

Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρονικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Ανίχνευση φωτιάς από απόσταση με ηλεκτρονικά μέσα(κάμερα , GSM και GPS) σε δασική περιοχή"

Των σπουδαστών

Πατέλη Ελευθέριο
Πουλουδή Ζουγάνες
Νικολαϊδη Αλέξανδρο

Εισηγητής Καθηγητής : Θυμάκης Αντώνιος

Χανιά 2009

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ……...2
1.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ……...4
1.2 ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ …….5
1.3 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ……..11
1.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ……...12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ……..13
2.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ……...14
2.3 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ……16
2.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ……20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ…….21
3.2 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ……..22
3.3 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΜΟΝΗΜΟΥ ΜΑΓΝΗΤΗ……...22
3.4 ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ……24
3.5 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ……..33
3.6 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΞΕΝΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ…….35

3.7 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ……..36
3.8 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΕΙΡΑΣ……..36
3.9 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ…….37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

GSM

4.1 ΓΕΝΙΚΑ……41
4.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ……..42
4.3 ΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΣΑΝ ΕΝΝΟΙΕΣ……..43
4.4 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ……44
4.5 WIRELESS PERSONAL AREA NETWORKS (WPANs)…44
4.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ…….46
4.7 ΔΙΚΤΥΑ 1ης , 2ης ,2,5ης ,3ης ΓΕΝΙΑΣ……48
4.8 ΕΝΕΡΓΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ…….53
4.9 ΛΟΙΠΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ……55
4.10 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ WAP……55
4.11 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (m-security)…..63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

GPS

5.1 ΓΕΝΙΚΑ…….85
5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ……..87
5.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ……88
5.4 CODE-PHASE GPS ΚΑΙ CARRIER-PHASE GPS….101
5.5 ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΑ GPS ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ…….103
5.6 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ……...106
5.7 ΣΗΜΕΙΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ - ΙΧΝΗ……..109
5.8 DATUM……...110
5.9 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ……..116
5.10 ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΕΚΤΩΝ GPS……...119
5.11 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ GPS……...126
5.12 REAL-TIME DATA TRANSMITION……133

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλοι γνωρίζουμε την προσπάθεια που καταβάλλεται από την πολιτεία κάθε χρόνο και ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες για την πυροπροστασία των δασών και των εθνικών δρυμών.
Η απαίτηση για συνεχή περιφρούρηση και παρακολούθηση αναγκάζει την πολιτεία στην πρόσληψη έκτακτου προσωπικού τους θερινούς μήνες. *Τι γίνεται όμως εκεί όπου η ανθρώπινη πρόσβαση και η συνεχή επίβλεψη είναι δύσκολη υπόθεση;*
Μια λύση θα ήταν η κατασκευή μιας πλατφόρμας η οποία θα μπορούσε να μεταφέρει εικόνα, ήχο αλλά και κάθε είδους πληροφορία σχετική με τον επιβλέποντα χώρο, σε μακρινή απόσταση. Η πλατφόρμα αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει είτε αυτόνομα είτε με τηλεχειρισμό από άνθρωπο.

Η πτυχιακή μας αποτελείται από μια πλατφόρμα (Κινητή Μονάδα) και έναν κεντρικό σταθμό λήψης και επεξεργασίας δεδομένων (Σταθμός Βάσης). Η πλατφόρμα αυτή βρίσκεται σε συνεχή ασύρματη επικοινωνία με το σταθμό βάσης και ελέγχεται από αυτόν ενώ στέλνει συνεχώς πληροφορίες για τον επιβλέποντα χώρο. Οι πληροφορίες αυτές λαμβάνονται από τα διάφορα οπτοηλεκτρονικά συστήματα που είναι προσαρμοσμένα στην κινητή μονάδα. Συγκεκριμένα μεταδίδεται εικόνα από εικονολήπτη (video camera) και η μετρούμενη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου από αισθητήρα υπερύθρων. Σημαντικό πλεονέκτημα στα οπτοηλεκτρονικά αυτά συστήματα είναι και ο έλεγχος σκόπευσης που παρέχεται. Με την έννοια σκόπευση, εννοούμε τον έλεγχο κίνησης και εστίασης σε κάτι συγκεκριμένο.
Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής γίνεται αναφορά στην επικοινωνία των ηλεκτρονικών μέσων με το σταθμό βάσης, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή του συστήματος μέτρησης της θερμοκρασίας με αισθητήρα υπερύθρων, στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι βηματικοί κινητήρες που θα χρησιμοποιηθούν για τον εικονολήπτη (video camera), στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύοονται τα δίκτυα GSM για την επικοινωνία με άλλους σταθμούς βάσης και στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η χρήση του GPS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ

1. Γενικά

Στο πρώτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας γίνεται αναφορά στην επικοινωνία των ηλεκτρονικών μέσων τον σταθμό βάσης (Σ.Β.). Ο σταθμός βάσης δεν είναι τίποτα άλλο από ένα υπολογιστικό σύστημα. Ο σκοπός του σταθμού βάσης είναι η συλλογή δεδομένων από τα ηλεκτρονικά μέσα . Έτσι μπορεί ο χρήστης να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο με εικόνα και άλλες πληροφορίες που στέλνονται από τα μέσα. Η επικοινωνία μεταξύ του σταθμού βάσης και των ηλεκτρονικών μέσων γίνεται με ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο.

Αναλυτικότερα, ο υπολογιστής αποτελείται από:

- Επεξεργαστή: 1 GHz Celeron
- Μητρική Κάρτα: EPIR mini - ITX
- Σκληρό Δίσκο: 80 GB
- Μνήμη RAM: DDR 400FSB 512 MB
- Κάρτα Video PCI: SPECTRA 8 (MULTI – INPUT VIDEO CAPTURE CARD)
- CD – ROM: 32x
- Λειτουργικό Σύστημα: Windows 2000

Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιεί ο υπολογιστής είναι το συνηθισμένο σύστημα των Windows 2000 το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση προγραμμάτων στα οποία θα γίνεται αναφορά παρακάτω.



Εικόνα 1 .1 Σταθμός βάσης

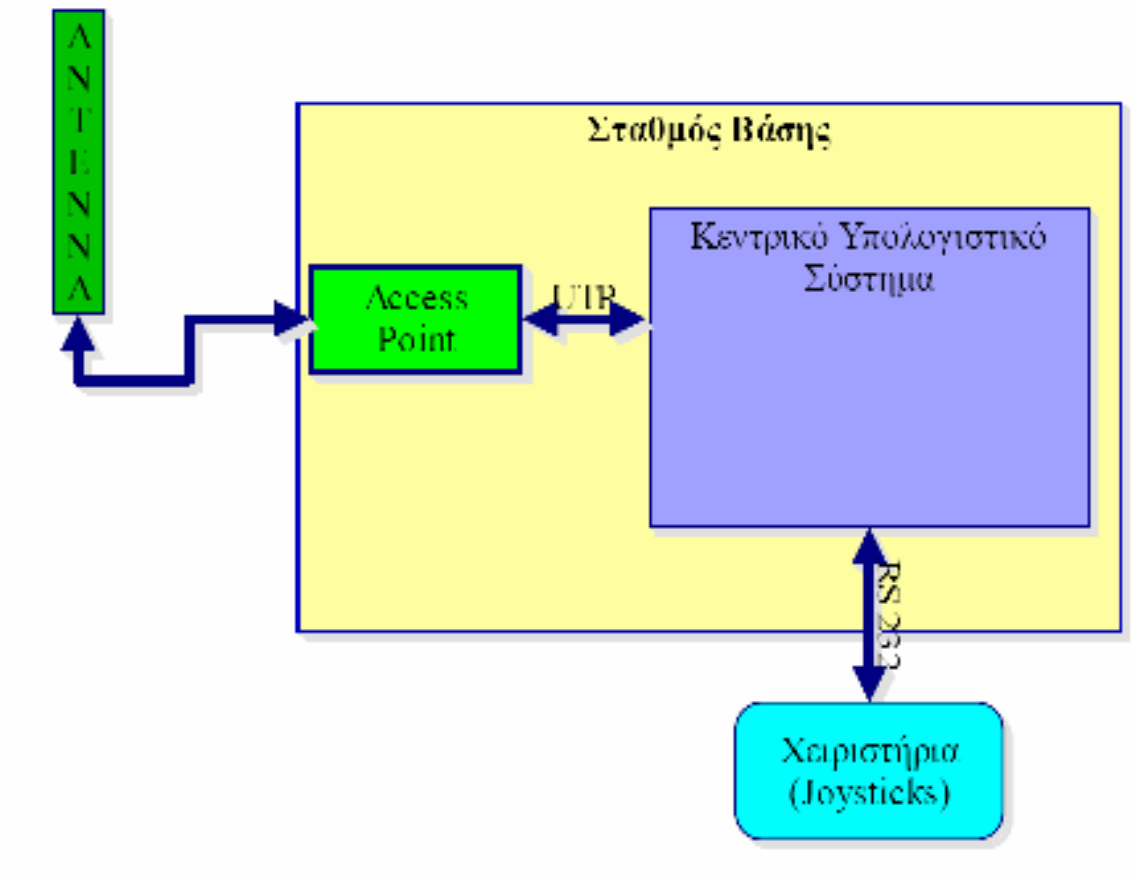
Για τη ψηφιοποίηση της εικόνας από το χώρο στον οποίο είναι τοποθετημένη η κάμερα , το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα είναι εξοπλισμένο με μια κάρτα Video PCI τεσσάρων εισόδων.

Η σύνδεση της κάρτας με τους εικονολήπτες (video cameras) γίνεται μέσω τριών καλωδίων RCA για τη μεταφορά του σήματος βίντεο.
Για τη μεταφορά των δεδομένων από τον μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D Converter) χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο USB και για τη διασύνδεση με τον πομποδέκτη του ασύρματου τοπικού δικτύου χρησιμοποιείται αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP).

1.1. Σταθμός Βάσης

Ο σταθμός βάσης αποτελείται από έναν ή παραπάνω Η/Υ που δέχονται τα δεδομένα που αποστέλλει η κάμερα. Ο υπολογιστής του σταθμού βάσης δεν χρειάζεται να έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Αρκεί να μπορεί να τρέξει το αναγκαίο λογισμικό για την

επικοινωνία με το υπολογιστικό σύστημα της κινητής μονάδας. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσω του πομποδέκτη του ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN).



Εικόνα 1 .2 Δομικό Διάγραμμα Σταθμού βάσης

1.2 Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο Επικοινωνίας

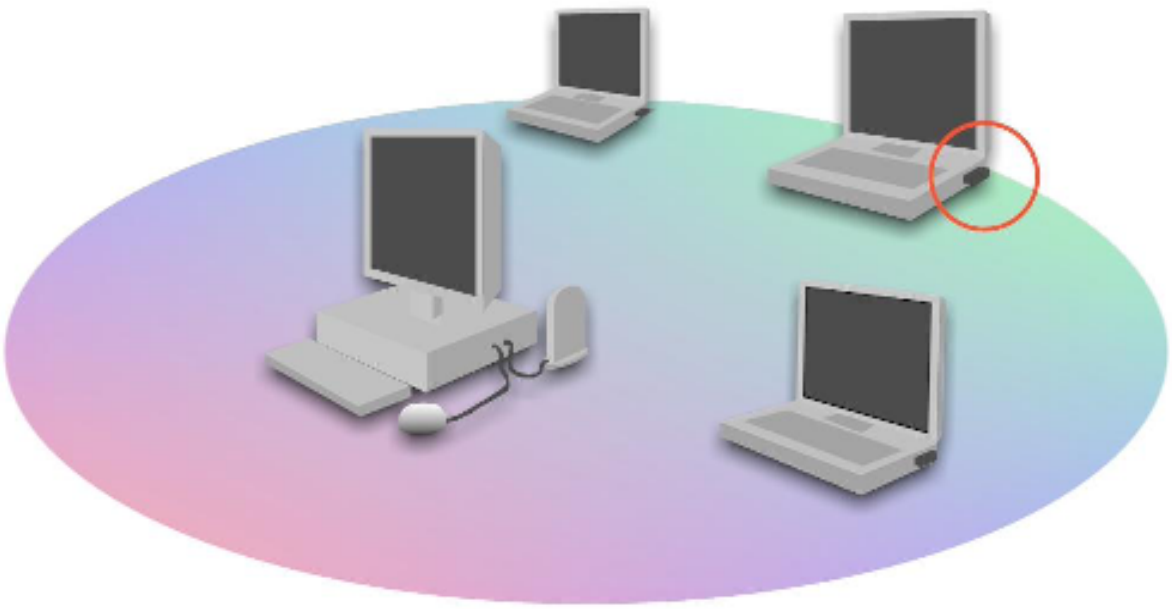
Όπως προαναφέρθηκε, η επικοινωνία μεταξύ της κινητής μονάδας (κάμερας) και του σταθμού βάσης επιτυγχάνεται μέσω ενός ασύρματου τοπικού δικτύου. Στη συνέχεια της παραγράφου γίνεται μια αναφορά και μία ιστορική ανασκόπηση γενικά για τα ασύρματα δίκτυα.

Τα πρώτα επίσημα βήματα ξεκίνησαν το 1997, όταν το ινστιτούτο IEEE (Institute Electrical and Electronics Engineers) καθιέρωσε το πρότυπο 802.11 για τα ασύρματα δίκτυα. Με τη μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς να φθάνει τα 2 Mbps, το 802.11 μπορούσε να καλύψει τις δικτυακές ανάγκες. Το πρότυπο 802.11 αποτελεί μέχρι σήμερα τον κύριο εκπρόσωπο της δικτύωσης στα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Network). Οι υπολογιστές που απαρτίζουν ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο είναι εξοπλισμένοι με ασύρματες κάρτες δικτύου, κυρίως σε μορφή καρτών PCMCIA και συσκευών USB. Για

τη χρήση κάρτας PCMCIA σε επιτραπέζιο υπολογιστή απαιτείται ένας ειδικός ελεγκτής PCI, ο οποίος σε ορισμένες περιπτώσεις συνοδεύει την κάρτα. Η εμβέλεια των ασύρματων καρτών και συσκευών εξαρτάται από πολλές παραμέτρους:

- την ποιότητα κατασκευής του προϊόντος (κυρίως από τον πομποδέκτη),
- την τεχνολογία μετάδοσης που χρησιμοποιείται,
- τον περιβάλλοντα χώρο και την
- ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων

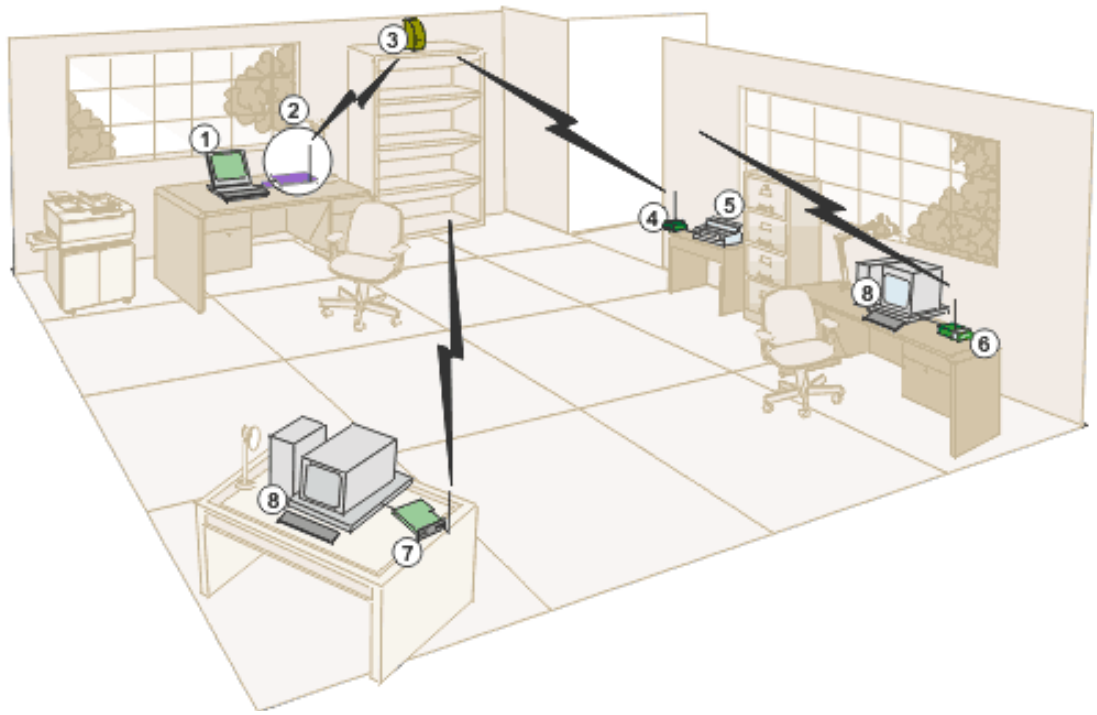
Οποιαδήποτε στιγμή βρεθούν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές στην ακτίνα δράσης των ασύρματων καρτών τους, αυτόματα συνθέτουν ένα ομότιμο δίκτυο (peer to peer). Αυτή είναι και η απλούστερη μορφή ενός ασύρματου δικτύου η οποία εξυπηρετεί περιορισμένες ανάγκες και τη συναντάμε σε μικρά δίκτυα. Όλοι οι υπολογιστές σε ένα ομότιμο δίκτυο έχουν τα ίδια δικαιώματα και μοιράζονται εξίσου τους πόρους του δικτύου. Στο Σχήμα 1.3, φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση ενός δικτύου peer to peer.
\



Εικόνα 1 .3 Σχηματική Αναπαράσταση Τοπικού Δυκτίου Peer To Peer

Για την επικοινωνία πολλών ανεξάρτητων δικτύων που συνδέονται μεταξύ τους ή για την επικοινωνία ενός ασύρματου δικτύου με ένα ενσύρματο, χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα Σημεία Πρόσβασης (Access Points). Πρόκειται για ειδικές συσκευές που διαθέτουν θύρα Ethernet και λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο όπως τα hub, παρέχοντας όμως κάποιες

επιπλέον δυνατότητες. Τα Σημεία Πρόσβασης έχουν μεγαλύτερη ακτίνα δράσης από τις απλές ασύρματες κάρτες και έτσι επεκτείνουν την εμβέλεια του ασύρματου δικτύου. Επιπλέον τα Σημεία Πρόσβασης ελέγχουν την κίνηση του δικτύου, κατανέμουν ανάλογα με τον αριθμό τον υπολογιστών το διαθέσιμο εύρος ζώνης και φροντίζουν να κατευθύνουν τα πακέτα πληροφοριών. Στο Σχήμα 1.4, φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση ενός ασύρματου δικτύου στο οποίο χρησιμοποιούνται Σημεία Πρόσβασης.



Εικόνα 1 .4 Σχηματική αναπαράσταση ενός ασύρματου δικτύου με Σημεία Πρόσβασης

Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, είτε υπερύθρων είτε ραδιοκυμάτων. Λόγω όμως των γνωστών σοβαρών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η επικοινωνία με υπέρυθρες ακτίνες προτιμώνται τα ραδιοκύματα.
Η επικοινωνία με ραδιοκύματα χρησιμοποιείται ευρέως για την ασύρματη σύνδεση πληθώρας ηλεκτρονικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένων φυσικά και των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα πρότυπα επικοινωνίας είναι πολλά. Αυτή τη στιγμή κυριαρχούν τα 802.11b και Bluetooth. Άλλα πρότυπα είναι το 802.11a (διάδοχος του 802.11b), το Home RF, το DECT (γνωστό από τα ασύρματα τηλέφωνα) και το HyperLAN/2 (παρόμοιο με το 802.11a). Παρακάτω αναλύονται ερικά από τα πρότυπα αυτά εκτενέστερα.

- **Home RF**

Το πρότυπο Home RF αναπτύχθηκε το 1998 για οικιακές κυρίως ανάγκες. Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών γίνεται με ραδιοκύματα στη ζώνη συχνοτήτων ISM (Industrial Scientific and Medical band) των 2,4 GHz. Το Home RF χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SWAP (Shared Wireless Application Protocol). Μολονότι έχουν κάνει την εμφάνιση τους νέες και βελτιωμένες εκδόσεις του, προς το παρόν από τους περισσότερους κατασκευαστές προτιμάται το 802.11b.

- **802.11b**

Το πρότυπο 802.11b θεσπίστηκε το Σεπτέμβριο του 1999 από το IEEE και αποτελεί βελτιωμένη έκδοση του προγενέστερου 802.11. Υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι και 11 Mbps κάτω από ιδανικές συνθήκες (ανοιχτοί χώροι, μικρή απόσταση μεταξύ των κόμβων κ.λπ.). Το 802.11b, όπως και ο προκάτοχός του, λειτουργεί στα 2,4 GHz της ζώνης συχνοτήτων ISM. Για την ακρίβεια, λειτουργεί στα 2,4 έως 2,4835 GHz, προσφέροντας συνολικό εύρος ζώνης 83,5 MHz. Η ουσιαστική διαφορά των δύο προτύπων έγκειται στη μέγιστη ταχύτητα διαμεταγωγής που παρέχουν, η οποία διαφοροποιείται λόγω της μεθόδου που χρησιμοποιούν για τη μεταφορά δεδομένων. Εντούτοις και οι δύο μέθοδοι υπάγονται στην τεχνολογία Spread Spectrum, η οποία αναπτύχθηκε αρχικά για στρατιωτικές εφαρμογές στις οποίες απαιτείται ένα αξιόπιστο και ασφαλές σύστημα επικοινωνίας. Πρόκειται για μια τεχνική διαμόρφωσης του σήματος που διαδίδει τα προς εκπομπή δεδομένα σε όλο το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων, σύμφωνα πάντα με ένα προκαθορισμένο πλαίσιο. Με αυτόν τον τύπο διαμόρφωσης, το σήμα είναι καλύτερα θωρακισμένο από το θόρυβο και τις παρεμβολές και επιτρέπει να μοιράζονται μια συχνότητα λειτουργίας πολλοί χρήστες με όσο το δυνατόν μικρότερες παρεμβολές από άλλους χρήστες. Το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιεί τη μέθοδο FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), ενώ το 802.11b την DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Με τη μέθοδο FHSS ο πομπός και ο δέκτης συγχρονίζονται να αλλάζουν κανάλι επικοινωνίας με μια προκαθορισμένη ψευδο-τυχαία σειρά. Ασφαλώς, η προκαθορισμένη σειρά επιλογής των καναλιών είναι γνωστή μόνο στους κόμβους που «μιλάνε» μεταξύ τους. Στην Αμερική και στην Ευρώπη το 802.11 καθορίζει 79 κανάλια και 78 διαφορετικούς τρόπους εναλλαγής των καναλιών. Εάν το σήμα ληφθεί από κάποιον μη εξουσιοδοτημένο δέκτη ερμηνεύεται ως μικρής διάρκειας θόρυβος και αγνοείται. Με τη μέθοδο DSSS δημιουργείται ένα εφεδρικό bit για κάθε bit που αποστέλλεται το οποίο καλείται τσιπ (chip). Ακόμα και αν κατά την αποστολή δεδομένων χαθούν κάποια bit, είναι δυνατόν να ανακτηθούν χωρίς να είναι απαραίτητη η εκ νέου αποστολή τους, κάτι που επιφέρει καθυστέρηση στη μεταφορά των δεδομένων και επιβαρύνει την κίνηση στο δίκτυο. Αν κάποιος δέκτης λάβει τα σήματα χωρίς να είναι σε θέση να τα αποκωδικοποιήσει, θα τα «ερμηνεύσει» ως θόρυβο και θα τα αγνοήσει. Ενώ και τα δύο πρότυπα λειτουργούν στην ίδια συχνότητα, θα ισχυριζόταν κανείς ότι τίθεται θέμα ασυμβατότητας εξαιτίας της διαφορετικής μεθόδου που χρησιμοποιούν για την αποστολή των δεδομένων. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει καθώς στο πρότυπο 802.11

προβλέπονται και οι δύο μέθοδοι μεταφοράς (άσχετα από το αν τελικά χρησιμοποιείται η FHSS). Το 802.11b καθορίζει δύο τρόπους ασύρματης επικοινωνίας, ανάλογα με το αν πρόκειται για ομότιμο δίκτυο (Peer to Peer) ή δίκτυο με σημεία πρόσβασης (Access Point). Στα ομότιμα δίκτυα οι υπολογιστές «μιλάνε» μεταξύ τους με την επικοινωνία «Ad-Hoc» ενώ όταν υπάρχουν σημεία πρόσβασης γίνεται χρήση της επικοινωνίας «Infrastructure». Στην επικοινωνία «Infrastructure» το ασύρματο δίκτυο αποτελείται από ένα τουλάχιστον σημείο πρόσβασης το οποίο είναι συνδεδεμένο συνήθως σε ενσύρματο δίκτυο. Αντίθετα, στην Ad-Hoc οι υπολογιστές του ασύρματου δικτύου επικοινωνούν απευθείας ο ένας με τον άλλο, χωρίς τη χρήση σημείων πρόσβασης ή φυσικής σύνδεσης σε ενσύρματο δίκτυο. Η επιλογή μεταξύ «Ad-Hoc» και «Infrastructure» γίνεται πολύ εύκολα από το λογισμικό που συνοδεύει την ασύρματη κάρτα. Έτσι, ανάλογα με το δίκτυο με το οποίο θέλει να συνδεθεί ο χρήστης, επιλέγει από το λογισμικό τον αντίστοιχο τρόπο επικοινωνίας.
Μία πολύ σημαντική δυνατότητα του 802.11 είναι το «κλειδί» SSID (Service Set Identifier) για την πρόσβαση στο δίκτυο. Όλα τα σημεία πρόσβασης σε ένα ασύρματο δίκτυο έχουν το ίδιο SSID. Ο μηχανισμός αυτός αν χρησιμοποιηθεί σωστά παρέχει μία υποτυπώδη ασφάλεια στο δίκτυο, αφού για να συνδεθεί κανείς χρειάζεται να δηλώσει στο λογισμικό της ασύρματης κάρτας του τον κωδικό SSID. Είναι μάλιστα εφικτό ένας υπολογιστής να ρυθμιστεί με διαφορετικά SSID για την πρόσβαση σε διαφορετικά δίκτυα. Η επιλογή του σωστού SSID γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα από τον ίδιο το χρήστη. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα περισσότερα ασύρματα δίκτυα, το SSID δεν αποτελεί δικλίδα ασφαλείας αλλά ένα απλό αναγνωριστικό για την είσοδο στο δίκτυο. Εξάλλου, τα σημεία πρόσβασης μπορεί να είναι ρυθμισμένα να εκπέμπουν το SSID τους, συνεπώς, οποιοσδήποτε πλησιάσει στην εμβέλεια τους θα αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.

- **Bluetooth**

Το πρότυπο Bluetooth είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας διαφόρων μεγάλων κατασκευαστών από το χώρο των τηλεπικοινωνιών και της βιομηχανίας υπολογιστών και είναι αυτήν τη στιγμή ο κύριος εκπρόσωπος στα προσωπικά δίκτυα μικρής εμβέλειας. Σήμερα το συναντάμε σχεδόν παντού, στα κινητά τηλέφωνα, στους υπολογιστές παλάμης, στους φορητούς ή επιτραπέζιους υπολογιστές και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Όπως και τα προηγούμενα πρότυπα έτσι και αυτό χρησιμοποιεί την μπάντα των 2,4 GHz για την εκπομπή και τη λήψη ραδιοκυμάτων. Αυτό δημιουργεί προβλήματα παρεμβολών, αφού χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα λειτουργίας με το πρότυπο 802.11b. Σε γενικές γραμμές, οι δύο τεχνολογίες είναι δυνατόν να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο, αρκεί να μην είναι σε κοντινή απόσταση οι συσκευές των δύο δικτύων. Η χαμηλή διαμεταγωγή και η μικρή εμβέλεια σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος καθιστούν το Bluetooth ιδανικό για πάσης φύσεως συσκευές που δεν απαιτούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ούτε μεγάλη ακτίνα δράσης.

- **DECT**

Η γνωστή μας από τα ασύρματα τηλέφωνα τεχνολογία DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) είναι ουσιαστικά ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας το οποίο θεσπίστηκε στα μέσα του 1980 ως ένα πανευρωπαϊκό σύστημα επικοινωνίας για τα ασύρματα τηλέφωνα. Βασίζεται στην τεχνολογία TDMA (Time Division Multiple Access) και λειτουργεί μεταξύ των 1.880 και 1.900 MHz χρησιμοποιώντας διαμόρφωση GFSK. Το πρότυπο είναι σχεδιασμένο να παρέχει πρόσβαση σε οποιονδήποτε τύπο τηλεπικοινωνιακού δικτύου και για το λόγο αυτό υποστηρίζει πολλές διαφορετικές εφαρμογές και υπηρεσίες. Η ποιότητα της φωνητικής επικοινωνίας σε ένα σύστημα DECT είναι πολύ υψηλή όταν δεν υπάρχουν παρεμβολές. Σήμερα, η τεχνολογία DECT προσφέρει μεταφορά δεδομένων με ταχύτητες που κυμαίνονται περίπου στα 500 Kbps (ανάλογα με την υλοποίηση).

- **802.11a**

Το πρότυπο 802.11a ή Wi-Fi5, όπως το βάπτισε ο WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), είναι ο αντικαταστάτης του 802.11b. Το νέο πρότυπο της IEEE λειτουργεί στα 5 GHz της ζώνης ραδιοσυχνοτήτων του U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure), υποστηρίζοντας πενταπλάσια ταχύτητα διαμεταγωγής από το προκάτοχο του. Το 802.11a χρησιμοποιεί την μέθοδο OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), η οποία συγκριτικά με την DSSS προσφέρει περισσότερα κανάλια επικοινωνίας και μεγαλύτερες ταχύτητες διαμεταγωγής. Αυξημένο είναι βέβαια και το εύρος ζώνης του 802.11a που φτάνει τα 300 MHz. Η επιτροπή τηλεπικοινωνιών FCC (Federal Communications Commission) μοίρασε το συνολικό εύρος ζώνης σε τρεις περιοχές των 100 MHz, κάθε μια με διαφορετική ισχύ. Η υψηλότερη λειτουργεί από 5,725 έως 5,825 GHz με μέγιστη ισχύ 1 W. Η μεσαία λειτουργεί μεταξύ 5,25 έως 5,35 GHz με ισχύ 250 mW και η μικρότερη από 5,15 έως 5,25 GHz με ισχύ 50 mW. Οι συσκευές που εκπέμπουν στην υψηλότερη περιοχή, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια, ενώ οι συσκευές που εκπέμπουν στη μεσαία και χαμηλή περιοχή, είναι κατάλληλες για δίκτυα σε εσωτερικούς χώρους.

- **HyperLAN/2**

Το πρότυπο HyperLAN/2, είναι παρόμοιο με το 802.11a και αναπτύχθηκε από έναν ευρωπαϊκό φορέα (το Ινστιτούτο ETSI). Χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 300 MHz της περιοχής U-NII των 5 GHz και την ίδια μέθοδο μεταφοράς δεδομένων με το πρότυπο 802.11a, αλλά, διαφορετικό πρωτόκολλο εντοπισμού και διόρθωσης λαθών. Στις μέρες μας, όταν αναφέρεται κάποιος σε ασύρματο δίκτυο, ακούγεται συχνά η φράση «Wi-Fi». *Τι σημαίνει όμως «Wi-Fi»;* Η απάντηση δίδεται παρακάτω, κάνοντας και μια μικρή ιστορική ανασκόπηση. Την ίδια χρονιά που παρουσιάστηκε το 802.11b συστάθηκε και ο οργανισμός WECA, μέλη του οποίου είναι σήμερα όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές που δραστηριοποιούνται στο χώρο των ασύρματων δικτύων (και όχι μόνο). Σκοπός του WECA είναι να πιστοποιεί τη συμβατότητα των ασύρματων προϊόντων που ακολουθούν το πρότυπο 802.11b. Ο οργανισμός ελέγχει αν και κατά πόσο μια ασύρματη κάρτα ακολουθεί το πρότυπο 802.11b και βέβαια αν είναι συμβατή με άλλες διαφορετικών κατασκευαστών ή και κατηγοριών. Όποιο προϊόν «περάσει» τον έλεγχο αποκτά το

πιστοποιητικό «Wi-Fi», ακρώνυμο των λέξεων Wireless Fidelity που σημαίνει «Ασύρματη Πιστότητα». Αυτό που ουσιαστικά προσπαθεί ο WECA να πετύχει είναι η θέσπιση ενός στάνταρτ για τα ασύρματα προϊόντα 802.11b. Παρόλα αυτά, δεν έχουν όλα τα προϊόντα ασύρματης δικτύωσης που κυκλοφορούν αυτήν την στιγμή στην αγορά τη σφραγίδα του WECA, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν ακολουθούν τις προδιαγραφές του προτύπου 802.11b ή δεν μπορούν να συνεργαστούν με άλλες κάρτες.

1.3. Επικοινωνία Εφαρμογής

Η επικοινωνία μεταξύ της κινητής μονάδας και του σταθμού βάσης επιτυγχάνεται μέσω ενός ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN) με Σημεία Πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ένα Σημείο Πρόσβασης συνδεδεμένο με το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα της κινητής μονάδας και ένα άλλο συνδεδεμένο με το υπολογιστικό σύστημα του σταθμού βάσης. Στην Εικόνα 1.5, φαίνεται η συσκευή Access Point που χρησιμοποιείται στο WLAN.



Σχήμα 1.5 Η συσκευή Access Point

1.4 Λογισμικό Επικοινωνίας

Το λογισμικό επικοινωνίας χρησιμοποιείται για τον απομακρυσμένο έλεγχο της κινητής πλατφόρμας και για τη μετάδοση εικόνας και μετρήσεων από αυτήν.

- **Απομακρυσμένη διαχείριση δεδομένων (NetOp Remote Control):** Με το πρόγραμμα NetOp Remote Control της Danware μπορεί κανείς να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο υπολογιστή, να δει την οθόνη του και να πάρει τον έλεγχο των λειτουργιών του. Επίσης μπορεί να στείλει ή να λάβει αρχεία και να μιλήσει με τον απομακρυσμένο χρήστη με τη χρήση μικροφώνου και ηχείων. Με το NetOp Remote Control δίνεται η δυνατότητα σε κάποιο χρήστη (Guest P.C.) να συνδεθεί με κάποιον άλλο χρήστη (Host P.C). Στη συνέχεια ο χρήστης Guest αποκτά πλήρη έλεγχο των λειτουργιών του Host P.C και μπορεί να εκτελεί διάφορες εργασίες σε αυτό. Οι λειτουργίες και οι δυνατότητές του είναι πολλές και καθιστούν το NetOp Remote Control ως το πιο γρήγορο και ολοκληρωμένο πρόγραμμα απομακρυσμένης διαχείρισης στην κατηγορία του.

Μεταφορά εικόνας από πολλές κάμερες σε έναν Η/Υ (Active WebCam 5.5):

Το πρόγραμμα Active WebCam 5.5 έχει τη δυνατότητα μεταφοράς εικόνας από πολλές κάμερες σε έναν Η/Υ. Επιτυγχάνει capture εικόνων μέχρι και 30 πλαισίων ανά δευτερόλεπτο και μπορεί να δεχθεί εικόνα από κάμερες βίντεο μέσω USB και παράλληλης θύρας, από κάρτες τηλεοράσεων και από κάμερες συνδεδεμένες σε δίκτυο. Ακόμα, μπορεί να ξεκινήσει εγγραφή στο σκληρό δίσκο εάν παρατηρηθεί κίνηση στη λαμβανόμενη εικόνα και να σταματήσει την εγγραφή εάν δεν υπάρχει αρκετός ελεύθερος χώρος σε αυτόν. Επίσης, μπορεί να στείλει e-mail ή και να τρέξει ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα εάν ανιχνευθεί κίνηση σε συγκεκριμένες περιοχές της εικόνας που έχουν επιλεγεί. Έχει τη δυνατότητα προσθήκης user name και password για να έχει κανείς πρόσβαση σε κάθε μια κάμερα, ενώ το ίδιο μπορεί να γίνει και για να κάνει κάποιος αναπαραγωγή των μαγνητοσκοπημένων βίντεο. Οι δυνατότητες που προσφέρει το πρόγραμμα είναι ακόμη περισσότερες αλλά δεν κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω ανάλυσή τους. Το πρόγραμμα Active WebCam 5.5 της PY SOFTWARE θεωρείται από τα καλύτερα μεταξύ των προγραμμάτων του είδους του (Vision GS, Willing Webcam, TinCam).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

2.1 Γενικά

Στο δεύτερο κεφάλαιο αυτής της εργασίας γίνεται αναφορά στον αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας αυτός είναι προσαρμοσμένος επάνω στο τραπέζι και δίπλα από τον εικονολήπτη (Εικόνα 2.1). Ρόλος του αισθητήρα, είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας από μεγάλη απόσταση. Για το λόγο αυτό, ο αισθητήρας που επιλέχθηκε χρησιμοποιεί υπέρυθρη ακτινοβολία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Έχει τη δυνατότητα να μετρήσει θερμοκρασία μέχρι και +250ºC. Η έξοδός του δίδεται σε ρεύμα (mA) το οποίο είναι ανάλογο της θερμοκρασίας που μετράει. Η έξοδος του αισθητήρα οδηγείται σε ένα μετατροπέα A/D (Analog to Digital), ώστε να έχουμε μια έξοδο σε ψηφιακή μορφή. Η ανάγνωση της θερμοκρασίας από το χρήστη γίνεται μέσω κατάλληλου λογισμικού το οποίο την εμφανίζει σε γράφημα που ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο. Στη συνέχεια περιγράφεται η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων θερμοκρασίας υπερύθρων, γίνεται ανάλυση του κυκλώματος σύνδεσης του αισθητήρα με τον A/D converter και με τη κεντρική υπολογιστική μονάδα και αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του λογισμικού της εφαρμογής.

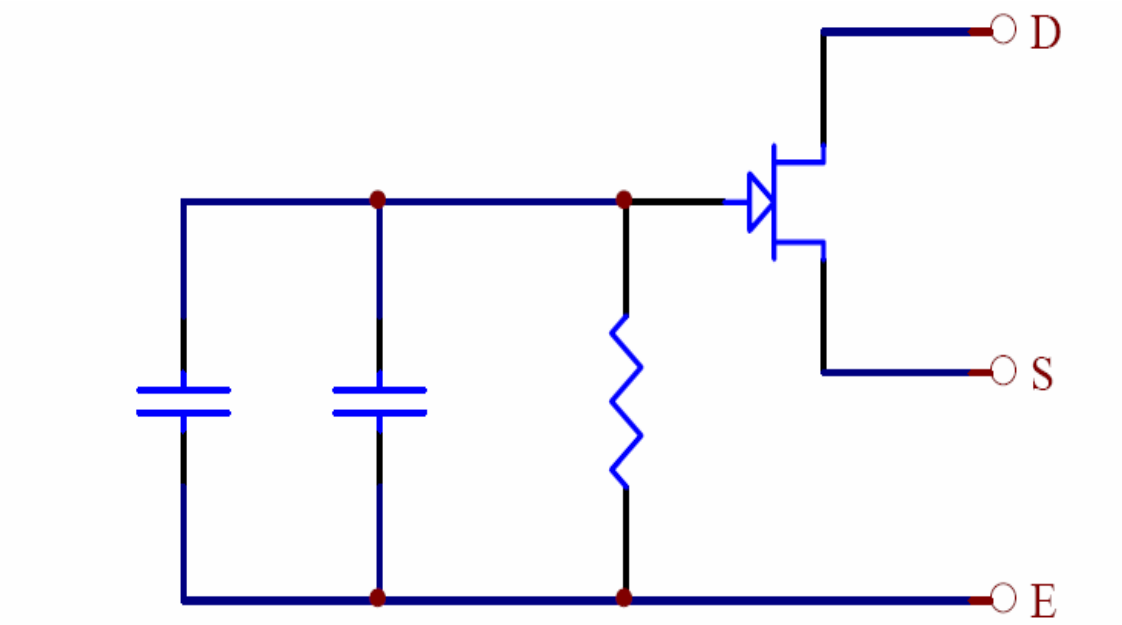


Σχήμα 2.1 Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας μαζί με την κάμερα

2.2 Αισθητήρας Θερμοκρασίας με Υπέρυθρες

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας διαχωρίζονται ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους και τις εφαρμογές τους. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας με υπέρυθρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους ενεργούς και στους παθητικούς.

Οι ενεργοί εκπέμπουν την ακτινοβολία μιας πηγής υπερύθρων στο χώρο και αντιλαμβάνονται τις αλλαγές φάσης και πλάτους της. Τέτοιου είδους αισθητήρες χρησιμοποιούν και οι κάμερες υπερύθρων για την παραγωγή της εικόνας τους.
Οι παθητικοί (Passive Infrared, PIR) λειτουργούν ανιχνεύοντας τη θερμική ακτινοβολία των σωμάτων. Τέτοιου είδους αισθητήρες χρησιμοποιούνται στους συναγερμούς για την ανίχνευση κίνησης έμβιων οργανισμών. Οι αισθητήρες αυτοί κατασκευάζονται από πυροηλεκτρικά υλικά. Τα υλικά αυτά είναι διηλεκτρικά υλικά των οποίων η επιφάνεια τους φορτίζεται όταν υπέρυθρες ακτίνες προσπέσουν πάνω τους. Κατασκευαστικά οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από έναν πυκνωτή με μια μεταλλική πλάκα και μια πλάκα από πυροηλεκτρικό υλικό με αγώγιμη επιφάνεια. Εξαιτίας του διαχωρισμού των φορτίων στο πυροηλεκτρικό υλικό που προκαλείται από την υπέρυθρη ακτινοβολία, αναπτύσσεται τάση ανάμεσα στις πλάκες του αισθητήρα ανάλογη της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Ο χρόνος απόκρισης των αισθητήρων στις αλλαγές της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι μεγάλος με αποτέλεσμα να μη γίνονται αντιληπτές αλλαγές της με ρυθμούς μεγαλύτερους από 0.2Hz – 1Hz. Επιπλέον, ο σχηματιζόμενος πυκνωτής έχει υψηλή σύνθετη αντίσταση και για αυτό το λόγο στην πράξη τα κυκλώματα των πυροηλεκτρικών αισθητήρων συνδυάζονται με ένα MOSFET που λειτουργεί ως απομονωτής και περιλαμβάνεται μαζί με τον πυκνωτή στο ίδιο κέλυφος (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Ισοδύναμο κύκλωμα μιας μονάδας παθυτικού αισθητήρα υπερήθρων

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πυροηλεκτρικών αισθητήρων είναι η ισοδύναμη ισχύς θορύβου τους, η ευαισθησία τους και η απόκριση συχνότητας της ευαισθησίας τους.
Η **ισοδύναμη ισχύς θορύβου** (Noise Equivalent Power, NEP) για συγκεκριμένη ενέργεια, ρυθμό μεταβολής και εύρος ζώνης σήματος είναι το

κατώτερο όριο ισχύος για το οποίο ο αισθητήρας είναι χρήσιμος. Σήματα κάτω από αυτό το όριο θα καταπνίγονται από το θόρυβο. Η ισοδύναμη ισχύς θορύβου ενός τυπικού αισθητήρα είναι 10-9Watt.

Η **ευαισθησία** εκφράζεται σε V/W ή A/W κι αντιστοιχεί στην τάση ή το ρεύμα εξόδου του αισθητήρα ανά μονάδα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, για συγκεκριμένο μήκος κύματος ή θερμοκρασία χρώματος της πηγής. Τυπική τιμή της είναι 3200V/W.

Η **απόκριση συχνότητας** της ευαισθησίας τους εκφράζει τη μεταβολή της ευαισθησίας τους συναρτήσει της συχνότητας διαμόρφωσης της λαμβανόμενης ακτινοβολίας (κι όχι της συχνότητας της ίδιας της ακτινοβολίας). Έχει τη μορφή απόκρισης χαμηλοπερατού φίλτρου με ανώτερη συχνότητα αποκοπής περίπου 1Hz.

2.3 Κύκλωμα Μέτρησης Θερμοκρασίας από Απόσταση

Το κύκλωμα μέτρησης της θερμοκρασίας αποτελείται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας με υπέρυθρες και ένα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας «CALEX» και μπορεί να μετρήσει θερμοκρασία από απόσταση, χωρίς να βρίσκεται σε επαφή με το υπό μέτρηση αντικείμενο. Είναι ένας παθητικός αισθητήρας υπερύθρων (PIR) ο οποίος με ένα κύκλωμα ενίσχυσης και σύγκρισης μπορεί να μετράει τη θερμοκρασία του σημείου όπου σκοπεύει. Η έξοδός του δίδεται σε ρεύμα (mA). Μετράει θερμοκρασίες από 0ºC μέχρι +250ºC και η έξοδός του μεταβάλλεται γραμμικά και ανάλογα με τη θερμοκρασία, από 4-20mA. Στον Πίνακα 2.1 φαίνονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα θερμοκρασίας υπερύθρων και στην Εικόνα 2.2 φαίνεται η όψη του.

Πίνακας 2.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα θερμοκρασίας με υπέρυθρες

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Έξοδος	4 – 20 mA
Ακρίβεια	±1% της εξόδου ή ±1ºC (το μεγαλύτερο)
Ικανότητα Επανάληψης	±0,5% της εξόδου ή ±0,5ºC (το μεγαλύτερο)
Χρόνος Απόκρισης	200 ms
Περιοχή Φάσματος	8 – 14 μm
Τροφοδοσία	24 V DC
Μέγιστη Αντίσταση Βρόγχου	750 Ω



Εικόνα 2.2: Αισθητήρας θερμοκρασίας με υπέρυθρες

Η έξοδος του αισθητήρα είναι ρεύμα που αλλάζει γραμμικά ανάλογα με τη μετρούμενη θερμοκρασία. Επειδή είναι απαραίτητο η παρουσίαση της μετρούμενης θερμοκρασίας να γίνεται στον Η/Υ του σταθμού βάσης, το σήμα εξόδου του μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή. Για τον παραπάνω σκοπό χρησιμοποιήθηκε μία κάρτα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και συγκεκριμένα η DI-700 της εταιρίας «DATAQ INSTRUMENTS». Η κάρτα αυτή συνοδεύεται από λογισμικό για το οποίο γίνεται αναφορά στην επόμενη παράγραφο. Μερικά από τα πιο σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά της DI-700 είναι:

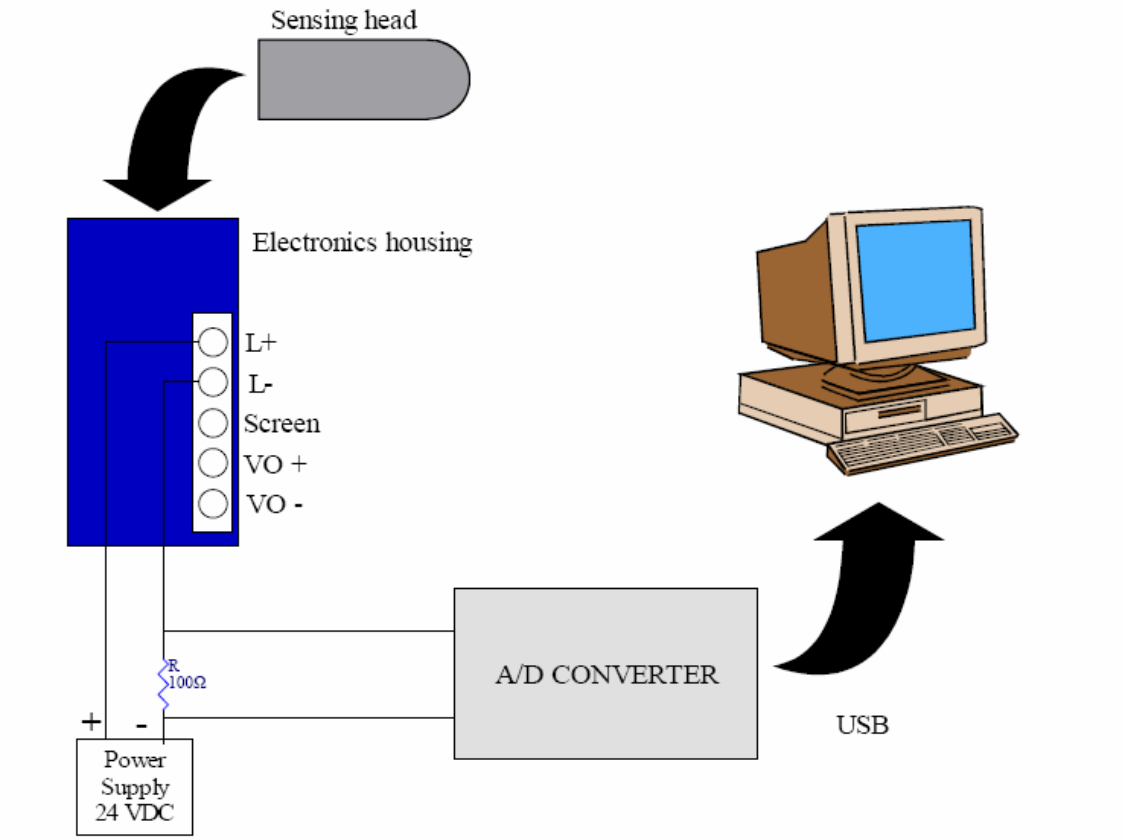
Σύνδεση μέσω USB με οποιονδήποτε Η/Υ
16 αναλογικά κανάλια εισόδου & 8 ψηφιακά κανάλια εισόδου
8 ψηφιακά κανάλια εξόδου
Ξεχωριστές ρυθμίσεις για κάθε κανάλι
Τροφοδοσία μέσω USB χωρίς την απαίτηση εξωτερικής τροφοδοσίας
Μέγιστη δειγματοληψία 975 δείγματα/sec

Μεγάλη ανάλυση μέτρησης (16 bit)
Μικρή πιθανότητα σφάλματος (1 bit / 1 KHz sample rate)



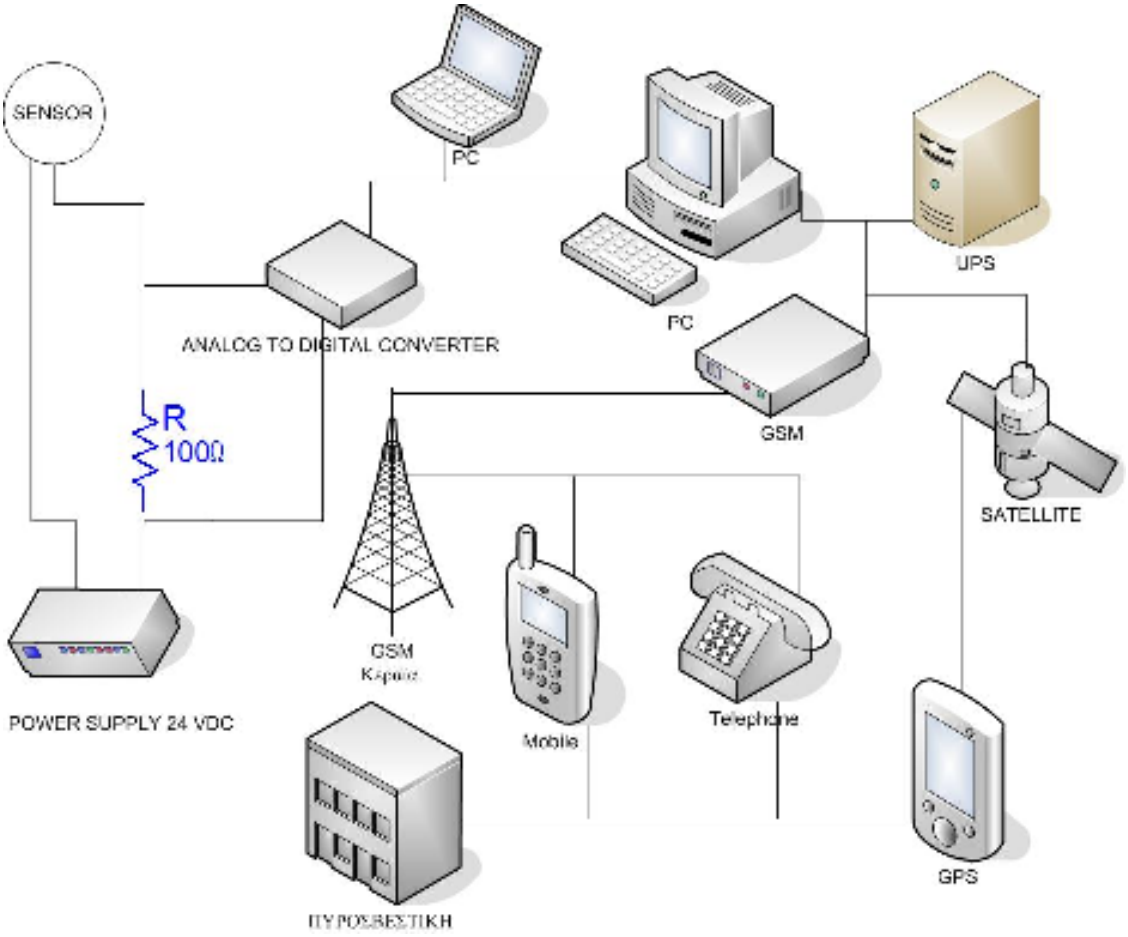
Εικόνα 2.3: Κάρτα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

Οι συνδέσεις του κυκλώματος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και η ένδειξη αυτής στον Η/Υ φαίνονται στο Σχήμα 2.4. Επειδή ο μετατροπέας έχει εισόδους τάσης και όχι ρεύματος, προστέθηκε στο κύκλωμα μια αντίσταση (100 Ω) στην οποία αναπτύσσεται μια ανάλογη τάση, που οδηγείται τελικά σε μια από τις αναλογικές εισόδους του μετατροπέα.



Σχήμα 2.4 Συνδεσμολογίας κυκλώματος για την μέτρηση της θερμοκρασίας

Το διάγραμμα που ακολουθεί αφορά όλο τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται όλα τα μέσα μεταξύ του



2.4 Λογισμικό Εφαρμογής

Το λογισμικό της εφαρμογής χρησιμοποιείται για την εγγραφή, τη μέτρηση και την γραφική αναπαράσταση των αναλογικών σημάτων στον Η/Υ αλλά και την επεξεργασία των αποθηκευμένων μετρήσεων.
Συλλογή πληροφοριών (WINDAQ Acquisition): Με το πρόγραμμα WINDAQ Acquisition της DATAQ INSTRUMENTS μπορεί κανείς να παρακολουθήσει και να καταγράψει στο σκληρό δίσκο την έξοδο τεσσάρων καναλιών του A/D μετατροπέα. Σε κάθε κανάλι μπορεί να γίνει ξεχωριστή ρύθμιση του κέρδους (x1, x10, x100 ή x1000) και του τρόπου εμφάνισης της κυματομορφής (Average, Last Point, Maximum, Minimum, RMS και Frequency). Επιπλέον το πρόγραμμα επιτρέπει τη βαθμονόμηση του κάθε καναλιού, αντιστοιχώντας τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη μετρούμενη τιμή σε διαφορετικά όρια τιμών και μονάδα μέτρησης. Μια ακόμα σημαντική ρύθμιση που μπορεί να γίνει μέσω του προγράμματος είναι η επιλογή του ρυθμού δειγματοληψίας που μπορεί να φθάσει τα 976 δείγματα/sec.

Επεξεργασία κυματομορφών (WINDAQ Waveform Browser): Το

πρόγραμμα αυτό παρέχει τη δυνατότητα της εμφάνισης των αποθηκευμένων κυματομορφών και της ανάλυσης των μετρήσεων. Ακόμα, παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε άλλο πρόγραμμα (π.χ. Microsoft Excel) αλλά και της εμφάνισης στατιστικών. Επιπλέον, εμφανίζει τον πραγματικό χρόνο λήψης κάθε μέτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

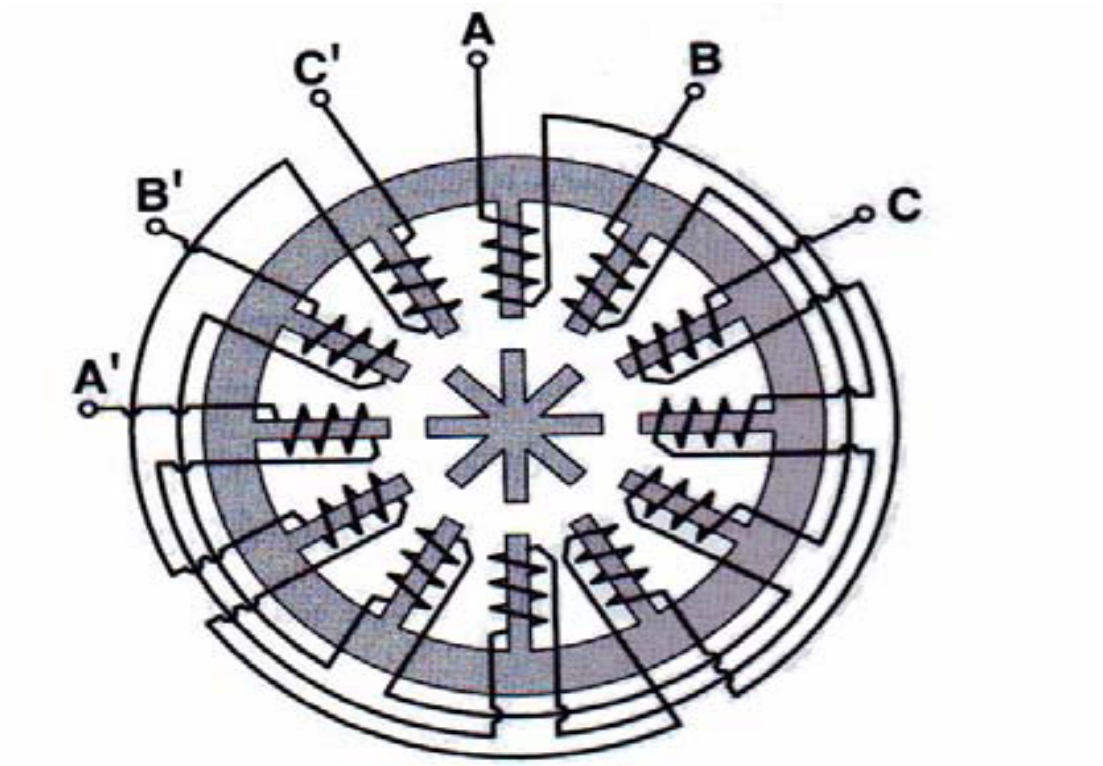
ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

3.1 Γενικά

Δεν είναι λίγες οι φορές που ένας ηλεκτρονικός καλείται να συνδυάσει ένα τυπικό κύκλωμα ελέγχου με έναν κινητήρα προκειμένου να επιτύχει την κίνηση ενός φορτίου ή γενικότερα την περιστροφή ενός άξονα. Ο απλούστερος τρόπος να το πετύχει είναι με τη χρήση ενός συνηθισμένου κινητήρα Συνεχούς (DC) ή Εναλλασσομένου Ρεύματος (AC) που έχουν χαμηλό κόστος και συνάμα οδηγούνται από σχετικά απλά κυκλώματα. Μια περισσότερο όμως προσεκτική μελέτη αποδεικνύει πως αυτή η λύση δεν είναι τόσο καλή όσο φαίνεται με την πρώτη ματιά. Και αυτό γιατί με ένα τέτοιο εξάρτημα είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί η ακριβής θέση και η ταχύτητα περιστροφής του περιστρεφόμενου άξονα και κατ' επέκταση το κατά πόσο έχει μετακινηθεί το φορτίο που είναι προσαρμοσμένο σε αυτόν. Αν κάποιος θελήσει να μάθει την ακριβή θέση του τελευταίου θα πρέπει να εξασφαλίσει την παρουσία κατάλληλων κυκλωμάτων με ανάδραση θέσης (κυκλώματα κλειστού βρόγχου) χωρίς να αποκλείσει τη χρήση φρένων και συμπλεκτών. Η καλύτερη λύση προβλέπει τη χρήση βηματικών κινητήρων, ενός είδους ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων, ικανών να μετατρέπουν το πλήθος και τη συχνότητα των παλμών που τους διεγείρουν σε γωνία και ταχύτητα περιστροφής του άξονα τους αντίστοιχα.
Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε υπολογιστές και περιφερειακά τους (σαρωτές, μηχανισμούς σκληρών ή μαλακών δίσκων, εκτυπωτές κλπ), φωτογραφικές μηχανές, τηλεσκόπια και σε συστήματα προσανατολισμού δορυφορικών κεραιών, ιατρικά μηχανήματα, ρομποτικούς βραχίονες, συστήματα ανάγνωσης γραμμωτού κώδικα και ηλεκτρομηχανικά συστήματα ή εργαλεία ακριβείας.
Με την πρώτη ματιά οι βηματικοί κινητήρες ξεχωρίζουν από τους συνηθισμένους στο μέγεθος, στο βάρος αλλά και στο πλήθος των καλωδίων που καταλήγουν σε αυτούς. Στην πραγματικότητα οι ουσιαστικές διαφορές τους βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Για την κατανόηση της λειτουργίας τους και την αξιολόγησή τους, ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στους τύπους των συγκεκριμένων κινητήρων.

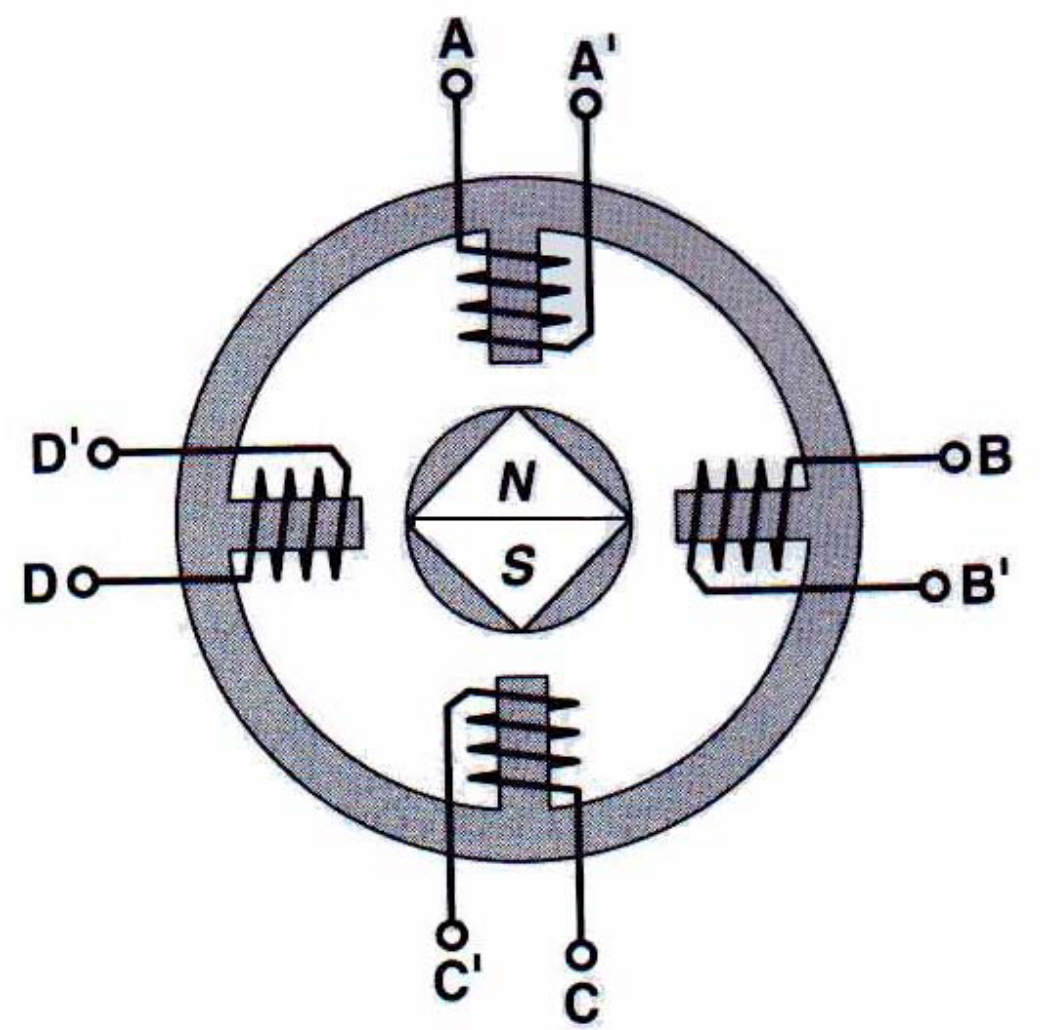
3.2 Κινητήρας Μεταβλητής Αντίδρασης

Αυτός ο τύπος κινητήρα στερείται μονίμων μαγνητών. Για το λόγο αυτό η περιστροφή του άξονά του πραγματοποιείται χωρίς την επίδραση κάποιας εξαναγκασμένης ή ‘ανασταλτικής’ ροπής. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου η ανάγκη μεγάλων ροπών είναι μικρή (π.χ. για τη μετακίνηση δρομέων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων).



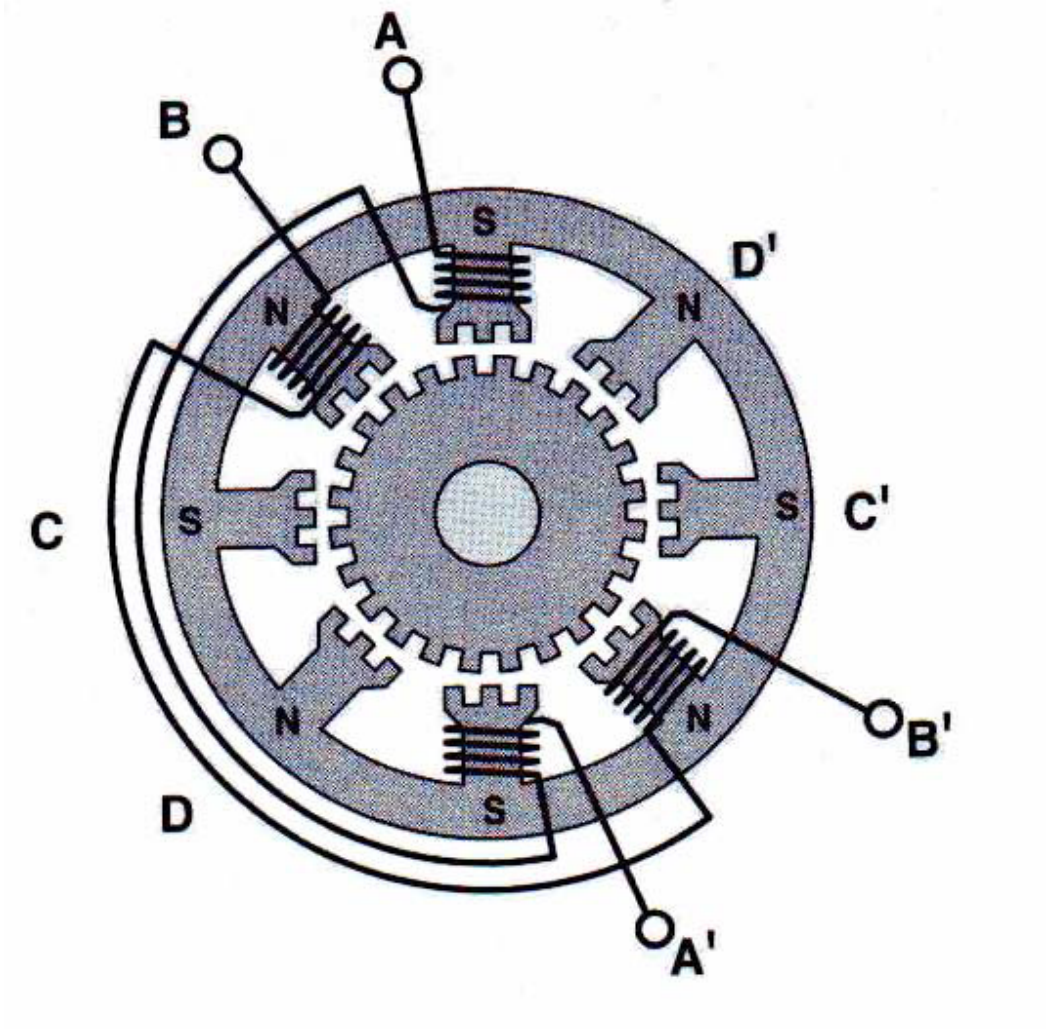
3.3 Κινητήρας Μόνιμου Μαγνήτη

Αντίθετα με τον προηγούμενο τύπο, ο συγκεκριμένος βασίζεται σε μόνιμους μαγνήτες τοποθετημένους στο κινούμενο στέλεχός του, το δρομέα. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής, την εξ’ ίσου χαμηλή ροπή του και τους μεγάλους βηματισμούς (κάθε βήμα αντιστοιχεί σε 45º ή 90º). Το χαμηλό όμως κόστος του αντισταθμίζει τις οποιεσδήποτε αδυναμίες κάνοντας τον ιδανικό σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος όπως π.χ. στους εκτυπωτές ψεκασμού.



3.4 Υβριδικός Κινητήρας

Ο υβριδικός κινητήρας συνδυάζει τα θετικά χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων τύπων με λιγότερα μειονεκτήματα. Αναγνωρίζεται εύκολα από το σταθερό τμήμα του (το στάτη) με τις πολλαπλές οδοντώσεις και το μόνιμο μαγνήτη που έχει στο δρομέα. Σε κάθε βήμα του στρέφεται κατά 0.9º, 1.8º ή 3.6º και χαρακτηρίζεται από υψηλή στατική και δυναμική ροπή. Τα δύο τελευταία γνωρίσματα του επιτρέπουν να στρέφεται αξιόπιστα σε μεγάλες ταχύτητες, γεγονός που τον κάνει ιδανικό στις βιομηχανικές εφαρμογές. Οι πιο συνηθισμένοι υβριδικοί κινητήρες έχουν βήμα που αντιστοιχεί σε γωνία 1.8º.



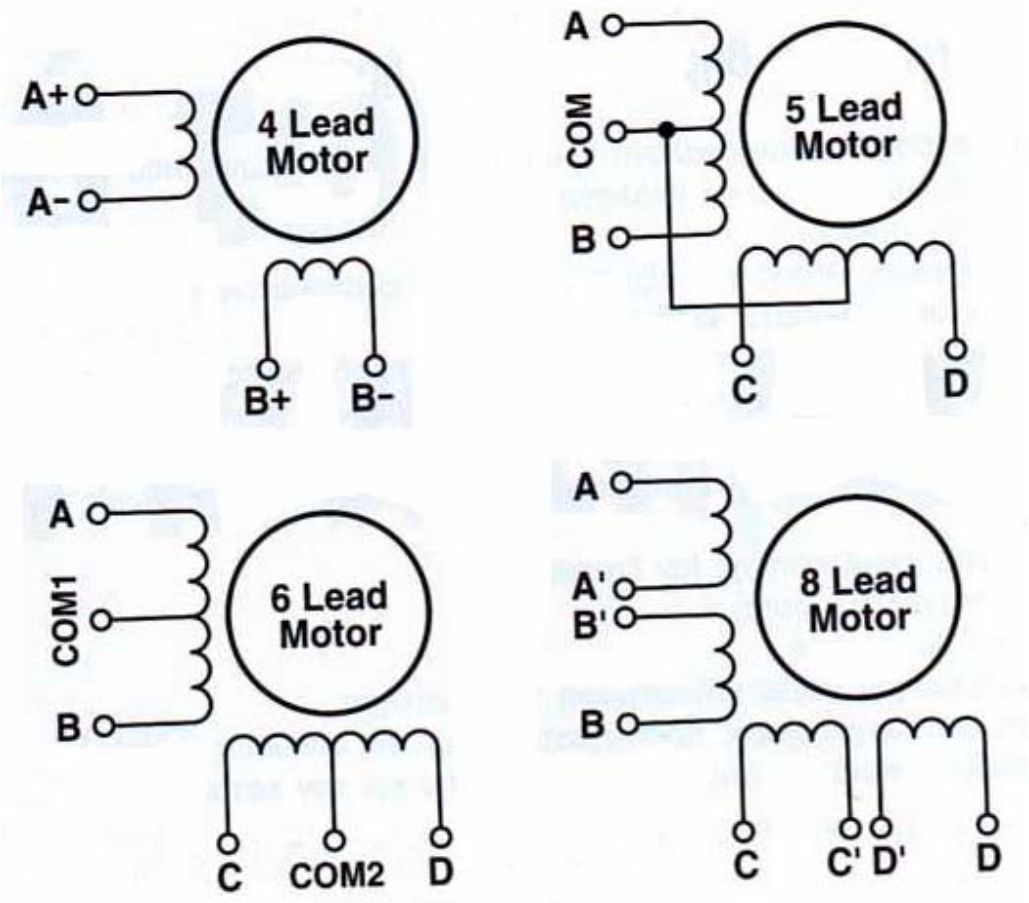
Πέρα από την κατηγοριοποίηση των βηματικών κινητήρων σύμφωνα με τον τύπο τους και την αρχή λειτουργίας τους, οι βηματικοί κινητήρες ομαδοποιούνται και με κριτήριο τις διαστάσεις τους (τη διάμετρο του σώματός τους). Αν π.χ. ένας κινητήρας έχει μέγεθος 23, το 'σώμα' του έχει διάμετρο 2.3 ίντσες. Τα συνηθισμένα μεγέθη είναι τα 11, 17, 23, 34 και 43. Τα επίπεδα ισχύος που δουλεύουν οι βηματικοί κινητήρες κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες mWatt (μικροί κινητήρες) έως αρκετά Watt (μεγαλύτεροι κινητήρες). Η μέγιστη ισχύς απωλειών που μπορούν να αντέξουν καθορίζεται από τα θερμικά χαρακτηριστικά των τυλιγμάτων τους. Αυτά όμως σημειώνονται σπάνια στα συνοδευτικά τεχνικά εγχειρίδια, αναγκάζοντας τους σχεδιαστές να θεωρούν σαν όριο λειτουργίας τους εκείνο που μετράται όταν η θερμοκρασία που αναπτύσσει το σώμα του κινητήρα ξεπεράσει κατά 65ºC τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Είναι προφανές πως αν ο κινητήρας ψύχεται, οι απώλειές του μειώνονται σημαντικά. Όταν ένα φασικό τύλιγμα του στάτη ενός κινητήρα διαρρέεται από ρεύμα, αναπτύσσει γύρω του μαγνητική ροή που επιδρά στο δρομέα. Ο τελευταίος, προκειμένου να εξισορροπήσει τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν στρέφεται κατά μια συγκεκριμένη γωνία και ηρεμεί. Αν οι φάσεις του κινητήρα ενεργοποιούνται η μια μετά την άλλη, τότε ο δρομέας θα αλλάζει συνεχώς γωνία και θα περιστρέφεται. Το μέγεθος της ροπής που αναπτύσσεται

από ένα βηματικό κινητήρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ανάμεσα στους οποίους ξεχωρίζουν η ταχύτητα βηματισμού, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα τυλίγματα όπως επίσης και το είδος της βαθμίδας οδήγησής τους. Αιτία δημιουργίας της ροπής αποτελεί η αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών του στάτη και του δρομέα. Πιο συγκεκριμένα, η ροπή αναπτύσσεται τη στιγμή που οι δύο ροές μετατοπίζονται η μία σε σχέση με την άλλη. Ο στάτης είναι κατασκευασμένος από υλικό υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας που έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό της μαγνητικής ροής στο σώμα του. Αυτό έχει σα συνέπεια την συγκέντρωση της ροής στους πόλους που περιστοιχίζουν το δρομέα. Η ροπή που αναπτύσσεται είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής που με τη σειρά της είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το εκάστοτε διεγερμένο τύλιγμα.

Σαν φάσεις ορίζουμε το σύνολο των διαφορετικών ‘διαδρομών’ που μπορεί να ακολουθήσει η μαγνητική ροή στα τυλίγματα του στάτη. Γενικά, οι βηματικοί κινητήρες εργάζονται με δύο φάσεις, αν και κάποιοι εργάζονται με τρεις ή με πέντε. Ένας διπολικός κινητήρας βασίζει τη λειτουργία του σε ένα τύλιγμα για κάθε φάση. Αντίθετα ένας μονοπολικός διαθέτει ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη ή και δύο τυλίγματα για κάθε μια φάση.

Σήμερα οι βηματικοί κινητήρες διατίθενται στην αγορά σε πολλές παραλλαγές που μεταξύ άλλων ξεχωρίζουν από το πλήθος των καλωδίων που βγαίνουν από αυτούς. Πιο αναλυτικά ισχύουν τα παρακάτω:

Καλώδια Κινητήρα	**Μορφή Συνδεσμολογίας**
4 καλώδια	Διπολική
5 καλώδια	Μονοπολική
6 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς)
8 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς) Διπολική (παράλληλη σύνδεση)



Βασικές συνδεσμολογίες κινητήρων με 4, 5, 6 και 8 καλώδια

Οι πόλοι αποτελούν εκείνα τα σημεία του κινητήρα όπου συγκεντρώνεται η μαγνητική ροή. Συνήθως ο αριθμός των πόλων του στάτη συμπίπτει με τον αριθμό των πόλων του δρομέα. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις όπου οι δύο αριθμοί διαφέρουν. Η γωνία κατά την οποία στρέφεται ο άξονας του κινητήρα σε λειτουργία πλήρους βήματος ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

Γωνία = 360 / (nph x ph) = 360 / n
όπου
nph = ο αριθμός των ισοδύμαμων ζευγών πόλων
ph = ο αριθμός των πόλων του δρομέα
n = ο συνολικός αριθμός πόλων (σε όλες τις φάσεις)
Η παραπάνω σχέση έχει νόημα μόνο όταν ο αριθμός των πόλων του στάτη και του δρομέα είναι ίδιος.
Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να οδηγηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, οι σημαντικότεροι των οποίων αναφέρονται παρακάτω.

Οδήγηση Κύματος

Κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου είναι η οδήγηση μιας μόνο φάσης κάθε χρονική στιγμή. Αυτό σημαίνει πως για ένα μονοπολικό κινητήρα αξιοποιείται μόνο το 25% των τυλιγμάτων του, ενώ για ένα διπολικό μόνο το 50%.

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1	■			
2		■		
3			■	
4				■

Οδήγηση Πλήρους Βήματος

Σε αυτόν τον τρόπο ενεργοποιούνται κάθε χρονική στιγμή δύο διαφορετικές φάσεις. Έτσι, σε ένα μονοπολικό κινητήρα αξιοποιείται το 50% των τυλιγμάτων του ενώ σε ένα διπολικό το 100%.

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1	■	■		
2		■	■	
3			■	■
4	■			■

Οδήγηση Μισού Βήματος

Όπως φαίνεται και από το χαρακτηριστικό γράφημα, ο τρόπος αυτός ‘συμπλέκει’ τα δύο προηγούμενα υποχρεώνοντας τον κινητήρα να στρέφεται κατά γωνία ίση με το μισό της ονομαστικής. Η αξιοποίηση των τυλιγμάτων για τα δύο είδη κινητήρων είναι ίση με 37.5% ή 75% (μέσες τιμές).

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1	■	■		
2		■		
3		■	■	
4			■	
5			■	■
6				■
7	■			■
8	■			

Μικροβηματισμός

Το ρεύμα των τυλιγμάτων μεταβάλλεται συνεχώς αναγκάζοντας τον άξονα του κινητήρα να στρέφεται κατά συγκεκριμένα κλάσματα της γωνίας που αντιστοιχεί στο πλήρες βήμα.

Στη συνέχεια αναφέρονται κάποια σημαντικά τεχνικά στοιχεία των βηματικών κινητήρων και η αντίστοιχη ορολογία για την καλύτερη κατανόησή τους.

• **Ροπή συγκράτησης**

Η μέγιστη σταθερή ροπή που μπορεί να εφαρμοσθεί στον άξονα ενός διεγειρόμενου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται η συνεχής περιστροφή του.

• **Ανασταλτική ροπή**

Η μέγιστη σταθερή ροπή που μπορεί να εφαρμοσθεί στον άξονα ενός μη διεγειρόμενου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται η συνεχής περιστροφή του.

• **Καμπύλη ταχύτητα / ροπής**

Η χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας / ροπής ενός βηματικού κινητήρα εξαρτάται άμεσα από το κύκλωμα οδήγησης, τον τρόπο διέγερσης και την αδράνεια του φορτίου.

• **Μέγιστη συχνότητα εκκίνησης**

Η μέγιστη συχνότητα των παλμών που επιτρέπουν σε ένα αφόρτιστο κινητήρα να εκκινεί την περιστροφή και να συνεχίζει να στρέφεται χωρίς να 'χάνει' βήματα ή να σταματά χωρίς να κάνει περισσότερα βήματα από το πλήθος των παλμών οδήγησης.

• **Ροπή ανατροπής (pullout)**

Η μέγιστη ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα ενός βηματικού κινητήρα που στρέφεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς να προκαλείται απώλεια βημάτων.

• **Ροπή εκκίνησης (pull in)**

Η μέγιστη ροπή για την οποία ένας βηματικός κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει, να σταματήσει ή να αλλάξει φορά περιστροφής χωρίς να χάσει κάποιο βήμα.

• **Ακρίβεια**

Η διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης του άξονα σε σχέση με τη θεωρητική. Εκφράζεται σε ποσοστιαία αναλογία (τυπική τιμή +/-5%) και δεν είναι αθροιστική.

• **Σφάλμα υστέρησης**

Πρόκειται για το μέγιστο αθροιστικό σφάλμα της θεωρητικής από την πραγματική θέση όταν ο άξονας στρέφεται προς τη μια και την άλλη κατεύθυνση.

• **Συντονισμός**

Οι βηματικοί κινητήρες έχουν κατασκευαστεί ώστε να στρέφουν τον άξονά τους κατά μια ορισμένη γωνία κάθε φορά που διεγείρονται από έναν παλμό. Μέσα σε αυτό το διάστημα πρέπει να εκκινήσουν την περιστροφή του άξονα, να τον οδηγήσουν στην νέα του θέση, να τον επιβραδύνουν και τέλος να τον σταματήσουν.

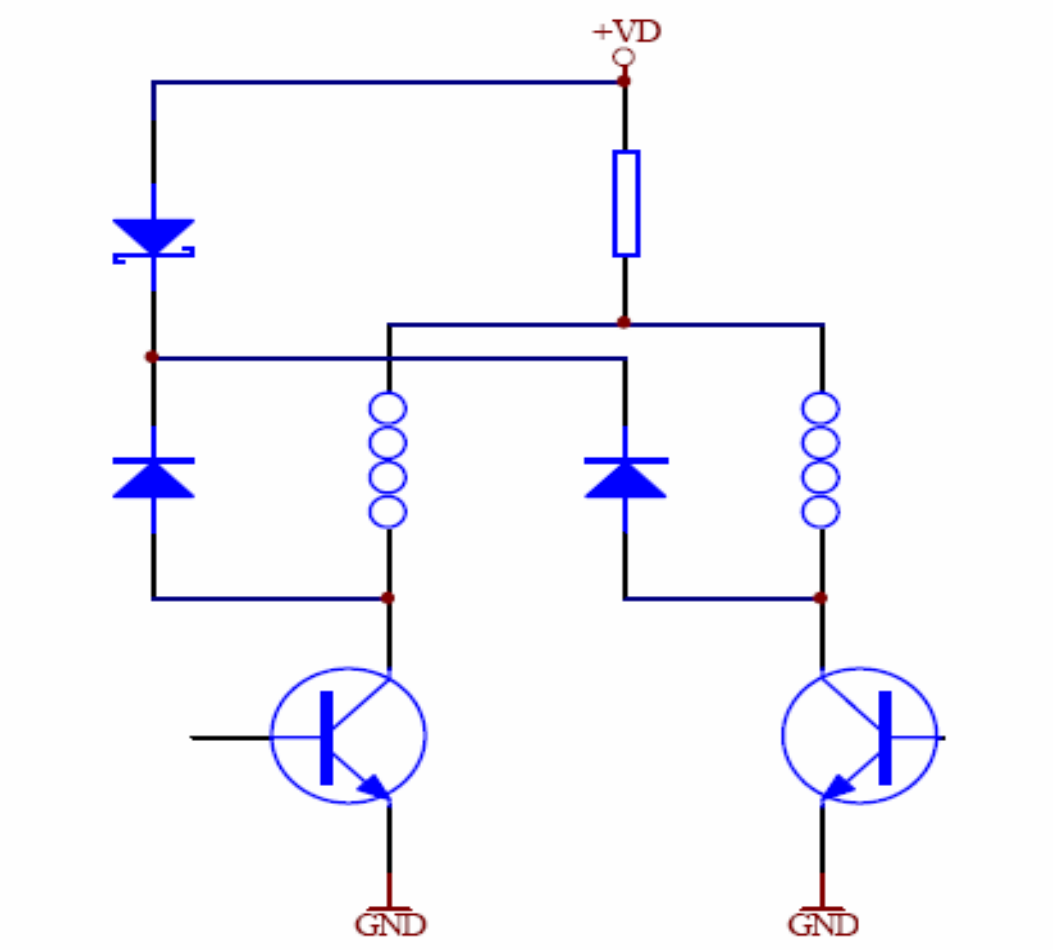
Το σύνολο αυτών των ενεργειών προκαλεί ταλαντώσεις, υπερβάσεις της τελικής θέσης και δονήσεις. Ακόμα, το πιο πιθανό είναι πως για μερικές συχνότητες παλμών οδήγησης ο κινητήρας παραμένει αδρανής. Οι συχνότητες αυτές ονομάζονται συχνότητες

συντονισμού. Οι σχεδιαστές φροντίζουν να σχεδιάζουν τα προϊόντα τους με τέτοιον τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα ύπαρξης τέτοιων συχνοτήτων μέσα στα προβλεπόμενα όρια λειτουργίας του κινητήρα. Ένας τρόπος για να το πετύχουν είναι η προσθήκη μηχανικών συστημάτων απόσβεσης ή η οδήγησή τους με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Ένα τυπικό κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων καλείται να εκτελεί αδιάκοπα δύο διαφορετικές εργασίες:

1. Να τροποποιεί τη μαγνητική ροή μέσα από μια φάση ελέγχοντας τη φορά κίνησης του ρεύματος ή τη διαδρομή που ακολουθεί.

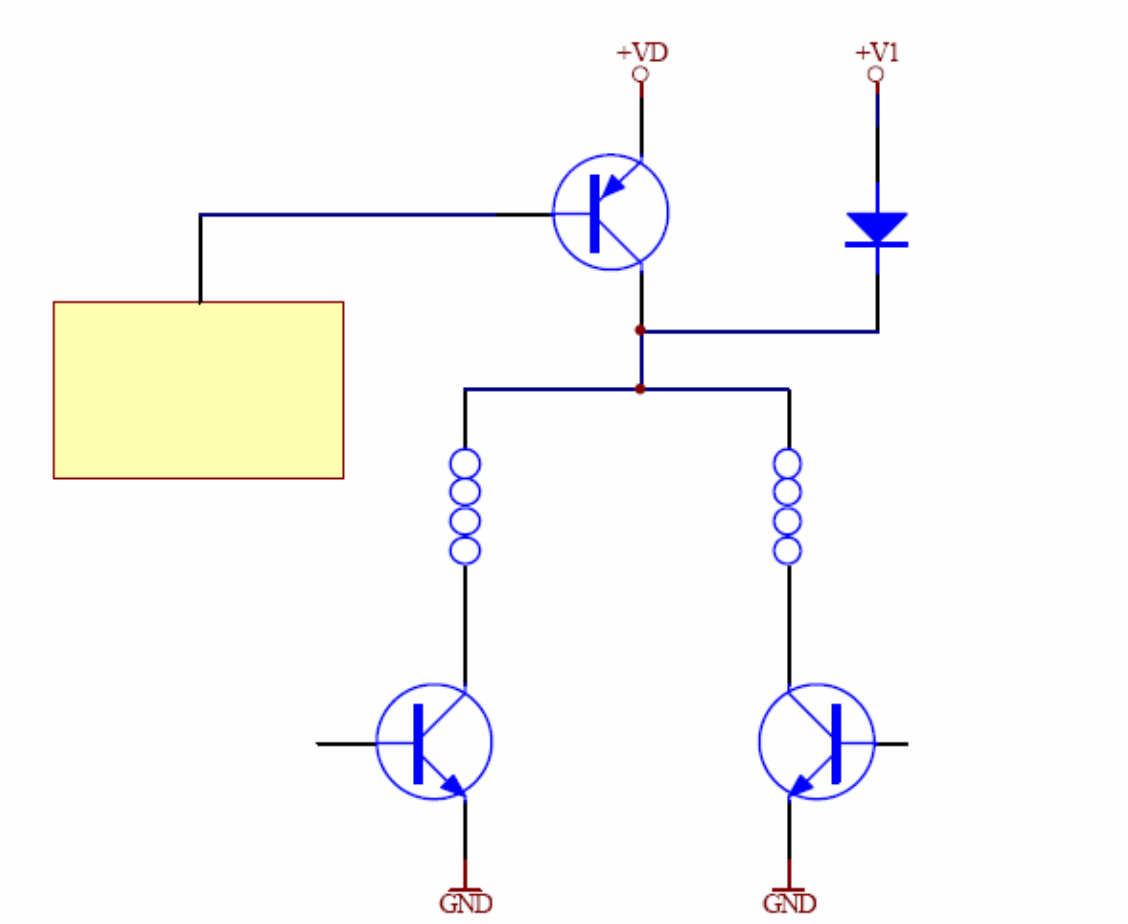
2. Να ελέγχει και να περιορίζει την ένταση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα έτσι ώστε οι χρόνοι ανύψωσης και πτώσης να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή απόδοση του κινητήρα. Για να μπορεί ένας κινητήρας να στρέφεται συνεχώς (κάνοντας μικρά βήματα) είναι απαραίτητος ο έλεγχος της μαγνητικής ροής σε κάθε μια φάση ξεχωριστά. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται επεμβαίνοντας στη φορά του ρεύματος που διεγείρει το τύλιγμα της κάθε φάσης. Υπάρχουν δύο τρόποι επέμβασης, ανάλογα με το αν ο κινητήρας είναι διπολικός ή μονοπολικός.

Σε ένα διπολικό κινητήρα η φορά κίνησης του ρεύματος αλλάζει κάθε φορά που αλλάζει και η πολικότητα της επιβαλλόμενης τάσης στο τύλιγμα της φάσης. Για να γίνει δυνατή μια τέτοια αλλαγή απαιτούνται τέσσερις (ηλεκτρονικοί) διακόπτες για κάθε φάση.
Οι μονοπολικοί κινητήρες διαθέτουν ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη. Τροφοδοτώντας με ρεύμα τη μεσαία λήψη και κατευθύνοντας το ρεύμα προς τη μια ή την άλλη πλευρά του τυλίγματος, καταφέρνουμε να αντιστρέψουμε τη φορά της μαγνητικής ροής. Σε μια τέτοια συνδεσμολογία απαιτούνται δύο μόνο (ηλεκτρονικοί) διακόπτες. Ο έλεγχος του ρεύματος τροφοδοσίας του βηματικού κινητήρα αποτελεί αντικείμενο πρωταρχικής σημασίας, αν ληφθεί υπόψη ότι μέσω αυτού επιτυγχάνεται αισθητά η μείωση των απωλειών ισχύος στα τυλίγματα όπως επίσης και ο προσδιορισμός με ακρίβεια της αναπτυσσόμενης ροπής. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές κατηγορίες κυκλωμάτων: αυτά που περιορίζουν το ρεύμα στις επιθυμητές τιμές και εκείνα που βασίζονται στον κερματισμό. Και τα δύο εργάζονται εξ' ίσου καλά τόσο σε διπολικούς όσο και σε μονοπολικούς κινητήρες. Τα κυκλώματα που βασίζονται στον περιορισμό ρεύματος μέσω αντίστασης έχουν συνήθως μια αντίσταση τοποθετημένη σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα (Σχήμα 3.1). Η αντίσταση αυτή εκτός του ότι προκαλεί πτώση τάσης, δρα ως αντίσταση περιορισμού, υποβιβάζοντας το ρεύμα στην επιθυμητή τιμή. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου εντοπίζεται στην άσκοπη κατανάλωση ισχύος στην αντίσταση.



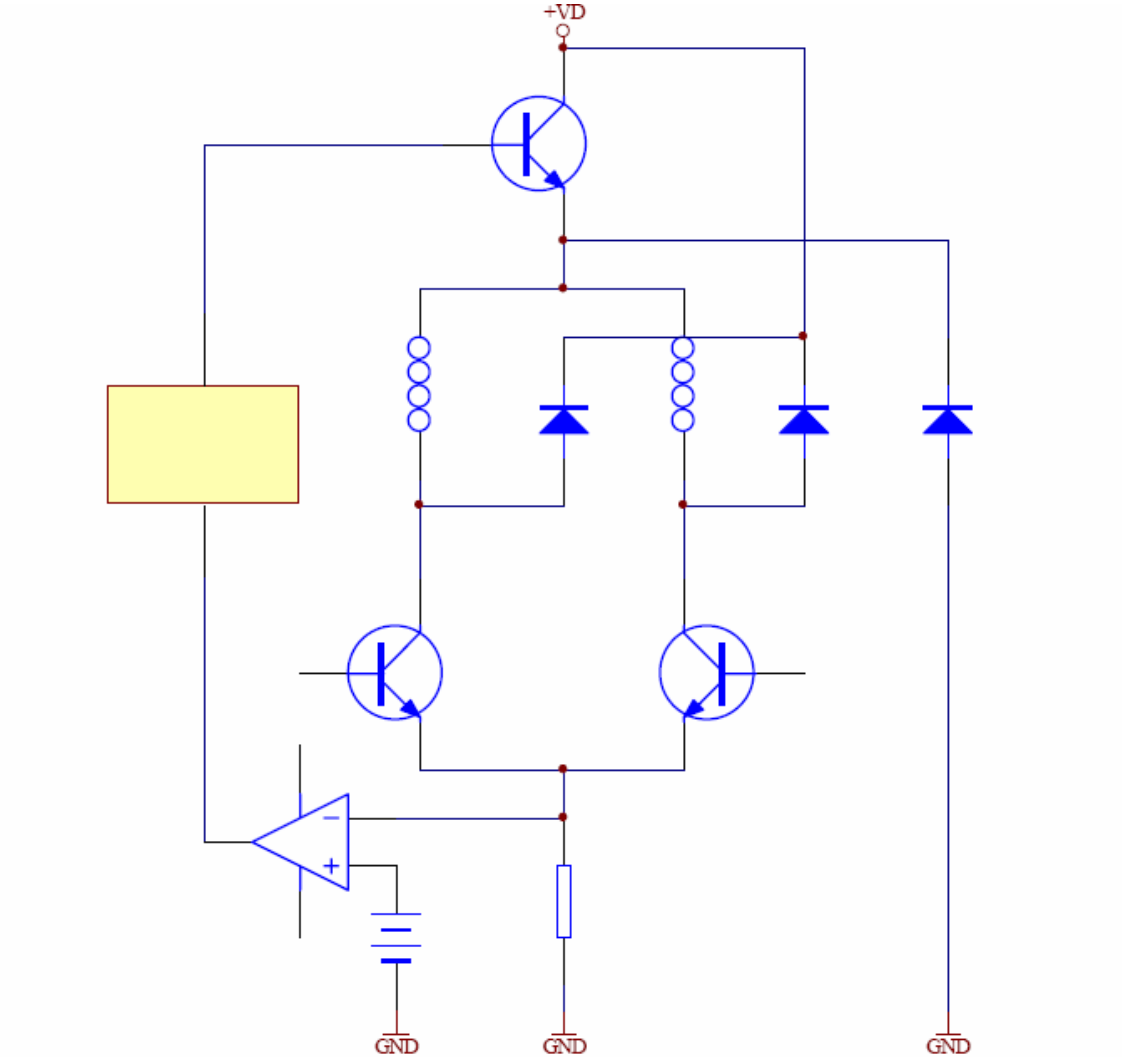
Σχήμα 3.5: Κύκλωμα περιορισμού ρεύματος μέσω αντίστασης

Τα κυκλώματα που βασίζονται στον περιορισμό ρεύματος μέσω δύο πηγών, τροφοδοτούν τα τυλίγματα του κινητήρα μέσω δύο διαφορετικών πηγών τάσης και έτσι είναι δυνατόν να εξασφαλιστούν υψηλά ρεύματα εκκίνησης τα οποία κατόπιν περιορίζονται στις ονομαστικές τιμές τους (Σχήμα 3.2). Το τρανζίστορ PNP γίνεται αγώγιμο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα κατά την έναρξη της διέγερσης, ενώ κατόπιν οδηγείται στην αποκοπή. Η τροφοδοσία για το υπόλοιπο του κύκλου πραγματοποιείται από τη δεύτερη πηγή μέσω της διόδου. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου δεν είναι άλλο από το κόστος της δεύτερης πηγής τροφοδοσίας.



Σχήμα 3.6: Κύκλωμα περιορισμού ρεύματος μέσω δύο πηγών

Τα κυκλώματα κερματισμού αποτελούν σήμερα την καλύτερη λύση για τους βηματικούς κινητήρες, αφού με τη βοήθειά τους εξασφαλίζονται τόσο τα ισχυρά ρεύματα εκκίνησης όσο και η σταθερή τάση τροφοδοσίας τους. Η αρχή λειτουργίας των κυκλωμάτων αυτών είναι μάλλον απλή. Κατ' αρχήν απαιτείται μια πηγή τροφοδοσίας με τάση εξόδου πολλαπλάσια από την ονομαστική τάση λειτουργίας του κινητήρα. Το τρανζίστορ που μεσολαβεί μεταξύ της εξόδου του τροφοδοτικού και του τυλίγματος ανοιγοκλείνει με μεταβλητό λόγο διάρκειας προς περίοδο (Duty Cycle) έτσι ώστε το τύλιγμα να 'αισθάνεται' πάντα την ονομαστική τάση λειτουργίας του (Σχήμα 3.3). Για τη μέτρηση του ρεύματος χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας τύπου αντίστασης που τοποθετείται σε σειρά με το τύλιγμα. Ανάλογα με το ρεύμα που τον διαρρέει αναπτύσσεται τάση στα άκρα του. Η τάση αυτή αποτελεί την τάση ανάδρασης για το κύκλωμα ελέγχου της τροφοδοσίας. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου θεωρείται η απώλεια ισχύος στην αντίσταση του αισθητήρα.

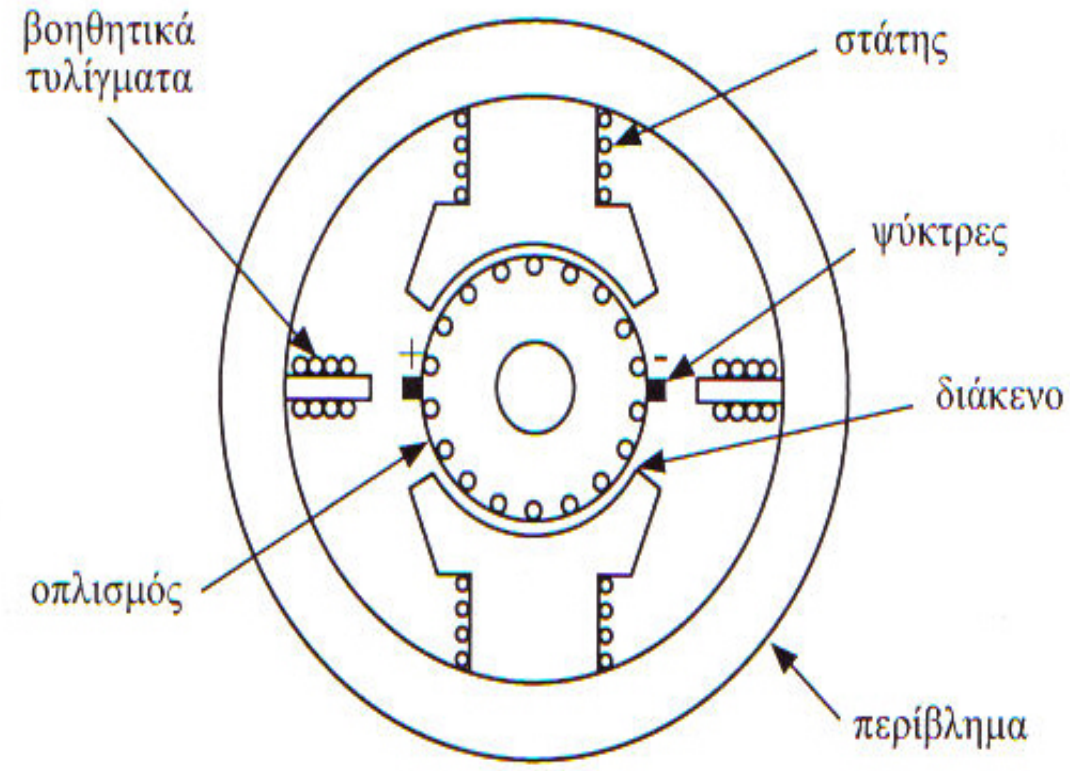


Σχήμα 3.7: Κύκλωμα κερματισμού

3.5 Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος υπήρξαν ανέκαθεν οι μηχανές με τον απλούστερο έλεγχο ροπής, ταχύτητας και θέσης. Στο παρελθόν η ευκολία και η αξιοπιστία του ελέγχου των κινητήρων συνεχούς ρεύματος αντιστάθμιζε τα σοβαρά τους μειονεκτήματα, όπως ο μεγάλος όγκος σε σχέση με την αποδιδόμενη ισχύ, το υψηλό κόστος κατασκευής και η ανάγκη συχνής συντήρησης. Έτσι, τα άλλα είδη ηλεκτρικών κινητήρων είχαν εκτοπιστεί από τα ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα. Σήμερα η κυριαρχία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος στα ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα κλονίζεται σοβαρά από την εισβολή των επαγωγικών κινητήρων και των σύγχρονων κινητήρων μόνιμου μαγνήτη. Η χρήση αυτών των κινητήρων στα κινητήρια συστήματα οφείλεται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας η οποία διευκόλυνε την κατασκευή των πολύπλοκων ηλεκτρονικών μονάδων οδήγησης και ελέγχου που απαιτούν, με

αποτέλεσμα στα τέλη της δεκαετίας του 1980 οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος να θεωρούνται πλέον παρωχημένοι. Όμως, όπως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας ξεπεράστηκαν σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα οδήγησης και ελέγχου των επαγωγικών κινητήρων και των σύγχρονων κινητήρων μόνιμου μαγνήτη, με τον ίδιο τρόπο ξεπεράστηκαν και πολλά από τα προβλήματα σχεδίασης και κατασκευής των κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Έτσι, σύμφωνα με τα προγράμματα παραγωγής μεγάλων βιομηχανιών κατασκευής κινητήριων συστημάτων, φαίνεται ότι οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος εξακολουθούν να ανθίστανται στην επίθεση που δέχονται και θα εξακολουθήσουν να κυριαρχούν στα κινητήρια συστήματα για αρκετά χρόνια ακόμη. Στο Σχήμα 3.8 διακρίνονται τα βασικά τμήματα του κινητήρα συνεχούς ρεύματος που είναι: ο στάτης και τα κύρια τυλίγματα διέγερσης, ο οπλισμός και τα τυλίγματα οπλισμού, το διάκενο, τα βοηθητικά τυλίγματα διέγερσης, οι ψύκτρες και το μεταλλικό περίβλημα.



Σχήμα 3.8: Δομή του κινητήρα συνεχούς ρεύματος

Τα τυλίγματα του στάτη διαρρέονται από το συνεχές ρεύμα του στάτη (ρεύμα διέγερσης) και δημιουργείται το μαγνητικό πεδίο του στάτη (μαγνητικό πεδίο διέγερσης). Οι δυναμικές γραμμές που συνδέουν τους πόλους του κινητήρα και είναι συζευγμένες με τα τυλίγματα του οπλισμού, αποτελούν την ωφέλιμη ροή, ενώ οι δυναμικές γραμμές που συνδέουν τους πόλους χωρίς να διέρχονται από τον οπλισμό αποτελούν τη ροή διαρροής ή σκέδασης. Στα τυλίγματα του οπλισμού, που βρίσκονται στο επίπεδο από το οποίο η διεύθυνση της γραμμικής ταχύτητας των σημείων του οπλισμού είναι παράλληλη προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου, δεν επάγεται τάση. Το επίπεδο αυτό λέγεται ουδέτερο μαγνητικό επίπεδο και είναι το επίπεδο στο οποίο τοποθετούνται οι ψύκτρες. Η παραμόρφωση στο πεδίο του στάτη που οφείλεται στο ρεύμα του οπλισμού λέγεται αντίδραση του οπλισμού και γίνεται εντονότερη καθώς το ρεύμα του οπλισμού αυξάνει. Η αντίδραση του οπλισμού προκαλεί κυρίως δύο ανεπιθύμητα φαινόμενα. Πρώτον, προκαλεί τη μετατόπιση του ουδέτερου μαγνητικού επιπέδου. Έτσι, οι ψύκτρες έρχονται πλέον σε επαφή με τυλίγματα του οπλισμού στα οποία αναπτύσσεται τάση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία σπινθήρων. Η δημιουργία σπινθήρων προκαλεί τη δραστική μείωση του χρόνου ζωής των ψυκτήρων και του συλλέκτη και καθιστά τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος ακατάλληλο για λειτουργία σε περιβάλλον με κίνδυνο εκρήξεως. Δεύτερον, προκαλεί εξασθένιση του πεδίου του στάτη. Η αντίδραση του οπλισμού εξουδετερώνεται με τη χρήση βοηθητικών τυλιγμάτων διέγερσης. Τα βοηθητικά τυλίγματα ή τυλίγματα αντιστάθμισης βρίσκονται στον στάτη και διαρρέονται από το ρεύμα του οπλισμού. Με άλλα λόγια, τα τυλίγματα αντιστάθμισης συνδέονται εν σειρά με τον οπλισμό και κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξουδετερώνουν ένα μέρος του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί το ρεύμα του οπλισμού.

Ανάλογα με τον τρόπο που είναι συνδεμένο το τύλιγμα διεγέρσεως των κινητήρων συνεχούς ρεύματος τους διακρίνουμε σε:

1) Κινητήρες με ξένη διέγερση.
2) Κινητήρες με παράλληλη διέγερση.
3) Κινητήρες με διέγερση σειράς.
4) Κινητήρες με σύνθετη διέγερση.

3.6 Κινητήρες με ξένη διέγερση

Οι κινητήρες με ξένη διέγερση που κατασκευάζονται για ειδικές χρήσεις, έχουν περίπου όμοιες ιδιότητες με αυτές των κινητήρων με παράλληλη διέγερση. Ανάμεσα στις ειδικές περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται κινητήρες με ξένη διέγερση είναι κυρίως εκείνες κατά τις οποίες γίνεται ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα σε μεγάλα όρια. Αυτό, μπορεί να γίνει με μεταβολή σε μεγάλα επίσης όρια της τάσεως τροφοδοτήσεως του επαγωγικού τυμπάνου. Σ’ αυτές τις περιπτώσεις, η διέγερση του κινητήρα πρέπει να τροφοδοτείται από μια ανεξάρτητη πηγή συνεχούς ρεύματος.

3.7 Κινητήρες με παράλληλη διέγερση

Στους κινητήρες αυτούς, το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο συνδέεται και ο εκκινητής που χρησιμεύει για την εκκίνηση του κινητήρα. Το άκρο του τυλίγματος διέγερσης συνδέεται με τον τρίτο ακροδέκτη που φέρει ο εκκινητής. Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής σε ένα κινητήρα με παράλληλη διέγερση, συνήθως αλλάζουμε την φορά του ρεύματος μέσα στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, φροντίζοντας να κρατήσουμε την ίδια πολικότητα στους κύριους μαγνητικούς πόλους. Η πολικότητα των βοηθητικών πόλων πρέπει να αλλάξει για να γίνει σωστά η διαδοχή κύριων και βοηθητικών πόλων. Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα μεταβάλλεται πολύ λίγο όταν μεταβάλλεται η ένταση φορτίσεως. Η μεταβολή των στροφών από το μηδενικό στο πλήρες φορτίο κυμαίνεται στους κινητήρες αυτούς από 5 ως 15%. Ακόμα και για σημαντικές υπερφορτίσεις οι στροφές του κινητήρα λίγο μειώνονται.

3.8 Κινητήρες με διέγερση σειράς

Το τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεμένο σε σειρά με το τύλιγμα των βοηθητικών πόλων και το επαγωγικό τύμπανο της μηχανής. Επίσης, σε σειρά με αυτά είναι συνδεμένος και ο εκκινητής. Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου και στο τύλιγμα των βοηθητικών πόλων χωρίς να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στη διέγερση. Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής χρειάζεται να γίνεται τακτικά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, χρησιμοποιούμε όπως και για τους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, είτε ένα εκκινητή-αναστροφέα, είτε ένα ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα. Στους κινητήρες αυτούς, η ένταση που περνά μέσα από το τύμπανο είναι η ίδια με την ένταση διέγερσης (αν δεν υπάρχει ρυθμιστική αντίσταση παράλληλα προς το τύλιγμα διέγερσης) και με την ένταση δικτύου. Η ροπή του κινητήρα αυξάνεται πάρα πολύ όταν αυξάνεται η ένταση του δικτύου. Στους κινητήρες με διέγερση σειράς, η ταχύτητα περιστροφής αλλάζει πολύ όταν αλλάζει η ένταση που απορροφά ο κινητήρας, δηλαδή όταν αλλάζει το φορτίο του κινητήρα. Η εξήγηση αυτής της ιδιότητας είναι εύκολη αν σκεφτούμε πάλι ότι η ένταση δικτύου είναι και ένταση διέγερσης στους κινητήρες αυτούς. Η μεταβολή της έντασης διέγερσης έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μεταβολή των στροφών του κινητήρα.

Από τα παραπάνω, βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο κινητήρας με διέγερση σειράς, όταν έχει να κινήσει σημαντικό φορτίο, όχι μόνο ελαττώνει την ταχύτητά του αλλά και αναπτύσσει μεγάλη ροπή ικανή να κινήσει το εξωτερικό φορτίο που είναι συνδεμένο στον άξονα του. Αντίθετα, όταν ο κινητήρας έχει να κινήσει μικρό φορτίο, απορροφά από το δίκτυο μικρή ένταση και αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα με μικρή σχετικά ροπή. Η συμπεριφορά αυτή του κινητήρα με διέγερση σειράς, τον κάνει κατάλληλο για την ανύψωση βαρών και για την ηλεκτρική κίνηση οχημάτων. Ο κινητήρας με διέγερση σειράς, όταν δεν έχει φορτίο συνδεμένο στον άξονά του, απορροφά από το δίκτυο πολύ μικρή ένταση. Η ταχύτητά του αυξάνεται πάρα πολύ και υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί ο κινητήρας. Για το λόγο

αυτό οι κινητήρες με διέγερση σειράς συνδέονται πάντοτε με το φορτίο που κινούν με μηχανικό σύνδεσμο ή με οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια) και ποτέ με ιμάντες, που είναι δυνατό να κοπούν και να μείνει ο κινητήρας χωρίς φορτίο.

3.9 Κινητήρες με σύνθετη διέγερση

Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, κάθε κύριος μαγνητικός πόλος έχει δύο υλίγματα, το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς. Επίσης, υπάρχουν κινητήρες με θροιστική σύνθετη διέγερση και κινητήρες με διαφορική σύνθετη διέγερση, αντίστοιχα με το αν το τύλιγμα σειράς ενισχύει ή εξασθενίζει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το παράλληλο τύλιγμα. Η εκκίνηση στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, γίνεται και εδώ, όπως στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, με τη βοήθεια ενός εκκινητή που συνδέεται σεσειρά με το επαγωγικό τύμπανο.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής σε ένα κινητήρα με σύνθετη διέγερση, πρέπει να αλλάξουμε τη διεύθυνση του ρεύματος μέσα στο επαγωγικό τύμπανο και στους βοηθητικούς πόλους. Η διεύθυνση όμως του ρεύματος διέγερσης, τόσο μέσα στο παράλληλο τύλιγμα όσο και μέσα στο τύλιγμα σειράς, πρέπει να μένει η ίδια. Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής πρέπει να γίνεται τακτικά κατά τη λειτουργία του κινητήρα, χρησιμοποιούμε, όπως και στους άλλους κινητήρες, είτε ένα εκκινητή-αναστροφέα είτε ένα ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα.

Ο κινητήρας με σύνθετη διέγερση, στη λειτουργία του χωρίς φορτίο συμπεριφέρεται σαν κινητήρας με παράλληλη διέγερση. Δεν υπάρχει λοιπόν φόβος στον κινητήρα αυτό, όταν μείνει χωρίς φορτίο, να αυξηθεί πάρα πολύ η ταχύτητα περιστροφής του, όπως συμβαίνει στους κινητήρες με διέγερση σειράς. Οι δύο παράγοντες που προσδιορίζουν την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα που λειτουργεί είναι η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου και η μαγνητική ροή των πόλων (που εξαρτάται από την ένταση διεγέρσεως). Ανάλογα με τον τρόπο που επιλέγεται, εφαρμόζονται στην πράξη τρεις κυρίως τρόποι για τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων συνεχούς ρεύματος:

Με ρυθμιστική αντίσταση στο παράλληλο τύλιγμα διεγέρσεως

Η μέθοδος αυτή, που στηρίζεται στη μεταβολή της εντάσεως διέγερσης για τη ρύθμιση της ταχύτητας, εφαρμόζεται στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση και στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση. Μια ρυθμιστική αντίσταση συνδέεται σε σειρά με το παράλληλο τύλιγμα και μεταβάλλει την ένταση διέγερσης που περνά μέσα από αυτό. Είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης μπορεί να είναι μια ανεξάρτητη ρυθμιστική αντίσταση ή να είναι συνδυασμένη με τον εκκινητή. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα ενός κινητήρα με παράλληλη διέγερση από την ονομαστική της τιμή μέχρι τέσσερις φορές την τιμή αυτή, εφόσον βέβαια το αντέχει η μηχανική κατασκευή του κινητήρα.
Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, για μια ορισμένη θέση του στρόφαλου της ρυθμιστικής αντίστασης, η ταχύτητα μεταβάλλεται σημαντικά όταν μεταβάλλεται το

φορτίο. Αντίθετα στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, η μεταβολή της ταχύτητας με το φορτίο είναι πολύ μικρότερη. Στους κινητήρες σειράς, η μέθοδος αυτή της μεταβολής της έντασης διέγερσης για τη ρύθμιση των στροφών του κινητήρα εφαρμόζεται μερικές φορές, αλλά τροποποιημένη. Δηλαδή, μια ρυθμιστική αντίσταση συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα διέγερσης, ώστε ένα μέρος του ρεύματος του τυμπάνου να περνά μέσα από αυτή τη ρυθμιστική αντίσταση. Έτσι μπορούμε, μεταβάλλοντας τη ρυθμιστική αντίσταση να μεταβάλλουμε την ένταση διέγερσης.

Ρυθμιστική αντίσταση στο επαγωγικό τύμπανο

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη μεταβολή της τάσεως που εφαρμόζεται στο τύμπανο του κινητήρα για τη ρύθμιση των στροφών του. Αν σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο συνδέσουμε μια ρυθμιστική αντίσταση, που ονομάζεται ρυθμιστής στροφών, όπως ακριβώς συνδέεται ο εκκινητής, τότε με την πτώση τάσεως που δημιουργείται μέσα στην αντίσταση αυτή μπορούμε να επιτύχουμε ρύθμιση της τάσεως τροφοδοτήσεως του επαγωγικού τύμπανου. Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως στους κινητήρες σειράς. Στους κινητήρες με παράλληλη ή με σύνθετη διέγερση η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να έχουμε μεταβολή της ταχύτητας σε πολύ χαμηλά όρια. Στις περιπτώσεις αυτές η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί, γιατί με αυτή δεν μπορούμε να επιτύχουμε ταχύτητες κάτω από ένα ορισμένο όριο. Το όριο αυτό είναι η ταχύτητα που έχει ο κινητήρας όταν όλη η ρυθμιστική αντίσταση είναι εκτός κυκλώματος, οπότε μέσα από το τύλιγμα διέγερσης περνά το μεγαλύτερο δυνατό ρεύμα. Η μέθοδος ρύθμισης της ταχύτητας με το ρυθμιστή στροφών που είναι συνδεμένος, όπως αναφέρθηκε, σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο, είναι δαπανηρή από την άποψη ότι υπάρχει σημαντική απώλεια ενέργειας που εμφανίζεται σανθερμότητα μέσα στο ρυθμιστή στροφών. Αντίθετα, η ρύθμιση της ταχύτητας με τη ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης, όπου βέβαια μπορεί να εφαρμοσθεί, παρουσιάζει πολύ μικρότερες απώλειες, αφού η ένταση στο παράλληλο τύλιγμα διεγέρσεως είναι πολύ μικρή, συγκρινόμενη με την ένταση του επαγωγικού τύμπανου.

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ρυθμιστής στροφών, αυτός ο ίδιος είναι τότε και εκκινητής του κινητήρα. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ ενός ρυθμιστή στροφών και ενός εκκινητή είναι ότι ο ρυθμιστής στροφών χρησιμοποιείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα, ενώ ο εκκινητής χρησιμοποιείται μόνο στην εκκίνηση. Γι' αυτό το λόγο, οι αντιστάσεις του ρυθμιστή στροφών πρέπει να είναι έτσι υπολογισμένες ώστε να αντέχουν στη σημαντική θερμότητα που παράγεται, χωρίς να υπάρχει φόβος να καταστραφούν.
Οι χειροκίνητοι ρυθμιστές στροφών των κινητήρων με διέγερση σειράς και των μεγάλων κινητήρων με παράλληλη ή σύνθετη διέγερση, έχουν συνήθως τη μορφή ενός κατακόρυφου κυλινδρικού τύμπανου που μπορεί να περιστραφεί με ένα χειροστρόφαλο. Στην κυλινδρική επιφάνεια του τυμπάνου είναι στερεωμένοι μεταλλικοί τομείς μονωμένοι προς αυτό και συνδεμένοι μεταξύ τους. Στους μεταλλικούς τομείς εφάπτονται κατά την περιστροφή του κυλίνδρου αντίστοιχες σταθερές επαφές που είναι στερεωμένες στο ακίνητο μέρος του ρυθμιστή στροφών.
Στις σταθερές επαφές συνδέονται τα άκρα των τυλιγμάτων του κινητήρα, οι αντιστάσεις του ρυθμιστή στροφών και οι αγωγοί για την τροφοδότηση του κινητήρα. Ανάλογα με τη

θέση που δίνουμε στον κύλινδρο στρέφοντάς τον, παρεμβάλουμε σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου του κινητήρα διαφορετικό κάθε φορά αριθμό αντιστάσεων. Έτσι, μεταβάλλουμε την τάση που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο και συνεπώς και την ταχύτητα του κινητήρα.

Μεταβολή της τάσης τροφοδότησης του επαγωγικού τυμπάνου

Η μέθοδος αυτή ρύθμισης της ταχύτητας των κινητήρων βασίζεται πάλι στη μεταβολή της τάσης που επιβάλλεται στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, πραγματοποιείται όμως όχι με την πτώση τάσεως μέσα στο ρυθμιστή στροφών αλλά με τη μεταβολή της τάσης τροφοδότησης. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται για κάθε κινητήρα μια ιδιαίτερη πηγή συνεχούς ρεύματος που μπορεί να είναι και μια ιδιαίτερη γεννήτρια, η οποία να τροφοδοτεί το επαγωγικό του τύμπανο με ρυθμιζόμενη κατάλληλα τάση. Η ένταση διέγερσης του κινητήρα διατηρείται σταθερή τροφοδοτούμενη από μια άλλη πηγή (κινητήρας ξένης διέγερσης).

Η μέθοδος αυτή δίνει μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα σε μεγάλα όρια. Έχει επίσης το πλεονέκτημα, με την προοδευτική αύξηση της τάσης της πηγής που τροφοδοτεί τον κινητήρα, ότι ξεκινώντας από το μηδέν επιτυγχάνονται άριστες συνθήκες εκκίνησης του κινητήρα. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται το σύστημα αυτό μεταξύ άλλων και στους σύγχρονους ανελκυστήρες μεγάλης ταχύτητας λειτουργίας, όπου απαιτείται όμως να έχουν πολύ ομαλή εκκίνηση και ομαλό σταμάτημα.
Μια περίπτωση εφαρμογής αυτής της μεθόδου για τη ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα είναι το σύστημα Ward-Leonard. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που τροφοδοτεί απευθείας το επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα ξένης διεγέρσεως που θέλουμε να έχουμε ρύθμιση στροφών. Η ρύθμιση της τάσης που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα συνεχούς ρεύματος, γίνεται με την ρυθμιστική αντίσταση που υπάρχει στο τύλιγμα διέγερσης της γεννήτριας. Μια άλλη περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου μεταβολής της τάσης που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα για τη ρύθμιση των στροφών είναι και αυτή στην οποία το συνεχές ρεύμα για την τροφοδότηση του επαγωγικού τυμπάνου του κινητήρα παράγεται από ένα ανορθωτή με ανορθωτικά στοιχεία από ημιαγωγούς. Η μεταβολή της τάσης του συνεχούς ρεύματος που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα γίνεται με το μεταβλητό αυτομετασχηματιστή που τροφοδοτεί τον ανορθωτή. Η διέγερση του κινητήρα τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα σταθερής τάσεως από ένα άλλο ανορθωτή. Με το παραπάνω σύστημα επιτυγχάνονται ρυθμίσεις της ταχύτητας σε όρια μεγαλύτερα και από 1 προς 5. Η διακύμανση των στροφών κατά τη λειτουργία χωρίς φορτίο και με πλήρες φορτίο φθάνει το 10%. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι με τη χρησιμοποίηση των ανορθωτικών στοιχείων από ημιαγωγούς που ονομάζονται θυρίστορ, επιτυγχάνεται ο αυτόματος έλεγχος της τάσης του συνεχούς ρεύματος που τροφοδοτεί το επαγωγικό τύμπανο και συνεπώς και των στροφών του κινητήρα.

Παρακάτω αναφέρονται κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά και τεχνικά στοιχεία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος.

• **Ισχύς**

Η ισχύς Ν1 που ένας κινητήρας απορροφά με μορφή ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή που τον τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα, δίνεται από τη σχέση:

$N_1 = (U \times I) / 1000$ σε Kw

Όταν μιλάμε για ισχύ κινητήρα εννοούμε πάντοτε την ισχύ που δίνει στονάξονα του. Η ισχύς αυτή Ν δίνεται από τη σχέση:

N = (Ta x n)/ 9554 σε Kw

Όπου:
Τα είναι η ροπή σε Nm που αναπτύσσει ο κινητήρας στον άξονα του και n είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα σε στρ/min Η ροπή Τα είναι μικρότερη από την κινητήρια ροπή Τ κατά τη ροπή που απορροφούν οι απώλειες του κινητήρα.

• **Απώλειες**

Η ισχύς Ν που ο κινητήρας δίνει στον άξονά του με μορφή μηχανικής ενέργειας είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ Ν1 που απορροφά από το δίκτυο. Η διαφορά: $N_1 - N = Nap$ καταναλώθηκε σε απώλειες μέσα στη μηχανή.

• **Βαθμός αποδόσεως**

Ο λόγος της ισχύος Ν που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του προς την ισχύ που παίρνει από το δίκτυο ονομάζεται βαθμός απόδοσης:

n = N / N1 = (N / N+Nap)

Το n είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα.

Στην ετικέτα κάθε κινητήρα είναι γραμμένα συνήθως τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στοιχεία του:

Η **ονομαστική ισχύς**, που δίνεται σε kW ή HP (1 HP=0,736 kW) και είναι η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δίνει στον άξονά του ο κινητήρας συνεχώς εργαζόμενος με την ονομαστική του τάση, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη από υπερθέρμανση. Φόρτιση του κινητήρα με ισχύ λίγο μεγαλύτερη από την ονομαστική του είναι δυνατή για μικρά χρονικά διαστήματα.

Η **ονομαστική τάση**, που είναι η τάση για την οποία ο κινητήρας έχει κατασκευασθεί να λειτουργεί. Δηλαδή, είναι η τάση που πρέπει να έχει το δίκτυο που θα τον τροφοδοτήσει.

Η **ονομαστική ένταση**, που είναι η ένταση που απορροφά ο κινητήρας όταν έχει συνδεθεί σε δίκτυο με τάση ίση με την ονομαστική του και δίνει στον άξονα την ονομαστική του ισχύ.

Τέλος, η **ονομαστική ταχύτητα** του κινητήρα είναι η ταχύτητα περιστροφής με την οποία εργάζεται όταν δίνει στον άξονά του την ονομαστική ισχύ και τροφοδοτείται με την ονομαστική του τάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

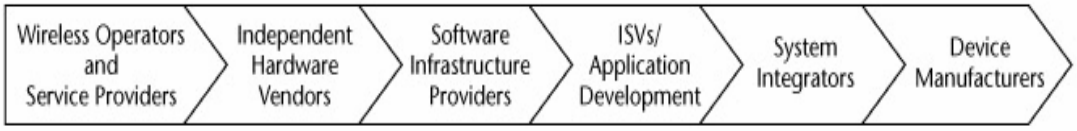
GSM

4.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη κινητών και ασύρματων εφαρμογών έχει ανθήσει τα τελευταία μόλις χρόνια. Από απλές εφαρμογές δικτύου για απλούς καταναλωτές, έχει φτάσει σε υπηρεσίες, ζωτικής σημασίας για την εργασία κάποιων ανθρώπων. Η απαίτηση για νέες υπηρεσίες και τεχνολογίες, αυξάνεται με καταπληκτικούς ρυθμούς. Εταιρίες αναπτύσσουν εφαρμογές που προσφέρουν αξιοσημείωτες διευκολύνσεις σε επίπεδο εργασίας, ψυχαγωγίας, ενημέρωσης και επικοινωνίας, και οι καταναλωτές τις αποδέχονται σχεδόν άμεσα. Συναρπαστικές συσκευές κινητών παρουσιάζονται κάθε τόσο, ενώ τα ασύρματα δίκτυα, πλέον προσφέρουν πρόσβαση σε επικοινωνία σε οποιοδήποτε πρακτικά σημείο βρεθούμε. Με λίγα λόγια, οι τεχνολογίες των κινητών και ασύρματων δικτύων, έχουν μπει δυναμικά στη ζωή μας.
Η εξέλιξη της αγοράς
Όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και η αγορά των κινητών πέρασε και περνάει την δική της περίοδο ωρίμανσης. Προσπαθώντας να διαχωρίσουμε τις φάσεις που πέρασε, οι πιο σημαντικές είναι :
Υπεραισιόδοξη εποχή. Στις αρχές της δεκαετίας του 90, οι βιομηχανικοί αναλυτές πίστευαν (ή έτσι τουλάχιστον υποστήριζαν με σκοπό να ανταποκριθεί η αγορά...) ότι σε λίγα χρόνια, εκατοντάδες εκατομμύρια χρήστες θα χρησιμοποιούσαν ασύρματα τηλέφωνα και με αυτά θα κάλυπταν όλες τις δουλειές τους όπως internet banking, παραγγελίες αγαθών και κάθε μορφή επικοινωνίας. Από την άλλη, τα ασύρματα δίκτυα θα ήταν πάντα διαθέσιμα για εξυπηρέτηση με ταχύτητες που τα έφταναν τα ενσύρματα δίκτυα. Είχαν δίκιο αλλά βιάζονταν.
Ωρίμανση μέσω της αγοράς. Από το 2001, η πραγματικότητα φάνηκε ότι απείχε από τις προσδοκίες των αναλυτών. Τεχνολογίες όπως το WAP που υπόσχονταν απρόσκοπτη πρόσβαση σε δεδομένα δεν απέδιδαν όσο αναμενόταν. Τα ασύρματα δίκτυα εμφάνισαν περιορισμούς σε ακτίνα κάλυψης, χωρητικότητα και απόκριση. Οι συσκευές κινητών τηλεφώνων στράφηκαν στις λιγότερο απαιτητικές αγορές χρηστών. Η αγορά στην οποία ήθελαν να στραφούν οι δημιουργοί των ασύρματων δικτύων, είχε απαιτήσεις που δεν καλύπτονταν. Η αναβάθμιση στην υποδομή των δικτύων έγινε απαραίτητη
Μαζική αποδοχή. Μετά από δυο χρόνια αναβαθμίσεων σε επίπεδο τεχνολογίας και προτύπων, η χωρητικότητα των καναλιών έγινε ικανοποιητική και νέες εφαρμογές μπόρεσαν να δημιουργηθούν. Η χρήση των κινητών απέδιδε πλέον σημαντικά πλεονεκτήματα σε εταιρίες. Η αποδοχή του κοινού έδωσε ελπίδες στην ανάπτυξη των κινητών επικοινωνιών.

4.2 Τμήματα ασύρματου περιβάλλοντος

Η διάθεση μιας ασύρματης εφαρμογής, περιλαμβάνει προϊόντα και υπηρεσίες από διάφορους φορείς. Ο συνδυασμός τους συνθέτει μια αλυσίδα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1: Η αλυσίδα του ασύρματου περιβάλλοντος

Χειριστές Ασύρματου Δικτύου και Παροχής Υπηρεσιών (Wireless Operators and Service Providers). Πρόκειται για εταιρίες που προσφέρουν την απαραίτητη υποδομή για σύρματα δίκτυα τοπικά ή ευρείας ακτίνας. Οι περισσότερες από αυτές παρέχουν και υπηρεσίες τηλεφωνικής συνομιλίας για συσκευές κινητών και μερικές φορές ασύρματες πύλες ή απαραίτητο λογισμικό. Σε αυτές τις περιπτώσεις λέγονται και Mobile Virtual Network Operators ή (MVNOs). Είναι σημαντική απόφαση η επιλογή τους ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή που βρισκόμαστε.

Ανεξάρτητοι Παροχείς Υλικού (Independent Hardware Vendors). Εκτός από τις ασύρματες συσκευές, επιπλέον υλικό μπορεί να χρειαστεί όπως ασύρματα modem, κάρτες δικτύου ή access points τα οποία δεν βρίσκονται πάντα στον βασικό εξοπλισμό της συσκευής. Αυτά τα περιφερειακά συνήθως έχουν την μορφή Compact Flash ή PCMDIA κάρτας.

Ανεξάρτητοι Παροχείς Λογισμικού Υποδομής(Software Infrastructure Providers). Δημιουργοί λογισμικού όπως web browsers, mobile office software, διαχείριση συσκευής, mobile data storage & synchronization, application servers. Σε πολλές περιπτώσεις, τέτοια προϊόντα έχουν μεγαλύτερο κύρος και επιδόσεις σε σχέση με το λογισμικό που προσφέρει ο κατασκευαστής μιας συσκευής.

Ανεξάρτητοι Παροχείς Λογισμικού (Independent Software Vendors ή ISV). Δημιουργοί εξειδικευμένου λογισμικού όπως λογιστικές εφαρμογές.

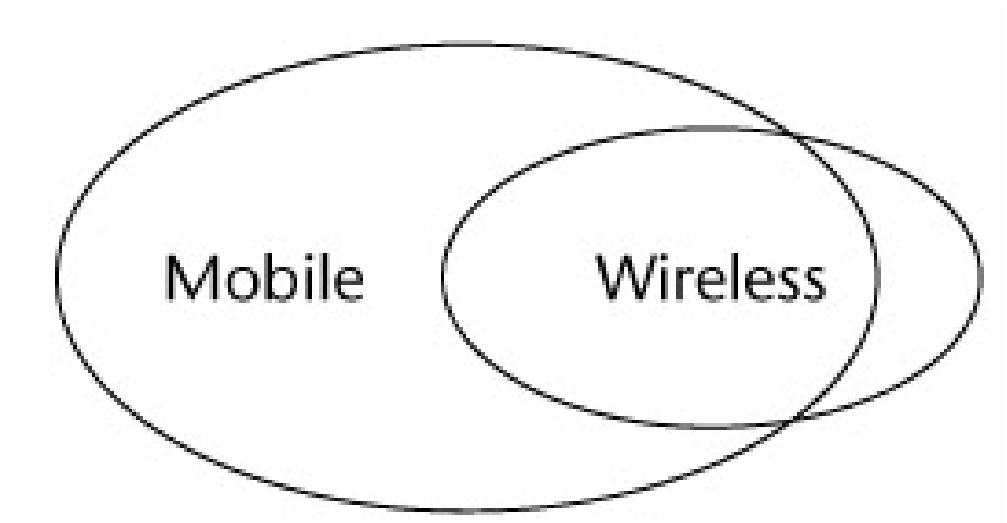
Εταιρίες Ολοκληρωμένων Συστημάτων (System Integrators ή SIs). Εταιρίες που ασχολούνται με την σωστή λειτουργία και συνεργασία μεταξύ των παραπάνω συστημάτων

Κατασκευαστές συσκευών (Device Manufacturers). Είναι αυτονόητη η σημασία των κατασκευαστών των συσκευών. Εκτός από διάφορες κατηγορίες συσκευών (PDA, Laptops, Cell Phones, Smart Phones), προσφέρουν και στην ίδια κατηγορία, μοντέλα με

διαφορετικά χαρακτηριστικά, επιδόσεις και φυσικά κόστος. Η επιλογή της συσκευής είναι πάντα μεγάλης σημασίας με κριτήρια όπως αρχιτεκτονική που έχουν, απαιτήσεις χρήστη και εφαρμογές που θα ζητηθεί να τρέχει.

4.3 Κινητά και ασύρματα σαν έννοιες.

Ο διαχωρισμός μεταξύ «κινητών» και «ασύρματων», δεν είναι εύκολο να γίνει, αφού διάφορα πρόσωπα αλλά και οργανισμοί, δίνουν διαφορετικές ερμηνείες, ενώ πολλές φορές οι δυο όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Στην πραγματικότητα όμως είναι δυο διαφορετικές έννοιες που απλά συνυπάρχουν πολύ συχνά στη ζωή μας.
Ο όρος «κινητό» (Mobile) όπως είναι φυσικό, αναφέρεται στην δυνατότητα της κίνησης. Μια κινητή συσκευή, θεωρείται οτιδήποτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί εν κινήσει, από κινητό τηλέφωνο μέχρι και φορητός Υπολογιστής (laptop). Οτιδήποτε δεν έχει σταθερή θέση, θεωρείται «κινητό».
Ο όρος «ασύρματο» (Wireless) αναφέρεται στην μετάδοση πληροφορίας μέσω ραδιοκυμάτων. Την δυνατότητα επικοινωνίας δυο οντοτήτων χωρίς φυσική σύνδεση μεταξύ τους. Το ασύρματο δίκτυο στην πραγματικότητα εξυπηρετεί κινητές επικοινωνίες. Μια εφαρμογή όμως μπορεί να είναι κινητή χωρίς να είναι ασύρματη.



Εικόνα 2: Διαχωρισμός "ασύρματου" και " κινητού "

4.4 Ασύρματα δίκτυα.

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες ασύρματων δικτύων. Τα κυριότερα σημεία που διαφέρουν είναι η περιοχή κάλυψης, λειτουργικότητα, κόστος και χωρητικότητα.

TYPE OF NETWORK	COVERAGE AREA	FUNCTION	ASSOCIATED COST	TYPICAL THROUGHPUT	STANDARDS
Wireless personal area network (WPAN)	Personal operating space; typically 10 meters	Cable replacement technology, personal networks	Very low	0.1-4 Mbps	IrDA, Bluetooth, 802.15
Wireless local area network (WLAN)	In buildings or campuses; typically 100 meters	Extension or alternative to wired LAN	Low-medium	1-54 Mbps	802.11a, b, g, HIPERLAN/2
Wireless wide area network (WWAN)	Coverage provided on national basis from multiple carriers	Extension of LAN	Medium-high	8 Kbps-2 Mbps	GSM, TDMA, CDMA, GPRS, EDGE, WCDMA
Satellite networks	Global coverage	Extension of LAN	Very high	2 Kbps-19.2 Kbps	TDMA, CDMA, FDMA

Πίνακας 1: Κυριότερα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων

Τα δίκτυα μικρής εμβέλειας συνήθως λειτουργούν σε μη κατοχυρωμένες ζώνες φάσματος, γεγονός που μειώνει στο ελάχιστο το επιχειρησιακό τους κόστος. Τα μεγαλύτερα δίκτυα όπως WWAN ή δορυφορικά, εκτός του ότι πρέπει να κατοχυρώνουν την ζώνη ραδιοσυχνοτήτων που θα χρησιμοποιούν, έχουν και σημαντικά έξοδα για τον εξοπλισμό τους, άρα έχουν και μεγαλύτερο συνολικό κόστος. Οπότε χρεώνουν την παροχή υπηρεσιών τους είτε με τον χρόνο που χρησιμοποιούνται, είτε με τον όγκο των δεδομένων που μεταφέρεται.

4.5 Wireless Personal Area Networks (WPANs).

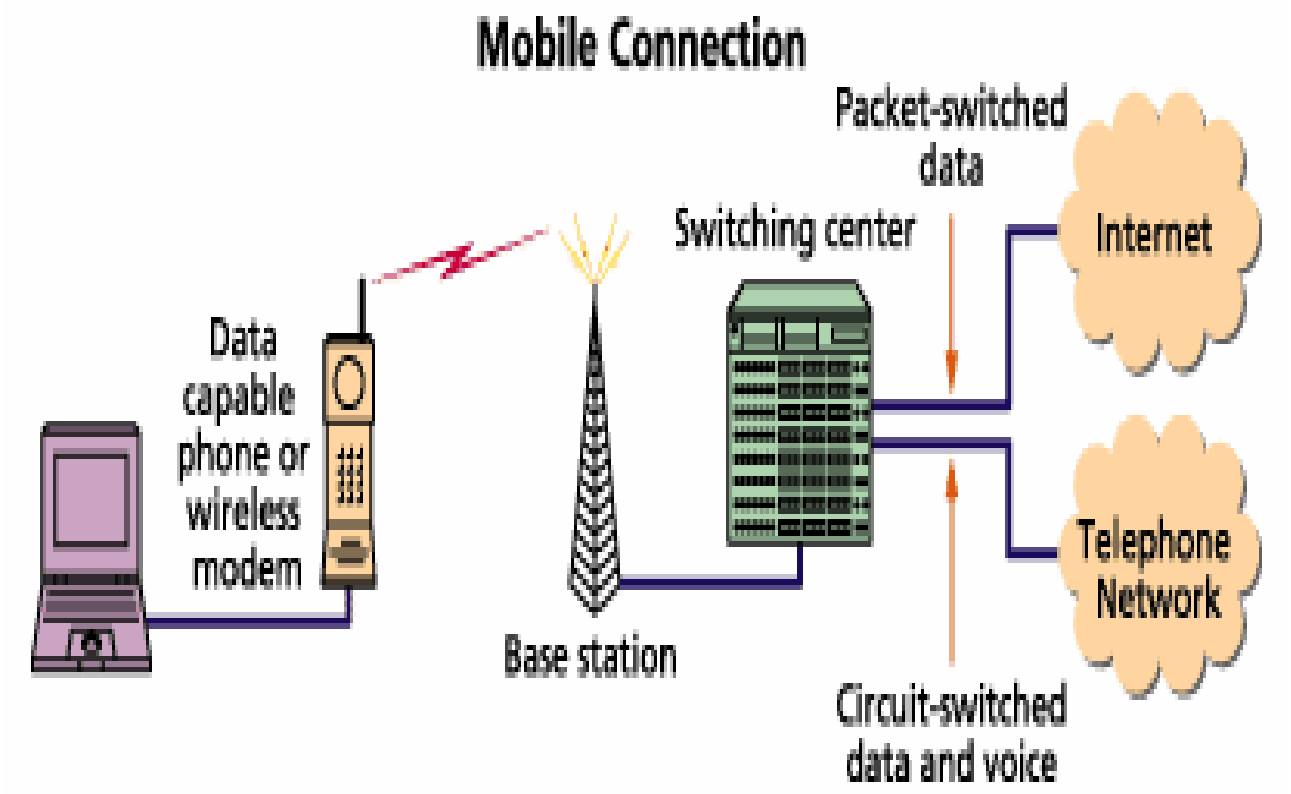
Πρακτικά το νόημα των WPAN είναι η αντικατάσταση των κλασικών καλωδίων. Όσο χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές σε σπίτια και γραφεία, και για αυτές επιπλέον κυκλοφορούν νέα περιφερειακά, δημιουργείται ξεκάθαρα η ανάγκη για διασύνδεση μεταξύ τους. Παραδείγματα από τέτοιες συσκευές είναι οι υπολογιστές γραφείου ή χειρός, εκτυπωτές, μικρόφωνα, ηχεία, pagers, κινητά τηλέφωνα, αισθητήρες, μέχρι και συσκευές ανάγνωσης bar code. Η χρήση καλωδίων για διασύνδεση

όλων αυτών των συσκευών είναι δύσκολη, και ακόμα χειρότερα, περιοριστική, ειδικά όταν η θέση επιβάλλεται να μην είναι σταθερή. Χαρακτηριστικά τέτοιων δικτύων είναι :

- **Επικοινωνία μικρής εμβέλειας**
- **Χαμηλή κατανάλωση ισχύος**
- **Χαμηλό κόστος**
- **Δημιουργία μικρών προσωπικών δικτύων**

Wireless Wide Area Networks (WWANs).

Τα WWAN χρησιμεύουν από το 1980 για μετάδοση φωνής και από το 1990 και για μετάδοση δεδομένων και αποτελούν ακόμα και σήμερα την βάση της κινητής τηλεφωνίας. Κάποιες από τις σημαντικότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι :
Αναλογικό και ψηφιακό σήμα
Οι πρώτη γενιά κινητών τηλεφώνων χρησιμοποιούσε αναλογικό σήμα για μεταφορά φωνής. Με την πρόοδο της τηλεφωνίας και την ανάγκη για μεταφορά και δεδομένων, δημιουργήθηκε η ανάγκη για ψηφιακή μετάδοση η οποία προσέφερε :
Καλύτερη απόδοση αφού μεταδίδεται περισσότερη πληροφορία με λιγότερη ισχύ.
Ασφάλεια αφού το ψηφιακό σήμα κρυπτογραφείται.
Καλύτερη ποιότητα λόγω της μεγαλύτερης προστασίας από παρεμβολές.
Μεταγωγή κυκλώματος και μεταγωγή πακέτων.



Εικόνα 3: Τοπολογία WWAN

Η μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching) περιλαμβάνει την κράτηση μιας φυσικής γραμμής επικοινωνίας από την αρχή μέχρι το τέλος της σύνδεσης. Είναι προτιμότερη όταν θα υπάρχει συνεχόμενη ροή πληροφορίας όπως μια τηλεφωνική συνομιλία. Όταν όμως αυτή η επικοινωνία είναι διακοπτόμενη (π.χ. web browsing), υπάρχει άσκοπη δέσμευση του διαύλου και κατά συνέπεια φόρτωση του δικτύου και επιπλέον χρέωση στον χρήστη. Για αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει η μεταγωγή πακέτων (packet switching) στην οποία η πληροφορία προς μετάδοση χωρίζεται σε πακέτα. Επιπλέον, γίνεται δυναμικά επιλογή των φυσικών γραμμών που θα χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά των πακέτων ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Έτσι, μπορεί διάφορα πακέτα που ανήκουν στην ίδια νοητή γραμμή επικοινωνίας, να οδηγούνται από διαφορετικά μονοπάτια. Όταν φτάσουν στον προορισμό τους ενώνονται ξανά για να δημιουργηθεί το αρχικό μήνυμα.

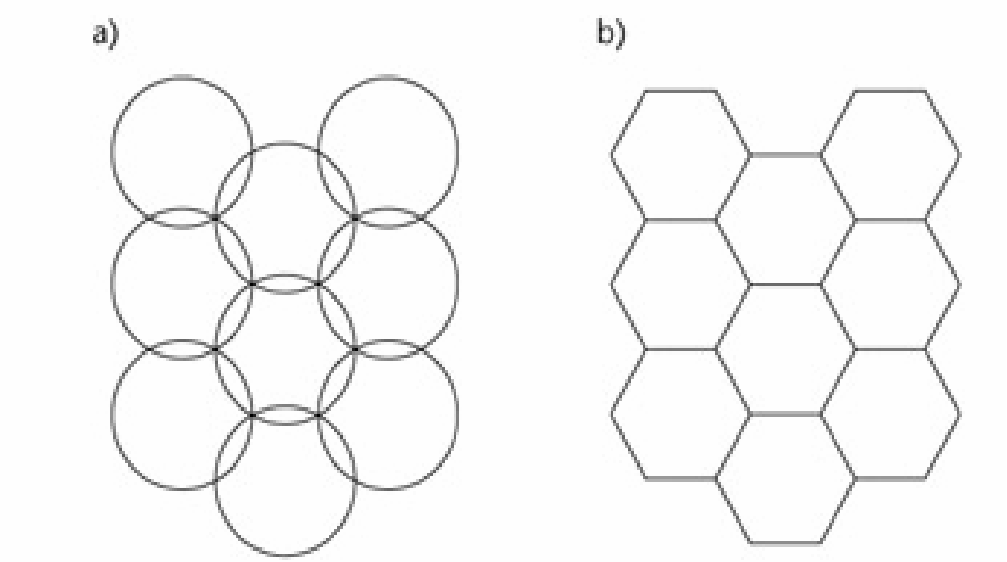
4.6 Τεχνικές πολυπλεξίας.

Η πολυπλεξία είναι η τεχνική στην οποία το σήμα ενός καναλιού μοιράζεται σε πολλούς χρήστες με σκοπό την διευθέτηση τους σε λίγα κανάλια. Οι 4 βασικότερες τεχνικές πολύπλεξης σήματος είναι :

- Frequency-division multiplexing (FDM).
- Time-division multiplexing (TDM).
- Code-division multiplexing (CDM).
- Orthogonal frequency division (OFDM)

- Κυψελωτά Δίκτυα

Τα κυψελωτά ραδιοσυστήματα βασίζουν την επικοινωνία κινητών συσκευών από την πρώτη ήδη γενιά τους. Η ανακάλυψη τους βελτίωσε τις ασύρματες επικοινωνίες, αφού προσέφερε χρήση περισσότερων καναλιών, επικάλυψη ραδιοσυχνοτήτων, ενώ πομποί και δέκτες χρειαζόταν πλέον λιγότερη ισχύ για την λειτουργία τους, κάτι που σήμαινε μικρότερο κόστος, βάρος και μέγεθός, καθώς και λιγότερες παρεμβολές.
Η κύρια ιδέα είναι ότι η γεωγραφική περιοχή που καλύπτει το σύστημα επικοινωνίας, χωρίζεται σε κυψέλες (στην πραγματικότητα είναι κύκλοι αλλά βοηθάει να τους υπολογίζουμε ως εξάγωνα). Κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί ένα σύνολο συχνοτήτων που μπορεί να χρησιμοποιούν και άλλες κοντινές κυψέλες αλλά όχι οι γειτονικές της.



Εικόνα 4: Παράδειγμα διαχωρισμού σε κυψέλες

Με αυτό τον τρόπο, μπορεί η ίδια περιοχή συχνοτήτων να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα σε ενός κυψέλες. Με την χρήση περισσότερων και μικρότερων κυψελών καθώς και περισσότερων λιγότερο ισχυρών σταθμών βάσης, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη επαναχρησιμοποίηση (και αξιοποίηση) συχνοτήτων και κατά συνέπεια μεγαλύτερη πυκνότητα χρηστών ανα φασματική και εδαφική περιοχή. Το μέγεθος των κυψελών, το φάσμα συχνοτήτων και ο διαχωρισμός του σε διαύλους, καθορισμός ταχύτητας μετάδοσης και εύρους ζώνης, καθώς και μηχανισμοί κωδικοποίησης και μετάδοσης, είναι ζητήματα που επηρεάζουν την απόδοση του δικτύου ανα γεωγραφική περιοχή. Παράγοντες ενός πλήθος χρηστών, εδαφικές ιδιαιτερότητες, υπάρχουσα τεχνολογία και επικοινωνιακή υποδομή, σε συνδυασμό με οικονομικά δεδομένα και ανταγωνισμό μεταξύ εταιριών, οδήγησαν στην δημιουργία ενός μεγάλου πλήθους προτύπων.

4.7 Δίκτυα 1ης Γενιάς.

Ήδη από τα πρώτα αναλογικά κυψελωτά συστήματα, δημιουργήθηκαν συστήματα όπως:

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) σε ΗΠΑ, Κεντρική και Νότια Αμερική και Καναδά
TACS (Total Access Communication System) σε Αγγλία, Ιταλία, Ισπανία, Αυστρία και Ολλανδία.
C-450 σε Γερμανία και Πορτογαλία.
Radiocom 2000 σε Γαλλία.
RTMS για την Ιταλία.
NTT στην Ιαπωνία.
NMT (Nordic Mobile Telephone) σε υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες.

Δίκτυα 2ης Γενιάς

Με την δημιουργία ψηφιακών κυψελωτών συστημάτων, όπως ήταν αναμενόμενο, και πάλι δεν υπήρχε κάποια παγκόσμια προτυποποίηση, οπότε δημιουργήθηκαν τα :

- D-AMPS (Digital-AMPS) γνωστό και ως TDMA στην Αμερική
- GSM (Global System for Mobile Communications) αρχικά στην Ευρώπη και αργότερα παγκοσμίως, ακόμα και στην Αμερική
- CDMA (Code Division Multiple Access)
- PDC (Personal Digital Cellular) στην Ιαπωνία

Δίκτυα 2,5 Γενιάς

Η χρήση packet switching αποτέλεσε το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό για την αναβάθμιση της 2ης γενιάς, επιτυγχάνοντας θεωρητικά 10 φορές μεγαλύτερη ταχύτητα δεδομένων, εξυπηρέτηση περισσότερων χρηστών και πρόσβαση σε νέες απαιτητικότερες από τεχνικής άποψης υπηρεσίες. Οι κύριες τεχνολογίες που έφερε ήταν :

- High Speed Circuit Switched Data (HSCSD)
- General Packet Radio Services (GPRS)
- Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE)

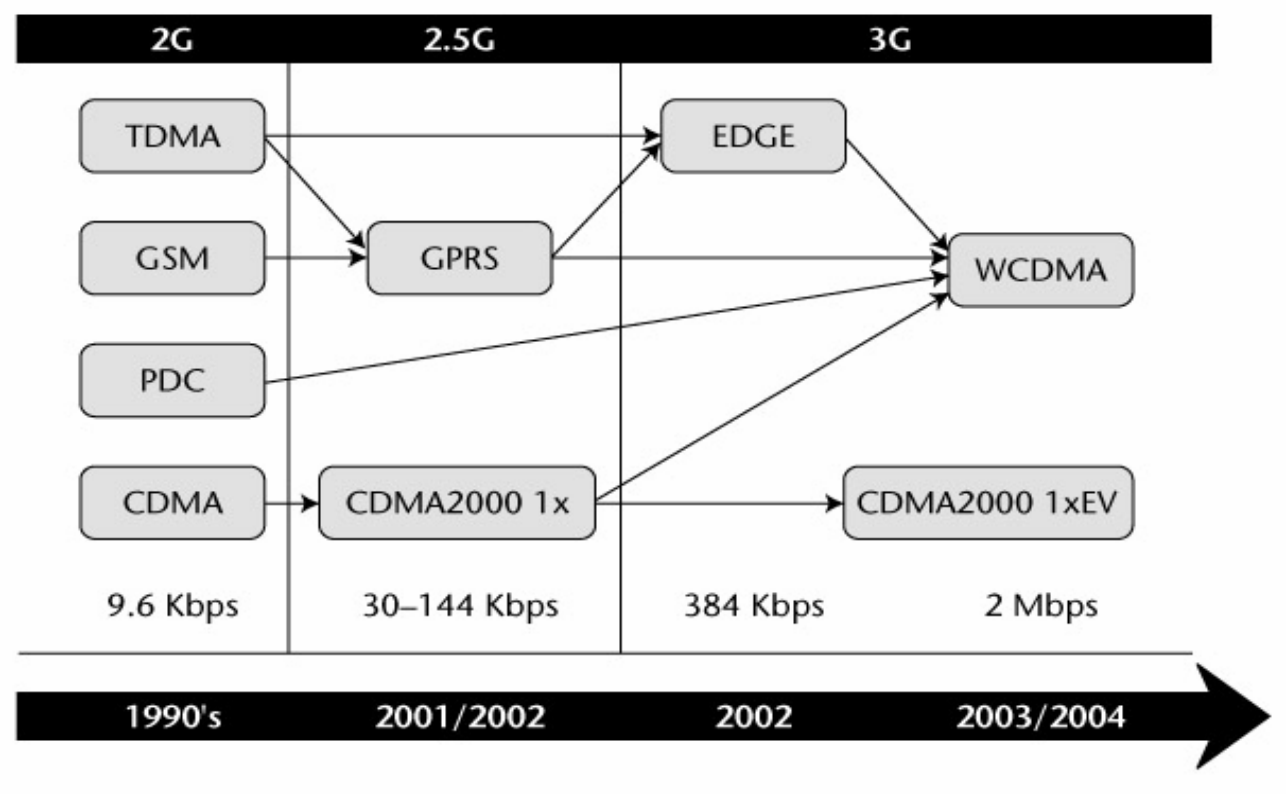
Δίκτυα 3ης Γενιάς (3G)

Η Τρίτη γενιά δικτύων δημιουργήθηκε με σκοπό την εξασφάλιση μεγαλύτερων ταχυτήτων σε μεταφορά δεδομένων και ανώτερη ποιότητα φωνής. Για την δημιουργία προτύπων, αναπτύχθηκε η ομάδα Third-Generation Partnership Project (3GPP). Τελικά εξασφαλίστηκαν ταχύτητες μεταφοράς τουλάχιστον 50 φορές μεγαλύτερες από τα δίκτυα 2ης γενιάς, και εξασφάλιση σταθερότερων υπηρεσιών. Κάνει χρήση της τεχνολογίας WCDMA και του CDMA2000 2xEV. Με τις νέες προοπτικές που ανοίχθηκαν, δημιουργήθηκαν συσκευές που είχαν υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών, μεγαλύτερες οθόνες υψηλότερης ευκρίνειας, μέχρι και λειτουργικό σύστημα για να διαχειρίζεται τις νέες εφαρμογές όπως :

- Εφαρμογές video

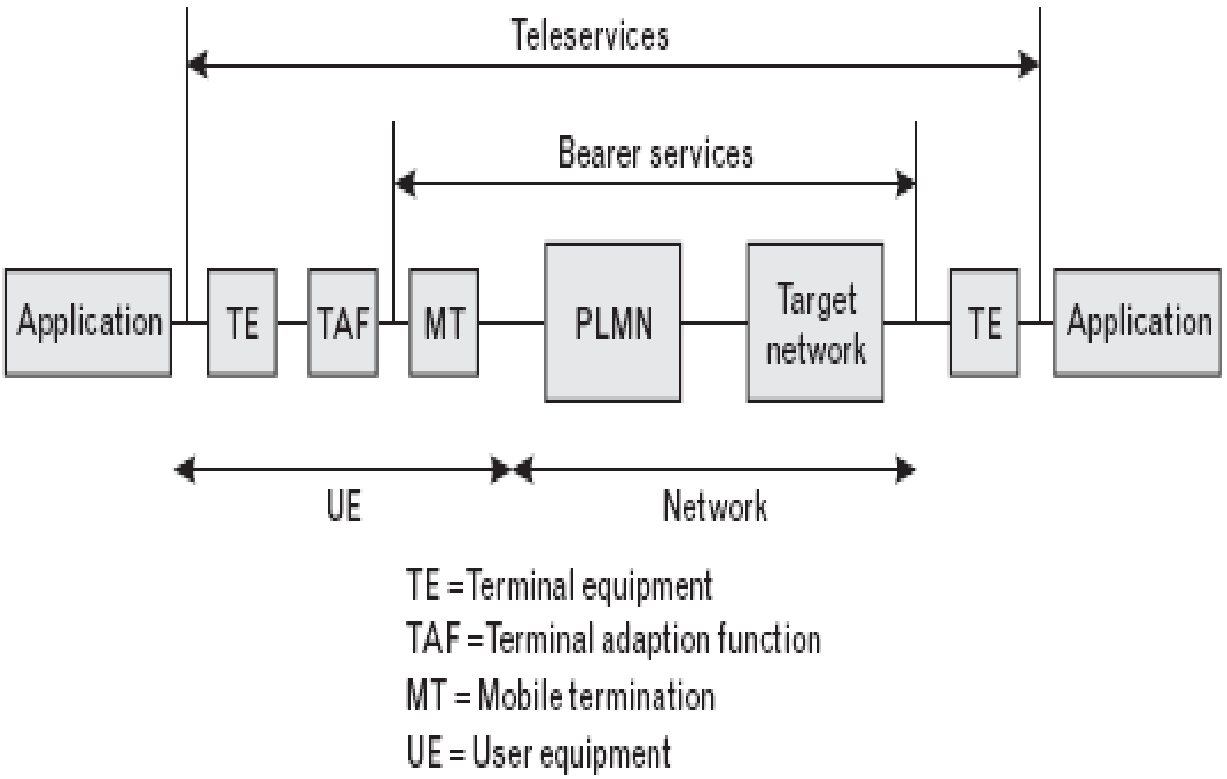
- Downloading μουσικής όπως MP3 ή λογισμικού
- Voice-over-IP (VoIP).
- Υπηρεσίες Εντοπισμού θέσης.
- Μηνύματα πολυμέσων
- Ολοκληρωμένες υπηρεσίες email

Η εξέλιξη των τεχνολογιών στα κυψελωτά δίκτυα έως και σήμερα:



Τηλε-Υπηρεσίες

Η τηλε-υπηρεσία είναι ένας τύπος τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας ο οποίος προσφέρει end-to-end δυνατότητα επικοινωνίας ανάμεσα στους κινητούς χρήστες σύμφωνα πάντα με τεχνολογικά πρότυπα. Ο χρήστης δεν έχει άμεση ευθύνη για τις εφαρμογές που τρέχουν σε μια τηλε-υπηρεσία. Για παράδειγμα η αποστολή e-mail από ένα laptop συνδεδεμένο με μια συσκευή κινητής τηλεφωνίας είναι υπηρεσία φορέα(bearer service), αντίθετα με την ομιλία η οποία είναι απλή τηλε-υπηρεσία. Οι τηλε-υπηρεσίες κάνουν χρήση όλου του πρωτοκόλλου OSI και περιλαμβάνουν τις λειτουργίες των τερματικών συσκευών.



Εικόνα 5 : Αρχιτεκτονική τηλε-υπηρεσιών

PLMN = public land mobile network

Οι τηλε-υπηρεσίες περιλαμβάνουν:
Τηλεφωνία
Κλήσεις έκτακτης ανάγκης
Μηνύματα
Εκπομπές κυψέλης
Εναλλακτική ομιλία
Φωνητική κλήση
Εκπομπή φωνής
Πρόσβαση στο Internet
Υπηρεσίες φορέα
Οι υπηρεσίες φορέα είναι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες οι οποίες επιτρέπουν τη δυνατότητα της μετάδοσης σημάτων στα διάφορα σημεία πρόσβασης (access points). Αυτές οι υπηρεσίες χρησιμοποιούν διαμεταγωγή είτε μέσω κυκλωμάτων είτε μέσω πακέτων. Επίσης περιλαμβάνουν μόνο τα τρία χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου OSI. Μια υπηρεσία φορέα ορίζεται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο χαρακτηριστικών που τη διαφοροποιεί από τις άλλες. Αυτά τα χαρακτηριστικά με τη σειρά τους ορίζουν το είδος του μεταδιδόμενου φορτίου, τα χαρακτηριστικά του και τους υποστηριζόμενους ρυθμούς μεταφοράς bit rates. Αυτό είναι που κάνει το δίκτυο UMTS να διαφοροποιείται από τα

υπόλοιπα δίκτυα: Επιτρέπει τη διαπραγμάτευση των παραμέτρων ανάμεσα στην εφαρμογή και το δίκτυο. Για αυτό το λόγο υπάρχει μια συγκεκριμένη διαδικασία με την οποία η εφαρμογή ζητά την υπηρεσία και το δίκτυο ανάλογα είτε δίνει την υπηρεσία είτε προτείνει ένα χαμηλότερο επίπεδο υπηρεσίας. Η εφαρμογή με τη σειρά της δέχεται ή απορρίπτει την πρόταση του δικτύου. Επίσης σε μια ενεργή σύνδεση είναι δυνατό να αλλάζουν οι ιδιότητες και χαρακτηριστικά της υπηρεσίας. Αυτή η ικανότητα δίνει ευελιξία στο δίκτυο UMTS και επιτρέπει στο δίκτυο να χρησιμοποιεί αποδοτικά τους διαθέσιμους πόρους.
Οι δυνατότητες μετάδοσης στο δίκτυο χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες μεταβλητές:
Μεταφορά με/χωρίς σύνδεση
Είδος φορτίου
Σταθερός ρυθμός μετάδοσης (Constant bit rate, CBR)
Δυναμικά μεταβαλλόμενος ρυθμός μετάδοσης (Variable bit rate, VBR)
Δυναμικά μεταβαλλόμενος ρυθμός μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο με ελάχιστο οριζόμενο ρυθμό μετάδοσης.
Χαρακτηριστικά φορτίου
Point-to-point
Point-to-multipoint

Η ποιότητα της μεταδιδόμενης πληροφορίας χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:
Μέγιστη καθυστέρηση
Μεταβολή καθυστέρησης (jitter)
Αναλογία λανθασμένων bit (BER:incorrect /correct bits)
Ρυθμός καθυστέρησης

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση σφαλμάτων είναι οι Forward Error Correction (FER) και Automatic Repeat Request (ARP).

Το UMTS μπορεί να προσφέρει ταχύτητες στη μεταφορά δεδομένων 384kbps έως και 2Mbps εάν η συσκευή βρίσκεται κοντά στο σταθμό βάσης. Σημαντικό επίσης είναι ότι κάθε αλλαγή σε μια παράμετρο μπορεί να επηρεάσει την τιμή μιας άλλης, για παράδειγμα η μέγιστη καθυστέρηση μπορεί να μειωθεί εάν οι τιμές του BER δεν είναι σημαντικές για τη εφαρμογή.

Επιπρόσθετες υπηρεσίες
Οι επιπρόσθετες υπηρεσίες στηρίζονται στην ύπαρξη των τηλε-υπηρεσιών και των υπηρεσιών φορέα και δίνονται στον χρήστη ως συνδρομητικό πακέτο πρόσθετων υπηρεσιών. Τυπικές τέτοιες υπηρεσίες είναι η αναγνώριση κλήσης, η αναμονή, οι φραγές κλήσεων, user-to-user signaling, κ.ά.
Υπηρεσίες αυτής της κατηγορίας δίνονται από την επίσημη προδιαγραφή του οργανισμού 3GPP.

Δυνατότητες υπηρεσιών.

Τα προηγούμενα είδη υπηρεσιών εφαρμόζονται ευρέως από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Οι συνθήκες ανταγωνισμού στην αγορά όμως οδήγησαν στην ανάγκη για περισσότερες και ανταγωνιστικότερες υπηρεσίες, οι οποίες θα μπορούσαν να δώσουν το πλεονέκτημα. Ο πόλεμος των υπηρεσιών λοιπόν έδωσε τη δυνατότητα για νέες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες οι οποίες οδήγησαν σε νέες τεχνολογίες και έθεσαν νέα πρότυπα (πχ i-mode, vodafone live).
Οι δυνατότητες υπηρεσιών είναι προσβάσιμες από τις εφαρμογές μέσω ενός σταθερού interface της εφαρμογής. Η παροχή τους είναι δυνατή μέσω ποικίλων μηχανισμών και εργαλείων όπως το SIM application toolkit (SAT), το Mobile station Execution Environment (MexE), το Customized Application for Mobile Network Enhanced Logic (CAMEL), και το IntelligentutilitieNetwork (IN).

Οι υπηρεσίες αυτές χωρίζονται σε δύο είδη: Framework και Nonframework. Οι πρώτες παρέχουν υπηρεσίες όπως αυθεντικοποίηση, εξουσιοδότηση, καταχώρηση και ειδοποιήσεις. Οι μεν δεύτερες χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές ως υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας και περιλαμβάνουν: Διαχείριση συνόδου, ασφάλεια, μετάφραση διεύθυνσης, εύρεση θέσης, κατάσταση χρήστη, δυνατότητες τερματικού, αποστολή μηνυμάτων, μεταφορά δεδομένων, διαχείριση προφίλ χρήστη, χρεώσεις.

Quality Of Service.

Για την εξασφάλιση της ποιότητας στις υπηρεσίες, που παρέχονται από το δίκτυο, υπάρχει μια συνεχής διαπραγμάτευση του φορτίου που μεταφέρεται από το δίκτυο στη συσκευή του χρήστη (UTRAN air interface). Έτσι οι υπηρεσίες μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κλάσεις: Υπηρεσίες κλήσεων πραγματικού χρόνου, διαδραστικές (interactive) υπηρεσίες (web browsing, e-mail), streaming υπηρεσίες (real time video, data transfer), background υπηρεσίες (fax, sms)

Γιατί 3G;

Σε μια συνεχώς εξελισσόμενη αγορά των τηλεπικοινωνιών το δίκτυο GSM ήταν επαρκές για την υποστήριξη του πιο δημοφιλούς προϊόντος, της μετάδοσης φωνής. Το δίκτυο GSM χρησιμοποιώντας 200khz bandwith προσφέρει 8 κανάλια επικοινωνίας. Το δίκτυο 3G με χρήση της τεχνολογίας WCDMA με φέρον σήμα στα 5 Mhz αντιστοιχεί σε 200 κανάλια επικοινωνίας. Η ανάπτυξη του 3G δεν έγινε λόγω ζήτησης περισσότερων χρηστών για το δίκτυο, αλλά για τις εναλλακτικές δυνατότητες επικοινωνίας, μαζί με νέες υπηρεσίες όπως m-commerce, m-banking. Συγχρόνως η ανάπτυξη των συστημάτων WLAN μπορούσε να αλλάξει τα δεδομένα στο χώρο της κινητής τηλεφωνίας προσφέροντας σαφώς ανώτερες δυνατότητες από το δίκτυο GSM. Οπότε η είσοδος και η έναρξη υπηρεσιών του 3G ήταν άμεσα απαραίτητη για τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα του ανταγωνισμού στην κινητή τηλεφωνία. Οι εταιρείες βρίσκονται αυτή τη στιγμή σε σημείο στο οποίο δεν μπορούν να παρέχουν οι ίδιες νέες υπηρεσίες, αλλά να στηρίζονται σε αυτές τρίτων και

συνεπώς για αυτούς τους εξωτερικούς παροχείς περιεχομένου ανοίγουν νέες ευκαιρίες. Φυσικά ο ρόλος του μεσάζοντα των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας παίζει σημαντικό ρόλο. Εκείνες είναι υπεύθυνες για τη χρέωση του χρήστη και ο αποδοτικότερος τρόπος μέχρι σήμερα ήταν με την τεχνική του micropayment, δηλαδή της μικρής χρέωσης της υπηρεσίας που χρησιμοποιείται συγχρόνως από πολλούς χρήστες και δίνει σημαντικά κέρδη (πχ SMS). Το δύσκολο βέβαια είναι να βρεθούν αυτές οι επιτυχείς εφαρμογές, killer applications και γεγονός είναι ότι οι περισσότερες ιδέες έρχονται από την πλευρά του διαδικτύου. Έχει εκτιμηθεί ότι οι δαπάνες για τις υπηρεσίες μέχρι σήμερα είναι δέκα φορές μεγαλύτερες από τις δαπάνες για την υποδομή του δικτύου, το δίκτυο 3G είναι ο επόμενος στόχος της επιχειρηματικής δράσης στο χώρο των τηλεπικοινωνιών.

4.8 Ενεργές εφαρμογές

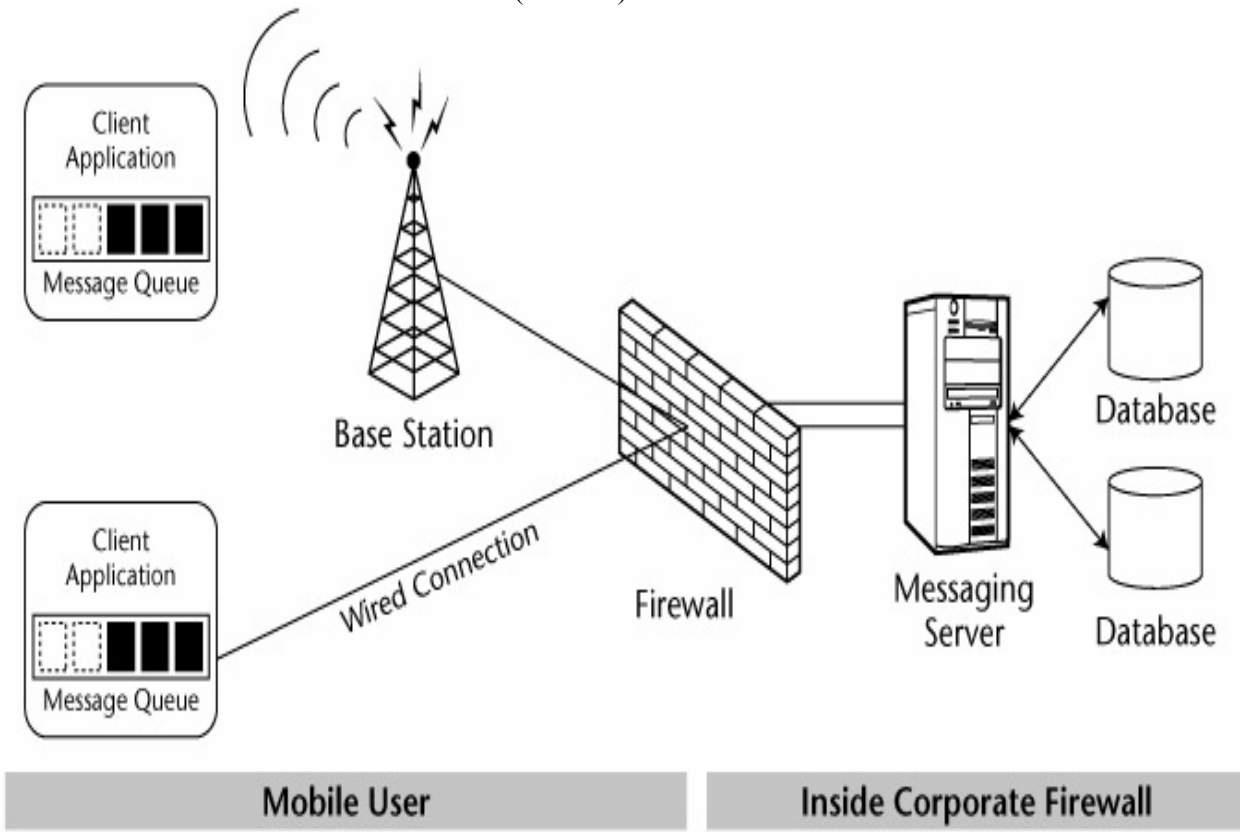
4.8.1 Φωνή

Η υπηρεσία φωνής παραμένει η πιο σημαντική εφαρμογή στις θνητές τηλεπικοινωνίες. Παρόλα αυτά το μέλλον δείχνει ότι θα εμπλουτιστεί και με άλλα χαρακτηριστικά πολυμεσικών εφαρμογών, όπως εικόνα και διαδραστικές λειτουργίες ως σταθερές και κύριες υπηρεσίες. Παράλληλα υπηρεσίες όπως voice-mail γνωρίζουν σταδιακά απορρόφηση στην αγορά.
Ο οργανισμός ETSI έχει θέσει κάποια προχωρημένα χαρακτηριστικά του δικτύου GSM με την ονομασία ASCI. Ένα δίκτυο το οποίο υποστηρίζει αυτά τα χαρακτηριστικά συγκλίνει σε ένα πανευρωπαϊκό δίκτυο Trans-European Trunked Radio (TETRA). Αυτό είναι ένα ευρωπαϊκό πρότυπο για τα δημόσια δίκτυα επικοινωνιών και υποστηρίζει την εμπιστευτικότητα στο δίκτυο.
Τα σημαντικότερα στοιχεία του ASCI είναι:
Voice broadcast service (VBS) Η δυνατότητα για broadcast
Voice group call service (VGCS): Η δυνατότητα για τηλεφωνική συνδιάσκεψη
Enhanced multilevel priority and preemption (EMLPP):Επείγουσες κλήσεις έχουν την ανάλογη προτεραιότητα

4.8.2 Μηνύματα

Η επιτυχία του SMS δείχνει ότι η αγορά ζητά υπηρεσίες σαν αυτή. Το Multimedia Messaging Service (MMS) είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε από το 3GPP (Third Generation Partnership Project) και επιτρέπει στους χρήστες να ανταλλάσσουν μηνύματα με περιεχόμενο πολυμέσων. Αποτελεί επέκταση του Short Message Service (SMS) πρωτοκόλλου. Με την είσοδο των δικτύων τρίτης γενιάς 3G, επιτρέπει τη μετάδοση streaming video. Το e-mail δείχνει να απασχολεί τις μελλοντικές προβλέψεις, αλλά είναι μια υπηρεσία που πέρασε από τον κόσμο των υπολογιστών και δύσκολα διαχειρίζεται από τις συσκευές της κινητής τηλεφωνίας. Εφαρμογές όμως, όπως το T9 από την Tegic, δείχνουν ότι ο η κατάσταση μπορεί να αλλάξει προς όφελος των κινητών χρηστών.
Το πρότυπο του GSM ορίζει επίσης μια δυνατότητα του SMS να εκπέμπεται από τους σταθμούς βάσης σε όλα τα κινητά της κυψέλης (SMS-CB service). Στο δίκτυο 3G η ίδια

δυνατότητα με την ονομασία cell broadcast service (CBS) υποστηρίζει μηνύματα μέχρι και 1.395 χαρακτήρες. Το μελλοντικό πρότυπο του SMS-CB ακούει στο όνομα Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS).



Εικόνα 6: Βασική τοπολογία Messaging υπηρεσιών

Οι εφαρμογές μηνυμάτων μπορούν να είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Τρεις κατηγορίες είναι οι σημαντικότερες:

α) Μηνύματα από χρήστη σε χρήστη.
Αυτά περιλαμβάνουν τα e-mail, sms(short message service), im(instant messaging), Enhanced Message Service (EMS), Multimedia Message Service (MMS).

β) Ειδοποιήσεις και ανακοινώσεις.
Μηνύματα τα οποία κρίνονται επείγοντα και συνήθως υπάρχει ανταπόκριση του χρήστη σε αυτά ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία. Οι δύο κύριες τεχνολογίες που υποστηρίζουν αυτά τα μηνύματα είναι τα Handheld Device Markup Language (HDML) alerts και το WAP Push.

γ) Μηνύματα μεταξύ εφαρμογών.
Τα μηνύματα αυτά στέλνονται χωρίς την παρέμβαση του χρήστη και αποσκοπούν στον συγχρονισμό των δεδομένων της συσκευής.

Τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής αυτής είναι ο Messaging Client MC, η εφαρμογή που διαχειρίζεται τα μηνύματα και χρησιμοποιεί την τεχνική store-and-forward messaging, προγραμματίζεται στη γλώσσα του λειτουργικού ή σε Java. Ο Messaging server είναι το μέρος του συστήματος που επικοινωνεί με τους MCs και υπόλοιπους διακομιστές. Η ονομασία του είναι γνωστή στην αγορά ως Message Oriented Middleware (MOM). Τέτοια συστήματα δημιουργούνται με το Java Message Service (JMS). Η Enterprise data source είναι τέλος το τμήμα το οποίο χρησιμοποιεί ποικίλα συστήματα, όπως βάσεις δεδομένων και επαγγελματικές εφαρμογές για να διαχειριστεί την αποστολή μηνυμάτων.

Η αρχιτεκτονική του messaging χρησιμοποιείται πολλές φορές σε συνδυασμό με αυτή του wireless internet και του smart client. Για τη μεν πρώτη, το μήνυμα μπορεί να περιέχει ένα url ο οποίο μπορεί να ακολουθήσει ο χρήστης, ενώ για τη δεύτερη αρχιτεκτονική ένα απλό sms θα μπορούσε να ξεκινήσει μια διαδικασία συγχρονισμού δεδομένων μιας εφαρμογής. Επίσης η επικοινωνία εφαρμογών μπορεί να χρησιμοποιεί το μοντέλο αυτό. Τέλος, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να καθορίζουν το πότε θα λαμβάνουν μηνύματα και το περιεχόμενό τους, ενώ προστατεύονται από μηνύματα spam.
Όμως το σημαντικότερο πρόβλημα των μηνυμάτων είναι η επικύρωση της προέλευσής τους. Γι 'αυτό το λόγο δεν μπορούν να έχουν χρήση σε επαγγελματικό επίπεδο ή ως επίσημα κείμενα. Επίσης η αξιοπιστία στη μετάδοσή τους είναι αμφίβολη, γεγονός που τα καθιστά χρήσιμα μόνο για απλούς επικοινωνιακούς σκοπούς.
Το messaging χρησιμοποιείται ευρέως στην επικοινωνία, στη διασκέδαση, στη διασπορά πληροφοριών, ενσωματώνεται σε επιχειρηματικά μοντέλα, στην ανταλλαγή πληροφοριών και σε ανακοινώσεις.

4.9 Λοιπές εφαρμογές

Επιπρόσθετα υπάρχουν υπηρεσίες όπως πρόσβαση στο διαδίκτυο, εφαρμογές γεωγραφικής θέσης, παιχνίδια, διαφημίσεις, στοιχήματα/τυχερά παιχνίδια, ραντεβού και διασκέδαση ενηλίκων.

4.10 Εισαγωγή στο WAP

Γενικά

Το Wireless Application Protocol είναι ένα πρότυπο το οποίο αναπτύχθηκε από το WAP Forum, έναν όμιλο ιδρυμένο από τις Nokia, Ericsson, Phone.com και Motorolla. Στη λίστα των εταιρειών που υποστηρίζουν το WAP υπάρχουν και τα μεγαθήρια της βιομηχανίας υπολογιστών όπως η Microsoft, η Oracle, η IBM και η Intel μαζί με

κάποιες εκατοντάδες εταιρείες. Σύμφωνα με το WAP Forum οι στόχοι του WAP είναι να:

Είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε πρότυπο των ασύρματων επικοινωνιών.
Είναι ελεύθερο για να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε.
Προσφέρεται ως πρότυπο στους υπόλοιπους οργανισμούς προτύπων.
Είναι ευέλικτο μεταξύ διάφορων μέσων μεταφοράς.
Είναι ευέλικτο ανάμεσα σε διαφορετικές συσκευές.
Είναι δυνατή η επεκτασιμότητά του σε νέα δίκτυα και μέσα.

Έτσι το WAP είναι διαθέσιμο για τις επόμενες τεχνολογίες:
GSM-900, GSM-1800, GSM-1900
CDMA IS-95
TDMA IS-136
3G - IMT-2000, UMTS, W-CDMA, Wideband IS-95

Το WAP ορίζει τα επικοινωνιακά πρωτόκολλα, καθώς επίσης και το περιβάλλον εφαρμογών. Στην ουσία είναι μια πρότυπη τεχνολογία που μπορεί να υλοποιηθεί σε κάθε πλατφόρμα και κατανεμημένο σύστημα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο σχεδιάστηκε στα πρότυπα του διαδικτύου. Το WAP έχει ομοιότητες με το συνδυασμό HTTP-HTML μόνο που προσθέτει ένα σημαντικό χαρακτηριστικό: Είναι βελτιστοποιημένο για συστήματα μικρής χωρητικότητας, μικρής μνήμης και περιορισμένων δυνατοτήτων απεικόνισης. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν κινητά τηλέφωνα, PDAs, pagers και συνολικά κάθε είδους τηλεπικοινωνιακής συσκευής.

WAP και το Διαδίκτυο

Οι δυνατότητες του WAP από μια άποψη, προσεγγίζουν το ίδιο μοντέλο που υπάρχει στο Διαδίκτυο όσον αφορά τη παροχή περιεχομένου (πληροφοριών και δεδομένων). Και τα δυο χρησιμοποιούν φθηνό, προτυποποιημένο λογισμικό από την πλευρά του πελάτη (client s/w) και τα δυο βασίζονται σε εξυπηρετητές για να διαχειριστούν την αυθεντικοποίηση των χρηστών, τη λειτουργία επερωτήσεων σε βάσεις δεδομένων και την επεξεργασία δεδομένων. Επίσης χρησιμοποιούν γλώσσες συμβόλων παρμένες από την SGML. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα σε εταιρείες του διαδικτύου να μεταφέρουν τις υπηρεσίες τους στον κινητό κόσμο χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή τους.

Το WAP πρόκειται να αναδείξει το διαδίκτυο και να επεκτείνει την παρουσία του. Η τεχνολογική σύγκλιση που πραγματοποιείται μεταξύ του δικτύου και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων φέρνει το διαδίκτυο σε κάθε κινητή συσκευή, είτε αυτή χρησιμοποιείται για επιχειρηματική ή προσωπική χρήση. Εταιρείες που κάνουν χρήση ιδιόκτητων δικτύων για την υποστήριξη των επικοινωνιακών τους αναγκών μπορούν εναλλακτικά να χρησιμοποιήσουν την υποδομή της κινητής τηλεφωνίας σε συνδυασμό με το διαδίκτυο. Το WAP μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε ιδιωτικό δίκτυο, ανεξάρτητα σύνδεσης με το διαδίκτυο, αλλά αυτό που το κάνει σημαντικό είναι η δυνατότητα να επεκταθεί σε αυτό με μεγάλη ευκολία. Τέλος κάθε χρήστης κινητής

συσκευής έχει άμεση και γρήγορη πρόσβαση στη λεωφόρο των πληροφοριών, το διαδίκτυο.

Λειτουργία του WAP

Συνοπτικά η λειτουργία του WAP περιλαμβάνει την εξής διαδικασία: μια αίτηση από τη κινητή συσκευή δρομολογείται μέσω του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας σε μια πύλη WAP. Η πύλη αυτή ενεργεί σαν ένας ενδιάμεσος σταθμός μεταξύ του GSM δικτύου και του διαδικτύου (TCP/IP). Η πύλη επεξεργάζεται την αίτηση, προσκομίζει το περιεχόμενο ή καλεί κάποια CGI scripts, Java servlets κ.ά. διαμορφώνει τα δεδομένα και τα επιστρέφει στη συσκευή. Τα δεδομένα μεταφέρονται σε ψηφιακή μορφή και εμφανίζονται στην οθόνη του χρήστη.

Η επικοινωνία πελάτη – εξυπηρετητή

Η επικοινωνία μεταξύ συσκευής/πελάτη και του παροχέα περιεχομένου/εξυπηρετητή καθορίζεται αυστηρά από τη στοίβα πρωτοκόλλων του WAP. Υπάρχουν δυο εκδόσεις η WAP1 έκδοση και η τελευταία η WAP2.

WAP1

Η στοίβα πρωτοκόλλων του WAP1 έχει σχεδιαστεί σε 7 επίπεδα:

Presentation Layer - Wireless Markup Language WML
Wireless Application Environment (WAE)
Wireless Session Protocol (WSP)
Wireless Transaction Protocol (WTP)
Wireless Transport Layer Security (WTLS)
Wireless Datagram Protocol (WDP)
Bearers (GSM, EDGE, WCDMA, IS-136, CDMA, GPRS, CDPD, etc.)

Η WML αποτελεί το στρώμα παρουσίασης του WAP. Κάτω από την WML βρίσκεται η WAE στην οποία υλοποιείται η παρουσίαση των σελίδων από τον φυλλομετρητή της συσκευής. Κάποιες WAE μπορούν να πραγματοποιήσουν κάποιες από τις λειτουργίες της συσκευής (πχ κλήση) χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες που παρέχονται μέσα από τη Wireless Telephony Application (WTA).

Σύμφωνα με την επίσημη προδιαγραφή του WAP, το WSP προσφέρει:

HTTP/1.1 συμβατότητα.
πρόσθετες μεθόδους για τις αιτήσεις-απαντήσεις μεταξύ πελάτη εξυπηρετητή.
σύνθετα αντικείμενα
διαπραγμάτευση περιεχομένου.
δοσοληψία επικεφαλίδων συνόδου μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή (session headers).
μεταφορά περιεχομένου στον πελάτη χωρίς άμεση αίτηση (wap push).
διαπραγμάτευση για πολλαπλές, σύγχρονες και ασύγχρονες δοσοληψίες.

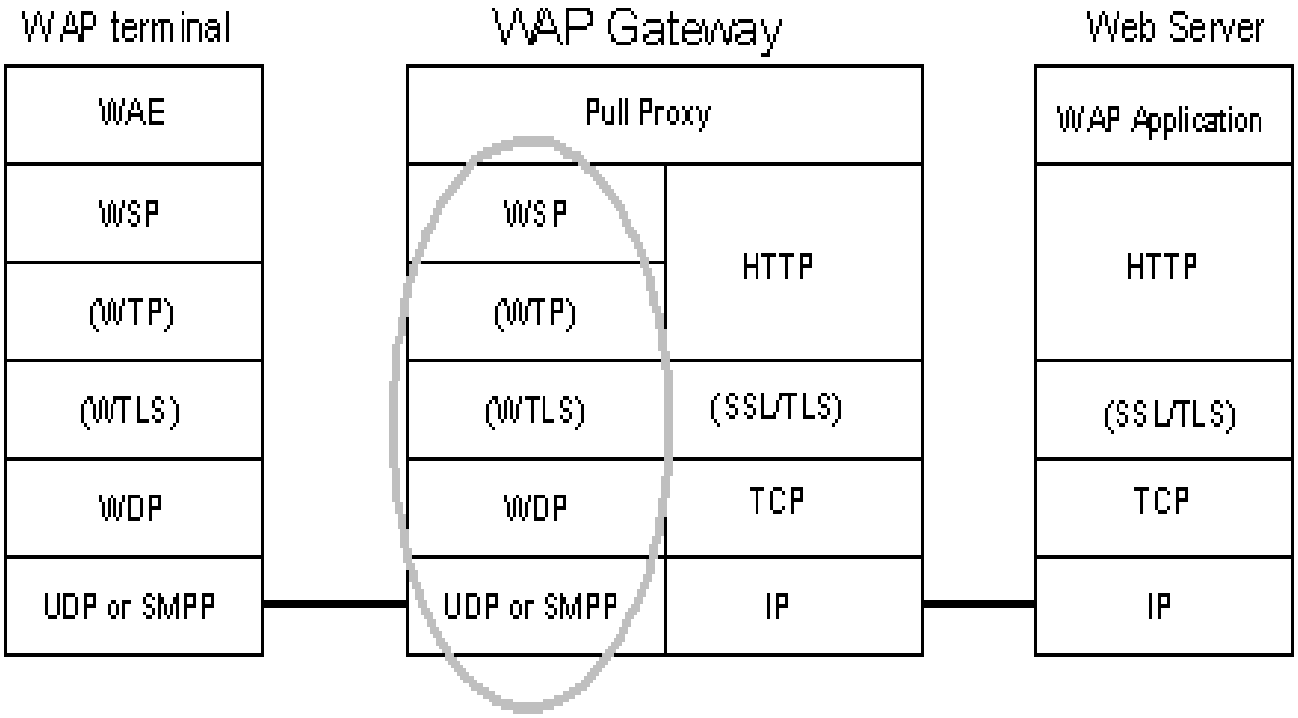
Το WSP ορίζει τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ της πύλης WAP και της συσκευής. Για συνδέσεις με σύνδεση ακολουθείται το WTP ενώ για συνδέσεις χωρίς σύνδεση το WDP.

Το στρώμα του WTP παρέχει το πρωτόκολλο με το οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές ανάκτησης περιεχομένου. Υποστηρίζει 3 κλάσεις δοσοληψιών: Αναξιόπιστη υπηρεσία χωρίς σύνδεση (WTP/D), αξιόπιστη με σύνδεση και βελτιστοποιημένη για web browsing (WTP/T) και αξιόπιστη με σύνδεση βελτιστοποιημένη για full duplex επικοινωνία (WTP/C). Ουσιαστικά το WTP καθορίζει το περιβάλλον δοσοληψίας στο οποίο ο πελάτης και ο εξυπηρετητής επικοινωνούν και ανταλλάσσουν δεδομένα.

Το WDP λειτουργεί πάνω από το στρώμα του φορέα που χρησιμοποιεί ο παροχέας της επικοινωνίας. Ως εκ τούτου, το στρώμα αυτό επιτρέπει στις εφαρμογές να είναι ανεξάρτητες από τον φορέα ή τις υπηρεσίες του. Το WDP χρησιμοποιεί για δρομολόγηση το πρωτόκολλο IP και αποκλειστικά το UDP (User Datagram Protocol), το οποίο σημαίνει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση και μετάδοση με πακέτα. Επίσης λόγω της φύσεως των τηλεπικοινωνιών, η εφαρμογή πρέπει να επικοινωνεί με μία μόνο WAP πύλη (δηλαδή όχι με περισσότερες οι οποίες συνδέουν διαδίκτυο και το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας) και για αυτό το λόγο μειώνεται και το μέγεθος των πακέτων στη μετάδοση των δεδομένων (λιγότερα overhead WDP).

Για ασφαλής επικοινωνία το WAP προσφέρει το WTLS το οποίο είναι βασισμένο στο SSL και στο TLS. Στις δυνατότητες του πρωτοκόλλου περιλαμβάνονται: ακεραιότητα, αυθεντικοποίηση και κωδικοποίηση των δεδομένων. Επίσης παρέχει ένα τύπο διεπαφής για την έναρξη και τερματισμό των συνδέσεων. Ακόμα εμπεριέχει επιπλέον δυνατότητες όπως υποστήριξη για datagram, βελτιστοποιημένη διασύνδεση (handshake) και δυναμική αλλαγή κλειδιών.

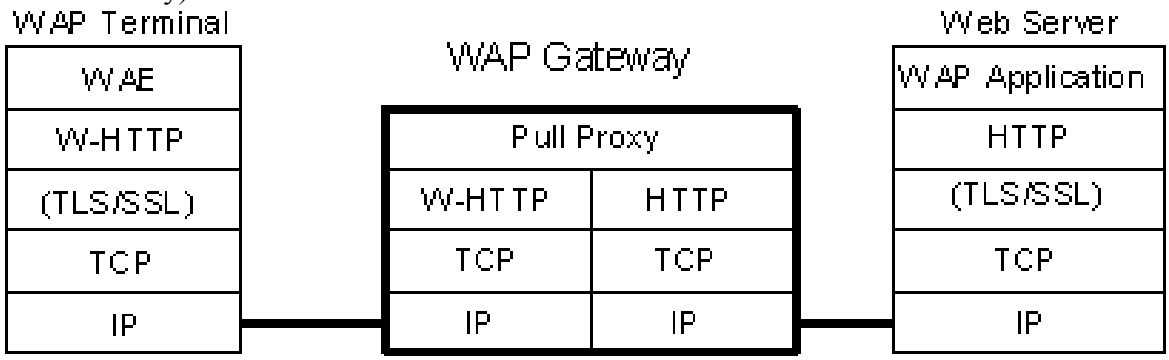
Σημαντικό είναι ότι τα πρωτόκολλα αφορούν το τμήμα της επικοινωνίας που περιλαμβάνει το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας, από τη συσκευή έως την πύλη WAP. Στο υπόλοιπο τμήμα από την πύλη έως κάποιον παροχέα περιεχομένου (π,χ. WEB server) το πρωτόκολλο καθορίζεται από την πύλη και μπορεί να είναι HTTP/TCP.



Εικόνα 7: Αρχιτεκτονική WAP 1.0

WAP2

Το WAP2 είναι αρκετά όμοιο με το Internet Protocol HTTP/TCP. Σαν γλώσσα εφαρμογών περιλαμβάνει τις WML2 και XHTML-MP (mobile profile) και μόνο οι νεότερες συσκευές μπορούν να τις υποστηρίξουν. Η διαφορά με τον προκάτοχό του βρίσκεται στη στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί. Εδώ γίνεται αποκλειστικά η χρήση του Wireless Profiled Hypertext Transfer Protocol (W-HTTP) και του TCP ωστε να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ συσκευής και WAP πύλης. Το W-HTTP επιτρέπει τη συμπίεση των δεδομένων και την δημιουργία ασφαλών περασμάτων (tunnel connectivity).



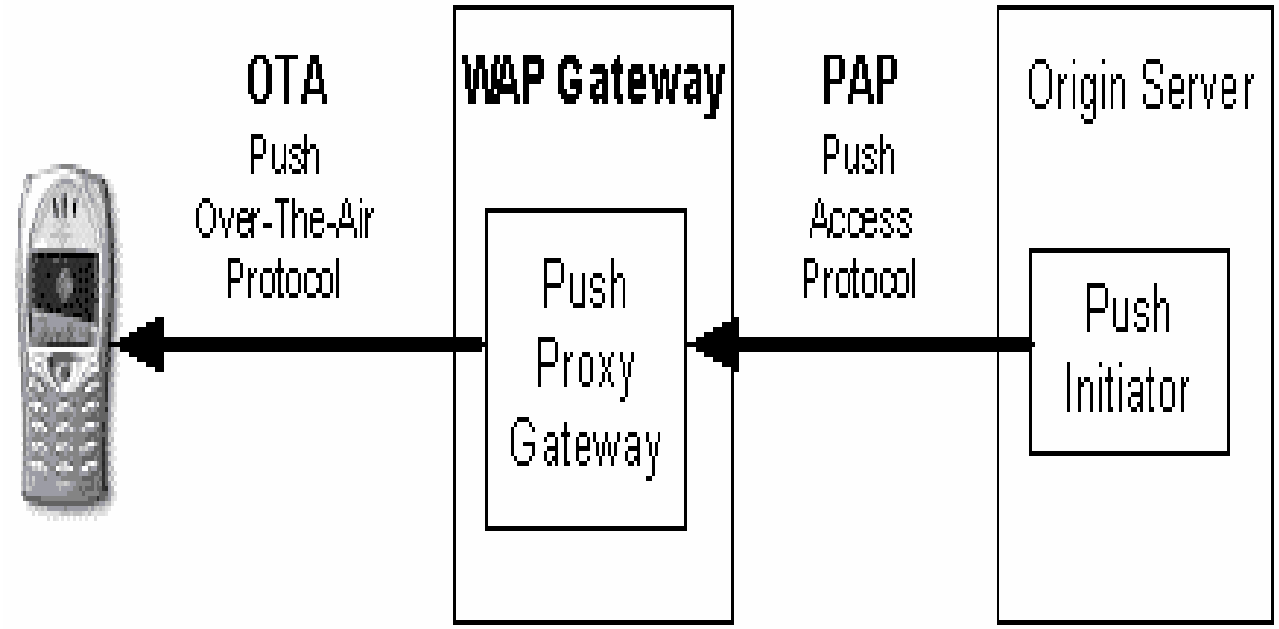
Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική WAP 2.0

Το TLS αποτελεί μια έκδοση του TLS για ασύρματες επικοινωνίες. Περιλαμβάνει αλγόριθμους κωδικοποίησης και υπογραφής, πιστοποιητικά, καθώς και ορίζει τη μέθοδο για την υποστήριξη ασφαλών περασμάτων.

Το στοιχείο κλειδί στο WAP2 είναι το η είσοδος των πρωτοκόλλων του διαδικτύου στο περιβάλλον του WAP. Το WAP2 επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί το HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), μέσω του TCP/IP, από το διαδίκτυο έως και τη κινητή συσκευή. Αυτή η δυνατότητα κρίθηκε απαραίτητη με την εμφάνιση των δικτύων υψηλών ταχυτήτων (π.χ. 2.5G, 3G) στις τηλεπικοινωνίες

Το μοντέλο επικοινωνίας διαφέρει επίσης από την πρώτη έκδοση. Όταν μια WAP πύλη δέχεται μια HTTP αίτηση, προωθεί τις επικεφαλίδες(headers) και το περιεχόμενο, μέσω τις W-HTTP στοίβας, στο στρώμα του Pull Proxy της πύλης WAP, όπου και η αίτηση διαχειρίζεται όπως και μια WSP αίτηση. Το HTTP είναι ένα πρωτόκολλο που ακολουθεί τη διαδικασία αιτήσεων και αποκρίσεων και λειτουργεί πάνω από το TCP/IP. Λόγω λοιπόν του TCP (Three-Way Handshake), υπάρχει σημαντική καθυστέρηση στην εγκατάσταση κάθε σύνδεσης και γι' αυτό το λόγο οι συνδέσεις TCP επαναχρησιμοποιούνται. Για τη μείωση της καθυστέρησης επίσης χρησιμοποιείται και η τεχνική της διασωλήνωσης σε διαρκής συνδέσεις. Η διασωλήνωση σημαίνει ότι η επόμενη αίτηση στέλνεται πρίν ανακτήσουμε την προηγούμενη απάντηση. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται ο χρόνος της ανταλλαγής μηνυμάτων (αιτήσεις-αποκρίσεις) και η απόδοση της επικοινωνίας.
Υπηρεσίες του WAP
WAP Push

Το WAP Push είναι μια λειτουργία της πύλης WAP η οποία επιτρέπει σε εφαρμογές να στέλνουν πληροφορίες στον τελικό χρήστη ανεξάρτητα και χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια ενέργεια από τον χρήστη. Οι εφαρμογές μπορούν να εκκινούν τη λειτουργία αυτή από οποιονδήποτε εξυπηρετητή στο διαδίκτυο (Origin Server). Η υπηρεσία μπορεί να λειτουργεί και με τη χρήση εξειδικευμένης εφαρμογής στο κινητό του χρήστη, είτε απλά να λειτουργεί ως broadcast πληροφοριών. Οι εφαρμογές Push πρέπει να υλοποιούν το πρωτόκολλο PAP (Push Access Protocol). Αυτό σημαίνει ότι η εφαρμογή περιλαμβάνει ένα Push Initiator (PI) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία με τη πύλη PPG (Push Proxy Gateway). Ο PI μεταδίδει το περιεχόμενο και οδηγίες στην PPG μέσω του PAP. Στη συνέχεια η PPG χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Push Over-The-Air (OTA) για να παραδώσει το μήνυμα στη τερματική συσκευή.



Εικόνα 9: Αρχιτεκτονική WAP PUSH

Το PI μπορεί να προσεγγίσει τον χρήστη μέσω του αριθμού MSISDN (Mobile Number), κάποιας WAP id ή της IP διεύθυνσής του.
Το Push υλοποιείται με δύο μεθόδους:
Push μέσω IP. Χρήσιμο για εφαρμογές με απαιτήσεις πραγματικού χρόνου, όπως για παράδειγμα συνομιλία (Chat).
Push μέσω SMS. Απαραίτητο για συσκευές οι οποίες δεν έχουν δυνατότητα IP σύνδεσης.

User Agent Profile (UAProf)

Αυτή η υπηρεσία παρέχει ένα μηχανισμό ο οποίος παρέχει και ενημερώνει τον διακομιστή μιας εφαρμογής για τις δυνατότητες των κινητών συσκευών των χρηστών. Αυτή η λειτουργία στηρίζεται στο Composite Capabilities / Preference Profiles (CC/PP) του W3C. Το UAProf υποστηρίζει τη μεταφορά των χρήσιμων δεδομένων στέλνοντάς τα ταυτόχρονα με την αίτηση από τον χρήστη στον εξυπηρετητή.

Wireless Telephony Application (WTA)

Η WTA παρέχει εργαλεία τα οποία δίνουν τη δυνατότητα σε μεγάλο εύρος τηλεφωνικών υπηρεσιών να χειρίζονται από το περιβάλλον εφαρμογών του WAP. Τηλεφωνικές υπηρεσίες όπως κλήση, απάντηση σε κλήση, αναμονή και εκτροπή συνδυάζονται με υπηρεσίες δεδομένων.

External Functionality Interface (EFI)

Το EFI ορίζει τη διεπαφή μεταξύ της WAE και των στοιχείων ή οντοτήτων μέσα σε εφαρμογές που λειτουργούν έξω από το πλαίσιο των δυνατοτήτων της WAE. Αυτό είναι ανάλογο με την παροχή ενός plug-in module το οποίο διευρύνει τις δυνατότητες των φυλλομετρητών ή άλλων εφαρμογών. Επίσης το EFI framewok παρέχει τη μελλοντική επεκτασιμότητα για WAP συσκευές και χρησιμοποιείται για να ορίσει τη διεπαφή για τη διασύνδεση εξωτερικών συσκευών (π.χ. smart cards, GPS devices,
Ιατρικές συσκευές και ψηφιακές κάμερες).

Διεπαφή σταθερής αποθήκευσης - Persistent Storage Interface

Αυτή η δυνατότητα ορίζει ένα σταθερό σύνολο αποθηκευτικών υπηρεσιών για την οργάνωση, πρόσβαση, αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων στη κινητή συσκευή ή σε άλλη συνδεδεμένη συσκευή μνήμης.

Συγχρονισμός δεδομένων - Data Synchronization

Σε μια προσπάθεια να ακολουθήσει ένα κοινό πρότυπο το WAP Forum υιοθετεί τη SyncML(www.syncml.org). Έτσι το WAP2.0 υποστηρίζει τη γλώσσα SyncML για συγχρονισμό δεδομένων και τα SyncML μηνύματα υποστηρίζονται από το WSP και HTTP/1.1 πρωτόκολλα.

Provisioning

Η υπηρεσία παρέχει στις WAP συσκευές τις απαραίτητες πληροφορίες για να λειτουργήσουν στο δίκτυο του φορέα. Επίσης δίνει τη δυνατότητα στους διαχειριστές του δικτύου να διαχειριστούν τις συσκευές του δικτύου τους χρησιμοποιώντας ένα κοινό σύνολο εργαλείων.

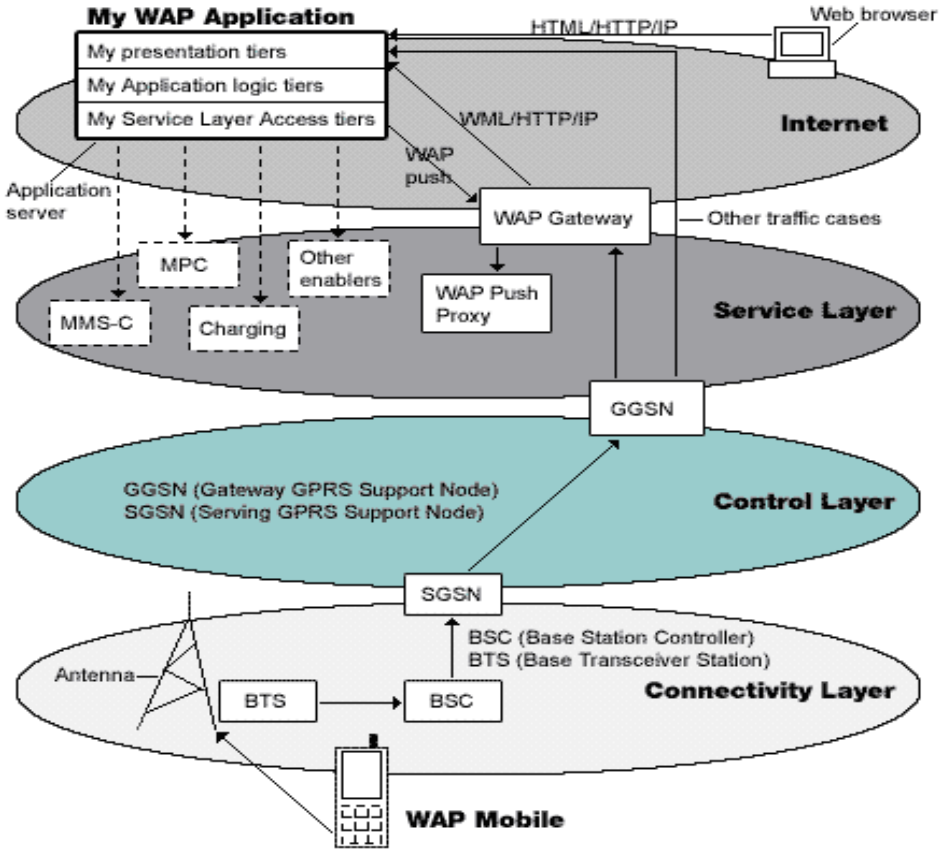
Pictogram

Αυτή η δυνατότητα του WAP επιτρέπει τη χρήση μικρών εικόνων, όπως π.χ.  για να διευκολύνει την επικοινωνία και ακολουθεί τα πρότυπα του Wireless Village Standard. Τέτοιου είδους επικοινωνία ξεπερνά το πρόβλημα της γλώσσας διεπαφής στην εφαρμογή.

Υποδομή του WAP

Η WAP πύλη είναι ουσιαστικά το κομμάτι του συστήματος το οποίο είναι υπεύθυνο για την υπηρεσία WAP και βρίσκεται μεταξύ του διαδικτύου και της κινητής τηλεφωνίας στο επίπεδο των υπηρεσιών. Σε αυτό το επίπεδο βρίσκονται και συστήματα χρέωσης και γεωγραφικής θέσης των κινητών. Το πρωτόκολλο WAP λειτουργεί μεταξύ της κινητής συσκευής, του επιπέδου συνδέσεων (connectivity layer), του επιπέδου ελέγχου (control layer) και τέλος το επιπέδου υπηρεσίας (service layer). Η πύλη στο επίπεδο υπηρεσίας διαχειρίζεται από τον φορέα του κινητού δικτύου. Άλλες πύλες WAP στο διαδίκτυο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πύλες για web servers ή για δοκιμαστικές εφαρμογές. Για τα εσωτερικά δίκτυα και εφαρμογές επιχειρήσεων, η πύλη WAP μπορεί να

χρησιμοποιηθεί ως ένας Proxy για τις WAP εφαρμογές και τις σελίδες WAP που βρίσκονται στο διαδίκτυο.
Η ακόλουθη εικόνα δείχνει πως μια εφαρμογή WAP κάνει χρήση των δυνατοτήτων του WAP (MMS, Push, SMS) και χρησιμοποιεί την WAP πύλη και το δίκτυο της κινητής για να παραδώσει περιεχόμενο στην τερματική κινητή συσκευή.



4.11 Ασφάλεια κινητών συσκευών (m-security)

Εισαγωγή

Είναι εύκολα αντιληπτό ότι η εξέλιξη των κινητών υπηρεσιών είναι έτοιμη για νέα μεγάλα βήματα και η αποδοχή τους από επιχειρήσεις και χρήστες, γίνεται πραγματικότητα. Στο στάδιο αυτό, μια σημαντική πρόκληση στην οποία πρέπει να ανταποκριθεί είναι η εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου ασφαλείας, καθώς εφαρμογές όπως e-marketing, e-payment, απομακρυσμένη πρόσβαση, ακόμα και η καθημερινή επικοινωνία, θέτουν κρίσιμο τον ρόλο της ασφάλειας. Αν δεν ικανοποιηθεί αυτή η απαίτηση, χρήστες και επενδυτές μπορεί να ζημιωθούν από πιθανές προβληματικές καταστάσεις ή στην καλύτερη περίπτωση να μην εμπιστευθούν επιχειρηματικά την υπάρχουσα υποδομή δικτύων.

Απαιτήσεις ασφάλειας
Προσπαθώντας να αναπτύξουμε τον ρόλο της ασφάλειας σε κινητές υπηρεσίες, ξεχωρίζουμε τρεις κύριους τομείς στους οποίους πρέπει να στραφεί :
Διαθεσιμότητα : η εξασφάλιση δηλαδή ότι ο εξουσιοδοτημένος χρήστης θα έχει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση που δικαιούται, είτε είναι υπηρεσία ή δεδομένα. Αυτή η δυνατότητα κινδυνεύει από κακόβουλες επιθέσεις ή και από ανθρώπινο λάθος, ακόμα και του ίδιου τη χρήστη.
Ακεραιότητα. Η προστασία των δεδομένων και συναλλαγών από οποιαδήποτε μορφή τροποποίησης ή και απώλειας.
Εμπιστευτικότητα. Εξασφάλιση ότι σε μια μορφή επικοινωνίας, δεν έχουν πρόσβαση ανεπιθύμητοι και ότι κάθε οντότητα είναι όντως αυτή που δηλώνει

Απειλές ασφάλειας

Όλα αυτά ισχύουν σε οποιαδήποτε επικοινωνία, όχι μόνο στις κινητές. Το ίδιο ισχύει και για της μορφές επιθέσεων αν και οι κινητές επικοινωνίες έχουν τις ιδιαιτερότητες τους. Εστιάζοντας λοιπόν στους υπαρκτούς κινδύνους της ασφάλειας, οι συνήθεις επιθέσεις είναι :

Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο δίκτυο (Masquerade). Ταυτοποίηση δηλαδή του εισβολέα ως εξουσιοδοτημένη οντότητα με αποτέλεσμα την πρόσβαση σε υπηρεσίες όπως απομακρυσμένη σύνδεση, ή και ενοχοποίηση της οντότητας, όπως χρήση κάποιου λογαριασμού για ηλεκτρονική αγορά και χρέωσή του.
Παρακολούθηση επικοινωνίας με υποκλοπή δεδομένων (eavesdropping) ή απλά εξόρυξη συμπερασμάτων για τον τρόπο επικοινωνίας (traffic analysis). Ο εντοπισμός της τοποθεσίας ενός χρήστη γίνεται εύκολα με αυτό τον τρόπο.
Η ασύρματη φύση των κινητών επικοινωνιών επιτρέπει εισβολείς με κατάλληλο υλικό, να τις υποκλέψουν με διάφορους τρόπους.
Τροποποίηση ή και διαγραφή δεδομένων.
Άρνηση παροχής υπηρεσίας (Denial of Service). Από αργή ή μη ομαλή λειτουργία του δικτύου και των υπηρεσιών έως και πλήρης άρνηση εξυπηρέτησης.
Επανεκπομπή (replay) Μπορεί κάποιος να υποκλέψει κάποια επικοινωνία και να επανεκπέμψει τα αποθηκευμένα μηνύματα με ποικίλα αποτελέσματα που ανάγουν σε προηγούμενες μορφές επιθέσεων όπως μη εξουσιοδοτημένη χρήση ή D.o.S.
Απώλεια συσκευής που κλάπηκε ή χάθηκε.
Κακόβουλο λογισμικό όπως ιούς, trojan horses, worms τα οποία ήδη πλήττουν και τις κινητές επικοινωνίες.

Μέτρα ασφάλειας

Παρά το μεγάλο πλήθος των πιθανών απειλών, οι κατασκευαστές συσκευών, δημιουργοί λογισμικού, διαχειριστές δικτύου και τελικοί χρήστες, έχουν την δυνατότητα χρήσης πολλών αντιμέτρων. Σημαντικό όμως είναι αυτά τα μέτρα να μην εμποδίζουν ή μπερδεύουν τον χρήστη, οπότε η μέγιστη δυνατή διαφάνεια είναι απαραίτητα σε οποιαδήποτε λύση.

Η κρυπτογράφηση μεταδιδόμενων δεδομένων είναι μια προτεινόμενη λύση, τουλάχιστον για δεδομένα μεγάλης ευαισθησίας ή αξίας. Η κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση γίνεται αυτόματα χωρίς συμμετοχή του χρήστη στην διαδικασία.
Η ταυτοποίηση (authentication) των χρηστών, σε συνδυασμό με παροχή υπηρεσιών μόνο μετά από εξουσιοδότηση (authorization) είναι πάντα απαραίτητη αφού είναι από τα βασικότερα μέτρα ασφάλειας. Μπορεί να γίνει είτε με εισαγωγή κωδικού από τον χρήστη ή και αυτόματα από αναγνώριση υλικού όπως κάρτα SIM, ταυτότητας συσκευής, μέχρι και smart card και βιομετρική αναγνώριση. Επειδή συχνά οι χρήστες δεν σέβονται το θέμα της ασφάλειας, είναι καλό να παροτρύνονται ή και να αναγκάζονται να βάζουν δύσκολους κωδικούς και να τους ανανεώνουν συχνά. Όταν χρειάζεται αποσύνδεση (log off) του χρήστη, καλή ιδέα είναι να αποσυνδέεται αυτόματα.
Η χρήση εικονικού ιδιωτικού δικτύου (VPN) είναι απολύτως διαφανής στο λογισμικό του χρήστη και επιτρέπει ασφαλή κίνηση του μέσα σε αυτό και παρακολούθηση όλων των διεργασιών από την μεριά των διαχειριστών του δικτύου.

Μεγάλη αξία όμως έχει και το ενδιαφέρον του ίδιου του χρήστη για τα μέτρα ασφάλειας που παίρνει. Οι παρακάτω ενέργειας προτείνονται για κάθε χρήστη και δεν κοστίζουν σε χρόνο, χρήμα ή λειτουργικότητα :

Φύλαξη του κωδικού 15 ψηφίων (International Mobile Equipment Identity) κωδικού της συσκευής του.
Αλλαγή του αρχικού κωδικού της PIN (Personal Identification Number) της κάρτας του και πρόσθεση κωδικού για πρόσβαση στην συσκευή.
Αποθήκευση των κωδικών σε ασφαλές μέρος και όχι σε ηλεκτρονική μορφή.
Απόκτηση καλής γνώσης της συσκευής του, των λειτουργιών της καθώς και τις λειτουργίες και επιλογές που του επιτρέπει η εκάστοτε υπηρεσία που χρησιμοποιεί.
Τακτική αποθήκευση των δεδομένων του (backup) σε υπολογιστή και διαγραφή ευαίσθητων δεδομένων από την συσκευή όταν δεν είναι πλέον απαραίτητα.

Όλα τα παραπάνω βέβαια δεν θα είχαν νόημα αν οι τεχνολογίες ασφάλειας πάνω στις οποίες στηρίζονται, δεν ήταν καλά σχεδιασμένες. Δυστυχώς, η έλλειψη ενοποίησης σε πρωτόκολλα ο ανταγωνισμός και η έλλειψη κάποιας ολοκληρωμένης λύσης ασφάλειας, για άλλη μια φορά, πλούτισαν τον κόσμο των κινητών υπηρεσιών με ένα χαοτικό πλήθος από επιλογές σε επίπεδο πρωτοκόλλων, στρώματος πρωτοκόλλων, λειτουργικού, λογισμικού, ανεξάρτητων υπηρεσιών και υλικού. Στην επόμενη ενότητα θα αναπτυχθούν τα σημαντικότερα
Τεχνολογίες Ασφάλειας

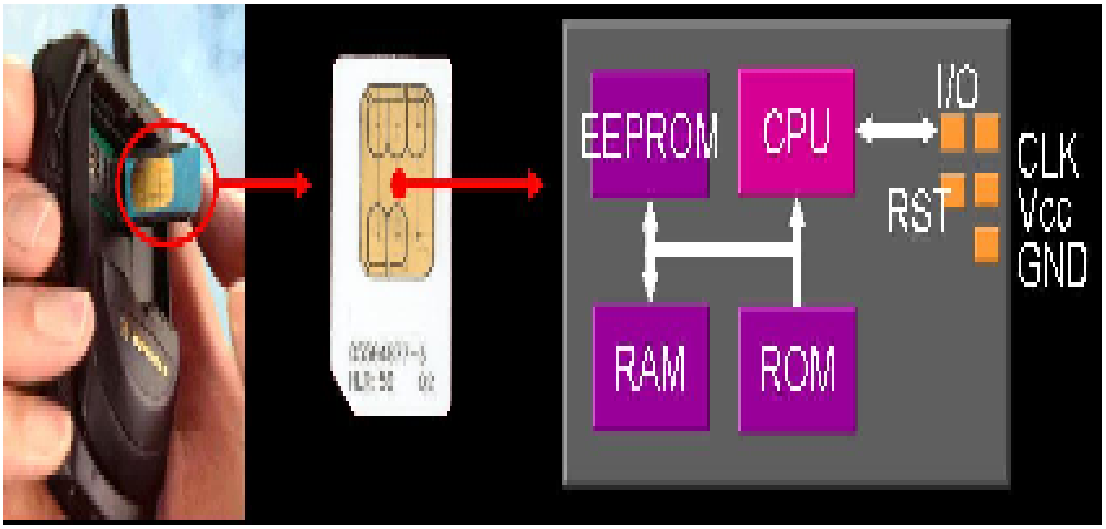
Χρήσιμη είναι μια σύντομη επεξήγηση των ρόλων που συμμετάσχουν σε μια ασφαλή κινητή επικοινωνία από άκρη σε άκρη :

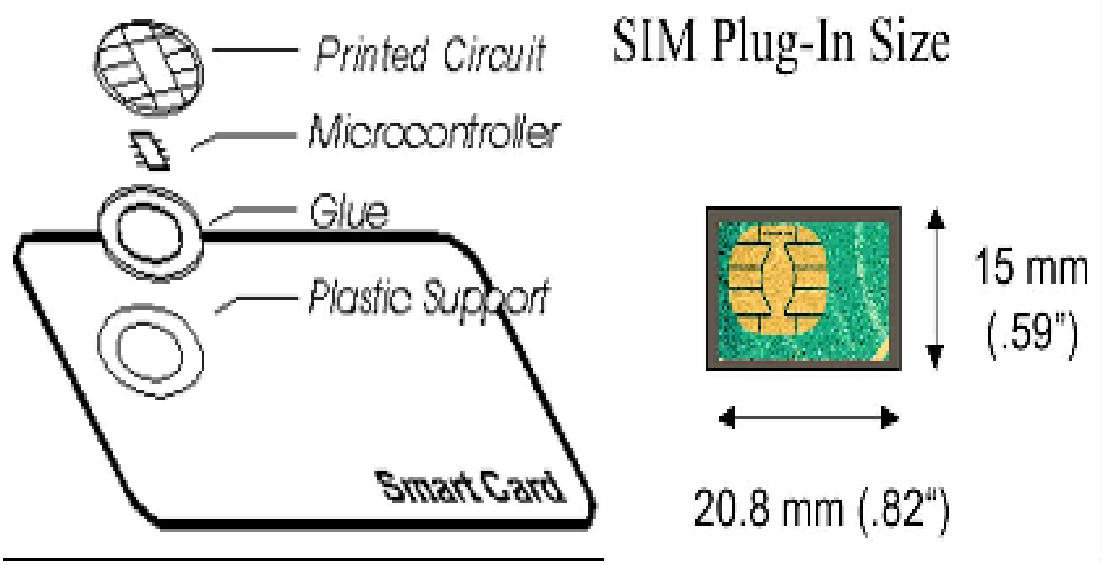
Ο τελικός χρήστης- πελάτης της οποιασδήποτε υπηρεσίας.
Ο πάροχος της υπηρεσίας (content provider).
Ο φορέας των επικοινωνιών.
Ο κατασκευαστής της συσκευής ή ανεξάρτητου υλικού του τελικού χρήστη.

Η ασύρματη πύλη (wireless application gateway ή WAG) που διασυνδέει την συσκευή με το δίκτυο.
Ο υπεύθυνος πιστοποίησης του χρήστη.
Ο προμηθευτής της εφαρμογής σε επίπεδο συσκευής που παρέχει το απαραίτητο λογισμικό για να βρει πρόσβαση η συσκευή στη ζητούμενη υπηρεσία.
Η υπηρεσία διανομής κλειδιών (Certificate Authority) όταν χρειαστεί κρυπτογράφηση.

4.12 Κάρτα SIM

Η κάρτα SIM με την οποία εξοπλίζεται κάθε κινητή συσκευή παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στις λειτουργίες που θα εξηγηθούν μετέπειτα. Κάθε SIM είναι μοναδική με σκοπό να αυθεντικοποιεί τον χρήστη της. Επίσης λειτουργεί σαν Smart Card στο θέμα ότι έχει υπολογιστική ισχύ, λειτουργικό σύστημα, σύστημα αρχείων, και είναι εφοδιασμένη με εφαρμογές και αλγόριθμους όπως τον COMP 128, κρυπτογραφεί και αποκρυπτογραφεί μόνη της τα ανταλλασσόμενα μηνύματα, υπολογίζει και στέλνει τα ζητούμενα κλειδιά πάντα με απόλυτη διαφάνεια στον χρήστη. Τεχνικά χαρακτηριστικά :
8 bit CPU
16 K ROM
256 bytes RAM
4K EEPROM





Εικόνα 10: Η κάρτα SIM

Για τα δίκτυα UMTS χρησιμοποιούνται οι κάρτες USIM, με σημαντικά ανώτερες δυνατότητες σε σχέση με τις κάρτες SIM των GSM δικτύων, και σχεδιασμένες να υλοποιούν τους αντίστοιχους αλγόριθμους κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης που θα δούμε αργότερα.

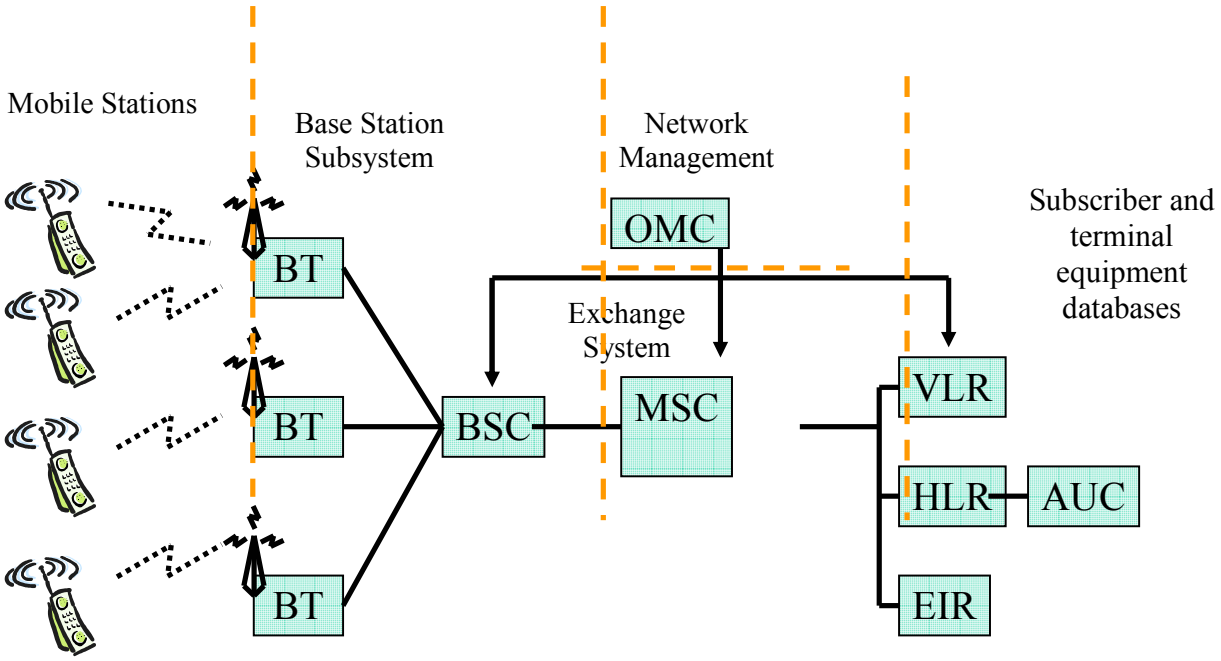
Ασφάλεια Πρωτοκόλλων

Η σχεδίαση πρωτοκόλλων όπως θα δούμε, προσέγγισε το θέμα ασφάλειας στρεφόμενη κυρίως σε διαδικασίες αυθεντικοποίησης και κρυπτογράφησης προσφέροντας ένα βασικό επίπεδο ασφάλειας, αλλά ακόμα και στις νεότερες αρχιτεκτονικές δεν καλύπτεται ασφάλεια από «άκρη σε άκρη» αποτυγχάνοντας στην δημιουργία VPN.

GSM

Η σχεδίαση του GSM έθεσε σαν κύριες απαιτήσεις :
Εμπιστευτικότητα και ανωνυμία του χρήστη κατά την διάρκεια της επικοινωνίας
Ρωμαλέα αυθεντικοποίηση
Μικρή επιβάρυνση λόγω ασφάλειας, στο κόστους κλήσεων, εύρος ζώνης, εμφάνιση λαθών και πολυπλοκότητα του συστήματος
Δημιουργία και διαμοιρασμός κλειδιών
Ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαχειριστών
Εμπιστευτικότητα αλγορίθμων.
Ανίχνευση και εντοπισμός συσκευής μέσω του IMEI (International Mobile Equipment Identifier)

4.13 Αρχιτεκτονική δικτύου



Εικόνα 11: Τοπολογία του GSM

Διαδικασία αυθεντικοποίησης

Ο MS (Mobile Station) του χρήστης στέλνει τον αριθμό IMSI (International Mobile Subscriber Identity) στον διαχειριστή του
Ο IMSI λαμβάνεται και βρίσκεται το αντίστοιχο κλειδί KI (Individual Subscriber Authentication Key)
Ο διαχειριστής δίκτυου δημιουργεί ένα τυχαίο (RAND) αριθμό 128 bit και το στέλνει στο MS (Mobile Station)
Ο MS υπολογίζει το SRES (Signed Response) με τον αλγόριθμο A3 με input τον RAND και το KI και το στέλνει στον διαχειριστή.
Ο διαχειριστής κάνει το ίδιο, και συγκρίνει το SRES του MS με το SRES που δημιούργησε ο ίδιος. Αν είναι ίδια, δέχεται τον χρήστη.

Διαδικασία κρυπτογράφησης

Αφού έχει προηγηθεί η διαδικασία αυθεντικοποίησης και MS και GSM διαχειριστής έχουν τα ίδια RAND και KI την χρήση του αλγόριθμου A8 δημιουργούν το κλειδί KC (Cipher Key)
Με το KC που παράχθηκε και με τον Αλγόριθμο A5 κρυπτογραφούν και αποκρυπτογραφούν την μετέπειτα επικοινωνία τους.

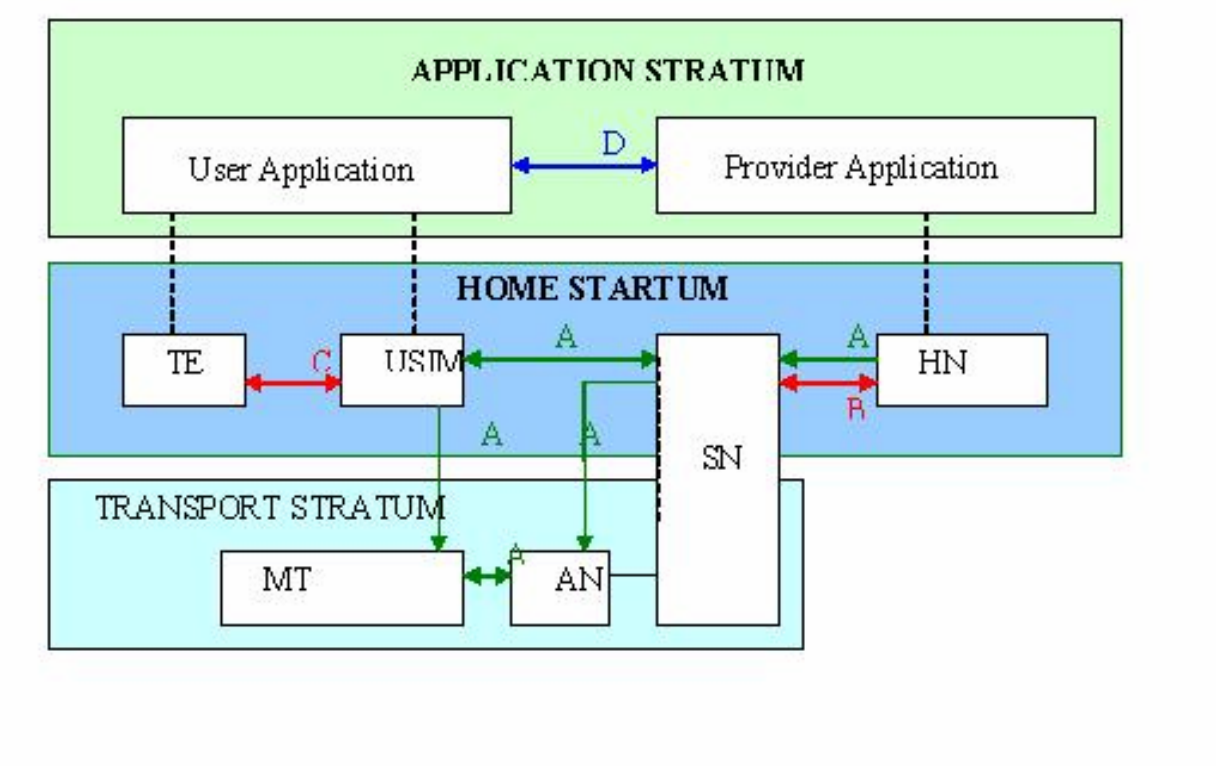
Αδυναμίες

Η αυθεντικοποίηση και κρυπτογράφηση στο GSM δεν στηρίζεται τόσο σε ρωμαλέους αλγόριθμους αλλά στο να τους κρατά απόρρητους από το κοινό. Όπως έχει αποδειχθεί όμως αρκετές φορές, ο αλγόριθμος A3 μπορεί να σπάσει σχετικά εύκολα από PC
Ο χρήστης αυθεντικοποιείται στο δίκτυο, αντίστροφα όμως, το δίκτυο δεν αυθεντικοποιείται στον χρήστη. Επιθέσεις με ψευδείς σταθμους βάσης είναι πιθανές.
Δύσκολη αναβάθμιση μηχανισμών κρυπτογράφησης (πρέπει να αναβαθμιστούν και οι SIM)
Ο χρήστης δεν έχει επίγνωση του πότε η επικοινωνία είναι κρυπτογραφημένη και μπορεί να βρεθεί να συνομιλεί χωρίς προστασία
Προστασία μόνο στην εναέρια επικοινωνία, στο επίγειο δίκτυο η επικοινωνία δεν κρυπτογραφείται
Ο αλγόριθμος COMP 128 έχει αδυναμίες και μπορούν να εξαχθούν από αυτόν στοιχεία όπως η τρέχουσα RAND, το KI ή το PIN
Οι SIM 2ης γενιάς μπουν να κλωνοποιηθούν
Κακός έλεγχος της αυθεντικοποίησης όταν ο χρήστης βρίσκεται σε περιαγωγή (roaming).
Η μετάδοση κλειδιών κρυπτογράφησης και αυθεντικοποίησης δεν είναι κρυπτογραφημένη!

UMTS

Στα 3G δίκτυα, έγινε μια προσπάθεια για υψηλότερη ασφάλεια, έπρεπε όμως το δίκτυο UMTS να βασιστεί τουλάχιστον στην αρχή λειτουργίας του στην υποδομή των GSM δικτύων. Αποτέλεσμα είναι μια σημαντική βελτίωση του GSM. Το UMTS ξεχωρίζει πέντε χαρακτηριστικές ομάδες ασφάλειας :

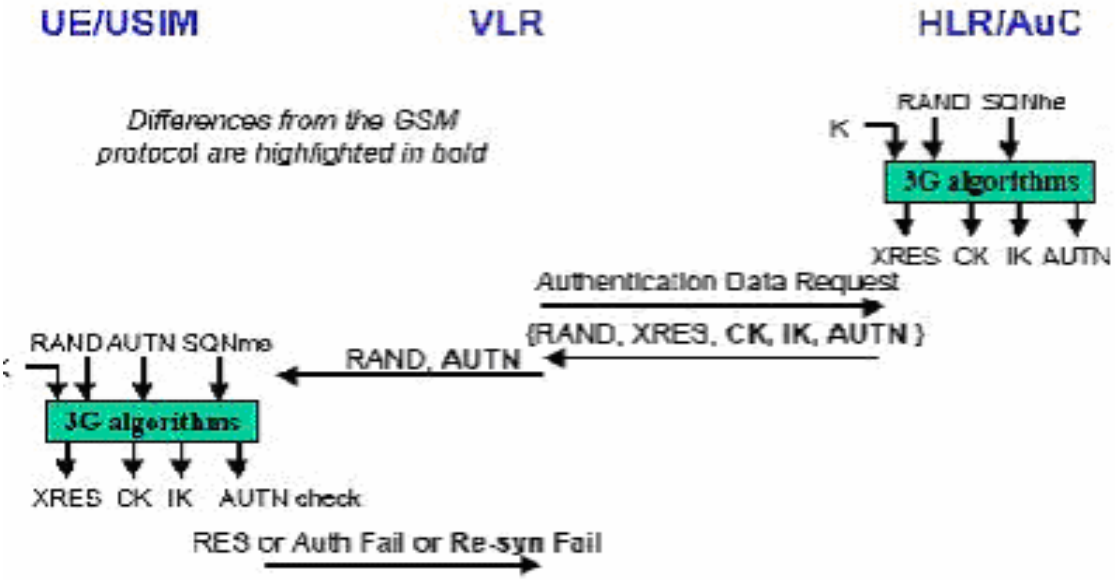
Network Access Security. Παροχή ασφαλούς πρόσβασης των χρηστών στις UMTS υπηρεσίες και προστασία σε επιθέσεις στην εναέρια επικοινωνία
NetworkDomain Security. Προστασία στο επίγειο δίκτυο και ασφαλή ανταλλαγή μηνυμάτων ελέγχου
User Domain Security. Ασφαλής πρόσβαση στον MS
Application Domain Security. Ασφαλής ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ εφαρμογών
Visibility and Configurability. Επίγνωση του χρήστη για το αν οι λειτουργίες ασφάλειας λειτουργούν και ποιες υπηρεσίες στηρίζονται σε αυτές τις λειτουργίες, καθώς και παραμετροποίηση των επιλογών ασφάλειας



Εικόνα 12: Τοπολογία UMTS

A: Network Access Security
B:NetworkDomain Security
C:User Domain Security
D:Application Domain Security

Το AKA (Authentication and Key Agreement) είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο UMTS. Αντίθετα με το GSM, η αυθεντικοποίηση εδώ γίνεται αμοιβαία, δηλαδή αυθεντικοποιείται και το δίκτυο στον MS, με σκοπό την προστασία του χρήστη από σύνδεση του σε ψευδή BTS. Τα στοιχεία που ανταλλάζονται είναι το τυχαίο κλειδί RAND, το κλειδί κρυπτογράφησης KC, το κλειδί IK (integrity key), το συμμετρικό κλειδί κρυπτογράφησης (Cipher Key ή CK), το κλειδί αυθεντικοποίησης του δικτύου (Authentication Token for Network ή AUTN) καθώς και το XRES (Expected Response). Ένας νέος μηχανισμός ακεραιότητας, επεκτείνει την ασφαλή μετάδοση μέχρι το RNC (Radio Network Controller).



Εικόνα 13: Διαδικασία αυθεντικοποίησης στα UMTS

K: Subscriber Authentication Key : 128 bits
SQNms: Sequence number information at user : 48 bits
SQNhe: Sequence number information at home system
UE: User Equipments / SIM
VLR: Visitor Location Register
HLR/AuC: Home Location Register/ Authentication Centre
CK : 128 bits
RES : 32 bit
CK : 128 bit
IK : 128 bit
UATN : 128 bit
AMF : Authentication Management Field :16 bit
MAC : Message Authentication Code : 64 bit

Αδυναμίες .

Τα διανύσματα αυθεντικοποίησης μπορούν να υποκλαπούν με ενεργητικές ή παθητικές επιθέσεις.
Σπανίως, η μετάδοση του IMSI γίνεται χωρίς κρυπτογράφηση.
Ο μηχανισμός AKA είναι δύσκαμπτος, αφού το μήκος κλειδιών και οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης είναι σταθεροί.

WAP

Για την ασφάλεια στο WAP δημιουργήθηκε το WTLS (Wireless Transport Layer Security Layer) επίπεδο για να παραμετροποιήσει το TLS πρωτόκολλο στις ιδιαιτερότητες των ασύρματων δικτύων. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι :
Ανοιχτή υποστήριξη για χρήση κρυπτογραφικών αλγορίθμων όπως SSL, RSA, Diffie-Hellman και ECC (Elliptic Curve Cryptography)
Καθορισμός των WTLS certificates για διαμοιρασμό δημοσίων κλειδιών
Επιλογή για αυτόματη ανανέωση κλειδιών
Επέκταση του πλήθους συναγερμών (alerts)
Βελτίωση της διαδικασίας Handshake με ανταλλαγή λιγότερων μηνυμάτων.
Υπάρχουν επίσης 3 επίπεδα αυθεντικοποίησης :
Class I WTLS. Ανώνυμη σύνδεση.
Class II WTLS. Αυθεντικοποίηση του πελάτη.
Class III WTLS. Αμοιβαία αυθεντικοποίηση δικτύου και πελάτη.
Η σύνδεση από άκρη σε άκρη στο WAP 1, γίνεται με το WTLS πρωτόκολλο για την ραδιο-επικοινωνία και με TLS στο επίγειο δίκτυο. Η αλλαγή του μηνύματος από WTLS σε TLS κρυπτογράφηση υλοποιείται στην WAP πύλη, όπου το μήνυμα αποκρυπτογραφείται και κρυπτογραφείται από την αρχή, αφήνοντας το μήνυμα απροστάτευτο μέσα στην πύλη. Ενώ η επίθεση σε μία WAP πύλη δεν είναι εύκολα εφικτή, από πολλούς θεωρείται επίθεση κρίσιμου κινδύνου. Αυτό το πρόβλημα, γνωστό ως “WAP GAP” έχει κάνει το WAP να είναι πιο γνωστό για τις αδυναμίες ασφάλειας του παρά για το κατά τα άλλα καλό επίπεδο ασφάλειας που έχει.
Στο WAP 2.x το πρόβλημα αναμένεται να εξομαλυνθεί μέσω της χρήσης πρωτοκόλλων συμβατά με TLS, έτσι ώστε να είναι εφικτή η από άκρη σε άκρη χρήση του, επομένως και από άκρη σε άκρη ασφαλή κρυπτογράφηση.

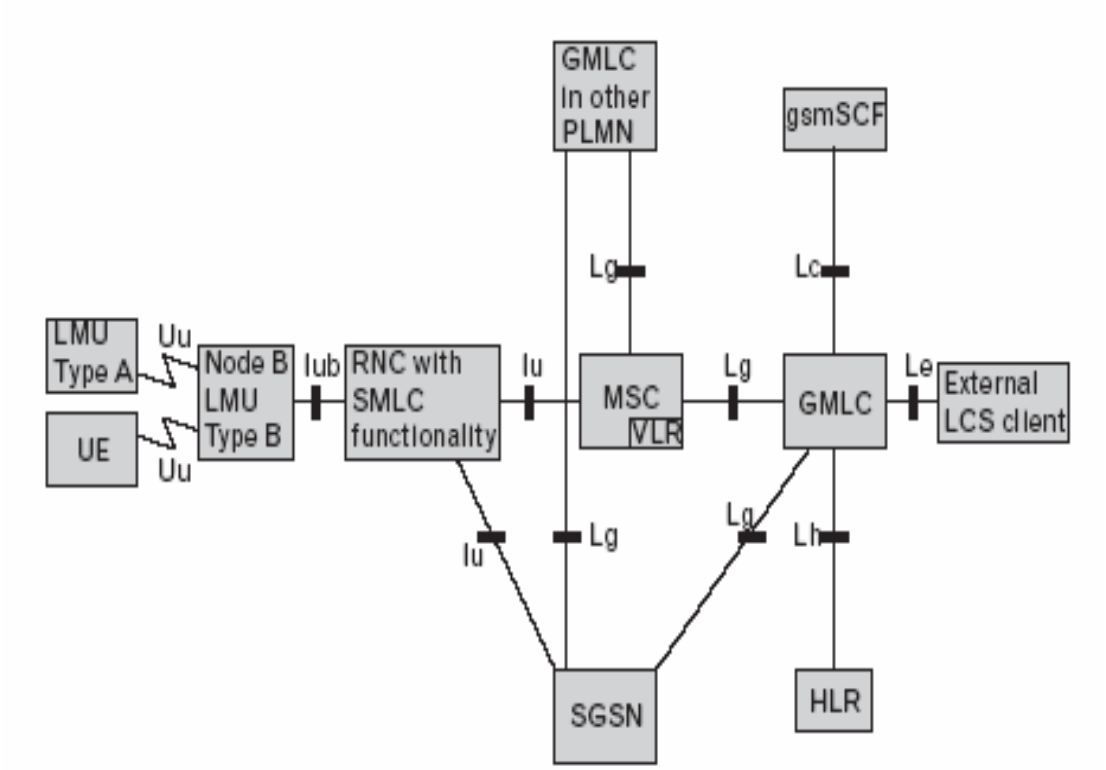
4.13 Συστήματα εύρεσης θέσης (Location Based Services).

Εισαγωγή

Η γνώση της γεωγραφικής θέσης μιας κινητής συσκευής με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια είναι μια πολύτιμη υπηρεσία, αλλά είναι και απαραίτητη πληροφορία για άλλες υπηρεσίες βασισμένες στην θέση της συσκευής, όπως πληροφορίες καιρού, ενημέρωση για κοντινά καταστήματα στην περιοχή που βρίσκεται ο χρήστης της. Ένας κοινός όρος για αυτό το είδος υπηρεσιών είναι ο “Location Based Services” (LBS). Κάποιες από αυτές τις υπηρεσίες είναι:
Υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης, όπως η E911. Σε κάποιες περιπτώσεις η εύρεση της ακριβής θέσης προσφέρει πολύτιμη εξοικονόμηση χρόνου, ενώ σε άλλες, όπως κλήσεις οδικής βοήθειας, ο πελάτης ίσως δεν ξέρει καν την τοποθεσία του. Καθοδήγηση, όπου ο πελάτης θέλει να μάθει την καλύτερη πορεία μεταξύ 2 σημείων, λαμβάνοντας υπόψιν παράγοντες όπως συνθήκες κυκλοφοριακές ή καιρικές.
Παρακολούθηση οχημάτων για γνώση κυκλοφοριακών συνθηκών, εκτίμηση χρόνου άφιξης, παρακολούθηση κλεμμένου οχήματος ή εύρεση κοντινότερου οχήματος εκτάκτου ανάγκης από μια περιοχή

Παρακολούθηση αντικειμένων όπως πολύτιμα πακέτα ή κλεμμένη συσκευή
Διαφημίσεις. Μπορεί για παράδειγμα ο χρήστης με το που πλησιάσει ένα εμπορικό κέντρο να ενημερωθεί για προσφορές
Εύρεση υπηρεσιών. Όπως ενημέρωση για τα κοντινότερα εστιατόρια ή πρατήρια βενζίνης. Πολύτιμη εφαρμογή για m-commerce.
Υπηρεσίες χάρτη όπου εκτός από την ακριβή θέση του, ο χρήστης ενημερώνεται και από έναν λεπτομερή χάρτη
Ενημέρωση καιρού

Τα LBS μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους διαχειριστές δικτύου, την ίδια την συσκευή καθώς και από ανεξάρτητους παροχείς υπηρεσιών. Οι πληροφορίες της θέσης της συσκευής, περιλαμβάνουν τις γεωγραφικές συντεταγμένες, μια σφραγίδα ώρας και ημερομηνίας (time stamp) και την εκτίμηση περιθωρίου σφάλματος στην ακρίβεια της θέσης.
Η εφαρμογή των LBS υπηρεσιών ξεκίνησε από την Αμερικανική Federal Communication Commission (FCC) για την πληροφόρηση θέσης σε κλήσεις άμεσου δράσεως (Enhanced 911 ή E911), αφού σύμφωνα με στατιστικές μετρήσεις, οι μισές από τις κλήσεις για άμεση βοήθεια γίνονταν από κινητό τηλέφωνο. Αργότερα, η ανάπτυξη m-commerce στην Ευρώπη κυρίως, απαίτησε την εξέλιξη τέτοιων υπηρεσιών. Αφού δημιουργήθηκαν βασικές τεχνολογίες για τέτοιες εφαρμογές, δημιουργήθηκαν νέες υπηρεσίες βασισμένες στην γεωγραφική θέση, αυστηρότερες απαιτήσεις και οι LBS αφομοιώθηκαν από αρχιτεκτονικές όπως GSM και UMTS. Η γενικότερη αρχιτεκτονική αυτών των υπηρεσιών στο δίκτυο UMTS φαίνεται στο παρακάτω σχήμα

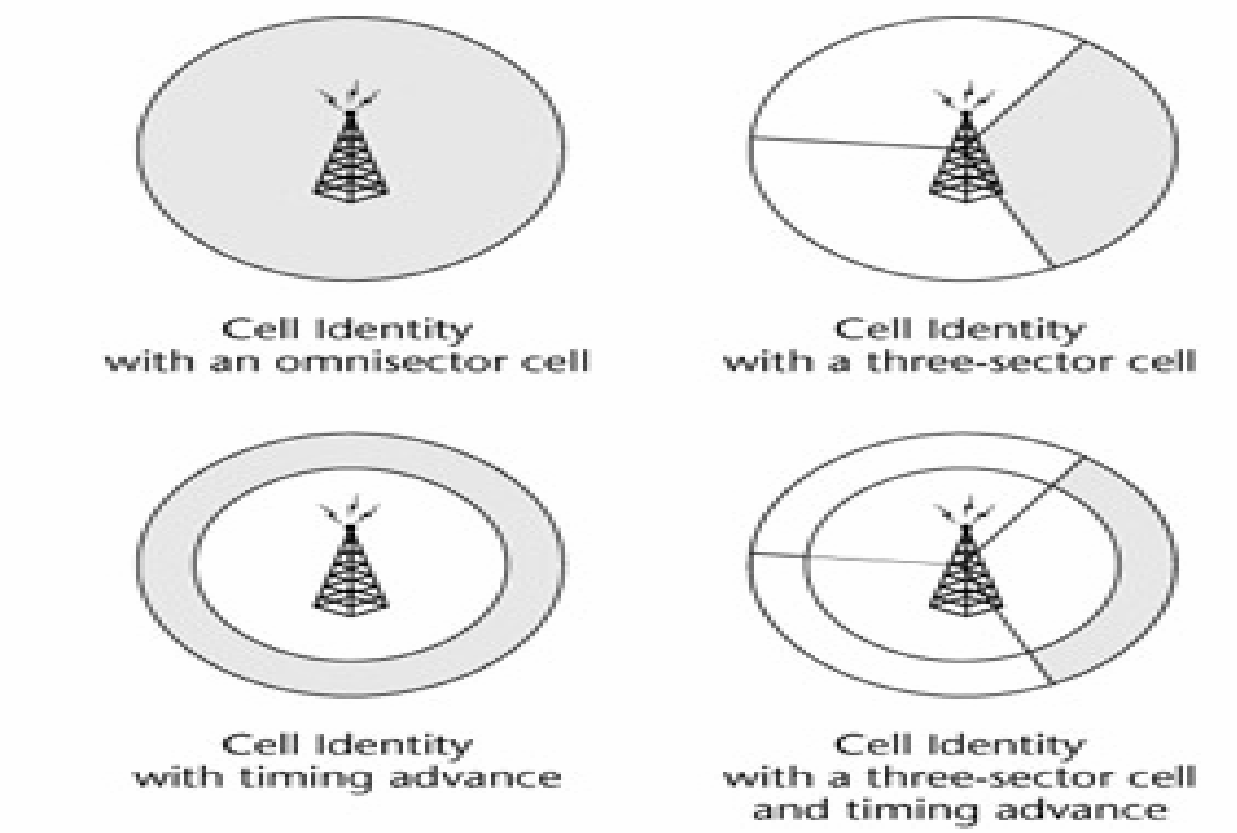


Εικόνα 14: Τοπολογία δικτύου UMTS με έμφαση στις συσκευές που συμμετέχουν στην εύρεση τοποθεσίας

Ένας πελάτης της υπηρεσίας (LBS client) είναι η οντότητα που ζητά την θέση μιας συσκευής. Μπορεί βέβαια να είναι και η ίδια η συσκευή (UE ή User Equipment). Αν δεν είναι, μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετικό PLMN (public land mobile network) δίκτυο από αυτό του UE-στόχου. Σε κάθε περίπτωση, στέλνει μια αίτηση εύρεσης θέσης στο κέντρο GMLC (Gateway Mobile Location Center) το οποίο ελέγχει αν ο LBS client είναι εξουσιοδοτημένος να γνωρίζει την πληροφορία καθώς και αν το UE είναι συμβατό με την ζητούμενη υπηρεσία. Αν η αίτηση του LBS client γίνει δεκτή, προωθείται στο κατάλληλο RNS (Radio Network Subsystem) που θα εκτελέσει και τις σημαντικότερες λειτουργίες της LBS διαδικασίας. Τα LMU (Location Measure Units) κάνουν τις μετρήσεις απόστασης από την συσκευή και τις στέλνουν στο RNC. Ανάλογα με την μέθοδο εύρεσης θέσης, μπορούν να κάνουν και υπολογισμούς πάνω στις διαθέσιμες μετρήσεις.

Τεχνικές εύρεσης θέσης
Οι διαθέσιμες τεχνικές LBS, διαφέρουν σε αιτήσεις υποδομής δικτύου, υποδομής σε λογισμικό και υλικό του UE, κόστος λειτουργίας καθώς και σε ακρίβεια μέτρησης. Από αυτές οι κυριότερες είναι :

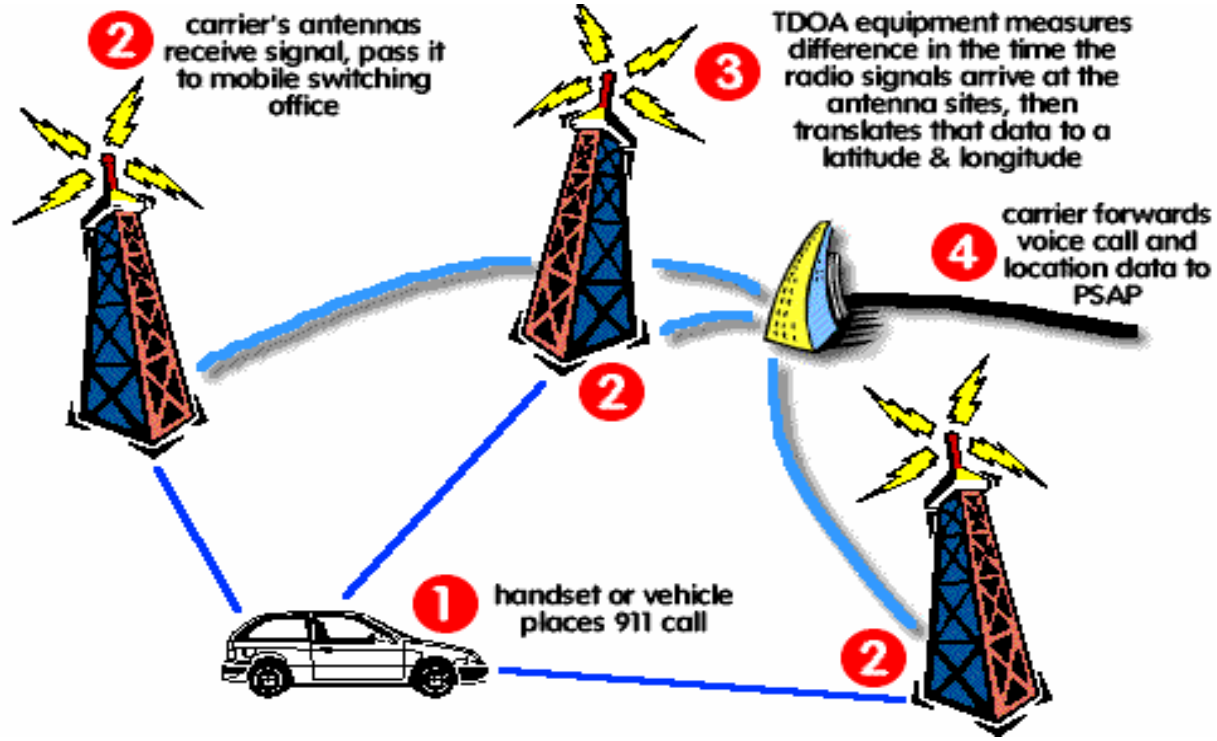
Cell Identity Method



Εικόνα 15: Παραδείγματα Εύρεσης Θέσης με την Cell Identity μέθοδο

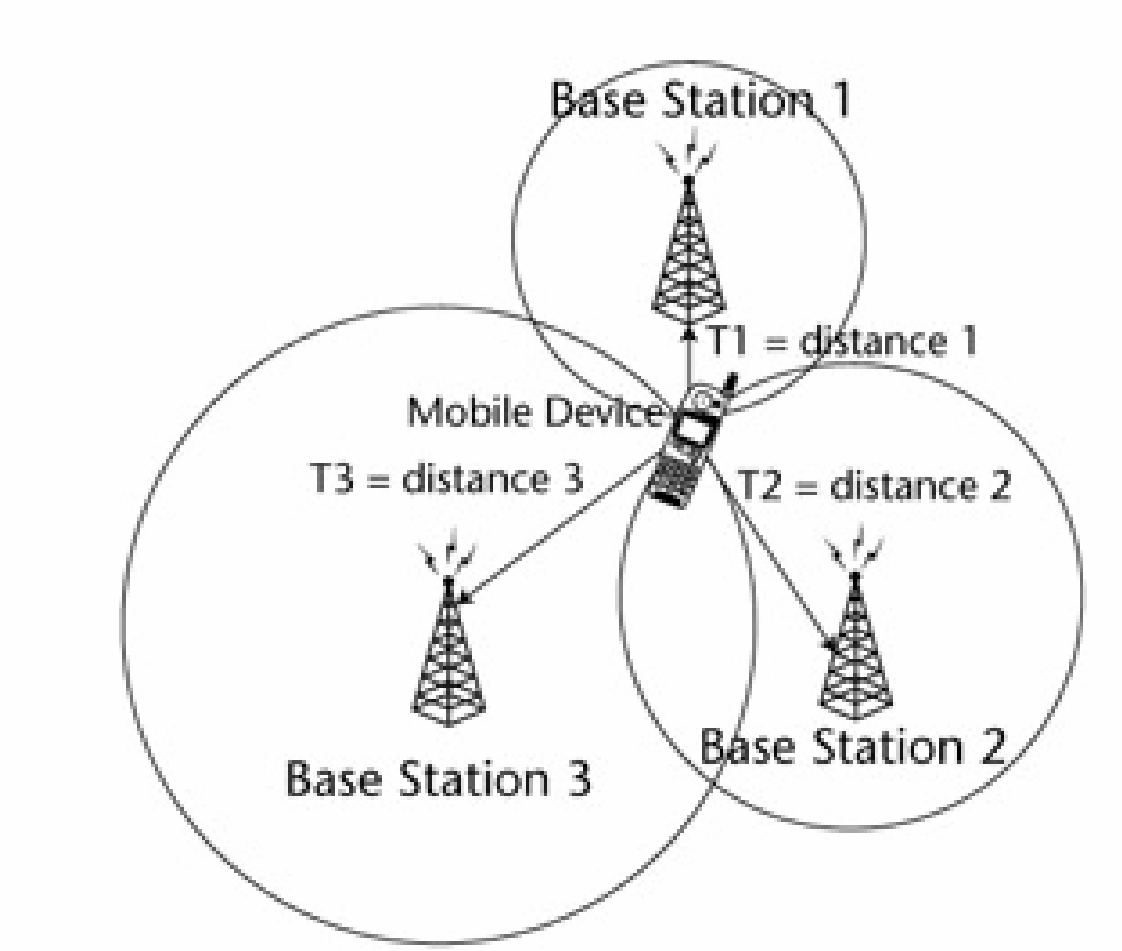
Είναι η ευκολότερη μέθοδος εντοπισμού τοποθεσίας αφού δεν χρειάζεται καν μετρήσεις, ούτε επιπλέον αναβαθμίσεις στην υποδομή του δικτύου. Πρακτικά, η γνώση της θέσης του UE απεικονίζεται από την κυψέλη που χρησιμοποίησε για την τελευταία του επικοινωνία, ή εναλλακτικά την τοποθεσία του κόμβου Β μέσα στη κυψέλη. Η ακρίβεια είναι φτωχή σε σχέση με άλλες μεθόδους και το περιθώριο σφάλματος είναι ανάλογο του μεγέθους της κυψέλης, δηλαδή από εκατό μέτρα έως λίγα χιλιόμετρα. Όμως η ακρίβεια μπορεί να βελτιωθεί από τον υπολογισμό καθυστέρησης διάδοσης σήματος μεταξύ UE και LMU κόμβου (Time Arrival) , ή με χρήση τμηματοποιημένων κυψελών, ή και συνδυασμό των παραπάνω, και μπορούν να δώσουν έναν ικανοποιητικό εντοπισμό.

Observed Time Difference of Arrival (OTDA)



Εικόνα 16: Εύρεση θέσης στο OTDOA

Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε υπολογισμό πιλοτικών σημάτων που στέλνουν τουλάχιστον δύο κόμβοι LMU γειτονικών κυψελών στο UE. Τα πιλοτικά σήματα μεταφέρονται στο κανάλι CPICH (Common Pilot Channel) και περιέχουν κώδικα μοναδικό για κάθε κυψέλη, ώστε να γνωρίζει η συσκευή από ποια κυψέλη δέχτηκε το μήνυμα. Η καθυστέρησης διάδοσης του πιλοτικού σήματος που πρακτικά απεικονίζει την απόσταση του UE από τον κόμβο, σε συνδυασμό με την ακριβή θέση των κόμβων B και την σχετική τους χρονική καθυστέρηση (Relative Time Difference ή RTD), χρησιμοποιούνται ως πληροφορία που θα επεξεργαστεί η EU ή το RNC και θα το εισάγουν στον αλγόριθμο υπολογισμού θέσης που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 17: Εύρεση θέσης στο OTDOA

Αν οι κόμβοι B1, B2, B3 στείλουν πιλοτικό σήμα και αντίστοιχα X1,X2 και X3 οι αντίστοιχες καθυστερήσεις του σήματος, σχηματίζονται οι υπερβολές R12 = X1-X2, R13 = X1-X3, R23 = X2-X3. Η θέση της συσκευής βρίσκεται στην τομή των υπερβολών. Θεωρητικά, ο υπολογισμός δύο μόνο OTDOA υπερβολών μπορεί να δώσουν ακριβή αποτελέσματα, όμως η πιθανότητα διάθλασης ή παρεμβολής σήματος, μπορεί εύκολα να δώσει ψευδή αποτελέσματα. Για αυτό τον λόγο, η ανταλλαγή πολλών πιλοτικών σημάτων από κάθε κόμβο και ο υπολογισμός περισσότερων OTDOA υπερβολών, αναμφίβολα δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.
Υπάρχουν δύο εφαρμογές OTDOA:
UE-assisted, όπου η συσκευή κάνει τις μετρήσεις μόνο, και τις αναφέρει στο RNC που τις επεξεργαστεί και θα υπολογίσει την θέση.
UE-based, όπου η συσκευή κάνει και τις μετρήσεις και τον υπολογισμό. Οι επιπλέον δυνατότητες που πρέπει να έχει ο UE για αυτή την λειτουργία, ανεβάζουν το κόστος του.

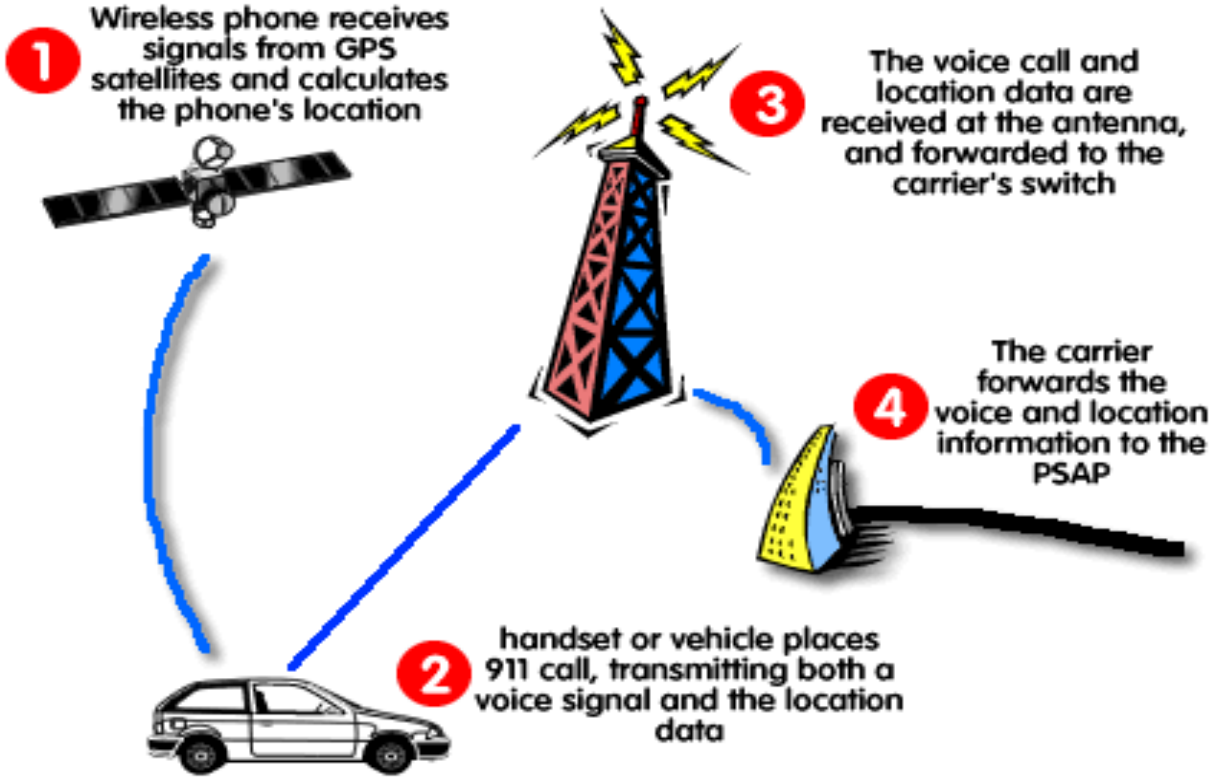
Μια αναβάθμιση στην OTDOA τεχνική, είναι η μέθοδος IPDL (Idle Period DownLink) στην οποία οι σταθμοί βάσης σταματούν να εκπέμπουν για μια μικρή περίοδο χρόνου και μεταδίδονται μόνο πιλοτικά σήματα. Ο λόγος ύπαρξης αυτής της μεθόδου, είναι η διαφορά ισχύος μεταξύ διαφορετικών πιλοτικών σημάτων, αφού όταν η συσκευή βρίσκεται πολύ κοντά σε ένα σταθμό βάσης, δέχεται τόσο δυνατό σήμα από αυτόν, που μπορεί να μην ακούει σήματα από άλλους γειτονικούς σταθμούς. Κατά την διάρκεια της περιόδου σιωπής ενός σταθμού, η συσκευή μπορεί να δεχθεί μηνύματα και από άλλους σταθμούς. Το θέμα συγχρονισμού της IPDL περιόδου μεταξύ των σταθμών αποτελεί περίπλοκο ζήτημα αφού μεν οι σταθμοί δεν πρέπει σιωπούν ταυτόχρονα (απλά δεν θα ακούγεται τίποτα), αλλά κάποιες φορές βολεύει να σιωπούν δύο σταθμοί ταυτόχρονα (π.χ. σε περιπτώσεις που δημιουργείται μεγάλο ποσό κίνησης ή μη ισχυρά σήματα που παρεμβάλλονται).
Η μέθοδος OTDOA ωστόσο, δεν παρέχει πολύ υψηλή ακρίβεια, επειδή στηρίζεται στην καθυστέρηση σήματος, η οποία μπορεί να υπολογιστεί μεγαλύτερη από ότι θα έπρεπε αφού το μεταδιδόμενο σήμα μπορεί πάντα να διαθλαστεί ή να εμποδιστεί, άρα η πορεία του πιλοτικού σήματος δεν είναι απαραίτητα η συντομότερη. Επιπλέον, για τον υπολογισμό της καθυστέρησης σήματος, απαιτείται γνώση του ακριβούς χρόνου εκπομπής του πιλοτικού σήματος, ενώ σε περιπτώσεις που ο στόχος κινείται, είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη μέτρηση από όλους τους σταθμούς . Πολλές φορές όμως, οι σταθμοί βάσης δεν είναι συγχρονισμένοι. Αυτό το πρόβλημα λύνεται με συχνές μετρήσεις RTD και κράτησή τους σε βάση δεδομένων προσβάσιμη από την οντότητα που θα εκτελέσει τον αλγόριθμο υπολογισμού θέσης.
Ένας τρόπος είναι η τοποθέτηση ειδικών μονάδων μέτρησης σε γνωστές τοποθεσίες που θα υπολογίζουν τα RTD κάθε σταθμού, και επειδή τα RTD δεν είναι σταθερά, θα πρέπει να υπολογίζονται συχνά. Με την χρήση IPDL, οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν την περίοδο σιωπής.
Ακόμη, σχεδιαστικό ζήτημα είναι το αναμενόμενο ποσοστό λάθους, τόσο για τον καθορισμό αιτήσεων κατά τον σχεδιασμό του συστήματος , όσο και για την γνώση της απόκλισης της πραγματικής θέσης από την εκτιμώμενη. Κάθε νανοδευτερόλεπτο λάθους στο RTD, αυξάνει την παραπάνω απόκλιση κατά 30 cm και στην πράξη, ενώ λάθη δεκάδων νανοδευτερόλεπτων είναι συχνά.

Το γεγονός ότι οι εμπορικές εφαρμογές προτιμούν μεθόδους εύρεσης θέσης με μικρό κόστος λειτουργίας και αναβάθμισης σε υποδομή δικτύου και τελικό κόστος συσκευής, είναι ένα δεδομένο που δύσκολα θα αλλάξει. Έτσι, η ανάπτυξη και βελτίωση εφαρμογών προσιτών σε κόστος, με σκοπό την βελτίωση ακρίβειας έστω και σε μικρό βαθμό, έχει οδηγήσει στις παρακάτω αναβαθμίσεις του OTDOA :

Το Reference Node Based Positioning OTDOA (OTDOA-RNBP)
είναι μια αναβάθμιση του OTDOA στην οποία εγκαθίστανται ειδικές συσκευές σε κυψέλες όπου η εφαρμογή του OTDOA αποδεικνύεται δύσκολη κυρίως για λόγους προβληματικής λήψης πιλοτικών σημάτων. Το δίκτυο γνωρίζει την θέση τους και χρησιμοποιεί σήματα της ως αναφορά.
Άλλη μια αναβάθμιση είναι η OTDOA Positioning Elements όπου πάλι ειδικές συσκευές τοποθετούνται σε καλά καθορισμένα σημεία γνωστά στο δίκτυο. Στέλνουν ένα διαφορικό είδος σήματος, τα Secondary Synchronization Codes (SSC) που μπουν να

οδηγήσουν σε εύρεση θέσης, ειδικά σε περιπτώσεις που η επικοινωνία μόνο με έναν κόμβο Β είναι εφικτή, όπως μέσα σε κτίρια ή σε περιοχές με φυσικά εμπόδια Συγγενής μέθοδος με την OTDOA είναι η OTOA (Observed Time Of Arrival) που στηρίζεται πάλι στον υπολογισμό καθυστέρησης σημάτων. Η ακριβής γνώση του χρόνου εκπομπής είναι απαραίτητη.

Global Positioning System (GPS)



Εικόνα 18: Εύρεση θέσης στο GPS

Το GPS χρησιμοποιεί έναν αστερισμό 24 δορυφόρων. Η καθυστέρηση μετάδοσης μεταξύ αυτών και του στόχου, χρησιμοποιείται για την εύρεση θέσης, κατεύθυνσης και ταχύτητας του στόχου. Με επιπλέον δυνατότητες της χρήσης του από το UMTS δίκτυο, τα αποτελέσματα βελτιώνονται. Το GPS αναπτύχθηκε αρχικά από τον Αμερικανικό στρατό που είχε και την αποκλειστικότητα χρήσης του. Από το 1996, διαχειρίζεται από το IGEB (Interagency GPS Executive Board) προς όφελος της κυβέρνησης των Η.Π.Α. [www.igeb.gov]. Αργότερα διατέθηκε και στο κοινό μαζί με τους απαραίτητους GPS

αποδέκτες. Για λόγους ασφάλειας όμως, ο στρατός με την λειτουργία SA (Selective Availability) κρυπτογραφούσε ένα σημαντικό μέρος της επικοινωνίας αφήνοντας μικρότερη ακρίβεια στο κοινό που δεν μπορούσε να εκμεταλλευτεί την κρυπτογραφημένη πληροφορία, με περιθώριο λάθους 100 μέτρα. Από την άνοιξη του 2000 όμως, η SA λειτουργία απενεργοποιήθηκε και η ακρίβεια βελτιώθηκε στα 25 m. Η πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά ξανά το SA για διάφορους λόγους όπως εθνική ασφάλεια, είναι υπαρκτή, όμως η χρήση του Differential GPS (DGPS) διορθώνει το πρόβλημα ακρίβειας μαζί με άλλα λάθη διάδοσης του σήματος.

Differential GPS.

Το DGPS χρησιμοποιεί ειδικούς δέκτες στο έδαφος σε γνωστές τοποθεσίες, συχνά παραλιακά αφού έχει μεγάλη εφαρμογή σε καθοδήγηση πλοίων. Αυτοί, δέχονται σήματα από δορυφόρους και υπολογίζουν παραμέτρους, κυρίως ατμοσφαιρικές συνθήκες, που επηρεάζουν την διάδοση του σήματος. Αυτές οι μετρήσεις εκπέμπονται στους GPS δέκτες ώστε να μπορούν να τις εκμεταλλεύονται στον υπολογισμό θέσης. Αυτές οι παράμετροι αλλάζουν συχνά, οπότε οι ανάλογες μετρήσεις γίνονται συχνά.
Κύριος λόγος δημιουργίας και εξάπλωσης του DGPS ήταν διόρθωση προβλημάτων λόγω της λειτουργίας του SA, οπότε μετά την κατάργηση του, η αξία του DGPS υποβαθμίστηκε σημαντικά. Παρόλα αυτά, είναι ακόμα χρήσιμο αφού βελτιώνει την απόδοση του GPS , δίνοντας ακρίβεια καλύτερη από 10 m ακόμα και όταν ο UE στόχος βρίσκεται εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τον κοντινότερο επίγειο GPS βοηθητικό δέκτη (αυτή η απομάκρυνση επιβαρύνει την ακρίβεια). Με χρήση επιπλέον τεχνικών η ακρίβεια βελτιώνεται ακόμη περισσότερο.

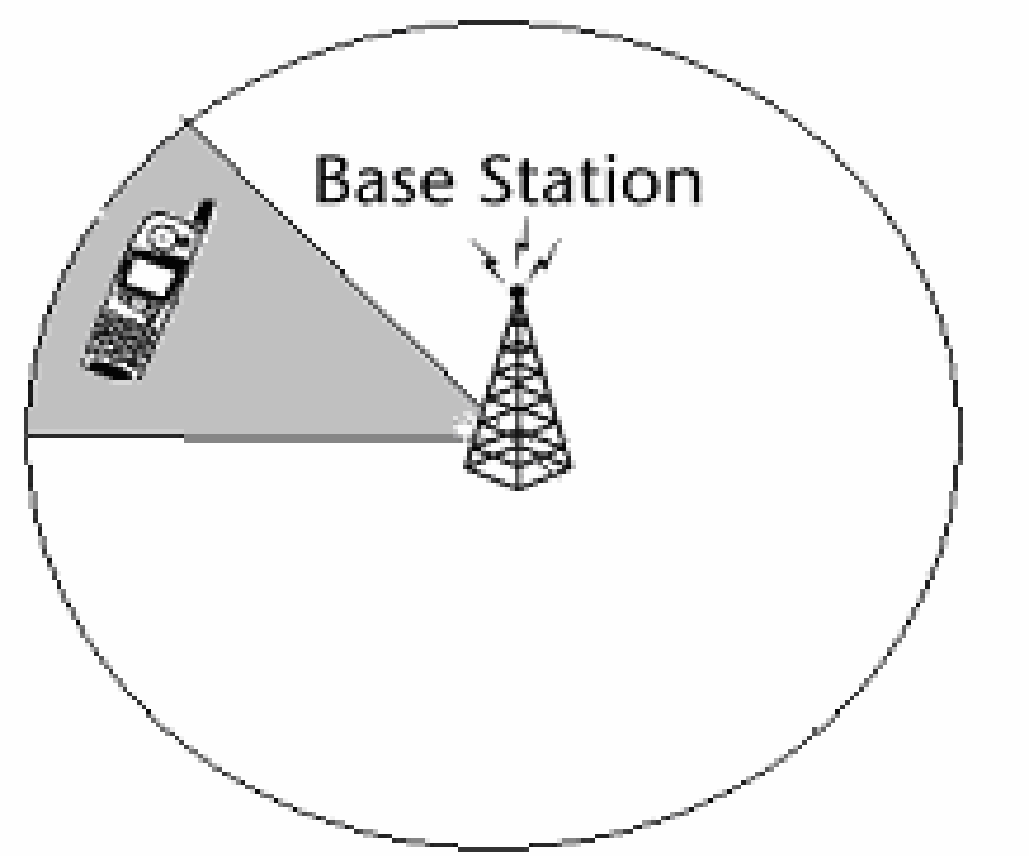
GPS και UMTS.

Η GPS τεχνική μπορεί να είναι :
UE-based, όπου ο υπολογισμός θέσης γίνεται από την συσκευή που διαθέτει έναν πλήρη GPS δέκτη και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κόστος της συσκευής.
UE-assisted όπου η συσκευή διαθέτει έναν απλουστευμένο και φθηνότερο GPS δέκτη και ο υπολογισμός θέσης γίνεται από το δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο όμως επιβαρύνεται η κυκλοφορία του δικτύου.
Το UTRAN παρέχει στο UE παραμέτρους όπως λίστα ορατών δορυφόρων ή δεδομένα συγχρονισμού, οι περισσότερες εκ των οποίων θα μπορούσαν να βρεθούν και από την αποκωδικοποίηση του GPS σήματος, αλλά θα είχε μεγάλο κόστος σε χρόνο για την αποκωδικοποίηση του αφού σε ειδικές περιπτώσεις ξεπερνά τα 13 λεπτά. Η επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας αποτελεί σημαντική βελτίωση του συστήματος.
Το GPS είναι μέχρι στιγμής το σημαντικότερο GNSS (Global Navigation Satellite Systems) σύστημα, όχι όμως και το μοναδικό. Ο Ρωσικός στρατός αναπτύσσει το GLONASS το οποίο μάλιστα δεν θα έχει παρεμβολές όπως το SA του GPS, ενώ η Ευρώπη ετοιμάζει το Galileo το οποίο θα παρέχει ακρίβεια μόλις περίπου 4 m.

Angle Of Arrival (AOA).

Βασίζεται στην εύρεση της θέσης βάσει της γωνίας από την οποία φτάνει το σήμα του στόχου σε περισσότερο από ένα δέκτες. Συνήθως απαιτούνται τρεις δέκτες ώστε να εξασφαλίζεται ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης και αποφυγή λαθών λόγω θορύβου. Υπάρχουν δύο βασικές φιλοσοφίες για τον υπολογισμό της ζητούμενης γωνίας :

AOA με χρήση τομέα κυψέλης

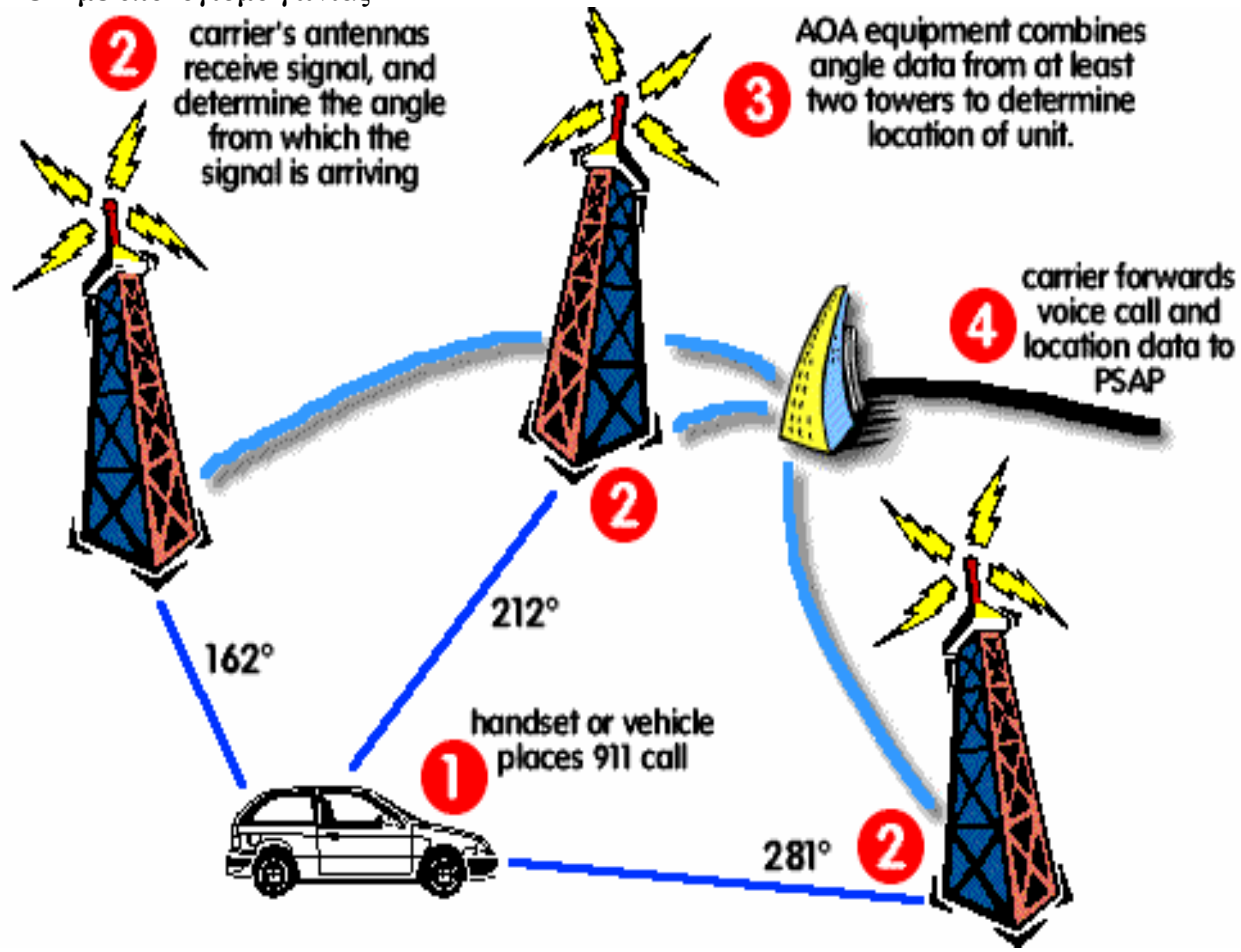


Εικόνα 19: Εύρεση θέσης στο AOA

Ο πρώτος τρόπος βρίσκει εφαρμογή σε σταθμούς βάσης με τμηματοποιημένες κυψέλες και κατάλληλα τοποθετημένες κεραίες, ώστε να σχηματίζονται στενές δέσμες. Γνωρίζοντας τον τομέα της κυψέλης στον οποίο βρίσκεται ο στόχος, μπορούμε να υπολογίσουμε την κατεύθυνση με κάποια απόκλιση. Φτάνει να πάρει το σήμα ένας μόνο σταθμός βάσης, αφού ο συνδυασμός υπολογισμού του τομέα κυψέλης και άλλων στοιχείων όπως ισχύς και καθυστέρησης διάδοσης σήματος, δίνει με κάποια απόκλιση την θέση του στόχου.

Σε σχέση με άλλες τεχνικές, η ακρίβεια του υπολογισμού θέσης είναι θεωρητικά πιο περιορισμένη και ο υπολογισμός των δεδομένων είναι μάλλον αργός. Επειδή όμως δεν απαιτεί αναβάθμιση στα ήδη υπάρχοντα δίκτυα, ούτε στις συσκευές των χρηστών, το κόστος αυτής της μεθόδου είναι πολύ προσιτό.

AOA με υπολογισμό γωνίας

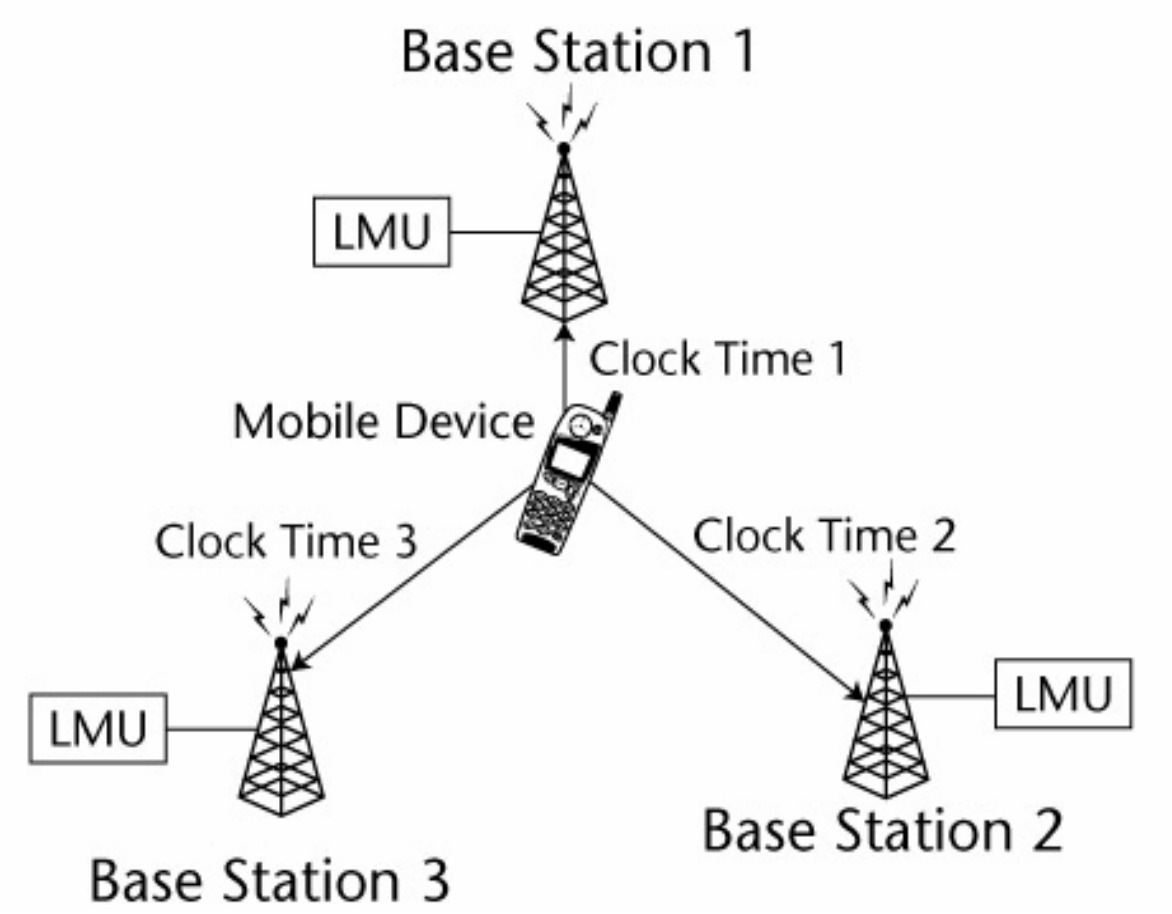


Εικόνα 20: Εύρεση θέσης στο AOA με υπολογισμό γωνίας

Ο δεύτερος τρόπος μοιάζει με την τεχνική TDOA με την διαφορά ότι αντί για καθυστέρηση σήματος, οι σταθμοί βάσης υπολογίζουν την κατεύθυνση του στόχου σε σχέση με τον εαυτό τους. Για να γίνει αυτό, απαραίτητο είναι να εξοπλιστεί ο σταθμός βάσης με κατευθυνόμενη κεραία. Από τον υπολογισμό της κατεύθυνσης του στόχου από διάφορους σταθμούς και επεξεργασία των μετρήσεων προκύπτει η ζητούμενη θέση του στόχου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταυτόχρονη χρήση ή και ενοποίηση AOA και OTDOA είναι εφικτές και ελκυστικές αφού και οι δυο μέθοδοι βασίζουν τον υπολογισμό της θέσης στο δίκτυο ενώ ο συνδυασμός των δεδομένων που συλλέγουν θα απέδιδε καλύτερα σε ακρίβεια.

Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)



Εικόνα 21: Εύρεση θέσης στο E-OTD

Παρόμοια με τον OTDOA, μόνο που εδώ τον υπολογισμό θέσης τον κάνει η συσκευή του χρήστη με την βοήθεια ανάλογου λογισμικού. Και πάλι οι - τρεις τουλάχιστον σταθμοί βάσης στέλνουν σήμα από το οποίο θα μετρηθεί η καθυστέρηση διάδοσης.

Χρειάζεται όμως και συμμετοχή του δικτύου αφού είναι απαραίτητο να στείλουν μαζί το πιλοτικό σήμα. Η αναμενόμενη ακρίβεια της μέτρησης είναι 50 έως 100 μέτρα και ο επιπλέον εξοπλισμός της συσκευής αυξάνει το κόστος της

4.14 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τις διάφορες τεχνικές εύρεσης γεωγραφικής θέσης, πρέπει να λάβουμε υπόψιν ένα μεγάλο πλήθος παραγόντων όπως ακρίβεια, ταχύτητα υπολογισμού, διαφορά απόδοσης σε αγροτικές-αστικές περιοχές, κόστος σε υποδομή δικτύου, τεχνολογία συσκευών και κόστος λειτουργίας.
Η τεχνική OTDOA είναι από τι πιο καλές επιλογές για τα 3G δίκτυα αφού η θέση του κινητού υπολογίζεται σχετικά γρήγορα, το μεγαλύτερο μέρος της απαραίτητης υποδομής δικτύου είναι ούτως ή άλλως έτοιμο αφού είναι απαραίτητο και για βασικότερες λειτουργίες του. Η ακρίβεια είναι μικρότερη από μεθόδους βασισμένες σε δορυφορικά δίκτυα αλλά είναι ικανοποιητική, και με διάφορες αναβαθμίσεις φτάνει μέχρι και τα 10 μέτρα.
Τα δορυφορικά συστήματα όπως το GPS, όταν υποβοηθούνται από το δίκτυο στην εκτέλεση υπολογισμών, αποδίδουν επίσης γρήγορα και δίνουν την καλύτερη διαθέσιμη ακρίβεια, συνήθως μικρότερη από 10 μέτρα όταν βρίσκονται σε πλήρη λειτουργία και δεν περιορίζονται με μέτρα ασφάλειας σαν το SA. Το επιπλέον κόστος όμως της συσκευής λόγω του ενσωματωμένου GPS δέκτη και η χαμηλή διείσδυση του GPS σήματος σε εμπόδια και κτίρια (επομένως κακή απόδοση σε αστικές περιοχές), αποτελούν σημαντικά μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων αφού κάτω από αυτές τις συνθήκες απευθύνονται σε περιορισμένο καταναλωτικό κοινό.
Το ίδιο ισχύει και για απλό GPS (όχι υποβοηθούμενο από δίκτυο). Το κόστος συσκευής με τον πλήρη GPS δέκτη θα είναι απαγορευτικό για κάποιο ποσοστό χρηστών, η λειτουργία του όμως είναι ανεξάρτητη του δικτύου και δεν το επιβαρύνει ούτε σε κόστος αναβάθμισης, ούτε σε κίνηση δεδομένων. Όσο για την ακρίβεια, ο συνδυασμός DGPS και έλλειψη SA αποδίδει ελάχιστα μέτρα πιθανού σφάλματος.
Τεχνικές όπως AOA και OTOA, είναι πολύ προσιτές από άποψη κόστους, η ακρίβειά τους όμως είναι μάλλον φτωχή για να καλύψουν τις μελλοντικές απαιτήσεις. Και ενώ μπορούν να βελτιωθούν με καλύτερη υποδομή του δικτύου, το κόστος των αναβαθμίσεων αυξάνει δυσανάλογα.
Η μέθοδος βασισμένη σε αναγνώριση κυψέλης, έχει επίσης φτωχή απόδοση, τουλάχιστον σε απλές κυψέλες, το κόστος εφαρμογής της όμως είναι πρακτικά μηδαμινό αφού δεν έχει επιπλέον απαιτήσεις σε δίκτυο και συσκευές και σίγουρα είναι η πιο προσιτή στο ευρύ κοινό.
Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η άποψη ότι η αναγνώριση θέσης δεν είναι ανάγκη να γίνεται αυτόματα. Για κάποιες εφαρμογές αυτό σίγουρα ισχύει, αφού ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει και να βοηθήσει στην διαδικασία εύρεσης θέσης, ενώ πολλές φορές η εύρεση της παρούσας θέσης του δεν είναι τόσο σημαντική, όσο οι πληροφορίες για την θέση στην οποία επιθυμεί να πάει. Για παράδειγμα ένας τουρίστας μπορεί να μάθει τα

εστιατόρια πλησιέστερα στην περιοχή που βρίσκεται, θα προτιμούσε όμως να τα ξέρει πριν την επισκεφτεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Global Positioning System (GPS)

5.1 Εισαγωγή

Το **GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας** είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης, στους οποίους υπάρχουν ειδικές συσκευές, οι οποίες ονομάζονται "δέκτες GPS". Οι δέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές.

Το παρελθόν

Τα σημεία του ορίζοντα, ή ακόμη και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό, με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης, αποτελούσε σημείο αναφοράς και βοηθούσε τους ανθρώπους στο να βρουν τη σωστή πορεία τους. Στον προσανατολισμό συνέβαλαν αργότερα και άλλα μέσα, όπως η πυξίδα και ο εξάντας. Ωστόσο ο εξάντας στην πρώιμη μορφή του είχε τη δυνατότητα να παράσχει πληροφορίες μόνο για το γεωγραφικό πλάτος και όχι για το γεωγραφικό μήκος, γεγονός που αποτελούσε ένα σημαντικό μειονέκτημα, ιδιαίτερα για τους ναυτικούς. Τον 17ο αιώνα το Ηνωμένο Βασίλειο συνέστησε ένα συμβούλιο επιστημόνων, το οποίο θα επιβράβευε χρηματικά όποιον θα μπορούσε να εφεύρει ένα όργανο, το οποίο θα επέτρεπε τον ακριβή υπολογισμό και των δύο γεωγραφικών συντεταγμένων, δηλαδή μήκους και πλάτους. Το 1761 ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον (John Harrison), ύστερα από προσπάθειες δώδεκα ετών, κατασκεύασε ένα όργανο, το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό σημερινό χρονόμετρο. Σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια (για τα δεδομένα της εποχής). Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να δημιουργηθούν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραντάρ, στα μέσα του 20ού αιώνα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου (και χρησιμοποιούνται ακόμη). Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες.

Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή, όμως, συνέβαιναν υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή.

Έστω και με αυτά τα προβλήματα, η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη γίνει. Το Global Positioning System στη σημερινή του μορφή βασίζεται σε παρεμφερή τεχνολογία. Συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός –τεχνητού αυτή τη φορά- ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά εδρεύουν σε δορυφόρους.
Ένα δίκτυο πολυάριθμων δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας βοηθά τους δέκτες GPS να παρέξουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, οι ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την ενός σημείου θέση με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις όπως θα δούμε στη συνέχεια.
Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό.

5.2 Λειτουργικά τμήματα

Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά, θάλασσα και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο συντονισμός του. Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι:

Διαστημικό τμήμα: Αποτελείται από το δίκτυο 24 δορυφόρων που ήδη αναφέραμε. Οι δορυφόροι αυτοί «σκεπάζουν» ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά.
Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος περίπου 12.700 μιλίων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευσή τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η τροφοδοσία τυους με ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται μέσω των ηλιακών στοιχείων που διαθέτουν.

Επίγειο τμήμα ελέγχου: Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή τους ταχύτητα και υψόμετρο και στην κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές είναι οι εξής: α) Κολοράντο (Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής) β) Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός) γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός) δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός) ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός)
Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.

Το τμήμα τελικού χρήστη: Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας απλής πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη της συσκευής GPS. Πρόκειται, δηλαδή, για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή «ανθρώπινη» μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή γεωγραφική του θέση.

5.3 Βασικές Αρχές

Η προσπάθεια του ανθρώπου να υπολογίσει τη γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκεται πάνω στη γη και την κατεύθυνση προς την οποία κινείται, ξεκινάει από αρχαιοτάτων χρόνων. Ο ακριβής προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης είναι πολύ σημαντικός για πολλές δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό, ο άνθρωπος δημιούργησε από παλιά, ένα πλέγμα από παράλληλες και κάθετες προς τον Ισημερινό νοητές γραμμές, οι οποίες περιβάλλουν ολόκληρη τη γη χαρακτηρίζοντας, με αυτό τον τρόπο, κάθε σημείο στην επιφάνειά της με μία μοναδική ταυτότητα. Έτσι, μπορούσε να προσδιορίζει ένα σημείο στην επιφάνεια της γης με μεγάλη ακρίβεια. Σήμερα, όλοι οι τοπογραφικοί χάρτες χρησιμοποιούν δύο συστήματα πλέγματος. Το ένα είναι το πλέγμα του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, και το άλλο είναι το πλέγμα UTM. Και τα δύο πλέγματα αναλύονται με λεπτομέρεια στην ενότητα: Τοπογραφικοί Χάρτες.
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών πολλά είδη τεχνολογιών εφαρμόστηκαν για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης, αλλά το καθένα είχε τα δικά του μειονεκτήματα.
Πριν μερικές δεκαετίες, το αμερικανικό Υπουργείο Άμυνας αποφάσισε ότι ο στρατός πρέπει να διαθέτει μία συσκευή με την οποία να μπορεί να προσδιορίζει με ακρίβεια τη θέση των σημείων πάνω στη γη ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο σημεία αυτά, με σκοπό να τη χρησιμοποιήσει στα οπλικά της συστήματα. Διαθέτοντας ένα μεγάλο ποσό χρημάτων για την έρευνα αυτή (12 δισεκατομμύρια δολάρια!) κατασκεύασαν το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης ή GPS (Global Positioning System), ένα σύστημα που άλλαξε για πάντα την πλοήγηση και θεωρείται σήμερα το πιο επαναστατικό όργανο προσανατολισμού που δημιουργήθηκε μετά την πυξίδα.

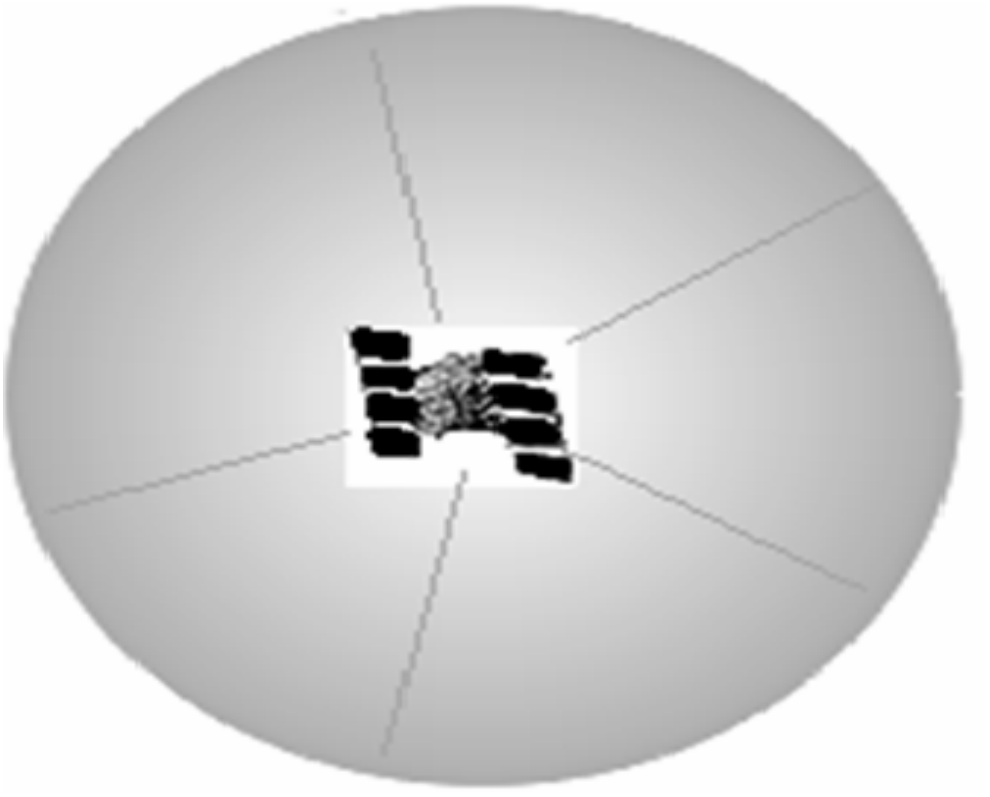
ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ GPS;

Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία του GPS σε πέντε βήματα:
1ο βήμα Διαδικασία "τριγωνισμού" (triangulation) από τους δορυφόρους.
2ο βήμα Μέτρηση απόστασης από τους δορυφόρους χρησιμοποιώντας το χρόνο μετάδοσης των ραδιο-σημάτων.
3ο βήμα Συγχρονισμός ρολογιών δέκτη – δορυφόρου.
4ο βήμα Εύρεση θέσης των δορυφόρων στον ουρανό.
5ο βήμα Διόρθωση καθυστερήσεων στις οποίες υπόκειται το σήμα καθώς αυτό μεταδίδεται μέσω της ατμόσφαιρας και αντανακλάται σε διάφορα εμπόδια στην επιφάνεια της γης.

Κάθε ένα από αυτά τα βήματα θα τα εξηγήσουμε αναλυτικά στις επόμενες πέντε παραγράφους.

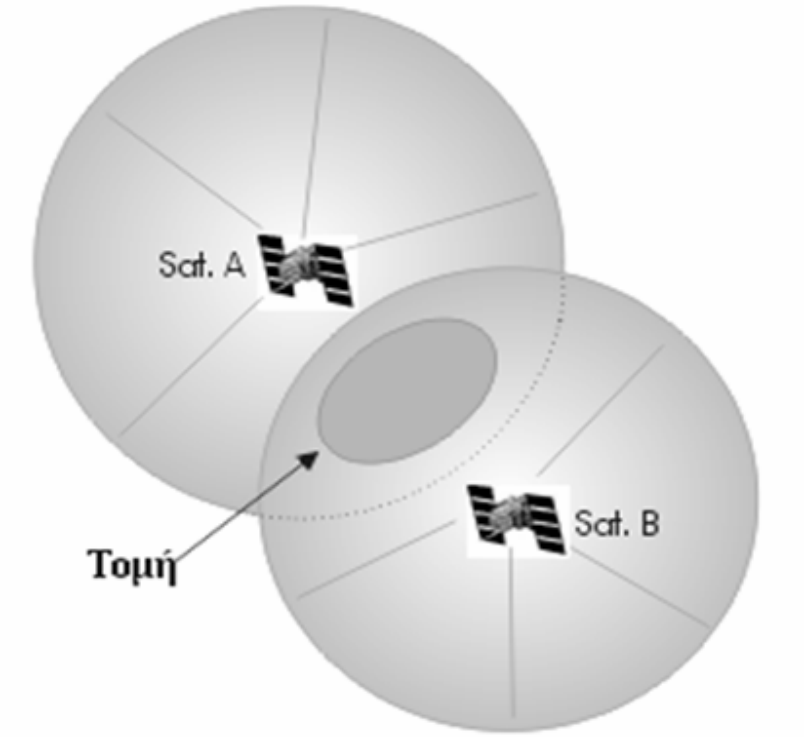
Βήμα 1: Τριγωνισμός από τους δορυφόρους

Αν και φαίνεται περίεργο, η βασική ιδέα στην οποία στηρίζεται το GPS είναι η χρήση δορυφόρων στο διάστημα για τον προσδιορισμό σημείων πάνω στη γη. Πράγματι, μετρώντας με πολύ μεγάλη ακρίβεια την απόσταση που έχουμε από τρεις δορυφόρους μπορούμε να "τριγωνοποιήσουμε" τη θέση μας οπουδήποτε πάνω στη γη. Ας ξεχάσουμε προς στιγμή πώς μετράμε αυτήν την απόσταση. Αυτό θα το δούμε αργότερα. Προς το παρόν θα εξετάσουμε γεωμετρικά, πώς η μέτρηση των αποστάσεων από τρεις δορυφόρους καθορίζει με ακρίβεια τη θέση μας.
Ας υποθέσουμε ότι μετράμε την απόσταση που έχουμε από έναν δορυφόρο και βρίσκουμε ότι αυτή είναι 17.000 χλμ. Γνωρίζοντας ότι βρισκόμαστε 17.000 χλμ. μακριά από ένα συγκεκριμένο δορυφόρο, οι πιθανές θέσεις που θα μπορούσαμε να είμαστε στο σύμπαν περιορίζονται στην επιφάνεια μιας σφαίρας με κέντρο το δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση από αυτόν (Σχήμα 1)



Σχήμα 1.

Κατόπιν, μετράμε την απόστασή μας από ένα δεύτερο δορυφόρο και βρίσκουμε ότι αυτή είναι 20.000 χλμ. Αυτό μας λέει ότι εκτός από την επιφάνεια της πρώτης σφαίρας βρισκόμαστε επίσης και στην επιφάνεια μιας δεύτερης σφαίρας, η οποία ως κέντρο έχει το δεύτερο δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση που απέχουμε από αυτόν. Δηλαδή, με άλλα λόγια, βρισκόμαστε κάπου στην τομή των δύο αυτών σφαιρών. Επειδή όμως η τομή δυο σφαιρών σχηματίζει κύκλο, ουσιαστικά βρισκόμαστε κάπου επάνω στην περιφέρεια ενός κύκλου (σχήμα 2).



Σχήμα 2 Η τομή των 2 σφαιρών που αντιστοιχούν στους δορυφόρους Α και Β είναι ένας κύκλος

Εάν πάρουμε και μία ακόμη μέτρηση από έναν τρίτο δορυφόρο, τότε εκτός από τον κύκλο που σχηματίζεται από την τομή των δύο πρώτων σφαιρών, βρισκόμαστε και στην επιφάνεια μιας τρίτης σφαίρας, η οποία ως κέντρο έχει τον τρίτο δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση που απέχουμε από αυτόν. Επειδή όμως η επιφάνεια μιας σφαίρας τέμνεται με την περιφέρεια ενός κύκλου σε δύο μόνο σημεία, ουσιαστικά βρισκόμαστε επάνω στα δύο αυτά σημεία .

Έτσι, με τρεις δορυφόρους μπορούμε να περιορίσουμε τη θέση μας σε ακριβώς δύο σημεία. Για να αποφασίσουμε ποιο από τα δύο αυτά σημεία είναι η πραγματική μας θέση, θα μπορούσαμε να κάνουμε και μία τέταρτη μέτρηση. Αλλά, συνήθως είναι προφανές, ότι αποκλείεται να βρισκόμαστε σε ένα από τα δύο σημεία (είτε γιατί αυτό βρίσκεται στο άλλο ημισφαίριο, είτε γιατί αυτό βρίσκεται πολύ μακριά από τη γη) και έτσι μπορούμε να το απορρίψουμε χωρίς να κάνουμε καμία επιπλέον μέτρηση. Εντούτοις, μία τέταρτη μέτρηση χρειάζεται για το συγχρονισμό του ρολογιού του δέκτη

μας με τον παγκόσμιο χρόνο. Αυτό όμως εξετάζεται στο 3ο βήμα: *"*επιτυγχάνοντας τον τέλειο συγχρονισμό".

Βήμα 2 : Μετρώντας την απόσταση από έναν δορυφόρο

Στην προηγούμενη παράγραφο, είδαμε πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση μας γνωρίζοντας την απόσταση που έχουμε από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους. Αλλά πώς γίνεται να μετρήσουμε την απόσταση από ένα δορυφόρο, ο οποίος περιφέρεται στο διάστημα γύρω από τη γη; Αυτό επιτυγχάνεται μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται ένα ραδιο-σήμα να φθάσει από το δορυφόρο στο δέκτη. Ο χρόνος αυτός πολλαπλασιαζόμενος με την ταχύτητα μετάδοσης του ραδιο-σήματος (ως ηλεκτρομαγνητικό σήμα, η ταχύτητά του ισούται με την ταχύτητα του φωτός, δηλ. περίπου με 300.000 χλμ. το δευτερόλεπτο) μας δίνει, σύμφωνα με το μαθηματικό τύπο (1), την απόσταση που απέχει ο δορυφόρος από το δέκτη.

Απόσταση = Ταχύτητα Χ **Χρόνος** (1)

Κατ' αρχάς, ο χρόνος αυτός μπορεί να είναι πάρα πολύ μικρός (π.χ. 0,06 δευτ.), ειδικά αν ο δορυφόρος βρίσκεται κοντά μας. Έτσι, χρειαζόμαστε ρολόγια με μεγάλη ακρίβεια. Στο θέμα αυτό θα αναφερθούμε σε επόμενη παράγραφο.
Προς το παρόν, ας υποθέσουμε ότι έχουμε τέτοια ρολόγια. Πώς όμως θα μετρήσουμε το χρόνο μετάδοσης του ραδιο-σήματος; Για να το εξηγήσουμε καλύτερα ας δούμε πώς μπορεί να γίνει αυτή η μέτρηση με ένα ηχητικό σήμα: Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει ένας τρόπος όπου ο δορυφόρος και ο δέκτης εκπέμπουν ταυτόχρονα ένα ηχητικό σήμα, ακριβώς στις 12 το μεσημέρι. Εάν ο ήχος μπορούσε να φθάσει σε μας

από το διάστημα (το οποίο, φυσικά, είναι αδύνατο λόγω του κενού) τότε θα ακούγαμε, με μία μικρή διαφορά φάσης, δύο φορές το ηχητικό σήμα, πρώτα από τον ίδιο το δέκτη και λίγο αργότερα από το δορυφόρο. Αυτή η διαφορά φάσης οφείλεται στο γεγονός ότι ο ήχος που προέρχεται από το δορυφόρο χρειάζεται να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση από τον ήχο που προέρχεται από το δέκτη, για να φθάσει σε εμάς. Εάν θέλαμε να δούμε ακριβώς πόσο πιο αργά έρχεται το ηχητικό σήμα από το δορυφόρο, θα μπορούσαμε να αρχίσουμε να καθυστερούμε το ήχο που προέρχεται από το δέκτη έως ότου αυτός συγχρονιστεί τέλεια με τον ήχο από το δορυφόρο. Η χρονική μετατόπιση προς τα πίσω του ηχητικού σήματος του δέκτη ισούται με το χρόνο μετάδοσης του ηχητικού σήματος από το δορυφόρο στο δέκτη μας. Έτσι πολλαπλασιάζοντας το χρόνο αυτό με την ταχύτητα του ήχου βρίσκουμε την απόστασή μας στο δορυφόρο.
Το GPS ουσιαστικά λειτουργεί με αυτό τον τρόπο για την εύρεση της απόστασης από τους δορυφόρους, με τη διαφορά ότι αντί για ηχητικό σήμα οι δορυφόροι και οι δέκτες χρησιμοποιούν ένα πολύπλοκο κωδικοποιημένο σήμα, το οποίο παράγεται σύμφωνα με μία προκαθορισμένη μορφή. Το πολύπλοκο αυτό κωδικοποιημένο σήμα ονομάζεται "ψευδο-τυχαίος κώδικας" (pseudo-random code), επειδή μοιάζει με έναν τυχαίο ηλεκτρικό θόρυβο. Πριν εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της απόστασης με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα, ας δούμε τι είναι αυτός ο κώδικας.

Ο **ψευδο-τυχαίος κώδικας (Pseudo-random code)**, είναι ένας πολύπλοκος ψηφιακός κώδικας, ο οποίος αποτελείται από μία ακολουθία παλμών "on" και "off" (ή ψηφιακών στοιχείων 0 και 1). Υπάρχουν διάφοροι λόγοι αρκετά σοβαροί για την πολυπλοκότητα του κώδικα. Κατ' αρχάς, εξασφαλίζεται ότι ο δέκτης δε θα συγχρονιστεί τυχαία με κάποιο άλλο σήμα. Η μορφή του σήματος είναι τόσο σύνθετη που είναι ιδιαίτερα απίθανο δύο διαφορετικά σήματα να έχουν ακριβώς την ίδια μορφή. Δεδομένου ότι κάθε δορυφόρος έχει το δικό του μοναδικό ψευδο-τυχαίο κώδικα, και ο δέκτης γνωρίζει ακριβώς τον κώδικα που θα λάβει από ένα δορυφόρο, εξασφαλίζεται ακόμη περισσότερο ότι ο δέκτης δε θα λάβει τυχαία το σήμα κάποιου άλλου δορυφόρου ακόμη και αν εκπέμπει στην ίδια συχνότητα. Έτσι, όλοι οι δορυφόροι μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ίδια συχνότητα χωρίς να εμποδίζουν ο ένας τον άλλον. Για παράδειγμα, ακόμη και αν βρίσκεστε ανάμεσα σε πολύ κόσμο, θα καταλάβετε τη φωνή ενός φίλου σας που σας φωνάζει από μακριά, γιατί το αυτί σας ξεχωρίζει τους γνωστούς ήχους ανάμεσα από πολλούς άλλους.
Άλλος ένας λόγος για την πολυπλοκότητα του ψευδο-τυχαίου κώδικα, είναι οι GPS δέκτες να μη χρειάζονται τα μεγάλα δορυφορικά πιάτα, που χρησιμοποιούνται στη δορυφορική τηλεόραση, για να λάβουν τα σήματα από τους δορυφόρους. Έτσι, οι GPS δέκτες καθίστανται ακόμη πιο οικονομικοί. Χωρίς τα δορυφορικά πιάτα, το ασθενές σήμα των δορυφόρων πρέπει να ενισχύεται με κάποιο τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής:
Αν παραστήσουμε γραφικά τη συχνότητα GPS που λαμβάνει ο δέκτης θα δούμε μία τεθλασμένη γραμμή όπως αυτή του 4ου σχήματος. Το τυχαίο σχήμα της γραμμής αυτής οφείλεται στον παρασιτικό θόρυβο της γης. Ένα GPS σήμα θα μπορούσε να καλυφθεί μέσα σε αυτό το θόρυβο.
Όπως και ο ψευδο-τυχαίος κώδικας έτσι και ο παρασιτικός θόρυβος έχει διακυμάνσεις. Υπάρχει όμως μία σημαντική διαφορά: στον ψευδο-τυχαίο κώδικα γνωρίζουμε τη μορφή των διακυμάνσεών του.
Μπορούμε να συγκρίνουμε ένα τμήμα του ψευδο-τυχαίου κώδικα με τον παρασιτικό

θόρυβο, διαιρώντας τα σήματα σε ίσα χρονικά διαστήματα και κατόπιν να σημειώσουμε όλα τα διαστήματα στα οποία ταιριάζει ο γήινος παρασιτικός θόρυβος με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα (σχήμα 5).
Δεδομένου ότι και ο ψευδο-τυχαίος κώδικας και ο παρασιτικός θόρυβος έχουν τυχαία μορφή, τότε βάσει του νόμου των πιθανοτήτων, περίπου στα μισά χρονικά διαστήματα θα ταιριάζουν ενώ στα άλλα μισά, όχι. Έτσι, αν χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα βαθμολόγησης, το οποίο θα αυξάνει το βαθμό κατά μία μονάδα όπου αυτά ταιριάζουν, ενώ θα τον μειώνει κατά μία μονάδα όπου αυτά δεν ταιριάζουν, τότε μακροπρόθεσμα θα καταλήξουμε σε ένα αποτέλεσμα μηδέν, εφ' όσον όσες μονάδες προστίθενται τόσες θα αφαιρούνται.
Όταν τώρα ένας δορυφόρος GPS αρχίζει να μεταδίδει παλμούς της ιδίας μορφής με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα του δέκτη μας, αυτά τα σήματα, ακόμα κι αν είναι αδύναμα, θα τείνουν να ενισχύσουν και να διαμορφώσουν τον τυχαίο παρασιτικό θόρυβο σε μία μορφή ίδια με αυτή του κώδικα που χρησιμοποιούμε για τη σύγκριση. Όσα σημεία του παρασιτικού σήματος ήταν στο όριο της μονάδας θα ενισχυθούν και έτσι θα αρχίσουμε να βλέπουμε περισσότερες αντιστοιχίες με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα. Κατόπιν τούτου, το αποτέλεσμα της βαθμολόγησης θα αρχίσει να αυξάνει.
Αυτή η εξήγηση είναι πολύ απλουστευμένη, αλλά δίνει μία ιδέα για το πώς γίνεται η ενίσχυση του σήματος του δορυφόρου. Έτσι, το σύστημα μπορεί να τα καταφέρει με λιγότερο ισχυρούς δορυφόρους και οι δέκτες μας δε χρειάζονται τα μεγάλα πιάτα που χρησιμοποιούνται στη δορυφορική τηλεόραση. Μπορείτε να αναρωτηθείτε γιατί η δορυφορική τηλεόραση δε χρησιμοποιεί τον ίδιο μηχανισμό, αλλά αντίθετα χρησιμοποιεί εκείνα τα μεγάλα πιάτα. Ο λόγος είναι η ταχύτητα. Το GPS σήμα μεταφέρει πολύ λίγες πληροφορίες σε σχέση με τη δορυφορική τηλεόραση. Βασικά, το GPS μεταδίδει έναν παλμό συγχρονισμού, και έτσι μπορούμε να συγκρίνουμε το σήμα για πολλά χρονικά διαστήματα. Αντίθετα, ένα σήμα τηλεόρασης μεταφέρει πολλές πληροφορίες και μεταβάλλεται γρήγορα, οπότε το σύστημα σύγκρισης θα ήταν πάρα πολύ αργό και δύσκαμπτο.

Γνωρίζοντας τώρα τι είναι ο ψευδο-τυχαίος κώδικας, θα εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της απόστασης από ένα δορυφόρο.
Ο GPS δέκτης παράγει έναν ψευδο-τυχαίο κώδικα, ο οποίος είναι ακριβές αντίγραφο του κώδικα που παράγει ο δορυφόρος. Ο κώδικας στο δέκτη είναι καταχωρημένος στη βάση δεδομένων του και παράγεται ταυτόχρονα με τον κώδικα του δορυφόρου. (Ας υποθέσουμε προς το παρόν ότι ο δορυφόρος και ο δέκτης είναι συγχρονισμένοι μεταξύ τους). Ο δέκτης συγκρίνει τον κώδικα που παράγει ο ίδιος με τον κώδικα που λαμβάνει από το δορυφόρο και προσπαθεί να τους ταιριάξει. Επειδή όμως ο κώδικας του δορυφόρου διανύει μία μεγάλη απόσταση, έρχεται στο δέκτη με κάποια χρονική καθυστέρηση, η οποία φαίνεται και σα διαφορά φάσης (σχήμα 6). Για να υπολογίσει το χρόνο καθυστέρησης του σήματος από το δορυφόρο, ο δέκτης ολισθαίνει χρονικά προς

τα πίσω το δικό κώδικα, μέχρι να τον ταιριάξει με τον κώδικα του δορυφόρου. Το μέγεθος της χρονικής ολίσθησης ισούται με το χρόνο μετάδοσης

του σήματος από το δορυφόρο στο δέκτη. Τότε, σύμφωνα με τον τύπο (1), πολλαπλασιάζει το χρόνο αυτό με την ταχύτητα του φωτός και υπολογίζει την απόσταση που απέχει ο δέκτης από το δορυφόρο.
Η θέση του δέκτη που υπολογίζεται με αυτήν την μέθοδο καλείται ψευδο-περιοχή (pseudo-range), επειδή δεν είναι μία άμεση μέθοδος μέτρησης της απόστασης, αλλά μία έμμεση που βασίζεται στο χρόνο, ο οποίος μπορεί να υπόκειται σε διάφορα σφάλματα, όπως, για παράδειγμα, την ιονοσφαιρική καθυστέρηση ή τις χρονικές διαφορές μεταξύ των ατομικών ρολογιών στους δορυφόρους και το δέκτη (θα τα εξετάσουμε παρακάτω). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μας δίνει μία λανθασμένη περιοχή που βρισκόμαστε.
Εκτός από την τεχνική της χρονικής ολίσθησης, για να υπολογιστεί ο χρόνος μετάδοσης του σήματος από το δορυφόρο στο δέκτη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η τεχνική της **συμβολομετρίας (Interferometry).** Η συμβολομετρία είναι μία τεχνική μέτρησης, η οποία στηρίζεται στη συμβολή δύο ή περισσοτέρων κυμάτων. Αν θεωρήσουμε δύο κύματα ίσων συχνοτήτων και πλάτους, τα οποία κινούνται με την ίδια ταχύτητα προς την ίδια κατεύθυνση αλλά με διαφορά φάσης μεταξύ τους, τότε αν η διαφορά φάσης είναι μικρή αυτά συμβάλλουν ενισχυτικά, ενώ αν η διαφορά φάσης είναι μεγάλη, συμβάλλουν αποσβεστικά. Το αποτέλεσμα της σύνθεσης των κυμάτων είναι ευκολότερο να μετρηθεί από ότι τα ίδια τα κύματα και έτσι αυτός είναι ένας πολύ καλύτερος τρόπος για να συγκριθούν δύο σήματα και να υπολογιστεί η διαφορά φάσης μεταξύ τους.
Παραπάνω, υποθέσαμε ότι ο δορυφόρος και ο δέκτης αρχίζουν να εκπέμπουν τους κώδικές τους ακριβώς στον ίδιο χρόνο. Αλλά πώς εμείς είμαστε σίγουροι ότι είναι τέλεια συγχρονισμένοι και αρχίζουν ταυτόχρονα την εκπομπή των σημάτων; Αυτό θα το εξετάσουμε στο επόμενο βήμα.

Βήμα 3: Επιτυγχάνοντας τον τέλειο συγχρονισμό

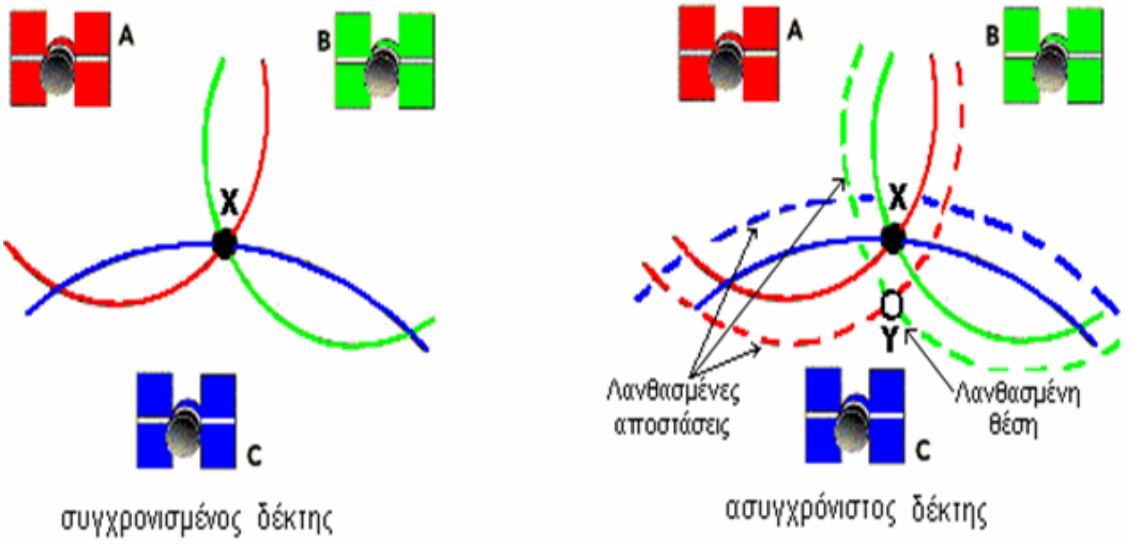
Εάν η μέτρηση του χρόνου μετάδοσης ενός ραδιο-σήματος είναι το κλειδί για να μετρηθεί η ακριβής απόσταση από τους δορυφόρους, τότε τα χρονόμετρά μας θα πρέπει να είναι υπερβολικά ακριβή, ώστε να τέλεια συγχρονισμένα. Μία λανθασμένη χρονομέτρηση, έστω και ενός χιλιοστού του δευτερολέπτου, με την ταχύτητα του φωτός, μεταφράζεται σε 300 χλμ. Σφάλμα.

Στους δορυφόρους, η χρονομέτρηση είναι σχεδόν τέλεια επειδή αυτοί διαθέτουν ρολόγια μεγάλης ακρίβειας, τα *ατομικά ρολόγια*[1]. Αλλά, τι γίνεται με τους δέκτες μας εδώ στο γη; Θυμηθείτε ότι ο δορυφόρος και ο δέκτης πρέπει να μπορούν να συγχρονίσουν ακριβώς τους ψευδο-τυχαίους κώδικές τους, ώστε να λειτουργήσει σωστά το όλο σύστημα.
Εάν οι δέκτες μας είχαν και αυτοί ατομικά ρολόγια τότε δεν θα υπήρχε κανένα πρόβλημα χρονικού συγχρονισμού μεταξύ των δορυφόρων και των δεκτών. Σε αυτή την περίπτωση όμως, το GPS θα ήταν μία τεχνολογία που δε θα είχε μεγάλη εφαρμογή, γιατί κανένας δεν θα μπορούσε να το αντέξει οικονομικά, εφ' όσον κάθε ατομικό ρολόι στοιχίζει περίπου 100.000 $ (κάθε δορυφόρος έχει 4 ατομικά ρολόγια).

Για το λόγο αυτό οι σχεδιαστές του GPS βρήκαν ένα λαμπρό μικρό τέχνασμα. το οποίο μας επιτρέπει να έχουμε στους δέκτες μας ρολόγια quartz, σαν αυτά που χρησιμοποιούνται στα ρολόγια χειρός. Τα ρολόγια αυτά έχουν αρκετή ακρίβεια για μικρές χρονικές περιόδους και είναι πολύ φθηνότερα από τα ατομικά.
Το τέχνασμα που βρήκαν οι σχεδιαστές του GPS είναι να γίνεται μία επί πλέον μέτρηση απόστασης από ένα τέταρτο δορυφόρο. Η τέταρτη μέτρηση θεωρείται μία από τις θεμελιώδεις λειτουργίες του GPS, εφ' όσον με αυτό τον τρόπο κάθε GPS δέκτης συγχρονίζεται με τον παγκόσμιο χρόνο. Έτσι, το GPS γίνεται η ευρύτερα διαδεδομένη συσκευή που μετράει με ακρίβεια το χρόνο και για το λόγο αυτό, εκτός από τον προσδιορισμό θέσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ένα ευρύ φάσμα άλλων εφαρμογών, όπως, για παράδειγμα, στο συγχρονισμό των δικτύων των υπολογιστών, στη ρύθμιση άλλων συστημάτων ναυσιπλοΐας, στο συγχρονισμό του εξοπλισμού προβολής ταινιών και σε πολλά άλλα. Τέλος, είναι μία θαυμάσια συσκευή για να μας δείχνει με ακρίβεια πότε ακριβώς μπαίνει το νέο έτος!
Με τη λήψη μιας επί πλέον δορυφορικής μέτρησης και με λίγη άλγεβρα ένας GPS δέκτης μπορεί να απαλείψει οποιεσδήποτε ανακρίβειες που πιθανόν να υπάρχουν στο ρολόι του. Μέχρι τώρα μιλήσαμε για δορυφορικές περιοχές, οι οποίες ορίζονται από την απόσταση. Επειδή όμως η απόσταση υπολογίζεται από το χρόνο μετάδοσης του σήματος, παρακάτω όταν θα μιλάμε για δορυφορικές περιοχές θα αναφερόμαστε σε περιοχές που ορίζονται από το χρόνο. Όμως, οι χρονικές μετρήσεις μπορεί να είναι λανθασμένες, καθώς οι δέκτες δεν είναι συγχρονισμένοι με τον παγκόσμιο χρόνο και υπάρχουν χρονικές διαφορές μεταξύ των ρολογιών των δορυφόρων και του δέκτη, οι χρονικές αυτές περιοχές ονομάζονται και ψευδο-περιοχές (pseudo-ranges).
Ας υποθέσουμε ότι ο δέκτης μας διαθέτει ένα ρολόι ακριβείας και είναι συγχρονισμένος με τον παγκόσμιο χρόνο. Όπως είδαμε στο 1ο βήμα: "τριγωνισμός από τους δορυφόρους", για την εύρεση της θέσης που βρισκόμαστε, μετράμε πόσο απέχουμε (χρονικά) από τρεις δορυφόρους Α, Β και Γ. Η τομή των τριών χρονικών περιοχών (σφαίρες) που ορίζονται από τις τρεις αυτές μετρήσεις, μας δίνει τη θέση Χ που πραγματικά είμαστε. Αν, κάνουμε και μία τέταρτη (χρονική) μέτρηση της απόστασής μας από έναν τέταρτο δορυφόρο Δ, τότε η χρονική περιοχή (σφαίρα) που ορίζεται από το δορυφόρο αυτό, θα πρέπει να τέμνει τις τρεις πρώτες στο ίδιο σημείο Χ.
Αλλά τι συμβαίνει αν το ρολόι του δέκτη μας δεν είναι συγχρονισμένο με τον παγκόσμιο χρόνο και βρίσκεται ένα δευτερόλεπτο πίσω από το ρολόι του δορυφόρου; Τότε η τομή των τριών χρονικών (ψευδο)περιοχών θα μας δώσει ένα σημείο Υ διαφορετικό από την πραγματική μας θέση Χ. Επί πλέον, με την καθυστέρηση ενός δευτερολέπτου του ρολογιού του δέκτη μας, τότε η χρονική περιοχή (σφαίρα) μιας τέταρτης χρονικής μέτρησης δε θα περάσει από το σημείο τομής των τριών πρώτων μετρήσεων.

[1] Τα ατομικά ρολόγια δε λειτουργούν με ατομική ενέργεια. Ονομάζονται έτσι επειδή χρησιμοποιούν τις ταλαντώσεις ενός συγκεκριμένου ατόμου ως "μετρονόμο". Αυτή η μορφή χρονομέτρησης είναι η σταθερότερη και η ακριβέστερη που έχει αναπτύξει ως τώρα ο άνθρωπος

Το σχήμα 3, απεικονίζει τις δύο καταστάσεις που περιγράψαμε παραπάνω. Χάριν ευκολίας και καλύτερης κατανόησης, στο σχήμα απεικονίζονται δύο διαστάσεις και όχι τρεις.



Σχήμα 3. Το πρόβλημα του συγχρονισμού με τον παγκόσμιο χρόνο

Στις δύο διαστάσεις, αντί για σφαίρες απεικονίζονται κύκλοι και αντί για τέσσερις μετρήσεις χρησιμοποιούνται τρεις. Αυτό δεν αλλοιώνει την πραγματική κατάσταση, γιατί ό,τι ισχύει στις δύο διαστάσεις, το ίδιο ισχύει και στις τρεις.

Στο παραπάνω σχήμα (δύο διαστάσεις) παρατηρούμε ότι όταν ο δέκτης είναι συγχρονισμένος με τον παγκόσμιο χρόνο, οι κύκλοι από τρεις μετρήσεις τέμνονται σε ένα σημείο Χ το οποίο είναι η πραγματική θέση που βρισκόμαστε. Αν υποθέσουμε ότι το ρολόι του δέκτη μας βρίσκεται ένα δευτερόλεπτο πίσω, τότε οι κύκλοι από δύο μετρήσεις (κόκκινος και πράσινος κύκλος) είναι λανθασμένες και τέμνονται σε ένα σημείο Υ διαφορετικό από την πραγματική μας θέση Χ. Επί πλέον, με την καθυστέρηση ενός δευτερολέπτου του ρολογιού του δέκτη μας, ο κύκλος μιας τρίτης μέτρησης (μπλε κύκλος) δε θα περάσει από το σημείο τομής των δύο πρώτων κύκλων.

Αυτή η ασυμφωνία προειδοποιεί τον υπολογιστή του δέκτη μας ότι υπάρχει ένα λάθος ρολογιού και ότι οι μετρήσεις του δεν είναι τέλεια συγχρονισμένες με τον παγκόσμιο χρόνο. Επειδή οποιοδήποτε λάθος ρολογιού ή οποιαδήποτε απόκλιση από τον παγκόσμιο χρόνο θα έχει επιπτώσεις σε όλες τις μετρήσεις, ο υπολογιστής του δέκτη ψάχνει μία μοναδική σταθερά διόρθωσης, η οποία προστιθέμενη ή αφαιρούμενη από όλες τις μετρήσεις θα διορθώνει το σφάλμα, με αποτέλεσμα οι κύκλοι να τέμνονται σε ένα μοναδικό σημείο. Στο παράδειγμά μας, θα εύρισκε ότι με την αφαίρεση ενός δευτερολέπτου από κάθε χρονική μέτρηση οι περιοχές θα τέμνονταν όλες σε ένα και μοναδικό σημείο. Καθορίζοντας αυτή τη **σταθερά ή παράγοντα διόρθωσης**, ο δέκτης τώρα είναι συγχρονισμένος με τον παγκόσμιο χρόνο και μπορεί να εφαρμόσει τη διόρθωση αυτή σε όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις. Αυτή η διόρθωση συγχρονίζει το ρολόι του δέκτη με τον παγκόσμιο χρόνο και έτσι το καθιστά ένα ρολόι με ακρίβεια ατομικού ρολογιού στην παλάμη του χεριού σας. Φυσικά, αυτή η διαδικασία διόρθωσης θα πρέπει να επαναλαμβάνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε το ρολόι του δέκτη να παραμένει πάντα συγχρονισμένο.

Για να πραγματοποιούνται αυτά που αναφέραμε παραπάνω, θα πρέπει κάθε αξιόλογος δέκτης GPS να έχει τουλάχιστον τέσσερα κανάλια, έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιεί ταυτόχρονα τέσσερις μετρήσεις. Με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα ως ένα σταθερό παλμό συγχρονισμού, και με το τέχνασμα της τέταρτης (πρόσθετης) μέτρησης, για να επιτευχθεί ο τέλειος συγχρονισμός με τον παγκόσμιο χρόνο, είναι δυνατόν να μετρηθεί η απόσταση του δέκτη από το δορυφόρο. Για να λειτουργήσει,

όμως, σωστά η μέθοδος της τριγωνοποίησης, δεν αρκεί να υπολογιστεί μόνο η απόσταση από τους δορυφόρους, αλλά θα πρέπει, επίσης, να είναι γνωστή και η θέση των δορυφόρων στον ουρανό.

Βήμα 4 : Βρίσκοντας τη θέση των δορυφόρων στον ουρανό

Εκτός από την απόσταση από ένα δορυφόρο, ένας δέκτης πρέπει να ξέρει την ακριβή θέση του δορυφόρου στον ουρανό. Μέχρι τώρα έχουμε υποθέσει ότι γνωρίζουμε πού βρίσκονται οι GPS δορυφόροι και έτσι μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε ως σημεία αναφοράς. Αλλά, πώς εμείς ξέρουμε πού ακριβώς βρίσκονται αυτοί όταν περιφέρονται στο διάστημα περίπου 20.000 χλμ. μακριά από τη γη;

Οι δορυφόροι σε μεγάλο ύψος

Το ύψος των 20.000 χλμ. προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα στις τροχιές των δορυφόρων. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτά είναι ότι στο ύψος αυτό δεν υπάρχει ατμόσφαιρα, οπότε δεν υπάρχει αντίσταση στην κίνηση του δορυφόρου από τον αέρα. Επίσης, ο χρόνος ζωής των δορυφόρων αυξάνεται και μπορούν, σε αυτό το ύψος, να τεθούν εύκολα σε σταθερή τροχιά με απλά μαθηματικά.

Η Πολεμική Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών έχει θέσει κάθε GPS δορυφόρο σε τροχιά με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Οι GPS δέκτες, που βρίσκονται στο έδαφος, έχουν ένα ημερολόγιο (almanac) στους υπολογιστές τους. στο οποίο καταχωρούνται δεδομένα σχετικά με τα ακριβή σημεία στα οποία βρίσκονται οι δορυφόροι στον ουρανό. Οι βασικές τροχιές είναι αρκετά ακριβείς αλλά για να γίνονται όλα σωστά οι GPS δορυφόροι ελέγχονται συνεχώς από το Υπουργείο Άμυνας, το οποίο χρησιμοποιεί ραντάρ μεγάλης ακρίβειας για να ελέγχει το ακριβές ύψος κάθε δορυφόρου, τη θέση και την ταχύτητά του. Ελέγχονται τα σφάλματα, τα οποία προκαλούνται από τα πεδία βαρύτητας της σελήνης και του ήλιου και από την πίεση της ηλιακής ακτινοβολίας στους δορυφόρους. Τα σφάλματα αυτά, συνήθως, είναι πολύ μικρά αλλά εάν θέλουμε να έχουμε μεγάλη ακρίβεια πρέπει αυτά να ληφθούν υπόψη.

Όταν το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών ανιχνεύσει κάποιο σφάλμα στα δεδομένα που στέλνει ο δορυφόρος στη γη, μετράει την ακριβή θέση του στον ουρανό και μεταδίδει την πληροφορία αυτή στον δορυφόρο. Ο δορυφόρος διορθώνει τα δικά του δεδομένα και τα περιλαμβάνει στα ραδιο-σήματα που μεταδίδει. Έτσι, το σήμα κάθε δορυφόρου δεν περιέχει μόνο έναν ψευδο-τυχαίο κώδικα συγχρονισμού. Αυτό μεταφέρει, επίσης, πληροφορίες ημεροδεικτών σχετικές με την ακριβή τροχιακή θέση του (ephemeris). Για παράδειγμα, κάθε δορυφόρος μεταδίδει ένα μήνυμα που μπορεί να λέει: "Είμαι ο δορυφόρος Χ, η θέση μου αυτή τη στιγμή είναι Υ, και το μήνυμα αυτό εστάλη την Ζ ώρα." Φυσικά, αυτό είναι ένα υπεραπλουστευμένο

μήνυμα, αλλά έτσι παίρνετε μία ιδέα του τι επιπλέον πληροφορίες μεταδίδει ο δορυφόρος προς το δέκτη, εκτός από τον ψευδο-τυχαίο κώδικα.
Ακολούθως, ο GPS δέκτης ενημερώνει συνεχώς το ημερολόγιό του (almanac), καθώς λαμβάνει αυτές τις πληροφορίες και κατόπιν τις χρησιμοποιεί για να καθορίσει την ακριβή θέση του δορυφόρου.
Με τον τέλειο συγχρονισμό και την ακριβή θέση του δορυφόρου θα σκέφτεστε ότι τώρα είσαστε έτοιμοι να κάνετε τους τέλειους υπολογισμούς θέσης. Αλλά ακόμη υπάρχει ένα πρόβλημα, το οποίο εξετάζεται στο επόμενο βήμα.

Βήμα 5: Διόρθωση Λαθών

Μέχρι τώρα έχουμε μεταχειριστεί τους υπολογισμούς στο GPS πολύ αφηρημένα. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν αρκετά πράγματα που μπορούν να συμβούν σε ένα GPS σήμα, τα οποία μπορούν να το αλλοιώσουν ή να του αλλάξουν την πορεία. Ένας καλός GPS δέκτης, για να αξιοποιήσει στο μέγιστο τις δυνατότητες του συστήματος, θα πρέπει να λάβει υπόψη ένα πλήθος λαθών που ενδεχομένως προκύψουν.
Κατ' αρχάς, μία από τις βασικές υποθέσεις που έχουμε κάνει, η οποία αφορά την εύρεση της απόστασης από έναν δορυφόρο πολλαπλασιάζοντας το χρόνο μετάδοσης ενός σήματος επί την ταχύτητα του φωτός, δεν ισχύει ακριβώς. Αυτό ισχύει μόνο στο κενό, όπου η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή. Καθώς ένα GPS σήμα περνά μέσω των φορτισμένων σωματιδίων της *ιονόσφαιρας*[2] αυτό αναπηδά δεξιά-αριστερά με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η ταχύτητά του. Ειδικά την ημέρα όπου η θερμοκρασία είναι ψηλότερη το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο. Κατόπιν, το GPS σήμα διέρχεται από την τροπόσφαιρα[3] (σχήμα 8), όπου και εδώ μπορεί να επηρεαστεί η ταχύτητά του από τους υδρατμούς και τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν στο στρώμα αυτό. Καθώς διέρχεται το σήμα από τα δύο αυτά στρώματα μπορεί να προκληθεί σε αυτό ένα σφάλμα παρόμοιο με αυτό που προκαλείται από τα ρολόγια μικρής ακρίβειας.
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να ελαχιστοποιηθεί αυτό το είδος σφάλματος. Ένα μεγάλο μέρος της καθυστέρησης που προκαλείται από τη διάδοση ενός σήματος μέσω της ατμόσφαιράς μας μπορεί να προβλεφθεί με τη μαθηματική μοντελοποίηση, με την προϋπόθεση ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι ιδανικές κάτι το οποίο συμβαίνει σπάνια. Τα μαθηματικά μοντέλα της ατμόσφαιρας λαμβάνουν υπόψη τα φορτισμένα σωματίδια της ιονόσφαιρας και το μεταβαλλόμενο αεριώδες περιεχόμενο της τροπόσφαιρας. Επίσης, το μοντέλο της ιονόσφαιρας ενημερώνεται συνεχώς με νέα στοιχεία, τα οποία μεταδίδονται από τους δορυφόρους. Ένας GPS δέκτης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη γωνία με την οποία το κάθε σήμα μπαίνει στην ατμόσφαιρα, καθώς αυτή η γωνία καθορίζει το μήκος της απόστασης που καλύπτει το σήμα μέσα στο μέσο που μεταδίδεται.
Ένας άλλος τρόπος για να απαλειφθούν τα σφάλματα που προκαλούνται από την ατμόσφαιρα, είναι να συγκριθούν οι σχετικές ταχύτητες δύο διαφορετικών σημάτων. Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται ο τρόπος αυτός, είναι ότι τα χαμηλής συχνότητας σήματα διαθλώνται ή επιβραδύνονται περισσότερο από τα υψηλής

Η ιονόσφαιρα είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας το οποίο ξεκινά από το ύψος των 50 χλμ. και φθάνει έως 500 χλμ. Αποτελείται κατά ένα μεγάλο μέρος από τα ιονισμένα μόρια τα οποία μπορούν να διαταράξουν GPS σήματα. Αν και ένα μεγάλο μέρος του σφάλματος που προκαλείται από την ιονόσφαιρα στο σήμα του δορυφόρου μπορεί να απαλειφθεί με μαθηματικά μοντέλα, θεωρείται ακόμη μία από τις βασικότερες πηγές πρόκλησης σφάλματος .

Η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο μέρος της γήινης ατμόσφαιρας μέσα στο οποίο προκαλούνται τα καιρικά φαινόμενα. Περιέχει το σύνολο των υδρατμών της ατμόσφαιρας και η θερμοκρασία και η πίεση μέσα σε αυτή ποικίλλει. Προκαλεί σχετικά μικρά σφάλματα στα σήματα συχνότητας όταν αυτά περνάνε μέσα από ένα δεδομένο μέσο. Συγκρίνοντας τις καθυστερήσεις δύο φερόντων συχνοτήτων L1 και L2, στο GPS σήμα, μπορούμε να συμπεράνουμε το είδος του μέσου μέσω του οποίου περνάει το σήμα (π.χ. ατμόσφαιρα), και μπορούμε να προβούμε στις διορθώσεις που χρειάζονται. Δυστυχώς, όμως, αυτός ο τρόπος είναι δύσκολο να εφαρμοστεί διότι, αφ' ενός απαιτεί έναν πολύ πολύπλοκο δέκτη και, εφ' ετέρου, μόνο ο στρατός έχει πρόσβαση σε τέτοιου είδους σήματα με "δυϊκές συχνότητες". Οι κατασκευαστικές εταιρείες έχουν εργαστεί γύρω από αυτό το πρόβλημα με κάποιες στρατηγικές οι οποίες είναι απόλυτα μυστικές.
Τα σφάλματα που μπορούν να προκληθούν στο σήμα GPS δεν τελειώνουν όταν αυτό φτάνει κάτω στο έδαφος. Το σήμα μπορεί να αναπηδήσει επάνω σε διάφορα τοπικά εμπόδια (βραχώδεις περιοχές, σπίτια, κ.λ.π.), προτού φτάσει στο δέκτη μας. Έτσι, ο δέκτης θα λάβει πρώτα το απευθείας σήμα, και κατόπιν μία δέσμη από καθυστερούμενα σήματα που δημιουργούνται από τις αντανακλάσεις του σήματος σε διάφορα σημεία στο έδαφος. Αυτό δημιουργεί μία δέσμη συγκεχυμένων σημάτων. Εάν τα ανακλώμενα σήματα είναι αρκετά ισχυρά τότε μπορεί να μπερδέψουν το δέκτη και να προκαλέσουν λανθασμένες μετρήσεις. Αυτό καλείται *σφάλμα πολλαπλών διαδρομών* (multipath error) και είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει στο σήμα της τηλεόρασης όταν βλέπετε διπλό ή πολλαπλό είδωλο. Οι καλοί δέκτες χρησιμοποιούν περίπλοκες τεχνικές επεξεργασίας σήματος για να απορρίψουν τα σήματα που προέρχονται από τις αντανακλάσεις και να επεξεργαστούν μόνο τα απευθείας σήματα (αυτά που έρχονται πρώτα), ελαχιστοποιώντας έτσι αυτό το πρόβλημα.
Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι θέσεις των δορυφόρων ελέγχονται συνεχώς από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών. Ο έλεγχος αυτός γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όχι όμως και κάθε δευτερόλεπτο. Έτσι, είναι δυνατόν μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων, να συμβεί κάποιο σφάλμα στο δορυφόρο, το οποίο αφορά τη θέση του στον ουρανό.
Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος καθορίζει την ακρίβεια στις μετρήσεις ενός δέκτη, είναι η γεωμετρία που έχει η ομάδα των δορυφόρων από την οποία δέχεται ο δέκτης τα σήματα. Ένας δείκτης της ποιότητας της γεωμετρίας του δορυφορικού αστερισμού είναι η "Γεωμετρική Απώλεια της Ακρίβειας" ή GDOP (Geometric Dilution of Precision). Το GDOP εξαρτάται από το πλήθος των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις. Βασικά, όμως, εξαρτάται από τη θέση των δορυφόρων, δηλ. από το ύψος και τη θέση που βρίσκονται αυτοί στον ουρανό. Αυτό αναφέρεται συχνά και ως γεωμετρία των δορυφόρων.
Ανάλογα με τη γεωμετρία που έχουν οι δορυφόροι, είναι δυνατόν να αυξηθεί ή να ελαττωθεί το λάθος θέσης στις μετρήσεις. Μία μεγάλη γωνία μεταξύ των δορυφόρων

χαμηλώνει το GDOP, και παρέχει μία καλύτερη μέτρηση. Αντίθετα, μία μικρή γωνία μεταξύ των δορυφόρων δίνει υψηλότερο GDOP (κακή γεωμετρία δορυφόρων) με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να είναι χειρότερες. Εάν ο δέκτης επιλέξει δορυφόρους οι οποίοι είναι ευρέως διασκορπισμένοι στον ουρανό τότε το GDOP είναι χαμηλό, ενώ αν επιλέξει δορυφόρους οι οποίοι βρίσκονται κοντά ο ένας στον άλλον, τότε το GDOP είναι υψηλό .Οι καλοί δέκτες προσδιορίζουν τους δορυφόρους που θα δώσουν το χαμηλότερο GDOP.

Ουσιαστικά, το GDOP ή DOP (Dilution of precision) είναι ένα μέτρο της ποιότητας των δεδομένων που λαμβάνονται από τους δορυφόρους και μετρά τη συνολική απόκλιση από την πραγματική θέση ενός GPS συστήματος. Μία αποδεκτή τιμή του GDOP είναι μικρότερη από 5.
Το GDOP αναλύεται σε κάποιους όρους. Οι όροι αυτοί μετράνε την ακρίβεια του συστήματος GPS, η οποία συνεχώς μεταβάλλεται καθώς οι δορυφόροι κινούνται και έτσι αλλάζει η γεωμετρία τους. Οι όροι αυτοί είναι:

• **TDOP** (Time Dilution of Precision) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο η γεωμετρία του δορυφόρου επηρεάζει τη δυνατότητα του GPS δέκτη να βρίσκει το χρόνο με ακρίβεια.

• **HDOP** (Horizontal Dilution Of Precision) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο οι θέσεις των δορυφόρων είναι καλά διευθετημένες στον ουρανό, ώστε ο υπολογισμός του γεωγραφικού μήκους και πλάτους να γίνεται με ακρίβεια. Ένα HDOP με τιμή μικρότερη από 4 δίνει την καλύτερη ακρίβεια, μεταξύ 4 και 8 δίνει αποδεκτή ακρίβεια και μεγαλύτερη από 8 δίνει φτωχή, μη αποδεκτή ακρίβεια. Οι μεγάλες τιμές στο HDOP είναι δυνατόν να προκληθούν εάν οι δορυφόροι βρίσκονται σε πολύ μεγάλα ύψη.

• **VDOP** (Vertical Dilution Of Precision) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο οι θέσεις των δορυφόρων είναι καλά διευθετημένες στον ουρανό, ώστε ο υπολογισμός της κάθετης απόστασης να γίνεται με ακρίβεια. Ψηλές τιμές του VDOP σημαίνουν μικρή ακρίβεια και μπορεί να προκληθούν εάν οι δορυφόροι βρίσκονται σε χαμηλά ύψη.

Ο μαθηματικός τύπος που δίνει το GDOP είναι:

$$GDOP^2 = TDOP^2 + HDOP^2 + VDOP^2 \quad (2)$$

Καλό GDOP (μικρή τιμή), προκύπτει όταν οι γωνίες που σχηματίζονται από το δέκτη προς τους δορυφόρους είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Αντίθετα, φτωχό GDOP (μεγάλη τιμή), προκύπτει όταν οι γωνίες που σχηματίζονται από το δέκτη προς τους δορυφόρους είναι παρόμοιες μεταξύ τους.

SA: Εσκεμμένα σφάλματα

Όσο και αν ακούγεται περίεργο, η ίδια η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών που ξόδεψε 12 δισεκατομμύρια δολάρια για να αναπτύξει το ακριβέστερο σύστημα πλοήγησης στον κόσμο, σκόπιμα υποβίβασε την ακρίβειά του εισάγοντας εσκεμμένα

σφάλματα στο σύστημα. Ο βασικότερος λόγος για αυτό ήταν να εξασφαλιστεί ότι καμία εχθρική δύναμη ή τρομοκρατική ομάδα δε θα μπορέσει να χρησιμοποιήσει το GPS για την κατασκευή όπλων ακριβείας. Το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών, εισήγαγε κάποιο "θόρυβο" στα στοιχεία ρολογιών του δορυφόρου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ανακρίβειες στους υπολογισμούς θέσης. Επίσης, έστελνε εσκεμμένα ελαφρώς λανθασμένα τροχιακά στοιχεία ή αποκλίσεις θέσης στους δορυφόρους, οι οποίοι με τη σειρά τους τα διαβίβαζαν πίσω στους δέκτες στη γη. Οι στρατιωτικοί δέκτες χρησιμοποιούσαν ένα κλειδί αποκρυπτογράφησης για να αφαιρέσουν τα εσκεμμένα αυτά σφάλματα και έτσι μπορούσαν να κάνουν τις μετρήσεις με μεγάλη ακρίβεια. Η τακτική αυτή ονομάστηκε "εκλεκτική διαθεσιμότητα" ή SA (Selective Availability) και ίσχυε μέχρι το 2000 οπότε και καταργήθηκε. Με την κατάργηση του SA τα συστήματα GPS άρχισαν πια να χρησιμοποιούνται παντού.

5.4 CODE-PHASE GPS και CARRIER-PHASE GPS

Οι λέξεις "Code-Phase" και "Carrier-Phase" αναφέρονται στις αντίστοιχες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο GPS για τη μέτρηση της απόστασης του δέκτη από τους δορυφόρους. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία των δύο αυτών τεχνικών καθώς, επίσης, και η ακρίβεια που δίνουν στις μετρήσεις.

Η τεχνική Code-Phase

Θυμηθείτε ότι ένας GPS δέκτης υπολογίζει το χρόνο μετάδοσης του σήματος από ένα δορυφόρο, συγκρίνοντας τον ψευδο-τυχαίο κώδικα που παράγει, με έναν ίδιο κώδικα που βρίσκεται στο σήμα που μεταδίδει ο δορυφόρος (σχήμα 10).
Ο δέκτης ολισθαίνει χρονικά τον κώδικά του προς τα πίσω μέχρι να συγχρονιστεί με τον κώδικα του δορυφόρου. Όπως αναφέραμε και στο 2ο βήμα: "Μετρώντας την απόσταση από έναν δορυφόρο", το μέγεθος της χρονικής αυτής ολίσθησης ισούται με το χρόνο που χρειάστηκε το σήμα να μεταδοθεί από το δορυφόρο στο δέκτη. Ακολούθως, γνωρίζοντας το χρόνο αυτό υπολογίζεται η απόσταση δορυφόρου - δέκτη.
Στο σχήμα 11, παρατηρώντας τα δύο σήματα, λογικά θα μπορούσατε να πείτε ότι αυτά ταιριάζουν (είναι συγχρονισμένα), παρόλο που υπάρχει μία διαφορά φάσης μεταξύ τους. Αν συγκρίνετε τα δύο σήματα, θα διαπιστώσετε ότι κατά το χρονικό διάστημα που το σήμα Α έχει τιμή 1 (πλάτος κύκλου), κάποια στιγμή το σήμα Β θα πάρει την τιμή 1. Ομοίως, κατά το χρονικό διάστημα που το σήμα Α έχει τιμή 0, κάποια στιγμή το σήμα Β θα πάρει την τιμή 0. Έτσι, ο δέκτης θα θεωρήσει ότι τα σήματα ταιριάζουν και δε θα ολισθήσει χρονικά το σήμα του για να το συγχρονίσει με το σήμα του δορυφόρου. Παρόλο αυτά όμως κάποια διαφορά φάσης θα υφίσταται. Με την ταχύτητα του φωτός όμως, μία μικρή διαφορά φάσης σημαίνει αρκετά μέτρα σφάλμα! Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι γιατί με την τεχνική code-phase GPS, το πλάτος των κύκλων (ή bits) των ψευδο-τυχαίων κωδικών που συγκρίνονται είναι μεγάλο (σχεδόν ένα χιλιοστό του δευτερόλεπτου) και έτσι μπορεί να φαίνονται ότι τα σήματα ταιριάζουν ενώ να υπάρχει διαφορά φάσης μεταξύ τους.

Για να μειώσουν τη διαφορά φάσης μεταξύ των σημάτων, οι μηχανικοί των GPS δεκτών, βρήκαν και εφάρμοσαν κάποιους μηχανισμούς με τους οποίους εξασφαλίζουν ότι τα σήματα θα έλθουν σχεδόν σε φάση μεταξύ τους. Οι καλοί δέκτες αποκλίνουν μόνο 1% με 2%. Αλλά ακόμη και αυτή η μικρή απόκλιση ισοδυναμεί από 3 έως 6 μέτρα σφάλμα στις μετρήσεις.

Η τεχνική carrier-phase

Η χρησιμοποίηση μιας φέρουσας συχνότητας (carrier frequency) μπορεί να λύσει το πρόβλημα με τη διαφορά φάσης των σημάτων και έτσι να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια στις μετρήσεις. Έτσι, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μία άλλη τεχνική, η οποία ονομάζεται carrier-phase GPS. Με την τεχνική αυτή, στο αρχικό σήμα του GPS προστίθεται ένα κατάλληλο σήμα υψηλής συχνότητας (φέρουσα συχνότητα). Καθώς η φέρουσα συχνότητα είναι αρκετά υψηλότερη από τη συχνότητα του κανονικού GPS σήματος (σχήμα 12), οι παλμοί της είναι πολύ πιο κοντά ο ένας με τον άλλον και επομένως το πλάτος των κύκλων είναι πολύ μικρό. Αυτό σημαίνει ότι εξαλείφεται το πρόβλημα με το μεγάλο πλάτος των κύκλων που είχαμε στην προηγούμενη τεχνική και άρα οι μετρήσεις μας είναι πολύ πιο ακριβείς.
Πριν συνεχίσουμε όμως με την τεχνική αυτή, ας εξηγήσουμε τι είναι φέρουσα συχνότητα. Για να κατανοήσετε καλύτερα την έννοια της **φέρουσας συχνότητας**, σκεφτείτε το ραδιόφωνό σας. Όταν εσείς συντονίζετε το ραδιόφωνό σας (δέκτης) σε ένα ραδιοφωνικό σταθμό (πομπός) στα 90.9 MHz, στην πραγματικότητα, το συντονίζετε στη φέρουσα συχνότητα των 90.9 MHz που εκπέμπει ο σταθμός. Ο σταθμός, πριν μεταδώσει το πρόγραμμα, προσθέτει στις χαμηλές ακουστικές συχνότητες, από τις οποίες αποτελείται το πρόγραμμα, ένα σήμα υψηλής συχνότητας το οποίο ονομάζεται *φέρουσα συχνότητα* και ακολούθως μεταδίδει το πρόγραμμα. Με αυτό τον τρόπο, το λεκτρομαγνητικό κύμα παράγεται πιο εύκολα και διαδίδεται σε μεγαλύτερη απόσταση από ότι αν χρησιμοποιούνταν μόνο οι χαμηλές ακουστικές συχνότητες. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *διαμόρφωση σήματος* και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που αναλαμβάνει να κάνει τη δουλειά αυτή ονομάζεται *διαμορφωτής*.
Προφανώς, το ανθρώπινο αυτί δεν μπορεί να ακούσει έναν ήχο του οποίου η συχνότητα είναι 90.9 εκατομμύρια κύκλοι το δευτερόλεπτο. Για το λόγο αυτό, στο ραδιόφωνό σας υπάρχει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο κάνει την αντίθετη δουλειά του διαμορφωτή και για αυτό ονομάζεται *αποδιαμορφωτής*. *Ο* αποδιαμορφωτής ξεχωρίζει την επιθυμητή ακουστική συχνότητα από την υψηλή φέρουσα συχνότητα, η οποία ακολούθως ενισχύεται για να την ακούσετε από το μεγάφωνο.
Το GPS λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (bit rate) ενός ψευδο-τυχαίου κώδικα είναι περίπου 1 MHz, ενώ η φέρουσα συχνότητά του είναι μεγαλύτερη από 1 GHz (δηλαδή 1000 φορές μεγαλύτερη!). Με την ταχύτητα του φωτός το μήκος κύματος ενός GPS σήματος με συχνότητα 1.57 GHz είναι περίπου 20 cm. Έτσι, μία απόκλιση 1% με 2% στους code-phase δέκτες ισοδυναμεί με 3 έως 4 χιλιοστά του μέτρου. Οπότε, ένα σήμα, το οποίο στον ψευδο-τυχαίο κώδικά του έχει προστεθεί μία φέρουσα συχνότητα, δίνει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνη που δίνει ένα απλό σήμα ψευδο-τυχαίου κώδικα.
Οι δέκτες που χρησιμοποιούνται για τις χαρτογραφήσεις βασίζονται στην τεχνική της φέρουσας συχνότητας, για να εξασφαλίσουν καλύτερες μετρήσεις. Το πρόβλημα με την

τεχνική αυτή, είναι ότι είναι δύσκολο να μετρηθεί η φέρουσα συχνότητα γιατί είναι πολύ ομοιόμορφη. Κάθε κύκλος της μοιάζει με οποιοδήποτε άλλον κάτι το οποίο δε συμβαίνει με τον ψευδο-τυχαίο κώδικα, ο οποίος είναι σκόπιμα πολύπλοκος ώστε να καθίσταται εύκολη η αναγνώριση του κύκλου που εξετάζεται.
Με το συνδυασμό των δύο τεχνικών μπορούμε να αποφύγουμε τα προβλήματα που παρουσιάζουν η κάθε μία τους. Έτσι, αρχικά χρησιμοποιείται η τεχνική "code-phase GPS" για να προσεγγιστεί η θέση με ακρίβεια μερικών μέτρων. Κατόπιν, εφ' όσον έχει περιοριστεί σημαντικά ο αριθμός των κύκλων της φέρουσας συχνότητας που πρέπει να μετρηθούν, χρησιμοποιείται η τεχνική "carrier-phase GPS", για να προσδιοριστεί η θέση με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια.

5.5 ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΑ GPS ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Βασικά, το GPS είναι το ακριβέστερο σύστημα πλοήγησης και προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης στον κόσμο, το οποίο βασίζεται σε ραδιο-σήματα. Για πολλές εφαρμογές είναι αρκετά ακριβές, αλλά ο άνθρωπος θέλει πάντα κάτι παραπάνω! Έτσι, μερικοί επιδέξιοι και ικανοί μηχανικοί δημιούργησαν εξελιγμένα GPS συστήματα τα οποία προσδιορίζουν τις θέσεις των σημείων πάνω στη γη με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Τα συστήματα αυτά περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Α. ΤΟ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ (DIFFERENTIAL) GPS

Τι είναι το Διαφορικό GPS

Το Διαφορικό GPS (Differential GPS) διορθώνει τις διάφορες ανακρίβειες που υπάρχουν στο απλό σύστημα GPS, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την ακρίβειά του. Το Διαφορικό GPS ή DGPS είναι ένα παγκόσμιο σύστημα μέτρησης ικανό να δώσει μετρήσεις με ακρίβεια μερικών μέτρων σε κινούμενα μέσα (πλοία, αεροπλάνα) και να προσδιορίζει στάσιμες γεωγραφικές θέσεις πάνω στη γη με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται στη ναυσιπλοΐα, στις χερσαίες και παράκτιες έρευνες και χαρτογραφήσεις κ.λ.π.

Πώς λειτουργεί ένα Διαφορικό GPS;

Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίζεται το DGPS είναι ότι τα σφάλματα που γίνονται για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου σε μία περιοχή, είναι παρόμοια με τα σφάλματα για όλα τα σημεία που βρίσκονται μέσα σε αυτή την (τοπική) περιοχή. Έτσι, σε ένα σταθερό σημείο του οποίου οι συντεταγμένες έχουν μετρηθεί με ακρίβεια και η πραγματική του θέση είναι γνωστή, στήνεται ένας DGPS σταθμός αναφοράς (reference station). Ο σταθμός αναφοράς δέχεται και αυτός τα ίδια σήματα που δέχονται και οι GPS

δέκτες από τους δορυφόρους. Κατόπιν, υπολογίζεται η θέση του σταθμού μέσω των σημάτων αυτών, και συγκρίνεται με την πραγματική θέση η οποία, όπως αναφέραμε, είναι εκ των προτέρων γνωστή. Καθώς τα σήματα επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, σχεδόν πάντα θα υπάρχει μία διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης και της θέσης που δίνει το GPS σύστημα. Η διαφορά που προκύπτει ονομάζεται *παράγοντας διόρθωσης λάθους* και, όπως είναι φυσικό, η ίδια διαφορά θα ισχύει και για όλα τα συστήματα GPS που κινούνται (mobile stations) μέσα σε μία μεγάλη περιοχή (εκατοντάδων χιλιομέτρων) γύρω από το σταθμό αναφοράς. Έτσι, ο DGPS σταθμός αναφοράς μεταδίδει τον παράγοντα αυτό στους χρήστες των GPS που κινούνται μέσα στην περιοχή αυτή, οι οποίοι τον χρησιμοποιούν για να διορθώσουν τις μετρήσεις τους. Βέβαια, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει αυτό, αποτελεί η δυνατότητα των GPS δεκτών των χρηστών να λαμβάνουν σήματα από έναν DGPS σταθμό αναφοράς.
Αυτό επιτυγχάνεται με το σύνδεσμο δεδομένων (data link), ο οποίος παρέχει τη σύνδεση μεταξύ του σταθμού αναφοράς με τον κινητό σταθμό (σχήμα 13).

Το πρόβλημα που προκύπτει εδώ είναι ότι ο σταθμός αναφοράς δε γνωρίζει ποιους δορυφόρους χρησιμοποιεί ο κινούμενος GPS δέκτης για τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων πάνω στη γη, και έτσι δεν μπορεί να υπολογίσει τον παράγοντα διόρθωσης λάθους για κάποιον δέκτη. Θυμηθείτε ότι οι GPS δέκτες χρησιμοποιούν τα ραδιο-σήματα από τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους για να προσδιορίσουν τη γεωγραφική τους θέση. Για το λόγο αυτό, ο σταθμός αναφοράς υπολογίζει τα σφάλματα καθυστέρησης του σήματος για όλους τους δορυφόρους που ανιχνεύει, και ακολούθως μεταδίδει κωδικοποιημένη αυτή την πληροφορία, μέσω ειδικών συσκευών εκπομπής σημάτων, στους GPS δέκτες που κινούνται στην περιοχή. Για παράδειγμα, ένας σταθμός αναφοράς μπορεί να μεταδώσει προς τους δέκτες την εξής πληροφορία: "Αυτή τη στιγμή, το σήμα του δορυφόρου #1 έχει καθυστέρηση δέκα νάνο-δευτερόλεπτα, του δορυφόρου #2 τρία νάνο-δευτερόλεπτα, του δορυφόρου #3 δεκαέξι νάνο-δευτερόλεπτα, …". Επίσης, μαζί με τα σφάλματα καθυστέρησης των σημάτων από τους δορυφόρους, ο σταθμός αναφοράς μεταδίδει και το ρυθμό μεταβολής των σφαλμάτων αυτών. Οι δέκτες λαμβάνουν όλα αυτά τα δεδομένα και κάνουν τις κατάλληλες διορθώσεις ανάλογα με τους δορυφόρους που χρησιμοποιούν.
Στο παρελθόν οι σταθμοί αναφοράς κατασκευάζονταν από ιδιωτικές επιχειρήσεις οι οποίες εκτελούσαν μεγάλα προγράμματα που απαιτούσαν υψηλή ακρίβεια. Σήμερα, υπάρχουν αρκετοί διεθνείς οργανισμοί και υπηρεσίες στο εξωτερικό (π.χ., ακτοφυλακή), οι οποίες κατασκεύασαν σταθμούς αναφοράς σε πολλά σημεία, και ειδικά γύρω από μεγάλα λιμάνια και πορθμεία, οι οποίοι μεταδίδουν τις πληροφορίες διόρθωσης των δορυφορικών σημάτων δωρεάν!
Αυτοί οι σταθμοί μεταδίδουν συχνά ραδιο-αναγνωριστικά σήματα, τα οποία εφαρμόζονται στη ραδιο-διόπτευση (συνήθως στη συχνότητα των 300 KHz). Οποιοσδήποτε βρίσκεται στην περιοχή μπορεί να λάβει αυτά τα σήματα διόρθωσης και να βελτιώσει ριζικά την ακρίβεια των GPS μετρήσεων. Τα περισσότερα σκάφη είναι ήδη εξοπλισμένα με κατάλληλες ραδιο-συσκευές, οι οποίες συντονίζονται στις

συχνότητες εκπομπής σημάτων διόπτευσης, και έτσι η προσθήκη DGPS συσκευών είναι αρκετά εύκολη. Πολλοί νέοι GPS δέκτες είναι εξοπλισμένοι με ενσωματωμένους ραδιο-δέκτες και είναι σχεδιασμένοι να δέχονται αυτές τις διορθώσεις.

Β. ΤΟ WWAS (Wide Area Augmentation System)

Τι είναι το WAAS

Το WAAS είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από δορυφόρους και επίγειους σταθμούς, το οποίο κάνει διορθώσεις στο σήμα του GPS, παρέχοντας έτσι καλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό θέσεων. Ένας δέκτης WAAS που λειτουργεί με αυτό το σύστημα μπορεί να προσδιορίσει μία θέση με ακρίβεια μικρότερη των τριών μέτρων. Επίσης, αντίθετα από ότι γίνεται με DGPS, ένας χρήστης του GPS δε χρειάζεται να αγοράσει κάποια επιπλέον συσκευή λήψης ή να πληρώσει κάποια υπηρεσία, για να χρησιμοποιήσει το WAAS.
Το WAAS είναι ιδανικό για να εφαρμοστεί σε μεγάλες ανοικτές εκτάσεις και στη ναυτιλία. Το WAAS παρέχει καλύτερη κάλυψη στα νησιά και στις παραθαλάσσιες περιοχές από ότι παρέχει το DGPS σύστημα. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από την Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση (Federal Aviation Administration) και το Υπουργείο Μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από τα όργανα προσγείωσης των αεροπλάνων για την ακριβή και ασφαλή προσέγγισή τους στα αεροδρόμια. Το WAAS διορθώνει τα σφάλματα που προκαλούνται στο σήμα του GPS από την ιονόσφαιρα, από το συγχρονισμό των δορυφόρων με τους δέκτες, και από τις αποκλίσεις στις τροχιές των δορυφόρων και παρέχει ζωτικής σημασίας πληροφορίες για την κατάσταση κάθε GPS δορυφόρου.

Πώς λειτουργεί το WAAS

Το WAAS αποτελείται από 25 επίγειους σταθμούς αναφοράς περίπου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στις Ηνωμένες Πολιτείες και καταγράφουν τα δεδομένα από τους GPS δορυφόρους. Δύο κύριοι σταθμοί, οι οποίοι βρίσκονται ο ένας στην ανατολική και ο άλλος στη δυτική ακτή, συλλέγουν τα δεδομένα από τους σταθμούς αναφοράς και δημιουργούν ένα διαφορικό (differential) μήνυμα, το οποίο περιέχει πληροφορίες διόρθωσης. Αυτές οι διορθώσεις αφορούν τις τροχιές των GPS δορυφόρων, τη λειτουργία των ρολογιών τους και τα σφάλματα που προκαλούνται στο σήμα τους από την ιονόσφαιρα και την ατμόσφαιρα. Κατόπιν, το μήνυμα με τις πληροφορίες διόρθωσης μεταδίδεται στους δέκτες, μέσω ενός ή δύο γεωστατικών δορυφόρων ή μέσω δορυφόρων, οι οποίοι έχουν σταθερή θέση πάνω από τον ισημερινό. Οι δορυφόροι αυτοί μπορούν να παρέχουν πληροφορίες διόρθωσης για μία ολόκληρη ήπειρο. Η δομή του σήματος που περιέχει αυτές τις πληροφορίες είναι συμβατή με τη δομή του βασικού GPS σήματος. Έτσι, ένας οποιοσδήποτε GPS δέκτης που είναι κατάλληλα ρυθμισμένος για να συνεργάζεται με το WAAS, μπορεί να λαμβάνει το σήμα με τις διορθωτικές πληροφορίες.
Εκτός από τις Ηνωμένες Πολιτείες, και άλλα κράτη έχουν αναπτύξει παρόμοια με το WAAS διαφορικά συστήματα. Η Ιαπωνία ανέπτυξε το MSAS (Multi-Functional Satellite Augmentation System), ενώ στην Ευρώπη υπάρχει το EGNOS (Euro Geostationary

Navigation Overlay Service). Επίσης, πολλοί ιδιωτικοί φορείς και εταιρείες διαθέτουν τέτοια εξελιγμένα συστήματα για τη βελτίωση της παροχής υπηρεσιών στους χρήστες του GPS. Αυτά τα συστήματα καλύπτουν μία ευρεία γεωγραφική περιοχή, και, πολλές φορές, ακόμη και μία ολόκληρη ήπειρο.

Γ. Ο ΨΕΥΔΟ-GPS ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ

Ένας άλλος τύπος εξελιγμένου GPS συστήματος χρησιμοποιεί έναν επίγειο πομπό ο οποίος μεταδίδει σήματα ίδια με αυτά που μεταδίδουν οι δορυφόροι. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί σαν ένας ψευδο-GPS δορυφόρος (pseudolite) και είναι χρήσιμος στις περιπτώσεις όπου τα GPS σήματα από τους δορυφόρους παγιδεύονται ή παρεμποδίζονται σε μέρη όπως χαράδρες, φαράγγια, σε πυκνά δάση, σε οροπέδια κ.λ.π. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί ως μία επιπλέον πηγή μετάδοσης GPS σημάτων με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι υπηρεσίες που προσφέρει το GPS. Οι πομποί αυτοί μπορούν να τοποθετηθούν σε σταθερά ή σε κινητά σημεία, και ανάλογα με τις συνθήκες που υπάρχουν τοπικά, μπορούν να μεταδίδουν τα σήματα σε συχνότητες παρόμοιες ή διαφορετικές από τις συχνότητες του GPS σήματος.

Το Έβερεστ ψηλώνει;

Ο Δρ. Washburn, θέτοντας με μεγάλη ακρίβεια κάποια σημεία αναφοράς στην περιοχή των Ιμαλαΐων και με τη βοήθεια εξελιγμένων συστημάτων GPS, βρήκε ότι το ύψος του Έβερεστ αυξάνει με το χρόνο. Από τις αρχές του 1995, ο Δρ. Washburn και η ομάδα του, χρησιμοποιώντας εξελιγμένα συστήματα GPS, έκανε μία σειρά από μετρήσεις γύρω από το Έβερεστ. Σκοπός τους ήταν να πραγματοποιήσουν, για μεγάλο χρονικό διάστημα, κάποιες μετρήσεις πάνω από τα 8.000 μ. και να εξετάσουν τη ροή του παγετώνα Khumbu στην περιοχή του Έβερεστ. Για το σκοπό αυτό εγκατέστησαν πολλά GPS συστήματα επάνω και γύρω από το βουνό σε σημεία κλειδιά, συγκεντρώνοντας έτσι πολλά χρήσιμα στοιχεία. Το μόνο πρόβλημα ήταν η έλλειψη ανάλογων στοιχείων από την κορυφή του Έβερεστ, το οποίο λύθηκε το Μάιο του 1996 από μία Αμερικάνικη αποστολή μαζί με Νεπαλέζους. Τα δεδομένα που συνέλεξαν ήταν αποκαλυπτικά: καθώς ο παγετώνας Khumbu κινείται προς τα κάτω, το βουνό ψηλώνει.

5.6 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Οι τοπογραφικοί χάρτες χρησιμοποιούν δύο συστήματα πλέγματος: αυτό του γεωγραφικού πλάτους και μήκους ή L/L (latitude/longitude), και το Universal Transverse Mercator (UTM). Ο περισσότερος κόσμος γνωρίζει το L/L και είναι περισσότερο εξοικειωμένος με αυτό το σύστημα από ότι με το UTM, αν και το UTM είναι πολύ πιο εύκολο να χρησιμοποιηθεί στους τοπογραφικούς χάρτες.

Α. Γεωγραφικό πλάτος και μήκος

Στο σύστημα L/L, οι παράλληλες προς τον ισημερινό γραμμές (σχήμα 14) ονομάζονται "παράλληλοι" ή γραμμές γεωγραφικού πλάτους, οι οποίες ξεκινούν από τον Ισημερινό με κατεύθυνση προς τους πόλους και προσδιορίζουν το γεωγραφικό πλάτος (latitude) ενός σημείου. Ουσιαστικά το γεωγραφικό πλάτος, προσδιορίζει τη θέση ενός σημείου πάνω στη γη σε σχέση με τον ισημερινό, δηλ. πόσο βόρεια ή νότια του ισημερινού βρίσκεται αυτό. Ο ισημερινός θεωρείται για τους παράλληλους η αφετηρία (0^{o}) για την αρίθμηση των μοιρών του γεωγραφικού πλάτους. Κάθε μοίρα αντιστοιχεί με μία "παράλληλη" γραμμή και κάθε γραμμή απέχει από την επόμενη περίπου 111 χλμ. Για να δηλώσουμε ότι ένας παράλληλος βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο, θέτουμε, μπροστά από τις μοίρες, το γράμμα N (από το North, Βορράς), ενώ για να δηλώσουμε ότι ο παράλληλος βρίσκεται στο νότιο ημισφαίριο θέτουμε το γράμμα S (από το South, Νότος). Έτσι, για παράδειγμα, όταν γράφουμε N 35^{o} αυτό σημαίνει ότι βρισκόμαστε στον 35ο παράλληλο ή στο γεωγραφικό μήκος των 35 μοιρών βόρεια του Ισημερινού, ενώ όταν γράφουμε S 35^{o} σημαίνει ότι βρισκόμαστε στον 35ο παράλληλο ή στο γεωγραφικό μήκος των 35 μοιρών νότια του Ισημερινού.

Οι κάθετες προς τον ισημερινό γραμμές (σχήμα 15) ονομάζονται "μεσημβρινοί" και προσδιορίζουν το γεωγραφικό μήκος (longitude) ενός σημείου. Ουσιαστικά το γεωγραφικό μήκος, προσδιορίζει τη θέση ενός σημείου πάνω στη γη σε σχέση με τον μεσημβρινό που περνάει από το προάστιο Greenwich του Λονδίνου, δηλ. πόσο ανατολικά ή δυτικά του Greenwich βρίσκεται. Το Greenwich θεωρείται για τους "μεσημβρινούς" η αφετηρία για την αρίθμηση των μοιρών του γεωγραφικού μήκους, το οποίο έχει 0^{o}. Όπως και στους παράλληλους έτσι και εδώ, κάθε μοίρα αντιστοιχεί με μία "μεσημβρινή" γραμμή και κάθε γραμμή απέχει από την επόμενη περίπου 111 χλμ. Η απόσταση αυτή ισχύει στο ύψος του ισημερινού γιατί όσο οι μεσημβρινές γραμμές κατευθύνονται προς τους πόλους αυτές συγκλίνουν συνεχώς μέχρι που στους πόλους ενώνονται. Για να δηλώσουμε ότι μία μεσημβρινή γραμμή βρίσκεται δυτικά του Greenwich, θέτουμε μπροστά από τις μοίρες το γράμμα W (από το West, Δύση), ενώ για να δηλώσουμε ότι η μεσημβρινή γραμμή βρίσκεται ανατολικά του Greenwich θέτουμε το γράμμα E (από το East, Ανατολή). Έτσι, για παράδειγμα, όταν γράφουμε W 20^{o} αυτό σημαίνει ότι βρισκόμαστε στον 20ο μεσημβρινό ή στο γεωγραφικό μήκος των 20 μοιρών, δυτικά του Greenwich, ενώ όταν γράφουμε E 20^{o} σημαίνει ότι βρισκόμαστε στον 20ο μεσημβρινό ή στο γεωγραφικό μήκος των 20 μοιρών, ανατολικά του Greenwich.

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του 34ου και 41ου παράλληλου βόρεια του ισημερινού και μεταξύ του 19ου και 29ου μεσημβρινού, ανατολικά του Greenwich. Έτσι, για το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της Ελλάδας γράφουμε: N 34^{o}–41^{o} και E 19^{o}–29^{o}.

Β. UTM

Στο σύστημα UTM, η γη χωρίζεται σε 60 ίσες ζώνες από τη Δύση μέχρι την Ανατολή. Για παράδειγμα, η Δυτική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών ανήκει στη ζώνη 10 ενώ η

Ανατολική στη ζώνη 18. Μπορείτε να βρείτε σε ποια ζώνη βρίσκεστε στην ιστοσελίδα: http://www.dmap.co.uk/utmworld.html
Στους τοπογραφικούς χάρτες θα δείτε σε κάποια σημεία να αναφέρεται το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, αλλά επίσης θα δείτε και σε αρκετά άλλα σημεία να αναφέρεται το UTM. Στους περισσότερους καινούργιους χάρτες, αντί για σημεία υπάρχουν οι οριζόντιες και κάθετες γραμμές οι οποίες διασχίζουν όλον το χάρτη. Η απόσταση μεταξύ δύο γραμμών στο UTM σύστημα, είναι 1 χλμ. Για κάθε κάθετη γραμμή του πλέγματος, υπάρχει ένας αριθμός, στο κάτω και στο επάνω μέρος των UTM τοπογραφικών χαρτών, ο οποίος δείχνει πόσα χιλιόμετρα απέχει η κάθετη γραμμή, με κατεύθυνση προς τα Ανατολικά, από τη ζώνη εκκίνησης. Για κάθε οριζόντια γραμμή του πλέγματος, υπάρχει ένας αριθμός, στις πλευρές των UTM τοπογραφικών χαρτών, ο οποίος δείχνει πόσα χιλιόμετρα απέχει η οριζόντια γραμμή, με κατεύθυνση προς το Βορρά (στο βόρειο ημισφαίριο), από τον ισημερινό. Στο νότιο ημισφαίριο, η αρίθμηση αρχίζει από το 10.000, στον ισημερινό, και μειώνεται προς το Νότο.
Στην πράξη τρία επιπλέον ψηφία προστίθενται στο τέλος κάθε αριθμού γραμμής. Τα τρία αυτά τελευταία ψηφία, για μεν τις κάθετες γραμμές του πλέγματος, δείχνουν

πόσα μέτρα ανατολικά απέχει η θέση ενός σημείου στο χάρτη από την πλησιέστερη κάθετη γραμμή, ενώ για τις οριζόντιες γραμμές του πλέγματος, δείχνουν πόσα μέτρα βόρεια απέχει η θέση ενός σημείου στο χάρτη από την πλησιέστερη οριζόντια γραμμή.
Για να κατανοήσετε καλύτερα τα παραπάνω, ας δούμε δύο παραδείγματα. Στο χάρτη του σχήματος 16, θα δείτε ένα σημείο προορισμού (waypoint), το οποίο αναφέρεται με την ετικέτα 001. Προσέξτε ότι αυτό βρίσκεται ακριβώς στη τομή μιας οριζόντιας και μιας κάθετης γραμμής του πλέγματος.
Οι UTM συντεταγμένες για το σημείο αυτό είναι οι εξής:

18 4**35**000 E
42**48**000 N

Ας αναλύσουμε αυτούς τους UTM αριθμούς για τη θέση 001:

- Το 18 είναι ο αριθμός της ζώνης.
- Ο αριθμός 4**35**000 E μας δείχνει την κοντινότερη (προς τα ανατολικά) κάθετη γραμμή του πλέγματος που βρίσκεται το σημείο αυτό και πόσα μέτρα προς τα ανατολικά απέχει το σημείο από τη γραμμή αυτή. Κοιτάξτε στο χάρτη πάλι. Θα προσέξετε ότι το σημείο 001 είναι ακριβώς στην κάθετη γραμμή του πλέγματος με αριθμό 4**35**. Επειδή βρίσκεται 0 μέτρα ανατολικά από αυτή τη γραμμή, τα 3 τελευταία ψηφία του σημείου είναι 000. Το γράμμα Ε αναφέρεται στη λέξη Ανατολικά (East).
- Ο αριθμός 42**48**000 N μας δείχνει, αντίστοιχα, την κοντινότερη (προς τα βόρεια) οριζόντια γραμμή του πλέγματος που βρίσκεται το σημείο αυτό και πόσα μέτρα προς τα βόρεια απέχει το σημείο από τη γραμμή αυτή. Προσέξετε στο χάρτη ότι το σημείο 001 είναι ακριβώς στην οριζόντια γραμμή του πλέγματος με αριθμό 42**48**. Επειδή βρίσκεται 0 μέτρα βόρεια από αυτή τη γραμμή, τα 3 τελευταία ψηφία του σημείου είναι 000. Το γράμμα Ν αναφέρεται στη λέξη Βόρεια (North).

Στο δεύτερο παράδειγμα, θα δείτε επίσης άλλο ένα σημείο (waypoint), το οποίο αναφέρεται με την ετικέτα 002. Αυτό βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο ενός τετραγώνου του πλέγματος. Οι UTM συντεταγμένες για το σημείο αυτό είναι οι εξής:

18 4**35**500 E
42**48**500 N

Ας αναλύσουμε αυτούς τους UTM αριθμούς για τη θέση 002:

- Το 18 είναι πάλι ο αριθμός της ζώνης.
- Ο αριθμός 4**35**500 E μας δείχνει, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, την κοντινότερη (προς τα ανατολικά) κάθετη γραμμή του πλέγματος που βρίσκεται το σημείο αυτό και πόσα μέτρα προς τα ανατολικά απέχει το σημείο από τη γραμμή αυτή. Θα προσέξετε ότι το σημείο 002 είναι στη μέση των δύο κάθετων γραμμών του πλέγματος με αριθμό **43**5 και **43**6. Η απόσταση των δύο αυτών γραμμών είναι 1000 μέτρα, άρα βρισκόμενο στη μέση το σημείο απέχει 500 μ. ανατολικά από τη γραμμή 435. Οπότε, τα 3 τελευταία ψηφία του σημείου είναι 500. Το γράμμα Ε αναφέρεται στη λέξη Ανατολικά (East).
- Ο αριθμός 42**48**500 N μας δείχνει, αντίστοιχα, την κοντινότερη (προς τα βόρεια) οριζόντια γραμμή του πλέγματος που βρίσκεται το σημείο αυτό και πόσα μέτρα προς τα βόρεια απέχει το σημείο από τη γραμμή αυτή. Προσέξετε στο χάρτη ότι το σημείο 002 είναι στη μέση των δύο οριζοντίων γραμμών του πλέγματος με αριθμό 42**48** και 42**49**, άρα βρίσκεται 500 μ. βόρεια της γραμμής 42**48**. Οπότε τα 3 τελευταία ψηφία της θέσης είναι 500. Το γράμμα Ν αναφέρεται στη λέξη Βόρεια (North).

Στα παραπάνω παραδείγματα ήταν εύκολο να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες των σημείων γιατί η θέση τους ήταν είτε επάνω στην τομή των γραμμών του πλέγματος, είτε στη μέση τους. Τι συμβαίνει όμως αν ένα σημείο βρίσκεται σε άλλη θέση; Η απάντηση σε αυτό το πρόβλημα είναι πολύ απλή. Μετρείστε την απόσταση του σημείου από την αντίστοιχη γραμμή του πλέγματος και πολλαπλασιάστε την απόσταση αυτή με την κλίμακα του χάρτη. Έτσι θα βρείτε πόσα μέτρα απέχει το σημείο από τη γραμμή, και ακολούθως θα ορίσετε τα 3 τελευταία ψηφία των UTM συντεταγμένων.

5.7 ΣΗΜΕΙΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ (Waypoints) - ΙΧΝΗ (tracks)

Από τη στιγμή που έχετε προσδιορίσει τις συντεταγμένες (latitude/longitude ή UTM) του σημείου προς το οποίο θέλετε να κατευθυνθείτε (waypoint), τις εισάγετε στην συσκευή GPS. Βεβαιωθείτε πρώτα ότι η συσκευή σας GPS δουλεύει με το ανάλογο σύστημα πλέγματος (latitude/longitude ή UTM). Κατόπιν, απλά επιλέγετε αυτό το σημείο και χρησιμοποιείται την εντολή GO_TO (ή NAVIGATION) της συσκευής σας. Αμέσως θα σας δείξει την απόσταση που απέχετε από το σημείο αυτό και την κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσετε από το σημείο που βρίσκεστε (η συσκευή σας γνωρίζει που βρίσκεστε). Αυτό που έχετε να κάνετε είναι να βρείτε, με μία πυξίδα, την κατεύθυνση προς την οποία πρόκειται να κατευθυνθείτε, και να αρχίσετε να κατευθύνεστε προς τα εκεί (περισσότερες λεπτομέρειες για χρήση της πυξίδας και χάραξη πορείας, δείτε το άρθρο *Προσανατολισμός*). Αν εσείς πρέπει να κάνετε ένα μεγάλο κύκλο για να

αποφύγετε κάποιο εμπόδιο, μη σας ανησυχεί αυτό. Απλά να συμβουλεύεστε το GPS σας, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, και αυτό θα σας δίνει την καινούργια κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσετε, και την απόσταση που απέχετε από το σημείο προορισμού. Κάποιες συσκευές σήμερα, διαθέτουν μία οθόνη σχεδίασης στην οποία αναπαριστούν τη διαδρομή που έχετε περπατήσει, με μία γραμμή (track) και το σημείο προορισμού, με ένα σύμβολο. Παρατηρώντας αυτά τα δύο, μπορείτε να δείτε πόση απόσταση έχετε διανύσει και πόσο απέχετε από το σημείο προορισμού σας.
Όταν κινείστε σε μία διαδρομή μπορείτε να βάλετε τη συσκευή σας να αποθηκεύει αυτόματα, σε ένα αρχείο, τις συντεταγμένες κάποιων σημείων της διαδρομής. Με αυτό τον τρόπο μπορείτε να καταγράψετε τη διαδρομή που ακολουθήσατε και σας δίνεται η δυνατότητα να γυρίσετε προς τα πίσω με ασφάλεια, ακολουθώντας τα σημεία αυτά προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή, σαν να αφήσατε ίχνη από εκεί που περάσατε (tracks). Η διαφορά με τα σημεία προορισμού (waypoints) είναι ότι στα ίχνη η καταγραφή των συντεταγμένων τους γίνεται αυτόματα από τη συσκευή και με ρυθμό που έχει ορίσει ο χρήστης, ενώ στα σημεία προορισμού οι συντεταγμένες τους εισάγονται από τον ίδιο το χρήστη. Για να καταγράφονται τα ίχνη, ο δέκτης δημιουργεί ένα αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται οι συντεταγμένες των ιχνών (track log). Το μέγεθος του αρχείου αυτού διαφέρει από συσκευή σε συσκευή και για το λόγο αυτό ο χρήστης θα πρέπει, ανάλογα τη συσκευή που χρησιμοποιεί, να ορίσει το ρυθμό με τον οποίο καταγράφονται τα ίχνη και να ελέγχει κάθε τόσο αν το αρχείο έχει γεμίσει.
Το αρχείο μιας διαδρομής μπορεί να φορτωθεί από τη συσκευή GPS σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και να επεξεργαστεί μαζί με τον ανάλογο ηλεκτρονικό χάρτη της περιοχής.Φυσικά μπορεί ναι γίνει και το αντίθετο, το αρχείο μιας υπάρχουσας διαδρομής μπορεί να το φορτώσει κάποιος στη συσκευή του, και ακολούθως να ακολουθήσει τα tracks του αρχείου.

5.8 DATUM

Με απλά λόγια, το datum είναι ένα μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για τον ορισμό της θέσης του κέντρου της Γης. Η θέση του κέντρου της γης, χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για να υπολογίζονται οι συντεταγμένες ενός σημείου πάνω στην επιφάνειά της. Παρακάτω αναλύουμε με λεπτομέρεια την έννοια του datum.

Το σχήμα της γης

Η επιφάνεια της γης δεν είναι παντού ομοιόμορφη. Μόνη εξαίρεση αποτελούν οι ωκεανοί, των οποίων οι επιφάνειες παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις ως προς το ύψος, αντίθετα από ό,τι συμβαίνει στην επιφάνεια της ξηράς. Στα βουνά η επιφάνεια ορθώνεται, στα φαράγγια βυθίζεται και μόνο στις κοιλάδες παραμένει επίπεδη. Έτσι, είναι αδύνατο να υπολογιστεί προσεγγιστικά το σχήμα της γης με ένα σχετικά απλό μαθηματικό μοντέλο.

Για να απλοποιήσουμε αυτή την κατάσταση, ας υποθέσουμε ότι προεκτείνουμε τους ωκεανούς κάτω από την επιφάνεια της ξηράς και αφήνουμε το νερό να ρέει ελεύθερα παντού. Αν εμείς θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχουν φαινόμενα της παλίρροιας καθώς επίσης και θαλάσσια ρεύματα σε αυτό τον "παγκόσμιο ωκεανό", τότε το σχήμα της υδάτινης επιφάνειάς του θα επηρεάζεται μόνο από τη δύναμη της βαρύτητας. Όμως, καθώς η διεύθυνση της βαρύτητας εξαρτάται από την κατανομή της μάζας στο εσωτερικό της γης και επειδή η κατανομή δεν είναι ομοιόμορφη, η διεύθυνση της βαρύτητας θα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η επιφάνεια του υποθετικού "παγκόσμιου ωκεανού" να μην είναι ομαλή αλλά κυματοειδής. Αυτή η επιφάνεια ονομάζεται *γεωειδής* (geoid), και σε κάθε σημείο της η διεύθυνση της βαρύτητας είναι κάθετη στην επιφάνεια (σχήμα 18).
Αν η μάζα της γης κατανέμονταν ομοιόμορφα και η επιφάνεια της ξηράς ήταν ομαλή χωρίς να παρουσιάζει υψώματα και κοιλώματα, τότε η γεωειδής επιφάνεια, στην ιδανική αυτή κατάσταση, θα είχε το σχήμα μιας ελλειψοειδούς επιφάνειας πεπλατυσμένης στους πόλους και κεντραρισμένης στο κέντρο μάζας της γης. Δυστυχώς όμως, αυτό δεν ισχύει. Εκεί όπου η μάζα είναι λιγότερη, η γεωειδής επιφάνεια βυθίζεται πιο κάτω από την ελλειψοειδή επιφάνεια της ιδανικής κατάστασης. Αντίθετα, όπου υπάρχει περισσότερη μάζα, η γεωειδής επιφάνεια

ανυψώνεται πιο πάνω από την ελλειψοειδή επιφάνεια. Έτσι, το σχήμα της γεωειδούς επιφάνειας αποκλίνει, σε πολλά σημεία, από το σχήμα της ελλειψοειδούς επιφάνειας. Η απόκλιση αυτή μπορεί να φθάσει +/- 100 μ. και ονομάζεται *γεωειδής κυμάτωση* (geoid undulation). Στο σχήμα 19, απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των επιφανειών της γης, της γεωειδούς και της ελλειψοειδούς καθώς και η γεωειδής κυμάτωση (N).
Η μεγαλύτερη αρνητική γεωειδής κυμάτωση είναι στον Ινδικό Ωκεανό με N = -100 μέτρα και η μεγαλύτερη θετική στο βόρειο τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού με N = +70 μέτρα.

Η μέτρηση του υψομέτρου

Για να μετρήσουμε το ύψος ενός σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης χρειαζόμαστε ένα επίπεδο αναφοράς. Ως ένα τέτοιο επίπεδο θεωρούμε το επίπεδο της θάλασσας και πιο συγκεκριμένα το επίπεδο της γεωειδούς επιφάνειας, η οποία, όπως αναφέραμε παραπάνω, είναι η κυματοειδής επιφάνεια ενός υποθετικού "παγκόσμιου ωκεανού".
Για το λόγο αυτό, το επίπεδο του νερού των ωκεανών καταγράφεται σε κάποια παραλιακά σημεία χρησιμοποιώντας ειδικά μηχανήματα, τα οποία μετράνε το μέγεθος της παλίρροιας. Η καταγραφή γίνεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Το αποτέλεσμα δίνει ένα υδάτινο επίπεδο το οποίο προσεγγίζει το επίπεδο της γεωειδούς επιφάνειας και ονομάζεται *Μέσο Επίπεδο Θάλασσας* ή MSL (Mean Sea Level). Κάθε χώρα ή ένα σύνολο από χώρες έχουν τους δικούς τους σταθμούς καταγραφής του επιπέδου της θάλασσας. Για την Ολλανδία ο σταθμός μέτρησης της γεωδαιτικής παλίρροιας βρίσκεται στο Άμστερνταμ, για τη Γαλλία στη Μασσαλία, για την Ελλάδα στη Θεσσαλονίκη, κ.λ.π.
Με βάση το επίπεδο της θάλασσας που καταγράφουν οι σταθμοί αυτοί, και χρησιμοποιώντας τοπογραφικές τεχνικές μέτρησης υψομέτρων, υπολογίζεται το ύψος των σημείων στην επιφάνεια της ξηράς. Άρα, οι τιμές του ύψους των σημείων που

βρίσκονται μέσα σε μία χώρα σχετίζονται με το αντίστοιχο μέσο επίπεδο θάλασσας που έχει μετρήσει ο σταθμός της χώρας, το οποίο λαμβάνεται ως επιφάνεια αναφοράς (datum). Για το λόγο αυτό οι τιμές αυτές ονομάζονται *κατακόρυφο datum* (vertical datum). Προσοχή πρέπει να δοθεί όταν μετράμε υψόμετρα και χρησιμοποιούμε το datum άλλης χώρας. Αυτό μπορεί να γίνει στα σύνορα δύο γειτονικών κρατών. Ακόμη και μέσα στην ίδια τη χώρα, τα υψόμετρα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με ποιο σταθμό μέτρησης γεωδαιτικής παλίρροιας σχετίζονται αυτά. Για παράδειγμα, το MSL της ακτής του Ατλαντικού είναι μεγαλύτερο κατά 0.6 έως 0.7 μέτρα, από την ακτή του Ειρηνικού ωκεανού στις ΗΠΑ. Το MSL της Ολλανδίας είναι χαμηλότερο κατά 2.34 μέτρα από το MSL του Βελγίου.
Η ίδια προσοχή πρέπει να δοθεί όταν χρησιμοποιούμε το GPS για να κάνουμε μετρήσεις. Το datum του GPS πρέπει να ορισθεί ανάλογα, έτσι ώστε να ταιριάζουν τα

υψόμετρα που δίνει η συσκευή με αυτά που δίνονται στους τοπογραφικούς χάρτες, οι οποίοι έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με το MSL της χώρας που τους εκδίδει.

Τοπικής κλίμακας ελλειψοειδείς επιφάνειες, ως επιφάνειες αναφοράς για τον προσδιορισμό των θέσεων

Όπως αναφέραμε παραπάνω, η ανομοιόμορφη κατανομή της μάζας στο εσωτερικό της γης έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της πυκνότητας της μάζας και άρα και τη μεταβολή της διεύθυνσης της βαρύτητας. Αυτό φανερώνεται και από το σχήμα της γεωειδούς επιφάνειας, η οποία σε κάποια σημεία είναι κυρτή και σε κάποια άλλα κοίλη. Επομένως, η γεωειδής επιφάνεια δεν είναι η κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς για τον προσδιορισμό των θέσεων. Αν πρέπει να κάνουμε υπολογισμούς που αφορούν την απόσταση, την κατεύθυνση, κ.λ.π. των σημείων στην επιφάνεια της γης, χρειαζόμαστε ένα ομαλό γεωμετρικό σχήμα αναφοράς, όπως αυτό της έλλειψης. Μία ελλειψοειδής επιφάνεια (πεπλατυσμένη στους πόλους) θεωρείται κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς για τον προσδιορισμό των θέσεων, καθώς αυτή ταιριάζει ως ένα βαθμό, με το σχήμα της γεωειδούς επιφάνειας. Για μικρής κλίμακας χαρτογράφηση μπορούμε, επίσης, να χρησιμοποιήσουμε και το σχήμα της σφαίρας. Στο σχήμα 20, απεικονίζεται η τομή μιας ελλειψοειδούς επιφάνειας και οι δύο άξονές της. Παρατηρούμε ότι ως κέντρο της γης θεωρείται το κέντρο της ελλειψοειδούς επιφάνειας.
Οι τοπογραφικοί χάρτες σχεδιάζονται σε σχέση με ένα *οριζόντιο datum* (αναφέρεται επίσης και σαν γεωδαιτικό datum ή datum αναφοράς) και οι γεωδαιτικές θέσεις προσδιορίζονται σύμφωνα με το datum αυτό. Ένα οριζόντιο (ή γεωδαιτικό) datum ορίζεται από το μέγεθος και το σχήμα μιας ελλειψοειδούς επιφάνειας, καθώς επίσης από μερικά σημεία στην επιφάνεια της γης, των οποίων το γεωγραφικό μήκος και πλάτος είναι γνωστά.
Τα οριζόντια datums φτιάχτηκαν για να ταιριάξουν τη γεωειδή επιφάνεια με την ανάλογη ελλειψοειδή επιφάνεια του datum, όσο το δυνατόν καλύτερα σε μία περιοχή που παρουσιάζει τοπικό ενδιαφέρον. Έτσι, οι διαφορές μεταξύ της γεωειδούς και της ελλειψοειδούς επιφάνειας, αγνοούνται. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάζονται ακριβείς χάρτες για την περιοχή ενός datum. Στο σχήμα 21, παρατηρούμε ότι ένα σημείο στη γεωειδή επιφάνεια θα έχει διαφορετικό σετ συντεταγμένων γεωγραφικού

μήκους και πλάτους για διαφορετικά datum. Ακόμη και αν το datum ταιριάζει καλά με τη γεωειδή επιφάνεια της Βόρειας Αμερικής (πράσινη έλλειψη), αυτό δε σημαίνει ότι θα ταιριάζει με τη γεωειδή επιφάνεια της Ευρώπης (μπλε έλλειψη). Επίσης, εφ΄ όσον το κέντρο της γης θεωρείται το κέντρο της ελλειψοειδούς επιφάνειας, από όπου ορίζεται το ανάλογο datum, στο σχήμα 21 παρατηρούμε ότι για κάθε datum το κέντρο της γης βρίσκεται σε διαφορετικό σημείο.
Έτσι, το ίδιο σημείο στη γη (το σπίτι σας, για παράδειγμα) θα έχει διαφορετικές συντεταγμένες επάνω σε ένα χάρτη, ανάλογα με το datum που χρησιμοποιήθηκε για να κατασκευαστεί ο χάρτης. Αυτό συμβαίνει, γιατί, όπως αναφέραμε, κάθε datum χρησιμοποιεί το δικό του σύστημα αναφοράς.
Το ίδιο ισχύει και για το GPS. Αυτό θα δώσει δύο διαφορετικά σετ συντεταγμένων για το ίδιο σημείο, ανάλογα με ποιο datum έχει οριστεί στη συσκευή. Γι' αυτό, πριν προσπαθήσετε να εισάγετε τις συντεταγμένες ενός σημείου προορισμού (waypoint) στο GPS, βεβαιωθείτε ότι το datum που έχετε ορίσει στη συσκευή σας είναι ίδιο με το datum βάσει του οποίου έχει κατασκευαστεί ο χάρτης που χρησιμοποιείτε. Το datum που έχει ένας χάρτης συνήθως αναγράφεται στην κάτω αριστερή γωνία. Επαναλαμβάνουμε, **βεβαιωθείτε ότι το datum του GPS είναι ίδιο με το datum του χάρτη σας**. Αν παραλείψετε να κάνετε αυτό, μπορεί να προκύψει ένα σφάλμα διακοσίων ή και παραπάνω μέτρων από το σημείο προορισμού σας και έτσι να βρεθείτε να ψάχνετε ένα μέρος για κατασκήνωση στο μέσο μιας … λιμνούλας! Αν και κάθε χώρα χρησιμοποιεί το δικό της datum για τους τοπογραφικούς της χάρτες, ο παραπάνω κανόνας ισχύει παντού. Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο χρήσης του κατασκευαστή του GPS σας για να μάθετε πώς να ορίσετε το ανάλογο datum, ώστε να ταιριάζει με το datum του χάρτη σας.

Στον πίνακα 1, παρουσιάζονται οι γεωμετρικές παράμετροι μερικών γνωστών ελλειψοειδών επιφανειών, από όπου ορίζονται τα ανάλογα datums, καθώς, επίσης, η ονομασία τους (πολλές πήραν το όνομα του ατόμου που τις δημιούργησε), η ημερομηνία που δημιουργήθηκαν και πού χρησιμοποιούνται:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Στοιχεία γνωστών ελλειψοειδών επιφανειών

Ονομασία	Ημερομ.	**α** (μ.)	**β** (μ.)	Χρησιμοποιείται
Everest	1830	6.377.276	6.356.079	Ινδία, Σρι-Λάνκα
Bessel	1841	6.377.397	6.356.079	Κεντρική Ευρώπη, Χιλή
Airy	1849	6.377.563	6.356.257	Μεγάλη Βρετανία
Clarke	1866	6.378.206	6.356.584	Βόρ. Αμερική, Φιλιππίνες
Clarke	1880	6.378.249	6.356.515	Γαλλία, Αφρική (μερικώς)
Helmert	1907	6.378.200	6.256.818	Αφρική (μερικώς)

International (ή Hayford)	1924	6.378.388	6.356.912	Παγκοσμίως
Krasovsky	1940	6.378.245	6.356.863	Ρωσία, Ανατ. Ευρώπη
GRS80	1980	6.378.137	6.356.752	Βόρεια Αμερική
WGS84	1984	6.378.137	6.356.752	Παγκοσμίως (GPS)

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το οριζόντιο (ή γεωδαιτικό) datum ορίζεται από το μέγεθος και το σχήμα μιας ελλειψοειδούς επιφάνειας, καθώς, επίσης, και από τη θέση και τον προσανατολισμό της. Σε ολόκληρο τον κόσμο έχουν οριστεί διάφορα, τοπικής κλίμακας, datums. Στις ΗΠΑ χρησιμοποιείται το North American Datum (NAD), στην Ιαπωνία το Tokyo Datum, σε κάποιες Ευρωπαϊκές χώρες το European Datum, στην Γερμανία το Potsdam Datum, κ.λ.π.
Ο πίνακας 2, δείχνει μερικά παραδείγματα τοπικής κλίμακας datums, τα οποία χρησιμοποιούν την ίδια ελλειψοειδή επιφάνεια (Clarke 1866 ή Hayford), με το κέντρο της, όμως, σε διαφορετικές θέσεις (ολίσθηση του datum). Οι αριθμοί στις στήλες Dx, Dy και Dz, δείχνουν την ολίσθηση του κέντρου της ελλειψοειδούς επιφάνειας συγκριτικά με το datum WGS84**.**

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Datums με ίδια ελλειψοειδή επιφάνεια σε διαφορετικές θέσεις

Datum	**ελλειψοειδής επιφάνεια**		**Ολίσθηση του Datum** (μ.)		
			Dx	**Dy**	**Dz**
Alaska (NAD-27)	Clarke 1866	-5	135	172	
Bahamas (NAD-27)	Clarke 1866	-4	154	178	
Bermuda 1957	Clarke 1866	-73	213	296	
Cent. America (NAD-27)	Clarke 1866	0	125	194	

Bellevue (IGN)	Hayford	-127	-769	472
CampoInchauspe	Hayford	-148	136	90
Hong Kong 1963	Hayford	-156	-271	-189
Iran	Hayford	-117	-132	-164

Στο σχήμα 22 απεικονίζεται η ολίσθηση του κέντρου δύο ελλειψοειδών επιφανειών με τα αντίστοιχα datum.

Παγκόσμιας κλίμακας ελλειψοειδείς επιφάνειες, ως επιφάνειες αναφοράς για τον προσδιορισμό των θέσεων

Καθώς οι απαιτήσεις για παγκόσμιας κλίμακας τοπογραφικές δραστηριότητες αυξάνονται, προέκυψε η ανάγκη για τη δημιουργία ελλειψοειδών επιφανειών παγκόσμιας κλίμακας. Ειδικότερα, η Διεθνής Ομοσπονδία Γεωδαισίας και Γεωφυσικής ή IUGG (International Union for Geodesy and Geophysics) δημιούργησε τέτοιες επιφάνειες. Το κίνητρο είναι να καταστήσει τα γεωδαιτικά αποτελέσματα ισοδύναμα και συναφή με τα αποτελέσματα άλλων επιστημών όπως της αστρονομίας και της γεωφυσικής, ώστε να μπορούν αυτές να τα χρησιμοποιήσουν.

Αντίθετα με τις ελλειψοειδείς επιφάνειες τοπικής κλίμακας, οι οποίες εφαρμόζονται μόνο σε μία περιφέρεια ή σε μία τοπική περιοχή της επιφάνειας της γης, οι ελλειψοειδείς επιφάνειες παγκόσμιας κλίμακας προσεγγίζουν τη γεωειδή επιφάνεια όσο το δυνατόν καλύτερα. Στον πίνακα 3, παρουσιάζονται οι γεωμετρικές παράμετροι μερικών ελλειψοειδών επιφανειών παγκόσμιας κλίμακας, καθώς, επίσης, και η ονομασία τους. Ακόμα, στον πίνακα 3 παρατηρούμε ότι η επιφάνεια με το όνομα International αντικαταστάθηκε από το σύστημα GRS (Geodetic Reference System), το οποίο, με τη σειρά του, αντικαταστάθηκε από το σύστημα WGS (World Geodetic System).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Στοιχεία ελλειψοειδών επιφανειών παγκόσμιας κλίμακας

Ονομασία	**Ημερομ.**	**α** (μ.)	**β** (μ.)
International (ή Hayford)	1924	6.378.388	6.356.912

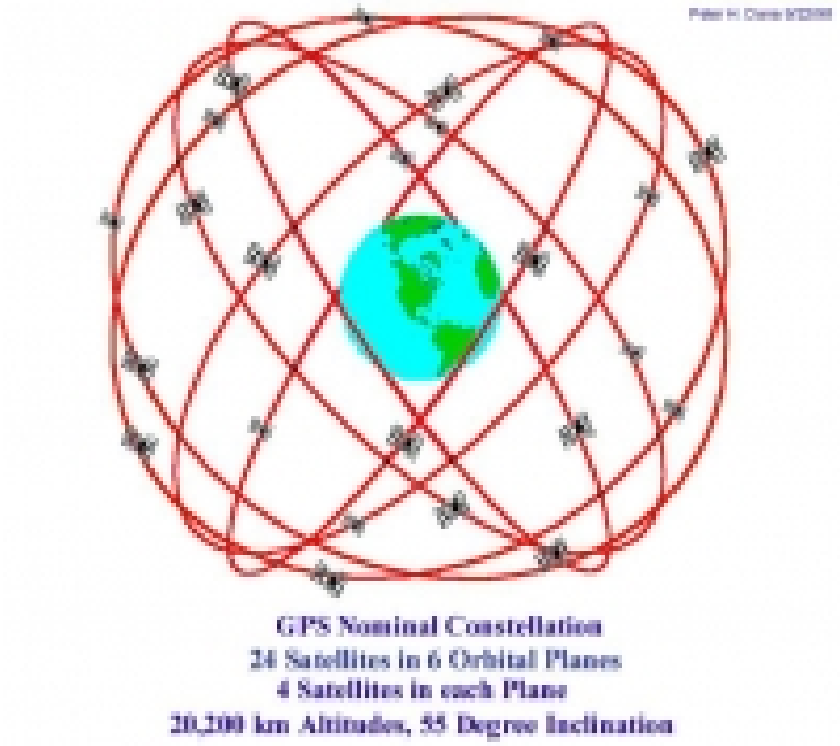
GRS67	1967	6.378.160	6.356.775
GRS80	1980	6.378.137	6.356.752
WGS84	1984	6.378.137	6.356.752

5.9 Λεπτομέρειες του συστήματος.

Το σύστημα G.P.S αποτελείται από τα παρακάτω μέρη (segments) :

Α. Το δορυφορικό σύστημα.

Αποτελείται από 24 δορυφόρους οι οποίοι είναι χωρισμένοι σε 6 δακτυλίους και υπάρχουν 4 σε κάθε δακτύλιο. Αυτοί οι 6 δακτύλιοι έχουν κλίση 55 μοιρών, σε σχέση με τον ισημερινό και οι δορυφόροι είναι τοποθετημένοι σε απόσταση 60 μοίρες ο ένας από τον άλλον.



Οι δορυφόροι πραγματοποιούν μια πλήρη τροχιά κάθε 12 ώρες. Υπάρχουν στο διάστημα περισσότεροι από 24 δορυφόροι διότι νέοι έχουν εκτοξευτεί προς αντικατάσταση παλαιοτέρων. Ο κάθε δορυφόρος «περνά» σχεδόν κάθε μέρα από το ίδιο σημείο, 4 λεπτά ενωρίτερα κάθε μέρα και με τον τρόπο που είναι τοποθετημένοι, ο κάθε χρήστης «βλέπει» 6-8 δορυφόρους.

Β. Το σύστημα έλεγχου.

Αποτελείται από 5 επίγειους σταθμούς οι οποίοι ελέγχουν τους δορυφόρους.



Ο κυρίως σταθμός ο νούμερο **1** (master station) βρίσκεται στην αεροπορική βάση Schriever στο Colorado (πρώην FALCON AFB).

Ο **2ος** βρίσκεται στον Ανατολικό Ειρηνικό. **Kwajalein Island**

Ο **3ος** βρίσκεται στον Ινδικό Ωκεανό. **Diego Garcia Island**

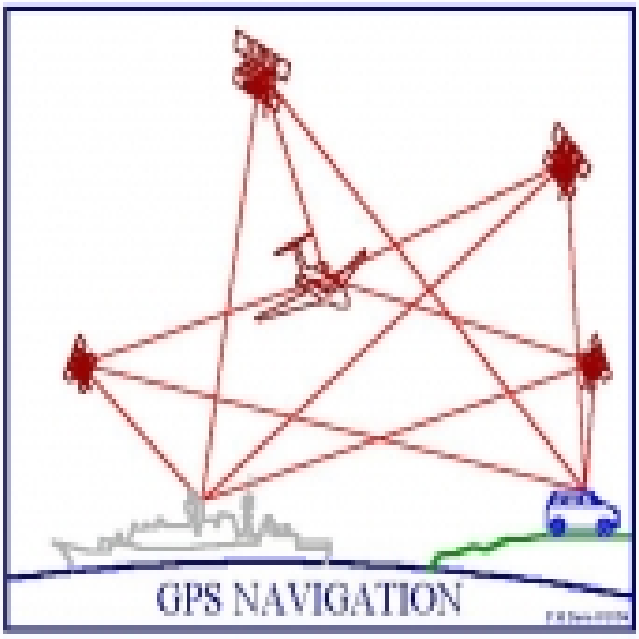
Ο **4ος** βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό. **Ascension Island**

Ο **5ος** βρίσκεται στον Δυτικό Ειρηνικό. **Hawaii Islands**

Οι επίγειοι σταθμοί, Ascension, Diego Garcia, και Kwajalein, διαθέτουν κεραίες και μέσω του κυρίως σταθμού "ενημερώνουν" τον κάθε δορυφόρο με νέα δεδομένα ναυσιπλοΐας καθώς επίσης διορθώνουν την ώρα στα ρολόγια των δορυφόρων με ακρίβεια μερικών nanoseconds. Η πλέον σπουδαία λειτουργία των επίγειων αυτών σταθμών είναι η διόρθωση της τροχιάς των δορυφόρων ακόμη και αλλαγή αυτής αν χρειαστεί.

Γ. Δέκτες των Χρηστών.

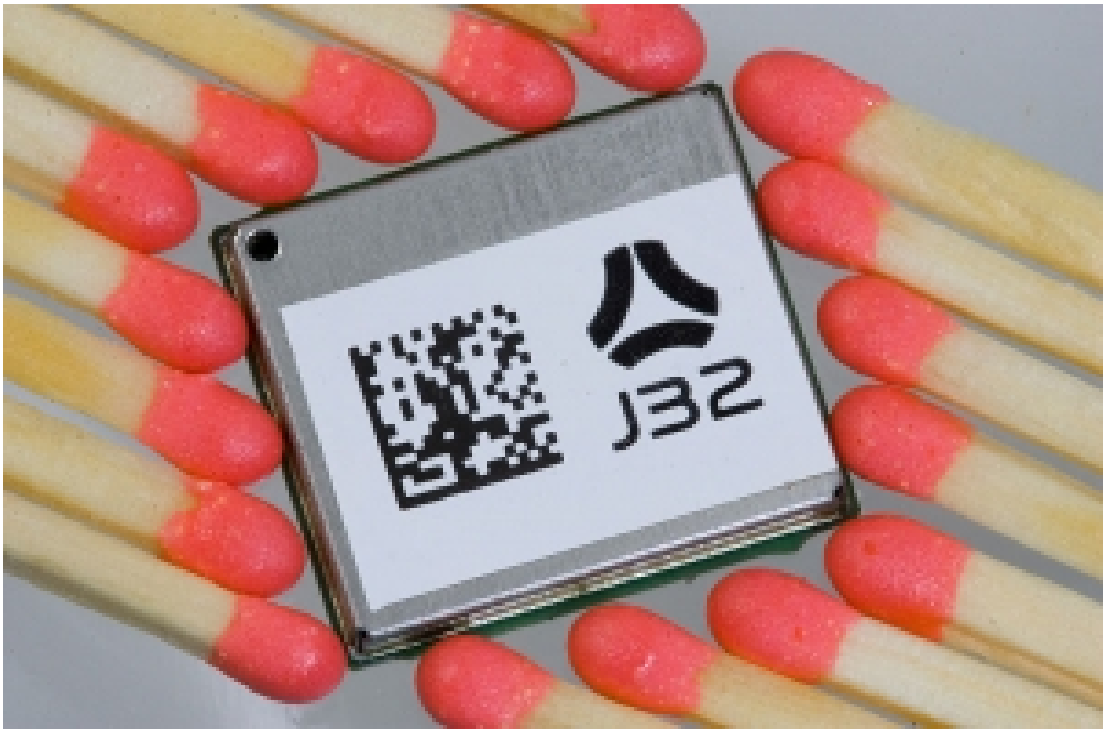
Ο δέκτης του χρήστη είναι το τρίτο μέρος του συστήματος του GPS, ο οποίος αποτελείται από την κεραία, έναν επεξεργαστή (prossesor) και ένα υψηλής σταθερότητας ρολόι. Διαθέτει επίσης μια οθόνη στην όποια ο χρήστης βλέπει την τοποθεσία του και την ταχύτητα του. Ο κάθε δέκτης χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των συχνοτήτων που περιέχει. Αυτό δηλώνει την ικανότητα του δέκτη, δηλαδή, με πόσους δορυφόρους μπορεί να συντονιστεί ταυτόχρονα. Στην αρχή λειτουργίας του συστήματος, υπήρχε περιορισμός σε 4-5 κανάλια, αυτό όμως σταδιακά αυξήθηκε με τα χρόνια και το έτος 2007 οι δέκτες έχουν την ικανότητα από 12-20.


GPS NAVIGATION

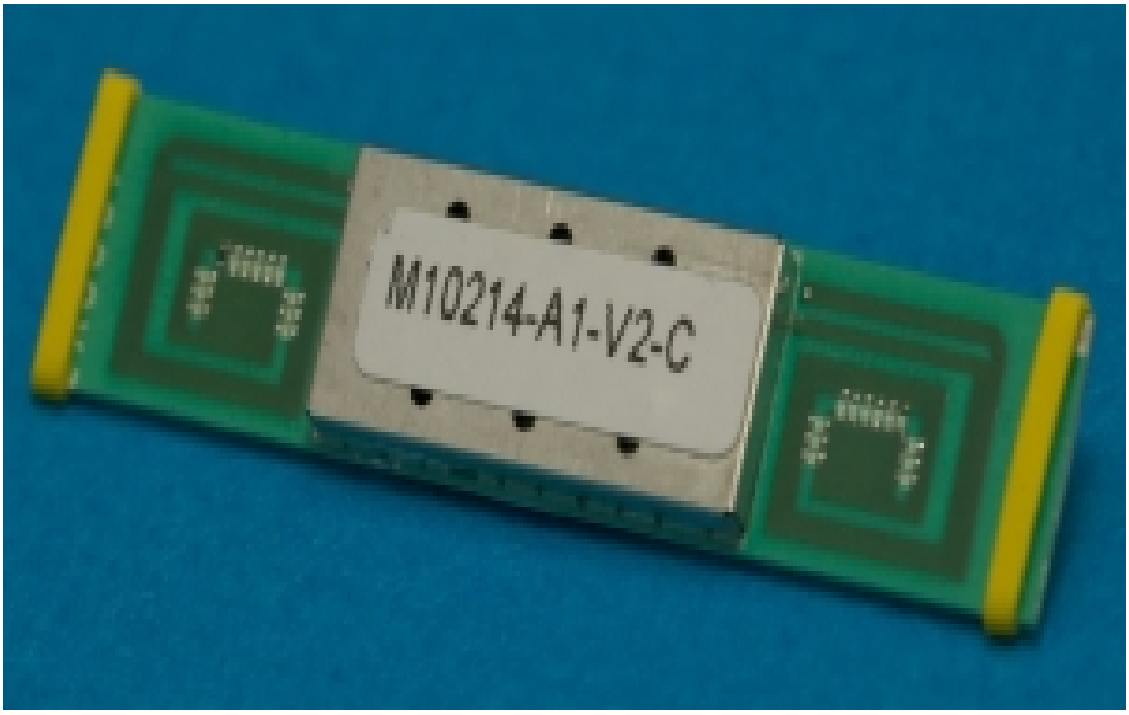


5.10 Διάφοροι τύποι δεκτών GPS

Οι δέκτες GPS έχουν διάφορα σχήματα, ανάλογα με την χρήση τους, όπως σε αυτοκίνητα, ρολόγια, κινητά τηλέφωνα και άλλες συσκευές.



Εδώ βλέπουμε ένα δέκτη GPS, με διαστάσεις 15 X 17 χιλιοστά.
Αλλά στην ουσία, ο δέκτης GPS, ανεξάρτητα από το σχήμα του, είναι αυτό που βλέπουμε παρακάτω.



Ένας τυπικός δέκτης GPS με ενσωματωμένη κεραία.

Σημείωση

Στην αρχή αυτού του κειμένου γίνεται μια αναφορά για τους δέκτες **PPS** και **SPS.**

PPS.

Είναι τα αρχικά των λέξεων **P**recise **P**ositioning **S**ervice. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται χρήστες οι οποίοι είναι **εξουσιοδοτημένοι** με κρυπτογραφικές συσκευές και κωδικούς και ειδικά εξοπλισμένους δέκτες. Τέτοιοι χρήστες είναι ο Στρατός και οι Συμμαχικές δυνάμεις, ορισμένες κυβερνητικές υπηρεσίες και **επιλεγμένοι πολίτες ειδικά εγκεκριμένοι από την Κυβέρνηση.**
Η ακρίβεια του συστήματος σε αυτούς τους χρήστες είναι :
22 μέτρα οριζόντια.
27.7 μέτρα κάθετα και
200 nanosecond ακρίβεια χρόνου (UTC)

SPS.

Είναι τα αρχικά των λέξεων **S**tandard **P**ositioning **S**ervice. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πολίτες-χρήστες όλου του κόσμου, χωρίς χρέωση και περιορισμούς. Η ακρίβεια του συστήματος είναι ελαττωμένη **από πρόθεση** του Υπουργείου Άμυνας σε :
100 μέτρα οριζόντια.
156 μέτρα κάθετα και
340 nanoseconds ακρίβεια χρόνου.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ.

Πολλές φορές σε αυτό το κείμενο γίνεται αναφορά στον χρόνο. Θα ασχοληθούμε λίγο εκτενέστερα στο θέμα αυτό για να δούμε την μεγάλη αξία του χρόνου στην λειτουργία αυτού του συστήματος.
Ο χρόνος του συστήματος GPS δίνεται από ένα σύνθετο ρολόι - composite clock (CC) -. Το ρολόι αυτό αλλιώς ονομάζεται «χάρτινο» (έγγραφο) και περιέχει όλα τα standards και τις συχνότητες των λειτουργικών σταθμών (σταθμών έλεγχου) και των δορυφόρων. Ο χρόνος αυτός στην συνέχεια παραπέμπεται στο κυρίως ρολόι - master clock #1 - στο Αμερικανικό Παρατηρητήριο του Ναυτικού, και από εκεί οδηγείται στο UTC (Universal Coordinated Time) και δεν παρεκκλίνει περισσότερο από ένα μικροδευτερολεπτο - microsecond.
Η ακριβής διαφορά περιλαμβάνεται στα σήματα ναυτιλίας υπό μορφή 2 σταθερών, A0 και A1 που δίνουν την χρονική διαφορά και τον βαθμό του συστήματος, σε σχέση με την ώρα UTC.

Η ώρα GPS τοποθετήθηκε

τα μεσάνυχτα 00:00:00 της 6ης Ιανουαρίου 1980.
Από τότε η ώρα δεν έχει διορθωθεί ποτέ και μέχρι την 1η Ιανουαρίου του 2006 η ώρα GPS είναι «μπροστά» 14 δευτερόλεπτα από την UTC.
Την διαφορά μπορείτε να την δείτε στη διεύθυνση
http://leapsecond.com/java/gpsclock.htm
Με αυτό το link μπορείτε να διορθώσετε και το ρολόι του κομπιούτερ σας.
Την τελευταία φορά που προστέθηκε δίσεκτο δευτερόλεπτο στην ώρα UTC ήταν στο τέλος Δεκεμβρίου του 2005.

Το επόμενο δίσεκτο δευτερόλεπτο που θα προστεθεί θα είναι στις 31 Δεκεμβρίου του 2008 και η διαφορά θα αυξηθεί σε 15 δευτερόλεπτα.

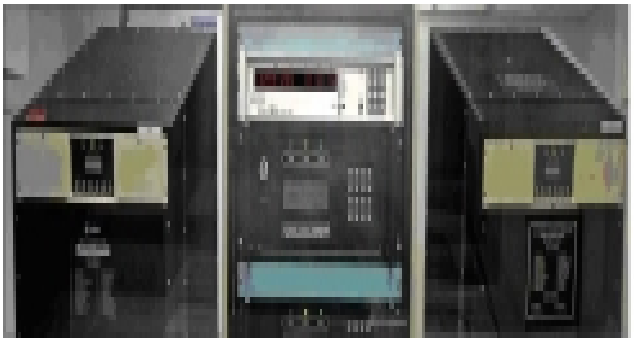


Το ρολόι αυτό, είναι η «επίσημη πηγή» ώρας του Υπουργείου Άμυνας, του συστήματος GPS και της σταθερής (standard) ώρας των Η.Π.Α. Στο πίσω μέρος, βλέπουμε ένα ατομικό ρολόι.

Ο χρόνος του GPS μετριέται σε εβδομάδες και δευτερόλεπτα και δεν περιλαμβάνει τα «δίσεκτα δευτερόλεπτα» (leap seconds).

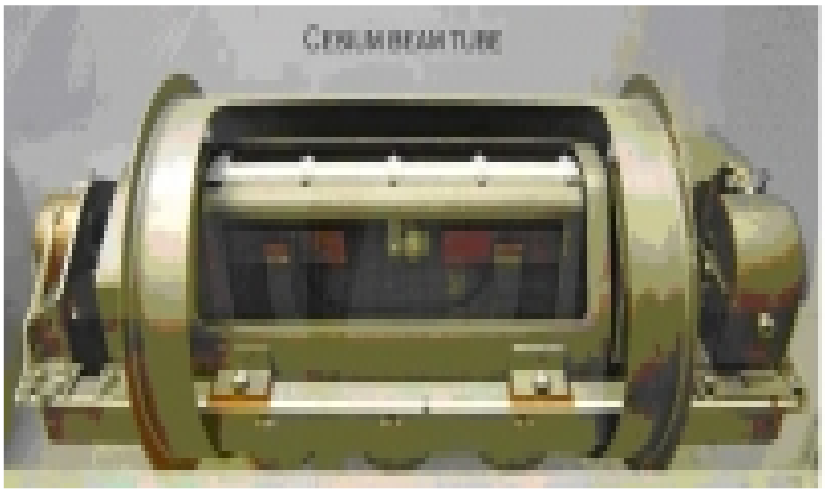
Στην μετάβαση της ώρας ανάμεσα 23:59:00 UTC της 31ης Δεκεμβρίου του έτους 1998 και 00:00:00 της 1ης Ιανουαρίου 1999 η ώρα UTC καθυστέρησε κατά 1 δευτερόλεπτο. Σε αυτό το διάστημα των 26 ετών (1980-2006) τα «δίσεκτα» δευτερόλεπτα και το ένα (1) δευτερόλεπτο που χάνεται κάθε χρόνο από την ώρα UTC από το 1999, μας δίνουν την διαφορά των 14 δευτερολέπτων μεταξύ ώρας GPS και UTC.
Είναι γνωστο ότι η ώρα UTC ελέγχεται από το Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται στην πόλη Σέβρες της Γαλλίας. Υπάρχει συμφωνία μεταξύ των δύο μερών, UTC και USNO (United States Naval Obserbatory), η ώρα να δίνεται καθημερινά ώστε η λειτουργία του συστήματος UTC να κυμαίνεται με ακρίβεια ενός (1) microsecond , αλλά κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών κυμαίνεται μεταξύ μερικών εκατοντάδων nanoseconds !!!
Για το Παρατηρητήριο του Ναυτικού μπορεί να μάθετε περισσότερα στη διεύθυνση: http://www.usno.navy.mil/

Maser (hydrogen) atomic clocks. Ατομικά ρολόγια μειζερ (υδρογόνου).



Τα **masers** είναι ατομικά ρολόγια που έχουν μια σημαντική βραχυπρόθεσμη σταθερότητα. Χρησιμοποιούν άμεσα την ατομική ακτινοβολία μικροκυμάτων στην συχνότητα των 1420 MHz που εκπέμπεται από τα άτομα υδρογόνου όταν αλλάζει η κατάσταση περιστροφής του ενός (1) ηλεκτρονίου τους. Η ακτινοβολία που είναι πολύ αδύνατη, περίπου, 0,000.000.000.01 Watt , χρησιμοποιείται για να «κλειδώσει» την φάση σε ένα ρολόι κρυστάλλου χαλαζία το οποίο παρέχει την πραγματική ταλάντωση του σήματος. Οι κύκλοι αυτού του σήματος μετριούνται, και δεδομένου ότι η συχνότητα του σήματος (ως εκ τούτου μήκος κύματος των κύκλων) είναι ευρέως γνωστή, αυτή η αρίθμηση είναι ένα ακριβές μέτρημα του χρόνου. Τα μειζερ διαφέρουν από αυτή την άποψη από τα ρολόγια καισίου (cesium clocks). Περισσότερα για τα ρολόγια maser, στη διεύθυνση:
http://tycho.usno.navy.mil/maser.html

Cesium atomic clocks. Ατομικά ρολόγια καισίου.



Ρολόι καισίου

Σε ένα ρολόι καισίου, το υγρό καίσιο θερμαίνεται σε ένα φούρνο μέχρι η κατάσταση του να αλλάξει σε αέριο. Υπάρχει μια οπή στο φούρνο η οποία επιτρέπει την διαφυγή των ατόμων με μεγάλη ταχύτητα. Αυτά τα μόρια περνούν μεταξύ 2 ηλεκτρομαγνητών το

πεδίο των οποίων αναγκάζει τα άτομα να χωριστούν σε 2 ακτίνες (beams), ανάλογα σε ποια ενεργειακή κατάσταση περιστροφής βρίσκονται. Αυτή η «γραμμή» της ακτίνας, που ονομάζεται φασματική γραμμή μικροκυμάτων, εκπέμπεται με συχνότητα η οποία είναι 9.192.631.770 Hz και παρέχει την θεμελιώδη μονάδα του χρόνου η οποία έτσι μπορεί να μετρηθεί από τα ρολόγια καισίου. Η ακρίβεια αυτού το ρολογιού υπολογίζεται σε 2 nannoseconds την ημέρα, ή 1 δευτερόλεπτο σε 1.400.000 χρόνια. ***Είναι η ακριβέστερη υλοποίηση μονάδας μέτρησης που έχει επιτύχει, μέχρι σήμερα η ανθρωπότητα.*** Περισσότερα για το ρολόγια καισίου : http://tycho.usno.navy.mil/cesium.html

Εναλλακτικό Master clock # 2

Το έτος 1996 το Αμερικανικό παρατηρητήριο τοποθέτησε και ένα εναλλακτικό ρολόι στην αεροπορική βάση Schriever του Colorado. Ένα σύνολο από ρολόγια καισίου (ακτίνων) και μειζερ (υδρογόνου), μαζί με τα απαραίτητα συστήματα μέτρησης και διανομής, δίνουν την δυνατότητα για την καλύτερη ποιότητα και τον ακριβέστερο χρόνο στο Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ αλλά και σε όλο τον κόσμο. Έχει την ικανότητα να λειτουργεί ανεξάρτητα από το βασικό ρολόι (Master clock # 1) που βρίσκεται στο Washington DC, ώστε να αποστέλλεται η συχνότητα (ώρα) σε περίπτωση καταστροφικής αποτυχίας. Η πλήρης λειτουργία του συστήματος έχει επιτευχθεί στις 15 Ιουνίου του 1996 και η διαφορά των 2 ρολογιών κυμαίνεται σε 2-3 nanoseconds.

5.11 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ GPS



Ένας GPS δορυφόρος , όπως εκτίθεται στο διαστημικό μουσείο του San Diego, California.
Μέχρι τον Μάρτιο του 2008 υπήρχαν 31 εν ενεργεία δορυφόροι στο διάστημα. Οι επιπλέον δορυφόροι βελτίωσαν την ακρίβεια των δεκτών προσφέροντας άφθονες μετρήσεις. Με την αύξηση των δορυφόρων ο «αστερισμός» δεν είναι πλέον ομοιόμορφος. Αυτή η ανομοιομορφία απέδειξε ότι υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα του συστήματος, σε σχέση με το ομοιόμορφο σύστημα, όταν μερικοί δορυφόροι παρουσιάζουν βλάβες**. Μερικές αναφορές στο 2008 έδειξαν ότι ο 32ος δορυφόρος δημιούργησε κάποιες δυσκολίες σε κάποιους δέκτες.**
Ο δορυφόροι ανάλογα με το έτος κατασκευής έχουν χωριστεί σε διάφορες κατηγορίες. **Block I , Block II , Block IIA , Block IIR , Block IIRM , και Block IIF** .

Block	Launch Period	Satellites launched	Currently in service
I	1978-1985	10+1[1]	0
II	1985-1990	9	0
IIA	1990-1997	19	13
IIR	1997-2004	12+1[1]	12
IIR-M	2005-2008	6+2[2]	6
IIF	2009-	0+10[2]	0
Total		58+2[1]+12[2]	31

[1]Failed
[2]In preparation.

Το βάρος τους κυμαίνεται από 860 κιλά, των πρώτων ετών κατασκευής, ενώ οι τελευταίοι τύποι φτάνουν τα 2000 κιλά. Το πλάτος είναι περίπου 5-5,5 μέτρα με ανοιχτα τα κάτοπτρα ηλιακής ενέργειας. Η ενέργεια που παράγουν αυτά τα κάτοπτρα κυμαίνεται από 400 watt στους πρώτους τύπους και φτάνει στα 750 watt στους τελευταίους. Όταν ο δορυφόρος βρίσκεται στην σκοτεινή πλευρά η ενέργεια που χρειάζεται δίνεται από μπαταρίες νικελίου-καδμίου.

Οι δορυφόροι Block II και IIA ήταν εφοδιασμένοι με 2 ρολόγια rubidium και 2 καισίου, ενώ οι τύποι IIR και IIRM φέρουν 3 Rubidium Ατομικά ρολόγια.
Σύμφωνα με την θεωρία του Einstein περί ειδικής σχετικότητας, έχουμε την διαστολή (διεύρυνση) του χρόνου. Τα ρολόγια που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, όπως αυτά των δορυφόρων, «δουλεύουν» πιο αργά από τα ρολόγια που βρίσκονται στην γη, τα οποία λειτουργούν σχετικά αργά.

Τα ρολόγια στους δορυφόρους, χάνουν ένα (1) εκατομμυριοστό του δευτερόλεπτου κάθε μέρα.

Λόγο της υψηλής συχνότητας εκπομπής το σήμα δεν έχει την δυνατότητα να διαπερνά το νερό και την πέτρα. Ακομη και σε σημεία με πυκνή βλάστηση παρατηρείται δυσκολία λήψης του σήματος. Ενώ η αξιοπιστία του είναι μεγάλη σε πυκνή νέφωση, απεναντίας, προβλήματα παρουσιάζονται στην χιονόπτωση. Για τα μειονεκτήματα του συστήματος θα μιλήσουμε παρακάτω.

Στο παρακάτω λινκ μπορείτε να δείτε τους δορυφόρους σε λειτουργία.
http://www.n2yo.com/satellites/?c=20

Πηγές λάθους του συστήματος.

Source	**Effect**
Ionospheric effects	± 5 m
Ephemeris errors	± 2.5 m
Satellite clock errors	± 2 m
Multipath distortion	± 1 m
Tropospheric effects	± 0.5 m
Numerical errors	± 1 m

Κατά την διάρκεια του πολέμου στον κόλπο παρουσιάστηκε μια έλλειψη από στρατιωτικούς δέκτες με αποτέλεσμα οι στρατιώτες να αγοράσουν πολιτικούς δέκτες.

Από την στιγμή που οι στρατιώτες χρησιμοποιούσαν πολιτικούς δέκτες. Οι δέκτες αυτοί, όπως έχουμε αναλύσει, σκόπιμα είχαν κάποιους περιορισμούς, διότι το σύστημα SA (service availability) αρνείται να δώσει στοιχεία για την ακριβή τοποθεσία σε χιλιάδες στρατιώτες. Έτσι το Υπ. Αμύνης αναγκάσθηκε για τις ανάγκες των πολεμικών επιχειρήσεων να άρει τον περιορισμό αυτόν.

Η FAA το 1990, ζήτησε από την κυβέρνηση, για λόγους οικονομικούς, το σύστημα να παραμείνει ελεύθερο για όλους, πράγμα που η κυβέρνηση Κλίντον αποδέχτηκε και έτσι από τα μεσάνυχτα της 1 Μαΐου του 2000 οι πολίτες όλου του κόσμου έχουν πρόσβαση στο σήμα L1.

Στα 2006, ο ίδιος πρόεδρος αποφάσισε τα GPS να δίνουν μηδέν (0) λάθος.
Το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ στις 19 Σεπτεμβρίου 2007 ανακοίνωσε ότι οι μελλοντικοί δορυφόροι Block III, δεν θα έχουν την ικανότητα του SA, οπότε η πολιτική θα είναι μόνιμη, δεν θα υπάρχει πλέον περιορισμός για τους πολιτικούς δέκτες-χρήστες

Πιθανές πηγές παρεμβολών του σήματος.

Φυσικές πηγές, όπως οι μαγνητικές καταιγίδες οι οποίες βρίσκονται κοντά στους πόλους. Τα σήματα των δορυφόρων μπορούν επίσης να επηρεαστούν στην ζώνη Van Allen όταν αυτοί περνούν από την νοτιανατολική «ανωμαλία» του Ατλαντικού.

Τεχνητές πηγές. Στους δέκτες που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, τα μεταλλικά αντικείμενα που βρίσκονται στο αλεξήνεμο όπως τα αντιπαγωτικά, αλλά και το λεπτό φιλμ που σκουραίνει το αλεξήνεμο, λειτουργεί σαν τον κλωβό Φαραντέυ που ελαττώνει το σήμα. Οι παρεμβολείς (jammers), χρησιμοποιήθηκαν στον πόλεμο του Αφγανιστάν το 2001. Ο Αμερικανικός Στρατός υποστηρίζει ότι κατέστρεψε 6 jammers στον πόλεμο του Ιράκ και ειδικά έναν από αυτούς (κατά ειρωνική σύμπτωση) με GPS guided bomb (βόμβα, κατευθυνόμενη από στοιχεία που δινόταν από GPS).

Δέκτες GPS

Το GPS είναι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένα σύστημα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης, που βασίζεται σε σήματα που εκπέμπονται από ένα δίκτυο δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη. Τα σήματα που μεταδίδονται από κάθε δορυφόρο περιλαμβάνουν πληροφορίες για την ακριβή ώρα και τη θέση του. Η λήψη των σημάτων αυτών γίνεται από κατάλληλες συσκευές (δέκτες GPS) που η βασική τους λειτουργία είναι να υπολογίζουν τις αποστάσεις από τους δορυφόρους, των οποίων το σήμα λαμβάνουν, με κατάλληλους υπολογισμούς να προσδιορίζουν την θέση τους και να την εμφανίζουν εκφρασμένη σε συντεταγμένες (γεωγραφικές λ, φ ή επίπεδες χ, ψ) ενός Συστήματος Αναφοράς.

Σε ένα παγκόσμιο σύστημα πλοήγησης δεν θα μπορούσε παρά να χρησιμοποιείται ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς βάσει του οποίου να καθορίζονται τόσο οι μεταβαλλόμενες θέσεις των δορυφόρων, όσο και οι ζητούμενες θέσεις των δεκτών. Το σύστημα που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό είναι το WGS84 και όλοι οι δέκτες (με τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις τους) εκφράζουν την υπολογιζόμενη θέση τους με γεωγραφικές συντεταγμένες λ, φ και υψόμετρο στο σύστημα αυτό.

Υπάρχουν διαφόρων τύπων δορυφορικοί δέκτες GPS, που εξυπηρετούν διαφορετικές εφαρμογές και απαιτήσεις ακρίβειας. Για εφαρμογές πλοήγησης σε ταξιδιωτική χρήση χρησιμοποιούνται φορητοί ερασιτεχνικοί δέκτες που προσαρμόζονται με κατάλληλες βάσεις σε οχήματα και χαρακτηρίζονται ως outdoor ή mobile, συνδυάζοντας τον εντοπισμό με άλλες πρόσθετες χρήσιμες λειτουργίες. Υπάρχουν και δέκτες σε μορφή module που προσαρμόζονται σε υπολογιστές παλάμης (palmtop ή handheld) και τους μετατρέπουν σε πλήρεις δέκτες GPS. Στην τελευταία περίπτωση υπάρχει μεν μεγάλη ευελιξία στο λογισμικό και τους χάρτες - υπόβαθρα που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς (υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων προγραμμάτων τόσο για λειτουργικό PalmOS όσο και για PocketPC-WinCE), όμως ο όγκος και η στιβαρότητα κατασκευής των υπολογιστών παλάμης δεν διευκολύνει τη χρήση τους και ακόμη περισσότερο για μοτοσυκλετιστές.

Οι ερασιτεχνικοί δέκτες επιτρέπουν τον προσδιορισμό της θέσης μας με ακρίβεια της τάξης των 15 μέτρων, όσο αφορά την οριζοντιογραφική θέση και των 50 μέτρων, όσο αφορά το υψόμετρο. Βέβαια, η ακρίβεια εντοπισμού θέσης εξαρτάται και από τον αριθμό και τη θέση των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνονται σήματα και τα εμπόδια που διακόπτουν το σήμα ή δημιουργούν αντανακλάσεις. Γενικά, τόσο ακριβέστερα είναι τα αποτελέσματα του υπολογισμού θέσης όσο περισσότεροι και καλύτερα κατανεμημένοι στον ουρανό είναι οι διαθέσιμοι δορυφόροι και όσο πιο καθαρός από εμπόδια είναι ο περιβάλλων χώρος. Είναι προφανές ότι οι δέκτες GPS δεν εντοπίζουν την θέση τους σε κλειστούς χώρους (κτίρια, σήραγγες, κλπ) ενώ ο εντοπισμός μπορεί να είναι προβληματικός σε πόλεις με στενούς δρόμους και ψηλά κτίρια, σε πυκνά δάση, κλπ.

Οι δέκτες GPS, εκμεταλλευόμενοι τη δυνατότητα εντοπισμού της θέσης τους και εκτός από την εμφάνιση των συντεταγμένων εντοπισμού, συχνά ενσωματώνουν και άλλες λειτουργίες:
Εμφανίζουν οθόνη γραφικών όπου απεικονίζεται η θέση του δέκτη και η γραμμή της διαδρομής που ακολουθεί. Σε πολλούς δέκτες στην οθόνη αυτή απεικονίζεται και χάρτης (συνήθως γενικός) που βρίσκεται αποθηκευμένος στη μνήμη τους, και δίνει μια πολύ καλή εικόνα της θέσης του χρήστη πάνω σε, έστω και γενικευμένο, χαρτογραφικό υπόβαθρο. Οι δέκτες του τύπου αυτού συνήθως έχουν την δυνατότητα να τροφοδοτούνται με χάρτες που προέρχονται από την εταιρία κατασκευής τους συνδεόμενοι με PC (με περιορισμό το μέγεθος της μνήμης τους). Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί χάρτες με μεγάλη λεπτομέρεια (ακόμη και σε επίπεδο αρίθμησης οδών), τόσο για τις Η.Π.Α. όσο και για την Δυτική Ευρώπη (δυστυχώς όχι ακόμη για την Ελλάδα), που αποτελούν πολύτιμο βοήθημα για τον ταξιδιώτη. Πάντως, λόγω και της μικρής οθόνης των συσκευών, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται οι χάρτες των GPS σε συνδυασμό με κλασσικούς χάρτες για καλύτερη εποπτεία.
Ενσωματώνουν λειτουργία πλοήγησης (navigation mode), με την οποία ο χρήστης ορίζει τη θέση ενός σημείου στο οποίο θέλει να πάει (μπορεί να είναι ένα σημείο από το οποίο πέρασε νωρίτερα και το έχει αποθηκεύσει) και ο δέκτης δίνει διαρκώς πληροφορίες για την κατεύθυνση που ο χρήστης πρέπει να ακολουθήσει, την ταχύτητα που κινείται, την απόσταση που απέχει, κλπ, καθοδηγώντας τον ουσιαστικά να φθάσει στον προορισμό του. Ακόμη πιο προχωρημένη πλοήγηση γίνεται από δέκτες που ενσωματώνουν λεπτομερή δεδομένα για το οδικό δίκτυο πόλεων και καθοδηγούν το χρήστη πως θα μεταβεί από τη θέση που βρίσκεται σε ζητούμενη διεύθυνση (οδό και αριθμό), υπολογίζοντας και τη συντομότερη διαδρομή.
Αποθηκεύουν και διαχειρίζονται γεωγραφικά δεδομένα που προκύπτουν από τον εντοπισμό θέσης ή εισάγονται από τον χρήστη. Τα δεδομένα αυτά είναι σημεία (waypoints ή waymarks) ή σύνολα σημείων (routes) ή γραμμικές διαδρομές (tracks).
Είναι πλήρεις υπολογιστές ταξιδιού (trip computer) εμφανίζοντας πολλές χρήσιμες πληροφορίες, όπως χρόνο ταξιδιού, χρόνο στάσης, μέση και μέγιστη ταχύτητα, εκτιμώμενο χρόνο άφιξης, και άλλα πολλά. Τονίζεται ότι όλα τα παραπάνω στοιχεία έχουν έννοια όταν ο δέκτης μπορεί να υπολογίσει τη θέση του.
Εμφανίζουν πυξίδα για τον προσανατολισμό του χρήστη. Περιορισμό αποτελεί το ότι για να λάβει ο χρήστης ορθή ένδειξη πρέπει ο χρήστης να κινείται, αφού ο δέκτης υπολογίζει τον προσανατολισμό του από διαδοχικές θέσεις τους. Εξαίρεση αποτελούν μερικοί

δέκτες που ενσωματώνουν μαγνητική πυξίδα που λειτουργεί ανεξάρτητα από τον εντοπισμό θέσης.
Μερικοί δέκτες, επειδή η ακρίβεια προσδιορισμού του υψομέτρου είναι περιορισμένη (της τάξης των 50 μέτρων) ενσωματώνουν ένα βαρομετρικό αλτίμετρο που μετρά υψομετρικές διαφορές με ακρίβεια 2 έως 5 μέτρα. Η συσκευή για να δώσει σωστά υψόμετρα απαιτείται να καλιμπραρισθεί, δηλαδή να εισαχθεί το υψόμετρο σε μια θέση που αυτό είναι γνωστό, όπως στη θάλασσα που είναι περίπου 0.
Ενσωματώνουν άλλες βοηθητικές λειτουργίες, όπως υπολογισμό εμβαδών, ημερολόγιο, αριθμομηχανή, πληροφορίες για ανατολή και δύση τους ήλιου και της σελήνης, κλπ.

Ρυθμίσεις των δεκτών GPS

Οι δέκτες GPS δέχονται διαφόρων ειδών ρυθμίσεις, από τον βαθμό λεπτομέρειας εμφάνισης χαρτών μέχρι τον τρόπο αποθήκευσης διαδρομών, κλπ. Οι σημαντικότερες από αυτές τις ρυθμίσεις αφορούν το Σύστημα Αναφοράς (datum) και τον τρόπο εμφάνισης συντεταγμένων των θέσεων που εντοπίζονται.

Όπως προαναφέρθηκε, όλοι οι δέκτες GPS έρχονται με προεπιλεγμένο σύστημα αναφοράς το WGS84 και εμφανίζουν γεωγραφικές συντεταγμένες εντοπισμού θέσης (γεωγραφικό μήκος λ και γεωγραφικό πλάτος φ). Δεν υπάρχει λόγος για τον μέσο χρήστη να κάνει κάποια αλλαγή στις ρυθμίσεις αυτές, εκτός αν θέλει να συνδυάσει τη χρήση του GPS και των συντεταγμένων εντοπισμού που λαμβάνει από αυτό με ένα χάρτη, ο οποίος χρησιμοποιεί κάποιο άλλο Σύστημα Αναφοράς (εκτός του WGS84) και αναγράφει τις αντίστοιχες γεωγραφικές λ, φ ή επίπεδες χ, ψ συντεταγμένες στο πλαίσιό του.

Οι περισσότερες δέκτες δίνουν πολλές επιλογές Συστήματος Αναφοράς (datum). Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει datum το ίδιο με αυτό που αναφέρει ο χάρτης. Με τον τρόπο αυτό παίρνει αυτόματα από το GPS γεωγραφικές συντεταγμένες εντοπισμού θέσης λ, φ συμβατές με τις αναγραφόμενες στο χάρτη, ώστε να μπορεί να προσδιορίσει αμέσως τη θέση του σ' αυτόν. Αν ο χάρτης εμφανίζει στο πλαίσιό του επίπεδες συντεταγμένες χ, ψ, τότε ο χρήστης πρέπει να ορίσει στο δέκτη τις παραμέτρους της προβολής (grid) που αντιστοιχούν στο χάρτη, για να διαβάζει απ' ευθείας από το δέκτη χ, ψ. Πάλι υπάρχουν πολλές διαθέσιμες επιλογές αλλά συνήθως χρειάζεται ο ορισμός μιας custom ή user-defined προβολής που είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία.

Στην πράξη και για τα Ελληνικά δεδομένα, αν το WGS84 του δέκτη μας δεν μας ικανοποιεί ως προς την συμβατότητά του με τον χάρτη μας, έχουμε δύο περιπτώσεις:
Ο χάρτης μας έχει ως σύστημα αναφοράς το European Datum 50 (ED50) και στο πλαίσιό του αναγράφονται τα αντίστοιχα λ, φ σε μοίρες. Το ED50 χρησιμοποιείται σήμερα στην πλειοψηφία των χαρτών στην Ελλάδα. Στην περίπτωση αυτή επιλέγεται από το σχετικό μενού ως datum το ED50 (μπορεί να αναφέρεται και ως EUR50) και τρόπος εμφάνισης συντεταγμένων (coordinates readout) Lon, Lat (δηλαδή γεωγραφικό μήκος λ και πλάτος φ) σε μοίρες, πρώτα, δεύτερα.

Ο χάρτης μας έχει ως σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ'87 και στο πλαίσιό του αναγράφονται

τα αντίστοιχα χ, ψ σε μέτρα. Στην περίπτωση αυτή επιλέγεται ως datum ένα custom ή user-defined datum. Στην φόρμα που ακολουθεί εισάγονται DA=0, DF=0, DX=-200, DY=+74, DZ=+246. Στην συνέχεια επιλέγεται ως τρόπος εμφάνισης συντεταγμένων grid (προβολικές) σε μέτρα. Επίσης ορίζεται μια νέα προβολή custom ή user-defined grid. Ο τύπος της προβολής πρέπει να είναι transverse mercator (εγκάρσια μερκατορική) με χαρακτηριστικά: Latitude of origin: 0, Longitude of origin: +24E, Scale Factor = 0.9996, Units to meters conversion = 1, False easting at origin = 500000, False northing at origin = 0.

Είναι πιθανό τα μενού των ρυθμίσεων από συσκευή σε συσκευή να διαφέρουν, όμως οι παραπάνω οδηγίες πρέπει να καλύπτουν την μεγάλη πλειοψηφία των δεκτών GPS του εμπορίου. Σε μερικούς δέκτες δίνεται η δυνατότητα καθορισμού δύο συστημάτων αναφοράς, ενός πρωτεύοντος (primary) και ενός δευτερεύοντος (secondary), οπότε ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τους συνδυασμούς που τον εξυπηρετούν καλύτερα.

Επεξεργασία δεδομένων GPS με υπολογιστή

Οι περισσότεροι δέκτες GPS του εμπορίου υποστηρίζουν σύνδεση με υπολογιστή (επιτραπέζιο, φορητό ή παλάμης) μέσω σειριακής θύρας ή θύρας USB, ενώ αναμένονται συσκευές που θα υποστηρίζουν πρωτόκολλο επικοινωνίας Firewire ή και ασύρματης σύνδεσης (Infrared, Bluetooth). Συνήθως συνοδεύονται και από ένα απλό και εύχρηστο πρόγραμμα διαχείρισης, μέσω του οποίου μπορεί ο χρήστης να μεταφέρει δεδομένα από τον δέκτη στον υπολογιστή και αντίστροφα και να διαχειρισθεί τα δεδομένα αυτά στον υπολογιστή που παρέχει μεγαλύτερη ευκολία από μια φορητή συσκευή. Εκτός από τα συνοδευτικά των δεκτών προγράμματα, υπάρχει στο διαδίκτυο πληθώρα πολύ ενδιαφερουσών εφαρμογών με αυτό το αντικείμενο, που είναι διαθέσιμες συνήθως με καθεστώς shareware ή freeware.

Τα δεδομένα προς διαχείριση είναι συνήθως, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σημεία (waypoints ή waymarks) ή σύνολα σημείων (routes) ή γραμμικές διαδρομές (tracks), τα οποία ο χρήστης μπορεί να επεξεργασθεί, να αποθηκεύσει και να μεταφέρει ξανά στο GPS ή σε άλλες εφαρμογές για περαιτέρω επεξεργασία. Η επεξεργασία γίνεται συνήθως σε ένα ενιαίο γραφικό περιβάλλον με χαρτογραφικό υπόβαθρο διανυσματικό (vector) ή σε μορφή εικόνων (raster), που υποστηρίζει και όλες τις βοηθητικές λειτουργίες απεικόνισης ή εκτύπωσης. Πολλά προγράμματα δίνουν στον χρήστη τη δυνατότητα εισαγωγής στο περιβάλλον διαχείρισης δικών του χαρτογραφικών υποβάθρων (π.χ. από σκαναρισμένους χάρτες) και της γεωαναφοράς αυτών (δηλαδή της ένταξής τους σε σύστημα αναφοράς) ώστε να μπορούν να συσχετισθούν άμεσα με τα δεδομένα του GPS.

Τέτοια λογισμικά που συνοδεύουν δέκτες GPS είναι το MapSource (για δέκτες της Garmin) και το DataTrack (για δέκτες της Magellan). Πολύ καλές ανεξάρτητες εφαρμογές και με πολύ περισσότερες δυνατότητες είναι το Ozi Explorer (www.oziexplorer.com), το GPS Utility (www.gpsu.co.uk) και το MapMaker (www.mapmaker.com).

Προμήθεια δεκτών GPS

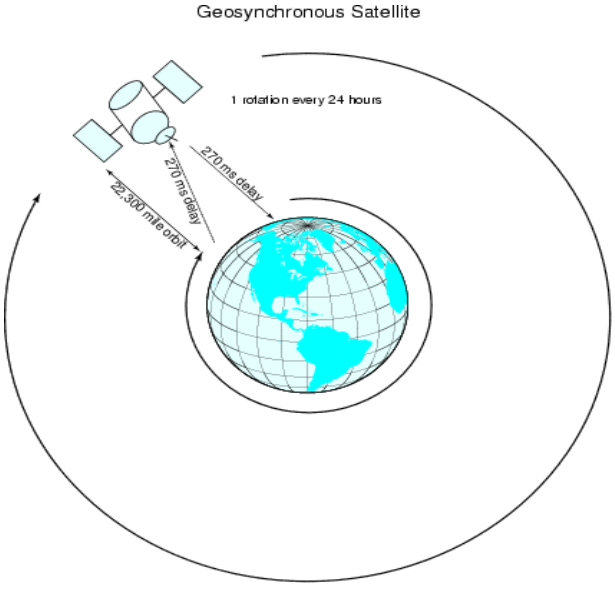
Οι πιο γνωστοί δέκτες GPS της Ελληνικής αγοράς, με το χαρακτήρα που προαναφέρθηκε, είναι αυτοί της Garmin (www.garmin.com) και της Magellan (www.magellangps.com) και περιλαμβάνουν ποικιλία μοντέλων για κάθε ανάγκη. Οι τιμές των πιο κατάλληλων συσκευών για χρήση σε κάθε είδους μοτοσυκλετιστικές εξορμήσεις κυμαίνονται από 200 έως 700 ευρώ περίπου. Εκτός από τα ειδικά καταστήματα μπορεί κανείς να τις προμηθευθεί και μέσω διαδικτύου.

5.12 Real-time data transmission

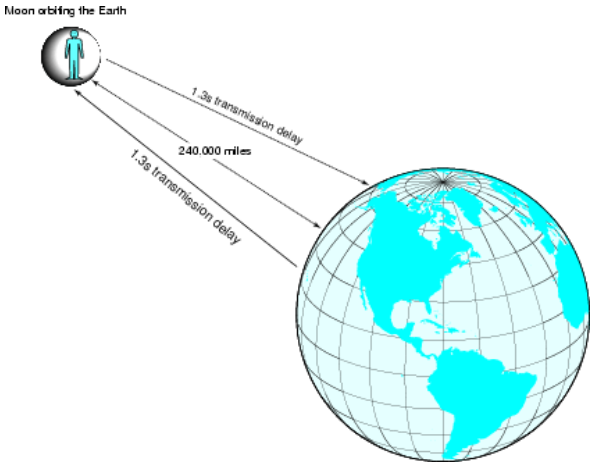
Με την έκφραση μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (Real-time data transmission) εννοούμε ότι τα δεδομένα είναι διαθέσιμα αμέσως μετά την δημιουργία τους στον δέκτη και ότι μόνο μια πολύ μικρή καθυστέρηση υπάρχει και είναι αποδεχτή σε κάθε εφαρμογή / τεχνολογία. Ας πούμε π.χ. καθυστέρηση 0,1 sec στην μετάδοση φωνής θεωρείται πραγματικός χρόνος γιατί ο ακροατής που ακούει στο τηλέφωνο δεν την αντιλαμβάνεται. Άρα σύστημα πραγματικού χρόνου είναι το τηλέφωνο, πάλι και η ανταπόκριση κειμενογράφου είναι σε πραγματικό χρόνο. π.χ. irc.

Χρονική καθυστέρηση είναι ο χρόνος που θέλει ένα σήμα να ταξιδέψει από ένα σημείο σε ένα άλλο και βάση της θεωρίας του Einstein: Καμιά πληροφορία δεν μπορεί να μεταδοθεί σε ταχύτητες μεγαλύτερες από την ταχύτητα του φωτός και άρα το όριο της μικρότερης χρονικής καθυστέρησης καθορίζεται από την ταχύτητα του φωτός (3 x 108 m/s). Άρα με αυτό το τρόπο μπορούμε να μετρούμε την καθυστέρηση που έχει ένα σήμα στο να μεταφερθεί από ένα πομπό στον δέκτη με τον εξής τύπο και συμπεράνομε στο τέλος ότι άρα τα δεδομένα έχουν ένα όριο ταχύτητας. Ο τύπος υπολογισμού της χρονικής καθυστέρησης είναι Ταχύτητα =απόσταση / χρόνο. Άρα χρονική καθυστέρηση = απόσταση/ταχύτητα _ του _φωτός .
Παραδείγματα χρονικής καθυστέρησης:

1. **Δορυφορική Επικοινωνία / Γεωστατικός δορυφόρος (geosynchronous satellite)**

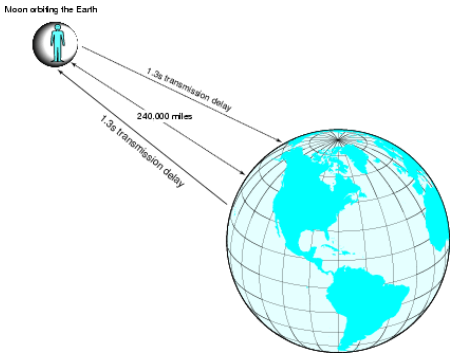


Βρίσκεται σε τροχιά ύψους 22300 μιλιών και χρειάζεται 24 ώρες για μία τροχιά και όταν ταξιδεύει στην ίδια κατεύθυνση όπως η γη τότε φαίνεται να μένει στο ίδιο σημείο.
Χρονική καθυστέρηση λόγω της ταχύτητας του φωτός είναι 270 ms. Για άμεση επικοινωνία είναι 270 x 2 = 540 ms για να πάει και να έρθει απόκριση από το μήνυμα.



2. **Διαπλανητική Επικοινωνία / Το φεγγάρι**

Το φεγγάρι βρίσκεται σε απόσταση 240.000 μίλια από τη γη. Η χρονική καθυστέρηση για να πάει και να έρθει ένα μήνυμα είναι 2,6 sec



3. **Διαπλανητική Επικοινωνία / Ο Πλανήτης Αρης και η ΓΗ.**

Η κοντινότερη απόσταση του πλανήτη Άρη από την γη είναι κατά μέσο όρο 50 εκατομμύρια μίλια. Για τον λόγο ότι είναι η γη και ο Άρης είναι στρογγυλοί και η τροχεία τους είναι ελλειψοειδής τότε κατά μέσο όρο δεν μένει σταθερή η απόσταση. Άρα η χρονική καθυστέρηση για να πάει και να έρθει ένα μήνυμα είναι 9 λεπτά!

Το μέσο μετάδοσης (transmission medium) είναι ο φορέας μέσα από τον οποίο λαμβάνει χώρα η μετάδοση των σημάτων π.χ. τα τηλεφωνικά καλώδια (telephone cables), τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της φωνής, οι οπτικές ίνες (fiber optics) οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων κάθε μορφής στα δίκτυα επικοινωνιών, τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων (twisted pairs) και τα ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables) που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα επικοινωνιών. Η χωρητικότητα (capacity) ενός μέσου μετάδοσης αποτελεί ένα μέτρο της δυνατότητας μεταφοράς δεδομένων από μια γραμμή επικοινωνίας, και ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς δεδομένων που υποστηρίζεται από το κανάλι, χωρίς η μετάδοση να

χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση σφαλμάτων (σε μονάδες bit ανά δευτερόλεπτο ή bps – bits per sec) το εύρος ζώνης (bandwidth) του καναλιού ορίζεται ως η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα, στην οποία η γραμμή μπορεί να μεταδώσει πληροφορίες (σε μονάδες Hz) και κάθε σύστημα έχει ένα πεπερασμένο εύρος ζώνης (finite bandwidth). Η χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης συσχετίζεται με το εύρος ζώνης και αυτό είναι ότι ένα μέσο μετάδοσης με μεγάλο εύρος ζώνης έχει αντίστοιχα και μεγάλη χωρητικότητα.

Σε κάθε εφαρμογή υπάρχει πεπερασμένο εύρος ζώνης. Τα διάφορα σήματα εκπέμπονται από κατάλληλες πηγές (sources), και χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές συχνοτήτων.

Για οικονομικούς λόγους, τα μέσα μετάδοσης είναι σχεδιασμένα να επιτρέπουν τη μετάδοση μόνο εκείνων των σημάτων των οποίων οι συχνότητες ανήκουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ζώνη συχνοτήτων. Επίσης δεν υπάρχει υλικό το οποίο να μπορείς (να σε αφήνει) να στείλεις άπειρες συχνότητες και άρα όχι άπειρο εύρος ζώνης. Επίσης αν είχαμε άπειρο εύρος ζώνης τότε δεν θα είχαμε τον νόμο της διατήρησης της ενέργειας να ισχύει, που ισχύει και άρα για αυτό δεν έχουμε άπειρο εύρος ζώνης .

Ένα παράδειγμα είναι το τηλεφωνικό δίκτυο που ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιεί συνεστραμμένα καλώδια επιτρέπεται η μετάδοση μόνο εκείνων των σημάτων των οποίων η συχνότητα βρίσκεται στο διάστημα 300 Hz έως 3400 Hz. Επομένως το εύρος ζώνης αυτού του μέσου μετάδοσης είναι 3400 Hz – 300 Hz = 3100 Hz = 3.1 KHz.

Η διαμόρφωση σήματος είναι μία διαδικασία κατά την οποία, ένα σήμα χαμηλών συχνοτήτων (baseband signal), μεταφέρεται από ένα σήμα με υψηλότερες συχνότητες που λέγεται φέρον σήμα (carrier signal).
Η συχνότητα του φορέα ονομάζεται φέρουσα συχνότητα (carrier frequency). Ο φορέας μπορεί να είναι είτε αναλογικό σήμα, είτε μια σειρά παλμών (ψηφιακό) και διαμορφώνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του σήματος χαμηλής συχνότητας που πρόκειται να μεταφέρει. Η διαμόρφωση του φέροντος σήματος, χαρακτηρίζεται από τη μεταβολή κάποιου χαρακτηριστικού του όπως είναι για παράδειγμα το πλάτος, η συχνότητά, ή η φάση του, έτσι ώστε το σήμα να περάσει μέσα από το μέσο μετάδοσης που έχει εύρος ζώνης διαφορετικό από το σήμα μας που θέλουμε να στείλουμε ώστε το μέσο να το αφήσει να περάσει. Άρα το τι γίνεται είναι η μετατροπή του σήματος μας με μια συχνότητα σε άλλη συχνότητα, διατηρώντας της ιδιότητες του ώστε να μπορεί να μεταφερθεί σε μέσα τα οποία σε κανονικές συχνότητες (όπως fm) δεν θα το αφήναν να περάσει αλλά και μπορεί αφού μεταφερθεί να μετατραπεί στην προηγούμενη συχνότητα που ήταν (Ράδιο). Άρα χρησιμοποιείται για τον λόγο ότι επιτρέπει τη μεταφορά ενός σήματος σε συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων π.χ. χρησιμοποιείται στο AM και FM ραδιόφωνο.

Λόγοι χρήσης του:

1. **Δυνατότητα εύκολης μετάδοσης του σήματος**
2. **Δυνατότητα χρήσης πολυπλεξίας**
3. **Δυνατότητα υπέρβασης των περιορισμών των μέσων μετάδοσης**
4. **Δυνατότητα εκπομπής σε πολλές συχνότητες ταυτόχρονα**
5. **Δυνατότητα περιορισμού θορύβου και παρεμβολών**

Παραδείγματα:

A. Είναι η μετάδοση καναλιών (βίντεο) σε ένα καλώδιο στην καλωδιακή τηλεόραση.
B. Είναι η μετάδοση της φωνής στο radio στα F.M.
C. Είναι η μετάδοση της φωνής στο radio στα A.M.

Στους αγωγούς, τα ζευγάρια αγωγών σε ένα καλώδιο συμπεριφέρνονται σαν καθρέφτες έτσι ώστε το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αντανακλάται συνεχώς από το έναν αγωγό στον άλλο μέχρι να φτάσει στον προορισμό του άρα τα ηλεκτρόνια μέσα στα καλώδια συμπεριφέρνονται σαν κυματοδηγοί και η αλληλεπίδραση ηλεκτρονίων και κύματος προκαλεί τριβή και απώλεια ενέργειας και συμβάλει στην εξασθένηση του σήματος. Άρα όσο πιο μακρύ είναι το καλώδιο τόσο πιο μεγάλη είναι η εξασθένιση του σήματος. Επίσης από περιβαλλοντικές παρεμβολές που προκαλούν εξασθένιση του σήματος έχουμε εξασθένηση του σήματος. Άρα καλή μόνωση βοηθά στην ελαχιστοποίηση της εξασθένησης.

Τα κέρδη που έχουμε χρησιμοποιώντας οπτικές ίνες αντίς ομοαξονικά καλώδια είναι τα εξής: Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές στις οποίες παλιότερα χρησιμοποιούνταν ομοαξονικά καλώδια δια τον λόγω του υλικού κατασκευής τους, οι οπτικές ίνες συμπεριφέρνονται σαν καθρέφτες χωρίς απώλειες. Η εξασθένιση στις οπτικές ίνες οφείλεται στην διαύγεια του υλικού. Λόγω της εξαιρετικά καλής μόνωσης οι οπτικές ίνες είναι απρόσβλητες από περιβαλλοντικές παρεμβολές που προκαλούν εξασθένιση του σήματος και άρα δεν έχουμε θόρυβο αλλά και έχουμε μεταφορά δεδομένων φτηνά σε μεγάλες αποστάσεις. Επειδή δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα στις ίνες όπως στα καλώδια με αγωγούς αλλά παρά μόνο φως, δεν υπάρχει παρεμβολή στο σήμα λόγω περιβαλλοντικών μαγνητικών πεδίων και επειδή η οπτική ίνα δεν μεταφέρει ηλεκτρικό σήμα, προτιμάται σε περιοχές υψηλού κίνδυνου εκρήξεων από σπινθήρες και δεν είναι ευαίσθητες σε υγρό περιβάλλον, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα. Επίσης προσφέρουν μόνωση στα συστήματα που συνδέουν και πολλές οπτικές ίνες μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα

καλώδιο (ενός σύρματος) επειδή οι ίνες έχουν μικρό μέγεθος και βάρος. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα δεν τα έχουν τα ομοαξονικά καλώδια.

Το DSL (Digital Subscriber Line) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με υψηλή ταχύτητα, μέσω των ήδη υφιστάμενων τηλεφωνικών γραμμών (καλώδια συνεστραμμένων ζευγών). Η επικοινωνία γίνεται ψηφιακά επιτρέποντας τη χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης για τη μεταφορά δεδομένων χρησιμοποιώντας τεχνικές διαμόρφωσης σήματος. Επίσης επιτρέπει τη χρήση ενός μέρους του εύρους για τη μεταφορά αναλογικού σήματος (φωνής), επιτρέποντας έτσι την ταυτόχρονη χρήση μιας γραμμής για τηλεφωνική σύνδεση και μετάδοση δεδομένων.

Οι λόγοι εξάπλωσης του είναι οι εξής:

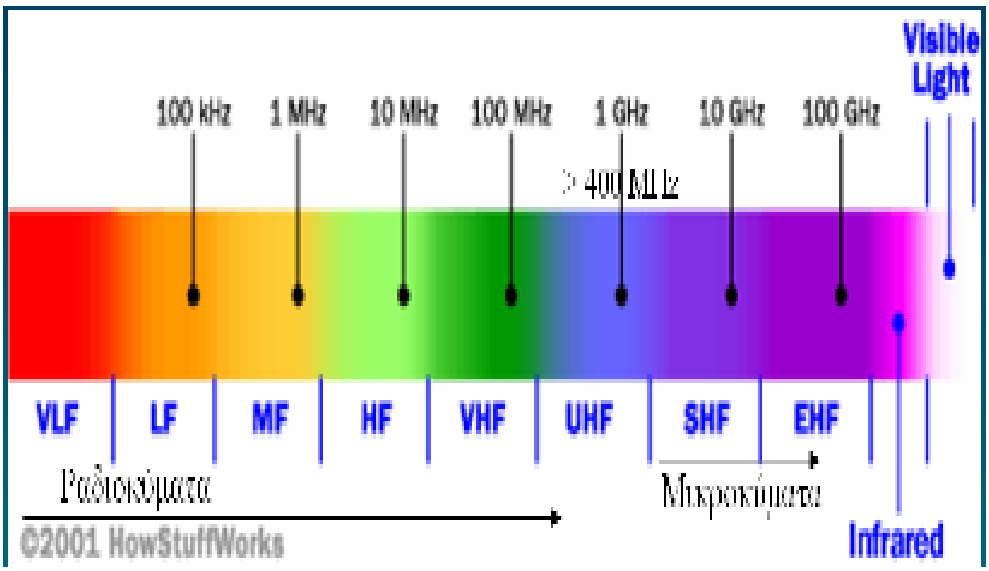
- Ταυτόχρονη πρόσβαση στο διαδύκτιο και χρήση τηλεφώνου για συνομιλία
- Η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων πολύ μεγαλύτερη από εκείνη των συνηθισμένων modem (1.5 Mbps αντί για 56 Kbps)
- Δεν χρειάζεται καινούρια καλώδια – χρησιμοποιεί την γραμμή τηλεφώνου που υπάρχει
- Η εταιρεία που παρέχει το DSL παρέχει το ειδικό modem ως μέρος της εγκατάστασης

Επίσης παραπάνω λόγοι λόγω του ADSL (Μαζί με τα πιο πάνω) είναι οι εξής:

- Μόνιμη "always on" σύνδεση, χωρίς διαδικασίες dial-up και login
- Σύνδεση χωρίς επιπρόσθετα τηλεπικοινωνιακά κόστη

Τα ραδιοκύματα και μικροκύματα.

- Κατηγορία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μεγάλη περιοχή φάσματος.
- Εκπέμπονται από κεραία εκπομπής, δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή και συλλέγονται από κεραία λήψης.



Άρα τα ραδιοκύματα είναι τα κύματα με συχνότητες έως 1GHz και συμπεριλαμβάνει τα UHF ενώ τα μικροκύματα είναι τα κύματα με συχνότητες από 1Ghz χωρίς τα UHF και πάνω. Άρα είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με διαφορετικό εύρος συχνοτήτων (VLF-UHF radio wave and SHF above micro wave). Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούμε αυτά τα κύματα είναι:

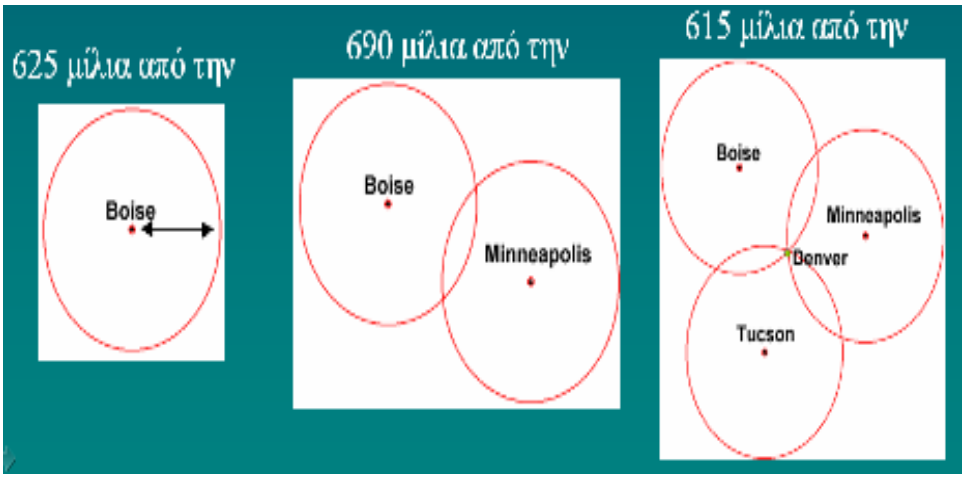
- Η ασύρματη τηλεφωνία χρησιμοποιεί ραδιοκύματα και μικροκύματα σε συχνότητες 40 – 50 MHz, 900 MHz, 1900 MHz
- Η δορυφορική επικοινωνία χρησιμοποιεί ραδιοκύματα και μικροκύματα σε συχνότητες 1,6 GHz και 20 - 30 GHz
- Εφαρμογή GPS 1575 MH

Το GPS υπολογίζει την τοποθεσία του GPS δέκτη (χρήστη) οπουδήποτε πάνω στην γη ή από πάνω από τη γη:

- γεωγραφικό πλάτος (latitude), γεωγραφικό μήκος (longitude) και υψόμετρο (elevation) από την επιφάνια της γης.

Το GPS χρησιμοποιεί δορυφόρους που έχουν τροχεία γύρω από τη γη. Έχει 24 δορυφόρους (+ 3 εφεδρικοί) σε 6 τροχιές και 4 δορυφόροι σε κάθε τροχιά, σε απόσταση 11.000 ναυτικά μίλια (20.200 Km) πάνω από τη γη με 12 ώρες για κάθε τροχιά.

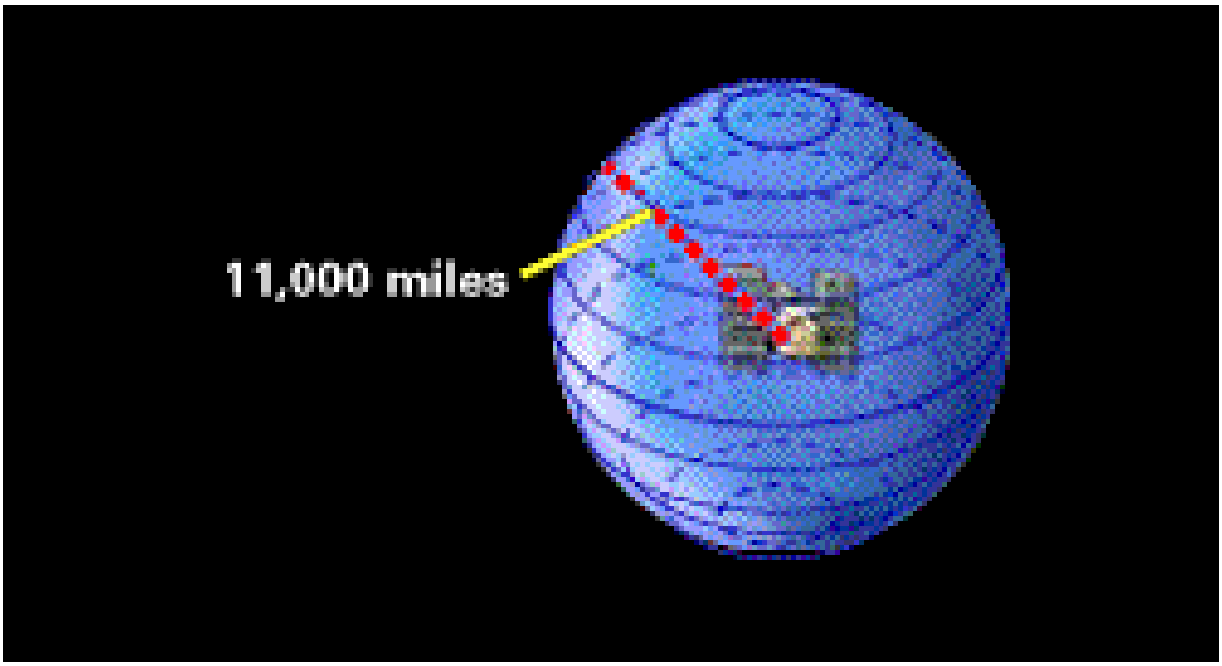
Ο υπολογισμός της τοποθεσίας ενός χρήστη βασίζεται στην μέθοδο “triangulation” (τριγωνισμός) ή “trilateration” που χρησιμοποιεί την απόσταση του χρήστη από τους δορυφρους που μπορεί να πάρει σήμα . Η απόσταση από ένα δορυφόρο υπολογίζεται από την χρονική μετάδοση του σήματος και την ταχύτητα του φωτός. Ο τριγωνισμός είναι αν ξέρεις την απόσταση από ένα σημείο τότε είσαι σίγουρος ότι βρίσκεται στον κύκλο με κέντρο εκείνο το σημείο, αν ταυτόχρονα ξέρεις την απόσταση από άλλο σημείο τότε ξέρεις ότι ανήκεις και σε εκείνο τον κύκλο με κέντρο το σημείο αυτό. Αν αυτοί οι κύκλοι έχουν κοινό σημείο ή δυο σημεία τότε ελαχιστοποίησες την θέση σου μεταξύ των κοινών σημείων/σημείου, αν ξέρουμε την απόσταση και από ένα άλλο σημείο τότε σίγουρα ξέρουμε την θέση μας. Στο gps αντίς να έχουμε κύκλους έχουμε σφαίρες αλλά και χρησιμοποιούμε 4 σημεία. Ο υπολογισμός της θέσης γίνεται από το client gps συσκευή. Δηλαδή από την συσκευή που έχει ο χρήστης για να του πει την θέση του με το να υπολογίζει τις αποστάσεις από τους δορυφόρους και τα σημεία.



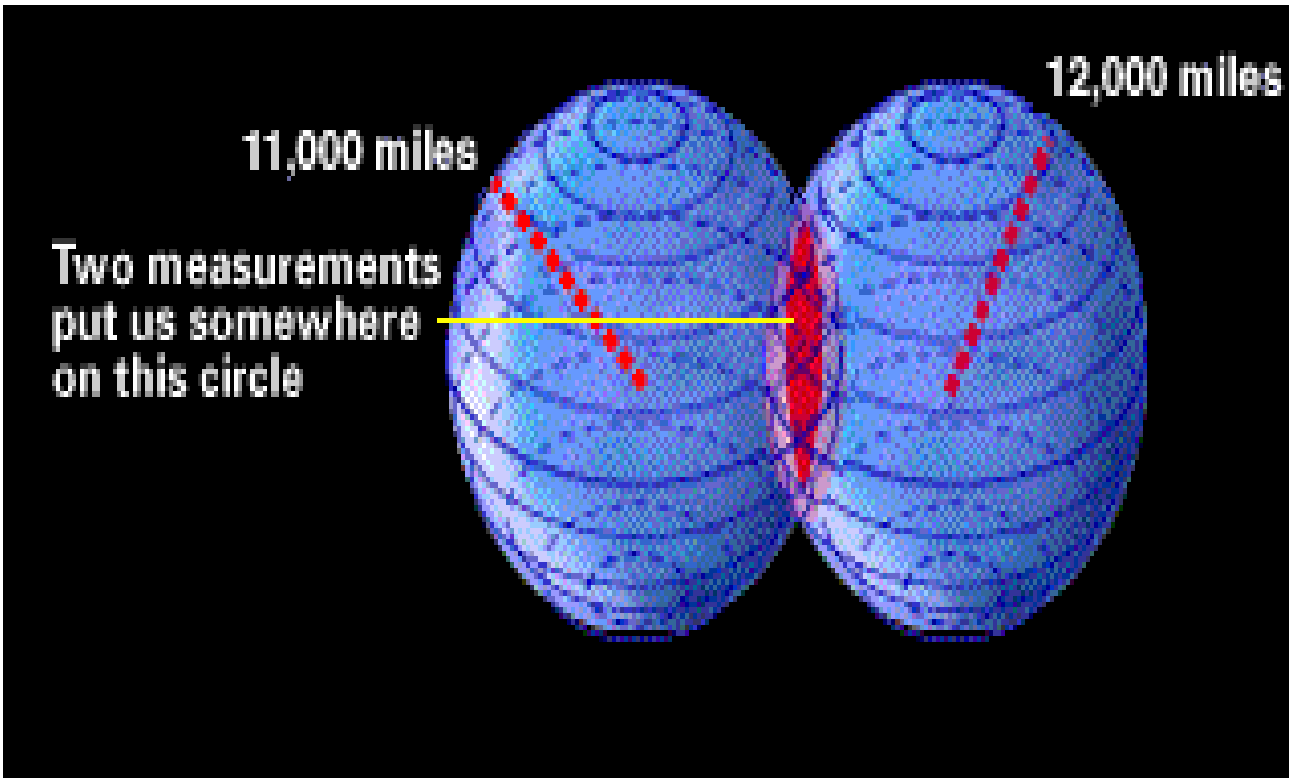
Πως το gps υπολογίζει τις αποστάσεις και τα σημεία? Ο Υπολογισμός τοποθεσίας:

Αφού ο κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα σήμα σε ένα συγκεκριμένο χρόνο, άρα ο υπολογισμός της απόστασης είναι εύκολος βάση του ότι το υπολογίζει την ώρα που πήρε το σήμα βάση της χρονικής καθυστέρησης που είχε το σήμα (Εξετάστηκε πιο πάνω). Αυτό γίνεται από όλους τους δορυφόρους που μπορεί να πάρει σήμα (Το ελάχιστο 4). Άρα μπορεί τότε να έχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται για να υπολογίσει βάση των πιο πάνω την θέση του το GPS.

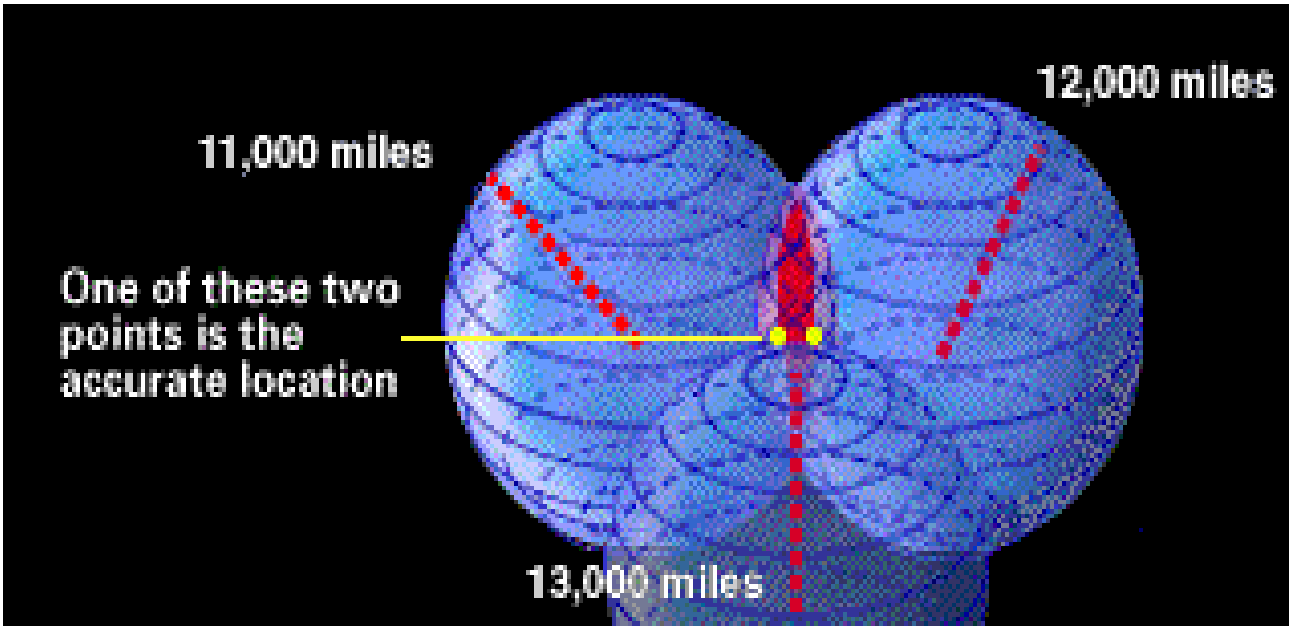
Α. Το GPS παίρνει πληροφορίες από τον πρώτο δορυφόρο.



Β. Το GPS παίρνει πληροφορίες από τον πρώτο δορυφόρο και τώρα τις συνδέει με τις πληροφορίες που πήρε από το δεύτερο.



Γ. Το GPS παίρνει πληροφορίες από τον πρώτο δορυφόρο, τις συνδέει με τις πληροφορίες που πήρε από τον δεύτερο και όλες αυτές τις συνδέει με τις πληροφορίες που πήρε τώρα από τον τρίτο.



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το GPS, όπως είδαμε στο άρθρο αυτό, παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα:
i. Προσδιορίζει με αρκετή ακρίβεια τη θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης.
ii. Οδηγεί με ακρίβεια προς ένα σημείο προορισμού.
iii. Αποθηκεύει τις θέσεις των σημείων κατά μήκος μιας διαδρομής, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στο χρήστη να γυρίσει προς τα πίσω ακολουθώντας τα σημεία αυτά.
iv. Οι μετρήσεις που κάνει δεν επηρεάζονται από τις μεταβολές του καιρού.
v. Παρέχει λεπτομέρειες ως προς την ταχύτητα που κινείται ο χρήστης και την απόσταση που έχει διανύσει ή πρόκειται να διανύσει.

αλλά, έχει και κάποια μειονεκτήματα:
i. Η ακρίβεια των στοιχείων που παρέχει το GPS εξαρτάται από το πλήθος των δορυφόρων που συνδέεται ο δέκτης. Αν αυτοί είναι λιγότεροι από τρεις, τότε οι μετρήσεις που θα κάνει θα περιέχουν μεγάλα σφάλματα.
ii. Δεν παρέχει μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση του υψομέτρου, αν και είναι καλύτερο από το αλτίμετρο στις περιπτώσεις που μεταβάλλεται ο καιρός. Η ανακρίβεια αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι οι δορυφόροι βρίσκονται πάνω από το επίπεδο του ορίζοντα. Αν ήταν δυνατόν να υπήρχε ένας δορυφόρος κάτω από αυτό το επίπεδο (το οποίο φυσικά είναι αδύνατο), τότε το GPS θα παρείχε ακριβή μέτρηση του υψομέτρου.
iii. Οι περισσότερες συσκευές λειτουργούν με δύο ή τρεις μπαταρίες τύπου ΑΑ οι οποίες επαρκούν για 4 - 10 ώρες συνεχούς λειτουργίας (σε κρύες συνθήκες ο χρόνος αυτός μειώνεται αισθητά). Αυτό σημαίνει ότι η συσκευή GPS δεν μπορεί να μένει συνεχώς ανοικτή, αλλά να τίθεται σε λειτουργία κατά διαστήματα έτσι ώστε να παραταθεί ο χρόνος ζωής των μπαταριών. Καλό είναι να χρησιμοποιείται επιλεκτικά και συνήθως

μόνο όταν η ορατότητα είναι περιορισμένη ή όταν υπάρχει αβεβαιότητα για το σημείο που βρισκόμαστε. Επίσης, δεδομένου ότι οι κατασκευαστές συστήνουν ότι από τη στιγμή που τεθεί σε λειτουργία η συσκευή απαιτείται κάποιος χρόνος για να συνδεθεί με τρεις τουλάχιστον δορυφόρους (warm-up time), ο χρόνος χρήσης της συσκευής με τις ίδιες μπαταρίες μειώνεται ακόμη περισσότερο.

Καλό είναι να μη στηριζόμαστε απόλυτα στο GPS για την πλοήγησή μας. Τα ανθρώπινα λάθη είναι δυνατά. Αν εισάγετε λανθασμένα δεδομένα θα λάβετε και λανθασμένες πληροφορίες. Το GPS βοηθά στην πλοήγηση και στον προσδιορισμό θέσεων, με την προϋπόθεση να συνδυάζεται σωστά με τον τοπογραφικό χάρτη και την πυξίδα. Ο κίνδυνος σφάλματος είναι μεγαλύτερος για κάποιον που έχει μικρή εμπειρία στον προσανατολισμό και την πλοήγηση. Σε έναν τέτοιο χρήστη, το GPS μπορεί να δώσει μία ψευδαίσθηση ασφάλειας, με αποτέλεσμα αυτός να οδηγηθεί σε απρόσμενες καταστάσεις. Σε ένα δύσκολο και τραχύ πεδίο (π.χ. βουνό), η ικανότητα να επιλέγει κάποιος μία ασφαλή διαδρομή μεταξύ δύο σημείων είναι πολύ βασική και το GPS δεν μπορεί να αντικαταστήσει ούτε να υποβαθμίσει την ικανότητα αυτή. Το GPS θα αποβεί ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια έμπειρων ατόμων στην πλοήγηση, τα οποία μπορούν να το χρησιμοποιήσουν κατάλληλα μαζί με τις υπάρχοντες τεχνικές πλοήγησης.
Η επιδεξιότητα στην πλοήγηση δίνει μία μεγάλη ικανοποίηση: το να μπορείς να βρίσκεις το δρόμο σου, μέσα σε ένα δύσβατο και δύσκολο πεδίο και με μικρή ορατότητα, χρησιμοποιώντας μόνο ένα χάρτη, μία πυξίδα και έχοντας ως σύμβουλο την εμπειρία σου είναι πολύ σημαντικό. Η χρήση του GPS, ενός τεχνολογικού εργαλείου, μπορεί, ίσως, να μειώσει την αξία αυτής της εμπειρίας.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με την εκπόνηση της εργασίας αυτής καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι χρήση των σύγχρωνων ηλεκτρονικών μέσων για την ανίχνευση πυρκαγιών σε δασικές περιοχές είναι πιο αποτελεσματική από την παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα και αποτελούν τον καλύτερο τρόπο πρόληψης κατά των πυρκγιών, πράγμα που συμβάλει στη «σωτηρία» του φυσικού μας πλούτου.

EPILOGUE

After finishing this project, the conclusions are that with the use of modern electronic means for the tracking of fire in forests is more effective than the presense of human factor and they are the best way against the fire that can save our nature.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

• ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Δεύτερη Έκδοση)
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
ΝΙΚΟΣ Ι. ΜΑΡΓΑΡΗΣ

• Προγραμματίζοντας τον Μικροελεγκτή AVR
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
DHANANJAY V. GADRE

• Open - Source Robotics and Process Control Cookbook
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Newnes
LEWIN A. R. W. EDWARDS

• Sensors and Transducers
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Newnes
IAN SINCLAIR

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

• ΕΛΕΚΤΟΡ (Απρίλιος 2001)
• ΕΛΕΚΤΟΡ (Δεκέμβριος 2003)
• RAM (Μάιος 2002)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

• ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ
Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΑΝΤΩΝΗΣ ΜΑΝΙΤΗΣ

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

• http://www.atmel.com
• http://www.elektor.gr
• http://www.science.tuc.gr/phy.html
• http://www.pysoft.com (Active Web Cam 5.5)
• http://www.netop.com (NetOp Remote Control)
• http://www.dataq.com (WINDAQ Acquisition & Waveform Browser)