ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης Galileo της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος και σύγκριση του με το GPS

Πτυχιακή εργασία του Μανασή Θεόδωρου

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης Galileo της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος και σύγκριση του με το GPS

Πτυχιακή εργασία του Μανασή Θεόδωρου

Εξεταστική επιτροπή:
Παρχαρίδης Ισαάκ (……,επιβλέπων)
Στεφανάκης Εμμανουήλ (…….)
Χαλκιάς Χρήστος (…….)

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ……...……1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Global Positioning System……...5

1.1 Ιστορική αναδρομή…….....5

1.2 Γενική περιγραφή λειτουργίας του συστήματος / Η βασική ιδέα……6

1.3 Κόστος του Global Positioning System.…….……...10

1.4 Τα τμήματα του GPS……..10

1.4.1 Τμήμα ελέγχου……..11

1.4.1.1 Περιγραφή σταθμών παρακολούθησης…….12

1.4.1.2 Περιγραφή Κεντρικού Σταθμού Ελέγχου (MCS)…….13

1.4.1.3 Περιγραφή σταθμών εκπομπής πληροφορίας……...14

1.4.2 Το Δορυφορικό Τμήμα……..15

1.4.2.1 Ο αστερισμός των δορυφόρων, γενικά χαρακτηριστικά……...15

1.4.2.2 Χαρακτηριστικά των δορυφόρων…….21

1.4.3 Το τμήμα του χρήστη - Υπηρεσίες GPS……...26

1.4.3.1 Κεραία……...27

1.4.3.2 Συσκευή εισόδου/εξόδου (input/output device)……...28

1.4.3.3 Κυρίως δέκτης……...28

1.4.3.4 Προενισχυτής.……...30

1.4.3.5 Μονάδες τροφοδοσίας……...30

1.4.3.6 Standard Positioning System…….31

1.4.3.7 Precise Positioning System……...32

1.5 Κόστος Συσκευών GPS……..……32

1.6 Εφαρμογές GPS…….34

1.6.1 Στρατιωτικές Χρήσεις……...35

1.6.1.1 Χρήση GPS από τις αεροπορικές δυνάμεις του στρατού……..36

1.6.1.2 Χρήση GPS από τις επίγειες δυνάμεις του στρατού…….36

1.6.1.3 Χρήση GPS από τις ναυτικές δυνάμεις του στρατού……37

1.6.2 Πολιτικές –Αστικές Χρήσεις.....38

1.6.2.1 Χρήση GPS στην βιομηχανία……38

1.6.2.2 Χρήση GPS στον κατασκευαστικό τομέα…….39

1.6.2.3 Χρήση GPS για την παρακολούθηση - χαρτογράφηση περιοχών, μετακινήσεων και παραμορφώσεων……39

1.6.2.4 Χρήση GPS στην δασοκομία……42

1.6.2.5 Χρήση GPS στην αγροκαλλιέργεια-γεωργία……43

1.6.2.6 Χρήση GPS στις έρευνες σεισμικής δραστηριότητας και μετακινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών……...45

1.6.2.7 Χρήση GPS στην πεζοπορία, ορειβασία, στο κυνήγι, την αλιεία….46

1.6.2.8 Χρήση GPS στην ναυσιπλοΐα……...47

1.6.2.9 Χρήση GPS στα επίγεια μέσα μεταφοράς……49

1.6.2.10 Χρήση GPS στην αεροπορία και σε διαστημικές επιχειρήσεις…..51

1.6.2.11 Χρήση GPS στην επιστήμη - έρευνα και στην ανίχνευση φυσικών πόρων……...52

1.6.2.12 Χρήση GPS στις τηλεπικοινωνίες……...53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: GALILEO, Global positioning and Navigation Satellite System (GNSS)…….55

2.1 Εισαγωγή - Ποιος εμπλέκεται στο Galileo;……...55

2.2 Γιατί το Galileo είναι τόσο σημαντικό για την Ευρώπη;……...57

2.3 Διεθνές το ενδιαφέρον για το Galileo – Διεθνείς Συμφωνίες……59

2.3.1 Αντιδράσεις από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα ραδιοπλοήγησης……...60

2.3.1.1 ΗΠΑ – GPS……...60

2.3.1.2 Ρωσία –GLONASS……...61

2.4 Περιγραφή του Galileo……..62

2.4.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος……62

2.4.2 Από τι αποτελείται το Galileo;…… 62

2.4.2.1 Το δορυφορικό τμήμα……...63

2.4.2.1.1 Giove-A……64

2.4.2.1.2 Giove-B……67

2.4.2.2 Το τμήμα των επίγειων σταθμών……..67

2.4.2.3 Το τμήμα του χρήστη……68

2.5 Υπηρεσίες GALILEO……68

2.6 Φάσεις υλοποίησης του «Γαλιλαίου»……70
2.6.1 Φάση definition - Καθορισμός του συστήματος (1999 – 2000)……..….70
2.6.2 Φάση development - Ανάπτυξη του συστήματος (2002 – 2005)……..70
2.6.3 Φάση deployment - Εγκατάσταση του συστήματος (2006 – 2008)……..71
2.6.4 Φάση exploitation - Εκμετάλλευση του συστήματος (από το 2008)…..…..71
2.7 Κόστος Galileo ……..……71
2.8 Το πρόγραμμα EGNOS……..73
2.9 Εφαρμογές Galileo...……..74
2.9.1 Περιβάλλον…….…..76
2.9.2 Γεωργία……..77
2.9.3 Μεταφορές…….78
2.9.3.1 Εναέριες μεταφορές……..79
2.9.3.2 Θαλάσσιες μεταφορές……...80
2.9.3.3 Σιδηροδρομικές μεταφορές……...81
2.9.3.4 Οδικές μεταφορές……..82
2.9.4 Υπηρεσίες βοηθειών, έρευνας και διάσωσης, διαχείριση κρίσεων……..83
2.9.5 Ερεύνα, επιστήμη……..85
2.9.6 Αναψυχή……86
2.9.7 Τηλεπικοινωνίες……87
2.9.8 Τοπογραφικές μελέτες……...87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Διαφορές Galileo – GPS…….89
3.1 Πολιτικές διαφορές……89
3.2 Τεχνικές διαφορές……..91
3.3 Ομοιότητες GPS – Galileo……94

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……96

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (Λεξικό ακρωνύμων)…….102

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (Πίνακας κατασκευαστριών εταιρειών εξοπλισμού δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης) ……..……..……105

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Η βασική ιδέα του τρόπου λειτουργίας του GPS……...7
Εικόνα 1.2: Τέσσερις ταυτόχρονα εντοπισμένους δορυφόρους απαιτεί το GPS……..8
Εικόνα 1.3: Σταθμός παρακολούθησης δορυφόρων στην Hawaii……...12
Εικόνα 1.4: Το δίκτυο των επίγειων σταθμών παρακολούθησης……13
Εικόνα 1.5: Οι εγκαταστάσεις του MCS……..13
Εικόνα 1.6: Σταθμός εκπομπής πληροφορίας……..14
Εικόνα 1.7: GPS δορυφόρος σε τροχιά……15
Εικόνα 1.8: Ο αστερισμός των δορυφόρων GPS…….16
Εικόνα 1.9: Πάνω από 50 τέτοιους δορυφόρους απογείωσε μέχρι σήμερα το GPS…18
Εικόνα 1.10: Δορυφόρος στο εργαστήριο κατά την διάρκεια δοκιμών……...18
Εικόνα 1.11: Εικονικό γράφημα 24ης δραστηριότητας των δορυφόρων GPS…….19
Εικόνα 1.12: Στιγμιότυπα εκτόξευσης δορυφόρων από το Cape Canaveral Air Force Station……...20
Εικόνα 1.13: Δορυφόρος γενιάς Block I……..22
Εικόνα 1.14: Δορυφόρος γενιάς Block IIA……..23
Εικόνα 1.15: Δορυφόρος γενιάς Block IIR……..24
Εικόνα 1.16: Δορυφόρος γενιάς Bock IIF……26
Εικόνα 1.17: Κεραία…….27
Εικόνα 1.18: Δέκτης GPS σε ναυτική χρήση……...28
Εικόνα 1.19: Ένα πλήρες σύστημα δέκτη……29
Εικόνα 1.20: Στρατιωτική χρήση GPS…….35
Εικόνα 1.21: Το GPS στην αεροπορία…….36
Εικόνα 1.22: Καθοδηγούμενος πύραυλος Patriot εκτοξεύεται από επίγεια βάση…..37
Εικόνα 1.23:Παράδειγμα ανάγλυφου χάρτη αποτέλεσμα μετρήσεων GPS στην παρακολούθηση παραμορφώσεων……...41
Εικόνα 1.24: Το GPS στην δασοκομία……42
Εικόνα 1.25: Το GPS σε δράση ‘‘αγροτική’’……...44
Εικόνα 1.26: Η γεωργία ‘ακριβείας’ είναι μια μεγάλη καινοτομία προσφορά του GPS……...44
Εικόνα 1.27: Το GPS αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της σεισμικής σ έρευνας…..46

Εικόνα 1.28: Δέκτης Garmin GPS 50 στα χέρια πεζοπόρου……...47
Εικόνα 1.29: Χρήση GPS στην ναυσιπλοΐα……48
Εικόνα 1.30: Το GPS στο αυτοκίνητο……49
Εικόνα 1.31: Το GPS on-board……50
Εικόνα 1.32: Αεροδρόμιο σε ερημική περιοχή περικυκλωμένο από βουνά……52
Εικόνα 1.33: το GPS προσδίδει ακρίβεια στις έρευνες που αφορούν τις υποδομές στις τηλεπικοινωνίες……53
Εικόνα 2.1: Ο Γαλιλαίος……..55
Εικόνα 2.2: Απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος……62
Εικόνα 2.3: Ο αστερισμός του Galileo όπως θα είναι σε πλήρη ανάπτυξη……..…64
Εικόνα 2.4: Καλλιτεχνική άποψη του Giove-A δορυφόρου……65
Εικόνα 2.5: Έλεγχος των συστημάτων του Giove-A στο ESTEC της ESA……65
Εικόνα 2.6: Ο Giove-A σε διαδικασίες ετοιμασίας εκτόξευσης……..66
Εικόνα 2.7: Η εκτόξευση του Giove-A……66
Εικόνα 2.8: Το Galileo θα είναι μπροστάρης σε κάθε προσπάθεια διάσωσης του περιβάλλοντος……..76
Εικόνα 2.9: Το Galileo στην γεωργία……..77
Εικόνα 2.10: Καλύτερη αντίληψη για τον πιλότο προσφέρει το Galileo……79
Εικόνα 2.11: Δυνατότητα ασφαλούς πλοήγησης ακόμα και σε ποτάμια θα είναι ένα από τα κέρδη λειτουργίας του Galileo……80
Εικόνα 2.12: Αποδοτικότερη και ασφαλέστερη μετακίνηση επιβατών υπόσχεται το Galileo……..81
Εικόνα 2.13: Η κυκλοφοριακή ενημέρωση και ρύθμιση αναμένεται αποδοτικότερη……..82
Εικόνα 2.14: 40.000 θανάτους από τροχαία ατυχήματα για την Ευρώπη……...83
Εικόνα 2.15: Σημαντικότατη βοήθεια αναμένεται να προσφέρει το Galileo σε άτομα με ειδικές ανάγκες……84
Εικόνα 2.16: Απαραίτητο το Galileo για δραστηριότητες αναψυχής……..86
Εικόνα 2.17: Παρακολούθηση γεφυρών μέσω δεκτών Galileo……...87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1: Διάγραμμα ορατών δορυφόρων GPS κατά την διάρκεια ενός 24ου ..17
Διάγραμμα 1.2: Μερίδιο πωλήσεων συσκευών GPS στις ΗΠΑ……..33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας1.1: Πίνακας δορυφόρων GPS…...…….…..……...24

ΠΡΟΛΟΓΟΣ / ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή του θέματος της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε με γνώμονα το ενδιαφέρον για τις άκρως σημαντικές εξελίξεις και τα νέα δεδομένα που δημιουργούνται στον τομέα της παγκόσμιας δορυφορικής ραδιοπλοήγησης.

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας με θέμα τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης GPS, Galileo και την συγκριτική μελέτη μεταξύ τους, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Οφείλω όμως ξεχωριστά να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Ισαάκ Παρχαρίδη για την πολύ καλή συνεργασία μας, το ενδιαφέρον που επέδειξε για την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την σχολαστικότητα, την συνέπεια και την καινοτόμο διάθεση που τον διακρίνουν. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κύριους Χρήστο Χαλκιά και Εμμανουήλ Στεφανάκη που διάβασαν και σχολίασαν την εργασία μου.

Σε αυτό το σημείο θα ήταν παράληψη μου να μην ευχαριστήσω τους φίλους μου που μου συμπαρασταθήκαν και με ενθάρρυναν σε δύσκολες στιγμές για μένα, αλλά και την οικογένεια μου που με στήριξε όλο αυτό το καιρό τόσο ψυχολογικά όσο και οικονομικά.

Τελειώνοντας τις ευχαριστίες μου, θα πρέπει να επισημάνω τις τεράστιες δυσκολίες που αντιμετώπισα για την συλλογή των πηγών μου (ιδιαίτερα για το Galileo) και να εκφράσω την πικρία μου προς ορισμένους εργαζόμενους οργανισμών που ενώ μπορούσαν δεν διατίθονταν να βοηθήσουν σε ορισμένα λεπτά ζητήματα της πτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σαν βασικό θέμα ανάπτυξης την περιγραφή των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης GPS, Galileo καθώς και την συγκριτική μελέτη μεταξύ των δύο. Περιστρέφεται κυρίως γύρω από θέματα όπως την ιστορική μετεξέλιξη των δυο συστημάτων στον χρόνο, τις διαδικασίες 'γέννησης' των προγραμμάτων, τις συνεργασίες που κατάφεραν να επισυνάψουν εκατέρωθεν, τα τεχνικά χαρακτηριστικά στο βαθμό που αυτό είναι επιτρεπτό υπό συνθήκες πτυχιακής μελέτης και τέλος ορισμένες ενδεικτικές εφαρμογές των συστημάτων αυτών στην ζωή μας.

Στο πρώτο κεφάλαιο η μελέτη επικεντρώνεται στο ήδη υπάρχων κυρίαρχο σύστημα πλοήγησης GPS. Καταγράφεται η ιστορική διαδρομή προς την ολοκλήρωση του προγράμματος ενώ ακολουθεί διεξοδική ανάπτυξη τεχνικών χαρακτηριστικών των τμημάτων του. Το κεφάλαιο κλείνει με τις χρήσεις του GPS οι οποίες διευκόλυναν ανθρώπινες δραστηριότητες και εγγυήθηκαν, στο βαθμό που επιτρέπει το σύστημα, την ασφάλεια και την πρόληψη ατυχημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το υπ' ανάπτυξη ανταγωνιστικό σύστημα πλοήγησης Galileo. Λόγω του αρχικού σταδίου ανάπτυξης του προγράμματος, η μελέτη επικεντρώνεται κυρίως σε θέματα συμφωνιών, ανάπτυξης και διοίκησης του προγράμματος, οικονομικών στοιχείων, τεχνικών χαρακτηριστικών και τέλος πιθανών εφαρμογών που προσδίδονται στο σύστημα μέσω πειραματικών μελετών.

Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο, η εργασία κλείνει με μια συγκριτική μελέτη των δύο συστημάτων με στόχο να αποτυπώσει διαφορές σε διοικητικό, πολιτικό, οικονομικό, τεχνικό επίπεδο.

ABSTRACT

The present dissertation deals with the description of the Global Positioning System (GPS) and the Galileo, as well as a comparative study between them. It mainly concerns the issue of the historical evolution of the two systems through time, the manner in which these programmes developed, the agreements reached with other nations, including the technical characteristics, as far as this is possible in a dissertation. A final word is also dedicated to the application of these systems in our lives.

The first chapter concentrates on the already predominantly current system, the GPS. It itemizes the historical course towards the completion of the programme, while at the same time it thoroughly describes the development of the technical characteristics of its various parts. The chapter ends with the uses of the GPS which facilitated human activities and guaranteed to the extent possible, safety and prevention of accidents.

The second chapter analyses the developing, competitive navigation satellite system, Galileo. Since this system is still in its developing stages, the study focuses mainly on issues concerning agreements, and lastly, some possible applications based on the characteristics which have been given to the system via experimental studies.

Lastly, the third chapter ends with a comparative study of the two methods, with the aim being to illustrate the differences at administrative, political, economical and technical levels.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά τον πόλεμο με τους Τρώες, 3.000 χρόνια πριν, ένας συμπατριώτης μας ταλαιπωρήθηκε 10 ολόκληρα χρόνια για να επιστρέψει στο σπίτι του. Τα προβλήματα που συνάντησε ήταν αρκετά και ο λόγος ήταν τα περιορισμένα μέσα που υπήρχαν για τον εντοπισμό της σωστής γεωγραφικής θέσης. Έτσι τα ταξίδια εκείνη την εποχή ήταν πολύ δύσκολα, για τις περισσότερες αν όχι όλες τις φορές, και χρονοβόρα. Τα μέσα που χρησιμοποιούσε τότε ο άνθρωπος για την πλοήγηση του ήταν ο ήλιος, οι παράκτιες ρότες, διάφορα μνημεία και φυσικά τα άστρα. Από την δεκαετία του ’60 όμως όλα αλλάζουν, δορυφόροι τίθενται σε τροχιά και λύνουν πολλά από τα παραπάνω προβλήματα. Το πρώτο βήμα για εκτόξευση τεχνητού δορυφόρου της γης γίνεται από τους Ρώσους το 1957 με τον Σπούτινκ 1 ενώ ένα χρόνο αργότερα ακολουθούν οι Αμερικανοί με τον Εξπλόρερ1.

Όμως τι είναι η δορυφορική πλοήγηση; Χρησιμοποιώντας τον σχηματισμό των αστεριών μπορείς να προσδιορίσεις την θέση σου επάνω στη γη με απόκλιση κάποιων εκατοντάδων μέτρων. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο καλός καιρός. Από την άλλη, κάποιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης μπορεί να σου δώσει με ακρίβεια μερικών μέτρων το στίγμα σου και μάλιστα κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Το μόνο που χρειάζεσαι κάτω από τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις είναι έναν δέκτη που να λαμβάνει τα δεδομένα των δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά.

Σήμερα υπάρχουν δυο συστήματα πλοήγησης. Από την μια έχουμε το Αμερικανικό GPS και από την άλλη το Ρωσικό **GLONASS**. Ένα τρίτο σύστημα έρχεται να προστεθεί εκ μέρους της Ευρώπης και είναι το Galileo. Σε αυτό το σημείο ξεκινά η προσπάθεια αυτής της πτυχιακής εργασίας. Στόχος της είναι να παρουσιάσει το κυρίαρχο σύστημα GPS και το αρκετά φιλόδοξο Galileo. Για την όσο το δυνατόν καλύτερη ανάπτυξη του θέματος, κρίθηκε κατάλληλος ο διαχωρισμός της εργασίας σε τρία κεφάλαια.

GLONASS: Ο αστερισμός του Global Navigation Satellite System GLONASS σε πλήρη διάταξη θα αποτελείται από 24 δορυφόρους τοποθετημένους σε τρεις τροχιές οι οποίες απέχουν 120^{o} μεταξύ τους. Οι τροχιές αυτές βρίσκονται σε ύψος 19100Km, έχουν κλίση 64,8^{o} προς τον άξονα του ισημερινού και οι δορυφόροι τους ολοκληρώνουν την διαδρομή της τροχιάς σε 11 ώρες και 15 λεπτά. Σήμερα το GLONASS έχει 18 δορυφόρους σε τροχιά.

Το πρώτο κεφαλαίο αναφέρεται στο GPS. Ακολουθεί την διαδρομή της ανάπτυξης του και τα βήματα μέχρι την στιγμή της εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου το 1978. Στη συνεχεία γίνεται μια γενική περιγραφή του τρόπου και της μεθοδολογίας που ακολουθεί η λειτουργία του GPS καθώς και των υπηρεσιών που προσφέρει. Επίσης περιγράφονται διεξοδικά τα τμήματα του συστήματος και αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Τέλος αναφέρονται κάποιες ενδεικτικές εφαρμογές του GPS και αναλύονται, σε μια προσπάθεια να αποτυπωθεί το μέγεθος της σπουδαιότητας του συστήματος και των ευκολιών που προσφέρει.

Το δεύτερο κεφάλαιο προσπαθεί όσο το δυνατόν καλύτερα να αποτυπώσει την προσπάθεια της Ευρώπης να αναπτύξει ένα σύστημα αντάξιο ή και καλύτερο από το GPS. Έτσι παρουσιάζεται το Galileo. Σε πρώτο στάδιο γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθεί η ανάγκη ανάπτυξης για την Ευρώπη ενός τέτοιου προγράμματος. Αναλύονται οι πολιτικές και οικονομικές διαστάσεις του θέματος καθώς και η προσπάθεια ανεξαρτητοποίησης της από τους Αμερικανούς στο θέμα της δορυφορικής ραδιοπλοήγησης. Αναφέρονται, στο επίπεδο που αυτό είναι δυνατόν λόγω του σταδίου ανάπτυξης που βρίσκεται το πρόγραμμα, όλα τα γνωστά τεχνικά χαρακτηριστικά του Galileo και των δορυφόρων του, καθώς και τα οικονομικά στοιχεία. Τέλος αναπτύσσονται ενδεικτικές πιθανές εφαρμογές και χρήσεις από το Galileo.

Το τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, προσπαθεί με βάση την ανάπτυξη των κεφαλαίων 1 και 2, να προσδιορίσει το επίπεδο σε ορισμένους τομείς σύγκρισης των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης για το GPS και το Galileo. Εστιάζει στις πολιτικές, οικονομικές διαφορές, καθώς και στις διαφορές σε τεχνικής φύσεως χαρακτηριστικά που πιθανόν να οδηγούν σε διαφορετικές εφαρμογές ή προτιμήσεις του αντίστοιχου συστήματος ανάλογα με τον τύπο εφαρμογής.

Έπειτα ακολουθεί πλήρης βιβλιογραφικός κατάλογος. Η συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας στηρίχθηκε κυρίως σε αγγλική βιβλιογραφία, ενώ συγκεκριμένα

για το κεφάλαιο 2 η βιβλιογραφία προέρχεται αποκλειστικά από το Internet, λόγω έλλειψης άλλου τύπου πηγής.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Global Positioning System



Πηγή:http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, 15/04/06

1.1 Ιστορική αναδρομή

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, ορισμένες κυβερνητικές οργανώσεις των ΗΠΑ συμπεριλαμβανομένου του στρατού, της NASA και του υπουργείου μεταφορών, ενδιαφέρθηκαν για την ανάπτυξη ενός δορυφορικού συστήματος για τον εντοπισμό θέσης. Τα βασικά χαρακτηριστικά που ήθελαν να προσδώσουν στο σύστημα ήταν, η παγκόσμια κάλυψη, η παντός καιρού κάλυψη και η υψηλή ακρίβεια. Έτσι αναπτύχθηκε το σύστημα Transit. Το σύστημα Transit αποτελεί εφαρμογή του φαινομένου Doppler στη δορυφορική γεωδαισία ενώ τέθηκε σε λειτουργία το 1964. Οι πρώτες εφαρμογές, όπως ήταν φυσικό, εμφάνισαν πολλά προβλήματα λόγω του εξαιρετικά μεγάλου χρόνου παρατηρήσεων και της χαμηλής ακρίβειας. Παρόλα αυτά κατόρθωσαν να δώσουν λύσεις σε πολλά θέματα όπως γεωδαιτικές εργασίες, λύσεις σε θέματα σύνθεσης εθνικών τριγωνομετρικών δικτύων κλπ.. Το σύστημα Transit, βρήκε πληθώρα εφαρμογών στον προσδιορισμό θέσης, κυρίως λόγω του κόστους του δέκτη που έγινε γρήγορα ιδιαίτερα χαμηλό ενώ χαρακτηριστικό είναι ότι χρησιμοποιήθηκε μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1996 στην Ναυσιπλοΐα (Υδρογραφία – Ωκεανογραφία). Το Ναυτικό των ΗΠΑ θα έπρεπε να εξελίξει το ήδη υπάρχων Transit ή να αναπτύξει ένα νέο σύστημα με τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν. Μέσα από μια προσπάθεια ετών και μετά από αρκετές επανεκδόσεις παλαιότερων συστημάτων (System 621B, Defense Navigation Satellite System, Navigation Satellite Executive Steering Group), η GPS Joint

Program Office (JPO) ανέπτυξε το ευρύτερα γνωστό από τα αρχικά GPS (Global Positioning System) (Bill Clarke, 1998:2).

Η επίσημη ονομασία του Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης, έχει το πρόθεμα NAVSTAR το οποίο προέρχεται από τις λέξεις **NAV**igation **S**ystem with **T**ime **A**nd **R**anging (σύστημα πλοήγησης με χρόνο και μετρήσεις αποστάσεων) και αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εφευρέσεις του αιώνα που πέρασε. Συγκεκριμένα το 1973, το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ συνδυάζοντας τα παλαιότερα συστήματα που χρησιμοποιούσαν οι δυνάμεις του Ναυτικού (US Navy) και της Αεροπορίας (US Air Force) δημιούργησε ένα ευρύτερο σύστημα εντοπισμού θέσης το όποιο ονόμασε NAVSTAR GPS. Το NAVSTAR λειτούργησε υπό την αιγίδα του προγράμματος NAVSTAR JPO το οποίο ήταν υπεύθυνο για τη διαχείριση των τμημάτων του GPS, την σχεδίαση και παραγωγή δορυφόρων, επίγειου εξοπλισμού και δεκτών μέχρι το 1996, όταν η Interagency GPS Executive Board (IGEB) ανέλαβε την ευθύνη του συστήματος.

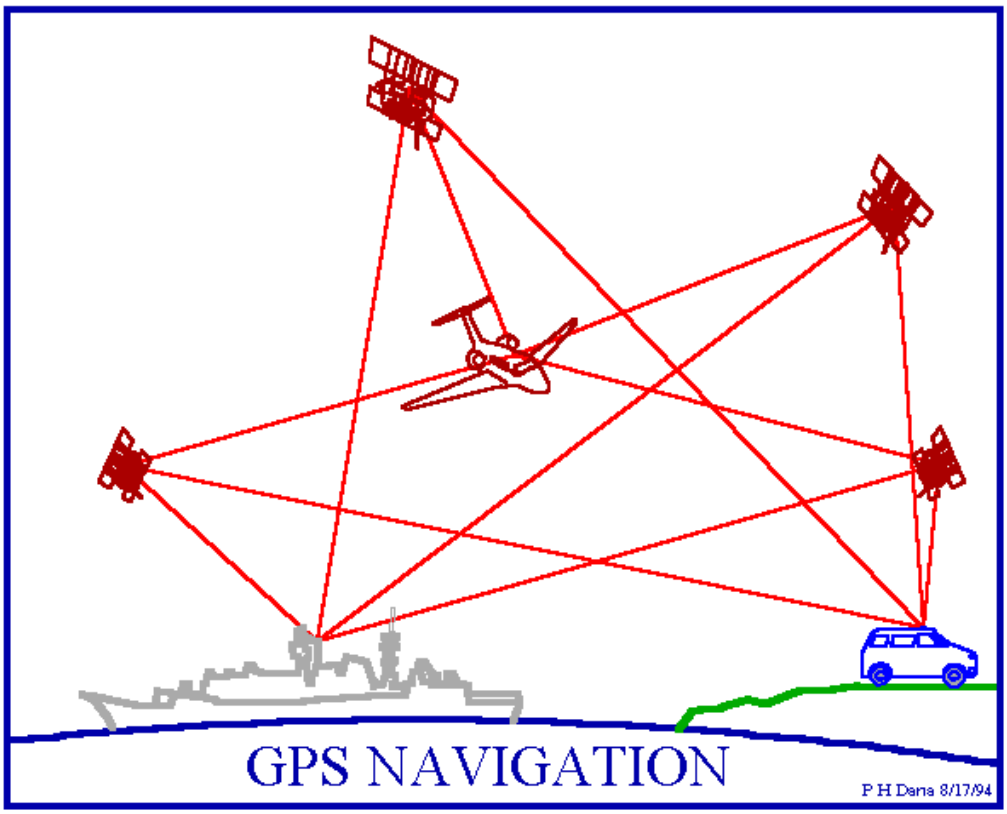
Στην νέα κατάσταση διαχείρισης του GPS, αντιπροσώπους στο πρόγραμμα IGEB, εκτός από αυτούς του στρατού, έχει πλέον και το Υπουργείο Μεταφορών (Spencer John, Frizzelle G. Brian, Page H. Philip, Vogler B. John, 2003:26).

1.2 Γενική περιγραφή λειτουργίας του συστήματος / Η βασική ιδέα

Βασικός προορισμός του συστήματος από το 1978 που έγινε η εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου, ήταν ο έλεγχος της κίνησης οχημάτων, πλοίων και αεροπλάνων σε παγκόσμια κλίμακα, για την ικανοποίηση των αναγκών του αμερικανικού στρατού. Με την πάροδο του χρόνου όμως και με την βελτίωση της ακρίβειας του συστήματος, οι εφαρμογές του επεκτάθηκαν και εξακολουθούν να επεκτείνονται και σε άλλους τομείς. Τα βασικά ερωτήματα που έρχεται να απαντήσει είναι:

- Που βρίσκομαι;
- Που πηγαίνω;
- Που βρίσκονται όλα τα άλλα;
- Πότε θα συμβεί;

Η πλοήγηση μέσω του συστήματος GPS στηρίζεται στη μετάδοση πληροφοριών από το δορυφόρο προς τους επίγειους δέκτες. Η βασική λοιπόν ιδέα πίσω από το GPS είναι σχετικά απλή. Αν οι αποστάσεις από ένα σημείο στη γη, στην περίπτωση μας ο δέκτης του GPS, προς τρεις δορυφόρους GPS είναι γνωστές, όπως και τα σημεία των δορυφόρων, τότε η θέση του σημείου (δέκτη) μπορεί να προσδιοριστεί ακολουθώντας συγκεκριμένη μεθοδολογία. Το ερώτημα που τίθεται τώρα είναι πως μπορούμε να πάρουμε τις αποστάσεις των δορυφόρων όπως και τις ακριβείς θέσεις των σημείων αυτών (El – Rabbany Ahmed , 2002:8).



Εικόνα 1.1: Η βασική ιδέα του τρόπου λειτουργίας του GPS
Πηγή:http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06

Όπως θα παρατηρηθεί και στη συνέχεια κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει συνεχώς ραδιοκύματα. Όταν ένας δέκτης GPS μπαίνει σε λειτουργία λαμβάνει τα σήματα του δορυφόρου μέσω της κεραίας του και τα επεξεργάζεται. Ένα μέρος της επεξεργασίας του σήματος μας δίνει τις αποστάσεις προς τους δορυφόρους μέσω ενός ψηφιακού

κώδικα όπως και τον χρόνο που χρειάστηκε το σήμα για να διανύσει την απόσταση αυτή (ταχύτητα μετάδοσης ήχου στον αέρα=344m/sec).

Θεωρητικά λοιπόν μόνο τρεις αποστάσεις από τρεις ταυτόχρονα εντοπισμένους δορυφόρους χρειάζεται για να εντοπίσουμε ένα σημείο πάνω στη γη. Στην περίπτωση αυτή η θέση του δέκτη θα βρίσκεται στην τομή 3 σφαιρών με κέντρα τα σημεία των δορυφόρων και ακτίνες τις αντίστοιχες αποστάσεις των δορυφόρων προς τον δέκτη (El – Rabbany Ahmed , 2002:8).



Εικόνα 1.2: Τέσσερις ταυτόχρονα εντοπισμένους δορυφόρους απαιτεί το GPS
Πηγή: http://flash.lakeheadu.ca/~jtanney/recievers.htm, 15/04/06

Από την πρακτική όμως πλευρά του θέματος χρειάζονται τέσσερις παρατηρήσεις από τέσσερις δορυφόρους για τον προσδιορισμό της θέσης του δέκτη, αλλά και του χρόνου ως προς το σύστημα αναφοράς χρόνου του συστήματος GPS (χρόνος GPS). Αυτό συμβαίνει γιατί σκοπός της πλοήγησης είναι ο προσδιορισμός της θέσης σε πραγματικό χρόνο, ώστε να είναι δυνατή η λήψη αποφάσεων για την παραπέρα πορεία του πλοηγούμενου μέσου (πλοίου, αεροπλάνου, οπλικού συστήματος).

Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται με την μέθοδο αυτή (Standard Positioning Service) ήταν μέχρι πρόσφατα περιορισμένη στα 100 m στον οριζόντιο άξονα, 156m στον κάθετο άξονα και 340ns όσον αφορά το χρόνο, σε ένα γενικό επίπεδο ακρίβειας 95%.

Αυτό ακριβώς το χαμηλό επίπεδο ακρίβειας είναι το αποτέλεσμα μιας τεχνικής μεθόδου σκόπιμης μείωσης της ακρίβειας του συστήματος (επιλεκτική διαθεσιμότητα). Με τις πρόσφατες όμως αποφάσεις τερματισμού της μεθόδου αυτής (απόφαση προέδρου Κλίντον Μάιος 2000), η οριζόντια ακρίβεια του σημείου βελτιώθηκε κατά 10 φορές. Ένας χρήστης του συστήματος, μπορεί πλέον να προσδιορίσει στιγμιαία τη θέση του με ακρίβεια καλύτερη από 10m και την ταχύτητά του με ακρίβεια 0,1 του κόμβου, όμως αν χρησιμοποιήσει το σύστημα ταυτόχρονα με ένα σταθμό αναφοράς, που κι αυτός μετράει προς τους ίδιους δορυφόρους, τότε μπορεί να προσδιορίσει τη θέση του ως προς το σταθμό αναφοράς με ακρίβεια 0,5 του μέτρου και την ταχύτητά του με ακρίβεια 0,05 του κόμβου. Στη δορυφορική γεωδαισία, ειδικές μετρήσεις και μέθοδοι επεξεργασίας επιτρέπουν τον εντοπισμό ενός ακίνητου σημείου ως προς ένα σταθμό αναφοράς με ακρίβεια μερικών εκατοστών σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων. Τα σήματα των δορυφόρων μπορούν να διαπεράσουν τα σύννεφα, το γυαλί και το πλαστικό, αλλά όχι τα συμπαγή στερεά αντικείμενα, όπως τα κτίρια και τα βουνά.

Το GPS στηρίζεται σε ένα αστερισμό 24^{ων} δορυφόρων που για πρώτη φορά συμπληρώθηκε τον Ιούλιο του 1993. Για να εξασφαλιστεί πλήρη και παγκόσμια κάλυψη οι δορυφόροι τοποθετήθηκαν σε 6 προμελετημένες τροχιές όπου στην κάθε μια αντιστοιχούσαν 4 δορυφόροι. Στόχος του συγκεκριμένου γεωμετρικού αστερισμού ήταν κάθε στιγμή να γίνονται ορατοί από κάθε σημείο πάνω στη γη, τουλάχιστον 4 δορυφόροι, ενώ πολλές φορές ορατοί μπορούσαν να γίνουν ακόμη και 10 δορυφόροι.

Στις 17 Ιουλίου 1995 το σύστημα του GPS μπαίνει επίσημα σε ένα νέο καθεστώς εξασφαλίζοντας την χρησιμότητα για τουλάχιστον 24 δορυφόρους σε τροχιά. Από εκείνη τη στιγμή και μετά ο αριθμός των δορυφόρων τους συστήματος ήταν πάντα μεγαλύτερος του 24 (El – Rabbany Ahmed, 2002:2).

1.3 Κόστος του Global Positioning System;

Το κόστος του GPS είναι αρκετά υψηλό. Υπολογίζεται πως ετησίως δαπανώνται πάνω από 400.000.000$(508.000.000 ευρώ) συνολικά από όσους συνεισφέρουν στο κόστος (http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, 21/03/06). Όμως και τα κέρδη που έχει αποκομίσει μέχρι σήμερα είναι και αυτά ιδιαίτερα υψηλά. Για το 2000, σύμφωνα με στοιχεία του συμβουλίου βιομηχανίας GPS, οι πωλήσεις από εξοπλισμό GPS έφτασαν το ύψος των 8.5δις $ (10.8δις ευρώ). Το σύστημα ήταν πολύ δαπανηρό ως προς την δημιουργία αλλά και την ανάπτυξη του. Το συνολικό κόστος μέχρι σήμερα φτάνει τα 12δις $ (15.24δις ευρώ). Ενδεικτικά το κόστος του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ, για τα έτη 1994-95, ξεπέρασε τα 500.000.000$ (635.000.000 ευρώ). Το 1996 το κόστος του DoD αγγίζει τα 221.000.000$ (281.000.000 ευρώ) (συμπεριλαμβανομένου και των δορυφόρων που κατασκευάστηκαν) ενώ για την Coast Guard ήταν 13.000.000$(16.510.000 ευρώ) και για το FAA ήταν 93.000.000$ (118.100.000 ευρώ). Οι Αμερικάνικες Αεροπορικές Δυνάμεις υπολογίζουν για τα έτη 2005-2009 ότι το κόστος θα εκτοξευθεί στα 2.1δις $ (2.7δις ευρώ) λόγω του εκσυγχρονισμού του συστήματος ενώ μάλιστα επισημαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (1.6δις $) θα δαπανηθεί τα έτη 2008, 2009 (http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?id=54891, 23/08/2005). Επιπλέον το κόστος για την διαχείριση του αστερισμού των δορυφόρων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για την έρευνα και ανάπτυξη, φτάνει ετησίως τα 750.000.000$ (952.500.000 ευρώ) (http://gps.losangeles.af.mil/jpo/gpsoverview.htm, 21/03/06).

Σε αυτό το σημείο έρχονται πολλές απόψεις να συγκρουστούν. Μερικοί ρωτούν ποιος είναι ο λόγος να ξοδεύουν τόσα χρήματα οι ΗΠΑ από την στιγμή που όλος ο υπόλοιπος κόσμος μπορεί να χρησιμοποιεί το GPS σε μια δωρεάν βάση. Άλλοι πάλι βλέπουν πως το κόστος αναπληρώνεται πολλαπλασιαζόμενο μάλιστα, από κατασκευαστικές εταιρείες εξοπλισμού GPS. Ότι και αν ισχύει από τα δυο τα χρήματα έχουν ήδη δαπανηθεί και θα συνεχίζουν να δαπανώνται για ένα σύστημα πλοήγησης με δωρεάν χρήση για το κοινό.

1.4 Τα τμήματα του GPS

Το σύστημα «παντός καιρού και ώρας», GPS, αποτελείται από τρία τμήματα:

- Το τμήμα ελέγχου, όπου εμπεριέχονται οι επίγειοι σταθμοί ελέγχου και παρακολούθησης των δορυφόρων
- Το δορυφορικό τμήμα
- Το τμήμα του χρήστη, που αποτελείται από τους δέκτες GPS.

1.4.1 Τμήμα ελέγχου

Το τμήμα ελέγχου (Operational Control System – OCS) είναι υπεύθυνο για την διαχείριση του συστήματος GPS. Αποτελείται από τους σταθμούς παρακολούθησης των δορυφόρων, τους σταθμούς εκπομπής πληροφορίας προς τους δορυφόρους και το κεντρικό σταθμό ελέγχου (Master Control Station – MCS) που βρίσκεται στην Αεροπορική Βάση στο Colorado Springs των ΗΠΑ. Στις αρμοδιότητες του OCS συμπεριλαμβάνονται:

α) η συνεχής παρακολούθηση των δορυφόρων,

β) η υγιής συμπεριφορά τους σε θέματα όπως συγχρονισμός ρολογιών, επίπεδο αποθεμάτων πηγών ενέργειας, εκπομπή ραδιοκυμάτων και δεδομένων και τέλος

γ) εργάζεται για την επίλυση τυχόν προβλημάτων – ανωμαλιών (http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html#gpssa, 26/03/06**).**

Ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης η κατανομή των σταθμών μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική ή περιορισμένη. Για γεωδαιτικούς σκοπούς δεν θεωρείται ικανοποιητική, ενώ για τους σκοπούς της πλοήγησης θεωρείται πως επαρκεί. Για το λόγο αυτό το δίκτυο CIGNET και το δίκτυο FLINN της NASA, όπως και άλλα ανεξάρτητα δίκτυα παρακολούθησης με γεωδαιτικές προδιαγραφές, ξεκίνησαν προσπάθειες για τη οργανωμένη παρακολούθηση των δορυφόρων και τον υπολογισμό των τροχιών τους. Φτάνουμε στο 1993 όπου η IAG (International Association of Geodesy) προχώρησε στην αναγνώριση της Διεθνούς Υπηρεσίας GPS ή όπως λέγεται παγκοσμίως, της IGS (International GPS Service) από το 1993. Η υπηρεσία αυτή είχε αναλάβει τον σημαντικό ρόλο της διαχείρισης και διάθεσης

παρατηρήσεων και δεδομένων GPS από 1/1/1994. Το κεντρικό γραφείο της IGS έχει την έδρα του στο JPL στην Pasadena της California. Σήμερα, η IGS διαθέτει 250 μόνιμους σταθμούς GPS σε όλο τον κόσμο, 16 Κέντρα Διαχείρισης Δεδομένων, 5 Περιφερειακά και 3 Παγκόσμια κέντρα δεδομένων καθώς και 7 Κέντρα Ανάλυσης Δεδομένων. Επίσης 19 κέντρα ασχολούνται πυρετωδώς με την πύκνωση του Παγκόσμιου Συστήματος Αναφοράς σε περιφερειακή βάση. Όσον αφορά τις σχέσεις της IGS με άλλους οργανισμούς πρέπει να ειπωθεί ότι μέσα στην IGS έχουν εκπροσώπους 90 οργανισμοί από 30 χώρες ενώ 76 οργανισμοί συνεργάζονται σε μόνιμη βάση (http://www.losangeles.af.mil/smc/pa/fact_sheets/gps_fs.htm, 21/03/06).

1.4.1.1 Περιγραφή σταθμών παρακολούθησης

Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι 5. Βρίσκονται κατανεμημένοι στο Colorado Springs, στην Hawaii, στη νήσο Ascension στο Νότιο Ατλαντικό, στο Diego Garcia στον Ινδικό



Εικόνα 1.3: Σταθμός παρακολούθησης δορυφόρων στην Hawaii
Πηγή: www.kowoma.de/**gps**/Bodenstationen.htm, 15/04/06

ωκεανό και στο Kwajalein στο Νότιο Ειρηνικό ωκεανό ενώ τέλος ένας έκτος σταθμός στο Cape Canaveral στη Φλόριντα επρόκειτο να λειτουργήσει και αυτός . Όλοι οι σταθμοί είναι εφοδιασμένοι με δέκτες οι οποίοι συνεχώς μετρούν ψευδοαποστάσεις (γίνονται μετρήσεις κάθε 1,5 δευτερόλεπτο) των 'ορατών' δορυφόρων στις συχνότητες L_1 / L_2. Αυτές μετά από μια αρχική επεξεργασία μεταδίδονται στον κύριο σταθμό ελέγχου. Στον MCS επίσης συγκεντρώνονται οι παρατηρήσεις από 5 επιπλέον σταθμούς του στρατού των ΗΠΑ, ενώ τέλος υπολογίζονται οι διαθέσιμες

ακριβείς ‘εφημερίδες’ (Μπαντέλας Α.Γ., Σαββαίδης Π.Δ., Υφαντής Ι.Μ., Δούκας Ι.Δ., 1998:278). Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι μη επανδρωμένες εγκαταστάσεις και παρέχουν κάλυψη των δορυφόρων περίπου 92%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι δορυφόροι δεν είναι συνεχώς ‘ορατοί’ από τους σταθμούς.



Εικόνα 1.4: Το δίκτυο των επίγειων σταθμών παρακολούθησης
Πηγή: http://flash.lakeheadu.ca/~jtanney/recievers.htm, 15/04/06

1.4.1.2 Περιγραφή Κεντρικού Σταθμού Ελέγχου (MCS)

Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου (MCS) ήταν εγκατεστημένος στο Vandenberg AFB, στην California αλλά μεταφέρθηκε στην Βάση Falcon Air Force στο Colorado των ΗΠΑ. Είναι επανδρωμένος 24 ώρες το 24ωρο από ανθρώπους των Αμερικανικών Αεροπορικών Δυνάμεων ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία όλων των συστημάτων. Στον MCS γίνεται επεξεργασία όλων των παρατηρήσεων που λαμβάνονται από τους σταθμούς παρακολούθησης ενώ καθορίζονται (προβλέπονται) οι δορυφορικές τροχιές καθώς και οι παράμετροι των ρολογιών τους. Στη συνέχεια οι σχετικές παράμετροι μεταδίδονται στους σταθμούς εκπομπής πληροφορίας οι οποίοι είναι τέσσερις (Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein, Capa Canaveral). Οι παράμετροι αποτελούν την μεταδιδόμενη εφημερίδα που στηρίζεται στην ανάλυση



Εικόνα 1.5: Οι εγκαταστάσεις του MCS
Πηγή: www.kowoma.de/**gps**/Bodenstationen.htm, 15/04/06

των προηγούμενων παρατηρήσεων. Οι πληροφορίες που παρέχονται στους δορυφόρους ανανεώνονται 1 ή 2 φορές την ημέρα, και αποθηκεύονται στην μνήμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών των δορυφόρων.

Τέλος, φτάνουν προς τους χρήστες μέσω του D-κώδικα (http://www.colorado.edu/geography/ gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06).

1.4.1.3 Περιγραφή σταθμών εκπομπής πληροφορίας

Οι σταθμοί εκπομπής πληροφορίας είναι ενσωματωμένοι στους σταθμούς παρακολούθησης του Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein και Capa Canaveral. Λειτουργούν ως ο συνδετικός κρίκος επικοινωνίας με τους δορυφόρους. Η επιλογή των συγκεκριμένων σταθμών δεν είναι τυχαία αλλά έγινε για την όσο το δυνατόν καλύτερη κάλυψη των δορυφόρων. Αποτελούνται κυρίως από επίγειες κεραίες που διαχειρίζονται και ελέγχουν τις δορυφορικές κινήσεις ενώ ταυτόχρονα δέχονται μηνύματα και αλλά δεδομένα των δορυφόρων που ονομάζονται TT&C (telemetry, tracking and command). Η ‘μεταδιδόμενη εφημερίδα’ και πληροφορίες σχετικές με τα ρολόγια των δορυφόρων υπολογίζονται στο MCS και αποστέλλονται στους δορυφόρους μέσω της S-ραδιοσυχνότητας .



Εικόνα 1.6: Σταθμός εκπομπής πληροφορίας
Πηγή http://gps.losangeles.af.mil/control/index.htm, 15/04/06

1.4.2 Το Δορυφορικό Τμήμα

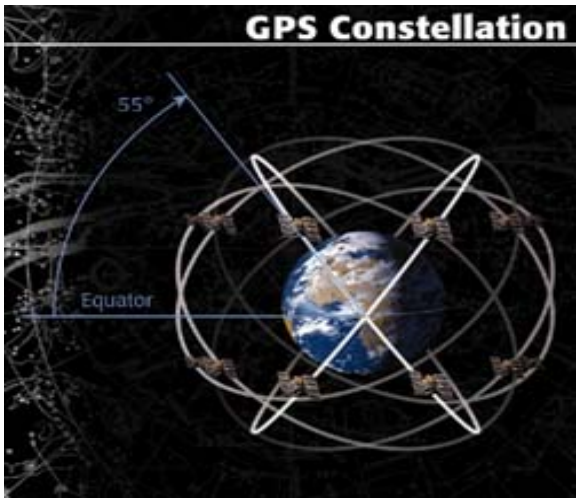


Εικόνα 1.7: GPS δορυφόρος σε τροχιά
Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:GPS_Satellite_NASA_art-iif.jpg, 15/04/06

1.4.2.1 Ο αστερισμός των δορυφόρων, γενικά χαρακτηριστικά

Οι ελάχιστες απαιτήσεις του δορυφορικού τμήματος του NAVSTAR GPS κάνουν λόγο για έναν αστερισμό $24^{ων}$ δορυφόρων. Το 1986 ο αριθμός των δορυφόρων σε τροχιά φτάνει τους 18. Για πρώτη φορά ο αστερισμός των δορυφόρων φτάνει τον αριθμό των $24^{ων}$ αρχικά με το καθεστώς της Initial Operational Capability (IOC), τον Ιούλιο του 1993 (ακολούθησε επίσημη ανακοίνωση στις 8 Δεκεμβρίου του ιδίου έτους) και συνεχίστηκε με το νέο καθεστώς της Full Operational Capability (FOC). Το νέο καθεστώς επιτευχθεί στις 17 Ιουλίου 1995. Συνολικά, μετρώντας από την πρώτη απογείωση δορυφόρου GPS, πάνω από 50 δορυφόροι προς χρήση του συστήματος έχουν απογειωθεί μέχρι σήμερα (El – Rabbany Ahmed, 2002: 1, 2) (http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06),

(http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, 21/03/06).

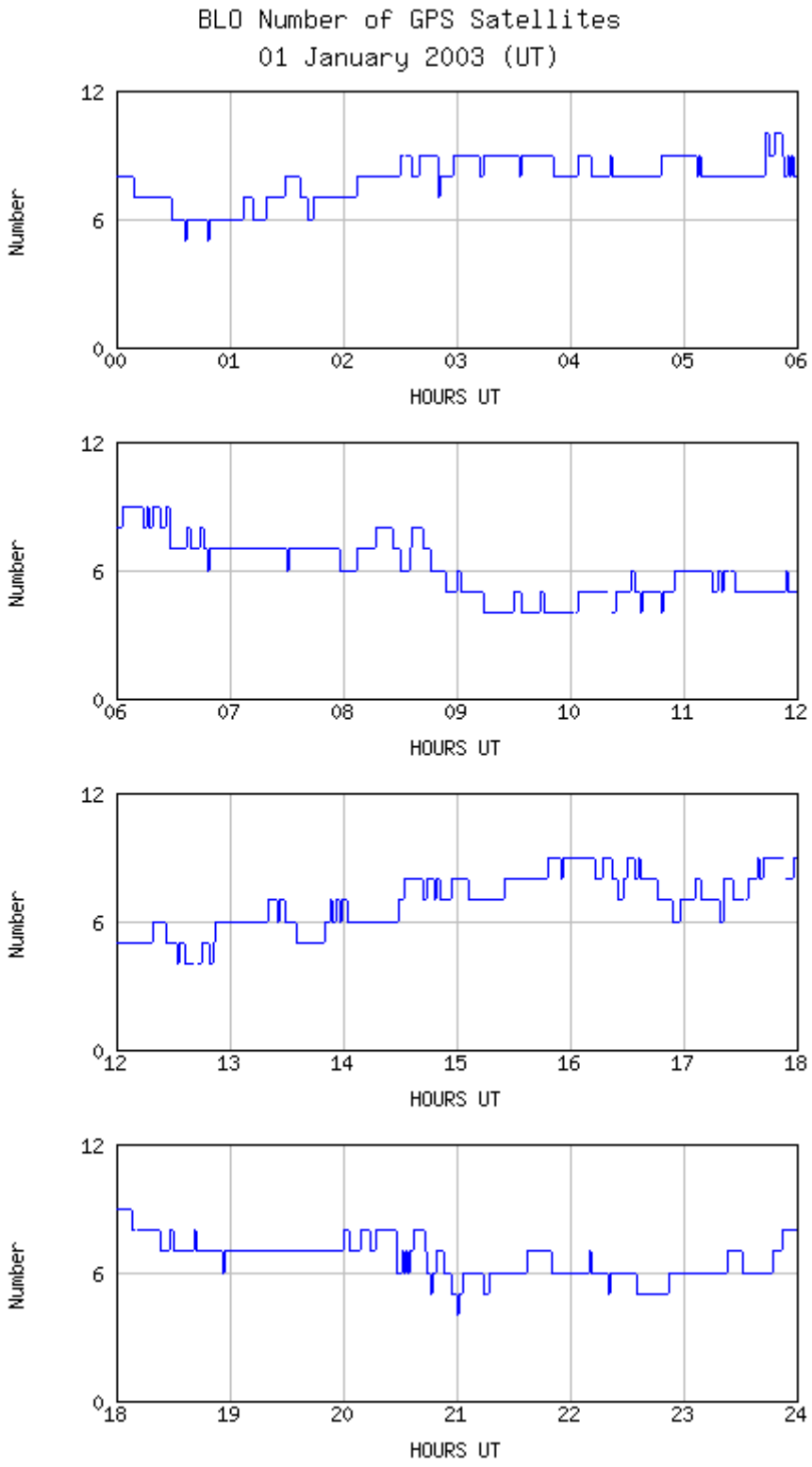


Εικόνα 1.8: Ο αστερισμός των δορυφόρων GPS

Πηγή: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06

Τον Σεπτέμβριο του 2005 ο ¨αστερισμός¨ των δορυφόρων του GPS αποτελούνταν από 28 δορυφόρους, 4 περισσότερους από τους 24 που κρίνονταν απαραίτητοι για τον εντοπισμό σημείου. Οι δορυφόροι αυτοί αναλυτικά ήταν: 1 BlockII, 14 BlockIIA, 12 BlockIIR και 1 BlockIIR-M1. Κατανέμονται σε 6 τροχιακά επίπεδα με κλίση 55^{o} προς τον άξονα του ισημερινού και συμβολίζονται με τα στοιχεία A, B, C, D, E, F. Οι τροχιές των δορυφόρων είναι συμμετρικά σχεδιασμένες ανά 60^{o} ενώ βρίσκονται σε ύψος 20.110Km (10.900 miles) από την γη. Η τροχιά τους είναι ελλειπτικής εκκεντρότητας ε=0,015 (Kaplan D. Elliot, 1996: 61).

Το σύνολο του γεωμετρικού σχεδιασμού των τροχιών των δορυφόρων πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την δυνατότητα κάθε στιγμή και από κάθε σημείο επάνω στη γη να γίνονται ‘ορατοί’ τουλάχιστον 5 δορυφόροι που να μεταδίδουν πληροφορίες. Αντίστοιχα ο μεγαλύτερος αριθμός δορυφόρων που μπορούν να γίνουν ‘ορατοί’ είναι 12.



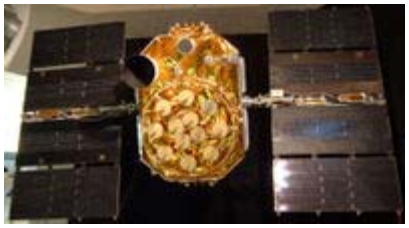
Διάγραμμα 1.1: Διάγραμμα ορατών δορυφόρων GPS κατά την διάρκεια ενός 24ου

Πηγή: http://www.spacenv.com/secblo/BLO/s4/N/BLOs420030101-N.gif, 15/04/06

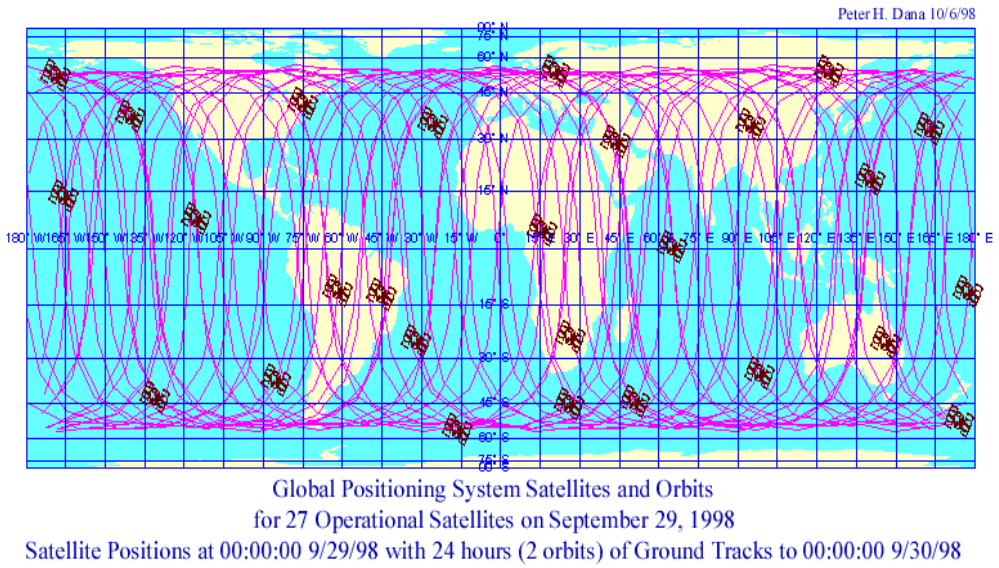


Εικόνα 1.9: Πάνω από 50 τέτοιους δορυφόρους απογείωσε μέχρι σήμερα το GPS
πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, 15/04/06

Σε κάθε τροχιακό επίπεδο τοποθετούνται δορυφόροι σε διαφορετικές υποδοχές (slots) και συμβολίζονται με τους αριθμούς 1, 2, 3, 4, 5. Για παράδειγμα ο δορυφόρος που ακούει στον κωδικό τροχιάς C3 αναφέρεται στον δορυφόρο 3 που βρίσκεται στην τροχιά C.¨Όλες οι τροχιές έχουν 5 δορυφόρους εκτός από την τροχιά C που έχει μόνο 4. Η διεύθυνση του άξονα κάθε δορυφόρου είναι σταθεροποιημένη. Κάθε δορυφόρος διαθέτει ταλαντωτές μεγάλης ακρίβειας, συστήματα επικοινωνιών, υπολογιστές και διάφορα βοηθητικά συστήματα. Διαθέτει δυο συσσωρευτές ηλιακής ενέργειας οι οποίοι παρέχουν ισχύ 710 Watt, ισχύ απαιτούμενη για την επικοινωνία και τη λειτουργία των συστημάτων ελέγχου. Οι συσσωρευτές είναι τοποθετημένοι κάθετα στη διεύθυνση της πηγής ενέργειας τους, τον Ήλιο, ενώ για τις περιόδους εκλείψεων έχουν προβλεφθεί 3 εφεδρικοί συσσωρευτές νικελίου – καδμίου. Οι περίοδοι εκλείψεων είναι δύο κάθε χρόνο με διάρκεια λιγότερη των 60 λεπτών. Κατά την διάρκεια αυτή οι δορυφόροι ταξιδεύουν στην σκιά της γηίνης σφαίρας όπου δεν λαμβάνουν ηλιακή ακτινοβολία αλλά χρησιμοποιούν τους εφεδρικούς συσσωρευτές (Leick Alfred, 1995:60).



Εικόνα 1.10: Δορυφόρος στο εργαστήριο κατά την διάρκεια δοκιμών
Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, 15/04/06



Εικόνα 1.11: Εικονικό γράφημα 24ης δραστηριότητας των δορυφόρων GPS
Πηγή:http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06

Η περίοδος των δορυφόρων είναι 11 ώρες 58 λεπτά και 2 δευτερόλεπτα. Έτσι την ίδια εικόνα ο αστερισμός την εικονίζει 2 φορές κάθε μέρα. Μια περιστροφή της γης συμπίπτει με 2 περιόδους του δορυφόρου. Συνεπάγεται ότι ο δορυφόρος περνά πάνω από τα ίδια σημεία κάθε 24 ώρες. Κάθε δορυφόρος παίρνει την ταυτότητα του από 2 αριθμούς. Τον αύξοντα αριθμό εκτόξευσης (space vehicle number - SVN) και τον αριθμό PRN (Pseudo Random Noise) ο οποίος είναι ένας ειδικός κωδικός που σχετίζεται με τον P-κώδικα και είναι το αποτέλεσμα μιας καθαρά ντετερμινιστικής διαδικασίας (http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, 15/04/06). Ένας τρίτος αριθμός προσδίδεται στον δορυφόρο από την NASA (Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001:13). Για παράδειγμα ο PRN07, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 1.1, είναι ο 37ος δορυφόρος GPS, γενιάς Block llA που εκτοξεύτηκε και βρίσκεται στην τροχιά C-4.



Εικόνα 1.12: Στιγμιότυπα εκτόξευσης δορυφόρων από το Cape Canaveral Air Force Station
Πηγή: http://www.af.mil/news/story_print.asp?storyID=123009123, 15/04/06

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει επίσης ραδιοκύματα στη συχνότητα L_1=1575,42 MHz και στην συχνότητα L_2=1227,60 MHz (σήματα άνω των 30 MHz διαπερνούν την ιονόσφαιρα). Το σήμα που έρχεται μέσω της συχνότητας L_1 περιέχει ένα ακριβή κώδικα τον C/A κώδικα (Coarse/ Acquisition code). Το σήμα που έρχεται μέσω της συχνότητας L_2 φέρει μόνο τον P-κώδικα (Percide-code). Ο κώδικας P χρησιμοποιείται για την διόρθωση της καθυστέρησης των σημάτων που αναφέρεται στην ιονόσφαιρα. Και οι δυο αυτοί κώδικες χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της απόστασης μεταξύ δορυφόρου και δέκτη. Τα ραδιοκύματα εκπέμπονται ανά γνωστά και σταθερά χρονικά διαστήματα και ελέγχονται από ατομικά χρονόμετρα (2 ρουβιδίου Rb και 2 Κασίου Cs) που βρίσκονται στον δορυφόρο. Οι δορυφόροι γενιάς IIR χρησιμοποιούν μόνο ρολόγια ρουβιδίου. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι δυο δορυφόροι, οι PRNO5 και PRNO6 είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς γωνιακούς ανακλαστήρες ώστε να βρίσκεται η θέση τους μέσω laser.

Ένας τρίτος κωδικός είναι ο κώδικας δεδομένων ή αλλιώς D-κώδικας (Data-code), που υπερτίθεται στις συχνότητες L_1 / L_2 και περιέχει πληροφορίες τύπου πρόβλεψης θέσης δορυφόρου, χρονικές καθυστερήσεις δορυφορικών χρονομέτρων κλπ.. Είναι ένα σύνηθες δυαδικό μήνυμα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, το οποίο μπορεί με βάση το γνωστό FORMAT, να μετατραπεί σε άμεσα χρησιμοποιούμενη αλφαριθμητική μορφή. Στα δεδομένα επίσης περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων

παράμετροι που επιτρέπουν τον προσδιορισμό της θέσης του δορυφόρου κάθε στιγμή, οι οποίες είναι γνωστές με το όνομα μεταδιδόμενη εφημερίδα (broadcast ephemeris) σε αντιδιαστολή με την ακριβή εφημερίδα (precise ephemeris) η οποία δεν είναι διαθέσιμη κατά τον χρόνο των παρατηρήσεων.

1.4.2.2 Χαρακτηριστικά των δορυφόρων

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS χωρίζονται σε σειρές ή BLOCK.Υπάρχουν έξι γενιές δορυφόρων και είναι οι Block I, Block II, Block IIA, Block IIR, Block IIF, Block III.

Block 0

Οι πρώτοι δορυφόροι GPS ονομαστήκαν SVs (Space Vehicles), Block0, 1 και 2. Κατασκευάστηκαν από την Naval Research Lab και χρησιμοποιήθηκαν για την ισχυροποίηση κάποιων σκοπών. Χαρακτηριστικό είναι δε ότι μαζί με τους SVs 1 και 2, πρώτη φορά απογειώθηκαν για το διάστημα ατομικά ρολόγια. Τα πειράματα με τους συγκεκριμένου τύπου δορυφόρους κράτησαν σύντομο χρονικό διάστημα.

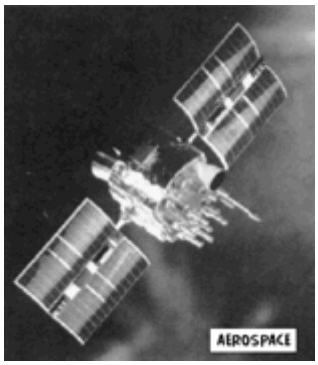
Block I

Ακολουθώντας τα πρώτα πειράματα προέκυψαν οι πρώτης γενιάς δορυφόροι Block I. Κατασκευάστηκαν από την Rockwell International. Οι δορυφόροι πρώτης γενιάς χαρακτηρίστηκαν ως δορυφόροι επίδειξης, ενώ ο σκοπός τους ήταν κυρίως πειραματικός. Το βάρος του δορυφόρου ήταν 845 Kg ενώ η ικανότητα του για αυτόνομη πλοήγηση χωρίς την επέμβαση επίγειου σταθμού ήταν 3-4 ημέρες (Leick Alfred, 1995: 60). Ο πρώτος δορυφόρος αυτής της γενιάς μπήκε σε τροχιά στις 22 Φεβρουαρίου 1978 και ο τελευταίος στις 9 Οκτωβρίου 1985. Κανένας πλέον από τους δορυφόρους Block I δεν είναι σε λειτουργία (18 Νοεμβρίου 1995 τέθηκε εκτός λειτουργίας ο τελευταίος).

Οι απογειώσεις των δορυφόρων έγιναν στην California από την αεροπορική βάση του Vandenberg. Αν εξαιρέσουμε μια αποτυχημένη απογείωση το 1981, όλες οι υπόλοιπες 10 εκτοξεύσεις έγιναν με επιτυχία. Η διάρκεια ζωής των Block I

δορυφόρων ήταν τα 4,5 έτη (Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001:13).

Παρόλα αυτά ορισμένοι από αυτούς και συγκεκριμένα ο SVN10 (απογειώθηκε



08/09/1984 και λειτουργούσε έως τις 18/11/1995) και ο SVN3 (161 μήνες σε τροχιά), παρέμειναν σε τροχιά προσφέροντας τις υπηρεσίες του για πάνω από 10 χρόνια. Η γωνιά κλίσης της τροχιάς των δορυφόρων επίδειξης ως προς τον Ισημερινό ήταν 63^{o} και ήταν οι μόνοι δορυφόροι που είχαν τέτοια κλίση καθώς οι επόμενης γενιάς δορυφόροι είχαν αντίστοιχη κλίση τις 55^{o}.

Εικόνα 1.13: Δορυφόρος γενιάς Block I
Πηγή: http://samadhi.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/gps1QL.html, 15/04/06

Block II, IIA

Οι δεύτερης γενιάς δορυφόροι είναι οι χαρακτηρισμένοι ¨επιχειρησιακής¨ γενιάς δορυφόροι Block II, ενώ με ορισμένες τροποποιήσεις έχουμε και τους ¨προχωρημένους¨ (advanced) γενιάς δορυφόρους Block IIA. Οι Block II δορυφόροι είναι τροποποιημένοι ως προς τους Block I και έχουν τους αριθμούς SV 13-21. Έχουν διαφορές στο σχήμα, το βάρος (1500 Kg), την γωνία κλίσης που αντί για 63^{o} είναι 55^{o}, την διάρκεια ζωής που φτάνει τα 7,5 έτη και την αυτονομία πλοήγησης που είναι 14 ημέρες (Leick Alfred, 1995:61). Μια ακόμα βασική διαφορά είναι ότι στους δορυφόρους σειράς II, προστέθηκαν κάποια συστήματα ασφαλείας, όπως και συστήματα σκόπιμης μείωσης της ακρίβειας. Τα συστήματα αυτά είναι το λεγόμενο σύστημα της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (SA) και το σύστημα Anti-spoofing (A-S).

Οι δορυφόροι δεύτερης γενιάς απογειώθηκαν από το Διαστημικό Κέντρο Kennedy στο Cape Canaveral της Florida. Ο πρώτος δορυφόρος Block II (SVN14)

στοίχισε περίπου 50.000.000$ και εκτοξεύθηκε στις 14/02/1989 ενώ μπήκε σε τροχιά στις 14/04/1989 (Bill Clarke, 1998:11). Στο μεσοδιάστημα από τον Φεβρουάριο του 1989 έως τον Νοέμβριο του 1997 εκτοξεύθηκαν συνολικά 28 δορυφόροι δεύτερης

γενιάς, 9 Block II και 19 Block IIA ενώ κατασκευάστρια εταιρεία ήταν και πάλι η Rockwell International.

Οι Block IIA δορυφόροι, όπως αναφέρθηκε, είναι η βελτιωμένη έκδοση των Block II δορυφόρων και έχουν τους αριθμούς SV από 22 και άνω. Τα στοιχεία βελτίωσης αφορούν κυρίως την χρησιμότητα αποθήκευσης δεδομένων πλοήγησης από 14 ημέρες για τον Block II σε 180 ημέρες για τον Block IIA. Μερικοί από αυτούς



διαθέτουν ανακλαστήρες και μπορούν να εντοπιστούν και από laser. Για την εξασφάλιση ορισμένων χαρακτηριστικών ασφαλείας προστέθηκε στους δορυφόρους δεύτερης γενιάς το σύστημα της εκλεκτικής διαθεσιμότητας στοιχείων (SA-Selective Availability). Ο πρώτος δορυφόρος Block IIA απογειώθηκε τον Νοέμβριο του 1990 (Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001:13, 14).

Εικόνα 1.14: Δορυφόρος γενιάς Block IIA

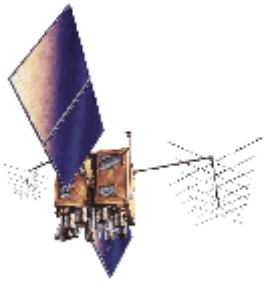
Πηγή:http://samadhi.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/gps2QL.html, 15/04/06

Block IIR

Το 1989 ανακοινώθηκε πως 20 νέοι δορυφόροι αναπλήρωσης (replenishment) επρόκειτο να απογειωθούν. Η Lockheed Martin Corporation ανέλαβε τον σχεδιασμό και την κατασκευή των Block IIR δορυφόρων. Ο πρώτος δορυφόρος σειράς IIR, ήταν σχεδιασμένο να απογειωθεί στα μέσα του 1996. Κάποιες καθυστερήσεις όμως ανέβαλαν την εκτόξευση του για τις 17 Ιανουαρίου του 1997 όπου και πάλι μια έκρηξη κατά την διαδικασία εκτόξευσης, κατάστρεψε τον δορυφόρο. Το κόστος του δορυφόρου που χάθηκε ήταν 40.000.000$ (50.800.000 ευρώ). Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων αναπληρώσης φτάνει τα 10 έτη ενώ το βάρος τους αγγίζει τα 2.032 kilograms (1.075 kilograms στο διάστημα). Οι συσσωρευτές του παρέχουν ισχύ 1136 watts. Οι προηγμένης γενιάς δορυφόροι, χάρη σε ένα νέο σύστημα αυτόνομης

πλοήγησης (AytoNav), έχουν την δυνατότητα αυτόνομου χειρισμού πλοήγησης, χωρίς την παρέμβαση επίγειων σταθμών, για 180 ημέρες. Το AutoNav επίσης προσφέρει την δυνατότητα παρατήρησης ενώ αυξάνει τα ποσοστά αξιοπιστίας και ακεραιότητας του συστήματος (Kaplan D. Elliot, 1996:78, 79).

Μετά τους Block II-R δορυφόρους, κατασκευάζονται οι Block II-R-M οι οποίοι για πρώτη φορά εκπέμπουν τρία νέα σήματα. Το πρώτο είναι ο M-κώδικας, το οποίο εκπέμπεται στην συχνότητα L_1 και είναι προς στρατιωτική χρήση, και τα άλλα δύο είναι τα L2C και L5 που εκπέμπονται στις συχνότητες L_2 (1227.6 MHz) και L_5 (1176.45 MHz) αντίστοιχα, και είναι για πολιτική χρήση (http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=8293, 23/08/2005). Εταιρεία κατασκευής για μια ακόμη φορά είναι η Lockheed Martin. Το βάρος του είναι 2.061 kilograms. Η πρώτη εκτόξευση IIR-M δορυφόρου ήταν αρχικά προγραμματισμένη για τον Δεκέμβρη του 2004, όμως ματαιώσεις λόγω τεχνικών προβλημάτων μετέθεσαν διαδοχικά την επιτυχή τελικά εκτόξευση του για τις 26/09/2005. Η διαδικασία εκτόξευσης πραγματοποιήθηκε από το Cape Canaveral της Florida. Αποφασίστηκε δε, από την ομάδα GPS Constellation Sustainment Assessment (CSAT), πως θα πρέπει να μπουν και άλλοι δορυφόροι σε τροχιά για την αποτελεσματική υποστήριξη των νέων σημάτων (http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=163652, 23/08/2005).



Εικόνα 1.15: Δορυφόρος γενιάς Block IIR

Πηγή:http://gps.losangeles.af.mil/ jpo/gpsoverview.htm, 15/04/06

Πίνακας1.1: δορυφόρων του GPS

CURRENT BLOCK II/IIA/IIR/IIR-M SATELLITES

LAUNCH ORDER	PRN	SVN	LAUNCH DATE	FREQ STD+	PLANE+	US SPACE COMMAND **
*II-1		14	14 FEB 1989			19802
*II-2		13	10 JUN 1989			20061
*II-3		16	18 AUG 1989			20185
*II-4		19	21 OCT 1989			20302
*II-5		17	11 DEC 1989			20361

*II-6		18	24 JAN 1990			20452
*II-7		20	26 MAR 1990			20533
*II-8		21	02 AUG 1990			20724
II-9	15	15	01 OCT 1990	Cs	D5	20830
*IIA-10		23	26 NOV 1990			20959
IIA-11	24	24	04 JUL 1991	Cs	D6	21552
IIA-12	25	25	23 FEB 1992	Rb	A2	21890
*IIA-13		28	10 APR 1992			21930



Χαρακτηριστικά των δορυφόρων

LAUNCH ORDER	PRN	SVN	LAUNCH DATE	FREQ STD+	PLANE+	US SPACE COMMAND **
IIA-14	26	26	07 JUL 1992	Rb	F2	22014
IIA-15	27	27	09 SEP 1992	Cs	A4	22108
IIA-16	01	32	22 NOV 1992	Cs	F6	22231
*IIA-17	29	29	18 DEC 1992	Rb	F5	22275
*IIA-18		22	03 FEB 1993			22446
*IIA-19		31	30 MAR 1993			22581
IIA-20	07	37	13 MAY 1993	Rb	C5	22657
IIA-21	09	39	26 JUN 1993	Rb	A1	22700
IIA-22	05	35	30 AUG 1993	Rb	B4	22779
IIA-23	04	34	26 OCT 1993	Rb	D4	22877
IIA-24	06	36	10 MAR 1994	Rb	C1	23027
IIA-25	03	33	28 MAR 1996	Cs	C2	23833
IIA-26	10	40	16 JUL 1996	Cs	E3	23953
IIA-27	30	30	12 SEP 1996	Rb	B2	24320
IIA-28	08	38	06 NOV 1997	Cs	A3	25030
***IIR-1		42	17 JAN 1997			
IIR-2	13	43	23 JUL 1997	Rb	F3	24876
IIR-3	11	46	07 OCT 1999	Rb	D2	25933
IIR-4	20	51	11 MAY 2000	Rb	E1	26360
IIR-5	28	44	16 JUL 2000	Rb	B3	26407
IIR-6	14	41	10 NOV 2000	Rb	F1	26605
IIR-7	18	54	30 JAN 2001	Rb	E4	26690
IIR-8	16	56	29 JAN 2003	Rb	B1	27663
IIR-9	21	45	31 MAR 2003	Rb	D3	27704
IIR-10	22	47	21 DEC 2003	Rb	E2	28129
IIR-11	19	59	20 MAR 2004	Rb	C3	28190
IIR-12	23	60	23 JUN 2004	Rb	F4	28361
IIR-13	02	61	06 NOV 2004	Rb	D1	28474
IIR-M1	17	53	26 SEP 2005	Rb	C4	28874

* Δορυφόροι που δεν είναι πια σε λειτουργία.
** US SPACE COMMAND, κωδικός NORAD ,γνωστός και ως κωδικός καταλόγου της NASA. Ο αριθμός καταχωρείται έπειτα από επιτυχημένη απογείωση δορυφόρου.
*** Ανεπιτυχής απογείωση.
\+ Source: 2SOPS GPS Operational Advisory dated 31 OCT 2005

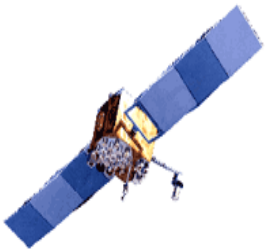
Πηγηftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/gpsb2.txt, 15/04/06

Block IIF

Οι τελευταίας γενιάς δορυφόροι GPS και οι πιο σύγχρονοι παράλληλα είναι οι δορυφόροι Block IIF. Την γενιά αυτή αποτελούν 33 νέοι δορυφόροι. Την κατασκευή τους έχει αναλάβει η Boeing North American και θα πραγματοποιηθεί σε τρεις φάσεις

των 6, 15 και 12 δορυφόρων αντίστοιχα. Το συνολικό κόστος των 33ων δορυφόρων ανέρχεται σε 1.3δις $ (16.5δις ευρώ). Η διάρκεια ζωής τους είναι αυξημένη σημαντικά και φτάνει τα 15 έτη πλοήγησης. Αυτή την στιγμή δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικές με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των IIF δορυφόρων. Το μόνο που έχει ανακοινωθεί επίσημα από τις Αεροπορικές Δυνάμεις των ΗΠΑ είναι ότι θα

υπάρχει ένας extra χώρος που θα ονομάζεται reserve auxiliary payload, για την πιθανότητα ειδικών αποστολών. Στους δορυφόρους σειράς IIF θα ανατεθούν επιπλέον νέες αρμοδιότητες μέσω του προγράμματος εκσυγχρονισμού του GPS, ενώ ταυτόχρονα προβλέπεται η σημαντική εκ νέου βελτίωση της αυτονομίας και της ακρίβειας της θέσης του δορυφόρου, πράγμα που σημαίνει ότι η παρέμβαση από τους επίγειους σταθμούς θα είναι σχεδόν τυπική. Ο πρώτος δορυφόρος Block IIF είναι σχεδιασμένο να μπει σε τροχιά εντός του έτους 2008 (Clarke Bill, 1998:13) (http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=144710, 23/08/2005).



Εικόνα 1.16: Δορυφόρος γενιάς Block IIF
Πηγή: http://gps.losangeles.af.mil/jpo/gpsoverview.htm, 15/04/06

Block III

Μετά από 5 χρόνια μελετών οι υπεύθυνοι του JPO αναθεώρησαν ορισμένες από τις απόψεις τους πάνω σε θέματα του δορυφόρου σειράς III. Η ημερομηνία εκτόξευσης του πρώτου Block III δορυφόρου, παίρνει αναβολή ενός έτους από το 2012 για το 2013. Ο βασικός λόγος της καθυστέρησης αυτής είναι η αναπροσαρμογή ορισμένων συστημάτων για βελτιώσεις ως προς τις στρατιωτικές και πολιτικές απαιτήσεις. Για πρώτη φορά επίσης τα γραφεία της GPS JPO έδωσαν έμφαση στο γεγονός του ανοιχτού διαγωνισμού για την επιλογή της εταιρείας που θα αναλάβει να σχεδιάσει και θα κατασκευάσει τον Block III δορυφόρο (http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?id=153334, 23/08/2005).

1.4.3 Το τμήμα του χρήστη - Υπηρεσίες GPS

Το τρίτο και τελευταίο τμήμα του GPS, είναι το τμήμα του χρήστη. Αποτελείται από τους δέκτες του GPS οι οποίοι με την συνεχιζόμενη ανάπτυξη νέων επαναστατικών τεχνολογιών, εξελίσσονται διαρκώς. Στις αρχές του 1970 οι πρώτοι δέκτες ήταν ογκώδης και με μεγάλο βάρος. Στις μέρες μας οι δέκτες είναι μικρές συσκευές, χαμηλού βάρους με ευκολία στην χρήση. Αποτελούνται από:

- Την κεραία
- Την συσκευή εισόδου / εξόδου (input / output device)
- Τον κυρίως δέκτη
- Τον προενισχυτή
- Τις μονάδες τροφοδοσίας

1.4.3.1 Κεραία

Τα δορυφορικά σήματα φτάνουν στον δεκτή μέσω της κεραίας .Η κεραία είναι δεξιόστροφη (RHCP) και η μέγιστη κάλυψη είναι περίπου το μισό ημισφαίριο (160^o), όταν αυτή βρίσκεται σε γωνία κλίσης 10^o προς τον κάθετο άξονα της . Όταν η κλίση είναι μικρότερη των 10^o, τότε η κάλυψη είναι μικρότερη ενώ χρειάζεται προσοχή ώστε να λαμβάνει τα σήματα των δορυφόρων απευθείας από αυτούς και όχι από ανακλάσεις στο έδαφος γιατί τότε δημιουργούνται σφάλματα. Η κεραία έχει πολλές παραλλαγές, από σχήμα κογχυλιού έως και ενός στύλου. Η επιλογή της κεραίας είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι και απαιτεί την λήψη πολλών παραμέτρων όπως ο τύπος της κεραίας, η αεροδυναμική μορφή, η σταθερότητα του κέντρου της. Στην περίπτωση που ο δέκτης GPS λαμβάνει μόνο τον P(Y) – κώδικα, θα πρέπει η κεραία (και ο δέκτης) να είναι στραμμένη στην συχνότητα των 20.46 MHz. Αντιστοίχως αν λαμβάνει μόνο τον C/A – κώδικα, θα πρέπει η κεραία να είναι στραμμένη στην συχνότητα των



2.046 MHz (Elliot D. Kaplan, 1996:69).

Εικόνα 1.17: Κεραία

Πηγή: www.smc.kirtland.af.mil/vod/.../2dishes01.html, 15/04/06



1.4.3.2 Συσκευή εισόδου / εξόδου (input / output device)

Η συσκευή I/O αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ του gps και του χρήστη. Υπάρχουν δυο τύποι συσκευών: οι εξωτερικές και οι ενσωματωμένες. Σε πολλές εφαρμογές η συσκευή I/O λειτουργεί ως μονάδα ελέγχου (CDU) δεδομένων. Οι περισσότεροι δέκτες χειρός έχουν ενσωματωμένες τις μονάδες CDU. Μερικοί τύποι συσκευών I/O είναι οι ARINC 429, MIL-STD-1553B, RS-232, RS-422 (Elliot D. Kaplan, 1996:71).

1.4.3.3 Κυρίως δέκτης

Οι βασικοί τύποι δεκτών που υπάρχουν σήμερα είναι:

- αυτοί που έχουν την δυνατότητα λήψης ψευδοαποστάσεων από τον C/A-κώδικα,
- αυτοί που έχουν την δυνατότητα λήψης της φέρουσας συχνότητας και του C/A-κώδικα,
- αυτοί που έχουν την δυνατότητα λήψης του P-κώδικα,
- αυτοί που έχουν την δυνατότητα λήψης του Y-κώδικα



Εικόνα 1.18: Δέκτης GPS σε ναυτική χρήση
Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Magellan_GPS_Blazer12.jpg, 15/04/06



Εικόνα 1.19: Ένα πλήρες σύστημα δέκτη
Πηγή: www.csuchicoag.org/a_Pages/images/GPS.jpg,15/04/06

Δεκτές ψευδοαποστάσεων από τον C/A – κώδικα

Αυτοί οι τύποι δεκτών είναι συνήθως συσκευές χειρός. Τις χρησιμοποιούν οι περιηγητές, τα σκάφη αναψυχής κλπ.. Έχουν το μέγεθος κινητού. Μπορούν να είναι τετρακάναλοι ή και με περισσότερα κανάλια δέκτες εάν προορίζονται για εφαρμογές που προϋποθέτουν κίνηση (Holfmann - Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001: 21 - 23).

Δέκτες της φέρουσα συχνότητας και C/A – κώδικα

Οι δεκτές αυτοί εκτελούν παρατηρήσεις ψευδοαποστάσεων από τον C/A – κώδικα, από την φέρουσα συχνότητα L_1. Διαθέτουν από 4 έως 12 κανάλια. Παραλλαγή του τύπου αυτού αποτελούν οι δέκτες που μπορούν να μετρούν επίσης και φάσεις της L_2 με τεχνικές ανεξάρτητες του κώδικα ώστε να μειώνεται η ιονοσφαιρική επίδραση (Holfmann - Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001: 21 - 23).

P – κώδικα

Αυτοί οι τύποι δεκτών παρακολουθούν και τις δυο συχνότητες L_1 / L_2. Οι ακρίβειες που επιτυγχάνονται είναι της τάξεως των μερικών cm για αποστάσεις 100 Km. Ένας από τους πρώτους δέκτες αυτού του τύπου κατασκευάστηκε το 1984 και ήταν ο TI-4100. Ο TI-4100 κατασκευάστηκε έχοντας περισσότερο στρατιωτικές προοπτικές παρά πολιτικές. Με το σύστημα Anti-spoofing ο P – κώδικας αντικαταστάθηκε από τον άγνωστο Y – κώδικα (Holfmann - Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001:21 - 23).

Y – κώδικα

Αυτοί οι τύποι δεκτών προϋποθέτουν την πρόσβαση στον P – κώδικα παρά την εφαρμογή του συστήματος Anti-spoofing. Για να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης, θα πρέπει να αποθηκευτεί σε κάθε κανάλι του δέκτη το Auxiliary Output Chips (AOC), στο οποίο όμως έχουν πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ (Holfmann - Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001: 21 - 23).

1.4.3.4 Προενισχυτής

Δουλειά του προενισχυτή είναι να ελέγχει και να δίνει εντολές στον δέκτη μέσω των συχνοτήτων διαχείρισης.

1.4.3.5 Μονάδες τροφοδοσίας

Οι μονάδες τροφοδοσίας μπορεί να είναι είτε ενσωματωμένες είτε εξωτερικές είτε ένας συνδυασμός των δυο. Αλκαλικές ή μπαταρίες λιθίου χρησιμοποιούν οι ενσωματωμένες μονάδες δεκτών. Αεροπλάνα, πλοία, τροχοφόρα, χρησιμοποιούν πλατφόρμες συσσωρευτών με την χρήση μετασχηματιστών και ρυθμιστών. Τις περισσότερες φορές βέβαια υπάρχει ένας εναλλακτικός συσσωρευτής σε περίπτωση διακοπής σύνδεσης με τον κεντρικό συσσωρευτή (Elliot D. Kaplan, 1996:71).

Επίσης οι δέκτες αποτελούνται από ένα η περισσότερα κανάλια. Κάθε κανάλι παρακολουθεί το σήμα που εκπέμπει ένας δορυφόρος στην συχνότητα L_1 ή L_2, ενώ

αποτελείται από τα ψηφιακά ηλεκτρονικά, την ραδιοσυχνότητα και το πρόγραμμα παρακολούθησης. Τα κανάλια μπορεί να είναι κανάλια συσχέτισης η κανάλια τετραγωνισμού. Στα κανάλια τετραγωνισμού λαμβάνεται μόνο η φέρουσα συχνότητα. Υπάρχουν δυο ομάδες δεκτών: οι πολυκάναλοι, όπου κάθε κανάλι παρακολουθεί ένα δορυφόρο (έως 12 κανάλια), και οι ακολουθιακοί που διαθέτουν 1 ή 2 κανάλια τα οποία συνεχώς αλλάζουν και παρακολουθούν διαφορετικούς δορυφόρους. Βέβαια οι πολυκάναλοι δέκτες έχουν το μειονέκτημα του υψηλότερου κόστους και της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας, είναι όμως πιο γρήγοροι και αποδοτικοί γι' αυτό έχουν σχεδόν αντικαταστήσει πλήρως τους ακολουθιακούς (Μπαντέλας Α.Γ., Σαββαΐδης Π.Δ., Υφαντής Ι.Μ., Δούκας Ι.Δ., 1998:279).

Οι δέκτες GPS έχουν σχεδιαστεί για δυο επίπεδα χρηστών ανάλογα με την χρήση. Από την μια έχουμε τους στρατιωτικής χρήσης δέκτες που χρησιμοποιούν το PPS (precise positioning service) και από την άλλη τους πολιτικής χρήσης δέκτες που χρησιμοποιούν το SPS (standard positioning service) (Bill Clarke, 1998:15). Και τα δύο συστήματα είναι δύο ίδια περίπου συστήματα τα οποία έχουν όμως μια βασική

διαφορά, το επίπεδο ακρίβειας πληροφοριών. Οι στρατιωτικής χρήσης δεκτές συνδέονται άμεσα με το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Ακόμα και στις μέρες μας είναι σχεδιασμένη η στενή συνεργασία βασικών συστημάτων άμυνας και δεκτών GPS. Παραδείγματα τέτοιου τύπου είναι ο Πόλεμος του Κόλπου το 1991, καθώς και ο Πόλεμος του Ιράκ, όπου δέκτες χειρός χρησιμοποιήθηκαν για την πλοήγηση στην έρημο και τον σχεδιασμό στρατιωτικών επιχειρήσεων (Holfmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001:20 - 21).

1.4.3.6 Standard Positioning System

Το SPS μπορεί να χρησιμοποιείται από κάθε χρήστη GPS σε περίοδο ειρήνης. Η οριζόντια ακρίβεια που προσφέρει είναι 100-μέτρα, η κατακόρυφη είναι 156-μέτρα και η χρονική ακρίβεια είναι 340-nanoseconds (Elliot D. Kaplan, 1996:5).



1.4.3.7 Precise Positioning System

Το PPS χρησιμοποιείται μόνο για στρατιωτικούς σκοπούς και πρόσβαση έχουν σε αυτό μόνο οι εξουσιοδοτημένοι από το DoD χρηστές. Είναι κατασκευασμένο να προσφέρει ακρίβεια θέσης 16-μέτρων σε χρόνο 100-nanoseconds. Τα στρατιωτικής χρήσεως GPS με P-κώδικα, προσφέρουν οριζόντια ακρίβεια της τάξης των 22-μέτρων ενώ η κάθετη είναι της τάξης των 27.7-μέτρων, με χρονική ακρίβεια 90-nanoseconds (Bill Clarke, 1998:38). Η πρόσβαση σε δεδομένα PPS ελέγχεται από δυο χαρακτηριστικές τεχνικές.

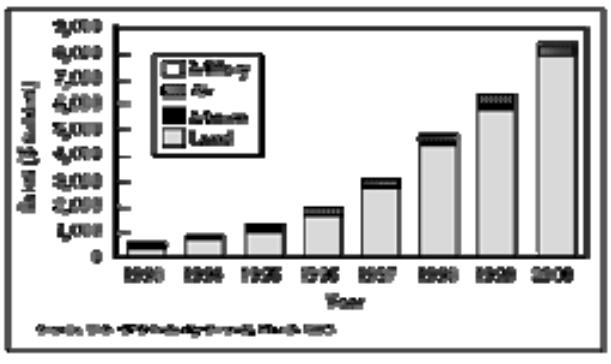
1. Η πρώτη τεχνική είναι η **επιλεκτική διαθεσιμότητα** στοιχειών (**Selective Availability**) η οποία σχεδιάστηκε από το DoD των ΗΠΑ. Σύμφωνα με την τεχνική που εφαρμόζονταν (τεχνητή εισαγωγή σφάλματος στα ρολόγια των δορυφόρων), η ακρίβεια του C/A μειώνονταν σημαντικά δίδοντας σφάλματα της τάξης των =/-100 μέτρων. Σταμάτησε να λειτουργεί επί προεδρίας Κλίντον την 1η Μαΐου του 2000 (http://www.jgc.gr/kefalaio3.htm, 15/04/06).

2. Η δεύτερη τεχνική είναι το σύστημα **Anti-spoofing** το οποίο σχεδιάστηκε επίσης από το DoD των ΗΠΑ. Έχει την δυνατότητα-ικανότητα να αλλάζει τον P-κώδικα, απροειδοποίητα, σε κώδικα-Y που σημαίνει απαγορευμένη πρόσβαση στον κώδικα από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Το AS δεν επηρεάζει τον C/A-κώδικα. Εφαρμόστηκε δοκιμαστικά το Σαββατοκύριακο της 1ης Αυγούστου 1992, ενώ επίσημα άρχισε να προσφέρει υπηρεσίες στις 31/01/1994 (Holfmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001: 18).

1.5 Κόστος Συσκευών GPS

Αρχικά το κόστος των συσκευών GPS ήταν απαγορευτικό για κάθε ενδιαφερόμενο. Σήμερα όμως οι τιμές δεν ξεπερνούν αυτές των κινητών τηλεφώνων. Για παράδειγμα οι φορητές συσκευές ξεκινούν από την τιμή των 150$ (191 ευρώ) και φτάνουν τα 700$ (889 ευρώ). Από την άλλη οι σταθερές συσκευές είναι πιο ακριβές. Ξεκινούν από τα 450$ (571 ευρώ) και μπορούν να φτάσουν τα 3000$ (3810 ευρώ). Το αγοραστικό κοινό είναι κυρίως ορειβάτες, πεζοπόροι, αλιείς, ιδιοκτήτες σκαφών

αναψυχής αλλά και επαγγελματίες όπως πολιτικοί μηχανικοί, τοπογράφοι μηχανικοί, γεωπόνοι, γεωλόγοι, γεωγράφοι, αρχαιολόγοι, δασολόγοι και πολλές άλλες ειδικότητες. Τα ποσοστά πωλήσεων συσκευών GPS όπως φαίνονται στο διάγραμμα 1.2 όσον αναφορά τις ΗΠΑ, είναι ενδεικτικά και δείχνουν το πολλαπλό ποσοστό συσκευών που προορίζονται για πολιτική χρήση έναντι αυτών που προορίζονται για στρατιωτική.



Διάγραμμα 1.2: μερίδιο πωλήσεων συσκευών GPS στις ΗΠΑ

Πηγή:http://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB1501/index1.html, 15/04/06

Για τους ταξιδιώτες τα GPS έχουν υποθηκευμένους ακριβείς χάρτες της Αμερικής και του μεγαλύτερου τμήματος χωρών της Ευρώπης. Στην Ελλάδα η ψηφιακή χαρτογράφηση δεν κινήθηκε με γοργούς ρυθμούς πριν το 2004, με αποτέλεσμα όπως παρατηρούσε τότε ο κ. Μ. Δεμπιάζης, υπεύθυνος μεγάλης εταιρείας εμπορίας συσκευών GPS στην Ελλάδα, «…όσον αφορά τους ναυτικούς χάρτες υπάρχει μεγάλη κάλυψη, ενώ η ψηφιακή καταγραφή του οδικού δικτύου είναι και περιορισμένης έκτασης και με ανακρίβειες …». Το 2004 και οι Ολυμπιακοί Αγώνες της Αθήνας έδωσαν ουσιαστικά την ώθηση για την ηλεκτρονική χαρτογράφηση του ελληνικού οδικού δικτυού και των μεγάλων πόλεων.

Η εισαγωγή συσκευών GPS και η διάθεση τους στην ελληνική αγορά ξεκίνησε πριν από 11 περίπου χρόνια και συμφωνά με την εταιρεία εισαγωγής Σακιώτης και τα στοιχεία του 2002, οι ετήσιες πωλήσεις φτάνουν τις 1500 φορητές συσκευές και 400 σταθερές συσκευές GPS. Κυριότερα σημεία πώλησης των GPS είναι τα καταστήματα



αλιευτικών ειδών και ορειβατικού εξοπλισμού όπως και καταστήματα ηλεκτρονικών ειδών (http://ta-nea..dolnet.gr/print.php?e=A&f=17297&m=N20&aa=1, 21/03/06).

1.6 Εφαρμογές GPS

Το gps όπως γνωρίζουμε κατασκευάστηκε για στρατιωτικούς κυρίως λόγους. Έτσι οι στρατιωτικές του χρήσεις είναι πλέον στην εποχή μας ιδιαίτερα εκτεταμένες και τεχνολογικά αναπτυγμένες. Όμως σύντομα μετά τις πρώτες εκτοξεύσεις των δορυφόρων GPS, πολλοί ήταν αυτοί που χρησιμοποίησαν το σύστημα για μη στρατιωτικούς σκοπούς, προσθέτοντας έτσι στις στρατιωτικές και τις πολιτικές-αστικές χρήσεις. Συγκεκριμένα οι πολιτικές χρήσεις του GPS ξεκίνησαν το 1980 με την κατασκευή των πρώτων δεκτών, κεραιών και προγραμμάτων υποστήριξης των δεκτών. Κατά την διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών όπου χρησιμοποιείται το gps, πολλοί νέοι δρόμοι ανοίχθηκαν και εφαρμογές του πολλαπλασιάστηκαν (El-Rabbany, Ahmed, 2002:129). Υπολογίζεται πως οι χρήσεις GPS στις μέρες μας

φτάνουν τις μερικές εκατοντάδες χιλιάδες. Έτσι λοιπόν γίνεται αντιληπτή η δυσκολία αποτύπωσης όλων των εφαρμογών GPS, οι οποίες είναι παρά πολλές και μια απλή ανάλυση του συστήματος δεν μπορεί να αποδώσει το σύνολο των εφαρμογών που μέρα με τη μέρα πληθαίνουν. Είναι χαρακτηριστικό δε το γεγονός στατιστικών ερευνών που ομολογούν ότι από τις χρήσεις που ήδη υπάρχουν και από αυτές που σύντομα θα εφαρμοστούν στο μέλλον, κάθε ένας από εμάς θα τις χρησιμοποιήσει για τουλάχιστον μια ή και περισσότερες φορές. Στη συνέχεια δίδονται ενδεικτικά παραδείγματα από διάφορους τομείς χρήσεων του GPS.

Μια πρώτη διάκριση, όπως ήδη προαναφέρθηκε, είναι ο διαχωρισμός των χρήσεων σε στρατιωτικές και πολιτικές – αστικές χρήσεις. Δεύτερη υποκατηγορία χαρακτηρισμού των χρήσεων GPS είναι σε:

1. ΧΕΡΣΑΙΕΣ εφαρμογές. Έχουν να κάνουν με χρήση GPS που στο μεγαλύτερο κομμάτι τους σχετίζονται με την έρευνα και διάφορες επιχειρήσεις χαρτογράφησης κάποιων στοιχειών.



2. ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ εφαρμογές. Συσχετίζονται κυρίως με χαρτογράφηση των αεροπορικών γραμμών, επιστημονική και γεωφυσική έρευνα.

3. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ εφαρμογές. Έχουν ίσως το μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών από τις πολιτικές χρήσεις, και συνδέονται κυρίως με επιχειρήσεις υδρογραφικής, ωκεανογραφικής, γεωφυσικής έρευνας.

4. ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΕΣ εφαρμογές. Λειτουργούν ως βοηθητικό εργαλείο σε συνεργασίες με άλλα προγράμματα και διαστημικές επιχειρήσεις.

1.6.1 Στρατιωτικές Χρήσεις

Από την ημερομηνία γέννησης της ιδέας του GPS, σκοπός του συστήματος ήταν η αποκλειστική χρήση του στον στρατιωτικό τομέα. Φυσικό επόμενο λοιπόν οι

τεχνολογίες που χρησιμοποιεί ο στρατός να είναι συνεχώς κάποια βήματα μπροστά σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούν οι πολίτες για αστική χρήση.



Τρία είναι τα κλειδιά που οι στρατιωτικές δυνάμεις προτιμούν την χρήση GPS σε σχέση με άλλα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού στίγματος. Πρώτο χαρακτηριστικό είναι η ευκολία χρήσης του συστήματος. Δεύτερο χαρακτηριστικό είναι η ακρίβεια που παρέχει το σύστημα και τρίτο χαρακτηριστικό είναι η αξιοπιστία των παρατηρήσεων. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποκτούν ακόμα πιο ισχυρή βάση με την χρήση του PPS και όλων των πλεονεκτημάτων που παρέχει το σύστημα σε σχέση με το SPS.

Εικόνα 1.20: Στρατιωτική χρήση GPS

Πηγή: www.ieee-virtual-museum.org/exhibit, 15/04/06

Κάθε πλέον στρατιωτική επιχείρηση που προϋποθέτει κίνηση ή ακρίβεια σημείου, χρησιμοποιεί το GPS. Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό αυτές οι στρατιωτικές επιχειρήσεις είναι παρά πολλές και εδώ γίνεται μια ενδεικτική μόνο αποτύπωση των χρήσεων αυτών.

1.6.1.1 Χρήση GPS από τις αεροπορικές δυνάμεις του στρατού

Το GPS χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα σε αεροπορικές χρήσεις. Τα βασικά χαρακτηριστικά του GPS, η ακρίβεια και η παντός καιρού παγκόσμια κάλυψη, αποτελούν τους κυριάρχους λόγους χρήσης του συστήματος στην αεροπορία. Η ακρίβεια του συστήματος προσδιορίζει τον συντομότερο δρόμο μεταξύ σημείου απογείωσης και σημείου προσγείωσης, πράγμα που σημαίνει λιγότερος χρόνος πτήσης αλλά και λιγότερα καύσιμα (άρα μικρότερο κόστος). Η αξιοπιστία των μετρήσεων λειτουργεί ανασταλτικά στην πρόκληση ατυχημάτων στον αέρα ενώ

εγγυάται την ομαλή εναέρια κυκλοφορία. Έτσι μπορούν να κινούνται στον ίδιο αεροδιάδρομο περισσότερα αεροπλάνα με ακριβείς κατευθύνσεις. Επίσης λόγω των τρισδιάστατων μετρήσεων του συστήματος, οι προσγειώσεις μπορούν να γίνονται με πιο ομαλό και ασφαλή τρόπο (Clarke Bill, 1998:62).



Εικόνα 1.21: Το GPS στην αεροπορία

Πηγή: www.mals.net/goulbur lburn/images/gps.jpg , 15/04/06

1.6.1.2 Χρήση GPS από τις επίγειες δυνάμεις του στρατού

Η χρήση του GPS δεν θα μπορούσε να λείπει από τις επίγειες επιχειρήσεις του στρατού. Η βασική χρήση του GPS στον τομέα αυτό, είναι στον εντοπισμό σημείων αναφοράς και σημείων ασφαλείας. Επίσης βοηθά στον εντοπισμό του σημείου που βρίσκεται ο εχθρός ή ορισμένα μέλη μιας επιχείρησης και παρακολουθεί τις κινήσεις

τους. Παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης ήταν η ‘επιχείρηση καταιγίδα’ στην έρημο της Ανατολής, όπου Αμερικανοί στρατιώτες χρησιμοποίησαν συσκευές GPS για θέματα πλοήγησης (Clarke Bill, 1998:63). Επίσης χρησιμοποιείται από ανώτερους αξιωματικούς για την κατεύθυνση επιχειρήσεων βάση συγκεκριμένων συντεταγμένων, για την αλλαγή σχεδίου κατά την διάρκεια μιας επιχείρησης αλλά και για αναγνωριστικές επιχειρήσεις σε ξένα εδάφη.



Εικόνα 1.22: Καθοδηγούμενος πύραυλος Patriot εκτοξεύεται από επίγεια βάση

Πηγή: www.ieee-virtual-museum.org/exhibit, 15/04/06

Το PPS με την βελτίωση της ακρίβειας θέσης που προσφέρει, δημιούργησε νέες χρήσεις στον τομέα πλήξης στόχων από τις 'καθοδηγούμενες' βόμβες. Συστήματα στηριζόμενα στις συντεταγμένες του GPS έχουν την δυνατότητα να αποστέλλουν τις λεγόμενες 'έξυπνες' βόμβες σε συγκεκριμένα από την πρόβλεψη σημεία, σενάριο που χρησιμοποιήθηκε κατ' επανάληψη στον πόλεμο του Κόλπου και στον πόλεμο στο Ιράκ.

1.6.1.3 Χρήση GPS από τις ναυτικές δυνάμεις του στρατού

Βασικός λόγος χρήσης του GPS και από τις ναυτικές δυνάμεις του στρατού, είναι και πάλι η ακρίβεια θέσης που χρησιμοποιείται στην πλοήγηση των πλοίων. Όπως ίσχυε και για τις αεροπορικές χρήσεις, τα πλοία κάνουν τις συντομότερες δυνατές διαδρομές για να φτάσουν στον προορισμό τους πράγμα που σημαίνει οικονομία σε χρόνο και χρήμα. Η ακρίβεια του συστήματος προσφέρει επίσης την δυνατότητα στους ναυτικούς για ευέλικτες κινήσεις παραπλάνησης του εχθρού (http://www.eraytech.com/GPSApplications/military.htm, 10/02/06).

Το GPS χρησιμοποιείται επίσης στην δημιουργία χαρτών, ακτοπλοϊκών γραμμών, σημείων αναφοράς, βάση των οποίων σχεδιάζονται ναυτικές επιχειρήσεις. Επίσης χρησιμοποιείται στην πρόβλεψη του καιρού πράγμα πολύ σημαντικό για το στήσιμο των ναυτικών επιχειρήσεων (Clarke Bill, 1998:64-65).

1.6.2 Πολιτικές –Αστικές Χρήσεις

Μέχρι πριν από 25 περίπου χρόνια το σχεδόν αποκλειστικό προνόμιο εντοπισμού στίγματος είχαν οι στρατιωτικές υπηρεσίες των ΗΠΑ. Μέσα σε αυτή τη εικοσιπενταετία όμως οι πολιτικές – αστικές – εμπορικές εφαρμογές του GPS αυξήθηκαν ιδιαίτερα και έγιναν εντατικές σε όλους τους τομείς, ξεπερνώντας κατά πολύ σε αριθμούς και τις στρατιωτικές χρήσεις GPS. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι η πολιτικής χρήσης αγορά GPS αντιπροσώπευε για το 2000 το 90% περίπου του συνόλου της αγοράς GPS (Bill Clarke, 1998:68). Βασικό κριτήριο της επιλογής χρήσης του GPS σε πολιτικές χρήσεις ήταν και συνεχίζει να είναι η εξαιρετικά εύκολη χρήση του συστήματος (απαιτεί λίγες τεχνικές γνώσεις), το σχετικά πολύ καλό επίπεδο ακρίβειας στίγματος και η αξιοπιστία που προσφέρουν οι μετρήσεις του, σε βαθμό μάλιστα πολύ μεγαλύτερο από την στιγμή παύσης του συστήματος της επιλεκτικής διαθεσιμότητας στοιχείων (S/A).

1.6.2.1 Χρήση GPS στην βιομηχανία

Η χρήση GPS και η δημιουργία χαρτών γενικής χρήσης είναι πολύ χρήσιμες για μια βιομηχανία. Συγκεκριμένα, σημαντικές αποφάσεις όπως η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων, της αποθήκης διάθεσης των προϊόντων, της γραμμής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, νερού, πρώτων υλών, τον σχεδιασμό ασφαλούς μεταφοράς των λημμάτων σε συγκεκριμένες περιοχές, παίρνονται με τη βοήθεια κάποιων χαρτών που γίνονται υπό το πρίσμα συγκεκριμένων γεωγραφικών, γεωφυσικών, γεωλογικών, και άλλων ερευνών. Το GPS βοηθά στην αποτύπωση αυτών των χαρακτηριστικών πάνω στον χάρτη, συλλέγοντας σημεία, εκτεταμένα όρια-γραμμές ή ακόμα και δεδομένα ολόκληρων περιοχών (πολυγώνων). Η συλλογή αυτής της πληροφορίας στην συνέχεια χρησιμοποιείται από το GIS στην δημιουργία



χαρτών διαφόρων χρήσεων, τους οποίους στην συνέχεια εκμεταλλεύονται οι βιομηχανίες (El-Rabbany Ahmed, 2002:129-130).

1.6.2.2 Χρήση GPS στον κατασκευαστικό τομέα

Πολλές κατασκευές γίνονται με πολύπλοκο τρόπο και απαιτούν ακρίβεια στις τοποθετήσεις τους.

Η ακρίβεια που μπορεί να χρειάζεται κάποιος τομέας των κατασκευών στην κλίμακα ακόμη και των εκατοστών, έκρινε επιτακτική την ανάγκη χρήσης του GPS. Οι κατασκευαστικές εταιρείες χρησιμοποιούν το GPS σε μια σειρά εφαρμογών όπως κατασκευές δρόμων, κτιριακών εγκαταστάσεων, γηπεδικών εγκαταστάσεων και πολλών άλλων.

Στην κατασκευή ενός δρόμου, παραδείγματος χάριν, το GPS συνδυάζεται με ασυρμάτους επικοινωνίας και συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Με την βοήθεια του υπολογιστή και τις πληροφορίες από το GPS, ο χρήστης μπορεί να δει ποιο είναι το σημείο που χρειάζεται να εντοπιστεί. Σε περίπτωση που χρειάζεται ακρίβεια χιλιοστού το GPS συνδυάζεται με rotated beam laser.

1.6.2.3 Χρήση GPS για την παρακολούθηση - χαρτογράφηση περιοχών, μετακινήσεων και παραμορφώσεων

Το GPS έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία στην παρακολούθηση μετακινήσεων σημείων και παραμορφώσεων περιοχών, ορεινών όγκων, παράκτιων περιοχών. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι παρέχει τρισδιάστατη πληροφορία (x, z, y) για τα σημεία μέτρησης. Εάν αυτό το χαρακτηριστικό το συνδυάσουμε με την ικανοποιητική ακρίβεια που παρέχει το σύστημα, τότε γίνεται αντιληπτό για ποιο λόγο καθίσταται το σύστημα GPS κατάλληλο στην εφαρμογή παρακολούθησης παραμορφώσεων τεχνικών έργων, εδαφών, σημείων. Για παράδειγμα η ακρίβεια του GPS σε περιπτώσεις παρακολουθήσεων μεγάλων τεχνικών έργων όπως υδροηλεκτρικά φράγματα, μπορεί να φτάσει τα λίγα χιλιοστά

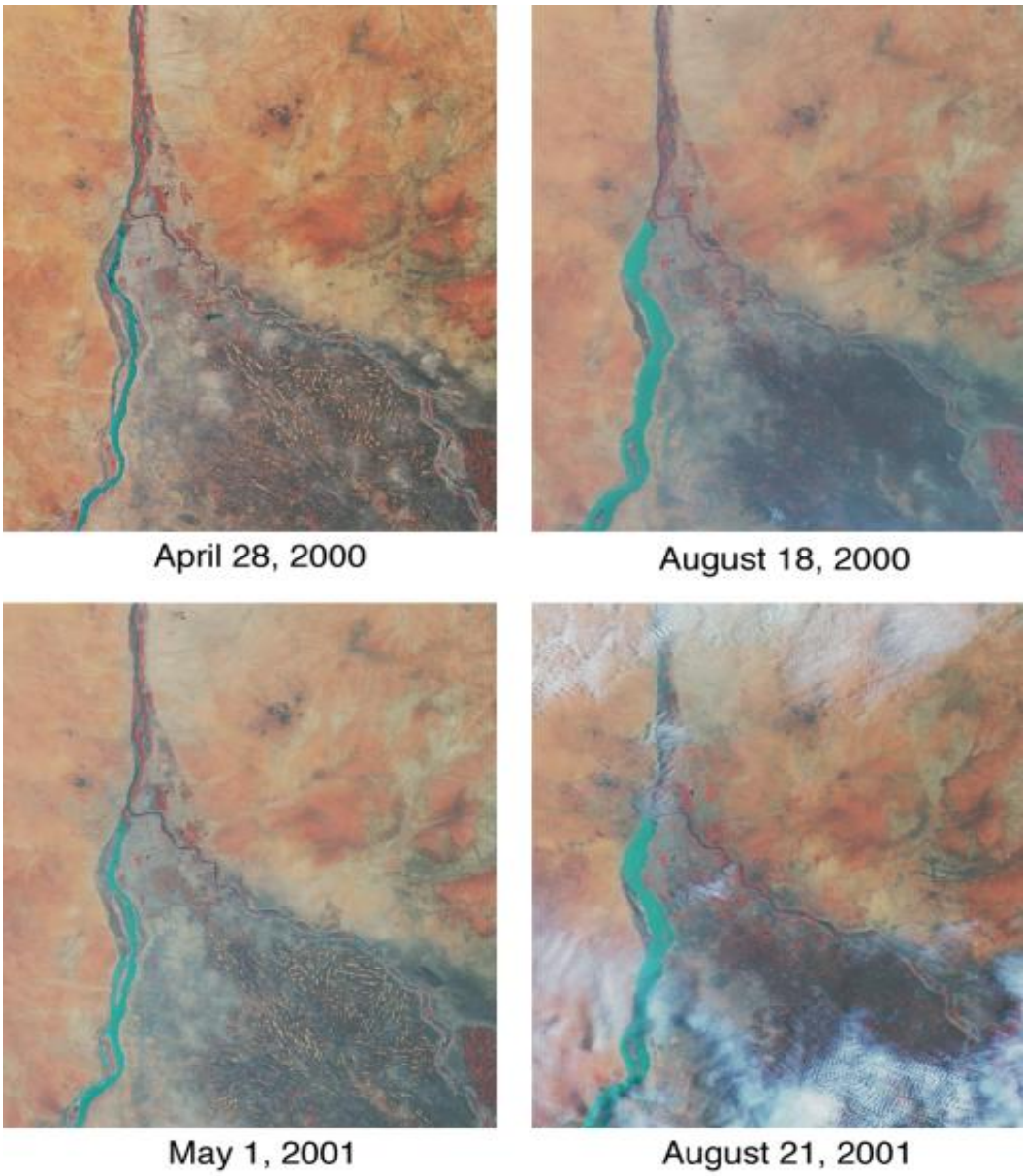
για αποστάσεις 1Km ή πολύ λίγων εκατοστών για αποστάσεις δεκάδων Km. Απαραίτητη προϋπόθεση για να φτάσει σε αυτό το βαθμό ακρίβειας το GPS είναι η απαλλαγή προηγουμένως από σφάλματα προερχόμενα από εξωτερικούς παράγοντες (El-Rabbany Ahmed, 2002:135).

Επιπρόσθετο πλεονέκτημα του GPS είναι η δυνατότητα μόνιμης εγκατάστασης δεκτών σε επιλεγμένα σημεία τα οποία εκτελούν συνεχή καταγραφή της θέσης με τηλεχειρισμό και on-line σύνδεση με κεντρικό υπολογιστή.

Το GPS όμως προσφέρεται και στην χρήση για μετακινήσεις όγκων, παρακολούθηση φυσικών καταστροφών κ.α.. Παράδειγμα μιας τέτοιας χρήσης είναι η χρήση τεχνολογίας GPS στην παρακολούθηση μετακινήσεων του εδάφους για θέματα πρόβλεψης ηφαιστειακών εκρήξεων.

Τυπικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η παρακολούθηση γεφυρών, φραγμάτων, καναλιών, πρανών, ορεινών όγκων, κτιρίων, κεραιών κλπ..

Τέλος το GPS χρησιμοποιείται στην παρακολούθηση και εξερεύνηση περιοχών χωρίς προηγούμενες πληροφορίες. Τέτοια παραδείγματα εφαρμογών έχουμε και από εξερευνήσεις περιοχών από το National Geographic όπου επιστήμονες έκαναν χρήση του συστήματος στην χαρτογράφηση της λίμνης Baikal της Σιβηρίας, της μεγαλύτερης σε βάθος λίμνης παγκοσμίως (www.casanovasadventures.com/catalog/**gps**/p3010.htm, 10/02/06).



Εικόνα 1.23:Παράδειγμα ανάγλυφου χάρτη αποτέλεσμα μετρήσεων GPS στην παρακολούθηση παραμορφώσεων
Πηγή: http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpegMod/PIA03420_modest.jpg, 15/04/06



1.6.2.4 Χρήση GPS στην δασοκομία

Η χρήση GPS είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην δασοκομία. Ορισμένες από τις εφαρμογές που έχουμε στον τομέα αυτό είναι η προφύλαξη από πυρκαγιές και ο ταυτόχρονος έλεγχος τους, η προφύλαξη από επιδρομές εντόμων, επιχειρήσεις θερισμού, συγκομιδής καρπών, αναδάσωσης, εντοπισμό πηγών νερού, οριοθέτησης περιοχών-ζωνών προστασίας αγρίων ζώων, παρακολούθηση και ψεκασμό περιοχών με προβλήματα.

Εικόνα 1.24: Το GPS στην δασοκομία

Πηγή: www.livingston.net/dstaples/**forestry**/staples.htm, 15/04/06

Σημαντικό πρόβλημα για την ανθρωπότητα, χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν οι πυρκαγιές. Το GPS αποτελεί ένα από τα κλειδιά της τεχνολογίας που μπορεί να προσφέρει τις υπηρεσίες του. Συνδυαζόμενο με την χρήση GIS και την λήψη αεροφωτογραφιών, το GPS μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την πηγή της πυρκαγιάς, την εξέλιξη της ή ακόμα και την πρόβλεψη της εξέλιξης της, ενώ τέλος μας δίνει συντεταγμένες των 'μετώπων' της φωτιάς για την έγκαιρη αντιμετώπιση της.

Τα προηγούμενα χρόνια στον εντοπισμό φυσικών πόρων, συγκεκριμένων σημείων, περιοχών-ζωνών προστασίας, η αεροφωτογραφία ήταν το μοναδικό δεδομένο άντλησης πληροφορίας με τα όποια μειονεκτήματα της. Η πληροφορία όμως αυτή σε μια δασώδη περιοχή δεν είχε την ακρίβεια που πολλοί θα ήθελαν. Με την χρήση του GPS η πληροφορία απέκτησε μεγαλύτερη ακρίβεια σε πραγματικό χρόνο. Πολλές περιοχές χαρακτηρίστηκαν ως περιοχές προστασίας αγρίων ζώων όπως για παράδειγμα έγινε με την επιχείρηση διάσωσης ενός άγριου είδους πτηνού από

ερευνητές του Ζωολογικού Πάρκου στο Λος Άντζελες. Πρώτα εντοπίστηκαν τα ζώα, στην συνέχεια οι περιοχές όπου συνήθιζαν να τρώνε, να κοιμούνται, να αναπαράγονται κλπ. και τέλος συλλέγοντας αυτά τα σημεία τοποθετήθηκαν επάνω σε χάρτες (www.casanovasadventures.com/ catalog/**gps**/p3010.htm, 10/02/06).

Το GPS έγινε επίσης ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στα χέρια ειδικών για τον εντοπισμό και προστασία αγρίων ζώων κηρύσσοντας περιοχές ως ζώνες προστασίας αγρίων ζώων. Επιπλέον με την χρήση GPS εντοπίζονται περιοχές που πλήττονται από επιδρομές επικίνδυνων εντόμων για την χλωρίδα, τις καλλιέργειες και επισπεύδονται λύσεις όπως ο ψεκασμός με ακρίβεια .

Γενικά η έρευνα στην δασοκομία με χρήση GPS είναι η μέθοδος που κατά πλειοψηφία χρησιμοποιούν οι ερευνητές λόγω της μειωμένης οπτικής οξύτητας από αέρα. Άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι τα ψηφιακά μπαρόμετρα και τα laser digital videography (El-Rabbany, Ahmed, 2002:131-132).

1.6.2.5 Χρήση GPS στην αγροκαλλιέργεια-γεωργία

Οι συσκευές GPS βρίσκουν εφαρμογή και στην γεωργία με την γεωργία 'ακριβείας' η οποία ξεκίνησε πριν λίγα χρόνια στην Αμερική και άρχισε να επεκτείνεται σε όλο τον κόσμο. Πριν από την χρήση του GPS στην γεωργία, το αγροτεμάχιο αντιμετωπίζονταν από τους παραγωγούς ως μια ενιαία έκταση. Όπως όμως απέδειξε το GPS όλα τα τμήματα του χωραφιού δεν είναι τα ίδια. Πρόκειται για την παραλλακτικότητα, την βασική αρχή της γεωργίας 'ακριβείας' (http://ta-nea.dolnet.gr/print.php?e=A&f=17297&m=N20&aa=1, 21/03/06).

Πρώτο βήμα στην αποδοτικότερη αντιμετώπιση των αγροτεμαχίων σε σχέση με την ποσότητα και ποιότητα παραγωγής, είναι ο προσδιορισμός των ορίων του αγροτεμαχίου. Στην συνέχεια παίρνονται πολλές εδαφολογικές παρατηρήσεις, γίνονται οι απαραίτητες αναλύσεις (απαιτήσεις του τμήματος σε φώσφορο, άργιλο, νερό, αζωτούχα λιπάσματα) και προσδιορίζονται τοπικά με το GPS. Με την βοήθεια



Εικόνα 1.25: Το GPS σε δράση ‘‘αγροτική’’

Πηγή:www.**agriculture**.purdue.edu/.../feature_04_p2.html, 15/04/06

συγκεκριμένων προγραμμάτων και του GIS κατασκευάζεται στον υπολογιστή ο αντίστοιχος χάρτης του αγροτεμαχίου. Ο απαιτούμενος αριθμός δειγμάτων για την πλήρη χαρτογράφηση ενός στρέμματος είναι περίπου 10 με 15 δείγματα όπου το καθένα από αυτά κοστίζει 44 ευρώ .



Εικόνα 1.26: Η γεωργία ‘ακριβείας’ είναι μια μεγάλη καινοτομία προσφορά του GPS

Πηγή: www.**agriculture**.purdue.edu/.../ feature_04_p2.html, 15/04/06

Η γεωργία ‘ακριβείας’ έχει φτάσει και στην χώρα μας και εφαρμόζεται πειραματικά με τους καπνοπαραγωγούς στον Δήμο Πιερίας και στο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης.

Με την χρήση GPS στην γεωργία μπορούμε να έχουμε και άλλα οφέλη. Ένα από αυτά είναι η εκτίμηση γεωργικών ζημιών από ξηρασία, ακραία καιρικά φαινόμενα. Για πρώτη φορά εφαρμόστηκε στην Ελλάδα το 2001 στην περιοχή του Νομού Θεσσαλίας. Αρχικά γεωπόνοι πήραν εδαφολογικές παρατηρήσεις

κατεστραμμένων χωραφιών, τις κατέταξαν ανάλογα με το επίπεδο καταστροφής και με το GPS εντοπιστήκαν οι ακριβείς τους θέσεις. Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά μπήκαν στον υπολογιστή όπου αναλύθηκαν οι φασματικές τους ταυτότητες. Τέλος παίρνοντας εικόνες και φωτογραφίες δορυφόρων της περιοχής ελέγχου, έγινε η σύγκριση τους με τα δεδομένα που αναλύθηκαν από τον υπολογιστή και έτσι καταγράφηκε το επίπεδο καταστροφής ολόκληρης της περιοχής. Το Υπουργείο Γεωργίας πήρε τα αποτελέσματα των αναλύσεων και δόθηκαν οι αντίστοιχες αποζημιώσεις στους αγρότες (http://ta-nea.dolnet.gr/print.php?e=A&f=17297&m=N20&aa=1, 21/03/06).

Το δορυφορικό σύστημα GPS χρησιμοποιείται επίσης από τους επιστήμονες του Υπουργείου Γεωργίας όταν αυτοί κάνουν δειγματολογικούς ελέγχους καλλιεργειών. Πρώτα παίρνουν φωτογραφίες εκτάσεων με καλλιέργειες ψηφιοποιημένες και αποθηκευμένες στις συσκευές GPS. Ελεγκτές του υπουργείου πηγαίνουν στο αγροτεμάχιο, κάνουν επί τόπου αυτοψία και διαπιστώνουν εάν τα στοιχειά του GPS συμφωνούν με την πραγματικότητα και την καλλιέργεια που δηλώνει ο αγρότης .

1.6.2.6 Χρήση GPS στις έρευνες σεισμικής δραστηριότητας και μετακινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών

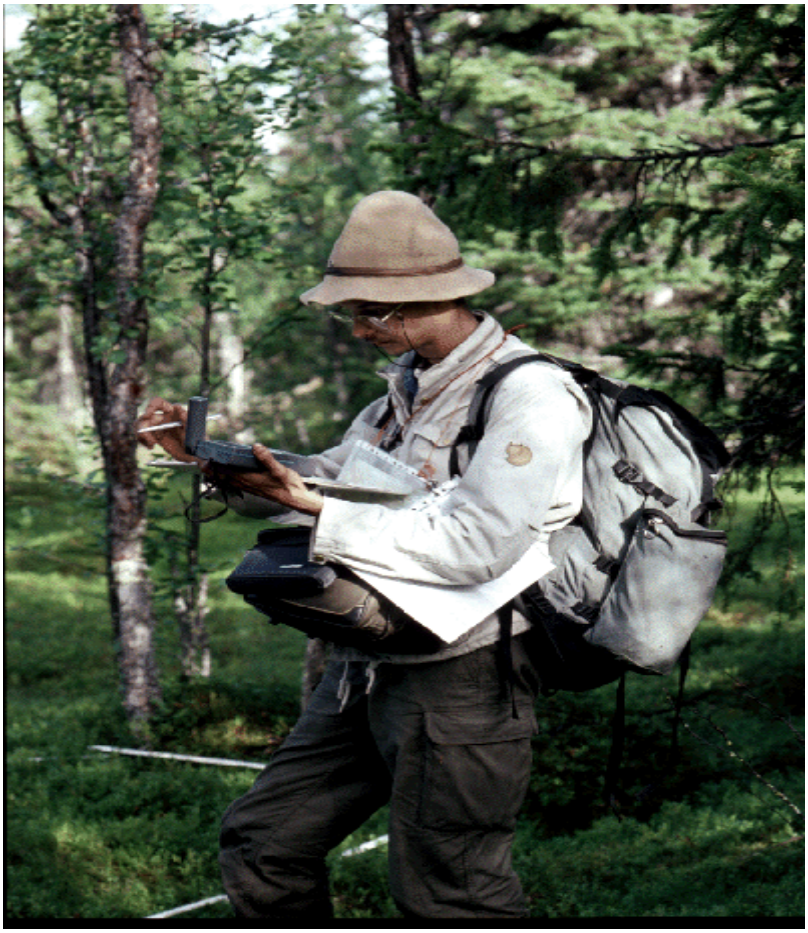
Το GPS χρησιμοποιείται από σεισμολόγους για την παρακολούθηση σεισμικής δραστηριότητας και μετακίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών. Το σύστημα GPS μπορεί μέσω τεχνικών που χρησιμοποιούνται να δώσει μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις του, πράγμα που οι σεισμολόγοι επιζητούν στην επιστήμη τους. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να εντοπίζουν διαστάσεις ρηγμάτων, πόσο μετακινήθηκε μια πλάκα και να οδηγούν τις έρευνες τους σε συμπεράσματα. Παράδειγμα τέτοιας χρήσης είναι η παρακολούθηση μετακινήσεων των λιθοσφαιρών πλακών από το Γεωλογικό Ινστιτούτο της Νέας Ζηλανδίας.



Εικόνα 1.27: Το GPS αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της σεισμικής σ έρευνας
Πηγή: www.pbs.org/search/redir/.../quake.html, 15/04/06

1.6.2.7 Χρήση GPS στην πεζοπορία, την ορειβασία, το κυνήγι, την αλιεία

Για τους πεζοπόρους το GPS αποτελεί ένα πολύ βασικό εργαλείο στον εξοπλισμό τους. Ειδικά σε απομονωμένες περιοχές, ανεξερεύνητες, οι συσκευές GPS αποτελούν τα 'μάτια' του πεζοπόρου καθοδηγώντας τον στον προορισμό του. Σε περίπτωση ανάγκης οι πεζοπόροι μπορούν να δώσουν το ακριβές στίγμα τους και να διασωθούν χωρίς προβλήματα. Το GPS αποτελεί βασικό κομμάτι και του συγχρόνου κυνηγού, καθώς τον οδηγεί σε συγκεκριμένα σημεία που ψάχνει να κυνηγήσει. Το ίδιο ισχύει και για τους ορειβάτες οι οποίοι αποθηκεύουν στην συσκευή GPS σημεία που έχουν κρατήσει συντεταγμένες για ασφαλή αναρρίχηση ή σημεία κινδύνου που πρέπει να αποφεύγονται. Χρήση του συστήματος κάνουν αντίστοιχα πολλοί ψαράδες, αφού μπορούν με το πάτημα ενός κουμπιού να εντοπίσουν σημεία που έχουν κάνει καλές ψαριές, ή ακόμα να ξεφύγουν από κάποιο σύννεφο ομίχλης με ασφαλή τρόπο. Γενικά σε όλες τις περιπτώσεις ο κίνδυνος να χαθείς είναι απίθανος αφού μπορείς να δώσεις ακριβείς πληροφορίες για το στίγμα σου οποιαδήποτε στιγμή βρεθείς σε κίνδυνο (http://tovima.dolnet.gr/print.php?e=B&f=13940&m=A22&aa=1, 26/03/06).



Εικόνα 1.28: Δέκτης Garmin GPS 50 στα χέρια πεζοπόρου

Πηγή: www.emg.umu.se/reseaichen/images/gps.gif, 15/04/06

Ορισμένα επίσης παραδείγματα χρήσης του συστήματος είναι η ακριβής καταγραφή του ύψους βουνών. Για παράδειγμα το 1989 βρέθηκε πως το όρος McKinley στην Βόρεια Αμερική είναι 6.189 meters έναντι 6.185 meters που βρέθηκε το 1954 με τριγωνομετρικές μεθόδους. Μεταξύ άλλων μετρήθηκε και το Έβερεστ (8.845 meters).

1.6.2.8 Χρήση GPS στην ναυσιπλοΐα

Μια από τις μεγαλύτερες σε αριθμό πολιτικές χρήσεις του Αμερικανικού δορυφορικού συστήματος, είναι οι εφαρμογές στη ναυσιπλοΐα. Πολλά είναι τα ηλεκτρονικά, ραδιοσυστήματα, ραντάρ που κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί από

σκάφη αναψυχής, ποτέ όμως ξανά δεν χρησιμοποιήθηκε ένα παντός καιρού σύστημα πλοήγησης με τόση ακρίβεια, αξιοπιστία και παγκόσμια κάλυψη.

Το σύστημα ακριβείας που χρησιμοποιείται από χρήστες GPS σε σκάφη αναψυχής είναι το SPS. Με διάφορες τεχνικές όμως καταφέρνουν να βελτιώνουν σημαντικά την ακρίβεια του συστήματος, πράγμα πολύ σημαντικό για πλοήγηση με χαμηλή ορατότητα. Επιπλέον το γεγονός που επιτρέπει στους ναυτικούς να γνωρίζουν με ακρίβεια το στίγμα τους, τους δίνει την δυνατότητα να κινούνται με ευκολία σε νερά με επικίνδυνα ρεύματα, σε βραχώδης πυθμένες με υφάλους, σε ρηχά νερά και σε άλλες ριψοκίνδυνες καταστάσεις που σε άλλη περίπτωση δεν θα μπορούσαν να προσεγγίσουν.



Εικόνα 1.29: Χρήση GPS στην ναυσιπλοΐα

Πηγή: www.scg.ulaval.ca/**gps**-rs/fr/Galerie/Transport.htm, 15/04/06

Άλλες δημοφιλείς χρήσεις του GPS περιλαμβάνουν την ικανότητα του να μπορείς να επιστρέφεις στο ίδιο σημείο που είχες στιγματίσει για διάφορους λόγους. Φίλοι αυτής της χρήσης είναι δύτες που εξερευνούν τον θαλάσσιο πυθμένα, ψαράδες που ψάχνουν για σημεία που έχουν κάνει καλές ψαριές και άλλες παρόμοιες περιπτώσεις.

Πολυχρησιμοποιημένο είναι επίσης το GPS στο σχεδιασμό του πλάνου πλοήγησης ενώ με τον συνδυασμό των κατάλληλων συστημάτων επιτρέπεται η αυτόματη πλοήγηση του μέσου, η οποία κρίνεται ασφαλής. Με χρήση GPS γίνεται επίσης και ο ελλιμενισμός των πλοίων για μεγαλύτερη ακρίβεια και ασφάλεια.

Μια ακόμα από τις εκτεταμένες χρήσεις του συστήματος βρίσκεται στην βοήθεια εντοπισμού κάποιων συμβάντων όπως κάποιο ναυτικό ατύχημα, κάποια επιχείρηση διάσωσης ή επιχείρηση περιορισμού μόλυνσης (Clarke Bill, 1998:68-72).

1.6.2.9 Χρήση GPS στα επίγεια μέσα μεταφοράς

Το GPS μπαίνει και στον τομέα των μέσων μεταφοράς . Τα δυο βασικά οφέλη είναι η ασφάλεια και η αποδοτικότητα.

Μια από τις πιο φιλόδοξες χρήσεις του συστήματος είναι η χρήση τεχνολογίας IVHS (intelligent vehicle highway system), που χαράζει διαδρομές και καθοδηγεί το όχημα μέσω computer. Έτσι ο καθένας μας μπορεί να πάει από οποίο σημείο επιθυμεί σε κάποιο άλλο που δεν γνωρίζει την διαδρομή, χρησιμοποιώντας μόνο το σύστημα καθοδήγησης. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι η ψηφιακή χαρτογράφηση των περιοχών πλοήγησης.



Εικόνα 1.30: Το GPS στο αυτοκίνητο

Πηγή: www.gillquist.com/gillcon/.../06%20**GPS**%20and%20Winamp.htm, 15/04/06

Ανεπτυγμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν (σε συνδυασμό με το GPS) από εταιρείες μεταφορών (logistics). Μπορούν να γνωρίζουν ανά πασά στιγμή και ώρα, ποιο από τα οχήματα της εταιρείας βρίσκεται που, και τι μεταφέρει.

Πληροφορίες επίσης που αφορούν την τοποθεσία των υλών που θέλει να μεταφέρει η εταιρεία, οδηγεί στην λήψη έξυπνων και αποδοτικών αποφάσεων ως προς το ποιο όχημα θα προσεγγίσει το σημείο απ' όπου πρέπει να ξεκινήσει η μεταφορά. Παρόμοια συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν στα οχήματα για την εύκολη εύρεση τους μετά από κλοπές (Clarke Bill, 1998:72).



Εικόνα 1.31: Το GPS on-board

Πηγή: home.4x4wire.com/deddleman/section_**gps**.html, 15/04/06

Ανάγκη τις αποδόσεις και επιδόσεις του συστήματος έχουν διάφορες υπηρεσίες όπως πυροσβεστική, ομάδες διάσωσης, αστυνομικές δυνάμεις αλλά και ασθενοφόρα. Για παράδειγμα στο παρελθόν όταν το Κέντρο καλούσε ένα περιπολικό και δεν λάμβανε σήμα από αυτό, τότε καλούσε ξανά και ξανά μέχρι να επικοινωνήσει. Σήμερα όταν δεν υπάρχει ανταπόκριση από το περιπολικό και κάτι δεν πάει καλά, τότε εύκολα μπορεί να εντοπιστεί το στίγμα του και δυνάμεις της αστυνομίας να σπεύσουν στο σημείο ώστε να δουν τι συμβαίνει. Επίσης η πυροσβεστική χρησιμοποιώντας χάρτες και δεκτές GPS, μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για την εξέλιξη της φωτιάς ώστε να προγραμματίζει τις κινήσεις της ή να εντοπίζει πηγές νερού. Τα τηλεφωνικά κέντρα των νοσοκομείων αναλαμβάνουν να μεταφέρουν τις κλήσεις προς τα ασθενοφόρα. Στην συνέχεια εντοπίζεται το πιο κοντινό στο συμβάν ασθενοφόρο και σπεύδει ταχέως για να παραλάβει τον ασθενή ενώ παράλληλα είναι σε θέση να γνωρίζει και τους δρόμους με κίνηση που πρέπει να αποφύγει.

Το GPS χρησιμοποιείται με επιτυχία και στην ρύθμιση της κίνησης των τρένων. Το χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει αυτόν τον τομέα είναι η ακρίβεια θέσης και το γεγονός ότι οι μετρήσεις γίνονται σε πραγματικό χρόνο. Χρήση των ιδίων σιδηροδρομικών διαδρομών μπορούν να κάνουν περισσότερα του ενός τρένα. Αυτό μεταφράζεται ως περισσότεροι μεταφερόμενοι επιβάτες, δυνατότητα περισσότερων δρομολογίων όταν αυτό απαιτείται, γρηγορότερες μεταφορές χωρίς καθυστερήσεις, Ενημέρωση των συρμών σε περίπτωση διακοπής της γραμμής για διαφόρους λόγους (κάποιο ατύχημα, έκτακτο τεχνικό πρόβλημα κ.α.) και άλλα πλεονεκτήματα καλύτερης εκμετάλλευσης και απόδοσης. Εκτεταμένη είναι η χρήση GPS στο ΜΕΤΡΟ για την αποφυγή συγκρούσεων, όπου οι ταχύτητες είναι υψηλές και οι συρμοί έχουν πολύ κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους. Επίσης λόγω του GPS και της πληροφορίας της ακριβής θέσης των συρμών, υπολογίζονται οι χρόνοι άφιξης των τρένων από κάθε σταθμό. Έτσι μπορούν να γίνονται προβλέψεις για τυχόν καθυστερήσεις.

1.6.2.10 Χρήση GPS στην αεροπορία και σε διαστημικές επιχειρήσεις

Στην αεροπορία οι χρήσεις GPS είναι όμοιες με τις χρήσεις που κάνει η αεροπορία του στρατού εκτός των οπλικών εφαρμογών και που ήδη έχουν αναφερθεί. Οι βασικοί λοιπόν τομείς που χρησιμοποιείται το GPS είναι σε θέματα που αφορούν την ακρίβεια των πτήσεων, την ομαλή εναέρια κυκλοφορία, την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση των εξοπλιστικών προγραμμάτων της αεροπορίας και θέματα που αφορούν την ασφάλεια και αξιοπιστία των πτήσεων στο σκέλος που αναλογεί από την χρήση GPS .

Το GPS όπως γνωρίζουμε είναι ένα σύστημα που στηρίζεται σε δορυφόρους οι οποίοι βρίσκονται σε τροχιά γύρω από την γη. Παρά το γεγονός ότι είναι ένα προϊόν που παράγει μετρήσεις μέσω του διαστήματος εντούτοις μπορεί να βοηθήσει και σε διαστημικές εφαρμογές.



Εικόνα 1.32: Αεροδρόμιο σε ερημική περιοχή περικυκλωμένο από βουνά
Πηγή: http://gpshome.ssc.nasa.gov/application.aspx, 15/04/06

Ξεκινώντας από τις αρχές της δεκαετίας του ’80 με το LANDSAT 4 της NASA και συνεχίζοντας μέχρι πρόσφατα στο TOPEX/POSEIDON (αλλαγής τροχιάς δορυφόρων) και στο Gravity Probe B, οι δεκτές GPS απέδειξαν την ικανότητα τους στον καθορισμό με ακρίβεια των τροχιών διαφόρων διαστημικών προγραμμάτων. Επίσης η χρήση του επεκτείνεται σε απογειώσεις - προσγειώσεις και αυτόματη πλοήγηση δορυφόρων, χρήση του οποίου έφτασαν σε σημείο να κάνουν ακόμα και οι Ρώσοι με το σύστημα Mir (Kaplan D, Elliot, 1996:8). Όμως το GPS δεν σταματά εδώ. Η NASA χρησιμοποίησε σε μελέτες επί διαστημικού εδάφους, ρομποτικού τύπου μικροόχηματα τα οποία διευθύνονταν μέσω συσκευής GPS (http://gpshome.ssc.nasa.gov/application.aspx, 23/08/05).

1.6.2.11 Χρήση GPS στην επιστήμη - έρευνα και στην ανίχνευση φυσικών πόρων

Το GPS είναι ένα χρήσιμο τεχνολογικά ανεπτυγμένο εργαλείο που σε καμία περίπτωση δεν αφήνει αδιάφορη την επιστήμη και την έρευνα. Για παράδειγμα στο Πανεπιστήμιο στο Denver της Αμερικής γίνονται διάφορες ατμοσφαιρικές έρευνες βασιζόμενες σε μετρήσεις GPS. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή της απουσίας του ρόλου του GPS στην έρευνα, η συγκεκριμένη έρευνα δύσκολα θα μπορούσε να έχει τα ακριβή αποτελέσματα που τελικά απέδωσε. Μάλιστα ομάδα επιστημόνων κάνει χρήση GPS πάνω από την Αρκτική και Ανταρκτική περιοχή σε ύψους 15.240,00 m , οπού οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές, και σε διαφορετική περίπτωση οι έρευνες θα ήταν πολύ δύσκολο να γίνουν. Επιπλέον χρήση του συστήματος γίνεται και από ερευνητές για την μέτρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και τον εντοπισμό επικίνδυνων αερίων. Τέλος μεγάλη βοήθεια προσφέρεται για την ακριβή ανίχνευση

και τον εντοπισμό φυσικών πόρων-πηγών ενέργειας όπως πχ. το πετρέλαιο και άλλων μεταλλευμάτων. Η ακριβείς μετρήσεις του μειώνουν το κόστος από την πιθανότητα διαδικασιών σε λανθασμένα σημεία με μεγάλη απόκλιση σφάλματος.

1.6.2.12 Χρήση GPS στις τηλεπικοινωνίες

Η χρήση GPS επεκτείνεται και στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Οι τεχνικοί των εταιρειών χρησιμοποιούν το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης σε θέματα που αφορούν τις υποδομές τηλεπικοινωνιακών γραμμών και την τοποθέτηση τους σε συγκεκριμένα σημεία. Επίσης γίνονται έρευνες για την τοποθέτηση των κεραιών στα σημεία οπού γίνεται η σωστότερη λήψη σήματος και η αποδοτικότερη επικοινωνία των γραμμών μεταξύ τους.



Εικόνα 1.33: το GPS προσδίδει ακρίβεια στις έρευνες που αφορούν τις υποδομές στις τηλεπικοινωνίες
Πηγή: http://gpshome.ssc.nasa.gov/application.aspx, 15/04/06

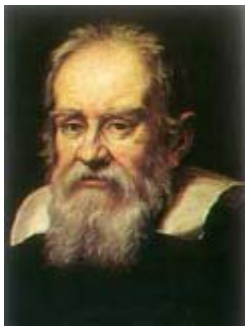
Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι η τοποθέτηση γραμμών και κεραιών σε απομακρυσμένες και απομονωμένες δύσβατες περιοχές όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη άρα και η πληροφόρηση χαρτογράφησης της ελλιπής.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

GALILEO, Global positioning and Navigation Satellite System (GNSS)

2.1 Εισαγωγή - Ποιος εμπλέκεται στο Galileo;



Εικόνα 2.1: Ο Γαλιλαίος

Πηγή: http://www.satil.com/history/galileo.jpg, 05/06/06

Το ευρωπαϊκό σύστημα δορυφορικής ραδιοπλοήγησης Galileo, θα είναι γνωστό ως το ευρωπαϊκό GPS ενώ επίσημα θα αναφωνείτε ως Global Navigation Satellite System. Το σύστημα χρησιμοποιεί το όνομα του γνωστού Ιταλού αστρονόμου του 17^{ου} αιώνα, Γαλιλαίου.

Την ευθύνη για την ανάπτυξη του συστήματος θα έχουν η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA). Την πολιτική ευθύνη θα έχει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, η οποία εκπροσωπείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και θα είναι υπεύθυνη στο να κρατήσει τον πήχη των στόχων του συστήματος ιδιαίτερα

ψηλά. Από την άλλη, η Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία θα έχει ευθύνες ως προς το σκέλος του ορισμού και ανάπτυξης του συστήματος ενώ ταυτόχρονα θα εγγυάται την σωστή λειτουργία του δορυφορικού τμήματος και των σχετικών επίγειων μονάδων. Στο τεχνικό Κέντρο της ESA (ESTEC), το οποίο εδώ και μερικά χρόνια εδρεύει στην Ολλανδία, γίνονται καθημερινά μελέτες για νέες τεχνολογίες απαραίτητες να εφαρμοστούν στους δορυφόρους του συστήματος. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν κυρίως θέματα που αφορούν την ακρίβεια στα ρολόγια των δορυφόρων, την εκπομπή σημάτων από τους δορυφόρους, την αποδοτική λειτουργία των κεραιών, των πηγών ενέργειας κ.α., ενώ ξεκίνησε να ασχολείται και με θέματα τεχνολογίας που αφορούν τους δέκτες του Galileo. Επίσης η κοινή επιχείρηση Galileo (Galileo Joint Undertaking) εξασφαλίζει την ανάπτυξη του προγράμματος και την επιλογή εμπορικού φορέα που θα συμβάλει σημαντικά στην χρηματοδότηση της εγκατάστασης του Galileo από το 2006 και θα παρέχει υπηρεσίες Galileo από το 2008 και μετά (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05).

Στις 27 Ιουνίου 2005, η Joint Undertaking Galileo επέλεξε τον ανάδοχο του δικαιώματος εκμετάλλευσης του προγράμματος. Η πρόταση που επικράτησε είναι μια κοινοπραξία των δύο αρχικών ανταγωνιστών, Eurely και iNavSat. Η κοινοπραξία Eurely/iNavSat θα είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση της φάσης εφαρμογής (2006 – 2008) και της λειτουργίας του προγράμματος από το 2008 και έπειτα (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05).

Τα αρχικά Ευρωπαϊκά σχεδία κάνουν λόγο για αμιγώς πολιτική χρήση του συστήματος. Οι ευρωπαίοι ηγέτες γνωρίζουν ότι αν δεν προχωρήσουν στην ανάπτυξη του Galileo, δεν θα μπορέσουν ποτέ να αυτονομηθούν από την αμερικάνικη «κηδεμονία». Με δεδομένο το γεγονός ότι οι αμερικανικές στρατιωτικές δαπάνες ξεπερνούν κατά πολύ τον προϋπολογισμό πολλών άλλων μεγάλων ευρωπαϊκών χωρών συνολικά, γίνεται αντιληπτός ο λόγος που η Ευρώπη θέλει να εξισορροπήσει την αμερικανική ισχύ. Για να πραγματοποιηθεί όμως κάτι τέτοιο θα πρέπει να επενδύσει σε «εργαλεία» όπως ο «Γαλιλαίος», για τον οποίο όμως γεννάτε το ερώτημα ποιος θα μπορούσε να τον χρηματοδοτήσει. Το κρατικό – ιδιωτικό

επιχειρηματικό σχήμα που προτείνεται ίσως να μην αποδειχθεί ιδιαίτερα λειτουργικό. Έτσι οι εμπνευστές στρέφονται ως εναλλακτική λύση και στον στρατιωτικό τομέα. Πρόσφατα μάλιστα δεν έλειψαν δηλώσεις από την Γαλλική Πολεμική Αεροπορία που δείχνουν την πρόθεση της να επενδύσει στο Galileo, υπό την προϋπόθεση ότι το ίδιο θα πράξουν τουλάχιστον τρεις ακόμα ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο η τυπική θέση της ESA δεν επιτρέπει την χρηματοδότηση από στρατιωτική πηγή (http://www.imerisia.gr/defayltold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=216107, 15/04/06).

Βάσει του αρχικού χρονοδιαγράμματος, το σύστημα θα έπρεπε να βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία έως το 2008, ενώ στην πραγματικότητα, μέχρι τότε θα έχει πραγματοποιηθεί μόνο η εκτόξευση των 4 πρώτων δοκιμαστικών δορυφόρων.

Οι υπηρεσίες που θα παρέχει αυτή η υποδομή θα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων στην ευρωπαϊκή κοινωνία, υπηρεσίες που έως σήμερα καλύπτονταν από το Αμερικανικής καταγωγής GPS και το Ρωσικής προέλευσης GLONASS.

2.2 Γιατί το Galileo είναι τόσο σημαντικό για την Ευρώπη;

Η Ευρώπη είναι σημαντικό να αποκτήσει την τεχνογνωσία και τον εξοπλισμό ώστε να τα αξιοποιήσει με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Το πρόγραμμα Galileo αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για την Ευρωπαϊκή οικογένεια. Η σημασία του συστήματος είναι τόσο πολιτική όσο και οικονομική. Αφενός μεν η Ευρώπη δε θα εξαρτάται πλέον από τις ΗΠΑ στο στρατηγικής σημασίας ζήτημα της δορυφορικής πλοήγησης, αφετέρου δε, θα προσφέρει δυνατότητες εμπορικής εκμετάλλευσης. Η ακρίβεια του ενός μέτρου που θα προσφέρει δεν έχει προηγούμενο και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δορυφορική πλοήγηση αεροπλάνων, πλοίων, τρένων, αυτοκινήτων κ.α..

Το Galileo αναμένεται να επιτρέψει στην Ευρώπη να αποκτήσει τεχνολογική ανεξαρτησία. Είναι σημαντικό να μη αφήσει μόνους τους Αμερικάνους στον τομέα της πλοήγησης και να σπάσει τα δεσμά αυτού του μονοπωλίου. Χωρίς το πρόγραμμα Galileo η ανάπτυξη (ακόμα και η επιβίωση) των ευρωπαϊκών βιομηχανιών νέων τεχνολογιών θα απειληθούν σοβαρά. Το πρόγραμμα Galileo, θα αποτελέσει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για τις μετέχουσες ευρωπαϊκές βιομηχανίες στον δεδομένο τομέα, αλλά και σε εκείνους πολυαρίθμων εφαρμογών που θα προκύψουν. Δείγμα της Ευρωπαϊκής σκέψης είναι η πρόθεση η Ευρώπη να επιτρέψει στην έρευνα, ανάπτυξη και λειτουργία του προγράμματος, σε βιομηχανικό επίπεδο, τη συμμετοχή τρίτων χωρών, πράγμα που θα οδηγήσει σε ενίσχυση των δεσμών και των κοινών συμφερόντων με αυτές. Ήδη εφτά μη ευρωπαϊκές χώρες, έχουν συμμαχήσει με την Ευρωπαϊκή Ένωση για το Galileo, ενώ παράλληλα βρίσκονται σε εξέλιξη και άλλες διαπραγματεύσεις με άλλες χώρες (http://www.imerisia.gr/defaultold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=210371, 26/03/06).

Από οικονομικής άποψης το Galileo θα απορροφήσει τεράστια ποσά από την παγκόσμια αγορά υπηρεσιών πλοήγησης, τον εξοπλισμό δορυφορικής ράδιο-πλοήγησης και την εξαγωγή από ευρωπαϊκές βιομηχανίες εξοπλισμών, ποσά που μέχρι το 2020 αναμένεται ξεπεράσουν τα 300 δις ευρώ (http://www.ethnos.gr/print.asp?catid=5351&subid=20110&pubid=22848, 26/03/06).

Τέλος, το Galileo θα υπηρετήσει την κοινή ευρωπαϊκή άμυνα που τα κράτη μέλη αποφάσισαν να θέσουν σε εφαρμογή. Δεν πρόκειται για την έναρξη αντιπαράθεσης με τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, αλλά για τον τερματισμό μιας κατάστασης "εξάρτησης", όπως αναφέραμε και προηγουμένως. Η ανάληψη δράσης για λόγους ασφαλείας θα είναι πλέον δυνατή για την Ευρώπη, διότι οι Ηνωμένες Πολιτείες δε θα ελέγχουν την τεχνολογία της ραδιοναυτιλίας μέσω δορυφόρου που είναι σήμερα απαραίτητη. Μολονότι το Galileo έχει σχεδιαστεί πρωτίστως για εφαρμογές πολιτικής χρήσης, θα προσφέρει και δυνατότητες στρατιωτικής υφής (http://www.iss-eu.org/occasion/occ44.pdf, 15/04/06).

2.3 Διεθνές το ενδιαφέρον για το Galileo – Διεθνείς Συμφωνίες

Αρκετές μη ευρωπαϊκές χώρες έχουν ήδη συμμαχήσει με την Ευρωπαϊκή Ένωση για το Galileo. Παράλληλα, βρίσκονται σε εξέλιξη διαπραγματεύσεις με την Αργεντινή, την Αυστραλία, την Βραζιλία, την Ιαπωνία, τον Καναδά, το Μεξικό, τη Μαλαισία, τη Νορβηγία, τη Χιλή, την Τουρκία, την Ελβετία, την Ισλανδία, το Πακιστάν, την Ρωσία αλλά και με χώρες της Μεσογείου (http://www.imerisia.gr/defaultold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=210371, 26/03/06).

Συμφωνίες συνεργασίας έχουν ήδη υπογράψει :

- η Κίνα (Σεπτέμβριος 2003, συμβολή 200^{ων} εκ. ευρώ για την ανάπτυξη),
- το Ισραήλ (Ιούλιος 2004),
- η Ουκρανία (Ιούλιος 2004),
- η Ινδία (Σεπτέμβριος 2005. συμβολή 300^{ων} εκ. ευρώ για την ανάπτυξη),
- το Μαρόκο (Νοέμβριος 2005),
- η Σαουδική Αραβία (Νοέμβριος 2005) και
- η Νότια Κορέα (Ιανουάριος 2006).

Οι διεθνείς συνεργασίες θα ενισχύσουν την ευρωπαϊκή τεχνογνωσία και θα μειώσουν τους τεχνικούς και πολιτικούς κινδύνους που συνδέονται με την υλοποίηση του προγράμματος. Οι συνεργασίες αυτές είναι επίσης σημαντικές για τη διείσδυση σε τοπικές αγορές και την ανάπτυξη επίγειων εγκαταστάσεων. (http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_positioning_system, 21/03/06)

Η Ελλάδα με την σειρά της μπαίνει και αυτή στο διαστημικό κλαμπ της Ευρώπης. Τον Νοέμβρη του 2001 υπογράφει συνθήκη συνεργασίας με την ESA. Βέβαια δεν γίνεται ακόμα πλήρες μέλος αλλά μετέχει έως «εξωτερικός συνεργάτης». Μετά από μια μεταβατική περίοδο, την 1^{η} Δεκεμβρίου του 2005 η Ελλάδα τελικά γίνεται πλήρες μέλος της ESA. Κατά τη διάρκεια της περιόδου 2005 – 2010, προβλέπονται ειδικά μέτρα που στοχεύουν στην προσαρμογή της ελληνικής βιομηχανίας στις αυστηρές απαιτήσεις του Οργανισμού, την εξοικείωση με τις διαδικασίες συμμετοχής στα διάφορα προγράμματα καθώς και την επιτυχή υλοποίησή τους σε κοινοπραξίες

με τις ισχυρές ευρωπαϊκές βιομηχανίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα του διαστήματος.

Στο πρόγραμμα Galileo (το οποίο ανήκει στα προαιρετικά και όχι στα υποχρεωτικά προγράμματα) η Ελλάδα δεν έχει συμμετοχή.

2.3.1 Αντιδράσεις από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα ραδιοπλοήγησης

2.3.1.1 ΗΠΑ - GPS

Όταν η Ευρωπαϊκή Ένωση αποκάλυψε τα σχέδια της να κατασκευάσει το σύστημα πλοήγησης, η αρχική ανησυχία της Ουάσιγκτον ήταν αν το εν λόγω σύστημα θα επισκίαζε το GPS. Συγκεκριμένα ο φόβος των Αμερικανών εστιάζονταν στο γεγονός ότι ο "Γαλιλαίος" θα χρησιμοποιούσε τις ίδιες ραδιοσυχνότητες με αυτές του στρατιωτικού σκέλους του GPS, με αποτέλεσμα να δημιουργεί πολλά προβλήματα στις εφαρμογές τους. Από την άλλη όμως υπάρχουν διαβεβαιώσεις ότι το σήμα ασφαλείας του Galileo στην ίδια συχνότητα με το αμερικανικό σύστημα δεν θα δημιουργήσει το παραμικρό πρόβλημα στις στρατιωτικές τους εφαρμογές. (http://ta-nea.dolnet.gr/print.rhr?e=A&f=17240&m=N20&aa=1, 21/03/06).

Το τελευταίο όμως διάστημα οι ανησυχίες της έγιναν ακόμη μεγαλύτερες από την ανάμειξη της Κίνας στα θέματα Galileo. Συγκεκριμένα αυτό που κάνει τους ανθρώπους του Λευκού Οίκου να ανησυχούν έντονα είναι το ενδεχόμενο η Κίνα να αποκομίσει οφέλη σε στρατιωτικό επίπεδο προκειμένου να βελτιώσει την ευστοχία των πυραύλων της. Οι ανησυχίες της επίσης επεκτείνονται μακροπρόθεσμα στην αμερικανική αμυντική βιομηχανία, καθώς σε περίπτωση που το Πεκίνο βασιστεί σε τεχνολογίες Galileo, τότε θα διακόψει τις συμφωνίες της με τις αμερικανικές βιομηχανίες. Όπως αντιλαμβανόμαστε, η Κίνα αποτελεί μια τεράστια αγορά και η διακοπή συνεργασίας θα έχει ως συνέπεια τεράστιες απώλειες για τις αμερικανικές βιομηχανίες.

Πάντως, ασχέτως αν πρόκειται για μια καθαρά ευρωπαϊκή πρωτοβουλία, στην υλοποίηση του Galileo θέλουν τελικά να συμμετάσχουν οι ΗΠΑ. Άλλωστε και οι

Αμερικανοί επιθυμούν την μετεξέλιξη του GPS και αντιλαμβάνονται πως η συνεργασία αποτελεί την καλύτερη πλέον λύση. Πως όμως θα αντιδράσει η Ευρώπη στο ενδεχόμενο συνεργασίας με τις Ηνωμένες Πολιτείες; Θεωρώντας ότι η αυτονομία της ευρωπαϊκής ικανότητας είναι ένας κεντρικός στόχος και κάθε μορφή εξάρτησης δεν είναι αποδεκτή παρά μόνο αν είναι αμοιβαία, είναι ξεκάθαρο ότι οι δυνατότητες συνεργασίας με τις ΗΠΑ είναι περιορισμένες κυρίως λόγω της αμερικάνικης συμπεριφοράς απέναντι στο Galileo (http://www.iss-eu.org/occasion/occ44.pdf, 15/04/06).

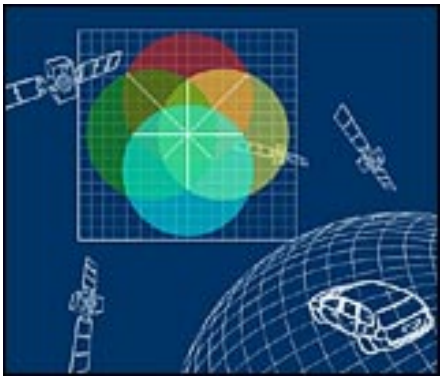
Μια πρώτη όμως ένδειξη συνεργασίας των δυο συστημάτων αποτελεί η συνεργασία της υπηρεσίας PRS του Galileo και του M-κώδικα από το GPS. Η πολύ σημαντική αυτή συμφωνία υπογράφεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις ΗΠΑ τον Ιούνιο του 2004 στην σύνοδο στην Ιρλανδία. Πρόκειται στην ουσία για μια συνεργασία του Galileo και του GPS στην λήψη σημάτων των δυο συστημάτων μέσω των ίδιων συσκευών. Αποτέλεσμα αυτής της συμφωνίας θα είναι η ευκολότερη και πιο φθηνή χρήση των συστημάτων από τον χρήστη μέσω δορυφόρων, ο οποίος θα μπορεί με έναν μόνο δέκτη να λαμβάνει όποιο από τα δυο σήματα επιθυμεί ή ακόμα και τα δύο την ιδία χρονική στιγμή. Η ταυτόχρονη χρήση και των δύο σημάτων θα είναι ότι πιο αποδοτικό από άποψη ακρίβειας στίγματος που θα φτάνει τα 0.26m (βελτίωση κατά 64% σε σχέση με την χρήση μόνο του PRS ή του M-κώδικα) (www.insidegnss.com, 15/04/06).

2.3.1.2 Ρωσία –GLONASS

Η σχέση ανάμεσα στο ρωσικό GLONASS και το ευρωπαϊκό Galileo, σε αντίθεση με το αμερικανικό GPS, μόνο ως σχέση ανταγωνισμού δεν μπορεί να χαρακτηριστεί. Αντιθέτως, οι Ρώσοι έδειξαν ενδιαφέρον για το Galileo από τα πρώτα χρόνια διαπραγματεύσεων και συζητήσεων του συστήματος. Η σχέση λοιπόν αυτή, μόνο ως σχέση συνεργασίας μπορεί να χαρακτηριστεί και ξεκινά το 2000. Οι συζητήσεις τους κορυφώθηκαν τον Μάιο του 2003, όπου από κοινού αποφασίστηκε η επιθυμία για συνέχιση του πνεύματος συνεργασίας των δυο πλευρών και σε πολιτικό επίπεδο. Οι σχέσεις των δυο πλευρών επιβεβαιώνονται στις μέρες μας από την συμφωνία εκτόξευσης των ευρωπαϊκών δορυφόρων από ρωσικούς πυραύλους

(http://www.galileo-industies.net/galileo.nsf/DocID/461736EC096C4BBCC1256EBE004787B9/$file/study4.pdf, 15/04/06) (http://www.iss-eu.org/occasion/occ44.pdf, 15/04/06).

2.4 Περιγραφή του Galileo



Εικόνα 2.2: Απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος

Πηγή: http://www.merespace.com/images/news_events/galileo31.jpg ,05/06/06

2.4.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος δεν διαφέρει σε τίποτα σχεδόν από τον τρόπο λειτουργίας που ήδη περιγράψαμε για το GPS. Οι δορυφόροι διαθέτουν δυο ατομικά ρολόγια που μετρούν το χρόνο με εξαιρετική ακρίβεια. Αρχικά λοιπόν εκπέμπουν σήματα που δείχνουν τον ακριβή χρόνο εκπομπής του από τον δορυφόρο. Ο δέκτης έχει αποθηκευμένες στη μνήμη του τις ακριβείς συντεταγμένες των τροχιών όλων των δορυφόρων. Διαβάζοντας το σήμα, αναγνωρίζει από ποιον δορυφόρο έγινε η εκπομπή του σήματος και προσδιορίζει το χρόνο που χρειάστηκε το σήμα για να φτάσει μέχρι τον δέκτη. Στην συνέχεια υπολογίζει την απόσταση που τον χωρίζει από το δορυφόρο μέσω γνωστής μεθοδολογίας. Μόλις ένας επίγειος δέκτης λάβει ταυτοχρόνως τα σήματα τουλάχιστον τεσσάρων δορυφόρων, είναι σε θέση να υπολογίσει την ακριβή θέση του.

2.4.2 Από τι αποτελείται το Galileo;

Το πρόγραμμα Galileo αποτελεί το πρώτο πρόγραμμα δορυφορικής ράδιο-πλοήγησης και προσδιορισμού στίγματος με δορυφόρο που θα χρησιμοποιείται

αποκλειστικά από πολιτικούς φορείς. Αποτελεί το πιο ακριβό διαστημικό εγχείρημα της Ευρώπης.

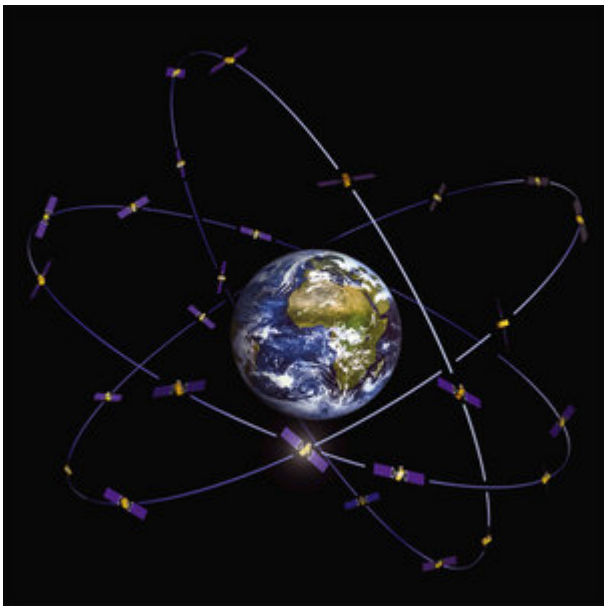
Το Galileo, όπως και το GPS, θα αποτελείται από τρία μέρη,

1. το δορυφορικό τμήμα,
2. τους επίγειους σταθμούς και
3. το τμήμα του χρήστη.

2.4.2.1 Το δορυφορικό τμήμα

Το ευρωπαϊκό σύστημα Galileo βασίζεται σε έναν 'αστερισμό' 30 δορυφόρων (27 σε λειτουργία και 3 εφεδρικοί) τοποθετημένων σε 3 τροχιακά δακτυλίδια μέσου ύψους περίπου 24.000Km. Οι τροχιές των δορυφόρων έχουν 56^{o} κλίση προς τον άξονα του ισημερινού, ενώ ο δορυφόρος θα καλύπτει το μήκος της τροχιάς σε 14,5 ώρες. Κάθε 'δαχτυλίδι' θα έχει 9 δορυφόρους σε λειτουργία και έναν εφεδρικό σε περίπτωση που χρειαστεί. Οι τροχιές των δορυφόρων, η κλίση και ο αριθμός τους είναι τέτοιος ώστε να καλύπτετε σε μόνιμη βάση το σύνολο της υδρογείου. Η μέση διάρκεια ζωής των δορυφόρων του Galileo θα είναι περίπου τα 12 έτη, ενώ οι συσσωρευτές του θα παρέχουν ενέργεια περίπου $1500^{ων}$ W.

Κάθε δορυφόρος θα είναι εφοδιασμένος με δυο πολύ μεγάλης ακρίβειας ατομικά ρολόγια μέτρησης του χρόνου που θα επιτρέπουν τον εντοπισμό θέσης κάθε κινούμενου ή ακίνητου αντικειμένου με ακρίβεια ενός μέτρου. Λόγω καθυστερήσεων η ολοκλήρωση του αστερισμού των 30 δορυφόρων αναμένεται να παραταθεί δυο χρόνια από την αρχική εκτίμηση, και τελικά να ολοκληρωθεί το 2010. Το Galileo όμως θα παρέχει τις υπηρεσίες του από το 2009, όταν ήδη 12 δορυφόροι θα βρίσκονται σε τροχιά.



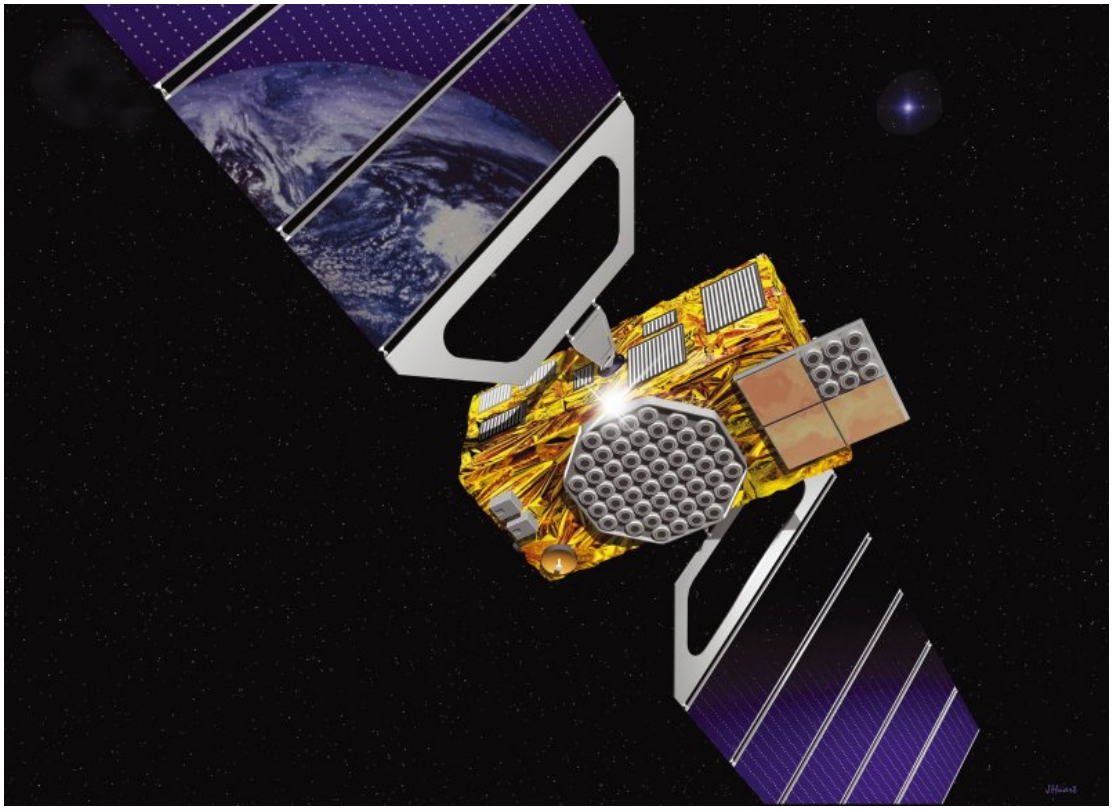
Εικόνα 2.3: Ο αστερισμός του Galileo όπως θα είναι σε πλήρη ανάπτυξη

Πηγή: http://www.eurescom.de/message/messageOct2005/Images/Galileo_Satellite_System.jpg, 05/06/06

2.4.2.1.1 Giove-A

Ο πρώτος δορυφόρος του προγράμματος Galileo είναι ο Giove-A (GSTB-V2/A – Galileo system test bed version 2) του οποίου η κατασκευή ξεκίνησε το 2002. Το όνομα του, όπως και του Giove-B, προέκυψε από τα αρχικά των λέξεων Galileo In-Orbit Validation Element. Κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Αγγλική Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL). Το κόστος κατασκευής του πρώτου δορυφόρου του Galileo έφτασε τα 28 εκ ευρώ. Το βάρος του είναι 600Kg σε τροχιά, ενώ όσο αναφορά τις διαστάσεις του το κυρίως σώμα είναι κυβικής μορφής (1.3m x 1.8m x 1.65m) με δύο ηλιακές πλάκες συσσώρευσης ενέργειας μήκους 1,74m (http://www.esa.int/esaNA/SEMQXI808BE_index_2.htm1, 21/03/06) (Wilson Andrew, 2005:8). Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του δορυφόρου από την Αγγλική εταιρεία, ο δορυφόρος μεταφέρθηκε στο τεχνολογικό κέντρο ESTEC της ESA, στο Noordwijk της Ολλανδίας, όπου τεχνικοί της Διαστημικής Υπηρεσίας έκαναν διάφορους πειραματισμούς. Αφού πέρασε τα απαραίτητα tests, μεταφέρθηκε στο κοσμοδρόμιο Baikonur του Καζακστάν όπου έγινε η απογείωση του από τον Ρωσικό πύραυλο Soyuz στις 28 Δεκεμβρίου 2005. Τέσσερις ώρες μετά την εκτόξευση του μπήκε επιτυχώς σε τροχιά και άρχισε να εκπέμπει σήμα.

(http://www.spacedaily.com/news/First_Galileo_Satellite_On_Orbit_To_Demonstrate_Key_Technologies.html) (http://ta-nea.dolnet.gr/print.php?e=A&f=18426&m=N66&aa=1, 21/03/06).



Εικόνα 2.4: Καλλιτεχνική άποψη του Giove-A δορυφόρου

Πηγή: http://www.globalsecurity.org/space/world/europe/images/galileo-esa-image1.jpg, 05/06/06



Εικόνα 2.5: Έλεγχος των συστημάτων του Giove-A στο ESTEC της ESA

Πηγή: http://www.spacedaily.com/images/gps-galileo-gstb-v2-a-clean-room-bg.jpg, 05/06/06



Εικόνα 2.6: Ο Giove-A σε διαδικασίες ετοιμασίας εκτόξευσης

Πηγή: http://images.usatoday.com/news/_photos/2005/12/28/galileo-i821.jpg, 05/06/06



Εικόνα 2.7: Η εκτόξευση του Giove-A

Πηγή:http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/41161000/jpg/_41161558_launch.jpg, 05/06/06

Ο Giove-A φέρει, όπως ήταν φυσικό, κάποιες νέες τεχνολογίες Galileo όπως δυο μικρά ρολόγια ρουβιδίου και χρήση δυο καναλιών εκπομπής πληροφορίας που θα χρησιμοποιούν την L-συχνότητα από ύψος 23.258Km. Ο Giove-A δορυφόρος είναι ένας δοκιμαστικός δορυφόρος γι' αυτό και η διάρκεια ζωής του θα είναι μόλις 2 χρόνια. Πρώτη του και βασική αποστολή είναι να κατοχυρώσει την χρήση συγκεκριμένων συχνοτήτων από την International Telecommunications Union (ITU). Τον έλεγχο του δορυφόρου για τα επόμενα δυο χρόνια της αποστολής του, θα έχει η SSTL (http://www.space.com/missionlaunches/051228_ap_galileo_launch.html, 23/04/06).

2.4.2.1.2 Giove-B

Ο δεύτερος δορυφόρος του Galileo που θα εκτοξευθεί θα είναι ο Giove-B, του οποίου η κατασκευή ξεκίνησε το 2003 στις εγκαταστάσεις της εταιρείας Alcatel Alenia Space στη Ρώμη. Κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Galileo Industries, μια ευρωπαϊκή κοινοπραξία που αποτελείται από τις εταιρείες Alcatel Space Industries, Alenia Spazio, Astrium GmbH, Astrium Ltd και Galileo Sistemas y Servicios (http://www.esa.int/esaNA/SEMQXI808BE_index_2.htm1, 21/03/06). Ο Giove-B ήταν προγραμματισμένο να απογειωθεί την άνοιξη του 2006. Μοιάζει πολύ στα χαρακτηριστικά του Giove-A, όμως γίνονται μελέτες για την προσθήκη ενός ακόμη καναλιού εκπομπής σήματος καθώς και την τοποθέτηση δυο **hydrogen maser** ρολογιών, των οποίων η ακρίβεια είναι δέκα φορές καλύτερη σε σύγκριση με τα ρολόγια ρουβιδίου, Κασίου τα οποία θα χρησιμοποιούνται ως εφεδρικά (Wilson Andrew, 2005:9). Οι διαστάσεις του κυρίου σώματός του είναι 0.95m x 0.95m x 2.4m, ενώ έχει και δυο "φτερά" συσσώρευσης ηλιακής ακτινοβολίας μήκους 1.49m. Το βάρος του είναι 523 Kg σε συνθήκες διαστήματος, ενώ η διάρκεια ζωής του δεν ξεπερνά και πάλι τα δυο έτη (http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_2.htm1, 21/03/06).

Θα κατασκευαστούν δυο ακόμα δοκιμαστικοί δορυφόροι, τέσσερις δηλαδή στο σύνολο. Οι απογειώσεις των υπολοίπων δυο δορυφόρων θα ολοκληρώσουν την δοκιμαστική φάση μέχρι το τέλος του 2008. Έτσι οι τέσσερις τουλάχιστον δορυφόροι που απαιτούνται για τον εντοπισμό στίγματος θα βρίσκονται σε τροχιά και οι πρώτες ενδείξεις του συστήματος θα είναι πια γεγονός. Τέλος οι τέσσερις δοκιμαστικοί δορυφόροι δεν θα αποτελούν κομμάτι του τελικού 'αστερισμού' του συστήματος.

2.4.2.2 Το τμήμα των επίγειων σταθμών

Το τελευταίο εμπόδιο που εμφανίστηκε στην εφαρμογή του Galileo είναι το ποια χωρά-μέλος θα κέρδιζε την έδρα του συστήματος. Έπειτα από διαπραγματεύσεις τριών περίπου μηνών στο τέλος του 2005, συμφωνήθηκε η έδρα του «Γαλιλαίου» να είναι στην Γαλλία και τα δυο Κέντρα Ελέγχου να εγκατασταθούν σε Γερμανία και Ιταλία. Τα σήματα ραδιοπλοήγησης που θα εκπέμπονται από τους δορυφόρους, θα τα διαχειρίζεται ένα δίκτυο από 40 επίγειους σταθμούς ελέγχου. Οι σταθμοί αυτοί

(Galileo Sensor Station - GSS), θα διαβιβάζουν τα δεδομένα των δορυφόρων στα δύο Κέντρα Ελέγχου (Galileo Control Centers – GCC) ώστε να ελέγχουν τους δορυφόρους. Τα GSS θα χρησιμοποιούν τα δεδομένα που τους αποστέλλονται για να υπολογίσουν την ακρίβεια της πληροφορίας και να συγχρονίσουν τα χρονικά σήματα όλων των δορυφόρων με αυτά των ρολογιών των επίγειων σταθμών. Η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των επίγειων σταθμών και των δορυφόρων θα πραγματοποιείται μέσω των 9 σταθμών up-link (ULS) σε 5 συχνότητες της S-Band (2.0-4.0 GHz) και 10 συχνότητες της C-Band (4.0-8.0 GHz) (http://searchmobilecomputing.techtarget.com/sDefinition/0,,sid40_gci826721,00.html, 15/04/06).

Τέλος αποφάσεις ως προς το που θα εγκατασταθούν οι επίγειοι σταθμοί, οι κεραίες καθώς και άλλες επίγειες υποδομές απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του Galileo, είναι προγραμματισμένο να παρθούν εντός του 2006 από τις κυβερνήσεις της Γερμανίας, Αγγλίας, Ισπανίας, Γαλλίας και Ιταλίας (http://www.space.com/missionlaunches/051228_ap_galileo_launch.html, 15/04/06).

2.4.2.3 Το τμήμα του χρήστη

Το Galileo είναι ένα πρόγραμμα σε εξέλιξη. Η φάση ανάπτυξης των δορυφόρων στην οποία βρισκόμαστε τώρα, δεν έχει αποδώσει πλήρη εικόνα και στοιχεία των συσκευών χρήσης του συστήματος Galileo. Το ενδιαφέρων στρέφεται κυρίως σε μελέτες και συζητήσεις που αφορούν την ανάπτυξη συσκευών. Μια τέτοιου είδους πολύ σημαντική συμφωνία είχε η Ευρωπαϊκή Ένωση με τις ΗΠΑ τον Ιούνιο του 2004, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, με τα γνωστά επακόλουθα χρήσης GPS και Galileo μέσω της ιδίας συσκευής.

2.5 Υπηρεσίες GALILEO

Το πρόγραμμα Galileo έχει τέσσερα επίπεδα υπηρεσιών ελεύθερης ή περιορισμένης πρόσβασης, με μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό ακρίβειας, με χρέωση ή χωρίς.

1. Η **Open Service (OS)** προορίζεται κυρίως για εφαρμογές του ευρύτερου κοινού. Πρόκειται για την υπηρεσία στην οποία μπορούν να έχουν πρόσβαση όλοι οι πολίτες. Χρέωση δεν υπάρχει. Οι ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιεί η OS είναι στα 1164-1214 MHz και στα 1563-1591 MHz. Οι δέκτες χρησιμοποιώντας τις συχνότητες της OS θα επιτυγχάνουν οριζόντια ακρίβεια σημείου μικρότερη των $4^{ων}$ μέτρων ενώ η αντίστοιχη κάθετη ακρίβεια θα είναι κάτι λιγότερο από 8 μέτρα. Η τάξη της ακρίβεια που θα επιτυγχάνουν οι δέκτες που χρησιμοποιώντας μόνο την μια ραδιοσυχνότητα, θα είναι της τάξης των 15m οριζόντιος και 35m καθέτως.

2. Η **Commercial Service (CS)** θα καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη εφαρμογών για αποκλειστικά επαγγελματικούς σκοπούς. Δεν πρέπει όμως σε καμία περίπτωση να υφίσταται διαταραχές. Η εμπορική υπηρεσία θα προσφέρει αυξημένες επιδόσεις ακρίβειας που θα είναι μικρότερες του ενός μέτρου. Για τους χρήστες αυτής της υπηρεσίας υπάρχει χρέωση. Η CS θα μπορεί να προσφέρει ακόμα καλύτερες αποδώσεις, μικρότερες των 10cm μέσω των επίγειων σταθμών. Τα σήματα αυτής της υπηρεσίας θα εκπέμπονται σε τρεις ραδιοσυχνότητες, τις δυο συχνότητες της OS, και την συχνότητα στα 1260-1300 MHz.

3. Για την **Safety of Life Service (SoL)** η ακρίβεια σημείου είναι στα επίπεδα της Open Service. Βασικό μέλημα των χρηστών αυτής της υπηρεσίας είναι η αξιοπιστία και η αποφυγή παρασίτων. Ο λόγος είναι ότι η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιείται από υπηρεσίες ασφαλείας, αστυνομικές αρχές, τον στρατό, την πυροσβεστική και άλλες υπηρεσίες που προϋποθέτουν άριστης ποιότητας σήμα στο πλαίσιο των οποίων διακινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές.

4. Τέλος η αποκαλουμένη **"Public Regulated Service"** ή **PRS**, ("Δημόσια Ρυθμιζόμενες Υπηρεσίες") είναι μια κρυπτογραφημένη υπηρεσία που δεν επηρεάζεται από παράσιτα και παρεμβολές. Ένα από τα σήματα της θα εκπέμπεται μέσω του νέου κώδικα-Μ στα 1227.6MHz. Προορισμός της PRS είναι η χρήση για τις ανάγκες των δημόσιων οργανισμών στους οποίους επιβάλλεται η κατοχύρωση απόλυτης προστασίας στους τομείς της πολιτικής προστασίας, της εθνικής ασφάλειας

και του σεβασμού του δικαίου (http://www.euractiv.com/en/agenda2004/galileo/article-117496, 13/04/06).

Επιπλέον οι δορυφόροι του Galileo θα είναι ικανοί να εκπέμπουν μέσω του **COSPAS-SARSAT** ένα ακόμα σήμα στην συχνότητα 406.0-406.1 MHz που θα προσφέρετε σε υπηρεσίες **έρευνας και διάσωσης** (http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_positioning_system, 21/03/06).

2.6 Φάσεις υλοποίησης του «Γαλιλαίου»

Το Galileo είναι προγραμματισμένο να ολοκληρωθεί σε τέσσερις φάσεις.

2.6.1Φάση definition - Καθορισμός του συστήματος (1999 – 2000)

Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης έγιναν πολλές συζητήσεις - συμφωνίες - μελέτες που αφορούσαν τον προσδιορισμός των απαιτήσεων του συστήματος αλλά και της εφικτότητας - βιωσιμότητας του προγράμματος. Μερικές από αυτές τις μελέτες είναι οι ακόλουθες:

- **GALA:** Καθορισμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος
- **GEMINUS:** Καθορισμός των υπηρεσιών του Galileo
- **INTEG:** Ενσωμάτωση του EGNOS στο Galileo
- **SAGA:** Διαδικασία τυποποίησης του Galileo
- **GalileoSat:** Καθορισμός της αρχιτεκτονικής του διαστημικού τμήματος
- **GUST:** Προδιαγραφές και πιστοποίηση των δεκτών του Galileo
- **SARGAL:** Δυνητικές εφαρμογές έρευνας και διάσωσης (SAR) του Galileo

2.6.2 Φάση development - Ανάπτυξη του συστήματος (2002 – 2005)

Κατά τη φάση αυτή, έχουμε την ανάπτυξη των τμημάτων που αποτελούν το Galileo. Αυτά είναι, το δορυφορικό τμήμα, οι επίγειοι σταθμοί καθώς και οι δεκτές του συστήματος. Την ευθύνη διαχείρισης αυτής της φάσης έχει η Galileo Joint Undertaking. Εδρεύει στις Βρυξέλλες ενώ μέλη της είναι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η ESA (http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/programme/phases_en.htm, 10/12/05).

2.6.3 Φάση deployment - Εγκατάσταση του συστήματος (2006 – 2008)

Η φάση αυτή περιλαμβάνει την κατασκευή και εκτόξευση των δορυφόρων καθώς και την πλήρη συγκρότηση του επίγειου σκέλους. Τα 2/3 περίπου του συνολικού κόστους λειτουργίας του Galileo αναμένεται να δαπανηθούν αυτή την περίοδο (http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/04/1461&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=fr, 23/03/06).

2.6.4 Φάση exploitation – Εκμετάλλευση του συστήματος (από το 2008)

Η τελευταία φάση υλοποίησης του συστήματος περιλαμβάνει την εμπορική εκμετάλλευση του Galileo, την διαδικασία ανανέωσης των δορυφόρων, την λειτουργία των Επίγειων Κέντρων-Σταθμών και φυσικά κάθε διαδικασία συντήρησης του.

Οι υπηρεσίες θα αρχίσουν να παρέχονται προοδευτικά το 2008, μετά την ανάπτυξη των 4 αρχικών δορυφόρων σε τροχιά.

Στην τέταρτη φάση όμως θα υπάρχουν και έσοδα που θα προέρχονται κυρίως από υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που θα πωλούνται στους χρήστες και από εκμετάλλευση πνευματικών δικαιωμάτων ιδιοκτησίας.

2.7 Κόστος Galileo

Την τελική απόφαση για την ανάπτυξη του συστήματος δορυφορικής πλοήγησης και προσδιορισμού θέσης , πήραν οι υπουργοί Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης την Τρίτη 26 Μαρτίου 2002 (http://physics4u.gr/news/2002/scnews518.htlm, 06/05/06). Το κόστος του προγράμματος Galileo έχει εκτιμηθεί πως θα κυμανθεί από 3,2 έως 3.6 δις €. Σύμφωνα με τις προτάσεις που έχουν κατατεθεί, η ΕΕ και η ESA θα προσφέρουν συνολικά 1.1 δις €, ενώ περίπου δέκα εταιρείες και διεθνείς κοινοπραξίες θα διαθέσουν το υπόλοιπο του ποσού. Πρόκειται για το ακριβότερο πρόγραμμα της ESA και έχει χρηματοδοτηθεί τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και από ιδιωτικές επιχειρήσεις, ενώ συμμετέχουν και άλλες χώρες , όπως η Κίνα και το Ισραήλ. Το Galileo όμως δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα ακριβό πρόγραμμα. Το κόστος του είναι το ίδιο με αυτό της κατασκευής ενός ημιαστικού

αυτοκινητόδρομου μήκους 150 χιλιομέτρων.

Το σύστημα Galileo υποστηρίζεται από εταιρείες όπως η Airbus, η Thales και η Eutelsat. Η ίδια η επίτροπος Μεταφορών της Ευρώπης, Λογιάλα ντε Παλάθιο εκτιμά ότι θα δημιουργήσει περισσότερες από 140.000 νέες θέσεις εργασίας σε όλη την υφήλιο και θα αυξήσει την ευρωπαϊκή αγορά κατά 9 περίπου δις € ετησίως, τουλάχιστον για τα επόμενα 10 χρόνια. Επίσης υπολογίζεται ότι το Galileo θα έχει 1.8 δις πελάτες το 2010 και ο αριθμός αυτός θα φτάσει τα διπλάσια επίπεδα του 3.6 δις πελατών το 2020, σε μια αγορά με τζίρο 300 δις € (http://www.enet.gr/online/online_hprint?q=gps&a=&id=21794836, 26/03/06) (http://www.imerisia.gr/defaultold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=90827, 21/03/06). Τέλος οι χρήσεις του νέου συστήματος υπολογίζεται έως το 2015 να φτάσουν τις 400.000 (http://www.techteam.gr/lofiversion/index.php/t10959.html. 21/03/06).

Αναλυτικά η χρηματοδότηση του προγράμματος χωρίζεται σε κάποιες φάσεις ανάλογα με την υλοποίηση του. Κατά την πρώτη φάση καθορισμού του συστήματος δαπανηθήκαν 80 εκ. € από τον κοινοτικό προϋπολογισμό. Κατά την δεύτερη φάση ανάπτυξης του συστήματος δαπανηθήκαν 1,1 δις €, (550 εκ. € από τον κοινοτικό προϋπολογισμό και 550 εκ. € από την ESA), ενώ 200 εκ. € δαπανήθηκαν από τον ιδιωτικό τομέα. Κατά την φάση εγκατάστασης του συστήματος αναμένεται να δαπανηθούν συνολικά 2,1 δις €, 700 εκατ. € από τον κοινοτικό προϋπολογισμό και τουλάχιστον 1.4 δις € από τον ιδιωτικό τομέα (http://news.antenna.gr/articledetail/0,3091,97749,00.html, 15/04/06). Τέλος το κόστος της φάσης εκμετάλλευσης του Galileo, με όλες τις υποχρεώσεις του, αναμένεται να φτάνει κάθε χρόνο τα 220 εκατ. ευρώ τα οποία θα καλύπτονται από τον κοινοτικό προϋπολογισμό (http://www.euractiv.com/en/agenda2004/galileo/article-117496, 21/03/06).

2.8 Το πρόγραμμα EGNOS

Οι εφαρμογές των δορυφόρων για εμπορική χρήση σε τομείς όπως η πλοήγηση, η επικοινωνία και η γεωπληροφόρηση, παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Προς αυτή την κατεύθυνση η Ευρώπη αναπτύσσει το σύστημα Galileo. Στόχος είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση ενός δορυφορικού συστήματος. Το EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) αποτελεί την πρώτη φάση της πολιτικής αυτής. Από τα πρώτα χρόνια, 1993, στην ανάπτυξη του έχουν συμβάλει η ESA, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Eurocontrol (ευρωπαϊκός οργανισμός για την ασφάλεια στην αεροναυτιλία).

Η ανάπτυξη του προγράμματος EGNOS αποφασίστηκε από το Συμβούλιο το 1994. Αποτελείται από τρεις γαιωστατικούς δορυφόρους Inmarsat, οι οποίοι βρίσκονται πάνω από την Ευρώπη, και από ένα επίγειο δίκτυο σταθμών. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από 30 σταθμούς παρακολούθησης σε 21 χώρες, 4 κέντρα ελέγχου σε Ισπανία, Ιταλία, Αγγλία, Γερμανία και 6 σταθμούς πλοήγησης σε Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία, Αγγλία, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους. Το EGNOS είναι ένα σχεδόν ολοκληρωμένο πρόγραμμα που διορθώνει τα σήματα των συστημάτων GPS και GLONASS, ‘προσθέτοντας’ έναν παράγοντα διόρθωσης που αυξάνει την ακρίβεια των συστημάτων από τα περίπου 20 στα 1-2 μέτρα ακρίβειας. Με αυτόν τον τρόπο το EGNOS προσφέρει στην Ευρώπη υπηρεσίες δορυφορικής πλοήγησης κατά πολύ ανώτερες από οποιαδήποτε υπηρεσία που βασίζεται μόνο σε σήματα GPS ή GLONASS. Τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η προστιθέμενη χρήση του EGNOS είναι τα εξής:

- βελτιώσει της ακρίβειας εντοπισμού θέσης,
- αύξηση της αξιοπιστίας ως προς την πληροφορία εντοπισμού στίγματος και
- προσφορά καλύτερης λήψης σήματος σε ορισμένες τοποθεσίες.

(http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#1,21/03/06)
(http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#3,21/03/06)

Έως το 2006 αναμένεται δορυφορική πληρότητα για την λειτουργία του συστήματος. Τότε θα μπορεί να χρησιμοποιείται και από το ευρύ κοινό αφού προς το

παρόν οι πολίτες μπορούν να λαμβάνουν μετρήσεις μέσω EGNOS αλλά μόνο σε δοκιμαστική βάση. Πρώτη δοκιμαστική εφαρμογή του EGNOS έγινε σε μεγάλο πλοίο για τον ελλιμενισμό του στο λιμάνι της Γένοβας, στην Ιταλία. Και στην Ελλάδα όμως είχαμε χρήση του συστήματος από ελληνικό πλοίο στις 16/03/2001 για την πλοήγηση του από το λιμάνι του Πειραιά προς το λιμάνι της Σαντορίνης (http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#2, 21/03/06).

2.9 Εφαρμογές Galileo



πηγή: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/images/applications_round.jpg , 05/06/06

Το πρόγραμμα δορυφορικής ραδιοπλοήγησης Galileo έχει ορισμένους στόχους. Πάνω σε αυτούς τους στόχους θα στηριχτούν πολλές από τις εφαρμογές του

συστήματος. Μια από τις αιτίες δημιουργίας του Galileo είναι η κάλυψη των κενών που αφήνουν τα άλλα δύο υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης, καθώς εμφανίζουν αρκετά μειονεκτήματα σε σχέση με αυτά που προβλέπονται από την εφαρμογή του Galileo. Από την μια το ρωσικό GLONASS χρησιμοποιείται μόνο για στρατιωτικούς σκοπούς ενώ από την άλλη το αμερικανικό GPS παρουσιάζει προβλήματα αξιοπιστίας, ακρίβειας και ασφάλειας καθώς δίνει προτεραιότητα και αυτό στη χρήση στρατιωτικών σκοπών.

Σημαντικός επίσης στόχος του συστήματος είναι να διασφαλιστεί η ανεξαρτησία της Ευρώπης σε μια απαραίτητη τεχνολογία για την ώθηση της βιομηχανίας και του τομέα των υπηρεσιών. Με αυτό τον τρόπο θα αναδειχθεί η ικανότητα της Ευρώπης να παρέχει ασφαλή και αποτελεσματικά συστήματα εντοπισμού θέσης και πλοήγησης. Ακριβώς αυτή η 'ανεξαρτησία' και τα νέα δεδομένα στον κλάδο που έρχεται να προσφέρει το Galileo (επέκταση της χρήσης νέων τεχνολογιών πλοήγησης), δίνουν την δυνατότητα για νέες εφαρμογές, πιο εξελιγμένες με καλύτερα αποτελέσματα (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06).

Οι εφαρμογές του προγράμματος Galileo είναι απεριόριστες. Μην ξεχνάμε όμως τον βασικό όρο κάτω από τον οποίο γίνονται οι όποιες συζητήσεις - συμφωνίες ή παίρνονται αποφάσεις για την εξέλιξη του συστήματος και ο οποίος δεν είναι άλλος από την βασική αρχή της πολιτικής χρήσης του συστήματος. Βέβαια σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αποκλειστεί και η στρατιωτική χρήση του Galileo.

Οι τεχνολογίες Galileo θα βελτιώσουν σημαντικά τα συστήματα καθοδήγησης, την πρόληψη ατυχημάτων, την αποδοτικότητα της πολιτικής προστασίας (κλήσεις εκτάκτου ανάγκης ή SOS) και την προστασία του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι εφαρμογές του Galileo έως το έτος 2015 αναμένεται να φτάσουν τις 400.000. Οι πιο εκτεταμένες χρήσεις του συστήματος Galileo είναι όμοιες με αυτές του συστήματος GPS. Η βασική τους όμως διαφορά έγκειται στο γεγονός της μεγαλύτερης ακρίβειας στίγματος αλλά και των πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων ως

προς την χρήση GPS. Γι' αυτό λοιπόν οι αναφορές των εφαρμογών δεν θα έχουν την έκταση αυτών του GPS καθώς έχουν ήδη αναλυθεί διεξοδικά. Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν ενδεικτικά παραδείγματα και θα αποτυπωθούν εφαρμογές που τα έως σήμερα συστήματα πλοήγησης δεν μπορούσαν να αποδώσουν. (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05). Αναλυτικότερα, μερικές από τις εφαρμογές του συστήματος Galileo αναφέρονται παρακάτω.

2.9.1 Περιβάλλον

Το Galileo αναμένεται να αποτελέσει βασικό εργαλείο στα χέρια της επιστημονικής κοινότητας. Η δυνατότητα νέων συχνοτήτων λήψης σήματος, η καλύτερη απόδοση κάλυψης και τα διαφορετικά σήματα που θα εκπέμπει το νέο σύστημα, θα είναι ο λόγος που ίσως προτιμηθεί έναντι του GPS. Επίσης η συνεχόμενη λήψη σημάτων και δεδομένων, θα φέρει εφαρμογές σε πολλά νέα θέματα περιβαλλοντικής έρευνας. (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05).



Εικόνα 2.8: Το Galileo θα είναι μπροστάρης σε κάθε προσπάθεια διάσωσης του περιβάλλοντος
Πηγή: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Τα θέματα αυτά θα έχουν να κάνουν με έρευνες ωκεανογραφίας, παρατηρήσεις της στάθμης του νερού, μόλυνσης των υδάτων και εντοπισμός της περιοχής μόλυνσης, ανάλυσης υδάτινων δειγμάτων, μετακινήσεις παγόβουνων και πολλές άλλες σχετικές εφαρμογές. Επιπλέον το Galileo αναμένεται να προτιμηθεί σε θέματα που αφορούν την παρακολούθηση – εποπτεία της ατμόσφαιρας για την πρόβλεψη του καιρού, την αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών, τις μετρήσεις διαφόρων αερίων,

αλλά και την παρακολούθηση ηφαιστείων, την σεισμική δραστηριότητα και μελέτη αυτής, την φυσική καταστροφή, την έρευνα για νέους φυσικούς πόρους. Το νέο ευρωπαϊκό σύστημα ραδιοπλοήγησης είναι βέβαιο ότι θα χρησιμοποιηθεί σε θέματα παρακολούθησης μετακινήσεων και εντοπισμού αγρίων ζώων είτε για την προστασία τους είτε για κάποιο άλλο λόγο (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf, 23/12/05) (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06).

2.9.2 Γεωργία

Στον τομέα της γεωργίας τα συστήματα ραδιοπλοήγησης κάνουν την εμφάνιση τους τα τελευταία χρόνια. Το υπάρχων GPS αναλαμβάνει πρωτοβουλίες και δίνει λύσεις κυρίως με την ονομαζόμενη γεωργία ‘ακριβείας’. Οι ευρωπαίοι προσδοκούν την αναμείξει και του Galileo σε παρόμοιες εφαρμογές καλύτερης διαχείρισης της



Εικόνα 2.9: Το Galileo στην γεωργία

Πηγή: http://www.esa.int/images/galileo_1.jpg , 05/06/06

γης, όπως προσαρμογή της δόσης των σπόρων ή φυτοφαρμάκων ανάλογα με το έδαφος, πότισμα ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες σε νερό που παρουσιάζει κάθε έκταση του αγροτεμαχίου. Οι λύσεις αυτές θα έχουν ως αποτέλεσμα μια πιο παραγωγική σοδειά με μικρότερο κόστος ως προς την σπαταλήσει χρημάτων για φυτοφάρμακα ή νερό. Το πλεονέκτημα από την χρήση Galileo σε αυτόν τον τομέα αναμένεται να είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία με κέρδος τις ακριβέστερες μετρήσεις (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf, 23/12/05).

2.9.3 Μεταφορές



πηγή: http://www.thalesresearch.com/Portals/0/GEN_composite_galileo_891x1024.jpg , 05/06/06

Οι μεταφορές στο σύνολό τους, εναέριες, θαλάσσιες, οδικές, σιδηροδρομικές, αναμένεται να είναι ο τομέας που θα κερδίσει περισσότερα από κάθε άλλον από την λειτουργία του Galileo. Κάθε δέκτης του συστήματος θα έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά για κάθε εφαρμογή. Το Galileo είναι το σύστημα που φαντάζει πολύ ταιριαστό στις ανάγκες του τομέα αυτού καθώς θα είναι η απάντηση στα σημερινά προβλήματα των μεταφορών και αναμένεται να βελτιώσει την ασφάλεια και την άνεση στις μεταφορές. (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05).

2.9.3.1 Εναέριες μεταφορές



Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν πάνω από 5000 πολιτικά αεροσκάφη και περίπου 30.000 μικρά αεροσκάφη αναψυχής. Ο αριθμός είναι πολύ μεγάλος και απόρροια αυτού του αριθμού είναι η συμφόρηση της κυκλοφορίας των αεροδιαδρόμων.

Εικόνα 2.10: Καλύτερη αντίληψη για τον πιλότο προσφέρει το Galileo

Πηγή: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Το Galileo σε αυτό το σημείο θα βοηθήσει στην διεύρυνση του εναέριου χώρου ενώ παράλληλα θα επιτρέπει μεγαλύτερο αριθμό αεροσκαφών κινούμενων στα ίδια αεροπορικά δίκτυα (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/GalileoE3web_copy.pdf, 23/12/05). Με αυτόν τον τρόπο θα μειωθούν οι καθυστερήσεις των πτήσεων ενώ παράλληλα θα μειωθούν και τα ατυχήματα που οφείλονται σε λόγους ανακρίβειας στίγματος των αεροσκαφών. Οι προσγειώσεις – απογειώσεις θα γίνονται με μεγαλύτερη ασφάλεια και ακρίβεια. Οι πιλότοι έχοντας ακριβείς συντεταγμένες για την θέση τους ανά πάσα στιγμή και ώρα, θα έχουν πλήρη εικόνα του αεροσκάφους σε κάθε τους κίνηση ενώ παράλληλα θα δέχονται λιγότερες καθοδηγήσεις από το έδαφος, πράγμα που σημαίνει μικρότερος εξοπλισμός εδαφικών υποδομών άρα και μικρότερο κόστος. Κάποιο άλλο πρακτικό παράδειγμα είναι η χρήση του ευρωπαϊκού συστήματος από αεροσκάφη που πραγματοποιούν προσγειώσεις σε μέρη όπως π.χ. τα Κανάρια Νησιά, όπου το αεροδρόμιο είναι εξοπλισμένο με δευτερεύουσας

τεχνολογίας ραντάρ. Μια πιο μακρινή ίσως για το μέλλον χρήση του Galileo θα είναι ακόμα και η δυνατότητα πλήρους πλοήγησης των αεροσκαφών από δορυφορικά συστήματα χωρίς την παραμικρή ανθρώπινη παρέμβαση. (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06) (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).

2.9.3.2 Θαλάσσιες μεταφορές

Στις θαλάσσιες εφαρμογές το Galileo θα αποτελέσει ένα εργαλείο που θα φέρει πολλές καινοτομίες και προόδους στον τομέα της ναυσιπλοΐας, της ωκεανογραφίας και των θαλάσσιων ερευνών. Ο αριθμός των πλοίων που ανήκουν σε χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης είναι πάνω από 10.000 πλοία (βάρους ενός τόνου και άνω). Τα ποσοστά που δίδονται, ομολογούν πως το 80% των ατυχημάτων οφείλονται σε λάθη ανθρωπίνων κινήσεων. Γι' αυτό το λόγο λοιπόν, η καλή απόδοση σε όλους τους τομείς και κυρίως η ασφάλεια των πλοίων αποτελούν τα κλειδιά στις θαλάσσιες μεταφορές (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).



Εικόνα 2.11: Δυνατότητα ασφαλούς πλοήγησης ακόμα και σε ποτάμια θα είναι ένα από τα κέρδη λειτουργίας του Galileo

Πηγή: http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Στις αρχές αυτές δείχνει να μπορεί να ανταποκριθεί το Galileo. Η αυξημένη ακρίβεια καθώς και η αξιοπιστία των μετρήσεων του Galileo είναι στοιχεία που προσδοκούν οι θαλάσσιες μεταφορές. Από τις βασικές εφαρμογές που ήδη προσφέρονται από το GPS, το Galileo θα μειώσει τον αριθμό των ατυχημάτων που οφείλονται σε ανακριβή δεδομένα και λανθασμένες συντεταγμένες. Ο έλεγχος της κίνησης των σκαφών αλιείας και η παρακολούθηση των εμπορικών πλοίων θα συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση. Η μείωση των συγκρούσεων των πλοίων κατά στην είσοδο και έξοδο από τα λιμάνια αναμένεται επίσης να μειωθούν. Το Galileo όμως δεν σταματά εδώ. Θα προσφέρει υπηρεσίες και σε περιπτώσεις

πλοήγησης σε στενά ποτάμια, κανάλια, λίμνες όπου ο παράγοντας ακρίβεια στίγματος αποτελεί προτεραιότητα (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf, 23/12/05) (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06).

2.9.3.3 Σιδηροδρομικές μεταφορές



Εικόνα 2.12: Αποδοτικότερη και ασφαλέστερη μετακίνηση επιβατών υπόσχεται το Galileo
Πηγή: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Πολλά ήταν τα οφέλη που κέρδισαν οι σιδηροδρομικές μεταφορές από την χρήση συστημάτων πλοήγησης. Το GPS είναι το σύστημα που κατά πλειοψηφία χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα από τα τρένα. Στις μέρες μας όμως, το Galileo έρχεται να ταράξει τα νερά και να μπει δυναμικά και σε αυτόν τον τομέα. Τα κέρδη που θα προσφέρει η χρήση του ευρωπαϊκού συστήματος πλοήγησης είναι ο καλύτερος έλεγχος της κυκλοφορίας των τρένων, η αποδοτικότερη διαχείριση του στόλου των τρένων (θα μειώσει ακόμα περισσότερο τις αποστάσεις μεταξύ των συρμών, άρα θα αυξήσει τα δρομολόγια) και η σωστή και έγκαιρη ενημέρωση των επιβατών για τους χρόνους άφιξης – αναχώρησης των συρμών. Επιπλέον το Galileo αναμένεται να βελτιώσει την επικοινωνίας μεταξύ των αμαξοστοιχιών με αποτέλεσμα να μειωθεί ο αριθμός των ατυχημάτων μεταξύ συρμών αλλά και με οχήματα σε διασταυρώσεις με δρόμους (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf, 23/12/05).

2.9.3.4 Οδικές μεταφορές



Στις οδικές μεταφορές άρχισαν να χρησιμοποιούνται συστήματα πλοήγησης πριν μερικά χρόνια. Είναι ένας τομέας που τώρα βρίσκεται στην κύρια φάση της ανάπτυξης του. Δέκτες GPS εγκαθίστανται πλέον σε κάθε όχημα κινούμενο στον δρόμο.

Εικόνα 2.13: Η κυκλοφοριακή ενημέρωση και ρύθμιση αναμένεται αποδοτικότερη
Πηγή: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2010 πάνω από 900.000.000 οχήματα και 33.000.000 λεωφορεία και φορτηγά στην Ευρώπη αναμένεται να έχουν εγκατεστημένους δέκτες συστημάτων ραδιοπλοήγησης. Λυπηρό γεγονός αποτελεί ο αριθμός των 40.000 θανάτων και των 1.300.000 τραυματισμών από τροχαία ατυχήματα στην οικογένεια της Ευρώπη. Προς την κατεύθυνση μείωσης των παραπάνω αριθμών το Galileo προβλέπεται να παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο. Από την χρήση των δεδομένων του Galileo αναμένεται η μείωση των τροχαίων ατυχημάτων και της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Το σύστημα θα είναι σε θέση με την δημιουργία ψηφιακών χαρτών και την αποθήκευση δεδομένων να παρέχει πληροφορίες χρήσιμες στον οδηγό για την κατάσταση του οδικού δικτύου, την κίνηση, τις κακοτεχνίες, την ολισθηρότητα, τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.

Επίσης σχετικές πληροφορίες θα μειώσουν το χρόνο μετακίνησής και την κατανάλωση καυσίμου ενώ πολλά από τα κενά στην χαρτογράφηση (τούνελ, μικρά δρομάκια) και την πλοήγηση θα καλυφθούν και αυτά (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).



Εικόνα 2.14: 40.000 θανάτους από τροχαία ατυχήματα για την Ευρώπη
Πηγή: www.esa.int/esaCP/ SEM48VTZJND_France_1.html, 05/06/06

Οι εταιρείες οδικών μεταφορών θα μπορούν να παρακολουθούν καλύτερα τις κινήσεις των φορτηγών τους και των εμπορευμάτων τους ενώ ταυτόχρονα θα μπορούν να καταπολεμούν αποτελεσματικότερα τις κλοπές. Τέλος οι εταιρείες ταξί έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν συστήματα ραδιοπλοήγησης ώστε οι οδηγοί τους να μη χάνουν χρόνο και ταυτόχρονα να προσφέρουν ταχύτερη και πιο αξιόπιστη εξυπηρέτηση στους πελάτες τους. Οι πελάτες από την πλευρά τους έχοντας ένα κινητό τηλέφωνο με ενσωματωμένη συσκευή Galileo, θα μπορούν να καλούν ταξί με το πάτημα ενός πλήκτρου ενώ στην συνέχεια θα εντοπίζεται η κλήση από τον οδηγό του ταξί (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06).

2.9.4 Υπηρεσίες βοηθειών, έρευνας και διάσωσης, διαχείριση κρίσεων

Μια από τις βασικές παραμέτρους που ήθελαν να δώσουν έμφαση οι ευρωπαίοι με την λειτουργία του Galileo, ήταν και είναι η ασφάλεια του ανθρώπου και η όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση δύσκολων καταστάσεων έρευνας και διάσωσης. Οι λειτουργίες λοιπόν του Galileo οι οποίες βασίστηκαν πάνω σε υποδομές με γνώμονα την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων του θα είναι

και ο βασικός λόγος που θα χρησιμοποιείται στον τομέα των υπηρεσιών βοήθειας, έρευνας και διάσωσης αλλά και σε άλλες περιπτώσεις διαχείρισης δύσκολων περιστάσεων.

Το νέο ευρωπαϊκό σύστημα ραδιοπλοήγησης Galileo, θα χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό από τις υπηρεσίες της πυροσβεστικής, της αστυνομίας (για τον εντοπισμό υπόπτων και την καταπολέμηση της εγκληματικότητας), των επειγόντων ιατρικών περιστατικών, από τα σωστικά συνεργεία αλλά και από υπηρεσίες φύλαξης των συνόρων. Το πλεονέκτημα έναντι του GPS θα είναι ότι θα μειώσει τον χρόνο παρέμβασης τους καθώς θα εντοπίζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια το συμβάν άρα θα φτάνουν πιο σύντομα στο ακριβές σημείο. Χαρακτηριστικό στατιστικό στοιχειό αποτελεί το γεγονός ότι στο 40% των τηλεφωνημάτων που γίνονται στην Ευρώπη σήμερα για κάποια διάσωση, δεν καθίσταται δυνατόν να εντοπιστεί με ακρίβεια το σημείο του συμβάντος για διάφορους λόγους (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 10/12/05).



Εικόνα 2.15: Σημαντικότατη βοήθεια αναμένεται να προσφέρει το Galileo σε άτομα με ειδικές ανάγκες
Πηγή: http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Τέλος χρήση του Galileo θα μπορούν να κάνουν άτομα με κάποιες ιδιαιτερότητες - αναπηρίες. Αυτή τη στιγμή πάνω από 37.000.000 συνάνθρωποί μας έχουν κάποια μορφή αναπηρίας, με άλλα λόγια ο ένας στους δέκα ανθρώπους. Το Galileo υπόσχεται να βοηθήσει τα πρόσωπα αυτά με πολλούς και ποικίλους τρόπους καθώς θα έχει καλύτερη κάλυψη και αποτύπωση του χώρου. Έως σήμερα αντίστοιχα συστήματα πλοήγησης δεν κατάφεραν να ανταποκριθούν στο δύσκολο αυτό έργο. Οι δέκτες σημάτων Galileo ευελπιστούν να αποτελέσουν τα μάτια για την καθοδήγηση

τυφλών ή ατόμων που έχουν προσβληθεί από τη νόσο Altzheimer τα οποία υποφέρουν από απώλεια μνήμης. Οι μετακινήσεις τους θα γίνονται με ευκολία χρησιμοποιώντας μόνο ένα δέκτη χειρός (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05) (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).

2.9.5 Ερεύνα, επιστήμη

Ο τομέας της έρευνας εμπεριέχει πολλούς τύπους. Μερικοί από αυτούς τους τύπους είναι η θαλάσσια - ωκεανογραφική έρευνα, η χαρτογραφική, η υδρογραφική, η έρευνα φυσικών πόρων, η έρευνα στην γεωδαισία, η σεισμική έρευνα και πολλές ακόμα. Το χαρακτηριστικό που όλες αυτές οι έρευνες επιθυμούν να πρωταγωνιστεί στις εργασίες τους είναι η υψηλή ακρίβεια στον εντοπισμό σημείου. Μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνταν διαφορές τεχνικές αύξησης της ακρίβειας από μετρήσεις GPS. Με την λειτουργία όμως του Galileo θα ανοιχτούν νέοι ορίζοντες για δύο βασικούς λόγους: a)την μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά και b)το εύρος της καλύτερης και παγκόσμιας κάλυψης από τους 30 δορυφόρους του συστήματος. Επιπρόσθετα, το ευρωπαϊκό σύστημα θα βοηθήσει και σε μελέτες καθώς οι ερευνητές δεν θα χρειάζονται βαρύ εξοπλισμό για κάποιες μετρήσεις τους παρά μονό ένα φορητό δέκτη (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).

Για παράδειγμα οι έρευνες για την ανεύρεση φυσικών πόρων θα στηριχτούν κατά πολύ στο Galileo γιατί έχουν να κερδίσουν αρκετά από αυτό. Το πετρέλαιο ή κάποιο άλλο ορυκτό θα εντοπίζεται με πολύ μικρή απόκλιση σφάλματος πράγμα που σημαίνει αποδοτικότερες γεωτρήσεις, σωστά σημεία εκσκαφών αλλά και μικρότερο κόστος διαδικασιών προερχόμενα από λανθασμένες μετρήσεις (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 10/12/05).

2.9.6 Αναψυχή

Αυτός ο τομέας χρήσης συστημάτων ραδιοπλοήγησης είναι ένας τομέας με αναπάντεχα γεγονότα αλλά και εξωτικές πολλές φορές στιγμές. Είναι ένας τομέας όπου ο χρήστης κάθε στιγμή πρέπει να γνωρίζει το στίγμα του, για λόγους συγκεκριμένων διαδρομών αλλά και για λόγους ασφαλείας του ιδίου ή της ομάδας στην οποία ανήκει.

Ο πεζοπόρος φυσιολάτρης θα προτιμήσει το Galileo για λόγους μεγαλύτερης ακρίβειας, καλύτερου σήματος σε παγκόσμιο εύρος και αξιοπιστίας των μετρήσεων του. Αυτοί οι λόγοι αποτελούν την 'διαστημική πυξίδα' του οδοιπόρου, του εξερευνητή, των πληρωμάτων σκαφών αναψυχής, σε μέρη άγνωστα γι' αυτούς ώστε



να προσανατολίζονται σωστά. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα και το κυνήγι θησαυρού στην Αμερική αλλά και στην Ευρώπη, σπορ που θα αποτελέσει άλλο ένα πεδίο ανάπτυξης χρήσεων Galileo.

Εικόνα 2.16: Απαραίτητο το Galileo για δραστηριότητες αναψυχής
Πηγή: http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Ο τουρίστας στις διάφορες περιηγήσεις του σε άγνωστες πόλεις θα έχει την συσκευή Galileo ως οδηγό σε κάθε μετακίνηση του με γρήγορο και ασφαλή εντοπισμό του προορισμού του (http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 15/04/06).

2.9.7 Τηλεπικοινωνίες

Το να γνωρίζεις την θέση κάποιου μπορεί καμιά φορά να μην είναι τόσο σημαντικό αν δεν μπορείς να επικοινωνήσεις μαζί του. Για τον λόγο αυτό μικρά chips του Galileo θα τοποθετούνται εντός των συσκευών της κινητής τηλεφωνίας (κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς), και ο χρήστης θα μπορεί να ξέρει που βρίσκεται με μεγάλη ακρίβεια και να σχεδιάζει τις κινήσεις του, π.χ. αποφυγή κυκλοφοριακής

συμφόρησης, κάλεσμα ταξί, κάλεσμα για βοήθεια. Τέλος το Galileo θα μπορεί να χρησιμοποιείται για την ακρίβεια του σε πραγματικό χρόνο για διάφορες έγκαιρες επικοινωνιακές τεχνικές που προκύπτουν σε περιπτώσεις τραπεζικών συναλλαγών, μηχανημάτων ATM, για το Internet κλπ.. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα υπάρχει η ανάγκη εγκατάστασης ακριβών ατομικών ρολογιών καθώς η ακρίβεια πληροφορίας αλλά και η χρονική ακρίβεια των μετρήσεων του Galileo θα είναι πολύ υψηλού επιπέδου (http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf, 15/04/06).

2.9.8 Τοπογραφικές μελέτες

Οι μελέτες ενός τοπογράφου, πολιτικού μηχανικού απαιτούν ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις τους. Οι δυο αυτοί παράγοντες αυξάνουν τα ποσοστά ασφάλειας αλλά και κόστους σε ορισμένες περιπτώσεις έργων. Το Galileo κατοχυρώνοντας τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, θα αποτελέσει σίγουρα ένα γερό χαρτί στα χέρια των μηχανικών και θα βελτιώσει ορισμένα στάνταρς σε πολλούς τομείς.



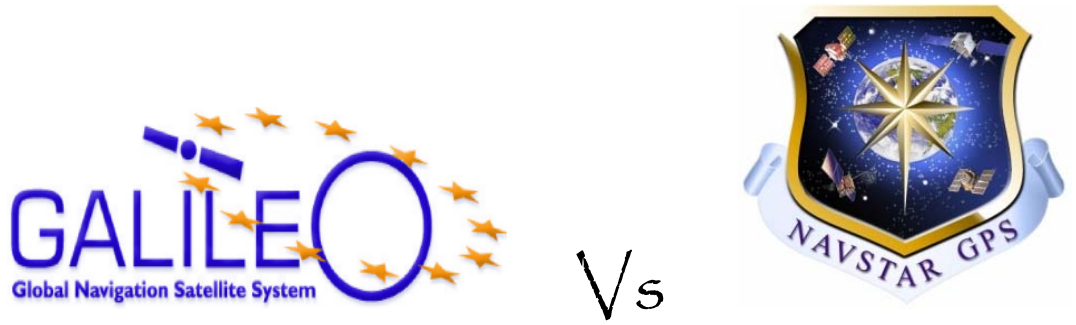
Εικόνα 2.17: Παρακολούθηση γεφυρών μέσω δεκτών Galileo

Πηγή: http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm, 05/06/06

Για παράδειγμα, δέκτες του ευρωπαϊκού συστήματος αναμένεται να τοποθετηθούν πάνω και γύρω από γέφυρες, σε ιστορικά μνημεία, σε φαράγγια, σε δρόμους, σε σιδηροδρομικές γραμμές ώστε να παρατηρούνται μετακινήσεις ή παραμορφώσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι γινόταν μέχρι σήμερα με το GPS. Επίσης πολλές γέφυρες, παλαιοτέρων ίσως κατασκευών, θα μπορούν να παρακολουθούνται ώστε το βάρος των διερχόμενων οχημάτων να μην υπερβαίνει τα όρια αντοχής της γεφύρας και να μην υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html, 15/12/06).

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:



Διαφορές Galileo – GPS

Το Galileo και το GPS είναι δυο δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης. Τα συστήματα αυτά αναπτύσσονται σε διαφορετικές περιόδους με πολλά χρόνια διαφορά μεταξύ τους. Όπως είναι φυσικό, παρουσιάζουν ορισμένες ομοιότητες αλλά και διαφορές, οι οποίες επεκτείνονται σε τομείς όπως ο πολιτικός και ο τεχνικός τομέας.

3.1 Πολιτικές διαφορές

Το Galileo και το GPS προέρχονται από διαφορετικούς χώρους, πολιτισμούς, πολιτικές σκέψεις, διαφορετικές τεχνολογίες - τεχνογνωσίες. Το GPS εμφανίζεται πολλά χρόνια πριν σε μια περίοδο δύσκολη για την παγκόσμια ενότητα και την παγκόσμια ισορροπία. Η παγκόσμια διπλωματία δεν είναι ιδιαιτέρα ανεπτυγμένη και οι σχέσεις μεταξύ ορισμένων δυνάμεων – συνασπισμών, επηρεασμένες από την μεταβατική περίοδο των διαρκών πολέμων, βρίσκονται σε ένταση και κρατούν ανταγωνιστικό χαρακτήρα, όπως π.χ. η ‘κόντρα’ για την εποχή μεταξύ ΗΠΑ και της τότε Σοβιετικής Ένωσης. Αυτή η κόντρα και πολλοί άλλοι λόγοι, δημιούργησαν δυο διαφορετικά συστήματα την εποχή εκείνη, το GPS και το GLONASS. Σε αντίθεση το Galileo γεννάται σε μια περίοδο οπού η Ευρώπη παρουσιάζεται πιο ενωμένη από ποτέ. Οι σχέσεις μεταξύ των κρατών – μελών της είναι πολύ καλές και το γεγονός αυτό αποτελεί ένα πολύ καλό παράγοντα ώθησης για την σωστή εξέλιξη του προγράμματος.

Η διαφορετική φιλοσοφία και οι διαφορετικές ανάγκες που έρχεται να καλύψει κάθε περίοδος υπό την οποία δημιουργούνται τα δυο συστήματα, απεικονίζεται στον

βασικό σκοπό που θέτουν GPS και Galileo αντίστοιχα. Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού θέσης αναπτύχθηκε για στρατιωτικούς κυρίως σκοπούς ενώ αποτελεί την κεντρική πολιτική γραμμή του συστήματος ακόμα και στις μέρες μας. Απόδειξη αυτού ότι την εποπτεία του GPS είχε και συνεχίζει να έχει το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Σε αντίθεση, το ευρωπαϊκό σύστημα πλοήγησης αναπτύσσεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία. Βασικός προορισμός του είναι η πολιτική χρήση του συστήματος χωρίς να αποκλείονται βέβαια και οι στρατιωτικές εφαρμογές σε περιπτώσεις ανάγκης. Παράλληλα έχει εξασφαλιστεί η διοίκηση του από πολιτικούς φορείς (επιχειρήσεις). Στην πορεία της προσπάθειας αυτής οι ευρωπαίοι προσπάθησαν να εξασφαλίσουν την μη συμμετοχή - εμπλοκή, στην ανάπτυξη και διαχείριση του συστήματος, στρατιωτικών παρεμβάσεων πράγμα που το έχουν καταφέρει με επιτυχία μέχρι σήμερα.

Το GPS για τους λογούς που ήδη προαναφέραμε αλλά και επειδή οι ίδιοι το επεδίωξαν, ακολούθησε τον μοναχικό δρόμο στην προσπάθεια αυτή, πρόγραμμα στο οποίο πιθανόν να ήθελαν να συμμετάσχουν και άλλες χώρες είτε ως κεφάλαιο είτε ως συνέταιροι. Ποτέ όμως οι ΗΠΑ δεν έδωσαν ανάλογα δικαιώματα. Αντίστοιχα το Galileo καλλιέργησε από τις πρώτες μέρες των συζητήσεων για την ανάπτυξη του προγράμματος έντονα το κλίμα συνεργασίας. Πολλές ήταν οι χώρες που έδειξαν ενδιαφέρον. Οι συμφωνίες που τελικά καρποφόρησαν ήταν αρκετές ενώ χρόνο με το χρόνο παρουσιάζονται συνεχώς νέοι μνηστήρες για το πρόγραμμα. Οι χώρες που καταλήγουν σε συμφωνία αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 2.3. Το Galileo σε αντίθεση με το GPS είναι ανοιχτό σε συνεργασίες που ωφελούν και ανοίγουν νέους ορίζοντες ακόμα και για έθνη μη ευρωπαϊκά. Μάλιστα φτάνει σε σημείο να κάνει μια μικρή συμφωνία συνεργασίας ακόμα και με το αντίπαλο στρατόπεδο του, GPS, για το οποίο γίνεται σχετική αναφορά στο υποκεφάλαιο 2.3.1, αλλά και παρακάτω στις τεχνικές διαφορές.

Τέλος, στο οικονομικό κομμάτι της σύγκρισης μεταξύ των δυο συστημάτων το GPS αναμφίβολα έχει χαρακτηριστεί ως ένα ακριβό πρόγραμμα. Το κόστος για την ανάπτυξη του ήταν ιδιαιτέρα υψηλό και βάρυνε αποκλειστικά τους κρατικούς οργανισμούς των ΗΠΑ. Το γεγονός αυτό πολλές φορές έφερε περικοπές και

καθυστερήσεις στην ανάπτυξη και αποτέλεσε τροχοπέδη στην γρήγορη μετεξέλιξη του. Από την άλλη πλευρά, το Galileo χαρακτηρίστηκε ως ένα φθηνό σχετικά πρόγραμμα οπού το κόστος μοιράστηκε μεταξύ του Ευρωπαϊκού προϋπολογισμού, ιδιωτικών επιχειρήσεων αλλά και συνεργάτιδων χωρών που συνέβαλαν οικονομικά.

3.2 Τεχνικές διαφορές

Τα δυο συστήματα GPS – Galileo παρουσιάζουν αρκετές διαφορές ως προς το τεχνικό σκέλος.

Πρώτη και βασική διαφορά είναι ο αριθμός των δορυφόρων καθώς και η γεωμετρία τους, ο τρόπος δηλαδή που είναι τοποθετημένοι στις τροχιές τους. Το GPS αποτελείται από έναν αστερισμό τουλάχιστον **24^{ων}** δορυφόρων (FOC) οι οποίοι βρίσκονται κατανεμημένοι σε **6** δαχτυλίδια **χαμηλής** τροχιάς και σε ύψος περίπου 20.000Km. Από την άλλη το Galileo για την πλήρη λειτουργία του απαιτεί **30** δορυφόρους (27 σε πλήρη λειτουργία και 3 εφεδρικούς) κατανεμημένους σε **3** (Medium Earth Orbit) **μεσαίου** ύψους τροχιές, οι οποίες βρίσκονται σε ύψος περίπου 23.000Km. Η κλίση της τροχιάς για το GPS είναι **55^{o}** ενώ για το Galileo είναι **56^{o}** ως προς τον άξονα του ισημερινού. Από αυτά τα χαρακτηριστικά συνεπάγεται πως οι γεωμετρίες των δυο αστερισμών στηρίζονται σε διαφορετικούς σχεδιασμούς. Αυτή ακριβώς η διαφορά είναι και η πηγή από την οποία ξεκινούν πολλές από τις διαφορές σε θέματα τεχνικά όπως ακρίβεια, αξιοπιστία, κάλυψη κλπ., τα οποία αναφέρονται στη συνέχεια.

Σημαντικότατο γεγονός για το Galileo αποτελεί η εμπειρία τόσων χρόνων που έχει εμμέσως αποκτήσει από την λειτουργία του GPS (30 χρόνια από το GPS και 20 από το GLONASS). Το Galileo με την παρακολούθηση του τρόπου λειτουργίας του GPS και των βημάτων που ακολουθήθηκαν κατά την ανάπτυξη του, απέκτησε εμπειρία στον χώρο της πλοήγησης που βοήθησε στην αποφυγή σφαλμάτων, στην μείωση του κόστους για θέματα έρευνας και ανάπτυξης, έκανε λιγότερους πειραματισμούς σε θέματα τεχνικά με όλες τις συνέπειες που μπορεί αυτό να έχει (σπατάληση χρήματος αλλά και χρόνου με αργοπορίες μελετών και αβέβαια αποτελέσματα). Αντίθετα με την εμπειρία που προτάσσει το Galileo, το GPS ήταν το

πρώτο τόσο μεγάλης έκτασης πρόγραμμα. Η εμπειρία από προηγούμενα συστήματα πλοήγησης ήταν πολύ μικρή καθώς τα προηγούμενα δορυφορικά συστήματα βασίζονταν σε άλλες τεχνικές. Οι πειραματισμοί, πολλές φορές χρονοβόροι, καθώς και η εντατική έρευνα και ανάπτυξη κόστισαν στο αμερικάνικο πρόγραμμα σε χρόνο και χρήμα. Χαρακτηριστικό είναι ότι για να φτάσει το GPS να εξασφαλίσει FOC πέρασαν 16 χρόνια (1978-1994) ενώ το Galileo αναμένεται να λειτουργήσει με πλήρως διατεταγμένο τον αστερισμό του σε 4 με 5 χρόνια (2005-2010) από την ημερομηνία έναρξης των διαπραγματεύσεων για την ανάπτυξη του δορυφορικού τμήματος. Αντιλαμβανόμαστε δηλαδή την διαφορά στον ρυθμό ανάπτυξης που ακολούθησαν και συνεχίζουν να ακολουθούν τα δύο συστήματα.

Η τεχνολογία εξελίσσεται καθημερινά και η πρόοδος της είναι αλματώδης τα τελευταία χρόνια. Στον γρήγορο ρυθμό που ακολούθησε το Galileo σε σχέση με αυτόν του GPS, συνέβαλαν με πολύ ουσιαστικό τρόπο οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις. Οι κατασκευάστριες εταιρείες των δορυφόρων είναι διαφορετικές για το Galileo και για το GPS. Οι εταιρείες Naval Research Lab, Rockwell International, Lockheed Martin Corporation, Boeing North American επιμελήθηκαν την κατασκευή των δορυφόρων GPS ενώ η Surrey Space Technology Limited (SSTL) και ο συνεταιρισμός των Galileo Industries επιμελήθηκαν μέχρι σήμερα την κατασκευή των πρώτων δοκιμαστικών δορυφόρων Galileo. Καμία εταιρεία δεν συμμετείχε στην παραγωγή δορυφόρων και από τα δύο συστήματα. Η διαφορετική τεχνογνωσία προσέδωσε αντιστοίχως διαφορετικά χαρακτηριστικά στους δορυφόρους. Η απεικόνιση της διαφοράς αυτής, έκανε τους δορυφόρους του Galileo με μια πρώτη ματιά να δείχνουν μικρότεροι στο βάρος, μικρότεροι στον όγκο και να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Βέβαια τα χαρακτηριστικά των δορυφόρων του Galileo είναι χαρακτηριστικά δοκιμαστικών δορυφόρων άρα δεν μπορούμε να μιλάμε με σιγουριά για συγκεκριμένες διαφορές με τους δορυφόρους του GPS καθώς μπορούν να τροποποιηθούν. Επίσης οι δορυφόροι του Galileo έφεραν στο προσκήνιο νέες τεχνολογίες (τεχνολογίες Galileo) καθώς και ένα νέο ρολόι για τους δορυφόρους, το Maser Hydrogen Clock, το οποίο για πρώτη φορά θα εκτοξευθεί στο διάστημα ενσωματωμένο στον δεύτερο δοκιμαστικό δορυφόρο του Galileo. Το Maser

Hydrogen Clock είναι σε θέση να προσφέρει 10 φορές μεγαλύτερη χρονική ακρίβεια σε σχέση με αυτή που προσφέρει το ατομικό ρολόι που χρησιμοποιεί το GPS.

Μάλιστα την ενσωμάτωση του MHC στους νέας γενιάς δορυφόρους του GPS εξέτασαν πριν αρκετά χρονιά ειδικοί του συστήματος και είχαν τότε αποφασίσει πως η συγκεκριμένη ιδέα ήταν πολύ ακριβή (ένα Hydrogen Maser clock στοιχίζει 250.000$ περισσότερα από ένα απλό ρολόι Κασίου) για τα δεδομένα του προγράμματος GPS (http://www.thespacereview.com/article/534/1).

Τα διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν οι δορυφόροι του Galileo έναντι των δορυφόρων του GPS, η διαφορετική γεωμετρία των δορυφόρων σε τροχιά καθώς και το δίκτυο των επίγειων σταθμών αποδίδουν κάποιες διαφορές μεταξύ των δυο συστημάτων στις μετρήσεις τους. Οι διαφορές εντοπίζονται στην ακρίβεια στίγματος, την ακρίβεια χρόνου, την αξιοπιστία των μετρήσεων καθώς και την κάλυψη σε όλα τα μήκη και πλάτη της γης. Το Galileo έρχεται να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά αυτά. Η ακρίβεια στίγματος που προσφέρει το ευρωπαϊκό σύστημα είναι της τάξης του ενός μέτρου έναντι των πέντε μέτρων που προσφέρει το αμερικάνικο. Η ακρίβεια των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο για το Galileo είναι 10 φορές καλύτερη από αυτή του GPS κυρίως λόγω του hydrogen - maser ατομικού ρολογιού που προσφέρει σταθερότητα 1 nanosecond κάθε μέρα. Επίσης η κάλυψη του GPS παγκοσμίως ποικίλει από περιοχή σε περιοχή ενώ εξαρτάται και από την ώρα της ημέρας. Προβλήματα αξιοπιστίας των μετρήσεων αντιμετωπίζουν οι περιοχές των πυκνοκατοικημένων κέντρων των πόλεων και οι περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλο γεωγραφικό πλάτος (πχ σκανδιναβικές χώρες). Αξιοσημείωτο γεγονός αποτελεί επίσης το ρίσκο που διατρέχουν οι πολιτικές χρήσεις του GPS καθώς ανά πάσα στιγμή (πχ. κάποια στιγμή κρίσης) το σύστημα μπορεί να κλείσει με όλα τα δυσμενή επακόλουθα που μπορεί αυτό να σημαίνει. Το Galileo αντίθετα παρουσιάζει καλύτερη παγκόσμια κάλυψη και απόδοση καλύτερου σήματος στα πυκνοκατοικημένα κέντρα των πόλεων και στις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους. Επίσης για το Galileo δεν θα υπάρχει η περίπτωση να κλείσει το σύστημα και να πάψει να αναμεταδίδει δεδομένα. Η αξιοπιστία που θα παρουσιάζει το σήμα του Galileo θα είναι σαφώς μεγαλύτερη καθώς οι δορυφόροι του θα εκπέμπουν ένα

σήμα ακεραιότητας (integrity message) που θα μεταβιβάζεται εντός 6 δευτερολέπτων στον χρήστη και ανάλογα με αυτό θα μπορεί να αξιολογεί την αξιοπιστία των μετρήσεων που λαμβάνει.

3.3 Ομοιότητες Galileo – GPS

Το GPS και το Galileo είναι δύο δορυφορικά συστήματα ραδιοπλοήγησης που δε θα μπορούσαν να μην έχουν ομοιότητες σε ορισμένα θέματα μεταξύ τους.

Πρώτη και βασική ομοιότητα είναι ότι και τα δύο συστήματα αποτελούνται από τρία βασικά μέρη: το δορυφορικό τμήμα, τους επίγειους σταθμούς και το τμήμα του χρήστη. Όλη η λειτουργία των συστημάτων στηρίζεται αποκλειστικά στα τρία αυτά μέρη. Βέβαια υπάρχουν τεχνικές διαφορές σε κάθε σκέλος αντίστοιχα, οι οποίες αναφερθήκαν προηγουμένως. Η βασική όμως ιδέα καθώς και η απόδοση προσδιορισμού θέσης ενός σημείου, είναι όμοιες. Το Galileo όπως και το GPS χρειάζεται τέσσερις τουλάχιστον ταυτόχρονες μετρήσεις από τέσσερις διαφορετικούς δορυφόρους έτσι ώστε να αποδώσει με ακρίβεια και σε πραγματικό χρόνο το στίγμα του σημείου. Επίσης χρησιμοποιούν το ίδιο ‘σκεπτικό’(μεθοδολογία) για τον εντοπισμό της θέσης των δορυφόρων που δεν είναι άλλος από την αναμετάδοση σήματος και την μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται το σήμα για να φτάσει στον δέκτη. Σχετική αναφορά γίνεται στο υποκεφάλαιο 2.4.1.

Κοινός επίσης, άρα με πολλές ομοιότητες, υπολογίζεται πως θα είναι ο δέκτης σημάτων GPS και Galileo. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την συμφωνία της συνόδου στην Ιρλανδία μεταξύ των δύο πλευρών όσο αναφορά τις υπηρεσίες του M-κώδικα και του PRS αντίστοιχα (Ιούνιος 2004).

Τέλος ομοιότητες των δυο κυρίαρχων συστημάτων, όπως φαίνεται πως θα είναι τα προσεχή έτη, θα έχουμε και σε ορισμένες εφαρμογές πάνω σε διάφορα θέματα. Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές που συζητήσαμε στα σχετικά υποκεφάλαια μπορούν να ανταποκριθούν σε βασικές αρχές, με παρόμοιο και εξίσου αποτελεσματικό τρόπο και τα δύο συστήματα. Παραδείγματος χάρη στη ναυτιλία βασική χρήση συστήματος για

πλοήγηση μπορεί να γίνει τόσο από το Galileo όσο και από το GPS, όπως άλλωστε γίνονταν μέχρι σήμερα.

Συμπερασματικά μπορούμε να επισημάνουμε πως με τον τρόπο που αρχικά το GPS είχε ανοίξει πολλούς δρόμους και διευκόλυνε καταστάσεις, έτσι φτάνει σήμερα το Galileo να διευρύνει τους ορίζοντες στην δορυφορική πλοήγηση και να επεκτείνει ακόμη περισσότερο ορισμένες εφαρμογές στις οποίες το GPS δεν ανταποκρίνονται με μεγάλη ευκολία. Το σίγουρο είναι ότι η νέα κατάσταση που δημιουργείται στο διάστημα μόνο ως ωφέλιμη μπορεί να χαρακτηριστεί. Η κατάργηση του μονοπωλίου και το νέο άκρως ανταγωνιστικό κλίμα μεταξύ των δύο συστημάτων, είναι βέβαιο ότι θα αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην πλειοψηφία των εφαρμογών τους, θα αυξήσει το αίσθημα ασφάλειας του πολίτη και θα μειώσει κάθε κίνδυνο που γεννούσε κάθε περίπτωση αστοχίας ακριβούς προσδιορισμού θέσης.



Βιβλιογραφία

1ο κεφάλαιο

Βιβλία

Ξενόγλωσσος Κατάλογος

1. Alfred Leick (1995), GPS Satellite Surveying, 2nd Edition. New York/Chichester/Toronto/Brisbane/Singapore: Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons
2. Bill Clarke (1998), Aviator's guide to GPS, 3rd Edition. McGraw~Hill
3. Elliot D. Kaplan (1996), Understanding GPS: Principles and Applications, 1st Edition. London: Artech House Publishers
4. Hofmann B.-Wellenhof, Lichtenegger H., Collins J. (2001), GPS: Theory and Practice, 5th revised Edition. New York: Springer Wien
5. Klensberg A. and Langley R (March/April 1990), The limitation of GPS, GPS WORLD
6. Spencer John, Frizzelle G. Brain, Page H. Philip, Vogler B. John (2003), Global Positioning System: A field Guide gor the Social Sciences, 1st Edition. Blackwell Publising

Ελληνικός Κατάλογος

7. Κόκκινος Δ. Μιχαήλ, ΕΜΠ, Τμήμα ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογισμών Τομέας Ηλεκτροεπιστήμης, Διπλωματική Εργασία: *Εφαρμογές GPS στην ναυσιπλοΐα*
8. Μπαντέλας Α.Γ., Σαββαίδης Π.Δ., Υφαντής Ι.Μ., Δούκας Ι.Δ. (1998), Γεωδαισία: Γεωδαιτικά όργανα & μέθοδοι μέτρησης & υπολογισμών, 2η Έκδοση, Τόμος 1, Εκδοτικός Οίκος Αδερφών Κυριακίδη Α.Ε.
9. Μέρτικας Σ. (1989), Περιγραφή και Εφαρμογές του Παγκόσμιου Συστήματος (GPS) στον Ο.Κ.Χ.Ε..
10. Πακρίδας Χ. (1999), Α.Π.Θ., Τμήμα Αγρ. και Τοπογράφων Μηχανικών, Διδακτορική Διατριβή: *Η αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας GPS και ο ποιοτικός έλεγχος των γεωδαιτικών εργασιών*

Άρθρα από επιστημονικά περιοδικά

Ξενόγλωσσος Κατάλογος

11. Braunschvig, David; Garwin, Richerd L; Marwell, Jeremy O, «Space Diplomacy», *Foreign Affairs,* Jul 2003 p: 156
12. Wall, Robert; Taverna, Michael A, «Navigating Hurdles», *Aviation Week & Space Technology,* Jun 28, 2004 p: 31

Internet

13. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
14. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:GPS_Satellite_NASA_art-iif.jpg
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Magellan_GPS_Blazer12.jpg
16. http://eos.nasa.gov/eosdis
17. http://flash.lakeheadu.ca/~jtanney/recievers.htm
18. http://gpshome.ssc.nasa.gov/application.aspx
19. http://gps.losangeles.af.mil/jpo/gpsoverview.htm
20. http://gps.losangeles.af.mil/control/index.htm
21. http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpegMod/PIA03420_modest.jpg
22. http://samadhi.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/gps1QL.html
23. http://samadhi.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/gps2QL.html
24. http://ta-nea.dolnet.gr/print.php?e=A&f=17297&m=N20&aa=1
25. http://tovima.dolnet.gr/print.php?e=B&f=13940&m=A22&aa=1
26. http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html#gpssa
27. ftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/gpsb2.txt
28. http://www.af.mil/news/story_print.asp?storyID=123009123
29. http://www.agriculture.purdue.edu/.../feature_04_p2.html
30. http://www.casanovasadventures.com/catalog/gps/p3010.htm
31. http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html
32. http://www.csuchicoag.org/a Pages/images/GPS.jpg
33. http://www.emg.umu.se/reseaichen/images/gps.gif
34. http://www.eraytech.com/GPSApplications/military.htm
35. http://www.ieee-virtual-museum.org/exhibit
36. http://www.jgc.gr/kefalaio3.htm

37. http://www.gmat.msm.edu.an/snap
38. http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=8293
39. http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=163652
40. http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?=144710
41. http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?id=153334
42. http://www.gpsworld.com/gpsworld/content/printContentPopup.jsp?id=54891
43. http://www.gillquist.com/gillcon/.../06%20**GPS**%20and%20Winamp.htm
44. http://www.kowoma.de/**gps**/Bodenstationen.htm
45. http://www.leica-geosystems.com
46. http://www.livingston.net/dstaples/**forestry**/staples.htm
47. http://www.losangeles.af.mil/smc/pa/fact_sheets/gps_fs.htm
48. http://www.mals.net/goulbur lburn/images/gps.jpg
49. http://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB1501/index1.html
50. http://www.scg.ulaval.ca/**gps**-rs/fr/Galerie/Transport.htm
51. http://www.trimble.com
52. http://www.1st-at-gps-tracking.com

2ο κεφάλαιο

Άρθρα από επιστημονικά περιοδικά

Ξενογλωσσος καταλογος

53. Anonymous, «Earth to Galileo: spread the world», *Engineer,* Sep 10, 2004 p: 23
54. Anonymous, «GALILEO: On the right track», *Engineer,* Nov 5, 2004 p: 26
55. Anonymous, «Science and Technology: Where its at; Galileo and GPS;», *Economist,* Jan 31, 2004 p: 78
56. Feller, Gordon, «Europe's Galileo moves toward launch», *Research Technology Management,* Nov 2003 p: 4

57. Taverna, Michael A; Wall, Robert, «Cross Talk; Despite some progress, discussions on GPS – Galileo interference are still in a stall», *Aviation Week & Space Technology,* Jan 12, 2004 p: 49
58. Taverna, Michael A; Wall, Robert, «The Chinese Connection Beijing's plan to join Europe's Galileo satnav system could draw a rebuff from the US», *Aviation Week & Space Technology,* Sep 29, 2003 p: 23
59. Taverna, Michael A, «European Challenger Go-ahead for Galileo may force US leaders to stake a new position on navsat system», *Aviation Week & Space Technology,* Sep 8, 2003 p: 61
60. Taverna, Michael A, «Europe Declares Satnav Independence», *Aviation Week & Space Technology,* Apr 1, 2002 p: 24

Internet

61. http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/images/applications_round.jpg
62. http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf
63. http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/GalileoE3web_copy.pdf
64. http://ec.europe.eu/dgs/energy_transport/galileo/applications/index_en.htm
65. http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/programme/phases_en.htm
66. http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_positioning_system
67. http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_el.html
68. http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/04/1461&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=fr
69. http://images.usatoday.com/news/_photos/2005/12/28/galileo-i821.jpg
70. http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#1
71. http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#2
72. http://iris.ekt.org.gr/cordis/news/eu/2001/#3
73. http://news.antenna.gr/articledetail/0,3091,97749,00.html
74. http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/41161000/jpg/_41161558_launch.jpg
75. http://physics4u.gr/news/2002/scnews518.htlm

76. http://searchmobilecomputing.techtarget.com/sDefinition/0,,sid40_gci826721,00.html
77. http://ta-nea.dolnet.gr/print.php?e=A&f=18426&m=N66&aa=1
78. http://ta-nea.dolnet.gr/print.rhr?e=A&f=17240&m=N20&aa=1
79. http://ursaminor.nl/ursaminor/documents/SARGalileo%20GNSS%202002%20paper.pdf
80. http://www.enet.gr/online/online_hprint?q=gps&a=&id=21794836
81. http://www.esa.int/esaNA/SEMQXI808BE_index_2.htm1
82. http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_2.htm1 http://www.esa.int/esaCP/ SEM48VTZJND_France_1.html
83. http://www.esa.int/images/galileo_1.jpg
84. http://www.esa.int/export/esaSA/navigatio.html
85. http://www.ethnos.gr/print.asp?catid=5351&subid=20110&pubid=22848
86. http://www.eurescom.de/message/messageOct2005/Images/Galileo_Satellite_System.jpg
87. http://www.euractiv.com/en/agenda2004/galileo/article-117496
88. http://www.hellas-sat.net/library/file20.pdf
89. http://www.imerisia.gr/defayltold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=216107
90. http://www.imerisia.gr/defaultold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=90827
91. http://www.imerisia.gr/defaultold.asp?catid=4669&subid=20110&pubid=210371
92. http://www.insidegnss.com
93. http://www.iss-eu.org/occasion/occ44.pdf
94. http://www.Galileo-pgm.org
95. http://www.galileoworld.com
96. http://www.galileo-industies.net/galileo.nsf/DocID/461736EC096C4BBCC1256EBE004787B9/$file/study4.pdf

97. http://www.galileo-industries.net/galileo/galileo.nsf/DocID/17B2374F18820477C125711400550E95/$file/Broschuere_Galileo_Industries_2006_feb_engl.pdf
98. http://www.globalsecurity.org/space/world/europe/images/galileo-esa-image1.jpg
99. http://www.merespace.com/images/news_events/galileo31.jpg
100. http://www.novatel.com/Documents/Articles/TestingAPrototypeGalileoReceiver.pdf
101. http://www.satil.com/history/galileo.jpg
102. http://www.spacedaily.com/images/gps-galileo-gstb-v2-a-clean-room-bg.jpg
103. http://www.spacedaily.com/news/First_Galileo_Satellite_On_Orbit_To_Demonstrate_Key_Technologies.html
104. http://www.space.com/missionlaunches/051228_ap_galileo_launch.html
105. http://www.techteam.gr/lofiversion/index.php/t10959.html
106. http://www.thalesresearch.com/Portals/0/GEN_composite_galileo_891x1024.jpg

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Λεξικό ακρωνύμων

A/D……analog-to-digital
AC……...alternating current
AS……antispoofing
ATC……...air traffic control
AutoNav……..autonomoys navigation
BLK……satellite block
C/A-code……coarse/acquisistion or clear/acquisition code
CDU……..control display unit
cm……..centimeters
COMSAT……..Communications Satellite Organization
DOD……..department of defense
DOT……department of transportation
EGNOS……European Geostationary Navigation Overlay Service
ESA……...European Space Agency
Eurocontrol…….European organization for the safety of air navigation
FAA…….federal aviation administration
FCC……...federal communications commission
FOC……full operation capability
FRS……..flight reference system
GEO…….geosynchronous ranging satellite
GIS……...geographical information system
GLONASS…….global navigation satellite system (Russian definition)
GNSS……global navigation satellite system (ICAO definition)
GPS…….global positioning system
GSTB……...galileo system test bed
Hz……hertz
I/O…….input/output
ICAO……..International Civil Aviation Organization
IGS……..International GPS Service
INMARSAT……...international maritime satellite organization

IOC……..initial operational capability
ITU……international telecommunications union
JPO…….Joint Program Office
Kg……...kilogram
Km…….kilometer
m……..meter
MCS……...master control station
MHz…….megahertz
NAD-83……North American Datum 1983
NASA……..National Aeronautics and Space Administration
NAV……navigation
nsec……nanosecond
OCS…….operational control segment
OS…….open service
P-code……precision code
PN…….pseudonoise
PPS……...Precise Positioning Service
PRN…….pseudorandom noise
PRS…….public regulated service
PVT……position, velocity and time
SA……selective availability
SAR……..search and rescue
sec……..second
SoL……...safety of life
SPS……..Standard positioning service
SV……..space vehicles
SVN……...space vehicle number
TT&C……..telemetry, tracking and command
UT……..universal time
WAAS……Wide Area Augmentation System
WGS-84……World Geodetic System 1984

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

esa - 2009 - P.C