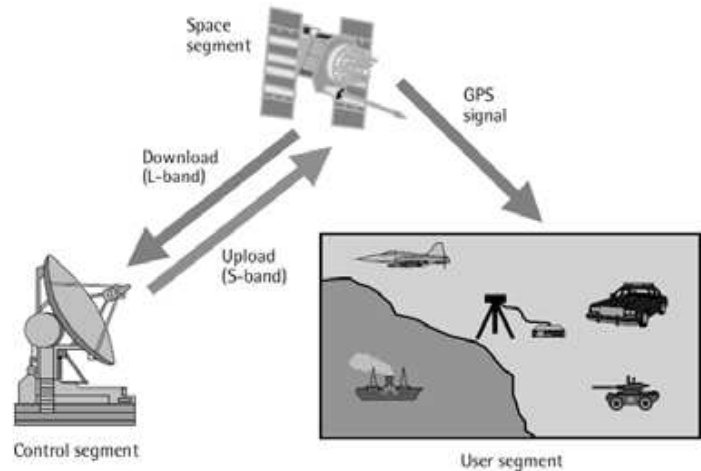
Το GPS αποτελείται από τρία κύρια τμήματα: τους δορυφόρους που κινούνται σε τροχιές γύρω από τη γη (Space Segment, SS), τους επίγειους σταθμούς ελέγχου και καταγραφής (Control Segment, CS) και τους δέκτες GPS που ανήκουν στους χρήστες (User Segment, US). Οι GPS δορυφόροι εκπέμπουν σήματα από το διάστημα τα οποία συλλαμβάνονται και αναγνωρίζονται από τους δέκτες GPS. Κάθε δέκτης GPS παρέχει στη συνέχεια μία τρισδιάστατη θέση (γεωγραφικό ύψος, πλάτος και υψόμετρο) συν το χρόνο.

Space Segment

Το διαστημικό τμήμα (SS) αποτελείται από περιστρεφόμενους σε τροχιά GPS δορυφόρους ή διαστημικά οχήματα (Space Vehicles, SV) όπως αναφέρονται στην ορολογία του GPS. Το GPS δίκτυο αρχικά αποτελούνταν από 24 διαστημικά οχήματα, 8 σε κάθε μία από τις τρεις κυκλικές τροχιές γύρω από τη γη. Το αρχικό αυτό πλάνο τροποποιήθηκε σε 6 επίπεδα από

Α μέχρι F με τέσσερις ή πέντε δορυφόρους το καθένα, εκτός από το επίπεδο C, που έχει μόνο τέσσερις. Τα έξι επίπεδα έχουν κλίση ως προς τον ισημερινό της γης περίπου 55° . Οι δορυφόροι αυτοί

«σκεπάζουν» ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά. Οι δορυφόροι μπορούν να ανιχνευθούν από διάφορα συστήματα όπως το SVN (space vehicle number) και το PRN (pseudorandom noise).



Εικόνα 2.3- Σχηματική αναπαράσταση επικοινωνίας δορυφόρου με επίγειο σταθμό

Κάθε δορυφόρος GPS μεταδίδει ένα σήμα, το οποίο περιλαμβάνει δύο ημιτονικά κύματα (γνωστά ως φέρουσες συχνότητες), δύο ψηφιακούς κώδικες και ένα μήνυμα πλοήγησης. Οι κώδικες και το σύστημα πλοήγησης προστίθενται στα φέροντα ως δυαδικές διαφασικές τροποποιήσεις. Τα φέροντα και οι κώδικες χρησιμοποιούνται κυρίως για τον καθορισμό της απόστασης από το δέκτη του χρήστη μέχρι τους GPS δορυφόρους. Το μήνυμα πλοήγησης περιλαμβάνει μαζί με άλλες πληροφορίες και τη θέση των δορυφόρων σαν συνάρτηση του χρόνου.

Όπως προαναφέρθηκε, οι δορυφόροι εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Ωστόσο το επίγειο σήμα κάθε δορυφόρου επαναλαμβάνεται κάθε 24ωρο. Σωστή ευθυγράμμιση σημαίνει και οι τέσσερις δορυφόροι να είναι ορατοί από ένα σημείο για μερικές ώρες κάθε μέρα. Για στρατιωτικές επιχειρήσεις, η επανάληψη του επίγειου σήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιβεβαίωση καλής κάλυψης σε ζώνες μάχης.

Από το Σεπτέμβριο του 2007 υπάρχουν 32 ενεργοί ευρέως γνωστοί δορυφόροι στον αστερισμό του GPS. Οι επιπλέον δορυφόροι βελτιώνουν την ακρίβεια των υπολογισμών του GPS δέκτη, παρέχοντας πλεονάζουσες πληροφορίες. Με τον αυξανόμενο αριθμό δορυφόρων, ο αστερισμός άλλαξε σε μία ανομοιόμορφη διάταξη. Τέτοια διάταξη παρουσιάστηκε για να βελτιώσει τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία του συστήματος, αναφορικά με ένα ομοιόμορφο σύστημα, όταν πολλαπλοί δορυφόροι αποτυγχάνουν.

Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευσή τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται μέσω των ηλιακών στοιχείων που διαθέτουν.

Control Segment

Το βασικό μέλημα του τμήματος αυτού είναι να εντοπίζει τους GPS δορυφόρους έτσι ώστε να καθορίσει και να προβλέψει τις θέσεις των δορυφόρων, την ακεραιότητα του συστήματος, τη συμπεριφορά των ατομικών ρολογιών των δορυφόρων, τα ατμοσφαιρικά

δεδομένα, τη σωστή τους ταχύτητα και το υψόμετρο, την κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια και άλλες πληροφορίες. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος.

Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη. Οι ιπτάμενες διαδρομές των δορυφόρων εντοπίζονται από σταθμούς παρακολούθησης που διαχειρίζονται το NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) μαζί με τους σταθμούς παρακολούθησης της US Air Force που βρίσκονται στις παραπάνω περιοχές, που είναι οι εξής:

- Κολοράντο (Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής)
- Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός)
- Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός)
- Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός)
- Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός)

Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης. Η πληροφορία εντοπισμού αποστέλλεται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου του διαστημικού τμήματος διοίκησης της Air Force στο Κολοράντο, η οποία διαχειρίζεται από τη δεύτερη μοίρα διαστημικών επιχειρήσεων του USAF.

Η μοίρα αυτή επικοινωνεί με κάθε GPS δορυφόρο συνήθως με μία ενημέρωση πλοήγησης, χρησιμοποιώντας τις κεραίες των σταθμών των προαναφερθεισών περιοχών. Αυτές οι ενημερώσεις συγχρονίζουν τα ατομικά ρολόγια επί των δορυφόρων μέσα σε μερικά νανοδευτερόλεπτα και ρυθμίζουν τη θέση (ephemeris) κάθε δορυφόρου εσωτερικής τροχιάς. Οι ενημερώσεις δημιουργούνται από ένα αναδρομικό φίλτρο (Kalman), που εκτιμά την κατάσταση ενός δυναμικού συστήματος από μια σειρά ημιτελών και θορυβωδών μετρήσεων. Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιεί δεδομένα εισόδου από τους επίγειους σταθμούς παρακολούθησης, πληροφορίες μετεωρολογικού δελτίου και άλλα δεδομένα.

Οι κινήσεις ενός δορυφόρου δεν είναι ακριβείς σύμφωνα με το GPS πρότυπο. Για την αλλαγή της τροχιάς ενός δορυφόρου, θα πρέπει ο δορυφόρος αυτός να σημειωθεί ως «μη υγιής», ώστε οι δέκτες να μην τον χρησιμοποιούν στους υπολογισμούς τους. Τότε ο ελιγμός μπορεί να πραγματοποιηθεί και η προκύπτουσα τροχιά να εντοπιστεί από τη γη. Η νέα θέση του δορυφόρου φορτώνεται και ο δορυφόρος σημειώνεται ξανά ως «υγιής». Ακόμα και αν μόνο ένας δορυφόρος κάνει ελιγμούς κάθε φορά, αυτό συνεπάγεται ότι τουλάχιστον πέντε δορυφόροι πρέπει να είναι ορατοί, ώστε να είναι σίγουρο ότι η πληροφορία προκύπτει και από τους τέσσερις.

User Segment

Η μεγάλη εξάπλωση της χρήσης του GPS οφείλεται και στη διάδοση των, οικονομικά προσιτών, φορητών δεκτών GPS για πεζούς ή οχήματα και των γενικών υπολογιστικών συσκευών (όπως τα PDA) με ενσωματωμένο δέκτη GPS. Ένας φορητός δέκτης αποτελείται από:

▪ **Τη δορυφορική κεραία**, η οποία λαμβάνει το σήμα GPS από τους δορυφόρους με τους οποίους έχει οπτική επαφή. Επίσης, λαμβάνει σήμα και από ανακλάσεις, π.χ. σε τοίχους, κάνοντας δυνατή τη λήψη σε δρόμους που περιβάλλονται από πολύ ψηλά κτήρια (στην καθιερωμένη αγγλόφωνη σχετική ορολογία, οι συνθήκες αυτές αποκαλούνται "urban canyon") ή ακόμη και σε κάποιους εσωτερικούς χώρους. Οι κεραίες είναι συνήθως εσωτερικές, υπάρχουν, ωστόσο, δέκτες που διαθέτουν υποδοχή για εξωτερική κεραία. Οι εξωτερικές δορυφορικές κεραίες διαθέτουν πάντα προενισχυτή και δίνουν καλύτερη λήψη, λόγω της δυνατότητας τοποθέτησης πάνω από πιθανά εμπόδια (π.χ. στην οροφή του αυτοκινήτου) και της ενίσχυσης που διαθέτουν (στις εσωτερικές κεραίες δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπλέον στάδιο προενίσχυσης, καθώς αυτό θα οδηγούσε σε ανεπιθύμητη ανάδραση, λόγω της γειτνίασης με το αναλογικό τμήμα του δέκτη).

▪ Τον κυρίως δέκτη GPS, ο οποίος χρησιμοποιεί κυκλώματα εξαιρετικά χαμηλού θορύβου και ειδικές τεχνικές επεξεργασίας σήματος ώστε να ξεχωρίζει τα εξαιρετικά ασθενή σήματα από τους δορυφόρους, από τον ισχυρό τηλεπικοινωνιακό θόρυβο ο οποίος έχει τη μορφή τυχαίου σήματος. Ο κυρίως δέκτης αποτελείται από το αναλογικό τμήμα εισόδου και το ψηφιακό, το οποίο περιέχει σύνθετο ψηφιακό υλικό (hardware), συνήθως κάποιο εξειδικευμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα τύπου ASIC^[43] και μικροελεγκτή^[44] (microcontroller) χαμηλής κατανάλωσης ισχύος. Αυτό το hardware χρησιμοποιεί λογισμικό με πολύ εξελιγμένους αλγόριθμους επεξεργασίας, για να μπορέσει να εξάγει χρήσιμο στίγμα σε συνθήκες urban canyon ή δύσκολης λήψης εν γένει. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ακρίβεια λήψης, λόγω των πολλαπλών σημάτων, τα οποία λαμβάνει η κεραία από τον ίδιο δορυφόρο, με χρονική καθυστέρηση μεταξύ τους (φαινόμενο ηχούς), μπορεί να υποβαθμίσει σημαντικά την ακρίβεια θέσης. Το αποτέλεσμα εξαρτάται έντονα από την ποιότητα των αλγορίθμων και βελτιώνεται σημαντικά από την μία γενιά δεκτών στην επόμενη.

Η τελική έξοδος του δέκτη είναι το στίγμα (θέση) του και η ακριβής παγκόσμια ώρα UMT. Αυτά τα δύο δεδομένα, μαζί με άλλες χρήσιμες πληροφορίες όπως ο αριθμός των λαμβανόμενων δορυφορικών σημάτων και η στάθμη τους, αποστέλλονται σε μια θύρα επικοινωνίας του δέκτη, συνήθως σειριακής μορφής, δηλαδή ασύγχρονη (UART^[45]) ή σύγχρονη (π.χ. SPI). Ο ρυθμός με τον οποίο βγαίνει νέο στίγμα στην έξοδο του δέκτη είναι συνήθως 1 φορά το δευτερόλεπτο (δηλαδή 1 Hz), αν και υπάρχουν δέκτες που μπορούν να δίνουν στίγμα με ταχύτερους ρυθμούς (π.χ. 10 Hz). Σε συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία, ο κυρίως δέκτης GPS διαθέτει και καταστάσεις λειτουργίας όπου ο ρυθμός αποστολής στίγματος μειώνεται σημαντικά, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ισχύος.

▪ Τον κυρίως μικροελεγκτή, την οθόνη απεικόνισης (συνήθως υγρών κρυστάλλων) και το υπόλοιπο hardware επικοινωνίας με το χρήστη της συσκευής. Ο μικροελεγκτής αυτός, μέσω του ενσωματωμένου λογισμικού του, επεξεργάζεται το στίγμα που λαμβάνει από τον κυρίως δέκτη GPS, μέσω της αντίστοιχης σειριακής του θύρας. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας είναι μια πιο κατανοητή μορφή για τον άνθρωπο μορφή του στίγματος και συνήθως εμφανίζεται σε οθόνη με δυνατότητες γραφικών, πάνω σε ψηφιακό χάρτη, μαζί με άλλες πληροφορίες όπως ώρα, υψόμετρο και ταχύτητα κίνησης. Η ακρίβεια του ενσωματωμένου χάρτη μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη, στα ακριβότερα μοντέλα, ενώ συχνά υπάρχει η δυνατότητα αναβάθμισης ή επαύξησής του μέσω σύνδεσης με προσωπικό υπολογιστή (PC).

Οι ισχυροί μικροελεγκτές και η μεγάλη μνήμη των σύγχρονων φορητών δεκτών έχουν κάνει δυνατή την ύπαρξη διάφορων απλών και εξελιγμένων βοηθημάτων εύρεσης θέσης και πλοήγησης. Π.χ. μπορούμε να βλέπουμε τη διαδρομή που έχουμε ήδη κάνει, να κάνουμε μεγέθυνση πάνω στο χάρτη ή να εισάγουμε προορισμό και ο δέκτης να βρίσκει τη βέλτιστη

διαδρομή (λειτουργία πλοήγησης). Σχεδόν πάντα υπάρχει η δυνατότητα ορισμού σημείων στο χάρτη ως προτιμώμενων ή ακόμη και κατάλογος με σημεία ενδιαφέροντος, όπως πρατήρια βενζίνης, καταστήματα και αξιοθέατα. Στα μοντέλα για αυτοκίνητο συνήθως υπάρχει η δυνατότητα φωνητικών οδηγιών, κατά τη λειτουργία πλοήγησης, ώστε ο οδηγός να μη χρειάζεται να κοιτά την οθόνη. Επίσης, κυκλώματα δεκτών GPS ενσωματώνονται και σε κινητά τηλέφωνα και άλλες συσκευές, όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Στο κοντινό μέλλον οι φορητοί δέκτες GPS θα βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή και στα άτομα με αναπηρία, όπως οι τυφλοί, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να ζητούν προορισμό και να ακούν φωνητικές οδηγίες από το δέκτη GPS.

2.1.4. Σήματα Πλοήγησης

Κάθε δορυφόρος GPS συνεχώς εκπέμπει ένα μήνυμα πλοήγησης στα 50 bit/s δίνοντας την ώρα της ημέρας, τον αριθμό εβδομάδας και πληροφορίες της κατάστασης του δορυφόρου, μεταδιδόμενα στο πρώτο κομμάτι του μηνύματος, το ephemeris, μεταδιδόμενο στο δεύτερο κομμάτι του μηνύματος, και το almanac στο τελευταίο κομμάτι του μηνύματος. Τα μηνύματα μεταδίδονται σε πλαίσια, κάθε ένα από τα οποία καταναλώνει 30 δευτερόλεπτα για να μεταδώσει 1500 bits.

Τα πρώτα έξι δευτερόλεπτα κάθε πλαισίου περιέχουν δεδομένα που περιγράφουν το ρολόι του δορυφόρου και τη σχέση του με την ώρα του GPS. Τα επόμενα 12 δευτερόλεπτα περιλαμβάνουν πληροφορία για τη θέση του δορυφόρου («ephemeris») δίνοντας την ακριβή τροχιά του. Το «ephemeris» ανανεώνεται κάθε δύο ώρες και ισχύει γενικά για 4 ώρες, με εφοδιασμό ανανεώσεων κάθε έξι ώρες ή περισσότερο σε ορισμένες περιπτώσεις. Ο χρόνος που χρειάζεται για να αποκτηθεί το «ephemeris» αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο για την καθυστέρηση της πρώτης διόρθωσης θέσης, επειδή καθώς το hardware γίνεται όλο και πιο ικανό, ο χρόνος που εντοπίζονται τα σήματα των δορυφόρων συρρικνώνεται, αλλά τα δεδομένα του «ephemeris» απαιτούν 30 δευτερόλεπτα στη χειρότερη περίπτωση πριν να ληφθούν, εξαιτίας του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων.

Τα «almanacs» είναι βιβλιοθήκες με πληροφορίες για την κατάσταση και την τροχιά ενός δορυφόρου, για το μοντέλο της ιονόσφαιρας και την ώρα που προκύπτει από αντίστοιχα GPS. Ένα νέο τμήμα του «almanac» λαμβάνεται για τα τελευταία 12 δευτερόλεπτα σε κάθε πλαίσιο 30 δευτερολέπτων. Κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει το 1/25 του «almanac», οπότε απαιτούνται 12.5 λεπτά για να λάβει ένας δορυφόρος ολόκληρο το «almanac». Το «almanac» εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς. Ο πρώτος είναι να βοηθά στην ανάκτηση των δορυφόρων στην τροφοδότησή τους επιτρέποντας στο δέκτη να παράγει μια λίστα από ορατούς δορυφόρους βασισμένη σε αποθηκευμένη θέση και ώρα, ενώ ένα «ephemeris» από κάθε δορυφόρο απαιτείται για τον υπολογισμό των διορθώσεων της θέσης χρησιμοποιώντας αυτόν το δορυφόρο. Σε παλαιότερες υλοποιήσεις η απουσία ενός «almanac» σε έναν καινούριο δέκτη θα δημιουργούσε μεγάλες καθυστερήσεις πριν να παρέχει μια έγκυρη θέση, επειδή η αναζήτηση για κάθε δορυφόρο ήταν μια αργή διαδικασία.

Βελτιώσεις στο υλικό έκαναν τη διαδικασία ανάκτησης πολύ πιο γρήγορη, έτσι ώστε να μην αποτελεί πρόβλημα η περίπτωση όπου δεν υπάρχει «almanac». Ο δεύτερος στόχος αφορά τον αντίστοιχο χρόνο που προκύπτει από το GPS (GPS ώρα). Τελικά το «almanac» επιτρέπει μια μοναδική συχνότητα δέκτη να διορθώσει τα ιονοσφαιρικά σφάλματα χρησιμοποιώντας ένα παγκόσμιο ιονοσφαιρικό μοντέλο. Οι διορθώσεις δεν είναι τόσο ακριβείς όσο στα συστήματα αύξησης (augmentation systems) όπως το WAAS ή στους δέκτες διπλής συχνότητας. Ωστόσο, είναι συχνά καλύτερο από κάτι αντίστοιχο με καμία διόρθωση, καθώς το σφάλμα ιονόσφαιρας

είναι η μεγαλύτερη πηγή σφάλματος για ένα δέκτη GPS μοναδικής συχνότητας. Χαρακτηριστικές τιμές συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο GPS είναι 1575.42, 1227.60, 1381.05, 1379.913 και 1176.45 MHz.

2.1.5. Ακρίβεια

Υπάρχει μια μεγάλη και συνεχώς αναπτυσσόμενη ποικιλία εξοπλισμού που είναι διαθέσιμη στον τελικό χρήστη, εξαρτάται όμως από τις απαιτήσεις του εντοπισμού θέσης και το κόστος, καθώς υπάρχει μια σχεδόν αναλογική σχέση μεταξύ ακρίβειας και κόστους. Η ακρίβεια μπορεί να φτάσει το 1.5 εκατοστό σε ακίνητη στάση ή τα δύο με τρία εκατοστά σε κίνηση. Το κόστος για αυτά τα συστήματα (Real Time Kinematic, RTK) είναι πολύ υψηλό.

Χαμηλότερου κόστους δέκτες αναμένονται να επιτύχουν ακρίβεια περίπου στα 100 μέτρα με επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability) σε λειτουργία, ή περίπου 30 μέτρα με SA σε μη λειτουργία. Ωστόσο για τους περισσότερους χρήστες, όπως πεζοπόρους και ταξιδεύοντες με βάρκα, η ακρίβεια αυτή είναι επαρκής και καλύτερη από όλα τα συστήματα που ήταν διαθέσιμα στο παρελθόν.

Ανάμεσα στις δύο αυτές διαμετρικά αντίθετες περιπτώσεις βρίσκονται οι δέκτες C/A σήματος που δίνουν ελάχιστο σφάλμα 3 μέτρα. Η ακρίβεια αυτή μπορεί να βελτιωθεί στα 30 εκατοστά περίπου χρησιμοποιώντας P(Y) σήματα. (Κάθε δορυφόρος εκπέμπει το σήμα πλοήγησής του με τουλάχιστον δύο κώδικες φασμάτων διακριτής ταχύτητας: ο C/A κώδικας (Coarse/Acquisition code), ο οποίος είναι ελεύθερα διαθέσιμος από το κοινό και ο κώδικας P (Precise code), που είναι συνήθως κρυπτογραφημένος και προορισμένος για στρατιωτικές εφαρμογές.)

2.1.6. Σφάλματα

Τα σημαντικότερα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν είναι τα εξής:

- Ιονοσφαιρικά σφάλματα (± 5 μέτρα)
- Επίδραση της τροπόσφαιρας (± 0.5 μέτρα)
- Σφάλματα πολλαπλών διαδρομών (± 1 μέτρα)
- Σφάλματα θέσης δορυφόρου (ephemeris error) (± 2.5 μέτρα)
- Σφάλματα από τα ρολόγια των δορυφόρων (± 2 μέτρα)
- Επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability) (± 70 μέτρα)
- Θόρυβος δέκτη
- Αριθμητικά λάθη (± 1 μέτρα)

Ιονοσφαιρική/τροποσφαιρική διάθλαση

Ένα σημαντικό πρόβλημα για την αποδοτικότητα του GPS είναι η ίδια η ατμόσφαιρα ως μέσο διάδοσης των σημάτων. Ως γνωστό η ταχύτητα των ραδιοκυμάτων (π.χ. ταχύτητα φωτός) είναι σταθερή και ίση με 300.000 km/sec. Κάτι τέτοιο όμως θα ίσχυε μόνο στο απόλυτο κενό. Η

ιονόσφαιρα και η τροπόσφαιρα είναι δύο συστατικά της ατμόσφαιρας τα οποία δημιουργούν πρόβλημα στη μετάδοση των σημάτων των δορυφόρων. Η ιονόσφαιρα είναι ένα στρώμα από ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια σε υψόμετρο 50 με 200 χιλιόμετρα. Η τροπόσφαιρα είναι αυτό που θεωρούμε ατμόσφαιρα, δηλαδή ένα στρώμα που εκτείνεται από την επιφάνεια της γης μέχρι ένα υψόμετρο 16 χιλιομέτρων από αυτή. Κάθε ένα από αυτά τα στρώματα φέρνει αντίσταση στα κύματα, αναγκάζοντας τα να αποκλίνουν κατά ένα μικρό, αλλά σημαντικό ποσοστό. Αυτή η απόκλιση των ραδιοκυμάτων καλείται διάθλαση. Επιπλέον το γεγονός ότι η ιονόσφαιρα και η τροπόσφαιρα διαθλούν τα κύματα με διαφορετικό τρόπο η καθεμία περιπλέκει περαιτέρω την κατάσταση. Το πρόβλημα με την ιονόσφαιρα είναι τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια τα οποία εμποδίζουν τα εισερχόμενα σήματα. Στην τροπόσφαιρα το πρόβλημα έχει να κάνει με την ποσότητα του εξατμιζόμενου νερού το οποίο δρα με παρόμοιο τρόπο όπως στην ιονόσφαιρα αλλά με διαφορετικό ποσοστό απόκλισης.

Τα προαναφερθέντα προβλήματα δυσχεραίνονται ακόμα περισσότερο όταν ο δορυφόρος είναι χαμηλά στον ορίζοντα. Αυτό οφείλεται επειδή μια γραμμή εφαιπτόμενη στην επιφάνεια της γης διαπερνά μέσα από ένα πολύ πυκνότερο ατμοσφαιρικό στρώμα από το αντίστοιχο που θα διαπερνούσε αν η γραμμή αυτή είχε κατεύθυνση προς τα πάνω. Επιπρόσθετα, το ποσοστό της διάθλασης συνεχώς μεταβάλλεται καθώς αλλάζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι να περιορισθεί το φαινόμενο της διάθλασης. Το σήμα πλοήγησης περιλαμβάνει ένα μοντέλο ατμοσφαιρικής διάθλασης που αντισταθμίζει ένα ποσοστό 50-70% του σφάλματος.

Μια πιο αποτελεσματική μέθοδος για την ιονοσφαιρική διάθλαση είναι η χρήση ενός δέκτη διπλής συχνότητας που ταυτόχρονα συλλέγει τα σήματα και από τα δύο φέροντα κύματα. Καθώς το ποσό της διάθλασης που υφίσταται ένα ραδιοκύμα είναι αντιστρόφως ανάλογο με τη συχνότητά του, η χρήση δύο διαφορετικών συχνοτήτων που μεταδίδονται μέσω της ίδιας ατμόσφαιρας την ίδια στιγμή, καθιστά σχετικά εύκολο τον υπολογισμό του ποσοστού διάθλασης που λαμβάνει χώρα και την αντιστάθμισή του. Η τροποσφαιρική διάθλαση δεν είναι εξαρτώμενη από τη συχνότητα και δεν μπορεί να διορθωθεί με αυτή τη μέθοδο.

Σφάλματα πολλαπλών διαδρομών

Μια άλλη δυνατή πηγή σφάλματος είναι αυτή των πολλαπλών διαδρομών. Η περίπτωση αυτή αφορά τη λήψη ενός διαθλώμενου σήματος από έναν δορυφόρο. Με τη λήψη πολλαπλών διαδρομών ο δέκτης συλλέγει το απευθείας σήμα από το δορυφόρο και το αμελητέα καθυστερημένο σήμα που διαθλάστηκε σε κάποια επιφάνεια και έπειτα έφτασε στο δέκτη. Το πρόβλημα είναι ότι η διαδρομή του σήματος, το οποίο διαθλάστηκε από κάποια επιφάνεια, είναι μεγαλύτερη από την ευθεία γραμμή που συνδέει το δορυφόρο με το δέκτη. Το γεγονός αυτό μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση σε ορισμένους δέκτες σε κατώτερα επίπεδα με αποτέλεσμα να προκύψει λανθασμένη μέτρηση της θέσης.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος οι περισσότεροι δέκτες διαθέτουν κάποιον τρόπο για να εντοπίζουν και να συγκρίνουν το σωστό και το λανθασμένο εισερχόμενο σήμα. Καθώς το διαθλώμενο σήμα της πολλαπλής διαδρομής έχει διανύσει μεγαλύτερη διαδρομή, θα καταφθάσει ένα κλάσμα του δευτερολέπτου αργότερα και ελαφρώς ασθενέστερο από το απευθείας σήμα. Αναγνωρίζοντας την ύπαρξη δύο σημάτων, το ένα μετά το άλλο, και ότι το ένα είναι ελαφρώς ασθενέστερο από το άλλο, ο δέκτης μπορεί να απορρίψει το τελευταίο, ελαχιστοποιώντας το πρόβλημα. Η ικανότητα αυτή αναφέρεται ως δυνατότητα απόρριψης πολλαπλής διαδρομής του δέκτη.

Σφάλμα θέσης και ρολογιών δορυφόρων

Τα σφάλματα αυτά είναι τυπικά χαμηλά, διότι το αεροπορικό σώμα των ΗΠΑ διαρκώς ελέγχει και καταγράφει κάθε δορυφόρο και αποστέλλει δεδομένα διόρθωσης κάθε λίγες ώρες. Τα δεδομένα θέσης μεταδίδονται κάθε 30 δευτερόλεπτα, η πληροφορία όμως αυτή μπορεί να έχει παλαιότητα πάνω από δύο ώρες. Στο διάστημα αυτό είναι όμως πιθανό να έχει συμβεί κάτι, που για παράδειγμα να στρέψει ελαφρώς το δορυφόρο από την τροχιά του. Αν ληφθεί μια σειρά από θέσεις πριν το τμήμα ελέγχου του δορυφόρου να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις, θα προκύψει ένα σφάλμα θέσης. Ειδικά πακέτα λογισμικών GPS εξαλείφουν αυτό το πρόβλημα.

Τα ατομικά ρολόγια των δορυφόρων αντιμετωπίζουν προβλήματα θορύβου καθώς και άλλου είδους. Το μήνυμα πλοήγησης περιλαμβάνει διορθώσεις για αυτά τα σφάλματα και εκτιμά την ακρίβεια του ατομικού ρολογιού. Ωστόσο, βασίζονται σε παρατηρήσεις και ίσως να μην επιδεικνύουν την τρέχουσα κατάσταση του ρολογιού.

Επιλεκτική διαθεσιμότητα

Η επιλεκτική διαθεσιμότητα είναι η χειρότερη πηγή σφάλματος στον εντοπισμό θέσης με GPS, παράγοντας πάνω από 70 μέτρα απόκλιση θέσης. Είναι η σκόπιμη επιβράδυνση του GPS σήματος δημιουργώντας παρεμβολές στα ρολόγια ή στην πληροφορία για την τροχιά του δορυφόρου, για να παράγει λανθασμένες θέσεις δορυφόρων και κατά συνέπεια παρέχει εσφαλμένες θέσεις δεκτών. Ο σκοπός του είναι να περιορίσει την ακρίβεια για μη εξουσιοδοτημένους χρήστες με πιθανότητα 95% για 100 μέτρα ή λιγότερο. Το ποσοστό του σφάλματος που εισάγεται στο ρολόι κάθε δορυφόρου και στα δεδομένα θέσης ποικίλει από δορυφόρο σε δορυφόρο και συνεχώς αλλάζει κατά περιόδους.

Τεχνικές για τη βελτίωση της ακρίβειας είναι η προσαύξηση (augmentation) και η ακριβής καταγραφή και μέτρηση των υπαρχόντων σημάτων GPS.

2.1.7. Ενέργεια

Οι συσκευές GPS που υπάρχουν στην αγορά σήμερα διαθέτουν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου. Ωστόσο, αυτό αποτελεί πρόβλημα για το λόγο ότι απαιτεί συγκεκριμένο φορτιστή. Οι περισσότεροι δέκτες GPS χρησιμοποιούν μπαταρίες AA ή AAA. Υπάρχουν ποικίλα είδη μπαταριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταξύ των οποίων είναι οι αλκαλικές μπαταρίες, οι μπαταρίες λιθίου και οι επαναφορτιζόμενες NiMH (Nickel-metal hydride).

Οι αλκαλικές μπαταρίες έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από τις επαναφορτιζόμενες, είναι μιας χρήσης και κοστίζουν περισσότερο. Οι μπαταρίες λιθίου έχουν τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από όλα τα είδη, αλλά κοστίζουν δύο με τέσσερις φορές την τιμή των αλκαλικών. Ωστόσο προσφέρουν εξαιρετική απόδοση και είναι ελαφρύτερες από τα άλλα δύο είδη. Μια εναλλακτική λύση είναι οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiMH, διότι συγκριτικά με τα άλλα είδη συμβιβάζουν ικανοποιητικά μεγάλη διάρκεια ζωής και σχετικά μικρό κόστος. Επιπλέον,

μπορούν να φορτίζονται επανειλημμένα. Είναι φιλικές στο περιβάλλον και μπορούν να επαναφορτιστούν ακόμα και εν κινήσει με φορτιστές αυτοκινήτου ή ηλιακούς φορτιστές. Θα πρέπει να επιλέγονται μπαταρίες με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα, γιατί όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα, τόσο περισσότερο θα διαρκέσει η μπαταρία. Ορισμένες συσκευές GPS διαθέτουν μια συγκεκριμένη επιλογή λειτουργίας Battery Saver ή Low Power Mode, ή συγκεκριμένα στην συσκευή που χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή μας, Deep Sleep mode(Stand by Mode) με την οποία η συσκευή καταναλώνει λιγότερη ισχύ από την κανονική, δίνοντας τη δυνατότητα να διαρκέσει περισσότερο. Το μειονέκτημα αυτής της λειτουργίας είναι ότι μειώνεται ελαφρώς η ακρίβεια, εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο η μονάδα εντοπίζει τους GPS δορυφόρους.

Η συσκευή που χρησιμοποιήσαμε για την εφαρμογή μας και περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο, δεν διαθέτει μπαταρία αλλά συνδέεται απευθείας στην μπαταρία του αυτοκινήτου.

2.1.8. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας GPS

Το GPS κατασκευάστηκε για να αντικαταστήσει τη μεγάλη ποικιλία συστημάτων πλοήγησης που χρησιμοποιούνταν ήδη, ενώ μεγάλη έμφαση δόθηκε στην αξιοπιστία και στην ανθεκτικότητα του συστήματος. Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Είναι κατάλληλο για όλες τις κατηγορίες και πλατφόρμες, όπως αεροσκάφη, πλοία, οχήματα ξηράς και διαστήματος.
- Είναι ένα σύστημα με μεγάλη δυναμική.
- Προσφέρει τη δυνατότητα πληροφορίας θέσης πραγματικού χρόνου, ταχύτητας και καθορισμό χρόνου με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.
- Δίνει εξαιρετική ακρίβεια πληροφορίας για συγκεκριμένη κατηγορία χρηστών.
- Είναι ανθεκτικό σε παράσιτα (εκούσια ή ακούσια).
- Δίνει επιπλέον πληροφορίες για επιβεβαίωση της ανθεκτικότητας του συστήματος.
- Είναι ένα παθητικό σύστημα θέσης το οποίο δεν απαιτεί τη μετάδοση σημάτων από το χρήστη στο δορυφόρο.
- Είναι ικανό να παρέχει υπηρεσίες σε άπειρους θεωρητικά χρήστες.
- Έχει μικρό κόστος, μικρή κατανάλωση ισχύος και επομένως τόση πολυπλοκότητα όση είναι εφικτή στο τμήμα του δορυφόρου.

2.1.9. Μειονεκτήματα της τεχνολογίας GPS

Για ορισμένες εφαρμογές πλοήγησης οχημάτων το GPS είναι ανεπαρκές ως μοναδικό σύστημα θέσης, κυρίως σε αστικά περιβάλλοντα, εξαιτίας της παρεμπόδισης και εξασθένησης του σήματος. Για αυτό το λόγο πολλά συστήματα θέσης βασίζονται σε ένα συνδυασμό τεχνολογιών. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας GPS με αισθητήρες Dead Reckoning θα ήταν ιδανικός για την υποστήριξη εντοπισμού θέσης σε ορισμένες εφαρμογές, επειδή είναι συμπληρωματικά συστήματα και μπορούν να δώσουν ως έξοδο συνεχείς πληροφορίες θέσης με την απαιτούμενη ακρίβεια για πλοήγηση αστικών οχημάτων. Παρόλα αυτά, οι DR αισθητήρες αυξάνουν το συνολικό κόστος του υλικού μέρους του συστήματος πλοήγησης και για αυτό το λόγο τέτοια συστήματα είναι απίθανο να εγκατασταθούν σε όλα τα οχήματα.

2.2. GSM (Global System for Mobile Communications)

Παρακάτω αναλύεται το GSM πρότυπο, όχι γιατί είναι απαραίτητο στον γεωγραφικό εντοπισμό θέσης, αλλά γιατί η τεχνολογία που χρησιμοποιείται κατά κόρον (και στην εφαρμογή μας) για τη μετάδοση των δεδομένων που συλλέγουν, μέσω του GPS συστήματος, οι τερματικές μονάδες.

Το GSM είναι το πιο δημοφιλές πρότυπο για κινητά τηλέφωνα στον κόσμο. Η εταιρεία GSM Association που το προήγαγε εκτιμά ότι το 82% της παγκόσμιας αγοράς χρησιμοποιεί το πρότυπο. Το GSM χρησιμοποιείται από περισσότερους των 2 δισεκατομμυρίων ανθρώπους σε περισσότερες από 212 χώρες και περιοχές. Το GSM διαφέρει από τους προκατόχους του στο γεγονός ότι τόσο η σήμανση όσο και τα κανάλια φωνής είναι σε ψηφιακή μορφή. Συνεπώς θεωρείται ένα σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα διεθνούς roaming μεταξύ των χρηστών κινητών τηλεφώνων, επιτρέποντας στους συνδρομητές να χρησιμοποιούν τα τηλέφωνα τους σε πολλά μέρη του κόσμου.

Το GSM εισήγαγε επίσης μία φθηνή εναλλακτική λύση έναντι των φωνητικών κλήσεων, τα μηνύματα κειμένου SMS (Short Message Service), τα οποία υποστηρίζονται σήμερα και από άλλα πρότυπα κινητής τηλεφωνίας.

2.2.1. Ιστορικό

Το ακρωνύμιο GSM χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1982, ως Groupe Special Mobile, μία επιτροπή κάτω από την αιγίδα της CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications), έναν ευρωπαϊκό οργανισμό τυποποίησης. Ο στόχος του GSM ήταν να καθορίζει ένα νέο πρότυπο για την κινητή τηλεφωνία στα 900 MHz χρησιμοποιώντας ψηφιακή τεχνολογία. Με το πέρασμα του χρόνου, η CEPT εξελίχθηκε σε ένα νέο οργανισμό, τον ETSI (European Telecommunications Standard Institute). Το γεγονός αυτό ωστόσο δεν άλλαξε το σκοπό του GSM, που ήταν να αντικαταστήσει τις εθνικές, ήδη κορεσμένες αλλά παρόλα αυτά ακριβές τεχνολογίες των κρατών-μελών με ένα διεθνές πρότυπο.

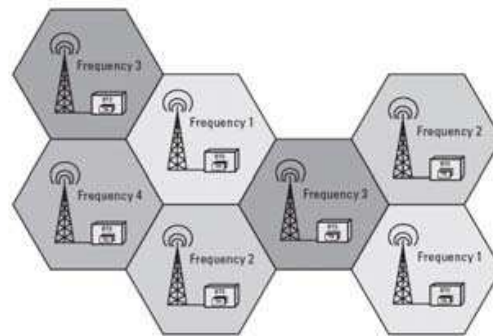
Το 1991 τα πρώτα GSM συστήματα αποτελούσαν ήδη μια φιλική προς το χρήστη διαδικασία. Η σημασία των αρχικών του GSM άλλαξαν σε *Global Systems for Mobile Communications*. Το 1991 επίσης καθορίστηκε και το πρώτο παράγωγο του GSM, τα Ψηφιακά Κυψελωτά Συστήματα 1800 (Digital Cellular System, DCS), που μεταφράζουν το σύστημα GSM σε εύρος συχνότητας 1800 MHz. Στις ΗΠΑ το DCS 1800 υιοθετήθηκε στα 1900 MHz (Personal Communication System 1900, PCS 1900). Σε επόμενη φάση το GSM Phase 2 προσέφερε ακόμα περισσότερα χαρακτηριστικά για τους τελικούς χρήστες του.

Το 1992 πολλές ευρωπαϊκές χώρες διέθεταν λειτουργικά δίκτυα και το GSM άρχισε να προσελκύει το ενδιαφέρον παγκοσμίως. Με τον καιρό προστέθηκαν επιπλέον τεχνολογικά χαρακτηριστικά στο hardware του GSM, αποδεικνύοντας ότι είναι η μεγαλύτερη εμπορική επιτυχία τόσο για τους κατασκευαστές του συστήματος όσο και για τους χρήστες του δικτύου.

2.2.2. Αρχιτεκτονική GSM

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Το GSM είναι ένα κυψελωτό δίκτυο, που σημαίνει ότι τα κινητά τηλέφωνα συνδέονται με αυτό αναζητώντας κυψέλες σε άμεσα γειτονικές περιοχές. Τα δίκτυα GSM λειτουργούν σε τέσσερις διαφορετικές συχνότητες. Τα περισσότερα δίκτυα λειτουργούν στα 900 ή στα 1800 MHz. Ορισμένες χώρες στην Αμερική, όπως ο Καναδάς και οι ΗΠΑ, χρησιμοποιούν εύρος ζώνης συχνοτήτων στα 850 και 1900 MHz, επειδή οι συχνότητες των 900 και 1800 MHz ήταν ήδη κατειλημμένες από άλλες εφαρμογές.



Εικόνα 2.4- Η κάλυψη μιας περιοχής σε κυψέλες

Δίκτυα με συχνότητες στα 400 και 450 MHz λειτουργούν σε ορισμένες χώρες και κυρίως στις σκανδιναβικές, όπου οι συχνότητες αυτές είχαν χρησιμοποιηθεί πρωτύτερα για συστήματα πρώτης γενιάς.

Ζώνες Συχνοτήτων

GSM 900

Το 1990 άρχισαν να λειτουργούν τα πρώτα δίκτυα GSM στη ζώνη συχνοτήτων των 900MHz. Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) παραχώρησε ένα ζεύγος συχνοτήτων, από τα 890 έως τα 915 MHz και από τα 935 έως τα 960 MHz. Η πρώτη περιοχή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του κινητού με τον σταθμό βάσης (Uplink), ενώ η δεύτερη για την επικοινωνία του σταθμού βάσης με το κινητό (downlink). Οι ζώνες των 25MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε $124 + (1 \text{ ελεύθερο})$ κανάλια συχνότητας και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200 KHz. Η πολυπλεξία χρόνου (TDM, Time Division Multiplexing) χρησιμοποιείται για να επιτρέψει τη λειτουργία είτε οχτώ πλήρους ταχύτητας (full rate) ή δεκαέξι μισής ταχύτητας (half rate) κανάλια φωνής ανά συχνότητα. Υπάρχουν οχτώ αιχμές στο χρόνο, που αναλογούν σε οχτώ περιόδους ριπών (burst periods), οι οποίες ομαδοποιούνται σε ένα πλαίσιο TDMA (Time Division Multiplexing Access). Τα κανάλια μισού ρυθμού χρησιμοποιούν εναλλακτικά πλαίσια στην ίδια χρονική αιχμή. Ο ρυθμός δεδομένων του καναλιού είναι 270.833 kbit/s και η διάρκεια πλαισίου είναι 4.615 ms. Όλο αυτό το σύστημα ονομάστηκε GSM 900 ή Standard GSM. Η ισχύς μεταφοράς στις συσκευές τηλεφώνου αυτής της κατηγορίας περιορίζεται σε 2 watts το μέγιστο.

GSM 1800

Στη συνέχεια, το 1991, αναπτύχθηκε το DCS 1800 σύστημα, όπου διατηρείται η δομή ενός GSM 900 δικτύου αλλά χρησιμοποιούνται διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων, από τα 1710 έως τα 1785 MHz Uplink και από τα 1805 έως τα 1880 MHz Downlink. Οι περιοχές των 75MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε $374 + 1$ (ελεύθερο) κανάλια και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200KHz. Αυτή η αλλαγή στην ζώνη συχνοτήτων έγινε διότι οι ζώνες του GSM 900 στην Ευρώπη ήταν κατειλημμένες από άλλους παρόχους κινητής τηλεφωνίας. Όπως και στην χώρα μας σήμερα όλες οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν και τα δύο συστήματα (GSM 900/GSM 1800) στα δίκτυα τους αυξάνοντας αισθητά τη χωρητικότητά στα δίκτυα τους. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 το GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το DCS 1800 σε GSM 1800 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM. Η ισχύς μεταφοράς στις συσκευές τηλεφώνου αυτής της κατηγορίας περιορίζεται σε 1 watt το μέγιστο.

GSM 1900

Στο GSM 1900 χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες της Αμερικής. Διατηρείται και πάλι η δομή ενός GSM 900 δικτύου, αλλά χρησιμοποιούνται και εδώ διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων: Από τα 1850 έως τα 1910 MHz για Uplink και από τα 1930 έως τα 1990 MHz για Downlink. Οι περιοχές των 60MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε $299+1$ (ελεύθερο) κανάλια συχνοτήτων και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200KHz. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 το GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το παλιό PCS 1900 σε GSM 1900 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM. Η ισχύς μεταφοράς στις συσκευές τηλεφώνου αυτής της κατηγορίας περιορίζεται επίσης σε 1 watt το μέγιστο.

E-GSM • Extended-GSM 900 – Εκτεταμένη ζώνη GSM.

Το E-GSM καθορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ράδιο Επικοινωνιών στα τέλη της δεκαετίας του 1990 για να «αντικαταστήσει» το κλασικό GSM 900 διατηρώντας βέβαια την δομή του αυξάνοντας όμως τις περιοχές συχνοτήτων από 880 έως 915 MHz για Uplink και 925 έως 960 MHz Downlink. Έτσι επέτρεψε στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας να αυξήσουν τη χωρητικότητά τους και να καλύψουν τις ανάγκες από την αυξημένη κίνηση των πελατών τους.

Το GSM χρησιμοποίησε μια ποικιλία από κωδικοποιητές φωνής για να συμπίεσει τον ήχο των 3.1 kHz σε ρυθμό μεταφοράς δεδομένων μεταξύ 5.6 και 13 kbit/s. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δύο κωδικοποιητές που πήραν το όνομά τους από το είδος των καναλιών που χρησιμοποιούσαν για τη μετάδοση δεδομένων, Half Rate (5.6 kbit/s) και Full Rate (13 kbit/s). Οι ρυθμοί αυτοί χρησιμοποιούσαν ένα σύστημα βασισμένο σε κωδικοποίηση γραμμικής πρόβλεψης (Linear Predicting Coding, LPC). Εκτός από την αποτελεσματικότητά του ως προς το ρυθμό των bits (bit rate), οι κωδικοποιητές αυτοί καθιστούσαν ευκολότερη την αναγνώριση των πιο σημαντικών τμημάτων του ήχου, επιτρέποντας το στρώμα διεπαφής του αέρα να θέτει προτεραιότητες και να προστατεύει καλύτερα αυτά τα τμήματα του σήματος.

Το GPS βελτιώθηκε περισσότερο το 1997 με τον κωδικοποιητή βελτιωμένου πλήρους ρυθμού (Enhanced Full Rate, EFR) έναν κωδικοποιητή στα 12.2 kbit/s που χρησιμοποιεί κανάλι με πλήρη ρυθμό μεταφοράς δεδομένων. Με την ανάπτυξη του UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), μιας τρίτης γενιάς τεχνολογίας κυψελωτών τηλεφώνων, το EFR μετατράπηκε σε ένα μεταβλητού ρυθμού κωδικοποιητή (AMR Narrowband), που είναι υψηλής ποιότητας και ανθεκτικός σε παρεμβολές στη χρήση καναλιών πλήρους ρυθμού, όμως λιγότερο ανθεκτικός αλλά σχετικά επίσης υψηλής ποιότητας στη χρήση καναλιών μισού ρυθμού κάτω από καλές συνθήκες.

Υπάρχουν πέντε διαφορετικά μεγέθη κυψελών σε ένα δίκτυο GSM: macro, micro, pico, femto και umbrella κυψέλες. Η περιοχή κάλυψης κάθε κυψέλης ποικίλει σύμφωνα με το περιβάλλον υλοποίησης. Οι κυψέλες macro μπορούν να θεωρηθούν ως κυψέλες όπου ο σταθμός βάσης της κεραίας βρίσκεται εγκατεστημένος σε έναν στύλο ή στην κορυφή ενός κτιρίου μεσαίου μεγέθους. Οι κυψέλες micro είναι κυψέλες των οποίων το ύψος της κεραίας είναι κάτω από το μέσο ύψος της κορυφής ενός κτιρίου. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε αστικές περιοχές. Οι pico κυψέλες είναι μικρές κυψέλες των οποίων η διάμετρος κάλυψης είναι μερικές δεκάδες μέτρα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Οι κυψέλες femto είναι σχεδιασμένες για χρήση σε οικιστικό ή μικρής έκτασης εργασιακό περιβάλλον και συνδέονται στο δίκτυο του παρόχου υπηρεσιών μέσω μίας ευρείας ζώνης σύνδεσης internet. Οι κυψέλες umbrella χρησιμοποιούνται για να καλύψουν σκιασμένες περιοχές ή μικρότερες κυψέλες και να «γεμίζουν» τα κενά μεταξύ αυτών των κυψελών. Η οριζόντια ακτίνα μιας κυψέλης εξαρτάται από το ύψος και το κέρδος της κεραίας και τις συνθήκες μετάδοσης από λίγες εκατοντάδες μέτρα μέχρι αρκετά χιλιόμετρα. Η μεγαλύτερη απόσταση που υποστηρίζει στην πράξη η προδιαγραφή του GSM είναι 35 χιλιόμετρα, ενώ σε πυκνοκατοικημένες περιοχές δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα. Υπάρχουν επίσης αρκετές υλοποιήσεις της ιδέας μιας εκτεταμένης κυψέλης, όπου η ακτίνα της κυψέλης μπορεί να είναι διπλάσια ή ακόμα μεγαλύτερη, κάτι που εξαρτάται από το είδος της περιοχής και το χρόνο που χρειάζεται ώστε το σήμα να φτάσει το σταθμό βάσης από το κινητό τηλέφωνο (timing advance).

Η κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός σταθμού βάσης εσωτερικού χώρου με κυψέλες pico ή με μια εσωτερικού χώρου διάταξη επανάληψης (indoor repeater) με κατανεμημένες κεραίες, που τροφοδοτούνται με ισχύ για να μεταδώσουν τα ραδιοσήματα από μια κεραία εξωτερικού χώρου στο κατανεμημένο σύστημα κεραίων εσωτερικού χώρου.

Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο GSM είναι η GMSK (Gaussian minimum-shift keying). Στη διαμόρφωση αυτή το σήμα που θα διαμορφωθεί με το φέρον αρχικά εξομαλύνεται με ένα Γκαουσιανό χαμηλοπερατό φίλτρο, το οποίο μειώνει αισθητά την παρεμβολή από γειτονικά κανάλια.

Δομή του δικτύου

Ένα GSM δίκτυο χωρίζεται στα παρακάτω βασικά μέρη:

1) Τον Κινητό Σταθμό (MS, Mobile Station): Διαθέτει τόσους Κινητούς Σταθμούς όσους είναι δυνατόν, σε ποικίλες μορφές και κατηγορίες ισχύος εκπομπής. Αποτελείται από πομπό-δέκτη, κεραία, οθόνη και την κάρτα SIM. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής στην Ευρώπη μιας κινητής μονάδας είναι στα 2 Watt ενώ σε Αυστραλία και Αμερική είναι 1,6W. Οι τιμές αυτές καθορίστηκαν από την Διεθνή Επιτροπή για την προστασία από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

2) Τη Μονάδα Αναγνώρισης Συνδρομητή (SIM, Subscriber Identity Module), γνωστή και ως κάρτα SIM. Το GSM διακρίνει την ταυτότητα του συνδρομητή από αυτή του εξοπλισμού του κινητού τηλεφώνου. Η SIM είναι μία αποσπώμενη «έξυπνη» κάρτα που αποτελεί μια βάση δεδομένων από την πλευρά του χρήστη. Είναι ένα chip, το οποίο εισάγεται στην GSM συσκευή και περιέχει πληροφορίες συνδρομής του χρήστη και τηλεφωνικό κατάλογο. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να ανακτήσει τις πληροφορίες του έπειτα από αλλαγή τηλεφωνικής συσκευής. Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί επίσης να αλλάξει διαχειριστή, ενώ ανακτά τη συσκευή, απλά αλλάζοντας τη SIM. Ορισμένοι διαχειριστές θα εμποδίσουν αυτή την πράξη επιτρέποντας στο

τηλέφωνο να χρησιμοποιεί μόνο μία κάρτα SIM ή μόνο μία SIM που διανέμεται από αυτούς (SIM locking). Στην συσκευή που χρησιμοποιήσαμε για την εφαρμογή μας περιέχεται κάρτα SIM, καθώς είναι απαραίτητη για τη χρήση του GSM δικτύου.

3) Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (BSS, Base Station Subsystem): Το BSS διαχειρίζεται τις κλήσεις σε μια γεωγραφική περιοχή όπου καλύπτεται από ένα σύνολο κεραιών διαφόρων μεγεθών σε σειρά, σε λόφους, ταρατσές πολυκατοικιών-εταιριών- σχολείων-οργανισμών κτλ. και κάθε τέτοια κεραία εξυπηρετεί και από μια κυψέλη. Το BSS χωρίζεται στο βασικό σταθμό πομπό-δέκτη (BTS, Base Transceiver Station), στο βασικό σταθμό ελέγχου (BSC, Base Station Controller) και στη Μονάδα Υπερκωδίκευσης ρυθμού και προσαρμογής (TRAU, Transcoding Rate and Adaptation Unit).

- Ο Βασικός Σταθμός πομποδέκτη φροντίζει την επικοινωνία μεταξύ του δικτύου GSM και του κινητού σταθμού. Ένα BTS μπορεί να ελέγχει μια ή περισσότερες κεραιές. Η ισχύς των κεραιών σε ένα BTS μπορεί είναι 40W έως 500W. Όταν ένας χρήστης Α θέλει να πραγματοποιήσει μια κλήση σε έναν άλλο συνδρομητή Β, ο σταθμός βάσης μεταβιβάζει το σήμα με το αίτημά του Α για αναζήτηση και εντοπισμό του άλλου συνδρομητή Β στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο της εταιρείας του Α. Το κέντρο της εταιρείας εντοπίζει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται ο Β και στέλνει το σήμα στον πλησιέστερο σταθμό βάσης. Από εκεί, πάλι με τη χρήση των διαθέσιμων συχνοτήτων, στέλνεται το σήμα στο κινητό του Β και έτσι μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του ο Α. Το πεδίο μιας GSM κεραίας ενός σταθμού βάσης ή κινητής μονάδας, είναι παλμικό με κανάλια διάρκειας 4,616 ή 9,232 ms το καθένα, που είναι χωρισμένα σε 8 ή 16 διαστήματα (χρονοθυρίδες), διάρκειας 0.577 ms το καθένα (8X0,577 ή 16X0,577). Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί από μια χρονοθυρίδα για μια τηλεφωνική κλήση, άρα ένα κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι και από 8 ή 16 συνδρομητές. Τα 8 ή 16 διαστήματα που χωρίζονται σε ένα κανάλι αποκαλούνται πλαίσιο TDMA ενώ κάθε διάστημα αντιστοιχεί σε 156 bits.

- Ο βασικός σταθμός ελέγχου φροντίζει για όλες τις κεντρικές λειτουργίες και τον έλεγχο του υποσυστήματος (BSS). Συνδέεται με το BTS μιας περιοχής μέσω μιας διεπαφής και ελέγχει τα σήματα παίρνοντας τα από ένα ή περισσότερα BTS, ενώ εκχωρεί και απελευθερώνει κανάλια. Τα σήματα που λαμβάνει τα κατευθύνει στο MSC (Mobile Switching Centre) και όταν χρειάζεται μετατρέπει τα 16kbps φωνής που είναι στην κινητή τηλεφωνία σε 64kbps που χρησιμοποιείται στην σταθερή τηλεφωνία.

- Η Μονάδα Υπερκωδίκευσης ρυθμού και Προσαρμογής (TRAU, Transcoding Rate and Adaptation Unit). Ένα από τα πιο σημαντικά θέματα σε ένα δίκτυο κινητού τηλεφώνου είναι η αποτελεσματικότητα με την οποία χρησιμοποιεί τους διαθέσιμους πόρους συχνοτήτων. Η αποτελεσματικότητα καθορίζει πόσες κλήσεις μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης συχνοτήτων, το οποίο εναλλακτικά μεταφράζεται ως η ανάγκη συμπίεσης των δεδομένων. Σε ένα GSM σύστημα η συμπίεση δεδομένων πραγματοποιείται τόσο στο MS όσο και στο TRAU.

4) Το Υποσύστημα Δικτύου μεταγωγής (NNS, Network Switching Subsystem) που αποτελείται από:

- MSC (Mobile Switching Centre)
- HLR (Home location Register)
- VLR (Visitor Location Center)
- EIR (Equipment Identity Register)
- AuC (Authentication Centre)

Ένας μεγάλος αριθμός BSCs είναι συνδεδεμένα στο Κέντρο Διαμονής (Mobile Switching Center), το οποίο είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση, τον έλεγχο και την δρομολόγηση εισερχόμενων/εξερχόμενων κλήσεων μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και

ενός άλλου δικτύου ή άλλων. Όταν ένα MSC συνδέεται με ένα δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας, θα πρέπει να δέχεται 64kbps φωνής. Όταν όμως ο MSC συνδέεται με ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, τότε θα πρέπει να γνωρίζει που βρίσκεται εκείνη τη δεδομένη χρονική στιγμή ο χρήστης. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια των καταχωρητών VLR (Visitor Locator Register) και HLR (Home Locator Register). Η SIM επικοινωνεί απευθείας με τον VLR και έμμεσα με τον HLR. Ένας καταχωρητής HLR μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη Βάση Δεδομένων τοπικής εμβέλειας που αποθηκεύει τα στοιχεία εκατοντάδων χιλιάδων συνδρομητών καθώς και πληροφορίες για την τρέχουσα θέση τους.

Ο καταχωρητής θέσης αναζήτησης επισκεπτών ή εικονικό κέντρο εγγραφής χρήστη (VLR) εφευρέθηκε έτσι ώστε ο HLR δε θα υπερφορτωνόταν με αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με τους συνδρομητές του. Όταν ο συνδρομητής βγει από τα όρια της τοπικής περιοχής που καλύπτει το HLR, τότε αναλαμβάνει την χρήση ο καταχωρητής VLR ο οποίος έχει μια βάση δεδομένων στην οποία συγκρατεί προσωρινά δεδομένα καθώς και την τρέχουσα θέση του, αναλαμβάνοντας τις κλήσεις του καλύτερα κατά τις ώρες αιχμής στο κέντρο της πόλης.

Από τη στιγμή που η συσκευή ενός κινητού τηλεφώνου και η κάρτα SIM αποτελούν δύο ανεξάρτητα, ξεχωριστά μέρη, η κλοπή ενός GSM κινητού τηλεφώνου είναι πολύ ελκυστική. Για να εμποδιστεί το γεγονός αυτό, κάθε τερματική συσκευή GSM περιλαμβάνει μία μοναδική ταυτότητα (IMEI, International Mobile Equipment Identity). Για το σκοπό αυτό υπάρχει μία επιπρόσθετη βάση δεδομένων, ο EIR, στον οποίο καταχωρούνται κλεμμένοι εξοπλισμοί και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμποδίσει ανάλογες κλήσεις και θεωρητικά να εντοπίσει τον κλέπτη, αναλύοντας τα σχετικά δεδομένα της SIM.

Τέλος, το κέντρο πιστοποίησης (AuC, Authentication Centre) έχει ως ρόλο τη διαχείριση δεδομένων για την πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη.

5) Το GPRS Δίκτυο πυρήνα (GPRS Core Network) αποτελεί το προαιρετικό μέρος που επιτρέπει συνδέσεις internet με πακέτα.

2.2.3. Το πρότυπο GPRS

Στην παρούσα εφαρμογή θα γίνει χρήση της υπηρεσίας GPRS που προσφέρει το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση στο internet για την ανάκτηση και αποστολή δεδομένων.

Το GPRS είναι μια υπηρεσία που βασίζεται στην ανταλλαγή «πακέτων» δεδομένων μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και είναι διαθέσιμη σε όλους τους χρήστες συστημάτων επικοινωνίας 2G και 3G. Το GPRS παρέχει ταχύτητες από 56 έως και 114 kbits/s και η χρέωση της υπηρεσίας ανά όγκο (ογκοχρέωση) το έχει καταστήσει πολύ δημοφιλές στους χρήστες του GSM δικτύου.

Τα μεταφερόμενα δεδομένα μέσω GPRS τυπικά χρεώνονται ανά Megabyte, ενώ η παραδοσιακή επικοινωνία χρεώνεται ανά λεπτό σύνδεσης, ανεξαρτήτως αν ο χρήστης χρησιμοποιεί στην πραγματικότητα «διακινεί» δεδομένα ή παραμένει σε idle κατάσταση. Μια σύνδεση GPRS εγκαθιδρύεται με αναφορά στο Access Point Name (APN). Το APN καθορίζει τις υπηρεσίες όπως την πρόσβαση στο WAP (Wireless Application Protocol), το SMS, το MMS και τις υπηρεσίες επικοινωνίας με το internet όπως η πρόσβαση σε email και στο World Wide Web.

2.2.4. Ασφάλεια GSM

Το GSM σχεδιάστηκε με ένα μέτριο επίπεδο ασφάλειας. Το σύστημα προορίστηκε για να πιστοποιεί την αυθεντικότητα του συνδρομητή χρησιμοποιώντας ένα ήδη διαμοιρασμένο κλειδί (PSK) και μία οικογένεια πρωτοκόλλων στα οποία το ένα μέρος παρουσιάζει μια ερώτηση («challenge») και το άλλο μέρος πρέπει να δώσει μια έγκυρη απάντηση («response») για να πιστοποιηθεί. Η επικοινωνία μεταξύ του συνδρομητή και του σταθμού βάσης μπορεί να κρυπτογραφηθεί. Η ανάπτυξη της 3G τεχνολογίας UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) εισάγει μία προαιρετική USIM (Universal SIM), η οποία χρησιμοποιεί ένα μεγαλύτερο κλειδί πιστοποίησης της αυθεντικότητας για να παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια, καθώς και να πιστοποιεί αμοιβαία το δίκτυο και το χρήστη, ενώ το GSM πιστοποιούσε μόνο το χρήστη στο δίκτυο (και όχι αντίστροφα). Αυτό το μοντέλο ασφάλειας προσφέρει εμπιστευτικότητα και πιστοποίηση, όμως περιορισμένες δυνατότητες εξουσιοδότησης.

Το GSM χρησιμοποιεί αρκετούς κρυπτογραφικούς αλγόριθμους για ασφάλεια. Οι συμβολοσειρές κρυπτογραφίας A5/1 και A5/2 χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν μυστικότητα στη συνομιλία διαμέσω του αέρα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του GSM σε θέματα ασφάλειας αποτελεί το γεγονός ότι το κλειδί κρυπτογράφησης που είναι αποθηκευμένο στην κάρτα SIM δεν αποστέλλεται ποτέ μέσω της ασύρματης διεπαφής.

Παρεμβολή από άλλες συσκευές ήχου

Οι παρεμβολές αυτές είναι ένα είδος ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής (RFI) και μπορούν να μετριαστούν με τη χρήση επιπλέον πυκνωτών προστασίας ή/και παράκαμψης σε αυτές τις συσκευές ήχου. Ωστόσο το κόστος αυτής της πράξης είναι αρκετά υψηλό. Είναι σύνηθες μια GSM τηλεφωνική συσκευή να εισάγει ένα χαρακτηριστικό θόρυβο σε τηλεφωνικές συσκευές, ασύρματα μικρόφωνα, στερεοφωνικά, τηλεοράσεις, υπολογιστές, ασύρματα τηλέφωνα και προσωπικές συσκευές αναπαραγωγής ήχου.

Όταν αυτές οι συσκευές είναι σε πεδίο κοντά στην GSM συσκευή, το ραδιοσήμα είναι αρκετά δυνατό ώστε οι ενισχυτές σταθερής κατάστασης στην ηχητική αλυσίδα να συμπεριφέρονται ως ανιχνευτές. Ο θόρυβος αυτός αντιπροσωπεύει τις εκρήξεις ισχύος που φέρει το TDMA σήμα. Αυτά τα σήματα δημιουργούν παρεμβολές σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως σε στερεοφωνικά αυτοκινήτων και φορητές συσκευές αναπαραγωγής ήχου. Αυτό εξαρτάται από το σχεδιασμό της τηλεφωνικής συσκευής και τη συμμόρφωσή της σε αυστηρούς κανόνες.

2.2.5. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας GSM

Το GSM αντικατέστησε τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες στην κινητή τηλεφωνία για μια πληθώρα λόγων:

- Το GSM δίνει τη δυνατότητα για ένα πιο σταθερό δίκτυο με εύρωστα χαρακτηριστικά
- Υπάρχει μικρότερη εξασθένηση του σήματος σε εσωτερικούς χώρους.

- Διαθέτει την ικανότητα να χρησιμοποιεί ειδικές συσκευές ενίσχυσης της λήψης του κινητού τηλεφώνου στην τοπική περιοχή (repeaters).
- Ο χρόνος ομιλίας είναι γενικά υψηλότερος στα τηλέφωνα GSM εξαιτίας της παλμικής μορφής της μετάδοσης.
- Η δυνατότητα που προσφέρει με τις κάρτες SIM επιτρέπει στους χρήστες να αλλάζουν ελεύθερα δίκτυα και συσκευές.
- Το GSM προσφέρει κάλυψη σε περισσότερες από 200 χώρες (roaming), ενώ το IS-95 καλύπτει μια μικρότερη επιφάνεια έτσι ώστε τα τηλέφωνα IS-95 γενικά να μη διαθέτουν δυνατότητα roaming διεθνώς.

2.2.6. Μειονεκτήματα της τεχνολογίας GSM

- Το GSM διαθέτει ένα προκαθορισμένο μέγιστο μέγεθος κυψέλης με βεληνεκές στα 35 χλμ το οποίο επιβάλλεται λόγω τεχνικών περιορισμών (timing advance). Σε αντίθεση με αυτό το IS-95 καλύπτει μεγαλύτερες περιοχές λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους της κυψέλης του και κατά συνέπεια καταναλώνει μικρότερη ισχύ.
- Η μέθοδος μετάδοσης TDMA που χρησιμοποιείται στη δεύτερη γενιά (2G) συγκρούεται με ορισμένες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως ορισμένοι ενισχυτές ήχου. Κατά συνέπεια η τρίτη γενιά χρησιμοποιεί τεχνολογία W-CDMA.
- Διαθέτει μικρότερη χωρητικότητα σε σύγκριση με το πρότυπο IS-95, το οποίο έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει περισσότερους χρήστες ανά MHz του εύρους ζώνης από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το Πρωτόκολλο Επικοινωνίας AVL

Σ' αυτό το κεφάλαιο αναλύουμε το AVL πρωτόκολλο επικοινωνίας των συσκευών γεωγραφικού εντοπισμού θέσης, FM1100 - FM2100- FM2200 – FM4100 – FM4200, της εταιρίας Teltonika. Συγκεκριμένα, η συσκευή FM1100 είναι αυτή που χρησιμοποιήσαμε για την εφαρμογή μας, και περιγράφεται εκτενώς στο κεφάλαιο 4.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας των τερματικών μονάδων με το κέντρο επεξεργασίας πληροφοριών, μέσω του πρωτοκόλλου TCP/IP. Η συσκευή αποστέλλει ένα πακέτο με την πληροφορία κωδικοποιημένη σε μια ακολουθία χαρακτήρων, σε δεκαεξαδική μορφή, επομένως κρίνεται απαραίτητη η αποκωδικοποίηση, όπως παρουσιάζεται λεπτομερώς παρακάτω, ώστε η πληροφορία να είναι ευανάγνωστη από τον τελικό χρήστη.

3.1 Το πακέτο δεδομένων AVL

Το πακέτο AVL περιέχει τα AVL δεδομένα (βλ. 3.2) και τα αποστέλλει στον server στην παρακάτω δομή:

Τέσσερα μηδενικά	Μήκος Δεδομένων	Δεδομένα	Crc
---------------------	--------------------	----------	-----

Εικόνα 3.1 - Το πακέτο AVL

- Τέσσερα μηδενικά Τέσσερα bytes μηδενικών (0x00)
- Μήκος Δεδομένων Ο αριθμός των bytes στο πεδίο των Δεδομένων (ακέραιος)
- Δεδομένα Κάθε AVL εγγραφή
- CRC 16bit CRC τιμή δεδομένων (ακέραια), για έλεγχο.
Πχ 0x00A1

3.1.1 Η επικοινωνία με τον server

Αρχικά, η συσκευή συνδέεται με τον server και αποστέλλει το IMEI της. Σε αυτό το σημείο έχουμε κωδικοποίηση, δηλαδή πρώτα αποστέλλεται ένα μικρό αναγνωριστικό πρόθεμα με τον αριθμό των bytes που περιλαμβάνει το πακέτο και έπειτα ακολουθεί το κείμενο του

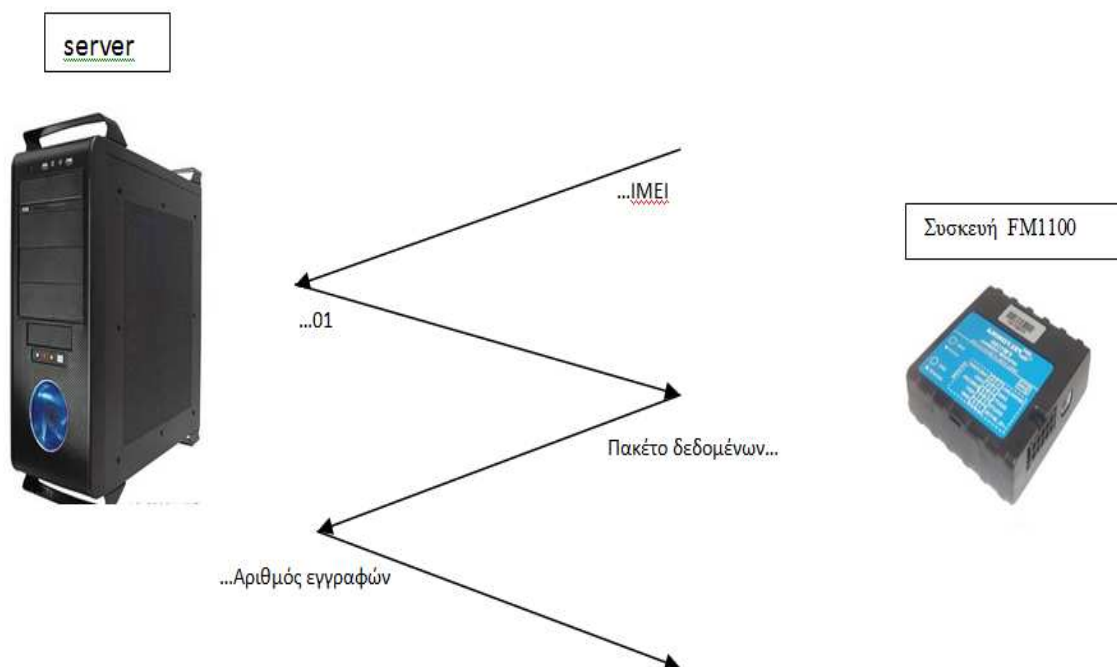
IMEI. Για παράδειγμα, το IMEI 123456789012345 θα σταλεί στην εξής μορφή:
000F313233343536373839303132333435

Αμέσως μετά την λήψη του IMEI, ο server πρέπει να απαντήσει για το αν θα δεχτεί δεδομένα από αυτή τη συσκευή ή όχι. Αν πρόκειται να δεχτεί το επόμενο πακέτο, απαντά με “01”, αν όχι, με “00”. Η επιβεβαίωση πρέπει να σταλεί σε δυαδικό πακέτο ενός byte.

Έπειτα, η συσκευή στέλνει το πρώτο AVL πακέτο, ο server το λαμβάνει, το αναλύει σύμφωνα με την διαδικασία αποκωδικοποίησης που παρουσιάζουμε στο υποκεφάλαιο 3.2, και απαντά ξανά στη συσκευή με ένα πακέτο μεγέθους τεσσάρων bytes που περιλαμβάνει τον αριθμό ληφθέντων δεδομένων.

Εάν ο αριθμός των δεδομένων που έχει σταλεί δεν συμφωνεί με τον αριθμό δεδομένων που ανέφερε ο server, η συσκευή ξαναστέλνει τα δεδομένα.

Σχηματική αναπαράσταση επικοινωνίας:



Εικόνα 3.2 - Σχηματική αναπαράσταση επικοινωνίας server – fm1100

Παράδειγμα

- Συσκευή συνδέεται στον server και στέλνει το IMEI:
000F313233343536373839303132333435
- Ο server αποδέχεται τα δεδομένα της συγκεκριμένης συσκευής:
01
- Η συσκευή στέλνει το πακέτο δεδομένων ως εξής:

Επικεφαλίδα AVL πακέτου δεδομένων	AVL πεδίο δεδομένων	CRC
Bytes τεσσάρων μηδενικών, 'AVL πεδίο δεδομένων' μήκος – 254	CodecId – 08, Αριθμός δεδομένων – 2. (Κωδικοποιημένα σε ακολουθία συνεχόμενων bit)	CRC του 'AVL πεδίου δεδομένων'
00000000000000FE	0802...(data elements)...02	00008612

Εικόνα 3.3 - Παράδειγμα AVL πακέτου

- Ο server επιβεβαιώνει τη λήψη των δεδομένων απαντώντας:
00000002

3.2 Πρωτόκολλο δεδομένων συσκευών

FM1100 - FM2100- FM2200 – FM4100 – FM4200

3.2.1 AVL πεδίο δεδομένων

Η δομή του AVL πεδίου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Παρατηρούμε ότι κάθε πεδίο αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό bytes. Το μικρότερο δομικό συστατικό που περιέχει πληροφορία όμως είναι το bit. Επομένως, σε περίπτωση που κάποια bits μένουν “αχρησιμοποίητα” για τη συμπλήρωση κάποιου byte (δεν περιέχουν πληροφορία), παραμένουν κενά.

Codec ID	Αριθμός εγγραφών	Δεδομένα/ Εγγραφές	Αριθμός εγγραφών
1 Byte	1 Byte	...	1 Byte

Εικόνα 3.4 - Πεδίο δεδομένων AVL πακέτου

Αριθμός εγγραφών: Η τερματική μονάδα σε κάθε πακέτο που στέλνει μπορεί να συμπεριλαμβάνει περισσότερες από μία εγγραφές. Μια εγγραφή αποτελείται από τα GPS δεδομένα και από στοιχεία εισόδου/εξόδου.

Codec ID: Αναγνωριστικό μοντέλου συσκευής. Πχ για τις συσκευές FM4X00 και FM2X00 το codec ID είναι “08”.

3.2.2 Δεδομένα/Εγγραφές

AVL	...	AVL Δεδομένα
------------	------------	---------------------

Εικόνα - 3.5 Εγγραφές AVL πακέτου

AVL δεδομένα: Πρόκειται για την κωδικοποιημένη πληροφορία που περιέχεται σε κάθε εγγραφή. Περιγράφεται αναλυτικά αμέσως μετά.

3.2.3 AVL Δεδομένα

Timestamp	Προτεραιότητα	GPS πληροφορίες	I/O στοιχεία
8 Bytes	1 Byte	15 Bytes	...

Εικόνα 3.6 - AVL Δεδομένα

Timestamp: Έτσι καλείται η διαφορά, μετρημένη σε δευτερόλεπτα, ανάμεσα στην τρέχουσα ώρα και την 1/1/1970 τα μεσάνυχτα στο UTC (το UTC ή Coordinated Universal Time αποτελεί το διεθνές «σημείο αναφοράς χρόνου»)

3.2.4 Προτεραιότητα

0	Low
1	High
2	Panic
3	Security

Εικόνα 3.7- Δυνατές τιμές του πεδίου Προτεραιότητας

3.2.5 GPS πληροφορίες

Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Ύψος	Γωνία	Δορυφόροι	Ταχύτητα
4 Bytes	4 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	1 Byte	2 Bytes

3.8 Πεδία GPS πληροφορίας στο πεδίο δεδομένων του AVL πακέτου

- X : Γεωγραφικό μήκος
- Y : Γεωγραφικό πλάτος
- Ύψος : Μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας
- Γωνία : Μετρίεται σε μοίρες, στο 0 είναι ο βορράς και αυξάνεται κατά τη φορά του ρολογιού
- Δορυφόροι : Αριθμός των ορατών δορυφόρων
- Ταχύτητα : Μετρίεται σε km/h. 0x0000 αν τα δεδομένα GPS είναι μη έγγυρα

Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος είναι ακέραιες τιμές που δίνονται από τον εξής τύπο:

$$(d + m/60 + s/3600 + ms/3600000) * p$$

d : Degrees
m : Minutes
s : Seconds
ms: Milliseconds
p : Ακρίβεια (10000000)

Εάν το γεωγραφικό μήκος βρίσκεται στη Δύση ή το γεωγραφικό πλάτος στο Νότο, πολλαπλασιάζουμε με -1. Για να εξακριβώσουμε εάν η συντεταγμένη έχει αρνητική τιμή, τι μετατρέπουμε σε δυαδική μορφή και ελέγχουμε το πρώτο bit. Εάν το πρώτο bit είναι 0, η συντεταγμένη είναι θετική, εάν είναι 1, η συντεταγμένη είναι αρνητική.

Παράδειγμα:

- Λαμβανόμενη τιμή: 20 9c ca 80
- Μετατροπή σε BIN: 00100000 10011100 11001010 10000000 το πρώτο bit είναι 0, δηλαδή η συντεταγμένη είναι θετική
- Μετατροπή σε DEC: 547146368

3.2.6 Στοιχεία εισόδου/εξόδου (IO elements)

1 Byte	Event IO ID
1 Byte	N of Total IO
1 Byte	N1 of One Byte IO
1 Byte	1'st IO ID
1 Byte	1'st IO Value
	...
1 Byte	N1'th IO ID
1 Byte	N1'th IO Value
1 Byte	N2 of Two Bytes
1 Byte	1'st IO ID
2 Bytes	1'st IO Value
	...
1 Byte	N2'th IO ID
2 Bytes	N2'th IO Value
1 Byte	N4 of Four Bytes
1 Byte	1'st IO ID
4 Bytes	1'st IO Value
	...
1 Byte	N4'th IO ID
4 Bytes	N4'th IO Value
1 Byte	N8 of Eight Bytes
1 Byte	1'st IO ID
8 Bytes	1'st IO Value
	...
1 Byte	N8'th IO ID
8 Bytes	N8'th IO Value

Εικόνα 3.9 - Στοιχεία εισόδου/εξόδου (IO elements)

Event IO ID: Για κάθε γεγονός που συμβαίνει και πρέπει να αναφερθεί (πχ απότομη αύξηση ταχύτητας, υπερβολική θερμοκρασία κτλ) η συσκευή δημιουργεί συμβάντα. Κάθε τέτοιο συμβάν χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο ID. Αυτό το πεδίο μας δείχνει σε ποια IO έχει παρατηρηθεί κάποια αλλαγή και δημιούργησε συμβάν. Αν δεν υπάρχουν συμβάντα τα πεδία έχουν μηδενική τιμή. Λεπτομέρειες για τα συμβάντα που μπορούν να δημιουργηθούν, μαζί με το μέγεθος τους σε bytes και τα IDs τους καταγράφονται λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο. "

- N: Συνολικός αριθμός συμβάντων σε κάθε εγγραφή ($N=N1+N2+N4+N8$)
- N1: Αριθμός συμβάντων ενός byte
- N2: Αριθμός συμβάντων με μήκος 2 bytes
- N4: Αριθμός συμβάντων με μήκος 4 bytes
- N8: Αριθμός συμβάντων με μήκος 8 bytes

3.2.7 Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε την εξής ληφθείσα ακολουθία δεδομένων:

080400000113fc208dff000f14f650209cca80006f00d60400040004030101150316030014600000
15d0000000113fc17610b000f14ffe0209cc580006e00c005000100040301011503160100014600
00015e0000000113fc284945000f150f00209cd2000095010804000000040301011500160300014
60000015d0000000113fc267c5b000f150a50209cccc00093006804000000040301011500160300
01460000015b0004

Ανάλυση ακολουθίας σύμφωνα με το πρωτόκολλο αποκωδικοποίησης:

08 - Codec ID

04 – Αριθμός δεδομένων (4 εγγραφές)

1^η εγγραφή:

00000113fc208dff – Timestamp σε milliseconds (1185345998335 σε Unix Timestamp = 25 Jul 2007 06:46:38 UTC)

00 – Προτεραιότητα

GPS Δεδομένα:

0f14f650 – Γεωγραφικό μήκος 253032016 = 25,3032016° N

209cca80 – Γεωγραφικό πλάτος 547146368 = 54,7146368 ° E

006f – Ύψος 111 μέτρα

00d6 – Γωνία 214°

04 – 4 Ορατοί δορυφόροι

0004 – 4 km/h ταχύτητα

Στοιχεία IO:

00 – 0 συμβάντα έχουν δημιουργηθεί που να προκάλεσαν την αποστολή του συγκεκριμένου πακέτου

04 – 4 στοιχεία IO σε αυτή την εγγραφή

03 – 3 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 1 Byte

01 – ID IO στοιχείου = 01

01 – τιμή 1^{ου} στοιχείου IO = 1

15 – ID IO στοιχείου = 21

03 – τιμή 21^{ου} στοιχείου IO = 3

16 – ID IO στοιχείου = 22

03 – τιμή 22^{ου} στοιχείου IO = 3

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 2 Bytes

01 – 1 στοιχείο IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 4 Bytes

46 – ID IO στοιχείου = 70

0000015d – τιμή 70^{ου} IO στοιχείου = 349

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 8 Bytes

2^η εγγραφή:

00000113fc17610b 00 0f14ffe0209cc580006e00c7050001
0004030101150316010001460000015e00

00000113fc17610b – Timestamp σε milliseconds (1185345998335 σε Unix Timestamp = 25 July 2007 6:36:37am UTC)

00 – Προτεραιότητα

GPS Δεδομένα:

0f14ffe0 – Γεωγραφικό μήκος 253034464 = 25,3034464° N

209cc580 – Γεωγραφικό πλάτος 547145088 = 54,7145088° E

006e – Ύψος 110 μέτρα

00c7 – Γωνία 199°

05 – 5 Ορατοί δορυφόροι

0001 – 1 km/h ταχύτητα

Στοιχεία IO:

00 – 0 συμβάντα έχουν δημιουργηθεί που να προκάλεσαν την αποστολή του συγκεκριμένου πακέτου

04 – 4 στοιχεία IO σε αυτή την εγγραφή

03 – 3 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 1 Byte

01 – ID IO στοιχείου = 01

01 – τιμή 1^{ου} στοιχείου IO = 1

15 – ID IO στοιχείου = 21

03 – τιμή 21^{ου} στοιχείου IO = 3

16 – ID IO στοιχείου = 22

03 – τιμή 22^{ου} στοιχείου IO = 3

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 2 Bytes

01 – 1 στοιχείο IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 4 Bytes

46 – ID IO στοιχείου = 70

0000015e – τιμή 70^{ου} IO στοιχείου = 350

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 8 Bytes

3^η εγγραφή:

00000113fc284945 00 0f150f00209cd20000950108040000
0004030101150016030001460000015d00

00000113fc284945 – Timestamp σε milliseconds (1185346505029 σε Unix Timestamp = 25 Jul 2007 06:55:05 UTC)

00 – Προτεραιότητα

GPS Δεδομένα:

0f150f00 – Γεωγραφικό μήκος 253038336= 25,3038336° N

209cd200– Γεωγραφικό πλάτος 547148288= 547148288 ° E

0095 – Ύψος 149 μέτρα

0108 – Γωνία 264°

04 – 4 Ορατοί δορυφόροι

0000 – 0 km/h ταχύτητα

Στοιχεία IO:

00 – 0 συμβάντα έχουν δημιουργηθεί που να προκάλεσαν την αποστολή του συγκεκριμένου πακέτου

04 – 4 στοιχεία IO σε αυτή την εγγραφή

03 – 3 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 1 Byte

01 – ID IO στοιχείου = 01

01 – τιμή 1^{ου} στοιχείου IO = 1

15 – ID IO στοιχείου = 21

03 – τιμή 21^{ου} στοιχείου IO = 3

16 – ID IO στοιχείου = 22

03 – τιμή 22^{ου} στοιχείου IO = 3

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 2 Bytes

01 – 1 στοιχείο IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 4 Bytes

46 – ID IO στοιχείου = 70

0000015d – τιμή 70^{ου} IO στοιχείου = 349

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 8 Bytes

4^η εγγραφή:

00000113fc267c5b 00 0f150a50209cccc000930068040000
0004030101150016030001460000015b00

00000113fc267c5b – Timestamp σε milliseconds (1185346387035 σε Unix Timestamp = 25 Jul 2007 06:53:07 UTC)

00 – Προτεραιότητα

GPS Δεδομένα:

0f150a50 – Γεωγραφικό μήκος $253037136 = 25,3037136^\circ \text{ N}$

209cccc0 – Γεωγραφικό πλάτος $547146944 = 54,7146944^\circ \text{ E}$

0093 – Ύψος 147 μέτρα

0068 – Γωνία 104°

04 – 4 Ορατοί δορυφόροι

0000 – 0 km/h ταχύτητα

Στοιχεία IO:

00 – 0 συμβάντα έχουν δημιουργηθεί που να προκάλεσαν την αποστολή του συγκεκριμένου πακέτου

04 – 4 στοιχεία IO σε αυτή την εγγραφή

03 – 3 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 1 Byte

01 – ID IO στοιχείου = 01

01 – τιμή 1^{ου} στοιχείου IO = 1

15 – ID IO στοιχείου = 21

03 – τιμή 21^{ου} στοιχείου IO = 3

16 – ID IO στοιχείου = 22

03 – τιμή 22^{ου} στοιχείου IO = 3

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 2 Bytes

01 – 1 στοιχείο IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 4 Bytes

46 – ID IO στοιχείου = 70

0000015b – τιμή 70^{ου} IO στοιχείου = 347

00 – 0 στοιχεία IO των οποίων η τιμή έχει μήκος 8 Bytes

04 – Αριθμός δεδομένων (4 εγγραφές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συσκευές Τηλεματικής (που χρησιμοποιούν το πρωτοκόλλο AVL)

Στο παρακάτω κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η συσκευή τηλεματικής FM1100, της εταιρίας Teltonika. Περιγράφουμε αυτή την συσκευή όχι τυχαία, καθώς χρησιμοποιεί το πρωτοκόλλο επικοινωνίας AVL (βλ. κεφάλαιο 3), το οποίο και υλοποιήσαμε στην εφαρμογή μας. Αξίζει να αναφερθεί πως η επιλογή της συγκεκριμένης συσκευής δεν έγινε τυχαία. Οι συσκευές γεωγραφικού εντοπισμού θέσης της συγκεκριμένης εταιρίας χρησιμοποιούνται ήδη από το 12% του πληθυσμού παγκοσμίως και είναι ένα από τα πλέον ανταγωνιστικά προϊόντα της αγοράς εξαιτίας, του μικρού της μεγέθους και του πλήθους των λειτουργιών που παρέχει στο χρήστη.

4.1 Βασική περιγραφή FM1100

Το FM1100 είναι ένα ελαφρύ τερματικό GPS/GSM (πιθανώς το πιο μικρό AVL τερματικό στον κόσμο) το οποίο μπορεί να αποστείλει τις συντεταγμένες GPS μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας GSM/GPRS. Η συσκευή αυτή είναι κατάλληλη για γρήγορο και εύκολο εντοπισμό της θέσης αυτοκινήτων, φορτηγών, πλοίων κλπ.



Εικόνα 4.1- Η συσκευή FM1100

Το FM1100 επίσης μπορεί μέσω αισθητήρων να καταγράφει και αποστέλλει την κατάσταση διαφόρων υποσυστημάτων όπως κινητήρας, θύρες φορτηγών κλπ.

Σε περίπτωση απώλειας της GSM σύνδεσης το FM1100 έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει μέχρι και 8000 συντεταγμένες και μόλις πραγματοποιηθεί η επανασύνδεση της συσκευής στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας να στείλει τα αποθηκευμένα δεδομένα μέσω GPRS. Έτσι δεν πρόκειται να έχουμε απώλεια δεδομένων (συντεταγμένες οχήματος, δεδομένα αισθητήρων κλπ).

Η λειτουργία των συστημάτων Διαχείρισης Στόλου (Fleet Management) επιτρέπει στις εταιρείες, η δραστηριότητα των οποίων βασίζεται σε μεταφορές, να ελαχιστοποιήσουν τους κινδύνους που συνδέονται με τις επενδύσεις των οχημάτων, τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της παραγωγικότητας και τη μείωση του συνολικού κόστους μεταφοράς τους. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να αποκτήσουν τον έλεγχο της διαδικασίας διανομής, που περιλαμβάνει τις παραδόσεις των πελατών, των οχημάτων και οδηγών.

Βασικά χαρακτηριστικά του AVL τερματικού:

- Ασφάλεια / παρακολούθηση αυτοκινήτου
- Λειτουργία μέσω παραμέτρων (λήψη & αποστολή)

- Πράσινη οδήγηση (αξιολόγηση της επιτάχυνσης, του φρεναρίσματος, των στροφών)
- Online παρακολούθηση
- Γεωφράχτης (geofence)
- Αισθητήρας κίνησης
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας όταν είναι σε κατάσταση αναμονής.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

- GSM
- Quad-band 900/1800 MHz - 850/1900MHz
- GPRS class 10 (up to 85,6 kbps)
- SMS (text/data)
- GPS
- Είναι συμβατό με τα εξής πρωτόκολλα: NMEA, GGA, GGL, GSA, GSV, RMC, WGS-84
- Δέκτης με περισσότερα από 50 κανάλια GPS
- Ευαισθησία: όχι μικρότερη από -160dBm

Διασύνδεση:

- 1 ψηφιακή είσοδο αποκλειστικά για την παρακολούθηση της κατάστασης ανάφλεξης
- 2 Ψηφιακές Εισόδους
- 1 Αναλογική Είσοδο (φάσμα 10v ή 30v)
- 2 Ψηφιακές Εξόδους
- Τροφοδοσία +10V...+30V DC
- 2 Status LEDs
- θύρα USB
- Configuration and firmware upload
- Εσωτερική κεραία GSM(SMA connector)
- Εξωτερική κεραία GPS (MCX connector)

Δυνατότητες

- GPS and I/O data acquisition
- Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο
- Δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικών αισθητήρων
- Έξυπνος αλγόριθμος για την λήψη δεδομένων (ώρα, απόσταση, γωνία και βάσει συμβάντων)
- Αποστολή δεδομένων μέσω GPRS (πρωτόκολλα TCP/IP και UDP/IP)
- Έξυπνος αλγόριθμος για συνδέσεις GPRS (εξοικονόμηση κίνησης GPRS)
- Λειτουργία σε δίκτυα περιαγωγής (roaming - λίστα με προτεινόμενους παρόχους GSM)
- Εντοπισμός συμβάντων στις I/O συσκευές και αποστολή αυτών μέσω GPRS ή SMS
- Προγραμματισμένη αποστολή 24 συντεταγμένων μέσω SMS
- Ορισμός μέχρι 5 γεωγραφικών ζωνών επιτήρησης (geofence zones - ορθογώνιες ή κυκλικές)
- Κατάσταση αναμονής (εξοικονόμηση ενέργειας οχήματος)

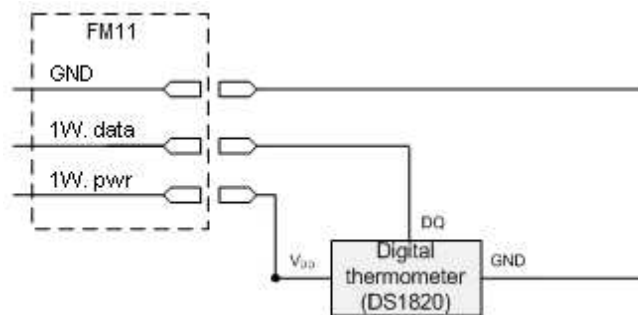
- FOTA (firmware updating via GPRS)
- Αισθητήρες κίνησης
- Πολύ μικρό κουτί εύκολο στη τοποθέτηση
- Καταγραφή σε πραγματικό χρόνο
- Λίστα εξουσιοδοτημένων αριθμών για λήψη εντολών.
- Προηγμένη ανίχνευση υπερβολικής ταχύτητας
- Αναγνωριστικό οδηγού (1-Wire® iButton ID κλειδί)
- Έλεγχος συμπεριφοράς αυτοκινήτου (επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις και στροφές) για την ελαχιστοποίηση της εκμετάλλευσης του οχήματος

Εφαρμογές:

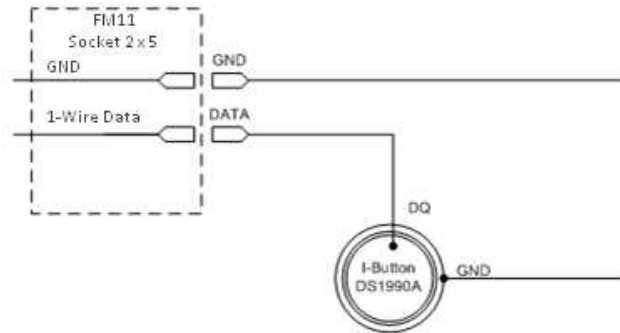
- Ασφάλεια
- Παρακολούθηση και καταγραφή
- Οδική βοήθεια
- Πληρωμή διοδίων

4.2 1- Wire devices

Ένα από τα πλεονεκτήματα της FM1100 συσκευής είναι ότι υποστηρίζει το 1-Wire πρωτόκολλο δεδομένων. Το πρωτόκολλο αυτό επιτρέπει την σύνδεση του ψηφιακού θερμομέτρου (DS1820, DS18S20 και DS18B20) και του “iButton” κουμπιού (αναγνωριστικό οδηγού) τύπου: DS1990A.



Εικόνα 4.2 - Σχήμα σύνδεσης ψηφιακού θερμομέτρου

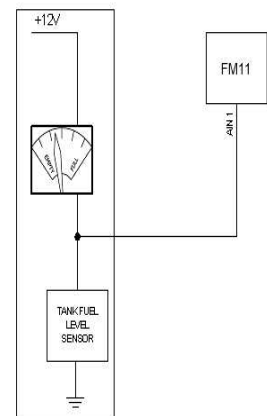


Εικόνα 4.3 - Σχήμα σύνδεσης iButton

Αισθητήρας δεξαμενής καυσίμου

Στα περισσότερα αυτοκίνητα προσαρμόζεται ένας αισθητήρας ο οποίος ελέγχει την στάθμη του υγρού στην δεξαμενή καυσίμου του οχήματος. Ο αισθητήρας αυτός δείχνει, κατά προσέγγιση, το επίπεδο του καυσίμου στην οθόνη ενδείξεων του οδηγού.

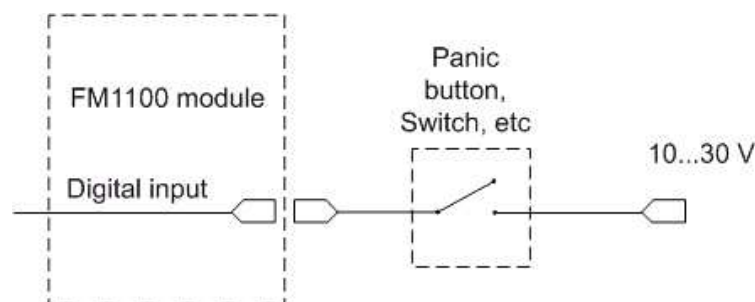
Η σύνδεση είναι δυνατόν γίνεται στην αναλογική είσοδο της συσκευής FM1100 (εάν ο αισθητήρας επιστρέφει αναλογικό σήμα ανάλογο της στάθμης του καυσίμου). Η εικόνα δίπλα παρουσιάζει τη σύνδεση του αισθητήρα δεξαμενής καυσίμου με την FM1100. Μετά τη σύνδεση του αισθητήρα με τη δεξαμενή καυσίμου, απαιτείται η διαδικασία της βαθμονόμησης του ντεπόζιτου. Οι βαθμονομήσεις χρειάζονται λόγω του γεγονότος ότι οι περισσότερες δεξαμενές καυσίμων δεν είναι γραμμικές. Για την εκτέλεση της βαθμονόμησης απαιτείται η μέτρηση της τάσης σε εξάρτηση με τον όγκο του καυσίμου στη δεξαμενή.



Εικόνα 4.4- Αισθητήρας δεξαμενής καυσίμου

Κουμπιά συναγερμού, αισθητήρες θυρών, κ.λπ.

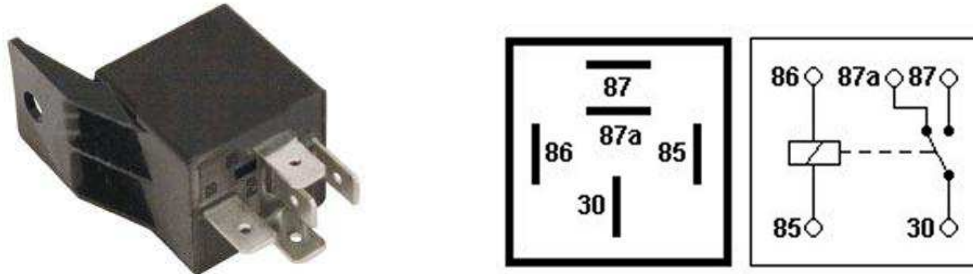
Τα κουμπιά συναγερμού, οι αισθητήρες θυρών, η ανάφλεξη, κλπ επιστρέφουν δύο καταστάσεις: υψηλή ή χαμηλή τάση. Οι ψηφιακές είσοδοι χρησιμοποιούνται την αναγνώριση αυτών των πληροφοριών. Παρακάτω η εικόνα δείχνει πώς συνδέεται ένα κουμπί συναγερμού, ένας αισθητήρας θυρών κτλ.



Εικόνα 4.5- Σύνδεση κουμπιού συναγερμού

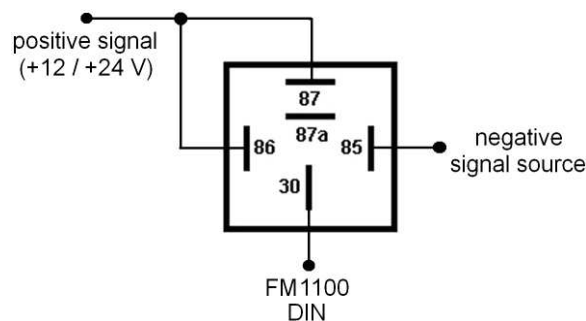
Ρελέ

Ένα απλό ρελέ αυτοκινήτου χρησιμοποιείται για να αντιστρέψει το σήμα εισόδου ή για να ακινητοποιήσει το όχημα, σβήνοντας τη μηχανή. Σημειώνουμε, ότι διατίθενται στα 12 V ή 24 V.



Εικόνα 4.6 - Ρελέ αυτοκινήτων

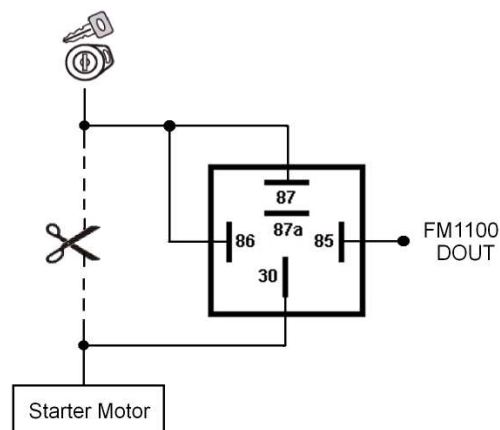
Σε περίπτωση που το σήμα από τον αισθητήρα είναι αρνητικό, ένα πρόσθετο ρελέ (όπως φαίνεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα) πρέπει να εγκατασταθεί για τη μετατροπή του σήματος από αρνητικό σε θετικό.



Εικόνα 4.7- Ρελέ για μετατροπή σήματος από θετικό σε αρνητικό

Ρελέ ακινητοποίησης οχήματος

Όταν συνδέεται το ρελέ, όπως φαίνεται παρακάτω, και η έξοδος είναι ενεργοποιημένη, η FM1100 απενεργοποιεί τον κινητήρα.



4.3 Βασικές λειτουργίες

Η μονάδα FM1100 είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να συλλέγει δεδομένα και να τα στέλνει σε έναν server . Οι εγγραφές που δημιουργούνται , περιέχουν πληροφορίες GPS αλλά και πληροφορίες εισόδου/εξόδου (I/O). Η μονάδα χρησιμοποιεί έναν δέκτη GPS , ο οποίος μπορεί να συλλέγει τα δεδομένα από τους δορυφόρους είτε βάση του χρόνου, είτε βάση της διανυστικής απόστασης, είτε βάση της γωνίας. (Λεπτομέρειες για τις προαναφερθείσες μεθόδους συλλογής δεδομένων αναφέρονται σε επόμενο υποκεφάλαιο).

Όλα τα δεδομένα μπορούν αρχικά να αποθηκευτούν στην μνήμη flash που διαθέτει η συσκευή και έπειτα να σταλούν μέσω GPRS ή SMS . Η αποστολή των δεδομένων μέσω GPRS θεωρείται καλύτερη, ενώ τα SMS χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δε διαθέτουν κάλυψη GPRS ή όταν το κόστος του είναι μεγάλο.

Η FM1100 επικοινωνεί με τον server μέσω του ειδικού πρωτοκόλλου το οποίο περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.

Ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί την FM1100 μέσω SMS εντολών . Η ακριβής λίστα των εντολών SMS συμπεριλαμβάνεται στο manual της συσκευής. Όσον αφορά τη ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας της, μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω TCP ή μέσω SMS.

4.3.1 Κατάσταση “Deep Sleep”

Όταν η συσκευή είναι σε κατάσταση “Deep Sleep” , ο δέκτης GPS μπαίνει σε κατάσταση αναμονής και η μονάδα GSM/GPRS απενεργοποιείται. Αν και δεν είναι δυνατόν η συσκευή να εξέλθει από την κατάσταση αναμονής μέσω SMS εντολής, η συσκευή αποστέλλει τις τελευταίες αποθηκευμένες εγγραφές στον AVL Server (η GSM/GPRS μονάδα ενεργοποιείται για να στείλει τα δεδομένα και ξανά απενεργοποιείται). Επίσης, υπάρχουν δύο παράμετροι: η «περίοδος αποστολής» και η «ελάχιστη περίοδος» οι οποίες , ανάλογα με τις τιμές που ορίζει ο χρήστης, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας της μπαταρίας του οχήματος.

Η FM1100 εισέρχεται στην deep sleep λειτουργία όταν πληρούνται **όλες οι παρακάτω συνθήκες:**

- Πρέπει να έχει ενεργοποιηθεί η δυνατότητα Deep Sleep λειτουργίας κατά την ρύθμιση της συσκευής
- Να έχουν περάσει 5 λεπτά από την επανεκκίνηση της συσκευής
- Η μηχανή του οχήματος να είναι σβηστή
- Η «περίοδος αποστολής» που αναφέραμε προηγουμένως, να έχει ορισθεί τουλάχιστον στα 60 δευτερόλεπτα
- Να μην είναι συνδεδεμένο το καλώδιο USB

Η FM1100 εξέρχεται της λειτουργίας Deep Sleep όταν **ένα από τα παρακάτω συμβεί:**

- Ο αισθητήρας κίνησης ανιχνεύσει κίνηση

- Ανάψει η μηχανή του οχήματος
- Συνδεθεί το USB καλώδιο

Παρατήρηση

Προκειμένου να έχουμε εξοικονόμηση της GPRS κίνησης, στην Deep Sleep κατάσταση, είναι προτιμότερο να μην συμπεριλαμβάνονται αρκετά I/O στοιχεία όπως (DOP, HDOP, Odometer, Speedometer, IButton ID, Cell ID, Area Code, Temperature και GPS power). Τα I/O στοιχεία αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο.

4.3.2 Εικονικό Οδόμετρο

Το εικονικό οδόμετρο (virtual odometer) είναι ένα από τα I/O στοιχεία και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διανυθείσας απόστασης.

Η λειτουργία του έχει ως εξής: μόλις ο αισθητήρας κίνησης ανιχνεύσει κίνηση το οδόμετρο ξεκινά να υπολογίζει την απόσταση χρησιμοποιώντας το GPS σήμα. Πιο συγκεκριμένα, κάθε δευτερόλεπτο ελέγχει την τρέχουσα θέση και υπολογίζει την απόσταση ανάμεσα σ' αυτήν και την ακριβώς προηγούμενη, συνεχίζει κατ' αυτόν τον τρόπο να προσθέτει τις διαφορές των σημείων, έως την στιγμή που θα πρέπει να κάνει την επόμενη εγγραφή. Έπειτα η συσκευή καταγράφει την θέση της και προσθέτει την τιμή του οδομέτρου, η οποία είναι ίση με το άθροισμα όλων των αποστάσεων που μετρήθηκαν ανά δευτερόλεπτο μέχρι εκείνη τη στιγμή. Όταν ολοκληρωθεί η εγγραφή η τιμή του οδομέτρου μηδενίζεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

4.3.3 Χαρακτηριστικά της FM1100

Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της FM1100 που περιγράφονται παρακάτω, αυξάνονται σημαντικά οι επιλογές του χρήστη για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του οχήματος του.

Σενάρια

Η συγκεκριμένη συσκευή δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να ορίσουν 4 διαφορετικά σενάρια, τα: “Green Driving”, “Over Speeding”, “Authorised Driving”, και “Immobilizer”.

Green Driving Scenario:

Το σενάριο αυτό της «πράσινης οδήγησης», βοηθάει στην πρόληψη και την ανίχνευση ανάρμωσης οδηγικής συμπεριφοράς.

Το σενάριο αυτό όταν είναι ενεργοποιημένο, παρακολουθεί συνεχόμενα την πορεία του αυτοκινήτου για απότομα φρεναρίσματα, επιταχύνσεις ή στροφές.

Επιπλέον , για τον καλύτερο έλεγχο της GPRS κίνησης δεν αποστέλλονται όλες οι τιμές που καταγράφονται. Μόλις όμως καταγραφεί κάποια τιμή υψηλότερη από αυτές που έθεσε σαν όριο ο χρήστης, δημιουργείται ένα συμβάν. Αυτό σημαίνει πως εκείνη την στιγμή ένα πακέτο δεδομένων αποστέλλεται στον server συμπεριλαμβανομένου του νέου γεγονότος (πχ συμβάν απότομης επιτάχυνσης) και της τιμής του.

Για την αποφυγή λανθασμένων συμβάντων το όχημα παρακολουθείται μόνο όταν η μηχανή είναι αναμμένη και το όχημα κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 10km/h.

Overspeeding scenario:

Το σενάριο αυτό αφορά στον έλεγχο της ταχύτητας του οχήματος. Με την ίδια λογική που περιγράψαμε παραπάνω, η ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός ελέγχεται ώστε να μην υπερβεί κάποιο συγκεκριμένο όριο.

Authorized Driving Scenario:

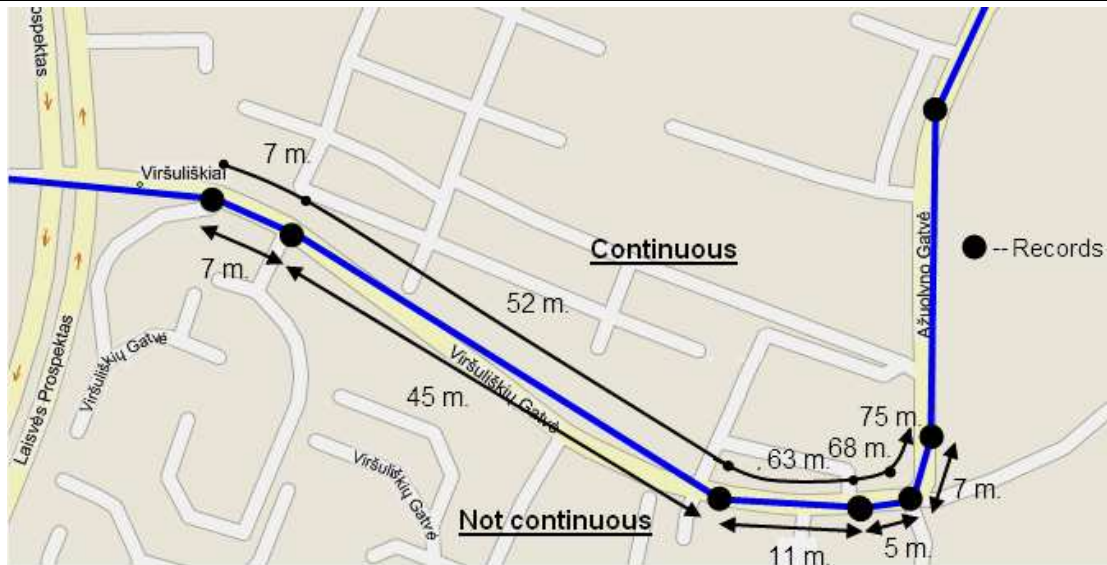
Μια ακόμη δυνατότητα παρέχει η συσκευή είναι να ελέγχει το ποιος είναι ο οδηγός του οχήματος κάθε στιγμή. Πιο συγκεκριμένα , μπορούν να υπάρχουν μέχρι 50 εξουσιοδοτημένοι οδηγοί. Σ' αυτούς δίνεται από ένα iButton το οποίο έχει έναν κωδικό(που θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στην iButton λίστα όπως αυτή έχει καθοριστεί κατά τη ρύθμιση της συσκευής).

Immobilizer Scenario:

Σ' αυτήν την περίπτωση το όχημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο εφόσον συνδεθεί κάποιο iButton . Σ' αυτό το σενάριο η iButton λίστα δεν παίζει κανέναν ρόλο. Οποιοδήποτε iButton και να συνδεθεί παρακάμπτεται η immobilizer ασφάλεια.

“Trip”

Με αυτό το χαρακτηριστικό ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει κάποια συγκεκριμένη διαδρομή/ταξίδι από τη στιγμή που θα ανάψει η μηχανή του οχήματος, μέχρι τη στιγμή που θα σβήσει σε κάποια καθορισμένη τοποθεσία. Καταγράφονται και αποστέλλονται, τόσο τα σημεία έναρξης και τερματισμού , όσο και η διανυθείσα απόσταση. Και σε αυτήν την περίπτωση η πληροφορία αποστέλλεται μόνο όταν δημιουργηθεί συμβάν, δηλαδή στα σημεία εκκίνησης και τερματισμού.



Εικόνα 4.9- Παράδειγμα απεικόνισης συνεχούς μέτρησης πορείας

“Geofencing”

Ο γεωφράκτης είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που επιτρέπει την οριοθέτηση περιοχών στο χάρτη. Αυτός ελέγχει πότε και αν ένα όχημα μπαίνει ή βγαίνει από κάποια αυστηρά οριοθετημένη περιοχή. Επιπλέον, υπάρχει και η “Auto Geofencing” επιλογή που ενεργοποιείται αυτόματα και ακινητοποιεί το όχημα (σβήσιμο μηχανής). Σε περίπτωση κλοπής, η συσκευή στέλνει αυτόματα πακέτα υψηλής προτεραιότητας στην AVL εφαρμογή.



Εικόνα 4.10- Γεωγραφική Ζώνη επιτήρησης

“iButton list”

Η λίστα iButton περιέχει συγκεκριμένα IDs των iButton που διατίθενται στους οδηγούς για την εξακρίβωση της ταυτότητας τους και χρησιμοποιείται στο “Authorized driving” σενάριο και στις επιλογές του “Auto Geofencing”.

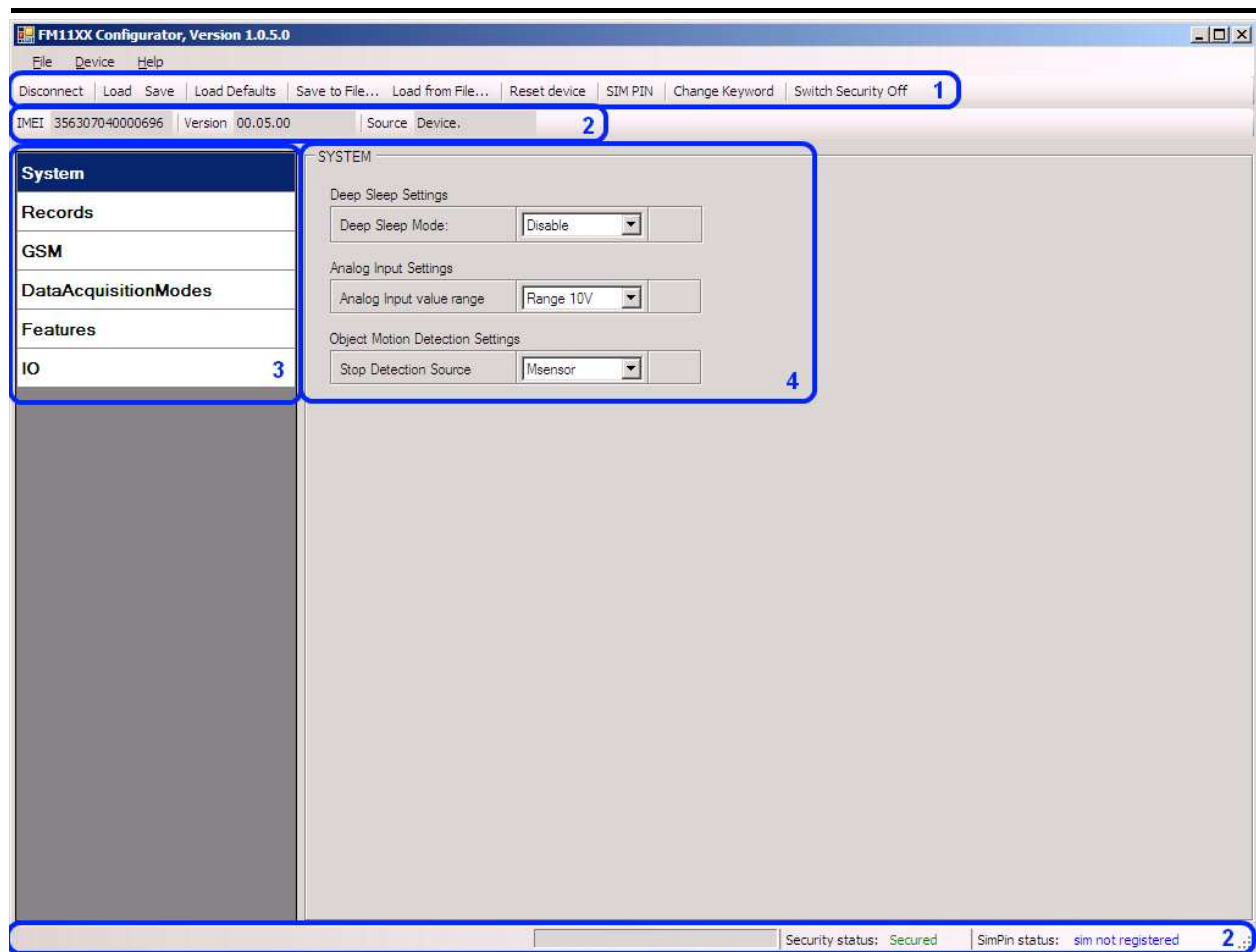
4.4 Διαμόρφωση Λειτουργίας

Η μονάδα FM1100 έχει κάποιες προεπιλεγμένες ρυθμίσεις τις οποίες μπορεί να τροποποιήσει ο χρήστης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του, ενώ μπορεί να εισάγει και τις απαραίτητες πληροφορίες για το GSM δίκτυο. Για τις ρυθμίσεις αυτές διατίθεται από την εταιρεία ειδικό πρόγραμμα (FM configurator), το περιβάλλον του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω. Η ρύθμιση των παραμέτρων πραγματοποιείται μέσω USB καλωδίου, ενώ οι απαιτήσεις συστήματος για το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι: κάποια έκδοση λειτουργικού συστήματος Microsoft Windows και το Framework 3.5 ή νεότερο.

Ο χρήστης συνδέει τη συσκευή (μέσω USB καλωδίου) στον FM configurator. Εάν η σύνδεση είναι επιτυχής, σαν πρώτο βήμα, η συσκευή ενημερώνει το πρόγραμμα με το IMEI και την έκδοση της. Έπειτα ο χρήστης δημιουργεί ένα προφίλ σύμφωνα με το οποίο θα λειτουργεί η συσκευή και το αποθηκεύει στη μνήμη της. Ανά πάσα στιγμή ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις ρυθμίσεις του ή να επαναφέρει τις προεπιλεγμένες τιμές.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα, ο FM1100 configurator χωρίζεται σε 4 κυρίως περιοχές:

1. Την περιοχή των κυρίως επιλογών
2. Την περιοχή πληροφοριών
3. Το μενού ρυθμίσεων
4. Το μενού παραμέτρων και τιμών



Εικόνα 4.11- FM Configurator

Παρακάτω αναλύουμε τις κυριότερες ρυθμίσεις που αφορούν στη συμπεριφορά της συσκευής.

4.4.1 Ρυθμίσεις συστήματος

Στις ρυθμίσεις συστήματος υπάρχουν 3 βασικές παράμετροι:

- Ενεργοποίηση /Απενεργοποίηση λειτουργίας αναμονής (Deep Sleep mode)
- Επιλογές Αναλογικής εισόδου. Εδώ ο χρήστης μπορεί να ορίσει την αναλογική είσοδο στα 10 ή 30 V, ανάλογα με την ακρίβεια που απαιτεί (χαμηλότερο εύρος δίνει υψηλότερη ακρίβεια ρυθμίσεων), και την τάση εισόδου
- Ρυθμίσεις ανίχνευσης κίνησης. Σ' αυτό το σημείο ορίζεται με ποιο τρόπο θα καταλαβαίνει η συσκευή αν το όχημα είναι σε κίνηση ή σταματημένο (μέσω ανάφλεξης, μέσω του αισθητήρα κίνησης ή μέσω GPS)

4.4.2 Ρυθμίσεις εγγραφών

Στο σημείο αυτό ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τον τρόπο που θα αποστέλλονται οι πληροφορίες (εγγραφές) . Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να ορίσει αν οι εγγραφές αποστέλλονται από την πιο πρόσφατη στην πιο παλιά. Αυτό σημαίνει πως είναι σημαντικότερη η πιο πρόσφατη θέση του οχήματος, και οι προηγούμενες στέλνονται αμέσως μετά.

Επίσης, μπορεί να καθοριστεί η χρονική διάρκεια που θα παραμένει ανοιχτή η σύνδεση ανάμεσα στη συσκευή και τον server. Αυτή η επιλογή είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις που το GSM δίκτυο χρεώνει κάθε ενεργοποίηση σύνδεσης.

4.4.3 GSM ρυθμίσεις

Στις GSM ρυθμίσεις ο χρήστης εισάγει τις απαραίτητες πληροφορίες για τη μετάδοση των δεδομένων, είτε αυτή γίνεται μέσω GPRS, είτε μέσω SMS. Πιο συγκεκριμένα, οι GPRS ρυθμίσεις περιλαμβάνουν την επιλογή του πρωτοκόλλου που θα χρησιμοποιηθεί, (TCP/UDP), το APN του παρόχου, τα APN username και password (προαιρετικά), την IP διεύθυνση του server και την αντίστοιχη θύρα.

Όσον αφορά τις GSM ρυθμίσεις για τα SMS, βασικά πεδία είναι τα “SMS login” και “password” . Αυτά χρησιμοποιούνται σε κάθε αποστολή SMS (πχ asd 123 getgps) ακριβώς πριν την εντολή . Ένα SMS δηλαδή θα έχει τη μορφή : <login> <space> <password> <space> <command> Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν ορίσει τιμές στα πεδία αυτά, τη θέση τους στη σύνταξη του SMS παίρνει ένας κενός χαρακτήρας.

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να δηλώσει συγκεκριμένους αριθμούς οι οποίοι θα είναι και οι μόνοι εξουσιοδοτημένοι για να στείλουν SMS εντολή. Οι τηλεφωνικοί αριθμοί αυτοί γράφονται κατά το διεθνές πρότυπο χωρίς «+» ή «00» πρόθεμα. Στην περίπτωση που δεν καταχωρηθεί κάποιος αριθμός, οι εντολές ρυθμίσεων και αποστολής μπορούν να αποσταλούν μέσω SMS από οποιονδήποτε GSM αριθμό.

Τέλος, μια ακόμα δυνατότητα της FM1100 , είναι να κρατάει τα 24 τελευταία ίχνη της (γεωγραφικές συντεταγμένες) και να τα αποστέλλει σε ένα SMS. Κάτι τέτοιο είναι χρήσιμο σε περιοχές που δεν έχουν κάλυψη GPRS.

Τελευταία από τις GSM ρυθμίσεις είναι η δημιουργία “Operator list” . Αυτή είναι μια λίστα με τους πάροχους στους οποίους επιτρέπεται να συνδεθεί η συσκευή . Στη λίστα υπάρχει σειρά προτεραιότητας (το πρώτο καταχωρημένο δίκτυο είναι αυτό που προτιμάται κοκ) . Μπορούν να χαρακτηρισθούν ως Home ή Roaming operators.

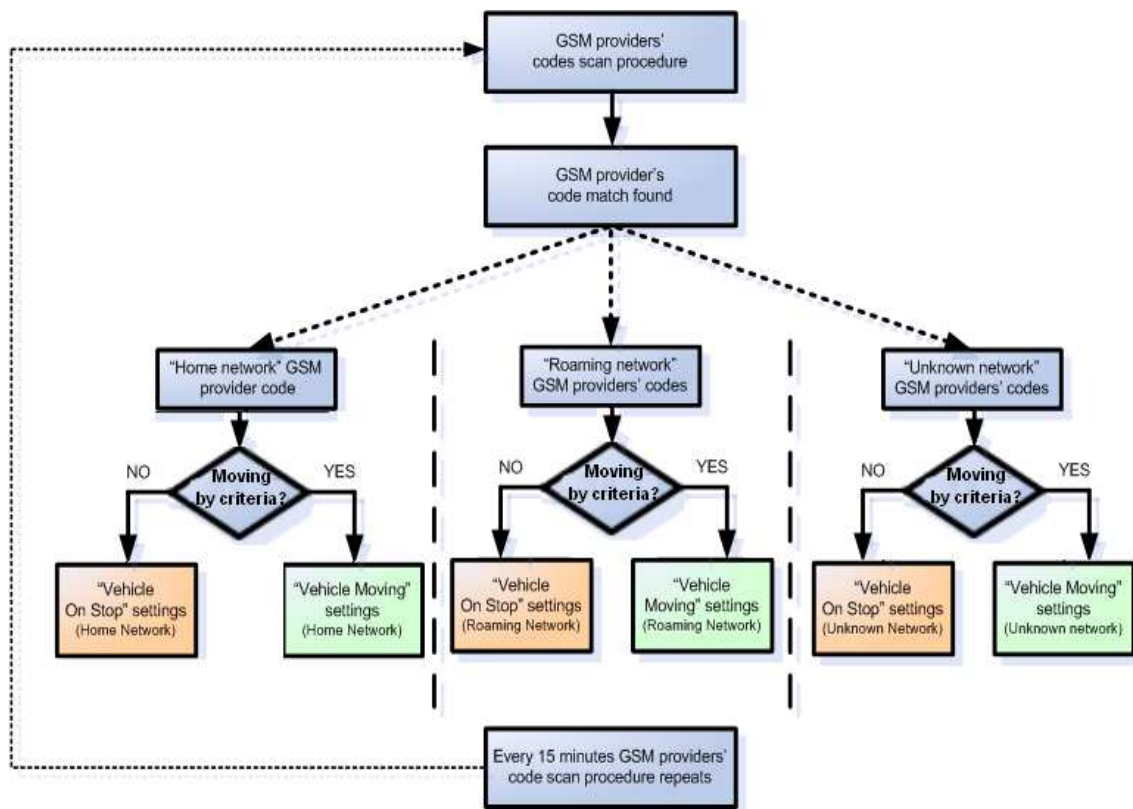
Αν δεν υπάρχει καμία καταχώρηση η συσκευή μπορεί να συνδεθεί μέσω GPRS οποιουδήποτε δικτύου (unknown operator).

4.4.4 Ρυθμίσεις Ανάκτησης Δεδομένων

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει τρεις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας της συσκευής, ανάλογα με το δίκτυο στο οποίο λειτουργεί, και τη θέση του στην “operator list” που αναφέραμε προηγουμένως. Η συσκευή μπορεί να μεταβεί από τη μια κατάσταση στην άλλη

αυτόματα, μόλις αλλάξει δίκτυο. Οι καταστάσεις λειτουργίας είναι οι εξής: **“Home”** (οικείο δίκτυο) **“Roaming”** (ξένα δίκτυα) και **“Unknown”** (μη καταχωρημένο δίκτυο).

Σε κάθε μία από αυτές τις καταστάσεις ο χρήστης μπορεί να ορίσει τη συχνότητα με την οποία η συσκευή θα συλλέγει τα δεδομένα (δημιουργία εγγραφών) και τη συχνότητα αποστολής τους. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει στη συσκευή να έχει διαφορετική συμπεριφορά όταν το όχημα κινείται και διαφορετική όταν είναι ακινητοποιημένο. Το αν το όχημα είναι εν κινήσει ή όχι, μπορεί να ανιχνευθεί με τρεις τρόπους όπως περιγράψαμε προηγουμένως. Έτσι η συσκευή FM1100, επιτρέπει συνολικά 6 καταστάσεις λειτουργίας. Η λογική παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4.12- Λογικό διάγραμμα (από το manual της συσκευής)

Η αναζήτηση για τα διαθέσιμα δίκτυα πραγματοποιείται κάθε 15 λεπτά ή και πιο σύντομα ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας της συσκευής. Αντίθετα ο έλεγχος των κριτηρίων κίνησης γίνεται κάθε 1 δευτερόλεπτο.

Data Acquisition Modes : Home					
Vehicle on STOP			Vehicle MOVING		
Min Period:	600	sec.	Min Period:	600	sec.
			Min Distance:	1000	m.
			Min Angle:	30	deg.
Min Saved Records:	20		Min Saved Records:	20	
Send Period:	600	sec.	Send Period:	600	sec.
GPRS Week Time			GPRS Week Time		

Εικόνα 4.13- FM configurator- Data Acquisition Modes (Home)

Στα πεδία που φαίνονται στην παραπάνω εικόνα ο χρήστης μπορεί να ορίσει τα εξής:

Ελάχιστο αριθμό εγγραφών (min saved records)

Είναι ο ελάχιστος αριθμός γεωγραφικών συντεταγμένων και δεδομένων εισόδου/εξόδου (I/O elements) που μπορούν να μεταδοθούν με μία μόνο σύνδεση στον server. Αν η συσκευή δεν έχει συλλέξει αρκετά δεδομένα προς αποστολή, ελέγχει πάλι μετά από ένα χρονικό διάστημα που έχει οριστεί στο πεδίο «περιόδου αποστολής» (send period field).

Περίοδος αποστολής (send period)

Η συσκευή κάνει προσπάθειες να στείλει τα δεδομένα που έχει μαζέψει κάθε X δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα αυτό καθορίζεται σ' αυτό ακριβώς το πεδίο.

GPRS ώρες/εβδομάδα (GPRS Week Time Tab)

Τα περισσότερα χρεωστικά συστήματα των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας χρεώνουν σύμφωνα με τον αριθμό των bytes που μεταδίδονται σε κάθε συνεδρία (session). Σε κάθε session η συσκευή εγκαθιστά μια σύνδεση με τον server και μεταδίδει δεδομένα για όσο περισσότερο γίνεται (πότε δεν κλείνει η συσκευή τη session). Το session μπορεί να διαρκεί ώρες, μέρες, εβδομάδες ή να κλείνει μετά από κάθε σύνδεση, αυτό εξαρτάται από τον GSM πάροχο. Σύμφωνα με αυτή τη ρύθμιση λοιπόν καθορίζεται πότε μπορεί να επανεγκαθιδρυθεί ένα session, εφόσον το προηγούμενο έχει διακοπεί από το δίκτυο.

Εάν η GPRS συνεδρία είναι ενεργή, η FM1100 στέλνει στον server τα δεδομένα σύμφωνα με την παράμετρο "Send Period". Εάν όχι ελέγχει σ' αυτό το πεδίο αν της επιτρέπεται να εγκαθιδρύσει μια νέα συνεδρία.

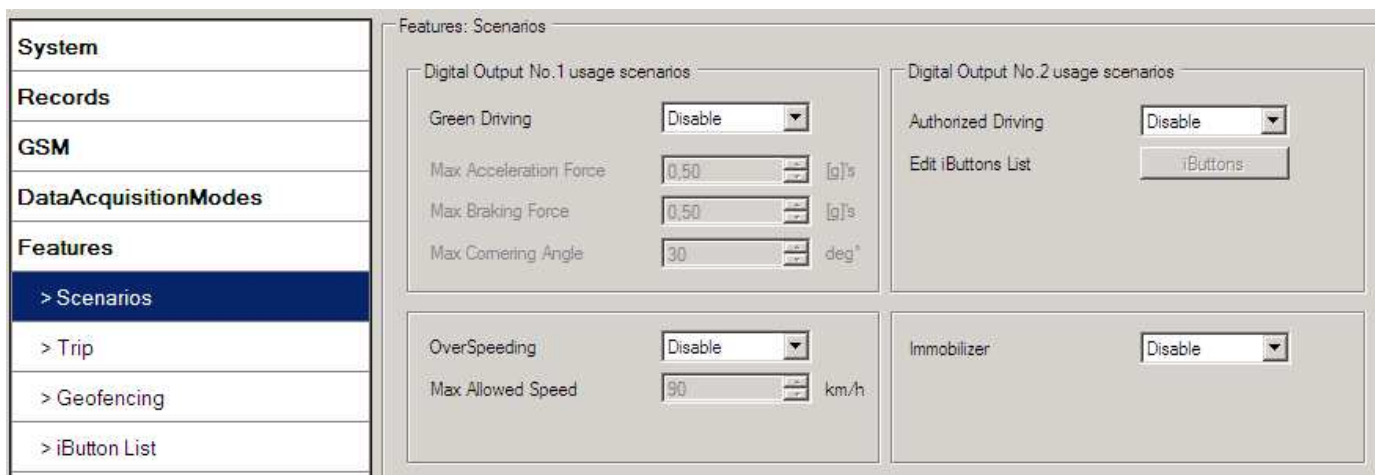
Μια ακόμη ιδιαιτερότητα στην συσκευή αυτής είναι ότι συλλέγει δεδομένα με τρεις μεθόδους ταυτοχρόνως. Η ανάκτηση των δεδομένων μπορεί να γίνει βάση χρόνου, απόστασης ή γωνίας. Ο χρήστης ορίζει συγκεκριμένες τιμές στα πεδία ελάχιστης χρονικής περιόδου, ελάχιστης απόστασης και ελάχιστης γωνίας (min period, min distance, min angle) και η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Η συσκευή ελέγχει τη χρονική διαφορά ανάμεσα στην τρέχουσα ώρα και την ώρα που έχει καταγραφεί στην τελευταία εγγραφή, εάν η διαφορά είναι ίση ή μεγαλύτερη από την τιμή «ελάχιστης χρονικής περιόδου», δημιουργεί μια εγγραφή στη μνήμη, εάν όχι, με την ίδια λογική ελέγχει την απόσταση. Εάν η απόσταση είναι μεγαλύτερη ή ίση με την τιμή «ελάχιστης απόστασης» δημιουργεί εγγραφή, εάν όχι ελέγχει τη γωνία κοκ. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε δευτερόλεπτο.

4.4.5 Ρυθμίσεις χαρακτηριστικών και ΙΟ στοιχείων

Ο FM Configurator δίνει τη δυνατότητα λεπτομερούς παραμετροποίησης όλων των σεναρίων και των χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν στα υποκεφάλαια 4.3.4.1/2/3/4. Καθώς τα σεσάρια τα έχουμε ήδη περιγράψει, ακολουθούν ενδεικτικά εικόνες από το περιβάλλον του προγράμματος για τις ρυθμίσεις των σεναρίων αυτών.

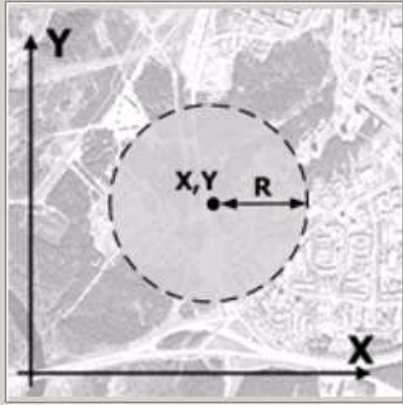
Όσο για τα στοιχεία εισόδου/εξόδου (I/O elements), αυτά περιγράφονται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο



Εικόνα 4.14- Ρυθμίσεις σεναρίων Green Driving, OverSpeeding, Authorized Driving, Immobilizer

System	Features: TRIP												
Records	TRIP START STOP DETECTION												
GSM	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Enable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Start Speed:</td> <td>5</td> <td>km/h</td> </tr> <tr> <td>Ignition Off Timeout:</td> <td>60</td> <td>sec</td> </tr> <tr> <td>Trip continuous distance counting</td> <td>Not</td> <td></td> </tr> </table>		Enable		Start Speed:	5	km/h	Ignition Off Timeout:	60	sec	Trip continuous distance counting	Not	
	Enable												
Start Speed:	5	km/h											
Ignition Off Timeout:	60	sec											
Trip continuous distance counting	Not												
DataAcquisitionModes	For distance counting IO odometer must be enabled IO elements												
Features													
> Scenarios													
> Trip													

Εικόνα 4.15- Ρυθμίσεις για την καταγραφή διαδρομής

System	FEATURES: Geofencing																								
Records	Geofencing																								
GSM	<table border="1"> <tr> <td>Frame border:</td> <td>1000</td> <td>m.</td> </tr> <tr> <td>Geofence zone:</td> <td>Zone 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shape:</td> <td>Circle</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Priority:</td> <td>High</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Generate Event:</td> <td>On Both</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitude (X):</td> <td>0.000000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Latitude (Y):</td> <td>0.000000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Radius:</td> <td>0</td> <td>m.</td> </tr> </table>	Frame border:	1000	m.	Geofence zone:	Zone 1		Shape:	Circle		Priority:	High		Generate Event:	On Both		Longitude (X):	0.000000		Latitude (Y):	0.000000		Radius:	0	m.
Frame border:	1000	m.																							
Geofence zone:	Zone 1																								
Shape:	Circle																								
Priority:	High																								
Generate Event:	On Both																								
Longitude (X):	0.000000																								
Latitude (Y):	0.000000																								
Radius:	0	m.																							
DataAcquisitionModes																									
Features																									
> Scenarios																									
> Trip																									
> Geofencing																									
> iButton List																									

Εικόνα 4.16- Ρυθμίσεις Γεωφράχτη

System	I/O										
Records	Property input:										
GSM	<table border="1"> <tr> <td>0 : (Enabled) Digital Input 1</td> <td>Enabled</td> </tr> </table>	0 : (Enabled) Digital Input 1	Enabled								
0 : (Enabled) Digital Input 1	Enabled										
DataAcquisitionModes	<table border="1"> <tr> <td>Priority:</td> <td>Low</td> </tr> <tr> <td>High level:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Low level:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Generate event:</td> <td>Monitoring</td> </tr> <tr> <td>Averaging constant:</td> <td>10</td> </tr> </table>	Priority:	Low	High level:	0	Low level:	0	Generate event:	Monitoring	Averaging constant:	10
Priority:	Low										
High level:	0										
Low level:	0										
Generate event:	Monitoring										
Averaging constant:	10										
Features											
IO											

Εικόνα 4.17- Ρυθμίσεις IO

Κεφάλαιο 5^ο

Περιγραφή Εφαρμογής

Μέχρι στιγμής έχουμε περιγράψει λεπτομερώς ένα σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιεί, το AVL πρωτόκολλο και την τερματική μονάδα FM1100.

Για την εφαρμογή μας χρησιμοποιήσαμε την συσκευή FM1100. Το τερματικό αυτό, όπως ήδη έχει αναφερθεί, αποστέλλει μια δεκαεξαδική ακολουθία με την πληροφορία κωδικοποιημένη. Στόχος μας είναι να φτάνει η πληροφορία στον εξυπηρετητή μέσω του πρωτοκόλλου TCP/IP, εκεί να αποκωδικοποιείται και τα εξαγόμενα δεδομένα να καταγράφονται στα αντίστοιχα πεδία μιας βάσης δεδομένων.

Για την ανάπτυξη του κώδικα μας – σε γλώσσα C++/C# - χρησιμοποιήσαμε την πλατφόρμα της Microsoft, Visual Studio 2010, ενώ η καταχώρηση των δεδομένων γίνεται σε MySQL βάση δεδομένων.

Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου περιγράφουμε συνοπτικά αυτά τα εργαλεία υλοποίησης, ενώ στο δεύτερο αναλύουμε, τόσο σχηματικά όσο και περιγραφικά την εφαρμογή μας.

5.1 Εργαλεία Υλοποίησης

Microsoft Visual Studio 2010

Το Visual Studio είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment - IDE) που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη διαδικτυακών και desktop εφαρμογών καθώς και διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services).

Το Visual Studio εισάγει μια νέα διαδικασία ανάπτυξης προγραμμάτων, τον παραστατικό προγραμματισμό, που αλλάζει τον τρόπο εγγραφής και εκτέλεσης των προγραμμάτων, οδηγώντας σε αύξηση της παραγωγικότητας.

Παρέχει προχωρημένα εργαλεία για τη διόρθωση λαθών, για τη τεκμηρίωση και εγγραφή κώδικα, για την ανάπτυξη διεπαφών χρήστη, για τη σχεδίαση κλάσεων καθώς και για τη σχεδίαση του σχήματος μίας βάσης δεδομένων (database schema). Επίσης υποστηρίζει πολλά plug-ins που προσφέρουν προηγμένες λειτουργίες όπως unit testing και refactoring.

Οι ενσωματωμένες γλώσσες προγραμματισμού του Visual Studio είναι οι Visual C++, Visual C# και Visual Basic. Επίσης, παρέχεται υποστήριξη και για άλλες γλώσσες όπως τις F#, Python, Ruby οι οποίες εγκαθίστανται ξεχωριστά μέσω των language services.

.NET Framework

Το .Net Framework είναι αναπόσπαστο κομμάτι των Windows και υποστηρίζει την ανάπτυξη και λειτουργία εφαρμογών και διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services). Το .NET Framework έχει σχεδιαστεί για να εκπληρώσει τους ακόλουθους στόχους:

- ✓ Να παρέχει ένα συνεκτικό αντικειμενοστραφή προγραμματιστικό περιβάλλον όπου ο κώδικας είτε αποθηκεύεται και εκτελείται τοπικά, είτε εκτελείται τοπικά αλλά διανέμεται στο διαδίκτυο, είτε εκτελείται από απόσταση (remotely).
- ✓ Να παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης κώδικα που αυξάνει τη παραγωγικότητα του προγραμματιστή και ελαχιστοποιεί τις πιθανές συγκρούσεις μεταξύ διαφορετικών εκδόσεων του .Net Framework.
- ✓ Να παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης κώδικα που να προάγει την ασφαλή εκτέλεση του κώδικα, περιλαμβανομένου του κώδικα που δημιουργήθηκε από άγνωστο ή μη έμπιστο τρίτο μέρος.
- ✓ Να παρέχει ένα σταθερό περιβάλλον ανάπτυξης για όλα τα είδη εφαρμογών (Windows-based ή Web-based εφαρμογές).
- ✓ Να εξασφαλίσει ότι ο κώδικας που βασίζεται στο .NET Framework μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιονδήποτε άλλο κώδικα.

Το .NET Framework έχει δύο κύρια στοιχεία: Το Common Language Runtime (CLR) και τη βιβλιοθήκη κλάσεων του .NET Framework. Το CLR καθορίζει το περιβάλλον για την εκτέλεση κώδικα του προγράμματος και οι προγραμματιστές που χρησιμοποιούν το CLR γράφουν κώδικα σε μια γλώσσα όπως τη Visual Basic ή τη C#. Κατά τη διάρκεια της μεταγλώττισης του προγράμματος ο .NET μεταγλωττιστής μετατρέπει τον εν λόγω κώδικα σε ενδιάμεσο κώδικα (byte code) που ονομάζεται Common Intermediate Language (CIL), ο οποίος ουσιαστικά ορίζει οδηγίες για το (CLR) που λειτουργεί ως εικονική μηχανή (virtual machine).

Κατόπιν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ο μεταγλωττιστής του CLR μετατρέπει τον CIL κώδικα σε κώδικα μηχανής. Το CLR επιτρέπει στους προγραμματιστές να αγνοήσουν πολλές λεπτομέρειες της συγκεκριμένης CPU που θα εκτελέσει το πρόγραμμα και παρέχει και άλλες σημαντικές υπηρεσίες, όπως:

- ✓ Διαχείριση μνήμης
- ✓ Διαχείριση νημάτων (threads)
- ✓ Διαχείριση εξαιρέσεων
- ✓ Συλλογή απορριμμάτων (garbage collection)
- ✓ Ασφάλεια

Η βιβλιοθήκη κλάσεων, το άλλο βασικό στοιχείο του .NET Framework, είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από επαναχρησιμοποιήσιμους τύπους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη εφαρμογών που κυμαίνονται από command-line εφαρμογές ή GUI εφαρμογές μέχρι και εφαρμογές που βασίζονται στις τελευταίες καινοτομίες που παρέχονται από το ASP.NET, όπως Web Forms και XML διαδικτυακές υπηρεσίες.

Visual C#.NET

Η Visual C#.NET είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύχθηκε από τη Microsoft σαν μέρος της πρωτοβουλίας του .NET και το 2003 πιστοποιήθηκε ως πρότυπο από την ISO (ISO / IEC 23270).

Η Microsoft έχει δώσει μεγάλη βαρύτητα στην ανάπτυξη και στην εξέλιξη της Visual C#.NET και αποτελεί αναμφισβήτητη τη “ραχοκοκαλιά” της πλατφόρμας .NET με τις υπόλοιπες γλώσσες να διαδραματίζουν δευτερεύοντα ρόλο.

Η Visual C#.NET ανήκει στην ίδια κατηγορία γλωσσών με τη Java και τη C++ και η μετάβαση του προγραμματιστή από τη μια γλώσσα στην άλλη είναι άμεση.

Ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της γλώσσας είναι τα εξής:

- ✓ **Garbage collection:** Αποδεσμεύει αυτόματα τη μνήμη από αντικείμενα που δεν χρησιμοποιούνται πλέον από το πρόγραμμα.
- ✓ **Διαχείριση εξαιρέσεων:** Παρέχει μια δομημένη και επεκτάσιμη προσέγγιση για την ανίχνευση σφαλμάτων.
- ✓ **Component-oriented προγραμματισμός:** Υποστηρίζει το μοντέλο προγραμματισμού που βασίζεται σε components, δηλαδή σε στοιχεία προγράμματος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους χρήστες, οι οποίοι να γνωρίζουν μονάχα ό,τι κρίνει απαραίτητο ο συγγραφέας του component και χωρίς ο ίδιος να ξέρει για τους χρήστες.
- ✓ **Type-safe σχεδιασμός:** Καθιστά αδύνατη την ανάγνωση μεταβλητών που δεν έχουν αρχικοποιηθεί, τη χρήση δεικτών που βρίσκονται εκτός ορίων πίνακα καθώς και την εκτέλεση unchecked type casts.

MySQL

Η MySQL είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων που μετρά περισσότερες από 11 εκατομμύρια εγκαταστάσεις. Έλαβε το όνομά της από την κόρη του Μόντυ Βιντένιους, τη Μάι (αγγλ. My). Το πρόγραμμα τρέχει έναν εξυπηρετητή (server) παρέχοντας πρόσβαση πολλών χρηστών σε ένα σύνολο βάσεων δεδομένων.

Ο κωδικός του εγχειρήματος είναι διαθέσιμος μέσω της GNU General Public License, καθώς και μέσω ορισμένων ιδιοκτητών συμφωνιών. Ανήκει και χρηματοδοτείται από μία και μοναδική κερδοσκοπική εταιρία, τη σουηδική MySQL AB, η οποία σήμερα ανήκει στην Oracle.

Η MySQL είναι ένα πολύ γρήγορο και δυνατό , σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Μια βάση δεδομένων επιτρέπει στο χρήστη να αποθηκεύει , να αναζητά , να ταξινομεί και να ανακαλεί τα δεδομένα αποτελεσματικά . Ο MySQL διακομιστής ελέγχει την πρόσβαση στα δεδομένα κάθε χρήστη, για να μπορούν να δουλεύουν πολλοί χρήστες ταυτόχρονα , για να παρέχει γρήγορη πρόσβαση και να διασφαλίζει ότι μόνο πιστοποιημένοι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση. Συνεπώς η MySQL είναι ένας πολυνηματικός διακομιστής πολλαπλών χρηστών. Χρησιμοποιεί την SQL (Structured Query Language) την τυπική γλώσσα ερωτημάτων για βάσεις δεδομένων, παγκόσμια . Η MySQL είναι διαθέσιμη από το 1996 αλλά η ιστορία της ξεκινά από το 1979 .

Πλεονεκτήματα της MySQL:

Μερικοί από τους κύριους ανταγωνιστές της MySQL είναι οι PostgreSQL , Microsoft SQL και Oracle.

Η MySQL έχει πολλά πλεονεκτήματα , όπως χαμηλό κόστος , εύκολη διαμόρφωση και εκμάθηση και ο κώδικας προέλευσης είναι διαθέσιμος.

- Απόδοση

Η MySQL είναι χωρίς αμφιβολία γρήγορη. Πολλές δοκιμές δείχνουν ότι η MySQL είναι αρκετά πιο γρήγορη από τον ανταγωνισμό.

- Χαμηλό κόστος

Η MySQL είναι διαθέσιμη δωρεάν , με άδεια ανοικτού κώδικα (Open Source) ή με χαμηλό κόστος , αν η εφαρμογή του χρήστη απαιτεί εμπορική άδεια.

- Ευκολία Χρήσης

Οι περισσότερες μοντέρνες βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούν SQL. Αν ο χρήστης έχει χρησιμοποιήσει ένα άλλο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων δεν θα έχει πρόβλημα να προσαρμοστεί σε αυτό.

- Μεταφερσιμότητα

Η MySQL μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά συστήματα Unix όπως επίσης και στα Microsoft Windows .

- Κώδικας Προέλευσης

Ο χρήστης μπορεί να πάρει και να τροποποιήσει τον κώδικα προέλευσης της MySQL.

5.2 Το πρόγραμμα της εφαρμογής

Σε αυτό το σημείο θα περιγράψουμε λεπτομερέστερα το πρόγραμμα μας. Γράψαμε συνολικά 867 γραμμές κώδικα, στις οποίες περιέχονται δύο κύριες συναρτήσεις (decode και writeFun) . Η δεύτερη (writeFun) περιέχει SQL εντολές και είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων, ενώ η πρώτη καλείται μέσα από την κύρια συνάρτηση (main function) και εκτελεί την εξαγωγή/αποκωδικοποίηση των πληροφοριών που πρόκειται να γραφτούν στη βάση.

Πριν όμως προχωρήσουμε στην ανάλυση του κώδικα, να θυμίσουμε την ιδιαιτερότητα που έχουν τα πακέτα που δημιουργεί η FM1100. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, κάθε πακέτο δεν περιέχει μόνο τις πληροφορίες που συλλέγονται σε μία συγκεκριμένη στιγμή (μία εγγραφή ή αλλιώς record). Ανάλογα με τις ρυθμίσεις που κάνει ο χρήστης (βλ. 4.4.4 – ελάχιστο αριθμό εγγραφών), ένα πακέτο μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί σε περισσότερες από μία χρονικές στιγμές.

Πιο συγκεκριμένα, το πακέτο περιέχει, αρχικά, τέσσερα μηδενικά, το μέγεθος του πακέτου, το id της συσκευής, τον **αριθμό των εγγραφών που περιλαμβάνει**, ακολουθούν οι εγγραφές (όπου περιέχονται οι πληροφορίες που μας ενδιαφέρουν) και τέλος το CRC. Οι εγγραφές δεν έχουν σταθερό μήκος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κάθε εγγραφή, εκτός από την gps

πληροφορία, περιλαμβάνονται επιπλέον στοιχεία και δεδομένα των αισθητήρων, τα οποία διαφοροποιούνται από εγγραφή σε εγγραφή.

Περιγραφή κώδικα

Στην αρχή του κώδικα μας βρίσκονται οι εντολές προεπεξεργαστή (preprocessor). Η προεπεξεργασία είναι το πρώτο στάδιο στη μεταγλώττιση ενός προγράμματος C. Ο προεπεξεργαστής σχεδόν παρέχει μια μικρή γλώσσα που μπορεί να αποτελέσει ιδιαίτερα ισχυρό εργαλείο για το προγραμματιστή, αλλά και γενικότερα για την επεξεργασία αρχείων. Θυμίζουμε ότι οι οδηγίες προεπεξεργαστή ξεκινούν με #.

Η χρήση προεπεξεργαστή είναι επωφελής γιατί καθιστά τα προγράμματα:

- ευκολότερα στην ανάπτυξη,
- πιο ευανάγνωστα,
- ευκολότερα στη τροποποίηση,
- περισσότερο μεταφερτά σε διαφορετικές πλατφόρμες.

#define

Το χρησιμοποιήσαμε στο πρόγραμμα μας για τη δήλωση σταθερών. Πιο συγκεκριμένα, για να είναι το πρόγραμμα μας ευανάγνωστο και ευκολότερα τροποποιήσιμο, δηλώσαμε στην αρχή τα απαραίτητα στοιχεία για τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων (όπως διεύθυνση database server, password, κτλ), τα μεγέθη των πεδίων του AVL πακέτου και τα αναγνωριστικά (id) όλων των στοιχείων (IO elements). Ενδεικτικά παρουσιάζουμε μερικά παραδείγματα:

- Μεγέθη πεδίων (Το μήκος του AVL πακέτου είναι 4 bytes, Το μήκος του codec id είναι 1 byte, κοκ.):

```
#define SIZE_AVL_LENGTH 4
#define SIZE_CODEC_ID 1
#define SIZE_RECORDS 1
#define SIZE_TIMESTAMP 8
#define SIZE_PRIORITY 1
#define SIZE_LONGITUDE 4
#define SIZE_LATITUDE 4
#define SIZE_ALTITUDE 2
#define SIZE_SATELLITES 1
#define SIZE_ANGLE 2
#define SIZE_SPEED 2 ... κτλ
```

- Elements' IDs

```
#define DIGITAL_INPUT1 1
#define DIGITAL_INPUT2 2
#define DIGITAL_INPUT3 3
#define ANALOG_INPUT 9
#define GSM_SIGNAL_LEVEL 21
#define SPEEDOMETER 24
#define EXT_POWER_VOLTAGE 66
#define DALLAS_TEMP 72
```

```
#define iBUTTON 78
#define WORKING_MODE 80
#define DIGITAL_OUTPUT1 179
#define DIGITAL_OUTPUT2 180 ... κτλ
```

Κατά τη μεταγλώττιση όλες οι εμφανίσεις των ονομάτων θα αντικατασταθούν από τους αντίστοιχους αριθμούς και τα επόμενα βήματα της μεταγλώττισης δεν αντιλαμβάνονται καμία διαφορά.

#include

Αυτή η οδηγία ενσωματώνει το κείμενο ενός αρχείου στο κείμενο του προγράμματός μας και έχει δύο πιθανές μορφές:

```
#include<file> και #include "file"
```

Το <file> αναζητά το αρχείο στο κατάλογο που χρησιμοποιεί το σύστημα. Το "file" αναζητά το αρχείο στον τρέχοντα κατάλογο (εκεί όπου ξεκίνησε η μεταγλώττιση). Τα ενσωματωμένα (included) αρχεία συνήθως είναι αρχεία κεφαλής που περιέχουν πρότυπα συναρτήσεων και δηλώσεις, όχι (αλγοριθμικό) κώδικα C. Στο πρόγραμμα μας έχουμε τα εξής:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <time.h>
#include <iostream>
#include <winsock.h>
#include "mysql.h"
```

using namespace

Ένα πρόγραμμα χωρίζεται σε διάφορα namespaces. Ένα namespace είναι ένα μέρος του προγράμματος στο οποίο αναγνωρίζονται τα ονόματα, έξω από αυτό είναι άγνωστα. Για παράδειγμα, «using namespace std;», σημαίνει ότι όποιο όνομα ακολουθεί π.χ. το cout είναι μέσα το std, αλλιώς θα έπρεπε να το προσδιορίσουμε ως εξής:

```
std::cout << "Εκτυπώνει στην οθόνη\n";
```

Στον κώδικα μας περιλαμβάνονται τα εξής:

```
using namespace System;
using namespace System::Globalization;
using namespace System::Data::SqlClient;
using namespace System::Net;
using namespace System::Net::Sockets;
using namespace System::Threading;
using namespace System::Text;
using namespace System::Runtime::InteropServices;
using namespace System::IO;
```

Επόμενο χαρακτηριστικό τμήμα του κώδικα μας που αξίζει να σημειώσουμε είναι η δήλωση των μεταβλητών μέσα σε μία δομή. Δηλώσαμε μια δομή (structure) η οποία περιέχει στο εσωτερικό της δεδομένα διαφορετικών τύπων ή σημασίας με τον ορισμό struct. Αυτός ο τρόπος μας εξυπηρετεί γιατί, καθώς εκτελείται η συνάρτηση decode (περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω) αποδίδονται τιμές σε έναν μεγάλο αριθμό μεταβλητών. Στόχος είναι όλες αυτές οι τιμές να περαστούν στη βάση δεδομένων με μία σύνδεση- εγγραφή ανά record. Καλούμε λοιπόν τη συνάρτηση που πραγματοποιεί την εγγραφή (WriteFun) με όρισμα το όνομα της δομής. Έτσι,

περνάμε όλες τις μεταβλητές με τις τιμές τους μαζί. Η δήλωση της δομής γίνεται σύμφωνα με την παρακάτω σύνταξη:

```
struct ετικέτα δομής {  
    δήλωση μεταβλητής1;  
    δήλωση μεταβλητής2;  
    ...  
};
```

Μέρος του αντίστοιχου τμήματος του προγράμματος μας είναι το εξής (δεν το παραθέτουμε ολόκληρο αλλά μέρος αυτού, γιατί είναι αρκετά μεγάλο):

```
typedef struct tracker{  
    unsigned short int gmaps_digital_input1;  
    unsigned short int gmaps_digital_input2;  
    unsigned short int gmaps_digital_input3;  
    unsigned short int gmaps_analog_input;  
    unsigned short int gmaps_gsm_signal_level;  
    unsigned short int gmaps_speedometer;  
    unsigned short int gmaps_ext_voltage;  
    unsigned int gmaps_dallas_temp;  
    unsigned long long int gmaps_iButton;  
    unsigned short int gmaps_working_mode;  
    unsigned short int gmaps_digital_output1;  
    unsigned short int gmaps_digital_output2;  
    unsigned short int gmaps_PDOP;  
    unsigned short int gmaps_HDOP;  
    unsigned int gmaps_virtual_odometer;  
    unsigned short int gmaps_deep_sleep;  
    unsigned short int gmaps_cell_id;  
    unsigned short int gmaps_area_code;  
    unsigned short int gmaps_movement;  
    unsigned int gmaps_current_operator_code;  
    unsigned short int gmaps_geofence1;  
    unsigned short int gmaps_geofence2;  
    unsigned short int gmaps_geofence3;  
    unsigned short int gmaps_geofence4;  
    unsigned short int gmaps_geofence5;  
    unsigned short int gmaps_auto_geofence;  
    unsigned short int gmaps_trip;  
    unsigned short int gmaps_immobilizer;  
    unsigned short int gmaps_authorized_driving;  
    unsigned short int gmaps_green_driving_type;  
    unsigned int gmaps_green_driving_value;  
    unsigned int gmaps_over_speeding;  
    unsigned short int unknown_id;  
  
    [...]  
  
}Tracker;
```

Πριν περάσουμε στην ανάλυση του κυρίως μέρους του προγράμματος που αφορά την αποκωδικοποίηση και την εγγραφή στην βάση, αξίζει να αναφερθούμε στο προγραμματιστικό κομμάτι που εκτελεί την αρχική επικοινωνία – χειραψία με τον server (handshaking). Όπως φαίνεται στο παρακάτω τμήμα του κώδικα, αρχικά, λαμβάνουμε (GetString) την ακολουθία από τη συσκευή και τη περνάμε από ASCII κωδικοποιητή. Η ακολουθία (msg) μπορεί να είναι είτε το πακέτο που περιέχει το IMEI είτε το πακέτο δεδομένων.

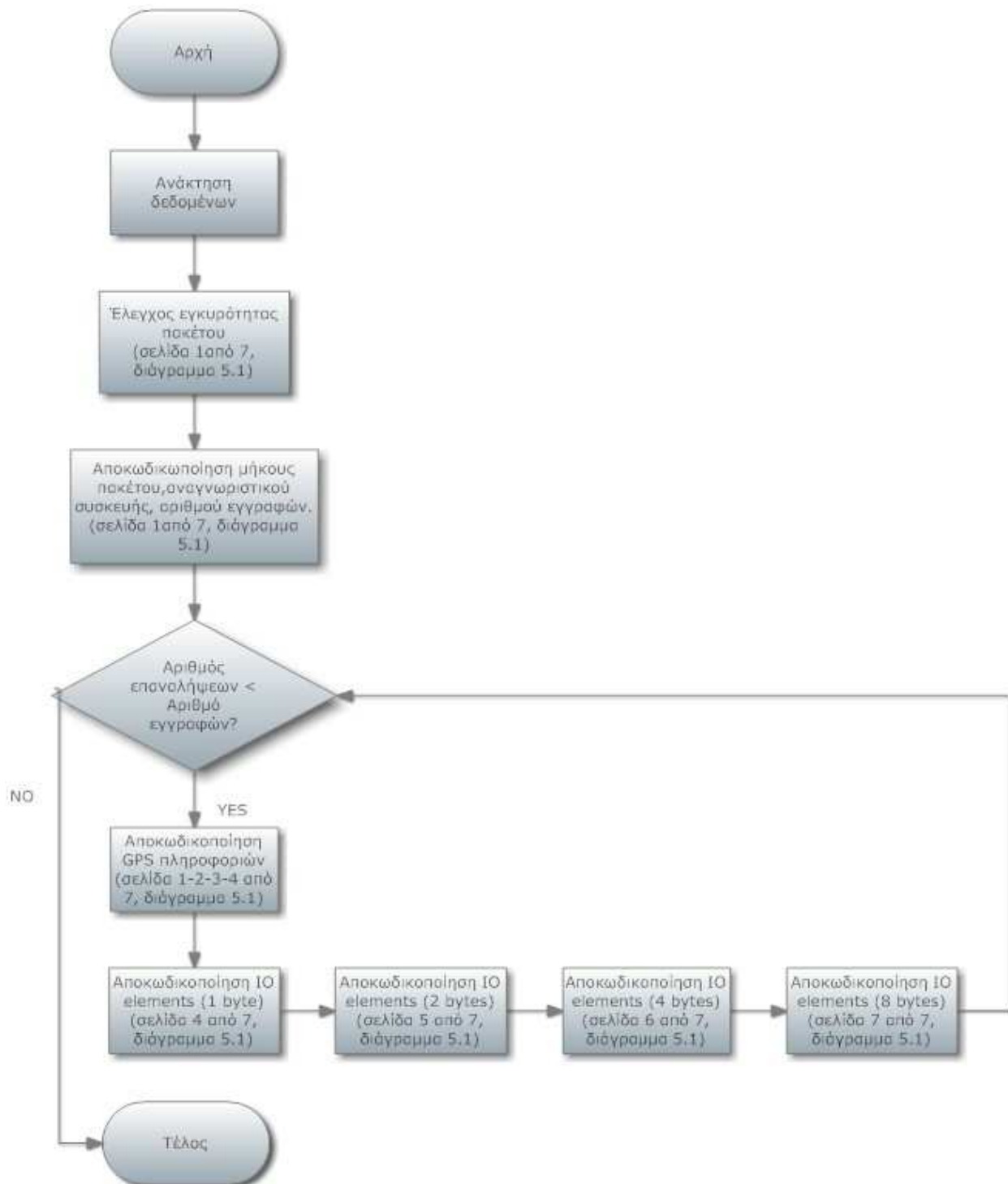
Όπως αναφέραμε και στο 3^ο κεφάλαιο, η συσκευή στέλνει αρχικά ένα πακέτο με κεφαλίδα «000F» και το IMEI της. Αν, λοιπόν, η κεφαλίδα είναι η αναμενόμενη, τα επόμενα 15 bytes θα είναι το IMEI της συσκευής και οποίο και κρατάμε στον πίνακα FM_imei. Επόμενο βήμα είναι η απάντηση/επιβεβαίωση του server, στέλνοντας έναν άσσο. Έπειτα η συσκευή αποστέλλει το πακέτο δεδομένων. Εφόσον στην αρχή του πακέτου υπάρχουν τέσσερα μηδενικά άρα το πακέτο είναι έγκυρο και στο 8^ο byte υπάρχει ο κωδικός 08, ο server απαντάει με το μέγεθος του πακέτου που βρίσκεται στο 7^ο byte της ακολουθίας.

```
Console.WriteLine("Port[{0}] {1}",
clientEP->Port, Encoding.ASCII->GetString(msg, 0, rcv));

    if ((msg[0] == 0x0) && (msg[1] == 0xF)) {
        //printf("FMXXXX handshaking...\n");
        for (int r = 0 ; r < 15; r++)
            FM_imei[r] = msg[r+2];
        FM_imei[15] = 0x0;
        printf("IMEI : ### %s ### ",FM_imei);

client->Send(ACK, 1, SocketFlags::None);
    }
    else if ((msg[0] == 0x0) && (msg[1] == 0x0) && (msg[2] == 0x0) && (msg[3] == 0x0))
    {
        //printf("Received data element for ### %s ###\n", FM_imei);
        if (msg[8] == 0x8) {
            //printf("Seems good...Reading # of elements and sending ack...\n");
            cli::array<unsigned char>^ Elements = {0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
            Elements[3] = msg[7];
            client->Send(Elements, 4, SocketFlags::None);
            //printf("\n\nQSL ==> %d\n\n", int(msg[9]));
        }
        else {
            printf("... CodecId Error ...\n");
            break;
        }
    }
}
```

Στην κύρια συνάρτηση του προγράμματος μας (main function) καλείται η συνάρτηση «decode». Η συνάρτηση αυτή εκτελεί το πρωτόκολλο AVL, όπως ακριβώς το περιγράψαμε στο κεφάλαιο 3. Πραγματοποιεί δηλαδή την αποκωδικοποίηση της πληροφορίας που εμπεριέχεται στην ακολουθία που αποστέλλει η τερματική μονάδα. Η συνάρτηση αυτή παρουσιάζεται πολύ περιληπτικά στο διάγραμμα 5.0 με παραπομπές στο αναλυτικό διάγραμμα 5.1 για την ευκολότερη κατανόηση του αναγνώστη.



Σχήμα 5.0- Συνοπτικό διάγραμμα ροής της συνάρτησης decode

Όπως θα παρατηρήσετε και στο διάγραμμα 5.1, η αρχική ακολουθία που στέλνει η τερματική μονάδα βρίσκεται στον πίνακα InputData. Κάθε θέση του πίνακα περιέχει και έναν ακριβώς χαρακτήρα της ακολουθίας. Χρησιμοποιούμε τη μεταβλητή “i” και μεταβαίνουμε από τη μία θέση στην επόμενη και ούτω καθεξής, κρατώντας τις πληροφορίες (γεωγραφικό μήκος/πλάτος κτλ) σε προσωρινούς πίνακες χαρακτήρων. Τους τελευταίους τους επεξεργαζόμαστε ανάλογα με την πληροφορία που περιέχουν και η τιμή που προκύπτει –και είναι κατανοητή από τον μέσο χρήστη- καταχωρείται στη βάση δεδομένων.

Η συνάρτηση `decode` κάνει τα εξής: Αρχικά, διαβάζει τα δεδομένα από τον πίνακα `InputData` και ελέγχει αν όντως στις πρώτες οκτώ θέσεις του πίνακα υπάρχουν μηδενικά, ώστε να είναι έγκυρο το πακέτο. Εάν αυτό δεν ισχύει, έχουμε έξοδο από το πρόγραμμα, διαφορετικά ξεκινάει η αποκωδικοποίηση. Θυμίζουμε ότι κάθε AVL πακέτο ξεκινάει με τέσσερα μηδενικά bytes και ότι κάθε byte αναπαριστάται από δύο δεκαεξαδικούς χαρακτήρες. Η τιμή του `SIZE_AVL_LENGTH` είναι 4, όπως την έχουμε ορίσει στα `defines` που περιγράψαμε προηγουμένως. Ορίζουμε, λοιπόν, τη μεταβλητή `i=8` και κρατάμε τα επόμενα 8 bytes του πακέτου στον πίνακα `cavl_length`. Θέτοντας τον τελευταίο χαρακτήρα του πίνακα να είναι `'\0'`, τον μετατρέπουμε σε αλφαριθμητική ακολουθία (string). Επόμενο βήμα είναι η μετατροπή της δεκαεξαδικής αυτής ακολουθίας, στην αντίστοιχη ακέραιη τιμή, μέσω της συνάρτησης `sscanf`. Η ίδια ακριβώς διαδικασία επαναλαμβάνεται, αντίστοιχα, για το `codec_id`, τον αριθμό των records του πακέτου, όλες τις gps πληροφορίες και τα IO elements.

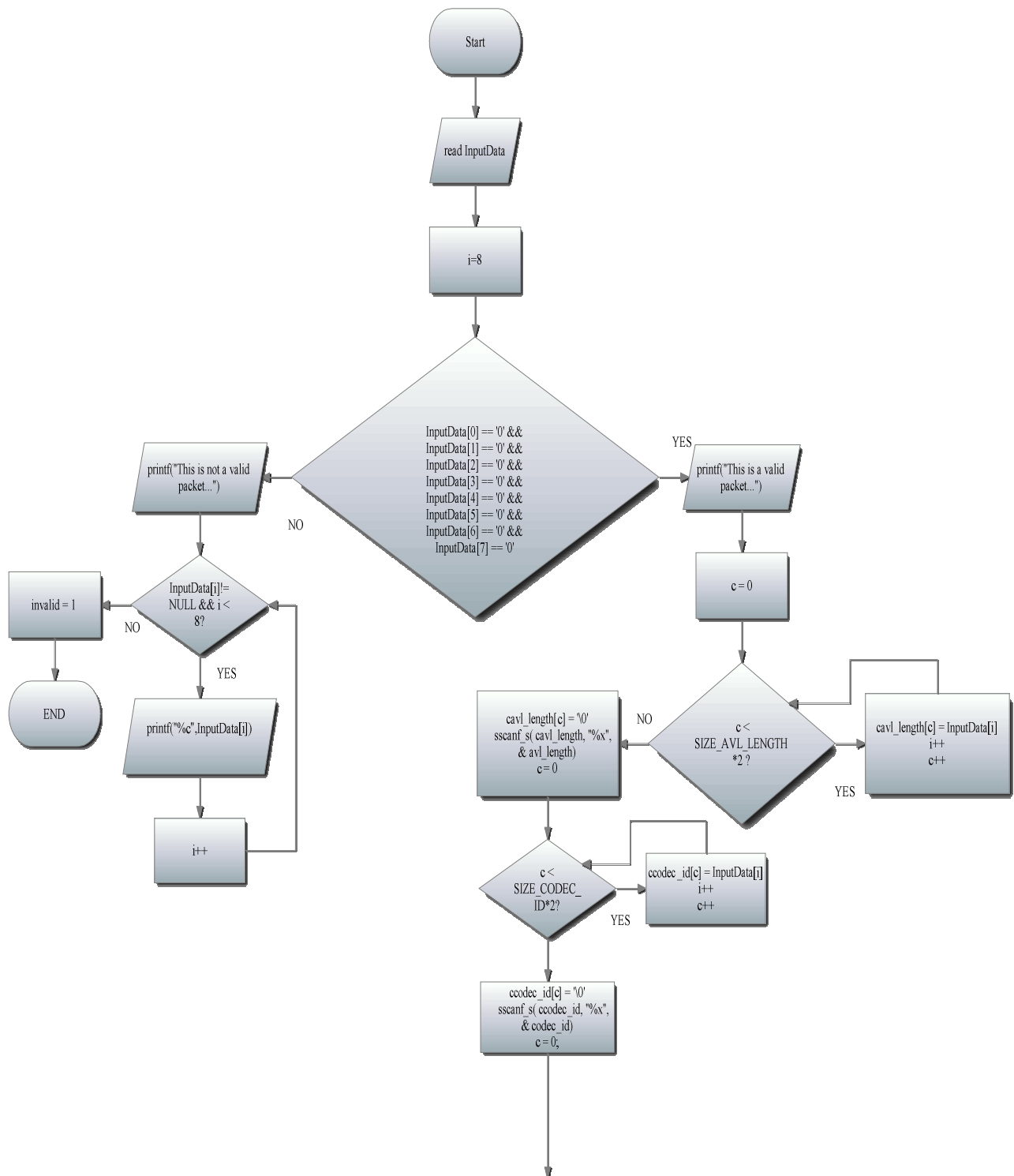
Να αναφέρουμε ότι εφόσον αποκωδικοποιήσουμε τον αριθμό των records, μπαίνουμε σε μία επανάληψη (loop). Συγκεκριμένα, μπαίνουμε σε ένα `for loop`, και οι εντολές που περιέχει εκτελούνται για κάθε record. Στο τέλος κάθε επανάληψης καλούμε τη συνάρτηση `WriteFun`, για την εγγραφή των τιμών στη βάση δεδομένων. Επομένως, η συνάρτηση αυτή καλείται τόσες φορές, όσες είναι και ο αριθμός των records.

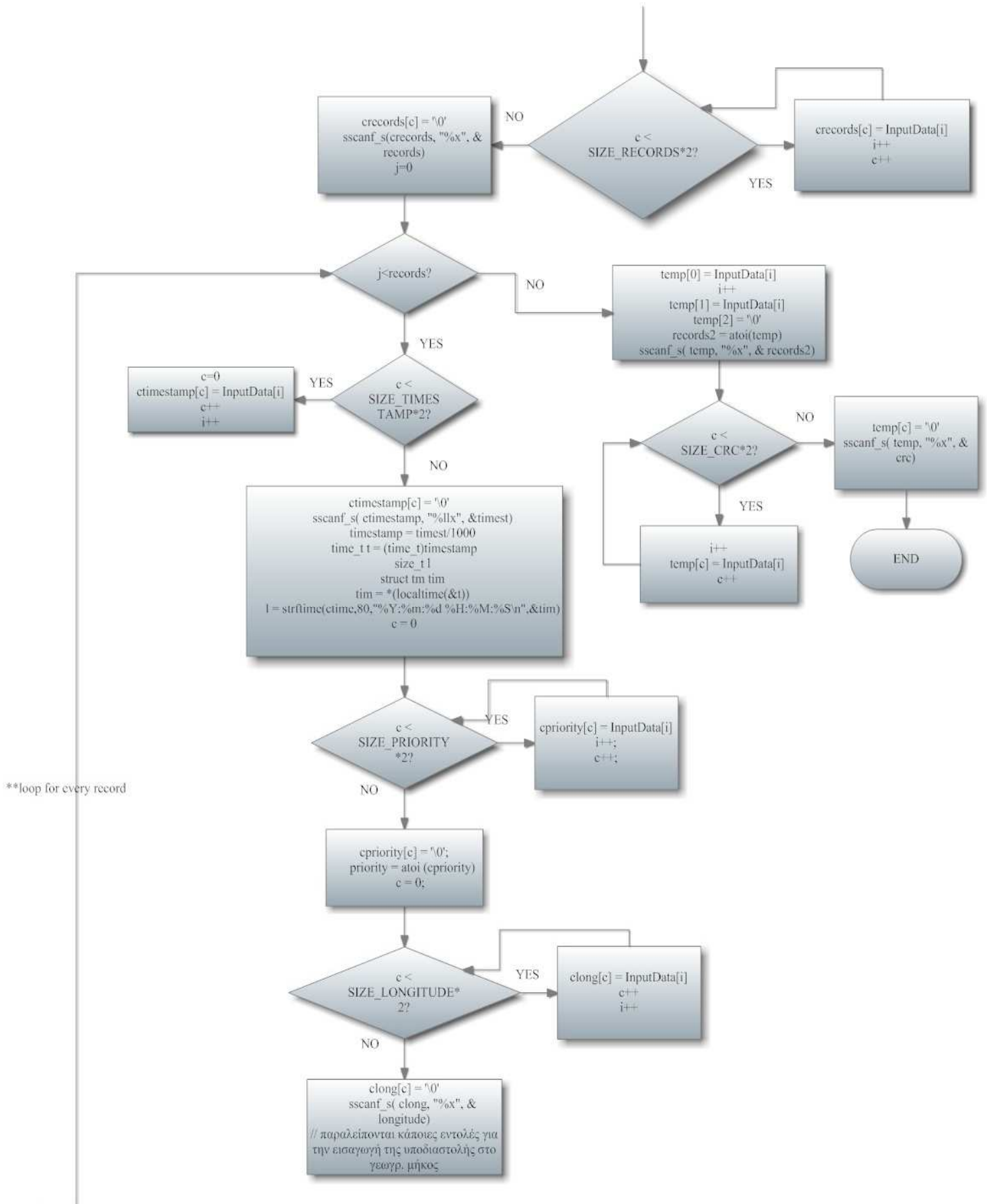
Ακολουθούν κάποιες παρατηρήσεις για την ευκολότερη κατανόηση του διαγράμματος ροής.

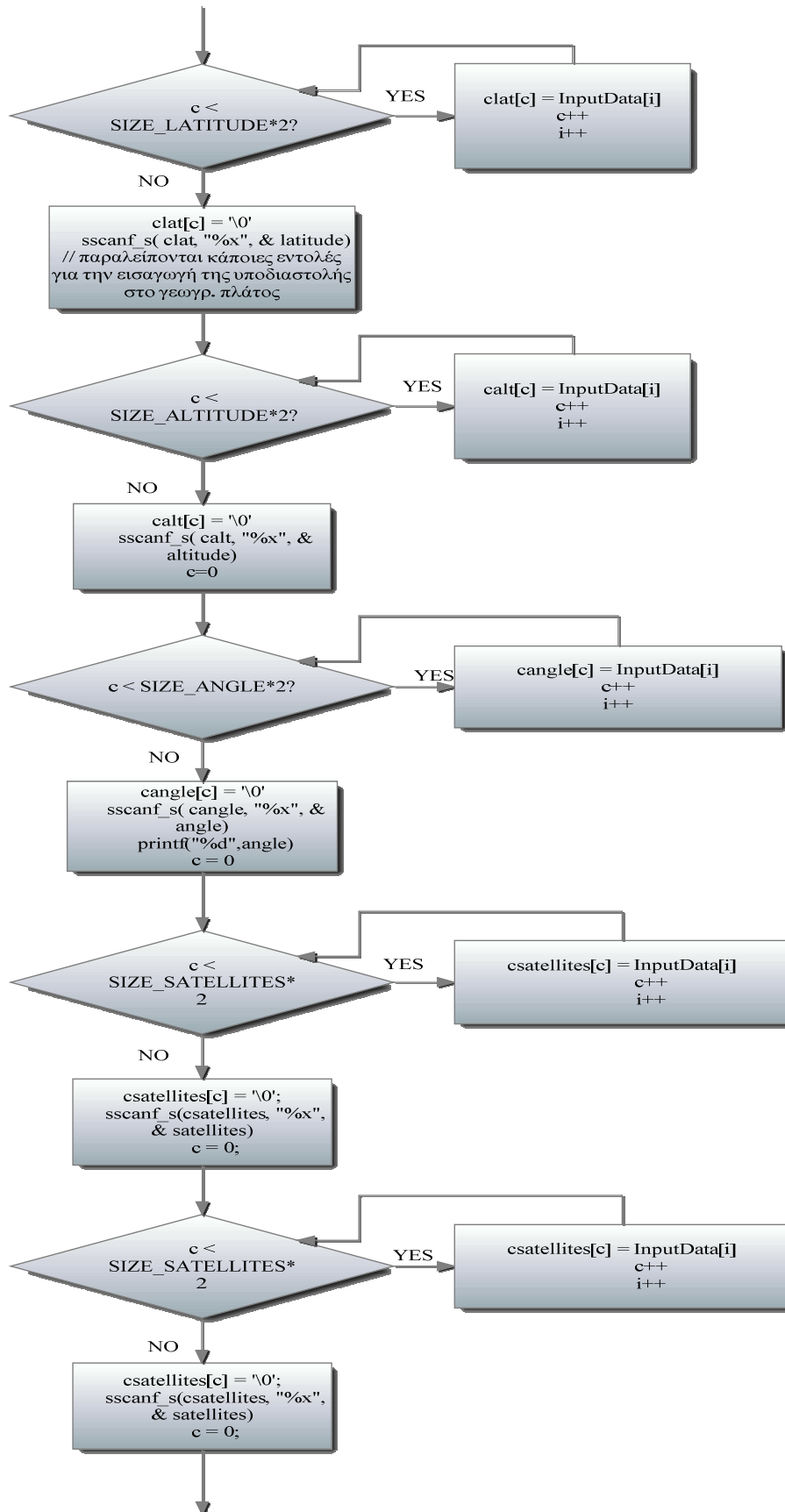
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

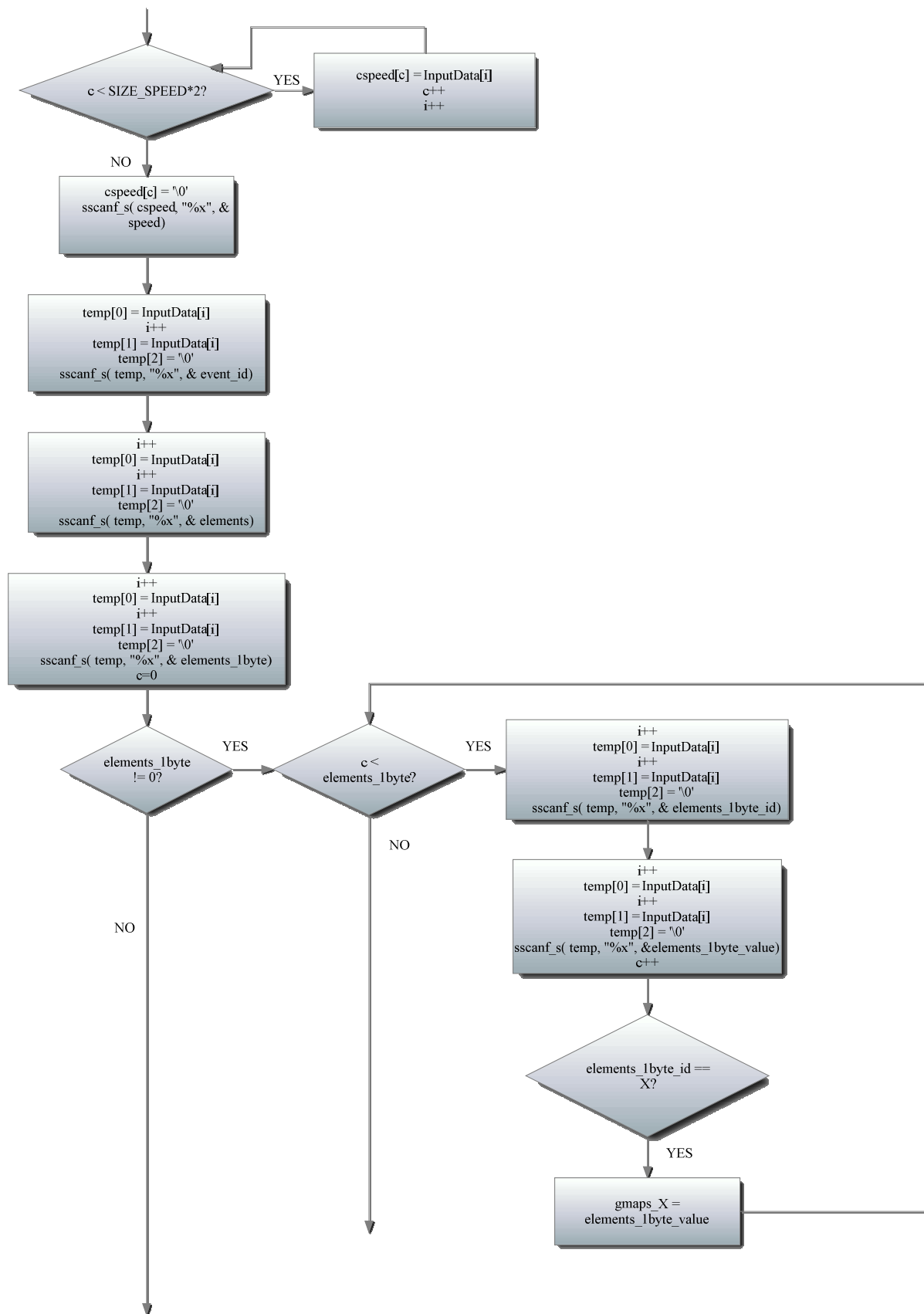
- 1 byte αναπαριστάται σε δύο δεκαεξαδικά ψηφία της ακολουθίας.
- Τη συνάρτηση `sscanf_s` τη χρησιμοποιούμε για να διαβάσουμε μια αλφαριθμητική ακολουθία και να κρατήσουμε την τιμή της σε μεταβλητή διαφορετικού τύπου.
- Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούμε και τις `atoi`, `itoa`, `atof`.
- **Timestamp** καλείται ο αριθμός των δευτερολέπτων από την 00:00:00 UTC στις 1 Ιανουαρίου 1970. Επομένως, επεξεργαζόμαστε τον αριθμό αυτό ώστε στη βάση δεδομένων να καταχωρείται η ημερομηνία αποστολής των δεδομένων στην εξής έκφραση: YYYY-MM-DD HH:MM:SS. Για παράδειγμα: 2012-05-10 15:30:20.
- Η **localtime** συνάρτηση δέχεται ως όρισμα τον ημερολογιακό χρόνο σε δευτερόλεπτα και επιστρέφει ένα δείκτη σε μια αναλυτική δομή χρόνου `tm` που ορίζεται στη βιβλιοθήκη `time.h` και περιλαμβάνει, δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες, ημέρα, μήνα, έτος, ημέρα της εβδομάδας, ημέρα του χρόνου, ζώνη ώρας κλπ.
- Η συνάρτηση **strftime** επιστρέφει ένα string με μορφή σύμφωνη με το δοσμένο format string χρησιμοποιώντας την παράμετρο *timestamp* ή την τρέχουσα τοπική ώρα εάν δεν έχει δοθεί *timestamp*.
- Όσον αφορά στα γεωγραφικά μήκη και πλάτη, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3, είναι ακέραιες τιμές. Εάν το γεωγραφικό μήκος βρίσκεται στη Δύση ή το γεωγραφικό πλάτος στο Νότο, πολλαπλασιάζουμε με -1. Για να εξακριβώσουμε εάν η συντεταγμένη έχει αρνητική τιμή, τι μετατρέπουμε σε δυαδική μορφή και ελέγχουμε το πρώτο bit (καλείται η συνάρτηση `get_bit` που επιστρέφει το πρώτο bit του αριθμού). Εάν το πρώτο bit είναι 0, η συντεταγμένη είναι θετική, εάν είναι 1, η συντεταγμένη είναι αρνητική. Έπειτα μετράμε 7 ψηφία από το τέλος και βάζουμε υποδιαστολή. Για ευκολία στην ανάγνωση του διαγράμματος το τμήμα αυτό του κώδικα παραλείπεται.
- Όπου **X** στο διάγραμμα μπορεί να είναι οποιοδήποτε id από τον πίνακα ().
- Όπου **gmaps_X** είναι το όνομα της μεταβλητής που περιέχει την τιμή που θα καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων, στην αντίστοιχη στήλη της βάσης `gmaps_X`.

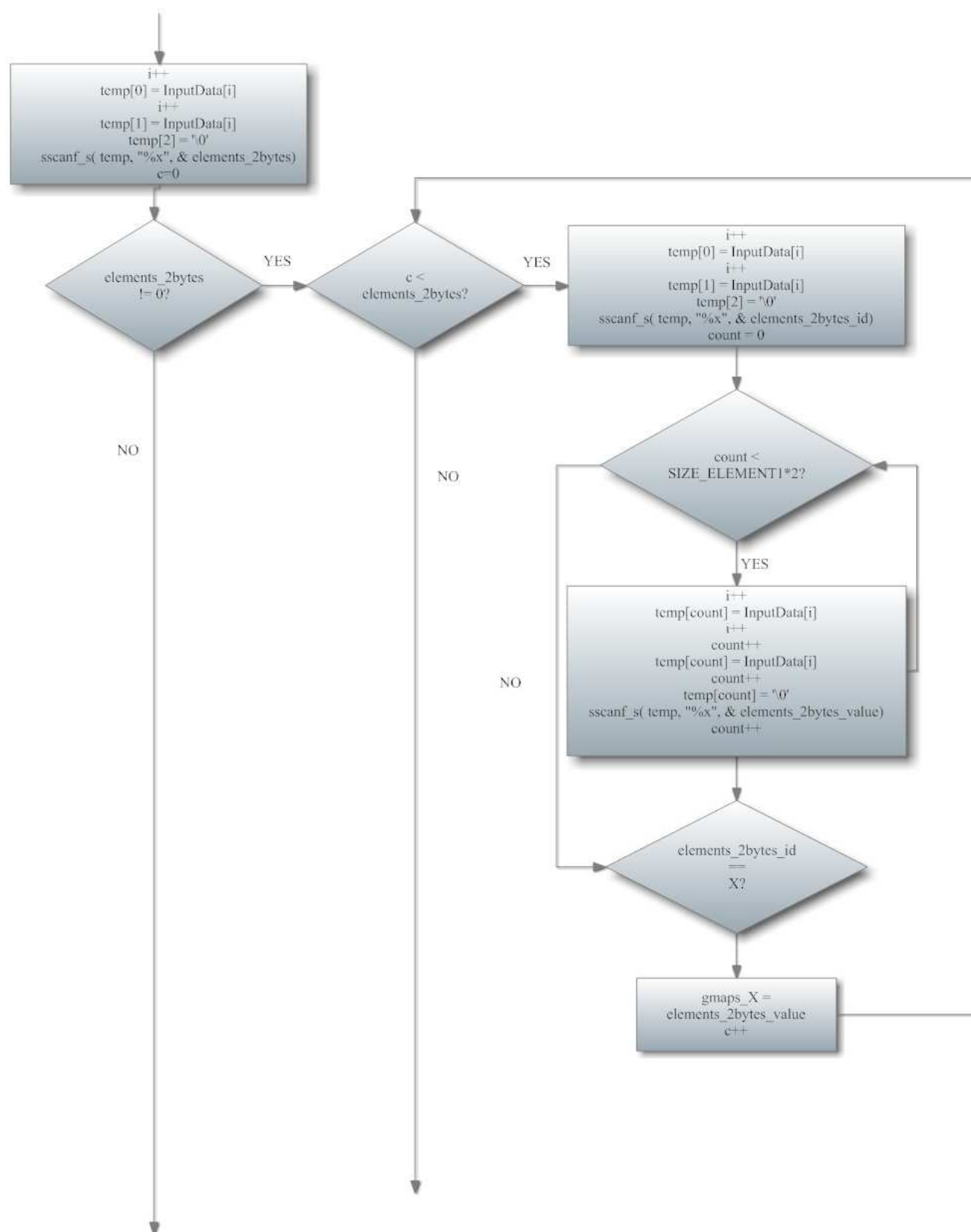
- Τέλος, μέσα από τη συνάρτηση decode καλείται η συνάρτηση **WriteFun**. Περιγράφεται αμέσως μετά το διάγραμμα.

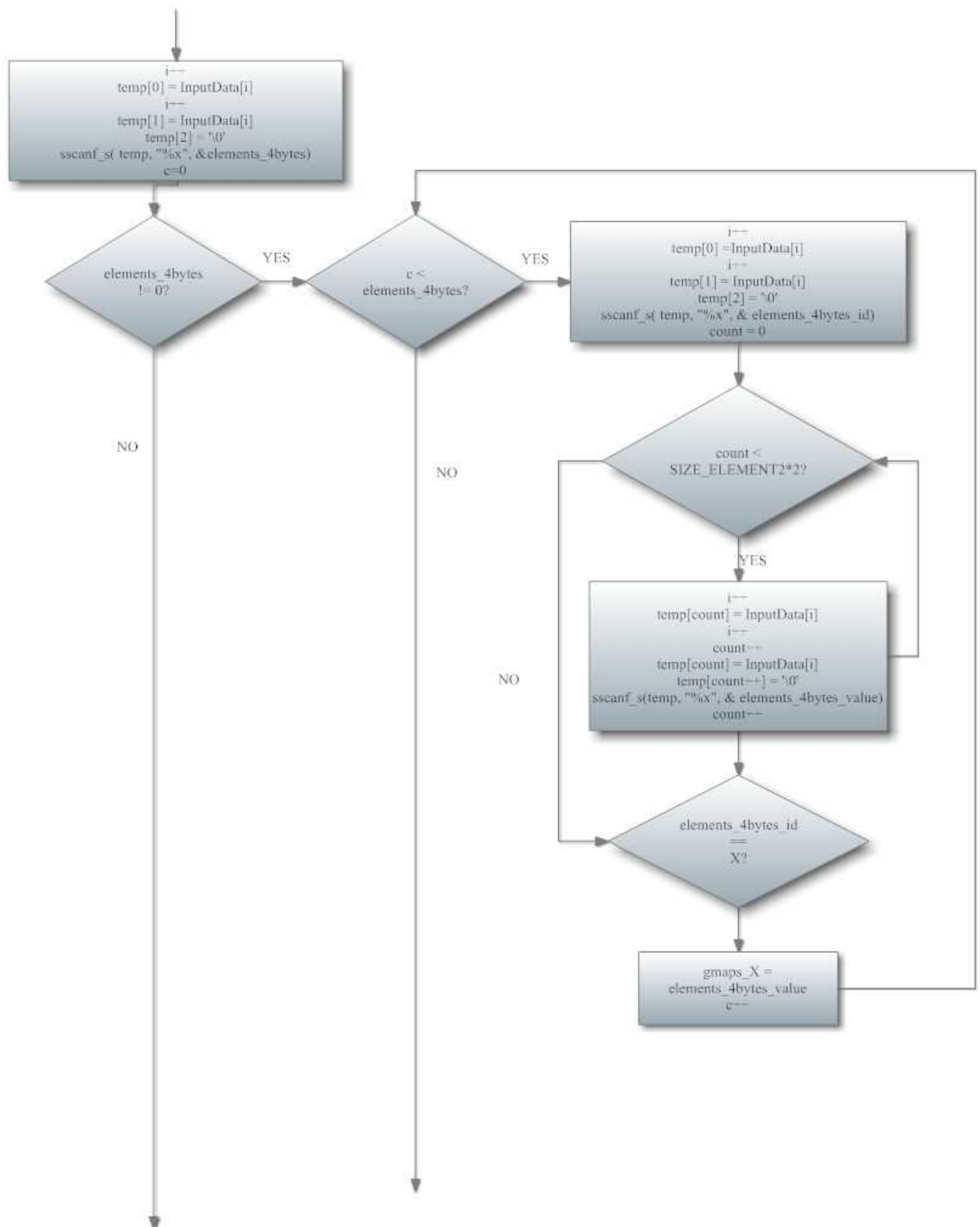


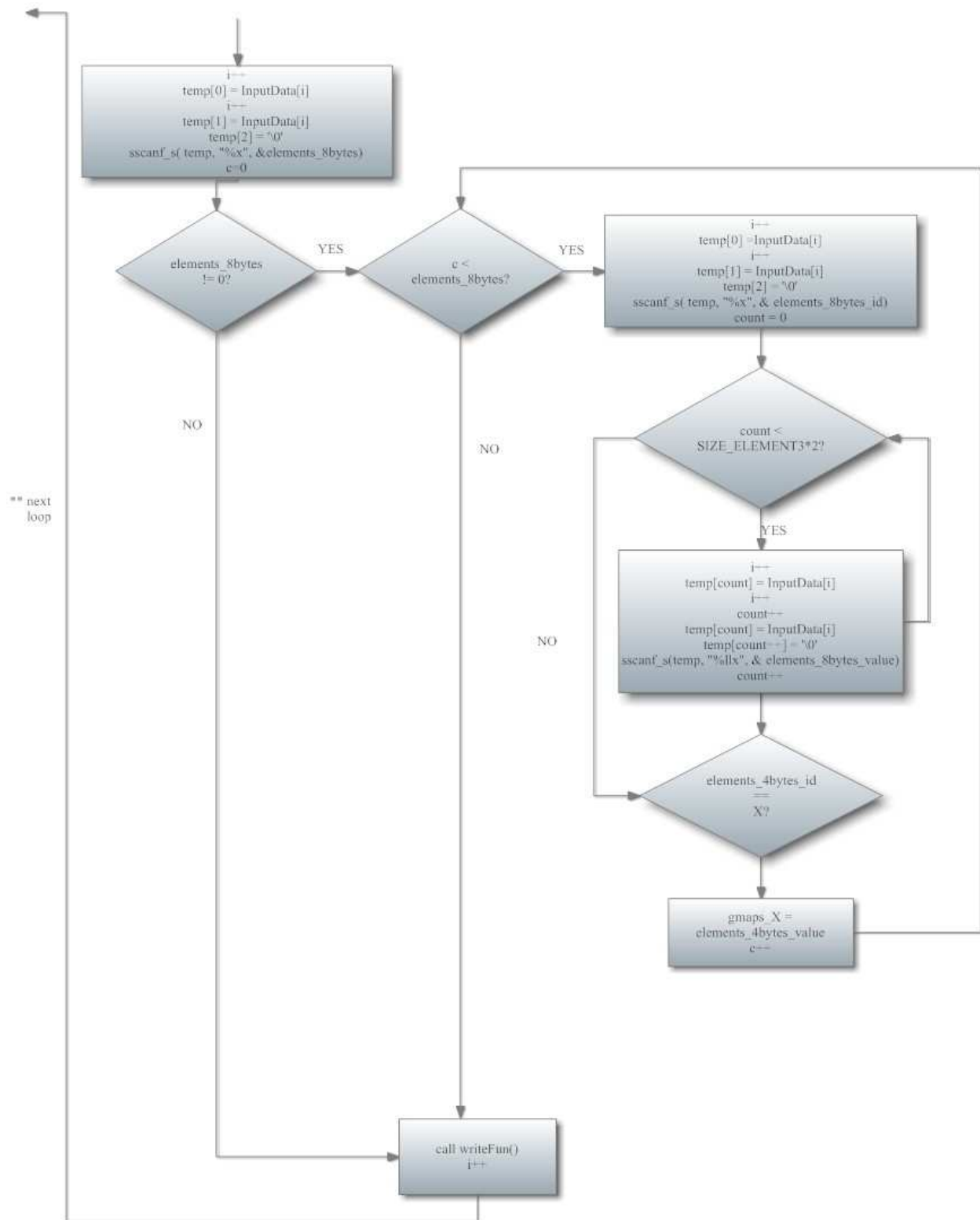












Σχήμα 5.1- Αναλυτικό διάγραμμα ροής της συνάρτησης decode

Όσον αφορά στη συνάρτηση WriteFun τώρα, αποτελείται από SQL εντολές, καλείται μετά από την αποκωδικοποίηση κάθε εγγραφής, και είναι υπεύθυνη για την σύνδεση με τη βάση δεδομένων και την καταχώρηση των τιμών σε αυτή. Όπως βλέπουμε και από το κομμάτι του κώδικα που παραθέτεται παρακάτω, μέσα στην συνάρτηση αυτή έχουμε τα εξής:

1. Αρχικοποίηση μίας MySQL δομής (mysql_init)
2. Σύνδεση με τον MySQL server (mysql_real_connect). Με αυτή την εντολή έχουμε την πραγματική σύνδεση στη βάση δίνοντας ως παραμέτρους, τη διεύθυνση του server, το όνομα και τον κωδικό του χρήστη, το όνομα της βάσης και την tcp πόρτα που ακούει ο server. Το αποτέλεσμα είναι η σωστή αρχικοποίηση της δομής conn.
3. Εάν η μεταβλητή invalid (όπως την περιγράψαμε πριν στη συνάρτηση decode) έχει την τιμή 1, δηλαδή το πακέτο δεν είναι έγκυρο (δεν υπάρχουν 4 μηδενικά bytes στην αρχή του πακέτου), η ακολουθία καταγράφεται (με την εντολή INSERT INTO) αυτούσια στη στήλη _itrack_queue του πίνακα _itrack_business_gmaps.
4. Εάν η μεταβλητή invalid έχει την τιμή 0, όλες οι πληροφορίες που προέκυψαν από την αποκωδικοποίηση καταγράφονται στην αντίστοιχη στήλη της βάσης. Τα περιεχόμενα της βάσης μας περιγράφονται στο επόμενο υποκεφάλαιο αναλυτικά.
5. Τέλος, κλείνουμε τη σύνδεση με τον server.

```
void writeFun(tracker data) {

    MYSQL *conn;
    MYSQL_RES *res;

    conn = mysql_init(NULL);

    if (NULL ==
mysql_real_connect(conn, BACKUP_SERVER, DB_USER, DB_USERPASS, DB_NAME, DB_PORT, NULL, 0))
    {
        fprintf(stderr, "Problem encountered connecting to the %s database on
%s.\n", DB_NAME, BACKUP_SERVER);
    }
    else {
        if (data.invalid == 1)
        {
            sprintf(data.sql, "INSERT INTO _itrack_queue (queue_data),
_itrack_business_gmaps (valid) VALUES ('%s', '%d')", data.InputData, data.invalid);

            if (!mysql_query(conn, data.sql))
            { // INSERT
                res = mysql_use_result(conn);
                if (res != 0)
                {
                    fprintf(stdout, "An error occurred!\n\n");
                }
            }
        }
        Else {
            sprintf(data.sql, "INSERT INTO _itrack_business_gmaps
(gmaps_codec_id, gmaps_records, gmaps_time,
gmaps_priority, gmaps_lon, gmaps_lat, gmaps_alt, gmaps_angle, gmaps_satellites, gmaps_speed, gma
ps_digital_input1, gmaps_digital_input2, gmaps_digital_input3, gmaps_analog_input, gmaps_gsm
signal_level, gmaps_speedometer, gmaps_ext_voltage, gmaps_dallas_temp, gmaps_iButton, gmaps_wo
rking_mode, gmaps_digital_output1, gmaps_digital_output2, gmaps_PDOP, gmaps_HDOP, gmaps_virtua
```

5.3 Η Βάση Δεδομένων της εφαρμογής

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΖΑΦΕΙΡΟΥΛΑ

86

Διπλωματική Εργασία

«Υλοποίηση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας σε διακομιστή και σύνδεση με βάση δεδομένων»

#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
1	register_id	BIGINT	20	☐	☐	☐	No default
2	devices_id	INT	11	☐	☐	☐	No default
3	gmaps_id	BIGINT	20	☐	☐	☐	AUTO_INCREMENT
4	gmaps_lat	DOUBLE		☐	☐	☐	0
5	gmaps_lon	DOUBLE		☐	☐	☐	0
6	gmaps_time	TIMESTAMP			☐		'0000-00-00 00:00:00'
7	gmaps_speed	DOUBLE		☐	☒	☐	0
8	gmaps_alt	DOUBLE		☐	☒	☐	0
9	gmaps_codec_id	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
10	gmaps_records	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
11	gmaps_priority	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
12	gmaps_now	TIMESTAMP			☒		CURRENT_TIMESTAMP
13	gmaps_angle	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
14	gmaps_satellites	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
15	gmaps_digital_input1	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
16	gmaps_digital_input2	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
17	gmaps_digital_input3	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
18	gmaps_analog_input	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
19	gmaps_gsm_signal_level	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
20	gmaps_speedometer	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
21	gmaps_ext_voltage	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404

Πίνακας 5.2

#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
22	gmaps_dallas_temp	INT	11	☐	☐	☐	404
23	gmaps_iButton	INT	20	☐	☐	☐	404
24	gmaps_working_mode	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
25	gmaps_digital_output1	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
26	gmaps_digital_output2	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
27	gmaps_PDOP	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
28	gmaps_HDOP	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
29	gmaps_virtual_odometer	MEDIUMINT	8	☒	☐	☐	404
30	gmaps_deep_sleep	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
31	gmaps_cell_id	INT	11	☐	☐	☐	404
32	gmaps_area_code	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
33	gmaps_movement	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
34	gmaps_current_operator_code	INT	11	☐	☐	☐	111
35	gmaps_geofence1	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
36	gmaps_geofence2	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
37	gmaps_geofence3	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
38	gmaps_geofence4	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
39	gmaps_geofence5	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
40	gmaps_autogeofence	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
41	gmaps_trip	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
42	gmaps_immobilizer	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
43	gmaps_authorized_driving	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
44	gmaps_green_driving_type	TINYINT	4	☐	☐	☐	111
45	gmaps_green_driving_value	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
46	gmaps_overspeeding	SMALLINT	6	☐	☐	☐	404
47	unknown_id	SMALLINT	6	☐	☐	☐	0
48	unknown_value	INT	11	☐	☐	☐	404

Πίνακας 5.3

Τα **register_id**, **devices_id** και **gmaps_id** έχουν να κάνουν με την αναγνώριση του τύπου/μοντέλου της συσκευής και την αναγνώριση της, βάση του μοναδικού id που αποδίδουμε στην κάθε μία. Δεν τα αναλύουμε περισσότερο γιατί δεν μας αφορούν στην παρούσα εργασία.

Τα **gmaps_lon**, **gmaps_lat**, **gmaps_time**, **gmaps_speed**, **gmaps_alt**, **gmaps_angle**, **gmaps_satellites** αποτελούν την GPS πληροφορία και είναι αντίστοιχα: το γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, η ώρα συλλογής των δεδομένων, η ταχύτητα με την οποία κινείται η μονάδα, το ύψος στο οποίο βρίσκεται, η γωνία, και ο αριθμός των δορυφόρων που συμμετείχαν στην συλλογή της πληροφορίας.

Τα **gmaps_codec_id**, **gmaps_records**, **gmaps_priority**, **gmaps_now** είναι αντίστοιχα τα: αναγνωριστικό συσκευής (συγκεκριμένα το 08 για την FM1100), ο αριθμός των εγγραφών που περιλαμβάνει το πακέτο, η προτεραιότητα του πακέτου (0- χαμηλή, 1- υψηλή, 2- πανικού, 3- ασφαλείας), η ακριβής ημερομηνία και ώρα εγγραφής των δεδομένων στη βάση μας.

Τα υπόλοιπα δεδομένα που περιέχει η βάση δεδομένων μας και δεν έχουμε αναφέρει ακόμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Είναι τα στοιχεία εισόδου εξόδου (IO elements) και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, σε εκείνα που περιλαμβάνονται πάντα – εφόσον είναι ενεργοποιημένα από τις ρυθμίσεις μας- και σε εκείνα που περιλαμβάνονται στο πακέτο εάν και εφόσον πληρούνται κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Εάν ένα τέτοιο στοιχείο προκαλέσει την αποστολή πακέτου στον server, λέμε ότι έχει δημιουργηθεί κάποιο συμβάν.

Μόνιμα στοιχεία IO (Αποστέλλονται πάντα στον server, εφόσον είναι ενεργοποιημένα)			
ID	Όνομα	Bytes	Περιγραφή
1	gmaps_digital_input1	1	Λογικό: 0 / 1
2	gmaps_digital_input2	1	Λογικό : 0 / 1
3	gmaps_digital_input3	1	Λογικό : 0 / 1
9	gmaps_analog_input	2	Τάση σε mV, 0 – 30 V
21	gmaps_gsm_signal_level	1	Τιμή από 1 έως 5
24	gmaps_speedometer	2	Τιμή σε km/h, 0 – xxx km/h
66	gmaps_ext_voltage	2	Τάση σε mV, 0 – 30 V
72	gmaps_dallas_temp	4	10 * Degrees (°C), -55 - +115, αν 100 – Dallas error
78	gmaps_iButton	8	iButton αριθμός ID
80	gmaps_working_mode	1	0 – home on stop, 1 – home on move, 2 – roaming on stop, 3 – roaming on move, 4 – unknown on stop, 5 – unknown on move
179	gmaps_digital_output1	1	Λογικό: 0 / 1
180	gmaps_digital_output	1	Λογικό : 0 / 1

	2		
181	gmaps_PDOP	2	Πιθανότητα * 10; 0-500
182	gmaps_HDOP	2	Πιθανότητα * 10; 0-500
199	gmaps_virtual_odometer	4	Απόσταση μεταξύ δύο εγγραφών: m
200	gmaps_deep_sleep	1	0 – not deep sleep mode, 1 – deep sleep mode
205	gmaps_cell_ID	2	GSM ID σταθμού βάσης
206	gmaps_area_code	2	Location Area code (LAC), εξαρτάται από τον GSM operator. Παρέχει μοναδικό αριθμό που αποδίδεται σε μια σειρά από σταθμούς βάσης GSM. Μέγιστη τιμή: 65536
240	gmaps_movement	1	0 – όχι κίνηση, 1 – σε κίνηση.
241	gmaps_current_operator_code	4	Τρέχων κωδικός GSM Operator
Ενδεχόμενα στοιχεία IO (δημιουργία και αποστολή στον server μόνο αν πληρούνται οι αρμόζουσες συνθήκες)			
ID	Όνομα	Bytes	Περιγραφή
155	gmaps_geofence1	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
156	gmaps_geofence2	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
157	gmaps_geofence3	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
158	gmaps_geofence4	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
159	gmaps_geofence5	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
175	gmaps_autogeofence	1	Συμβάν: 0 – Στόχος εισήλθε σε ζώνη, 1 – στόχος εξήλθε από ζώνη
250	gmaps_trip	1	1 – εκκίνηση διαδρομής, 0 – τερματισμός
251	gmaps_immobilizer	1	1 – iButton συνδέθηκε
252	gmaps_authorized_driving	1	1 – εξουσιοδοτημένη σύνδεση iButton
253	gmaps_green_driving_type	1	1 – απότομη επιτάχυνση, 2 – απότομο φρενάρισμα, 3 – απότομες στροφές
254	gmaps_green_driving_value	2	Ανάλογα το green driving type: αν έχουμε απότομη επιτάχυνση ή φρένο – $g \cdot 100 \text{ m/s}^2$, αν απότομη στροφή – degrees
255	gmaps_over_speeding	2	Αρχή over speeding σε km/h, τέλος over speeding σε km/h

Πίνακας 5.4

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές εικόνες από τη βάση δεδομένων μας.

register_id	devices_id	gmaps_id	gmaps_lat	gmaps_lon	gmaps_time	gmaps_speed	gmaps_alt
15001	15001	62880	37,960256	23,6761696	2012-02-08 15:41:13	0	54
15001	15001	62881	37,960256	23,6761696	2012-02-08 15:40:43	0	53
15001	15001	62882	37,9601376	23,6763328	2012-02-08 15:43:58	0	30
15001	15001	62883	37,9601376	23,6763328	2012-02-08 15:43:28	0	54
15001	15001	62884	37,9604192	23,676176	2012-02-08 15:42:57	0	67
15001	15001	62885	30	20	2012-02-08 15:42:45	0	0
15001	15001	62886	37,960256	23,6761696	2012-02-08 15:42:13	0	54
15001	15001	62887	37,960256	23,6761696	2012-02-08 15:41:43	0	54
15001	15001	62888	37,9601376	23,6763328	2012-02-08 15:44:28	0	59
15001	15001	62889	37,9601376	23,6763328	2012-02-08 15:45:28	0	52

Πίνακας 5.5

gmaps_codec_id	gmaps_records	gmaps_priority	gmaps_now	gmaps_angle	gmaps_satellites	gmaps_digital_input1	gmaps_digital_input2
8	2	0	2012-02-08 15:41:12	122	7	0	0
8	2	0	2012-02-08 15:41:12	122	7	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	20	8	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	20	8	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	57	5	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	0	0	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	122	8	0	0
8	6	0	2012-02-08 15:43:48	122	7	0	0
8	1	0	2012-02-08 15:44:33	20	7	0	0
8	2	0	2012-02-08 15:45:19	20	8	0	0
8	2	0	2012-02-08 15:45:19	20	6	0	0

Πίνακας 5.6

gmaps_digital_input3	gmaps_analog_input	gmaps_gsm_signal_level	gmaps_speedometer	gmaps_ext_voltage	gmaps_dallas_temp	gmaps_iButton	gmaps_working_mode
0	51	5	0	21548	3000	0	4
0	58	5	0	21510	3000	0	4
0	61	5	0	21520	3000	0	4
0	58	0	0	21558	3000	0	4
0	63	0	4	21539	3000	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	46	0	0	21558	0	0	4
0	53	5	0	21558	3000	0	4
0	51	5	0	21558	3000	0	4
0	51	5	0	21558	3000	0	4
0	56	5	0	21529	3000	0	4

Πίνακας 5.7

gmaps_digital_output1	gmaps_digital_output2	gmaps_PDOP	gmaps_HDOP	gmaps_virtual_odometer	gmaps_deep_sleep	gmaps_cell_id	gmaps_area_code
0	0	23	10	0	0	3693	9
0	0	23	10	0	0	3693	9
0	0	22	9	0	0	3693	9
0	0	22	9	0	0	3693	9
0	0	45	26	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	23	10	0	0	3693	9
0	0	23	10	0	0	3693	9
0	0	22	9	0	0	3693	9
0	0	25	11	0	0	3693	9

Πίνακας 5.8

gmaps_movement	gmaps_current_operator_code	gmaps_geofence1	gmaps_geofence2	gmaps_geofence3	gmaps_geofence4	gmaps_geofence5	gmaps_autogeofence
0	20201	111	111	111	111	111	111
0	20201	111	111	111	111	111	111
0	20201	111	111	111	111	111	111
0	0	111	111	111	111	111	111
0	0	111	0	111	111	111	111
0	0	111	0	111	111	111	111
0	20201	111	0	111	111	111	111
0	20201	111	0	111	111	111	111
0	20201	111	111	111	111	111	111
0	20201	111	111	111	111	111	111

Πίνακας 5.9

gmaps_trip	gmaps_immobilizer	gmaps_authorized_driving	gmaps_green_driving_type	gmaps_green_driving_value	gmaps_overspeeding	unknown_id	unknown_value
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	0
111	111	111	111	111	111	69	0
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1
111	111	111	111	111	111	69	1

Πίνακας 5.10

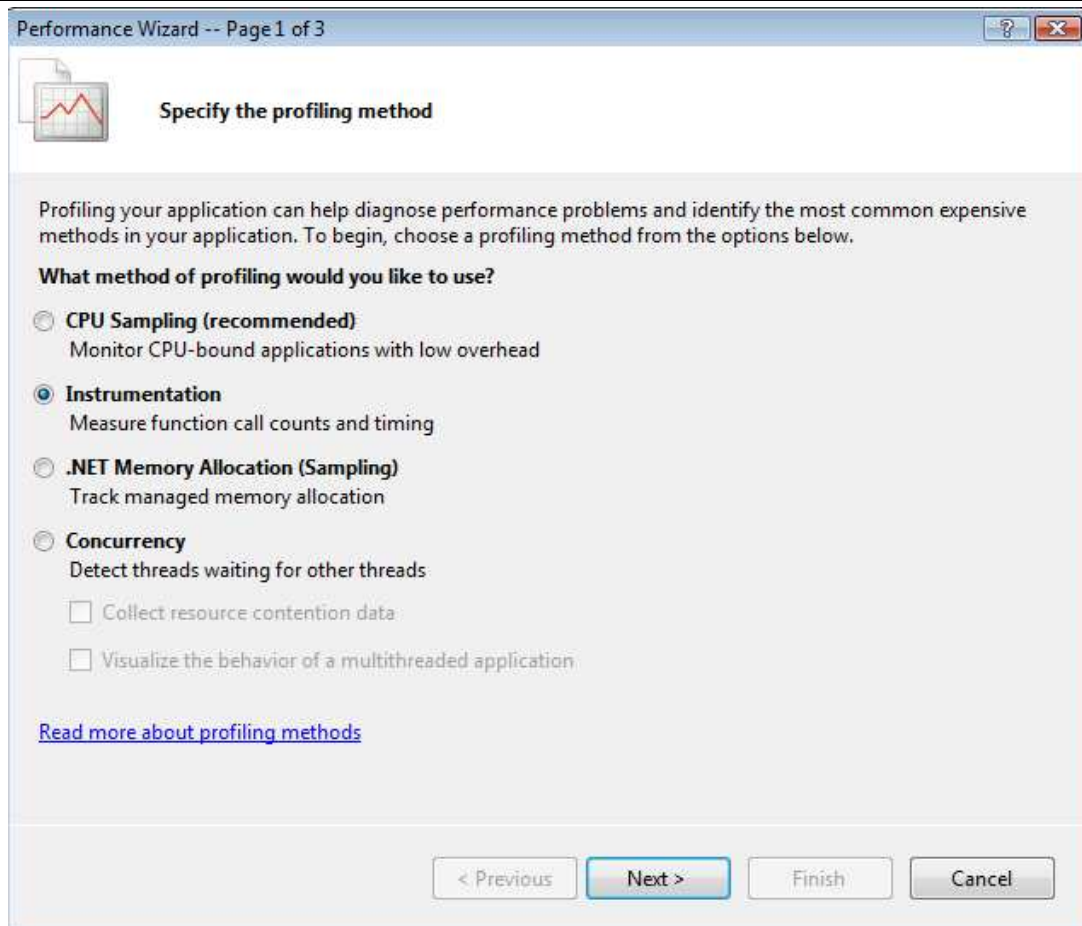
Κεφάλαιο 6^ο

Κλιμάκωση διακομιστή

6.1 Visual Studio 2010 : Performance Wizard

Ένα από τα εργαλεία των τελευταίων εκδόσεων του Visual Studio είναι ο Profiler. Διατίθεται μόνο με τις εκδόσεις Premium και Ultimate, όχι όμως στις εκδόσεις Professional και Express. Το εργαλείο αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να μετρήσουν, να αξιολογήσουν και να επιλύσουν θέματα επίδοσης του κώδικα τους. Τα εργαλεία αυτά έχουν ενσωματωθεί πλήρως στο λογισμικό ώστε η χρήση τους να καθίσταται προσιτή και απρόσκοπτη στο χρήστη. Το profiling μιας εφαρμογής είναι απλή διαδικασία. Ξεκινάμε δημιουργώντας μία νέα «σύνοδο απόδοσης» (Performance Session). Μετά το τέλος της συνόδου, όλα τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αποθηκεύονται σε ένα αρχείο .vsp . Μπορούμε να δούμε αυτό το αρχείο μέσα από το IDE (Integrated Development Environment – Ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης-λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη προγραμμάτων). Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες εκθέσεις αναφορών που συγκεντρώθηκαν από τα δεδομένα και που βοηθούν στην απεικόνιση πιθανών προβλημάτων απόδοσης.

Η διαδικασία του profiling έχει ως εξής: Πάμε στο κύριο menu > **Analyze > Launch Performance Wizard**. Εκεί θα δούμε αρκετές επιλογές σχετικά με το Ποια μέθοδο θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα στα : **CPU Sampling, Instrumentation, .NET Memory Allocation** και **Concurrency**.



Εικόνα 6.1 – Performance Wizard (step 1)

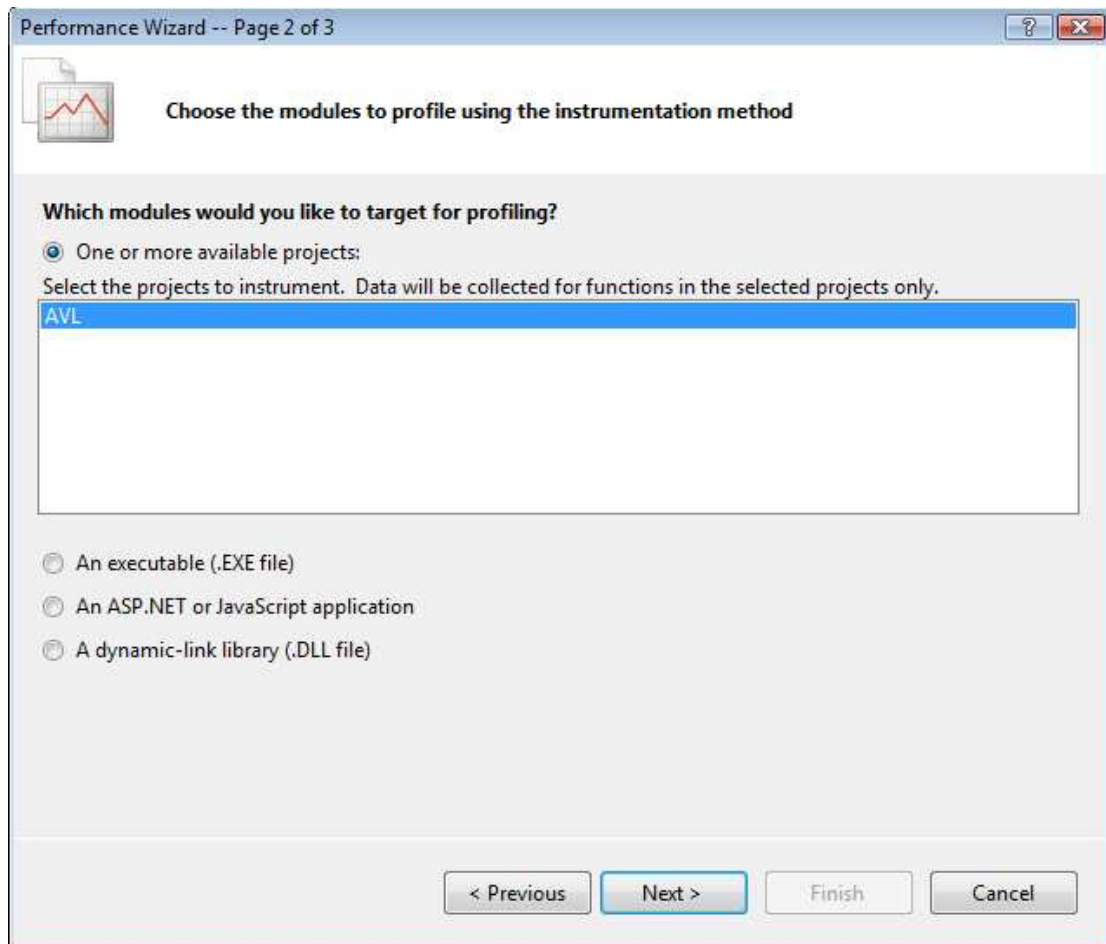
Η πρώτη επιλογή (CPU Sampling) παίρνει δείγματα σε τακτά χρονικά διαστήματα και έτσι μπορεί να καταλάβει ποιες συναρτήσεις καλούνται πιο συχνά στον κώδικα μας. Η μέθοδος αυτή μπορεί να προσθέσει ένα μικρό overhead στην επίδοση του προγράμματός μας.

Το Instrumentation profiling επιτρέπει τον έλεγχο του κόστους (σε χρόνο εκτέλεσης και φόρτο CPU) όλων συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτή είναι και η μέθοδος profiling που θα χρησιμοποιήσουμε. Είναι αρκετά ενδιαφέρον να δούμε ποια/ποιες συναρτήσεις απαιτούν τον μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου εκτέλεσης σε σχέση με το συνολικό χρόνο εκτέλεσης της εφαρμογής.

Η .NET λειτουργία εκχώρησης μνήμης χρησιμοποιεί την ίδια προσέγγιση με την CPU Sampling μέθοδο. Η διαφορά έγκειται στο ότι στην πρώτη περίπτωση η συλλογή των δειγμάτων γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, ενώ σε αυτήν ο Profiler συλλέγει δείγματα όποτε ένα νέο αντικείμενο δημιουργείται. Όταν ένα αντικείμενο διατίθεται, ο Profiler συλλαμβάνει τον τύπο και το μέγεθος του. Μ' αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται οι μέθοδοι και οι τύποι που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό μνήμης και εμφανίζονται περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια του profiling.

Τα αντικείμενα συγχρονισμού χρησιμοποιούνται στις πολυνηματικές εφαρμογές για να ελέγξουν το «ρυθμό» της εφαρμογής. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται αυτά τα αντικείμενα, καθώς και ο τρόπος που οργανώνονται και εκτελούνται τα νήματα καθορίζουν το πώς διενεργεί η εφαρμογή. Η μέθοδος του ταυτοχρονισμού (Concurrency profiling) μας δίνει τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε ώστε να αναλύσουμε το πόσο καλά χρησιμοποιεί η εφαρμογή μας τα αντικείμενα συγχρονισμού και κατά πόσο επωφελείται από τον παραλληλισμό.

Στην συνέχεια επιλέγουμε το Project μας(ή κάποιο άλλο εκτελέσιμο αρχείο).



Εικόνα 6.2 – Performance Wizard (step 2)

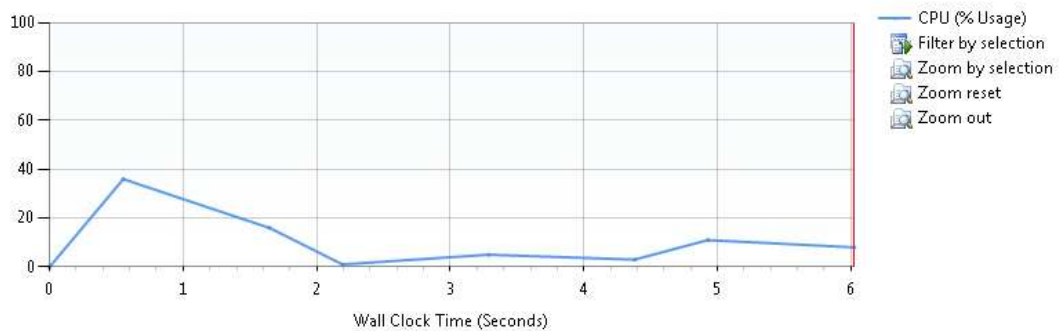
Τέλος αφού πατήσουμε Finish, το πρόγραμμα μας τρέχει και εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Εκεί μπορούμε να δούμε την χρήση της CPU μας κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος καθώς και το **Hot Path**. Δηλαδή τις συναρτήσεις οι οποίες δεσμεύουν για περισσότερο χρόνο την CPU μας και ίσως να υπάρχει πρόβλημα σε εκείνο το σημείο.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον profiler του Visual Studio 2010 (έκδοση Ultimate), για να ελέγξουμε τη σχέση χρόνου-χρήσης επεξεργαστή, να εντοπίσουμε συναρτήσεις και τμήματα του κώδικα που καταναλώνουν τους περισσότερους πόρους και να διαγνώσουμε πιθανά προβλήματα επίδοσης του προγράμματος μας. Επίσης θα δούμε κατά πόσο επηρεάζεται η συμπεριφορά του προγράμματος μας ανάλογα με τον αριθμό των εγγράφων που περιέχονται σε ένα πακέτο αλλά και ανάλογα με τον αριθμό των πελατών. Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε υπολογιστή με επεξεργαστή στα 2.20 GHz και μνήμη (RAM) 3 GB.

Σε πρώτη φάση, έχουμε ένα πολύ απλό υποθετικό σενάριο στο οποίο το πρόγραμμα μας δέχεται ένα πακέτο τεσσάρων εγγράφων, εκτελεί την αποκωδικοποίηση του και την εγγραφή των πληροφοριών που περιέχει στη βάση δεδομένων.

Instrumentation Profiling Report

4,598.38 milliseconds of total elapsed time



Hot Path

The most expensive call path based on execution times

Function Name	Elapsed Inclusive Time %	Elapsed Exclusive Time %
↗ _mainCRTStartup	99,71	0,00
↗ __tmainCRTStartup	99,71	0,04
↗ .main()	99,66	0,23
↗ .decode(valuetype tracker)	99,43	3,77
🔥 .writeFun(valuetype tracker)	95,33	95,33

Related Views: [Call Tree](#) [Functions](#)

Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

Name	Exclusive Time %
.writeFun(valuetype tracker)	95,33
.decode(valuetype tracker)	3,77
System.DateTime.Parse(string)	0,27
.main()	0,23
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,05

Εικόνα 6.3 – Instrumentation Profiling Report
(Το πρόγραμμα τρέχει για τυχαίο πακέτο τριών εγγραφών)

Όπως βλέπουμε τον περισσότερο χρόνο καταναλώνει η συνάρτηση WriteFun με 95,33%, ενώ δεύτερη – και με μεγάλη διαφορά - είναι η συνάρτηση “dedode” (3,77%). Αν και η συνάρτηση decode είναι αυτή που εκτελεί όλη την αποκωδικοποίηση του πακέτου και είναι ο κορμός του προγράμματος, το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται καθώς η συνάρτηση WriteFun καλείται μέσα από την decode περισσότερες από μία φορές (για την ακρίβεια καλείται για κάθε εγγραφή που περιέχεται στο πακέτο δεδομένων).

Αν επιλέξουμε την μέθοδο στην οποία περιέχεται η WriteFun (δηλαδή στην decode) τότε μπορούμε να δούμε ακριβώς το κομμάτι του κώδικα το οποίο είναι το πιο χρονοβόρο.

Function Code View

c:\users\administrator\desktop\diplwmatikh\30_04_2012\30_04_2012\av\lav\lav.cpp

```
fprintf(stderr, "Problem encountered connecting to the %s database on %s.\n", DB_NAME, BACKUP_SERVER);  
}  
else {  
    if (data.invalid == 1) {  
        sprintf(data.sql, "INSERT INTO _itrack_queue (queue_data), _itrack_business_gmaps (valid) VALUES ('%s', '%d')", data.InputData, data.invalid);  
  
        if (!mysql_query(conn, data.sql)) { // INSERT  
            res = mysql_use_result(conn);  
            if (res != 0) {  
                fprintf(stderr, "An error occurred!\n\n");  
            }  
        }  
    }  
}
```

6.2 Συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με το μέγεθος του πακέτου (μέσω Instrumentation Profiling)

Τώρα ακολουθώντας την ίδια διαδικασία θα ελέγξουμε τη συμπεριφορά του προγράμματος μας για πακέτα μίας, δύο, τεσσάρων, οχτώ, δεκαέξι, τριάντα-δύο εγγραφών. Θα δούμε δηλαδή αν με την αλλαγή του μεγέθους του πακέτου έχουμε κάποια διαφοροποίηση στα αποτελέσματα όσον αφορά την χρήση επεξεργαστή και τον χρόνο εκτέλεσης των συναρτήσεων του προγράμματος μας.

Αποτελέσματα Profiling

- Για πακέτο δεδομένων μίας εγγραφής:



Εικόνα 6.4 – Instrumentation Profiling Report (1 record)

- Για πακέτο δεδομένων δύο εγγραφών:



Εικόνα 6.5 – Instrumentation Profiling Report (2 records)

- Για πακέτο δεδομένων τεσσάρων εγγραφών:



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

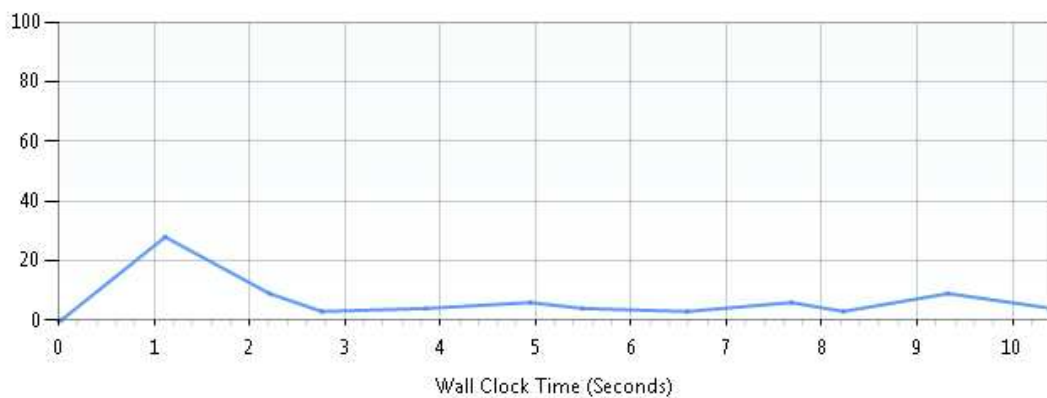
Name	Exclusive Time %
.writeFun(valuetype tracker)	97,04
.decode(valuetype tracker)	2,06
System.DateTime.Parse(string)	0,28
.main()	0,22
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,05

Εικόνα 6.6 – Instrumentation Profiling Report (4 records)

- Για πακέτο δεδομένων οχτώ εγγραφών:

Instrumentation Profiling Report

8,964.37 milliseconds of total elapsed time



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

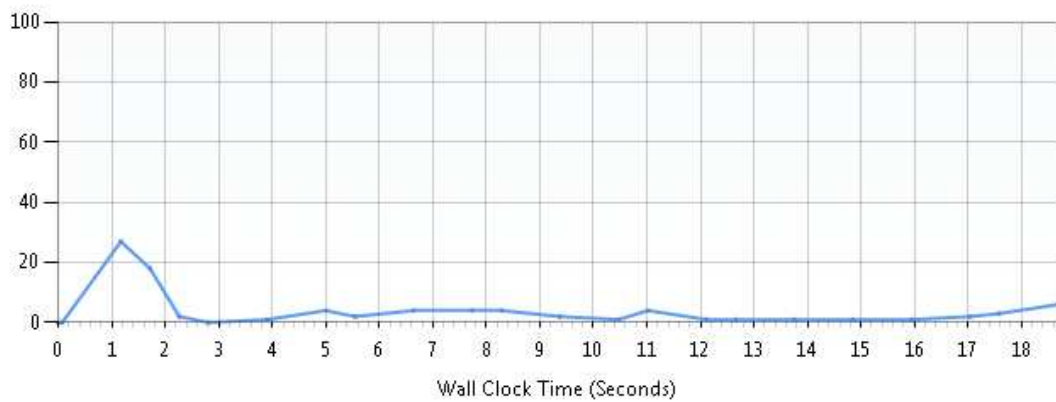
Name	Exclusive Time %
.writeFun(valuetype tracker)	97,68
.decode(valuetype tracker)	1,84
System.DateTime.Parse(string)	0,14
.main()	0,12
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,05

Εικόνα 6.7 – Instrumentation Profiling Report (8 records)

- Για πακέτο δεδομένων δεκαέξι εγγραφών:

Instrumentation Profiling Report

17,812.35 milliseconds of total elapsed time



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

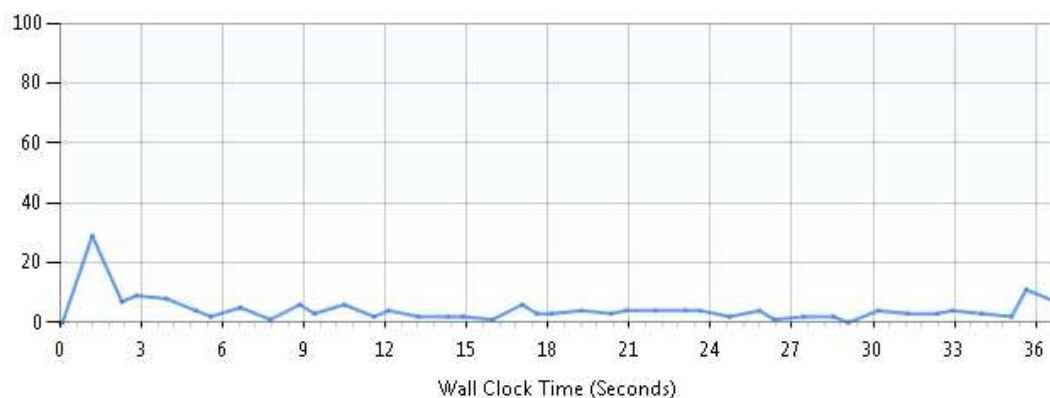
Name	Exclusive Time %
.writeFun(valuetype tracker)	98,20
.decode(valuetype tracker)	1,53
System.DateTime.Parse(string)	0,08
.main()	0,06
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,06

Εικόνα 6.8 – Instrumentation Profiling Report (16 records)

- Για πακέτο δεδομένων τριάντα-δύο εγγράφων:

Instrumentation Profiling Report

35,504.45 milliseconds of total elapsed time



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

Name	Exclusive Time %
.writeFun(valuetype tracker)	98,38
.decode(valuetype tracker)	1,45
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,06
System.DateTime.Parse(string)	0,04
.main()	0,03

Εικόνα 6.9 – Instrumentation Profiling Report (32 records)

6.3 Συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με τον αριθμό των πελατών (Instrumentation Profiling)

Μέχρι στιγμής έχουμε υποθέσει πως μία συσκευή (ή αλλιώς ένας πελάτης) στέλνει πακέτα προς αποκωδικοποίηση και εγγραφή στη βάση δεδομένων. Είθισται, μία τερματική μονάδα να στέλνει πακέτα με τη πληροφορία που έχει συλλέξει (ανάλογα με τις ρυθμίσεις του Configurator, βλέπε Κεφ. 4) ανά 30 δευτερόλεπτα. Με αυτή την υπόθεση, λογική που ακολουθούμε σε αυτό το σημείο έχει ως εξής:

Εφόσον μία συσκευή στέλνει δεδομένα ανά 30 δευτερόλεπτα, αν τροποποιήσουμε το πρόγραμμα μας ώστε να τρέχει για τυχαία πακέτα σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (interval times) - μικρότερα των 30 δευτερολέπτων -, δημιουργούμε το σενάριο, περισσότερες από μία συσκευές/πελάτες να στέλνουν δεδομένα στον server. Αν για παράδειγμα ορίσουμε interval time 3sec, υποθέτουμε ότι το πρόγραμμα εξυπηρετεί 10 πελάτες ($30/3=10$).

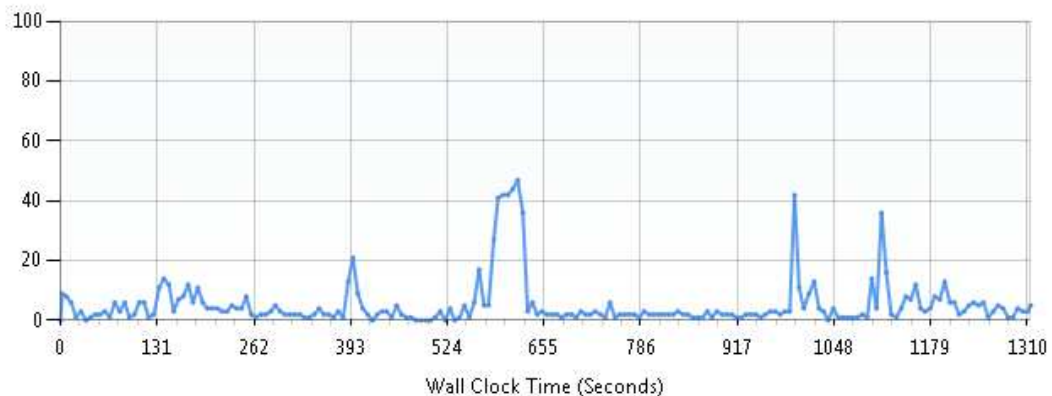
Σύμφωνα με τα παραπάνω θα εκτελέσουμε ξανά το Instrumentation Profiling, αυτή τη φορά με διαφορετικά interval times. Πιο συγκεκριμένα, ορίσαμε τα χρονικά διαστήματα 3 seconds, 2 seconds, 1 second, 500 milliseconds και 250 milliseconds. Δηλαδή θα εξετάσουμε τη συμπεριφορά του προγράμματος μας για 10, 15, 30, 60 και 120 πελάτες αντίστοιχα.

Αποτελέσματα Profiling

- Για interval time = 3 sec (10 συσκευές)

Instrumentation Profiling Report

1,314,061.67 milliseconds of total elapsed time



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

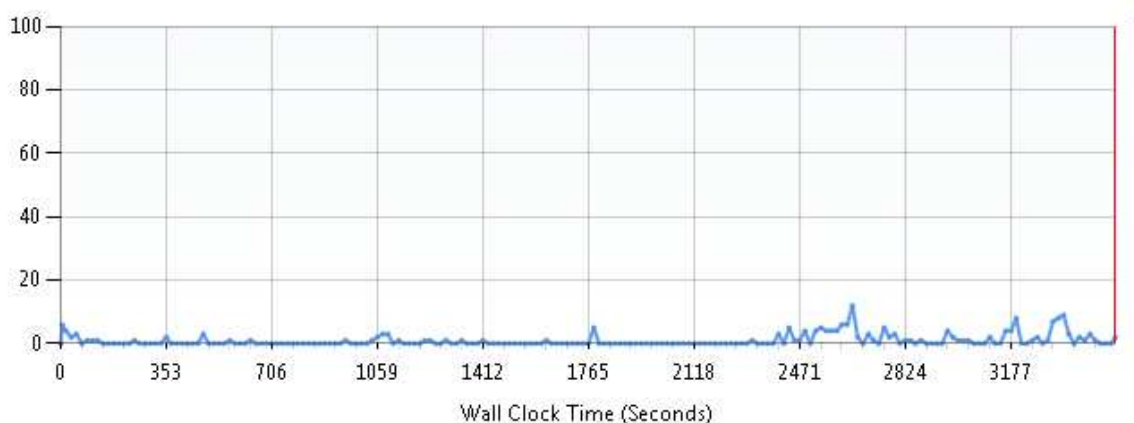
Name	Exclusive Time %
.main()	49,96
.writeFun(valuetype tracker)	49,80
.decode(valuetype tracker)	0,20
System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)	0,03
System.DateTime.Parse(string)	0,00

Εικόνα 6.10 – Instrumentation Profiling Report (10 συσκευές)

- Για interval time = 2 seconds (15 συσκευές)

Instrumentation Profiling Report

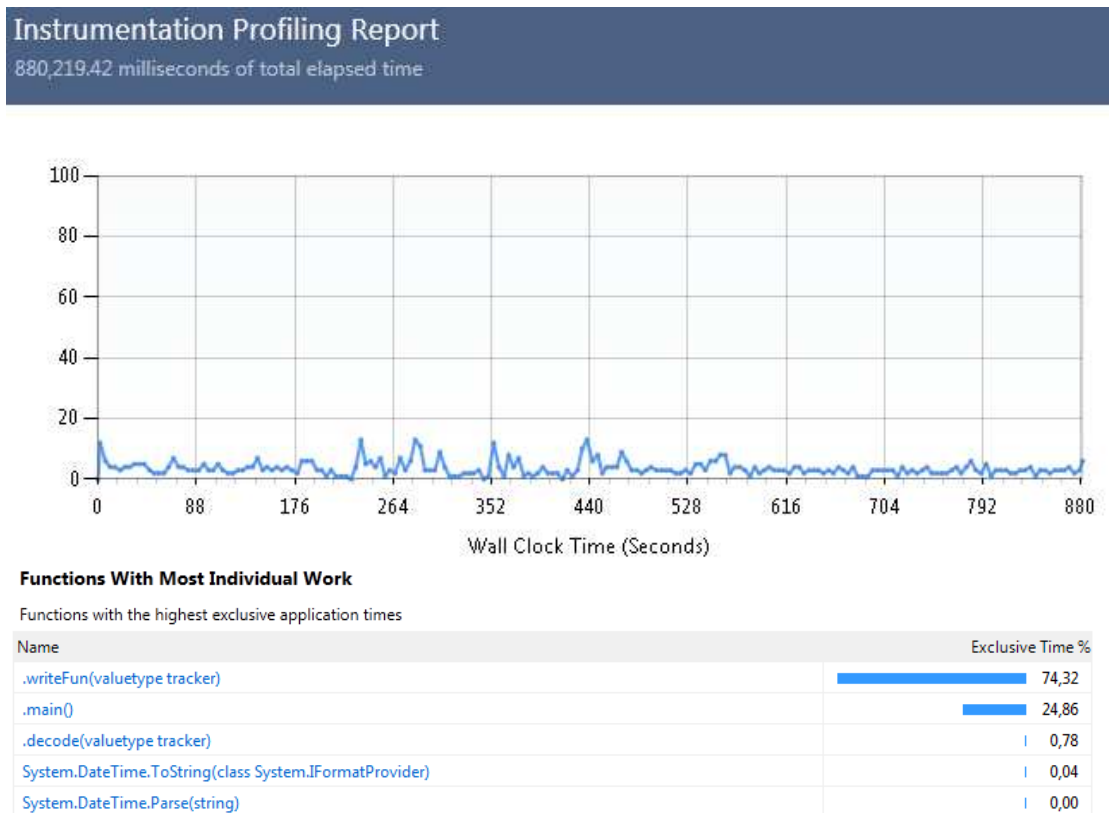
220,178.07 milliseconds of total elapsed time





Εικόνα 6.11 – Instrumentation Profiling Report (15 συσκευές)

- Για interval time = 1 second (30 συσκευές)

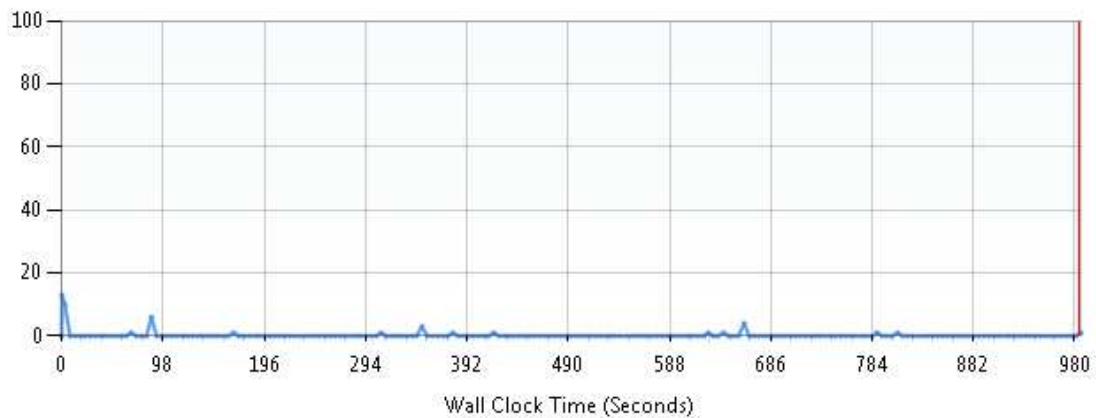


Εικόνα 6.12 – Instrumentation Profiling Report (30 συσκευές)

- Για interval time = 500 milliseconds (60 συσκευές)

Instrumentation Profiling Report

985,720.04 milliseconds of total elapsed time.



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

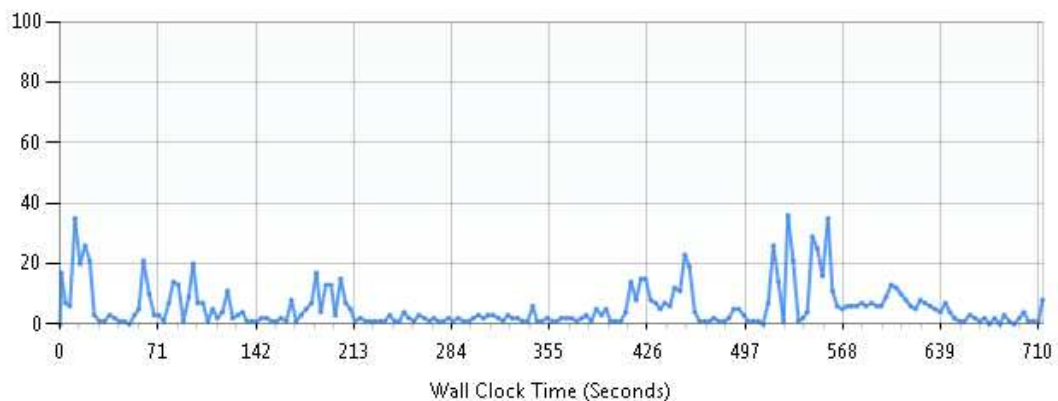
Name	Exclusive Time %
<code>.writeFun(valuetype tracker)</code>	85,27
<code>.main()</code>	14,27
<code>.decode(valuetype tracker)</code>	0,40
<code>System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)</code>	0,05
<code>System.DateTime.Parse(string)</code>	0,00

Εικόνα 6.13 – Instrumentation Profiling Report (60 συσκευές)

- Για interval time = 250 milliseconds (120 συσκευές)

Instrumentation Profiling Report

711,671.37 milliseconds of total elapsed time



Functions With Most Individual Work

Functions with the highest exclusive application times

Name	Exclusive Time %
<code>.writeFun(valuetype tracker)</code>	91,83
<code>.main()</code>	7,67
<code>.decode(valuetype tracker)</code>	0,43
<code>System.DateTime.ToString(class System.IFormatProvider)</code>	0,05
<code>System.DateTime.Parse(string)</code>	0,00

Εικόνα 6.14 – Instrumentation Profiling Report (120 συσκευές)

Κεφάλαιο 7^ο

Συμπεράσματα - Μελλοντικές επεκτάσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στον τομέα της διαχείρισης στόλου οχημάτων. Αρχικά, κάναμε μια θεωρητική εισαγωγή στο αντικείμενο και αναλύσαμε εκτενώς τις τεχνολογίες που συνεργάζονται για τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης. Το κυρίως μέρος της εργασίας μας όμως, αφορά στην υλοποίηση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας AVL σε διακομιστή και τη σύνδεση με βάση δεδομένων.

Το πρωτόκολλο AVL χρησιμοποιείται σήμερα από αρκετά μοντέλα συσκευών δημοφιλούς εταιρίας. Παρουσιάσαμε, λοιπόν, τη συσκευή και τις λειτουργίες της FM1100 καθώς, ο συγκεκριμένος τύπος συσκευής λειτουργεί σύμφωνα με αυτό το πρωτόκολλο. Συγκεκριμένα για την εφαρμογή μας, χρησιμοποιήσαμε σαν δείγμα τη συσκευή αυτή, καθώς είναι ένα από τα πιο ανταγωνιστικά μοντέλα της αγοράς, λόγω των λειτουργιών και του μικρού της μεγέθους.

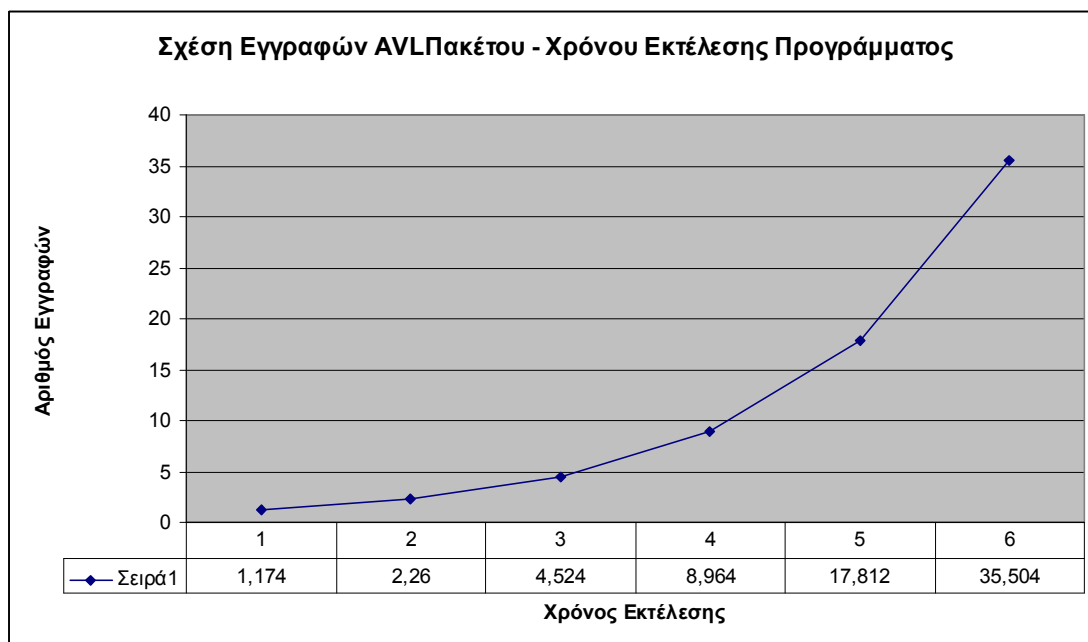
Εφόσον, περιγράψαμε αναλυτικά το πρωτόκολλο, τον κώδικα του προγράμματος μας που το υλοποιεί, αλλά και τη βάση δεδομένων μας. Επόμενο βήμα ήταν να εκτελέσουμε κάποιες μετρήσεις για να παρατηρήσουμε την κλιμάκωση του διακομιστή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε τον profiler του Visual Studio για διάφορα υποθετικά σενάρια και πήραμε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε παρουσιάζονται παρακάτω.

7.1 Συμπεράσματα

➤ Όσον αναφορά στη συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με το μέγεθος του πακέτου

Από τις εικόνες 6.2 – 6.9 του προηγούμενου κεφαλαίου, παρατηρούμε ότι ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος αυξάνεται σχεδόν αναλογικά με τα πακέτα. Με κάθε διπλασιασμό του αριθμού των εγγραφών που περιλαμβάνει το AVL πακέτο, για το οποίο τρέχει το πρόγραμμα, έχουμε αντίστοιχο διπλασιασμό και στο χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος.

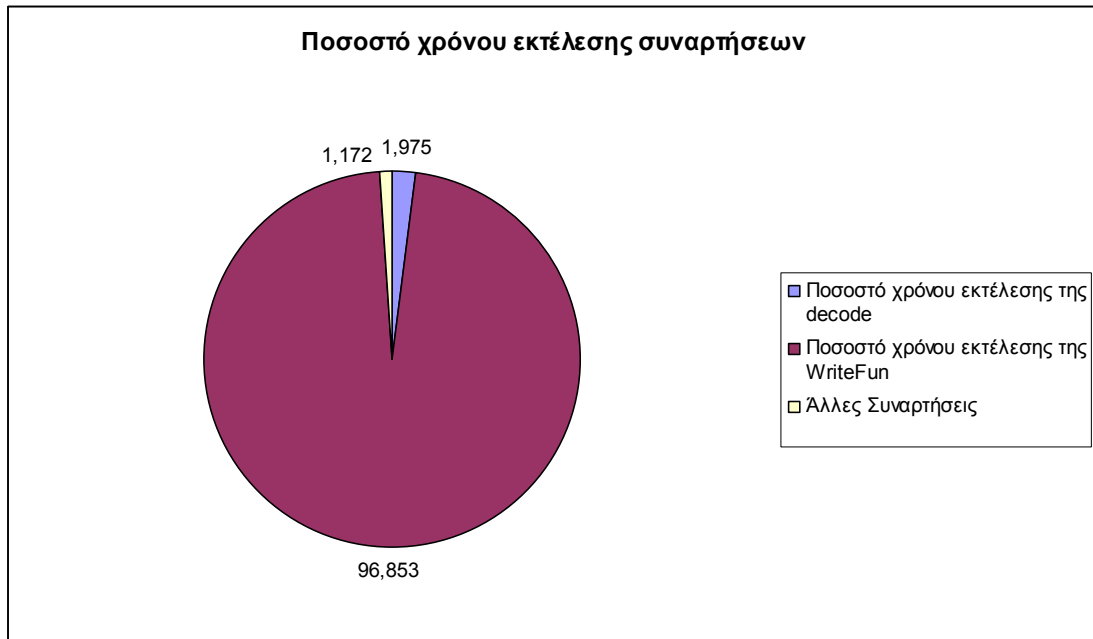
Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η σχέση εγγραφών πακέτου AVL – χρόνου εκτέλεσης προγράμματος. Όπως βλέπουμε ο χρόνος αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των εγγραφών.



Εικόνα 7.1 – Γράφημα σχέσης εγγραφών πακέτου – χρόνου εκτέλεσης

Μια ακόμη παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε μελετώντας τα αποτελέσματα του profiling, αφορά στη χρήση της CPU κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος μας. Όπως φαίνεται και στα γραφήματα των εικόνων 6.2 – 6.9 σε κάθε περίπτωση, περίπου στο πρώτο δευτερόλεπτο, έχουμε μία κορυφή (peak) στην επί τοις εκατό χρήση της CPU που φτάνει έως το 40%. Η καμπύλη χρήσης επεξεργαστή εξομαλύνεται σε χαμηλότερα επίπεδα όσο αυξάνεται ο αριθμός των εγγραφών.

Τέλος, παρατηρούμε ότι οι αποκλειστικοί χρόνοι εκτέλεσης των συναρτήσεων είναι ίδιοι ανεξάρτητα από τον αριθμό των εγγραφών που περιέχονται στο AVL πακέτο. Οι μικρές διαφοροποιήσεις στις τιμές είναι αναμενόμενες. Βρίσκουμε λοιπόν το μέσο όρο των ποσοστών και παρουσιάζουμε το παρακάτω γράφημα που απεικονίζει σχηματικά πως κατανέμεται ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος στις συναρτήσεις αποκωδικοποίησης και εγγραφής πληροφοριών στη βάση δεδομένων (decode και WriteFun).



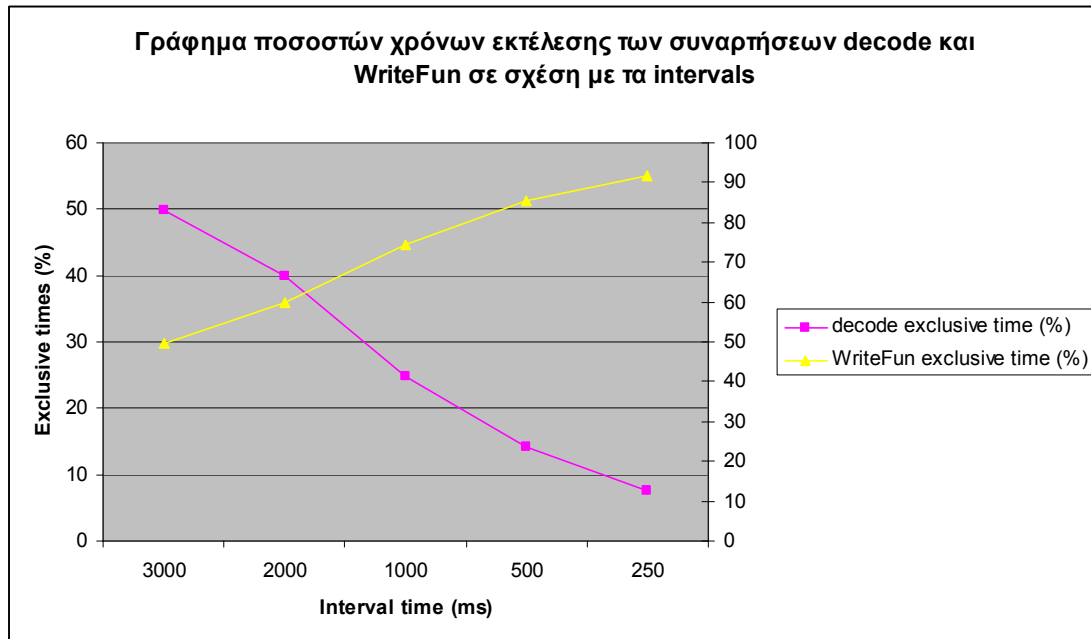
Εικόνα 7.2 – Γράφημα ποσοστών χρόνου εκτέλεσης συναρτήσεων (decode – WriteFun – άλλες συναρτήσεις συστήματος) ως προς το συνολικό χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος

➤ Όσον αφορά στη συμπεριφορά προγράμματος ανάλογα με τον αριθμό των πελατών

- Όσον αφορά στο ποσοστό χρήσης της CPU για τα σενάρια που παρουσιάσαμε στο Κεφάλαιο 6.3, παρατηρούμε στα γραφήματα των εικόνων 6.10 – 6.14, ότι η καμπύλη παραμένει γενικά σε χαμηλά επίπεδα (μέσος όρος στο 5%) με ελάχιστες εξαιρέσεις κάποιων κορυφών που μπορεί να φτάνουν ή και να ξεπερνούν το 50%.

- Ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος για τις παραπάνω περιπτώσεις βλέπουμε ότι μειώνεται όσο αυξάνονται οι συσκευές. Η συμπεριφορά αυτή είναι αναμενόμενη καθώς, όπως ήδη αναφέραμε, για να υποθέσουμε ότι αυξάνουμε τον αριθμό των πελατών μειώσαμε τα χρονικά διαστήματα που αποστέλλονται πακέτα προς επεξεργασία. Επιπλέον, εκτελέσαμε το profiling για συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων για να πάρουμε ένα δείγμα της συμπεριφοράς του προγράμματος για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο δεν έχει νόημα να μπούμε σε λεπτομέρειες και να αναλύσουμε παραπάνω τους χρόνους εκτέλεσης.

- Τέλος, παρατηρούμε ότι οι αποκλειστικοί χρόνοι εκτέλεσης (exclusive times) διαφοροποιούνται όσο μειώνουμε το interval. Πιο συγκεκριμένα, αυξάνεται σημαντικά ο χρόνος που εκτελείται η συνάρτηση για την εγγραφή των δεδομένων στη βάση (WriteFun) και μειώνεται αντίστοιχα ο χρόνος για την κύρια συνάρτηση (main). Βέβαια αν και στους πίνακες παρουσιάζεται ο χρόνος ως ποσοστό της main συνάρτησης, ουσιαστικά αναφερόμαστε στην συνάρτηση αποκωδικοποίησης (decode) εφόσον ουσιαστικά το μόνο που κάνει η main είναι να καλεί την decode. Ακολουθεί γράφημα που παρουσιάζει αυτήν τη διαφοροποίηση των exclusive times όσο αυξάνουμε τον αριθμό των συσκευών.



Εικόνα 7.3 – Γράφημα Exclusive Times (%) - Interval times (για τις συναρτήσεις decode και WriteFun)

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η συσκευή FM4200 της εταιρίας Teltonika, αν και είναι παλαιότερο μοντέλο από αυτό που χρησιμοποιήσαμε για την εφαρμογή μας και περιγράφουμε στο κεφάλαιο 4, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επέκταση της υλοποίησης μας. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται και στην εισαγωγή του κεφαλαίου 3, το μοντέλο 4200 χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο AVL διαθέτει όμως, επιπλέον, ενσωματωμένη CAN bus υποστήριξη (J1939^[21] / FMS πρωτόκολλο^[18]). SAE J1939 είναι το πρότυπο του διαύλου και FMS το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία και τη διάγνωση μεταξύ των κατασκευαστικών στοιχείων του οχήματος.

Το CAN bus (Controller Area Network) είναι ένας σειριακός ψηφιακός τρόπος σύνδεσης του εγκεφάλου με τα υποσυστήματα του αυτοκινήτου, ο οποίος χρησιμοποιεί μόλις 2 καλώδια. Πάνω σε αυτά τα 2 καλώδια είναι συνδεδεμένα τα περιφερειακά με σύνδεση συμβατή με CAN bus, όπως έξυπνοι αισθητήρες, μονάδα ηλεκτρονικής ανάφλεξης, υποσύστημα ABS, ενσωματωμένος υπολογιστής ταξιδιού, ελεγκτές φώτων. Εκεί συνδέεται και η διαγνωστική υποδοχή (φίσα), μέσω της οποίας συνδέεται, πολύ εύκολα, και η συσκευή παρέχοντας μας όλη την πληροφορία από τον εγκέφαλο του οχήματος.

Τα αναλογικά περιφερειακά μπορούν να διαθέτουν δικό τους μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό και μικροελεγκτή, πχ έξυπνοι αισθητήρες και ηλεκτρομηχανικοί ενεργοποιητές (actuators), ώστε οι καλωδιώσεις προς τον εγκέφαλο να είναι καθαρά ψηφιακές. Αυτή η φιλοσοφία απλοποιεί αισθητά την καλωδίωση δίνοντας ταυτόχρονα δυνατότητα για σύνθετες λειτουργίες, ενώ διευκολύνει τη διάγνωση βλαβών.

Για την απόκτηση των νέων δεδομένων, εννοείται πως πρέπει να τροποποιηθεί η βάση δεδομένων και να υλοποιηθεί το πρωτόκολλο FMS. Πιο συγκεκριμένα, οι επιπλέον πληροφορίες που θα λαμβάνουμε από αυτή την υλοποίηση θα είναι οι εξής:

- Σύνολο καυσίμων
- Συνολική διανυθείσα απόσταση
- Κατάσταση φρένων

- Ροπή κινητήρα
- Ενεργά καύσιμα
- Επιταχυντής (θέση του πεντάλ)
- Κατάσταση φρένου κινητήρα
- Ταχύτητα
- RPM
- Ωρες κινητήρα
- Βάρος οχήματος
- Στάθμη καυσίμου
- Δεδομένα ταχογράφου

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Introduction to GPS, The Global Positioning System» *Ahmed El-Rabbany*
- [2] «Making GPS even better with auxiliary devices» *KRAKIWSKY, E.J. & cLELLAN, F., 1995.*
- [3] «Digital road data: putting GPS on the map. GPS World», *KRAKIWSKY, E.J. & BULLOCK, J.B., 1994.*
- [4] «Understanding the GPS, An introduction to the Global Positioning System, What it is and how it works», *Gregory French*
- [5] «GPS guide for beginners», *GARMIN Corporation*
- [6] «Hacking GPS», *Kathie Kingsley Hughes*
- [7] «GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation», *Gunnar Heine*
- [8] «Fleet Management Automation Using the Global Positioning System», *Rached Zantout, Mazen Jrab, Lama Hamandi, Fadi N. Sibai*
- [9] «Bringing WiFi and Cellular positioning to mobile devices and to the Web.», *NAVIZON Technical Paper, July 2007.*
- [10] *Ziad A. Osman, Mazen Jrab, Souleiman Midani, Rached N. Zantout*, «Implementation of a System for Offline Tracking using GPS», *Mediterranean Microwave Symposium 2003, Ain Shams University, Cairo, Egypt, May 6-8 2003.*
- [11] *A. Yaqzan, I. Damaj, R. Zantout*, «GPS-based Vehicle Tracking System-on-Chip,» *The International Conference of Computer Science and Engineering, London, United Kingdom, 2 – 4 July, 2008. P 240 – 245.*

Ιστοσελίδες:

- [12] Το επίσημο site του GPS των ΗΠΑ, <http://www.gps.gov>, Φεβρουάριος 2012
- [13] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, Φεβρουάριος 2012
- [14] Βικιπαίδεια, <http://el.wikipedia.org/wiki/GPS>, Φεβρουάριος 2012
- [15] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Dead_reckoning, Φεβρουάριος 2012

- [16] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_navigation_system, Φεβρουάριος 2012
- [17] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter, Φεβρουάριος 2012
- [18] Information about the FMS-Standard, <http://www.fms-standard.com/>, Ιούνιος 2012
- [19] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Low_noise_amplifier, Φεβρουάριος 2012
- [20] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_filter#SAW_filters, Φεβρουάριος 2012
- [21] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/J1939>, Φεβρουάριος 2012
- [22] Teltonika, <http://www.teltonika.lt/en/pages/view/?id=972>, Ιούνιος 2012
- [23] Teltonika, http://www.teltonika.lt/uploads/docs/FM1100_Flyer_v1_04.pdf, Φεβρουάριος 2012
- [24] Βικιπαίδεια, <http://el.wikipedia.org/wiki/GSM>, Φεβρουάριος 2012
- [25] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_mobile_phone_standards, Φεβρουάριος 2012
- [26] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_phone_repeater, Φεβρουάριος 2012
- [27] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service, Φεβρουάριος 2012
- [28] Teltonika, <http://www.teltonika.lt/uploads/docs/FM4100%20user%20manual%20V1.4.pdf>, Φεβρουάριος 2012
- [29] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcView>, Φεβρουάριος 2012
- [30] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system, Φεβρουάριος 2012
- [31] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service, Φεβρουάριος 2012
- [32] Βικιπαίδεια, http://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11, Φεβρουάριος 2012
- [33] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Assisted_GPS, Φεβρουάριος 2012
- [34] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network, Φεβρουάριος 2012
- [35] Βικιπαίδεια, <http://el.wikipedia.org/wiki/SMS>, Φεβρουάριος 2012

- [36] Βικιπαίδεια, http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B3%CE%BB%CF%8E%CF%83%CF%83%CE%B1, Φεβρουάριος 2012
- [37] Marathon Data Systems, <http://www.marathondata.gr/arcgis/arcview.htm>, Φεβρουάριος 2012
- [38] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth, Φεβρουάριος 2012
- [39] Βικιπαίδεια, <http://el.wikipedia.org/wiki/FPGA>, Φεβρουάριος 2012
- [40] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_navigation_software, Φεβρουάριος 2012
- [41] iTrack, <http://www.itrack.gr/stcontent.asp?id=5>, Φεβρουάριος 2012
- [42] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Korean_Air_Lines_Flight_007, Φεβρουάριος 2012
- [43] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Application-specific_integrated_circuit, Φεβρουάριος 2012
- [45] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver/transmitter, Φεβρουάριος 2012

