



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

με θέμα

**“Δημιουργία Περιβάλλοντος Διεπαφής για την
Απόκτηση και Καταγραφή
Στοιχείων Τηλεμετρίας”**

Από την Σπυροπούλου Παναγιώτα

**Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή
Τσουρβελούδη Νικόλαου**

Επιτροπή παρακολούθησης:
Τσουρβελούδης Νικόλαος
Κουϊκόγλου Βασίλειος
Νικολός Ιωάννης

Χανιά, Οκτώβριος 2004

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της συγγραφής της παρούσας εργασίας, αρκετοί ήταν οι άνθρωποι που με βοήθησαν, ο καθένας με τον δικό του τρόπο. Θα ήθελα λοιπόν να τους ευχαριστήσω τον καθένα χωριστά.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Νίκο Τσουρβελούδη, για την ευκαιρία που μου έδωσε για τον εμπλουτισμό των γνώσεων και εμπειριών μέσω αυτής της εργασίας, καθώς και για την ουσιαστική συμβολή του στη διαμόρφωση αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Σάββα Πιπερίδη, μέλος ΕΤΕΠ του εργαστηρίου Ευφώνων Συστημάτων και Ρομποτικής, για τις συμβουλές και την καθοδήγησή του με στόχο την καλύτερη αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Πολύ σημαντική ήταν η βοήθεια που μου παρείχε ο κ. G. Deputy, υπεύθυνος του τμήματος τεχνικής υποστήριξης της εταιρίας GPS Flight, ο οποίος με τη συνέπεια και το ενδιαφέρον του με βοήθησε στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου γιατί στέκονται πάντα δίπλα μου και η βοήθειά τους είναι ανεκτίμητη, και τους φίλους μου, για την υποστήριξη που μου παρείχαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	2
1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ	4
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.2 ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	4
2.2.1 Δομή του σταθμού μέτρησης	5
2.2.2 Δομή του κεντρικού σταθμού.....	5
2.3 ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ ΜΕΣΩ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	5
2.3.1 Δομή του σταθμού μέτρησης	6
2.3.2 Δομή του κεντρικού σταθμού.....	7
2.4 ΜΟΡΦΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	7
2.4.1 Εισαγωγή	7
2.4.2 Ασύγχρονη Επικοινωνία.....	7
2.4.3 Σύγχρονη Επικοινωνία	8
2.5 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	11
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ	11
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
3.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ	11
3.2.1 Εισαγωγή	11
3.2.2 Ιστορικά Γεγονότα.....	12
3.2.3 Το σύστημα δορυφόρων του GPS	12
3.2.4 Πώς λειτουργεί το σύστημα GPS	13
3.2.5 Τμήματα του συστήματος GPS	17
3.2.6 Υπηρεσίες GPS.....	17
3.2.7 Ακρίβεια του Συστήματος GPS.....	18
3.2.8 Συστήματα βελτίωσης της ακρίβειας των GPS.....	19
3.2.8.1 Προσθετικό Σύστημα Ευρείας Ζώνης (WAAS).....	19
3.2.8.2 Παγκόσμιο Διαφορικό Σύστημα Πλοήγησης (DGPS).....	20
3.2.8.3 Ευρωπαϊκό Γεωσταθερό Σύστημα Πλοήγησης Επιφάνειας (EGNOS).....	21
3.2.9 Δορυφορικά Σήματα των GPS	21
3.2.10 Πηγές σφάλματος του σήματος των GPS.....	22
3.2.11 Εφαρμογές των GPS.....	23
3.3 ΆΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ	24
3.3.1 Galileo	24
3.3.2 LORAN	25

3.3.3 Παγκόσμιο Δορυφορικό Τροχιακό Σύστημα Πλοήγησης (GLONASS).....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	28
ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ.....	28
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	28
4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ	29
4.3 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ	30
4.3.1 Εισαγωγή	30
4.3.2 Κυρίως Στροφέιο (Main Rotor).....	31
4.3.3 Στροφέιο Ουραίου Τμήματος	33
4.3.3.1 Διατάξεις Ουραίου Στροφείου.....	34
4.3.4 Κινητήρας	34
4.3.5 Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης	35
4.3.6 Τμήματα Ατράκτου	35
4.3.6.1 Κύρια Ατράκτος	35
4.3.6.2 Ουραία Ατράκτος	35
4.3.7 Σύστημα Προσγείωσης.....	35
4.3.8 Διατάξεις Στροφείων	36
4.3.9 Διατάξεις Ελέγχου	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	41
ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ	41
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	41
5.2 ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	41
5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	44
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΣΗΣ.....	44
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	44
6.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ	44
6.2.1 Πομπός και Δέκτης.....	44
6.2.2 Λογισμικό	46
6.2.3 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας των GPS	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	53
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ.....	53
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	53
7.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟΥ	53
7.2.1 Συσκευή Καταγραφής	53
7.2.2 Αισθητήρες	54
7.2.3 Λογισμικό	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	58
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΠΑΦΗΣ	58
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	58
8.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ	58
8.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ	60
8.3.1 Επιλογή “Dashboard”	61
8.3.2 Επιλογή “Excel”	62

8.3.3 Επιλογή “Γραφήματα”	63
8.3.4 Επιλογή “Help”	65
8.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΝΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	67
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	67
9.1 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	67
9.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	71

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 2.1. ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	5
ΣΧΗΜΑ 2.2. ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ ΜΕΣΩ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	6
ΣΧΗΜΑ 2.3. ΜΟΡΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥΣ.....	8
ΣΧΗΜΑ 2.4. ΜΟΡΦΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.	9
ΕΙΚΟΝΑ 3.1. ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΤΟΥ GPS.....	13
ΣΧΗΜΑ 3.2. ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ ΓΝΩΣΗ ΜΙΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ.....	14
ΣΧΗΜΑ 3.3. ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕ ΓΝΩΣΗ ΔΥΟ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ.....	14
ΣΧΗΜΑ 3.4. ΕΥΡΕΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	15
ΣΧΗΜΑ 3.5. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ.....	15
ΣΧΗΜΑ 3.6. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΔΥΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ.	16
ΣΧΗΜΑ 3.7. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΡΙΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ.	16
ΣΧΗΜΑ 3.8. ΑΚΡΙΒΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 3.9. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΡΟΠΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	25
ΕΙΚΟΝΑ 4.1 ΤΟ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ RAPTOR 60 V.2	28
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΤΜΗΜΑΤΑ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟΥ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 4.3. ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΥΡΙΩΣ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ.....	32
ΕΙΚΟΝΑ 4.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΥΡΑΙΟΥ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ.	33
ΕΙΚΟΝΑ 4.5. ΑΝΟΔΙΚΗ / ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 4.6. ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ ΠΡΟΣ ΤΑ ΜΠΡΟΣΤΑ / ΠΙΣΩ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 4.7. ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ.....	39

ΕΙΚΟΝΑ 4.8. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ.	40
ΣΧΗΜΑ 5.1. ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΙΦΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΒΑΣΙΚΟΥΣ ΛΟΓΟΥΣ.	42
ΕΙΚΟΝΑ 6.1 Ο ΠΟΜΠΟΣ STXε.	45
ΕΙΚΟΝΑ 6.2 ΤΟ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ GPS ΜΕ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΤΟΥ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 6.3. ΒΑΣΗ RX-BASE3.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 6.4 ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ DASHBOARD.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 6.5 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.	47
ΕΙΚΟΝΑ 6.6. ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΌΡΓΑΝΑ ΈΝΔΕΙΞΗΣ.	48
ΕΙΚΟΝΑ 6.7. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 6.8. ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 6.9. ΔΥΝΑΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.	50
ΕΙΚΟΝΑ 6.10. ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	50
ΣΧΗΜΑ 7.1. ΣΥΣΚΕΥΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	54
ΣΧΗΜΑ 7.2. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	56
ΣΧΗΜΑ 7.3. ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.	57
ΕΙΚΟΝΑ 8.1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 8.2. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΟΥ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 8.3 ΕΚΤΕΛΕΣΙΜΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 8.4. ΒΑΣΙΚΟ ΜΕΝΟΥ ΕΠΙΛΟΓΩΝ.	61
ΕΙΚΟΝΑ 8.5. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ DASHBOARD ΜΕΣΩ ΟΜΩΝΥΜΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 8.6. ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.	62
ΕΙΚΟΝΑ 8.7. ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.	63
ΕΙΚΟΝΑ 8.8. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΜΕ ΧΡΟΝΟ.	64
ΕΙΚΟΝΑ 8.9. ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΙΜΩΝ ΠΡΟΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 8.10. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΡΟΧΙΑΣ.	65

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια διεκπεραίωσης της διπλωματικής μου εργασίας, αναπτύχθηκε σύστημα καταγραφής τηλεμετρίας ανάλυσης στοιχείων, τα οποία λαμβάνονται από την πτήση μη επανδρωμένου οχήματος κάθετης απογείωσης – προσγείωσης. Με τον όρο Τηλεμετρία αναφερόμαστε στην μεταφορά δεδομένων μέτρησης από ένα σταθμό μέτρησης σε ένα κεντρικό σταθμό.

Για την πραγματοποίηση αυτού του σκοπού, έγινε αρχικά εκτενής έρευνα αγοράς, κυρίως σε χώρες του εξωτερικού, για την εύρεση ενός εμπορικά διαθέσιμου συστήματος τηλεμετρίας. Τα επιθυμητά δεδομένα καταγραφής αυτού του συστήματος αφορούν τη θέση του μη επανδρωμένου ελικοπτέρου, αλλά και πληροφορίες σχετικές με τις κινήσεις των χειριστηρίων ελέγχου αυτού.

Τελικώς, αναπτύχθηκε πρόγραμμα που παρουσιάζει τις πληροφορίες τις οποίες παρέχει το πλήρες σύστημα. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί το περιβάλλον διεπαφής και τα δεδομένα του συλλέχθηκαν έπειτα από δοκιμαστική πτήση του μη επανδρωμένου ελικοπτέρου RAPTOR 60 V.2, πάνω στο οποίο έγινε η εγκατάσταση του συστήματος τηλεμετρίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη περιβάλλοντος διεπαφής για την παρουσίαση και επεξεργασία αποτελεσμάτων τηλεμετρίας. Τα δεδομένα της τηλεμετρίας συλλέχθηκαν από την πτήση μη επανδρωμένου οχήματος κάθετης απογείωσης - προσγείωσης, που διαθέτει το εργαστήριο Ευφών Συστημάτων και Ρομποτικής του Πολυτεχνείου Κρήτης στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, πάνω στο οποίο είχε τοποθετηθεί το σύστημα τηλεμετρίας.

1.2 Περίληψη Αποτελεσμάτων

Ύστερα από εκτεταμένη έρευνα αγοράς και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της, αποφασίστηκε η αγορά δύο συστημάτων καταγραφής δεδομένων πτήσης και ελέγχου, τα οποία αποτελούν το πλήρες σύστημα τηλεμετρίας. Το ένα από τα δύο συστήματα παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη θέση του ελικοπτέρου σε πραγματικό χρόνο, χάρις στο ενσωματωμένο Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων (Global Positioning System – GPS) που διαθέτει. Το άλλο σύστημα, συλλέγει στοιχεία σχετικά με την κίνηση των χειριστηρίων ελέγχου του ελικοπτέρου, μέσω κατάλληλων αισθητήρων, αλλά όχι σε πραγματικό χρόνο. Τελικώς, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα που αποτελεί το περιβάλλον διεπαφής των δεδομένων της τηλεμετρίας. Το περιβάλλον διεπαφής αποτελεί ένα μέσω σύνδεσης του χρήστη με το πρόγραμμα του υπολογιστή, έτσι ώστε ο πρώτος να μπορεί να αλληλεπιδρά με αυτό μέσω λίστας επιλογών. Στο πρόγραμμα αυτό αναπαρίστανται οι βασικές πληροφορίες των δύο συστημάτων τόσο με αριθμητικό όσο και με γραφικό τρόπο, για την καλύτερη ανάλυση αυτών.

1.3 Δομή της Εργασίας

Η εργασία είναι οργανωμένη με τον ακόλουθο τρόπο:

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια της τηλεμετρίας. Αναλύονται οι μορφές της τηλεμετρίας και η γενική δομή, ενώ γίνεται αναφορά και στις μορφές και στα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα υπάρχοντα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται εκτενέστερη ανάλυση για το Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων, το οποίο χρησιμοποιούμε στο πρακτικό μέρος της εργασίας, καθώς για τα συστήματα βελτίωσης της ακρίβειάς του.

Στο Κεφάλαιο 4 πραγματοποιείται ανάλυση των βασικών τμημάτων των οχημάτων κάθετης από-προσγείωσης καθώς και των τμημάτων ελέγχου των.

Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα προβλήματα που συναντήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας αγοράς και εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τις εταιρίες που ασχολούνται με τον τομέα της τηλεμετρίας.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται η παρουσίαση του συστήματος που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και καταγραφή της θέσης του οχήματος. Γίνεται σύντομη περιγραφή του λογισμικού του και των δυνατοτήτων που αυτό παρέχει. Τέλος, γίνεται λόγος σχετικά με το πρωτόκολλο επικοινωνίας των GPS.

Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται το σύστημα τηλεμετρίας το οποίο χρησιμοποιείται για την καταγραφή των κινήσεων του χειριστηρίου ελέγχου. Αναφέρονται συνοπτικά τα επιμέρους τμήματά του και γίνεται περιγραφή λογισμικού του.

Στο Κεφάλαιο 8 περιγράφεται το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε και αποτελεί το περιβάλλον διεπαφής τω στοιχείων της τηλεμετρίας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 9 καταγράφονται κάποιες επιπλέον παρατηρήσεις καθώς και μελλοντικές προτάσεις για τη συνέχιση της παρούσας εργασίας. Οι παρατηρήσεις αναφέρονται κυρίως στο περιβάλλον διεπαφής που αναπτύχθηκε για τις απαιτήσεις της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ

2.1 Εισαγωγή

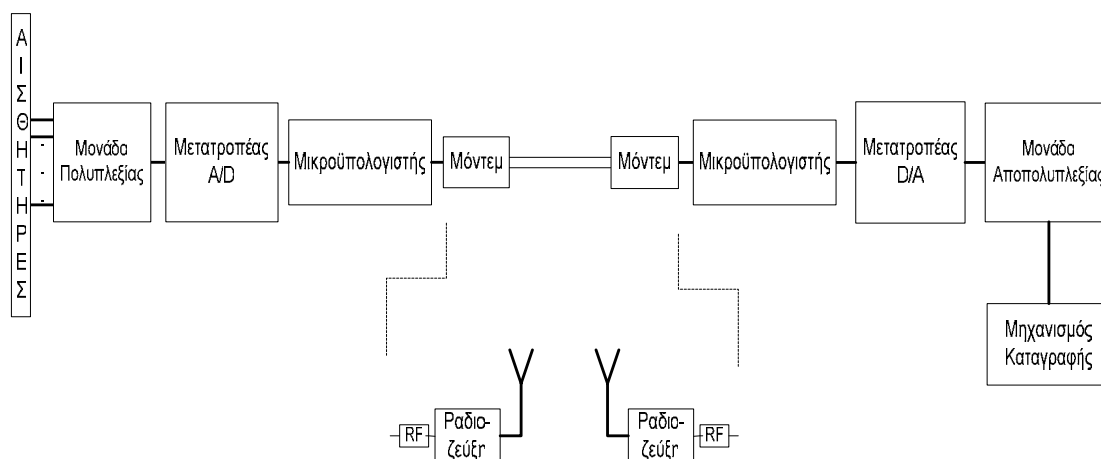
Τηλεμετρία είναι η επιστήμη της πληροφορικής που ασχολείται με τη μεταφορά δεδομένων μέτρησης φυσικών παραμέτρων από ένα σταθμό μέτρησης, είτε εγκατεστημένο στην ύπαιθρο είτε εναέριο, σε ένα κεντρικό σταθμό. Οι σταθμοί μέτρησης μπορεί να είναι σταθμοί μετεωρολογικοί, σεισμολογικοί, θερμοκήπια, ή γενικά κάθε σταθμός που μετρά αναλογικές πληροφορίες από ανιχνευτές – αισθητήρες (sensors) οι οποίες αποστέλλονται σε ένα κεντρικό σταθμό, για περαιτέρω επεξεργασία και αξιοποίηση.

Η τηλεμετρία πριν την αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας (την προηγούμενη εικοσαετία) χρησιμοποιούσε αναλογικά μέσα. Η τεχνολογία της αναλογικής τηλεμετρίας έχει το πλεονέκτημα της απλότητας στην ηλεκτρονική σχεδίαση και κατασκευή, ειδικά όταν πρόκειται για έναν αισθητήρα, αλλά έχει το μεγάλο μειονέκτημα του θορύβου που μπορεί να παρεμβάλλεται στο μέσο μετάδοσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στη σεισμολογία, διότι στην επιστήμη αυτή η καταγραφή της σεισμικής πληροφορίας έχει συγκεκριμένη μορφή και επομένως τυχόν καταγραφή θορύβου εύκολα αναγνωρίζεται.

Με την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας η αναλογική τεχνολογία άρχισε κυριολεκτικά να εγκαταλείπεται από τις εταιρίες που σχεδιάζουν και κατασκευάζουν τηλεμετρικά συστήματα και τη θέση της πήραν τα ψηφιακά τηλεμετρικά συστήματα. Η ψηφιακή τηλεμετρία μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες: την τηλεμετρία πραγματικού χρόνου (real time) και την τηλεμετρία σύλλληψης, αποθήκευσης και μετέπειτα αποστολής των δεδομένων στον κεντρικό σταθμό (datalogging) [1].

2.2 Τηλεμετρία πραγματικού χρόνου

Στην κατηγορία αυτή, τα δεδομένα που λαμβάνονται στο σταθμό μέτρησης καταγράφονται ταυτόχρονα και στον κεντρικό σταθμό. Έτσι ο κεντρικός σταθμός μπορεί να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τις μεταβολές των φυσικών παραμέτρων που διαβάζονται από τον σταθμό μέτρησης. Παρακάτω αναλύεται η συνήθης δομή του σταθμού μέτρησης και του κεντρικού σταθμού.



Σχήμα 2.1. Τηλεμετρία πραγματικού χρόνου.

2.2.1 Δομή του σταθμού μέτρησης

Το τμήμα της ψηφιακής τηλεμετρίας πραγματικού χρόνου που βρίσκεται στο σταθμό μέτρησης, μέσω ενός δέκτη λαμβάνει σαν είσοδο τα ενισχυμένα αναλογικά σήματα από τους αισθητήρες. Περιλαμβάνει επίσης μονάδα πολυπλεξίας, μονάδα μετατροπής της αναλογικής σε ψηφιακή πληροφορία (A/D converter) και μονάδα μικροϋπολογιστή που συγχρονίζει τις δύο προηγούμενες μονάδες. Ο μικροϋπολογιστής λαμβάνει την ψηφιακή πληροφορία από τον A/D μετατροπέα, την κωδικοποιεί, την μετατρέπει σε σειριακή και την αποστέλλει μέσω προσαρμοστή τάσης (driver) στο modem και από εκεί, ενσύρματα ή ασύρματα στον κεντρικό σταθμό.

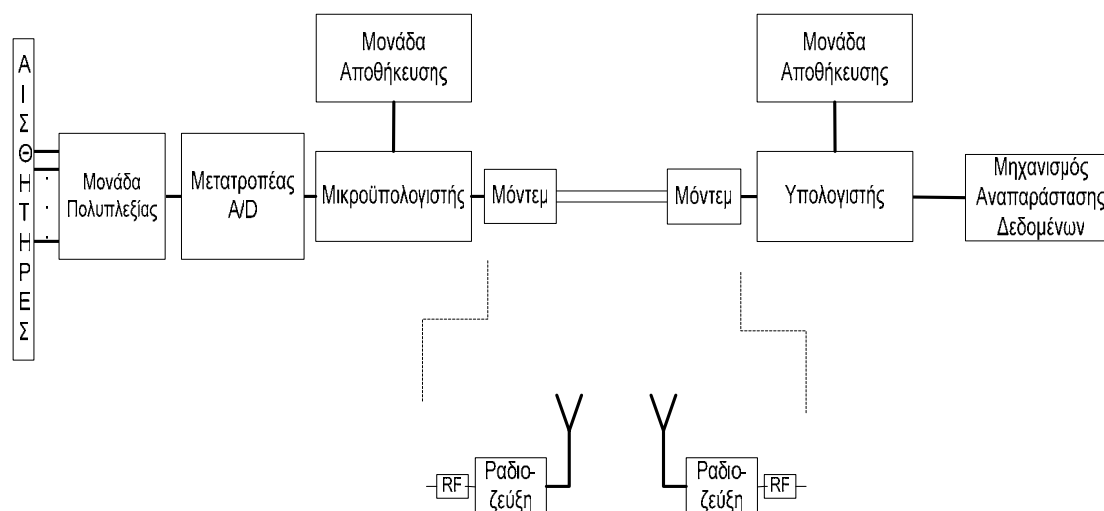
2.2.2 Δομή του κεντρικού σταθμού

Το τμήμα της ψηφιακής τηλεμετρίας πραγματικού χρόνου που βρίσκεται στον κεντρικό σταθμό αποτελεί τον δέκτη των δεδομένων του σταθμού μέτρησης. Έχει ένα modem (ενσύρματο ή ασύρματο), που αποτελεί μονάδα μετατροπής της σειριακής σε παράλληλη πληροφορία. Την πληροφορία αυτή λαμβάνει ο μικροϋπολογιστής, την αποκωδικοποιεί και ελέγχει για την ύπαρξη θορύβου. Στη συνέχεια η πληροφορία αποστέλλεται στην αντίστοιχη μονάδα μετατροπής από ψηφιακή σε αναλογική μορφή (D/A converter) για να καταγραφεί σε καταγραφικό. Επίσης, ο μικροϋπολογιστής μπορεί να στείλει τις ψηφιακές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σε μέσο αποθήκευσης, συνήθως σκληρό δίσκο, για μετέπειτα επεξεργασία.

2.3 Τηλεμετρία μέσω Μονάδας Αποθήκευσης

Στην τεχνική της τηλεμετρίας μέσω μονάδας αποθήκευσης τα δεδομένα που λαμβάνονται στο σταθμό μέτρησης αποθηκεύονται στη μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή άλλης φορητής μονάδας αποθήκευσης που βρίσκεται στο σταθμό αυτό.

Ο κεντρικός σταθμός σε τακτά χρονικά διαστήματα επικοινωνεί (ενσύρματα ή ασύρματα) με το σταθμό μέτρησης για τη συλλογή των καταγεγραμμένων πληροφοριών. Στις εφαρμογές της τηλεμετρίας μέσω αποθηκευτικής μονάδας, πρωταρχικό ρόλο παίζουν η δομή του σταθμού μέτρησης καθώς και η δομή του κεντρικού σταθμού, η ανάλυση των οποίων είναι παρακάτω.



Σχήμα 2.2. Τηλεμετρία μέσω μονάδας αποθήκευσης.

2.3.1 Δομή του σταθμού μέτρησης

Σε κάθε σταθμό μέτρησης μετατρέπονται οι αναλογικές πληροφορίες των φυσικών παραμέτρων που μετρά ο σταθμός, σε ηλεκτρικό σήμα. Το τμήμα αυτό του σταθμού είναι το πιο σημαντικό διότι μεγάλο σφάλμα μετρήσεων, οδηγεί σε λάθος πληροφορίες στον κεντρικό σταθμό. Επίσης, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός συστήματος το οποίο διαβάζει τα αναλογικά ηλεκτρικά σήματα από την έξοδο των αισθητήρων και τα μετατρέπει σε ψηφιακή πληροφορία. Το σύστημα αυτό έχει την ονομασία Datalogger και αποτελείται από μια κεντρική μονάδα μικροϋπολογιστή (Central Processing Unit - CPU), μαζί με τη μνήμη RAM (Random Access Memory) για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων καθώς και τη μνήμη ROM (Read Only Memory) στην οποία είναι αποθηκευμένο το λειτουργικό πρόγραμμα. Τέτοιου είδους συστήματα, διαθέτουν επίσης μονάδα αναλογικής πολυπλεξίας για να μετράνε περισσότερα από ένα αναλογικά σήματα, καθώς και μονάδα μετατροπής της αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακή (A/D converter) για να μπορεί η CPU να διαβάζει την ψηφιακή πληροφορία, να την επεξεργάζεται και να την καταχωρεί στη μνήμη της.

Οι μονάδες αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς μέτρησης, μπορούν να λειτουργούν σε περιβάλλον πολυδιεργασίας. Έτσι κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας με τον κεντρικό σταθμό για τη μεταφορά δεδομένων, μπορούν ταυτόχρονα να διαβάζουν τις πληροφορίες από τους αισθητήρες.

2.3.2 Δομή του κεντρικού σταθμού

Ο κεντρικός σταθμός είναι ο αποδέκτης όλων των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους σταθμούς μέτρησης. Ο κεντρικός σταθμός αποτελείται από ένα Η/Υ ώστε οι απεικονίσεις και οι πράξεις να γίνονται γρήγορα και από ένα μέσο αποθήκευσης πληροφοριών μεγάλης χωρητικότητας. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός modem (ενσύρματο ή ασύρματο) για την επικοινωνία με τους σταθμούς μέτρησης. Το πιο σημαντικό στον κεντρικό σταθμό μέτρησης είναι το λογισμικό που πρέπει να τρέξει ο υπολογιστής για να επικοινωνεί με τους σταθμούς μέτρησης και να λαμβάνει τις μετρήσεις που έχουν αποθηκευτεί στο αποθηκευτικό μέσο. Το πρόγραμμα επικοινωνίας πρέπει να διασφαλίζει με ειδικά πρωτόκολλα επικοινωνίας ότι τα δεδομένα που λαμβάνει είναι αυτά που στέλνει ο σταθμός μέτρησης, απομονώνοντας τυχόν παρεμβολές.

2.4 Μορφές Επικοινωνίας

2.4.1 Εισαγωγή

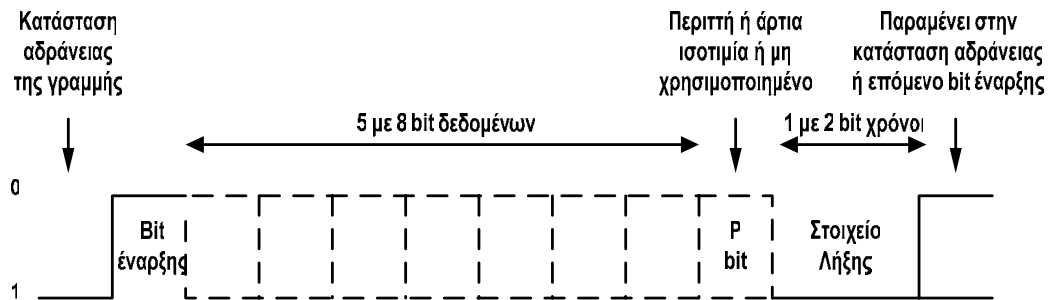
Η μετάδοση μιας ροής από bit από μια συσκευή σε μια άλλη μέσω μιας ζεύξης απαιτεί αρκετή συνεργασία και συνεννόηση μεταξύ των δύο πλευρών. Μια από τις πιο θεμελιώδεις απαιτήσεις είναι ο συγχρονισμός. Ο δέκτης πρέπει να γνωρίζει το ρυθμό με τον οποίο παραλαμβάνονται τα bits, έτσι ώστε να μπορεί σε τακτά χρονικά διαστήματα να κάνει δειγματοληψία στη γραμμή για να καθορίσει την τιμή του κάθε bit που λαμβάνεται. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές, η ασύγχρονη και η σύγχρονη μετάδοση. Η ασύγχρονη μετάδοση είναι πιο οικονομική αλλά η σύγχρονη είναι πιο αποδοτική για αρκετά μεγάλες ενότητες δεδομένων [2].

2.4.2 Ασύγχρονη Επικοινωνία

Η στρατηγική αυτής της μεθόδου είναι να αποφευχθεί το πρόβλημα συγχρονισμού με την αποστολή σύντομων και μη διακοπτόμενων ροών από bits. Αντί αυτού, τα δεδομένα μεταδίδονται ανά ένα χαρακτήρα τη φορά, με κάθε χαρακτήρα να έχει μήκος 5-8 bits. Ο συγχρονισμός πρέπει να διατηρηθεί μόνο μέσα σε κάθε χαρακτήρα και ο δέκτης έχει την ευκαιρία να ξανασυγχρονιστεί στην αρχή κάθε νέου χαρακτήρα.

Στο **Σχήμα 2.3** παρουσιάζεται η μορφή των δεδομένων κατά τη μετάδοσής τους με την τεχνική της ασύγχρονης επικοινωνίας. Όταν κανένας χαρακτήρας δεν μεταδίδεται, η γραμμή μεταξύ της συσκευής μετάδοσης και του δέκτη είναι σε κατάσταση αδράνειας. Ο ορισμός της αδράνειας είναι ισοδύναμος με το αντίστοιχο στοιχείο σηματοδότησης για το δυαδικό 1. Η αρχή ενός χαρακτήρα επισημαίνεται από ένα bit έναρξης με τιμή δυαδικού 0. Αυτό ακολουθείται από 5-8 bits που ουσιαστικά αποτελούν τον χαρακτήρα. Τα bit του χαρακτήρα μεταδίδονται αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό bit. Συνήθως τα bit δεδομένων ακολουθούνται από ένα bit ισοτιμίας, το οποίο επομένως είναι στη σημαντικότερη θέση bit (most significant bit position). Το bit ισοτιμίας τίθεται από τον πομπό έτσι ώστε ο συνολικός αριθμός 1

στο χαρακτήρα, συμπεριλαμβανομένου του bit ισοτιμίας, να είναι άρτιος (άρτια ισοτιμία) ή περιττός (περιττή ισοτιμία) ανάλογα με τη σύμβαση που χρησιμοποιείται. Αυτό το bit χρησιμοποιείται από το δέκτη για την αναγνώριση σφαλμάτων. Το τελικό στοιχείο είναι ένα στοιχείο λήξης το οποίο είναι ένα δυαδικό 1. Προσδιορίζεται ένα ελάχιστο μήκος για το στοιχείο λήξης και αυτό είναι συνήθως 1, 1.5 ή 2 φορές η διάρκεια ενός συνηθισμένου bit. Επειδή το στοιχείο λήξης είναι το ίδιο με την κατάσταση αδράνειας, ο πομπός θα συνεχίσει να μεταδίδει αυτό το στοιχείο μέχρι να είναι έτοιμος να στείλει τον επόμενο χαρακτήρα. Εάν μια ροή χαρακτήρων σταλεί, το διάστημα μεταξύ δύο χαρακτήρων είναι ομοιόμορφο και ίσο με το στοιχείο λήξης.



Σχήμα 2.3. Μορφή δεδομένων κατά τη μετάδοσή τους.

Οι απαιτήσεις συγχρονισμού αυτής της μεθόδου είναι μέτριες. Στην περίπτωση που ο δέκτης είναι κατά ένα μεγάλο ποσοστό πιο αργός ή πιο γρήγορος από τον πομπό, θα έχουμε σφάλμα στο τελευταίο δείγμα. Με αυτό το σφάλμα, έχουμε στην πραγματικότητα και δεύτερο σφάλμα το οποίο καλείται σφάλμα πλαισίωσης (framing error), το οποίο πήρε το όνομά του από το γεγονός ότι ο χαρακτήρας μαζί με το στοιχείο έναρξης και λήξης καλούνται ως πλαίσιο. Αυτό το σφάλμα εμφανίζεται στην περίπτωση που η αρίθμηση των bit χάσει την ευθυγράμμιση της και κατά αυτό τον τρόπο ένα bit μπορεί εσφαλμένα να θεωρηθεί ως bit έναρξης. Σφάλμα πλαισίωσης έχουμε και στην περίπτωση που μια κατάσταση θορύβου μπορεί να προκαλέσει την εσφαλμένη εμφάνιση ενός bit έναρξης κατά τη διάρκεια της κατάστασης αδράνειας.

Η ασύγχρονη μορφή επικοινωνίας όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται για τη μεταβίβαση και λήψη χαρακτήρων, δηλαδή μεταφέρεται ένα δεδομένο (data) τη φορά σε κάποιο δεδομένο χρόνο. Επειδή δεν έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει την πληροφορία, για να μπορέσει να επικοινωνήσει με άλλα τερματικά του συστήματος, χρειάζεται μια ειδική μονάδα επεξεργασίας, την PAD (Packet Assembler Disassembler). Το PAD, δεν αλλάζει τα μηνύματα που δέχεται ή στέλνει, απλά τα μετασχηματίζει έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο έλεγχος και η ροή των δεδομένων.

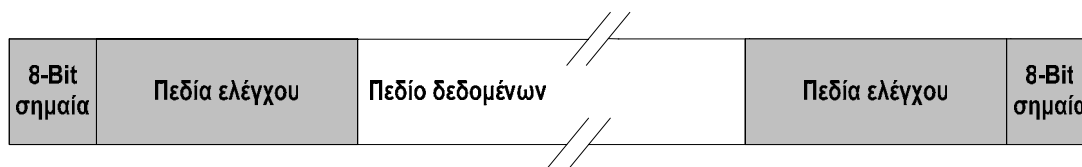
2.4.3 Σύγχρονη Επικοινωνία

Με τη σύγχρονη μετάδοση μια ενότητα bit μεταδίδεται με σταθερή ροή χωρίς κώδικες έναρξης και λήξης. Η ενότητα αυτή σε μήκος μπορεί να είναι πολλά bit. Για να αποτραπεί η απόκλιση συγχρονισμού μεταξύ πομπού και δέκτη τα ρολόγια τους πρέπει κάπως να συγχρονιστούν. Μια πιθανότητα είναι να χρησιμοποιηθεί ξεχωριστή

γραμμή ρολογιού μεταξύ πομπού και δέκτη. Η μια πλευρά (πομπός ή δέκτης) στέλνει τακτικά ένα παλμό στη γραμμή, ανά χρόνο ενός bit. Η άλλη πλευρά χρησιμοποιεί αυτούς τους συχνούς παλμούς ως ρολόι. Αυτή η τεχνική λειτουργεί καλά για σύντομες αποστάσεις, αλλά σε μεγαλύτερες αποστάσεις οι παλμοί ρολογιών υπόκεινται σε βλάβες και μπορούν να συμβούν σφάλματα συγχρονισμού. Η άλλη εναλλακτική λύση είναι να ενσωματωθούν οι πληροφορίες συγχρονισμού στο σήμα δεδομένων. Όσον αφορά τα ψηφιακά σήματα μπορούν, να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό διάφορες κωδικοποιήσεις. Για τα αναλογικά σήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες συχνότητες, όπως η ίδια η φέρουσα συχνότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συγχρονίσει το δέκτη με βάση τη φάση.

Με τη σύγχρονη μετάδοση απαιτείται ακόμα ένα πεδίο συγχρονισμού για να επιτραπεί στο δέκτη να καθορίσει την αρχή και το τέλος μιας ενότητας δεδομένων. Για να επιτευχθεί αυτό, κάθε ενότητα αρχίζει με την ακολουθία συγχρονισμού αρχής (preamble) και γενικά τελειώνει με την ακολουθία συγχρονισμού τέλους (postamble). Το πεδίο δεδομένων συν την ακολουθία συγχρονισμού αρχής και τέλους και την πληροφορία ελέγχου καλούνται πλαίσιο (frame).

Το **Σχήμα 2.4** εμφανίζει, σε γενικούς όρους, μια τυπική μορφή ενός πλαισίου για σύγχρονη μετάδοση. Τυπικά, το πλαίσιο αρχίζει με την ακολουθία συγχρονισμού αρχής αποκαλούμενη σημαία (flag), η οποία είναι 8 bit. Η ίδια σημαία χρησιμοποιείται ως ακολουθία συγχρονισμού τέλους. Ο δέκτης ψάχνει για τη εμφάνιση της σημαίας για την έναρξη ενός πλαισίου. Αυτή ακολουθείται από κάποιο αριθμό πεδίων ελέγχου, κατόπιν από ένα πεδίο δεδομένων (μεταβλητού μήκους για τα περισσότερα πρωτόκολλα), από επιπλέον πεδία ελέγχου και τελικά επαναλαμβάνεται η σημαία.



Σχήμα 2.4. Μορφή σύγχρονου πλαισίου.

Αυτή η μορφή επικοινωνίας χρησιμοποιείται όταν έχουμε να μεταφέρουμε ή να λάβουμε πολλά δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση η πληροφορία μεταφέρεται με τη μορφή πακέτων.

2.5 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Το “πρωτόκολλο” είναι μια συνθήκη ή ένα σύνολο κανόνων που καθορίζει πώς θα πραγματοποιηθεί μια διαδικασία. Παραδείγματος χάριν, το πρωτόκολλο της προφορικής και της γραπτής επικοινωνίας των ανθρώπων, καθορίζεται από το σύνολο των γραμματικών και συντακτικών κανόνων. Μια όχι ιδιαίτερα αυστηρή χρήση του πρωτοκόλλου αυτού, δεν εμποδίζει σοβαρά την μεταξύ μας επικοινωνία γιατί το νόημα μπορεί να γίνει κατανοητό από τα συμφραζόμενα.

Δεν μπορεί όμως να γίνει το ίδιο και με τις περίπλοκες ηλεκτρονικές μηχανές και διατάξεις. Έτσι, αν δυο ηλεκτρονικές διατάξεις θέλουν να «συνομιλήσουν» χωρίς να

χρησιμοποιούν ένα αυστηρά προκαθορισμένο πρωτόκολλο για την επικοινωνία τους, θα προκληθεί σύγχυση και αμοιβαία λήψη ασαφών δεδομένων με αποτέλεσμα την έλλειψη κάθε επικοινωνίας.

Εάν όλες οι ηλεκτρονικές μηχανές και διατάξεις ήταν όμοιες, θα αρκούσε για την επικοινωνία τους ο καθορισμός ενός μόνο πρωτοκόλλου. Αλλά η ποικιλομορφία των υφισταμένων διατάξεων οδήγησε στην καθιέρωση πολλών πρωτοκόλλων και βαθμιαία στην τυποποίηση αυτών των πρωτοκόλλων σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο καθορισμός των προτύπων γίνεται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO), αλλά ειδικότερα για τον τομέα των τηλεπικοινωνιών στην ευρεία του έννοια, αρμόδια είναι η Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή για την Τηλεφωνία και Τηλεγραφία (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique - CCITT), η οποία ασχολείται με την εκπόνηση και έκδοση των σχετικών διεθνών προτύπων με τη μορφή οδηγιών που ονομάζονται Συστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή

Από την αρχαία εποχή, οι άνθρωποι κοιτούσαν τα ουράνια για να μπορέσουν να βρουν το δρόμο τους. Σήμερα, η ραδιοναυτιλιακή πλοήγηση με χρήση δορυφόρων συνεχίζει αυτή την παράδοση καθώς προσφέρει, χάρις στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από την παρατήρηση του ήλιου και των αστεριών. Η σχετική τεχνολογία που αναπτύχθηκε τα τελευταία 30 χρόνια περίπου, υλοποιήθηκε αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Σήμερα δίνει την δυνατότητα σε οποιονδήποτε διαθέτει ένα δέκτη, ικανό να λαμβάνει σήματα που εκπέμπονται από δορυφόρους, να προσδιορίσει τη θέση του σε χρόνο και χώρο με μεγάλη ακρίβεια.

Στα πλαίσια των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης, έχει αναπτυχθεί μεγάλη ποικιλία συστημάτων πλοήγησης με χρήση δορυφόρων. Η Διεθνής Οργάνωση Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Organization - ICAO) υποστηρίζει ένα Παγκόσμιο Σύστημα Πλοήγησης με Δορυφόρους (Global Navigation Satellite System - GNSS) που αποτελείται από ένα σύνολο συμβατών συστημάτων δορυφόρων πλοήγησης όπως το Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων (Global Positioning System - GPS), το Προσθετικό Σύστημα Ευρείας Ζώνης (Wide Area Augmentation System - WAAS) και το Προσθετικό Σύστημα Τοπικής Ζώνης (Local Area Augmentation System - LAAS). Επιπρόσθετα, υπάρχει το ρωσικό Παγκόσμιο Δορυφορικό Τροχιακό Σύστημα Πλοήγησης (Global Orbiting Navigation Satellite System - GLONASS), ενώ στην Ευρώπη αναπτύσσεται ένα αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, το Galileo. Άλλα υποβοηθητικά συστήματα βασιζόμενα σε δορυφόρους (Satellite Based Augmentation Systems - SBAS), όπως το Αμερικάνικο WAAS, είναι το Καναδικό WAAS, τα Ιαπωνικά Πολυλειτουργικό Μεταγωγικό Σύστημα Δορυφόρων (Multi-Functional Transport Satellite - MTSAT) και Πολυλειτουργικό Προσθετικό Σύστημα Δορυφόρων (Multi-Functional Satellite Augmentation System - MSAS) και το Ευρωπαϊκό Γεωσταθερό Σύστημα Πλοήγησης Επιφάνειας (European Geostationary Navigation Overlay System - EGNOS).

3.2 Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων

3.2.1 Εισαγωγή

Το Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων, γνωστό ως Global Positioning System (GPS), αποτελεί ένα σύστημα πλοήγησης που βασίζεται σε πληροφορίες που λαμβάνει από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων που έχουν τεθεί σε τροχιά από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Department Of Defence - DOD). Οι δορυφόροι αυτοί επιτρέπουν σε οποιοδήποτε κάτοχο δέκτη GPS να προσδιορίζει την

ακριβή θέση του, σε όποιο σημείο του πλανήτη και να βρίσκεται, σε οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες και όλο το 24ωρο, βασιζόμενοι στο γεωγραφικό πλάτος, στο γεωγραφικό μήκος και στο υψόμετρο [3].

3.2.2 Ιστορικά Γεγονότα

Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται για το GPS εκτοξεύθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς από το *NavStar*. Το *NavStar* προέρχεται από τα αρχικά του “NAVigation Satellite Timing And Ranging” και είναι το επίσημο όνομα που δόθηκε στο σύστημα των δορυφόρων από την Κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών. Ο πρώτος GPS δορυφόρος εκτοξεύθηκε το 1978. Παρόλο που ο βασικός σκοπός ανάπτυξης του συστήματος ήταν για στρατιωτικές εφαρμογές, από το 1980 και μετά το σύστημα είναι διαθέσιμο για χρήση από πολίτες [4].

Υπάρχουν δύο γενιές δορυφόρων, οι τύπου BLOCK I και τύπου BLOCK II. Ο πρώτος BLOCK II δορυφόρος εκτοξεύθηκε το 1989. Το σύστημα GPS είχε πλήρη λειτουργία στις 27 Απριλίου του 1995.

3.2.3 Το σύστημα δορυφόρων του GPS

Η πρώτη γενιά δορυφόρων καλούνταν τύπου BLOCK I. Αυτού του τύπου οι δορυφόροι εκτοξεύθηκαν από το 1978 μέχρι το 1985 από την αεροπορική βάση Vandenberg της Καλιφόρνια και κατασκευάστηκαν από την Rockwell International. Είχαν ως εκτιμώμενη ζωή τα 5 χρόνια, αλλά στην πλειοψηφία τους απέδωσαν πολύ καλά και για περισσότερα χρόνια.

Το τρέχον σύστημα GPS χρησιμοποιεί τη δεύτερη γενιά δορυφόρων που είναι τύπου BLOCK II. Οι δορυφόροι τύπου BLOCK II σχεδιάστηκαν ώστε να παρέχουν 14 μέρες λειτουργίας χωρίς επαφή με το τμήμα ελέγχου (Control Segment - CS). Εκτοξεύθηκαν για πρώτη φορά από τον Φεβρουάριο του 1989 μέχρι τον Οκτώβριο του 1990. Οι δορυφόροι τύπου BLOCK IIA σχεδιάστηκαν να λειτουργούν 180 μέρες χωρίς επαφή με το τμήμα ελέγχου, όμως κατά την διάρκεια των τελευταίων ημερών σημειώθηκε μείωση της ακρίβειας, πράγμα εμφανές από τα μηνύματα πλοήγησης. Εκτοξεύθηκαν πρώτη φορά το Νοέμβριο του 1997. Η προδιαγεγραμμένη διάρκεια ζωής τόσο του BLOCK II όσο και του BLOCK IIA ήταν 7,3 χρόνια, αναπτύχθηκαν από την Rockwell International και η εκτόξευση έγινε από το ακρωτήριο Canaveral στην Φλόριντα.



Εικόνα 3.1. Δορυφόροι του GPS [20].

Η ανανεωμένη γενιά δορυφόρων είναι τύπου BLOCK IIR και αναπτύχθηκε από την Lockheed Martin. Είναι σχεδιασμένοι να παρέχουν το λιγότερο 14 μέρες λειτουργίας χωρίς επικοινωνία με το τμήμα ελέγχου και μέχρι 180 όταν λειτουργούν σε αυτόνομη πλοήγηση (AUTOnomous NAVigation - AUTONAV). Η διάρκεια ζωής αυτών των δορυφόρων είναι 7,8 χρόνια και η εκτόξευσή τους ξεκίνησε το Γενάρη του 1997. Οι δορυφόροι τύπου BLOCK II τέθηκαν στην ίδια τροχιά με αυτούς του τύπου BLOCK I, αλλά με γωνία απόκλισης 63 μοίρες.

Σήμερα, οι 24 δορυφόροι που απαρτίζουν το τμήμα χώρου (space segment) του συστήματος βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη σε ύψος περίπου 20.000 km. Κινούνται συνεχώς και πραγματοποιούν δυο πλήρεις τροχιές σε λιγότερο από 24 ώρες και ταξιδεύουν με ταχύτητα περίπου 12.950 km την ώρα. Οι δορυφόροι αυτοί ζυγίζουν γύρω στα 775 kg, έχουν διάμετρο περίπου 5,2 m με εκτεταμένα τα ηλιακά τους πλαίσια και εκπέμπουν ενέργεια το πολύ 50 Watt.

Οι δορυφόροι GPS χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια, αλλά έχουν και εφεδρικές μπαταρίες σε περίπτωση ηλιακής έκλειψης. Κάθε δορυφόρος είναι εφοδιασμένος με μικρούς πυραύλους προώθησης ώστε να ελέγχεται η σωστή τροχιά τους. Ο κάθε δορυφόρος κατασκευάζεται για να διαρκεί περίπου 10 χρόνια, ενώ αντικαταστάσεις γίνονται συνεχώς [5].

3.2.4 Πώς λειτουργεί το σύστημα GPS

Οι δορυφόροι GPS πραγματοποιούν κύκλους γύρω από τη γη 2 φορές την ημέρα σε ακριβείς τροχιές και εκπέμπουν σήματα πληροφορίας στη γη. Οι δέκτες GPS λαμβάνουν αυτή την πληροφορία και χρησιμοποιούν τριγωνισμό για τον υπολογισμό της ακριβούς θέσης του χρήστη. Στην ουσία, ο δέκτης GPS συγκρίνει την ώρα που απεστάλη το σήμα από το δορυφόρο με την ώρα που αυτό ελήφθη. Έτσι, με μετρήσεις της απόστασης από μερικούς ακόμα δορυφόρους, ο δέκτης μπορεί να προσδιορίσει τη θέση του χρήστη [6].

Ο GPS δέκτης προσδιορίζει μέσω του σήματος το λιγότερο τριών δορυφόρων δισδιάστατη (2D) θέση (γεωμετρικό πλάτος και μήκος). Με τέσσερις και

περισσότερους ορατούς δορυφόρους, ο δέκτης μπορεί να προσδιορίσει την τρισδιάστατη (3D) θέση (γεωγραφικό πλάτος, μήκος και υψόμετρο). Εφόσον η θέση της μονάδας έχει προσδιοριστεί, η μονάδα GPS μπορεί να υπολογίσει άλλες πληροφορίες όπως ταχύτητα, πορεία, απόσταση, απόσταση από προορισμό και άλλα.

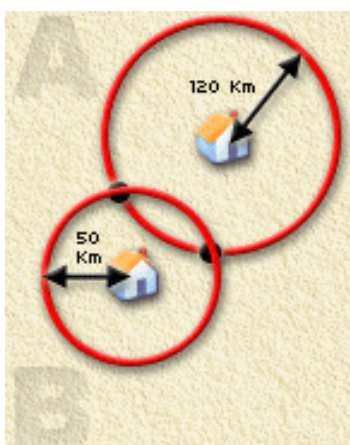
Παράδειγμα 1[4]

Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας σε δύο διαστάσεις, θεωρούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Ας υποθέσουμε ότι είμαστε κάπου στην Ευρώπη και έχουμε χαθεί. Ξέρουμε όμως ότι βρισκόμαστε σε απόσταση από μια πόλη Α, έστω 120km. Από μόνη της αυτή η πληροφορία είναι λίγο άχρηστη διότι δεν γνωρίζουμε αν είμαστε βόρεια ή νότια από την πόλη αυτή. Αν σχεδιάσουμε στο χάρτη ένα κύκλο με κέντρο την πόλη και ακτίνα 120, θα είμαστε σίγουρα πάνω στην περίμετρο αυτού του κύκλου, που φαίνεται με κόκκινο χρώμα στο **Σχήμα 3.2**.



Σχήμα 3.2. Πιθανές θέσης με γνώση μιας απόστασης [4].

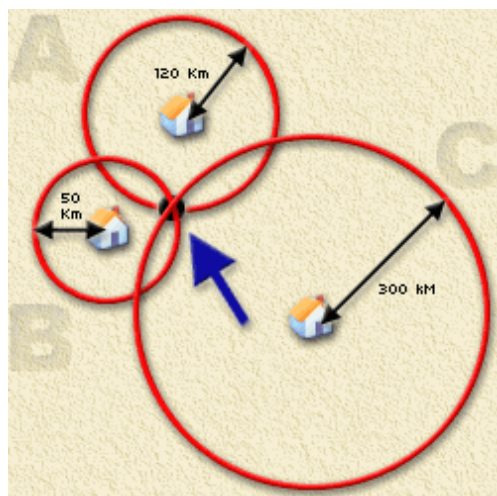
Αν υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε επίσης ότι είμαστε 50 km από μια πόλη Β. Αν χαράξουμε πάλι ένα κύκλο στο χάρτη με κέντρο την πόλη Β και ακτίνα 50, θα ξέρουμε ότι βρισκόμαστε σε ένα από τα σημεία τομής των δύο κύκλων. Τα σημεία αυτά αναπαρίστανται με μαύρες κουκίδες στο **Σχήμα 3.2**.



Σχήμα 3.3. Πιθανές θέσεις με γνώση δύο αποστάσεων [4].

Έτσι, από τα άπειρα σημεία στα οποία μπορούσαμε να βρισκόμαστε, τώρα περιοριστήκαμε στα δυο.

Αν τελικώς υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε και την απόστασή μας από μια τρίτη πόλη C ότι είναι 300km και κατά την ίδια διαδικασία χαράζουμε και τρίτο κύκλο, τότε μόνο ένα έγκυρο σημείο τομής θα απομείνει (Σχήμα 3.3) και πάνω σε αυτό θα βρισκόμαστε.

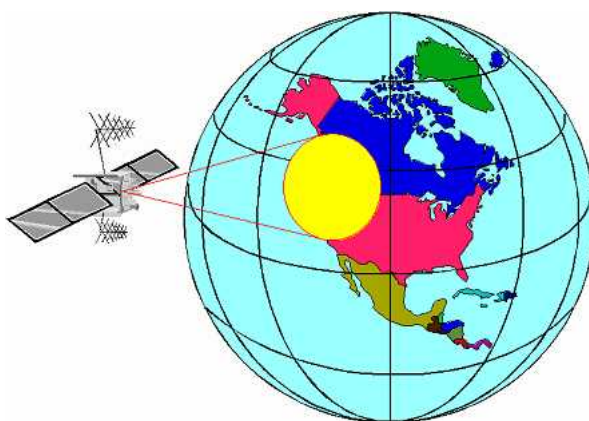


Σχήμα 3.4. Εύρεση θέσης σε διδιάστατο επίπεδο [4].

Αυτός είναι ο διδιάστατος τρόπος που χρησιμοποιούν τα GPS για τον προσδιορισμό της θέσης. Αν συνδυάσουμε τα όσα αναφέραμε στο παράδειγμα με μια τέταρτη τοποθεσία, και αν φανταστούμε τους κύκλους σαν σφαίρες, τότε θα έχουμε πληροφορίες και για το υψόμετρο. Το ζητούμενο σημείο είναι το κοινό σημείο τομής των τεσσάρων σφαιρών και έτσι έχουμε την τρισδιάστατη απεικόνιση, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Παράδειγμα 2 [7]

Υποθέτουμε ότι ανοίγοντας τον GPS δέκτη, λαμβάνουμε το σήμα ενός μόνο δορυφόρου. Ο δέκτης μας λέει τη θέση αυτού του δορυφόρου καθώς και την απόσταση μεταξύ μας. Όμως, αυτή η μοναδική μέτρηση δεν παρέχει αρκετές πληροφορίες. Καταλήγουμε μόνο στο συμπέρασμα ότι βρισκόμαστε σε ένα κύκλο του οποίου η περιφέρεια καθορίζεται από την απόσταση από το δορυφόρο (Σχήμα 3.5).



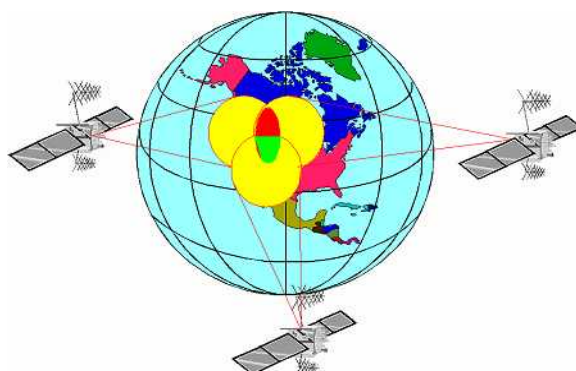
Σχήμα 3.5. Πληροφορίες σήματος ενός δορυφόρου [7].

Τώρα ας υποθέσουμε ότι ο δέκτης μας λαμβάνει σήμα και από δεύτερο δορυφόρο. Αυτό βοηθάει στον περιορισμό της θέσης μας. Στην περίπτωση αυτή γνωρίζουμε ότι βρισκόμαστε στην τομή των δύο μεγάλων κύκλων, αλλά ακόμα δεν γνωρίζουμε ακριβή θέση.



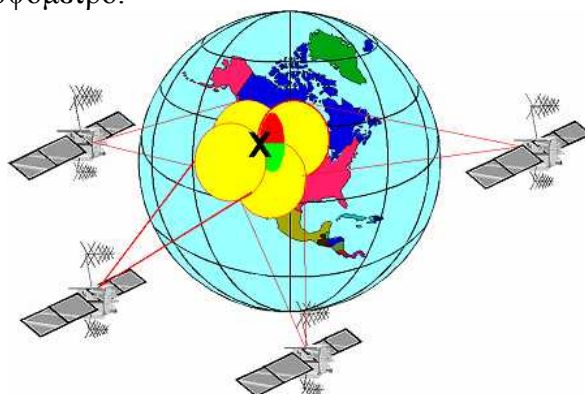
Σχήμα 3.6. Πληροφορίες σήματος δύο δορυφόρων [7].

Αν ο δέκτης λάβει σήμα από τρεις δορυφόρους, τότε ξέρουμε ότι η θέση μας βρίσκεται στην περιοχή της τομής των τριών κύκλων. Έχουμε έτσι προσδιορισμό θέσης σε 2 διαστάσεις.



Σχήμα 3.7. Πληροφορίες σήματος τριών δορυφόρων [7].

Τέλος, με σήμα από τέσσερις δορυφόρους έχουμε ακριβές σημείο θέσης και γνωρίζουμε και το υψόμετρο.



Σχήμα 3.8. Ακριβής προσδιορισμός θέσης σε τρεις διαστάσεις[7].

3.2.5 Τμήματα του συστήματος GPS

Το GPS αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: του χώρου, του ελέγχου και του χρήστη. Καθένα από αυτά αναλύεται παρακάτω [5], [8].

3.2.5.α Τμήμα Χώρου (*Space Segment*)

Το τμήμα αυτό αποτελείται από τους δορυφόρους του GPS που είναι στο σύνολό τους 24 (τέσσερις σε κάθε επίπεδο τροχιών) και εκτελούν τροχιές γύρω από τη γη σε 12 ώρες. Συνήθως είναι περισσότεροι από 24 λειτουργικοί δορυφόροι καθώς καινούριοι εκτοξεύονται για να αντικαταστήσουν παλαιότερους. Το υψόμετρο της τροχιάς είναι τέτοιο ώστε οι δορυφόροι επαναλαμβάνουν τη ίδια τροχιά και την ίδια διαμόρφωση πάνω από οποιοδήποτε σημείο σχεδόν κάθε 24 ώρες (4 λεπτά νωρίτερα κάθε μέρα). Υπάρχουν 6 επίπεδα τροχιάς, σε ίσες αποστάσεις (60 μοίρες διαφορά μεταξύ τους) και έχουν κλίση σχεδόν 55 μοίρες σε σχέση με το επίπεδο του ισημερινού. Αυτή η διάταξη παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να έχει από 5 έως 8 ορατούς δορυφόρους σε οποιοδήποτε σημείο της γης και να βρίσκεται.

3.2.5.β Τμήμα Ελέγχου (*Control Segment*)

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από ένα σύστημα σταθμών εντοπισμού που βρίσκονται στο έδαφος σε όλο τον κόσμο. Υπάρχουν πέντε σταθμοί παρακολούθησης (*Monitor Stations*), τρεις επίγειες κεραίες (*Ground Antennas*) και ένας κύριος σταθμός ελέγχου (*Master Control Station*). Οι σταθμοί παρακολούθησης εντοπίζουν όλους τους ορατούς δορυφόρους, συγκεντρώνοντας δεδομένα εύρους. Η πληροφορία αυτή επεξεργάζεται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου για να προσδιοριστεί η τροχιά και για να αναβαθμιστεί το μήνυμα πλοήγησης του κάθε δορυφόρου. Αναβαθμισμένες πληροφορίες μεταδίδονται σε κάθε δορυφόρο δια μέσου των επίγειων κεραιών.

3.2.5.γ Τμήμα Χρήστη (*Users Segment*)

Αποτελείται από το δέκτη GPS και τους χρήστες. Οι δέκτες GPS μετασχηματίζουν το σήμα των δορυφόρων σε θέση, ταχύτητα και χρόνο. Τέσσερις δορυφόροι χρειάζονται για τον υπολογισμό τεσσάρων διαστάσεων, θέσης και χρόνου.

3.2.6 Υπηρεσίες GPS

Τα GPS παρέχουν υπηρεσίες σε δύο επίπεδα, στην Υπηρεσία Πρότυπης Θέσης (*Standard Positioning Service - SPS*) και στην Υπηρεσία Ακριβούς Θέσης (*Precise Positioning Service - PPS*) [5], [8].

3.2.6.α Υπηρεσία Πρότυπης Θέσης

Η Υπηρεσία Πρότυπης Θέσης είναι μια υπηρεσία εύρεσης θέσης και χρόνου η οποία είναι διαθέσιμη σε όλους τους ιδιωτικούς χρήστες των GPS σε όλο τον κόσμο χωρίς επιπλέον χρέωση. Η υπηρεσία αυτή θα παρέχει στο GPS τη συχνότητα L1 η οποία περιέχει ένα κώδικα που καθορίζει το εύρος των GPS δορυφόρων και καλείται κώδικας προσεγγιστικής λήψης (coarse acquisition code - C/A code), καθώς και ένα μήνυμα πλοήγησης. Παρέχει μια αναμενόμενη ακρίβεια θέσης των 100 μέτρων οριζόντια, των 156 μέτρων κατακόρυφα και ακρίβεια στο χρόνο μεταφοράς στο UTC μέσα σε 340 nanosecond. Οι περισσότεροι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν και να χρησιμοποιούν SPS σήματα, αλλά η ακρίβειά τους εσκεμμένα μειώνεται από το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. με τη χρήση της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (*Selective Availability – S.A.*). Η επιλεκτική διαθεσιμότητα είναι ένα τυχαίο σφάλμα που εφαρμόζει το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. στα ιδιωτικής χρήσης GPS, και μειώνει την ακρίβειά τους παραποιώντας το μήνυμα πλοήγησης για δεδομένα της τροχιάς και/ή τη συχνότητα του ρολογιού του δορυφόρου. Από το 2000 η επιλεκτική διαθεσιμότητα σταμάτησε να εφαρμόζεται.

3.2.6.β Υπηρεσία Ακριβούς Θέσης

Η υπηρεσία αυτή παρέχει υψηλής ακρίβειας θέση, ταχύτητα και χρόνο για στρατιωτικές εφαρμογές. Παρέχει ακρίβεια θέσης το λιγότερο 22 μέτρα οριζόντια και 27,7 μέτρα κατακόρυφα και ακρίβεια στο χρόνο μεταφοράς στο UTC μέσα σε 200 nanosecond. Η υπηρεσία αυτή παρέχει δεδομένα για το GPS στη συχνότητα L1 και L2 και είναι διαθέσιμη μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.

3.2.7 Ακρίβεια του Συστήματος GPS

Οι σημερινοί δέκτες GPS είναι πολύ ακριβείς χάρις στον παράλληλο πολυκάναλο (multi-channel) σχεδιασμό τους. Από τη στιγμή που τίθενται σε λειτουργία, κλειδώνουν αμέσως τους δορυφόρους και διατηρούν το σήμα ακόμα και ανάμεσα σε πυκνές φυλλωσιές ή ψηλά κτίρια. Συγκεκριμένοι ατμοσφαιρικοί παράγοντες και άλλες πηγές σφαλμάτων, που θα αναφερθούν παρακάτω, μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβειά τους. Για παράδειγμα οι Garmin GPS δέκτες είναι κατά μέσω όρο ακριβείς γύρω στα 15 μέτρα.

Ένας τρόπος βελτίωσης της ακρίβειας στα τρία μέτρα κατά μέσο όρο, είναι με τη χρήση του Wide Area Augmentation System (WAAS). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ για την Ασία είναι το αντίστοιχο Ιαπωνικό σύστημα Multi-Functional Satellite Augmentation System (MSAS) και για την Ευρώπη το European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). Οι χρήστες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το Differential Global Positioning System (DGPS), το οποίο διορθώνει το σήμα των GPS σε ένα εύρος των 3-5 μέτρων.

Συνοπτικά, ανάλογα με την περίπτωση έχουμε [6]:

100 μέτρα	Ακρίβεια του πρωτότυπου συστήματος GPS, το οποίο υπόκειται σε μείωση της ακρίβειας λόγω της εφαρμογής του προγράμματος της S.A. (Το S.A. έπαψε να ισχύει από το 2000)
15 μέτρα	Τυπική GPS ακρίβεια θέσης χωρίς το S.A.
3-5 μέτρα	Τυπική διαφορική (DGPS) ακρίβεια θέσης
<3 μέτρα	Τυπική ακρίβεια θέσης με WAAS

3.2.8 Συστήματα βελτίωσης της ακρίβειας των GPS

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, έχουν αναπτυχθεί κάποια συστήματα τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων που παρέχουν τα GPS. Στο σημείο αυτό θα αναλυθούν ορισμένα από αυτά, ενώ παραπλήσιος είναι ο τρόπος λειτουργίας και των υπολοίπων.

3.2.8.1 Προσθετικό Σύστημα Ευρείας Ζώνης (WAAS)

3.2.8.1.α Τι είναι το σύστημα αυτό

Βασικά, αποτελεί ένα σύστημα δορυφόρων και επίγειων σταθμών που παρέχει διορθώσεις στο σήμα του GPS, δίνοντας έτσι περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη ακρίβεια θέσης. Ένας δέκτης συμβατός με το WAAS μπορεί να δώσει συντεταγμένες θέσης με ακρίβεια μεγαλύτερη από 3 μέτρα. Οι διορθώσεις που πετυχαίνει αυτό το σύστημα είναι στα σφάλματα του σήματος του GPS τα οποία οφείλονται σε ιονοσφαιρικές διαταραχές, στο συγχρονισμό και σε σφάλματα τροχιάς των δορυφόρων. Παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του κάθε δορυφόρου. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε για την ασφάλεια και ακρίβεια στην προσγείωση των αεροσκαφών, όπου τα 10 μέτρα σφάλματος θέσης δημιουργούσαν σημαντικό πρόβλημα.

Το σύστημα LAAS είναι παρόμοιο με το WAAS μόνο που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη της προσγείωσης των αεροσκαφών σε τοπική περιοχή (εύρους 37 km), μέσω ενός επίγειου σταθμού DGPS [6], [9], [10].

3.2.8.1.β Πώς λειτουργεί

Το σύστημα WAAS αποτελείται από περίπου 25 επίγειους σταθμούς αναφοράς τοποθετημένους στις Ηνωμένες Πολιτείες, που καταγράφουν δεδομένα δορυφόρων. Δύο κεντρικοί σταθμοί συγκεντρώνουν δεδομένα από τους σταθμούς αναφοράς και δημιουργούν το διορθωτικό μήνυμα. Η διόρθωση αυτή υπολογίζει για το GPS την απόκλιση της τροχιάς του δορυφόρου και του ρολογιού καθώς και την καθυστέρηση του σήματος που οφείλεται στην ατμόσφαιρα και την ιονόσφαιρα. Το διορθωτικό διαφορικό μήνυμα αναμεταδίδεται μέσω ενός από τους δυο γεωσταθερούς δορυφόρους (έχουν σταθερή θέση ως προς τη γη) ή μέσω δορυφόρων με σταθερή θέση πάνω από τον ισημερινό, πάνω στην L1 συχνότητα. Ο κάθε δορυφόρος καλύπτει ένα ημισφαίριο εκτός από τις πολικές περιοχές. Ο δέκτης, που μπορεί να βρίσκεται πάνω σε αεροσκάφος ή πλοίο, συγκρίνει το σήμα του GPS με το

διορθωτικό μήνυμα WAAS για να μπορέσει να αυξήσει την ακρίβεια θέσης του. Η πληροφορία έχει δομή ίδια με τη βασική δομή του σήματος των GPS, πράγμα που σημαίνει ότι οποιοσδήποτε δέκτης GPS συμβατός με WAAS, μπορεί να διαβάσει το σήμα.

3.2.8.1.γ Ποιοι ωφελούνται από το σύστημα

Σήμερα, οι δορυφόροι του WAAS είναι διαθέσιμοι μόνο στην Βόρεια Αμερική, ενώ στην Νότια μπορεί να ληφθεί σήμα αλλά όχι διορθωμένο. Έτσι, παρόλο που κάποιο χρήστες των GPS έχουν συμβατότητα με το σύστημα, το σήμα δεν είναι διορθωμένο και κατά συνέπεια δεν αυξάνεται η ακρίβεια. Η λήψη του σήματος WAAS είναι ιδανική σε ανοιχτό έδαφος και σε ναυτικές εφαρμογές. Παρέχει εκτεταμένη κάλυψη τόσο στη στεριά όσο και μεσοπέλαγα σε αντίθεση με το σύστημα εδάφους DGPS. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του WAAS σε σχέση με το DGPS, είναι ότι το πρώτο δεν απαιτεί επιπρόσθετο εξοπλισμό λήψης σε αντίθεση με το δεύτερο και ότι η λήψη του σήματός του είναι δωρεάν.

3.2.8.2 Παγκόσμιο Διαφορικό Σύστημα Πλοήγησης (DGPS)

3.2.8.2.α Τι είναι το σύστημα αυτό

Το DGPS (Differential Global Positioning System) είναι ένα συνηθισμένο GPS με μια επιπρόσθετη διόρθωση (διαφορική - differential) προστιθέμενη στο σήμα. Αυτό το διορθωτικό σήμα βελτιώνει την ακρίβεια του GPS και μπορεί να μεταδοθεί σε οποιοδήποτε εξουσιοδοτημένο κανάλι. Το σύστημα αυτό έχει και το πλεονέκτημα να προειδοποιεί αυτόματα το χρήστη στην περίπτωση που η ακρίβεια του σταθμού αναφοράς πέσει κάτω από κάποια όρια. Όταν το διαφορικό σήμα χαθεί τελείως, η συσκευή λειτουργεί σαν απλό GPS. Πρέπει να σημειωθεί ότι οποιοσδήποτε δέκτης DGPS λαμβάνει μόνο τις διορθώσεις του σήματος που αποστέλλονται από τον DGPS beacon transmitter (δηλαδή από ένα πομπό που εκπέμπει σήματα προς όλες τις κατευθύνσεις). Τις διορθώσεις αυτές τις παρέχει σε ένα “DGPS Ready” GPS δέκτη, ενώ δεν μπορεί να δώσει πληροφορίες για συντεταγμένες, την ταχύτητα ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία μπορούμε να πάρουμε από ένα GPS [3], [6], [8], [11].

3.2.8.2.β Πώς λειτουργεί

Η ιδέα πίσω από όλους τους διαφορικούς τρόπους εύρεσης της θέσης, είναι η διόρθωση των σφαλμάτων σε μια τοποθεσία μέσω της μέτρησης των σφαλμάτων σε μια γνωστή θέση. Ένας σταθμός αναφοράς ή βασικός σταθμός υπολογίζει τις διορθώσεις για το σήμα του κάθε δορυφόρου και το αποστέλλει στον κινούμενο δέκτη.

Το DGPS λειτουργεί τοποθετώντας ένα υψηλών επιδόσεων δέκτη GPS σε μια γνωστή θέση. Εφόσον ο δέκτης γνωρίζει την ακριβή θέση του, μπορεί να προσδιορίσει τα σφάλματα στα σήματα των δορυφόρων. Αυτό επιτυγχάνεται μετρώντας τις αποστάσεις από κάθε δορυφόρο χρησιμοποιώντας τα λαμβανόμενα σήματα, και

συγκρίνοντας αυτές τις μετρήσεις με τις πραγματικές αποστάσεις υπολογισμένες από τη γνωστή θέση. Η διαφορά μεταξύ των μετρούμενων και υπολογιζόμενων αποστάσεων αποτελεί το συνολικό σφάλμα. Τα δεδομένα σφάλματος για κάθε εντοπισμένο δορυφόρο μορφοποιούνται σε ένα διορθωτικό μήνυμα και μεταδίδονται στους χρήστες των GPS. Στη συνέχεια, αυτές οι διαφορικές διορθώσεις εφαρμόζονται στους υπολογισμούς του GPS. Κατά αυτόν τον τρόπο απομακρύνεται το μεγαλύτερο ποσοστό σφάλματος του σήματος των δορυφόρων βελτιώνοντας έτσι την ακρίβεια του συστήματος. Η ακρίβεια εξαρτάται από την ποιότητα του δέκτη.

Τώρα που η επιλεκτική διαθεσιμότητα βρίσκεται εκτός λειτουργίας, η ακρίβεια αν βρισκόμαστε κοντά σε ένα σταθμό εκπομπής, περιορίζεται σε λίγα μέτρα με χρήση συνδυασμού GPS/DGPS. Στην ακραία περίπτωση που είμαστε πολύ μακριά από το σταθμό, η βελτίωση θα μειωθεί γύρω στα 6-10 μέτρα, που για ορισμένους χρήστες αυτή η ακρίβεια δεν είναι τόσο σημαντική σε σχέση με το υπάρχον GPS. Γενικότερα, η λήψη του σήματος που παίζει ρόλο στην βελτίωση της ακρίβειας, στην περίπτωση που ο χρήστης είναι στην ξηρά, εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους και από άλλους παράγοντες. Από την άλλη, αν βρίσκεται σε θαλάσσια περιοχή, το εύρος λήψης δεν είναι τόσο ασταθές.

Οι διαφορικές διορθώσεις μπορεί να χρησιμοποιούνται σε πραγματικό χρόνο ή αργότερα, με τεχνικές εκ των υστέρων επεξεργασίας. Οι διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο μπορούν να μεταδίδονται μέσω ραδιοεπικοινωνίας και σύμφωνα με ένα πρότυπο που καθορίζεται από το Ραδιοτεχνική Ναυτιλιακή Υπηρεσία (Radio Technical Commission Marine - RTCM).

3.2.8.3 Ευρωπαϊκό Γεωσταθερό Σύστημα Πλοήγησης Επιφάνειας (EGNOS)

Το σύστημα αυτό αποτελεί ένα ναυτιλιακό σύστημα πλοήγησης με χρήση δορυφόρων υπό ανάπτυξη από την Ευρωπαϊκή Αντιπροσωπεία (European Agency), την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) και την EUROCONTROL. Έχει σαν στόχο να συμπληρώσει το σύστημα GPS και το GLONASS αναφορικά με την αξιοπιστία και την ακρίβεια του σήματος, επιτρέποντας τον προσδιορισμό της θέσης με ακρίβεια 2 μέτρων. Θα αποτελείται από τρεις γεωσταθερούς δορυφόρους και ένα δίκτυο επίγειων σταθμών και είναι προγραμματισμένο να τεθεί σε λειτουργία το 2004. Σχεδιάζεται σαν προάγγελος του συστήματος Galileo [12].

3.2.9 Δορυφορικά Σήματα των GPS

Οι δορυφόροι του GPS εκπέμπουν δυο μικροκυματικά σήματα μεταφοράς. Έτσι έχουμε την L1 συχνότητα (1575.42 MHz) που μεταφέρει το μήνυμα πλοήγησης και το SPS σήμα, και την L2 συχνότητα (1227.60 MHz) που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ιονοσφαιρικής καθυστέρησης από τις PPS εφοδιασμένες συσκευές. Τα σήματα αυτά ταξιδεύουν περνώντας μέσα από σύννεφα, γυαλί και πλαστικό αλλά δεν μπορούν να διαπεράσουν πιο συμπαγή σώματα όπως κτίρια και βουνά [6], [8].

Τα σήματα των δορυφόρων που μεταφέρονται στις L1 και L2 συχνότητες είναι τα εξής:

Coarse acquisition (C/A) code: είναι το πρότυπο σήμα θέσης το οποίο εκπέμπουν οι δορυφόροι του GPS και διατίθεται για τη χρήση ιδιωτών (δηλαδή της SPS). Ο κώδικας αυτός διαμορφώνει το φέρον σήμα της συχνότητας L1.

Precision code (P-code): αποτελεί τον κώδικα ακρίβειας του σήματος των GPS που στην ουσία χρησιμοποιείται από το στρατό των Ηνωμένων Πολιτειών (δηλαδή της PPS). Αποκρύπτεται και ξανατίθεται σε εφαρμογή κάθε 7 μέρες για τη αποφυγή χρήσης από μη εξουσιοδοτημένα άτομα. Είναι διαθέσιμος τόσο στην L1 όσο και στην L2 συχνότητα

Y-code: χρησιμοποιείται αντί του P-code στην Anti-Spoofing λειτουργία και χρησιμοποιείται μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες. Η Anti-Spoofing λειτουργία αποτελεί μια λειτουργία που προστατεύει από τις εσφαλμένες εκπομπών δεδομένων από τους δορυφόρους.

Κάθε σήμα του GPS περιέχει τρία διαφορετικά bits πληροφοριών τα οποία είναι:

Ένα μήνυμα πλοήγησης (navigation message) που περιλαμβάνεται στο C/A code σήμα της συχνότητας L1. Το μήνυμα αυτό περιλαμβάνει τα στοιχεία για την τροχιά του δορυφόρου, τη συμπεριφορά του ρολογιού του, το σύστημα χρόνου του και για την κατάσταση του μηνύματος.

Αστρονομικά δεδομένα (ephemeris data), τα οποία μεταδίδονται συνεχώς από τον κάθε δορυφόρο και περιλαμβάνουν σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση του δορυφόρου και για την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα. Τα δεδομένα αυτά ανανεώνονται κάθε 1 ώρα αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν παλιά δεδομένα εντός τεσσάρων ωρών χωρίς μεγάλο σφάλμα. Αυτό το μέρος του σήματος είναι απαραίτητο για τον προσδιορισμό της θέσης.

Τέλος, έχουμε τα *almanac δεδομένα*, τα οποία λένε στον GPS δέκτη πού θα έπρεπε να βρίσκεται ο κάθε GPS δορυφόρος οποιαδήποτε χρονική στιγμή μέσα στην ημέρα. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει αυτά τα δεδομένα δίνοντας πληροφορίες για την τροχιά του συγκεκριμένου δορυφόρου αλλά και για κάθε άλλο δορυφόρο του συστήματος.

3.2.10 Πηγές σφάλματος του σήματος των GPS

Μερικοί από τους παράγοντες που μπορούν να μειώσουν το σήμα του GPS και κατά συνέπεια να επηρεάσουν την ακρίβειά του, είναι οι εξής [6], [8]:

- ❖ *Καθυστερήσεις στην Ιονόσφαιρα και στην Τροπόσφαιρα.* Η ταχύτητα του σήματος των δορυφόρων μειώνεται καθώς διασχίζει την ατμόσφαιρα. Η ιονόσφαιρα είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας μεταξύ των 50km και 500km που έχει ιονισμένο αέρα, ενώ η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας στο οποίο συμβαίνουν αλλαγές στη θερμοκρασία, στην πίεση, στην υγρασία και όλα αυτά συνδέονται με τις αλλαγές του καιρού. Το GPS

- σύστημα έχει ένα εσωτερικό μοντέλο που υπολογίζει μια μέση τιμή καθυστέρησης για την μερική διόρθωση αυτού του σφάλματος.
- ❖ *Σφάλματα Πολλαπλών Διαδρομών (Multipath Errors)*. Αυτού του τύπου σφάλματα συμβαίνουν όταν το σήμα του GPS ανακλάται από τα αντικείμενα, όπως ψηλά κτίρια ή μεγάλους βράχους, πριν φτάσει στον δέκτη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ώρας ταξιδιού του σήματος γεγονός που οδηγεί σε σφάλμα.
 - ❖ *Σφάλματα στο ρολόι του δέκτη*. Το εσωτερικό ρολόι του δέκτη δεν είναι τόσο ακριβές όσο τα ατομικά ρολόγια που βρίσκονται πάνω στους δορυφόρους. Για το λόγο αυτό έχουμε μικρές αποκλίσεις στην ώρα.
 - ❖ *Σφάλματα τροχιάς (Im)*. Είναι επίσης γνωστά και ως αστρονομικά (ephemeris) σφάλματα. Αυτά αποτελούν ανακρίβειες όσον αφορά την αναφερόμενη θέση του δορυφόρου.
 - ❖ *Αριθμός των ορατών δορυφόρων*. Όσο περισσότερους δορυφόρους μπορεί να δει ένας δέκτης GPS, τόσο μεγαλύτερη και η ακρίβεια αυτού. Κτίρια, περιοχές με ορυκτά, ηλεκτρονικές παρεμβολές, ή ακόμα μερικές φορές το πυκνό φύλλωμα, μπορούν να εμποδίσουν τη λήψη του σήματος, προκαλώντας σφάλματα θέσης ή πιθανότητα καθόλου ενδείξεις θέσης. Οι GPS συσκευές τυπικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε εσωτερικό χώρο, μέσα στο νερό ή κάτω από το έδαφος.
 - ❖ *Δορυφορική γεωμετρία/ σκίαση*. Αυτό αναφέρεται στη σχετική θέση των δορυφόρων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Ιδανική γεωμετρία δορυφόρου έχουμε όταν οι δορυφόροι εντοπίζονται σε μεγάλες μεταξύ τους γωνίες. Φτωχά αποτελέσματα γεωμετρίας έχουμε όταν οι δορυφόροι εντοπίζονται σε μια γραμμή ή σε πυκνή ομαδοποίηση.
 - ❖ *Σκόπιμη μείωση του σήματος των δορυφόρων*. Όπως αναφέραμε και προηγούμενα, η επιλεκτική διαθεσιμότητα είναι μια σκόπιμη υποβίβαση του σήματος που είχε κάποτε επιβληθεί από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών. Η επιλεκτική διαθεσιμότητα είχε σαν σκοπό να αποτρέψει τους στρατιωτικούς εχθρούς από τη χρήση του υψηλής ακριβείας σήματος του GPS. Η κυβέρνηση έκλεισε την S.A. το Μάιο του 2000, με αποτέλεσμα την αξιόλογη αύξηση της ακρίβειας του GPS για τους ιδιώτες.

Εκτός από αυτά τα σφάλματα, τα οποία δεν εξαρτώνται άμεσα από τον ανθρώπινο παράγοντα, υπάρχουν και λάθη από παραδρομές που μπορεί να μειώσουν κατά πολύ περισσότερο την ακρίβεια του αποτελέσματος. Τέτοια σφάλματα μπορεί να είναι:

- Λάθη στα τμήματα ελέγχου εξαιτίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών ή του ανθρώπινου παράγοντα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν σφάλματα.
- Λάθη του χρήστη, συμπεριλαμβανομένων των λανθασμένων επιλογών στις ελλειψοειδείς επιφάνειες αναφοράς, μέσω των οποίων προσδιορίζεται το σύστημα συντεταγμένων, απαραίτητο για τον προσδιορισμό της θέσης.
- Σφάλματα του δέκτη από software και hardware αποτυχίες που μπορεί να προκαλέσουν ανακρίβειες ποικίλων μεγεθών.

3.2.11 Εφαρμογές των GPS

Τα GPS έχουν μια πλειάδα εφαρμογών στην ξηρά, στη θάλασσα και στον αέρα. Βασικά, είναι χρήσιμα οπουδήποτε εκτός από τα μέρη στα οποία δεν είναι δυνατή η

λήψη του σήματός τους, όπως μέσα στα περισσότερα κτίρια, σε σπηλιές και άλλες υπόγειες καθώς και υποθαλάσσιες περιοχές. Στη θάλασσα, τα GPS χρησιμοποιούνται ευρέως στην επαγγελματική και ερασιτεχνική ναυτιλία και αλιεία. Οι επίγειες εφαρμογές ποικίλλουν περισσότερο. Η επιστημονική κοινότητα χρησιμοποιεί GPS λόγω της ακρίβειάς του στην ώρα και για τις πληροφορίες της θέσης που δίνει.

Οι τοπογράφοι χρησιμοποιούν τα GPS σε ένα όλο και αυξανόμενο πεδίο της δουλειάς τους. Η χρήση τους παρέχει οικονομία εξόδων με την δραματική μείωση του χρόνου προετοιμασίας των μηχανών και των σχεδίων της προς χαρτογράφηση περιοχής καθώς και μεγάλη ακρίβεια. Βασικές μονάδες χαρτογράφησης που κοστίζουν εκατομμύρια, μπορούν να προσφέρουν ακρίβεια κοντά στο ένα μέτρο. Πιο ακριβά συστήματα είναι διαθέσιμα, τα οποία μπορούν να παρέχουν ακρίβεια εκατοστού.

Αυτοί που χρησιμοποιούν το GPS για ψυχαγωγία είναι τόσο πολλοί όσο και ο αριθμός των διαθέσιμων ψυχαγωγικών αθλημάτων. Τα GPS είναι δημοφιλή για τους πεζοπόρους, τους κυνηγούς, τους χειριστές οχημάτων χιονιού (snowmobilers), τους ορειβάτες, τους ποδηλάτες και για πολλούς άλλους ακόμη. Οποιοσδήποτε θέλει να γνωρίζει πού ακριβώς είναι, κάποιος που θέλει να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο προορισμό ή που θέλει να γνωρίζει προς ποια κατεύθυνση και πόσο γρήγορα πηγαίνει, μπορεί να χρησιμοποιήσει τα οφέλη του συστήματος αυτού.

Τα GPS είναι δημοφιλή και στο χώρο των αυτοκινήτων. Ορισμένα βασικά συστήματα έχουν τοποθετηθεί και παρέχουν, σε επείγουσα περίπτωση, βοήθεια με το πάτημα ενός κουμπιού (μεταδίδοντας έτσι την τρέχουσα θέση του αυτοκινήτου σε ένα κέντρο αναφοράς). Πιο ανεπτυγμένα συστήματα είναι αυτά που δείχνουν τη θέση του αυτοκινήτου σε ένα χάρτη δρόμου. Αυτού του είδους τα συστήματα επιτρέπουν στον οδηγό να γνωρίζει πού ακριβώς είναι και να μπορεί να βρει το βέλτιστο δρόμο που πρέπει να ακολουθήσει προκειμένου να φτάσει στον συγκεκριμένο προορισμό του [6].

3.3 Άλλα συστήματα πλοήγησης με χρήση δορυφόρων

3.3.1 Galileo

Το σύστημα Galileo αποτελεί ένα ραδιοναυτιλιακό σύστημα δορυφόρων το οποίο προτάθηκε σαν μια Ευρωπαϊκή εναλλακτική στο GPS των Ηνωμένων Πολιτειών. Το Ευρωπαϊκό αυτό σύστημα δε θα υπόκειται σε απενεργοποιήσεις για στρατιωτική χρήση όπως συμβαίνει με το GPS. Αντίθετα, θα παρέχει σημαντικές βελτιώσεις στο σήμα και θα είναι διαθέσιμο στην πλήρη ακρίβειά του σε όλους τους χρήστες, στρατό και ιδιώτες πράγμα που δεν συμβαίνει με το GPS.



Εικόνα 3.9. Αναπαράσταση τρόπου μετάδοσης του σήματος [13].

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ευρωπαϊκή Δορυφορική Υπηρεσία συμφώνησαν το Μάρτιο του 2002 να χρηματοδοτήσουν την ιδέα. Αυτή τελειοποιήθηκε και συμφωνήθηκε επίσημα στις 26 Μαΐου του 2003 ενώ το Σεπτέμβριο του 2003 η Κίνα πήρε μέρος στο πρόγραμμα Galileo. Το απαιτούμενο σύστημα των δορυφόρων, που στο σύνολό τους είναι 30, θα εκτοξευθεί μεταξύ του 2006 και 2008 και το σύστημα θα είναι διαθέσιμο στο κοινό το 2008. Μια αποκρυπτογραφημένη υψηλού εύρους συχνότητα Εμπορικής Υπηρεσίας με βελτιωμένη ακρίβεια θα είναι διαθέσιμη αλλά με επιπλέον έξοδα, καθώς η Ανοιχτή Υπηρεσία βάσης θα είναι δωρεάν σε όλους, όπως συμβαίνει και με το GPS. Για τη βελτίωση της ακρίβειας του συστήματος θα χρησιμοποιηθεί το EGNOS το οποίο ήδη χρησιμοποιείται για το GPS και το GLONASS.

Το σύστημα Galileo βασίζεται στον “αστερισμό” 30 δορυφόρων και επίγειων σταθμών, παρέχοντας πληροφορίες σχετικές με τη θέση των χρηστών σε πολλούς τομείς. Έτσι μπορούμε να δούμε την εφαρμογή του στα μέσα μεταφοράς (π.χ. θέση οχήματος, αναζήτηση τροχιάς, έλεγχος ταχύτητας, συστήματα καθοδήγησης κ.α.), σε κοινωνικές υπηρεσίες (π.χ. βοήθεια ατόμων με αναπηρία και ηλικιωμένων), στα σώματα ασφαλείας (π.χ. στον εντοπισμό υπόπτου, για τον έλεγχο συνόρων κ.α.), σε δημόσιες εργασίες (π.χ. συστήματα γεωγραφικής πληροφόρησης), σε συστήματα αναζήτησης και διάσωσης και σε χόμπι (π.χ. εύρεση πορείας στη θάλασσα, στον αέρα ή στη ξηρά).

Εκτός από τεχνολογικό επίτευγμα και πρακτικό εργαλείο, το σύστημα Galileo θα αποτελέσει πολιτική δήλωση της τεχνολογικής ανεξαρτητοποίησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τις Ηνωμένες Πολιτείες [12], [13].

3.3.2 LORAN

Το LORAN (LONg RANGE Navigation – Πλοήγηση Ευρείας Εμβέλειας) αποτελεί ένα παλαιότερο επίγειο σύστημα ραδιοναυτιλίας το οποίο ενώ είχε αποφασιστεί να καταργηθεί, οι Ηνωμένες Πολιτείες το 1998 αποφάσισαν να το επεκτείνουν. Όμως, αρκετές είναι οι χώρες που διαθέτουν και ελέγχουν τους δικούς τους πομπούς LORAN οπότε δεν τίθεται θέμα πλήρους και γρήγορης εξαφάνισης. Προηγμένες τεχνολογίες επιτρέπουν μεγαλύτερη αυτοματοποίηση του συστήματος.

Για τον προσδιορισμό της θέσης του χρήστη, σχηματίζονται υπερβολικές γραμμές θέσης (lines of position - LOP) μετρώντας τη διαφορά στους χρόνους λήψης των συγχρονισμένων σημάτων. Ομάδες από σταθμούς LORAN χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν τεμνόμενες LOP ώστε να παρέχουν τη ζητούμενη θέση. Ένα δίκτυο ή αλυσίδα LORAN απαιτεί ένα κεντρικό σταθμό (master station) που εκπέμπει τον παλμό – σήμα και μια σειρά από περιφερειακούς σταθμούς (slave stations) που ανταποκρίνονται.

Ένα βασικό μειονέκτημα του συστήματος LORAN είναι το γεγονός ότι είναι πολύ επιρρεπές στις ηλεκτρικές παρεμβολές από τις μηχανές, τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και τις οθόνες τηλεόρασης. Τα φορητά LORAN μπορεί να είναι άχρηστα στην περίπτωση που η κεραία δεν βρίσκεται στη σωστή διεύθυνση για να λάβει καλό σήμα ή αν οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές [10], [12].

3.3.2.α LORAN – A

Το LORAN – A ήταν ένα λιγότερο ακριβές σύστημα πριν την ανάπτυξη του περισσότερο ακριβούς LORAN – C. Συνέχισε να χρησιμοποιείται μερικώς λόγω της οικονομίας των δεκτών του και της εξάπλωσής του στον εμπορικό τομέα και τον τομέα της ψυχαγωγίας.

3.3.2.β LORAN – C

Το Loran-C αναπτύχθηκε αρχικά για να παρέχει ραδιοναυτιλιακές υπηρεσίες στις ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών. Μετέπειτα επεκτάθηκε στο να παρέχει πλήρη κάλυψη των ηπειρωτικών περιοχών καθώς και μεγάλης περιοχής στην Αλάσκα, των παραλίων της Ευρώπης και μεγάλου μέρους της ανατολικής Ασίας. Εικοσιτέσσερις σταθμοί LORAN – C συνεργάζονται με Καναδικούς και Ρωσικούς σταθμούς για να παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη.

Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος έναντι των υπολοίπων είναι ότι είναι επαναληπτικό. Με άλλα λόγια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιστέψει κανείς στην ίδια θέση δεδομένου ότι η ίδια θέση θα δίνει τις ίδιες συντεταγμένες, με ακρίβεια 50 μέτρων. Μπορεί να παρέχει απόλυτη ακρίβεια καλύτερη από 463m για κατάλληλα εξοπλισμένους χρήστες μέσα σε χαρτογραφημένες περιοχές.

3.3.3 Παγκόσμιο Δορυφορικό Τροχιακό Σύστημα Πλοήγησης (GLONASS)

Αποτελεί ένα ραδιοναυτιλιακό σύστημα πλοήγησης με χρήση δορυφόρων, ισοδύναμο του GPS συστήματος των Ηνωμένων Πολιτειών, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Ρώσους. Λειτουργεί για τη ρωσική κυβέρνηση από τη ρωσική διαστημική δύναμη.

Το σύστημα αυτό παρέχει πληροφορίες για τη θέση και το χρόνο, με ακρίβεια για την οριζόντια συντεταγμένη ίση με 55 μέτρα, για την κατακόρυφη ίση με 70 μέτρα, το διάνυσμα ταχύτητας μετράται με ακρίβεια 15 cm/sec και του χρόνου 1 ms. Οι

μετρήσεις αυτές βασίζονται σε τέσσερα ταυτόχρονα δορυφορικά σήματα. Ένα πιο ακριβές σήμα είναι διαθέσιμο για χρήση από το ρωσικό στρατό.

Ο πλήρης “αστερισμός” του συστήματος αποτελούνταν από 24 δορυφόρους, 21 από αυτούς ήταν σε λειτουργία και οι υπόλοιποι 3 ήταν σε τροχιά ως εφεδρικοί. Όλοι οι δορυφόροι εκτοξεύτηκαν από το Καζακστάν. Το 1982 τοποθετήθηκαν οι πρώτοι δοκιμαστικοί δορυφόροι ενώ το Δεκέμβριο του 1983 άρχισαν την υπηρεσία οι λειτουργικοί δορυφόροι. Ο πλήρης “αστερισμός” πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 1995.

Χαρακτηριστικό του GLONASS συστήματος είναι ότι οι τροχιές των δορυφόρων επαναλαμβάνονται κάθε 8 μέρες. Καθώς κάθε επίπεδο τροχιάς περιλαμβάνει 8 δορυφόρους, υπάρχει μη πανομοιότυπη επανάληψη (π.χ. διαφορετικός δορυφόρος θα κατέχει την ίδια θέση στον ουρανό) μετά από μια αστρική μέρα (23ώρες 56 λεπτά 4,09 δεύτερα). Αυτό αποτελεί μια διαφορά σε σχέση με την πανομοιότυπη περιοδική επανάληψη μιας αστρικής μέρας στο σύστημα GPS.

Λόγω της οικονομικής κατάστασης στη Ρωσία μόνο 8 δορυφόροι ήταν λειτουργικοί το 2002, καθιστώντας το σύστημα άχρηστο. Ένα βελτιωμένο σύστημα, το GLONASS - Μ αναπτύσσεται για το έτος 2004. Αργότερα, λόγω της βελτίωσης της οικονομίας, από το Μάρτιο του 2004 υπήρχαν 12 λειτουργικοί δορυφόροι. Κάνοντας μια συμφωνία με την Ινδική κυβέρνηση, προτάθηκε το σύστημα να είναι πλήρως λειτουργικό το 2007 [12].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ

4.1 Εισαγωγή

Τα ελικόπτερα αποτελούν τις πιο ευέλικτες ιπτάμενες μηχανές που υπάρχουν σήμερα. Η ευελιξία τους αυτή δίνει στον πιλότο πλήρη πρόσβαση στον τρισδιάστατο χώρο κατά τέτοιο τρόπο που κανένα αεροπλάνο σταθερών πτερυγίων μπορεί.



Εικόνα 4.1 Το μη επανδρωμένο όχημα κάθετης από-προσγείωσης Raptor 60 V.2 [27].

Η ευελιξία όμως των ελικοπτέρων καθιστά την πλοήγησή τους αρκετά περίπλοκη. Ένας πιλότος ελικοπτέρου πρέπει να έχει στο μυαλό του τον τρισδιάστατο χώρο, να κινεί συνεχώς τόσο τα δύο του χέρια όσο και τα δύο του πόδια για να μπορέσει να διατηρήσει το όχημα στον αέρα.

Οι δυσκολίες που υπάρχουν στην πλοήγηση των επανδρωμένων ελικοπτέρων, εμφανίζονται και στην περίπτωση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (**Εικόνα 4.1**). Η κατασκευή μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων αποτελεί ένα δυναμικά εξελισσόμενο τομέα της αεροπορικής βιομηχανίας. Η προσπάθεια μείωσης του κόστους των προσφερόμενων υπηρεσιών καθώς και η δυνατότητα εξάλειψης του κινδύνου για ανθρώπινες ζωές αποτέλεσαν τους σημαντικότερους λόγους για την ανάπτυξη της βιομηχανίας των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων.

Παρά τις δυσκολίες που εμφανίζουν τόσο τα επανδρωμένα όσο και τα μη επανδρωμένα ελικόπτερα στην πλοήγησή τους, ξεχωρίζουν από τα αεροπλάνα λόγω κάποιων σημαντικών δυνατοτήτων τους. Καταρχήν, το βασικότερο γνώρισμα ενός ελικοπτέρου είναι η ικανότητά του να αιωρείται σε ένα σημείο πάνω από το έδαφος. Κατά τη διάρκεια της αιώρησης, μπορεί να στρίψει γύρω από τον άξονά του έτσι

ώστε ο πιλότος να έχει ορατότητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Ένα ακόμα μοναδικό χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι τα ελικόπτερα μπορούν να πετάνε προς τα πίσω και με μεγάλη ευκολία και στο πλάι. Δεδομένου ότι μπορούν να κάνουν προς τα πίσω και πλάγια πτήση, μπορούν να κάνουν πολλούς εντυπωσιακούς ελιγμούς στον αέρα. Όλοι αυτοί οι ελιγμοί δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν από αεροπλάνα, τα οποία κινούνται μόνο προς τα εμπρός [20].

4.2 Εφαρμογές των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών

Η συμβολή των οχημάτων κάθετης από-προσγείωσης σε πολλές δραστηριότητες και τομείς της ζωής είναι πολύ σημαντική. Γενικότερα οι χρήσεις των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε αυτές που σχετίζονται με πολιτικές εφαρμογές και στις στρατιωτικές εφαρμογές [21].

➤ Πολιτικές Εφαρμογές

Η κατηγορία αυτή μπορεί να χωριστεί σε άλλες δυο υποκατηγορίες, στην παρακολούθηση – έλεγχο και στη γεωργία.

α. Παρακολούθηση και Έλεγχος

Εξοπλίζοντας τα μη επανδρωμένα οχήματα κάθετης από- προσγείωσης με ειδικά εξαρτήματα όπως κάμερες (υπέρυθρες ή μη), μικρόφωνα και άλλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρακολούθηση. Μερικές από τις σημαντικότερες εφαρμογές τους είναι η παρακολούθηση αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου που βρίσκονται σε δύσβατες περιοχές και η επιτήρηση γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος οι οποίες λόγω της μεγάλης έκτασης του δικτύου καθιστούν δύσκολη την αστυνόμευση με παραδοσιακές μεθόδους (ομάδες περιφρούρησης). Σημαντική είναι η συμβολή των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στην αστυνόμευση καθώς και στην επιτήρηση των συνόρων σε δύσβατες περιοχές και σε εκτεταμένους θαλάσσιους χώρους, αλλά και στην πυροπροστασία λόγω της δύσκολης πρόσβασης με άλλο μέσο σε ορισμένες περιοχές και λόγω του χαμηλού τους κόστους σε σχέση με τα επανδρωμένα οχήματα. Άλλες εφαρμογές των οχημάτων αυτών βλέπουμε στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, σε αποστολές διάσωσης, σε διάφορες έρευνες για φυσικό αέριο, στην αλιεία, στην τοπογραφία κ.α..

β. Γεωργία

Με κατάλληλο εξοπλισμό, τα μη επανδρωμένα οχήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστολές αεροψεκασμού και σε άλλες γεωργικές χρήσεις.

➤ Στρατιωτικές Εφαρμογές

Οι στρατιωτικές χρήσεις των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε χρήσεις που σχετίζονται με αναγνώριση και επιτήρηση καθώς και σε πολεμικές και βοηθητικές χρήσεις ή ως μη επανδρωμένοι στόχοι.

α. Αναγνώριση και Επιτήρηση

Ο τομέας της αναγνώρισης και επιτήρησης αποτελεί τη βασικότερη χρήση των μη επανδρωμένων οχημάτων και έχει πληθώρα επιμέρους εφαρμογών, μερικές από τις οποίες είναι η στόχευση από απόσταση για μεγαλύτερη ασφάλεια, η απεικόνιση του πεδίου μάχης, η ανίχνευση ναρκών ή χημικών, πυρηνικών και βιολογικών όπλων.

β. Πολεμικές και Βοηθητικές Χρήσεις

Κατάλληλα εξοπλισμένα μη επανδρωμένα οχήματα μπορούν να αντικαταστήσουν τα επανδρωμένα ελικόπτερα στο πεδίο της μάχης. Οι χρήσεις τους μπορεί να έχουν καθαρά πολεμικό ρόλο ή ακόμα και ρόλο μεταφοράς εφοδίων.

γ. Στόχοι

Μια ακόμη χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών κάθετης από-προσγείωσης είναι η χρησιμοποίησή τους ως στόχους παραπλάνησης. Αυτή η εφαρμογή δεν χρησιμοποιείται πολύ σήμερα αλλά προβλέπεται ότι στο μέλλον θα αναδειχθεί.

4.3 Ανατομία ενός Μη Επανδρωμένου Ελικοπτέρου

4.3.1 Εισαγωγή

Τα ελικόπτερα απαντώνται σε πολλά σχήματα και μεγέθη, αλλά τα περισσότερα αποτελούνται από τα ίδια βασικά στοιχεία. Τα κύρια τμήματα ενός μη επανδρωμένου οχήματος κάθετης από-προσγείωσης διαφοροποιούνται ελάχιστα από τα αντίστοιχα ενός επανδρωμένου ελικοπτέρου κανονικής κλίμακας. Σαν κύρια στοιχεία θεωρούνται η καμπίνα, ο σκελετός, ο κινητήρας ή η μηχανή, ο άξονας κίνησης, το κυρίως και το ουραίο στροφείο και το σύστημα προσγείωσης. Στην **Εικόνα 4.2** φαίνονται τα βασικά αυτά τμήματα του ελικοπτέρου και στη συνέχεια θα γίνει αναφορά σε καθένα από αυτά [20], [22].



Εικόνα 4.2 Στοιχειώδη τμήματα μη επανδρωμένου ελικοπτερου [27].

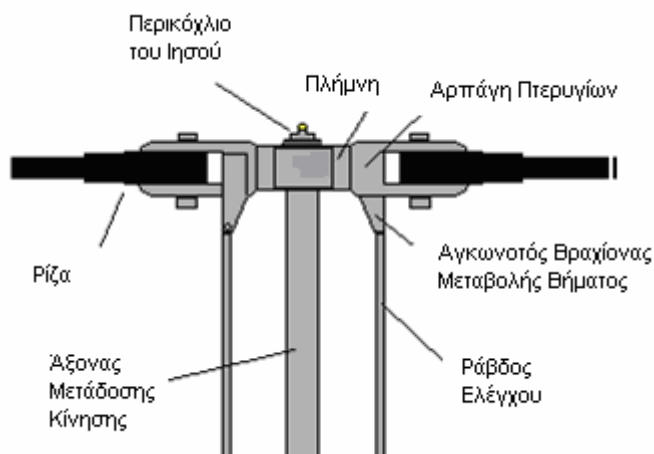
4.3.2 Κυρίως Στροφέιο (Main Rotor)

Για να μπορέσει ένα ελικόπτερο (επανδρωμένο ή μη) να απογειωθεί από το έδαφος πρέπει να αποκτήσει την απαιτούμενη κατακόρυφη δύναμη μέσω της συνεχούς κίνησης του στροφείου που θα δημιουργήσει την άντωση. Η άντωση δημιουργείται από το στροφέιο εξωθώντας τον αέρα προς τα κάτω και χρησιμοποιώντας κατά αυτόν τον τρόπο την ίση και αντίθετη δύναμη που συνεπάγεται.

Το κυρίως στροφέιο του ελικοπτερου αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα του. Προσδίδει την δύναμη ανύψωσης που επιτρέπει στο ελικόπτερο να πετάει, καθώς επίσης και τον αναγκαίο έλεγχο που του επιτρέπει να κινείται οριζόντια, να κάνει στροφές και να αλλάζει ύψος.

Για την πραγματοποίηση όλων αυτών των λειτουργιών, το στροφέιο πρέπει καταρχήν να είναι πολύ ανθεκτικό κυρίως ως προς τις στρεπτικές και ταλαντωτικές δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Επίσης, θα πρέπει να επιτρέπει την ρύθμιση της κλίσης των πτερυγών, που βρίσκονται πάνω σ' αυτό, σε κάθε περιστροφή της πλήμνης (Hub) (**Εικόνα 4.3**). Οι ρυθμίσεις επιτυγχάνονται μέσω μίας διάταξης που ονομάζεται *διάταξη κυλιόμενου δίσκου*.

Μια πιο καθαρή εικόνα του κυρίως στροφείου θα βοηθήσει στην κατανόηση των επιμέρους τμημάτων του. Έτσι η **Εικόνα 4.3** αναπαριστά τα πολλά επιμέρους συνδεδεμένα μεταξύ τους τμήματα.



Εικόνα 4.3. Διάταξη κυρίως στροφείου [22].

Στην **Εικόνα 4.3** βλέπουμε τα εξής εξαρτήματα:

- **Ρίζα:** Αποτελεί το εσωτερικό τελείωμα του πτερυγίου που συνδέει το στροφείο με την αρπάγη των πτερυγίων.
- **Αρπάγη των Πτερυγίων:** Είναι τα σημεία πρόσδεσης των πτερυγίων πάνω στον κόμβο.
- **Πλήμνη:** Βρίσκεται πάνω από τον άξονα σύνδεσης και συνδέει τις πτέρυγες του στροφείου με τις ράβδους ελέγχου.
- **Άξονας Μετάδοσης Κίνησης:** Περιστρεφόμενος άξονας από το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, ο οποίος συνδέει τα πτερύγια με το ελικόπτερο.
- **Ράβδοι Ελέγχου:** Οι ράβδοι μέσω των οποίων αλλάζει η κλίση των πτερυγίων του στροφείου.
- **Αγκωνοτός Βραχίονας μεταβολής βήματος:** Το τμήμα που μετατρέπει την κίνηση των ράβδων ελέγχου σε μεταβολή, όπως κλίση των πτερυγίων του στροφείου.
- **Βήμα:** Αύξηση ή μείωση της γωνίας των πτερυγίων του στροφείου για την ανύψωση, χαμήλωμα ή μεταβολή της διεύθυνσης της δύναμης ώθησης.
- **Περικόχλιο του Ιησού:** Είναι το μοναδικό περικόχλιο που συγκρατεί την πλήμνη πάνω στον κύριο άξονα μετάδοσης της κίνησης.

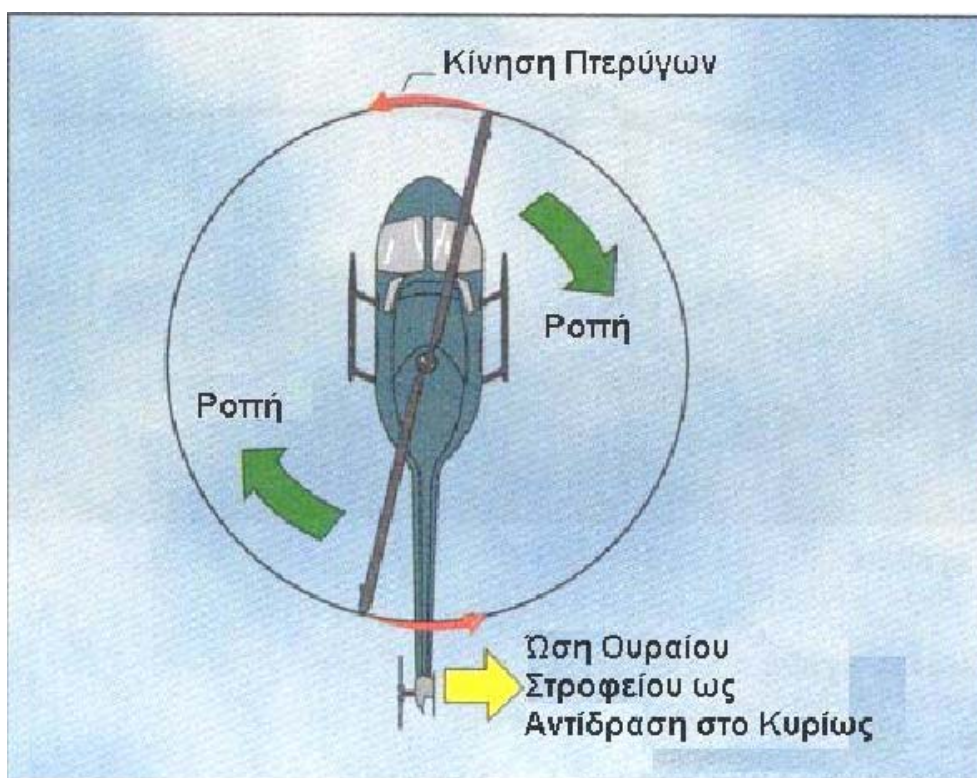
Η διάταξη κυλιόμενου δίσκου που αναφέρθηκε προηγούμενα, ανήκει στο κυρίως στροφείο και έχει δύο βασικούς ρόλους:

- ✓ Μεταβάλλει τη γωνία και των δύο των πτερυγίων ταυτόχρονα, αυξάνοντας ή μειώνοντας τη δύναμη που παρέχεται από την κυρίως μηχανή, επιτρέποντας έτσι στο όχημα να κερδίσει ή να χάσει ύψος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης του συλλογικού χειριστηρίου (*collective*).
- ✓ Μεταβάλλει τη γωνία των πτερυγίων ανεξάρτητα του πώς αυτά περιστρέφονται. Αυτό επιτρέπει στο ελικόπτερο να κινηθεί σε οποιαδήποτε κατεύθυνση γύρω από ένα κύκλο 360 μοιρών, συμπεριλαμβανομένης της προς τα εμπρός, προς τα πίσω, αριστερής και δεξιάς κίνηση. Η επίτευξη αυτού γίνεται μέσω του κυκλικού χειριστηρίου (*cyclic*).

Σε αυτή την παράγραφο αναλύθηκε η περίπτωση ελικοπτέρου με μονό κυρίως στροφείο, όπως είναι στην περίπτωση μας. Βέβαια, υπάρχουν ελικοπτερα τα οποία αποτελούνται από διπλά στροφεία. Σε αυτή την κατηγορία ελικοπτέρων, τα στροφεία κινούνται με αντίθετες φορές για να μπορέσουν να εξαλειφθούν οι τάσεις περιστροφής της κυρίως ατράκτου.

4.3.3 Στροφείο Ουραίου Τμήματος

Τα περισσότερα ελικοπτερα που διαθέτουν μόνο ένα μόνο κυρίως στροφείο, απαιτούν ένα ξεχωριστό στροφείο για να μπορέσουν να ξεπεράσουν τις δυνάμεις ροπής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός στροφείου μεταβλητής κλίσης. Το στροφείο αυτό καλείται ουραίο και ο κύριος ρόλος του είναι να αντισταθμίζει την ροπή από το κυρίως στροφείο και να κρατά το ελικοπτερο ευθυγραμμισμένο [23].



Εικόνα 4.4. Λειτουργία ουραίου στροφείου [23].

Η αριστερή ή δεξιά στροφή του ελικοπτέρου εξαρτάται από την κλίση που δίνουμε στα πτερύγια του ουραίου στροφείου. Το πίσω στροφείο είναι συνδεδεμένο με το κυρίως στροφείο με ένα σύστημα αξόνων μετάδοσης κίνησης και κιβωτίων οδοντωτών τροχών. Σε οχήματα που χρησιμοποιούνται διατάξεις δύο κύριων στροφείων, όπως αναφέρθηκε, το τμήμα αυτό δεν υπάρχει.

4.3.3.1 Διατάξεις Ουραίου Στροφείου

Συνολικά υπάρχουν τριών ειδών διατάξεις ουραίων στροφείων που συναντώνται στα ελικόπτερα. Έχουμε:

Η *διάταξη με πτέρυγες* που αναφέρθηκε αρχικά, αποτελεί την κλασική διάταξη που συναντάται σε όλα σχεδόν τα ελικόπτερα, επανδρωμένα ή μη. Είναι ανάλογη με αυτή του κυρίως στροφείου, στην οποία συνήθως χρησιμοποιούνται δύο πτερύγια.

Η διάταξη *Fenestron* που μοιάζει σε σχεδιασμό με “ανεμιστήρα στην ουρά”, χρησιμοποιεί μία σειρά περιστρεφόμενων πτερύγων ενσωματωμένων μέσα σε μία κατακόρυφη ουρά. Καθώς οι πτέρυγες βρίσκονται μέσα σε ένα κυκλικό αγωγό, υπάρχει μικρότερη πιθανότητα να έρθουν σε επαφή με ανθρώπους ή αντικείμενα. Η διάταξη αυτή απαντάται μόνο σε επανδρωμένα ελικόπτερα.

Η διάταξη *NOTAR* (NO Tail Rotor) είναι ένα εναλλακτικό σύστημα από τη διάταξη του ουραίου συστήματος πτερύγων. Το σύστημα αυτό, χρησιμοποιεί αέρα χαμηλής πίεσης η οποία ωθείται στο ουραίο πλαίσιο από ένα ανεμιστήρα εγκατεστημένο μέσα στο ελικόπτερο. Ο αέρας στη συνέχεια παροχετεύεται μέσα από οριζόντιες σχισμές, τοποθετημένες στο δεξί μέρος του ουραίου πλαισίου και μέσω ενός ελεγχόμενου περιστρεφόμενου ακροφυσίου, ώστε να αποδώσει την απαιτούμενη αντίρροπη δύναμη και έλεγχο κατεύθυνσης. Ο χαμηλής πίεσης αέρας που προέρχεται από τις σχισμές, σε συνδυασμό με το κάθετο ρεύμα από το κυρίως στροφείο, δημιουργούν το “Φαινόμενο Coanda”, το οποίο δημιουργεί μία ωστική δύναμη στη δεξιά πλευρά του ουραίου πλαισίου. Αυτή αποτελεί διάταξη αποκλειστικά για επανδρωμένα ελικόπτερα.

4.3.4 Κινητήρας

Ο κινητήρας αποτελεί το τμήμα του ελικοπτέρου που αναλαμβάνει να δώσει την απαραίτητη ισχύ στα στροφεία του. Η επιλογή της ισχύος του κινητήρα εξαρτάται από το μέγεθος του ελικόπτερου, το ωφέλιμο φορτίο που αυτό μεταφέρει και τις επιθυμητές δυνατότητες πτήσης, δηλαδή το μέγιστο ύψος και τη μέγιστη ταχύτητα.

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι διαφόρων τύπων, απλοί δίχρονοι ή τετράχρονοι βενζινοκινητήρες, αεροστρόβιλοι και εμβολοφόροι κ.α.. Οι δίχρονοι προτιμούνται λόγω της απλότητας κατασκευής και συντήρησης τους σε μικρά και ελαφρά ελικόπτερα. Οι εμβολοφόροι χρησιμοποιούνται σε μικρά ελικόπτερα και τοποθετούνται πάνω στην άτρακτο του ελικοπτέρου. Οι αεροστρόβιλοι, λόγω της υψηλής ιπποδύναμής τους προτιμούνται για οχήματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Στην περίπτωση τους, ο κινητήρας περιστρέφει τον άξονα κίνησης και αυτός με τη σειρά του μεταφέρει κίνηση απευθείας τόσο στο κυρίως όσο και στο ουραίο στροφείο.

4.3.5 Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης

Το *κεντρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης*, μεταφέρει την απαιτούμενη ισχύ από τον κινητήρα στο κυρίως στροφέιο, στο ουραίο στροφέιο και σε άλλα παρελκόμενα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος οδοντωτών τροχών, τα οποία επιλέγονται κατάλληλα, ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα και την επιθυμητή ροπή και ταχύτητα περιστροφής του στροφείου.

Για την περιστροφή του κυρίως στροφείου, χρησιμοποιείται ο *κύριος άξονας μετάδοσης κίνησης*. Είναι ο άξονας που μεταφέρει την κίνηση από το κιβώτιο μετάδοσης στο κυρίως στροφέιο.

Ο *πίσω άξονας μετάδοσης κίνησης* αναλαμβάνει να θέσει σε περιστροφή το ουραίο στροφέιο του ελικοπτέρου. Στην ουσία, είναι ο άξονας που μεταφέρει την κίνηση από το κεντρικό σύστημα μετάδοσης στο στροφέιο του ουραίου τμήματος. Ο άξονας αυτός καταλήγει σε ένα κιβώτιο μετάδοσης 90^0 μοιρών, περιστρέφοντας τα περύγια του ουραίου στροφείου. Σε ελικόπτερα που χρησιμοποιούνται διατάξεις δύο κύριων στροφείων το τμήμα αυτό απουσιάζει.

Τέλος, το *κιβώτιο μετάδοσης κίνησης* είναι αυτό που μετατρέπει την περιστροφή του άξονα μετάδοσης κίνησης του *ουραίου στροφείου* σε περιστροφή ενός άξονα κάθετου προς αυτόν, περιστρέφοντας τα περύγια του ουραίου στροφείου. Στις περισσότερες περιπτώσεις μη επανδρωμένων οχημάτων το κιβώτιο δεν αλλάζει τις στροφές και την ροπή που μεταφέρονται από τον άξονα κίνησης του πίσω στροφείου.

4.3.6 Τμήματα Ατράκτου

4.3.6.1 Κύρια Άτρακτος

Η κύρια άτρακτος (cabin) αποτελεί το σώμα του ελικοπτέρου πάνω στην οποίο συνδέονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα όπως ο κινητήρας, το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, το κυρίως στροφέιο, η ουραία άτρακτος του ελικοπτέρου κ.λ.π.. Βασική προϋπόθεση για την κατασκευή του είναι η επιλογή των κατάλληλων υλικών ώστε να έχει την απαιτούμενη αντοχή, στιβαρότητα και ακαμψία. Ειδικά στο χώρο όπου εδράζεται ο κινητήρας χρησιμοποιούνται ειδικοί ελαστικοί σύνδεσμοι για περιορισμό των ταλαντώσεων που μεταφέρονται στο πλαίσιο.

4.3.6.2 Ουραία Άτρακτος

Αποτελεί την ουρά του ελικοπτέρου πάνω στην οποία συγκρατείται το πίσω στροφέιο. Το τμήμα αυτό μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να μην υπάρχει, όπως συμβαίνει σε ελικόπτερα που χρησιμοποιούνται διατάξεις δύο κύριων στροφείων. Όπως και η κύρια άτρακτος θα πρέπει να έχει δεδομένη αντοχή και ακαμψία.

4.3.7 Σύστημα Προσγείωσης

Το σύστημα προσγείωσης αποτελεί το τμήμα πάνω στο οποίο στηρίζεται το σώμα του ελικοπτέρου κατά την προσεδάφιση. Υπάρχουν διάφορα είδη συστημάτων

προσγείωσης. Το πιο απλό σύστημα που έχουν τα ελικόπτερα αποτελείται από δύο μεταλλικές ράβδους παράλληλες προς το σκάφος οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους μέσω δύο άλλων ράβδων σχήματος Π, κάθετων προς το σκάφος. Πρόκειται δηλαδή για ένα μεταλλικό πλαίσιο στήριξης του οχήματος, με κύριο πλεονέκτημα το γεγονός ότι είναι ελαφρύ. Μπορεί να πραγματοποιείται προσεδάφιση σε σχεδόν όλους τους τύπους επιφανειών.

Ένα άλλο σύστημα προσγείωσης είναι εξοπλισμένο με αποσβεστήρες ταλάντωσης για να μη μεταφέρονται τυχόν κρούσεις και τραντάγματα στο κυρίως σώμα του ελικοπτέρου. Άλλος τρόπος απόσβεσης ταλαντώσεων είναι με το λύγισμα των ράβδων σύνδεσης. Άλλη μορφή αυτών των συστημάτων είναι με ρόδες. Το σύστημα αυτό προτιμάται σε μεγάλα ελικόπτερα που έχουν πρόβλημα μετακίνησης όταν είναι προσγειωμένα. Σε κάποιες περιπτώσεις έχουν το πλεονέκτημα ότι κατά την πτήση οι ρόδες ανασύρονται και βελτιώνεται η αεροδυναμική του οχήματος. Κύριο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο βάρος του. Ένα τελευταίο σύστημα προσγείωσης είναι αυτό με πλωτήρες το οποίο είναι ανάλογο με το απλό σύστημα αλλά αντί μεταλλικών ράβδων διαθέτει πλωτήρες, που επιτρέπουν στο ελικόπτερο να επιπλέει στο νερό.

4.3.8 Διατάξεις Στροφείων

Σε αυτό το σημείο θα γίνει απλή αναφορά σε ορισμένες από τις διατάξεις των στροφείων που χρησιμοποιούνται κυρίως σε επανδρωμένα ελικόπτερα.

- *Διάταξη Κύριου και Ουραίου Στροφείου.* Αποτελεί τη συνηθέστερη διάταξη που χρησιμοποιείται και είναι ο συνδυασμός κύριου και ουραίου στροφείου. Το ουραίο στροφείο αντισταθμίζει τη ροπή στρέψης, η οποία παράγεται από το κύριο στροφείο. Είναι επίσης υπεύθυνο για τον έλεγχο του ελικοπτέρου στον κατακόρυφο άξονα κατά την διάρκεια της αιώρησης. Αποτελεί την πιο απλή μέθοδο κατασκευής και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον και στα μη επανδρωμένα οχήματα.
- *Διάταξη Δίδυμων Κύριων Στροφείων.* Η διάταξη με δίδυμα κύρια στροφεία χρησιμοποιείται κυρίως στην περίπτωση των μεγάλων ελικοπτέρων. Εξαιτίας της αντίστροφης περιστροφής των στροφείων, η ροπή του εξουδετερώνεται. Η κατασκευή του συστήματος ελέγχου είναι πολύπλοκη από αυτή του συστήματος ελέγχου της διάταξης με στροφείο στην ουρά.
- *Διάταξη Πλαϊνών Στροφείων.* Αποτελεί τη λιγότερο δημοφιλή διάταξη. Χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μεγαλύτερου ελικοπτέρου που κατασκευάστηκε ποτέ, χωρίς ιδιαίτερη επιτυχία.
- *Διάταξη Πεπλεγμένων Στροφείων.* Η διάταξη αυτή δεν απαιτεί ουραίο στροφείο, όπως και στη διάταξη με τα δίδυμα στροφεία. Ο λόγος είναι ότι η ροπή αντισταθμίζεται από την αντίστροφη περιστροφή τους. Αυτό το σύστημα αναπτύχθηκε στα πρώτα στάδια της πτήσης με ελικόπτερα αλλά γρήγορα εγκαταλείφθηκε, ενώ σήμερα αυτή η μέθοδος ξαναμελετάται.

- *Διάταξη Ομοαξονικών Στροφείων.* Πρόκειται για δύο στροφεία που τοποθετούνται πάνω στον ίδιο άξονα περιστροφής. Τα ομοαξονικά αυτά στροφεία περιστρέφονται με αντίθετες φορές, αναπτύσσοντας έτσι την απαιτούμενη ροπή που θα αποτρέψει το ελικόπτερο να στραφεί γύρω από τον άξονά του. Ο έλεγχος στον κάθετο άξονα πραγματοποιείται ως αποτέλεσμα διαφορετικών δυνάμεων ανύψωσης που δημιουργεί το κάθε στροφείο. Ανάλογα με το στροφείο που παράγει την μεγαλύτερη δύναμη ανύψωσης το ελικόπτερο στρίβει προς την μια ή την άλλη κατεύθυνση. Η ταχύτητα πτήσης αυτών των ελικοπτέρων δεν είναι μεγάλη, λόγω της μεγάλης οπισθέλκουσας (drag). Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στα μη επανδρωμένα οχήματα.

4.3.9 Διατάξεις Ελέγχου

Ο έλεγχος ενός μη επανδρωμένου ελικοπτέρου επιτυγχάνεται με τη συνεργασία τριών εξαρτημάτων, ενός πομπού/χειριστήριο, ενός δέκτη και των σερβοκινητήρων [24], [25].

Ο πομπός/χειριστήριο αποτελεί το κουτί που κρατάει ο πιλότος και που του επιτρέπει να χειρίζεται τις ποικίλες λειτουργίες του ελικοπτέρου. Κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες αντιστοιχεί σε ένα κανάλι εκπομπής, οπότε, όσα περισσότερα κανάλια διαθέτει ο πομπός, τόσες περισσότερες λειτουργίες μπορούν να ελεγχθούν. Επίσης, ο κάθε πομπός έχει τη δική του συχνότητα, οπότε περισσότερα από ένα μη επανδρωμένα ελικόπτερα μπορούν να πετάνε στην ίδια περιοχή, εφόσον οι πομποί τους έχουν διαφορετικές συχνότητες.

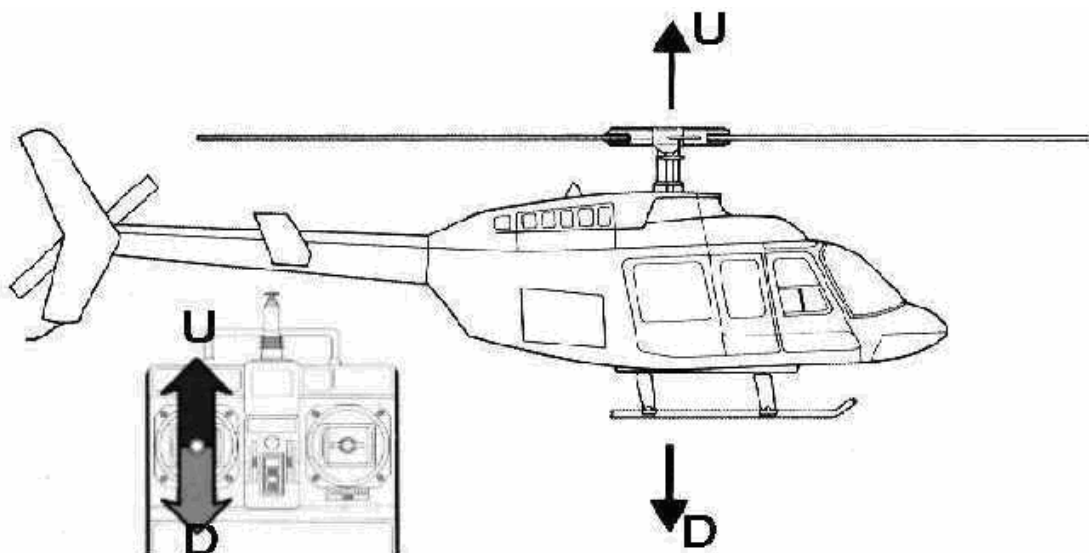
Ο δέκτης είναι εγκατεστημένος πάνω στο ελικόπτερο. Λαμβάνει τα σήματα από τον πομπό του πιλότου, απορρίπτοντας τυχόν άλλα που εκπέμπουν στην ίδια περιοχή. Ο δέκτης έχει σημεία σύνδεσης με τους σερβοκινητήρες και με πηγή τροφοδοσίας μέσω μπαταριών. Για να μπορέσει ένας δέκτης να λειτουργήσει με ένα συγκεκριμένο πομπό, πρέπει να βρίσκονται στην ίδια συχνότητα, να έχουν την ίδια μορφοποίηση σήματος και να έχουν τον ίδιο αριθμό καναλιών.

Οι σερβοκινητήρες είναι μικρές συσκευές κινούμενες από κινητήρες, οι οποίοι μετατρέπουν το ραδιοφωνικό σήμα σε φυσική κίνηση. Έχουν εξωτερικά τμήματα πάνω στα οποία ενσωματώνονται βραχίονες ή τροχοί. Όταν ο δέκτης στείλει σήμα στο σερβοκινητήρα για να κινηθεί, τα εξωτερικά τμήματα περιστρέφονται, θέτοντας έτσι τους βραχίονες σε ταλάντωση και τους τροχούς σε περιστροφή. Συνδέουμε έτσι το βραχίονα ή τον τροχό σε ένα καλώδιο, το οποίο με τη σειρά του είναι συνδεδεμένο με τη λειτουργία που εμείς θέλουμε. Η ισχύς και το μέγεθος του κινητήρα ποικίλουν ανάλογα με τη λειτουργία για την οποία χρησιμοποιείται, για παράδειγμα ένας μεγάλος κινητήρας

Στις εικόνες που ακολουθούν, ερμηνεύονται τα αποτελέσματα των κινήσεων του χειριστηρίου στην κίνηση του μη επανδρωμένου ελικοπτέρου.

A. Συλλογικό χειριστήριο:

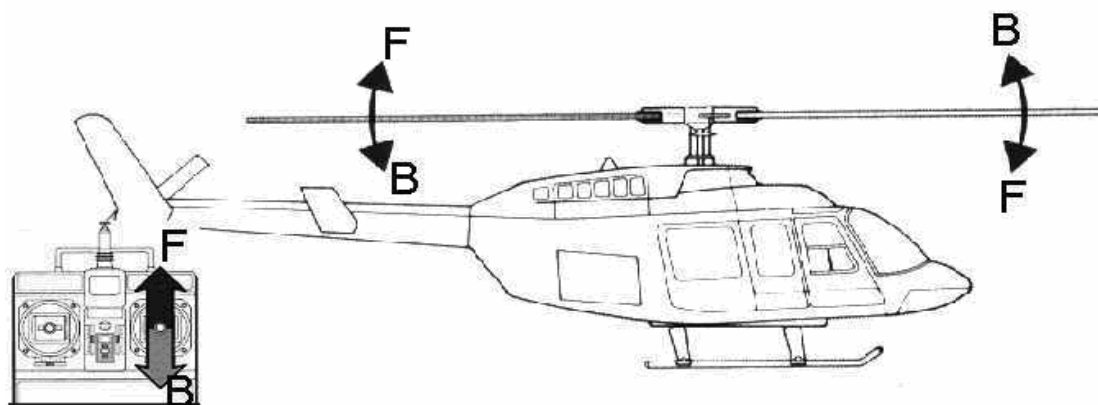
Μεταβάλλει την κλίση της γωνίας όλων των κυρίως στροφείων, συγχρόνως ή αθροιστικά, ενώ συνδέεται με τη *μανέτα* ώστε να μπορεί να παρέχει λιγότερη ή περισσότερη ισχύ. Η άνοδος ή κάθοδος αυτού του μοχλού έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση ή αύξηση, αντίστοιχα, των στροφών ανά λεπτό (rpm) του κυρίως στροφείου. Έτσι ελέγχεται η καθοδική και ανοδική πορεία του ελικοπτέρου καθώς και η ισχύς της μηχανής. Όταν συνδυάζεται με το εμπρόσθιο *κυκλικό χειριστήριο*, παράγεται πτήση προς τα μπροστά.



Εικόνα 4.5. Ανοδική / Καθοδική κίνηση ελικοπτέρου [24].

B. Εμπρόσθιο / Οπίσθιο κυκλικό χειριστήριο:

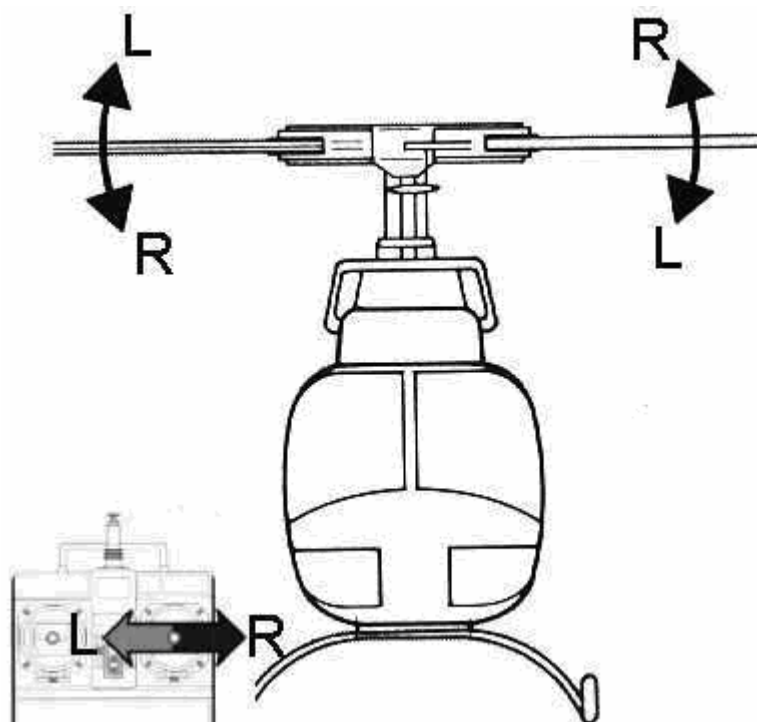
Προκαλεί κίνηση του ελικοπτέρου προς τα μπροστά ή προς τα πίσω. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της κλίσης του επιπέδου περιστροφής του στροφείου και κατά αυτό τον τρόπο μπορεί το ελικόπτερο να κινηθεί είτε μπροστά είτε πίσω, σπρώχνοντας τον αέρα προς την αντίθετη κατεύθυνση της τελικής κίνησης.



Εικόνα 4.6. Κίνηση ελικοπτέρου προς τα μπροστά / πίσω [24].

Γ. Αριστερό / Δεξί κυκλικό χειριστήριο:

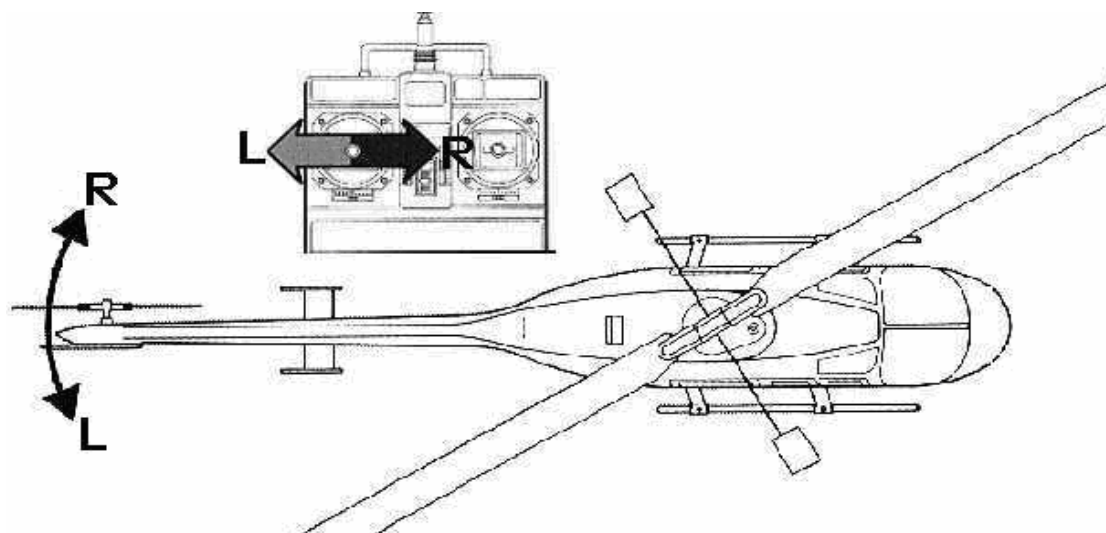
Προκαλεί πλευρική κίνηση του ελικοπτέρου μετά την αιώρηση, ή μπορεί να προκαλέσει αριστερή ή δεξιά στροφή κατά τη διάρκεια της πτήσης. Η λογική της λειτουργίας αυτού του χειριστηρίου είναι όμοια με την προηγούμενη.



Εικόνα 4.7. Πλευρική κίνηση του ελικοπτέρου [24].

Δ. Ουραίο στροφείο:

Εκτελεί την ίδια λειτουργία με τα ποδοστήρια διεύθυνσης που υπάρχουν στα επανδρωμένα ελικόπτερα. Με άλλα λόγια, ελέγχει τη γωνία κλίσης του ουραίου στροφείου, επιτρέποντας στο ελικόπτερο να περιστραφεί σε οποιαδήποτε κατεύθυνση γύρω από τον άξονά του.



Εικόνα 4.8. Περιστροφή ελικοπτέρου γύρω από τον άξονά του [24].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ

5.1 Εισαγωγή

Η χρήση της τηλεμετρίας αποτελεί ένα δυναμικά εξελισσόμενο τομέα. Οι εφαρμογές της συγκεκριμένης επιστήμης είναι πολλές, αλλά παρόλα αυτά λίγες είναι οι χώρες που μπορούν να τις υποστηρίξουν ή ακόμα και να τις βελτιώσουν. Αυτό κυρίως οφείλεται στις υψηλές απαιτήσεις γνώσεων του τομέα αυτού, στον τεχνολογικό εξοπλισμό και στους οικονομικούς πόρους που διαθέτει η κάθε χώρα.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας αγοράς που εξήχθη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, αρκετά ήταν τα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν. Βασικότερο από αυτά ήταν ο περιορισμένος αριθμός κατασκευαστριών εταιριών καθώς και το γεγονός ότι στην Ελλάδα ο τομέας αυτός δε γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη. Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθεί έμφαση στα προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της έρευνας και στους λόγους αυτών.

5.2 Εταιρίες Κατασκευής Τηλεμετρικών Συστημάτων

Στα πλαίσια της έρευνας που έγινε στην αγορά των εταιριών που παρέχουν για εμπορική χρήση διάφορα τηλεμετρικά συστήματα, διαπιστώθηκε μεγαλύτερη ποικιλία σε χώρες του εξωτερικού με ανεπτυγμένη τεχνολογία και συγκεκριμένα της Αμερικής και Κίνας. Οι διάφορες κατασκευάστριες εταιρίες επικεντρώνονταν στην κατασκευή συστημάτων με συγκεκριμένες εφαρμογές, μειώνοντας έτσι το πεδίο επιλογών. Σε αυτό το σημείο, θα αναφερθούν οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους απορρίφθηκαν διάφορες εταιρίες.

Διάθεση επιμέρους εξαρτημάτων

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εταιριών που βρέθηκαν στο διαδίκτυο διέθεταν προϊόντα τα οποία αποτελούσαν επιμέρους εξαρτήματα προς συναρμολόγηση για την κατασκευή ενός τηλεμετρικού συστήματος. Τα βασικότερα από αυτά τα μηχανήματα ήταν modems, πομποί, δέκτες, μικροϋπολογιστές, αισθητήρες, κάρτες τηλεμετρίας κ.α.. Η σύνδεση αυτών αποτελεί εξειδικευμένες γνώσεις και πολύ χρόνο, γεγονός που οδήγησε στην απόρριψη αυτού του τρόπου προσέγγισης. Ενδεικτικά, κάποιες από τις πιο γνωστές εταιρίες ήταν η Futaba, Tigertronics, MEACO, KMT, Airlinx, RDT, Point Six, Radiometrix, Microstar Laboratories, EMS κ.α..

Μέγεθος συστημάτων

Ένα ακόμα βασικό πρόβλημα αφορούσε το μέγεθος και το βάρος του συστήματος τηλεμετρίας. Δεδομένου ότι η εγκατάστασή του θα γινόταν σε μη επανδρωμένο όχημα, οι διαστάσεις του και το βάρος του αποτελούσαν σημαντικό κριτήριο

επιλογής. Βρέθηκαν διάφορες εταιρίες οι οποίες παρείχαν συλλογή πολλών στοιχείων τηλεμετρίας, αλλά έβρισκαν εφαρμογή μόνο σε επανδρωμένα οχήματα. Ορισμένες από αυτές είναι οι: AACOM Systems, L3 Communication, Aero Telemetry κ.α..

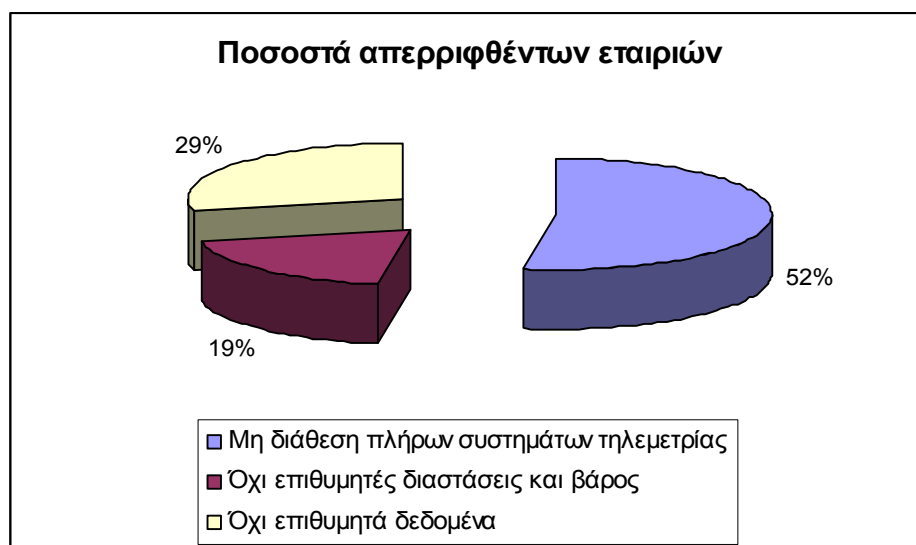
Τηλεμετρικά δεδομένα

Λόγω της ακριβής κατασκευής συστημάτων τηλεμετρίας και της περιορισμένης ζήτησής τους, οι περισσότερες κατασκευάστριες εταιρίες παράγουν συστήματα τα οποία εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς. Αυτό αποτέλεσε πρόβλημα διότι τα δεδομένα τα οποία επιθυμούσαμε να συλλέξουμε δεν βρέθηκαν να παρέχονται πλήρως από ένα σύστημα. Τα συστήματα της αγοράς, ανάλογα με τη χρήση τους παρείχαν εικόνες μέσω χρήσης φωτογραφιών ή κάμερας, τιμές θερμοκρασίας και πίεσης, συντεταγμένες θέσης, και διάφορα άλλα δεδομένα τα οποία δεν κάλυπταν τις ανάγκες μας. Επίσης, δεν ήταν λίγες και οι εταιρίες που παρείχαν μη επανδρωμένο όχημα, μαζί με τηλεμετρικό σύστημα το οποίο δεν ήταν προσαρμόσιμο σε άλλο μοντέλο οχήματος. Παραδείγματα τέτοιων εταιριών είναι η CARVEC, Rotomotion, DSD κ.α..

Δυσκολία επικοινωνίας με εταιρείες

Ένας επίσης βασικός λόγος απόρριψης ορισμένων εταιρειών, ήταν οι ελλείψεις πληροφορίες που παρείχαν στην ιστοσελίδα τους, σε συνδυασμό με την έλλειψη προθυμίας να απαντήσουν σε διάφορα ερωτήματα που τους έθετα. Βασικός λόγος αυτής της αντιμετώπισης ήταν η επιθυμία τους να συνεργάζονται με μεγάλες εταιρίες με μελλοντικές προοπτικές και όχι στα πλαίσια πραγματοποίησης μιας εργασίας.

Στο ακόλουθο διάγραμμα πίτας (**Σχήμα 5.1**), φαίνονται τα ποσοστά των εταιριών οι οποίες απορρίφθηκαν λόγω του ότι δεν διέθεταν πλήρη συστήματα, λόγω του μεγέθους των συστημάτων που είχαν και λόγω των μη επιθυμητών τηλεμετρικών δεδομένων που παρείχαν. Από το διάγραμμα αυτό, είναι φανερό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εταιριών που ασχολούνται με τον τομέα της τηλεμετρίας, παρέχει βασικά εξαρτήματα για την κατασκευή των επιθυμητών συστημάτων.



Σχήμα 5.1. Εταιρίες που απορρίφθηκαν για βασικούς λόγους.

Τα ποσοστά αυτά προέκυψαν από το σύνολο των εταιρειών που βρήκα καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας αγοράς που έκανα.

5.3 Συμπεράσματα

Ένα από τα βασικά προβλήματα το οποίο έπρεπε να αντιμετωπιστεί από τα στάδια έναρξης της διεξαγωγής της έρευνας αγοράς, ήταν οι απαραίτητες γνώσεις που έπρεπε να αποκτήσω προκειμένου να είμαι σε θέση να αξιολογώ τις επιδόσεις διαφόρων τηλεμετρικών συστημάτων.

Αποκτώντας το κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο και όντας σε θέση να μπορώ να κρίνω τη χρησιμότητα των διαφόρων συστημάτων τηλεμετρίας, ακολούθησε μια σειρά άλλων προβλημάτων. Βασικότερη αιτία αυτών ήταν ο σχετικά μικρός αριθμός κατασκευαστριών εταιριών και η περιορισμένη ευελιξία που παρέχουν τα συστήματα εμπορικής χρήσης.

Λαμβάνοντας υπ' όψη όλους τους λόγους που προηγήθηκαν στο κεφάλαιο αυτό, η ανάπτυξη του τηλεμετρικού συστήματος που μπόρεσε να καλύψει το σκοπό της εργασίας μου, έγινε με τη συνεργασία δύο εταιριών. Δεδομένα για τον προσδιορισμό της θέσης του οχήματος λαμβάνονται από το σύστημα της εταιρίας GPS Flight, ενώ το σύστημα καταγραφής της κίνησης των χειριστηρίων ελέγχου αγοράστηκε από την εταιρία Eagle Tree Systems.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΣΗΣ

6.1 Εισαγωγή

Στα επόμενα Κεφάλαια παρουσιάζεται σύστημα τηλεμετρίας για την καταγραφή και περαιτέρω ανάλυση στοιχείων θέσης και ελέγχου του μη επανδρωμένου οχήματος κάθετης απο-προσγείωσης. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δυο επιμέρους συστήματα.

Το ένα από τα δύο συστήματα αυτά αγοράστηκε από την εταιρία GPS Flight και αποτελείται από ένα πομπό πάνω στον οποίο υπάρχει WAAS GPS και ψηφιακό υψομετρικό όργανο (Digital Altimeter), και ένα δέκτη. Ο δέκτης συνδέεται μέσω USB θύρας στον υπολογιστή. Η καταγραφή των δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο μέσω του λογισμικού της εταιρίας που ονομάζεται Dashboard. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν σε φύλλο Excel μέσω του οποίου έχουν γίνει και τα απαραίτητα διαγράμματα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών του συστήματος αυτού, καθώς και του λογισμικού του, για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του [19].

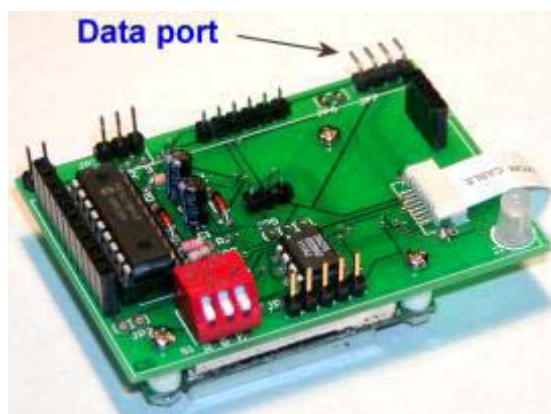
6.2 Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης

Ο προσδιορισμός και η καταγραφή των συντεταγμένων θέσης, γίνεται με τη χρήση του πακέτου PK-STXe-RXBase3 της εταιρίας GPS Flight. Το πακέτο αυτό περιλαμβάνει ενσωματωμένο λογισμικό για τη γραφική αναπαράσταση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η εγκατάσταση του συστήματος αυτού έγινε στο μη επανδρωμένο όχημα κάθετης από-προσγείωσης Raptor 60 V2, του εργαστηρίου Ευφών Συστημάτων και Ρομποτικής. Παρακάτω θα γίνει αναφορά στα βασικά τμήματα του συστήματος αυτού.

6.2.1 Πομπός και Δέκτης

Ο πομπός (STXe) υποστηρίζει την τεχνολογία TracID με την οποία επιτρέπεται ο ταυτόχρονος εντοπισμός περισσότερων από μια μονάδες με κοινό δέκτη (RX-Base 3), χαρακτηριστικό που ενδεχομένως μπορεί να φανεί χρήσιμο μελλοντικά. Η τεχνολογία αυτή, επιτρέπει την εκπομπή δεδομένων σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και υλοποιείται μέσω ενός ενσωματωμένου μικροεπεξεργαστή στο πομπό. Ο μικροεπεξεργαστής συμπιέζει και μετατρέπει σε πακέτα τα δεδομένα θέσης, με στόχο

τη μείωση των μεταδιδόμενων σφαλμάτων και την ταυτόχρονη λήψη σημάτων πολλαπλών μονάδων.



Εικόνα 6.1 Ο πομπός STXe.

Στην επιπρόσθετη υποδοχή που διαθέτει έχουμε τοποθετήσει ένα ψηφιακό υψομετρικό όργανο. Η παρουσία του ψηφιακού υψομετρικού οργάνου στον πομπό (STXe) παρέχει υψομετρικά δεδομένα μεγαλύτερης ακρίβειας ($\pm 1,524$ m) τα οποία αντικαθιστούν τα δεδομένα υψομέτρου του GPS. Το όργανο παρέχει ευαίσθητα θερμοκρασιακά και βαρομετρικά δεδομένα σε εύρος πίεσης 1100mb - 300mb. Αυτό είναι σχεδόν 609,6 m κάτω από το επίπεδο της θάλασσας και περίπου 9144 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Το όργανο αυτό μπορεί να παρέχει θερμοκρασιακές πληροφορίες μεγάλης ακρίβειας (1°F).

Τέλος, πάνω στον πομπό είναι ενσωματωμένο ένα WAAS GPS με την κεραία του. Η τροφοδοσία του πομπού γίνεται με 4 AAA αλκαλικές μπαταρίες.



Εικόνα 6.2 Το ενσωματωμένο GPS με την κεραία του.

Ο σταθμός βάσης (RX-Base3) συνδέεται μέσω θύρας USB με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και δεν χρειάζεται εξωτερική τροφοδοσία. Διαθέτει 2db κεραία η οποία λαμβάνει σήματα σε απόσταση 24km, με ακρίβεια 3m.

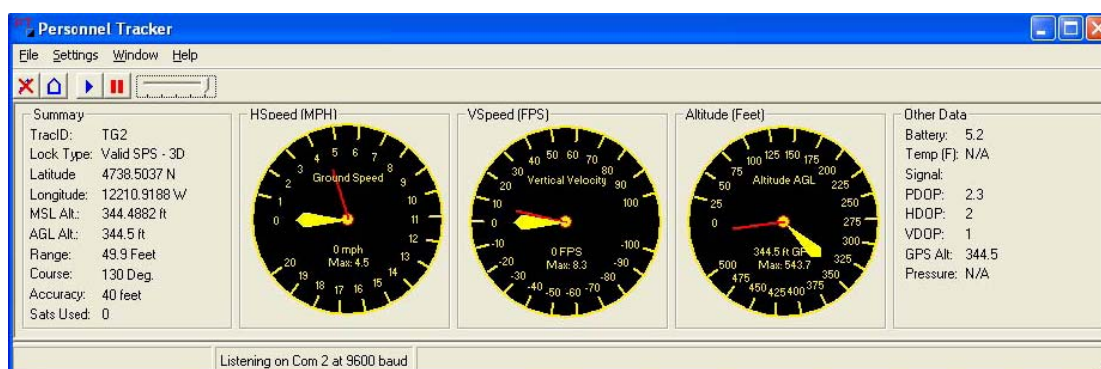


Εικόνα 6.3. Βάση RX-Base3.

6.2.2 Λογισμικό

Η γραφική αναπαράσταση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, γίνεται μέσω της εκτέλεσης του λογισμικού Dashboard. Το λογισμικό αυτό παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού των πομπών σε πραγματικό χρόνο. Η κάθε μονάδα αναγνωρίζεται από το όνομά της (TrackID) το οποίο δηλώνεται κατά τη διάρκεια ρύθμισης των συσκευών. Κατά αυτόν τον τρόπο, αν υπάρχουν και άλλοι πομποί στην περιοχή, δεν υπάρχει πρόβλημα επικάλυψης του σήματος. Το λογισμικό αυτό συνεργάζεται με τον STXe πομπό και παρουσιάζει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Ο χρόνος αναβάθμισης των δεδομένων ποικίλει ανάλογα με το πόσες μονάδες επικοινωνούν με τη συγκεκριμένη βάση.

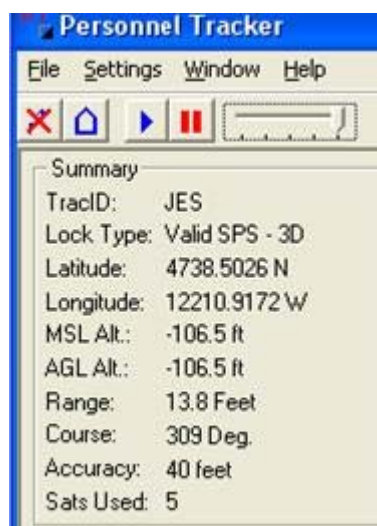
Στην **Εικόνα 6.4** αναπαρίσταται η γενική μορφή του πίνακα ελέγχου του λογισμικού. Ακολουθούν τα επιμέρους τμήματα του λογισμικού αυτού και μια σύντομη περιγραφή για το καθένα.



Εικόνα 6.4 Γενικός Πίνακας Ελέγχου του Dashboard.

6.2.2.α Βασικά Στοιχεία Πίνακα Ελέγχου

Όπως βλέπουμε στο γενικό πίνακα ελέγχου, τα βασικότερα στοιχεία συνοψίζονται στον πλαίσιο με την ονομασία “Summary” (**Εικόνα 6.5**). Κάθε στοιχείο αυτού του πλαισίου, αντιστοιχεί σε κάποια τιμή δεδομένων. Πιο αναλυτικά έχουμε:

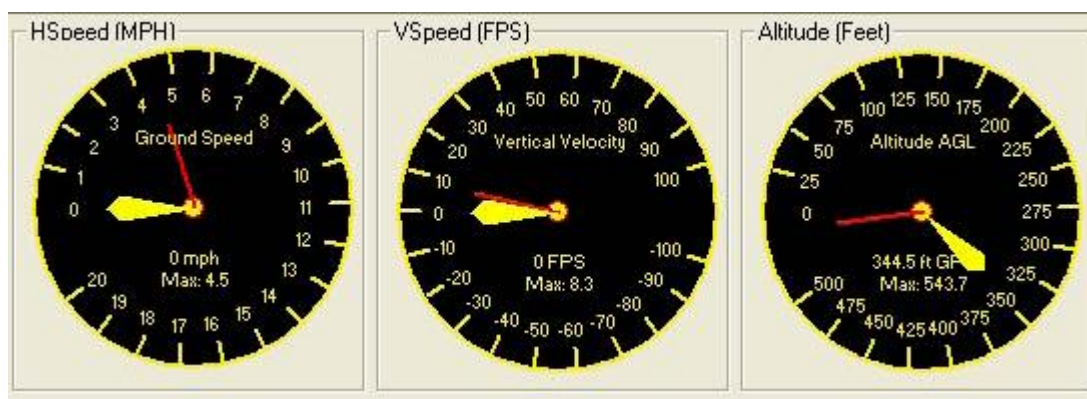


Εικόνα 6.5 Βασικά στοιχεία πίνακα ελέγχου.

- **TracID:** Αναφέρεται στο τρέχον όχημα του οποίου τα δεδομένα αναπαρίστανται στο λογισμικό.
- **Lock Type:** Δείχνει αν η μονάδα έχει έγκυρες πληροφορίες τοποθεσίας. Η ένδειξη 2D είναι λιγότερο ακριβής από την 3D, η οποία παρέχει πληροφορίες και για το υψόμετρο. Το DGPS θα εμφανιστεί αν το GPS έχει WAAS ή άλλα αυξητικές πληροφορίες θέσης, δείχνοντας τα δεδομένα μεγαλύτερης ακρίβειας.
- **Latitude / Longitude:** Τιμές του γεωγραφικού πλάτους και μήκους αντίστοιχα καθώς μεταβάλλονται με το χρόνο.
- **MSL Alt:** Αναφέρεται στο υψόμετρο πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.
- **AGL Alt:** Αναφέρεται στο υψόμετρο πάνω από την πιο πρόσφατη ρύθμιση “Ground Zero”. Πατώντας πάνω στο εικονίδιο ‘home’ της μπάρας εργαλείων ή στο εικονίδιο στόχου στο Plot Window, τίθεται το τρέχον AGL σε αυτό το υψόμετρο. Στη συνέχεια το AGL δείχνει τις μεταβολές πάνω ή κάτω από αυτό το ρυθμισμένο υψόμετρο.
- **Range:** Αποτελεί την απόσταση από τη συγκεκριμένη μονάδα.
- **Coarse:** Ένδειξη σε μοίρες της πορείας της συγκεκριμένης μονάδας.
- **Accuracy:** Είναι το μέγιστο εκτιμώμενο σφάλμα της αναφοράς θέσης.
- **Sats Used:** Ένδειξη του αριθμού των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της συγκεκριμένης θέσης.

6.2.2.β Όργανα Ένδειξης

Αποτελούν αναλογικά όργανα μέτρησης που δείχνουν την τρέχουσα θέση μέσω οργάνων. Σε αυτά, απεικονίζονται η οριζόντια ταχύτητα, η κατακόρυφη ταχύτητα και το υψόμετρο για τη συγκεκριμένη μονάδα. Μπορεί κανείς να ρυθμίσει την κλίμακα των οργάνων ή να μηδενίσει τη μέγιστη τιμή της βελόνας για το κάθε όργανο.



Εικόνα 6.6. Αναλογικά Όργανα Ένδειξης.

6.2.2.γ Γενικές Πληροφορίες

Ένας άλλος πίνακας (**Εικόνα 6.7**), δείχνει γενικότερα δεδομένα για τη συγκεκριμένη μονάδα όπως το επίπεδο της μπαταρίας σε volt (Battery), τη θερμοκρασία και την πίεση, την ισχύ του σήματος (δεν είναι διαθέσιμο), την ακρίβεια των δεδομένων θέσης (PDOP, HDOP, VDOP) και το τρέχον υψόμετρο του GPS.

Other Data	
Battery:	5.2
Temp (F):	N/A
Signal:	
PDOP:	2.3
HDOP:	2
VDOP:	1
GPS Alt:	344.5
Pressure:	N/A

Εικόνα 6.7. Γενικές πληροφορίες μονάδας.

Τα εύρη αυτών των ενδείξεων είναι:

- Battery: 3,3- 3,5 volts – πρέπει να είναι +4,5 volts.
- Temperature: -20 F μέχρι +150 F – μόνο αν υπάρχει ψηφιακό υψομετρικό όργανο.

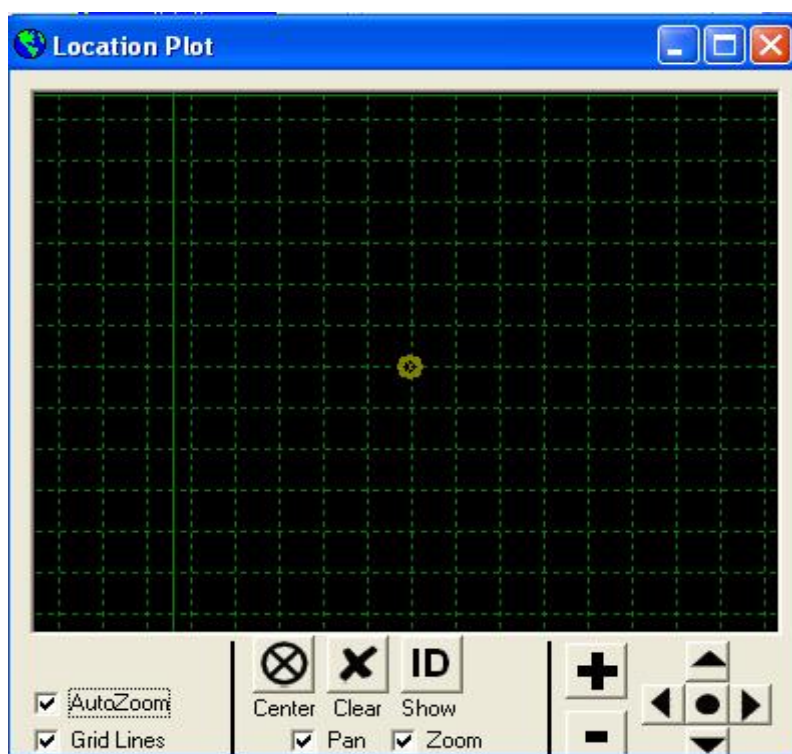
- Signal: 0% ένδειξη μηδενικού σήματος 100% ένδειξη πολύ ισχυρού σήματος.
- PDOP, HDOP, VDOP: ένδειξη ακρίβειας της θέσης.
- GPS Alt: ένδειξη τρέχουσας αναφερόμενης τιμής του υψομέτρου του GPS.
- Pressure (mb): ένδειξη πίεσης μόνο αν υπάρχει ψηφιακό υψομετρικό όργανο.

6.2.2.δ Παράθυρο πορείας (TracID Plot Window)

Το παράθυρο αυτό δείχνει την πορεία της μονάδας σε μια περιοχή με τη χρήση ενός πλέγματος. Δίνονται οι ακόλουθες δυνατότητες ελέγχου:

Τα κουμπιά με τα βέλη μετακινούν το χάρτη δεξιά/αριστερά και πάνω/κάτω. Τα κουμπιά εστίασης + και – αυξάνουν ή μειώνουν το οπτικό πεδίο, δείχνοντας περισσότερες ή λιγότερες λεπτομέρειες αντίστοιχα. Πατώντας στο κουμπί “Center” κεντράρεται ο χάρτης στη ρύθμιση “Ground Zero”. Με την επιλογή του χαρακτηριστικού “Auto Zoom” υπάρχει μεγαλύτερη ευκολία όσον αφορά τη μετατόπιση του χάρτη και την εστίαση.

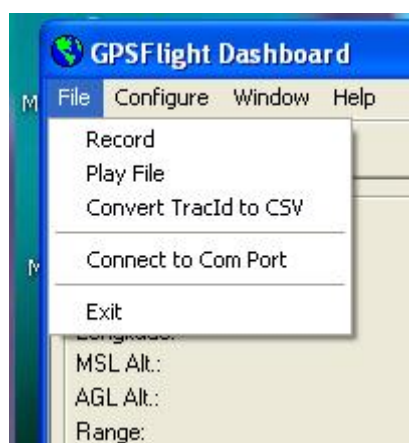
Τα κουμπιά που βρίσκονται πάνω στο παράθυρο πορείας ελέγχουν πώς θα εμφανίζεται η μονάδα στην οθόνη. Το κέντρο του παραθύρου βρίσκεται πάνω στον καφέ κύκλο. Αυτό αποτελεί το σημείο εκκίνησης από το οποίο αναφέρονται οι αποστάσεις του οχήματος.



Εικόνα 6.8. Παράθυρο ένδειξης της πορείας του οχήματος.

6.2.2.ε Καταγραφή Τηλεμετρίας

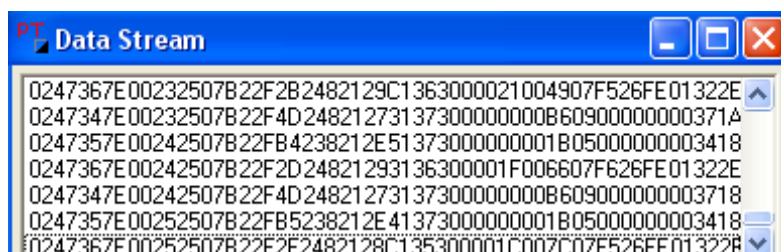
Το λογισμικό επιτρέπει την καταγραφή δεδομένων και την αναπαραγωγή αυτών για τη μετέπειτα ανάλυσή τους. Τα καταγεγραμμένα αρχεία αποθηκεύονται σε μορφή .txt αρχείου και στη συνέχεια μπορούν να αναπαρασταθούν σε φύλλο του λογισμικού πακέτου Excel. Αυτή η διαδικασία δε γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Αυτό που πρέπει να κάνει ο χρήστης, είναι να μετατρέψει το αρχείο σε .csv (comma separated values), μέσω επιλογής του προγράμματος (**Εικόνα 6.10**) και στη συνέχεια να το εισάγει σε φύλλο Excel. Όταν αναπαράγεται ένα αρχείο, υπάρχει η δυνατότητα παύσης ή μείωσης της ταχύτητας της αναπαραγωγής.



Εικόνα 6.9. Δυνατές επιλογές του λογισμικού.

6.2.2.στ Παράθυρο Δεδομένων

Τα δεδομένα που αφορούν τη θέση του οχήματος, αποστέλλονται από τον πομπό που βρίσκεται πάνω στο όχημα, στην βάση που βρίσκεται στο έδαφος συνδεδεμένη με τον υπολογιστή. Το πλήθος αυτό των δεδομένων μετασχηματίζει την πληροφορία από τη μορφή NMEA, μέσω της οποίας επικοινωνούν όλα τα GPS, σε πολύ μικρά πακέτα πληροφοριών θέσης και δίνει όνομα σε κάθε πακέτο ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί από τον υπολογιστή.



Εικόνα 6.10. Παράθυρο εισερχόμενων δεδομένων.

Στο παράθυρο αυτό φαίνεται η τελική μορφή των εισερχόμενων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (**Εικόνα 6.8**). Η μέθοδος συμπίεσης είναι ιδιωτική και σε αντίθεση με τις NMEA προτάσεις μεταδίδονται σε δυαδική μορφή. Με την έναρξη του προγράμματος υπάρχει η επιλογή τα δεδομένα να κατεβαίνουν με μορφή NMEA. Ο

λόγος της συμπίεσης εξυπηρετεί σε θέμα χωρητικότητας, εφόσον το συμπιεσμένα δεδομένα είναι 1/100 φορές μικρότερα σε μέγεθος από τα NMEA δεδομένα.

Τα βασικότερα δεδομένα τα οποία μεταφέρουν οι συμπιεσμένες προτάσεις, αφορούν στις πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το όχημα. Επίσης δηλώνουν τον αριθμό των δορυφόρων που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των προηγούμενων στοιχείων. Άλλα δεδομένα που μπορούν να δώσουν είναι η ταχύτητα του οχήματος και ο ακριβής χρόνος της εκάστοτε θέσης. Περισσότερες πληροφορίες σχετικές με τη μορφή επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι συσκευές GPS περιλαμβάνονται στην επόμενη παράγραφο καθώς και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

6.2.3 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας των GPS

Ο Εθνικός Σύνδεσμος Ηλεκτρονικών Ναυτιλίας των Η.Π.Α. (National Marine Electronics Association - NMEA) έχει αναπτύξει ένα πρωτόκολλο το οποίο καθορίζει την επιφάνεια διεπαφής μεταξύ διαφόρων τμημάτων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Το πρωτόκολλο αυτό επιτρέπει στις ηλεκτρονικές συσκευές ναυτιλίας να στέλνουν πληροφορίες σε υπολογιστές και σε άλλα ναυτιλιακά συστήματα. Συνεπώς, το πρωτόκολλο NMEA καθορίζει την ηλεκτρική διεπιφάνεια καθώς και το πρωτόκολλο δεδομένων για την επικοινωνία των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών σημάτων.

Η επικοινωνία των δεκτών των GPS καθορίζεται μέσα στα πλαίσια αυτών των προδιαγραφών – πρωτοκόλλου. Τα περισσότερα υπολογιστικά προγράμματα που παρέχουν πληροφορίες θέσης σε πραγματικό χρόνο, κατανοούν και δέχονται δεδομένα μορφοποιημένα κατά NMEA. Τα δεδομένα αυτά περιέχουν την πλήρη PVT (position, velocity, time) λύση που υπολογίζουν οι GPS δέκτες [14]. Αναλυτικότερες πληροφορίες για το πρωτόκολλο NMEA υπάρχουν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

6.2.3.α Είδη Προτάσεων

Η φιλοσοφία του NMEA πρωτοκόλλου είναι να στέλνει μια γραμμή δεδομένων ή αλλιώς “πρόταση”. Υπάρχουν δύο ειδών προτάσεις που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο αυτό: οι πρότυπες (standard) προτάσεις και οι ιδιωτικές (proprietary) [14], [15], [16].

Πρότυπες Προτάσεις (Standard Sentences)

Οι προτάσεις αυτές υπάρχουν για κάθε κατηγορία συσκευής. Έχουν δύο γράμματα σαν πρόθεμα (που ακολουθεί το σύμβολο “\$”) το οποίο καθορίζει τη συσκευή που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο τύπο πρότασης. Στην περίπτωση των GPS το πρόθεμα που χρησιμοποιείται είναι το “GP”. Άλλα χρησιμοποιούμενα προθέματα είναι τα εξής: “AG” Autopilot General, “AM” Autopilot Magnetic, “DF” Direction Finder, “YX” Transducer και άλλα. Το μετά πρόθεμα υπάρχει μια ακολουθία τριών γραμμμάτων που προσδιορίζει το περιεχόμενο της πρότασης. Ορισμένες προτάσεις που αφορούν τις συσκευές GPS θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο.

Ιδιωτικές Προτάσεις (Proprietary Sentences)

Το NMEA πρωτόκολλο επιτρέπει στους κατασκευαστές να ορίζουν τις δικές τους ιδιωτικές προτάσεις ανάλογα με τη χρήση που τους ταιριάζει. Οι ιδιωτικές αυτές προτάσεις ξεκινάνε με το γράμμα “P” και ακολουθούν τρία γράμματα που προσδιορίζουν τον κατασκευαστή που ελέγχει τη συγκεκριμένη πρόταση. Για παράδειγμα, μια πρόταση για Garmin δέκτη θα έχει σαν πρόθεμα “PGRM”, ενώ για Magellan το πρόθεμα θα είναι “PMGN”.

Οι προτάσεις αυτές έχουν τις ακόλουθες λειτουργίες :

- Στέλνουν ρυθμίσεις σε δέκτες GPS
- Ελέγχουν την εφαρμογή και τις ρυθμίσεις σχετικές με τα DGPS
- Ζητούν λεπτομερή κατάσταση πληροφορίας από ένα δέκτη

Με τη χρήση των ιδιωτικών προτάσεων, παρέχονται στους κατασκευαστές ισχυρές προγραμματιστικές δυνατότητες και μπορούν να κατασκευάσουν ετοιμοπαράδοτα GPS πακέτα. Το βασικότερο πλεονέκτημα των ιδιωτικών προτάσεων είναι ότι παρέχουν πλήρη έλεγχο πάνω στον δέκτη του GPS, δεδομένου ότι μια εφαρμογή μπορεί να αφορά στην αίτηση πληροφοριών.

6.2.3.β Μορφή Προτάσεων

Τα δεδομένα του πρωτοκόλλου NMEA αποστέλλονται σε μορφή προτάσεων, κάθε μια από τις οποίες, όπως θα δούμε, είναι περιεκτικότατη και ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες.

Κάθε πρόταση ξεκινάει με το χαρακτήρα “\$” και τελειώνει με ένα χαρακτήρα ελέγχου και δεν μπορεί να περιέχει παραπάνω από 80 χαρακτήρες ορατού κειμένου. Όλα τα δεδομένα, τα όποια από μόνα τους είναι ASCII χαρακτήρες, περιέχονται μέσα σε αυτή τη γραμμή, με τα επιμέρους τμήματα να χωρίζονται με κόμμα. Τα προγράμματα που διαβάζουν τα δεδομένα αυτά, πρέπει να χρησιμοποιούν μόνο τα κόμμα για να διευκρινίζουν τα όρια του πεδίου και να μην εξαρτώνται από την τοποθέτησή τους κατά στήλες.

Τα δεδομένα μπορεί να ποικίλουν ως προς την ποσότητα ακρίβειας που περιέχεται σε ένα μήνυμα. Για παράδειγμα, η ώρα μπορεί να αναγράφεται σε δεκαδικά μέρη του δευτερολέπτου ή η τοποθεσία να δείχνεται με 3 ή ακόμα και 4 δεκαδικά ψηφία μετά τη υποδιαστολή. Υπάρχει προνόηση για επαλήθευση (checksum) στο τέλος της πρότασης την οποία μπορεί να εκτελέσει η μονάδα που διαβάζει τα δεδομένα. Η επαλήθευση περιέχει ένα “*” και δύο δεκαεξαδικά ψηφία και όπως ειπώθηκε είναι απαραίτητη σε ορισμένες μόνο προτάσεις.

Για να γίνει πιο κατανοητή η μορφή των προτάσεων που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο στην περίπτωση των συσκευών GPS, θα αναλυθούν (Παράρτημα “Ανάλυση Προτάσεων NMEA”) οι προτάσεις που χρησιμοποιούνται στο πρακτικό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ

7.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της απόκτησης ολοκληρωμένων στοιχείων τηλεμετρίας, το σύστημα του οποίου έγινε η περιγραφή στο Κεφάλαιο 6, λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα ακόμα σύστημα τηλεμετρίας. Το δεύτερο αυτό σύστημα έχει σαν βασική του λειτουργία την καταγραφή των κινήσεων του χειριστηρίου ελέγχου του μη επανδρωμένου ελικοπτήρου.

Το σύστημα αγοράστηκε από την εταιρία Eagle Tree Systems η οποία κατασκευάζει συστήματα απόκτησης δεδομένων για μη επανδρωμένα οχήματα. Τα βασικά του εξαρτήματα είναι το μηχάνημα καταγραφής “Flight Data Recorder”, 4 καλώδια τύπου ‘Υ’, 0,9m ελαστικού σωλήνα Πιτό (Pitot Tube) και προέκταση αυτού, 1 αισθητήρας θερμοκρασίας, 1 αισθητήρας μέτρησης των στροφών του κινητήρα, ένα καλώδιο USB και εφεδρικές μπαταρίες (προαιρετική χρήση). Η καταγραφή των δεδομένων δε γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά αλλά και σε φύλλο Excel.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει ανάλυση των επιμέρους χαρακτηριστικών του συστήματος αυτού, κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του [26].

7.2 Σύστημα Καταγραφής Χειριστηρίου

Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται η καταγραφή των κινήσεων των σεβοκινητήρων του μη επανδρωμένου ελικοπτήρου Raptor, του εργαστηρίου Ευφών Συστημάτων και Ρομποτικής. Παρακάτω θα γίνει αναφορά στα βασικά τμήματα του συστήματος αυτού τα οποία έχουν εγκατασταθεί στο μη επανδρωμένο όχημα κάθετης από-προσγείωσης.

7.2.1 Συσκευή Καταγραφής

Η συσκευή καταγραφής “Flight Data Recorder” (**Σχήμα 7.1**) συνδέεται με τους κινητήρες μέσω των καλωδίων τύπου ‘Υ’. Πραγματοποιείται η πτήση κατά τη διάρκεια της οποίας καταγράφονται τα δεδομένα και κατόπιν γίνεται η σύνδεση του μηχανήματος αυτού με το δέκτη, μέσω του USB καλωδίου, για την αποθήκευση και γραφική αναπαράσταση αυτών. Η χωρητικότητα του καταγραφέα είναι περιορισμένη

και υπάρχει η επιλογή να τερματιστεί η καταγραφή όταν η μνήμη γεμίσει ή να συνεχίσει να γίνεται καταγραφή σβήνοντας προϋπάρχοντα δεδομένα.

Τα δεδομένα υπόκεινται κάποιου είδους συμπίεσης για να μπορέσει να αυξηθεί η διάρκεια καταγραφής πριν γεμίσει η μνήμη. Η συχνότητα λήψης δεδομένων μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα με την εκάστοτε λειτουργία. Όσο μεγαλύτερη η συχνότητα λήψης δεδομένων, τόσο περισσότερα δεδομένα συλλέγονται εις βάρος όμως της διάρκειας καταγραφής.

Τέλος, στην καλύτερη των περιπτώσεων η συσκευή καταγραφής τροφοδοτείται μέσω των καλωδίων από τον δέκτη. Όμως, υπάρχουν εφεδρικές μπαταρίες των 4,5 Volts μέσω των οποίων γίνεται η τροφοδοσία αν η τάση πέσει από αυτό το όριο.



Σχήμα 7.1. Συσκευή καταγραφής δεδομένων χειριστηρίων ελέγχου.

7.2.2 Αισθητήρες

Το σύστημα μπορεί να παρέχει επιπλέον πληροφορίες μέσω της σύνδεσης κάποιων αισθητήρων. Ανάλογα με τις μετρήσεις που παρέχει ο κάθε αισθητήρας, γίνεται η σύνδεσή του σε ορισμένο σημείο του ελικοπτέρου. Στην περίπτωση μας έχουμε τα ακόλουθα:

Σωλήνας Πιτό: χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας του αέρα με χρήση διαφορών πίεσης. Η μία άκρη του συνδέεται με τον καταγραφέα ενώ η άλλη άκρη είναι τοποθετημένη σε τέτοιο σημείο που να δείχνει προς την κατεύθυνση πορείας του οχήματος. Καλό σημείο τοποθέτησης είναι πάνω στο σύστημα προσγείωσης.

Αισθητήρας Θερμοκρασίας: μετράει τη θερμοκρασία του κινητήρα. Συνδέεται με το καταγραφέα και με τη βάση του κινητήρα όπου και αναπτύσσονται και οι υψηλότερες θερμοκρασίες. Βέβαια, ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα και την εμπειρία μπορεί να τοποθετηθεί σε άλλο σημείο όπου δίνει καλύτερο σήμα.

Αισθητήρας μέτρησης στροφών της μηχανής: μετρά τον αριθμό στροφών ανά λεπτό της μηχανής και τοποθετείται (με κόλλα ή με δημιουργία εσοχής) σε κατάλληλο σημείο στον κινητήρα και ενώνεται παράλληλα και με τον καταγραφέα.

Αισθητήρας υψομέτρου: βρίσκεται εγκατεστημένος μέσα στον καταγραφέα. Μετρά την ανύψωση λόγω διαφορών στην πίεση.

7.2.3 Λογισμικό

Όπως προαναφέρθηκε, τα δεδομένα συλλέγονται μετά το πέρας της πτήσης και μπορούν να αποθηκευτούν στον υπολογιστή για μετέπειτα ανάλυση. Το σύστημα διαθέτει λογισμικό μέσω του οποίου μπορεί να γίνει επιλογή των παραμέτρων που θέλει κανείς να δει. Αυτοί είναι:

Κινήσεις των κινητήρων: ανάλογα με το ποιος κινητήρας έχει επιλεγεί, εμφανίζονται οι κινήσεις ελέγχου του κατά την πτήση.

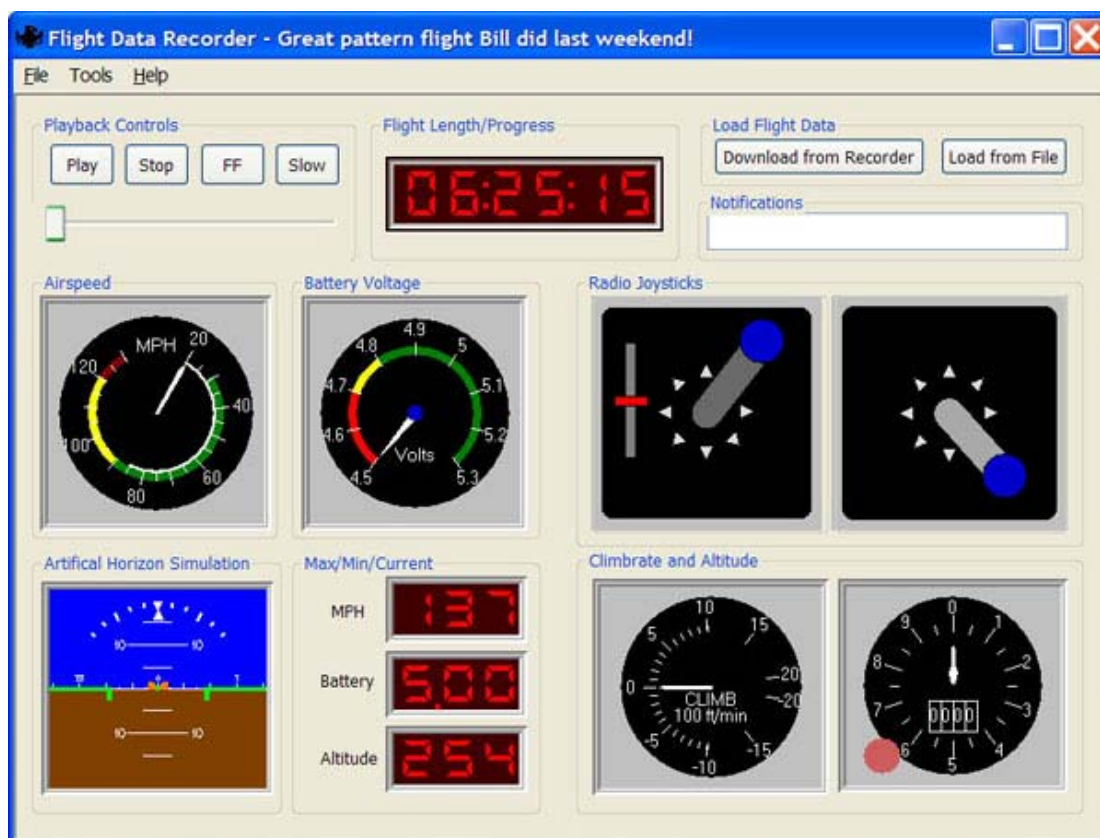
Τάση μπαταρίας του δέκτη: επιλέγοντας αυτή την παράμετρο καταγράφεται η τάση της μπαταρίας του δέκτη. Βέβαια, ο καταγραφέας συνεχώς ελέγχει αυτή την παράμετρο και κλείνει αυτόματα αν οι ενδείξεις είναι συνεχώς κάτω από 4,5 Volts.

Δυσλειτουργίες των κινητήρων: η επιλογή αυτής της παραμέτρου καταγράφει τα τυχόν σφάλματα στην καταγραφή των κινήσεων των κινητήρων. Το πιο συνηθισμένο από αυτά είναι η χαμηλή μπαταρία που εμποδίζει στη λήψη δεδομένων.

Ταχύτητα, Υψόμετρο, Θερμοκρασία: για την καταγραφή των τιμών της εκάστοτε παραμέτρου του ελικοπτερίου.

Μετά τη σύνδεση της συσκευής καταγραφής με τον υπολογιστή, εκτελώντας το πρόγραμμα εμφανίζονται οι ακόλουθες ενδείξεις, οι οποίες που αναπαρίστανται στο **Σχήμα 7.1**. Μερικές από αυτές είναι:

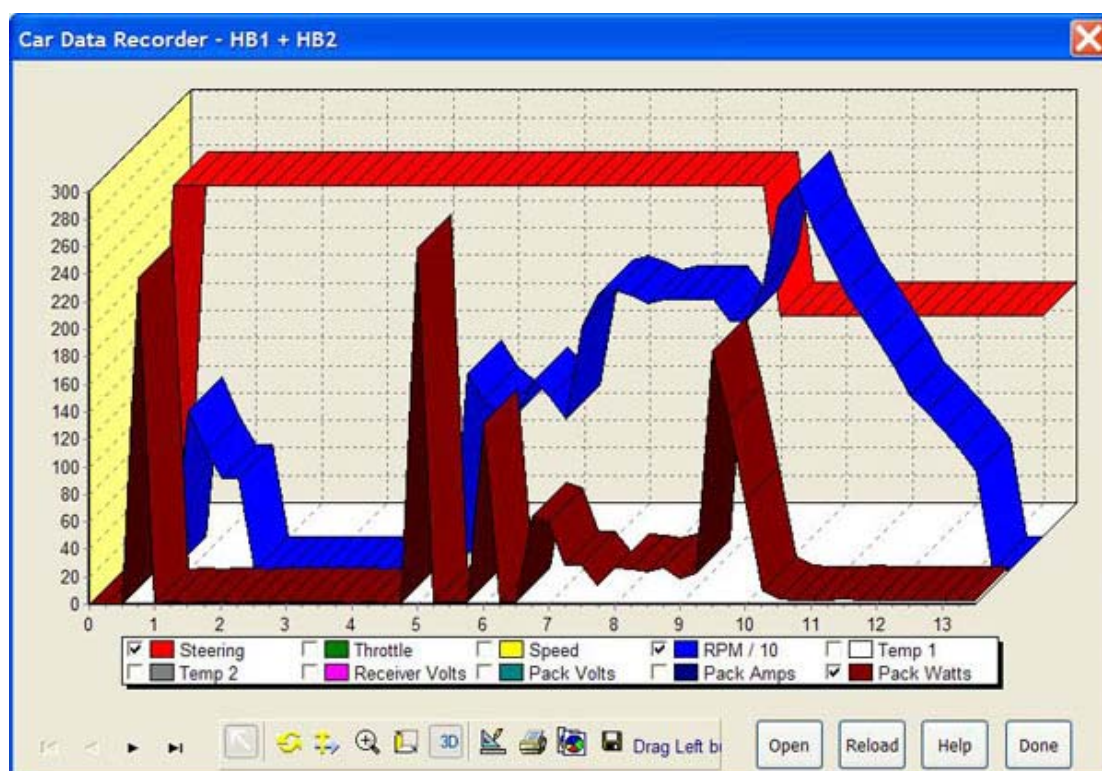
- Notifications: σε αυτό το σημείο του παραθύρου εμφανίζονται μηνύματα για την πτήση.
- Flight Length/Progress: όταν επιλέγεται το κουμπί τερματισμού δείχνει τη συνολική διάρκεια καταγραφής. Όταν τρέχει τα δεδομένα δείχνει τον τρέχοντα χρόνο της πτήσης.
- Battery Voltage: δείχνει την τρέχουσα τάση της μπαταρίας κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής των δεδομένων.
- Radio Joysticks: όπου έχουμε την γραφική αναπαράσταση της θέσης των χειριστηρίων ελέγχου.



Σχήμα 7.2. Αριθμητική αναπαράσταση δεδομένων.

Το πιο σημαντικό στοιχείο του λογισμικού είναι το γεγονός ότι είναι συμβατό και με το πρόγραμμα Excel, σε φύλλο του οποίου μπορούν να περαστούν όλες οι τιμές των δεδομένων.

Τέλος, υπάρχει και επιλογή γραφικής αναπαράστασης των δεδομένων όπως φαίνεται στο **Σχήμα 7.2**. Τα δεδομένα που μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά είναι η θερμοκρασία, το υψόμετρο, ο αριθμός στροφών και η ταχύτητα του ελικοπτέρου και οι κινήσεις των χειριστηρίων. Όπως είδαμε προηγούμενα, για τα στοιχεία αυτά υπάρχει και αριθμητική αναπαράσταση.



Σχήμα 7.3. Γραφική αναπαράσταση δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΠΑΦΗΣ

8.1 Εισαγωγή

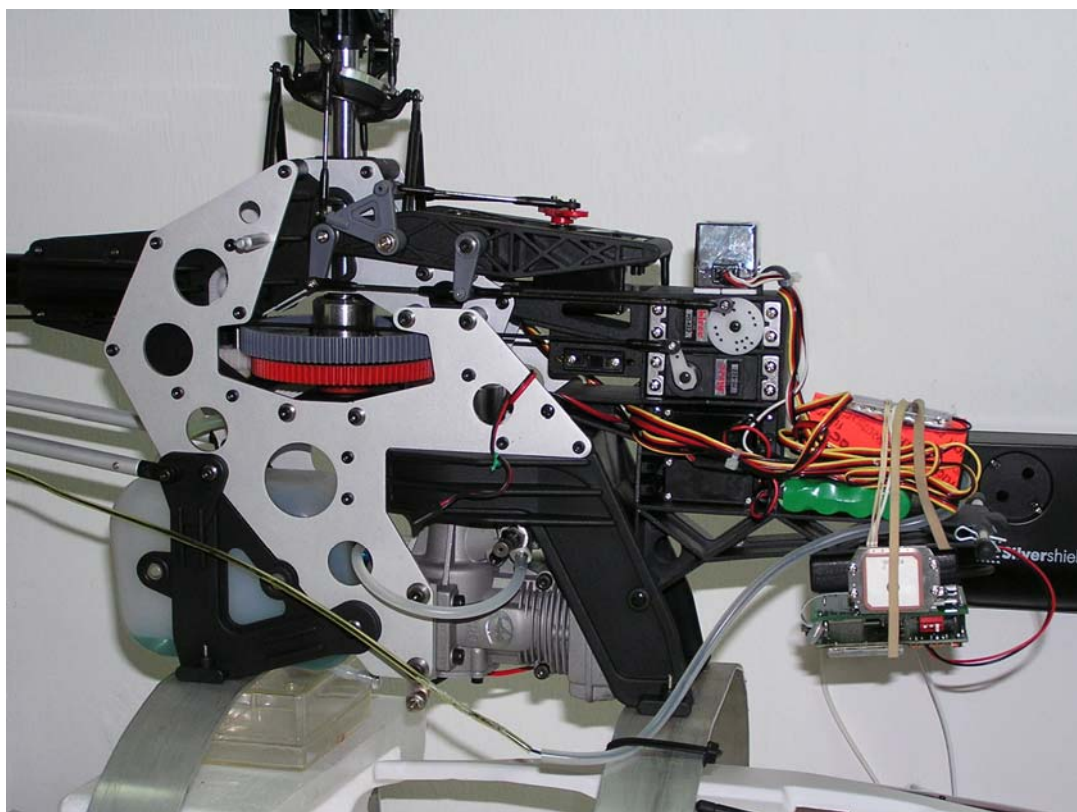
Μετά τη ανάπτυξη του πλήρους τηλεμετρικού συστήματος, έγινε η εγκατάστασή του πάνω σε μη επανδρωμένο όχημα κάθετης απογείωσης – προσγείωσης, τύπου Raptor 60 V2. Μεγάλη προσοχή δόθηκε στο σημείο τοποθέτησης του συστήματος, ώστε να μην προκαλείται διαταραχή στην ισορροπία του ελικοπτέρου. Κατόπιν, έγινε δοκιμαστική πτήση για τη συλλογή δεδομένων τα οποία παρουσιάζονται στο εκτελέσιμο πρόγραμμα «Interface.exe».

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί το μέσο διεπαφής του συνόλου των στοιχείων που συλλέγονται μέσω του συστήματος τηλεμετρίας. Με άλλα λόγια, σαν περιβάλλον διεπαφής ορίζουμε τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του ηλεκτρονικού υπολογιστή, στον οποίο αναπαρίστανται τα προς ανάλυση δεδομένα. Η εκτέλεσή του επιτρέπει στο χρήστη τη απεικόνιση των στοιχείων σε λογιστικό φύλλο Excel, τη γραφική αναπαράστασή τους τόσο σε δισδιάστατο όσο και σε τρισδιάστατο επίπεδο, καθώς και την άμεση εκτέλεση των επιμέρους λογισμικών, τα οποία αναλύονται στα Κεφάλαια 6 και 7.

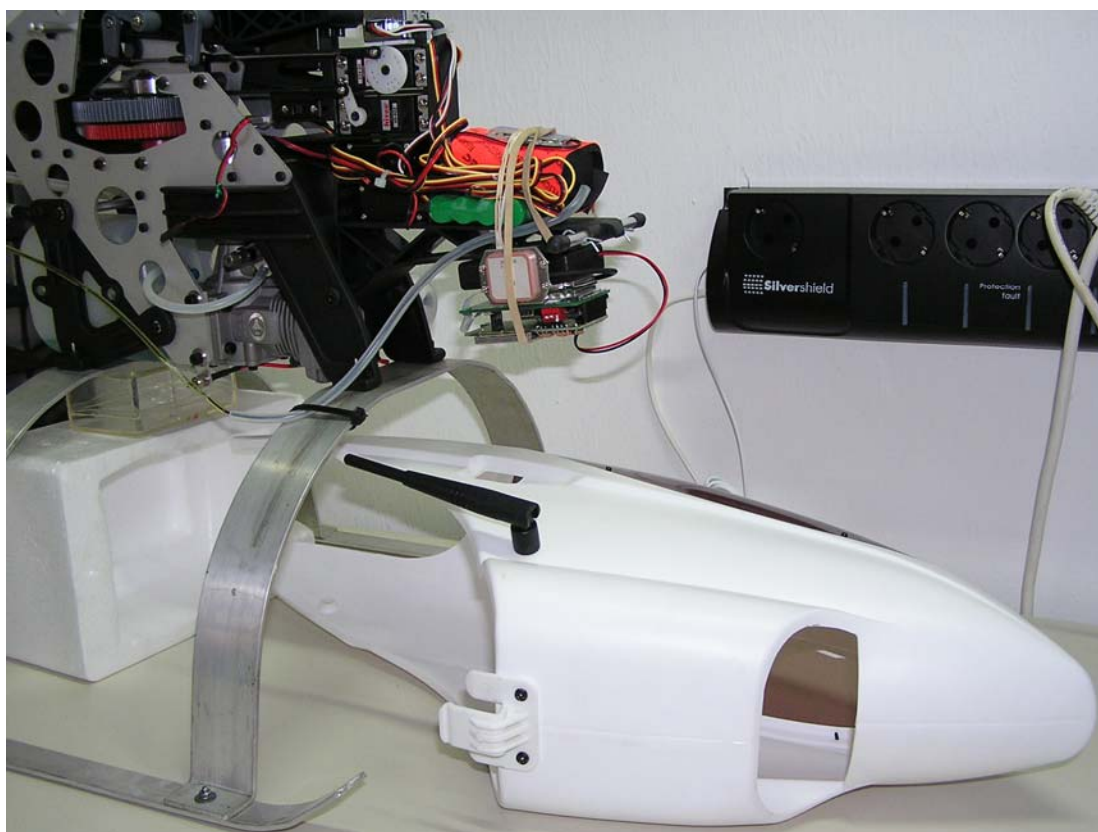
Πριν την περιγραφή του προγράμματος περιβάλλοντος διεπαφής, θα γίνει αναφορά στον τρόπο εγκατάστασης του συστήματος πάνω στο μη επανδρωμένο όχημα.

8.2 Τοποθέτηση Συστήματος Τηλεμετρίας

Η τοποθέτηση του συστήματος τηλεμετρίας προέκυψε μετά από κάποια μελέτη και συζητήσεις που έγιναν. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν να τοποθετηθεί το σύστημα προσδιορισμού θέσης στο μπροστινό μέρος του ελικοπτέρου, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 8.1**. Στην εικόνα αυτή το σύστημα δεν είναι τοποθετημένο μέσα σε αντιστατική σακούλα, όπως θα έπρεπε, για να μπορέσει να είναι ορατό. Το σημείο τοποθέτησης είναι τέτοιο ώστε το πλαστικό περίβλημα του ελικοπτέρου να μπορεί να προστατεύει το σύστημα, το οποίο από μόνο του δεν έχει εξωτερικό κάλυμμα, γεγονός που το καθιστά ευπαθές. Στην **Εικόνα 8.2**, φαίνεται η προσαρμογή της κεραίας του συστήματος πάνω στο περίβλημα του ελικοπτέρου, στο οποίο έχει ανοιχτεί ειδική οπή.



Εικόνα 8.1. Τοποθέτηση συστήματος προσδιορισμού θέσης.

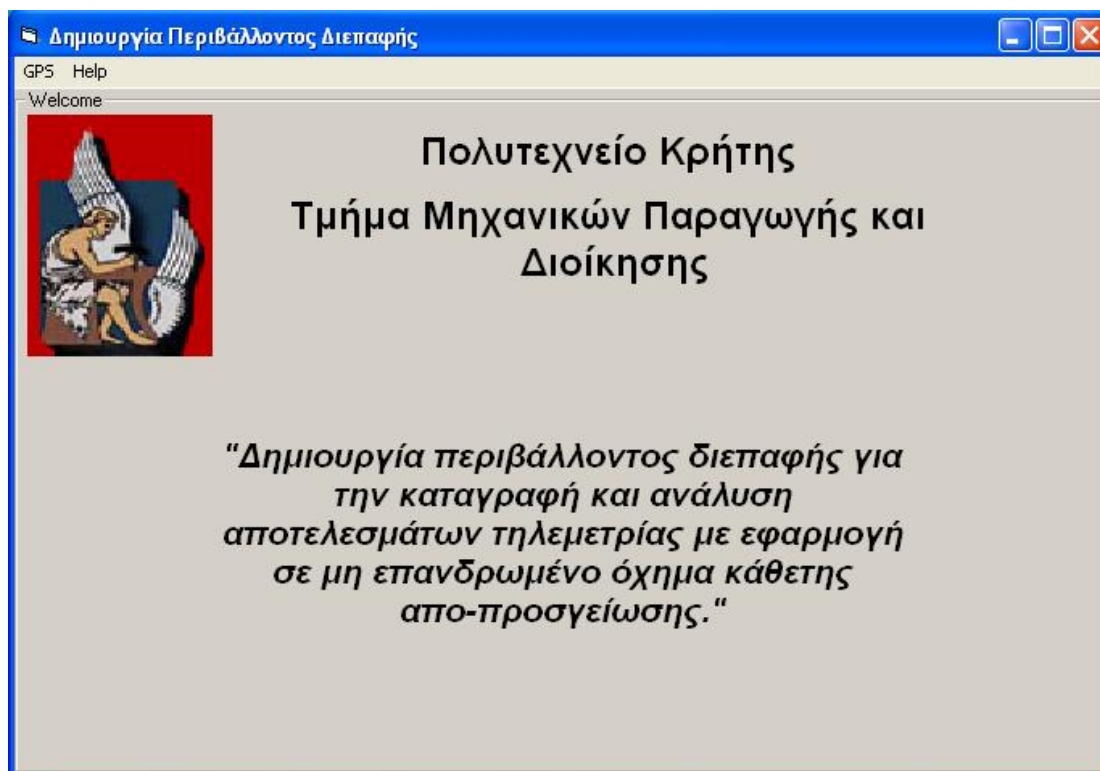


Εικόνα 8.2. Προσαρμογή κεραίας στο περίβλημα του ελικοπτήρου.

Όσον αφορά το σύστημα καταγραφής των χειριστηρίων ελέγχου, το ίδιο προστατεύεται από εξωτερικούς παράγοντες καθώς βρίσκεται σε πλαστικό κουτί. Για αυτό το λόγο, η τοποθέτησή του σε εξωτερικό μέρος του ελικοπτέρου δεν θα προκαλέσει κανένα πρόβλημα. Για το σκοπό αυτό, γίνεται μια ειδική κατασκευή, από αλουμίνιο για λόγους βάρους, η οποία θα προσαρμοστεί στη διάταξη προσγείωσης, παράλληλα με το οριζόντιο επίπεδο και λίγο πιο κάτω από τον κινητήρα. Η κατασκευή αυτή αποτελείται στην ουσία ένα φύλλο αλουμινίου, στην κάτω επιφάνεια του οποίου θα προσαρμοστεί το σύστημα. Το φύλλο αυτό είναι επενδυμένο από την πάνω μεριά με ειδικό αντιθερμικό, υλικό λόγω των θερμοκρασιών που αναπτύσσει ο κινητήρας, και στην κάτω μεριά υπάρχει επένδυση με ειδικό αντιστατικό και αντικραδασμικό υλικό για την αποφυγή της καταπόνησης του συστήματος. Η προσαρμογή του συστήματος θα γίνει με μια διάταξη τύπου Π για την καλύτερη συγκράτησή του.

8.3 Πρόγραμμα Περιβάλλοντος Διεπαφής

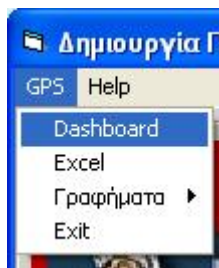
Το εκτελέσιμο αρχείο “Interface.exe”, είναι ένα πρόγραμμα το οποίο αναπτύχθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6. Στην **Εικόνα 8.3** φαίνεται το κεντρικό παράθυρο του προγράμματος. Ακολουθεί η ανάλυση των βασικότερων λειτουργιών αυτού καθώς και η εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων.



Εικόνα 8.3 Εκτελέσιμο πρόγραμμα περιβάλλοντος διεπαφής.

Η μπάρα εργαλείων του προγράμματος (**Εικόνα 8.4**) δίνει στο χρήστη τις ακόλουθες δυνατότητες:

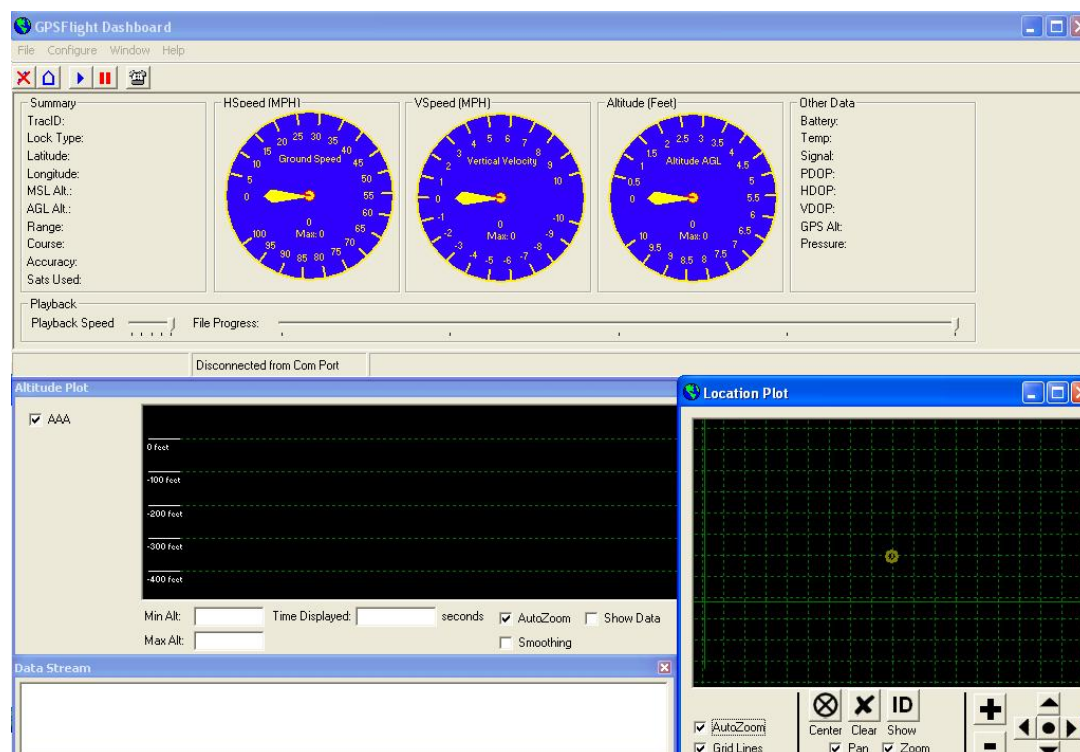
- Εκτέλεση του λογισμικού αναπαράσταση κίνησης οχήματος.
- Σύνολο δεδομένων παρουσιασμένα σε λογιστικό φύλλο Excel.
- Αναπαράσταση δεδομένων τόσο σε γραφήματα δύο και τριών διαστάσεων.
- Οδηγίες σχετικές με τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος.



Εικόνα 8.4. Βασικό μενού επιλογών.

8.3.1 Επιλογή “Dashboard”

Η σημαντικότερη επιλογή του μενού είναι αυτή του “GPS”. Αυτή η επιλογή αποτελεί και τον πυρήνα του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί αρχικά να εκτελέσει το λογισμικό, το οποίο ονομάζεται «Dashboard», μέσω του οποίου έγινε η καταγραφή των πληροφοριών θέσης σε πραγματικό χρόνο. Λεπτομέρειες σχετικές με τις δυνατότητες που παρέχει αυτό το λογισμικό έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 6. Η **Εικόνα 8.5** δείχνει τον τρόπο εμφάνισης του λογισμικού μέσω αυτής της επιλογής.



Εικόνα 8.5. Αναπαράσταση λογισμικού Dashboard μέσω ομώνυμης επιλογής.

8.3.2 Επιλογή “Excel”

Όσον αφορά την επιλογή του μενού με το όνομα «Excel», μέσω αυτής ανοίγει για το χρήστη ένα παράθυρο στο οποίο καταγράφονται όλα τα δεδομένα της τρέχουσας πτήσης σε λογιστικό φύλλο Excel, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 8.6**.

TracID	Time	Latitude	Longitude	GPS Altitude	Baro Altitude	Pressure	Temperature	Speed	Vspeed	Satellites	LockType
AAA	9:49:11	35.52663803	24.06888667	559.7113	559.7113	0	0	0	0	5	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:12	35.52663422	24.06888667	558.3989	558.3989	0	0	0	-1.3	5	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:13	35.52663422	24.06888833	557.7428	557.7428	0	0	0	-0.7	5	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:14	35.5266304	24.06888833	557.0866	557.0866	0	0	0	-0.7	5	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:17	35.52663422	24.06888667	556.7585	556.7585	0	0	0	-0.1	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:20	35.52664185	24.068885	554.4619	554.4619	0	0	1	-0.8	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:21	35.52664948	24.06888833	551.8373	551.8373	0	0	1.4	-2.6	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:22	35.5266571	24.06888833	552.1653	552.1653	0	0	1.4	0.3	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:23	35.5266571	24.06889667	547.2441	547.2441	0	0	1.7	-4.9	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:24	35.52666855	24.06889634	546.916	546.916	0	0	2	-0.3	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:25	35.52667618	24.06890167	545.9318	545.9318	0	0	2	-1	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:26	35.52667999	24.06890666	543.3071	543.3071	0	0	2.2	-2.6	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:30	35.52671432	24.06890666	539.042	539.042	0	0	2.2	-1.1	6	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:35	35.5267868	24.06889	534.7769	534.7769	0	0	2.9	-0.9	7	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:37	35.52681351	24.06889167	535.433	535.433	0	0	3.1	0.3	7	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:39	35.52684021	24.06887167	532.8084	532.8084	0	0	3.1	-1.3	7	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:40	35.52684784	24.06887	529.5276	529.5276	0	0	2.9	-3.3	7	Valid SPS - 3D
AAA	9:49:41	35.52685547	24.068855	527.5591	527.5591	0	0	3	-2	6	Valid SPS - 3D

Εικόνα 8.6. Παράθυρο αναπαράστασης δεδομένων.

Σε αυτό το παράθυρο, ο χρήστης εκτός από το γεγονός ότι μπορεί να δει όλα τα δεδομένα με χρήση των ράβδων κύλισης, έχει επίσης τη δυνατότητα διαφόρων επιλογών που του παρέχονται από την μπάρα εργαλείων. Έτσι μπορεί κανείς να πραγματοποιήσει τις ακόλουθες λειτουργίες:

Αντιγραφή ή επικόλληση. Η χρήστης μπορεί να μεταφέρει (από το ίδιο ή από κάποιο άλλο παράθυρο), επικολλήσει ακόμα και να διαγράψει το περιεχόμενο συγκεκριμένων κελιών του παραθύρου αυτού.

Υπολογισμός αθροίσματος. Με αυτή την επιλογή υπολογίζεται το άθροισμα των επιλεγμένων κελιών.

Ταξινόμηση στοιχείων. Στοιχεία διαφόρων στηλών ή γραμμών, ή και των δύο μπορούν να ταξινομηθούν είτε κατά φθίνουσα είτε κατά αύξουσα διάταξη.

Εξαγωγή του παραθύρου σε λογιστικό φύλλο Excel, αλλά μόνο για ανάγνωση.

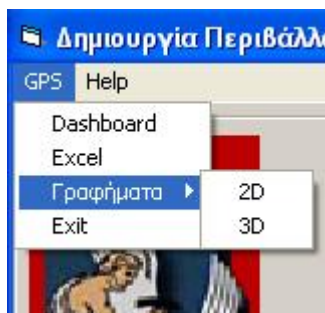
Μορφοποίηση των κελιών.

Φιλτράρισμα κελιών. Με την επιλογή αυτή, μπορεί κανείς να επιλέξει συγκεκριμένο αριθμό κελιών που επιθυμεί να δει, αποκλείοντας τα υπόλοιπα.

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι οποιεσδήποτε αλλαγές μπορεί ενδεχομένως να γίνουν στο παράθυρο αυτό, δεν σώζονται μετά τον κλείσιμο του παραθύρου. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν μεταφέρονται οι αλλαγές στο αρχείο που αποτελεί την πηγή.

8.3.3 Επιλογή “Γραφήματα”

Με την επιλογή αυτή, μπορεί κανείς να δει την απεικόνιση ορισμένων στοιχείων τηλεμετρίας τόσο μέσω δισδιάστατου όσο και μέσω τρισδιάστατου γραφήματος. Αυτό γίνεται μέσα από τις επιμέρους επιλογές “2D” και “3D” της βασικής αυτή επιλογής (**Εικόνα 8.7**)

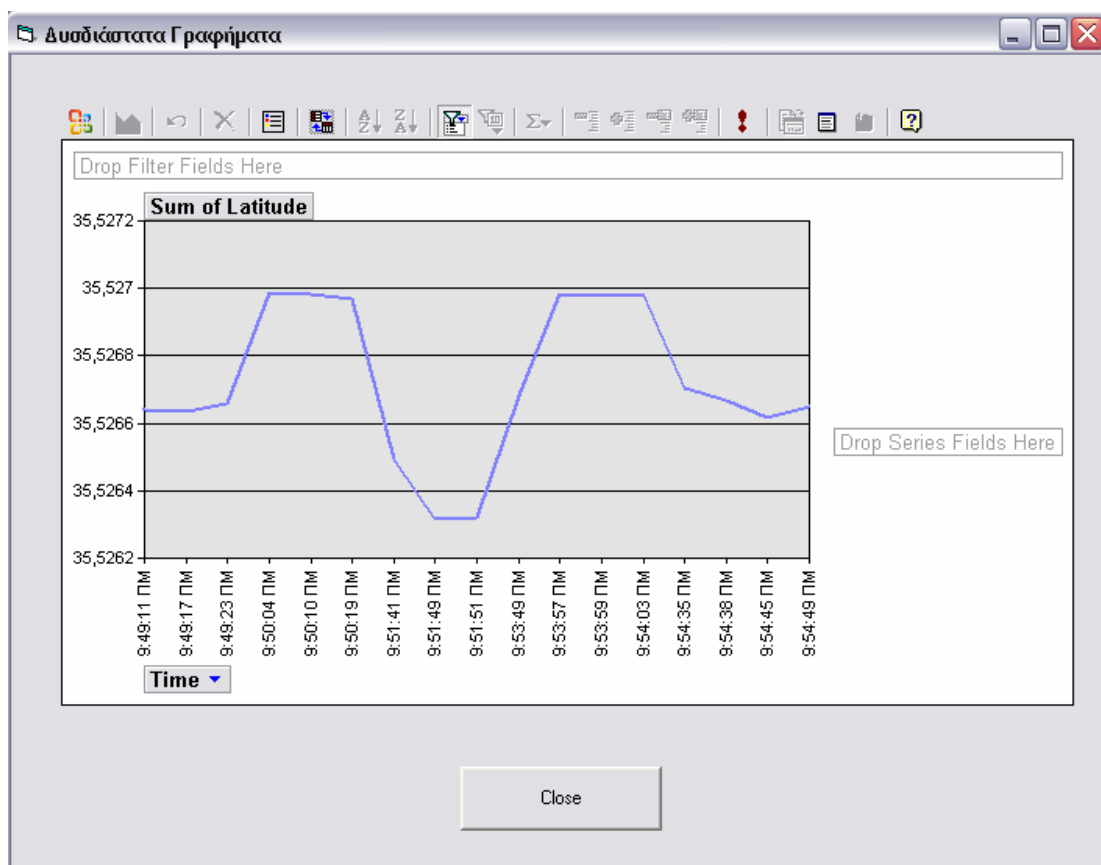


Εικόνα 8.7. Επιλογές γραφημάτων.

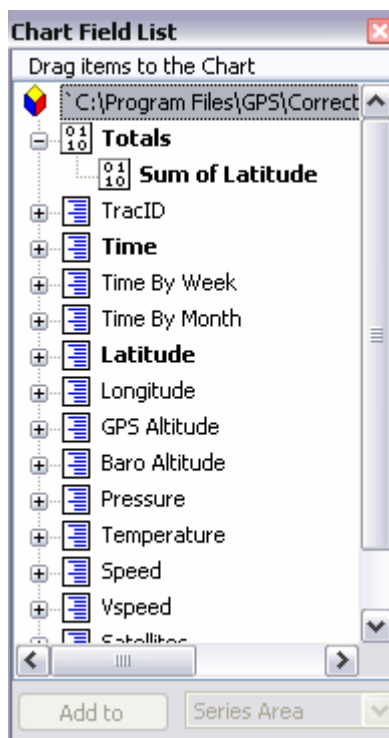
8.3.3.α Δισδιάστατη Αναπαράσταση Δεδομένων

Η αναπαράσταση των δεδομένων σε δισδιάστατο γράφημα επιτρέπει στο χρήστη έχει να επιλέξει ο ίδιος τα δεδομένα των οποίων το γράφημα θέλει να δει. Πιο συγκεκριμένα, από το παράθυρο «Chart Field List» που φαίνεται στην **Εικόνα 8.9** με drag and drop των επιθυμητών δεδομένων γίνεται δυναμική αλλαγή του γραφήματος. Στον y - άξονα μπορούν να τοποθετηθούν παραπάνω από ένα στοιχεία και τα περιττά δεδομένα του γραφήματος μπορούν να απομακρυνθούν πατώντας δεξί κλικ και Delete από το ίδιο παράθυρο. Επίσης, όσον αφορά τον x - άξονα, δίνεται η δυνατότητα επιλογής είτε όλων των τιμών της συγκεκριμένης μεταβλητής, είτε συγκεκριμένων ανάλογα με τη βούληση του χρήστη. Το παράθυρο «Chart Field List» εμφανίζεται ακριβώς δίπλα από την εικόνα του γραφήματος.

Στην **Εικόνα 8.8**, ενδεικτικά αναπαρίστανται οι μεταβολές του γεωγραφικού πλάτους με το χρόνο. Στον άξονα των χρόνων έχει γίνει επιλογή συγκεκριμένων χρονικών στιγμών, διότι ο συνολικός αριθμός τους είναι μεγάλος και η αναπαράσταση των τιμών τους δεν είναι ικανοποιητική αισθητικώς.



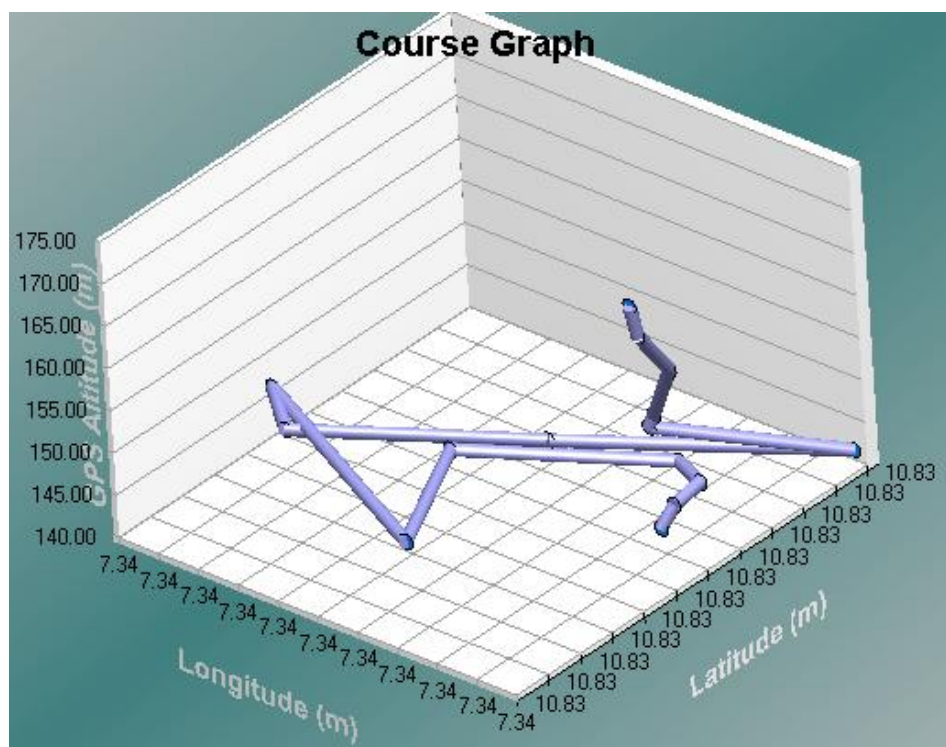
Εικόνα 8.8. Δισδιάστατη αναπαράσταση γεωγραφικού πλάτους με χρόνο.



Εικόνα 8.9. Παράθυρο επιλογής τιμών προς αναπαράσταση.

8.3.3.β Τρισδιάστατη Αναπαράσταση Δεδομένων

Η τρισδιάστατη αναπαράσταση της τροχιάς του ελικοπτέρου (**Εικόνα 8.10**) δημιουργήθηκε με τη χρήση του προγράμματος γραφικών 3D Chart της εταιρίας Neuron LCC. Η αναπαράσταση αυτή περιλαμβάνει για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές τις αντίστοιχες τιμές του γεωγραφικού πλάτους, μήκους και του υψομέτρου. Ο λόγος επιλογής ορισμένων τιμών και όχι όλων είναι γιατί η εισαγωγή τους γίνεται χειροκίνητα και το συνολικό πλήθος τους είναι μεγάλο. Ο χρήστης μπορεί να περιστρέψει το γράφημα για την καλύτερη παρατήρησή του.



Εικόνα 8.10. Τρισδιάστατη αναπαράσταση τροχιάς.

8.3.4 Επιλογή “Help”

Τέλος, ο χρήστης από το μενού “Help” της μπάρας εργαλείων μπορεί με την επιλογή “Contents” να διαβάσει κάποιες λεπτομέρειες σχετικές με τη λειτουργία του προγράμματος ενώ στην επιλογή “About” αναφέρονται ο σκοπός του, ο συντάκτης του και άλλα γενικά στοιχεία.

8.4 Εισαγωγή Νέων Δεδομένων

Μετά από κάθε πτήση του ελικοπτέρου, τα νέα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να αναπαρασταθούν μέσω αυτού του προγράμματος, παρέχοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να έχει μια καλύτερη εικόνα αυτών που να επιτρέπει την περαιτέρω

ανάλυση τους. Προκειμένου ο χρήστης να μπορέσει να δε αυτόματα τα δεδομένα χωρίς να παρέμβει στον κώδικα του προγράμματος, πρέπει να αποθηκεύσει αυτά στη διεύθυνση που βρίσκονται τα υπάρχοντα και με το ίδιο όνομα. Κατά αυτό τον τρόπο υπάρχει αυτόματη ενημέρωση. Ο τρόπος εισαγωγής των νέων δεδομένων στο πρόγραμμα περιγράφεται αναλυτικά στην επιλογή “Help” του μενού του προγράμματος.

Όσον αφορά την αναπαράσταση του λογιστικού φύλλου Excel και την απεικόνιση των παραμέτρων σε δισδιάστατο γράφημα, αυτή έγινε με χρήση των στοιχείων Microsoft Office Web Components. Τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν την αναπαράσταση των δεδομένων τα οποία λαμβάνονται από κάποιο αρχείο πηγή, σωσμένο σε κάποια διεύθυνση κατά τη διάρκεια σύνταξης του κώδικα του προγράμματος. Αυτός είναι ο λόγος που πρέπει να σωθούν τα νέα δεδομένα με συγκεκριμένο τρόπο, ώστε να επιτευχθεί αυτόματη ανανέωσή τους. Αυτό δεν συμβαίνει με την τρισδιάστατη αναπαράσταση, η οποία υλοποιείται με χρήση άλλου προγράμματος συμβατού με τη Visual Basic. Στην περίπτωση αυτού του τρόπου απεικόνισης γίνεται ενημέρωση των νέων στοιχείων του γραφήματος χειροκίνητα. Όμοια όμως με πριν, το πρόγραμμα αναγνωρίζει το καινούριο γράφημα εφόσον αυτό έχει την ίδια ονομασία με το υπάρχον και είναι σωσμένο στην ίδια διεύθυνση με αυτό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

9.1 Παρατηρήσεις

Βασικός σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η δημιουργία ενός περιβάλλοντος διεπαφής για την απόκτηση και καταγραφή στοιχείων τηλεμετρίας. Το πλήρες σύστημα τηλεμετρίας εφαρμόστηκε, σε πρακτικό επίπεδο, πάνω σε μη επανδρωμένο όχημα κάθετης απογείωσης - προσγείωσης του εργαστηρίου Ρομποτικής.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε τη δυσκολία εύρεσης του συστήματος τηλεμετρίας, καθότι στην αγορά δεν κυκλοφορούν πολλά συστήματα που να καλύπτουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις. Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα συστήματα ήταν κατασκευασμένα για ειδικούς σκοπούς, πράγμα που περιόριζε τις εφαρμογές τους.

Ένα ακόμα σημαντικό σημείο που πρέπει να επισημάνουμε έχει να κάνει με το είδος της τηλεμετρίας που χρησιμοποιεί το κάθε σύστημα. Από τη μια, το σύστημα προσδιορισμού θέσης παρέχει τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, οπότε παράλληλα με την πτήση του οχήματος έχουμε και αναπαράσταση των δεδομένων σε γραφικό περιβάλλον. Από την άλλη, στο σύστημα ελέγχου της κίνησης των χειριστηρίων εφαρμόζεται τηλεμετρία με μονάδα αποθήκευσης, με αποτέλεσμα την παρατήρηση των λαμβανόμενων στοιχείων μετά το πέρας της πτήσης. Βέβαια, η μεταφορά των δεδομένων σε λογιστικό φύλλο Excel δεν γίνεται σε κανένα από τα δύο συστήματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το περιβάλλον διεπαφής να μπορεί να χρησιμοποιεί εκ των υστέρων, δηλαδή μετά τον τερματισμό της πτήσης και όχι κατά τη διάρκεια αυτής.

Από το σύνολο των αποτελεσμάτων που αναπαρίστανται στο πρόγραμμα διεπαφής, παρατηρούμε ότι δεν έχουμε μεγάλες διακυμάνσεις όσον αφορά τις τιμές του γεωγραφικού πλάτους, μήκους και υψομέτρου. Αυτό οφείλεται στη μικρή εμβέλεια πτήσης του ελικοπτέρου. Έτσι, οι τιμές του γεωγραφικού πλάτους είναι συγκεντρωμένες γύρω από τα 10,83m, του γεωγραφικού μήκους γύρω από τα 7,34m ενώ οι τιμές του υψομέτρου, αν και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη, όχι όμως σημαντική, διακύμανση, κυμαίνονται στα 145 – 175m. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλήματος ταυτόχρονης αναπαράστασης των μεταβλητών αυτών με το χρόνο, καθότι το εύρος μεταβολής αυτών διαφέρει σημαντικά. Βέβαια, οι μετρούμενες τιμές παρουσιάζουν κάποιες αποκλίσεις από τις πραγματικές, δεδομένου της 95% ακριβείας του συστήματος, οι οποίες στην περίπτωση αυτών των παραμέτρων δεν επηρεάζουν σημαντικά το αποτέλεσμα.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, πάνω στην συσκευή προσδιορισμού θέσης, έχει τοποθετηθεί ένα επιπλέον εξάρτημα, το ψηφιακό

υψομετρικό όργανο. Αυτό δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια στις τιμές του υψομέτρου αλλά και στοιχεία σχετικά με την πίεση και τη θερμοκρασία. Στις μετρήσεις που πήραμε, οι ενδείξεις για αυτές τις παραμέτρους είναι μηδενικές. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι μερικές φορές το όργανο αυτό μπορεί να έχει προβλήματα εκκίνησης. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με το κλείσιμο του συστήματος για 5 δευτερόλεπτα και την επανεκκίνησή του, οπότε το DAM θα παρέχει δεδομένα μετά από κάποιους δυναμικούς κύκλους.

9.2 Μελλοντικές Προτάσεις

Η ανάπτυξη ενός τηλεμετρικού συστήματος που να παρέχει εξειδικευμένες πληροφορίες, όπως τις συντεταγμένες θέσης του οχήματος αλλά και τις παραμέτρους κίνησης των χειριστηρίων ελέγχου, αποτελεί ιδιαίτερα δύσκολο εγχείρημα καθότι η τηλεμετρία αποτελεί ολόκληρη επιστήμη. Αυτός ήταν και ο λόγος αναζήτησης έτοιμων τηλεμετρικών συστημάτων που παρέχουν αυτά τα στοιχεία. Όμως, καθότι δεν βρέθηκε, από την έρευνα αγοράς που έγινε, ένα σύστημα που να πληρεί αυτές τις προϋποθέσεις, καταφύγαμε στη συνεργασία δύο επιμέρους υποσυστημάτων.

Μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να περιλαμβάνει και πρόγραμμα πλήρους ελέγχου του μη επανδρωμένου οχήματος, με χρήση των δεδομένων της τηλεμετρίας. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε να αναπτυχθεί σύστημα ελέγχου το οποίο θα παρείχε πληροφορίες σχετικές με την κίνηση των χειριστηρίων ελέγχου για την πραγματοποίηση συγκεκριμένης κίνησης του οχήματος.

Μια ειδικής κατασκευής από αλουμίνιο που πρόκειται να προσαρμοστεί πάνω στο όχημα επιτρέπει τη μελλοντική τοποθέτηση πάνω σε αυτό επιπλέον συσκευών που θα μπορούν να παρέχουν περισσότερα δεδομένα. Μια επιπρόσθετη συσκευή θα μπορούσε να είναι μια αυτόματα ρυθμιζόμενη φωτογραφική μηχανή, ή μια κάμερα έτσι ώστε να παρέχει το όχημα φωτογραφικό υλικό από δύσβατες περιοχές ή να εξυπηρετεί σε κάποιο άλλο σκοπό.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να αναφέρουμε την βελτίωση του συστήματος όσον αφορά την τηλεμετρία με χρήση μέσου αποθήκευσης. Αν το σύστημα εξ' ολοκλήρου παρείχε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, θα επέτρεπε στο χρήστη να έχει άμεση αλληλεπίδραση με αυτό μέσω ενός πιο εξελιγμένου περιβάλλοντος διεπαφής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κ. Νομικός, *Τηλεμετρία*, Ινστιτούτο Τεχνολογικής Έρευνας, Αθήνα, 1995.
- [2] William Stallings, *Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων*, Εκδόσεις Τζιόλα.
- [3] Northern Navigation Internet Page. [Online]. Available: www.northernnavigation.com/dgpsinfo.html
- [4] Weethet Internet Page. [Online]. Available: www.weethet.nl/english/gps_howitworks.php#facts
- [5] U.S.N.O. NAVSTAR Global Positioning System Internet Page. [Online]. Available: <http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.htm>
- [6] Garmin Internet Page. [Online]. Available: www.garmin.com/aboutGPS/
- [7] Canadian Coast Guard Internet Page. [Online]. Available: www.ccg-gcc.gc.ca/dgps/Guide/mail_e.htm
- [8] Peter H. Dana Internet Page. [Online]. Available: www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html
- [9] Federal Administration Aviation Internet Page. [Online]. Available: <http://gps.faa.gov/FAQ/faq-gps-text.htm>
- [10] Pat's Boating in Canada Internet Page. [Online]. Available: <http://boating.ncf.ca/navigation.htm>
- [11] United States Coast Guard Navigation Center Internet Page. [Online]. Available: www.navcen.uscg.gov/dgps/Default.htm
- [12] Encyclopedia Internet Page. [Online]. Available: www.encyclopedia.thefreedictionary.com
- [13] EUROPA Internet Page. [Online]. Available: http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/intro/index_en.htm
- [14] NMEA data Internet Page. [Online]. Available: www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm
- [15] Peter Benett's Internet Page. [Online]. Available: <http://vancouver-webpages.com/peter/nmeafaq.txt>
- [16] Geoplace Internet Page. [Online]. Available: www.geoplace.com

- [17] Sectron Telecommunications “GPS Receiver Engine Board Software Command” Internet Page. [Online]. Available: www.sectron.cz
- [18] Common Linx Internet Page. [Online]. Available: www.commlinx.com.au/NMEA_sentences.htm
- [19] Gps Flight Internet Page. [Online]. Available: www.gpsflight.com
- [20] How Stuff Works Internet Page. [Online]. Available: www.howstuffworks.com/helicopter#.html
- [21] Σπανουδάκης Πολυχρόνης, “Σχεδίαση Νέου Μη Επανδρωμένου Οχήματος Κάθετης Απογείωσης-Προσγείωσης”, *Μεταπτυχιακή Διατριβή*, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριος 2003.
- [22] The Helicopters Page Internet Page. [Online]. Available: www.helicopterpage.com
- [23] U.S. Department of Transportation – Federal Aviation Administration, “*Rotorcraft Flying Handbook*”, Washington, 2000.
- [24] Helicopter Modelers Club Home Page. [Online]. Available: www.rhelicclub.co.nz/FAQ
- [25] All about Radios Inetrnet Page. [Online]. Available: www.novagate.com/~jmartin/fradio.htm
- [26] Eagle Tree System Internet Page Operational Manual. [Online]. Available: www.eagletreesystems.com
- [27] Thunder Tiger Internet Page. [Online]. Available: www.thundertiger.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

“ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΝΜΕΑ”

Εισαγωγή

Το NMEA πρωτόκολλο, όπως προαναφέρθηκε, αποτελείται από προτάσεις, η πρώτη λέξη των οποίων ονομάζεται τύπος δεδομένων (Data Type) και καθορίζει την ερμηνεία της υπόλοιπης πρότασης (δηλαδή το είδος των δεδομένων που αυτή περιέχει). Κάθε Data Type έχει το δικό της μοναδικό τρόπο ερμηνείας ο οποίος ορίζεται από το NMEA πρότυπο. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η GGA πρόταση (η οποία θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω) η οποία παρέχει βασικά δεδομένα προσδιορισμού θέσης (essential fix data). Υπάρχουν και προτάσεις που μπορεί να επαναλαμβάνουν κάποιες ίδιες πληροφορίες αλλά να παρέχουν επίσης και καινούργιες. Οποιαδήποτε συσκευή ή πρόγραμμα που διαβάζει τα δεδομένα, μπορεί να παρακολουθήσει την πρόταση δεδομένων για την οποία ενδιαφέρεται και απλά να αγνοήσει τις υπόλοιπες [14], [17], [18].

Στο NMEA πρότυπο, δεν υπάρχουν εντολές που να υποδεικνύουν στο GPS να κάνει κάτι. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει τρόπος να εμφανιστεί κάτι πάλι πίσω στη μονάδα, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση επιβεβαίωσης αν η πρόταση έχει διαβαστεί σωστά ή στην περίπτωση αίτησης επαναποστολής μη ληφθέντων δεδομένων. Αντί αυτού, η μονάδα λήψης απλά ελέγχει την επαλήθευση (checksum) και αγνοεί τα δεδομένα στην περίπτωση που αυτή δεν είναι σωστή, υποθέτοντας ότι αυτά θα αποσταλούν ξανά κάποια στιγμή αργότερα. Τέλος, κάθε πομπός πληροφοριών απλά στέλνει όλα τα δεδομένα και αναμένει ότι τα περισσότερα από αυτά θα αγνοηθούν. Μερικοί δέκτες περιέχουν εντολές μέσα στη μονάδα οι οποίες μπορούν να συλλέγουν ένα υποσύνολο από όλες τις προτάσεις.

Όπως έχει ξαναειπωθεί, υπάρχουν πολλές προτάσεις για το πρότυπο NMEA για κάθε τύπο συσκευής. Όσον αφορά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου στις συσκευές GPS, μερικές από τις προτάσεις που χρησιμοποιούνται αναφέρονται παρακάτω : (όλα τα μηνύματα αρχίζουν με “GP”)

- AAM - Waypoint Arrival Alarm
- ALM - Almanac data
- APA - Auto Pilot A sentence
- APB - Auto Pilot B sentence
- BOD - Bearing Origin to Destination
- BWC - Bearing using Great Circle route
- DTM - Datum being used.
- GGA - Fix information
- GLL - Lat/Lon data
- GSA - Overall Satellite data
- GSV - Detailed Satellite data
- MSK - send control for a beacon receiver
- MSS - Beacon receiver status information.
- RMA - recommended Loran data
- RMB - recommended navigation data for gps

- RMC - recommended minimum data for gps
- RTE - route message
- VTG - Vector track and Speed over the Ground
- WCV - Waypoint closure velocity (Velocity Made Good)
- WPL - Waypoint information
- XTC - cross track error
- XTE - measured cross track error
- ZTG - Zulu (UTC) time and time to go (to destination)
- ZDA - Date and Time

Επιπρόσθετα, μερικοί δέκτες GPS με ειδικές λειτουργίες, μπορούν να εξάγουν τα ακόλουθα ειδικά μηνύματα :

- HCHDG - Compass output
- PSLIB - Remote Control for a DGPS receiver

Αποκωδικοποίηση Επιλεγμένων Προτάσεων

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθούν μερικές από τις πιο διαδεδομένες πρότυπες (standard) προτάσεις NMEA που χρησιμοποιούν τα GPS. Τις προτάσεις αυτές χρησιμοποιεί και η συσκευή που διαθέτουμε για το πρακτικό μέρος της εργασίας.

A. GGA – Global Positioning System Fix Data

Αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές NMEA προτάσεις η οποία παρέχει τα δεδομένα για τον προσδιορισμό της τρέχουσας θέσης, σε τρισδιάστατη τοποθεσία και με ένδειξη για την ακρίβεια των δεδομένων. Είναι η μόνη πρόταση που δίνει τιμή για το υπόμετρο.

Η δομή της πρότασης αυτής καθώς και οι τιμές που μπορούν να πάρουν οι μεταβλητές της γίνεται κατανοητή με το ακόλουθο παράδειγμα :

→Σήμα που ελήφθη:

\$GPGGA,092204.999,4250.5589,S,14718.5084,E,1,04,24.4,19.7,M,,,0000*1F

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPGGA	
UTC Time	092204.999	hhmmss.sss
Latitude	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S Indicator	S	N = North, S = South
Longitude	14718.5084	ddmmm.mmmm
E/W Indicator	E	E = East, W = West
Position Fix Quality	1	0 = Invalid, 1 = Valid SPS, 2 = Valid DGPS, 3 = Valid PPS

Satellites Used	04	Satellites being used (0-12)
HDOP	24.4	Horizontal dilution of precision
Altitude	19.7	Altitude in meters according to WGS-84 ellipsoid
Altitude Units	M	M = Meters
Geoid Height		Height of Geoid (mean sea level) above to WGS-84 ellipsoid
Height Units		M = Meters
DGPS Age		Time in seconds since last DGPS update
DGPS Station ID	0000	
Checksum	*1F	
Terminator	CR/LF	

Κάποια από τα δεδομένα που έχουμε από αυτήν την πρόταση είναι τα εξής:

- Αρχικά έχουμε την ταυτότητα της πρότασης που είναι η GGA (έχει προαναφερθεί ότι τον πρόθεμα GP αναφέρεται στο GPS).
- Στη συνέχεια δίνεται η ώρα στην οποία αντιστοιχεί η μέτρηση της συγκεκριμένη θέσης, που είναι για το παράδειγμά μας 09 : 22 : 04.999. Αυτή είναι Universal Time Coordinated (UTC), δηλαδή μετρίεται σύμφωνα με την ηλιακή ώρα του αστεροσκοπείου του Γκρήνουιτς (Greenwich Mean Time - GMT). Επειδή η ώρα του GPS είναι διαφορετική από την UTC, εφαρμόζεται ένας διορθωτικός συντελεστής στην ώρα που λαμβάνεται, η οποία τελικώς αναφέρεται από το δέκτη του GPS σε UTC.
- Κατόπιν δίνεται το γεωγραφικό πλάτος (latitude) σε μοίρες και λεπτά. Έτσι στην περίπτωση μας έχουμε γεωγραφικό πλάτος 42 μοίρες (degrees) και 50.5589' λεπτά Νότια (S). Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι το γεωγραφικό πλάτος εκφράζεται σε σχέση με το Βορά (North) ή το Νότο (South).
- Κατά τον ίδιο τρόπο δίνεται και το γεωγραφικό μήκος (longitude) το οποίο δίνεται όμως σε σχέση με την Ανατολή (East) και τη Δύση (West), οπότε θα έχουμε εδώ 14 μοίρες 718.5084' λεπτά Ανατολικά (E).
- Το επόμενο πεδίο έχει να κάνει με την ποιότητα της προσδιοριζόμενης θέσης. Μπορεί να πάρει την τιμή 0 αν δεν έχουμε εγκυρότητα, την τιμή 1 αν είναι έγκυρη η υπηρεσία πρότυπης τοποθέτησης (Standard Positioning Service - SPS), η τιμή 2 αντιστοιχεί σε εγκυρότητα του DGPS και η τιμή 3 σε εγκυρότητα της υπηρεσίας ακριβούς τοποθέτησης (Precise Positioning Service - PPS). Όπως προαναφέραμε σε άλλη παράγραφο, το SPS αποτελεί την πρότυπη ακρίβεια της υπηρεσίας του GPS που παρέχεται σε χρήστες πολίτες, ενώ η PPS αποτελεί την υψηλότερου επιπέδου ακρίβεια θέσης του GPS που παρέχεται σε εξουσιοδοτημένους χρήστες, όπως στο στρατό.
- Δίνεται ο αριθμός των δορυφόρων που εντοπίζονται και μπορεί να είναι από κανέναν μέχρι 12.
- Το Dilution Of Precision (DOP) αποτελεί ένα καθαρό αριθμό ο οποίος εκφράζει τον συντελεστή εμπιστοσύνης ως προς την ακρίβεια του αποτελέσματος της θέσης, βασιζόμενη στην τρέχουσα γεωμετρία του δορυφόρου. Όσο μικρότερη η τιμή του, τόσο μεγαλύτερη η εμπιστοσύνη. Στην περίπτωση του τρισδιάστατου προσδιορισμού θέσης με χρήση τεσσάρων δορυφόρων, η τιμή 1 θεωρείται αρκετά καλή, ενώ στην περίπτωση

περισσότερων δορυφόρων μπορεί να δούμε τιμές μικρότερες του 1. Πιο συγκεκριμένα, μια από τις μορφές του είναι το Horizontal Dilution Of Precision (HDOP) το οποίο εκφράζει ότι η δισδιάστατοι παράμετροι (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) και η ώρα είναι αβέβαιοι.

- Το υψόμετρο που ακολουθεί δίνεται σε μέτρα (altitude units) σύμφωνα με τον WGS-84 ελλειψοειδή. Το WGS-84 αποτελεί τα αρχικά του World Geodetic System 1984, ο οποίος είναι ένας ελλειψοειδής σχεδιασμένος να ταιριάζει στο σχήμα της γης όσο το δυνατόν καλύτερα. Αποτελεί τον πρωταρχικό χάρτη αναφοράς που χρησιμοποιούν τα GPS, ενώ τα δευτερεύοντα επίπεδα αναφορά προκύπτουν από τις διαφορές από αυτό το πρότυπο.
- Συνεχίζοντας, έχουμε το ύψος από το Geoid σε μέτρα. Το Geoid αποτελεί την αναπαράσταση της επιφάνειας της γης, η οποία θεωρείται σαν επιφάνεια στο επίπεδο της θάλασσας, που επεκτείνεται συνεχώς σε όλες τις ηπείρους. Όμως, το πραγματικό geoid είναι μια ισοδύναμη επιφάνεια η οποία συμπίπτει με την επιφάνεια της θάλασσας, σε κάθε σημείο της οποίας η κατεύθυνση της δύναμης του βάρους είναι κάθετη. Στην περίπτωση που η τιμή του ύψους του geoid λείπει, τότε το υψόμετρο είναι αβέβαιο. Ορισμένες μη-πρότυπες υλοποιήσεις αναφέρουν το υψόμετρο σε σχέση με τον ελλειψοειδή και όχι με το geoid υψόμετρο. Ορισμένες μονάδες δεν αναφέρουν αρνητικό υψόμετρο.
- Το checksum που βρίσκεται στο τέλος ορισμένων προτάσεων, αποτελεί χαρακτήρα ελέγχου και επαλήθευσης.

B. GSA – GPS Dilution Of Precision and active satellites

Η πρόταση αυτή παρέχει λεπτομέρειες σχετικές με τη φύση της προσδιορισμένης θέσης. Περιλαμβάνει τον αριθμό των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται στο τρέχον αποτέλεσμα καθώς και το DOP (αναλύθηκε προηγούμενα).

Ακολουθεί ένα παράδειγμα και η ανάλυσή του για την καλύτερη κατανόηση της πρότασης αυτής.

→*Σήμα που ελήφθη:*

\$GPGSA,A,3,01,20,19,13,,,,,,,,,40.4,24.4,32.2*0A

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPGSA	
Mode 1	A	A = Auto 2D/3D, M = Forced 2D/3D
Mode 1	3	1 = No fix, 2 = 2D, 3 = 3D
Satellite used 1	01	Satellite used on channel 1
Satellite used 2	20	Satellite used on channel 2
Satellite used 3	19	Satellite used on channel 3
Satellite used 4	13	Satellite used on channel 4
Satellite used 5		Satellite used on channel 5
Satellite used 6		Satellite used on channel 6
Satellite used 7		Satellite used on channel 7

Satellite used 8		Satellite used on channel 8
Satellite used 9		Satellite used on channel 9
Satellite used 10		Satellite used on channel 10
Satellite used 11		Satellite used on channel 11
Satellite used 12		Satellite used on channel 12
PDOP	40.4	Position dilution of precision
HDOP	24.4	Horizontal dilution of precision
VDOP	32.2	Vertical dilution of precision
Checksum	*0A	
Terminator	CR/LF	

Τα σημαντικότερα στοιχεία αυτής της πρότασης είναι :

- Όπως σε όλες τις NMEA προτάσεις, έχουμε στην αρχή την ταυτότητα της πρότασης που είναι η GSA (έχει προαναφερθεί ότι τον πρόθεμα GP αναφέρεται στο GPS).
- Δίνονται πληροφορίες για το αν έχουμε χειροκίνητη (Manual) αναγκαστική λειτουργία της δισδιάστατης (2D) ή της τρισδιάστατης (3D) αναπαράστασης της θέσης, ή αυτόματη (Automatic) επιλογή αυτής.
- Το επόμενο πεδίο αφορά τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ο προσδιορισμός της θέσης. Για τιμή 1 δεν έχουμε διαθεσιμότητα θέσης, για την τιμή 2 έχουμε δισδιάστατη (2D) απεικόνιση και για τιμή ίση με 3 έχουμε τρισδιάστατη (3D).
- Στη συνέχεια ακολουθούν οι ταυτότητες των ορατών δορυφόρων (οι οποίοι μπορεί να είναι μέχρι 12 στο σύνολό τους) που συμβάλλουν στον προσδιορισμό της θέσης. Αυτό που δίνεται εδώ είναι το Pseudorandom Noise Number (PRN) το οποίο είναι μοναδικό για κάθε δορυφόρο και τους επιτρέπει να λειτουργούν στην ίδια συχνότητα, με τη χρήση Code Division Multiple Access (CDMA). Πιο συγκεκριμένα, το PRN παίζει ρόλο στην αναγνώριση του συγκεκριμένου δορυφόρου που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ζητούμενης θέσης, όταν αυτός φτάσει σε κάποια θέση. Το CDMA είναι μια μέθοδος μοιρασιάς συχνοτήτων στο σημείο όπου πολλοί πομποί χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα, αλλά ο καθένας έχει το δικό του μοναδικό κώδικα, για τη δημιουργία ψευδοτυχαίων συχνοτήτων.
- Τέλος, ακολουθούν διαδοχικά πληροφορίες για το Position Dilution Of Precision (PDOP), το Horizontal Dilution Of Precision (HDOP) και το Vertical Dilution Of Precision (VDOP). Αυτά αποτελούν τρεις μορφές του Dilution Of Precision (DOP) το οποίο έχει αναλυθεί προηγούμενα. Το PDOP εκφράζει ότι οι τριών διαστάσεων (3D) παράμετροι (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και ύψος) είναι αβέβαιοι, το HDOP όπως έχουμε αναφέρει εκφράζει ότι οι δισδιάστατοι παράμετροι (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) και η ώρα είναι αβέβαιοι και το VDOP δίνει την πληροφορία ότι το ύψος είναι αβέβαιο.

G. GSV – Satellites Vehicule in View

Η πρόταση αυτή δίνει πληροφορίες για τους δορυφόρους που η μονάδα μπορεί να εντοπίσει καθώς και almanac δεδομένα αλλά και την ικανότητα της μονάδας να λάβει

αυτά τα δεδομένα. Πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι τα almanac data είναι πληροφορίες που εκπέμπει ο κάθε δορυφόρος, σχετικές με την τροχιά και την κατάσταση του («υγεία»).

Η πρόταση αυτή μπορεί να παρέχει δεδομένα το πολύ για 4 δορυφόρους και για αυτό το λόγο μπορεί να χρειαστούν 3 τέτοιες προτάσεις για να έχουμε ολοκληρωμένη πληροφορία. Δεν είναι όμως απαραίτητο όλες οι προτάσεις να εμφανίζονται συνεχόμενες. Συνεπώς, για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του εύρους των δεδομένων, ορισμένοι δέκτες τοποθετούν τις διάφορες προτάσεις σε τελείως διαφορετικά δείγματα δεδομένου ότι κάθε μια μπορεί να αναγνωριστεί. Είναι προφανές ότι η πρόταση αυτή μπορεί να περιέχει περισσότερους δορυφόρους από την GGA πρόταση εφόσον η GSV περιλαμβάνει δορυφόρους που δεν χρησιμοποιούνται για να δώσουν τη ζητούμενη θέση.

→Σήμα που ελήφθη:

\$GPGSV,3,1,10,20,78,331,45,01,59,235,47,22,41,069,,13,32,252,45*70

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPGSV	
Number of messages	3	Number of messages in complete message (1-3)
Sequence number	1	Sequence number of this entry (1-3)
Satellites in view	10	
Satellite ID 1	20	Range is 1-32
Elevation 1	78	Elevation in degrees (0-90)
Azimuth 1	331	Azimuth in degrees (0-359)
SNR 1	45	Signal to noise ration in dBHZ (0-99)
Satellite ID 2	01	Range is 1-32
Elevation 2	59	Elevation in degrees (0-90)
Azimuth 2	235	Azimuth in degrees (0-359)
SNR 2	47	Signal to noise ration in dBHZ (0-99)
Satellite ID 3	22	Range is 1-32
Elevation 3	41	Elevation in degrees (0-90)
Azimuth 3	069	Azimuth in degrees (0-359)
SNR 3		Signal to noise ration in dBHZ (0-99)
Satellite ID 4	13	Range is 1-32
Elevation 4	32	Elevation in degrees (0-90)
Azimuth 4	252	Azimuth in degrees (0-359)
SNR 4	45	Signal to noise ration in dBHZ (0-99)
Checksum	*70	
Terminator	CR/LF	

Ακολουθούν κάποια σημεία που πρέπει να αναλυθούν :

- Μετά το όνομα της πρότασης ακολουθεί ο αριθμός των GSV προτάσεων (από 1 μέχρι 3) που χρειάζονται για να έχουμε πλήρη δεδομένα. Στο παράδειγμα μας έχουμε 3.
- Κατόπιν δίνεται το νούμερο της πρότασης που θα αναλυθεί. Για εμάς είναι δηλαδή η πρώτη από τις τρεις προτάσεις.
- Στη συνέχεια, για την συγκεκριμένη πρόταση, δίνεται ο αριθμός των ορατών δορυφόρων, η ταυτότητα (PRV) του καθενός, το υψόμετρό του (elevation) σε βαθμούς από 0-90, το αζιμούθιο (azimuth) σε μοίρες από 0-359 και η δύναμη του σήματος (SNR). Σε αυτό το σημείο πρέπει να δώσουμε κάποιους ορισμούς.
 - *Elevation*: είναι το ύψος πάνω από το κύριο επίπεδο της θάλασσας ή η κατακόρυφη απόσταση πάνω από το geoid που θεωρείται σαν αναφορά.
 - *Azimuth*: είναι η οριζόντια απόσταση ενός ουράνιου σημείου με ένα επίγειο, η οποία μετράται σε μοίρες (0-360) σύμφωνα με τη φορά του ρολογιού, από μια βόρεια ή νότια γραμμή αναφοράς.
 - *Signal to Noise Ratio (SNR)*: αποτελεί μια έμμεση αλλά αρκετά χρήσιμη τιμή που αναφέρεται στην ισχύ του σήματος. Κυμαίνεται από 0 έως 99 με μονάδα μέτρησης το dB, σύμφωνα με το πρότυπο NMEA. Βέβαια πολλοί κατασκευαστές στέλνουν διαφορετικά εύρη τιμών με διαφορετικές τιμές έναρξης, γι' αυτό οι τιμές καθ' αυτές δεν μπορούν να αποτελέσουν κριτήριο αξιολόγησης διαφορετικών μονάδων. Παρόλα αυτά, η μηδενική τιμή είναι μια ειδική περίπτωση και εμφανίζεται σε δορυφόρους που είναι ορατοί αλλά δεν μπορούν να εντοπιστούν. Το πεδίο αυτό είναι κενό όταν δεν εντοπίζεται κανένας δορυφόρος.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι οι παραπάνω πληροφορίες μπορούν να δοθούν για 4 δορυφόρους σε μια πρόταση και τα στοιχεία των υπολοίπων θα δοθούν σε επακόλουθες προτάσεις.

A. RMC – Recommended minimum specific GPS / transit data

Το NMEA πρότυπο, μέσω αυτής της πρότασης δίνει τα στοιχειώδη δεδομένα GPS για την θέση, ταχύτητα και χρόνο (position, velocity, time - pvt). Η μορφή αυτής της πρότασης δίνεται μέσω του ακόλουθου παραδείγματος.

→Σήμα που ελήφθη:

\$GPRMC,092204.999,A,4250.5589,S,14718.5084,E,0.00,89.68,211200,*,25

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPRMC	
UTC Time	092204.999	hhmmss.sss
Status	A	A = Valid, V = Invalid
Latitude	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S Indicator	S	N = North, S = South

Longitude	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W Indicator	E	E = East, W = West
Speed over ground	0.00	Knots
Course over ground	0.00	Degrees
UTC Date	211200	DDMMYY
Magnetic variation		Degrees
Magnetic variation		E = East, W = West
Checksum	*25	
Terminator	CR/LF	

- Δίνεται η ταυτότητα της πρότασης, η οποία μεταφράζεται σαν τις ελάχιστες συνιστώμενες προτάσεις.
- Δίνεται η ώρα, σύμφωνα με το UTC, στην οποία αντιστοιχεί η προσδιοριζόμενη θέση.
- Έχουμε την κατάσταση της πλοήγησης, όπου για A δεν υπάρχει πρόβλημα και το V (Navigation receiver warning) αντιστοιχεί σε προειδοποίηση.
- Στη συνέχεια δίνονται διαδοχικά οι πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος (latitude) και το γεωγραφικό μήκος (longitude).
- Έπειτα εμφανίζεται η ταχύτητα πάνω από το έδαφος σε κόμβους (ίσος με το ναυτικό μίλι), η τιμή της οποία μπορεί να κυμαίνεται από 0-1851.8 κόμβους.
- Το επόμενο πεδίο δείχνει την τροχιά πάνω από το έδαφος σε μοίρες (γωνία εντοπισμού).
- Εμφανίζεται η ημερομηνία σε UTC και στο παράδειγμά μας είναι 21 Δεκεμβρίου 2000.
- Στη συνέχεια δίνεται η μαγνητική απόκλιση (magnetic variation) η οποία, σε δεδομένο τόπο και χρόνο, αποτελεί την οριζόντια γωνία ή διαφορά μεταξύ του πραγματικού και του μαγνητικού βορά. Η μαγνητική απόκλιση μετριέται ανατολικά ή δυτικά από τον πραγματικό βορά.

E. GLL – Geographic Latitude and Longitude

Η πρόταση αυτή δίνει πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και έχει την ακόλουθη μορφή :

→*Σήμα που ελήφθη:*

\$GPGLL,4250.5589,S,14718.5084,E,092204.999,A*2D

Field	Example	Comments
Sentence ID	\$GPGLL	
Latitude	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S Indicator	S	N = North, S = South
Longitude	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W Indicator	E	E = East, W = West
UTC Time	092204.999	hhmmss.sss

Status	A	A = Valid, V = Invalid
Checksum	*2D	
Terminator	CR/LF	

- Στην αρχή καταγράφεται το όνομα της πρότασης, GLL, το οποίο υποδηλώνει ότι η ερμηνεία της έχει να κάνει με την γεωγραφική θέση, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.
- Ακολουθούν οι τιμές για το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και ως προς πιο σημείο του ορίζοντα μετράται το καθένα.
- Δίνεται η ακριβής ώρα των μετρήσεων βάσει του UTC.
- Δηλώνεται η κατάσταση των δεδομένων, αν είναι έγκυρη (valid) ή μη έγκυρη (invalid).

Μειονεκτήματα NMEA δεδομένων

Παρόλο που το NMEA 0183 έχει απλή δομή, η εξαγωγή δεδομένων είναι λίγο μπερδεμένη και περιορίζεται από τις πληροφορίες που οι κατασκευαστές των GPS παρέχουν. Έτσι, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του δέκτη GPS, αυτές είναι περιορισμένες και δύσκολες στην εξαγωγή.

Πρέπει να σημειωθεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ή εντολές στη μέθοδο NMEA. Γι' αυτό το λόγο, απλά αποστέλλονται τα δεδομένα μέσα στη σωστή πρόταση και η μονάδα θα τα αποδεχτεί και θα προσθέσει ή θα αντικαταστήσει τις πληροφορίες αυτές στη μνήμη της. Αν τα δεδομένα δεν έχουν τη σωστή μορφοποίηση, απλά θα τα παραβλέψει. Απαιτείται ένας χαρακτήρας ελέγχου στο τέλος ορισμένων προτάσεων. Αν για κάποιο λόγο έχουμε δώσει το ίδιο όνομα σε δύο σημεία αναφοράς (waypoints) θα διαγραφεί το ήδη υπάρχον χωρίς να υπάρχει προειδοποίηση για αυτό.

Η δομή των προτάσεων είναι πανομοιότυπη με αυτό που φορτώνει η μονάδα, γι' αυτό για παράδειγμα, μπορούμε να συλλάβουμε μια πρόταση από μια μονάδα και να την στείλουμε σε μια άλλη. Όμως, πρέπει να προσέξουμε αν και οι δύο μονάδες υποστηρίζουν ονόματα διαφορετικών μηκών για τα σημεία αναφοράς (waypoints), δεδομένου ότι η μονάδα λήψης μπορεί να κόψει κάποια γράμματα από το όνομα και να οδηγηθεί έτσι σε λάθος πληροφορία.

Τέλος, στην περίπτωση κατασκευής μιας μη υπάρχουσας πρότασης, απαραίτητη είναι η δημιουργία ενός σωστού ελέγχου (checksum) ενώ η αποστολή εντολών μπορεί να γίνει μόνο από τις ιδιωτικές (proprietary) προτάσεις.