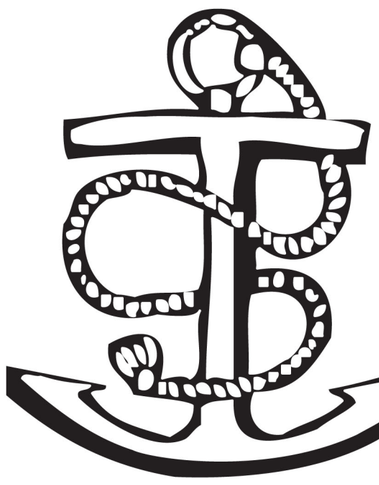


ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Αθανασίου Ηλ. Παλληκάρη

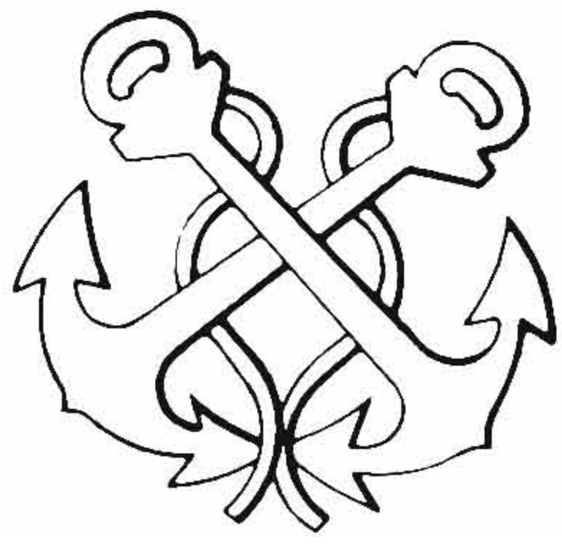
ΠΛΩΤΑΡΧΗ Π.Ν.



ΑΘΗΝΑ
1989

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

Α.Δ.Σ.Ε.Ν.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου» προείδε ενωρίτατα και σχημάτισε τη βαθιά πεποίθηση ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο του έθνους θα αποτελούσε η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας σε συνδυασμό προς την ηθική τους αγωγή.

Την πεποίθησή του αυτή τη μετέτρεψε σε γενναία πράξη ευεργεσίας, όταν κληροδότησε σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος που θα είχε ως σκοπό να συμβάλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Με το Β. Διάταγμα της 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη το Ίδρυμα Ευγενίδου και κατά την επιθυμία του διαθέτη του ανέλαβε τη διοίκηση η αδελφή του Κυρία Μαρ. Σίμου. Από τη στιγμή εκείνη άρχισαν πραγματοποιούμενοι οι σκοποί που οραματίσθηκε ο Ευγένιος Ευγενίδης και συγχρόνως η εκπλήρωση μιάς από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου.

Κατά την κλιμάκωση των σκοπών του, το Ίδρυμα πρόταξε την έκδοση τεχνικών βιβλίων τόσο για λόγους θεωρητικούς όσο και πρακτικούς. Διαπιστώθηκε πράγματι ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός των μαθητών με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν ορθά θεμέλια στην παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό.

Ειδικότερα, όσον αφορά στα εκπαιδευτικά βιβλία των μαθητών των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού, το Ίδρυμα ανέλαβε την έκδοσή τους σε πλήρη και στενή συνεργασία με τη Διεύθυνση Ναυτικής Εκπαιδεύσεως του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, υπό την εποπτεία του οποίου υπάγονται οι Σχολές αυτές.

Η ανάθεση στο Ίδρυμα έγινε με την υπ' αριθ. 61288/5031, της 9ης Αυγούστου 1966, απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και συγκροτήθηκε και η Επιτροπή Εκδόσεων.

Κυριος σκοπός των εκδόσεων αυτών είναι η παροχή προς τους μαθητές των ναυτικών σχολών ΑΔΣΕΝ και Ναυτικών Λυκείων των αναγκαίων εκπαιδευτικών κειμένων, τα οποία αντιστοιχούν προς τα μαθήματα που διδάσκονται στις Σχολές αυτές.

Επίσης ελήφθη πρόνοια, ώστε τα βιβλία αυτά νά είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν ηδη το επάγγελμα και εξελίσσονται στην ιεραρχία του κλάδου τους, χωρίς αυτό νά σημαίνει οτι επέρχεται μεταβολή στη στάθμη του περιεχομένου τους.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

Οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος κατέβαλαν κάθε προσπάθεια, ώστε τα βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια αλλά και προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες των μαθητών. Γι' αυτό και τα βιβλία αυτά έχουν γραφεί σε απλή γλώσσα και ανάλογη προς τη στάθμη της εκπαιδεύσεως για την οποία προορίζεται κάθε σειρά των βιβλίων.

Έτσι προσφέρονται στο ευρύ κοινό των καθηγητών, των μαθητών της ναυτικής μας εκπαιδεύσεως και όλους τους αξιωματικούς τού Ε.Ν. οι εκδόσεις του Ιδρύματος, των οποίων η συμβολή στην πραγματοποίηση του σκοπού του Ευγενίου Ευγενίδου ελπίζεται να είναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Γ. Αγγελόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.
Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.
Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.
Γεώργιος Σταματίου, Διευθυντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως του ΥΠΕΠΘ.
Σταμάτιος Παλαιοκρασσάς, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.
Ιωάννης Μορφονιός, Τμηματάρχης Τμήματος Β΄ Διευθύνσεως Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως.
Σύμβουλος επί των εκδόσεων του Ιδρύματος **Κωνστ. Α. Μανάφης,** καθηγητής Φιλοσοφικής Σχολής Παν/μίου Αθηνών.
Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Σ. Ανδρεάκος.**

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955 - 1959) Καθηγητής ΕΜΠ, *Άγγελος Καλογεράς* (1957 - 1970) Καθηγητής ΕΜΠ, *Δημήτριος Νιάνιας* (1957 - 1965) Καθηγητής ΕΜΠ, *Μιχαήλ Σπετσιέρης* (1956 - 1959), *Νικόλαος Βασιώτης* (1960 - 1967), *Θεόδωρος Κουζέλης* (1968 - 1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, *Παναγιώτης Χατζηιωάννου* (1977 - 1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, *Αλέξανδρος Ι. Παππάς* (1955 - 1983) Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ, *Χρυσόστομος Καβουνίδης* (1955 - 1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, *Γεώργιος Ρούσσος* (1970 - 1987) Χημ. - Μηχ. ΕΜΠ, *Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου* (1982-1984) Δρ. Μηχανολόγος - Μηχανικός.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ
(Σημειώσεις)

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΗΛ. ΠΑΛΛΗΚΑΡΗ
Πλωτάρχη Π.Ν. Υδρογράφου - Ωκεανογράφου (M.Sc.)
Καθηγητή Ανωτάτης Σχολής Ναυτικών Δοκίμων

ΑΘΗΝΑ
1989

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ.

Για τον καθορισμό του ναυτιλιακού στίγματος, εκτός από τις κλασσικές μεθόδους της ακτοπλοΐας και της αστρονομικής ναυτιλίας, ο ναυτιλόμενος μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορα ηλεκτρονικά όργανα και συσκευές, που παρέχουν την δυνατότητα προσδιορισμού του στίγματος σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και ανεξάρτητα από τις επικρατούσες συνθήκες ορατότητος.

Σήμερα η εκτέλεση του πλου μπορεί να γίνει με την χρησιμοποίηση των διαφόρων ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων και έτσι έχει δημιουργηθεί ο κλάδος της **ηλεκτρονικής ναυτιλίας.** Ο όρος ηλεκτρονική ναυτιλία είναι πολύ γενικός γιατί περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση οποιουδήποτε ναυτικού ηλεκτρονικού οργάνου ή συσκευής όπως, ραντάρ, βυθόμετρα, δρομόμετρα, γυροπυξίδες, ραδιογωνιόμετρο, συστήματα υπερβολικής - δορυφορικής - αδρανειακής ναυσιπλοΐας,ηλεκτρονικοί υπολογιστές κλπ.

Περισσότερο σαφής και συγκεκριμένος είναι ο όρος **ραδιοναυτιλία** που αφορά τον προσδιορισμό του στίγματος του πλοίου με την βοήθεια ηλεκτρονικών οργάνων τα οποία λαμβάνουν πληροφορίες που εκπέμπονται από ορισμένους σταθμούς που βρίσκονται σε γνωστά σημεία.

Οι σταθμοί από τους οποίους εκπέμπονται οι απαραίτητες για τον καθορισμό του στίγματος πληροφορίες και οι ηλεκτρονικές συσκευές (δέκτες) που βρίσκονται στο πλοίο αποτελούν τα διάφορα **ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα** ή συστήματα.

0.2 ΤΑ ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

Ανάλογα με την θέση των σταθμών από τους οποίους εκπέμπονται οι απαραίτητες για τον καθορισμό του στίγματος πληροφορίες, (άν βρίσκονται στην επιφάνεια της γης ή σε διάφορους δορυφόρους που περιστρέφονται γύρω από αυτήν), διακρίνουμε τα επίγεια και τα δορυφορικά συστήματα.

Επίγεια συστήματα είναι το ραδιογωνιόμετρο,που πρωτοεγκαταστάθηκε στα πλοία γύρω στο 1920,και τα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας, που άρχισαν να δημιουργούνται κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Το ραντάρ, με τον διαχωρισμό που κάναμε, δεν θεωρείται ραδιοναυτιλιακό σύστημα, γιατί, για την λειτουργία του δεν απαιτείται η εκπομπή πληροφοριών από σημεία εκτός του πλοίου.

Τα δορυφορικά συστήματα καθορισμού στίγματος που υπάρχουν στην διάθεση του ναυτιλόμενου είναι:

α. Το σύστημα NAVSAT/TRANSIT που δημιουργήθηκε το 1963 για αποκλειστική αρχικά χρήση του Πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ και το 1967 αποδεσμεύτηκε για ελεύθερη εμπορικά χρήση.

β. Το υπό ανάπτυξη σύστημα NAVSTAR/GPS που σήμερα λειτουργεί με περιορισμένες δυνατότητες αλλά μετά την ολοκλήρωση του σχετικού προγράμματος (γύρω στο 1990) προβλέπεται να αντικαταστήσει το NAVSAT/TRANSIT από το οποίο θα έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες.

Το σύστημα NAVSTAR/GPS λόγω των τεραστίων δυνατοτήτων του εκτιμάται ότι μετά το έτος 2000 θα εκτοπίσει όλα τα γνωστά ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα.

0.3 ΑΛΛΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

Εκτός από τα ανωτέρω ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα υπάρχουν και άλλα ηλεκτρονικά συστήματα καθορισμού στίγματος τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες εξειδικευμένες εφαρμογές (υδρογραφικές εργασίες, ναυσιπλοΐα υποβρυχίων, θαλάσσιες επιστημονικές έρευνες κλπ.)[1].

(1) Τα κυριώτερα συστήματα της κατηγορίας αυτης είναι τα εξής:

Κυκλικά: Στα συστήματα αυτά το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται από την τομή δύο κυκλικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες αποστάσεις του δέκτη από ισάριθμους σταθμούς ξηράς. Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής συνήθως έχουν μικρή εμβέλεια αλλά δίνουν πολύ μεγάλη ακρίβεια στίγματος και χρησιμοποιούνται κατά κανόνα από τα υδρογραφικά πλοία κατά τις παράκτιες υδρογραφήσεις.

Αζιμουθιακά: Στα συστήματα αυτά το στίγμα προσδιορίζεται από την τομή μίας κυκλικής και μίας ευθείας γραμμής θέσεως που προκύπτουν από την μέτρηση της αποστάσεως και διευθύνσεως του πλοίου από ένα σταθμό ξηράς. Τα συστήματα αυτά όπως και τα κυκλικά χρησιμοποιούνται κυρίως από τα υδρογραφικά πλοία.

Ακουστικά: Στα συστήματα αυτά ο καθορισμός του στίγματος γίνεται με τη λήψη ακουστικών σημάτων που εκπέμπονται από σταθμούς που βρίσκονται σε γνωστά σημεία του θαλάσσιου βυθού. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε διάφορες ωκεανογραφικές και γεωφυσικές εργασίες.

Αδρανειακά: Στα συστήματα αυτά ο καθορισμός της θέσεως του σκάφους σε τρεις διαστάσεις (υποβρυχίου ή αεροσκάφους) στηρίζεται στην μέτρηση των επιταχύνσεών του σε τρεις διεθύνσεις και στη συνέχεια στη διπλή ολοκλήρωση ως προς τον χρόνο των μετρουμένων επιταχύνσεων. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται οι μετακινήσεις του σκάφους στις διευθύνσεις των τριών αξόνων (όπως είναι γνωστό από την μηχανική, η απλή ολοκλήρωση της επιταχύνσεως ως προς τον χρόνο δίνει την ταχύτητα και η διπλή το διανυόμενο διάστημα) και στη συνέχεια οι συντεταγμένες της θέσεως του σκάφους.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ.

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.

Για την πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας των ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων είναι απαραίτητο να εξετασθούν οι βασικές αρχές στίς οποίες στηρίζεται η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα δεν διαδίδονται ευθυγράμμως και ομαλώς, αλλά υφίστανται μεταβολές της ταχύτητας διαδόσεως καθώς και εξασθένηση και κάμψη. Οι μεταβολές αυτές είναι περισσότερο ή λιγότερο έντονες ανάλογα με την συχνότητα των διαδιδόμενων κυμάτων. Ανάλογα με την συχνότητά τους, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες όπως φαίνεται στον πίνακα 1 - 1.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους σε κάποιο μέσο έχουν τις επόμενες ιδιότητες :

α. Η συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παραμένει σταθερή κατά την διάδοσή τους και ανεξάρτητη από το μέσο διαδόσεως.

β. Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται αλλά είναι σταθερή για ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

γ. Το μήκος κύματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται αλλά είναι σταθερό για ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

δ. Το πλάτος ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στην ατμόσφαιρα ελαττώνεται με την απόσταση που διανύει.

Η διάδοση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος από μία κεραία εκπομπής προς μία κεραία λήψεως μπορεί να ακολουθήσει αρκετές διαδρομές ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής, τις συνθήκες της ατμόσφαιρας, καθώς και την αγωγιμότητα της επιφάνειας του εδάφους ή της θάλασσας επάνω από την οποία διαδίδονται.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - 1

ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (f)	ΖΩΝΗ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (λ)
10KHz - 30KHz	**VLF** Very Low Frequencies (Πολύ χαμηλές συχνότες) Very Long Waves (Πολύ μικρά κύματα)	30000m - 10000m
30KHz - 300KHz	**LF** Low Frequencies (Χαμηλές συχνότητες) Long Waves (Μακρά κύματα)	10000m - 1000m
300KHz - 3MHz	**MF** Medium Frequencies (Μεσαίες συχνότητες) Medium Waves (Μεσαία κύματα)	1000 m - 100m
3MHz - 30MHz	**HF** High Frequencies (Υψηλές συχνότητες) Short Waves (Βραχέα κύματα)	100m - 10m
30MHz - 300MHz	**VHF** Very High Frequencies (Πολύ υψηλές συχνότητες) Verh short Waves (Υπερβραχέα κύματα)	10m - 1m
300MHz - 3GHz	**UHF** Ultra High Frequenciés (Υπερύψηλες συχνότητες) Decimetric Waves (Δεκατομετρικά κύματα)	1m - 0,1m
3GHz - 30GHz	**SHF** Super High Frequencies (Εξαιρετικά υψηλές συχνότητες) Centimetric Waves (Εκατοστρομετρικά κύματα)	10cm - 1cm
30GHz - 300GHz	**EMF** Extreme High Frequencies(Ακρότατα υψηλές συχνότητες) Millimetric Waves (Χιλιοστρομετρικά κύματα)	1cm - 1mm
1GHz - 2GHz	**L - band**	30cm - 15cm
2GHz - 4GHz	**S - band**	15cm - 7,5cm
4GHz - 8,2GHz	**C - band**	
8,2GHz - 12,4GHz	**X - band**	
12,4GHz - 18GHz	**Ku - band**	

Οι διαφορετικές αυτές διαδρομές φαίνονται στο σχήμα 1.1.1 και είναι:

α. **Κύμα επιφάνειας (surface wave)** που ακολουθεί την καμπυλότητα της γης και παρατηρείται συνήθως στο φάσμα των ραδιοκυμάτων (10KHz - 300MHz ή 30000 m - 1m).

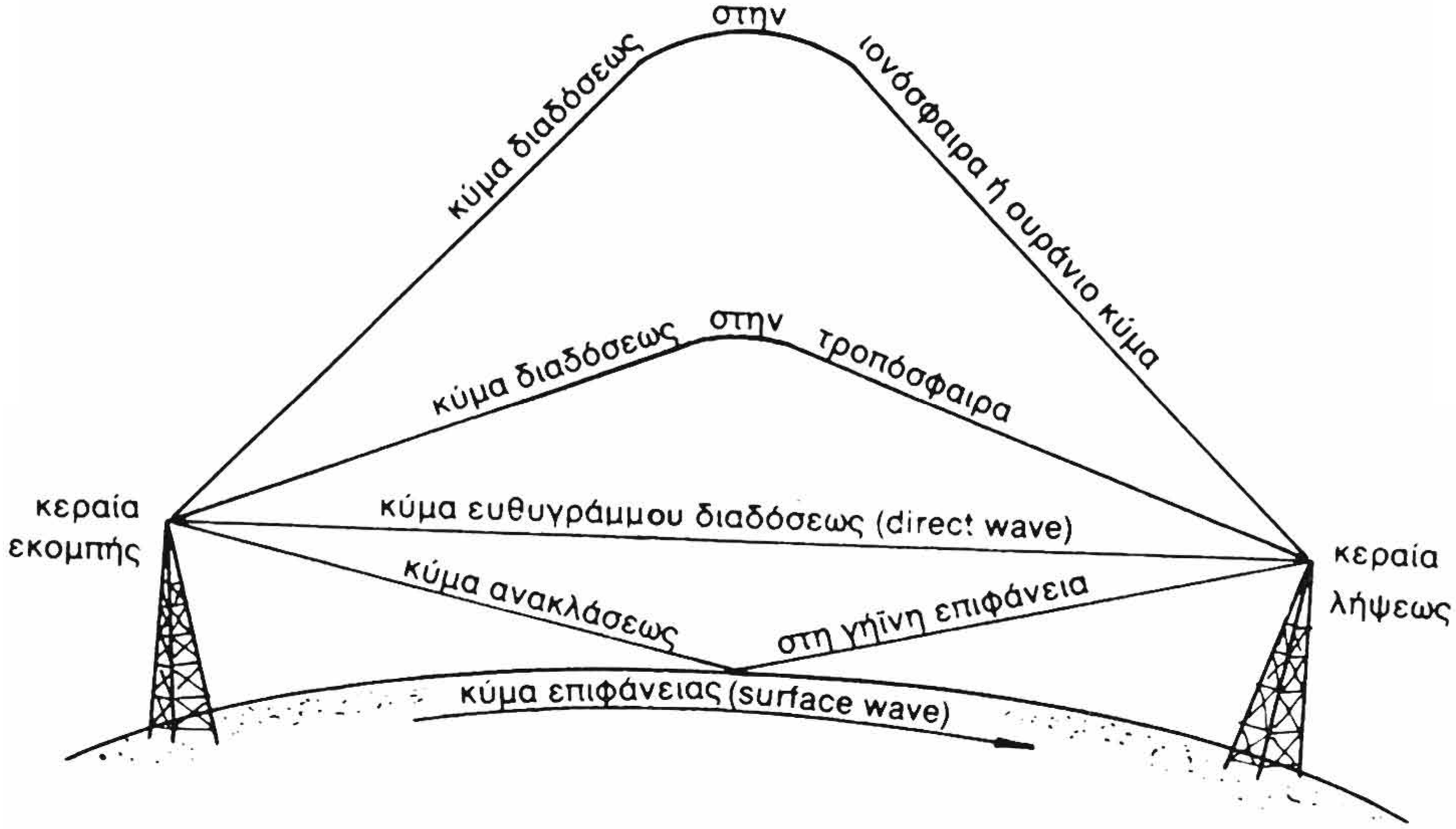
β. **Κύμα ευθυγράμμου διαδόσεως ή κύμα χώρου (direct wave ή space wave)** που παρατηρείται συνήθως στα μικροκύματα (1GHz - 3GHz ή 30cm - 10cm).

γ. **Κύμα ανακλάσεως από την γήϊνη επιφάνεια.** Η διάδοση αυτή οφείλεται στην ανάκλαση ενός κύματος ευθυγράμμου διαδόσεως στην επιφάνεια της γης.

δ. **Κύμα διαδόσεως στην τροπόσφαιρα.** Κατά την διάδοση αυτή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υφίστανται κάμψη με τα κοίλα στραμμένα προς την επιφάνεια της γης.

ε. **Κύμα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα ή ουράνιο κύμα (sky wave).**

Οι τρείς πρώτες από τις παραπάνω περιπτώσεις διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (κύμα επιφάνειας, κύμα ευθυγράμμου διαδόσεως και κύμα ανακλάσεως από την γήϊνη επιφάνεια) χαρακτηρίζονται και με τον γενικό όρο **κύμα εδάφους (ground wave)** σε αντιδιαστολή με το κύμα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα που λέγεται και **ουράνιο κύμα (sky wave).**



Σχήμα 1.1.1 Τρόποι διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

1.2 ΑΝΑΚΛΑΣΗ, ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

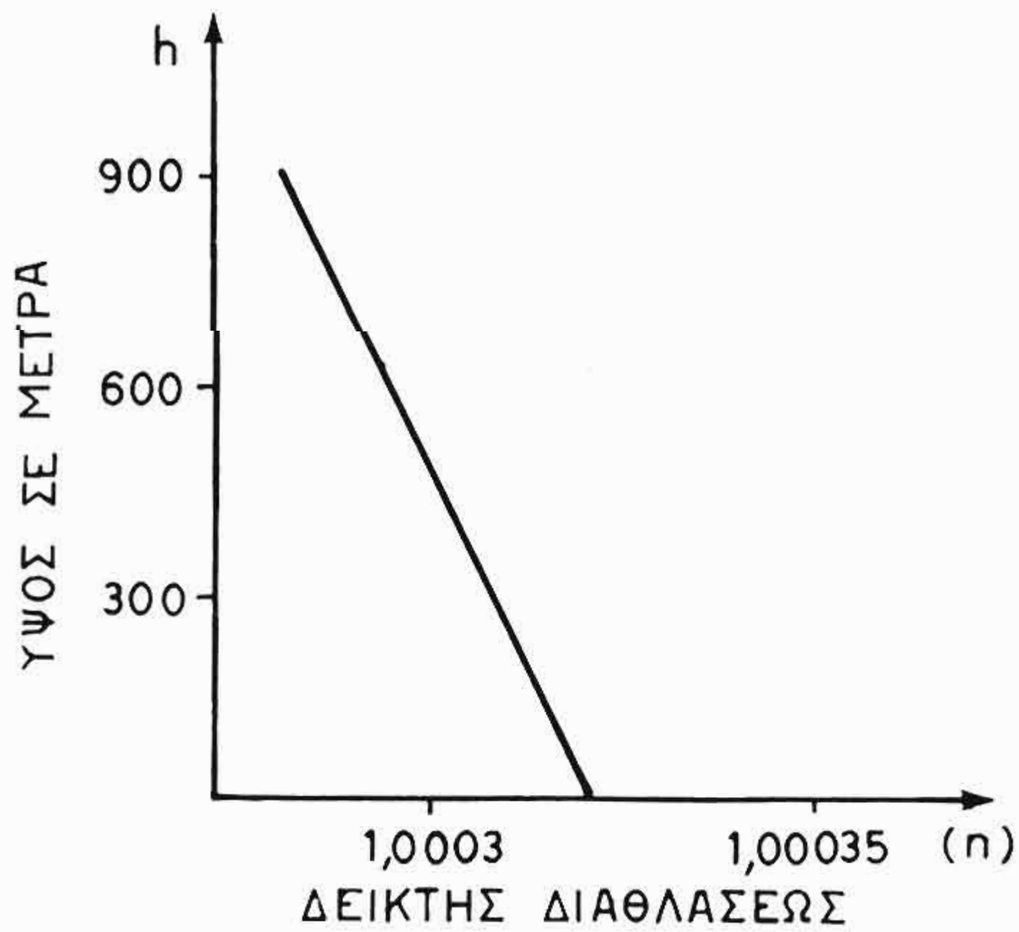
α. Ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα όταν κατά την διάδοσή τους συναντήσουν μια επιφάνεια μεγάλης αγωγιμότητας ανακλώνται σύμφωνα με τους γνωστούς νόμους της ανακλάσεως του φωτός. Άν η επιφάνεια επάνω στην οποία προσπίπτουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχει χαμηλή αγωγιμότητα (είναι κακός αγωγός) τότε δεν παρατηρείται ανάκλαση αλλά απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Τα περισσότερα υλικά έχουν την ιδιότητα να ανακλούν ένα μέρος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και να απορροφούν ένα άλλο.

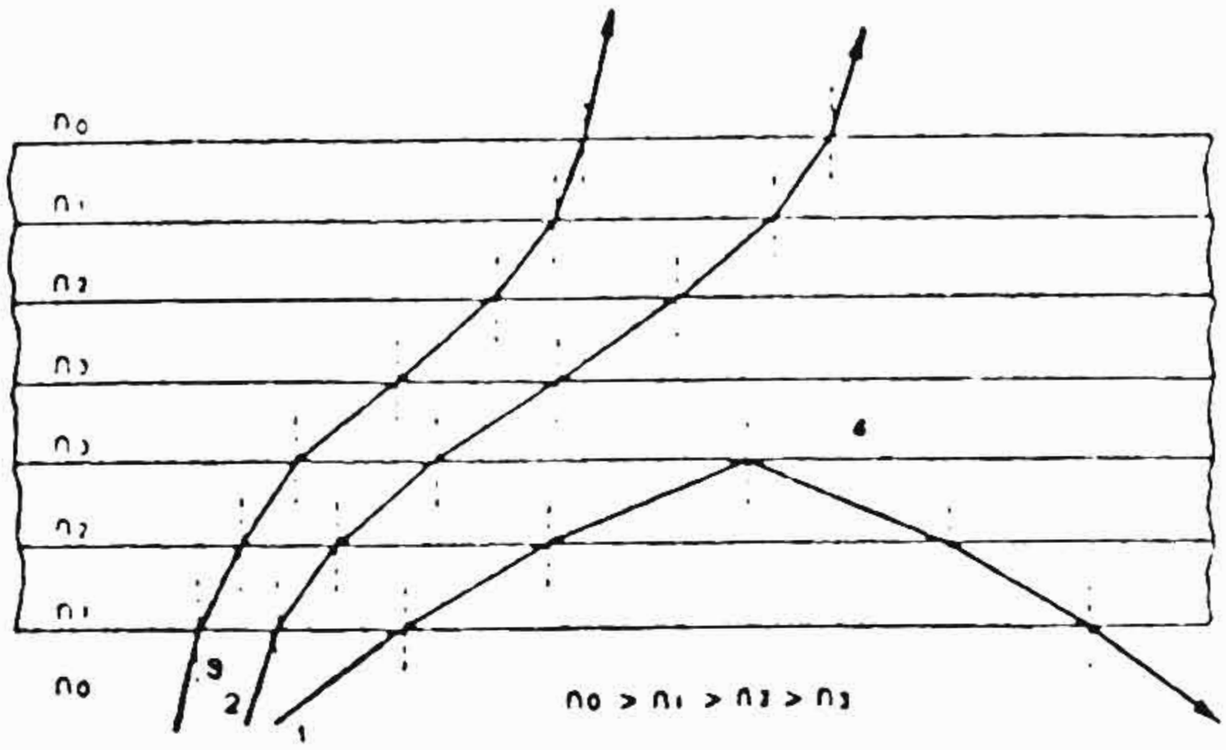
β. Διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα υφίστανται διάθλαση, αποτέλεσμα της οποίας είναι ότι η διαδρομή τους κάμπτεται με τα κοίλα στραμμένα προς την επιφάνεια της γης. Η διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από την πυκνότητα της ατμόσφαιρας και από τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

Από τις διάφορες κατηγορίες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα μικροκύματα (300 MHz - 30 GHz) υφίστανται τη μικρότερη διάθλαση και πρακτικά θεωρείται ότι διαδίδονται σχεδόν ευθυγράμμως, ενώ τα χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα διαθλώνται σε τέτοιο βαθμό ώστε κατά την διάδοσή τους ακολουθούν την καμπυλότητα της γης (βλ. §1.6).



Σχήμα 1.2.1 Μεταβολή του συντελεστή διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με το ύψος (για κανονικές συνθήκες διαδόσεως)



Σχήμα 1.2.2 Διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Ο συντελεστής διαθλάσεως (refractive index) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, **n**, ορίζεται σαν ο λόγος της ταχύτητας $\mathbf{c_o}$ διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό προς την ταχύτητα **c** διαδόσεώς τους στην συγκεκριμένη ατμόσφαιρα:

$$\mathbf{n = c_o / c} \qquad \textbf{(1-1)}$$

Σαν διαθλαστικότητα (refractivity) ορίζεται ο αριθμός **N** που δίνεται από τη σχέση:

$$\mathbf{N = (n - 1)\times 10^6}$$

Αμφότεροι οι αριθμοί **n** και **N** αυξάνουν με την πυκνότητα.

Τυπικές τιμές των αριθμών αυτών για ατμόσφαιρα που αντιστοιχεί στην επιφάνεια της θάλασσας είναι:

$$\mathbf{n = 1{,}000320}$$
$$\mathbf{N = 320}$$

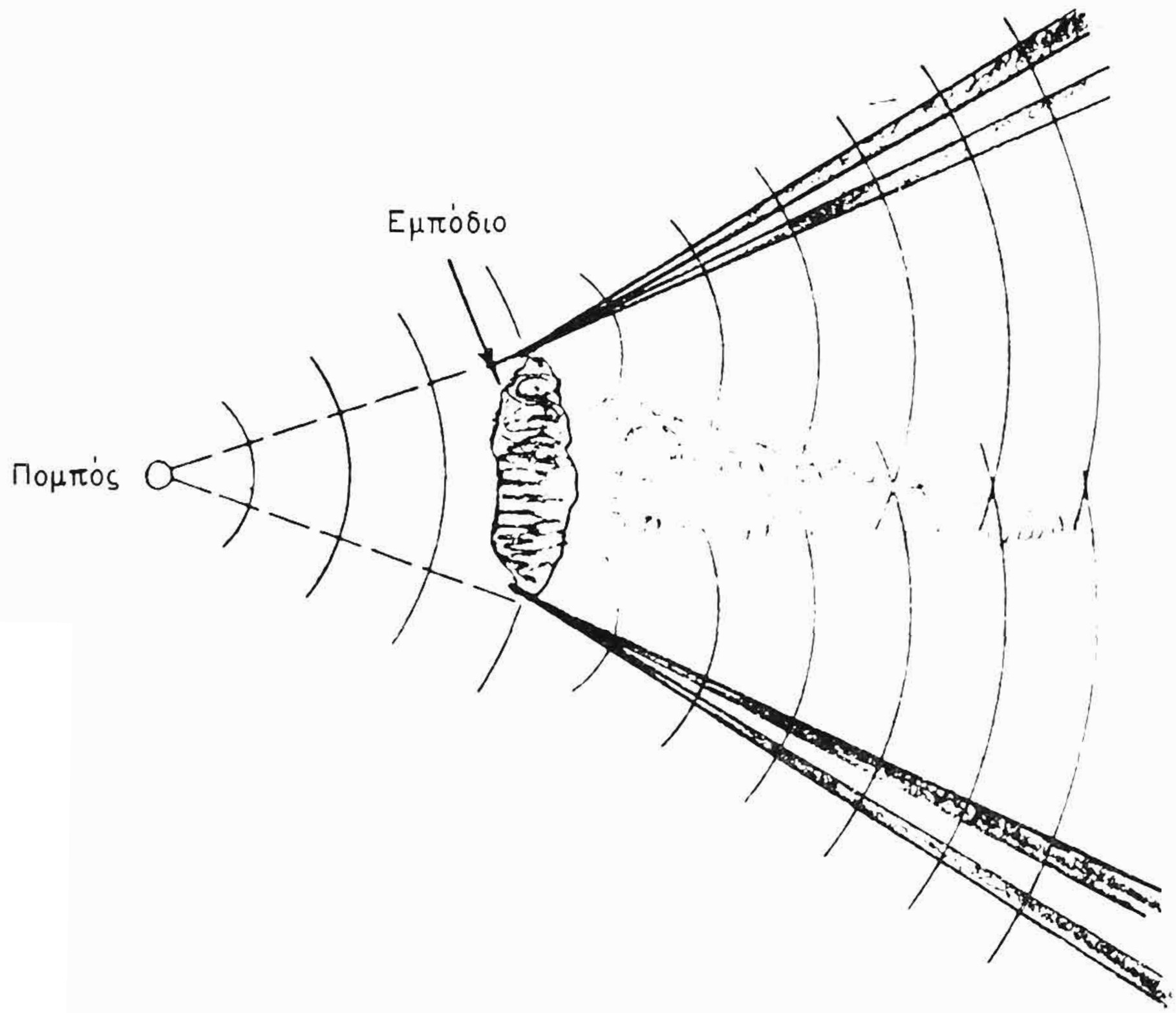
Λόγω της διαθλάσεώς τους, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους στην τροπόσφαιρα υφίστανται κάμψη με τα κοίλα στραμένα προς την επιφάνεια της γης και ακολουθούν διαδρομή που αντιστοιχεί σε τόξο κύκλου ακτίνας ίσης με τα 3/4 της γήϊνης ακτίνας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αποτελεί η διάθλαση που παρατηρείται όταν αυτά διασχίζουν την ακτογραμμή (επειδή ο δείκτης διαθλάσεώς τους έχει διαφορετική τιμή για ατμόσφαιρα που βρίσκεται επάνω από ξηρά και επάνω από θάλασσα). Το φαινόμενο αυτό, που λέγεται παράκτια διάθλαση, ορισμένες φορές δημιουργεί σημαντικά σφάλματα σε ορισμένα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα, αλλά μηδενίζεται όταν η διεύθυνση διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι κάθετη προς την ακτογραμμή.

γ. Περίθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Όταν κατά την διάδοσή τους τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ανακλώνται ή απορροφώνται και επομένως πίσω από το εμπόδιο δημιουργείται ένας τομέας σκιάς στον οποίο δεν φθάνουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Εν τούτοις, λόγω του φαινομένου της περιθλάσεως (diffraction) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, στον τομέα σκιάς διαδίδονται οι δευτερεύουσες ακτίνες του κύματος, που προέρχονται κυρίως από τα άκρα του εμποδίου αλλά και από άλλα σημεία του διαδομένου κύματος (αρχή του Huygens).

Η περίθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας



Σχήμα 1.2.3 Περίθλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

1.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται. Η μεγαλύτερη τιμή της ταχύτητας διαδόσεώς των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρατηρείται κατά την διάδοσή τους στο κενό και ισούται με:

$$c_o = 299\,712\,458 \text{ m/sec} \qquad (1\text{-}3)$$

Στην πράξη η ακριβής τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται έμμεσα από την εξίσωση (1-2) με προσδιορισμό της τιμής της παραμέτρου **n** ή **N** που προσδιορίζεται με μετρήσεις της πιέσεως, της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Ο πίνακας 1 - 2 δίνει αντιπροσωπευτικές τιμές της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επάνω από διάφορα είδη εδάφους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - 2

ΤΙΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΕΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

	ΜΕΣΟ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ	**ΤΑΧΥΤΗΤΑ** (Km/sec)
	Κενό	299 792
Επάνω από:	Θαλάσσιο νερό	299 350 - 299 670
	Γλυκό νερό	299 250 - 299 350
	Καλλιεργήσιμη γη	299 400
	Ξερό αμμώδες έδαφος	298 900
	Ορεινό ή βραχώδες έδαφος	298 800

1.4 ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στον χώρο με την μορφή σφαιρικών κυμάτων και για το λόγο αυτό η έντασή τους υφίσταται μια εξασθένηση (attenuation) αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της αποστάσεως από την κεραία εκπομπής (σχήμα 1.4.1)

Εκτός από την παραπάνω εξασθένηση, που δημιουργείται λόγω της σφαιρικής διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, παρατηρείται και εξασθένηση, που οφείλεται στην απορρόφηση (absorption) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων λόγω της αγωγιμότητας της γήϊνης επιφάνειας.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά την διάδοσή τους επάνω από την επιφάνεια της γης εισχωρούν στο έδαφος (ή το νερό) και απορροφώνται ανάλογα με την αγωγιμότητα του υλικού επάνω από το οποίο διαδίδονται. Σαν γενική αρχή ισχύει ότι :

α. σε ένα κακό αγωγό δημιουργείται μεγαλύτερη απορρόφηση από ότι σε ένα καλό αγωγό

β. όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος τόσο μικρότερη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται.

Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται, κατά σειρά αυξανόμενης αγωγιμότητας, διάφορες κατηγορίες γήϊνης επιφάνειας:

Χαμηλή αγωγιμότητα (μεγάλη απορρόφηση)				Υψηλή αγωγιμότητα (μικρή απορρόφηση)		
Βιομηχανικές περιοχές	Βραχώδες έδαφος	Ξερή άμμος	Καλλιεργημένο έδαφος	Υγρό έδαφος	Γλυκό νερό	Θαλάσσιο νερό

1.5 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΟΣΦΑΙΡΑ

Η σημασία της ιονόσφαιρας στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι καθοριστική, γιατί χωρίς την επίδρασή της πολλά ηλεκτρομαγνητικά κύματα,που εκπέμπονται από ένα σημείο της γης,αντί να φθάσουν (διαθλώμενα ή ανακλώμενα) σε κάποιο άλλο σημείο της γήϊνης επιφάνειας,θα διέφευγαν προς το διάστημα.

Η ιονόσφαιρα αποτελεί το στρώμα της ατμόσφαιρας μεταξύ 50 και 500 περίπου χιλιομέτρων ύψους,που έχει μία μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα (σχήμα 1.5.1). Τα ιόντα αυτά δημιουργούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου και για τον λόγο αυτό, ο ιονισμός της ατμόσφαιρας είναι περισσότερο έντονος στα μεγάλα ύψη. Η ιονόσφαιρα υφίσταται ορισμένες διακυμάνσεις που οφείλονται στην διαφορετική ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου σε διάφορους χρόνους. Οι κυριώτερες από *τις διακυμάνσεις αυτές είναι:*

α. Ημερήσια διακύμανση (ημέρα - νύκτα)

β. Εποχιακή διακύμανση (καλοκαίρι - χειμώνας)

γ. Διακύμανση που ακολουθεί τον (ανά 11,3 έτη) κύκλο των ηλιακών κηλίδων.

δ. Μεταβολές που ακολουθούν τις μαγνητικές καταιγίδες.

Η ιονόσφαιρα αποτελείται από τέσσερα ξεχωριστά ιονοσφαιρικά στρώματα,που είναι τα εξής :

α. **Το ιονοσφαιρικό στρώμα D**, που δημιουργείται σε ύψος 55 - 110km περίπου μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας με μέγιστη ένταση κατά τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες. Το ιονοσφαιρικό στρώμα **D** κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών

και μεσαίων συχνοτήτων (HF και MF) και ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών και πολύ χαμηλών συχνοτήτων (LF και VLF).

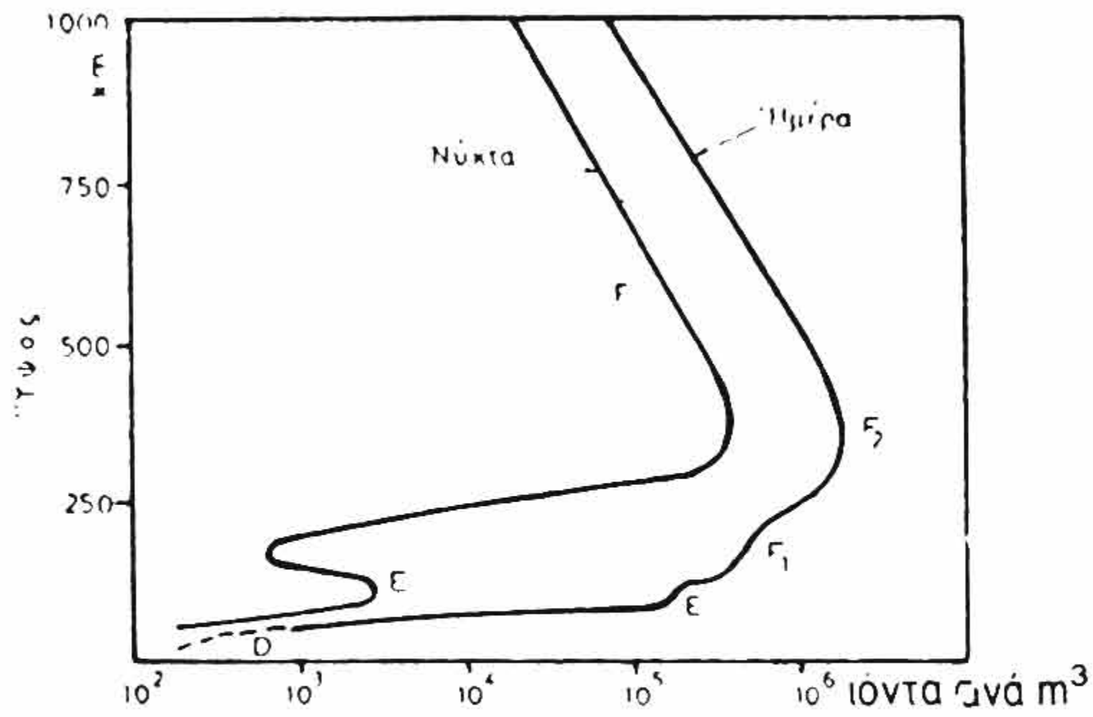
β. **Το ιονοσφαιρικό στρώμα E** παρατηρείται σε ύψος 110 - 165km περίπου κατά την διάρκεια ημέρας και νύχτας· έχει μεγαλύτερη ένταση από το στρώμα **D** και για το λόγο αυτό δημιουργεί διάθλαση και των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων. Εν τούτοις, λόγω της κατά την ημέρα απορροφήσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων από το στρώμα **D**, ο σχηματισμός ουρανίων κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων είναι δυνατός μόνο κατά τη νύχτα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών συχνοτήτων ανακλώνται κατά τη νύχτα από το στρώμα **E** (και κατά την ημέρα από το στρώμα **D**). Ορισμένες φορές, κατά τη διάρκεια της νύχτας, είναι δυνατό το ιονοσφαιρικό στρώμα **E** να εξασθενήσει τόσο πολύ ώστε πρακτικά να θεωρείται ότι εξαφανίσθηκε.

γ. **Το ιονοσφαιρικό στρώμα F_1**, που σχηματίζεται κατά την ημέρα σε ύψος 165 - 220km περίπου. Το στρώμα αυτό έχει πολύ μεγάλη ένταση και μπορεί να διαθλάσει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών συχνοτήτων (εφ' όσον δεν έχουν απορροφηθεί από τα στρώματα **D** και **E**).

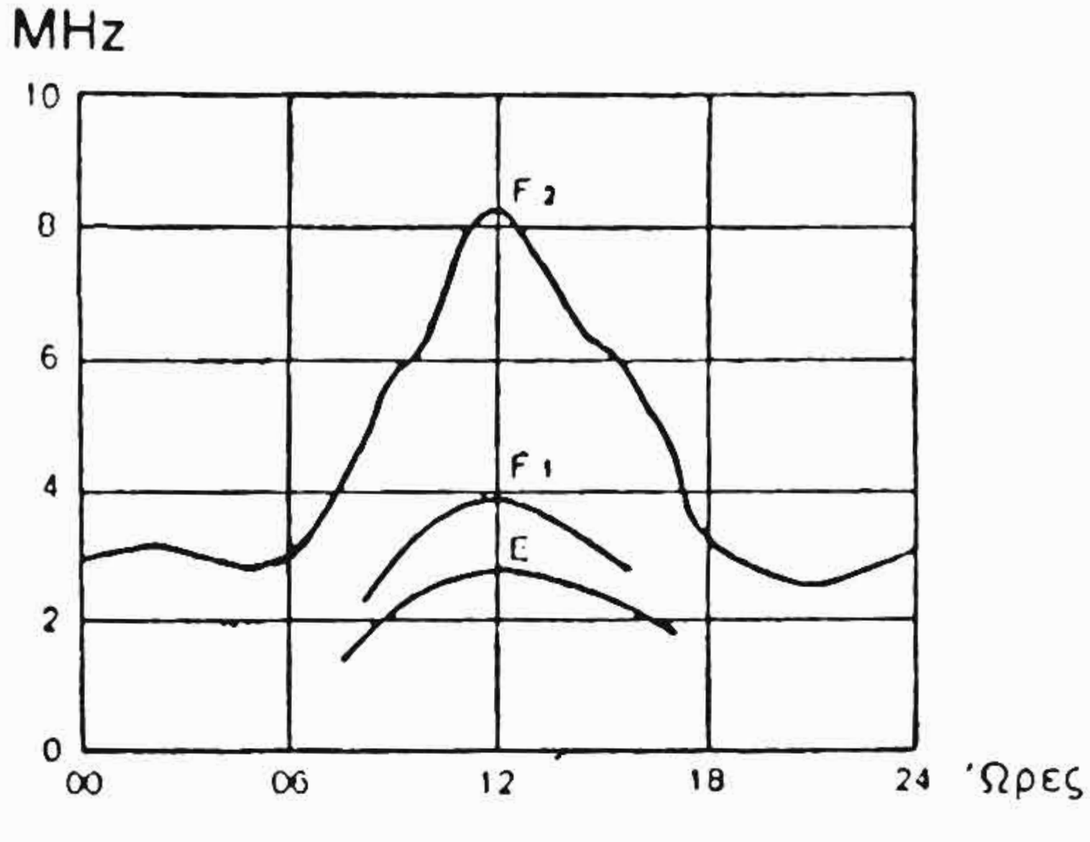
δ. **Το ιονοσφαιρικό στρώμα F_2** σχηματίζεται κατά την ημέρα σε ύψος 220 - 360km περίπου. Το στρώμα αυτό έχει τον μεγαλύτερο ιονισμό και μπορεί να ανακλάσει ακόμα και ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών συχνοτήτων (HF), αρκεί αυτά να μην έχουν απορροφηθεί από τα στρώματα **D** και **E** (φαινόμενο, που είναι πιθανό να συμβεί μόνο κατά την νύκτα, όταν δεν υπάρχει στρώμα **D** και είναι πιθανό να έχει εξαφανισθεί και το στρώμα **E**).

Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα ιονοσφαιρικά στρώματα F_1 και F_2 δημιουργούν ένα ενιαίο στρώμα που λέγεται **F.**

Σε κάθε ιονοσφαιρικό στρώμα παρατηρείται μια αύξηση του ιονισμού με το ύψος, ο οποίος λαμβάνει μία μεγίστη τιμή και στη συνέχεια ελαττώνεται (σχήμα 1.5.1).



Σχήμα 1.5.1 Ύψος σχηματισμού και πυκνότητα ιονισμού των ιονοσφαιρικών στρωμάτων

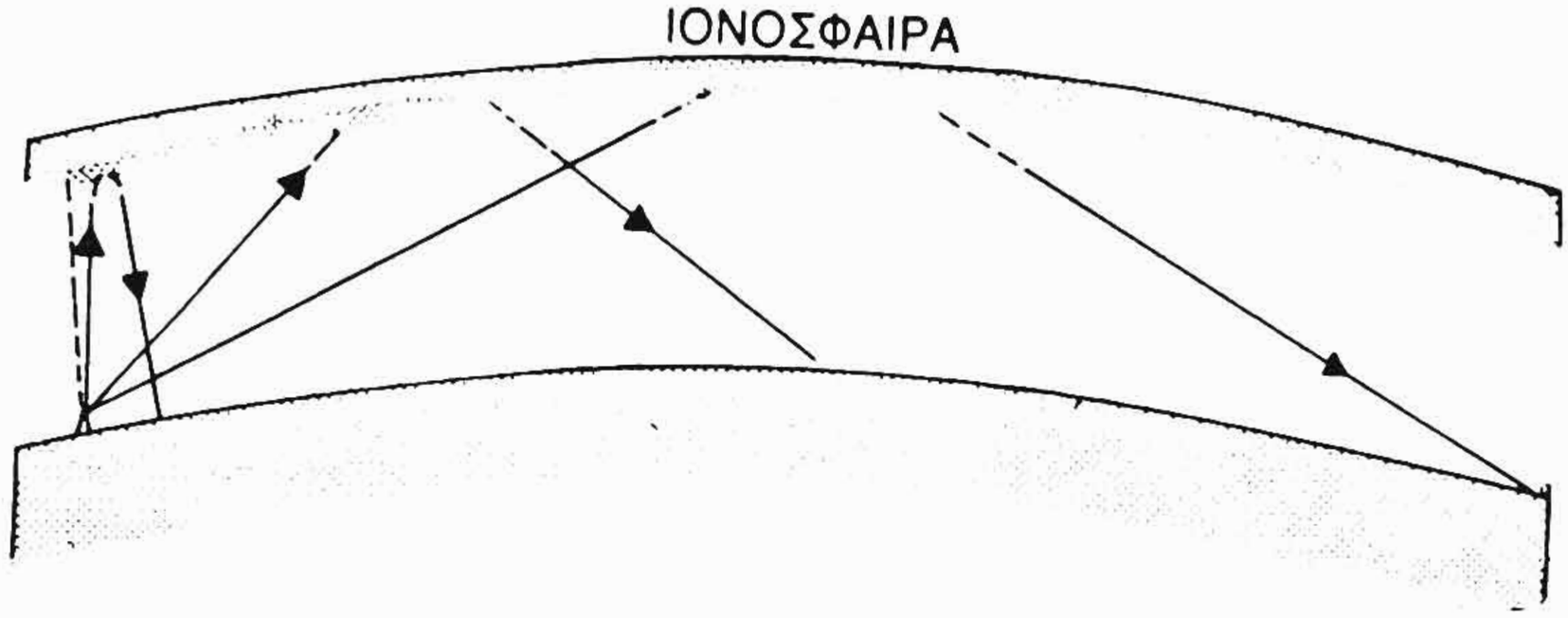


Σχήμα 1.5.2 Κρίσιμες συχνότητες των ιονοσφαιρικών στρωμάτων σε διάφορες ώρες της ημέρας

Η αντίστοιχη μεταβολή του συντελεστή διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων γίνεται ως εξής : Κατ'αρχήν ελαττώνεται, φθάνει σε μία ελάχιστη τιμή και στη συνέχεια αυξάνεται. Ανάλογα με την γωνία προσπτώσεώς τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαθλώνται και ακολουθούν διαδρομές ανάλογες με αυτές του σχήματος 1.2.2. Εν τούτοις, επειδή ο συντελεστής διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από την συχνότητά τους, οι διαδρομές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα διαφέρουν ανάλογα με την συχνότητα. Αν η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι πολύ χαμηλή, ανεξάρτητα από την γωνία προσπτώσεως στο ιονοσφαιρικό στρώμα (ακόμη και αν αυτή είναι μηδέν), το ηλεκτρομαγνητικό κύμα λόγω της μεγάλης του διαθλάσεως επιστρέφει πίσω προς την επιφάνεια της γης (δηλαδή το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ανακλάται στην ιονόσφαιρα). Η μέγιστη συχνότητα για την οποία παρατηρείται επιστροφή στο έδαφος ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που εκπέμπεται κατακόρυφα προς ένα ιονοσφαιρικό στρώμα, λέγεται **κρίσιμη συχνότητα** του συγκεκριμένου ιονοσφαιρικού στρώματος. Η κρίσιμη συχνότητα εξαρτάται από το βαθμό ιονισμού του στρώματος.

Στο σχήμα 1.5.2 φαίνονται οι κρίσιμες συχνότητες για τα στρώματα **E**, $\mathbf{F_1}$ και $\mathbf{F_2}$ για μία χειμερινή ημέρα.

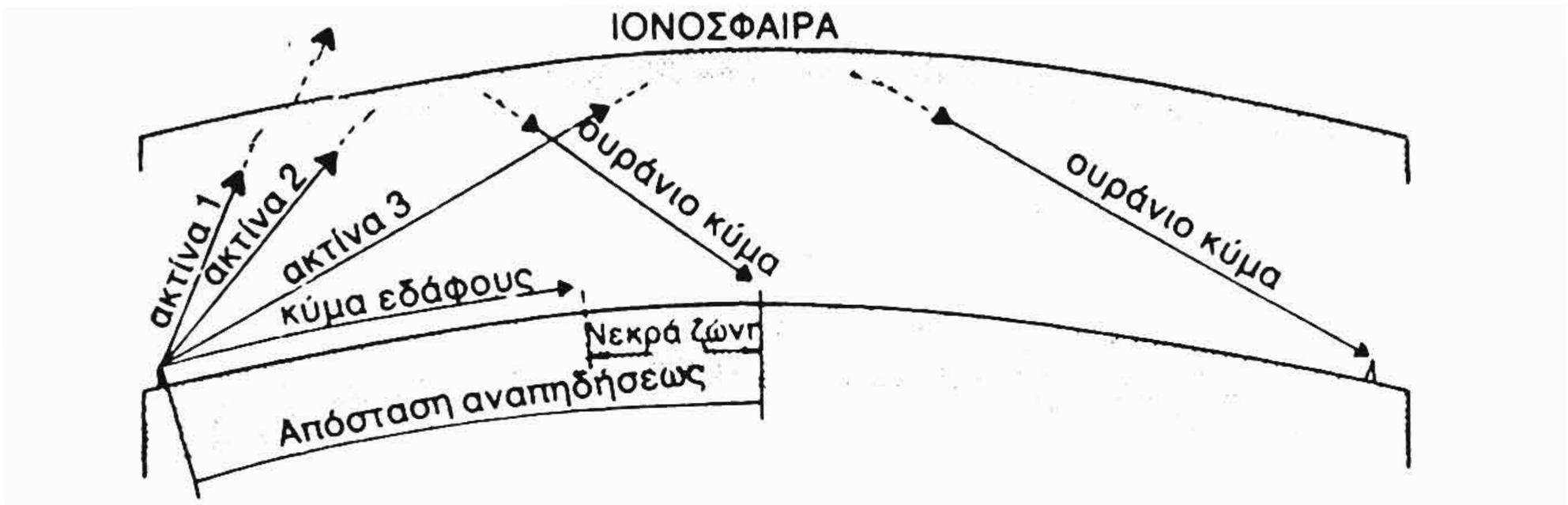
Για την πληρέστερη κατανόηση της σημασίας της ιονόσφαιρας στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ας εξετάσουμε τις εξής περιπτώσεις διαδόσεως:



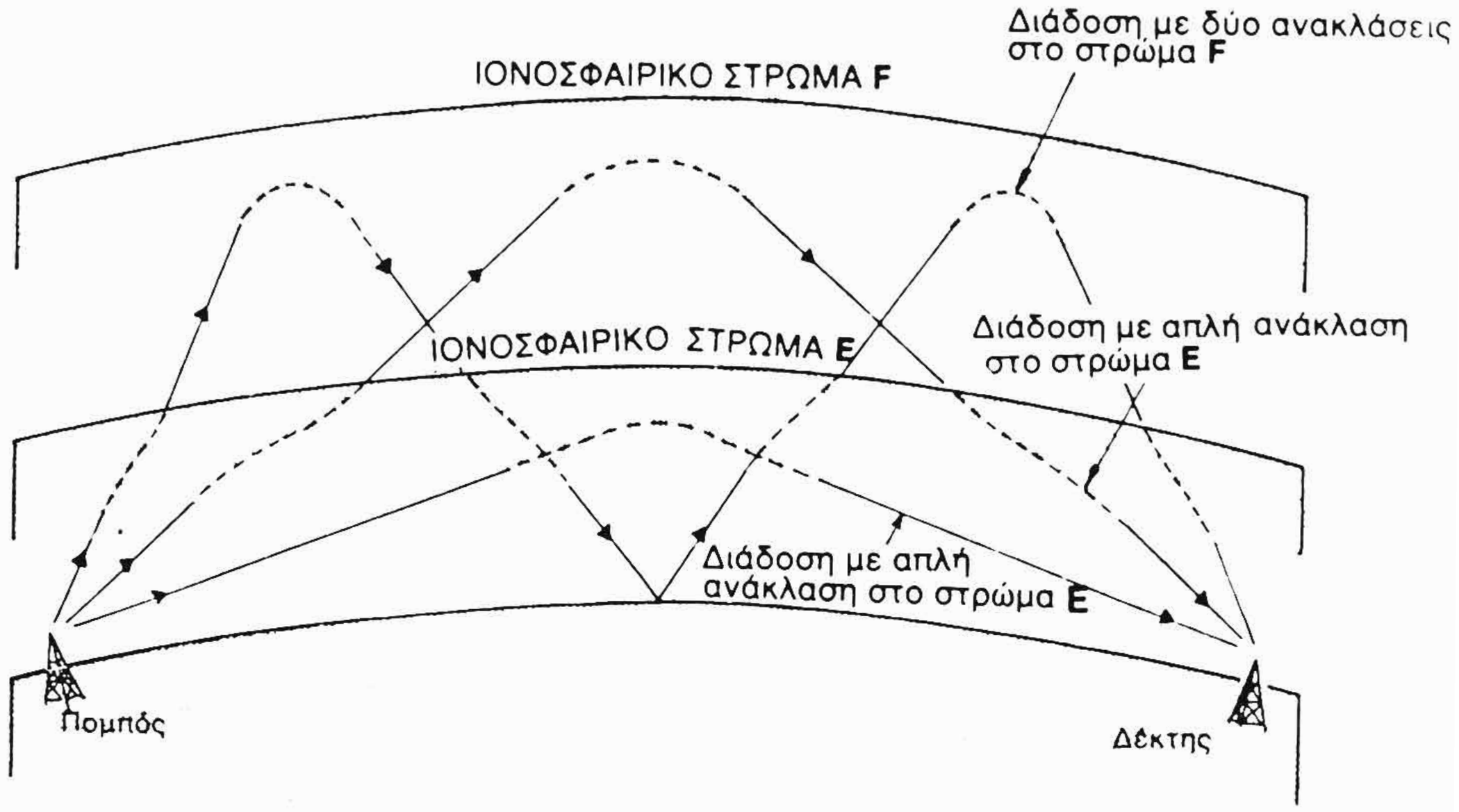
Σχήμα 1.5.3 Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όταν η συχνότητα εκπομπής είναι μικρότερη από την κρίσιμη συχνότητα

Όταν η συχνότητα εκπομπής είναι χαμηλότερη από την κρίσιμη συχνότητα του ιονοσφαιρικού στρώματος, όλα τα εκπεμπόμενα κύματα επιστρέφουν στην επιφάνεια της γης ανεξάρτητα από την γωνία προσπτώσεώς τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα (σχήμα 1.5.3)

Όταν η συχνότητα εκπομπής είναι υψηλότερη από την κρίσιμη συχνότητα του ιονοσφαιρικού στρώματος, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που διαδίδονται προς την ιονόσφαιρα, κάμπτονται και επιστρέφουν προς την επιφάνεια της γης, όταν η γωνία προσπτώσεως τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που λέγεται κριτική γωνία. Απόσταση αναπηδήσεως (skip distance) λέγεται η επί της επιφάνειας της γης απόσταση μεταξύ της κεραίας εκπομπής και του πλησιέστερου σε αυτήν σημείου της γήϊνης επιφάνειας, που λαμβάνεται ουράνιο κύμα (σχήμα 1.5.4). Εάν η εμβέλεια του κύματος εδάφους είναι μικρότερη από την απόσταση αναπηδήσεως, τότε η ενδιάμεση περιοχή αποτελεί τη νεκρά ζώνη (skip zone).



Σχήμα 1.5.4 Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όταν η συχνότητα εκπομπής είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη συχνότητα



Σχήμα 1.5.5 Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με ανακλάσεις στα διάφορα ιονοσφαιρικά στρώματα

Ένα εκπεμπόμενο από κάποιο σημείο της γης ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι δυνατό να φθάσει σε ορισμένα σημεία της γήϊνης επιφάνειας μετά από απλή ή πολλαπλή ανάκλαση σε ένα ή περισσότερα ιονοσφαιρικά στρώματα (σχήμα 1.5.6).

1.6 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ

1.6.1 Πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF)

Τα ραδιοκύματα των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (από 30KHz μέχρι 10KHz) διαδίδονται στο στρώμα της ατμόσφαιρας, που περιέχεται μεταξύ της γήϊνης επιφάνειας και της ιονόσφαιρας. Τα κύματα αυτά συνήθως διαδίδονται με την μορφή κύματος επιφάνειας σε πολύ μεγάλες αποστάσεις που φθάνουν τα 8000 μίλια. Τα ουράνια κύματα VLF προέρχονται από ανάκλαση στο κάτω στρώμα της ιονόσφαιρας κατά την οποία δεν υφίστανται σημαντική απώλεια ενέργειας, ενώ κατά την εν συνεχεία ανάκλασή τους στην γήϊνη επιφάνεια, ιδιαίτερα στην ξηρά, υφίστανται σημαντική απορρόφηση.

Στα ραδιοκύματα VLF παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της περιθλάσεως. Τα κύματα αυτά έχουν την ιδιότητα να διεισδύουν στην επιφάνεια της γης (ξηρά και θάλασσα) και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για την μετάδοση σημάτων σε υποβρύχια που βρίσκονται σε κατάδυση.

Για την καλύτερη διάδοση των ραδιοκυμάτων VLF απαιτούνται κεραίες τεραστίων διαστάσεων της τάξεως του μισού του μήκους κύματος(1). Στην πραγματικότητα όμως, χρησιμοποιούνται κεραίες μικρότερων διαστάσεων από αυτές που απαιτούνται κανονικά, με αποτέλεσμα οι εκπομπές να γίνονται με μεγάλη απώλεια ισχύος.

Από τα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα, στις συχνότητες VLF λειτουργεί το υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος OMEGA, κατά την εξέταση του οποίου (κεφ. 5) θα αναπτυχθούν και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαδόσεως των ραδιοκυμάτων VLF.

1.6.2 Χαμηλές Συχνότητες (LF)

Τα ραδιοκύματα των χαμηλών συχνοτήτων LF (30 έως 300KHz) κατά την διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα υφίστανται μεγαλύτερες απώλειες από τα κύματα VLF, το φαινόμενο της περιθλάσεως είναι λιγότερο έντονο και η ανάκλασή τους στην ιονόσφαιρα συνοδεύεται από μεγαλύτερες απώλειες.

Τα ραδιοκύματα LF διαδίδονται τόσο με κύματα εδάφους όσο και με ουράνια κύματα. Η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους φθάνει τα 1000 περίπου χιλιόμετρα, ενώ τα ουράνια κύματα διαδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις μέσω διαδοχικών ανακλάσεων στην ιονόσφαιρα και την επιφάνεια της γης (σχήμα 1.5.6).

Στην περίπτωση της διαδόσεως με διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα και την γήϊνη επιφάνεια παρατηρούνται μεγάλες απώλειες σε κάθε μία ανάκλαση στην γήϊνη επιφάνεια και σημαντικές στις αντίστοιχες ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα.

Ευνοϊκότερες συνθήκες διαδόσεως των ραδιοκυμάτων LF παρατηρούνται κατά την διάρκεια του χειμώνα (από αυτές που παρατηρούνται το καλοκαίρι). Επίσης κατά την διεύθυνση των μεσημβρινών παρατηρούνται ευνοϊκότερες συνθήκες διαδόσεως από αυτές που παρατηρούνται κατά την διεύθυνση των παραλλήλων.

Τα κυριώτερα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα που λειτουργούν σε συχνότητες LF είναι το ραδιογωνιόμετρο (κεφ. 2), το LORAN - C (κεφ. 4) και το DECCA (κεφ. 6).

Για την επίτευξη ακρίβειας στίγματος μεγαλύτερης από μισό μίλι, πρέπει να χρησιμοποιούνται κύματα εδάφους. Εν τούτοις, η χρησιμοποίηση ουρανίων κυμάτων μιας ανακλάσεως στην ιονόσφαιρα δίνει στίγμα μικρότερης μεν ακρίβειας από αυτήν των κυμάτων εδάφους, αλλά εντός των παραδεκτών ορίων της ναυτιλίας.

---

(1) Τα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στις συχνότητες 30KHz και 10KHz είναι 10Km και 30Km αντιστοίχως. Για την καλλίτερη εκπομπή αυτών των συχνοτήτων απαιτείται κατακόρυφη κεραία ύψους 5Km και 15Km αντιστοίχως.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

1.6.3 Μεσαίες Συχνότητες (MF 300KHz - 3MHz)

Τα ραδιοκύματα μεσαίων συχνοτήτων (300KHz - 3MHz) διαδίδονται τόσο με κύματα εδάφους,όσο και με ουράνια κύματα. Κατά την διάρκεια της ημέρας τα ραδιοκύματα μεσαίων συχνοτήτων διαδίδονται σχεδόν αποκλειστικά με κύματα εδάφους,γιατί τα ουράνια κύματα απορροφώνται από το ιονοσφαιρικό στρώμα **D.**

Διάδοση με ουράνια κύματα κατά την διάρκεια της ημέρας παρατηρείται μόνο στο κάτω όριο της ζώνης των μεσαίων συχνοτήτων MF. Η απορρόφηση των ραδιοκυμάτων MF από την ιονόσφαιρα αυξάνει με την αύξηση της συχνότητας και γίνεται μέγιστη στη συχνότητα των 1400KHz.

Η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους για εκπομπή από πομπό ισχύος 1KWatt είναι 400 περίπου ν. μίλια για το κάτω τμήμα της ζώνης των μεσαίων συχνοτήτων και 15 περίπου ν. μίλια για το άνω τμήμα της ζώνης αυτής.

Κατά την διάρκεια της νύκτας τα ραδιοκύματα μεσαίων συχνοτήτων διαδίδονται και με ουράνια κύματα,τα οποία με διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα και την γήϊνη επιφάνεια μπορούν να διαδοθούν σε αποστάσεις μέχρι 8000 ν. μίλια. Τα ουράνια κύματα των μεσαίων συχνοτήτων λαμβάνονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 500 περίπου ν. μίλια από τον σταθμό εκπομπής.

Στις συχνότητες MF λειτουργούν λίγα μόνο ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα,που προορίζονται για ειδικές χρήσεις (υδρογραφήσεις, επιχειρήσεις ναρκοθετήσεως - ναρκοθηρίας κλπ) και για τον λόγο αυτό δεν εξετάζονται στο βιβλίο αυτό. Επίσης ορισμένοι ραδιοφάροι (βλ. κεφ. 2) λειτουργούν σε συχνότητες κοντά στο κάτω όριο της ζώνης συχνοτήτων MF.

1.6.4 Υψηλές Συχνότητες (HF 3MHz - 30MHz)

Όσο αυξάνει η συχνότητα,τα ραδιοκύματα υφίστανται μικρότερη διάθλαση και η διάδοσή τους τείνει να γίνει ευθύγραμμη. Στην περίπτωση των ραδιοκυμάτων υψηλών συχνοτήτων HF (3MHz - 30MHz) η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους φθάνει τα 100 περίπου ν. μίλια (αυξανόμενη με το υψόμετρο της κεραίας εκπομπής),ενώ τα ουράνια κύματα διαδίδονται με διαδοχικές ανακλάσεις σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις.

Στις υψηλές συχνότητες δεν λειτουργεί κανένα συνηθισμένο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα,αλλά μόνο ορισμένα ηλεκτρονικά συστήματα καθορισμού στίγματος,που χρησιμοποιούνται για ειδικές εφαρμογές (υδρογραφικές εργασίες, επιχειρήσεις ναρκοθετήσεως - ναρκοθηρίας κλπ) και για τον λόγο αυτό δεν εξετάζονται στο βιβλίο αυτό.

Οι υψηλές συχνότητες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τις επικοινωνίες μεταξύ πλοίων και πλοίων - σταθμών ξηράς.

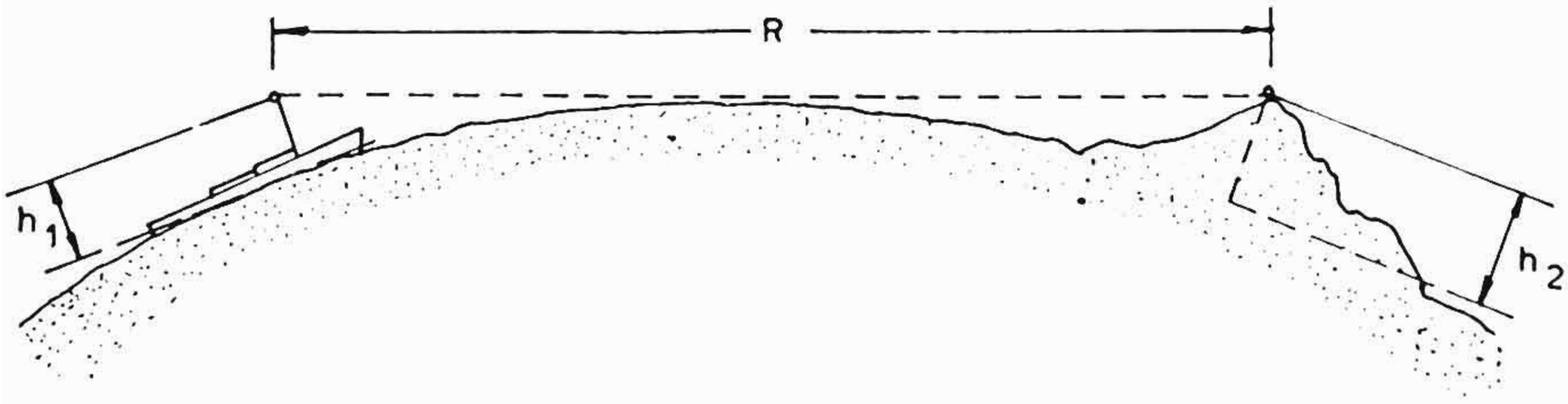
1.6.5 Πολύ υψηλές συχνότητες (VHF 30MHz - 300MHz)

Τα ραδιοκύματα πολύ υψηλών συχνοτήτων (30MHz - 300MHz), που λέγονται και υπερβραχέα κύματα,διαδίδονται σχεδόν ευθυγράμμως και η εμβέλειά τους είναι 34% περίπου μεγαλύτερη από το βάθος ορίζοντα. Ουράνια κύματα πολύ υψηλών συχνοτήτων εμφανίζονται σπάνια,γιατί συνήθως διασχίζουν την ιονόσφαιρα χωρίς ανάκλαση.

Οι πολύ υψηλές συχνοτήτες VHF χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις τηλεπικοινωνίες. Στις συχνότητες αυτές λειτουργούν ορισμένα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται στην αεροναυτιλία.

1.6.6 Υπερυψηλές συχνότητες (UHF) και εξαιρετικά υψηλές συχνότητες (SHF)

Τα ραδιοκύματα των υπερυψηλών συχνοτήτων UHF (300MHz - 3000MHz) και των εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων SHF (3GHz - 30GHz), που λέγονται μικροκύματα, διαδίδονται μόνο με κύμα ευθυγράμμου διαδόσεως ή κύμα ανακλάσεως από την γήϊνη επιφάνεια. Τα μικροκύματα διασχίζουν την ιονόσφαιρα και κατευθύνονται προς το διάστημα ανεξάρτητα από την γωνία προσπτώσεως.



Σχήμα 1.6.1 Εμβέλεια μικροκυμάτων

Η εμβέλεια των μικροκυμάτων επηρεάζεται από τα ύψη των κεραιών εκπομπής και λήψεως (σχήμα 1.6.1) και δίνεται από τις σχέσεις:

$$R_k = 4{,}04\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \qquad \text{ή} \qquad R_m = 2{,}2\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

όπου: R_K και R_m είναι η εμβέλεια των μικροκυμάτων σε χιλιόμετρα και μίλια αντιστοίχως.
h_1 και h_2 είναι τα ύψη των κεραιών εκπομπής και λήψεως.

Τα μικροκύματα χρησιμοποιούνται από τους διάφορους τύπους ραντάρ και από διάφορα κυκλικά συστήματα καθορισμού στίγματος,που χρησιμοποιούνται για ειδικές εφαρμογές (βλ. εισαγωγή) και για τον λόγο αυτό δεν αναπτύσσονται στο βιβλίο αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟΥ.

Το ραδιογωνιόμετρο (Radio Direction Finding - RDF), που αποτελεί το παλαιότερο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της διευθύνσεως (διοπτεύσεως) του σταθμού από τον οποίο εκπέμπονται τα λαμβανόμενα στον δέκτη της συσκευής σήματα.

Τα ραδιογωνιόμετρα που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία,ανήκουν σε μία από τις επόμενες δύο κατηγορίες :

α. Ραδιογωνιόμετρα,που εγκαθίστανται στα πλοία προκειμένου να παρέχουν την δυνατότητα προσδιορισμού της διοπτεύσεως (ραδιοδιοπτεύσεως) ορισμένων σταθμών,που εκπέμπουν ειδικά για τον σκοπό αυτό και λέγονται ραδιοφάροι. Με τα ραδιογωνιόμετρα αυτά ο ναυτιλόμενος μπορεί να προσδιορίσει και την διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) από την οποία εκπέμπει οποιοσδήποτε πομπός ανάλογης συχνότητας είτε αυτός είναι εγκατεστημένος στην ξηρά (πχ ραδιοφωνικός σταθμός κλπ) είτε σε άλλο πλοίο (πχ. εκπομπή σήματος κινδύνου).

β. Ραδιογωνιόμετρα,τα οποία εγκαθίστανται σε ειδικούς σταθμούς της ξηράς (ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί),προκειμένου να παρέχουν την δυνατότητα προσδιορισμού της ραδιοδιοπτεύσεως του πλοίου που το ζητά, προς το οποίο στη συνέχεια οι σταθμοί μεταβιβάζουν τις ληφθείσες μετρήσεις.

Η χρήση των ραδιογωνιομέτρων για υποβοήθηση της ναυτιλίας χρονολογείται από τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Σήμερα,αν και η χρήση των ραδιογωνιομέτρων στην ναυτιλία έχει περιοριστεί σημαντικά,λόγω της εν τω μεταξύ αναπτύξεως άλλων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων (όπως ραντάρ, υπερβολικά και δορυφορικά συστήματα καθορισμού στίγματος κλπ), το ραδιοναυτιλιακό αυτό βοήθημα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμη, γιατί παραμένει η μοναδική συσκευή,η οποία έχει την δυνατότητα λαμβάνοντας την εκπομπή ενός πλοίου να προσδιορίζει την διόπτευσή του.

2.2 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΩΝ

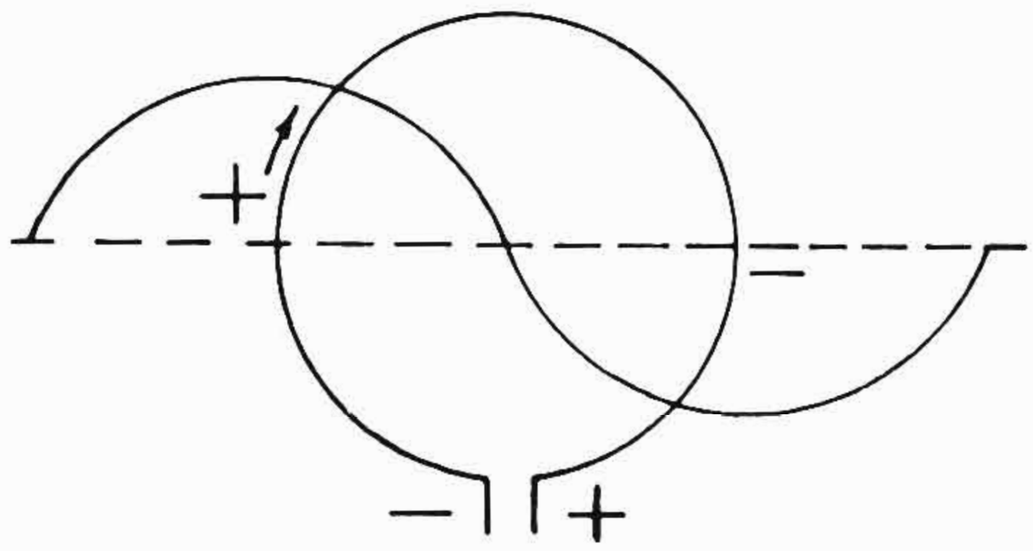
Η βασική αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιομέτρου στηρίζεται στην ιδιότητα της κεραίας του να παρέχει στον δέκτη σήμα μεταβαλλόμενης εντάσεως,ανάλογα με την διεύθυνση από την οποία φθάνει το εκπεμπό-

μενο από ενα πομπό σήμα. Η απλούστερη κεραία ραδιογωνιομέτρου είναι η απλή κεραία βρόγχου ή κεραία πλαισίου, το σχήμα της οποίας μπορεί να είναι κυκλικό, ορθογωνικό, τριγωνικό κ.λ.π.

2.2.1 Ιδιότητες της κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας.

Έστω ότι το επίπεδο της κυκλικής κεραίας ενός ραδιογωνιομέτρου βρεθεί στην διεύθυνση διαδόσεως του λαμβανόμενου σήματος (σχήμα 2.2.1). Αν η διάμετρος της κυκλικής κεραίας είναι ίση με το μισό του μήκους κύματος, τότε, όταν στην μία πλευρά της κεραίας βρίσκεται μία κορυφή του λαμβανομένου σήματος, στην άλλη της πλευρά βρίσκεται μία κοιλία και το επαγόμενο στην κεραία ρεύμα έχει την μέγιστη τιμή. Καθώς το σήμα διαδίδεται κατά την διεύθυνση του επιπέδου της κυκλικής κεραίας, οι κορυφές και οι κοιλίες του περνούν διαδοχικά από τις δύο πλευρές της κεραίας και το επαγόμενο ρεύμα αλλάζει συνεχώς διεύθυνση. Αν η διάμετρος της κυκλικής κεραίας είναι μικρότερη (ή και μεγαλύτερη) από το μισό του μήκους κύματος,το επαγόμενο ρεύμα έχει μικρότερη ένταση.

Ας υποθέσομε τώρα,ότι το επίπεδο της κυκλικής κεραίας του ραδιογωνιομέτρου στραφεί κατά 90°. Στην περίπτωση αυτή,σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή στις δύο πλευρές της κεραίας φθάνουν διαδοχικά μόνο κορυφές ή κοιλίες του σήματος, που επάγουν στην κεραία ρεύματα αντιθέτου φοράς, με αποτέλεσμα το λαμβανόμενο σήμα να έχει μηδενική ένταση.



Σχήμα 2.2.1 Αρχή λειτουργίας κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας.

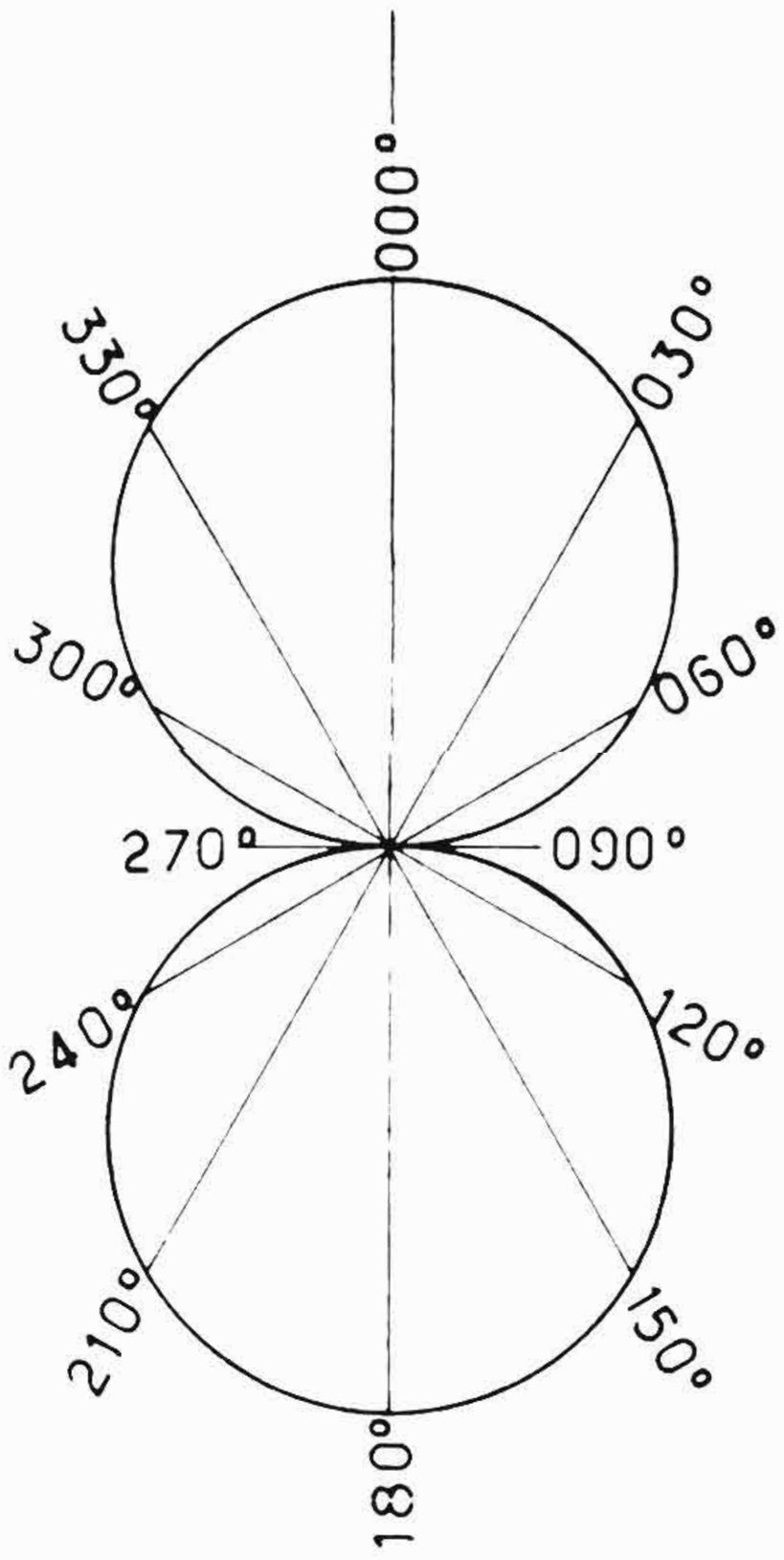
Καθώς η κεραία του ραδιογωνιομέτρου περιστρέφεται, η ένταση του επαγομένου ρεύματος μεταβάλλεται από μία μέγιστη μέχρι μία μηδενική τιμή,ανάλογα με την διεύθυνση από την οποία φθάνει το λαμβανόμενο ραδιοκύμα . Το επαγόμενο στην κεραία του ραδιογωνιομέτρου ρεύμα ενισχύεται και αποδίδεται με την μορφή ακουστικού συνήθως σήματος, με την βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται η διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) προς την οποία βρίσκεται ο σταθμός εκπομπής. Η διεύθυνση αυτή είναι η διεύθυνση του επιπέδου της περιστρεφόμενης κεραίας, στην οποία αντιστοιχεί σήμα μεγίστης εντάσεως. Εν τούτοις, επειδή η μεταβολή της εντάσεως με την γωνία είναι εντονότερη στις θέσεις της μηδενικής

εντάσεως, για τον προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως χρησιμοποιούνται οι θέσεις αυτές και όχι οι θέσεις μεγίστης εντάσεως.

2.2.2 Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου. Αμφιβολία 180°.

Η μεταβολή της εντάσεως του επαγόμενου στην περιστρεφόμενη κεραία του ραδιογωνιομέτρου ρεύματος, ανάλογα με την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου της κεραίας και της διευθύνσεως διαδόσεως του ραδιοκύματος, φαίνεται στο **πολικό διάγραμμα** του σχήματος 2.2.2. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο θέσεις της κεραίας,που διαφέρουν κατά 180°, στις οποίες το επαγόμενο στην κεραία ρεύμα λαμβάνει την μέγιστη τιμή του και δύο άλλες,που διαφέρουν επίσης κατά 180°, στις οποίες το επαγώμενο ρεύμα μηδενίζεται.

Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών της περιστρεφόμενης κεραίας, δημιουργείται μία αμφιβολία 180° ως προς την πραγματική διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος [επειδή δύο σήματα που φθάνουν στην κεραία από διευθύνσεις που διαφέρουν κατά 180° επάγουν ρεύμα της ίδιας εντάσεως](σχήματα 2.2.1 και 2.2.2)



Σχήμα 2.2.2 Πολικό διάγραμμα κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας.

2.2.3 Άρση αμφιβολίας 180°. Κεραία εννοίας.

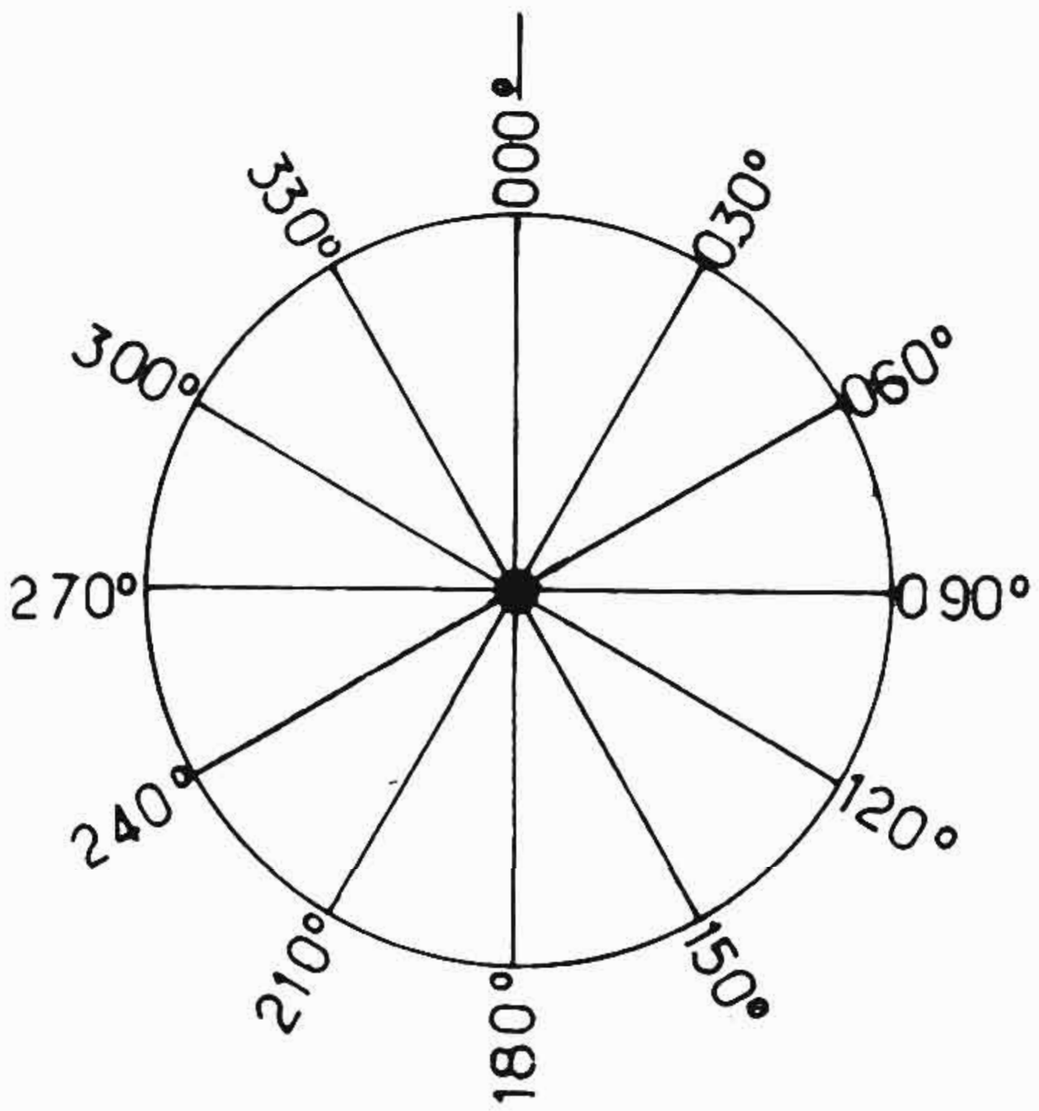
Η αμφιβολία των 180° της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου αίρεται, εάν το σήμα της συνδυαστεί με το σήμα μιας βοηθητικής κατακόρυφης κεραίας,που λέγεται κεραία εννοίας.

Η τάση της κατακόρυφης κεραίας εννοίας είναι σταθερή,δεν επηρεάζεται από την διεύθυνση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα και το πολικό της διάγραμμα έχει την μορφή κύκλου (σχήμα 2.2.3)

Αν τώρα,η τάση της κατακόρυφης κεραίας εννοίας είναι ίση με την μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας, ο συνδυασμός των σημάτων των δύο κεραιών θα έχει σαν αποτέλεσμα:

α. Τον διπλασιασμό της τάσεως του τελικού σήματος,όταν τα σήματα των δύο κεραιών έχουν την ίδια φάση

β. Τον μηδενισμό της τάσεως του τελικού σήματος,όταν τα σήματα των δύο κεραιών έχουν διαφορά φάσεως 180°.

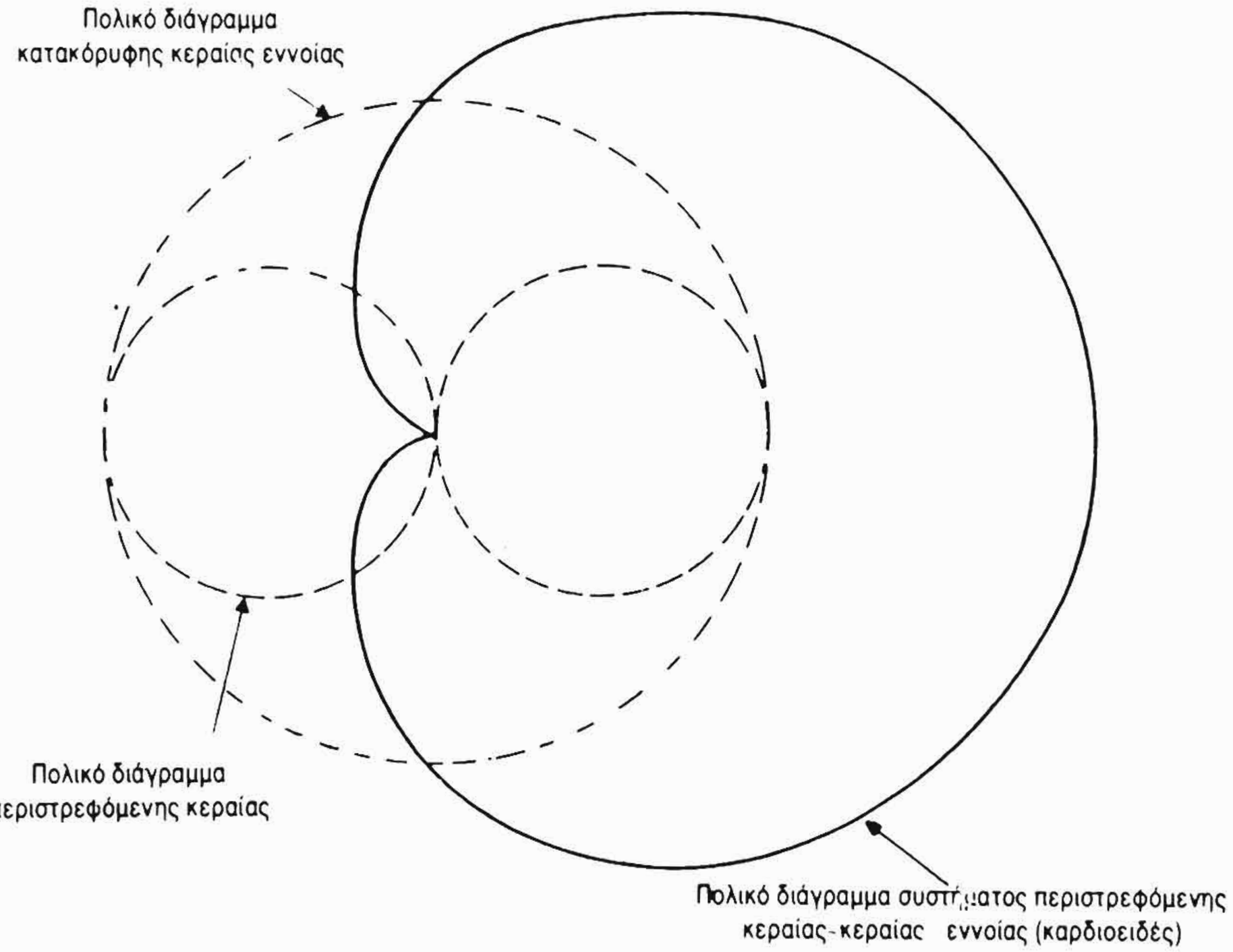


Σχήμα 2.2.3 Πολικό διάγραμμα κατακόρυφης κεραίας.

Το πολικό διάγραμμα του σήματος,που προκύπτει από τον συνδυασμό των σημάτων της περιστρεφόμενης κεραίας και της κατακόρυφης κεραίας εννοίας,προκύπτει από τα αντίστοιχα πολικά διαγράμματα των σχημάτων 2.2.2 και 2.2.3 και έχει την μορφή του καρδιοειδούς διαγράμματος του σχήματος 2.2.4.

Παρατηρούμε,ότι με την χρησιμοποίηση κατακορύφου κεραίας εννοίας, το σήμα της οποίας έχει τάση ίση με την μέγιστη τάση του σήματος της

περιστρεφόμενης κεραίας, εμφανίζεται μια μόνο θέση μηδενικού σήματος και δεν υπάρχει πλέον αμφιβολία 180°.

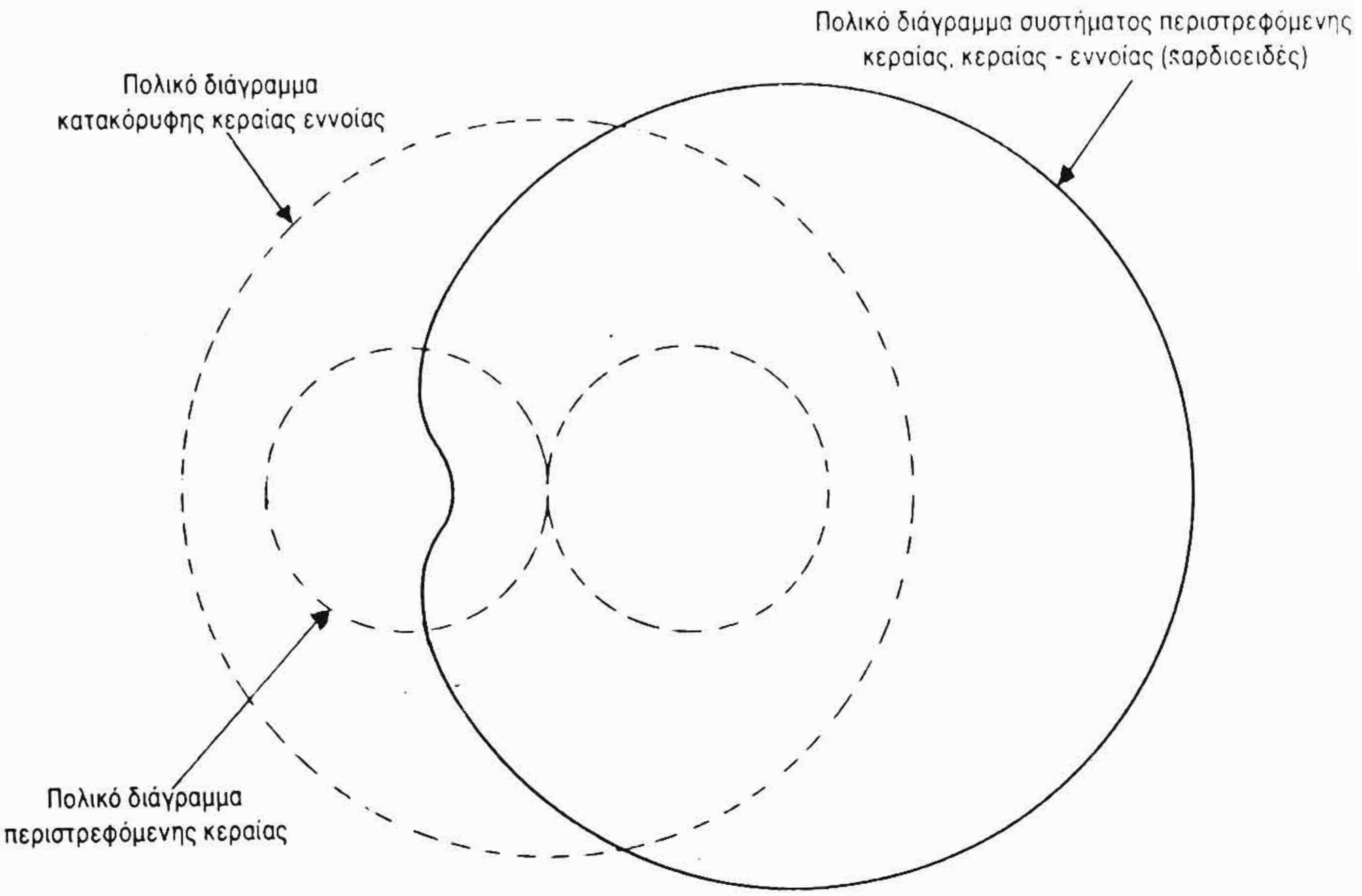


Σχήμα 2.2.4 Πολικό διάγραμμα (καρδιοειδές) συστήματος κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας και κεραίας εννοίας.

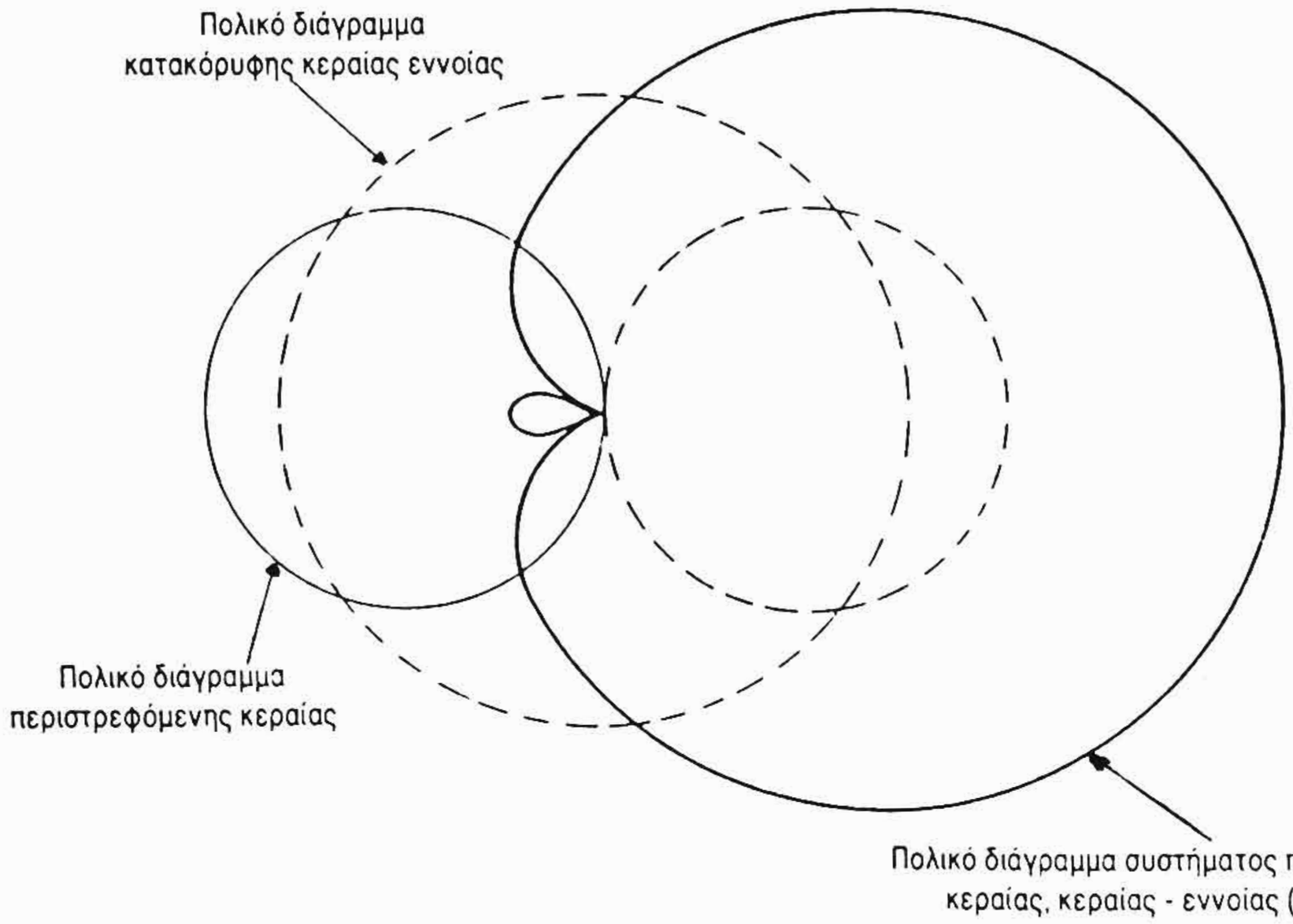
Εν τούτοις,αν η τάση της κατακόρυφης κεραίας εννοίας δεν είναι ίση με την μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου, δημιουγείται αμφιβολία ως προς την θέση μηδενικού σήματος (σχήματα 2.2.5 και 2.2.6) με αποτελέσμα οι μετρήσεις να είναι μειώμενης ακρίβειας.

Όταν η τάση της κεραίας εννοίας είναι μεγαλύτερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (σχήμα 2.2.5),το σημείο μηδενικού σήματος προσδιορίζεται ασαφώς (για την ακρίβεια, δεν υπάρχει σημείο μηδενικής αλλά ελάχιστης τάσεως).

Όταν η τάση της κεραίας εννοίας είναι μικρότερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (σχήμα 2.2.6),δημιουργούνται δύο, αντί ενός, σημεία μηδενικού σήματος.



Σχήμα 2.2.5 Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος,όταν η τάση της κεραίας εννοίας είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας.



Σχήμα 2.2.6 Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος,όταν η τάση της κεραίας εννοίας είναι μικρότερη από την μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας.

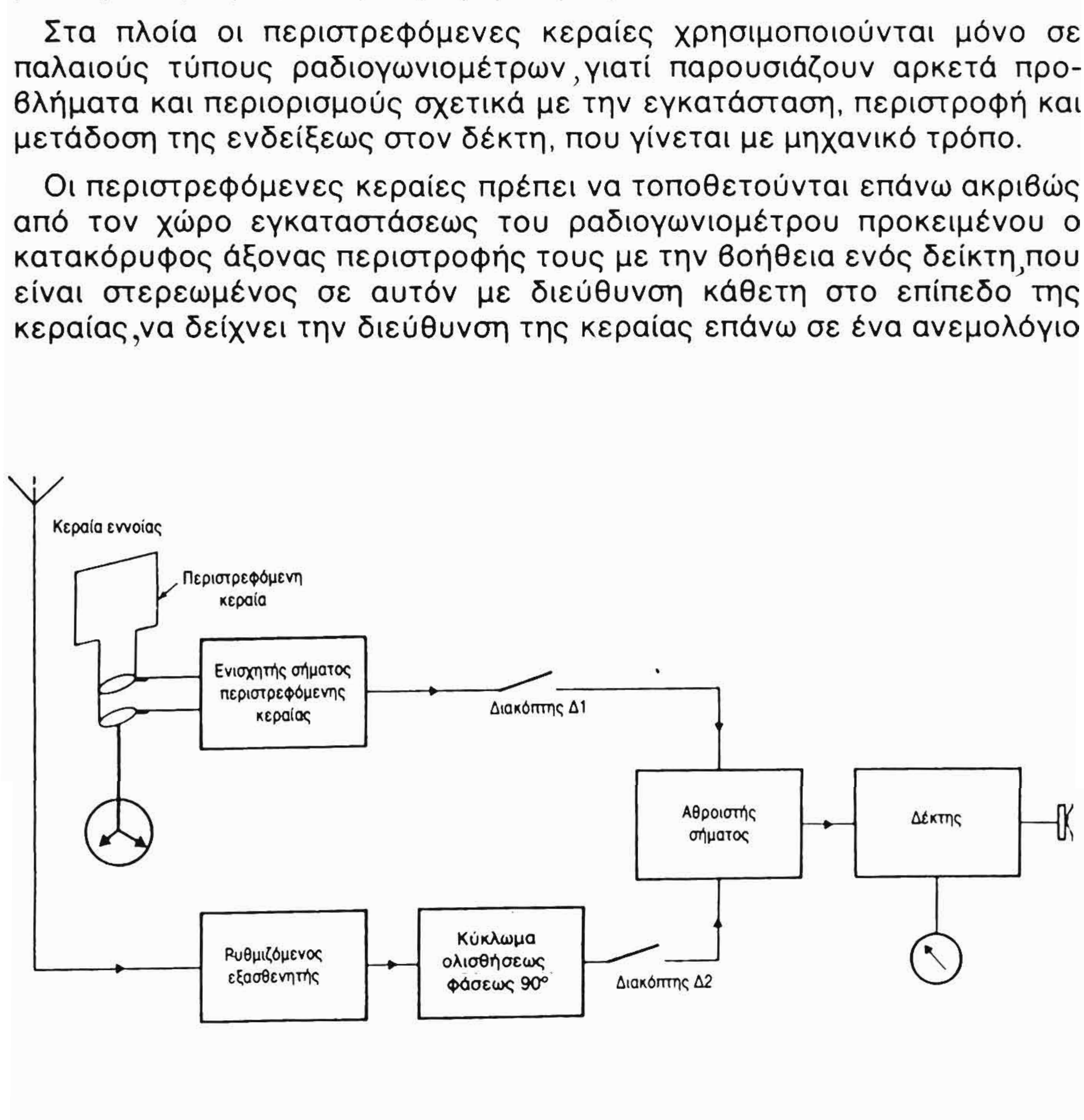
Για τους ανωτέρω λόγους, προκειμένου να αποφευχθεί η λήψη ραδιοπτεύσεων μειωμένης ακρίβειας, το κύκλωμα της κεραίας εννοίας πρέπει να ενεργοποιείται μόνο για την άρση της αμφιβολίας 180°, ενώ η ακριβής μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως πρέπει να γίνεται μόνο με την χρησιμοποίηση της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου.

2.2.4 Ραδιογωνιόμετρα περιστρεφόμενης κεραίας.

Ο παλαιότερος και απλούστερος τύπος ραδιογωνιομέτρου είναι το ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία.

Στα πλοία οι περιστρεφόμενες κεραίες χρησιμοποιούνται μόνο σε παλαιούς τύπους ραδιογωνιομέτρων, γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την εγκατάσταση, περιστροφή και μετάδοση της ενδείξεως στον δέκτη, που γίνεται με μηχανικό τρόπο.

Οι περιστρεφόμενες κεραίες πρέπει να τοποθετούνται επάνω ακριβώς από τον χώρο εγκαταστάσεως του ραδιογωνιομέτρου προκειμένου ο κατακόρυφος άξονας περιστροφής τους με την βοήθεια ενός δείκτη, που είναι στερεωμένος σε αυτόν με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της κεραίας, να δείχνει την διεύθυνση της κεραίας επάνω σε ένα ανεμολόγιο



Σχήμα 2.2.7 Σχηματικό διάγραμμα ραδιογωνιομέτρου περιστρεφόμενης κεραίας.

του οποίου η μηδενική υποδιαίρεση ταυτίζεται με το διάμηκες του πλοίου. Με τον τρόπο αυτό οι μετρούμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι σχετικές, ενώ,αν ο περιστρεφόμενος δείκτης τοποθετηθεί επάνω από έναν επαναλήπτη γυροπυξίδας,έχουμε δυνατότητα ενδείξεως αληθών ραδιοδιοπτεύσεων.

Στο σχήμα 2.2.7 φαίνεται το διάγραμμα των κυρίων μερών (κυκλωμάτων) ενός ραδιογωνιομέτρου περιστρεφόμενης κεραίας.

Επειδή η τάση του σήματος της περιστρεφόμενης κεραίας είναι μικρότερη από την τάση του σήματος της κεραίας εννοίας,το σήμα αυτό, πριν προστεθεί στο σήμα της κεραίας εννοίας, πρέπει να ενισχυθεί. Το σήμα της κεραίας εννοίας,πριν προστεθεί στο σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας,διέρχεται από ένα κύκλωμα ρυθμιζόμενου εξασθενητή προκειμένου η τάση του να γίνει ακριβώς ίση με την μέγιστη τάση του σήματος της περιστρεφόμενης κεραίας. Στη συνέχεια το σήμα της κεραίας εννοίας,προτού προστεθεί στο σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας,διέρχεται από ένα κύκλωμα ολισθήσεως φάσεως 90°, έτσι ώστε να είναι σε φάση με το σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας.

Η πρόσθεση των σημάτων της κεραίας εννοίας και της περιστρεφόμενης κεραίας γίνεται στο αντίστοιχο κύκλωμα,το οποίο με την βοήθεια των διακοπτών Δ1 και Δ2 παρέχει τους επόμενους τρεις τρόπους λειτουργίας της συσκευής:

- Διακόπτης Δ1 κλειστός και Δ2 ανοιχτός. Η συσκευή λειτουργεί μόνο με την περιστρεφόμενη κεραία και δίνει το πολικό διάγραμμα του σχήματος 2.2.2 .
- Διακόπτης Δ1 κλειστός και Δ2 κλειστός. Η συσκευή λειτουργεί και με το κύκλωμα της κεραίας εννοίας και δίνει το καρδιοειδές διάγραμμα του σχήματος 2.2.4 .
- Διακόπτης Δ1 ανοικτός και Δ2 κλειστός. Η συσκευή λαμβάνει μόνο το σήμα της κατακόρυφης κεραίας εννοίας και λειτουργεί σαν ένας κοινός δέκτης.

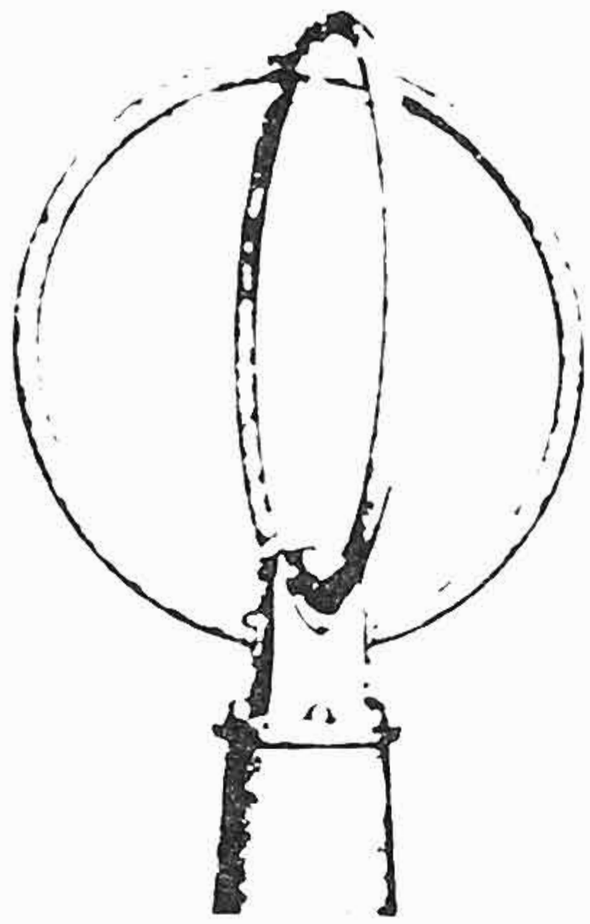
Προκειμένου να διευκολυνθεί ο προσδιορισμός του σημείου μηδενικού (ελάχιστου) σήματος,ο δέκτης έχει ένα μεγάφωνο με το οποίο ο χειριστής ακούει συνεχώς την ένταση του λαμβανόμενου σήματος,η οποία αυξομειώνεται ανάλογα με την στροφή της κεραίας.

2.2.5 Ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών πλαισίων (κεραία Bellini - Tosi)

Κεραίες σταθερών πλαισίων ή κεραίες Bellini - Tosi

Η χρησιμοποίηση περιστρεφόμενης κεραίας δημιουργεί πολλά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την επιλογή του χώρου εγκαταστάσεως της κεραίας και του δέκτη, γιατί οι μονάδες αυτές πρέπει να συνδέονται μηχανικά και για τον λόγο αυτό να βρίσκονται σε κοντινές θέσεις.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956



Σχήμα 2.2.8 Κεραία σταθερών πλαισίων (κεραία Bellini - Tosi).

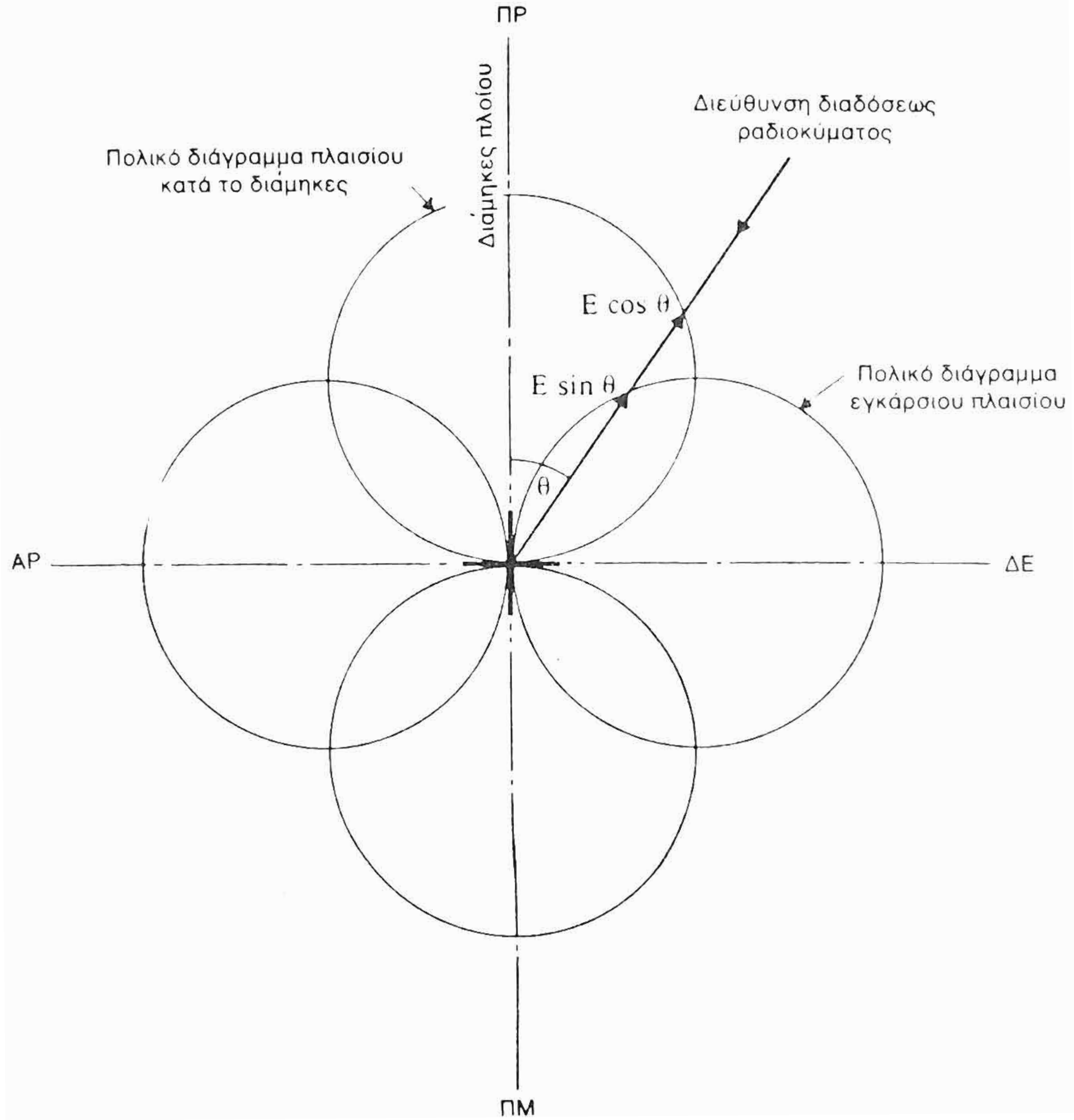
Για την εξουδετέρωση των περιορισμών της περιστρεφόμενης κεραίας το 1909, οι Bellini και Tosi δημιουργήσαν το σύστημα κεραίας σταθερών πλαισίων που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται στα περισσότερα ραδιογωνιόμετρα.

Το σύστημα της κεραίας σταθέρων πλαισίων αποτελείται από δύο κεραίες σχήματος πλαισίου κάθε μία από τις οποίες αποτελεί μια σπείρα ίδια με αυτή της περιστρεφόμενης κεραίας (σχήματος κυκλικού, τετραγωνικού, τριγωνικού κλπ)

Τα επίπεδα των δύο σταθερών πλαισίων είναι κάθετα μεταξύ τους και το σύστημα τοποθετείται έτσι ώστε το ένα πλαίσιο να βρίσκεται κατά το διαμήκες και το άλλο κατά το εγκάρσιο του πλοίου.

Με την διάταξη αυτή, η τάση του σήματος που λαμβάνεται από κάθε ένα σταθερό πλαίσιο εξαρτάται από την γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση διαδόσεως του λαμβανομένου ραδιοκύματος με την διεύθυνση του αντιστοίχου πλαισίου (διάμηκες η εγκάρσιο του πλοίου).

Αν **θ** είναι η σχετική διόπτευση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα και **E** η μέγιστη τάση του σήματος κάθε πλαισίου, που δημιουργείται όταν η διευθυνση διαδόσεως είναι κάθετη στο επίπεδο του αντιστοίχου πλαισίου, τότε η επαγώμενη στο πλαίσιο που βρίσκεται κατά το διαμήκες του πλοίου τάση θα είναι **E cos θ**, ενώ η επαγώμενη στο πλαίσιο που βρίσκεται κατά το εγκάρσιο του πλοίου τάση θα είναι **E sin θ** (σχήμα 2.2.9).

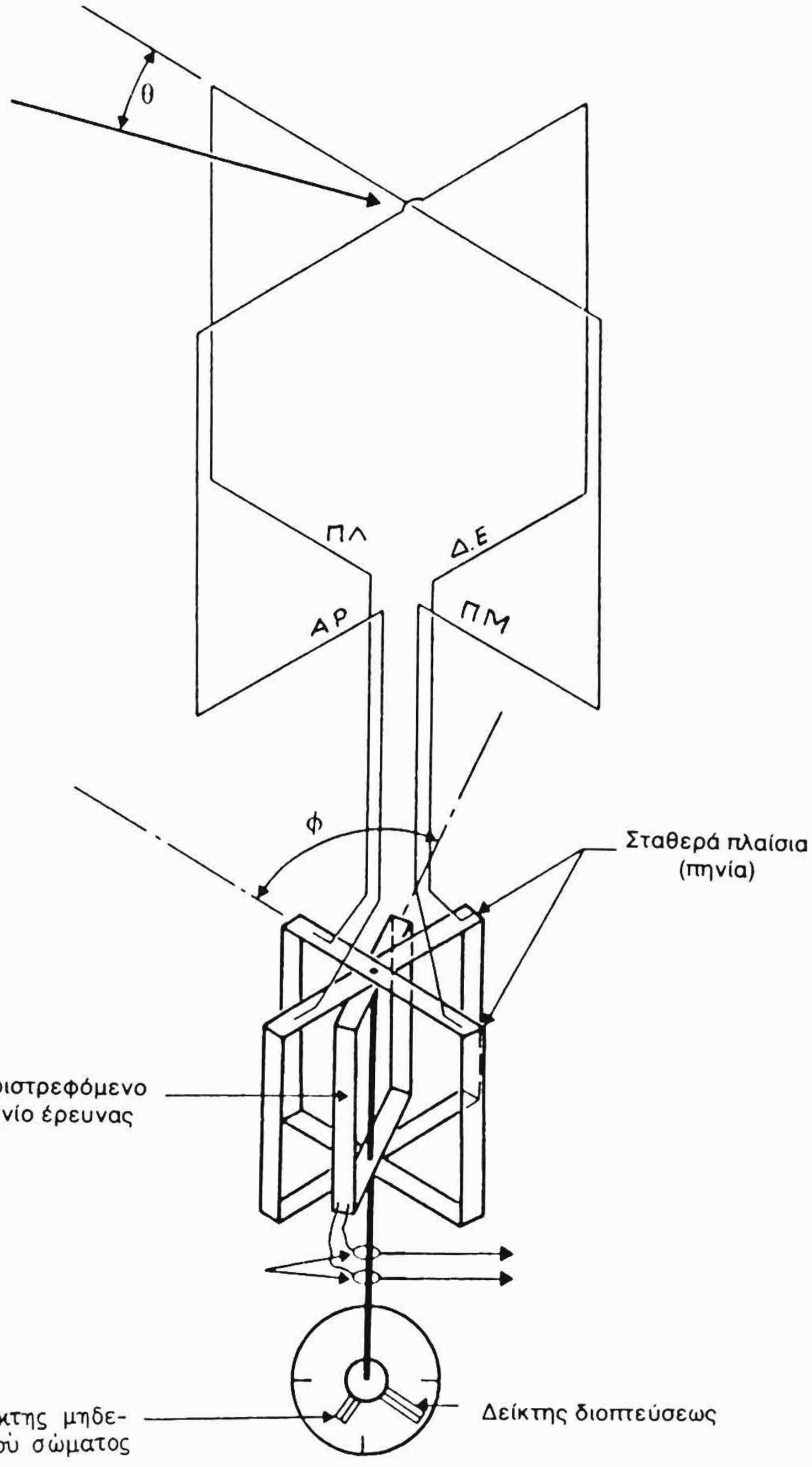


Σχήμα 2.2.9 Πολικό διάγραμμα συστήματος κεραίας σταθερών πλαισίων.

Πηνίο Έρευνας - γωνιόμετρο.

Τα πηνία των δύο πλαισίων συνδέονται με δυο αντίστοιχα πηνία που βρίσκονται στον δέκτη τα οποία είναι επίσης σταθερά και τα επίπεδά τους σχηματίζουν γωνία 90°. (σχημα 2.2.10). Στο εσωτερικό των δύο πηνίων του δέκτη υπάρχει ένα περιστρεφόμενο πηνίο που λέγεται πηνίο έρευνας. Το πηνίο έρευνας περιστρέφεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουγείται από τα δύο σταθερά πηνία του δέκτη και η ένταση του ρεύματος που δημιουργείται (στο πηνίο έρευνας), είναι ανάλογη με τη γωνία στροφης του (σχήμα 2.2.10).

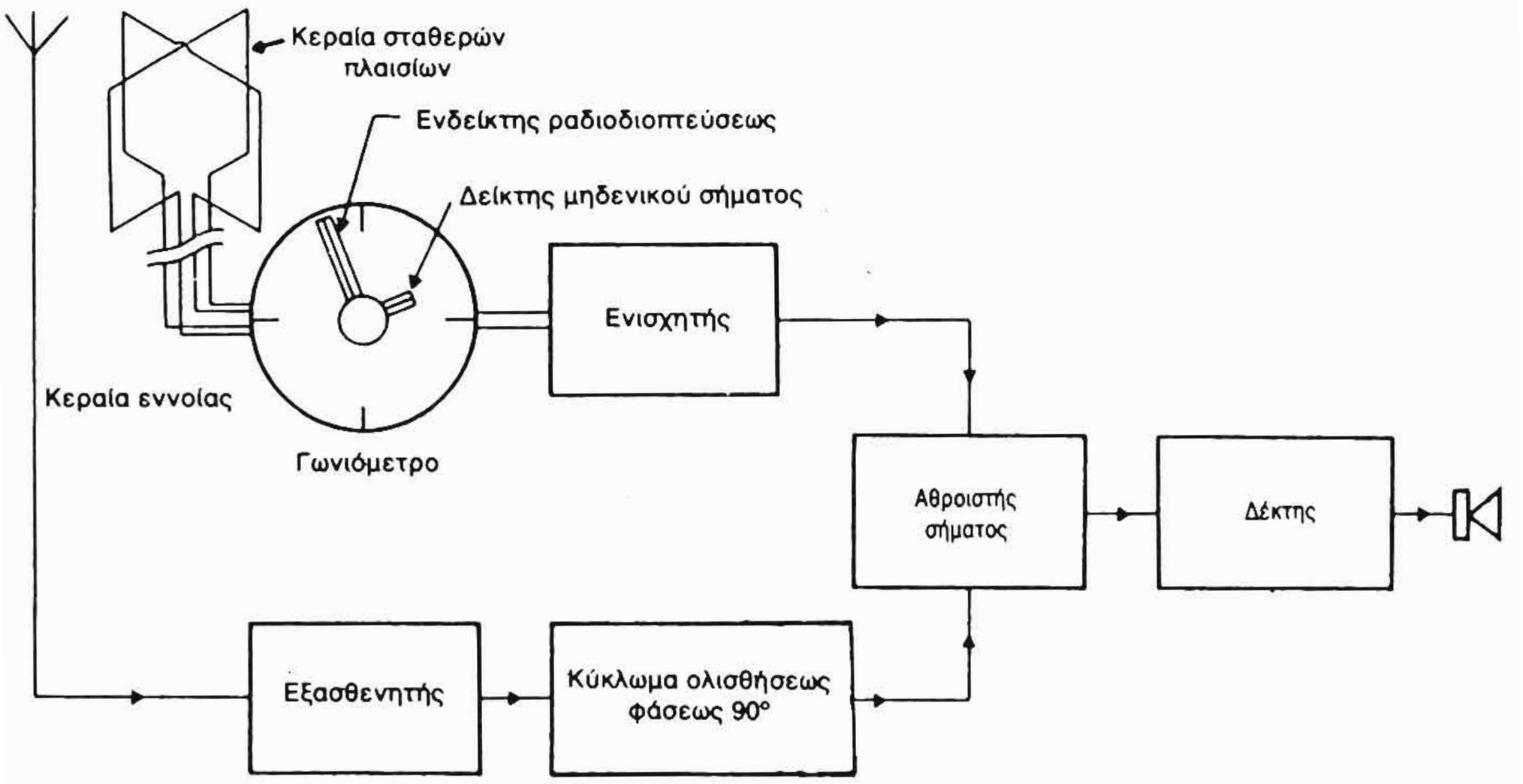
Η τάση που επάγεται στο πηνίο έρευνας είναι ανάλογη προς την τιμή :
$E\cos\vartheta\cos\varphi - E\sin\vartheta\sin\varphi$ και όταν $E\cos\vartheta\cos\varphi - E\sin\vartheta\sin\varphi = 0$ δηλαδή όταν $\cot\vartheta = \tan\varphi$ η επαγόμενη τάση μηδενίζεται˙αυτό συμβαίνει όταν : $\vartheta = \varphi + 90^\circ + \nu.180^\circ$
όπου $\nu = 0$ ή οποιοσδήποτε ακέραιος



Σχήμα 2.2.10 Λειτουργία του πηνίου έρευνας στο σύστημα κερ σταθερών πλαισίων.

Το πολικό διάγραμμα του πηνίου έρευνας έχει την ίδια μορφή με το πολικό διαγραμμα της περιστρεφόμενης κεραίας του σχήματος 2.2.2 και για τον λόγο αυτό το σύστημα του περιστρεφόμενου πηνίου έρευνας το οποίο λέγεται και γωνιόμετρο συνδέεται με ένα δείκτη που περιστρέφεται έπανω σε ένα ανεμολόγιο για την ένδειξη της σχετικής ραδιοδιοπτεύσεως στη θέση που αντιστοιχεί στην ελάχιστη ένταση λαμβανομένου ηχητικού σήματος.

Στο σχήμα 2.2.11 φαίνεται το διάγραμμα των κυρίων μερών ένος ραδιογωνιόμετρου κεραίας σταθερών πλαισίων. Παρατηρούμε ότι έκτος από την κεραία και το γωνιόμετρο, το διάγραμμα είναι ίδιο με το αντίστοιχο του ραδιογωνιόμετρου περιστρεφόμενης κεραίας του σχήματος 2.2.7

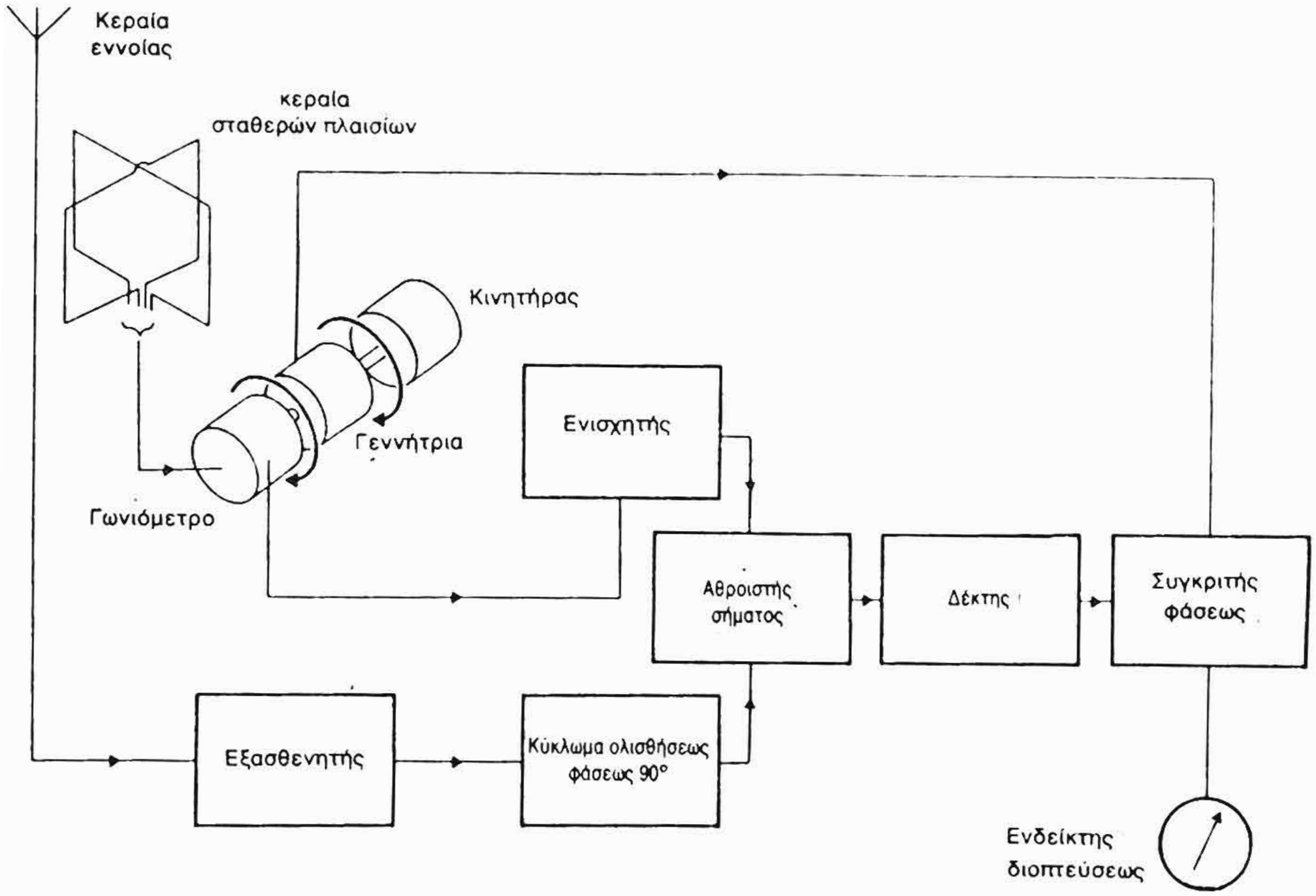


Σχήμα 2.2.11 Σχηματικό διάγραμμα ραδιογωνιομέτρου κεραίας σταθερών πλαισίων.

2.2.6 Αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου

Τα ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών πλαισίων που περιγράφηκαν προηγουμένως, ονομάζονται χειροκίνητα ραδιογωνιόμετρα, διότι, για την μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως ο χειριστής πρέπει να στρέψει χειροκινήτως είτε την κεραία είτε το πηνίο έρευνας.

Στους σύγχρονους τύπους ραδιογωνιομέτρου η ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως εμφανίζεται αυτόματα μετά απο τον συντονισμό της συσκευής στην κατάλληλη συχνότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με την συνεχή περι-



Σχήμα 2.2.12 Σχηματικό διάγραμμα αυτομάτου ραδιογωνιομέτρου με ηλεκτρομηχανικό γωνιόμετρο.

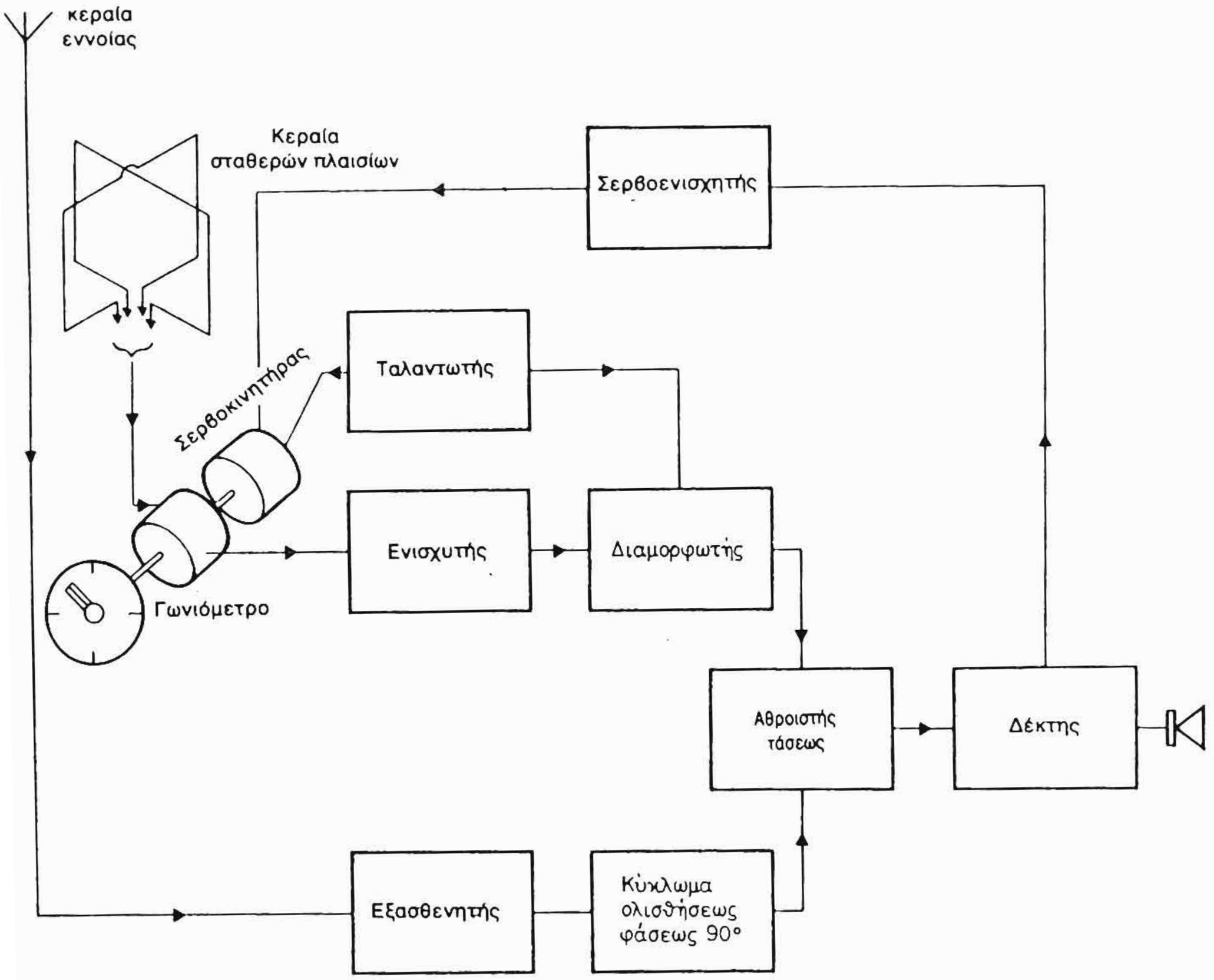
στροφή του πηνίου έρευνας (γωνιομέτρου) που ανάλογα με τον τύπο του δέκτη μπορεί να γίνει :

α. Με την σύνδεση του γωνιομέτρου με μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος η οποία είναι συνδεδεμένη με τον κινητήρα περιστροφής του γωνιομέτρου (σχήμα 2.2.12)

β. Με την σύνδεση του γωνιομέτρου με ένα σερβοκινητήρα (σχήμα 2.2.13).

Πολλοί αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου έχουν την δυνατότητα νά παρέχουν την ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως και σε ψηφιακό ενδείκτη.

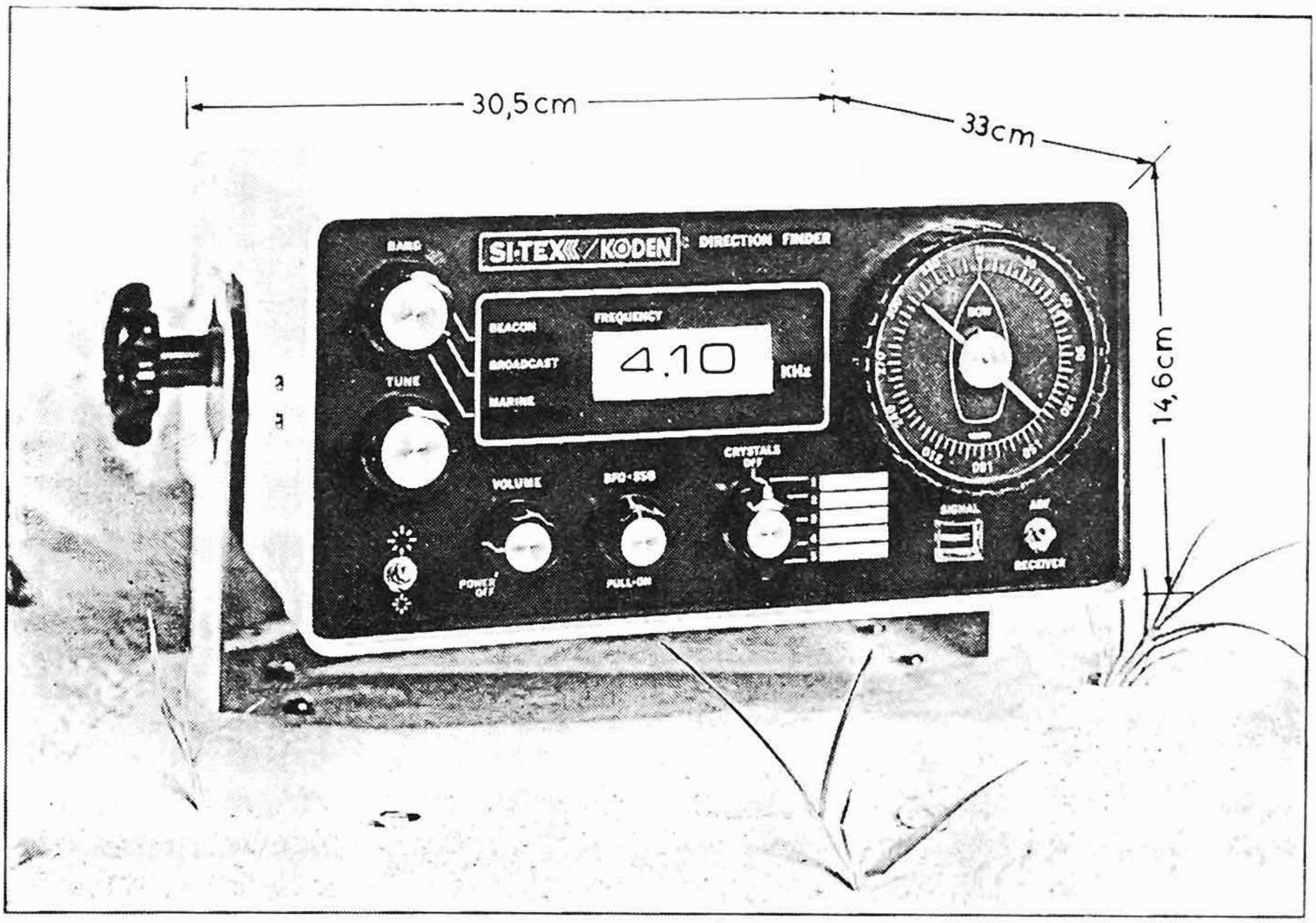
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956



Σχήμα 2.2.13 Σχηματικό διάγραμμα αυτομάτου ραδιογωνιομέτρου με σερβομηχανικό γωνιόμετρο.

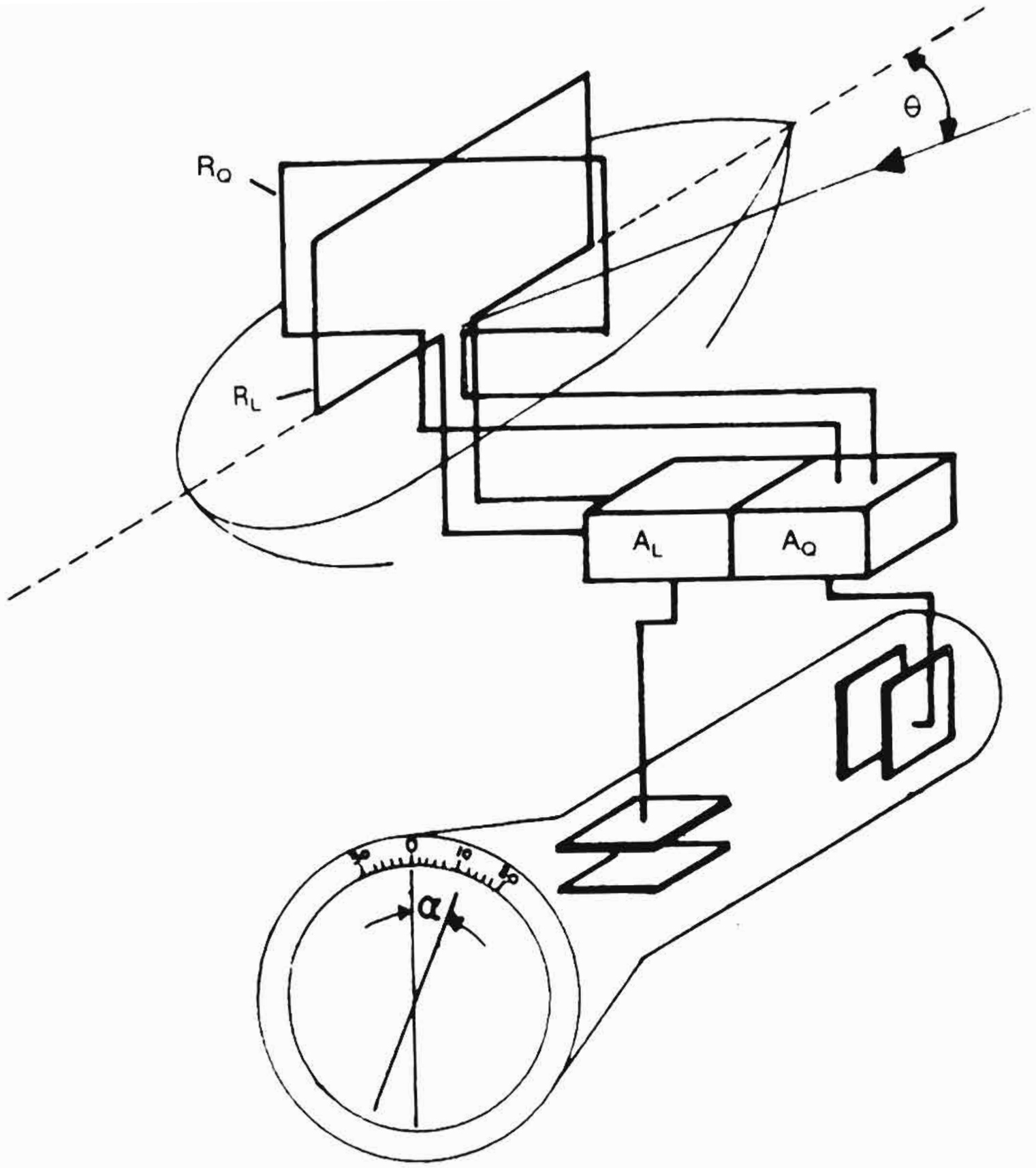
2.2.7 Ραδιογωνιόμετρα με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιοπτεύσεων

Ένας άλλος τύπος αυτόματου ραδιογωνιόμετρου που χρησιμοποιείται κυρίως σε ραδιογωνιόμετρα αεροσκαφών παρέχει εκτός απο την ακουστική και οπτική ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη ενός καθοδικού σωλήνα.



Σχήμα 2.2.14 Χαρακτηριστικός τύπος αυτομάτου ραδιογωνιομέτρου της εταιρείας SI - TEX.

Το ραδιογωνιόμετρο αυτό λειτουργεί με σύστημα κεραίας σταθερών κυκλικών πλαισίων διαμέτρου 45cm. Όπως συμβαίνει με όλα τα αυτόματα ραδιογωνιόμετρα ο χειρισμός, είναι απλούστατος. Ο χειριστής απλώς συντονίζει τον δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως γίνεται αυτόματα. Οι ενδείξεις των ραδιοδιοπτεύσεων είναι δυνατό να είναι σχετικές ή αληθείς. Όταν η ένδειξη του βορρά του ανεμολογίου του ενδείκτη ταυτισθεί με την ένδειξη της πλώρης, έχομε σχετικές ραδιοδιοπτεύσεις, ενώ όταν η ένδειξη της πλώρης ταυτισθεί με την πορεία του σκάφους, έχομε αληθείς ραδιοδιοπτεύσεις.



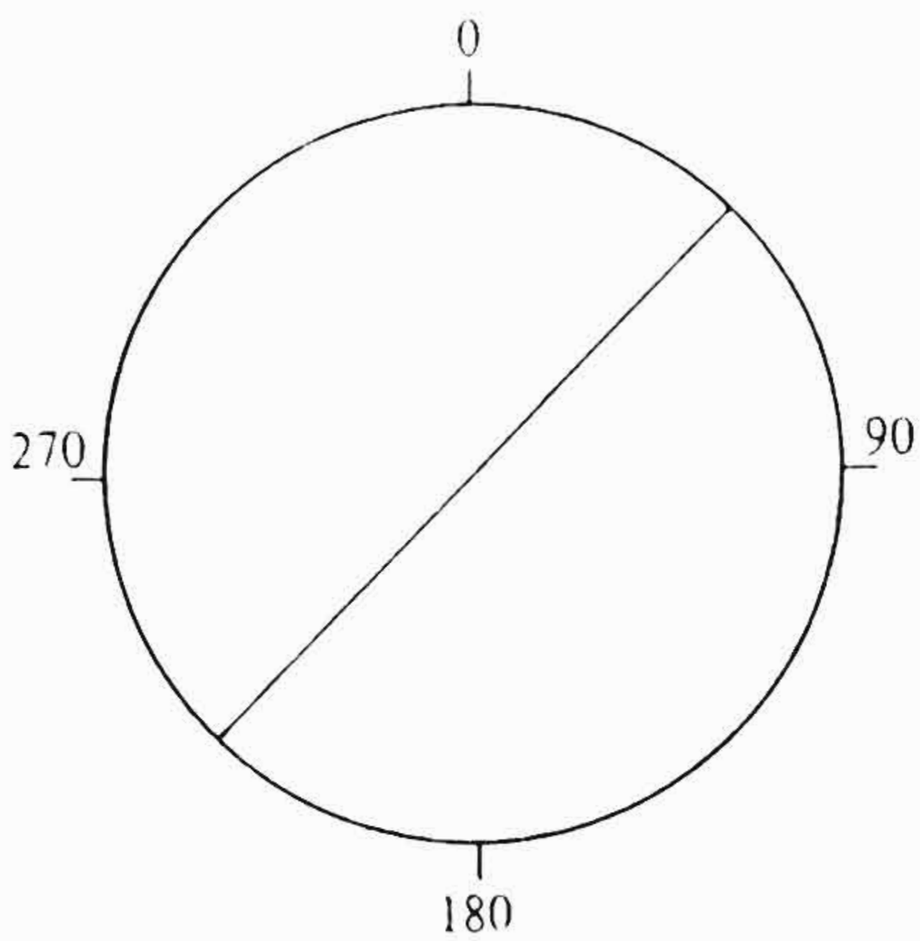
Σχήμα 2.2.15 Αρχή λειτουργίας ραδιογωνιομέτρου με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοπτεύσεων.

Η αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιομέτρου με οθόνη καθοδικού σωλήνα για την οπτική ένδειξη των ραδιοδιοπτεύσεων, φαίνεται στο σχήμα 2.2.15. Αν **θ** είναι η σχετική διόπτευση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα, οι τάσεις **E cos θ** και **E sin θ** που επάγονται στα δύο πλαίσια $\mathbf{R_L}$ και $\mathbf{R_Q}$ της κεραίας σταθερών πλαισίων, αφού ενισχυθούν στους ενισχυτές $\mathbf{A_L}$ και $\mathbf{A_Q}$ αντιστοίχως καταλήγουν στα δύο κυκλώματα εκτροπής της φωτεινής ακτίνας του καθοδικού σωλήνα.

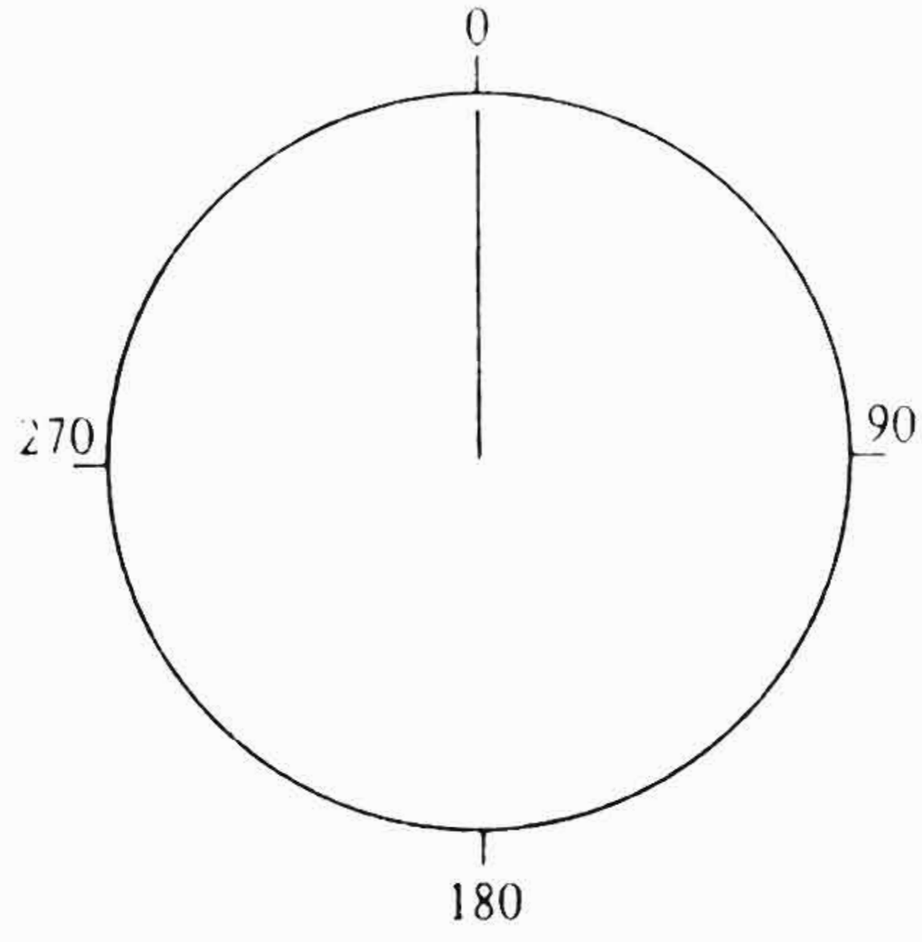
Προκειμνένου να έχουμε ακριβή απεικόνιση στην οθόνη πρέπει τα σήματα που καταλήγουν στα κυκλώματα εκτροπής της φωτεινής ακτίνας να έχουν τάσεις ανάλογες με τις αντίστοιχες των σταθέρων πλαισίων $\mathbf{R_L}$ και $\mathbf{R_Q}$.

Η απεικόνιση της σχετικής ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη έχει την μορφή της λεπτής γραμμής του σχήματος 2.2.15 και 2.2.16α, μόνο όταν το λαμβανόμενο στον δέκτή σήμα προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους χωρίς να υπάρχουν παρασιτικοί θόρυβοι από λήψεις άλλων σημάτων (λειτουργία άλλων συσκευών κλπ). Σε αντίθετη περί-

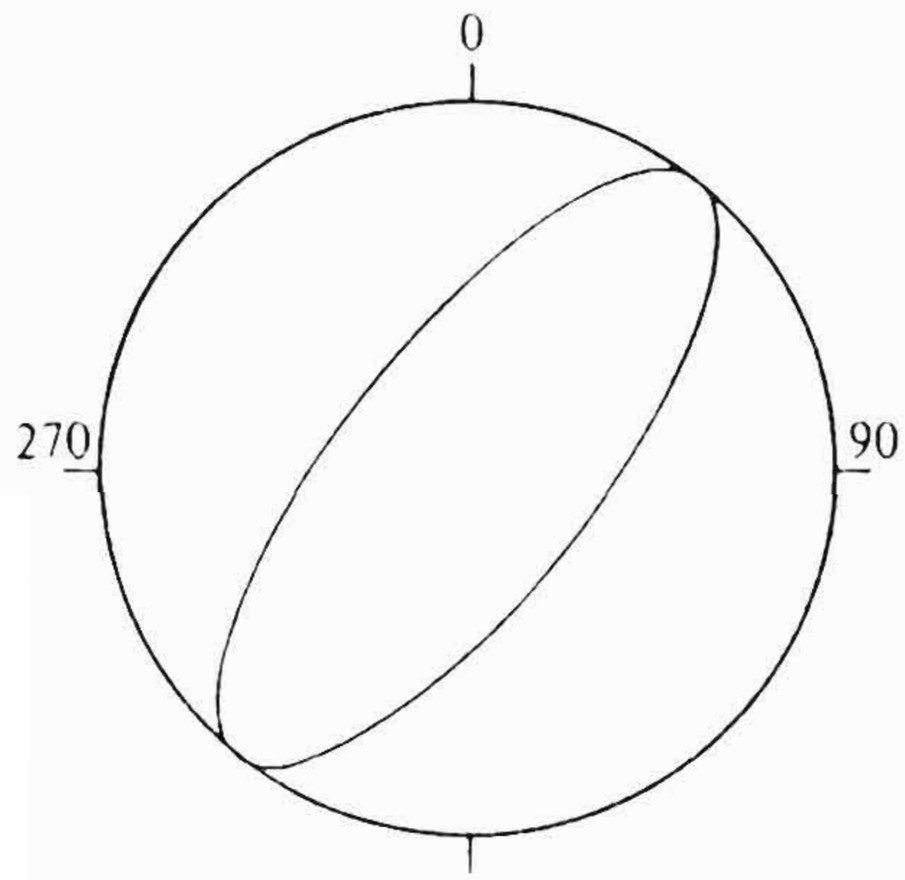
πτωση δηλαδή όταν έχουμε λήψη ουράνιου κύματος η ύπαρξή θορύβου, η απεικόνιση της ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη της συσκεύης έχει το σχήμα έλλείψεως (σχήμα 2.2.16γ)· στην περίπτωση αυτή η μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως γίνεται κατά την διεύθυνση του μεγάλου ημιάξονα της ελλείψεως που εμφανίζεται στην οθόνη.



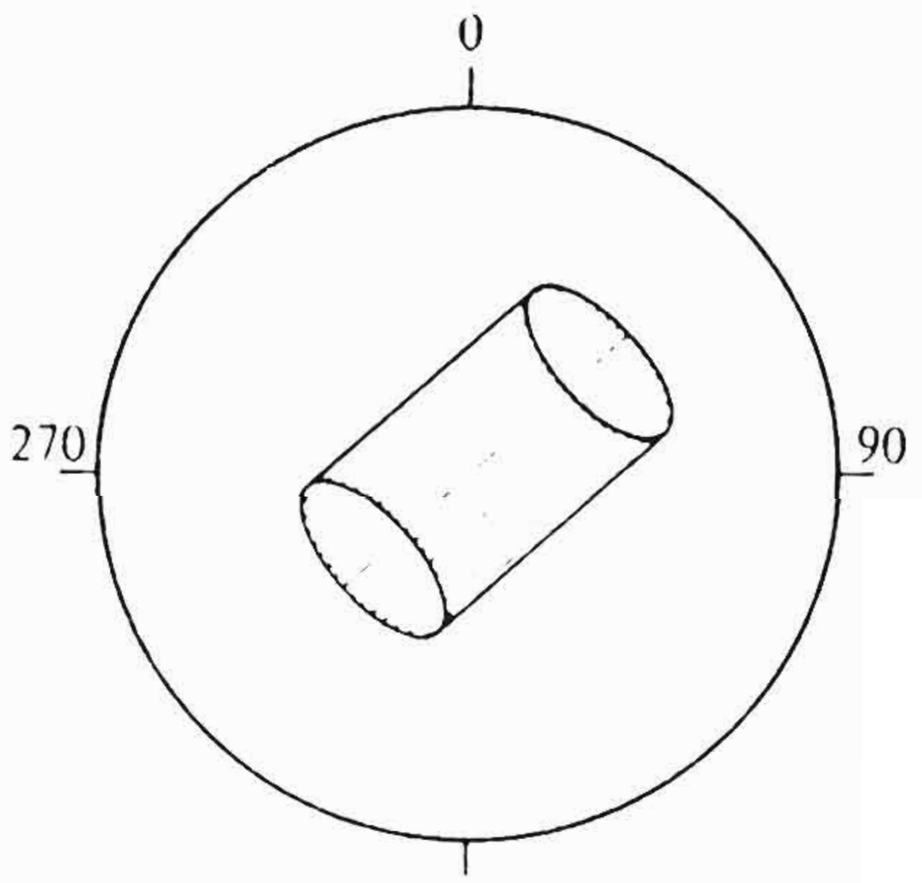
α. Κανονική ένδειξη



β. Ένδειξη κεραίας εννοίας



γ. Ένδειξη υπάρξεως ουρανίου κύματος



δ. Ένδειξη λήψεως δυο σημάτων

Σχήμα 2.2.16 Ενδείξεις καθοδικής οθόνης ραδιογωνιομέτρου.

Στα ραδιογωνιόμετρα αυτά, η αμφιβολία των 180° αίρεται με την χρησιμοποίηση κεραίας εννοίας όποτε δεν φωτίζεται όλη η διάμετρος της οθόνης αλλά μόνο η ακτίνα που δείχνει την σωστή διόπτευση. Εν τούτοις τις περισσότερες φορές η κεραία εννοίας συνδέεται μόνο με το ένα σταθερό πλαίσιο οπότε η αμφιβολία των 180° αίρεται από την ένδειξη της κεραίας έννοιας στον ενδείκτη (στη διεύθυνση προς 0° - 180° ή 90° - 270°). Ένα παράδειγμα χρησιμοποιήσεως της κεραίας εννοίας φαίνεται ατο σχήμα 2.2.16 όπου από την ένδειξη 2.2.16β προκύπτει ότι η σωστή διόπτευση είναι 045° και όχι 225°.

Όταν ο δέκτης λαμβάνει σήμα από δυο σταθμούς, στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη του σχήματος 2.2.16δ. Στην περίπτωση αυτή οι ραδιοπτεύσεις των δύο σταθμών προσδιορίζονται από τις παράλληλες πλευρές του σχηματιζομένου παραλληλογράμμου.

2.3 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥΣ.

Τα ραδιογωνιόμετρα όταν λειτουργούν κάτω από ιδανικές συνθήκες, προσδιορίζουν τις ραδιόπτευσεις με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Εν τούτοις η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στην πράξη είναι χαμηλότερη από την διακριτική ικανότητα της συσκευής, γιατί ο δέκτης απλώς προσδιορίζει την διευθυνση από την οποία λαμβάνεται το σημά του πομπού (ραδιοφάρου, πλοίου κλπ) η οποία κατά κανόνα δεν ταυτίζεται με την αντίστοιχη διόπτευση. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διαφορους παράγοντες που επιδρούν στην διάδοση των ραδιοκυμάτων και δημιουργούν εκτροπή απο την κανονική τους διαδρομή. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν τα διάφορα σφάλματα των μετρούμενων ραδιοδιοπτεύσεων που αναφέρονται στη συνέχεια.

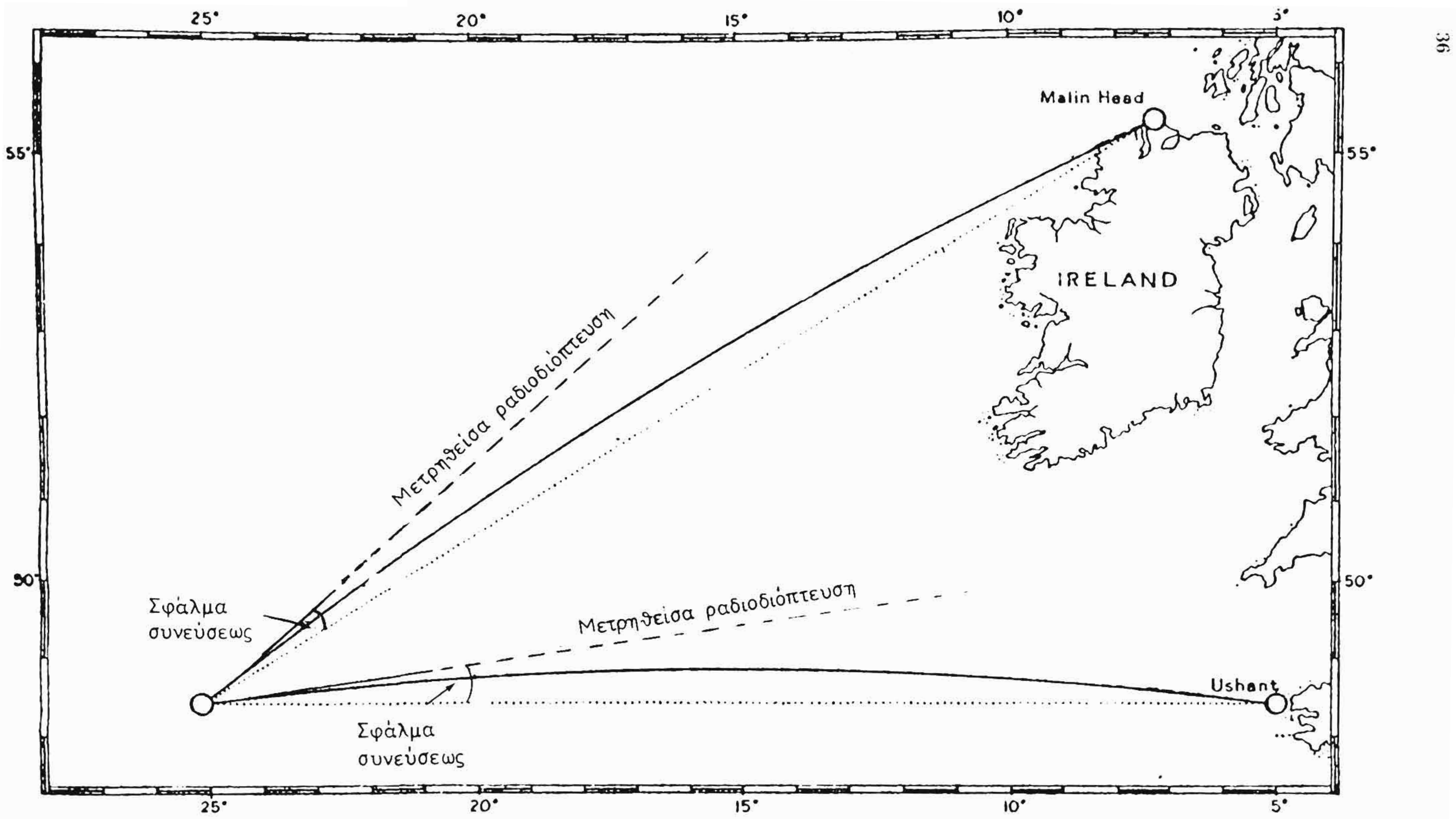
2.3.1 Σφάλμα λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών.

Κάτω από ιδανικές συνθήκες διαδόσεως τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από ένα ραδιοφάρο, η άλλο πομπό, *ακολουθούν επάνω* στη γηίνη επιφάνεια διαδρομές που είναι τόξα μεγίστου κύκλου. Επομένως οι διαδρομές αυτές, σαν ορθοδρομικά τόξα, απεικονίζονται στον μερκατορικό χάρτη σαν καμπύλες με τα κοίλα στραμένα προς τον ισημερινό (σχήμα 2.3.1)

Για την χάραξη των ραδιοδιοπτεύσεων στον μερκατορικό χάρτη σαν ευθείων, πρέπει οι ορθοδρομικές ραδιοδιοπτεύσεις να μετατραπούν σε αντίστοιχες λοξοδρομικές. Το σφάλμα που οφείλεται στην διαφορά της ορθοδρομικής από την λοξοδρομική ραδιοδιόπτευση είναι ίσο με το μισό της συνεύσεως των μεσημβρινών.

Επάνω στην γήινη σφαίρα οι μεσημβρινοί συγκλίνουν προς τους πόλους και η διαφορά των γωνιών που σχηματίζει ένα τόξο μεγίστου κύκλου με δύο μεσημβρινούς αποτελεί την σύνευση των μεσημβρινών, η τιμή της οποίας δίνεται από την σχέση :

$$\underset{\text{(σε πρώτα λεπτά)}}{\textbf{Σύνευση}} = \underset{\text{(σε πρώτα λεπτά)}}{\textbf{Διαφορά μήκους}} \times \textbf{ημίτονο μέσου πλάτους} \qquad (2.3.1)$$



Σχήμα 2.3.1 Σφάλμα λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών.

Όλες οι μετρούμενες ραδιοδιοπτεύσεις, για να χαραχθούν στον μερκατορικό χάρτη σαν ευθείες, πρέπει να διορθωθούν με το μισό της συνεύσεως. Η διόρθωση είναι προσθετική η αφαιρετική ανάλογα με τη σχετική θέση ραδιογωνιομέτρου - ραδιοφάρου έτσι ώστε η ορθοδρομική διόπτευση να μετακινηθεί προς τον ισημερινό για να γίνει λοξοδρομική.

Το πρόσημο της διορθώσεως μπορεί να προσδιοριστεί και με βάση τον επόμενο μνημονικό κανόνα:

Στο βόρειο ημισφαίριο:

-Όταν το πλοίο είναι ανατολικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι αφαιρετική

-Όταν το πλοίο είναι δυτικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι προσθετική.

Στο νότιο ημισφαίριο:

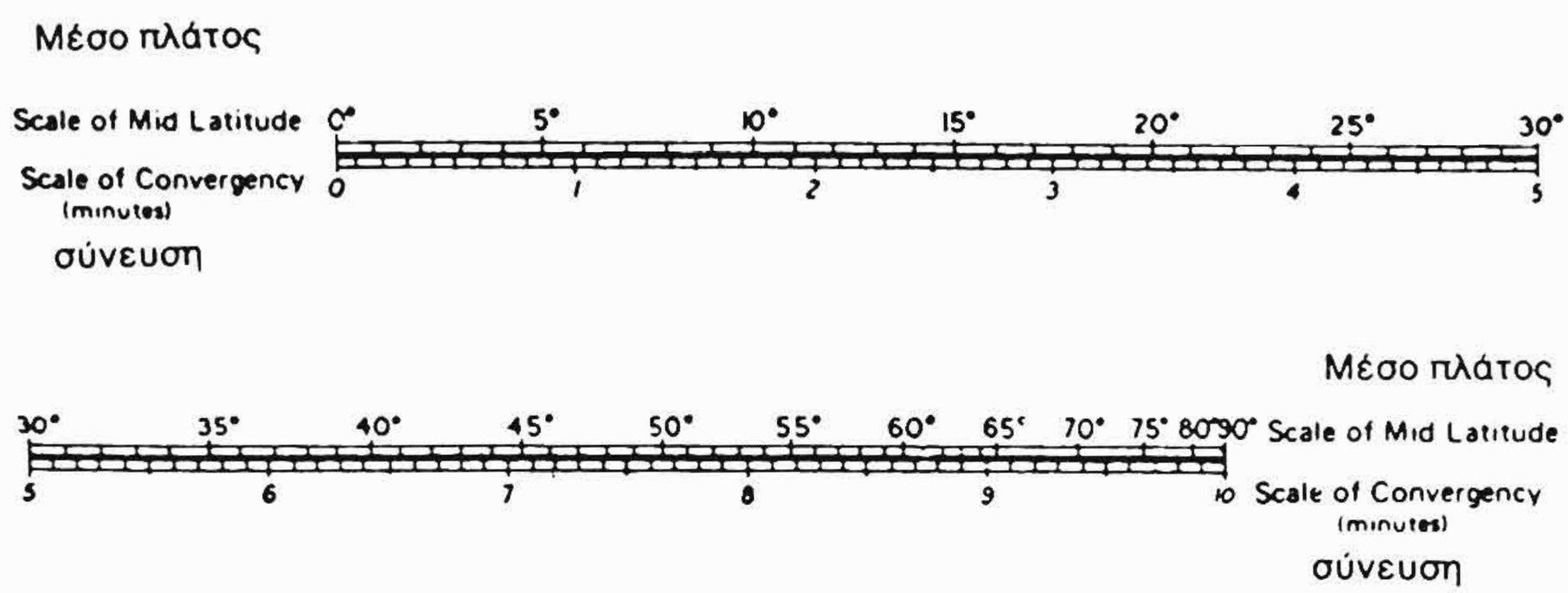
Ισχύουν τα αντίστροφα του βορείου.

Είναι προφανές ότι όταν το πλοίο και ο ραδιοφάρος βρίσκονται στον ισημερινό η στον ίδιο μεσημβρινό το σφάλμα λόγω συνευσεως μεσημβρινών μηδενίζεται.

Εκτός από την σχέση 2.3.1, η σύνευση των μεσημβρινών μπορεί να προσδιορισθεί και με έναν από τους επόμενους τρόπους:

α. Με χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων (Bowditch, Pub 117 κ.λ.π.) στους οποίους σαν στοιχεία εισόδου χρησιμοποιούμε την διαφορά μήκους και το μέσο πλάτος.

β. Με χρησιμοποίηση του νομογράμματος του σχήματος 2.3.2 που υπάρχει στην έκδοση Admirlty List of Radio Signals Vol 2



Σχήμα 2.3.2 Νομόγραμμα προσδιορισμού της συνεύσεως των μεσημβρινών για διαφορά μήκους 10°.

[Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 2].

ΠΙΝΑΚΑΣ II-1

(Από την Αμερικάνικη έκδοση Pub 117 : Radio Navigational Aids).

100.F Radio Bearing Conversion Table

Correction to be applied to radio bearing to convert to Mercator bearing

Difference of longitude

Mid lat	0·5°	1°	1·5°	2°	2·5°	3°	3·5°	4°	4·5°	5°	5·5°	6°	6·5°	7°	7·5°	Mid lat
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
4	...	...	...	..	01	01	01	01	02	02	02	02	02	02	03	4
5	...	01	01	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	5
6	...	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	6
7	...	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	7
8	...	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	8
9	...	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	9
10	...	1	1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6	6	10
11	...	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	11
12	1	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	12
13	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	13
14	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	14
15	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	15
			2				5	6	6			8	9	10	10	16
27	1	2		4	6	7	8			11	12				17	
28	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	28
29	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	29
30	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	30
31	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17	18	19	31
32	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20	32
33	1	3	4	6	7	8	10	11	12	14	15	16	18	19	20	33
34	1	3	4	6	7	8	10	11	12	14	15	17	18	20	21	34
35	1	3	4	6	7	9	10	12	13	14	16	17	19	20	22	35
36	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	36
37	2	3	4	6	8	9	11	12	14	15	16	18	20	21	22	37
38	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22	23	38
39	2	3	5	6	8	10	11	12	14	16	17	19	21	22	24	39
40	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	19	21	22	24	40
41	2	3	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	41
42	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	42
43	2	3	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21	22	24	26	43
44	2	4	5	7	9	11	12	14	16	17	19	21	22	24	26	44
45	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	21	23	25	26	45
46	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	27	46
47	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18	20	22	24	26	28	47
48	2	4	6	8	9	11	13	15	17	18	21	22	24	26	28	48
49	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	49
50	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	50
51	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	23	25	27	29	51
52	2	4	6	8	10	12	14	16	19	20	22	24	26	28	30	52
53	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	53
54	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	54
55	2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	22	24	27	29	31	55
56	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	25	27	29	31	56
57	2	4	6	8	11	12	15	17	19	21	23	25	27	29	32	57
58	2	4	6	8	11	13	15	17	19	21	23	26	28	30	32	58
59	2	4	6	8	11	13	15	17	19	22	24	26	28	30	32	59
60	2	4	6	9	11	13	15	17	20	22	24	26	28	30	32	60

Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign	Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign
North	Eastward	+	South	Eastward	-
North	Westward	-	South	Westward	+

ΠΙΝΑΚΑΣ II-2

(Από την έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου : ALRS Vol 2)

RADIOBEACONS AND RADIO DIRECTION-FINDING STATIONS

GREECE

RD **Axios, Nisis Kavoúra Lt** 40°30·73N 22°44·90E **1261**
AWAE 287·3 A1A A2A 0·2 kW Clear Nil
Fog Cont

Bearing Beam centred 340° towards beacon
Directional Signals:
East of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident AW (weak) **AE** (strong)
On beam Succession of equal strength dashes, interrupted once every min for ident AWAE of uniform strength
West of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident **AW** (strong) AE (weak).
Synchronized for distance finding with 2 air fog signals as follows
1) Horn (at the Radiobeacon) Blast 5 sec, silent 2 sec, blast 2 sec, silent 51 sec The 5 second blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes Every 6 dashes received before the 5 second blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the Radiobeacon
2) Horn (at Akra Megálo Emvolon Lt) 40°30' 17N 22°49' 07E Blast 2 sec, silent 58 sec
The blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from Akra Megálo Emvolon Lt
Note Should this horn become unsynchronized it will operate with a period of 45 s instead of 60 s until the synchronization is restored

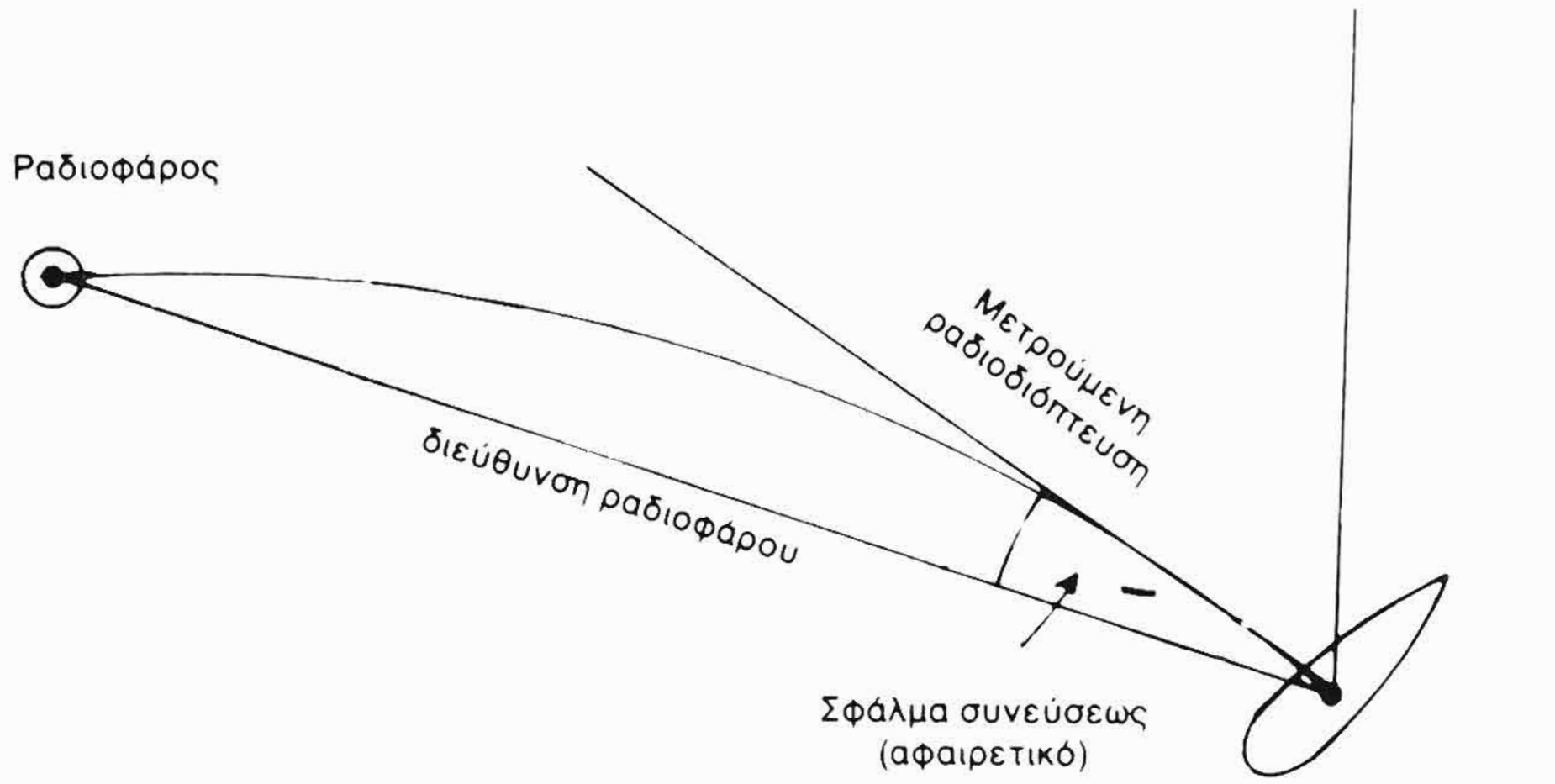
RD **Thessaloníki**[1] 40°36'·63N 22°57'·02E **1263**
TNTS 308 A1A A2A 0·2 kW Clear Nil
Fog Cont

Bearing: Beam centred 050° towards beacon

Directional Signals[2]:
North of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident **TN** (strong) TS (weak)
On beam: Succession of equal strength dashes interrupted once every min for ident TNTS of uniform strength.
South of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident TN (weak) **TS** (strong)
1) Located at Lt E4503
2) The bearing line must not be relied upon at a distance of more than 7·5 n miles from the beacon owing to signal distortion in the area of Akra Megálo Emvolon.
3) Synchronised and co-located with a horn at the Radiobeacon for distance finding Blast 5·1 sec, silent 54·9 sec The Blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the horn.

Aero RC **Límnos** 39°55'·48N 25°14'·93E **1265**
LIO 270 A2A 150 n miles H24

Aero RC **Alexandroúpolis** 40°51'·43N 25°56'·50E **1267**
ALP 351 A2A 100 n miles H24



Σχήμα 2.3.3 Προσδιορισμός προσήμου του σφάλματος λόγω συνεύσεως.

Παράδειγμα υπολογισμού σφάλματος λόγω συνεύσεως.

Στίγμα πλοίου φ:50° 05΄N λ:1° 52΄W
Στίγμα ραδιοφάρου φ:50° 55΄N λ:5° 10΄W
Διαφορά μήκους = 4° 42΄ =282΄
Μέσο πλάτος = 50° 30΄

Από το διάγραμμα του σχήματος 2 3.2 κάτω από την ένδειξη του μέσου πλάτους 50° 30 6 ρίσκουμε την τιμή 7,7 η οποία είναι η τιμή της συνεύσεως την μεσημβρινών που αντιστοιχεί σε διαφορά μήκους 10΄. Πολλαπλασιάζουμε την τιμή 7,7 με την τιμή 28,2 (το δέκατο της διαφόρας μήκους) και η τιμή της συνεύσεως του παραδείγματος μας είναι : 7,7 × 28,2 = 217΄

Το σφάλμα λόγω συνεύσεως είναι ίσο με $\frac{1}{2}$ 217΄ = 108,5΄ = 1° 48,5΄ και το πρόσημό του αρνητικό.

Ο προσδιορισμός του προσήμου της διορθώσεως γίνεται αν υποτυπώσουμε πρόχειρα την σχετική θέση πλοίου και ραδιοφάρου και χαράξουμε το ορθοδρομικό τόξο που διέρχεται από τις θέσεις αυτές (σχήμα 2.3.3) οπότε βλέπουμε ότι για την μετατροπή της ορθοδρομικής ραδιοδιοπτεύσεως σε λοξοδρομική το σφαλμα λόγω συνεύσεως πρέπει να είναι αφαιρετικό. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και με την χρησιμοποιήση του μνημονικού κανόνα που προαναφέρθηκε.

Εύκολα επαληθεύεται ότι η ίδια τιμή του σφάλματος λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών (1° 48,5΄) προκύπτει αν αντί του νομογράμματος του σχήματος 2.3.2 χρησιμοποιήσουμε τη σχέση 2.3.1 ή οποιονδήποτε από τους υπάρχοντες πίνακες.

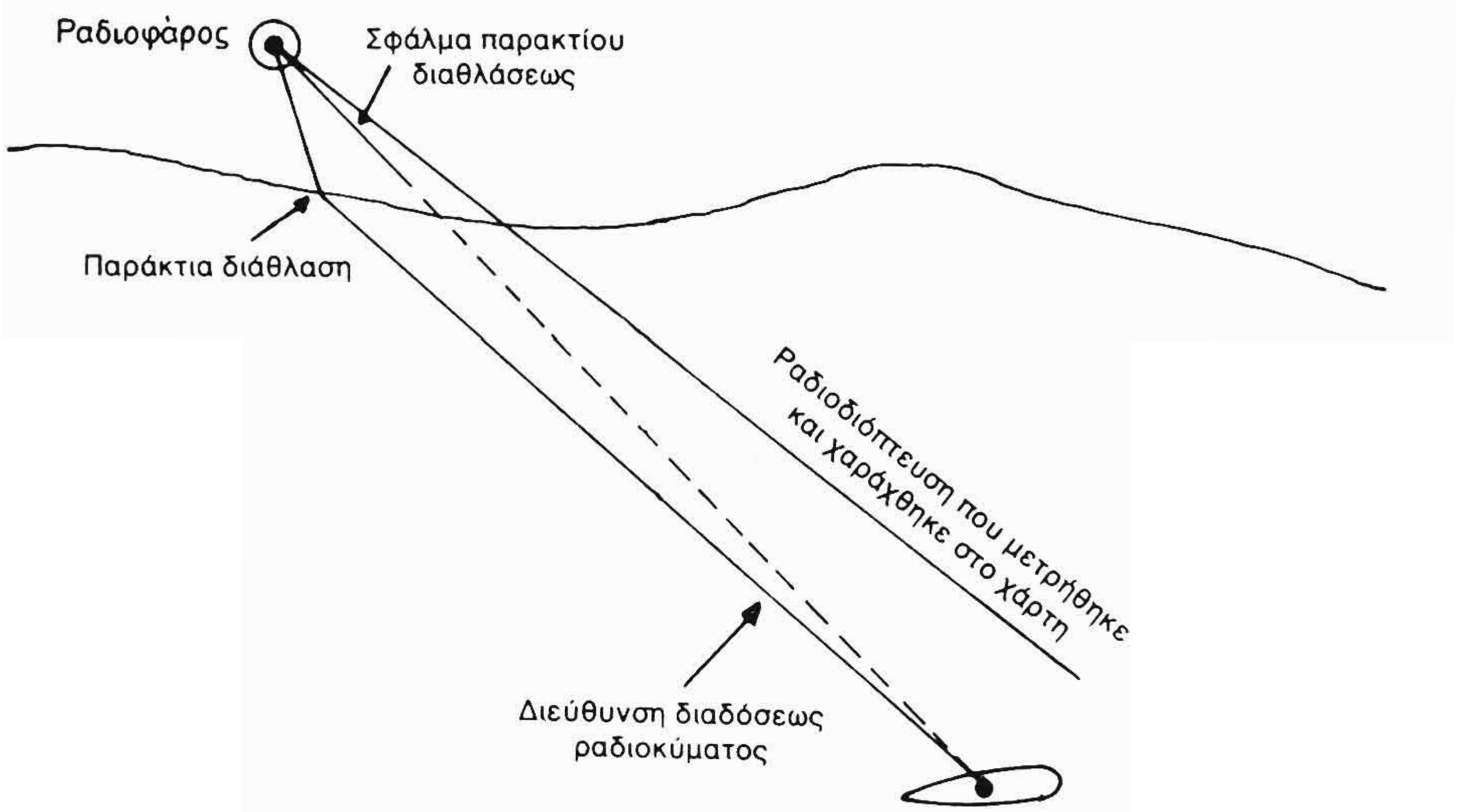
2.3.2 Σφάλμα Πολικότητος ή επίδραση νυκτός

Για τον ακριβή προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως πρέπει το λαμβανόμενο στον δέκτη ραδιοκύμα να προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους. Όταν στον δέκτη λαμβάνεται και ουράνιο κύμα δημιουργείται ένα σφάλμα το οποίο παρατηρείται κυρίως κατά την νύκτα (οπότε οι μεσαίες συχνότητες διαδίδονται με ουράνια κύματα) και έχει μέγιστη τιμή κατά την ανατολή και δύση του ηλίου.

Επειδή το σφάλμα αυτό λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, όταν υποψιαζόμαστε την ύπαρξη ουρανίου κύματος, δεν θα πρέπει να λαμβάνουμε ραδιοδιοπτεύσεις. Εν τούτοις αν απαιτηθεί να χρησιμοποιήσουμε σήματα που διαδίδονται και με ουράνια κύματα, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα πολικότητος λαμβάνοντας αρκετές διαδοχικές ραδιοδιοπτεύσεις και χρησιμοποιόντας το μέσο όρο των ενδείξεων.

2.3.3 Σφάλμα παρακτίου διαθλάσεως ή επίδραση ακτής.

Το σφάλμα αυτό (σχήμα 2.3.4) παρατηρείται όταν το ραδιοκύμα που έκπεμπεται από ένα σταθμό ξηράς, για να φθάσει στον δέκτη του πλοίου, ακολουθεί διαδρομή που τέμνει την ακτογραμμή με γωνία μικρότερη από 90°. Στην περίπτωση αυτή λόγω της διαφορετικής αγωγιμότητας της ατμόσφαιρας επάνω από την ξηρά και την θάλασσα αντιστοίχως δημιουργείται διάθλαση του ραδιοκύματος με αποτέλεσμα την λήψη λανθασμένης ραδιοδιοπτεύσεως.



Σχήμα 2.3.4 Σφάλμα παρακτίου διαθλάσεως.

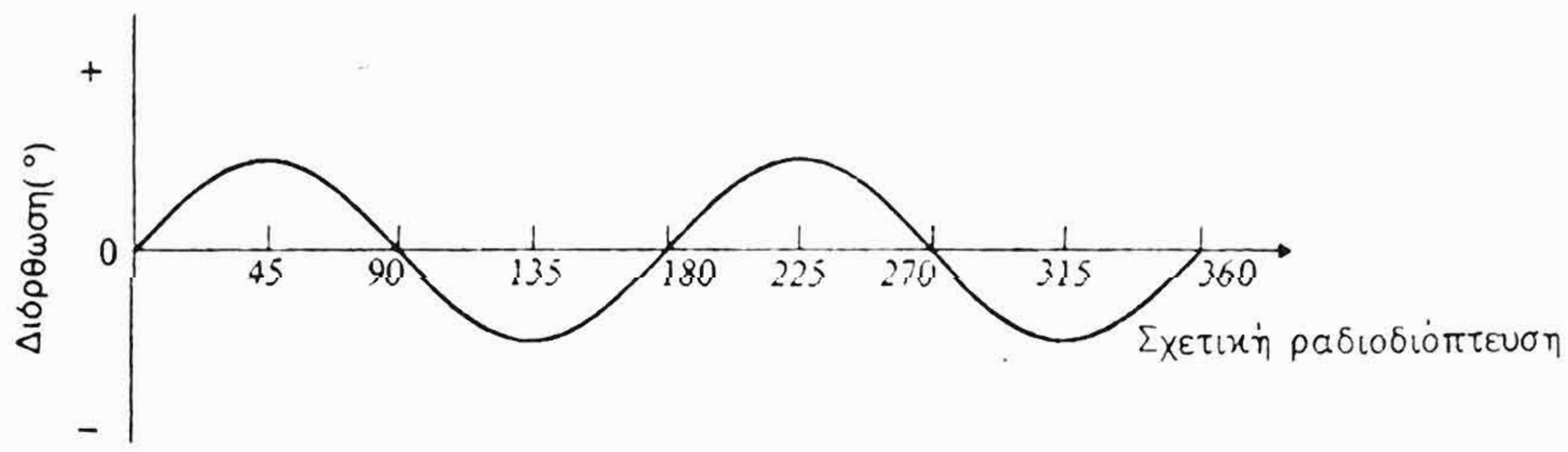
Το σφάλμα παρακτίου διαθλάσεως είναι δυνατό να λάβει τιμές που πολλές φορές ξεπερνούν τις 5°. Για τον λόγο αυτό ο ναυτιλλόμενος πρέπει να προσέχει ιδιαίτερα στην επιλογή των κατα περίπτωση καταλληλότερων ραδιοφάρων (ανάλογα με την σχετική θέση πλοίου - ραδιοφάρου σε συνδυασμό με την ακτογραμμή και την απόσταση του ραδιοφάρου από την ακτή). Ραδιοδιοπτεύσεις που σχηματίζουν γωνία μικρότερη από 15° - 20° με την ακτογραμμή δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται.

2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο.

Τα σφάλματα του ραδιογωνιομέτρου που εξετάσθηκαν μέχρι τώρα οφείλονται σε παράγοντες εκτός πλοίου που δημιουργούν μια εκτροπή της διαδρομής διαδόσεως που ραδιοκύματος από την σωστή διόπτευση του ραδιοφάρου που πρέπει να χαραχθεί στον μερκατορικό χάρτη. Εκτροπή της διαδρομής των ραδιοκυμάτων δημιουργείται και από την επίδραση του ίδιου του σκάφους. Τα κυριώτερα σφάλματα που οφείλονται στην επίδραση του σκάφους είναι το τεταρτοκυκλικό και το ημικυκλικό.

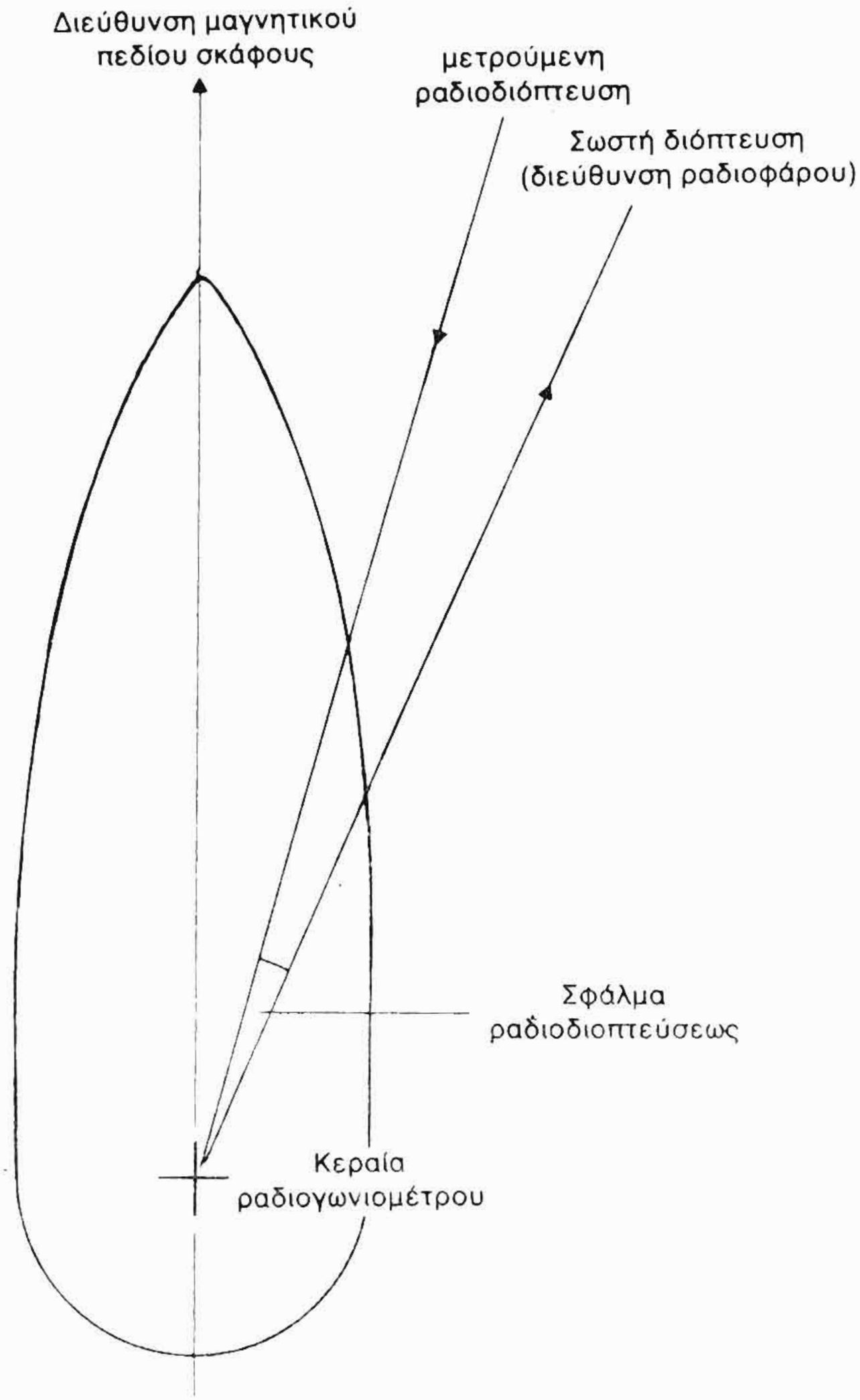
2.3.4α Τεταρτοκυκλικό σφάλμα (quadrantal error)

Η ονομασία του σφάλματος αυτού οφείλεται στο γεγονός οτι λαμβάνει τις μέγιστες τιμές στα τέσσερα τεταρτημόρια 045°, 135°, 225°, 315° ενώ μηδενίζεται στις σχετικές διοπτεύσεις 0°, 90°, 180° και 270°. Προσδιορίζοντας τις τιμές του σφάλματος αυτού για διάφορες ραδιοδιοπτεύσεις προκύπτει η καμπύλη διορθώσεως του σχήματος 2.3.5 (βλέπε και § 2.3.4γ).



Σχήμα 2.3.5 Καμπύλη διορθώσεως τεταρτοκυκλικού σφάλματος.

Το τεταρτοκυκλικό σφάλμα οφείλεται στην επίδραση του μαγνητικού πεδίου του σκάφους το οποίο προκύπτει από τα ρεύματα επαγωγής που δημιουργούνται από το μαγνητικό πεδίο του ραδιοκύματος. Η επίδραση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την μετατόπιση της σωστής ραδιοδιοπτεύσεως προς την διεύθυνση του διαμήκους του πλοίου (σχήμα 2.3.6)

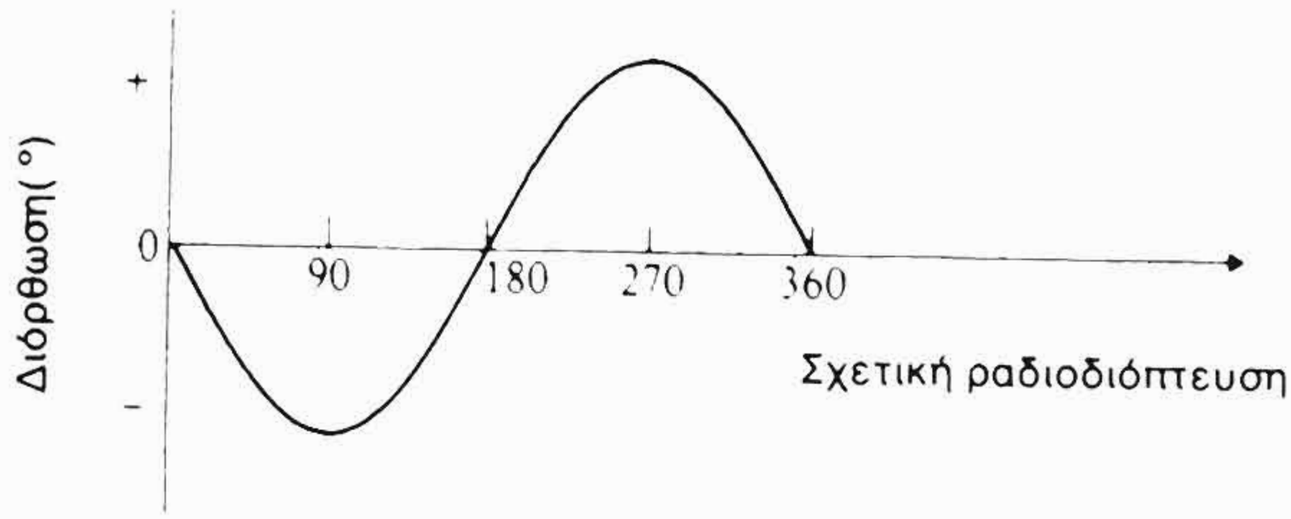


Σχήμα 2.3.6 Επίδραση του τεταρτοκυκλικού σφάλματος στις μετρούμενες ραδιοπτεύσεις.

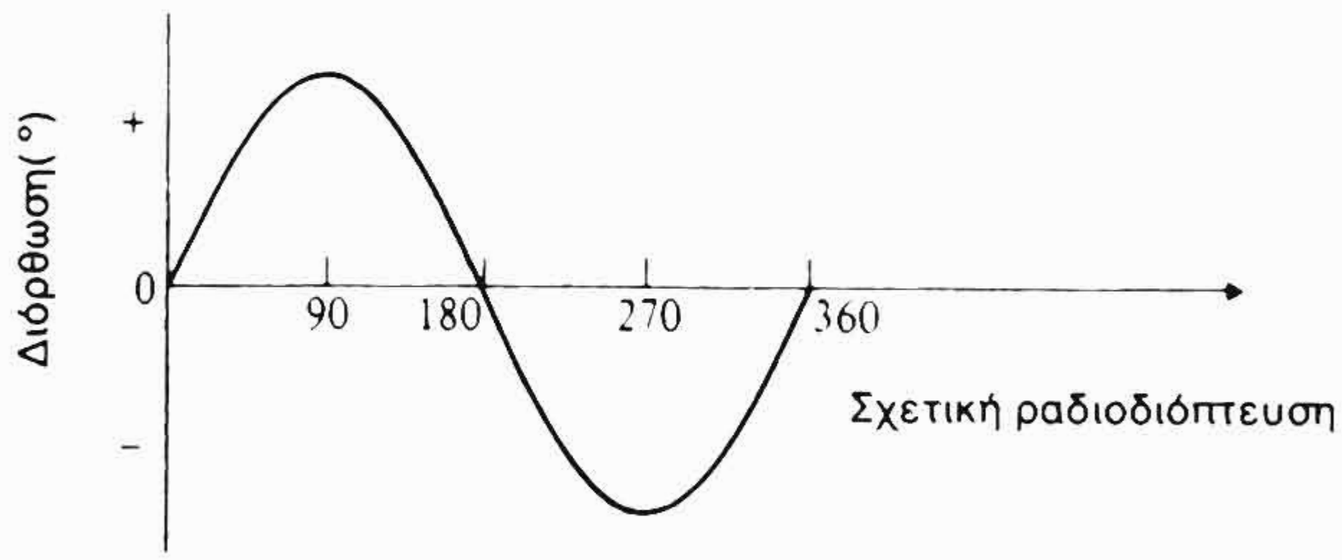
Το τεταρτοκυκλικό σφάλμα είναι δυνατό να διορθωθεί αν στην κεραία του ραδιογωνιομέτρου συνδεθεί ένα κύκλωμα συνθέτου αντιστάσεως το οποίο θα αντισταθμίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου του σκάφους. Επίσης περιορίζεται με την τοποθέτηση της κεραίας του ραδιογωνιομέρου σε θέση συμμετρική ως προς τις υπερκατασκευές.

2.3.4β Ημικυκλικό σφάλμα

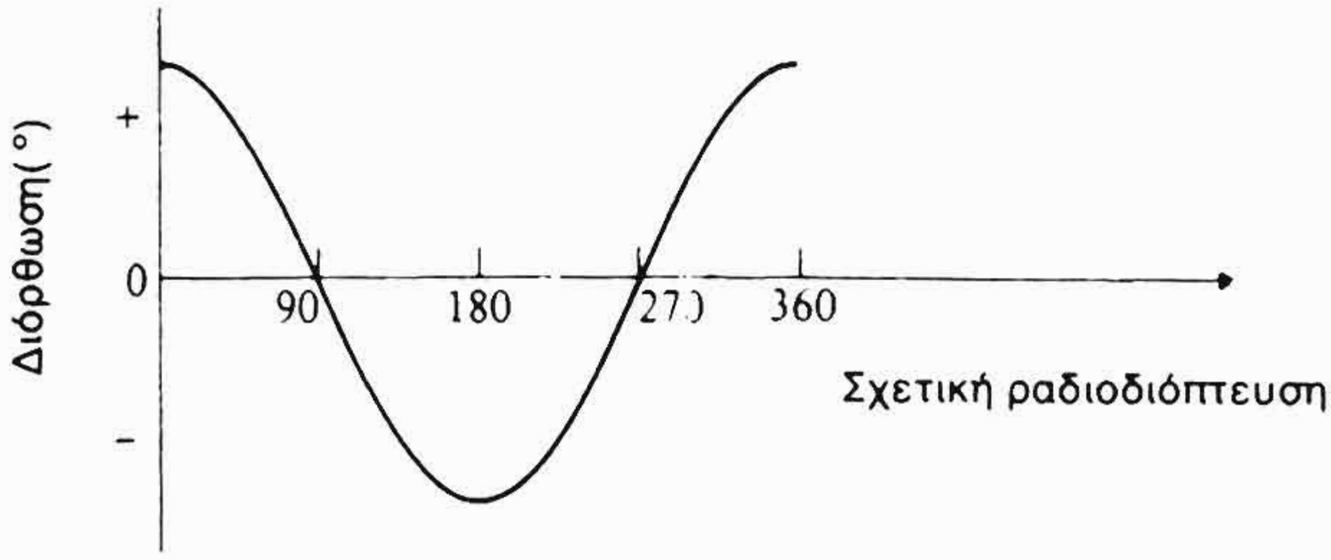
Το σφάλμα αυτό οφείλεται στην επανεκπομπή του λαμβανομένου ραδιοκύματος από κάποιο κατακόρυφο αγωγό που βρίσκεται στο σκάφος όπως π.χ. ιστοί, τσιμινιέρες κλπ. Το ημικυκλικό σφάλμα λαμβάνει την ονομασία του από το γεγονός ότι παρουσιάζει δύο μέγιστες τιμές σε ραδιοδιοπτεύσεις που διαφέρουν μεταξύ τους κατά 180°.



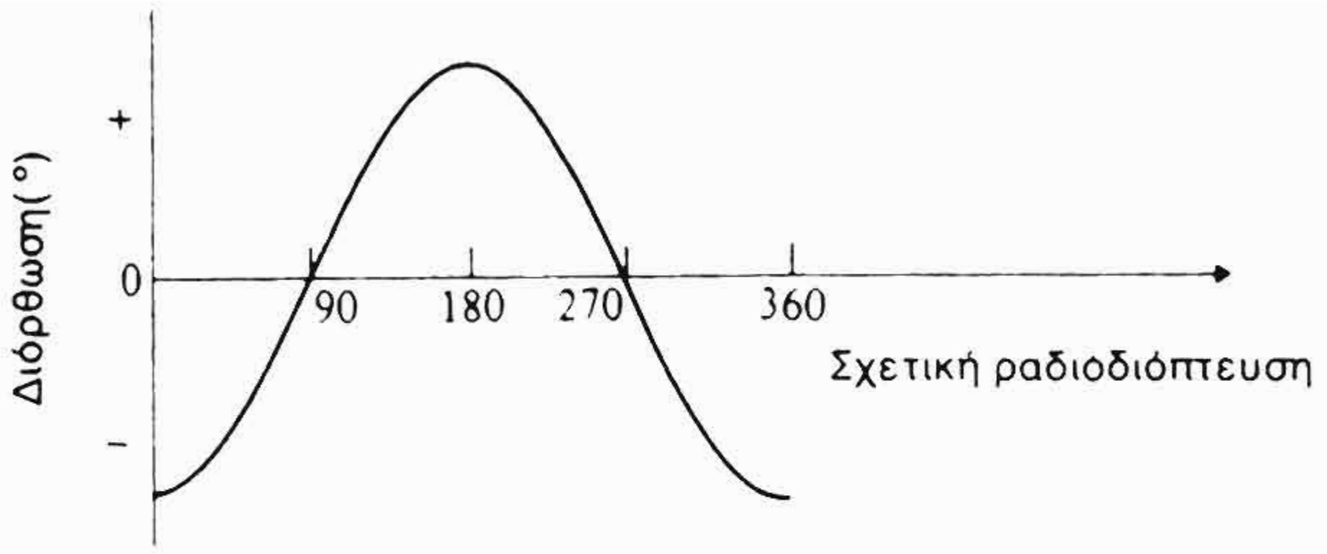
α.Ο κατακόρυφος αγωγός βρίσκεται μεταξή κεραίας ραδιογωνιομέτρου και πλώρης



β.Ο κατακόρυφος αγωγός βρίσκεται μεταξή κεραίας ραδιογωνιομέτρου και πρύμνης

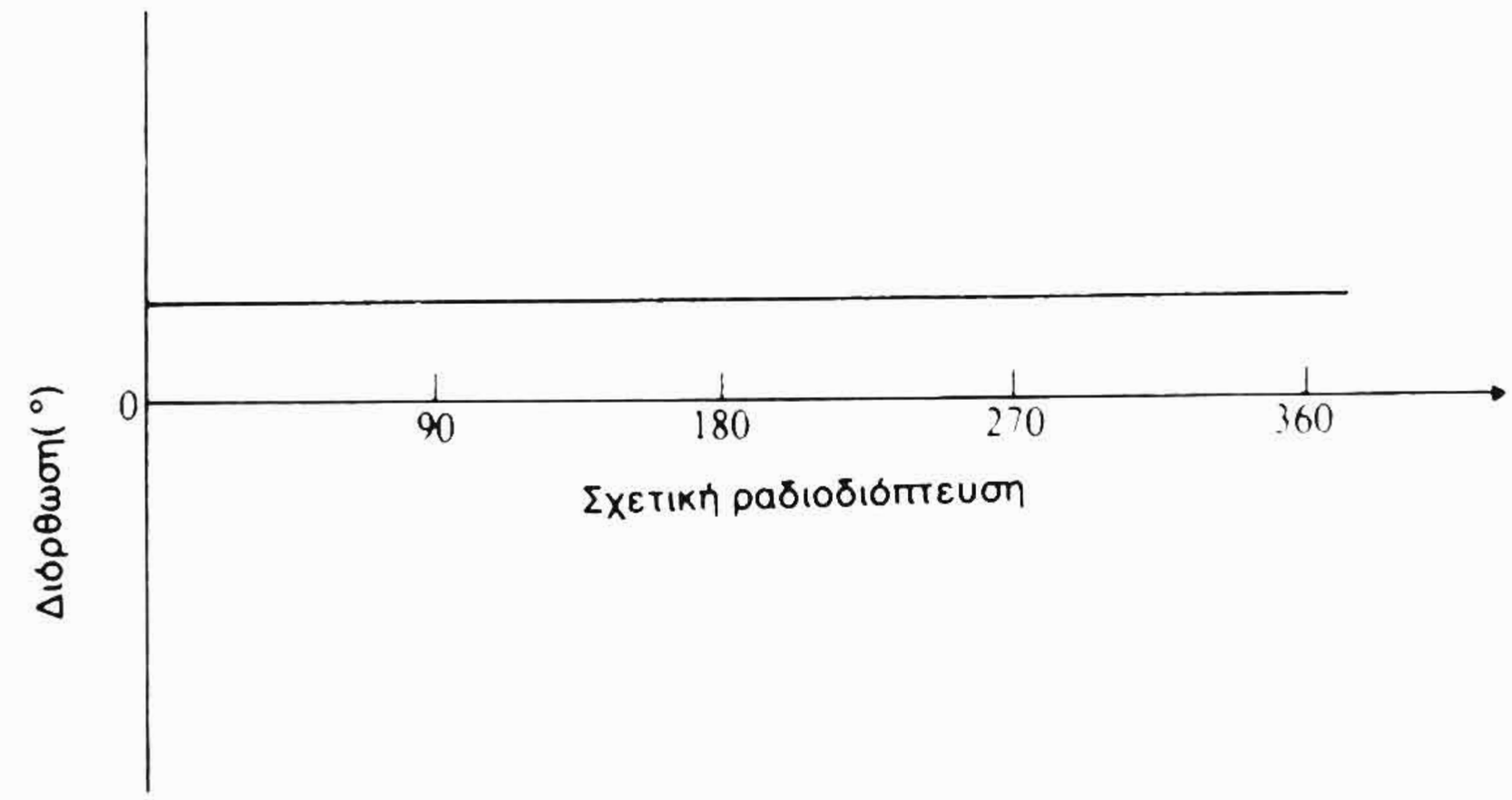


γ.Ο κατακόρυφος αγωγός βρίσκεται αριστερά της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου



δ.Ο κατακόρυφος αγωγός βρίσκεται δεξιά της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου

Σχήμα 2.3.7 Καμπύλες διορθώσεως ημικυκλικού σφάλματος.



Σχήμα 2.3.8 Καμπύλη διορθώσεως σφάλματος ευθυγραμμίσεως κεραίας.

Το ημικυκλικό σφάλμα είναι εντονώτερο όταν το ύψος **h** του κατακόρυφου αγωγού και το μήκος κύματος **λ** του ραδιοκύματος έχουν τη σχέση :

$$h = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}.$$

Η καμπύλη διορθώσεως του ημικυκλικού σφάλματος ανάλογα με τη σχετική θέση του κατακορύφου αγωγού ως προς την κεραία του ραδιογωνιομέτρου έχει μία από τις μορφές του σχήματος 2.3.7

2.3.4γ Συνολικό σφάλμα που ωφείλεται στο πλοίο. (Σφάλμα αντισταθμίσεως). Βαθμονόμηση Ραδιογωνιομέτρου (calibration).

Στην πράξη το σφάλμα του ραδιογωνιομέτρου που οφείλεται στο πλοίο υπολογίζεται συνολικά και περιλαμβάνει όλα τα επι μέρους σφάλματα όπως π.χ. τεταρτοκυκλικό, ημικυκλικό, σφάλμα ευθυγραμμίσεως κεραίας κ.λ.π.

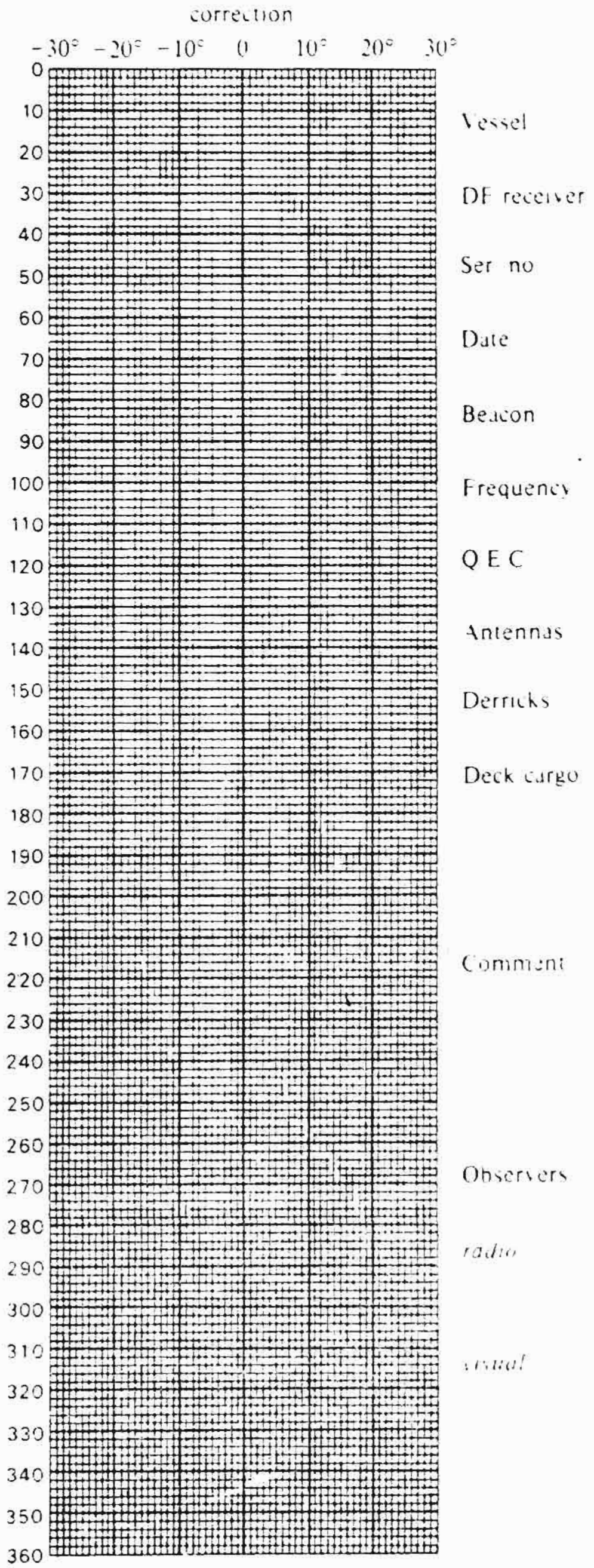
Το σφάλμα ευθυγραμμίσεως της κεραίας δημιουργείται όταν η κεραία δεν είνα ευθυγραμμισμένη με το διάμηκες του πλοίου όποτε η καμπύλη διορθώσεως του σφάλματος αυτού έχει την μορφή του σχήματος 2.3.8.

Για τον προσδιορισμό του συνολικού σφάλματος του ραδιογωνιομέτρου,που οφείλεται στην επίδραση του πλοίου, είναι απαραίτητο να γίνει βαθμονόμηση (Calibration) του οργάνου.

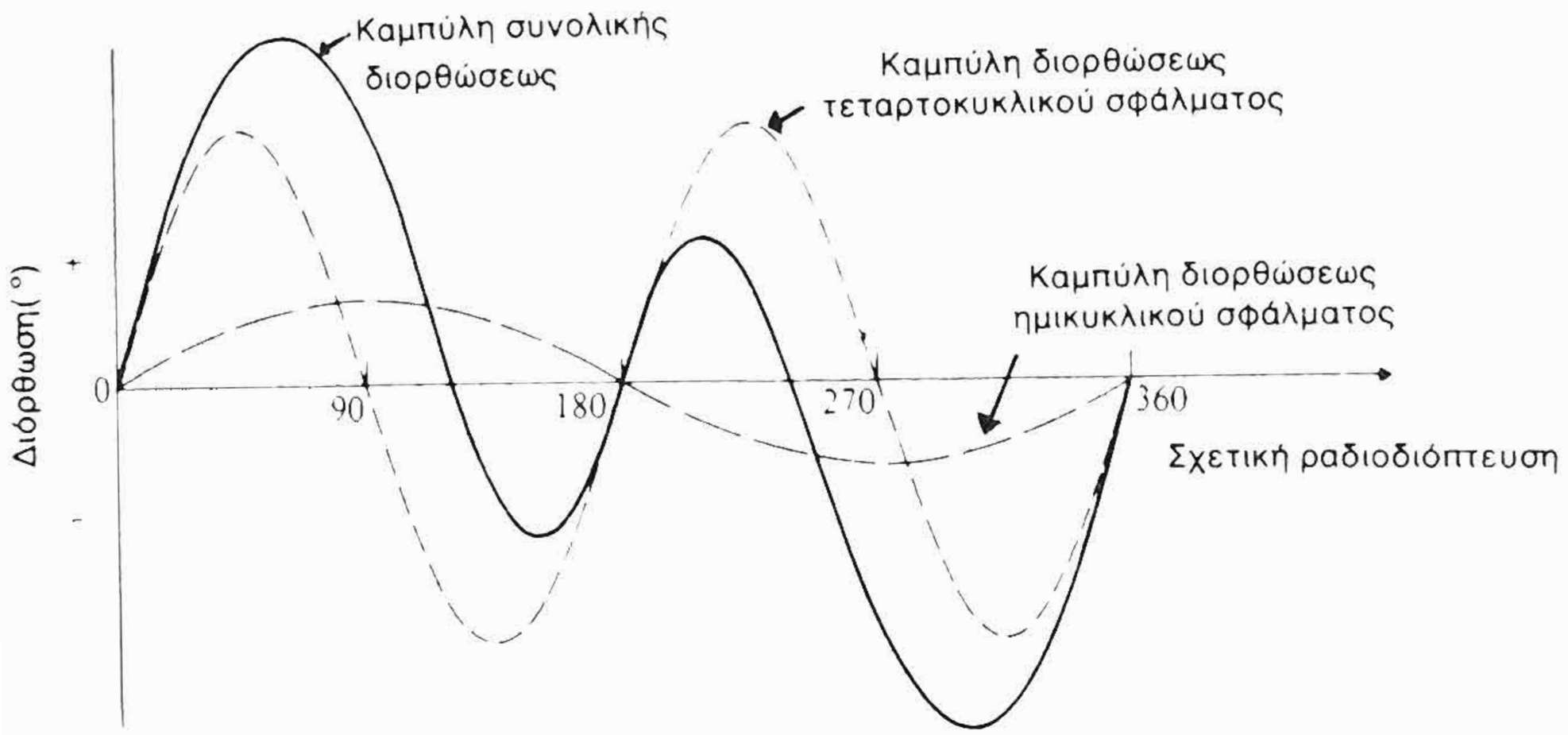
Η βαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου στηρίζεται στην ταυτόχρονη λήψη ραδιοπτεύσεων και σχετικών διοπτεύσεων με το ταξίμετρο και κατασκευή πινακίδων και καμπύλης διορθώσεως. Για τον σκοπό αυτό το πλοίο πλησιάζει ένα ραδιοφάρο σε απόσταση, κατά προτίμηση,3-5 μιλίων

DF receiver calibration details

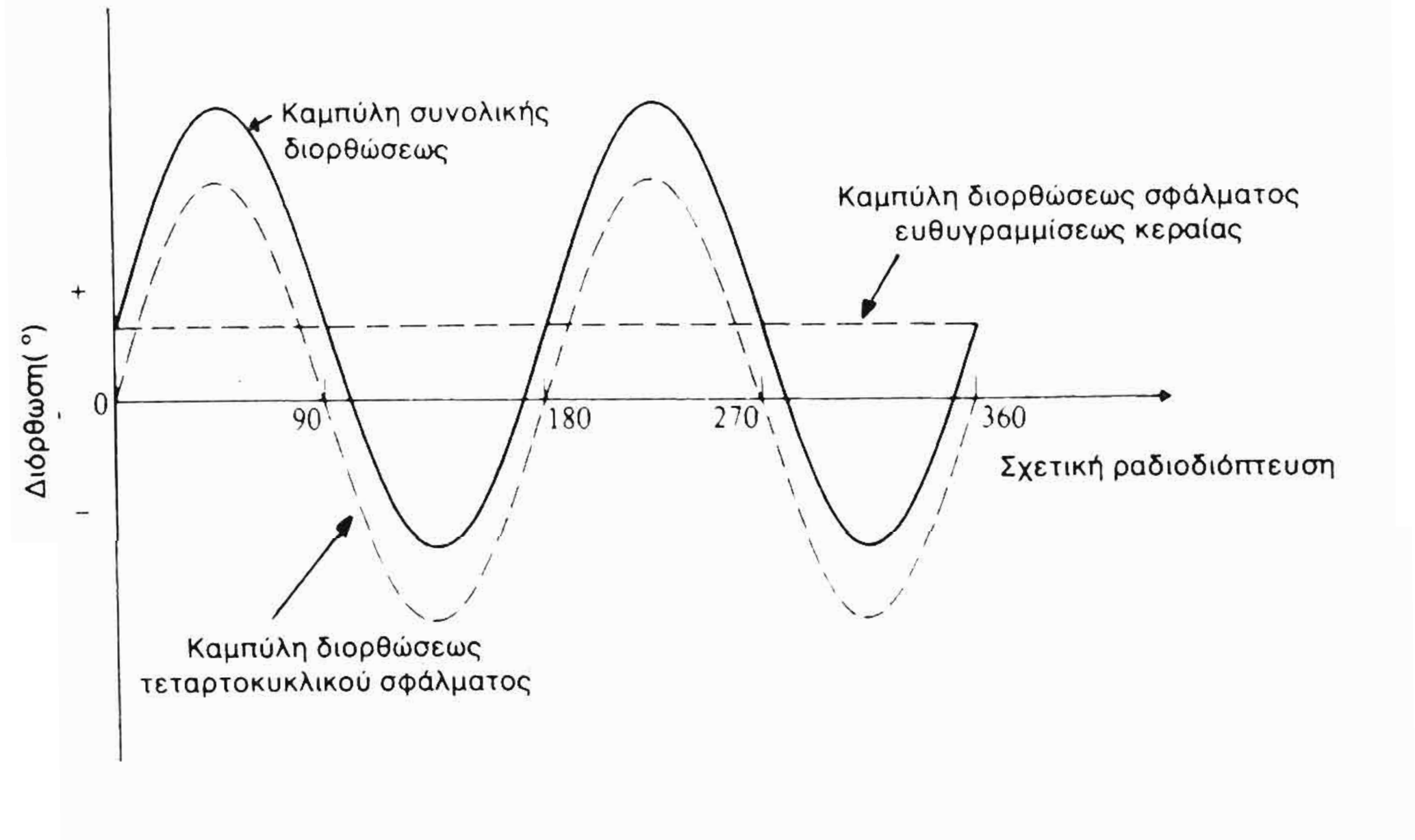
DF	VISUAL	DF	VISUAL
0		180	
5		185	
10		190	
15		195	
20		200	
25		205	
30		210	
35		215	
40		220	
45		225	
50		230	
55		235	
60		240	
65		245	
70		250	
75		255	
80		260	
85		265	
90		270	
95		275	
100		280	
105		285	
110		290	
115		295	
120		300	
125		305	
130		310	
135		315	
140		320	
145		325	
150		330	
155		335	
160		340	
165		345	
170		350	
175		355	
180		360	



Σχήμα 2.3.9 Έντυπο στοιχείων βαθμονομήσεως ραδιογωνιομέτρου.



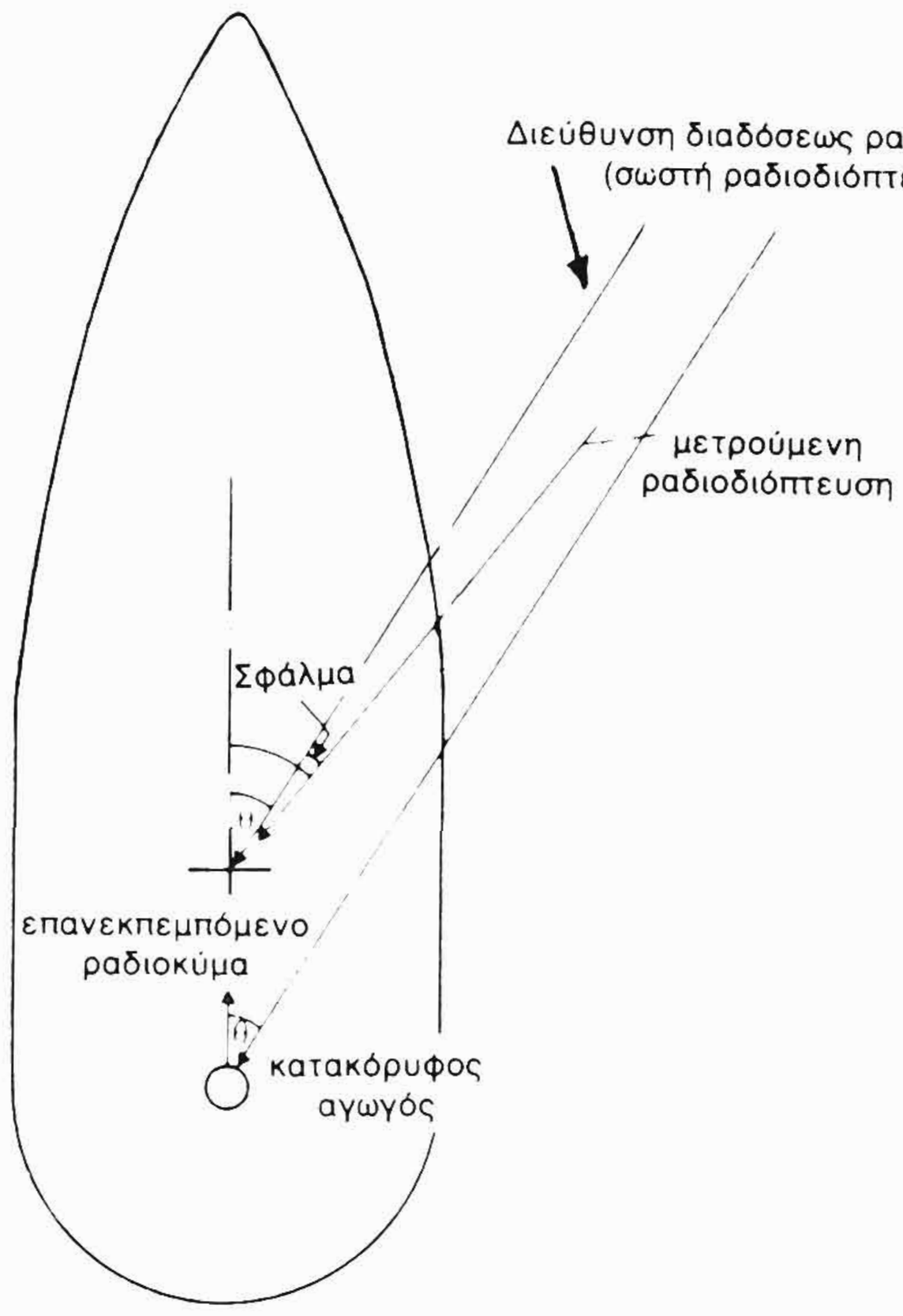
α. Καμπύλη διορθώσεως που προκύπτει από τον συνδιασμό τεταρτοκυκλικού και ημικυκλικού σφάλματος



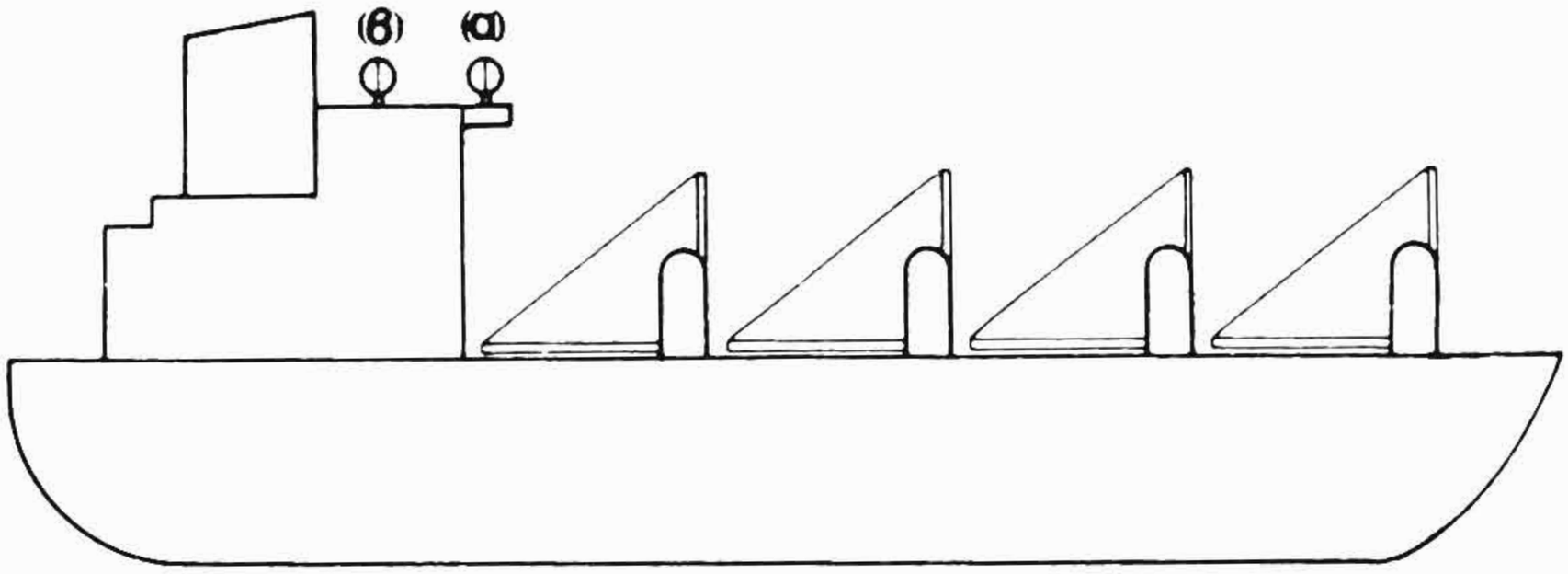
β. Καμπύλη διορθώσεως που προκύπτει απο τον συνδιασμό τεταρτοκυκλικού σφάλματος και σφάλματος ευθυγραμμήσεως κεραίας

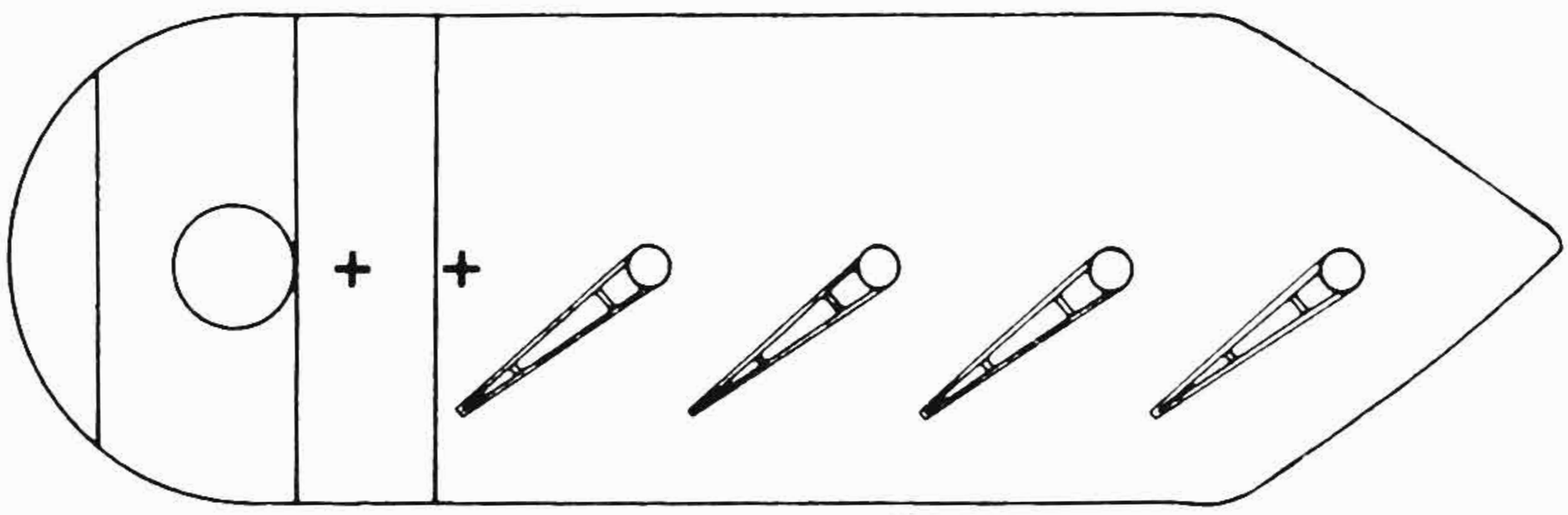
Σχήμα 2.3.10 Καμπύλες συνολικής διορθώσεως που προκύπτουν από συνδιασμό σφαλμάτων.

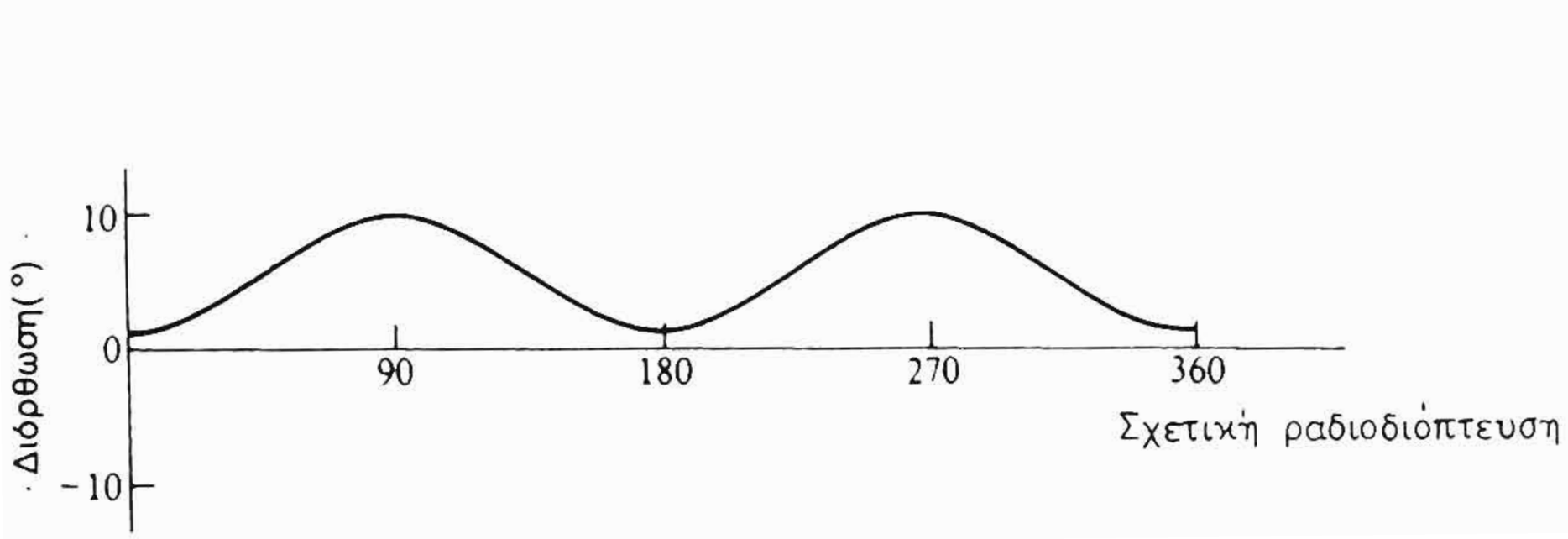
και πάντως όχι μικρότερη από μισό μίλι και εκτελεί κυκλικές διαδρομές κατά την διάρκεια των οποίων λαμβάνοντας ταυτόχρονες ραδιοδιοπτεύσεις και οπτικές διοπτεύσεις (σχετικές) του ραδιοφάρου που καταχωρούνται σε ένα έντυπο της μορφής του σχήματος 2.3.9 Ιδιαίτερα προσοχή πρέπει να δίνεται στις μετρήσεις που αντιστοιχούν σε σχετικές διοπτεύσεις 45°, 135°, 225° και 315° γιατί στις θέσεις αυτές το τεταρτοκυκλικό σφάλμα πρέπει να έχει την μεγαλύτερη τιμή. Ειδικοί ραδιόφαροι που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση ραδιογωνιομέτρων αναφέρονται στις εκδόσεις Admiralty List of, Radio Signals Vol 2 του Βρεττανικού Ναυαρχείου και Pub 117 των ΗΠΑ. Η βαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου είναι δυνατό να γίνει και με την βοήθεια φορητου πομπού ο οποίος τοποθετείται σε μία άκατο η οποία εκτελεί κυκλική διαδρομή γύρω από το αγκυροβολημένο πλοίο.

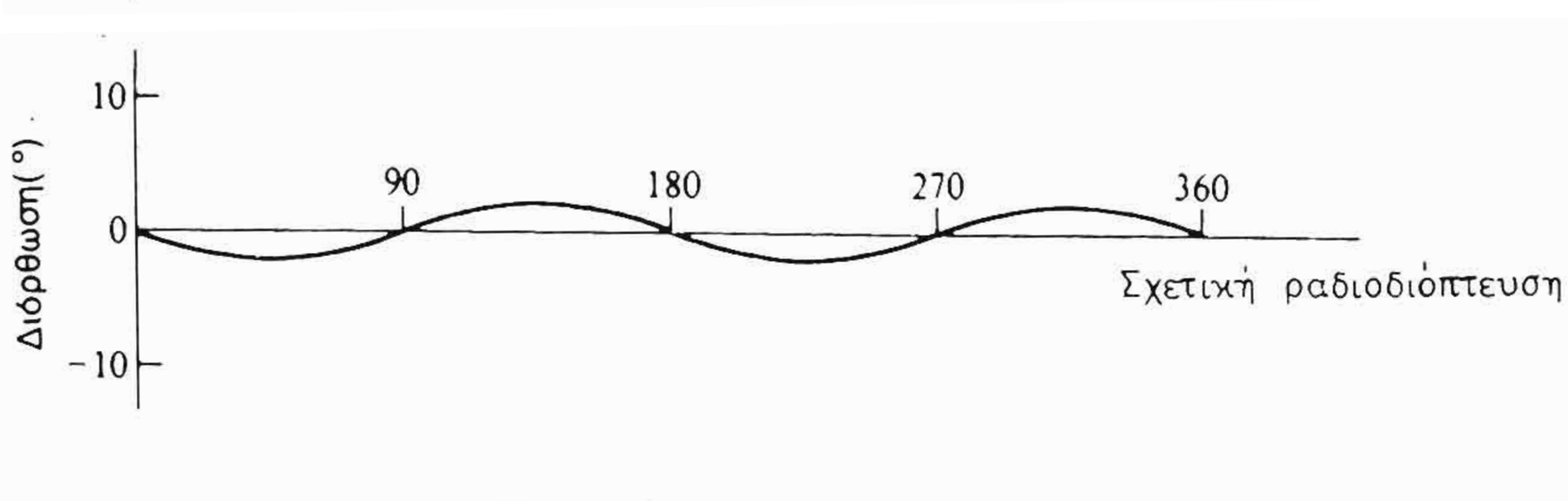


Σχήμα 2.3.11 Εξάλειψη τεταρτοκυκλικού σφάλματος με την εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως.









Ο περιορισμός του σφάλματος έγινε με μετατόπιση της κεραίας από την θέση (α) στην θέση (β)

Σχήμα 2.3.12 Περιορισμός τεταρτοκυκλικού σφάλματος με την μετατόπιση της κεραίας σε άλλη θέση.

Η καμπύλη διόρθωσεως του συνολικού σφάλματος του ραδιογωνιομέτρου που προκύπτει από τη βαθμονόμηση μπορεί να έχει μια από τις μορφές του σχήματος 2.3.10. Στην περίπτωση αυτή το συνολικό σφάλμα θα πρέπει να αναλυθεί στα επι μέρους σφάλματα προκειμένου κάθε ένα από αυτά να αντιμετωπισθεί ξεχωριστά. Η αντιμετώπιση αυτή μπορεί να γίνει με :

α. Εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως του τεταρτοκυκλικού σφάλματος (σχήμα 2.3.11)

β. Μετατόπιση της κεραίας του ραδιογωνιόμετρου σε άλλη θέση (σχήμα 2.3.12)

Μια ακριβής βαθμονόμηση συνοδευόμενη με τα κατάλληλα μέτρα περιορισμού των σφαλμάτων (εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως τεταρτοκυκλικού σφάλματος, μετατοπιση η ευθυγράμμιση κεραίας κ.λ.π.) εξασφαλίζει την αξιόπιστη χρησιμοποίηση του οργάνου για μεγάλο χρονικό διαστήμα αρκεί να μην έχει πργματοποιήθει αλλαγή στο σκάφος η στο φορτίο του.

Η βαθμονόμηση πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε μετα την αρχική εγκατάσταση του ραδιογωνιομέτρου, όταν γίνουν μετασκευές προσθήκες ή αφαίρεσεις γερανών, επωτίδων, ιστών, βαρούλκων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα φορτηγά πλοία γιατί όταν αυτά έχουν διαφορετικό βύθισμα και φορτίο, κυρίως δε μεταλλικά κιβώτια (containers), το σφάλμα αντισταθμίσεως μεταβάλλεται σημαντικαί αι για τον λόγο αυτό είναι σκόπιμο να υπάρχουν τουλάχιστον οι δύο καμπύλες διορθώσεως που αντιστοιχούν σε πλήρες φορτίο και σε άφορτη κατάσταση.

2.4 ΡΑΔΙΟΦΑΡΟΙ, ΡΑΔΙΟΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΞΗΡΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ.

Για την υποστήριξη της θαλάσσιας ναυσιπλοϊας έχει δημιουργηθεί ένα δίκτυο ραδιοφάρων και παράκτιων σταθμών οι οποίοι παρέχουν πολλές και ποικίλες δυνατότητες στον ναυτιλλόμενο για τον καθορισμό του στίγματος του. Τα βοηθήματα αυτά είναι καταχωρημένα στην έκδοση του Βρεττανικού Ναυαρχείου: Admiralty List of Radio Signals Vol 2, (συντμ.ALRS Vol 2) και ανήκουν στις κατηγορίες που περιγράφονται στην συνέχεια:

2.4.1 Ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής (circular radiobeacons)

Οι ραδιοφάροι της κατηγορίας αυτής εκπέμπουν ένα μορσικό σήμα από βραχείες και μακρές το οποίο διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα ραδιογωνιόμετρα των πλοίων για τον προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως του ραδιοφάρου.

Για διευκόλυνση του ναυτιλομένου, οι ραδιοφάροι, ανάλογα με την περιοχή στην οποία ανήκουν, ταξινομούνται σε ομάδες που συνήθως

αποτελούνται από 6 ραδιοφάρους. Με τον τρόπο αυτό, οι ραδιοφάροι κάθε ομάδας εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα αλλά με δεδομένη σειρά εκπομπής έτσι ώστε κάθε χρονική στιγμή να εκπέμπει μόνο ένας ραδιοφάρος της ομάδας.

Όλες οι απαραίτητες για την χρησιμοποίηση των ραδιοφάρων κυκλικής εκπομπής πληροφορίες περιέχονται στην έκδοση ALRS Vol 2. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν:
- Το όνομα του ραδιοφάρου
- Την συχνότητα εκπομπής
- Το χαραστηριστικό εκπομπής του ραδιοφάρου
- Την εμβέλεια του ραδιοφάρου
- Το αν ο ραδιοφάρος ανήκει σε ομάδα και την σειρά εκπομπής του στην ομάδα αυτή.

Οι ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RC. Το ίδιο σύμβολο χρησιμοποιείται καί στην έκδοση ALRS Vol 2 για να προσδιορίσει ότι ο ραδιοφάρος είναι κυκλικής εκπομπής.

2.4.2 Ραδιοφάροι κατευθύνσεως (directional radiobeacons)

Οι ραδιοφάροι κατευθύνσεως έχουν συστήματα κεραίων ειδικής κατασκευής σε τρόπο ώστε τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από αυτές να παρέχουν στον ναυτιλόμενο ένδειξη εάν βρίσκεται σε μία προκαθορισμένη γραμμή πλεύσεως, η αν έχει απομακρυνθεί από αυτήν και προς ποιά κατεύθυνση.

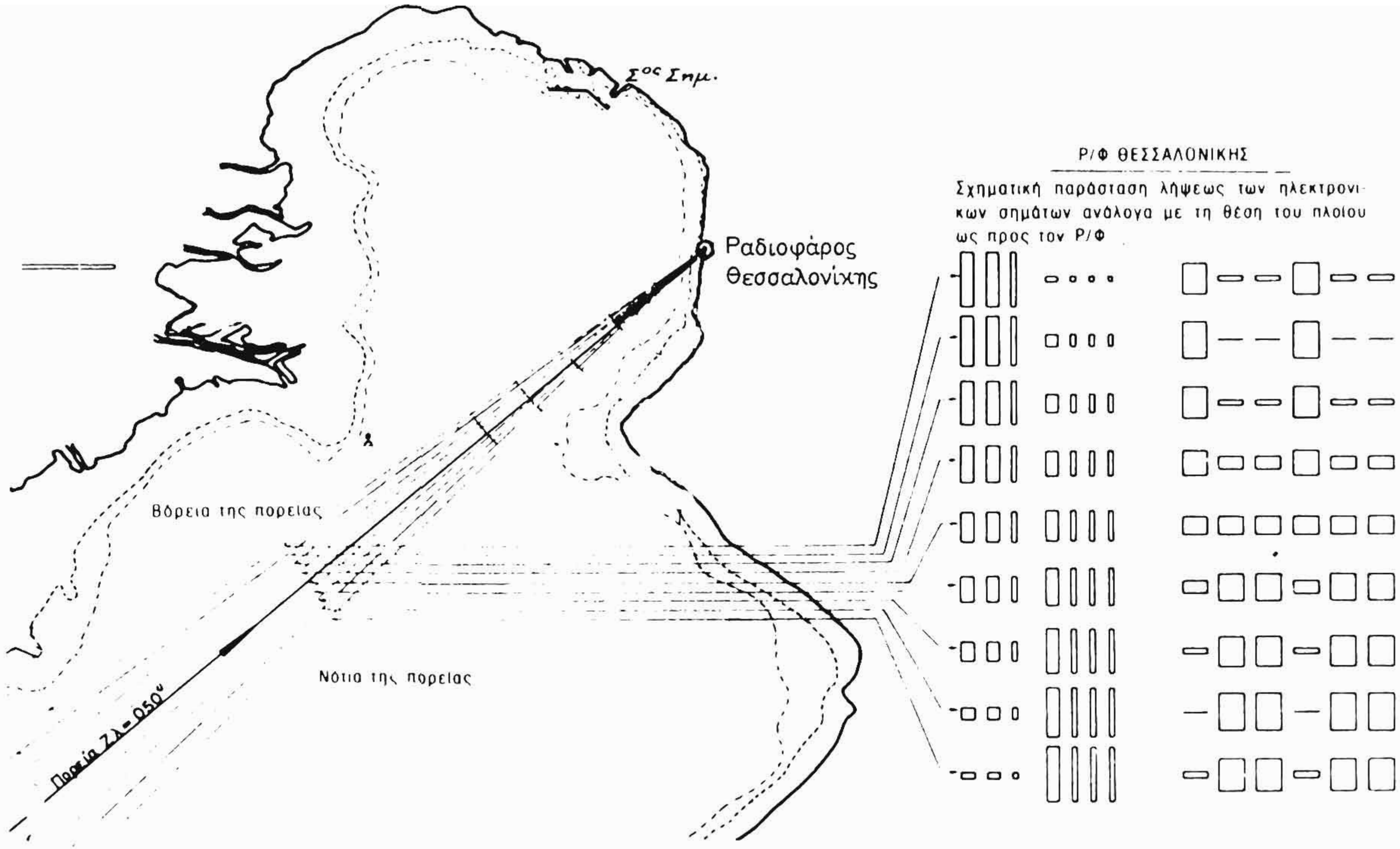
Για την λήψη των παραπάνω πληροφοριών δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση ραδιογωνιομέτρου αλλά μόνο ενός απλού δέκτη γιατί οι πληροφοριές δίνονται με τον εξής απλό τρόπο. Όταν το σκάφος βρίσκεται επάνω στην συγκεκριμένη γραμμή πλεύσεως η ένταση όλων των γραμμάτων (μακρών και βραχειών) του χαρακτηριστικού του ραδιοφάρου είναι η ίδια. Αν το σκάφος βρεθεί αριστερά της συγκεκριμένης γραμμής πλεύσεως ένα τμήμα του χαρακτηριστικού του ραδιοφάρου ακούγεται εντονώτερο και ένα αλλά ασθενέστερα. Το αντίστροφο ισχύει όταν το πλοίο βρεθεί δεξιά της προκαθορισμένης γραμμής θέσεως.

Η λειτουργία αυτή φαίνεται αναλυτικά στο σχήμα 2.4.1 το οποίο απεικονίζει τον τρόπο λειτουργίας του ραδιοφάρου κατευθύνσεως του λιμένα Θεσσαλονίκης.

Οι ραδιοφάροι κατευθύνσεως απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RD.

2.4.3 Ραδιοφάροι περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής.

Οι ραδιοφάροι αυτοί είναι εγκατεστημένοι μόνο στην Ιαπωνία και δίνουν την δυνατότητα προσδιορισμού της αληθούς διοπτεύσεώς τους με την χρησιμοποίηση ενός απλού δέκτη.



Σχήμα 2.4.1 Λειτουργία ραδιοφάρου κατευθύνσεως Θεσσαλονίκης.

Ο προσδιορισμός της διοπτεύσεως του ραδιοφάρου γίνεται ως εξής:
- Ο ραδιοφάρος σε κάθε κύκλο εκπομπής του εκπέμπει δύο φορές το γράμμα Α (. -) και στη συνέχεια εκπέμπει συνεχώς βραχείες. Σε κάθε δέκατη βραχεία αλλάζει ο τόνος προκειμένου να διευκολυνθεί ο ναυτιλόμμενος στην μέτρησή τους.

- Ο ναυτιλόμενος μετρά τις βραχείες που ακολουθούν τα σήμα εκκινήσεως (Α Α) μέχρις ότου σταματήσει να ακούει τις βραχείες (μηδενικό σήμα).

- Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των βραχειών που μέτρησε επί 2 προσδιορίζει την αληθή διόπτευση του ραδιοφάρου η την αντίθετή της (η αμφιβολία των 180° αίρετραι από την σχετική θέση του ως προς το ραδιοφάρο.)

Η εκπομπή των ραδιοφάρων περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής αρχίζει από την διέυθυνση του βορρά και ακολουθεί ένα τόξο 200°. Η εκπομπή κάθε βραχείας γίνεται ανά 2° και έτσι στη διάρκεια μιας περιόδου εκπομπής εκπέμπονται 100 βραχείες στον τομέα 000° έως 200°.

2.4.4 Σταθμοί προσδιορισμού αποστάσεως.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, προκειμένου να συνδυασθεί η γραμμή θέσεως που προκύπτει από μία ραδιοδιόπτευση, ορισμένοι παράκτιοι σταθμοί ταυτόχρονα με την εκπομπή του σήματος ραδιοκύματος του ραδιοφάρου εκπέμπουν και ένα ηχητικό σήμα με την βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται η απόσταση του πλοίου από τον ηχητικό σηματοδότη.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως μόνο σε περιπτώσεις χαμηλής ορατότητας για κοντινές αποστάσεις από τον ηχητικό σηματοδότη η θέση του οποίου δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζεται με τη θέση του ραδιοφάρου.

Ο προσδιορισμός της αποστάσεως του πλοίου από τη θέση του ηχητικού σηματοδότη συνήθως γίνεται ως εξής :

Ταυτόχρονα με την εκπομπή του ραδιοφάρου εκπέμπει και ο ηχητικός σηματοδότης. Λόγω της τεράστιας ταχύτητας διαδόσεως των ραδιοκυμάτων, και για την μικρή απόσταση του πλοίου, το σήμα του ραδιοφάρου ακούγεται στον κοινό δέκτη του πλοίου, ταυτόχρονα με την εκπομπή του, ενώ το ηχητικό σήμα μετά από πάροδο ορισμένου χρόνου.

Αν, με την βοήθεια ενός χρονομέτρου, μετρήσουμε τον χρόνο που μεσολαβεί από την στιγμή της ακροάσεως του ραδιοκύματος (στον ραδιοφωνικό δέκτη) μέχρι την στιγμή ακροάσεως του ηχητικού σήματος (που διαδίδεται στην ατμόσφαιρα) και πολλαπλασιάσουμε τον χρόνο αυτό επί την ταχύτητα διαδόσεως του ήχου προσδιορίζουμε την απόσταση του πλοίου από τον σταθμό.

Για τον προσδιορισμό της αποστάσεως σε ναυτικά μίλια αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τον μεσολαβήσαντα χρόνο (σε δευτερόλεπτα) επί τον συντελεστή 0,18.

Ορισμένοι σταθμοί, αντί για ηχητικό σήμα (το οποίο διαδίδεται στην ατμόσφαιρα) εκπέμπουν υπερηχητικό σήμα που διαδίδεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, και λαμβάνεται μέσω ενός υδροφώνου. Στην περίπτωση αυτή, για τον προσδιορισμό της αποστάσεως σε ναυτικά μίλια, πολλαπλασιάζουμε τον μεσολαβήσαντα χρόνο (σε δευτερόλεπτα) επί τον συντελεστή 0,8.

Παράδειγμα ταυτόχρονης εκπομπής ηχητικού σηματοδότη και ραδιοφάρου για τον προσδιορισμό της αποστάσεως του πλοίου, αποτελεί το δίκτυο ραδιοφάρων κατευθύνσεως και ηχητικών σηματοδοτών του Θερμαϊκού κόλπου που ενεργοποιείται σε περιπτώσεις χαμηλής ορατότητας για την εξασφάλιση ασφαλούς είσπλου και έκπλου προς και από τον λιμένα Θεσσαλονίκης. Λεπτομερείς οδηγίες χρησιμοποιήσεως των προαναφερθέντων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων του Θερμαϊκού κόλπου, περιέχονται στον Φαροδείκτη Ελληνικών Ακτών, στην υπ' αριθμ. 10 Μόνιμη Αγγελία εκάστου έτους της Ελληνικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας και στον Γ΄ Τόμο των Ναυτιλιακών Οδηγιών (Πλοηγού) των Ελληνικών Ακτών της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του ΠΝ, ενώ σύντομη περιγραφή τους γίνεται και στην έκδοση του Βρεττανικού Ναυαρχείου Admiralty List of Radio Signals Vol 2 (βλ. πίνακα 2.2).

2.4.5 Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς (Radio Direction Finding Stations)

Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς διαθέτουν ειδικά ραδιογωνιόμετρα με την βοήθεια των οποίων προσδιορίζουν την ραδιοδιόπτευση ένος πλοίου το οποίο εκτελεί κάποια εκπομπή.

Οι σταθμοί αυτοί συνήθως λειτουργούν σε ομάδες και παρέχουν την δυνατότητα ταυτόχρονης ραδιογωνιομετρήσεως της εκπομπής ενός πλοίου από δύο η τρείς σταθμούς προκειμένου να προσδιοριστεί το στίγμα του πλοίου. Η διαδικασία αυτή γίνεται όταν ζητηθεί από κάποιο πλοίο.

Οι ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RG. Με το ίδιο σύμβολο απεικονίζονται και στην έκδοση Almiralty List of Radio Signals Vol 2 στην οποία για κάθε έναν από αυτούς αναγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του, ομάδα στην οποία ανήκει συχνότητες λειτουργίας κλπ. Για κάθε ένα ραδιογωνιομετρικό σταθμό ξήρας δίνονται τρείς συχνότητες λειτουργίας ως εξής:

A: συχνότητα στην οποία γίνεται η ακρόαση του σταθμού.

B. συχνότητα στην οποία γίνεται η εκπομπή του σήματος που θα ραδιογωνιομετρηθεί

C: συχνότητα στην οποία γίνεται η μετάδοση των αποτελεσμάτων του σταθμού προς το πολίο.

2.4.6 Παράκτιοι σταθμοί με λειτουργία QTG

Ορισμένοι παράκτιοι σταθμοί ραδιοτηλεγραφίας μεσαίων συχνοτήτων (MF) μεσαίων έχουν την δυνατότητα όταν τους ζητηθεί από κάποιο πλοίο να κάνουν εκπομπή ενός χαρακτηριστικού σήματος προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ραδιογωνιομέτρηση της θέσεως του σταθμού από το πλοίο. Το αίτημα του πλοίου είναι ένα σήμα που περιέχει τα χαρακτηριστικά QTG. Οι παράκτιοι σταθμοί εκπέμπουν συνήθως στην συχνότητα 410 KH_z.

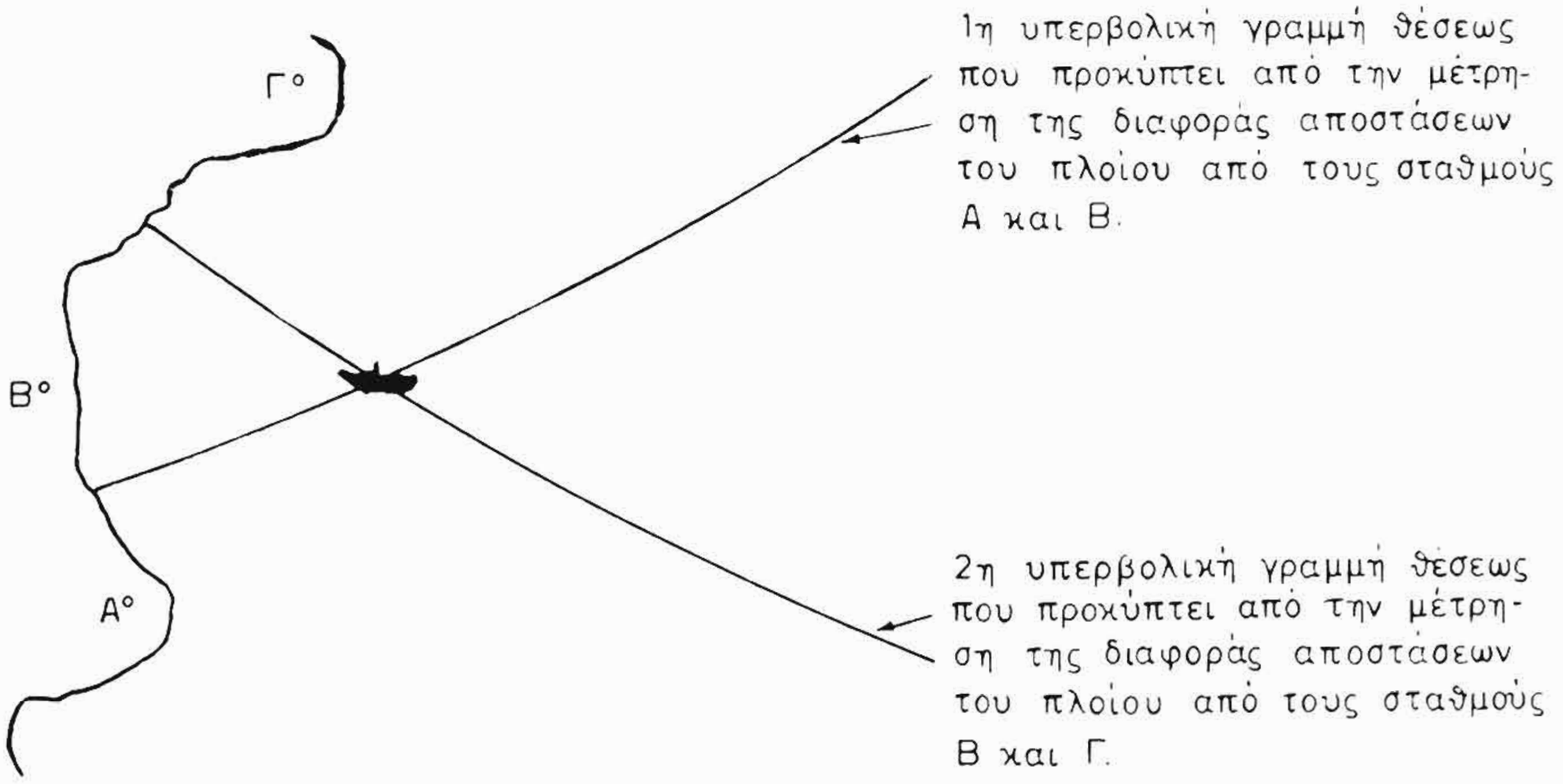
Περισότερες πληροφορίες για την λειτουργία αυτή των παράκτιων σταθμών ραδιοτηλεγραφίας περιέχονται στην έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

Στα υπερβολικά συστήματα καθορισμού στίγματος, το στίγμα του πλοίου μας προσδιορίζεται από την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως, κάθε μία από τις οποίες προκύπτει από την διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από δύο γνωστά σημεία της ξηράς [1] στα οποία είναι εγκατεστημένοι δύο σταθμοί του χρησιμοποιούμενου συστήματος (π.χ. LORAN, OMEGA, DECCA) σχήμα 3.1.1



Σχήμα 3.1.1 Προσδιορισμός ναυτιλιακού στίγματος με την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως

---

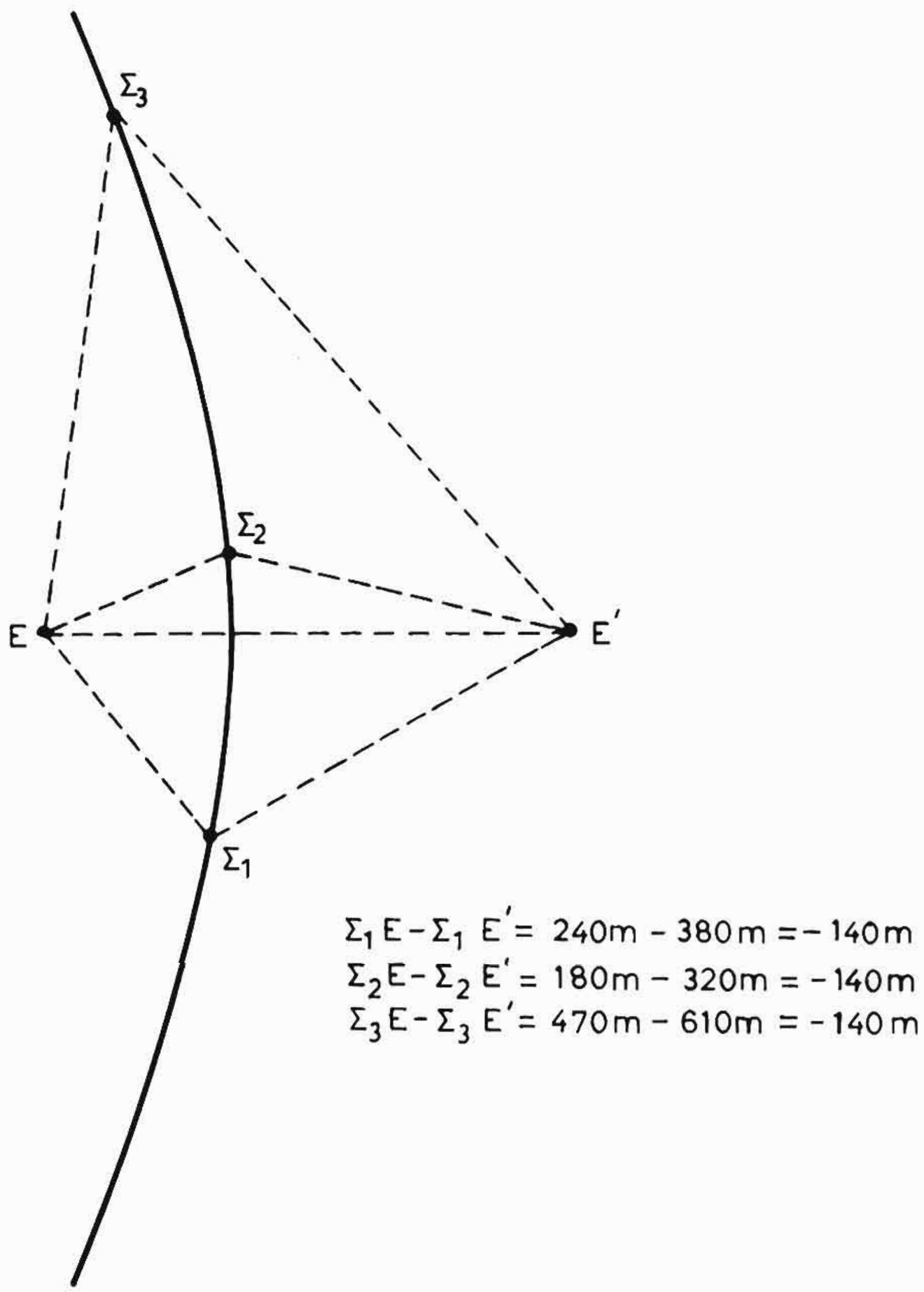
(1) Όπως είναι γνωστό από τα μαθηματικά, η υπερβολή είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που η διαφορά των αποστάσεών τους από δύο συγκεκριμένα σημεία, που λέγονται εστίες της υπερβολής, είναι σταθερή.

Αν **Ε** και **Ε΄** είναι οι δύο εστίες μιας υπερβολής **ΑΒ** (σχήμα 3.1.2) τότε η διαφορά των αποστάσεων οποιουδήποτε σημείου της υπερβολής από τις δύο εστίες είναι σταθερή:

$$\Sigma_1 E - \Sigma_1 E' = \Sigma_2 E - \Sigma_2 E' = \Sigma_3 E - \Sigma_3 E' = \ldots = \text{σταθερό}$$

Στα υπερβολικά συστήματα, για τον προσδιορισμό του στίγματος χρησιμοποιείται συνήθως διάταξη τριων σταθμών ξηράς σαν αυτή του σχήματος 3.1.1 έτσι ώστε η μία υπερβολική γραμμή θέσεως να προκύπτει από την μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς **Α** και **Β** και η άλλη από την διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς **Β** και **Γ.**

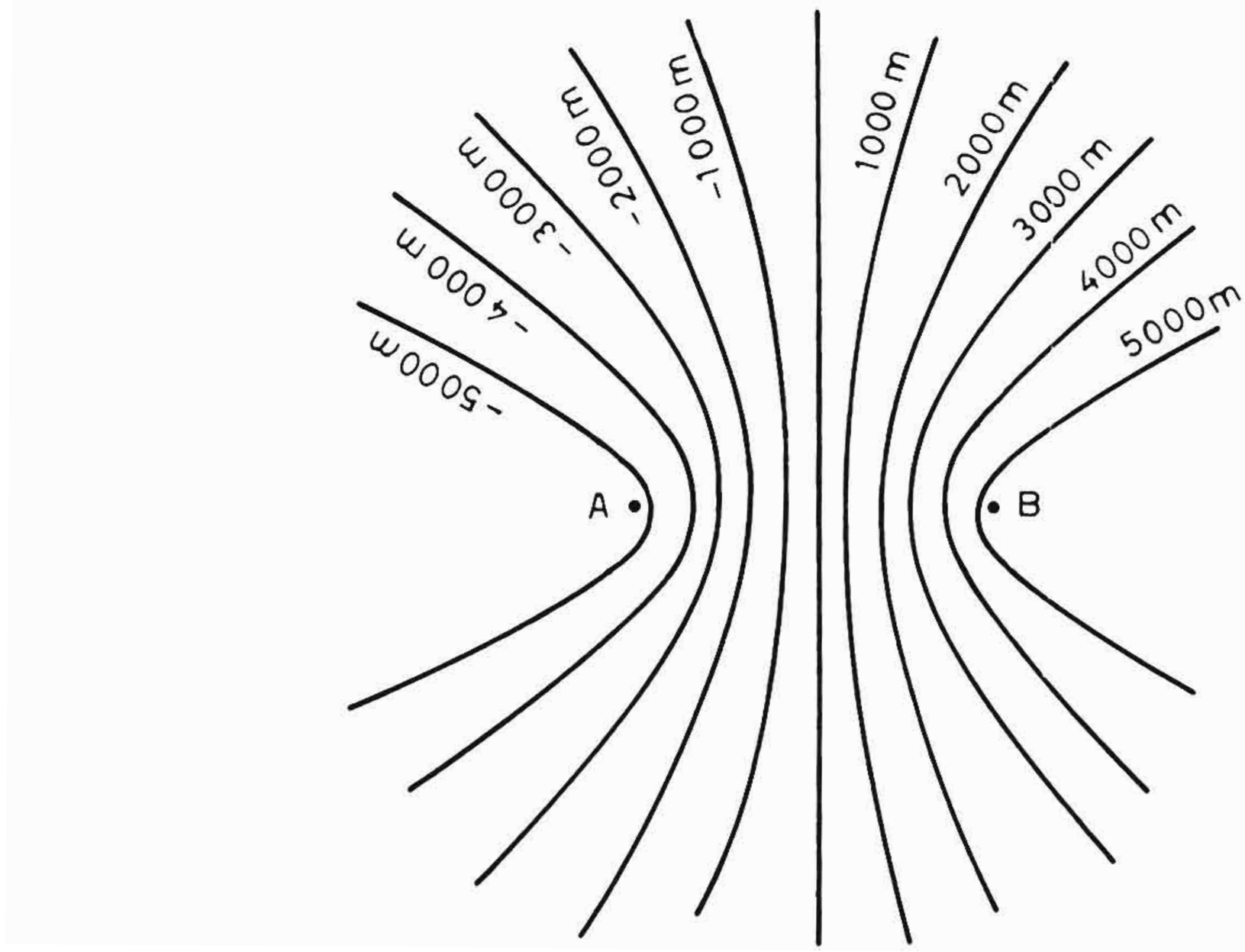
Γραμμή βάσεως ή βασική γραμμή ονομάζουμε το ευθύγραμμο τμήμα[2] που συνδέει τα σταθερά σημεία από τα οποία μετράμε τις διαφορές των αποστάσεων του πλοίου μας (εστίες των υπερβολικών γραμμών θέσεως).



Σχήμα 3.1.2 Μορφή της υπερβολής και βασικές ιδιότητές της

(2) Για την ακρίβεια το τόξο του μέγιστου κύκλου της Γης που περνάει από τα δύο σταθερά σημεία.

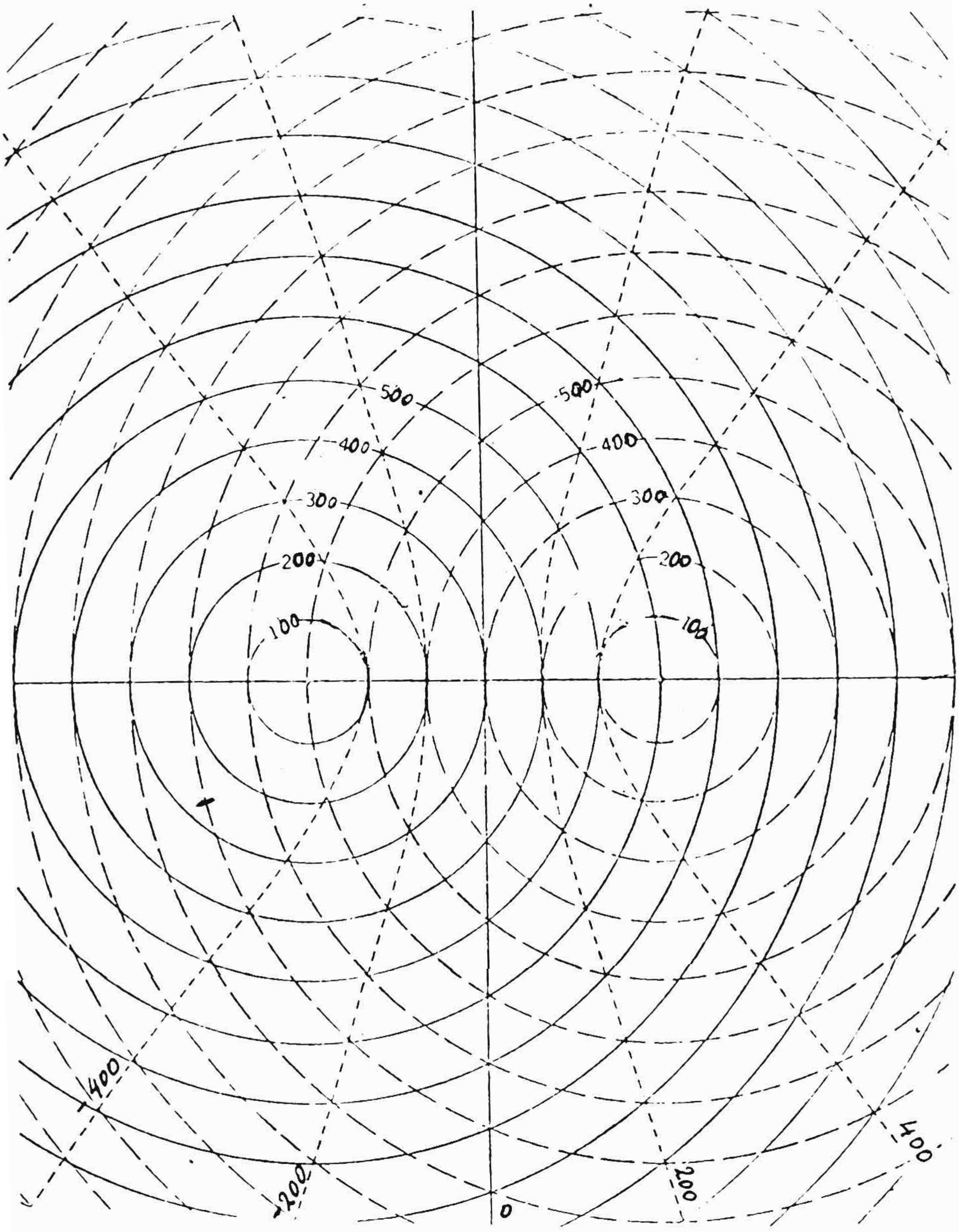
Όπως θα δούμε στη συνέχεια, για κάθε γραμμή βάσεως **ΑΒ**, ανάλογα με την θέση του πλοίου μας, η διαφορά των αποστάσεών του από τα σημεία **Α και Β**, έχει μια συγκεκριμένη τιμή στην οποία αντιστοιχεί μία συγκεκριμένη υπερβολική γραμμή θέσεως. Άν π.χ. η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τα σημεία **Α** και **Β** του σχήματος 3.1.3 είναι 1000m το στίγμα μας βρίσκεται επάνω στην υπερβολή των 1000m, ενώ εάν η διαφορά των αποστάσεων του από τα σημεία αυτά είναι 2000m το στίγμα μας βρίσκεται επάνω στην υπερβολή των 2000m κ.ο.κ.



Σχήμα 3.1.3 Σύστημα ομοεστίων υπερβολικών γραμμών θέσεως

Άς δούμε τώρα πως μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα σύστημα υπερβολών που αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη γραμμή βάσεως στο οποίο κάθε υπερβολή αντιστοιχεί σε διαφορά αποστάσεων από τις εστίες **Α – Β** ίση με 100, 200, 300 μέτρα κ.ο.κ.

Με κέντρο το σημείο **Α** (σχήμα 3.1.4) σχεδιάζουμε τους ομόκεντρους κύκλους που έχουν ακτίνες 100m, 200m, 300m κ.ο.κ (συνεχείς κύκλους). Σχεδιάζουμε επίσης τους αντίστοιχους ομόκεντρους κύκλους με κέντρο το σημείο **Β** (διακεκομένους κύκλους). Άν ενώσουμε τα κατάλληλα σημεία τομής των δύο ομάδων ομοκέντρων κύκλων έχουμε τις υπερβολές που αντιστοιχούν σε διαφορές αποτάσεως 100m, 200m, 300m κ.ο.κ.



Σχήμα 3.1.4 Γραφική κατασκευή ομοεστίων υπερβολών

Όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια του κεφαλαίου η μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς ξηράς μπορεί να γίνει με δύο τρόπους που είναι η μέτρηση της διαφοράς χρόνου και η μέτρηση της διαφοράς φάσεως.

3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΘΕΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο εδάφιο 3.1 μία υπερβολική γραμμή θέσεως προκύπτει από την διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από δύο γνωστούς σταθμούς ξηράς.

Η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους δύο σταθμούς ξηράς μπορεί να προσδιοριστεί με την μέτρηση του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ της λήψεως στον δέκτη του πλοίου των σημάτων που εκπέμπονται από τους δύο σταθμούς ξηράς.

3.2.1 Ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών. Δημιουργία αμφιβολίας

Έστω ότι οι σταθμοί **Κ** και **Δ** ενός υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος (σχήμα 3.2.1) εκπέμπουν ταυτόχρονα ένα παλμικό σήμα. Άν το πλοίο μας βρίσκεται στην θέση **Π** και η απόστασή του από τους σταθμούς **Κ** και **Δ** ενός υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος είναι r_K και r_Δ αντιστοίχως τότε:

Ο χρόνος $t_{K\Pi}$ που χρειάζεται το εκπεμπόμενο από τον σταθμό **Κ** σήμα να φθάσει στον δέκτη του πλοίου ισούται με:

$$t_{K\Pi} = \frac{r_K}{C}$$

όπου: **c** είναι η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Ο χρόνος $t_{\Delta\Pi}$ που χρειάζεται το εκπεμπόμενο από τον σταθμό **Δ** σήμα να φθάσει στον δέκτη του πλοίου ισούται με:

$$t_{\Delta\Pi} = \frac{r_\Delta}{C}$$

Στον δέκτη του υπερβολικού συστήματος που υπάρχει στο πλοίο μετράται το χρονικό διάστημα **Δt** που μεσολαβεί μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων που προέρχονται από τους σταθμούς **Κ** και **Δ**. Το χρονικό αυτό διάστημα ισούται με:

$$\Delta t = t_{K\Pi} - t_{\Delta\Pi} = \frac{r_K}{C} - \frac{r_\Delta}{C} = \frac{1}{C}\,(r_K - r_\Delta)$$

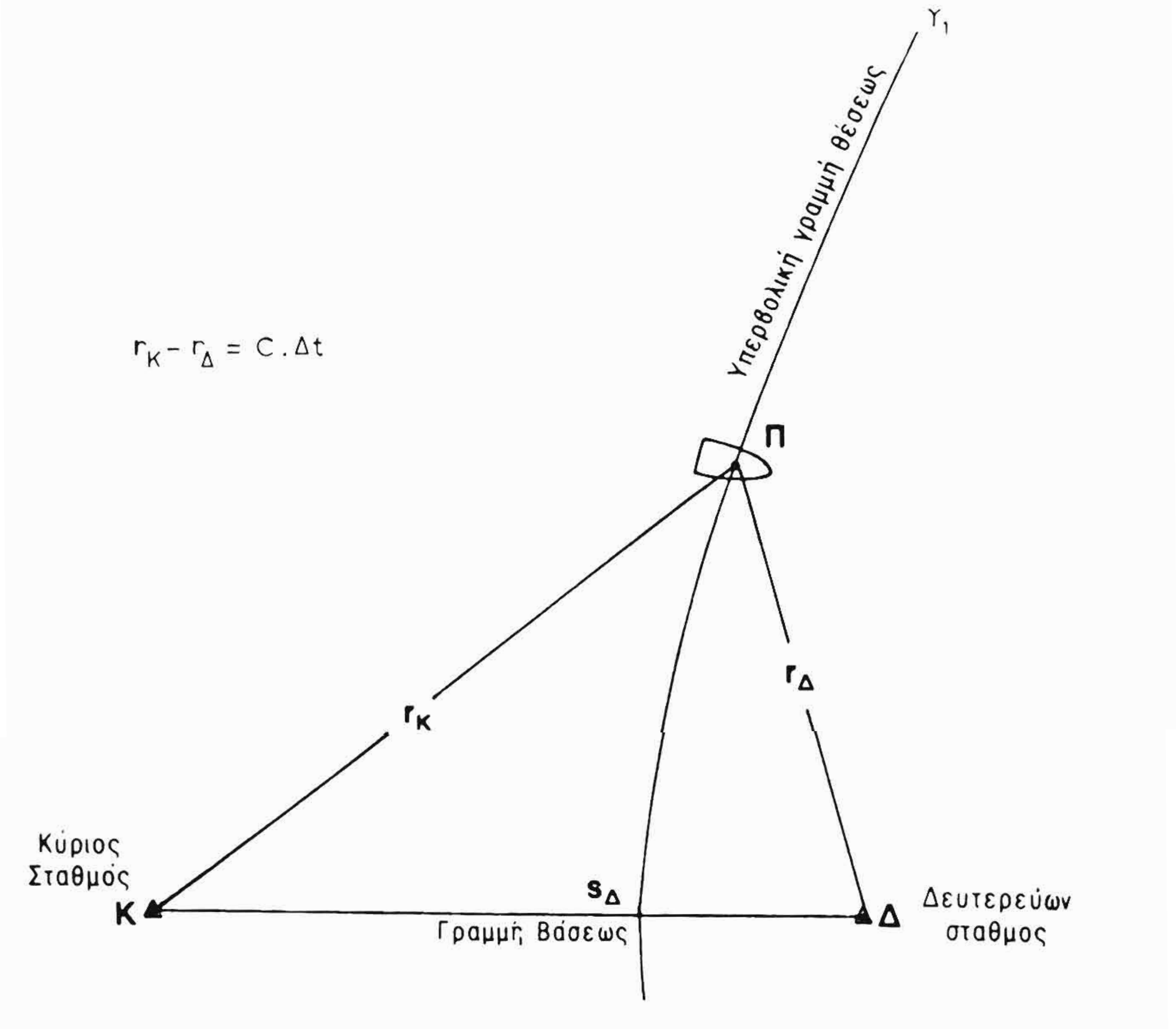
Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς **Κ** και **Δ** είναι ίση με:

$$r_K - r_\Delta = C \cdot \Delta t$$

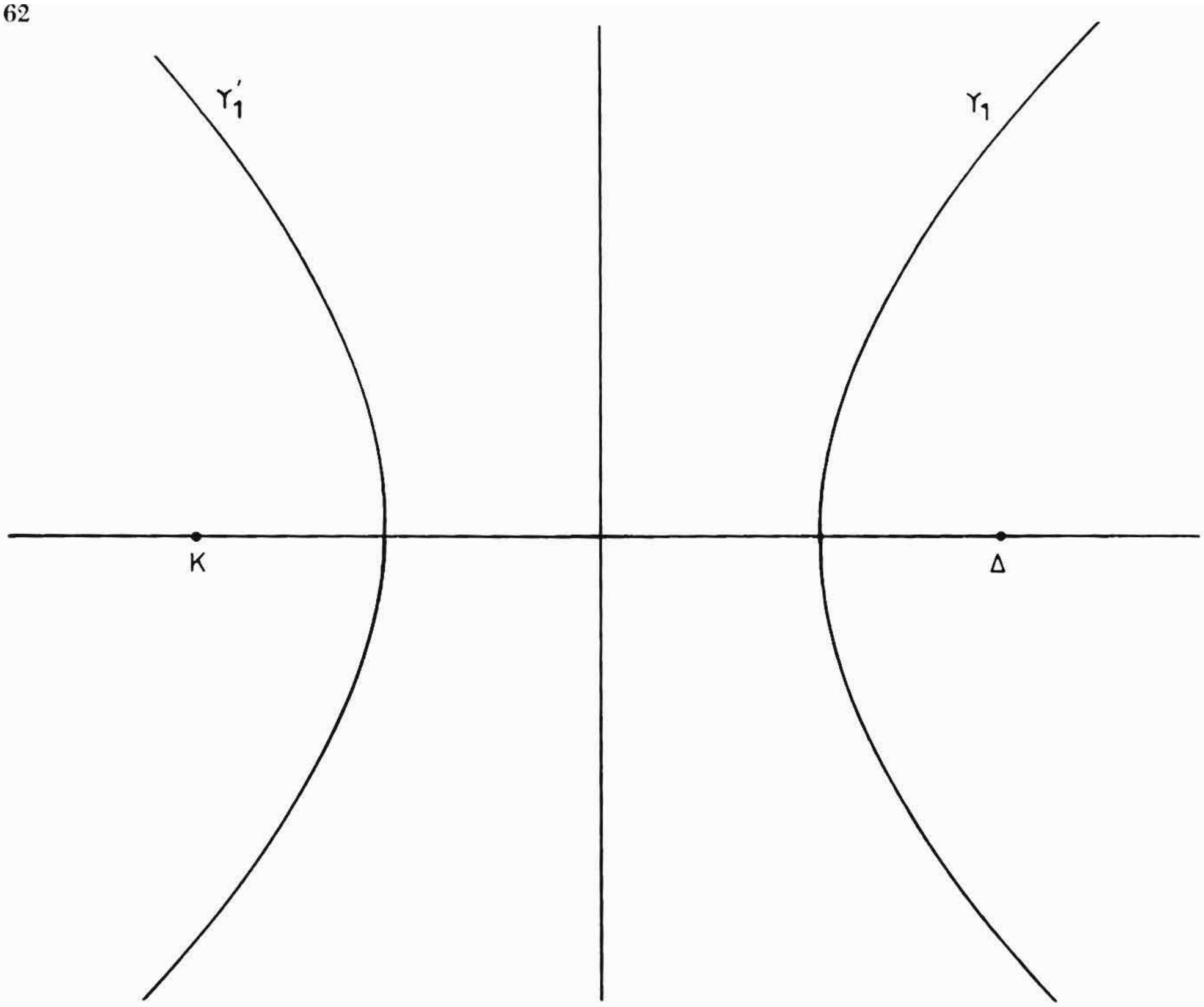
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Έχοντας προσδιορίσει την διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς **Κ** και **Δ** προσδιορίζουμε την υπερβολική γραμμή θέσεως $\mathbf{Y_1}$ επάνω στην οποία βρίσκεται το σκάφος μας.

Εν τούτοις θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στην μετρούμενη διαφορά χρόνου (διαφορά αποστάσεων) αντιστοιχούν δύο υπερβολικές γραμμές θέσεως συμμετρικές ως προς την μεσοκάθετο της γραμμής βάσεως (υπερβολές $\mathbf{Y_1}$ και $\mathbf{Y_1}'$ του σχήματος 3.2.2). Δημιουργείται δηλαδή μία αμφιβολία ως προς την επιλογή της μίας από τις δύο υπερβολικές γραμμές θέσεως. Η αμφιβολία αυτή μπορεί να ξεπεραστεί άν οι δύο σταθμοί δεν εκπέμπουν ταυτόχρονα αλλά με κάποια χρονική καθυστέρηση όπως θα επεξηγηθεί στην συνέχεια.



Σχήμα 3.2.1 Προσδιορισμός υπερβολικής γραμμής θέσεως με την μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου



Σχήμα 3.2.2 Δημιουργία αμφιβολίας προσδιορισμού υπερβολικής γραμμής θέσεως λόγω ταυτόχρονης εκπομπής των σταθμών.

3.2.2 Άρση αμφιβολίας με την μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστέρησης χρόνου).

Η αμφιβολία που δημιουργείται ως προς την επιλογή της μιας από τις δύο υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στην μετρούμενη διαφορά χρόνου όταν οι δύο σταθμοί εκπέμπουν ταυτόχρονα, αίρεται άν οι σταθμοί αυτοί εκπέμπουν με κάποια χρονική καθυστέρηση.

Έστω ότι ο σταθμός **Κ** εκπέμπει πρώτος και ο σταθμός **Δ** εκπέμπει μετά από την πάροδο ενός χρονικού διαστήματος **Τ** τέτοιου ώστε το σήμα που εκπέμπεται από τον σταθμό **Κ** να έχει ήδη φθάσει στον σταθμό **Δ** πριν από την χρονική στιγμή που ο σταθμός **Δ** αρχίσει την δική του εκπομπή.

Με τον τρόπο αυτό στον δέκτη του πλοίου θα λαμβάνεται πάντοτε πρώτα το σήμα του σταθμού **Κ** και μετά το σήμα του σταθμού **Δ** σε αντίθεση με την περίπτωση κατά την οποία οι σταθμοί **Κ**και **Δ** εκπέμπουν ταυτόχρονα, οπότε ανάλογα με την θέση του πλοίου είναι δυνατό να ληφθεί πρώτα το σήμα του σταθμού **Κ** (υπερβολή $\mathbf{Y_1}$) ή του **Δ**, (υπερβολή $\mathbf{Y_1}'$).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

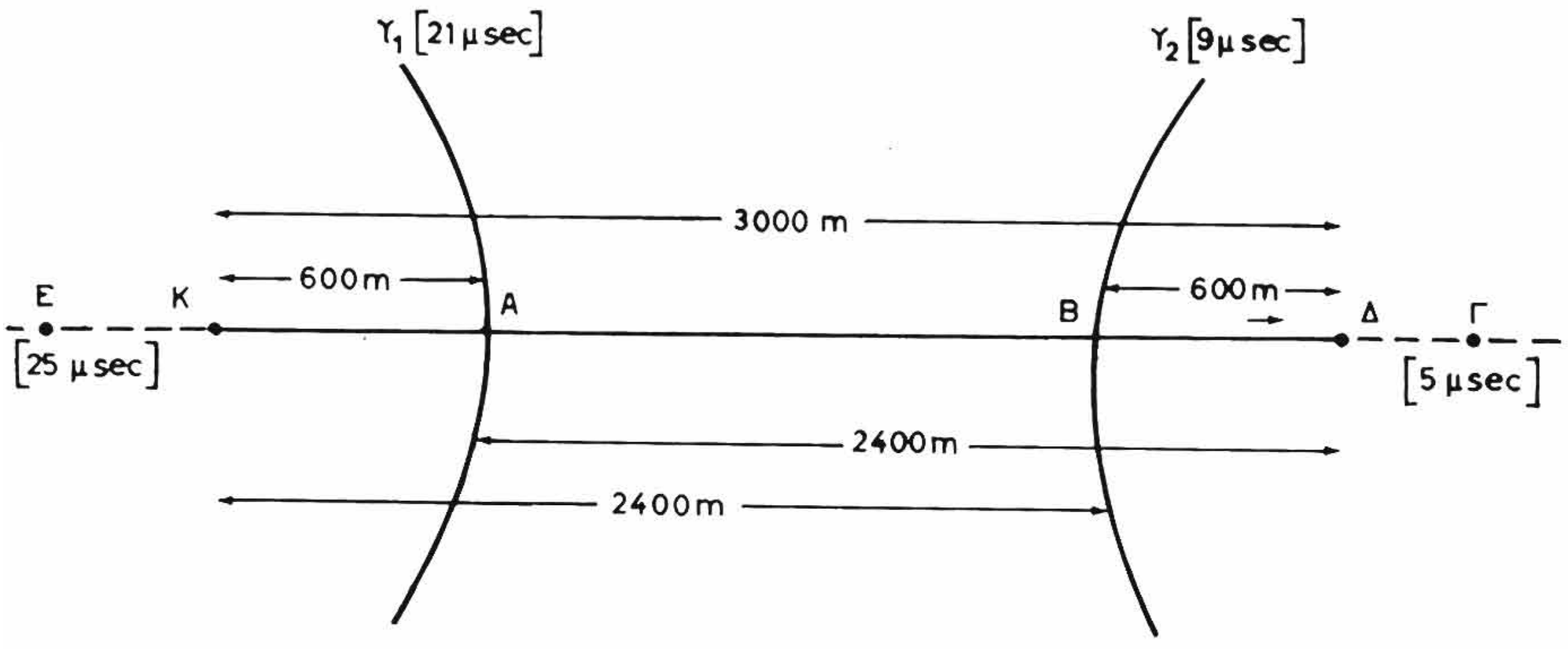
Με την χρήση της καθυστέρησης χρόνου στην εκπομπή του σταθμού **Δ**, όλες οι υπερβολές που βρίσκονται αριστερά της μεσοκαθέτου της γραμμής βάσεως αντιστοιχούν σε διαφορετικές διαφορές χρόνου από τις συμμετρικές τους ώς προς την μεσοκάθετο, και, με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει η αμφιβολία που παρουσιάζεται στην περίπτωση των ταυτόχρονων εκπομπών.

Η άρση της αμφιβολίας ως προς την επιλογή της μιας από τις δύο συμμετρικές υπερβολικές γραμμές θέσεως με την χρησιμοποίηση καθυστέρησης χρόνου γίνεται καλλίτερα αντιληπτή με την εξέταση του επόμενου παραδείγματος:

Άς υποθέσουμε ότι το μήκος της γραμμής βάσεως **ΚΔ** είναι 3 km και άς εξετάσουμε τα σημεία **Α** και **Β** της γραμμής βάσεως από τα οποία διέρχονται οι συμμετρικές υπερβολικές γραμμές Υ_1 και Υ_2 τα οποία έστω ότι απέχουν 600m από τις εστίες **Κ** και **Δ** των υπερβολών (σχήμα 3.2.3). Στην περίπτωση αυτή οι αποστάσεις **ΚΒ** και **ΔΑ** είναι ίσες με 2400m.

Το σήμα που εκπέμπεται από τον σταθμό **Κ** φθάνει στον σταθμό **Δ** μετά από πάροδο χρόνου 10 μικροδευτερολέπτων (ο χρόνος αυτός ισούται με το μήκος της γραμμής βάσεως **ΚΔ** δια την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα δηλαδή 3×10^3 m/3×10^8 m sec^{-1} = 10 μsec).

Άς υποθέσουμε τώρα ότι ο σταθμός **Δ** εκπέμπει με χρονική καθυστέρηση 15 μικροδευτερόλεπτα μετά την έναρξη της εκπομπής του σταθμού **Κ** (δηλαδή 5 μικροδευτερόλεπτα μετά από την άφιξη του σήματος του σταθμού **Κ** στον σταθμό **Δ**).



Σχήμα 3.2.3 Άρση αμφιβολίας με την μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστέρησης χρόνου).

Ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα του σταθμού **Κ** να φθάσει στα σημεία **Α** και **Β** είναι 2 και 8 μsec αντιστοίχως. Επίσης ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα του σταθμού **Κ** να φθάσει στα σημεία **Α** και **Β** είναι 8 και 2 μsec αντιστοίχως (τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε διάστημα 1 μsec διανύουν απόσταση 300 m).

Στο σημείο **Α** η μετρούμενη διαφορά χρόνου είναι ίση με:

15 μικροδευτερόλεπτα	+	**8 μικροδευτερόλεπτα**	−	**2 μικροδευτερόλεπτα**	=	**21 μικροδευτερόλεπτα**
Χρονική καθυστέρηση εκπομπής σταθμού Δ		Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Δ μέχρι το σημείο Α		Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Κ μέχρι το σημείο Α		Μετρούμενη διαφορά χρόνου

Στο σημείο **Β** η μετρούμενη διαφορά χρόνου είναι ίση με:

15 μικροδευτερόλεπτα	+	**2 μικροδευτερόλεπτα**	−	**8 μικροδευτερόλεπτα**	=	**9 μικροδευτερόλεπτα**
Χρονική καθυστέρηση εκπομπής σταθμού Δ		Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Δ μέχρι το σημείο Β		Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Κ μέχρι το σημείο Α		Μετρούμενη διαφορά χρόνου

Διαπιστώσαμε δηλαδή ότι οι διαφορές χρόνου που μετρώνται σε δύο σημεία που ανήκουν στις συμμετρικές υπερβολές $\mathbf{Y_1}$ και $\mathbf{Y_1}'$ είναι διαφορετικές και επομένως δεν δημιουργείται αμφιβολία.

3.2.3 Δημιουργία αμφιβολίας στην προέκταση της γραμμής βάσεως.

Έστω τώρα ότι το πλοίο μας βρίσκεται επάνω στην προέκταση της γραμμής βάσεως δεξιά του σταθμού **Δ**. Θεωρόντας και πάλι το προηγούμενο παράδειγμα του σχήματος 3.2.2 διαπιστώνουμε ότι σε οποιοδήποτε σημείο της προεκτάσεως της γραμμής βάσεως **ΚΔ** δεξιά του **Δ** όπως π.χ. το σημείο **Γ** αντιστοιχεί διαφορά χρόνου ίση με 5 μικροδευτερόλεπτα (όσο είναι η καθυστέρηση εκπομπής του σταθμού **Δ**).

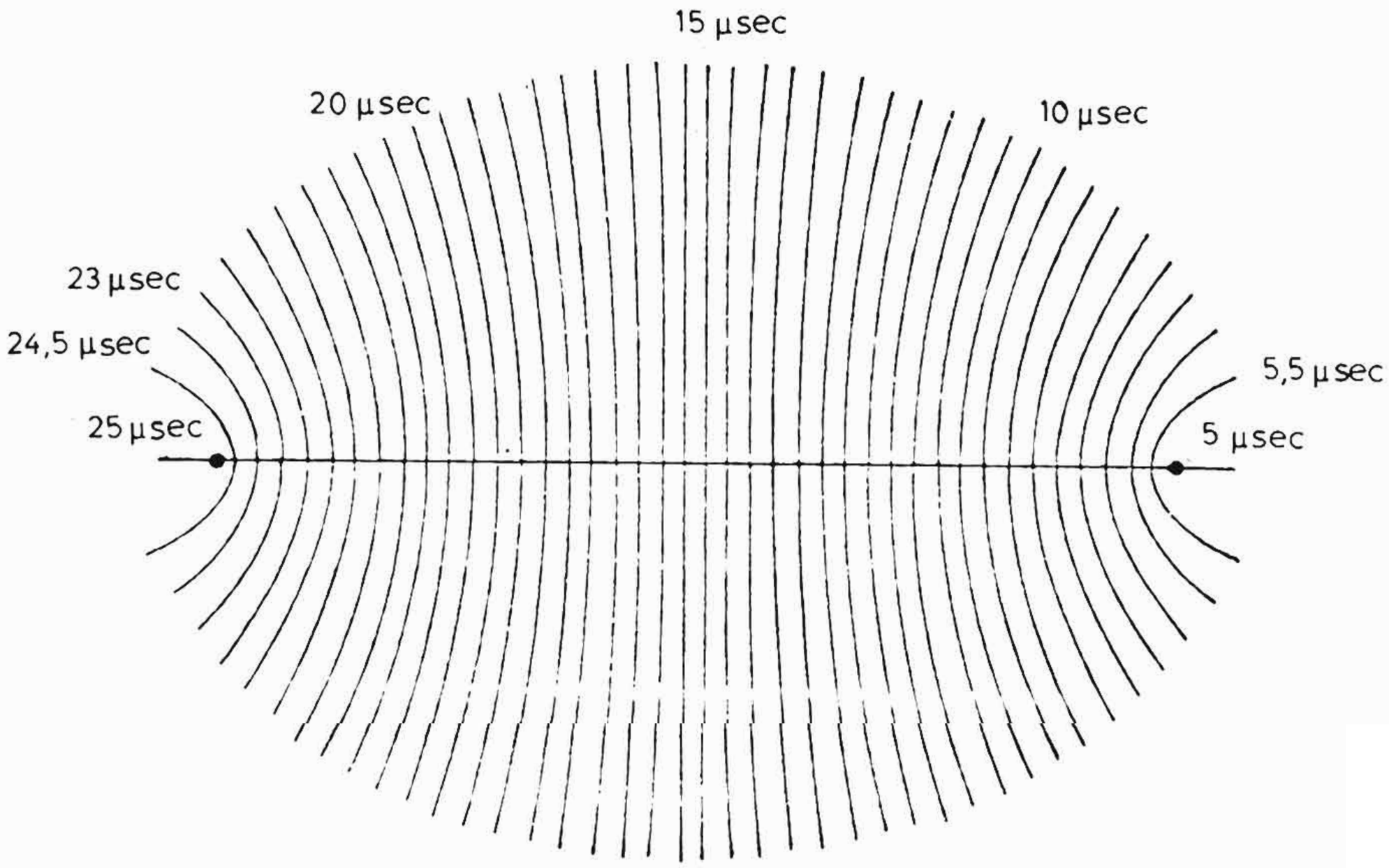
Άν αντί του τμήματος της γραμμής βάσεως που βρίσκεται δεξιά του σταθμού **Δ**, εξετάσουμε την αριστερά του σταθμού **Κ** προεκτασή της, τότε διαπιστώνουμε ότι σε οποιοδήποτε σημείο του τμήματος αυτού της ευθείας (όπως π.χ. το σημείο **Ε**) αντιστοιχεί διαφορά χρόνου ίση με 15 μsec + 10 μsec = 25 μsec.

Διαπιστώσαμε δηλαδή ότι :

α) Όλα τα σημεία της προεκτάσεως της γραμμής βάσεως δεξιά του σταθμού **Δ** αντιστοιχούν στην ίδια διαφορά χρόνου (που για το παράδειγμά μας είναι ίση με 15 μsec).

β) Όλα τα σημεία της προεκτάσεως της γραμμής βάσεως αριστερά του σταθμού **Κ** αντιστοιχούν στην ίδια διαφορά χρόνου (που για το παράδειγμά μας είναι ίση με 25μsec).

Με άλλα λόγια οι υπερβολές που αντιστοιχούν σε διαφορές χρόνου 15 και 25 μsec (πάντα για το συγκεκριμένο παράδειγμα) εκφυλίζονται σε δύο ημιευθείες.



Σχήμα 3.2.4 Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου

3.2.4 Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου.

Από την ανάπτυξη που προηγήθηκε για τον προσδιορισμό μίας υπερβολικής γραμμής θέσεως με την μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου διαπιστώσαμε ότι σε κάθε διαφορά χρόνου που μετράται στον δέκτη του υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος του πλοίου μας, αντιστοιχεί μία και μόνο μία υπερβολική γραμμή θέσεως.

Με βάση την παραπάνω διαπίστωση οι υπερβολές που αντιστοιχούν σε δύο συγκεκριμένες εστίες (σταθμούς) μπορούν να χαρακτηριστούν με τις διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε κάθε μία (σχήμα 3.2.4).

Η απεικόνιση των υπερβολικών γραμμών θέσεως με τις αντίστοιχες διαφορές χρόνου φαίνεται καλλίτερα στους χάρτες LORAN (βλ. κεφ. 4 §4.6).

3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΘΕΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΣ ΦΑΣΕΩΣ.

Για τον προσδιορισμό μίας υπερβολικής γραμμής θέσεως, που αντιστοιχεί σε μία διαφορά αποστάσεων του πλοίου από δύο σταθμούς ξηράς, εκτός από την μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου που αναπτύχθηκε παραπάνω, σε ορισμένα υπερβολικά συστήματα χρησιμοποιείται η μέθοδος συγκρίσεως φάσεως [1] που αναπτύσσεται στην συνέχεια.

3.3.1 Μέτρηση αποστάσεως με την διαφορά φάσεως.

Έστω ότι στο σημείο **A** του σχήματος 3.3.1 βρίσκεται ένας σταθμός που εκπέμπει ένα συνεχές ημιτονοειδές σήμα της μορφής $I = I_o \sin \Phi(t)$.

Όπως είναι γνωστό από την φυσική, φάση ή γωνία φάσεως του παραπάνω κύματος ονομάζουμε την γωνία **Φ(t)** η οποία ισούται με:

$$\varphi(t) = \omega . t$$

όπου **ω** είναι η κυκλική συχνότητα του κύματος που ισούται με:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

όπου: **T** είναι η περίοδος και **f** η συχνότητα του σήματος.

Κατ' αρχήν άς δούμε τον τρόπο χρησιμοποιήσεως της διαφοράς φάσεως για την μέτρηση της αποστάσεως με ένα συγκεκριμένο παράδειγμα.

Άς υποθέσουμε ότι κατά την χρονική στιγμή που αρχίζει η εκπομπή του σταθμού **A** το εκπεμπόμενο σήμα έχει φάση ίση με μηδέν (σχήμα 3.3.1).

- Όταν το σήμα αυτό φθάσει στο σημείο **Β** που απέχει από το σημείο **Α** απόσταση ίση με το 1/4 του μήκους κύματος **λ** θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο **Α** ίση με 90°.

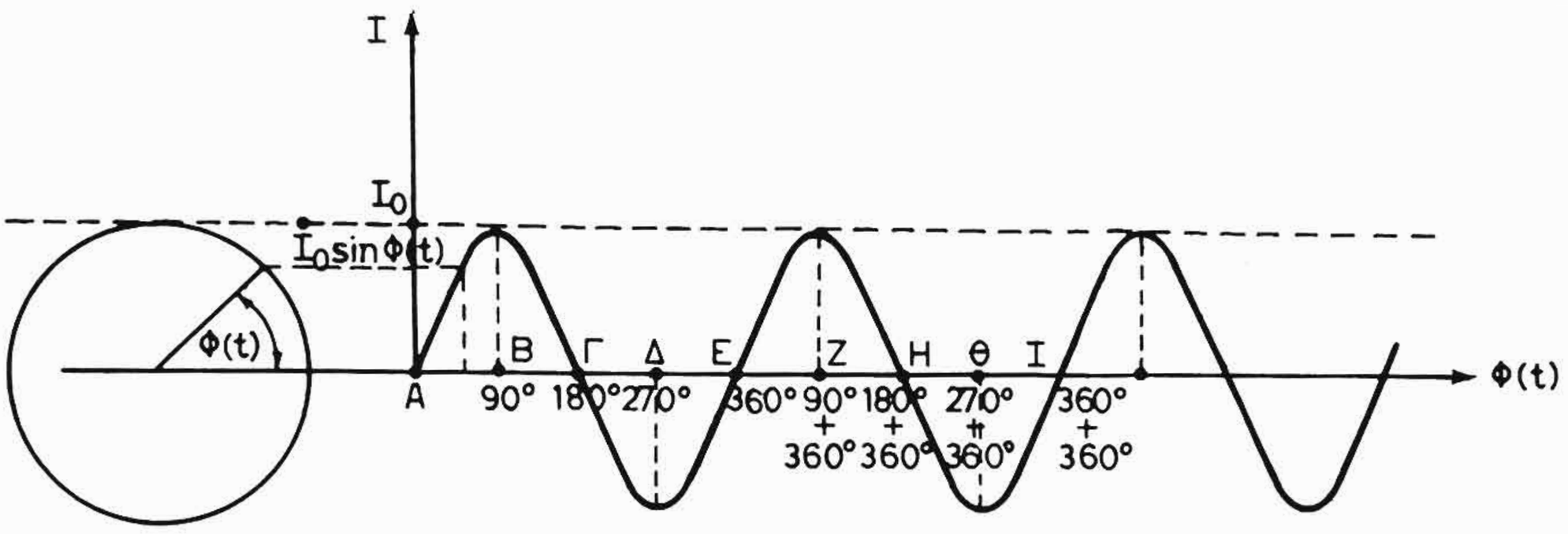
- Επίσης όταν το σήμα φθάσει στο σημείο **Γ** που απέχει από το σημείο **Α** απόσταση ίση με το μισό του μήκους κύματος θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο **Α** ίση με 180°.

- Ομοίως όταν το σήμα που εκπέμπεται από το σημείο **Α** φθάσει στα σημεία **Δ, Ε, Ζ, Η , Θ** και **Ι** θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο **Α** ίση με: 270°, 360°, 360° + 90°,360° + 180°, 360° + 270°, 360° + 360 αντιστοίχως.

Με τον τρόπο αυτό παρατηρούμε ότι άν γνωρίζουμε την διαφορά φάσεως του σήματος που λαμβάνεται σε ένα σημείο **Σ** ως προς την φάση που είχε το σήμα κατά την στιγμή της εκπομπής του από το σημείο **Α** μπορούμε να προσδιορίσουμε την απόσταση του σημείου **Σ** από το σημείο **Α** σε μονάδες μήκους κύματος.

Εν τούτοις θα πρέπει να προσέξουμε ότι τα σημεία **Β** και **Ζ** έχουν διαφορές φάσεως ως προς το σημείο **Α** που διαφέρουν κατά ένα πλήρη κύκλο 360° και δεν μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό, στην πραγματικότητα, όταν χρησιμοποιούμε την μέθοδο μετρήσεως διαφοράς φάσεως, προσδιορίζουμε την απόσταση σε μονάδες μήκους κύματος οι οποίες μπορεί να διαφέρουν κατά ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του **λ**. Η διαφορά αυτή φαίνεται άν εξετάσουμε τα σημεία **Β** και **Ζ**, **Γ** και **Η**, **Δ** και **Θ** κλπ που η φάση τους διαφέρει κατά 360° και οι αποστάσεις τους από το σημείο **Α** διαφέρουν κατά ένα μήκος κύματος δηλαδή.

ΑΒ = λ/4
ΑΓ = λ/2
ΑΖ = (3/4) λ
ΑΖ = λ/4 + λ **κλπ**
ΑΗ = λ/2 + λ **κλπ**
ΑΘ = (3/4) λ + λ **κλπ**



Σχήμα 3.3.1 Μέτρηση αποστάσεως με την διαφορά φάσεως

Στην γενική περίπτωση, άν κατά την στιγμή της εκπομπής στον σταθμό **Α** το εκπεμπόμενο σήμα έχει φάση Φ_A , τότε όταν το σήμα φθάσει στο σημείο **Σ** θα έχει φάση Φ_Σ που θα είναι ίση με:

$$\Phi_\Sigma = \Phi_A + 2\pi D_{A\Sigma}/\lambda \qquad (3.3.1)$$

όπου: $D_{A\Sigma}$ είναι η απόσταση των σημείων **Α** και **Σ**
λ είναι το μήκος κύματος του εκπεμπομένου σήματος.

Άν επιλύσουμε την εξίσωση 3.3.1 ως προς την απόσταση $D_{A\Sigma}$ έχουμε:

$$D_{A\Sigma} = \frac{\Phi_\Sigma - \Phi_A}{2\pi} \cdot \lambda$$

και άν συμβολίσουμε με **ΔΦ** την διαφορά φάσεως $\Phi_\Sigma - \Phi_A$

$$D_{A\Sigma} = \frac{\Delta\Phi}{2\pi} \cdot \lambda$$

Επειδή τώρα η διαφορά φάσεως **ΔΦ** στη γενική της μορφή ισούται με

$$\Delta\Phi = 2\kappa\pi + \theta \qquad (3.3.2)$$

όπου: **κ** είναι ένας μη αρνητικός ακέραιος αριθμός και **θ** είναι μία γωνία μεταξύ 0 και 2π, η σχέση (3.3.2) γίνεται

$$D_{A\Sigma} = \frac{2\kappa\pi+\vartheta}{2\pi} \cdot \lambda \qquad \text{ή}$$

$$D_{A\Sigma} = (\kappa + \frac{\vartheta}{2\pi}) \cdot \lambda \qquad \text{ή}$$

$$D_{A\Sigma} = \kappa.\lambda + \frac{\vartheta}{2\pi} \cdot \lambda \qquad (3.3.3)$$

όπου: **κ** είναι ένας μη αρνητικός ακέραιος αριθμός (0,1,2,....)
θ είναι η μετρούμενη διαφορά φάσεως που έχει τιμή μεταξύ 0 και 2π.

Από την σχέση (3.3.3) παρατηρούμε ότι η απόσταση $D_{A\Sigma}$ μεταξύ των σημείων **Α** και **Σ** ισούται με **κ** φορές το μήκος κύματος **λ** συν ένα κλάσμα **θ/2π** του μήκους κύματος.

Με τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως προσδιορίζουμε μόνο το δεκαδικό μέρος της αποστάσεως $D_{A\Sigma}$ σαν κλάσμα του μήκους κύματος **λ**, ενώ για τον ακριβή προσδιορισμό της αποστάσεως $D_{A\Sigma}$ πρέπει οπωσδήποτε να γνωρίζουμε τον ακέραιο αριθμό **κ** της σχέσεως 3.3.2.

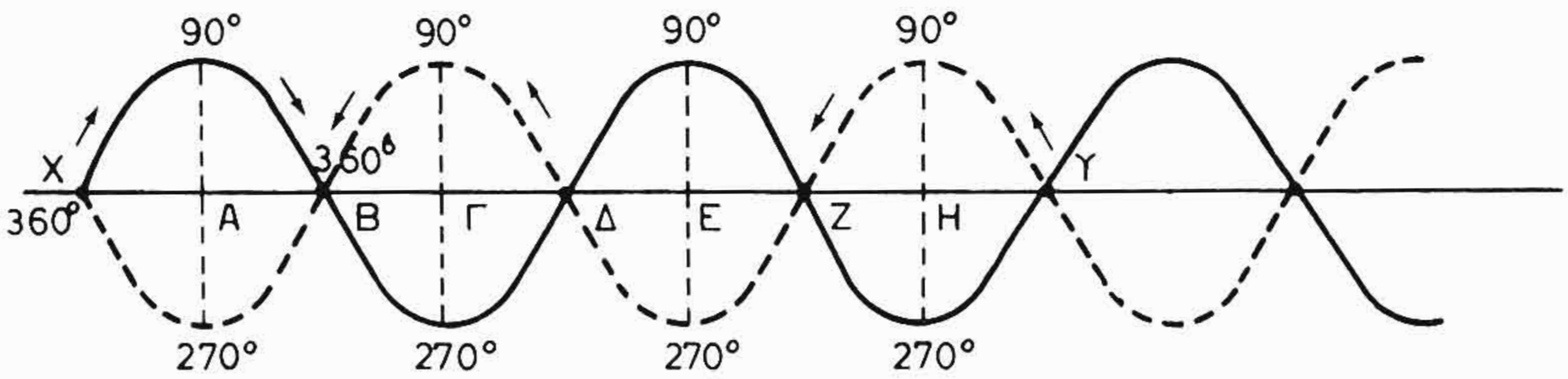
3.3.2 Δημιουργία συστήματος ομοεστίων υπερβολών με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως.

Στο εδάφιο αυτό θα εξετάσουμε τον τρόπο προσδιορισμού των υπερβολικών γραμμών θέσεως (που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές

αποστάσεων από δύο σταθμούς) με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως. Για την ευκολότερη κατανόηση της μεθόδου θα ξεκινήσουμε και πάλι από ένα συγκεκριμένο απλό παράδειγμα και στη συνέχεια θα εξετασθεί η γενική περίπτωση.

Έστω ότι έχουμε δύο σταθμούς **X** και **Y** (σχήμα 3.3.2) που εκπέμπουν ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα **f** δύο σήματα της αυτής φάσεως και η μεταξύ τους απόσταση **S** είναι ίση με ένα ακέραιο αριθμό μήκων κύματος **λ**. Πιο συγκεκριμένα έστω ότι οι σταθμοί **X** και **Y** απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με **2λ** και τα σήματα που εκπέμπονται ταυτόχρονα από αυτούς έστω ότι έχουν φάση μηδέν.

Άν εξετάσουμε τις φάσεις που έχουν τα σήματα των σταθμών **X** και **Y** όταν φθάσουν στο σημείο **A** παρατηρούμε ότι η φάση του σήματος του σταθμού **X** είναι 90° ενώ η φάση του σήματος του σταθμού **Y** είναι 270° και επομένως τα δύο σήματα έχουν διαφορά φάσεως 180° .



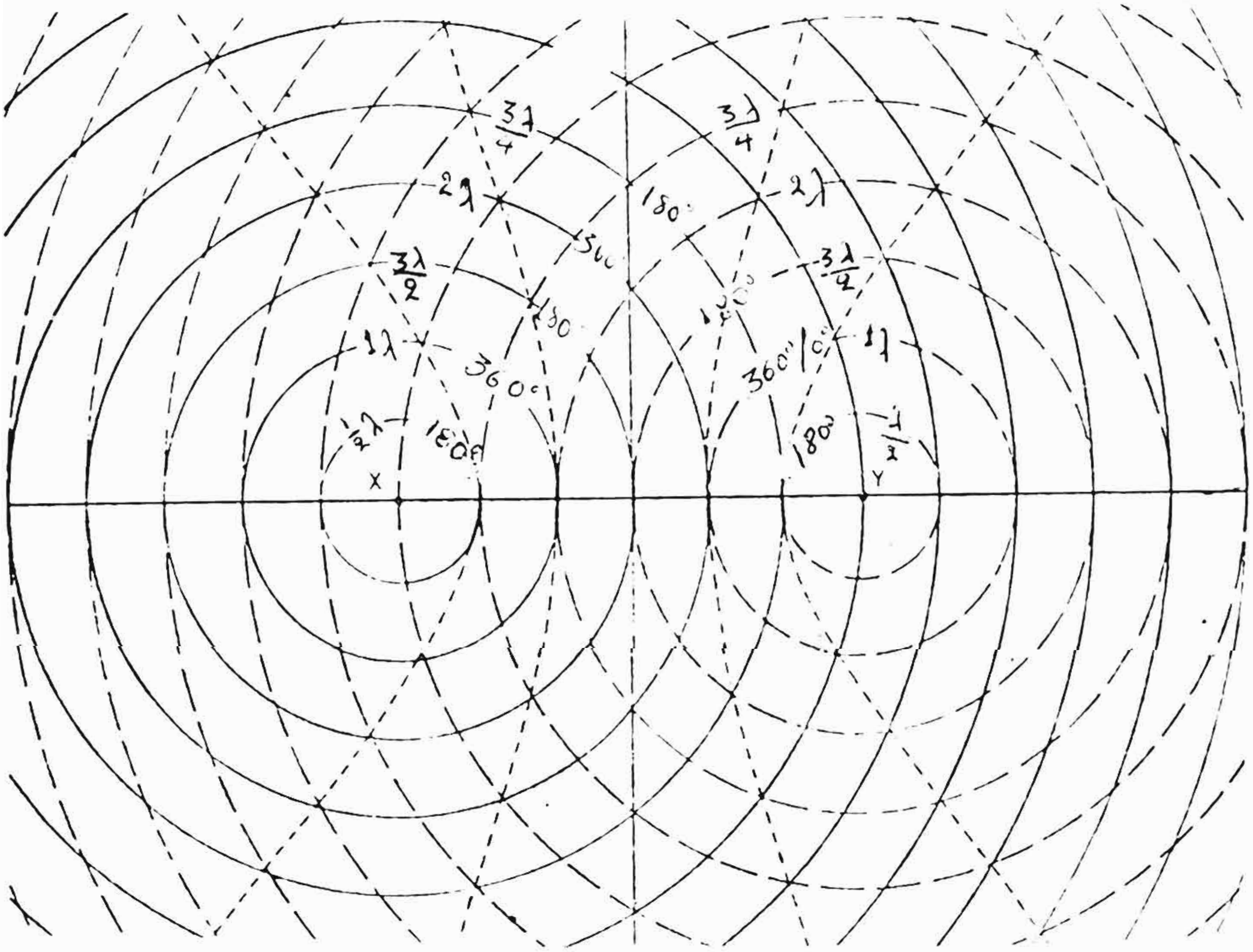
Σχήμα 3.3.2 Ταυτόχρονη εκπομπή σημάτων μηδενικής φάσεως από δύο σταθμούς που απέχουν ακέραιο αριθμό μηκών κύματος

Οι διαφορές φάσεως που έχουν τα σήματα των σταθμών **X** και **Y** όταν φθάνουν στα διάφορα σημεία της γραμμής **XY** είναι:

Σημείο	Διαφορά φάσεως	Διαφορά αποστάσεων από τους σταθμούς A και B
X	0°	$2.\lambda$
A	180°	$\lambda+\frac{3}{4}\lambda$
B	0°	$\lambda+\frac{\lambda}{2}$
Γ	180°	$\lambda+\frac{\lambda}{4}$
Δ	0°	λ
E	180°	$\lambda+\frac{\lambda}{4}$
Z	0°	$\lambda+\frac{\lambda}{2}$
H	180°	$\lambda+\frac{3}{4}\lambda$
Y	0°	2λ

Παρατηρούμε δηλαδή ότι όπου η διαφορά φάσεως των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς **X** και **Y** μεταβάλεται κατά 180° (π.χ. στα σημεία **A** και **B**) η αντίστοιχη διαφορά αποστάσεως είναι **λ/4** (τμήμα **AB**).

Με τον παραπάνω τρόπο εκπομπής των σταθμών **X** και **Y**, όταν η φάση του σήματος που εκπέμπεται από τον σταθμό **X** είναι 180° σε κάποιο σημείο που απέχει το μισό του μήκους κύματος **(λ/2)** από τον σταθμό **X** (σχήμα 3.3.3), τότε η φάση του σήματος που εκπέμπεται από τον σταθμό **Y** είναι 180° σε κάποιο σημείο που απέχει το μισό του μήκους κύματος από τον σταθμό **Y.** Όταν η φάση του σήματος που εκπέμπεται από τον σταθμό **X** γίνει 360° (ή θα έχει γίνει και πάλι μηδέν), σε ένα σημείο που απέχει από τον σταθμό **X** όσο το μήκος κύματος, τότε η φάση του σήματος που εκπέμφθηκε από τον σταθμό **Y** θα είναι επίσης 360° (ή θα έχει γίνει και πάλι μηδέν) σε κάποιο σημείο που απέχει από τον σταθμό **Y** όσο το μήκος κύματος.



Σχήμα 3.3.3 Προσδιορισμός υπερβολικής γραμμής θέσεως με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως

Όπως φάνηκε από την ανάλυση του σχήματος 3.3.2, επάνω στη γραμμή βάσεως μία συγκεκριμένη τιμή διαφοράς φάσεως μεταξύ των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς **X**και **Y** επαναλαμβάνεται σε αποστάσεις ίσες με λ/2.

Από το σχήμα 3.3.3 είναι προφανές ότι οι υπερβολές που περνάνε από τα σημεία που απέχουν ένα ακέραιο αριθμό μηκών κύματος από τους σταθμούς **X** και **Y** καθώς και αυτές που απέχουν ένα ακέραιο αριθμό μηκών κύματος συν μισό μήκος κύματος από αυτούς, έχουν μηδενική διαφορά φάσεως.

3.3.3 Η αβεβαιότητα διαύλου.

Οι ισοφασικές καμπύλες μηδενικής διαφοράς φάσεως, που, όπως είδαμε παραπάνω είναι υπερβολές, τέμνουν την γραμμή βάσεως σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους όσο το μισό του μήκους κύματος.

Επάνω στους χάρτες οι ισοφασικές καμπύλες μηδενικής διαφοράς φάσεως αριθμολογούνται με ακέραιους αριθμούς. Η περιοχή που περιέχεται μεταξύ δύο διαδοχικών ισοφασικών γραμμών μηδενικής διαφοράς φάσεως λέγεται δίαυλος. Το εύρος του διαύλου επάνω στη γραμμή βάσεως είναι ίσο με το μισό του μήκους κύματος.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων των σταθμών **X** και **Y** που λαμβάνονται στον δέκτη του πλοίου γίνεται συνήθως σε εκατοστά του κύκλου (ένας κύκλος ισούται με διαφορά φάσεως 360°).

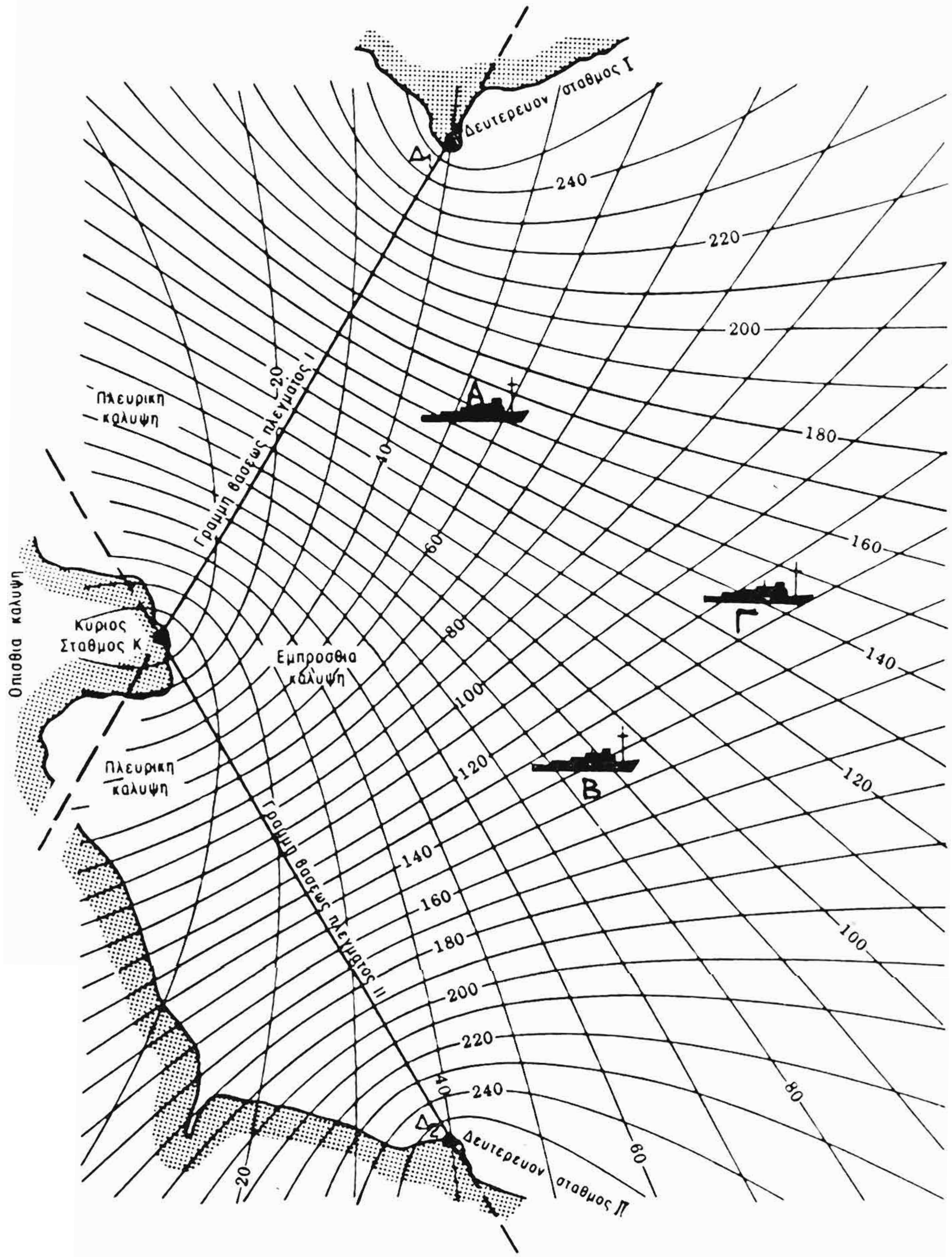
Με την μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς **X** και **Y** προσδιορίζουμε μία ισοφασική γραμμή θέσεως που βρίσκεται μέσα σε κάποιο δίαυλο χωρίς κατ' αρχή να μπορούμε να προσδιορίσουμε σε ποιόν ακριβώς δίαυλο βρισκόμαστε.

Η παραπάνω αβεβαιότητα του διαύλου των υπερβολικών συστημάτων που λειτουργούν με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως, μπορεί να ξεπεραστεί άν ξέρουμε το περίπου στίγμα μας με ακρίβεια ίση με λ/4, οπότε προσδιορίζουμε τον συγκεκριμένο δίαυλο στον οποίο βρισκόμαστε. Εκτός από τον τρόπο αυτό η αβεβαιότητα διαύλου στα διάφορα συστήματα που λειτουργούν με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως μπορεί να ξεπεραστεί με ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων δεκτών όπως θα αναπτυχθεί λεπτομερώς στα κεφάλαια περί OMEGA και DECCA.

3.4 ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΔΥΟ ΟΜΑΔΩΝ ΟΜΟΕΣΤΙΩΝ ΥΠΕΡΒΟΛΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ.

Στα υπερβολικά συστήματα, για τον προσδιορισμό του στίγματος σε μία περιοχή χρησιμοποιείται μία ομάδα σταθμών που λέγεται αλυσίδα.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



Σχήμα 3.4.1 Δίκτυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Μία αλυσίδα σταθμών ενός υπερβολικού συστήματος συνήθως αποτελείται από ένα κύριο σταθμό και δύο, τρεις ή και τέσσερεις ακόμη δευτερεύοντες σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι περιφερειακά γύρω από τον κύριο σταθμό[1].

Στο σχήμα 3.4.1 φαίνεται μία τυπική αλυσίδα σταθμών ενός υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος που αποτελείται από ένα κύριο σταθμό **Κ** και δύο δευτερεύοντες σταθμούς Δ_1 και Δ_2. Με την διάταξη αυτή των σταθμών **Κ**, Δ_1 και Δ_2 δημιουργούνται δύο ομάδες ομοεστίων υπερβολών (που αντιστοιχούν στις γραμμές βάσεως $K\Delta_1$ και $K\Delta_2$) και το στίγμα του πλοίου σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής που καλύπτει η αλυσίδα αυτή προκύπτει από την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Για τον εύκολο και γρήγορο προσδιορισμό του υπερβολικού στίγματος, υπάρχουν ειδικοί χάρτες επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν σε διάφορες μετρήσεις διαφορών χρόνου ή διαφορών φάσεως όπως στο παράδειγμα του σχήματος 3.4.1.

Εάν η μετρούμενη στο δέκτη του υπερβολικού συστήματος διαφορά χρόνου ή διαφορά φάσεως, δεν συμπίπτει με κάποια από τις τιμές που αντιστοιχούν στις υπερβολικές γραμμές θέσεως που απεικονίζονται στον αντίστοιχο χάρτη ο ναυτιλόμενος μπορεί πολύ εύκολα να χαράξει την ενδιάμεση γραμμή με έναν από τους τρόπους που περιγράφονται στο κεφάλαιο περί LORAN (βλ. κεφ. 4 §4.6).

3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ.

Η ακρίβεια του στίγματος των υπερβολικών συστημάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

α. Η γεωμετρία του στίγματος

β. Η ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων

γ. Η πραγματική τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα

δ. Άν τα σήματα που λαμβάνονται στον δέκτη του υπερβολικού συστήματος προέρχονται από κύματα εδάφους ή από ουράνια κύματα.

3.5.1 Γεωμετρία στίγματος υπερβολικών συστημάτων.

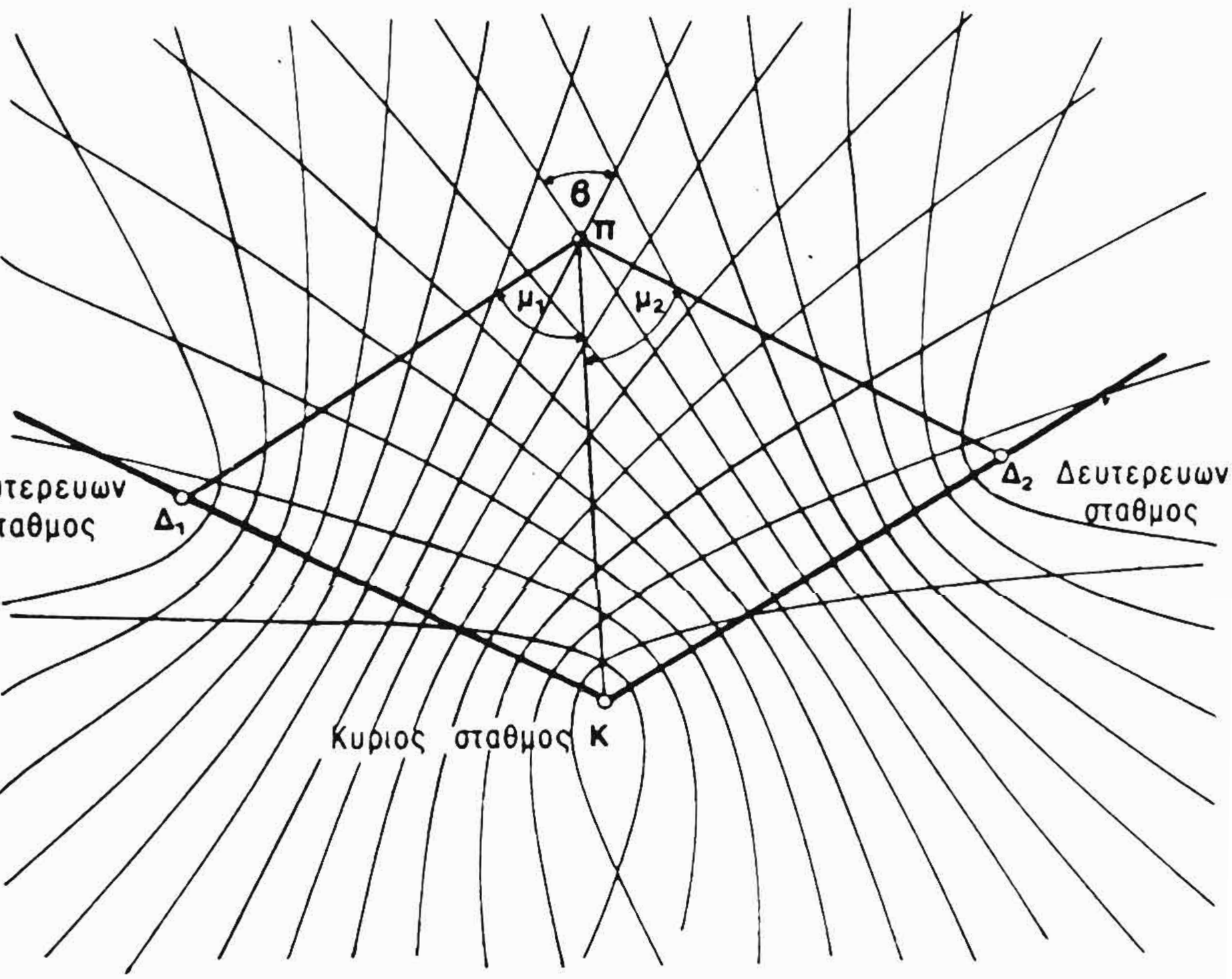
Όπως και στους άλλους κλάδους της ναυτιλίας (ακτοπλοΐα και αστρονομική ναυτιλία) έτσι και στην περίπτωση της υπερβολικής ναυτιλίας η

ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από την γωνία με την οποία τέμνονται οι γραμμές θέσεως που στην περίπτωση αυτή είναι υπερβολές.

Αποδεικνύεται ότι η γωνία **β** με την οποία τέμνονται δύο υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν σε δύο γραμμές βάσεως **ΚΔ$_1$** και **ΚΔ$_2$** (σχήμα 3.5.1), ισούται με το ημιάθροισμα των γωνιών **μ$_1$** και **μ$_2$** με τις οποίες φαίνονται οι αντίστοιχες γραμμές βάσεως από το σημείο τομής.

$$\beta = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$$

Στα υπερβολικά συστήματα η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται και από την απόσταση μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως η οποία όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4.1 δεν είναι σταθερή αλλά έχει την μικρότερη τιμή επάνω στην γραμμή βάσεως και αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν.



Σχήμα 3.5.1 Γωνία τομής υπερβολικών γραμμών θέσεως

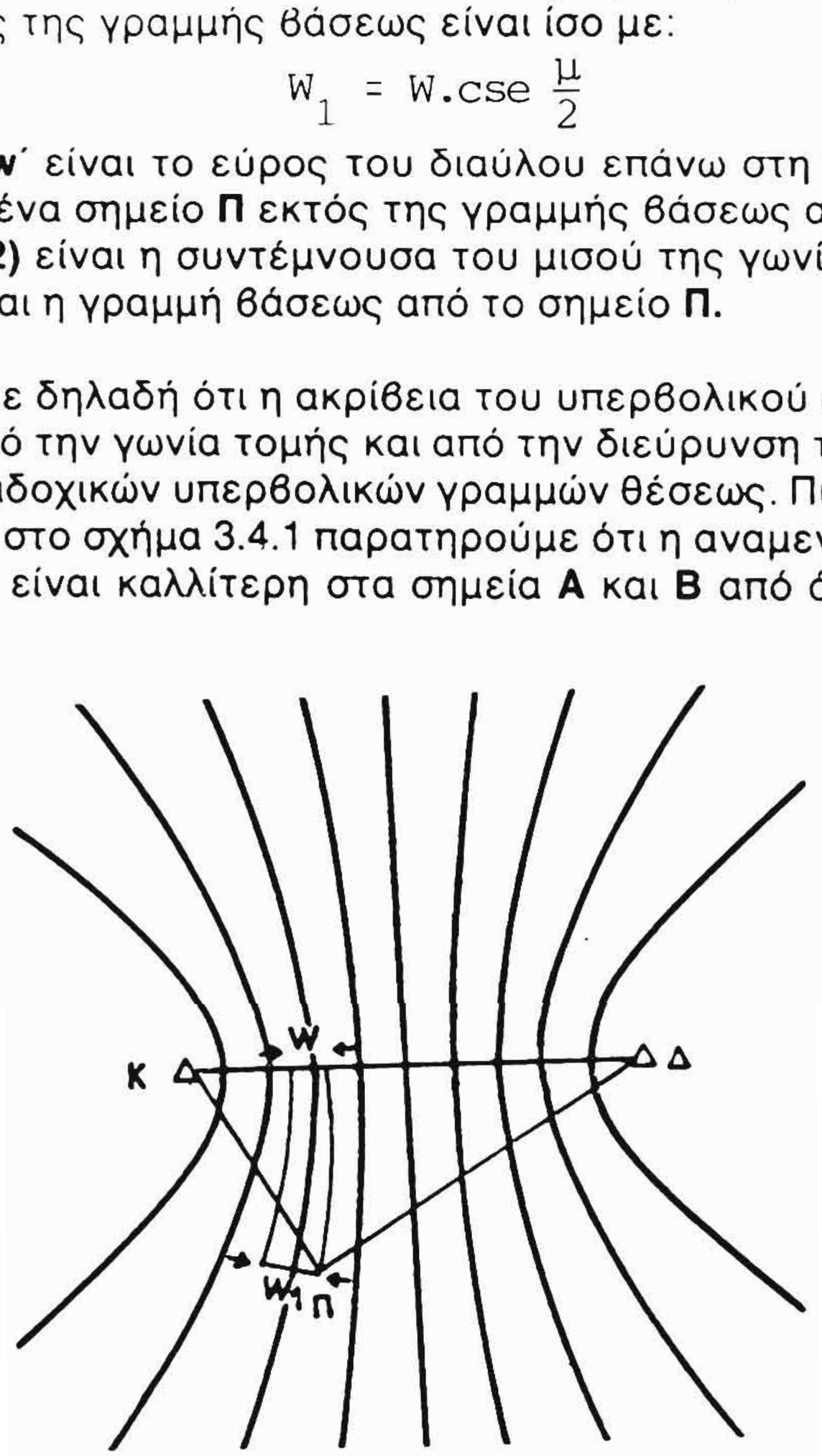
Ας υποθέσουμε κατ' αρχήν ότι ο προσδιορισμός του στίγματος γίνεται με την μέθοδο της διαφοράς φάσεως[1] και ότι οι μετρήσεις στον δέκτη γίνονται με ακρίβεια ενός εκατοστού του κύκλου, δηλαδή 3,6° . Αυτό σημαίνει ότι οι υπερβολικές γραμμές θέσεως προσδιορίζονται με ακρίβεια ενός εκατοστού του διαύλου. Το εύρος όμως του διαύλου (που επάνω στην γραμμή βάσεως είναι ίσο με το μισό του μήκους κύματος) αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από τη γραμμή βάσεως και επομένως η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από το εύρος που έχει ο δίαυλος στην περιοχή που γίνονται οι μετρήσεις.

Αποδεικνύεται ότι άν το εύρος του διαύλου επάνω στην γραμμή βάσεως είναι **w** (σχ. 3.5.2) τότε το εύρος τους διαύλου $\mathbf{w_1}$ σε ένα σημείο **Π** εκτός της γραμμής βάσεως είναι ίσο με:

$$W_1 = W.\mathrm{cse}\,\frac{\mu}{2}$$

όπου: **w** και **w΄** είναι το εύρος του διαύλου επάνω στη γραμμή βάσεως και σε ένα σημείο **Π** εκτός της γραμμής βάσεως αντιστοίχως.
csc(μ/2) είναι η συντέμνουσα του μισού της γωνίας με την οποία φαίνεται η γραμμή βάσεως από το σημείο **Π.**

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η ακρίβεια του υπερβολικού στίγματος εξαρτάται εκτός από την γωνία τομής και από την διεύρυνση της αποστάσεως μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως. Πιο συγκεκριμένα αναφερόμενοι στο σχήμα 3.4.1 παρατηρούμε ότι η αναμενόμενη ακρίβεια του στίγματος είναι καλλίτερη στα σημεία **Α** και **Β** από ότι στα σημεία **Γ** και **Δ.**



Σχήμα 3.5.2 Διεύρυνση διαύλου

Ένας πρακτικός κανόνας για την επίτευξη ικανοποιητικής ακρίβειας στίγματος υπερβολικής ναυτιλίας που εξασφαλίζει τον καλύτερο συνδυασμό γωνίας τομής και διεύρυνσης διαύλου είναι ο εξής:

Το υπερβολικό στίγμα είναι ακριβέστερο όταν οι γραμμές βάσεως σχηματίζουν γωνία μεταξύ 120° και 150° και το πλοίο βρίσκεται μέσα σ' αυτόν τον τομέα και πλησιέστερα προς τους σταθμούς .

Λεπτομερέστερη ανάλυση της ακρίβειας του στίγματος των υπερβολικών συστημάτων γίνεται στο παράρτημα **Α** του παρόντος βιβλίου που παρουσιάζεται μια σύντομη ανάπτυξη της θεωρίας των ναυτιλιακών σφαλμάτων θέσεως.

Η εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος ενός υπερβολικού συστήματος μπορεί να γίνει και με την βοήθεια των διαγραμμάτων του σχήματος 3.5.3 που προέκυψαν από αναλύσεις της παλαιάς εταιρείας DECCA για κάποιο συγκεκριμένο υπερβολικό σύστημα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε τα διαγράμματα του σχήματος 3.5.3 για την εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος οποιουδήποτε υπερβολικού συστήματος, οι καμπύλες ακριβείας των διαγραμμάτων αυτών δεν απεικονίζουν την πραγματική αλλά την σχετική ακρίβεια του στίγματος, δηλαδή για δύο σημεία που βρίσκονται πάνω στις καμπύλες των 2 και 4 m αντίστοιχα δεν σημαίνει ότι έχουν ακρίβεια 2 και 4 m αλλά, ότι η ακρίβεια του ενός είναι διπλάσια από την ακρίβεια του άλλου.

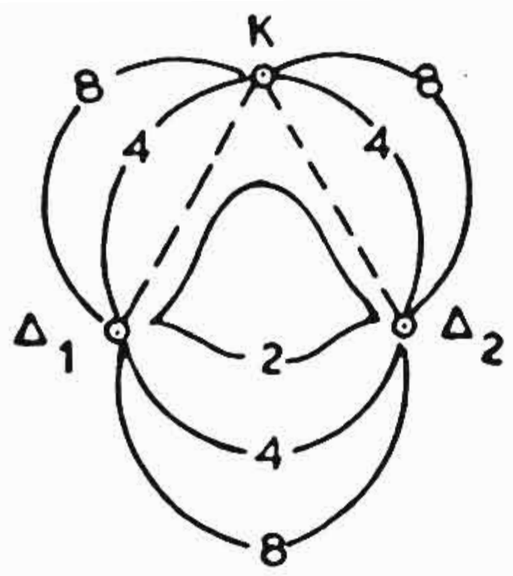
3.5.2 Ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων

Είναι προφανές ότι η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία γίνονται οι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των γραμμών θέσεως μετρήσεις. Άν π.χ. ένας δέκτης ενός υπερβολικού συστήματος που λειτουργεί με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου, μετρά τις διαφορές χρόνου με ακρίβεια 1μsec προσδιορίζει το στίγμα με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν ενός άλλου δέκτη που μετρά τις διαφορές χρόνου με ακρίβεια 2μsec.

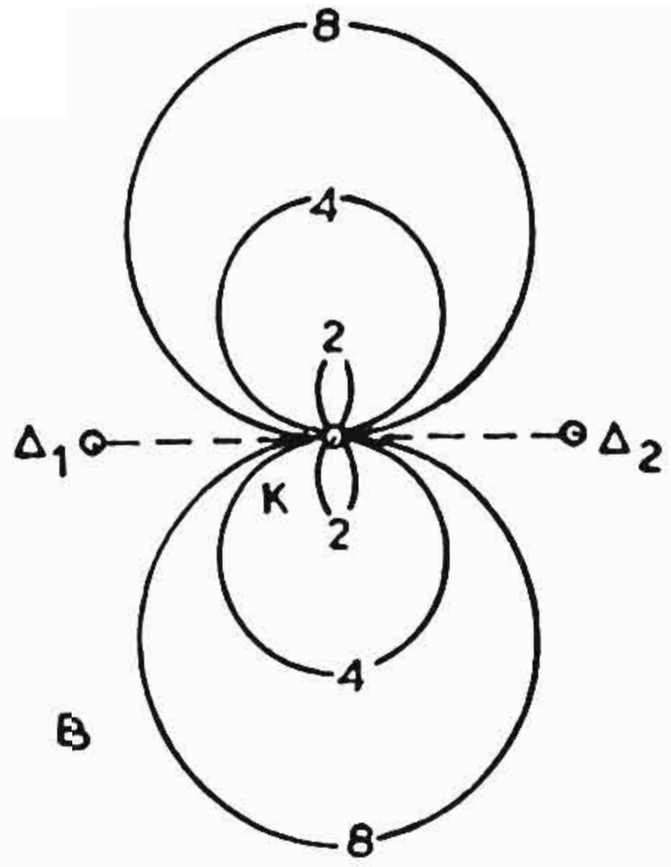
3.5.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Όπως είδαμε προηγουμένως, για τον προσδιορισμό των υπερβολικών γραμμών θέσεως, θεωρήσαμε ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στην ατμόσφαιρα με μία σταθερή και γνωστή ταχύτητα. Στην πραγματικότητα η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι σταθερή μόνο στην περίπτωση που η διάδοση γίνεται σε ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

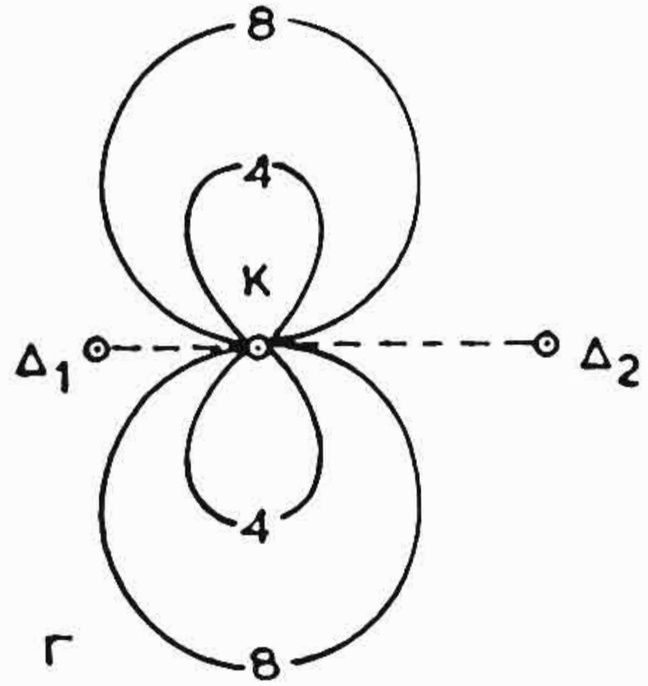
Επειδή όμως η ατμόσφαιρα δεν είναι ομοιογενής (διαφορές πυκνότητος, θερμοκρασίας, υγρασίας, αγωγιμότητος κλπ) η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα υφίσταται ορισμένες διακυμάνσεις που δημιουργούν μείωση της ακρίβειας του στίγμα-



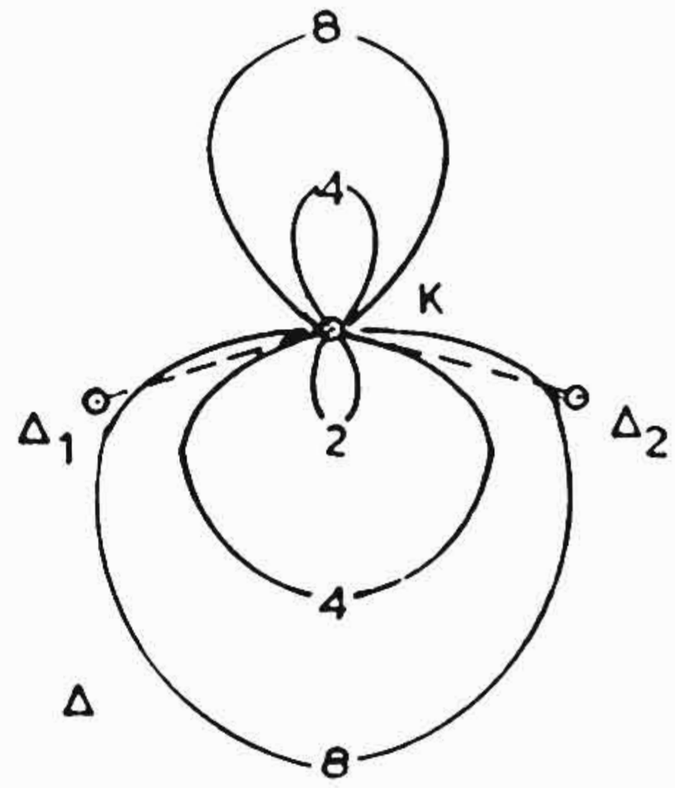
Α



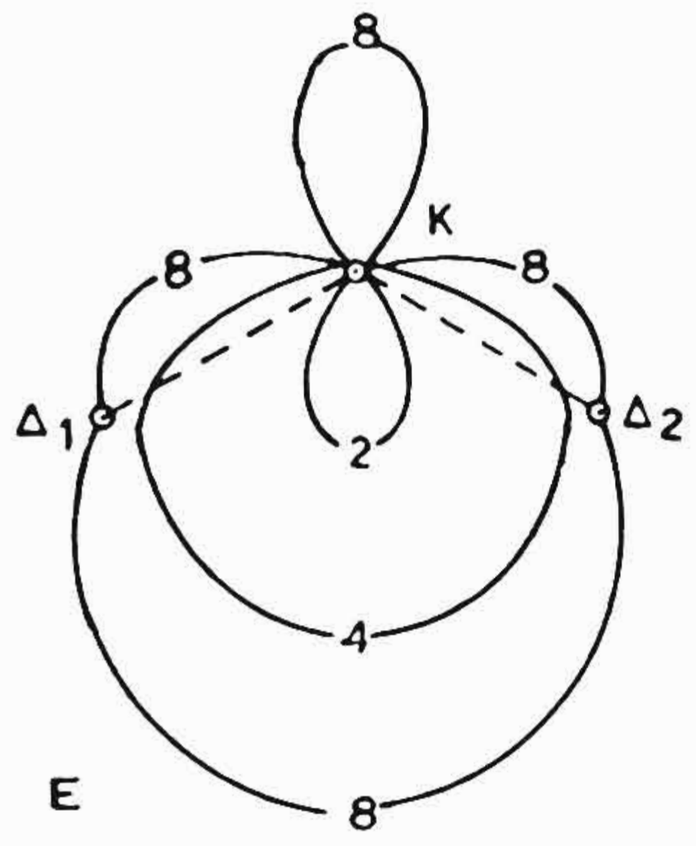
Β



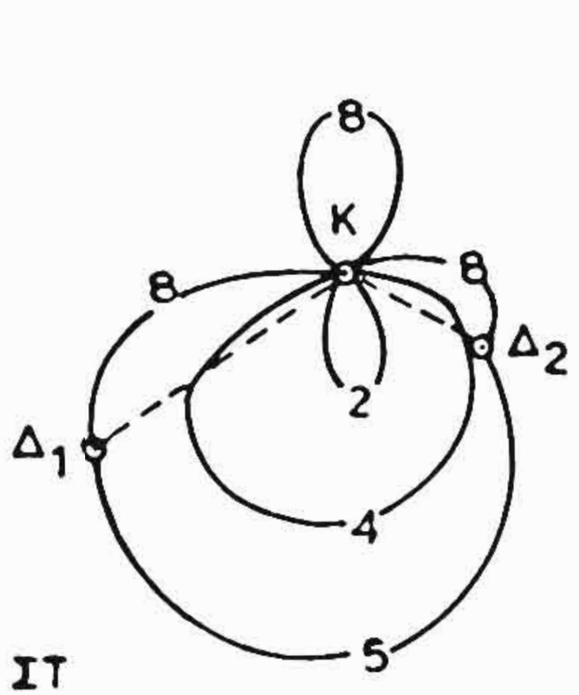
Γ



Δ



Ε



ΣΤ

Ζ

Η

Σχήμα 3.5.3 Καμπύλες, ακριβείας υπερβολικών συστημάτων (σε μέτρα)

(Στοιχεία εταιρείας "Decca Survey Systems" για υπερβολικό σύστημα που παρουσιάζει τυπική απόκλιση 0,01 διαύλοι και λειτουργεί σε συχνότητα 1,8 MHZ Μορφη Α Ίσες γραμμές βάσεως με γωνία 60°. Β Ίσες γραμμές βάσεως με γωνία 180°. Γ Μια γραμμή βάσεως διπλασία της άλλης με γωνία 180°. Δ Ίσες γραμμές βασεως με γωνια 150°. Ε Ίσες γραμμές βάσεως με γωνία 120°. ΣΤ Μια γραμμή βάσεως διπλασία της άλλης με γωνία 120°. Ζ Ίσες γραμμές βάσεως με γωνία 90°. Η Μια γραμμη βασεως διπλασια της άλλης με γωνία 90°)

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

τος. Η μείωση της ακρίβειας του στίγματος λόγω μεταβολής της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα γίνεται περισσότερο σημαντική και υπολογίσιμη στις περιπτώσεις που το πλοίο βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τους σταθμούς ξηράς, οπότε τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς σήματα διαδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαραίτητο να γίνονται ανάλογες διορθώσεις (βλ. κεφ. 4 και 5 για τις περιπτώσεις των συστημάτων LORAN και OMEGA).

3.5.4 Διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα

Για τον προσδιορισμό των υπερβολικών γραμμών θέσεως, γίνονται μετρήσεις (διαφορών χρόνου, ή διαφορών φάσεως) των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς του υπερβολικού συστήματος και διαδίδονται με κύμα εδάφους. Εν τούτοις ανάλογα με την απόσταση του πλοίου από τους σταθμούς, τα λαμβανόμενα στον δέκτη σήματα είναι δυνατό ορισμένες φορές να προέρχονται από ουράνιο κύμα στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνουν διορθώσεις των μετρήσεων για την αναγωγή τους στα αντίστοιχα κύματα εδάφους (βλ. κεφ. 4).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ LORAN-C

4.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LORAN

Το LORAN [1] είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος μεγάλης εμβέλειας στο οποίο ο προσδιορισμός των υπερβολικών γραμμών θέσεως γίνεται με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου και τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια.

Για τον καθορισμό του στίγματος LORAN σε μία περιοχή χρησιμοποιούνται οι σταθμοί της αντίστοιχης αλυσίδας. Μία αλυσίδα σταθμών LORAN (σχήμα 4.1.1) αποτελείται από ένα κύριο σταθμό **M** και δύο, τρεις ή και τέσσερεις δευτερεύοντες σταθμούς που συμβολίζονται με τα γράμματα **X, Y, Z** και **W.** Ο κύριος σταθμός της αλυσίδας βρίσκεται συνήθως στο κέντρο της περιοχής και οι δευτερεύοντες είναι εγκατεστημένοι περιφερειακά γύρω από τον κύριο.

Κάθε σταθμός LORAN εκπέμπει στη συχνότητα των 100 KHz, ένα παλμικό σήμα που διαδίδεται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Ανάλογα με την ισχύ των σταθμών, τον λόγο σήματος προς θόρυβο στην περιοχή χρησιμοποιήσεως, την ευαισθησία του δέκτη και τις απώλειες κατά τη διάδοση, οι εκπομπές των σταθμών LORAN που διαδίδονται με κύμα εδάφους είναι δυνατό να ληφθούν σε αποστάσεις από 800 μέχρι 1200 ναυτικά μίλια. Μεγαλύτερες εμβέλειες μέχρι και 2500 ναυτικά μίλια είναι δυνατό να επιτευχθούν με τη λήψη ουράνιου κύματος (βλ. §4.4).

Για τον καθορισμό του στίγματος LORAN ο δέκτης του συστήματος (βλ. § 4.9) που βρίσκεται στο πλοίο μετρά την διαφορά του χρόνου, σε

---

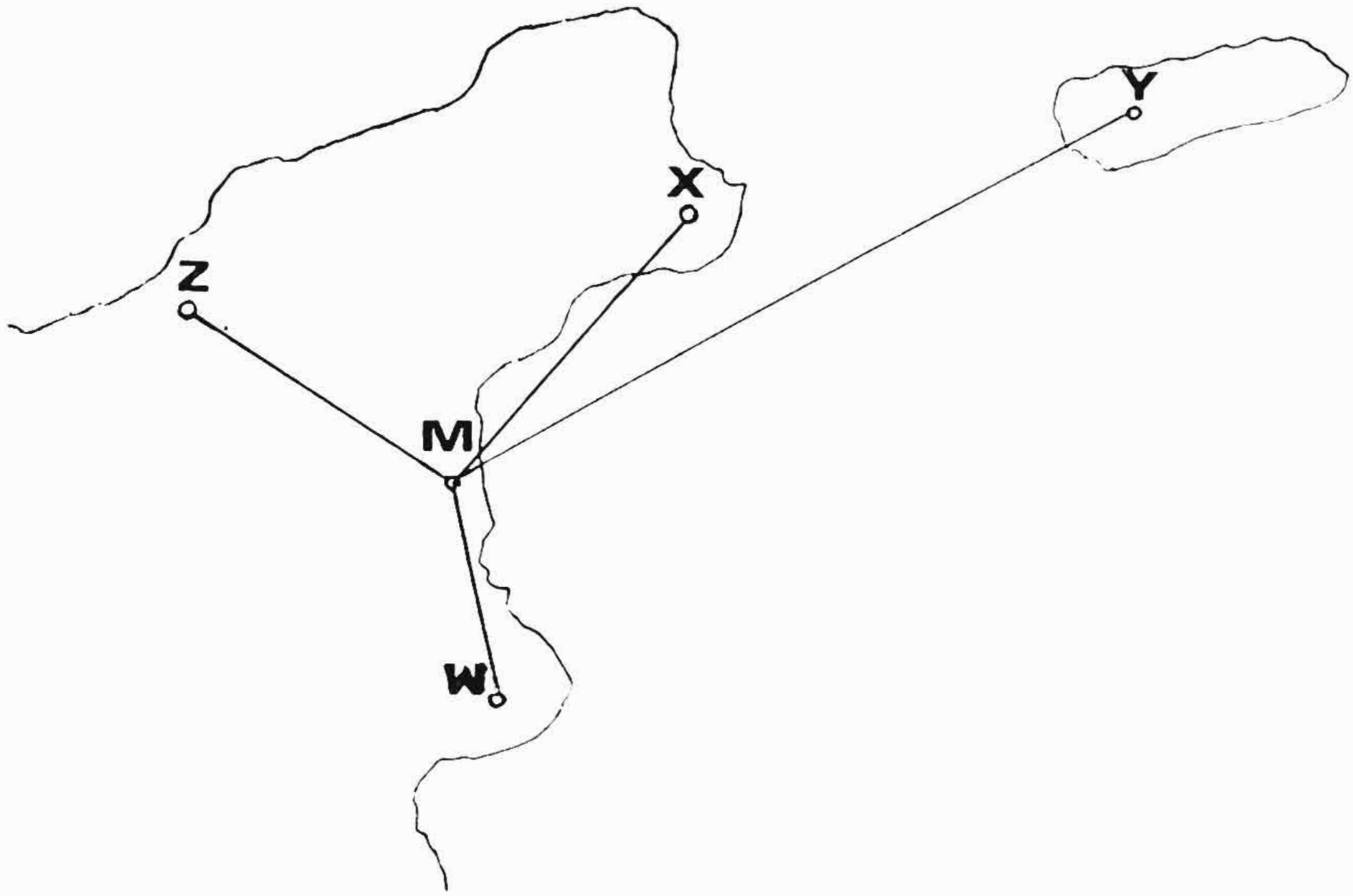
(1) Η ονομασία **LORAN** προέρχεται από τα αρχικά **Long Range Navigation**. Το σύστημα **LORAN** δημιουργήθηκε κατά την διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου από της ΗΠΑ για την παροχή στίγματος ακριβείας σε πλοία και αεροσκάφη. Το σύστημα αυτό λειτούργησε σε συχνότητες MF (1850–1950 KHz) και ήταν γνωστό σαν **LORAN-A.**

Περί το τέλος της δεκαετίας του 1950 άρχισε ένα πρόγραμμα δημιουργίας μιάς νέας γενιάς του συστήματος **LORAN**. Το νέο σύστημα ονομάσθηκε **LORAN-C** και σήμερα έχει αντικαταστήσει το **LORAN-A**.

Παρά την ευρεία διάδοση του συστήματος **LORAN**, το σύστημα αυτό, όπως και τα περισσότερα ραδιοναυτιλιακά συστήματα, προβλέπεται ότι θα αποσυρθεί από την κυκλοφορία γύρω στο έτος 2000 λόγω της αντικαταστάσεώς του από το νέο δορυφορικό σύστημα καθορισμού στίγματος **NAVSTAR-GPS-Global Positionig System** (βλ. και κεφ. 8).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

μικροδευτερόλεπτα[1], με την οποία λαμβάνει τα προερχόμενα από τον κύριο και κάθε δευτερεύοντα σταθμό παλμικά σήματα. Η μετρούμενη για κάθε ζεύγος κύριου - δευτερεύοντα διαφορά χρόνου προσδιορίζει μία υπερβολική γραμμή θέσεως (βλ. κεφ. 3), το δε στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.



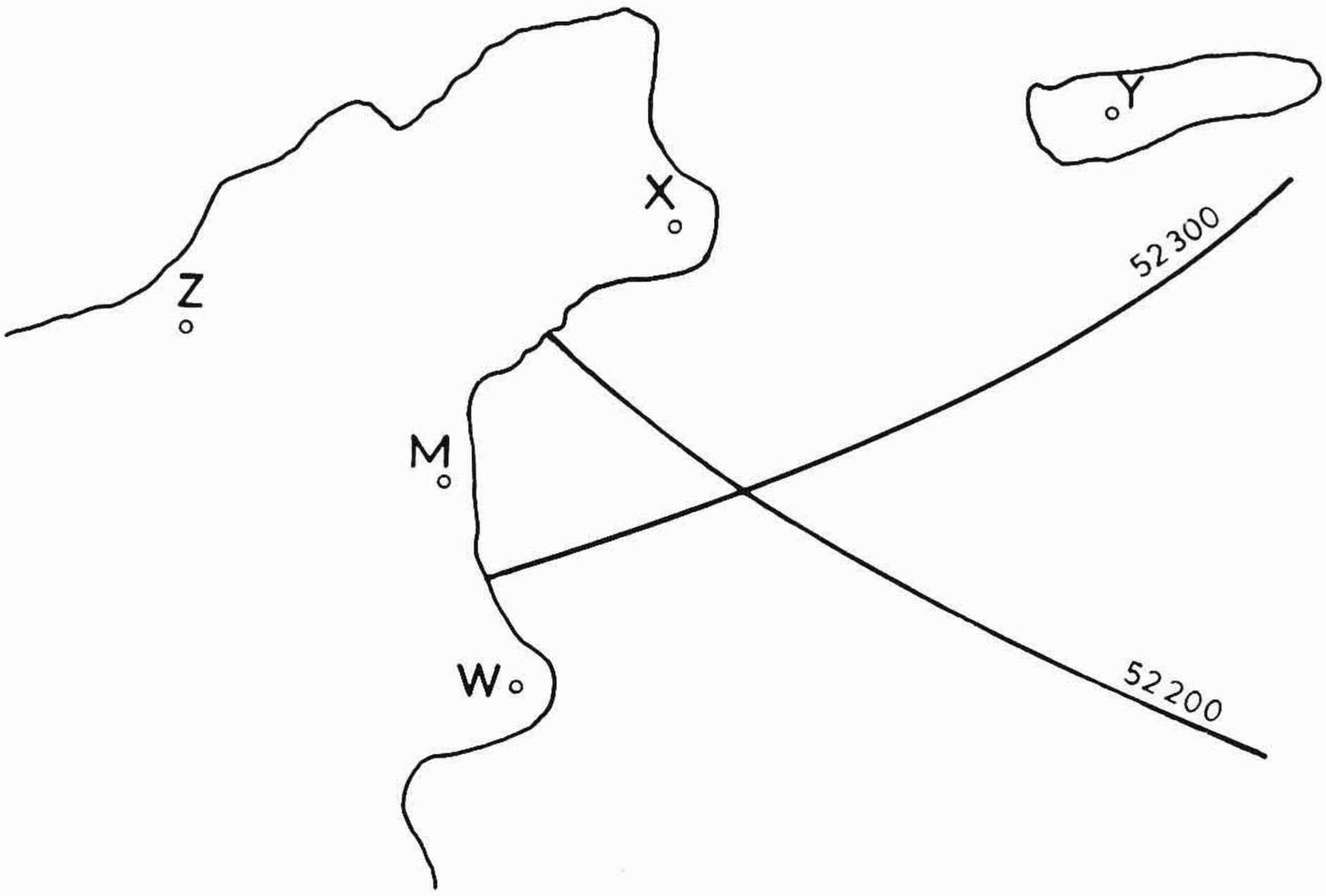
Σχήμα 4.1.1 Τυπική διάταξη των σταθμών μιάς αλυσίδας LORAN-C.

Στο παράδειγμα του σχήματος 4.1.2, για τον καθορισμό του στίγματος του πλοίου, ο δέκτης μετρά την διαφορά χρόνου με την οποία λαμβάνονται τα εκπεμπόμενα από τον κύριο σταθμό **M** και τον δευτερεύοντα **W** σήματα, η οποία έστω ότι είναι 13370 μικροδεύτερόλεπτα. Η μετρηθείσα διαφορά χρόνου προσδιορίζει την αντίστοιχη υπερβολική γραμμή θέσεως. Άν τώρα μετρηθεί και μία δεύτερη διαφορά χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων που εκπέμπονται από τον κύριο σταθμό **M** και τον δευτερεύοντα **X,** η οποία έστω ότι είναι 32200 μικροδευτερόλεπτα, το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται από την τομή των δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν στις δύο μετρηθείσες διαφορές χρόνου.

Στην πράξη ο ναυτιλόμενος προσδιορίζει το στίγμα LORAN με έναν από τους επόμενους τρόπους:

---

(1) Το μικροδευτερόλεπτο (microsecond) που συμβολίζεται με **μsec** είναι το ενα εκατομμυριοστο του δευτερολέπτου (1 μsec = 10^{-6}sec).



Σχήμα 4.1.2 Καθορισμός στίγματος με μέτρηση δύο διαφορών χρόνου με τον δέκτη LORAN-C.

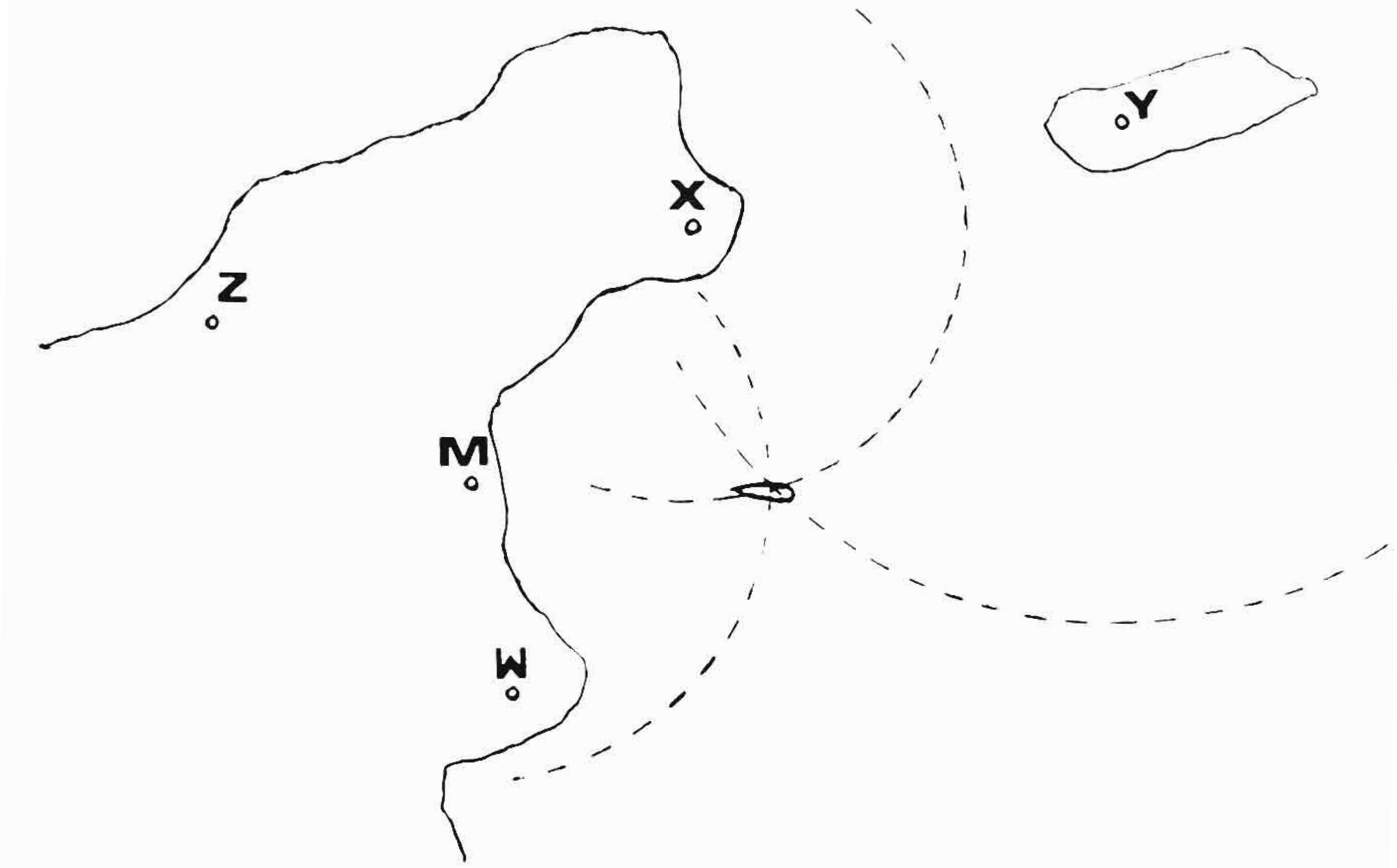
α. Με την χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών LORAN επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές χρόνου (βλ. § 4.6).

β. Με τη χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων - συνήθως όταν δεν έχει στην διάθεστή του τους ειδικούς χάρτες LORAN (βλ. § 4.7).

γ. Απ' ευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν ορισμένοι εξελιγμένοι σύγχρονοι δέκτες (βλ. § 4.9).

4.1.2 Λειτουργία του LORAN σε κυκλική μορφή.

Άν και το σύστημα LORAN έχει σχεδιαστεί και χρησιμοποιείται σαν υπερβολικό, είναι δυνατό να λειτουργήσει και σαν κυκλικό, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει δυνατότητα για ακριβή μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για την διάδοση των σημάτων LORAN από τους σταθμούς εκπομπής μέχρι τον δέκτη του πλοίου. Στην περίπτωση αυτή (σχήμα 4.1.3) το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται από την τομή δύο τουλάχιστον κυκλικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν στις αποστάσεις του πλοίου από τους αντίστοιχους σταθμούς LORAN. (Η απόσταση $\mathbf{r_i}$ του πλοίου από κάθε σταθμό LORAN ισούται με το γινόμενο του χρόνου $\mathbf{t_i}$ διαδόσεως του σήματος από τον σταθμό μέχρι το πλοίο επί την ταχύτητα **c** διαδόσεως των ραδιοκυμάτων στην ατμόσφαιρα: $\mathbf{r_i} = \mathbf{c} \cdot \mathbf{t_i}$).

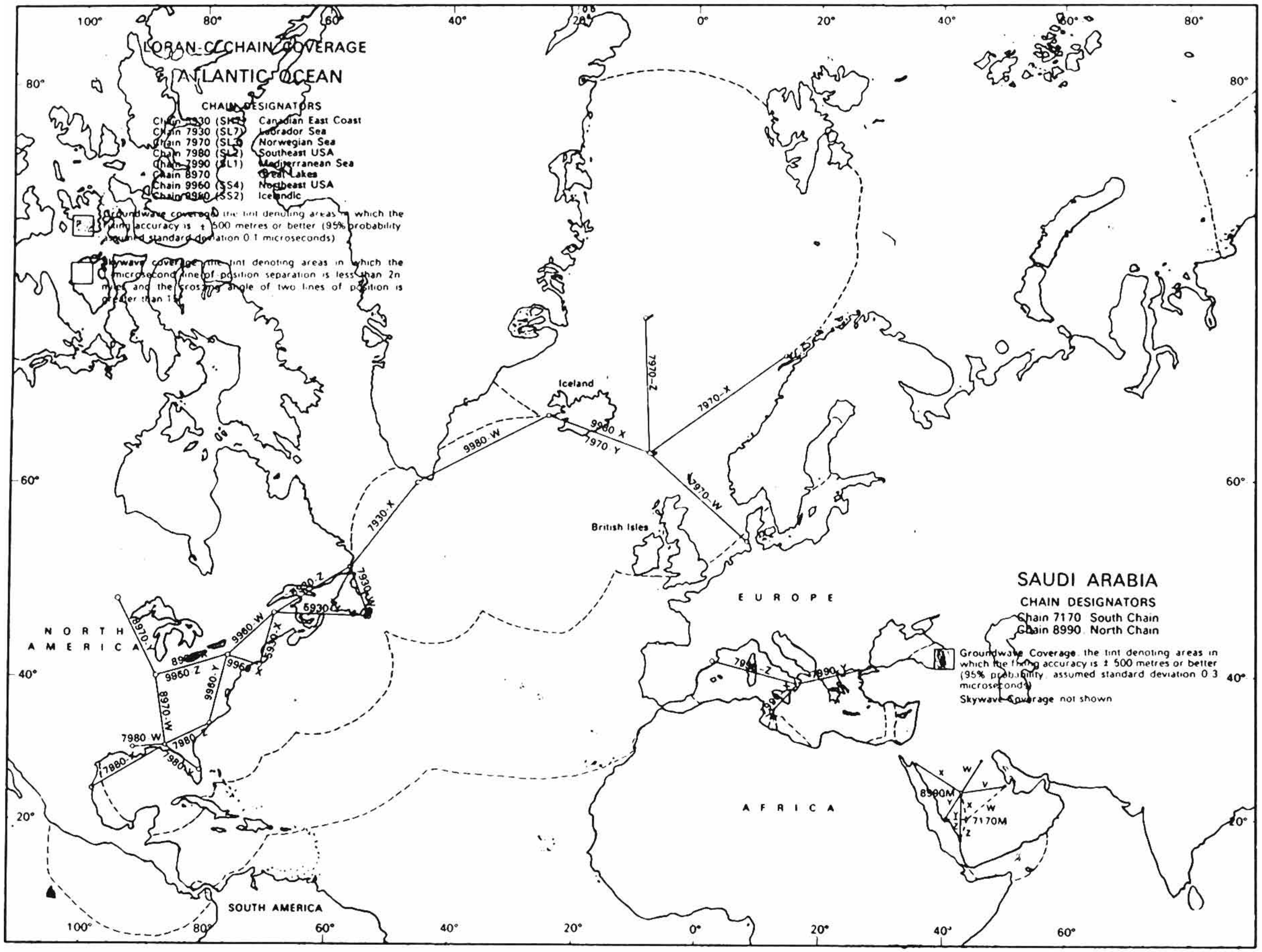


Σχήμα 4.1.3 Λειτουργία του συστήματος LORAN-C σε κυκλική μορφή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

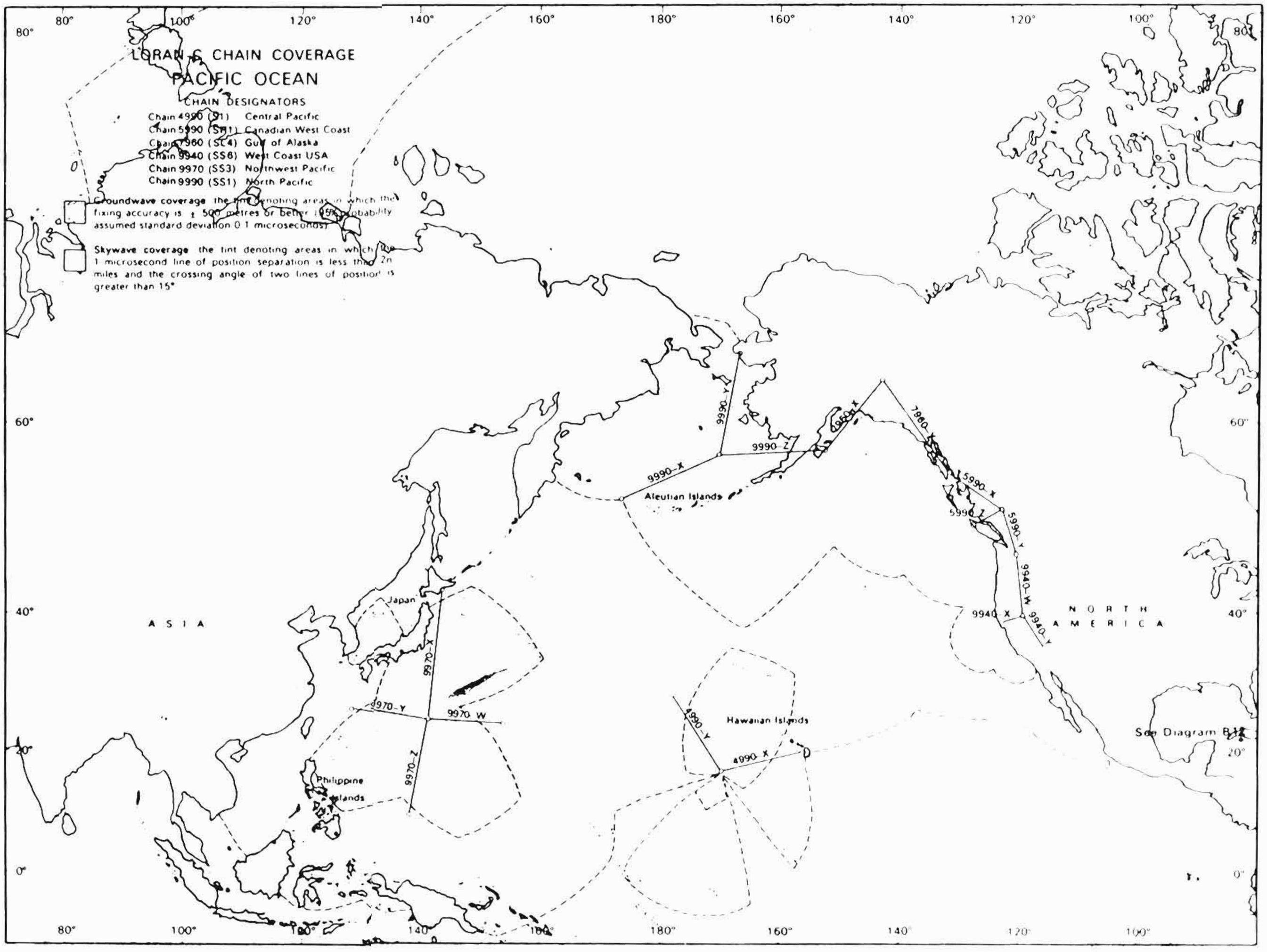
ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ LORAN - C

ΠΕΡΙΟΧΗ	GRI
NORTH PACIFIC	9990
NORTH PACIFIC (Reconfigured Chain)	7930
CENTRAL PACIFIC	4990
NORTHWEST PACIFIC	9970
GULF OF ALASKA	7960
CANADA WEST COAST	5990
U.S.A WEST COAST	9940
CANADA EAST COAST	5930
U.S.A NORTHEAST	7980
NORWEIGIAN SEA	7970
MEDITERRANEAN SEA	7990
LABRADOR SEA	7930
ICELAND	9980
SAUDI ARABIA NORTH CHAIN	8990
SAUDI ARABIA SOUTH CHAIN	7170



Σχήμα 4.1.4α Αλυσίδες LORAN-C (περιοχή Ατλαντικού, Μεσογείου, Ινδικού)

[Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 5a του Βρετ. Ναυαρχείου].



Σχήμα 4.1.4β Αλυσίδες LORAN-C (περιοχή Ειρηνικού)

[Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 5α του Βρετ Ναυαρχείου]

4.2 ΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ LORAN

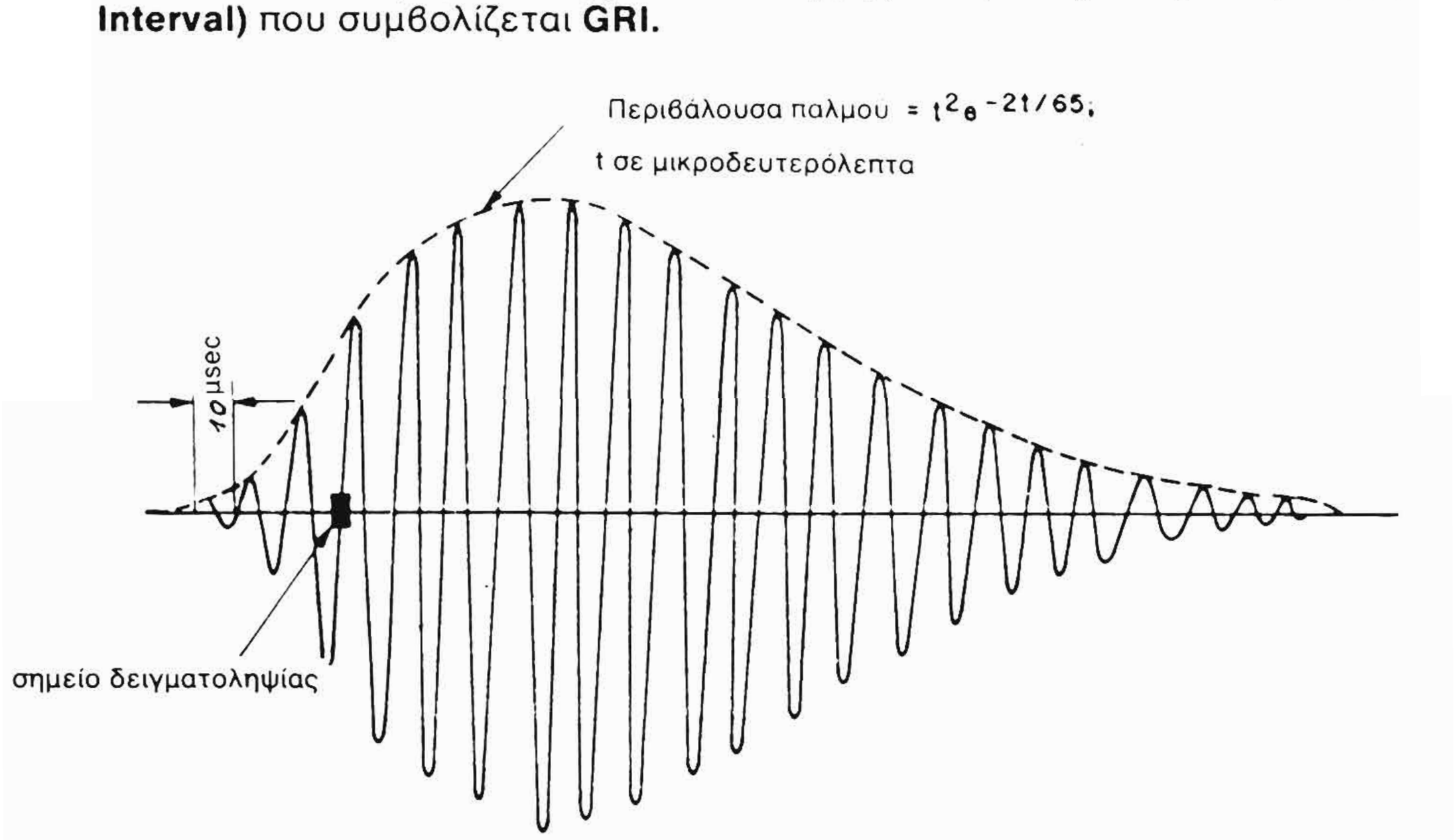
4.2.1 Χαρακτηριστικά εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN σημάτων.

Κάθε σταθμός μίας αλυσίδας LORAN εκπέμπει διαδοχικά ένα παλμικό σήμα που έχει: οκτώ παλμούς άν εκπέμπεται από δευτερεύοντα σταθμό, και εννέα άν εκπέμπεται από τον κύριο σταθμό της αλυσίδας.

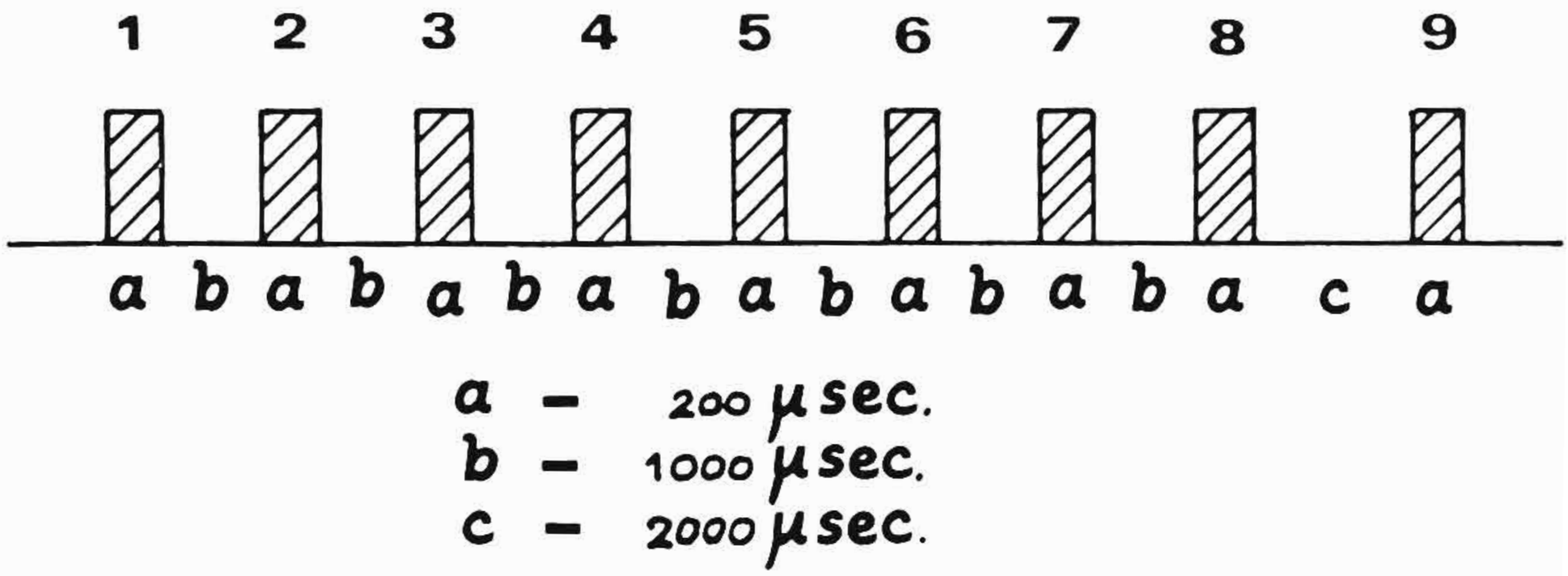
Οι παλμοί που εκπέμπονται από τους σταθμούς LORAN διαρκούν 200 περίπου μικροδεύτερόλεπτα και αποτελούνται από ένα ημιτονοειδές σήμα 100 KHz διαμορφωμένο κατά πλάτος που έχει τη μορφή του σχήματος 4.2.1

Κάθε παλμός του εκπεμπομένου από τους σταθμούς LORAN παλμικού σήματος, εκπέμπεται μετά από χρονικό διάλειμμα 1000 μικροδευτερολέπτων από την εκπομπή του προηγούμενου παλμού. Η εκπομπή του έννατου παλμού από τον κύριο σταθμό γίνεται μετά από παρέλευση 2000 μικροδευτερολέπτων από την εκπομπή του ογδόου παλμού (σχήμα 4.2.2).

Ο κύκλος εκπομπής των σταθμών μίας αλυσίδας ολοκληρώνεται και επαναλαμβάνεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο και χαρακτηριστικό για κάθε αλυσίδα χρονικό διάστημα που λέγεται **διάλειμμα επανάληψης (recurrence interval)** ή **διάλειμμα επανάληψης παλμών (Group Repetition Interval)** που συμβολίζεται **GRI.**



Σχήμα 4.2.1 Χαρακτηριστική μορφή παλμού εκπεμπόμενου σήματος LORAN-C.



Σχήμα 4.2.2 Ομάδα παλμών ένος σήματος LORAN-C (ο ένατος παλμός εκπέμπεται μόνο από τον κύριο σταθμό).

Κατά την διάρκεια ενός διαλείμματος επανάληψης **(GRI)**, που για το παράδειγμα μας (σχήμα 4.2.3) έστω ότι είναι 50000 μδλ., εκπέμπουν διαδοχικά:

α. Ο κύριος σταθμός στην αρχή του διαλείμματος επανάληψης **GRI** (σχήμα 4.2.3).

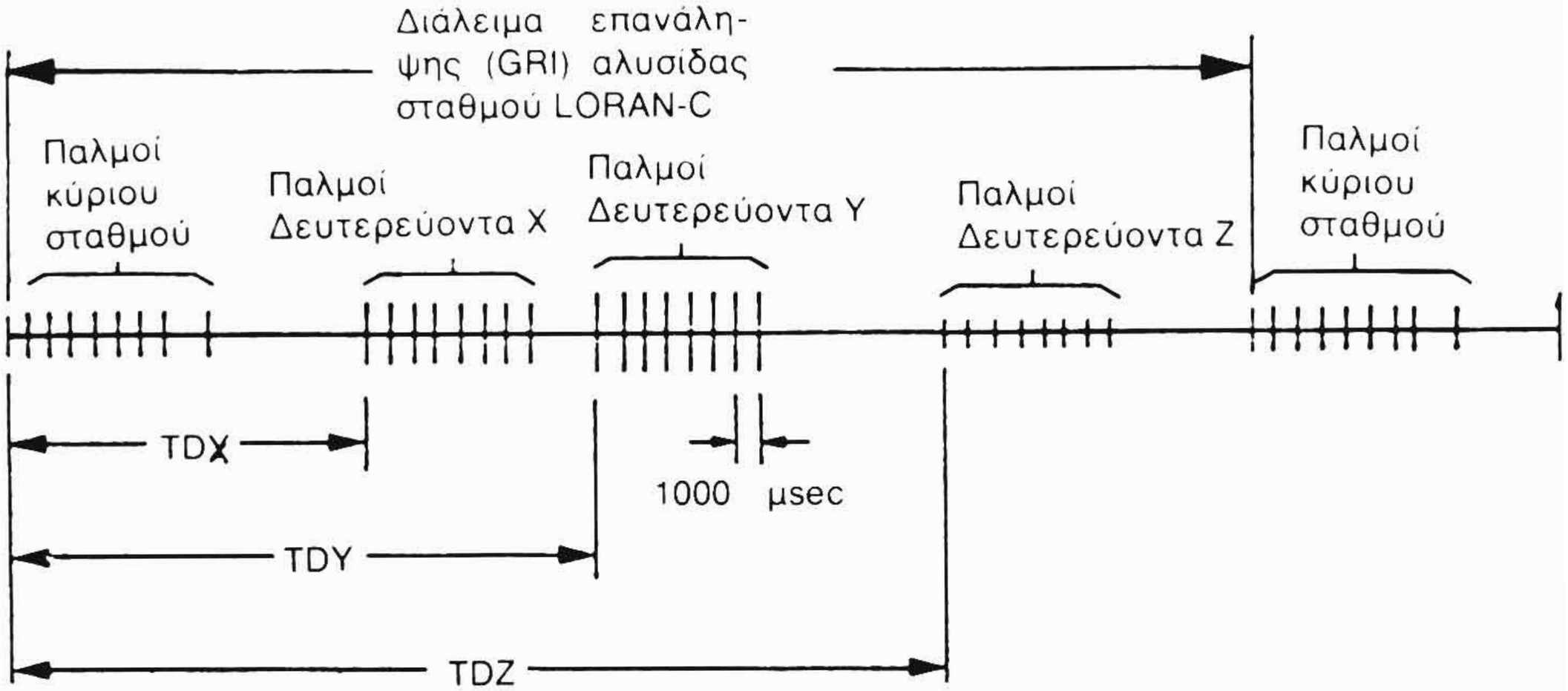
β. Ο δευτερεύων σταθμός **X** μετά από παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος **TDX** από την αρχή του διαλείμματος επανάληψης **GRI** (Σχήμα 4.2.3).

γ. Ο δευτερεύων σταθμός **Y** μετά από παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος **TDY** από την αρχή του διαλείμματος επανάληψης **GRI** (σχήμα 4.2.3).

δ. Οι δευτερεύοντες **Z** και **W** (όπου υπάρχουν) μετά από παρέλευση χρονικών διαστημάτων **TDZ** και **TDW** αντιστοίχως από την αρχή του διαλείμματος επανάληψης **GRI** (σχήμα 4.2.3).

Με την παραπάνω διαδικασία παρατηρούμε ότι ο χρόνος του διαλείμματος επανάληψης **GRI** κατανέμεται για εκπομπή μεταξύ των σταθμών της αλυσίδας. Η μέθοδος αυτή της διαδοχικής λειτουργίας κάθε σταθμού σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του κύκλου εκπομπής **GRI** λέγεται μέθοδος **καταμερισμού χρόνου (time sharing).**

Το διάλειμμα επανάληψης **GRI** που χρησιμοποιείται για κάθε αλυσίδα σταθμών LORAN είναι μοναδικό και χαρακτηρίζει την αλυσίδα. Η αλυσίδα των σταθμών LORAN της Μεσογείου, χαρακτηρίζεται από το GRI 7990, της Βόρειας θάλασσας από το GRI 7970 κ.ο.κ. Οι αριθμοί 7990, κ.λ.π. φανερώνουν το GRI σε δεκάδες μικροδευτερολέπτων, δηλ. ο αριθμός 7990 φανερώνει ότι το GRI είναι 79900 μικροδευτερόλεπτα. κ.λ.π.



Σχήμα 4.2.3 Εκπομπή σημάτων από τους σταθμούς αλυσίδας LORAN-C σε ένα διάλειμμα επανάληψης GRI.

4.2.2 Συγχρονισμός των εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN σημάτων - Εντοπισμός ανωμαλιών.

Η εκπομπή των σταθμών μίας αλυσίδας με την μέθοδο καταμερισμού χρόνου που αναπτύχθηκε στη προηγούμενη παράγραφο 4.2.1 γίνεται με την χρησιμοποίηση από κάθε σταθμό συγχρονισμένων ωρολογίων μεγάλης ακρίβειας. Με τη βοήθεια των ωρολογίων αυτών κάθε σταθμός της αλυσίδας εκπέμπει με μεγάλη χρονική ακρίβεια στο αντίστοιχο τμήμα του **GRI.**

Για την αποτελεσματική και ακριβή λειτουργία του LORAN, οι διαφορές χρόνου εκπομπής **(TD)** των σημάτων κάθε ζεύγους κύριου - δευτερεύοντα σταθμού πρέπει να παραμένουν σταθερές σε όλη την περιοχή καλύψεως.

Για τον λόγο αυτό, προκειμένου να εντοπισθούν και να περιορισθούν τυχόν παρουσιαζόμενες αλλαγές στη διαφορά χρόνου εκπομπής κύριου - δευτερεύοντα, σε κάθε περιοχή καλύψεως υπάρχουν ένας ή περισσότεροι σταθμοί παρακολουθήσεως του συστήματος (System Area Monitor - SAM).

Οι σταθμοί παρακολουθήσεως του συστήματος μετρουν συνεχώς τις διαφορές χρόνου εκπομπής κάθε ζεύγους κύριου - δευτερεύοντα, όταν δε εντοπισθούν διαφορές μεγαλύτερες από 100 νανοδευτερόλεπτα,[1] αρχίζει μία κωδικοποιημένη μορσική σήμανση του εννάτου παλμού του κύριου σταθμού που γνωστοποιεί στους χρήστες ότι οι παρεχόμενες διαφορές χρόνου περιέχουν σφάλμα και δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του στίγματος (βλ. πίνακα IV-2).

---

(1) Το νανοδευτερόλεπτο ισούται με 10^{-9} sec

4.2.3 Συντονισμός (Calibration) του συστήματος LORAN.

Όταν πρόκειται να δημιουργηθεί μία νέα αλυσίδα σταθμών LORAN, ή όταν προστίθεται ένας επί πλέον δευτερεύοντας σταθμός σε κάποια αλυσίδα, καθώς και ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετά την εγκατάσταση, πρέπει να εκτελείται συντονισμός των σταθμών της αλυσίδας.

Ο συντονισμός γίνεται με καταγραφή των διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη κύριου - δευτερεύοντα σε εάν σύνολο σημείων γνωστών συντεταγμένων της περιοχής καλύψεως προκειμένου να:

α. Επαληθευτεί ότι οι σταθμοί της αλυσίδας είναι συγχρονισμένοι και λειτουργούν κανονικά.

β. Καθορισθούν οι διαφορές χρόνου που θα χρησιμοποιούνται σαν βάση για τον περαιτέρω συγχρονισμό των εκπεμπομένων από τους σταθμούς της αλυσίδας σημάτων.

γ. Επαληθευτεί η ακρίβεια των χρησιμοποιουμένων διαφορών χρόνου.

δ. Παρασχεθούν στοιχεία για εκτέλεση υδρογραφικών αποτυπώσεων μεγάλης ακρίβειας και προσδιορισμό της αγωγιμότητας της επιφάνειας της γης.

4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ ΣΤΟ ΔΕΚΤΗ LORAN

Η μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των εκπομπών του κύριου και ενός δευτερεύοντα σταθμού LORAN γίνεται σε δύο διαδοχικά στάδια (χονδρική και ακριβής μέτρηση) όπως επεξηγείται στη συνέχεια.

4.3.1 Το πρόβλημα της ανάμιξης ουρανίου κύματος με κύμα εδάφους

Το εκπεμπόμενο από ένα σταθμό LORAN σήμα είναι δυνατό να διαδοθεί είτε μέσω κύματος εδάφους είτε μέσω ουρανίου κύματος. Το ουράνιο κύμα λαμβάνεται στον δέκτη μετά από την λήψη του κύματος εδάφους και όπως έχει διαπιστωθεί από συστηματικές παρατηρήσεις, το ουράνιο κύμα λαμβάνεται στον δέκτη μετά από παρέλευση 35 μέχρι 1000 μικροδευτερολέπτων από την λήψη του κύματος εδάφους. Στην περίπτωση που το ουράνιο κύμα φθάνει στον δέκτη με καθυστέρηση 35 μικροδευτερολέπτων, κάθε παλμός που διαδίδεται με ουράνιο κύμα αναμιγνύεται (επικαλύπτεται) με τον ίδιο παλμό που διαδίδεται με κύμα εδάφους. Όταν το ουράνιο κύμα, φθάνει στον δέκτη με καθυστέρηση 1000 μικροδευτερολέπτων, κάθε παλμός του ουρανίου κύματος αναμιγνύεται με τον επόμενο παλμό του κύματος εδάφους.

Προκειμένου να παρακαμφθούν τα προβλήματα από την ανάμιξη ουρανίου κύματος και κύματος εδάφους στον ίδιο παλμό, η επεξεργασία των σημάτων LORAN στον δέκτη γίνεται στα πρώτα 35 μικροδευτερόλεπτα

μετά την αρχική τους λήψη. Η ανάμιξη ουρανίου κύματος με τον επόμενο παλμό (καθυστέρηση 1000 μικροδευτερολέπτων) παρακάμπτεται με αλλαγή της φάσεως του φέροντος σήματος των 100 KHz σε κάθε παλμό του σήματος κάθε σταθμού, σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο τρόπο που φαίνεται στον πίνακα IV-2. Η κωδικοποιημένη αλλαγή της φάσεως των εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN σημάτων χρησιμοποιείται από ορισμένους αυτόματους δέκτες για την αναγνώριση των σταθμών από τους οποίους εκπέμπονται τα σήματα.

4.3.2 Χονδρική Μέτρηση της Διαφοράς Χρόνου.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου στον δέκτη LORAN φαίνεται στο σχήμα 4.3.1. Ο δέκτης όταν λάβει το σήμα ενός σταθμού, δημιουργεί μία καθυστέρηση 5 μικροδευτερολέπτων, το αντιστρέφει, και στη συνέχεια το προσθέτει στο αρχικό σήμα, από το οποίο έχει μία χρονική καθυστέρηση 5 μικροδευτερολέπτων. Το σήμα που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο τέμνει τον οριζόντιο άξονα στο σημείο δειγματοληψίας του κύριου και δευτερεύοντα σταθμού και το μεταξύ τους χρονικό διάστημα αντιπροσωπεύει τη χονδρική μέτρηση του χρόνου.

4.3.3 Ακριβής Μέτρηση της Διαφοράς Χρόνου

Μετά από την χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου στον δέκτη LORAN ακολουθεί η ακριβής μέτρηση της διαφοράς χρόνου που γίνεται με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως (βλ. κεφ. 3).

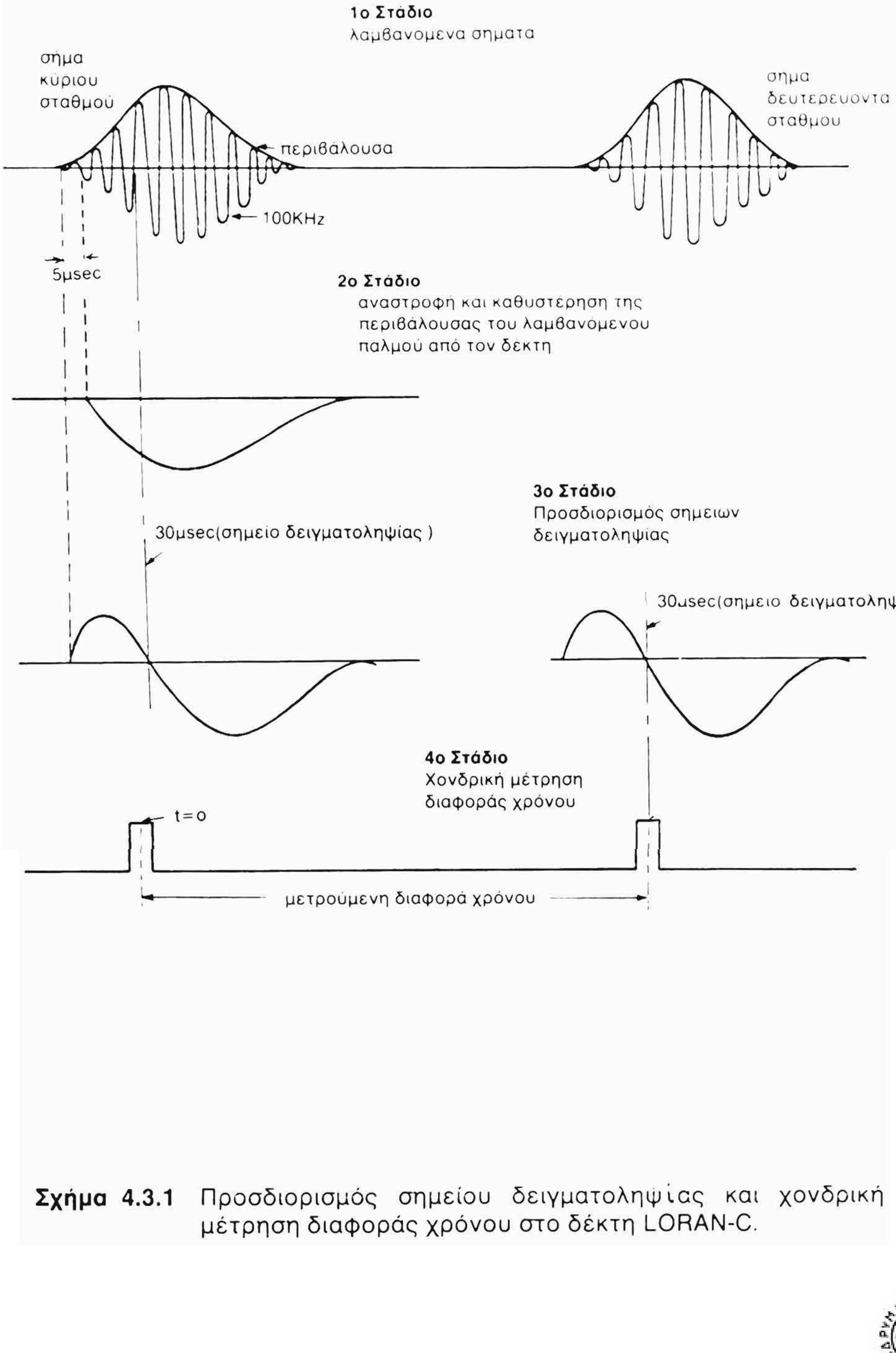
Επειδή τα σήματα του κύριου και δευτερεύοντα σταθμού LORAN δεν φθάνουν στον δέκτη την ίδια ακριβώς στιγμή δεν είναι δυνατό να γίνει άμεση σύγκριση της φάσεώς τους, αλλά, η σύγκριση αυτή γίνεται μέσω ενός σήματος αναφοράς που δημιουργείται στον δέκτη. Το σήμα αναφοράς του δέκτη παράγεται από ένα ταλαντωτή σταθερής συχνότητας και η φάση του παραμένει συνεχώς ίδια με την φάση του σήματος του κύριου σταθμού. Μέ τον τρόπο αυτό η σύγκριση της φάσεως του σήματος του δευτερεύοντα και του πρωτεύοντα γίνεται έμμεσα με τη σύγκριση της φάσεως του σήματος του δευτερεύοντα με τη φάση του σήματος αναφοράς του δέκτη.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων του κύριου και του δευτερεύοντα σταθμού, που δίνει την ακριβή μέτρηση της διαφοράς χρόνου γίνεται στα σημεία δειγματοληψίας των σημάτων αυτών (30 μικροδευτερολέπτα μετά την αρχή του παλμού).

4.4 ΛΗΨΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΕΚΤΗ LORAN

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (§ 4.1 και § 4.3), τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN σήματα διαδίδονται τόσο με κύμα εδάφους όσο καὶ με ουράνιο κύμα. Το κύμα εδάφους διαδίδεται σε αποστάσεις 800 μέχρι 1200 ν. μιλίων ανάλογα με την ισχύ του σταθμού εκπομπής, την

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



Σχήμα 4.3.1 Προσδιορισμός σημείου δειγματοληψίας και χονδρική μέτρηση διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV-2

ΚΩΔΙΚΕΣ ΕΝΑΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΥΡΙΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ LORAN-C

Ακατάλληλες Διαφορές Χρόνου	ΚΩΔΙΚΕΣ 12 δευτερόλεπτα
Καμία	
X	
Y	
Z	
W	
XY	
XZ	
XW	
YZ	
YW	
ZW	
XYZ	
XYW	
XZW	
YZW	
XYZW	

ΕΝΑΤΟΣ ΠΑΛΜΟΣ ΚΥΡΙΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ:

▬ = περίπου 0,25 δευτερόλεπτα
▬ = περίπου 0,75 δευτερόλεπτα

ευαισθήσια του δέκτη και τις απώλειες κατά την διάδοση. Το ουράνιο κύμα διαδίδεται σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις που φθάνουν μέχρι τα 2500 ναυτικά μίλια (κύμα απλής ανακλάσεως στην ατμόσφαιρα). Φυσικά στην περίπτωση αυτή μειώνεται η ακρίβεια του στίγματος (βλ. και § 4.8).

4.4.1 Πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης εκπομπών χαμηλής συχνότητας

Η χρησιμοποίηση εκπομπών χαμηλής συχνότητας (100 KHz) από τους σταθμούς LORAN έχει το πλεονέκτημα ότι οι εκπομπές αυτές δεν υφίστανται σημαντικές απώλειες κατά την διάδοση τους επάνω από την ξηρά όπως συμβαίνει με τις εκπομπές των μεσαίων και των υψηλών συχνοτήτων. Ένα άλλο πλεονέκτημα της εκπομπής των σταθμών LORAN στη χαμηλή συχνότητα των 100 KHz είναι ότι η διάδοση των εκπομπών δεν επηρεάζεται από τις ανωμαλίες της επιφάνειας της ξηράς (φυσικές ή τεχνητές) γιατί οι διαστάσεις των ανωμαλιών αυτών είναι πολύ μικρές σε σχέση με το μέγεθος του μήκους κύματος (βλ. κεφ. 1 για την διάδοση των ραδιοκυμάτων στην ατμόσφαιρα).

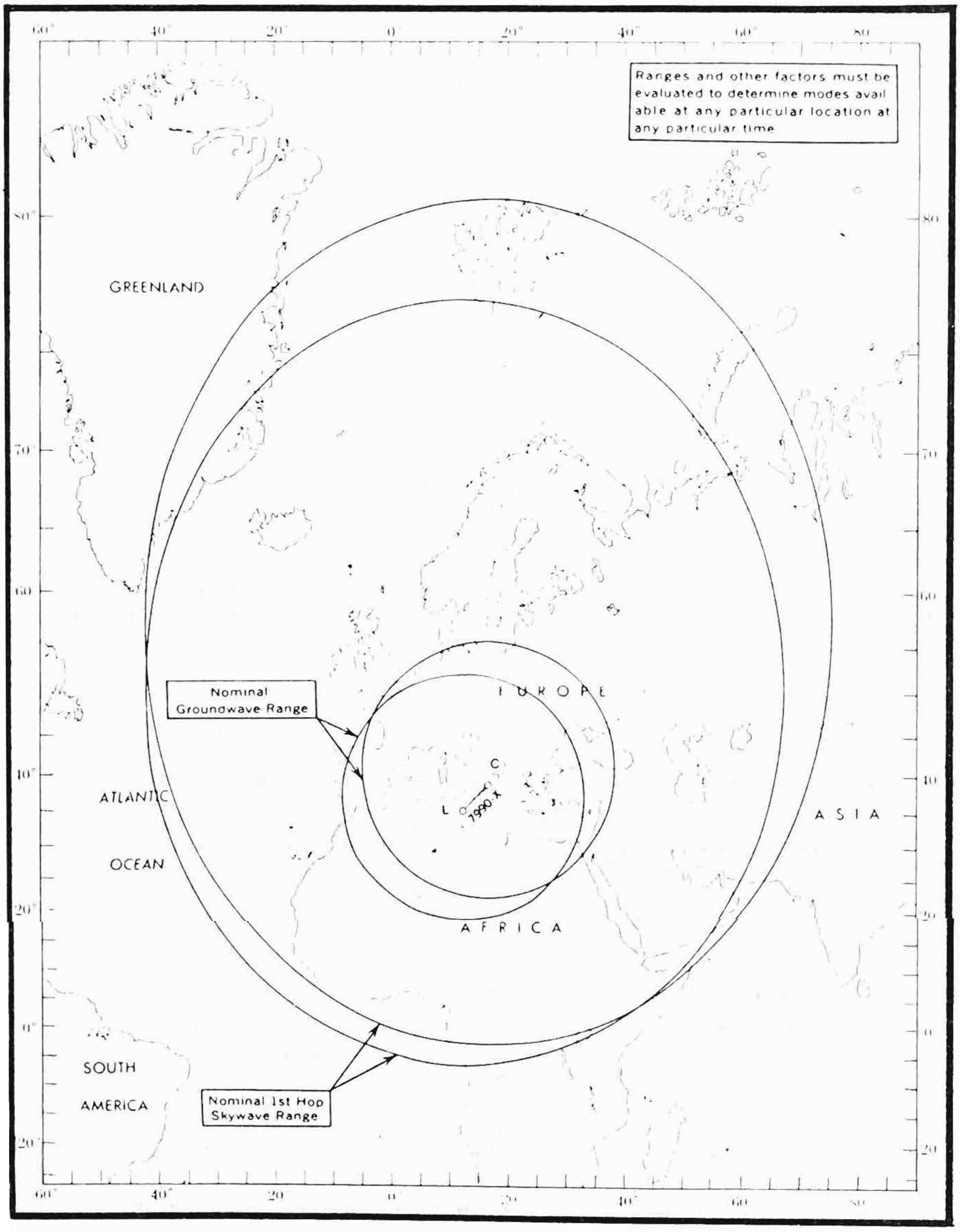
4.4.2 Περιοχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους και από τους δύο σταθμούς, κύματος εδάφους από τον ένα και ουράνιου κύματος από τον άλλο, ή ουράνιου κύματος και από τους δύο.

Ανάλογα με την απόσταση του πλοίου από τους σταθμούς μίας αλυσίδας, τα λαμβανόμενα στον δέκτη LORAN σήματα είναι δυνατό να προέρχονται από κύμα εδάφους ή από ουράνιο κύμα. Στην περίπτωση που το σήμα ενός σταθμού λαμβάνεται στον δέκτη με κύμα εδάφους και με ουράνιο κύμα ο δέκτης επεξεργάζεται μόνο το κύμα εδάφους (βλ. § 4.3.1).

Για τον ακριβή προσδιορισμό του στίγματος LORAN πρέπει να χρησιμοποιούνται οι διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε κύμα εδάφους. Για τον λόγο αυτό ο ναυτιλόμενος *όταν χρησιμοποιεί ουράνια κύματα πρέπει* να επιφέρει ορισμένες διορθώσεις για την αναγωγή των μετρήσεων στα αντίστοιχα κύματα εδάφους που περιέχονται στους ειδικούς χάρτες και πίνακες LORAN (βλ. §4.6 και §4.7).

Όταν μετράται η διαφορά χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων δύο σταθμών LORAN πρέπει να γνωρίζουμε τις περιοχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους από τους δύο σταθμούς, κύματος εδάφους από τον ένα και ουρανίου κύματος από τον άλλο, ή ουρανίου κύματος και από τους δύο σταθμούς. Οι πληροφορίες αυτές περιέχονται τόσο στους χάρτες LORAN (βλ. §4.6), όσο και στα διαγράμματα που υπάρχουν στην αρχή των πινάκων LORAN που εκδίδονται από την χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας DMA (Defence Mapping Agency) των ΗΠΑ. Λεπτομερής περιγραφή των πινάκων αυτών γίνεται στη §4.7.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



Σχήμα 4.4.1 Εμβέλεια κυμάτων εδάφους και ουράνιων κυμάτων στους σταθμούς LORAN-C της Μεσογείου θαλάσσης.

[Από την έκδοση του DMA pub 221 LORAN-C Tables- Pair 7990-X]

Στο σχήμα 4.4.1 φαίνεται ένα διάγραμμα από τους πίνακες LORAN της Μεσογείου για το ζεύγος σταθμών **C** και **L** (**C** είναι ο κύριος σταθμός της αλυσίδας της Μεσογείου και **L** ο δευτερεύοντας Χ). Με το διάγραμμα αυτό προσδιορίζουμε τις περιοχές στις οποίες λαμβάνεται κύμα εδάφους από τους δύο σταθμούς, κύμα εδάφους από τον ένα και ουράνιο κύμα από τον άλλο ή ουράνιο κύμα και από τους δύο. Παρατηρούμε ότι στην περιοχή του Αιγαίου λαμβάνεται κύμα εδάφους και από τους δύο σταθμούς, ενώ στο στενό του Γιβραλτάρ λαμβάνεται κύμα εδάφους από τον δευτερεύοντα και ουράνιο κύμα από τον πρωτεύοντα κ.ο.κ.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV-3

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΑΣΕΩΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ LORAN-C

	ΚΥΡΙΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑΣ
GRI A	++−−+−+− +	+++++−−+
GRI B	+−−+++++ −	+−+−++−−

Σημείωση: (+) δείχνει μηδενική φάση φέροντος
(−) δείχνει φάση φέροντος 180°

4.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LORAN

Τα προσδιοριζόμενα με το σύστημα LORAN στίγματα περιέχουν ορισμένα σφάλματα τα οποία διακρίνονται σε συστηματικά (systematic errors) και σε τυχαία (random errors).

Συστηματικά είναι τα σφάλματα που δημιουργούνται σύμφωνα με ορισμένους φυσικούς ή μαθηματικούς νόμους με αποτέλεσμα να επιδρούν με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις μετρήσεις. Τα συστηματικά σφάλματα είναι δυνατό να απαλοιφθούν με την εφαρμογή των αντίστοιχων διορθώσεων. Τυχαία είναι τα σφάλματα για τα οποία δεν είναι δυνατό να υπολογισθεί διόρθωση επειδή η δημιουργία τους είναι τυχαία και δεν ακολουθεί κανένα κανόνα.

4.5.1 Συστηματικά (σταθερά) σφάλματα του συστήματος LORAN και τρόπος αντιστάθμισής τους.

Τα συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN εκφράζονται σαν διαφορές σε μικροδευτερόλεπτα μεταξύ των ενδείξεων του δέκτη και των διαφορών χρόνου που αναγράφονται στις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως των χαρτών LORAN.

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που υπάρχουν στους χάρτες LORAN αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες διαφορές χρόνου που υπολογίζονται με βάση μία μέση τιμή διαδόσεως των ραδιοκυμάτων επάνω από τη θάλασσα με κύμα εδάφους. Για τον λόγο αυτό τα συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στην διάδοση των ραδιοκυμάτων είναι τα εξής:

1. Σφάλματα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN με ουράνιο κύμα. Τα σφάλματα αυτά διορθώνονται με την εφαρμογή των αντίστοιχων για κάθε περιοχή διορθώσεων που έχουν προσδιοριστεί από σειρά ειδικών παρατηρήσεων και εμφανίζονται στους χάρτες και πίνακες LORAN (βλ. §4.6 και §4.7).

2. Σφάλμα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN αποκλειστικά επάνω από θαλάσσια περιοχή Secondary phase factor (SF). Επειδή η ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων στην ατμόσφαιρα δεν είναι σταθερή ενώ η ταχύτητα διαδόσεώς τους στο κενό είναι γνωστή, είναι πολύ εύκολο, για κάθε περιοχή, να προσδιορισθούν οι θεωρητικές τιμές των διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν στην ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων στο κενό. Όταν όμως τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN σήματα ακολουθούν διαδρομές που βρίσκονται αποκλειστικά επάνω από θαλάσσιες περιοχές δημιουργείται μία χρονική καθυστέρηση σε σχέση με την διάδοση στο κενό που αποτελεί την πιο γνωστή διόρθωση που λέγεται **Secondary Phase Factor (SF).** Η διόρθωση αυτή περιέχεται στις διαφορές χρόνου που εμφανίζονται σε όλους σχεδόν τους χάρτες και τους πίνακες LORAN.

3. **Σφάλμα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN επάνω από ξηρά Adittional Secondary Phase Factor (ASF).** Όταν τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN σήματα ακολουθούν διαδρομές που βρίσκονται εν μέρη επάνω από θάλασσα και εν μέρη επάνω από ξηρά δημιουργείται μία επιπρόσθετη χρονική καθυστέρηση που λέγεται **Adittional Secondary Phase Factor (ASF)** και αποτελεί μία επιπρόσθετη διόρθωση που δίνεται μόνο για ορισμένες περιοχές όπως η παράκτια ναυτιλιακή περιοχή των ΗΠΑ (Coastal Confluence Zone) (βλ. § 4.8.4).

Για όλα τα παραπάνω συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN υπολογίζονται διορθώσεις που παρέχονται έτοιμες στον ναυτιλόμενο, είτε αυτές είναι ενσωματωμένες στις τιμές των διαφορών χρόνου που εμφανίζονται στις υπερβολικές γραμμές θόεως των χαρτών LORAN (SF και ASF), είτε, δίνονται σαν αλγεβρικές διορθώσεις που πρέπει να επιφέρει ο ναυτιλόμενος στις ενδείξεις του δέκτη του (βλ. § 4.6 και § 4.7).

Ο ναυτιλόμενος μπορεί να προσδιορίσει και ο ίδιος μια συνολική διόρθωση για όλα τα συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN, άν συγκρίνει τις ενδείξεις που λαμβάνει σε μία γνωστή θέση του πλοίου του (π.χ. θέση παραβολής σε προβλήτα) με τις διαφορές χρόνου που υπάρχουν στον αντίστοιχο χάρτη. Η διαφορά των ενδείξεως παρέχει την συνολική διόρθωση όλων των συστηματικών σφαλμάτων η οποία στη συνέχεια εφαρμόζεται αλγεβρικά σε όλες τις επόμενες ενδείξεις του δέκτη στην περιοχή, ή (στις περιπτώσεις που υπάρχει τέτοια δυνατότητα) μπορεί να τοποθετηθεί στον δέκτη έτσι ώστε οι επόμενες ενδείξεις να είναι διορθωμένες (βλ. § 4.9).

Ο πρακτικός αυτός τρόπος αντισταθμίσεως των συστηματικών σφαλμάτων του συστήματος LORAN πρέπει να χρησιμοποιείται από τον ναυτιλόμενο σε κάθε ευκαιρία (π.χ. ταυτόχρονος ακριβής καθορισμός στίγματος με μεθόδους ακτοπλοΐας ή χρήση άλλων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων). Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει κατά προτίμηση το πλοίο να είναι ακίνητο και οι ενδείξεις του δέκτη σταθερές.

4.5.2 Τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN. Επηρεασμός του πιθανού μεγέθους τους από την ποιότητα της συσκευής του δέκτη.

Τα τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN οφείλονται σε αστάθμητους παράγοντες και για τον λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν αντίστοιχες διορθώσεις. Εν τούτοις οι σύγχρονοι δέκτες LORAN έχουν την δυνατότητα να προειδοποιούν τον ναυτιλόμενο για την ύπαρξή τους έτσι ώστε να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για να αποφύγει τις επιπτώσεις τους (βλ. § 4.9). Στις περιπτώσεις που ο ναυτιλόμενος αντιληφθεί την ύπαρξη τυχαίων σφαλμάτων στην μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ δύο σταθμών, δεν θα πρέπει να στηριχθεί στη μέτρηση αυτή, αλλά, εφ' όσον είναι δυνατό, να λάβει κάποια άλλη από διαφορετικούς σταθμούς, ή, εάν αυτό δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει άλλη μέθοδο προσδιορισμού στίγματος, (χρησιμοποίηση άλλου ραδιοναυτιλιακού βοηθήματος, αστρονομικών μεθόδων κ.λ.π).

4.6 ΧΑΡΤΕΣ LORAN ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ

Οι χάρτες LORAN που εκδίδονται από τις υδρογραφικές υπηρεσίες ορισμένων κρατών έχουν σχεδιασμένες τις υπερβολικές γραμμές θέσεως LORAN που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες διαφορές χρόνου για διάφορα ζεύγη κύριου - δευτερεύοντα σταθμού.

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν σε διαφορετικά ζεύγη κύριου - δευτερεύοντα σταθμού απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα για καλλίτερη διευκόλυνση του ναυτιλλόμενου. Η ομάδα των υπερβολικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχεί σε κάθε ζεύγος κυρίου - δευτερεύοντα σταθμού χαρακτηρίζεται με ένα τετραψήφιο αριθμό που δείχνει το GRI της αλυσίδας ακολουθούμενο με το γράμμα που χαρακτηρίζει τον αντίστοιχο δευτερεύοντα. Π.χ. η ένδειξη 7990-Χ σημαίνει ότι η υπερβολική γραμμή θέσεως ανήκει στο ζεύγος κύριου σταθμού - δευτερεύοντα Χ της αλυσίδας της Μεσογείου η οποία χαρακτηρίζεται από το GRI 7990.

Οι διαφορές χρόνου σε μικροδευτερόλπετα που υπάρχουν σε κάθε υπερβολική γραμμή θέσεως που εμφανίζεται στο χάρτη LORAN έχουν υπολογισθεί για διάδοση των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς LORAN με κύμα εδάφους. Εν τούτοις, για τις περιοχές που αναμένεται λήψη ουρανίου κύματος, οι χάρτες LORAN παρέχουν τις απαιτούμενες διορθώσεις για την αναγωγή των ενδείξεων του δέκτη σε ενδείξεις κυμάτων εδάφους. Οι διορθώσεις αυτές αναγράφονται συνήθως κοντά στις τομές των μεσημβρινών και παραλλήλων του χάρτη (σχήμα 4.6.1), ώς εξής:

7990 X + 24 D SG – 46 D
7990 X + 37 N SG – 68 N
7990 Y*

Η ένδειξη 7990 X + 25 D SG – 46 D σημαίνει τα εξής:

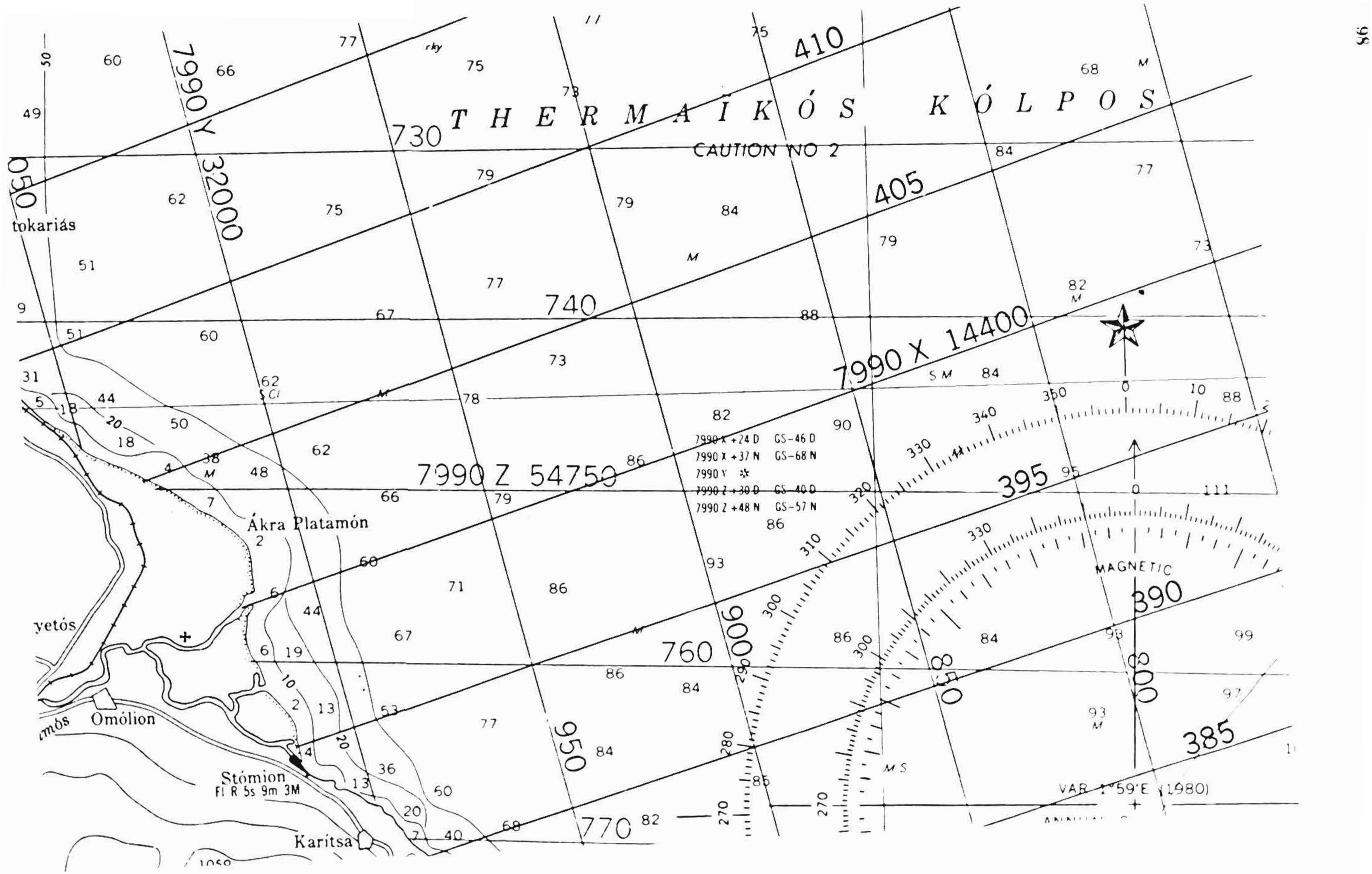
1) **7990 X :** η διόρθωση αφορά σήματα που λαμβάνονται από το ζεύγος κύριου σταθμού - δευτερεύοντα Χ της αλυσίδας 7990.

2) **+24** D : η διόρθωση είναι +24 μικροδευτερόλεπτα όταν λαμβάνονται ουράνια κύματα και από τους δύο σταθμούς κατά την διάρκεια της ημέρας.

3) **SG – 46 D :** η διόρθωση είναι-46 μικροδευτερόλεπτα, όταν, κατά την διάρκεια της ημέρας, λαμβάνεται ουράνιο κύμα από τον κύριο σταθμό (S για Sky Wave) και κύμα εδάφους από τον δευτερεύοντα Χ (G για Ground Wave).

Όπου υπάρχει αστερίσκος σημαίνει ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος σταθμός.

Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία, οι χάρτες LORAN σε ειδική σημείωση αναγράφουν άν οι διαφορές χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα που αναγράφονται στις υπερβολικές γραμμές θέσεως προέρχονται μόνο από υπολογισμούς ή έχουν διορθωθεί σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν ειδικά για τον σκοπό αυτό από υδρογραφικά πλοία. Η σημείωση αυτή ανάλογα με την περίπτωση έχει μία από τις επόμενες μορφές:



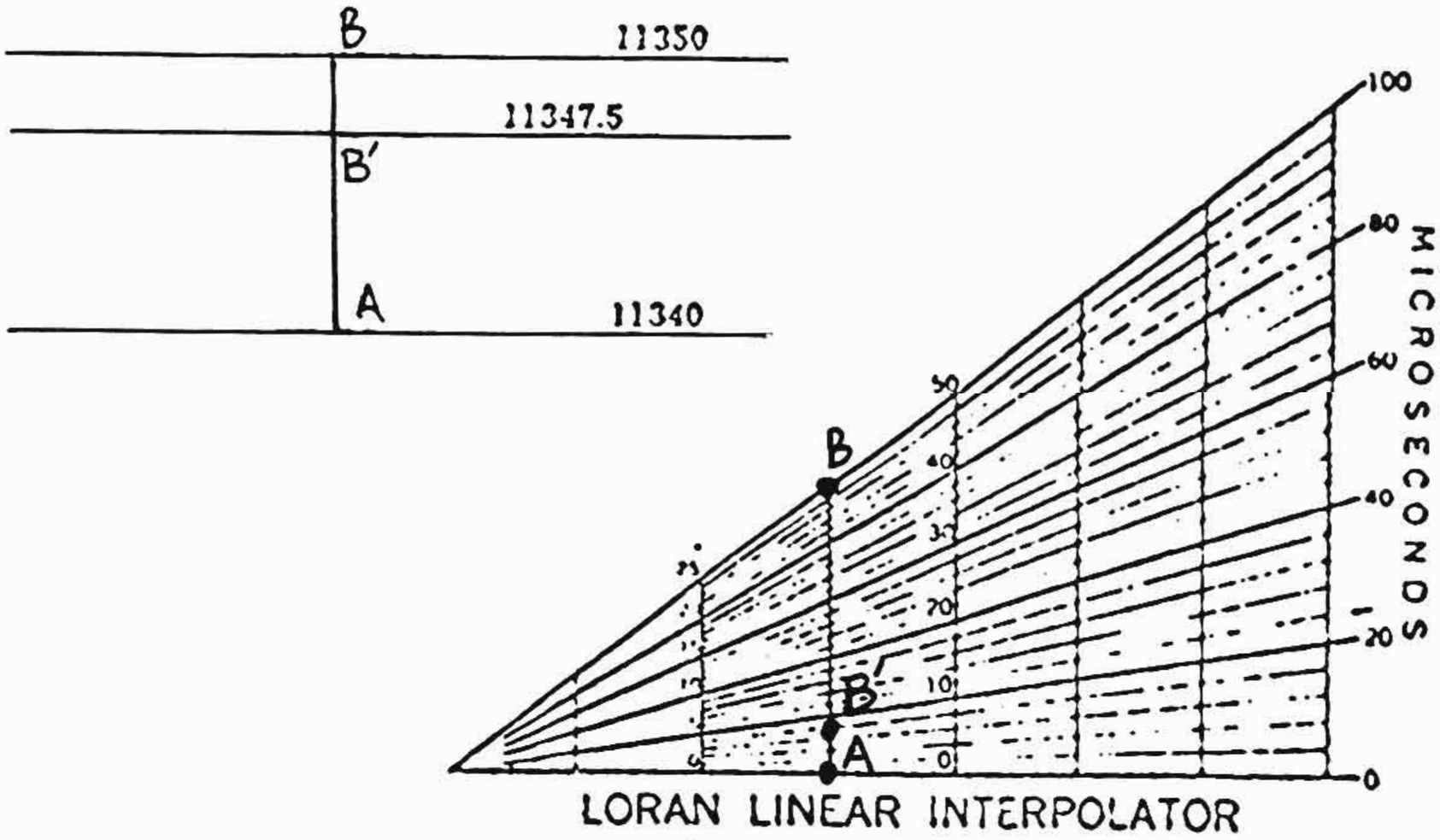
Σχήμα 4.6.1 Απόσπασμα χάρτη LORAN Αμερικάνικης Έκδοσης.

"The Loran-C lines of position overprinted on this chart have been prepared for use with ground-wave signals and are presently compensated only for theoretical propagation delays, which have not yet been verified by onserved data. Mariners are cautioned not to rely entirely on the lattices in inshore waters. Sky-wave corrections are not provided."

ή

"The Loran-C lines of position overprinted on this chart have been prepared for use with ground-wave signals and are compensated with propagation delays computed from observed data. Mariners are cautioned not to rely entirely on the lattices in inshore waters. Sky-wave corrections are not provided."

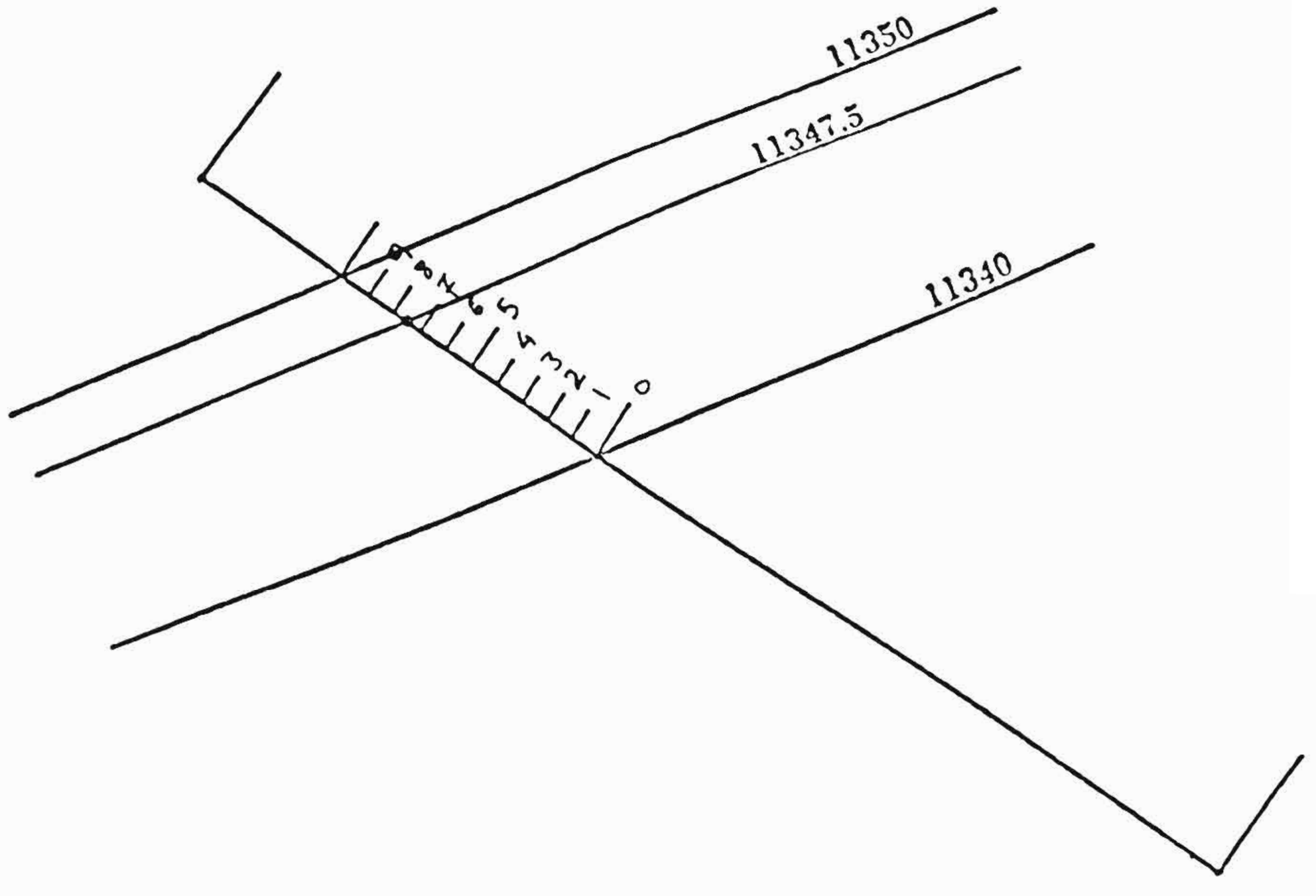
Η ακριβής υποτύπωση του στίγματος στο χάρτη LORAN - με τη βοήθεια των δύο διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν σε δύο ζεύγη σταθμών - γίνεται με τη βοήθεια του διαγράμματος γραφικής παρεμβολής (LORAN Interpolator) που υπάρχει σε κάθε χάρτη LORAN. Το διάγραμμα αυτό (σχήμα 4.6.2) έχει δύο κάθετους άξονες από τους οποίους ο ένας (κατακόρυφος) έχει υποδιαιρέσεις σε 100 μικροδευτερόλεπτα.



Σχήμα 4.6.2 Χάραξη γραμμής θέσεως LORAN με τη βοήθεια του διαγράμματος γραφικής παρεμβολής (LORAN Interpolator).

Έστω ότι θέλουμε να υποτυπώσουμε τη γραμμή θέσεως LORAN που αντιστοιχεί σε διαφορά χρόνου 11347,5 μικροδευτερολέπτων όταν στο χάρτη είναι σχεδιασμένες οι υπερβολές των 11340 και 11350 μικροδευτερολέπτων. Με τη βοήθεια ενός διαβήτη μετράμε την απόσταση μεταξύ των υπερβολών 11340 και 11350 επάνω στο χάρτη. Στη συνέχεια διατηρώντας το άνοιγμα του διαβήτη σταθερό το τοποθετούμε σε τέτοια θέση επάνω στο διάγραμμα ώστε το ένα του άκρο **A** να βρίσκεται στην κάτω οριζόντια γραμμή και το άλλο του άκρο **B** στη ψηλότερη κεκλιμένη γραμμή έτσι ώστε το τμήμα **AB** να είναι κάθετο στον κάτω (οριζόντιο) άξονα. Διατηρώντας το άκρο **A** του διαβήτη στη θέση του φέρουμε το άκρο **B** στη θέση **B΄** που αντιστοιχεί στην υποδιαίρεση 7,5. Η απόσταση **AB΄** δείχνει πόσο απέχει η γραμμή θέσεως 11347,5 από τη γραμμή 11340, και επομένως η γραμμή θέσεως 11347,5 χαράσσεται παράλληλη προς την 11340 και σε απόσταση **AB΄** από αυτή.

Με τον ίδιο τρόπο χαράσσεται και η γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στην δεύτερη διαφορά χρόνου, και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή των γραμμών θέσεως που χαράχθηκαν.



Σχήμα 4.6.3 Χάραξη γραμμής θέσεως LORAN με τη βοήθεια απλού κλιμακόμετρου

Η χάραξη μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως μεταξύ δύο γραμμών θέσεως του χάρτη μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια ενός απλού κλιμακόμετρου (κανόνα) που έχει 10 ίσες υποδιαιρέσεις οποιασδήποτε κλίμακας, αρκεί το ολικό του μήκος να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από την απόσταση των δύο διαδοχικών γραμμών θέσεως του χάρτη. Ένας τέτοιος κανόνας μπορεί να κατασκευαστεί εύκολα από τον ναυτιλλόμενο σε ένα απλό φύλλο χαρτί. Άν εξετάσουμε το προηγούμενο παράδειγμα της χαράξεως της υπερβολικής γραμμής 11347,5 εργαζόμαστε ως εξής (σχήμα 4.6.3):

Τοποθετούμε τον κανόνα σε τέτοια θέση (κλίση) ώστε τα άκρα των υποδιαιρέσεών του να βρίσκονται επάνω στις γραμμές 11340 και 11350 του χάρτη με την μηδενική υποδιαίρεση επάνω στη γραμμή 11340.

Προσδιορίζουμε το σημείο του κανόνα που έχει υποδιαίρεση 7,5 και το σημειώνουμε με μία τελεία.

Από το παραπάνω σημείο χαράσσουμε μία ευθεία παράλληλη προς τις γραμμές 11340 και 11350, που αποτελεί την γραμμή θέσεως των 11347,5 μικροδευτερολέπτων.

4.7 ΠΙΝΑΚΕΣ LORAN

4.7.1 Γενική περιγραφή των πινάκων.

Ο προσδιορισμός του στίγματος LORAN από τον ναυτιλλόμενο είναι δυνατό να γίνει και με την βοήθεια των πινάκων LORAN που εκδίδονται από την χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας (Defence Mapping Agency - DMA) των ΗΠΑ. Οι πίνακες LORAN χρησιμοποιούνται όταν δεν έχουμε στην διαθεσή μας τους ειδικούς χάρτες LORAN ή όταν επιδιώκουμε μεγαλύτερη ακρίβεια.

Για κάθε ζεύγος σταθμών κάθε μίας αλυσίδας LORAN εκδίδεται ένας ξεχωριστός πίνακας (σχήμα 4.7.1), με την βοήθεια του οποίου μπορούμε:

α. Να προσδιορίσουμε την διόρθωση που πρέπει να επιφέρουμε στη διαφορά χρόνου που μετράει ο δέκτης μας για να την μετατρέψουμε σε διαφορά χρόνου που αντιστοιχεί σε διάδοση των σημάτων με κύμα εδάφους (όταν στον δέκτη μας λαμβάνεται σήμα που προέρχεται μόνο από ουράνιο κύμα).

β. Να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες (φ,λ) δύο σημείων που ορίζουν ένα ευθύγραμμο τμήμα που προσεγγίζει την υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στην μετρηθείσα διαφορά χρόνου. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να χαράξουμε γραμμές θέσεως LORAN επάνω σε κοινό ναυτικό χάρτη ή σε φύλλο υποτυπώσεως.

Κάθε πίνακας LORAN, που αναφέρεται σε ένα ζεύγος κυρίου - δευτερεύοντα σταθμού μιας αλυσίδας χαρακτηρίζεται από τον αριθμό 221 και τα στοιχεία που προσδιορίζουν το ζεύγος· π.χ. ο πίνακας του ζεύγους κυρίου - δευτερεύοντα Χ της αλυσίδας 7990 της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ώς Pub 221 Pair 7990 - X (σχήμα 4.7.1).

Pub. 221(1003)

PAIR 7990-X

LORAN-C TABLE

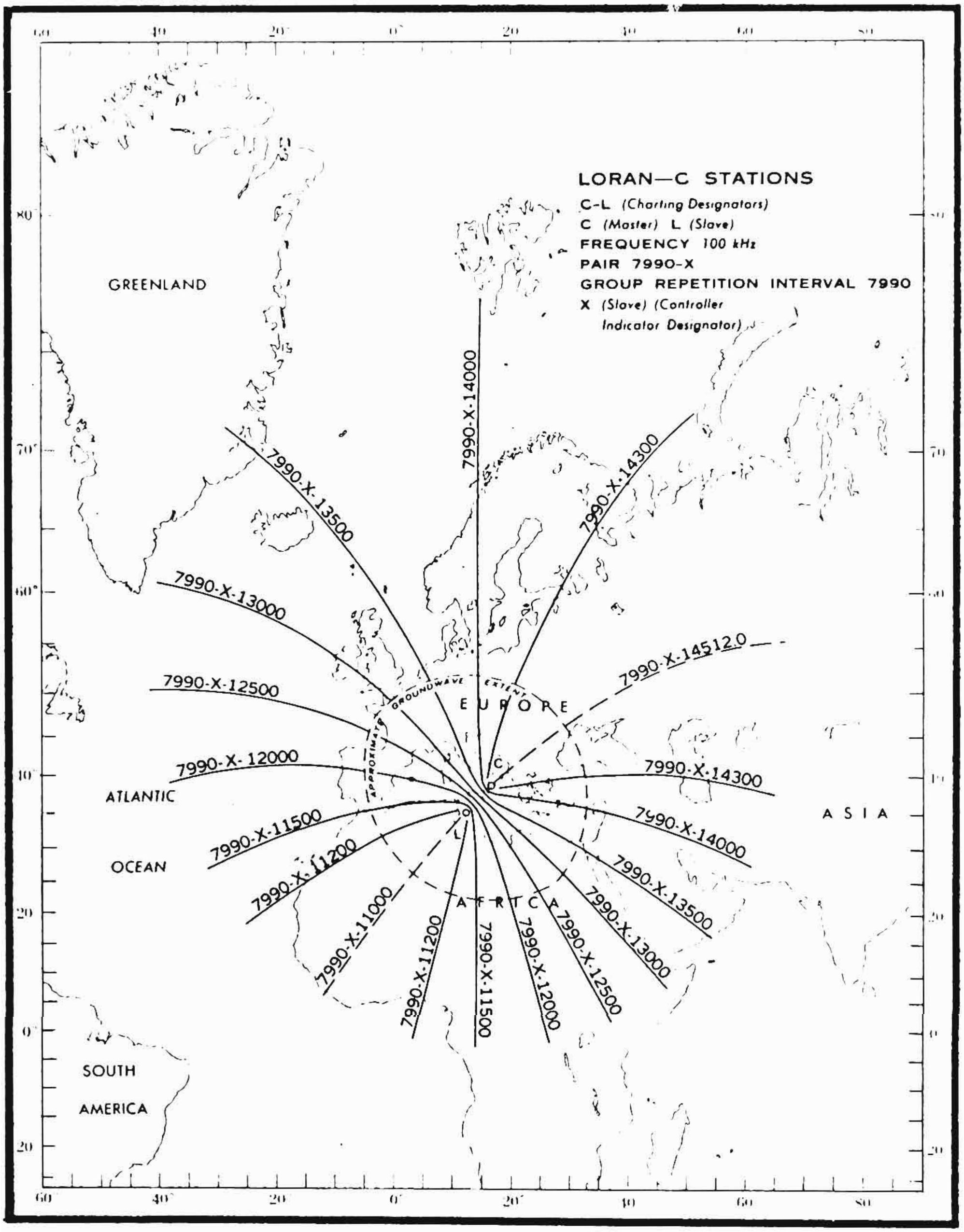
MEDITERRANEAN SEA

Prepared and published by the
DEFENSE MAPPING AGENCY HYDROGRAPHIC/TOPOGRAPHIC CENTER
Washington, D.C. 20315
1972
(Reprinted 1980)

For sale by authorized Sales Agents of the Defense Mapping Agency Office of Distribution Services
DMA STOCK NO. LCPUB2211003

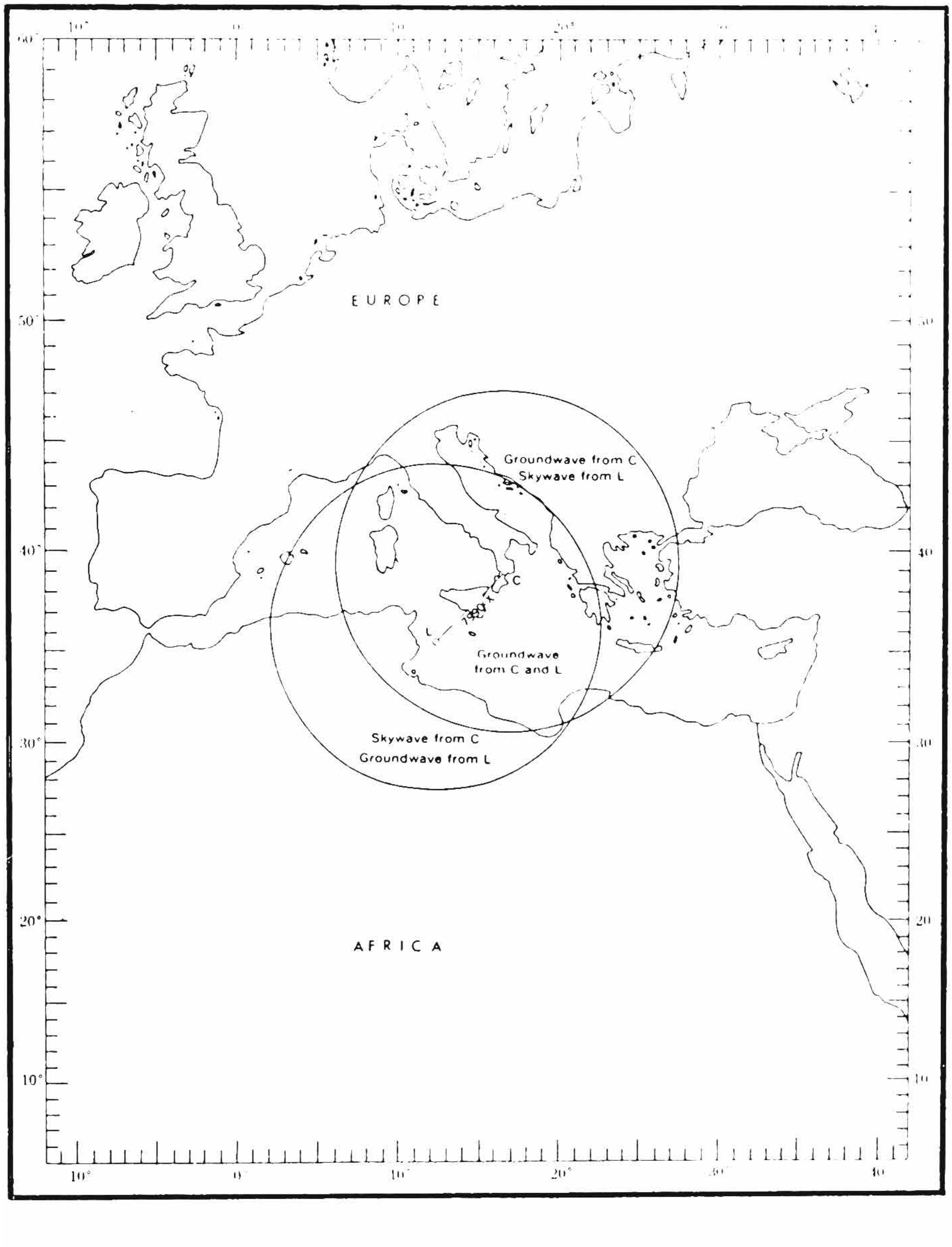
Σχήμα 4.7.1 Εξώφυλλο πινάκων LORAN - C του ζεύγους κυρίου - δευτερεύοντα X της αλυσίδας της Μεσογείου (GRI 7990).

[Από την Έκδοση του DMA: Pub 221 Loran-C Tables-Pair 7990 - X]



Σχήμα 4.7.2 Περιοχές για τις οποίες δίνονται πινακοποιημένες συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως του ζεύγους κύριου - δευτερεύοντα X της αλυσίδας της Μεσογείου.

[Από την Έκδοση του DMA: Pub 221 Loran-C Tables-Pair 7990 - X]



Σχήμα 4.7.3 Περιοχές για τις οποίες δίνονται διορθώσεις ουρανίων πινάκων για τις εκπομπές κυρίου και δευτερεύοντα Χ της αλυσίδας της Μεσογείου.

[Από την Έκδοση του DMA Pub 221 Loran-C Tables-Pair 7990 - X]

Οι πίνακες LORAN παρέχουν τις συντεταγμένες σημείων των υπερβολικών γραμμών θέσεως του αντίστοιχου ζεύγους σταθμών που απέχουν 10μsec (πίνακας 4.3 και 4.4). Τα σημεία των υπερβολών αυτών δίνονται ανά μία μοίρα πλάτους ή μήκους εκτός από περιοχές κοντά στους σταθμούς εκπομπής, όπου λόγω της μεγάλης καμπυλότητας των υπερβολικών γραμμών θέσεως δίνονται και ανά 30΄ ή 15΄ πλάτους ή μήκους.

Στους πίνακες εισερχόμαστε με τη διαφορά χρόνου που αντιστοιχεί σε διάδοση κυμάτων εδάφους και το πλάτος ή μήκος του στίγματος αναμετρήσεως.

Άν η υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στην μετρηθείσα διαφορά χρόνου έχει περίπου διεύθυνση "βορράς - νότος" τότε εισερχόμαστε με τις πινακοποιημένες τιμές του πλάτους που περικλείουν το πλάτος αναμετρήσεως και προσδιορίζουμε το μήκος που αντιστοιχεί στις τομές της υπερβολικής γραμμής θέσεως και των παραλλήλων που αντιστοιχούν στα πλάτη εισόδου (πίνακας 4.4).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ LORAN - C ΓΙΑ ΤΟ ΖΕΥΓΟΥΣ ΚΥΡΙΟΥ-ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ Χ ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ 7930

(ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΘΕΣΕΩΣ)

(Στοιχείο εισόδου: πλάτος)

328 GF

7930-X

T	33100		33120		33140		33160		33180		T
Lat											Long
° ′	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′
34 N	54 29.0W	56	54 40.5W	57	54 51.9W	57	55 03.5W	58	55 15.1W	58	
35 N	54 01.1W	55	54 12.3W	56	54 23.6W	56	54 35.0W	57	54 46.5W	57	
36 N	53 32.6W	54	53 43.5W	55	53 54.7W	55	54 05.8W	56	54 17.2W	56	
37 N	53 03.4W	53	53 14.1W	54	53 25.1W	54	53 36.0W	55	53 47.2W	55	
38 N	52 33.4W	52	52 44.1W	53	52 54.8W	53	53 05.6W	54	53 16.5W	54	
39 N	52 02.9W	51	52 13.3W	52	52 23.8W	52	52 34.3W	53	52 45.0W	53	
40 N	51 31.5W	50	51 41.7W	51	51 52.0W	51	52 02.4W	51	52 12.8W	52	
41 N	50 59.5W	49	51 09.4W	49	51 19.5W	50	51 29.5W	50	51 39.8W	51	
42 N	50 26.5W	48	50 36.3W	48	50 46.0W	49	50 56.0W	49	51 05.9W	50	
43 N	49 52.8W	47	50 02.3W	47	50 11.8W	47	50 21.5W	48	50 31.2W	48	
44 N	49 18.3W	45	49 27.5W	46	49 36.7W	46	49 46.1W	47	49 55.6W	47	
45 N	48 42.9W	44	48 51.8W	44	49 00.8W	45	49 09.9W	45	49 19.1W	46	
46 N	48 06.6W	43	48 15.2W	43	48 23.9W	43	48 32.8W	44	48 41.6W	44	
47 N	47 29.5W	41	47 37.8W	41	47 46.2W	42	47 54.7W	42	48 03.3W	42	
48 N	46 51.5W	39	46 59.5W	40	47 07.7W	40	47 15.8W	40	47 24.1W	41	
49 N	46 12.9W	38	46 20.5W	38	46 28.3W	38	46 36.1W	39	46 44.0W	39	
50 N	45 33.6W	36	45 40.9W	36	45 48.3W	37	45 55.7W	37	46 03.3W	37	
51 N	44 53.8W	34	45 00.8W	34	45 07.7W	35	45 14.8W	35	45 21.9W	35	
52 N	44 13.9W	32	44 20.5W	32	44 27.0W	33	44 33.7W	33	44 40.4W	33	
53 N	43 34.2W	30	43 40.4W	30	43 46.5W	30	43 52.8W	31	43 59.0W	31	

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ LORAN-C ΓΙΑ ΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΚΥΡΙΟΥ - ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ Z ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ 7930 (ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΘΕΣΕΩΣ)
(Στοιχείο εισόδου: μήκος)

7930 Z GR 97

T	45700		45720		45740		45760		45780		T
Lat											Long
° ′	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′	Δ	° ′
	45 57.7N	16	47 01.0N	16	47 04.3N	15	47 07.6N	15	47 10.8N	16	44 W
	47 36.2N	14	47 39.2N	14	47 42.1N	14	47 45.0N	14	47 47.8N	14	45 W
	48 10.9N	13	48 13.6N	13	48 16.2N	12	48 18.7N	12	48 21.3N	12	46 W
	48 41.8N	11	48 44.2N	11	48 46.5N	11	48 48.8N	11	48 51.1N	11	47 W
	49 08.9N	10	49 11.0N	10	49 13.1N	10	49 15.2N	10	49 17.2N	10	48 W
	49 32.1N	9	49 34.0N	9	49 36.0N	9	49 37.9N	9	49 39.8N	9	49 W
	49 37.3N	9	49 39.2N	9	49 41.1N	9	49 43.0N	9	49 44.9N	9	49 15W
	49 42.3N	9	49 44.2N	9	49 46.0N	9	49 47.9N	9	49 49.8N	9	49 30W
	49 47.0N	9	49 48.9N	9	49 50.8N	9	49 52.6N	8	49 54.4N	9	49 45W
	49 51.6N	8	49 53.4N	9	49 55.2N	9	49 57.1N	9	49 58.8N	8	50 W
	49 56.0N	8	49 57.7N	8	49 59.4N	8	50 01.3N	9	50 03.1N	8	50 15W
	50 00.0N	8	50 01.7N	8	50 03.5N	8	50 05.3N	8	50 07.0N	8	50 30W
	50 03.9N	8	50 05.6N	8	50 07.4N	8	50 09.1N	8	50 10.9N	8	50 45W
	50 07.6N	8	50 09.3N	8	50 11.0N	8	50 12.7N	8	50 14.5N	8	51 W
	50 11.0N	8	50 12.7N	8	50 14.4N	8	50 16.1N	8	50 17.9N	8	51 15W
	50 14.3N	8	50 15.9N	8	50 17.7N	8	50 19.4N	8	50 21.1N	8	51 30W
	50 17.4N	8	50 19.0N	8	50 20.7N	8	50 22.4N	8	50 24.1N	8	51 45W
	50 20.2N	8	50 21.9N	8	50 23.6N	8	50 25.2N	8	50 26.9N	8	52 W
	50 22.8N	8	50 24.5N	8	50 26.2N	8	50 27.9N	8	50 29.5N	8	52 15W
	50 25.3N	8	50 27.0N	8	50 28.7N	8	50 30.4N	8	50 32.0N	8	52 30W

Άν η υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στην μετρηθείσα διαφορά χρόνου έχει περίπου διεύθυνση "απηλιώτης - ζέφυρος" τότε εισερχόμαστε με τις πινακοποιημένες τιμές του μήκους που περικλείουν το μήκος αναμετρήσεως και προσδιορίζουμε το πλάτος που αντιστοιχεί στις τομές της υπερβολικής γραμμής θέσεως και των μεσημβρινών που αντιστοιχούν στα μήκη εισόδου (πίνακας 4.5).

Οι συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως που παρέχουν οι πίνακες αναφέρονται σε διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε διάδοση κυμάτων εδάφους. Άν στον δέκτη μετρήθηκαν διαφορές χρόνου που προέρχονται από διάδοση σήματος LORAN με ουράνιο κύμα, πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις για την αναγωγή των μετρήσεων σε κύματα εδάφους. Οι διορθώσεις αυτές παρέχονται στην αρχή των πινάκων LORAN κάθε ζεύγους (βλ. πίνακες 4.6 και 4.7)

Στους πίνακες LORAN σε κάθε στήλη που αντιστοιχεί σε μία διαφορά χρόνου δίνεται και μία διαφορά **Δ** που παρέχει την μεταβολή του πλάτους ή μήκους σε εκατοστά του πρώτου λεπτού που αντιστοιχεί σε μεταβολή της πινακοποιημένης διαφοράς χρόνου κατά 1 μsec.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ LORAN-C (ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΔΟΣΗ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ)

SKYWAVE CORRECTION

7930-X — GF

NIGHTTIME (h = 91 km.)

Longitude—59° W to 45° W

LATITUDE NORTH	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45
89															
88															
87															
86															
85															
84															
83									0.0	0.0	0.0				
82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
81	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
80	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
			ADD					ADD					ADD		
79	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
78	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
77	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8
76	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3
75	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9
74	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	2.7
73	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	3.9
72	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.5	5.4
71	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.7	7.6	7.5
70	7.8	8.1	8.5	8.8	9.2	9.5	9.8	10	10	10	10	10	10	10	10
			ADD					ADD					ADD		
69	9.7	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	14
68	12	13	14	14	15	16	17	17	18	18	19	19	19	19	19
67	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	26	26
66	17	19	20	22	24	26	27	29	31	32	33	34	35	35	35
65	20	22	25	27	30	32	35	38	40	43	45	47	48	49	49
64	23	26	29	32	36	40	44	48	53	57	61	65			
63	26	29	33	38	42	48	54	61							
62	28	32	36	42	48	56	64				DO NOT USE				
61	29	33	38	45	52	61					SKYWAVES				
60	29	33	38	45	52	62					IN THIS AREA				
			ADD												
59	27	31	36	42	50	58									
58	25	29	33	38	44	52	60								
57	22	25	29	33	38	44	50	57	65						
56	19	22	25	28	32	36	40	45	50	56	61	65			
55	16	18	21	23	26	29	32	35	39	42	45	48	50	51	51
54	13	15	17	19	21	23	25	27	30	32	34	35	37	37	37
53	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24	26	27	27	28	28
52	9.0	10	11	12	13	14	15	17	18	19	19	20	21	21	21
51	7.3	8.0	8.8	9.6	10	11	12	13	14	14	15	15	16	16	16
50	5.8	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4	10	11	11	11	12	12	12	12
			ADD					ADD					ADD		
49	4.6	5.0	5.5	5.9	6.4	6.8	7.3	7.7	8.1	8.4	8.7	9.0	9.1	9.2	9.3
48	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.7	6.9	7.0	7.0	7.1
47	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4
46	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1
45	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1
44	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
43	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7
42	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
41	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
40	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
			ADD					ADD					ADD		
39	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
38				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
37											0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
36															
35															
34															
33															
32															
31															
30															

Longitude—59° W to 45° W

NIGHTTIME

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ LORAN-C (ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΔΟΣΗ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ)

GROUNDWAVE TO SKYWAVE CORRECTION

7930 Z — CR

NIGHTTIME (h = 91 km.)

Groundwave from Slave (R) to First hop Skywave from Master (G)

Longitude—59° W to 45° W

LATITUDE NORTH	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45
69															
68															
67															
66															
65															
64															
63															
62															
61															
60															
59															
58															
57															
56															
55															
			ADD												
54	68	69	71	73											
53	65	66	68	69	71	72									
52	63	64	65	66	67	68	70	71	72	73					
51	61	62	63	64	65	65	66	67	68	68	69	69	70	70	70
50	60	60	61	62	62	63	63	64	65	65	66	66	66	66	66
					ADD						ADD				
49	59	59	60	60	60	61	61	62	62	63	63	63	63	63	63
48	58	58	58	59	59	59	60	60	60	61	61	61	61	61	61
47	57	57	57	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59	59
46	56	56	57	57	57	57	57	58	58	58	58	58	58	58	58
45	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57
			ADD					ADD						ADD	
44	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
43	55	55	55	55	55	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56
42	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
41	54	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
40	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55	55		
					ADD										
39			54	54	54	54	54	54	54	54					
38															
37															
36															
35															
34															
33															
32															
31															
30															

59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45

Longitude—59° W to 45° W

Groundwave from Slave (R) to First-hop Skywave from Master (G)

NIGHTTIME

Οι πινακοποιημένες ανά 10 μsec διαφορές χρόνου των πινάκων LORAN συμβολίζονται με το γράμμα **T**. Διαφορές χρόνου που μετρήθηκαν στον δέκτη και αντιστοιχούν σε διάδοση κυμάτων εδάφους συμβολίζονται με το γράμμα $\mathbf{T_G}$ ενώ διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε διάδοση των σημάτων κυρίου - δευτερεύοντα με ουράνιο κύμα συμβολίζονται με το γράμμα $\mathbf{T_S}$. Άν η μετρηθείσα διαφορά χρόνου αντιστοιχεί σε διάδοση του σήματος του κυρίου σταθμού με ουράνιο κύμα και του σήματος του δευτερεύοντα με κύμα εδάφους συμβολίζεται με το γράμμα $\mathbf{T_{SG}}$. Τέλος άν η μετρηθείσα διαφορά χρόνου αντιστοιχεί σε διάδοση του σήματος του κυρίου σταθμού με κύμα εδάφους και του σήματος του δευτερεύοντα με ουράνιο κύμα, συμβολίζεται με το γράμμα $\mathbf{T_{GS}}$.

Τις περισσότερες φορές για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των υπερβολικών γραμμών θέσεως πρέπει να γίνει παρεμβολή στα στοιχεία των πινάκων. Η παρεμβολή γίνεται με διόρθωση των συντεταγμένων που δίνουν οι πίνακες με το γινόμενο $\mathbf{(T_G - T) \cdot \Delta}$.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα πρόσημα των όρων $\mathbf{(T_G - T)}$ και **Δ**. Ο όρος $\mathbf{T_G - T}$ προκύπτει από την αλγεβρική διαφορά της διαφοράς χρόνου των πινάκων **T** από την διαφορά χρόνου που μετρήθηκε στο δέκτη $\mathbf{T_G}$ (αφού διορθώθηκε για τυχόν διάδοση με ουράνιο κύμα).

Στους πίνακες LORAN, εκτός από τα πινακοποιημένα στοιχεία για τις συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως και τις διορθώσεις για την διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα, υπάρχουν και ορισμένοι μικροί χάρτες που δείχνουν:

α. Τις περιοχές που καλύπτει το ζεύγος κυρίου - δευτερεύοντα σταθμού (σχήμα 4.7.2).

β. Την εμβέλεια του κύματος εδάφους και του ουρανίου κύματος κάθε σταθμού (σχήμα 4.4.1).

γ. Τα όρια των περιοχών για τις οποίες δίνονται διορθώσεις ουρανίων κυμάτων (σχήμα 4.7.3).

4.7.2 Παράδειγμα χρησιμοποιήσεως πινάκων LORAN

Στις 21.30 ένα πλοίο βρίσκεται σε στίγμα αναμετρήσεως φ: 48° 35΄N λ: 46° 45΄W και έλαβε τις ακόλουθες διαφορές χρόνου από τα ζεύγη κυρίου - δευτερεύοντα X και κυρίου δευτερεύοντα Z της αλυσίδας 7930.

2130 7930 – X : T_S 33114,3
2130 7930 – Z : T_{GS} 45632,2

Ζητείται να προσδιορισθεί το στίγμα κατά την ώρα 2130.

Επειδή οι μετρηθείσες στον δέκτη διαφορές χρόνου $\mathbf{T_S}$ και $\mathbf{T_{GS}}$ αναφέρονται σε διάδοση ουρανίων κυμάτων, πρέπει να αναχθούν σε διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε κύματα εδάφους $\mathbf{(T_G)}$.

Για την διόρθωση της διαφοράς χρόνου T_s χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων SKYWAVE CORRECTION που βρίσκεται πριν από τις πινακοποιημένες διαφορές χρόνου των πινάκων LORAN. Οι πίνακες αυτοί δίνουν ξεχωριστές διορθώσεις για την ημέρα (ύψος ιονόσφαιρας 73km) και για την νύκτα (ύψος ιονόσφαιρας 91km). Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιούμε τον πίνακα της νύκτας (επειδή οι διαφορές χρόνου μετρήθηκαν στις 2130)· Στον πίνακα αυτό (πίνακας 4 6) εισερχόμαστε με το μήκος και πλάτος του στίγματος αναμετρήσεως και βρίσκουμε διόρθωση + 8.1μsec.

Για την διόρθωση της διαφοράς χρόνου T_{GS} (ένα σήμα από κύμα εδάφους και ένα από ουράνιο κύμα) χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων GROUNDWAVE TO SKYWAVE CORRECTION που βρίσκονται στην αρχή κάθε τόμου πινάκων LORAN, πριν από τους πίνακες SKYWAVE CORRECTION. Οι πίνακες αυτοί δίνουν ξεχωριστές διορθώσεις για την ημέρα (ύψος ιονόσφαιρας 73km) και για την νύκτα (ύψος ιονόσφαιρας 91km). Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιούμε τον πίνακα της νύκτας (πίνακας 4.7) και βρίσκουμε διόρθωση + 62μsec.

Με τις παραπάνω διορθώσεις μετατρέπουμε τις μετρηθείσες διαφορές χρόνου T_s και T_{GS} στις αντίστοιχες για κύματα εδάφους τιμές **T.** Με τις τιμές αυτές (33122,4 και 45694,2 μsec) εισερχόμαστε στο κύριο μέρος των πινάκων με την πλησιέστερη πινακοποιημένη διαφορά χρόνου **T** για τα πλάτη ή μήκη που περικλείουν το στίγμα αναμετρήσεως (πίνακες 4.4 και 4.5) .

Από τους πίνακες αυτούς κάνοντας τις απαραίτητες παρεμβολές για κάθε μια διαφορά χρόνου βρίσκομε τις συντεταγμένες δύο σημείων που προσδιορίζουν τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως από την τομή των οποίων προκύπτει το στίγμα μας.

Για το παράδειγμα μας βρίσκομε ότι :

α. Η 1η γραμμή θέσεως ορίζεται από τα σημεία:

Α φ: 48° 00΄ N λ: 47° 00,5΄ W
Β φ: 49° 00΄ N λ: 46° 21,4΄ W

β. Η 2η γραμμή θέσεως ορίζεται από τα σημεία:

Γ φ: 48° 10,1΄ N λ: 46° 00΄ W
Δ φ: 48° 41,2΄ N λ :47° 00΄ W

γ. Το στίγμα του πλοίου (βλ. σχ. 4.7.4) είναι:

φ: 48° 31,3΄ N
λ: 46° 40,2΄ W

Οι υπολογισμοί που γίνονται για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων είναι οι εξής :

Ζεύγος 7930-X Πίνακας 4.6

Ts	33114.3
Διόρθωση	+8.1
TG	33122.4

Ζεύγος 7930-X Πίνακας 4.4

T	33120
TG	33122.4
TG−T	+2.4

Πλάτος εισόδου	Πινακοποιημένο Δ μήκος		Διαφορά μήκους (TG−T) × (Δ)	Μήκος που υπολογίσθηκε
48°N	46°59.5′W	+40	(+2.4) × (+.40) = +1.0′	47°00.5′W
49°N	46°20.5′W	+38	(+2.4) × (+.38) = +0.9′	46°21.4′W

Ζεύγος 7930-Z Πίνακας 4.7

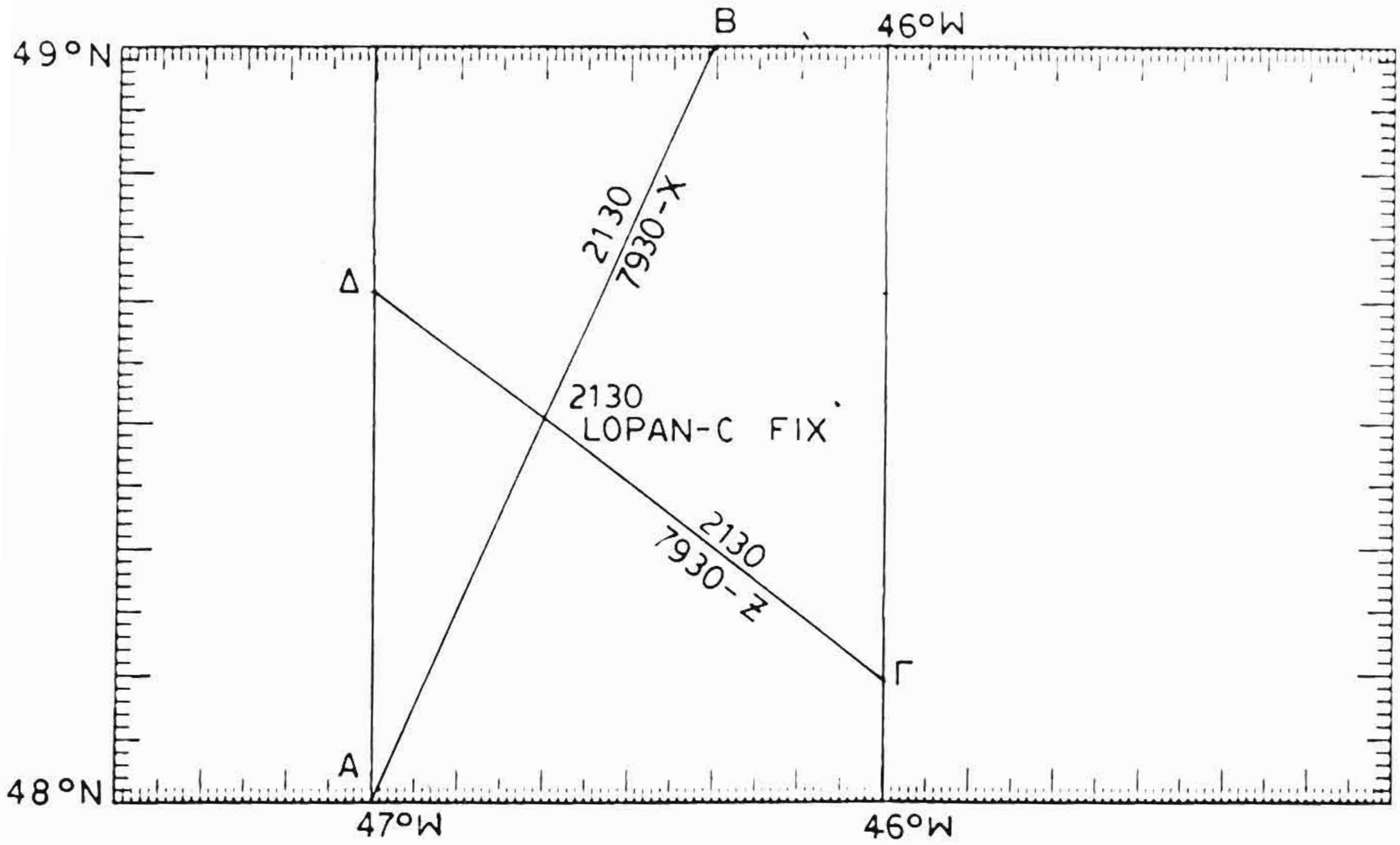
TSG	45632.2
Διόρθωση	+62
TG	45694.2

Ζεύγος 7930-Z Πίνακας 4.5

T	45700
TG	45694.2
TG−T	−5.8

Μήκος εισόδου	Πινακοποιημένο Δ πλάτος		Διαφορά πλάτους (TG−T) × (Δ)	Πλάτος που υπολογίσθηκε
46°W	48°10.9′N	+13	(−5.8) × (+.13) = −0.8′	48°10.1′N
47°W	48°41.8′N	+11	(−5.8) × (+.11) = −0.6′	48°41.2′N

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1958



Σχήμα 4.7.4 Υποτύπωση γραμμών θέσεως και προσδιορισμός στίγματος LORAN

4.8 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LORAN

4.8.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του συστήματος LORAN.

Η Ακρίβεια του στίγματος LORAN εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Η γεωμετρία του στίγματος (βλ. κεφ. 3)
- Το μέσο διαδόσεως των εκπομπών: διάδοση επάνω από ξηρά, επάνω από θάλασσα κλπ. (βλ. § 4.3.1, 4.4, 4.5.1, 4.6, 4.7)
- Η κατάσταση των σταθμών εκπομπής (βλ. § 4.2.2 & 4.9.3)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη (βλ. § 4.9).
- Η ικανότητα και εμπειρία του χειριστή (βλ. § 4.9).

Η τελική ακρίβεια του στίγματος LORAN είναι το αποτέλεσμα της επιδράσεως όλων των παραπάνω παραγόντων.

4.8.2 Απόλυτη και σχετική ακρίβεια.

Η απόλυτη ακρίβεια (absolute accuracy) ενός ηλεκτρονικού συστήματος καθορισμού στίγματος, είναι ένα μέτρο της ικανότητας προσδιορισμού των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ,λ) του στίγματος.

Η σχετική ή επαναληπτική ακρίβεια (repeatable accuracy) ή και επαναληπτικότητα (repeatability) ενός ηλεκτρονικού συστήματος καθορισμού στίγματος προσδιορίζει την δυνατότητα που δίνει το σύστημα να επιστρέψουμε σε ένα προηγούμενο στίγμα, χρησιμοποιόντας τις μετρήσεις του συστήματος (που στην περίπτωση του LORAN-C είναι οι μετρηθείσες διαφορές χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα).

Ενδεικτικές τιμές της επαναληπτικής ακρίβειας του συστήματος LORAN για στίγμα που προκύπτει από λήψη κυμάτων εδάφους, ανάλογα με την απόσταση του σκάφους από τον κύριο σταθμό της αλυσίδας είναι:

απόσταση 200 ν. μιλίων	ακρίβεια 15-90m
απόσταση 500 ν. μιλίων	ακρίβεια 60-210m
απόσταση 750 ν. μιλίων	ακρίβεια 90-340m
απόσταση 1000 ν. μιλίων	ακρίβεια 150-500m

Στην περίπτωση που το στίγμα LORAN προκύπτει από λήψη ουρανίων κυμάτων η επιτυγχανόμενη ακρίβεια είναι πολύ χαμηλότερη.

4.8.3 Εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος με χρήση του κατάλληλου διαγράμματος ακρίβειας. Επιλογή των καταλληλότερων σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3 μεγαλύτερη ακρίβεια στίγματος επιτυγχάνεται όταν οι οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του :

α. Τέμνονται με γωνία που πλησιάζει τις 90° .
β. Απέχουν μεταξύ τους την μικρότερη απόσταση.

Ένας πρακτικός κανόνας για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών προβλέπει, ότι το πλοίο πρέπει να βρίσκεται α) μέσα στον μικρότερο από 180°τομέα που σχηματίζεται από τις δύο γραμμές βάσεως, β) σε όσο το δυνατό ίσες αποστάσεις από τους σταθμούς.

Η ακρίβεια του στίγματος LORAN-C μπορεί να εκτιμηθεί και με τη βοήθεια των χαρτών που υπάρχουν στους πίνακες LORAN-C κάθε αλυσίδας καθώς και στην έκδοση «Admiralty List of Radio Signals Volume 5a» (σχήματα 4.1.4α και 4.1.4β). Με τους χάρτες αυτούς μπορούμε να έχουμε μία πρώτη εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος LORAN ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρισκόμαστε. Εκτός από τους παραπάνω χάρτες η ακρίβεια του στίγματος LORAN μπορεί να προσδιοριστεί και με τη βοήθεια των διαγραμμάτων ακριβείας (Reliability Diagrams) που εκδίδονται από την υπηρεσία DMA των ΗΠΑ σαν χάρτες υπ' αριθμόν 5592 και 5606.

Στα διαγράμματα αυτά φαίνονται, για κάθε αλυσίδα σταθμών LORAN, τα όρια των περιοχών στις οποίες η ακρίβεια του στίγματος είναι καλύτερη από: 500 ft (152 m), 750 ft (229 m) και 1500 ft (457 m).

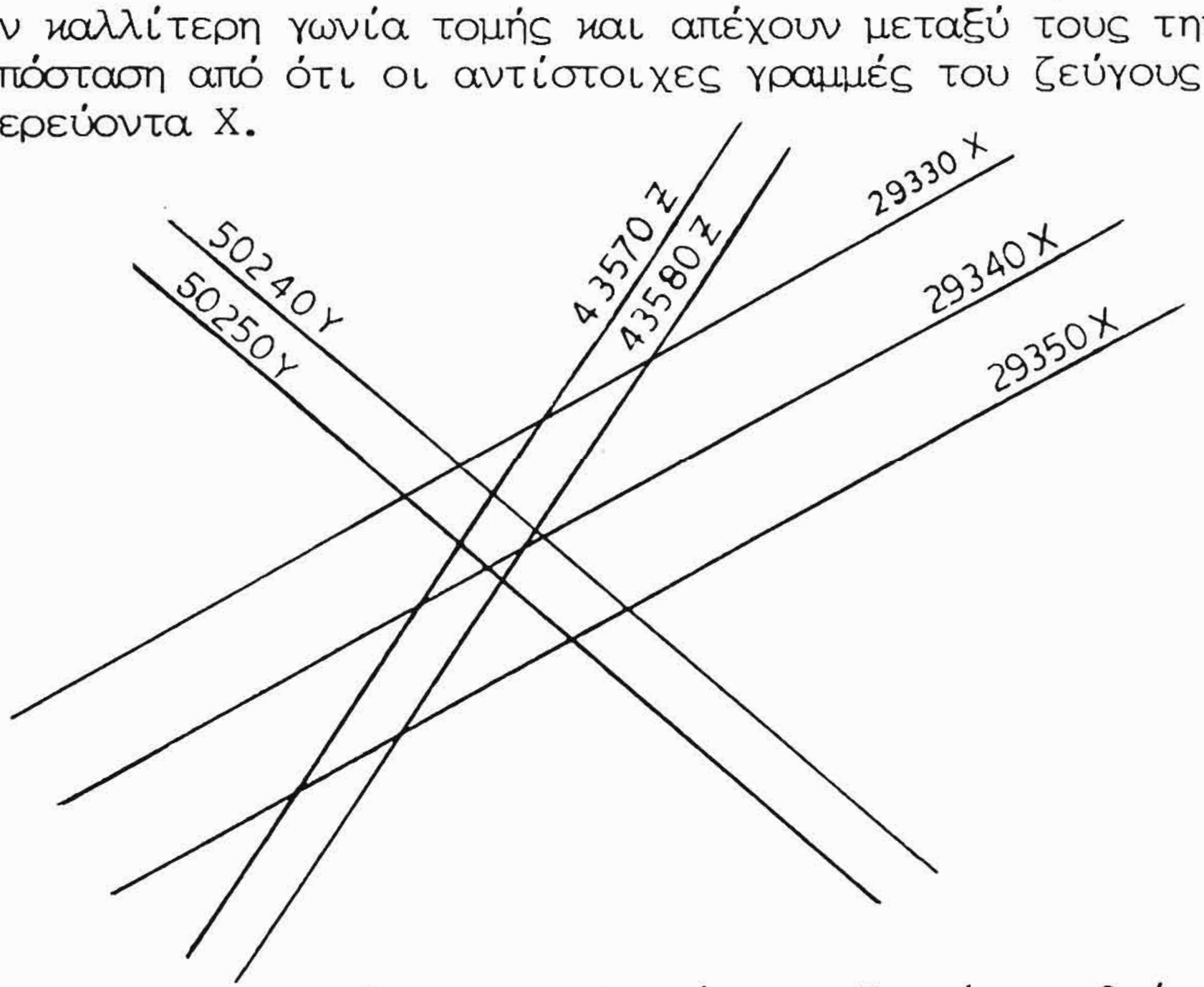
Εκτός από τα διαγράμματα αυτά, που δεν είναι βέβαιο ότι θα υπάρχουν πάντοτε στη διάθεσή μας, η εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος μπο-

ρεί να γίνει και με την βοήθεια των διαγραμμάτων του σχήματος 3.3.4 με τη διαφορά ότι οι καμπύλες ακριβείας των διαγραμμάτων αυτών δεν απεικονίζουν την πραγματική αλλά την σχετική ακρίβεια του στίγματος (δηλαδή ένα σημείο που βρίσκεται επάνω στη καμπύλη των 2m και ένα άλλο σε αυτήν των 4m δεν σημαίνει ότι έχουν ακρίβεια 2 και 4m αντιστοίχως, αλλά, ότι η ακρίβεια του ενός είναι διπλάσια από την ακρίβεια του άλλου).

Για τον ακριβή προσδιορισμό της ακρίβειας του στίγματος που προκύπτει από δύο ζεύγη σταθμών πρέπει να υπολογισθεί η ακτίνα του κύκλου αβεβαιότητας 65% (1 drms) ή 95% (2 drms).

Όταν για τον καθορισμό του στίγματος χρησιμοποιούμε χάρτες LORAN επάνω στους οποίους είναι χαραγμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως, η επιλογή των καταλληλοτέρων σταθμών γίνεται πολύ εύκολα με βάση την καλλίτερη γωνία τομής και την μικρότερη απόσταση μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Για παράδειγμα ας εξετάσομε τις υπερβολικές γραμμές θέσεως του σχήματος 4.8.1 που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη κυρίου-δευτερεύοντα. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι τα καταλληλότερα ζεύγη σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος είναι των δευτερευόντων Y και Z (με τον κύριο) επειδή έχουν καλλίτερη γωνία τομής και απέχουν μεταξύ τους την μικρή απόσταση από ότι οι αντίστοιχες γραμμές του ζεύγους του δευτερεύοντα X.



Σχήμα 4.8.1 Επιλογή των καταλληλότερων ζευγών σταθμών για προσδιορισμό στίγματος LORAN.

4.8.4 Απαιτήσεις της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ για την Coastal Confluence Zone (CCZ).

Στις ΗΠΑ το LORAN έχει επιλεγεί σαν το εθνικό σύστημα καθορισμού στίγματος στη παράκτια ναυτιλιακή ζώνη (Coastal Confluence Zone). Σαν παράκτια ναυτιλιακή ζώνη (Coastal Confluence Zone) ορίζεται η θαλάσσια ζώνη που εκτείνεται σε απόσταση 50 ν. μιλίων από την ακτή ή μέχρι την ισοβαθή των 100 οργυών, οποιοδήποτε από τα δύο όρια απέχει περισσότερο από την ακτή.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ακτοφυλακής των ΗΠΑ η ακρίβεια του στίγματος LORAN στην Coastal Confluence Zone πρέπει να είναι τουλάχιστον 1/4 του μιλίου για το 95% των περιπτώσεων (2drms). Για την επίτευξη της τόσο μεγάλης ακρίβειας στην περιοχή αυτή υπάρχει μία συνεχής συνεργασία μεταξύ των υπηρεσιών της Ακτοφυλακής (Coast Guard) της Εθνικής Ωκεανογραφικής-Υδρογραφικής Υπηρεσίας (National Ocean Service) και της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Άμυνας (Defence Mapping Agency).

Η ακτοφυλακή που είναι υπεύθυνη για την λειτουργία του συστήματος έχει εγκαταστήσει ένα πυκνό δίκτυο σταθμών LORAN σε όλες τις ακτές των ΗΠΑ και η N.O.S εκδίδει συνεχώς χάρτες LORAN με όλα τα νεώτερα στοιχεία που προκύπτουν από τον υπολογισμό των διορθώσεων SF και ASF (βλ. §4.4.5) που γίνεται από την DMA.

4.9 ΔΕΚΤΕΣ LORAN

4.9.1 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες ενός σύγχρονου δέκτη LORAN.

Σήμερα οι διάφοροι κατασκευαστές ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων διαθέτουν στην αγορά αρκετούς δέκτες LORAN-C κάθε ένας από τους οποίους έχει τα δικά του ξεχωριστά χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Ορισμένοι από τους δέκτες αυτούς λειτουργούν και με την μέθοδο της διαφοράς φάσεως και δίνουν πολύ μεγάλη ακρίβεια στίγματος ενώ οι άλλοι λειτουργούν μόνο με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου και δίνουν μικρότερη ακρίβεια.

Ο χειρισμός ενός δέκτη LORAN-C διαφέρει από δέκτη σε δέκτη και για τον λόγο αυτό ο ναυτιλόμενος πρέπει να συμβουλεύεται το εγχειρίδιο χρήσεως (operator' s manual) της συσκευής.

Στο τμήμα αυτό του κεφαλαίου περί LORAN παρουσιάζονται κυρίως τα γενικά (κοινά) χαρακτηριστικά των συγχρόνων δεκτών LORAN (§ 4.9.1 και 4.9.2) και στη συνέχεια δίνονται μερικά παραδείγματα χρησιμοποιήσεως ενός αντιπροσωπευτικού σύγχρονου δέκτη (§ 4.9.3).

Ένας αντιπροσωπευτικός σύγχρονος δέκτης LORAN (σχήμα 4.9.1) έχει τα επόμενα χαρακτηριστικά και δυνατότητες:

Επιλέγει αυτόματα τα σήματα των καταλλήλων σταθμών της χρησιμοποιούμενης αλυσίδας τα οποία στη συνέχεια εξακολουθεί να λαμβάνει αυτόματα σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του[1].

Εμφανίζει στον ενδείκτη της συσκευής τις μετρούμενες διαφορές χρόνου που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του στίγματος ο οποίος γίνεται με τη χρησιμοποίηση χαρτών ή πινάκων LORAN (βλ. § 4.6 και § 4.7).

Όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι δέκτες LORAN έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν εκτός από τις μετρούμενες διαφορές χρόνου και τις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ,λ) του στίγματός μας.

Η ακρίβεια του συστήματος LORAN επηρεάζεται από την λήψη άλλων εκπομπών (θορύβου) στην περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας του. Για τον λόγο αυτό, οι περισσότεροι κατασκευαστές, για τον περιορισμό των παρεμβολών αυτών που πολλές φορές δυσκολεύουν την λήψη των σημάτων των σταθμών LORAN, παρέχουν την δυνατότητα εξάλειψής τους με την βοήθεια ειδικών κυκλωμάτων "φίλτρων" (notch filters).

Η ενεργοποίηση των φίλτρων αυτών, ανάλογα με τον δέκτη γίνεται αυτόματα ή από τον χειριστή σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως (operators manual) της συγκεκριμένης συσκευής.

Οι περισσότεροι σύγχρονοι δέκτες LORAN έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν τον λόγο σήματος προς θόρυβο έτσι ώστε ο ναυτιλόμενος να μπορεί άμεσα να διαπιστώσει την ύπαρξη παρεμβολών (θορύβου).

4.9.2 Επιπρόσθετες δυνατότητες ορισμένων σύγχρονων δεκτών LORAN

Εκτός από τις δυνατότητες που αναφέρθηκαν στην § 4.9.1 ορισμένοι σύγχρονοι δέκτες LORAN έχουν και τις επόμενες επιπρόσθετες δυνατότητες:

1) Σχεδίαση και εκτέλεση πλου: που γίνεται με την επιλογή των σημείων προορισμού ή αλλαγής πορείας (waypoints) που προτοποθετούνται στην μνήμη της συσκευής και στη συνέχεια είναι δυνατό να υπολογισθούν και να απεικονισθούν στον ενδείκτη τα επόμενα στοιχεία:

- Η διόπτευση και απόσταση του επόμενου σημείου αλλαγής πορείας
- Ο χρόνος πλου μέχρι το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.

- Στοιχεία της εκπτώσεως του πλοίου αριστερά ή δεξιά της σχεδιασθείσας διαδρομής.

- Πραγματική ώς προς τον βυθό πορεία και ταχύτητα.

2) Ασφάλεια αγκυροβολίας: όταν έχουμε έκπτωση μεγαλύτερη από την προτοποθετημένη στην μνήμη του δέκτη τιμή ο δέκτης ειδοποιεί τον ναυτιλόμενο με ένα ηχητικό σήμα.

3) Παροχή ενδείξεως για την κατάσταση των λαμβανομένων από κάθε σταθμό σημάτων (λόγο σήματος προς θόρυβο κλπ).

4) Μετατροπή των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ,λ) ενός σημείου στις αντίστοιχες διαφορές χρόνου και αντιστρόφως.

5) Τοποθέτηση των γνωστών για την περιοχή πλου διορθώσεων που στη συνέχεια λαμβάνονται υπ' όψη στον υπολογισμό των επομένων στιγμάτων. Οι διορθώσεις αυτές μπορούν να προσδιορισθούν εύκολα από τον ναυτιλόμενο, άν, όταν βρίσκεται σε κάποια γνωστή θέση, (π.χ. προσδεμένος σε προβλήτα ή κατά τον παράπλου ακρωτηρίου κλπ), συγκρίνει τις ενδείξεις του δέκτη με τις αντίστοιχες γνωστές πραγματικές τιμές. Οι διορθώσεις αυτές μπορούν να τεθούν είτε με την μορφή διορθώσεων διαφόρων χρόνων είτε με την μορφή διορθώσεων πλάτους και μήκους.

Όλες οι παραπάνω δυνατότητες των συγχρόνων δεκτών LORAN φαίνονται στο παράδειγμα χρησιμοποιήσεως ενός αντιπροσωπευτικού δέκτη που παρουσιάζεται στην § 4.9.3

Εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες, ορισμένοι πολύ εξελιγμένοι σύγχρονοι δέκτες LORAN έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν με μία ηλεκτρονική οθόνη VDU[1] στην οποία απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα το πραγματικό ίχνος του πλοίου, η σχεδιαθείσα πορεία, η ακτογραμμή κλπ. Τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να καταχωρηθούν και σε μαγνητική μνήμη (κασσέτα) με δυνατότητα μελλοντικής απεικονίσεως.

4.9.3 Τρόπος χρησιμοποιήσεως ενός σύγχρονου δέκτη LORAN

Για την πληρέστερη κατανόηση των δυνατοτήτων ενός σύγχρονου δέκτη LORAN παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα από την χρήση ενός αντιπροσωπευτικού δέκτη. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο δέκτης RAYNAV 750 της εταιρείας RAVTHEON (σχήμα 4.9.1).

Επιλογή σταθμών

Η επιλογή της αλυσίδας των σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του στίγματος γίνεται ώς εξής:

α. Τοποθετούμε τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση **STN.**

---

(1) VDU: Video Display Unit

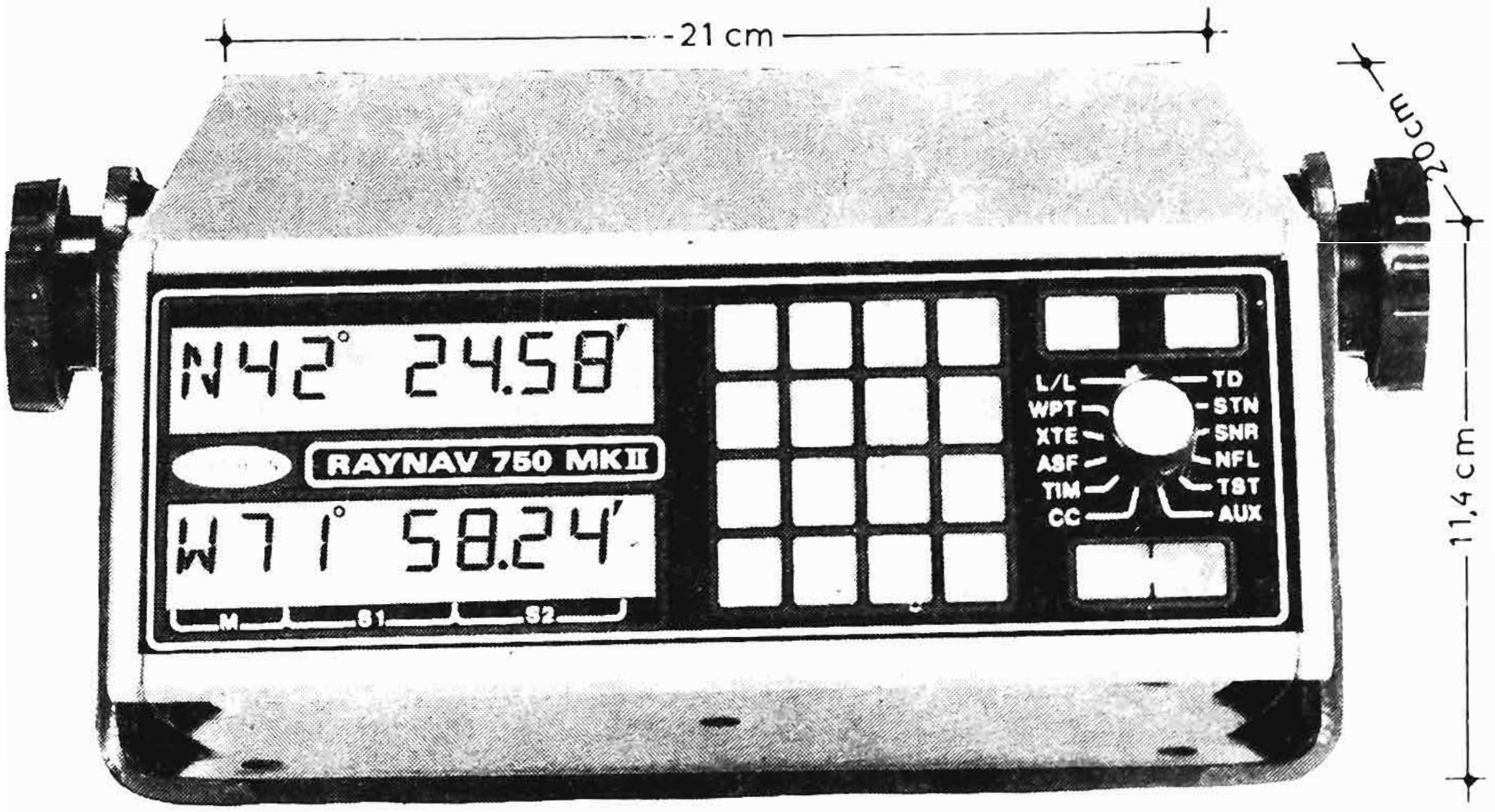
β. Με τη βοήθεια του πληκτρολογίου καταχωρούμε το **GRI** της αλυσίδας των σταθμών που θα χρησιμοποιήσουμε πληκτρολογόντας το τετραψήφιο νούμερο του **GRI** (βλ. §)και την εντολή **ENT** οπότε στους δύο ενδείκτες εμφανίζονται στοιχεία της μορφής:

5990		1	2
1	2	5	0

Η επάνω ένδειξη σημαίνει ότι χρησιμοποιείται η αλυσίδα με GRI 5990 (βλ. § 4.) και για τον προσδιορισμό του στίγματος επιλέχθηκαν, από την τελευταία φορά που χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης, οι δευτερεύοντες σταθμοί 1 και 2. Η κάτω ένδειξη σημαίνει ότι ο δέκτης λαμβάνει σήματα από τους σταθμούς 1, 2 και 5.

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί τι σημαίνουν οι αριθμοί 1, 2 και 5 που χρησιμοποιούνται για τον συμβολισμό των δευτερευόντων σταθμών. Ο κανονικός συμβολισμός των δευτερευόντων σταθμών μίας αλυσίδας γίνεται με τα γράμματα X, Y, Z και W. (βλ. § 4.). Έν τούτοις για καθαρά πρακτικούς λόγους ορισμένες φορές ο ναυτιλόμενος συμβολίζει τους δευτερεύοντες σταθμούς με το πρώτο ψηφίο του αριθμού που φανερώνει τη διαφορά χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα.

Άν θελήσουμε να αλλάξουμε τους δευτερεύοντες που χρησιμοποιούνται, έχοντας τον επιλογέα λειτουργίας στην θέση **STN,** πιέζουμε το πλήκτρο **S1** (ή **S2)** και στη συνέχεια το πρώτο ψηφίο του νέου δευτερεύοντα και την εντολή **ENT.**



Σχήμα 4.9.1 Σύγχρονος δέκτης LORAN-C της εταιρείας RAYTHEON

Απεικόνιση του στίγματος

Η απεικόνιση του στίγματος στο δέκτη μπορεί να γίνει με τους επόμενους δύο τρόπους:

α. Με την τοποθέτηση του επιλεγέα λειτουργίας στη θέση **L/L (Latitude/Longitude)** οπότε στους δύο ενδείκτες εμφανίζεται το γεωγραφικό πλάτος και μήκος ώς εξής:

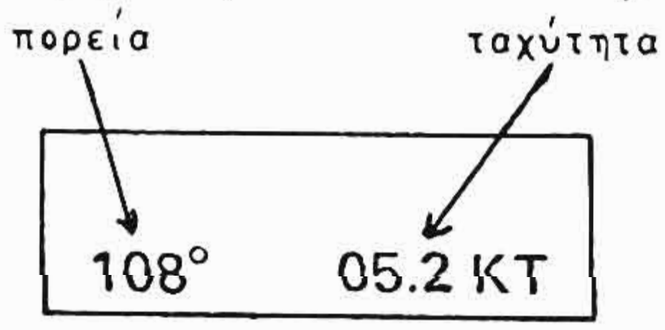
N 42° 24.58′
W 71° 58.24′

β. Με την τοποθέτηση του κουμπιού επιλογής λειτουργίας στην θέση **TD (Time Differences)** οπότε στους δύο ενδείκτες εμφανίζονται οι δύο διαφορές χρόνου που προσδιορίζουν τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως επάνω στον ναυτικό χάρτη.

14010.7 μS	– S1 TD
26237.5 μS	– S2 TD

Απεικόνιση πορείας και ταχύτητας του σκάφους

Η απεικόνιση της πορείας και ταχύτητας του σκάφους γίνεται με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση **L/L** και πάτημα του κουμπιού **CHG** οπότε εμφανίζονται οι ενδείξεις:



*Έλεγχος των λαμβανομένων σημάτων **LORAN.***

Ο έλεγχος των λαμβανομένων σημάτων LORAN γίνεται με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση **SNR** οπότε εμφανίζονται ενδείξεις της μορφής:

SNR		888
85	65	78

Τα τρία ψηφία της επάνω ενδείξεως (888) απεικονίζουν τις συνθήκες λήψεως των σημάτων του κυρίου και των δύο δευτερευόντων σταθμών

(ενδείξεις 0 και 1 σημαίνουν ότι γίνεται προσπάθεια λήψεως των σημάτων από τον αντίστοιχο σταθμό, ενδείξεις 2, 3, 4 σημαίνουν ότι γίνεται λήψη και αρχική επεξεργασία των σημάτων, ενδείξεις 5, 6, 7 σημαίνουν ότι γίνεται η τελική επεξεργασία των λαμβανομένων σημάτων, η ένδειξη 9 σημαίνει ότι δεν γίνεται ικανοποιητική λήψη).

Οι τρεις διψήφιοι αριθμοί της κάτω ενδείξεως (85, 65, 78) απεικονίζουν τον λόγο σήματος προς θόρυβο (signal to noise ratio) του κύριου και των δευτερευόντων σταθμών. Οι τιμές αυτές αξιολογούνται ώς εξής: (70-99 πολύ καλές, 40-70 ικανοποιητικές, 15-40 χαμηλές, 0-15 ακατάλληλες).

Ενδείξεις ανωμαλιών στις εκπομπές των σταθμών ***LORAN***

Οι ενδείξεις αυτές βρίσκονται στο κάτω μέρος του ενδείκτη και όταν εμφανίζει κάποια από αυτές αναβοσβήνει και το μικρό τρίγωνο κάτω από τον επιλογέα λειτουργίας.

Χρησιμοποίηση του ενσωματωμένου στον δέκτη υπολογιστή για υποβοήθηση του πλου.

Με την βοήθεια του ενσωματωμένου στον δέκτη υπολογιστή ο ναυτιλόμενος έχει την δυνατότητα να καταχωρήσει την διαδρομή του στην μνήμη του δέκτη τοποθετώντας μέχρι 50 προκαθορισμένα σημεία αλλαγής πορείας ή προορισμού (waypoints). Στη συνέχεια κατά την διάρκεια του πλου έχει την δυνατότητα να λαμβάνει στους δύο ενδείκτες του δέκτη τα επόμενα στοιχεία:

- Διόπτευση και απόσταση προς το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.
- Έκπτωση σε ναυτικά μίλια δεξιά ή αριστερά από την προσχεδιασθείσα πορεία προς το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.
- Χρόνο που απαιτείται για να φθάσει στο επόμενο σημείο προορισμού αλλαγής πορείας.
- Ηχητική σήμανση ότι έφθασε στο σημείο προορισμού αλλαγής πορείας.

Οι παραπάνω λειτουργίες γίνονται ώς εξής:

Καταχώρηση σημείων προορισμού αλλαγής πορείας στην μνήμη του δέκτη

α. Καταχώρηση της παρούσας θέσεως (στίγματος σαν σημείο αλλαγής πορείας.

Στην περίπτωση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας πρέπει να βρίσκεται στη θέση **L/L** ή **TD** τότε οι αντίστοιχες ενδείξεις καταχωρούνται με τις εντολές: #, διψήφιος αριθμός σημείου (από 01 έως 50), **MEM** και **ENT.**

β. Καταχώρηση προσχεδιασμένων σημείων αλλαγής πορείας με τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες.

Στην περίπτωση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας πρέπει να βρίσκεται στη **WPT** οπότε η καταχώρηση γίνεται με τις εντολές: #, διψήφιος αριθμός σημείου (01 έως 50), **ENT, CHG** γεωγραφικό πλάτος του σημείου που πρέπει να καταχωρηθεί,**ENT,** γεωγραφικό μήκος του σημείου που πρόκειται να καταχωρηθεί, **ENT.**

Παράδειγμα:

Έστω ότι θέλουμε να καταχωρήσουμε το σημείο φ = 48° 20,0΄ N; λ = 126° 30,00΄**W** σαν σημείο υπ' αριθμόν 25. Οι εντολές που δίνουμε είναι:

#, 2, 5, ENT, CHG, 4, 8, 2, 0, 0, 0, ENT, - , 1, 2, 6, 3, 0, 0, 0, ENT.
(η εντολη /πλήκτρο - χρησιμοποιείται γιατί το μήκος είναι δυτικό).

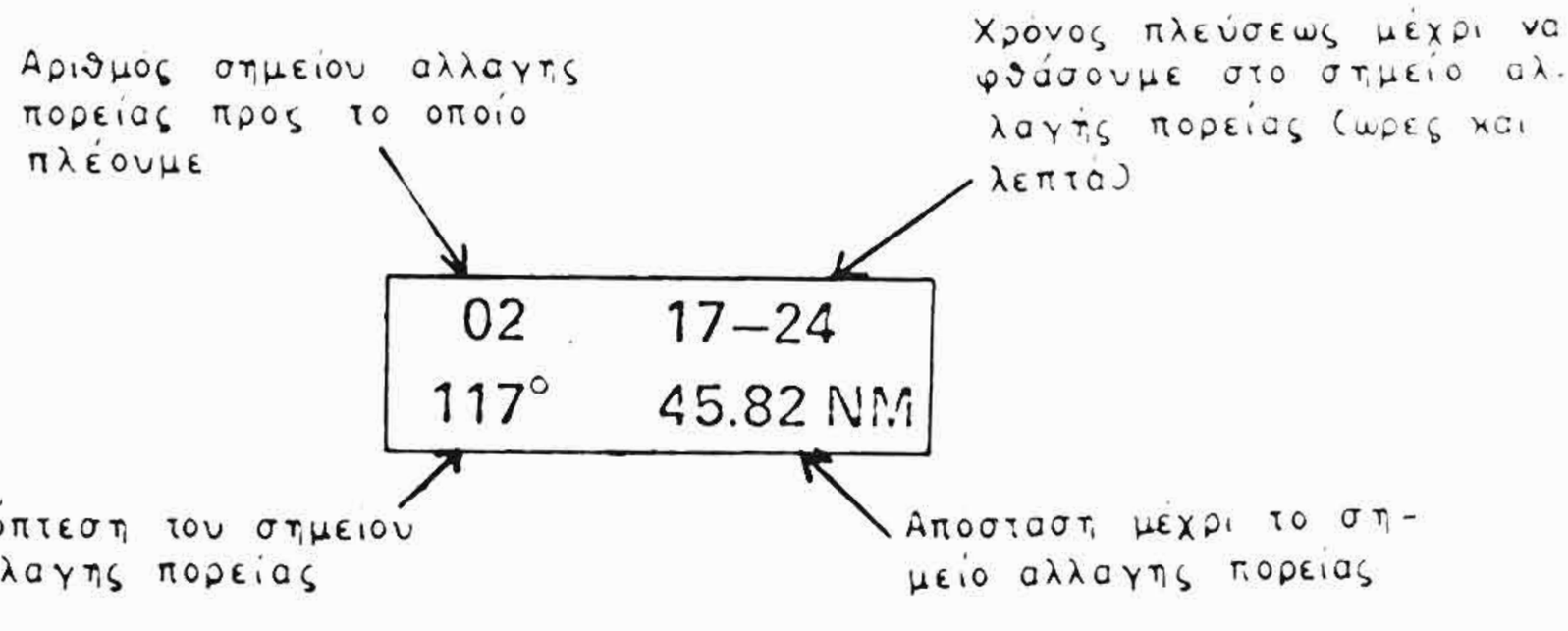
#, 2, 5, ENT	25 17–25 117° 45.82 NM
CHG	N 00° 00.00′ E 00° 00.00′
4, 8, 2, 0, 0, 0, ENT	N 48° 20.00′ E 00° 00.00′
–, 1, 2, 6, 3, 0, 0, 0, ENT	N 48° 20.00′ W 126° .30.00′

γ. Καταχώρηση προσχεδιασμένων σημείων αλλαγής πορείας με τις διαφορές χρόνου.

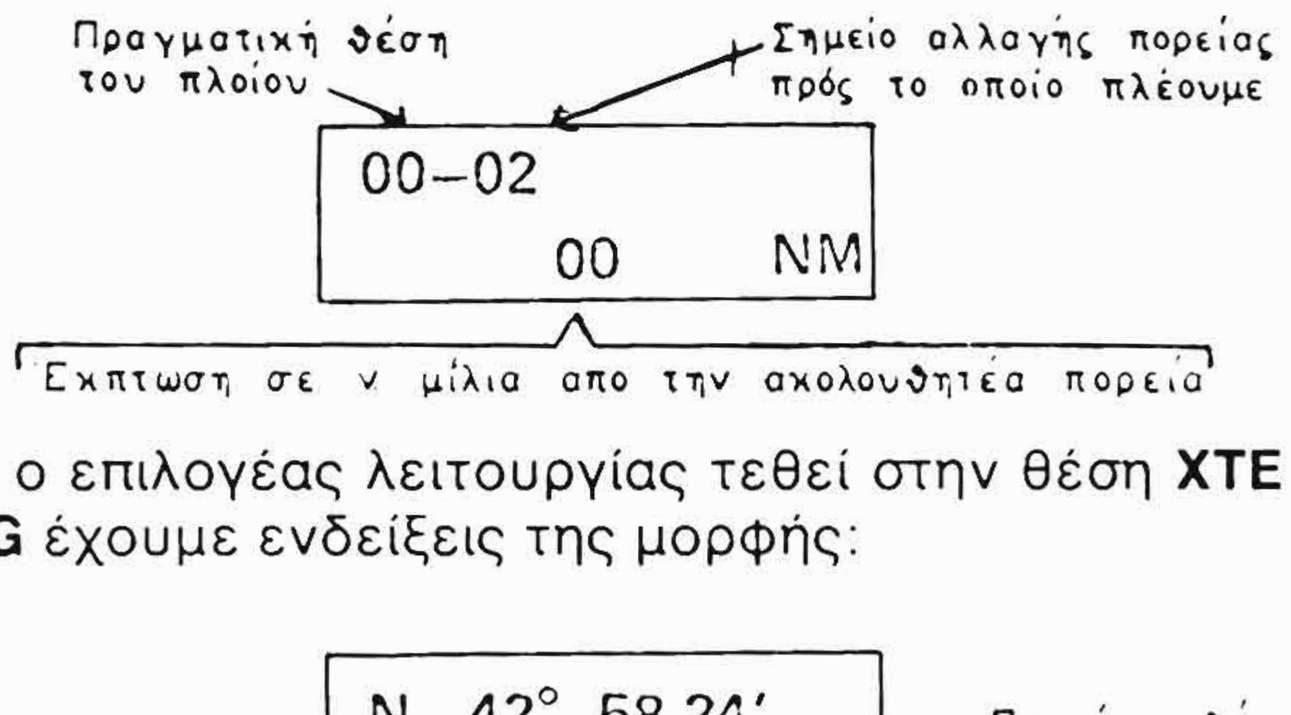
Για την καταχώρηση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται κατ' αρχή στην θέση **AUX** και καταχωρείται το **GRI** της αλυσίδας και στη συνέχεια στη θέση **CC** και καταχωρούνται οι δύο διαφορές χρόνου.

Απεικόνιση στοιχείων πλου

1) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στη θέση **WPT** έχουμε ενδείξεις της μορφής:



2) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στη θέση **XTE** έχουμε ενδείξεις της μορφής:



3) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στην θέση **XTE** και πιεσθεί το κουμπί **CHG** έχουμε ενδείξεις της μορφής:

N 42° 58.24′	Παρούσα θέση (στίγμα)
W 71° 24.88′	του πλοίου

4) Για να υπολογισθεί η διόπτευση και η απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων (έστω του 01 και του 25) τοποθετούμε τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση **XTE** και στη συνέχεια δίνουμε τις εντολές:

CHG, #, 0, 1, 2, 5, ENT

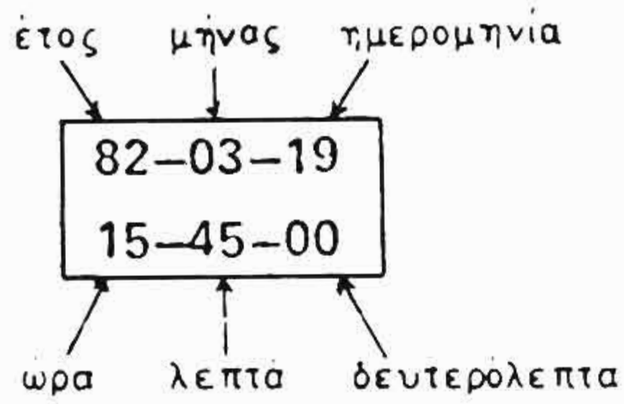
οπότε στην οθόνη εμφανίζονται τα στοιχεία:

01–25	
60°	82.05 NM

Άλλες λειτουργίες του δέκτη.

Μερικές από τις άλλες λειτουργίες του δέκτη είναι:

1) Απεικόνιση στοιχείων χρόνου, που γίνεται με τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση **TIM** οπότε έχουμε ενδείξεις της μορφής:



2) Μετατροπή διαφορών χρόνου σε γεωγραφικές συντεταγμένες και αντιστρόφως (γίνονται με τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση **CC**).

3) Ηχητική σήμανση για έκπτωση από προκαθορισθείσα πορεία ή αγκυροβόλιο.

Είναι αυτονόητο ότι στο βιβλίο αυτό που δεν αποτελεί εγχειρίδιο χρήσεως (operator' s manual) κάποιας συσκευής, αλλά γενικό εκπαιδευτικό βιβλίο, στο οποίο αναπτύσσονται οι αρχές λειτουργίας και τα γενικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων, δεν είναι δυνατό, και δεν πρέπει, να γίνει πλήρης περιγραφή του τρόπου χρήσεως συγκεκριμένων συσκευών. Τα παραπάνω παραδείγματα από την χρήση ενός σύγχρονου δέκτη LORAN παρουσιάσθηκαν απλώς για να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι τεράστιες δυνατότητες των συγχρόνων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων. Εξ άλλου είναι αυτονόητο ότι ο ναυτιλόμενος για την αξιοποίηση του δέκτης του πρέπει να μελετήσει το αντίστοιχο εγχειρίδιο χρήσεως (operator' s manual) που υπάρχουν στο πλοίο. Εκτός από τον δέκτη που περιγράφτηκε παραπάνω κυκλοφορούν αρκετοί δέκτες διαφόρων κατασκευαστών με ανάλογες δυνατότητες, η περιγραφή των οποίων ξεφεύγει από τον σκοπό του βιβλίου αυτού.



Σχήμα 4.9.2 Σύγχρονος δέκτης LORAN-C της εταιρείας SI-TEX.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ OMEGA

5.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ OMEGA

Το OMEGA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος παγκοσμίου καλύψεως που λειτουργεί με τη μέθοδο μετρήσεως της διαφοράς φάσεως (βλ. Κεφ 3 § 3.3) στην περιοχή των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (VLF).

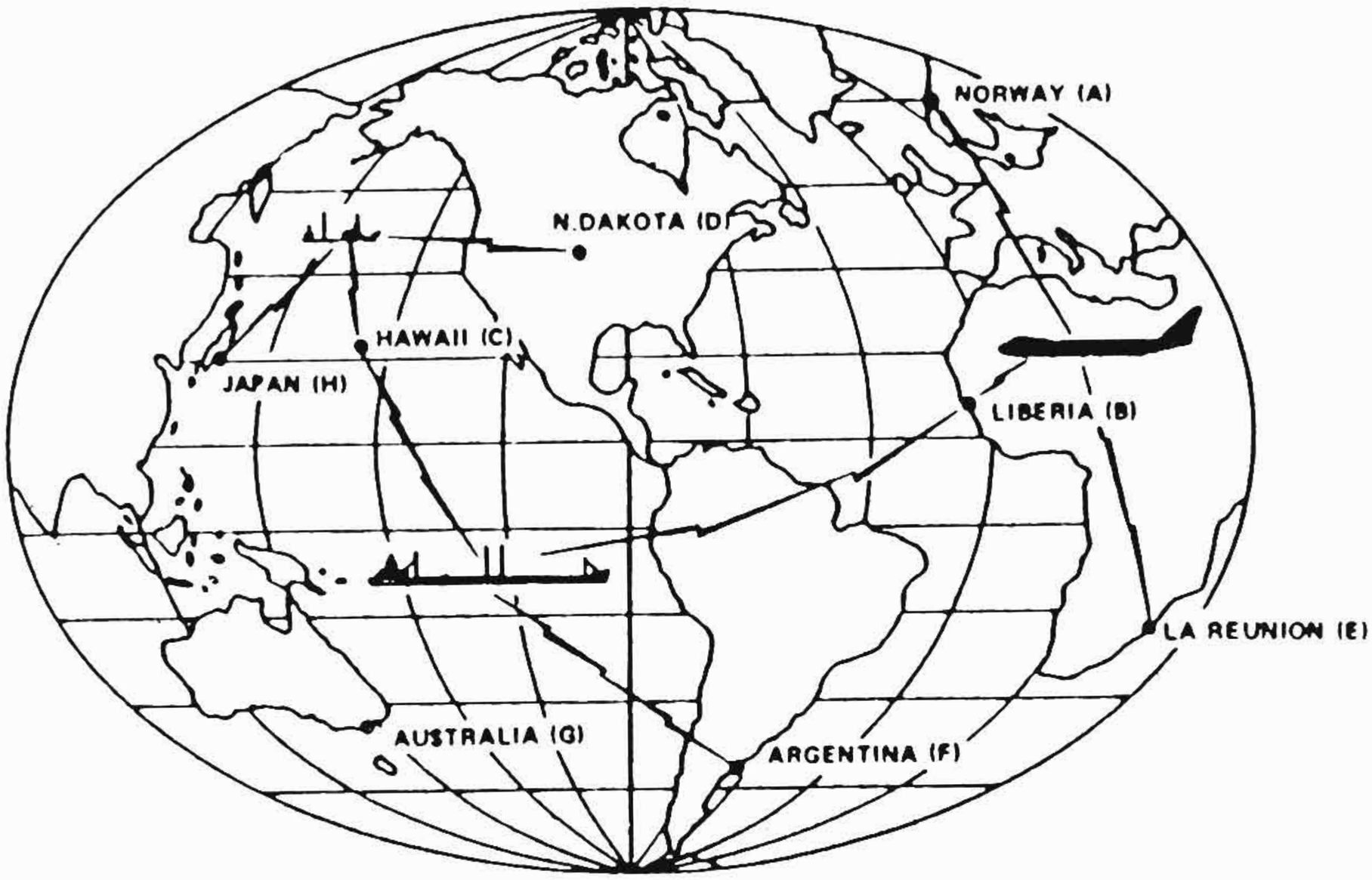
Το σύστημα OMEGA αναπτύχθηκε στην σημερινή του μορφή από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ κατά τις αρχές της δεκαετίας του 196ο ενώ από το 1971 όλη η υποστήριξη, ο έλεγχονς και η ανάπτυξη του συστήματος ανελήφθη από την ακτοφυλακή των ΗΠΑ. (U.S. Coast Guard).

Το στίγμα OMEGA προκύπτει από την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως κάθε μία από τις οποίες προκύπτει από την μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων δύο σταθμών OMEGA που λαμβάνονται στον δέκτη (βλ.§5.3).

Οι σταθμοί OMEGA είναι συνολικά οκτώ και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **A, B, C, D, E, F, G** και **H** (σχήμα 5.1.1). Λόγω της μεγάλης εμβέλειας των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (VLF) στις οποίες λειτουργεί το OMEGA, με τη βοήθεια των οκτώ σταθμών είναι δυνατός ο καθορισμός του στίγματος σε οποιοδήποτε σημείο της υδρογείου.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του συστήματος OMEGA είναι ότι δεν υπάρχουν κύριοι και δευτερεύοντες σταθμοί όπως στα άλλα υπερβολικά συστήματα (LORAN - C, DECCA), αλλά για τον καθορισμό του στίγματος OMEGA ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται ο δέκτης, επιλέγονται δύο ζεύγη σταθμών για κάθε ένα από τα οποία προσδιορίζεται, μία υπερβολική γραμμή θέσεως και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι για τον καθορισμό του στίγματος OMEGA στο Αιγαίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ζεύγη σταθμών **A-B** και **C-E** για κάθε ένα από τα οποία προσδιορίζεται μία υπερβολική γραμμή θέσεως και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή των δύο αυτών υπερβολικών γραμμών θέσεως.



Σταθμός	Τοποθεσία	Πλάτος	Μήκος
A	Aldra, Norway	66° 25′ N	13° 09′ N
B	Monrovia, Liberia	6° 18′ N	10° 40′ W
C	Haiku, Hawaii	21° 24′ N	157° 50′ W
D	La Moure, North Dakota	46° 22′ N	98° 20′ W
E	La Reunion	20° 58 S	55° 17′ E
F	Golfo Nuevo, Argentina	43° 03′ S	65° 11′ W
G	Woodside, Australia	38° 29′ S	146° 56′ E
H	Tsushima, Japan	34° 37′ N	129° 27′ E

Σχήμα 5.1.1 Δίκτυο σταθμων OMEGA

Στην πράξη ο ναυτιλόμενος προσδιορίζει το στίγμα OMEGA με έναν από τους επόμενους τρόπους.

α. Απ' ευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν οι σύγχρονοι δέκτες.

β. Με τη χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών OMEGA επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές φάσεως (βλ. § 5.6).

γ. Με τη χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων (βλ. § 5.11.4).

5.2 ΕΚΠΟΜΠΗ ΣΤΑΘΜΩΝ OMEGA

Κάθε ένας από τους οκτώ σταθμούς OMEGA (σχήμα 5.1.1) εκπέμπει κάθε 10sec στις συχνότητες 10,2KHz, 13,6 KHz, 11,33KHz και 11,05KHz

σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα εκπομπής του σχήματος 5.2.1. Επίσης καθε ενας σταθμός OMEGA εκπέμπει και σε μια τέταρτη ξεχωριστή για κάθε σταθμό συχνότητα (σχήμα 5.2.1) η οποία ομως δεν χρησιμοποιείται για την μέτρηση διαφοράς φάσεως και τον καθορισμό του στίγματος.

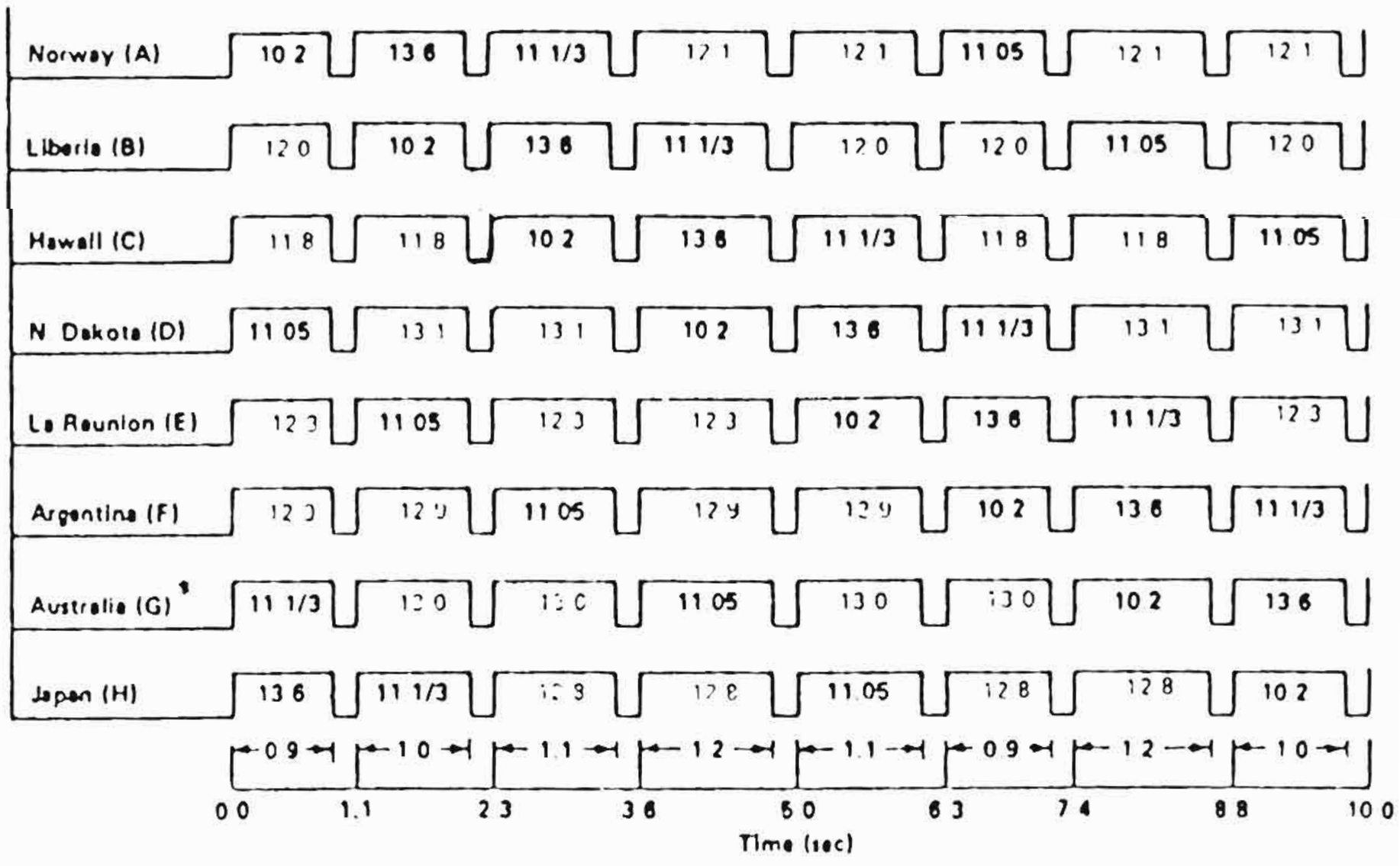
Η μέθοδος αυτή της διαδοχικής λειτουργίας κάθε σταθμού OMEGA σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του κύκλου εκπομπής των 10sec λέγεται μέθοδος καταμερισμού χρόνου (time sharing).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.1 ο κύκλος εκπομπής των 10 δευτερολέπτων διαιρείται σε οκτώ χρονικά διαστήματα εκπομπής που χαρακτηρίζονται με τα γράμματα A, B, C, D, E, F, G, και H και διαρκούν

το πρώτο χρονικό διάστημα εκπομπής A	0,9 sec
το δεύτερο χρονικό διάστημα εκπομπής B	1,0 sec
το τρίτο χρονικό διάστημα εκπομπής C	1,1sec
το τέταρτο χρονικό διάστημα εκπομπής D	1,2 sec
το πέμπτο χρονικό διάστημα εκπομπής E	1,1 sec
το έκτο χρονικό διάστημα εκπομπής F	0,9 sec
το έβδομο χρονικό διάστημα εκπομπής G	1,2 sec
το όγδοο χρονικό διάστημα εκπομπής H	1,0 sec

Τα χρονικά διαστήματα εκπομπής A, B, C, D, E, F, G και H δεν πρέπει να συγχέονται με τα σύμβολα των οκτώ σταθμών OMEGA.

Τα παραπάνω οκτώ χρονικά διαστήματα του κύκλου εκπομπής απέχουν μεταξύ τους 0,2sec έτσι ώστε να αποκλείεται το ενδεχόμενο της ταυτόχρονης εκπομπής σημάτων της ίδιας συχνότητας από δύο διαφορετικούς σταθμούς.



Σχήμα 5.2.1 Χρονοδιάγραμμα εκπομπής σταθμών OMEGA

Για τον συγχρονισμό των εκπομπών τους, οι σταθμοί OMEGA διαθέτουν ατομικά χρονόμετρα καισίου τα οποία διατηρούνται σε απόλυτο συγχρονισμό με διορθώσεις που προκύπτουν από την λήψη σημάτων των σταθμών κάποιας αλυσίδας LORAN - C ή του χρόνου GPS.(1)

Παρατηρούμε ότι (σχήμα 5.2.1) σε κάθε ένα από τα όκτω χρονικά διάστηματα εκπομπής εκπέμπουν μόνο τέσσερις σταθμοί στις τέσσερις συχνότητες εκπομπής (10,2 KHz, 13,6 KHz, 11,33 KHz kai 11,05 KHz) που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του στίγματος. Για παράδειγμα βλέπουμε ότι στο πρώτο χρονικό διάστημα εκπομπής A που διαρκεί 0,9sec εκπέμπει ο σταθμός **A** στους 10,2KHz, ο **G** στους 11,33KHz και ο **H** στους 13,6 KHz ενώ στο τέταρτο χρονικό διάστημα εκπομπής D που διαρκεί 1,2 sec, εκπέμπει ο σταθμός **B** στους 11,33 KHz, ο **C** στους 13,6 KHz και ο **D** στους 10,2 KHz).

Επειδή για λόγους συντηρήσεως κάθε σταθμός OMEGA πρέπει να διακόψει την λειτουργία του για ορισμένο χρόνο και προκειμένου να διευκολυνθούν οι ναυτιλόμενοι στην επιλογή των εκάστοτε καταλληλότερων από τους διαθέσιμους σταθμούς, η διακοπή λειτουργίας κάθε σταθμού γίνεται μόνο στον συγκεκριμένο μήνα που έχει προγραμματισθεί η συντήρησή του. Οι μήνες συντηρήσεως των σταθμών OMEGA είναι οι εξής:

Σταθμός	Μήνας συντηρήσεως
B (Liberia)	Απρίλιος
C (Hawaii)	Μάϊος
D (N. Dacota)	Σεπτέμβριος
E (Reunion)	Ιούνιος
F (Argentina)	Μάρτιος
G (Australia)	Φεβρουάριος
H (Japan)	Οκτώμβριος

5.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΕΩΣ ΣΤΟΝ ΔΕΚΤΗ OMEGA

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 (§3.3) η μέθοδος μετρήσεως διαφοράς φάσεως στηρίζεται στην ταυτόχρονη εκπομπή δύο σημάτων της ίδιας συχνότητας και φάσεως από τους σταθμούς της αντίστοιχης γραμμής βάσεως.

Στο σύστημα OMEGA, επειδή οι εκπομπές των σταθμών δεν είναι ταυτόχρονες (βλ σχήμα 5.2.1) ο προσδιορισμός της διαφοράς φάσεως των λαμβανομένων στον δέκτη σημάτων που εκπέμπονται από δύο σταθμούς OMEGA γίνεται μέσω ενός σήματος αναφοράς που παράγεται στον τοπικό ταλαντωτή του δέκτη.

Το σήμα αναφοράς του δέκτη έχει την ίδια συχνότητα με τα λαμβανόμενα σήματα των σταθμών που πρόκειται να μετρήσουμε τη διαφορά φάσεως. Τα σήματα κάθε συχνότητας που εκπέμπονται σε ένα κύκλο

---

(1) Χρόνος GPS είναι ο ακριβής χρόνος του νέου δορυφορικού συστήματος καθορισμού στίγματος Clobal Positioning System (βλ. κεφ. 9).

εκπομπής (10sec) από όλους τους σταθμούς OMEGA βρίσκονται σε συγχρονισμό φάσεως. Τα σήματα αυτά όταν ληφθούν στον δέκτη συγκρίνονται με το σήμα αναφοράς και για κάθε ένα προσδιορίζεται η διαφορά φάσεώς του από το σήμα αναφοράς. Στη συνέχεια η διαφορά φάσεως των λαμβανομένων σημάτων προκύπτει από την αφαίρεση των παραπάνω διαφορών φάσεως ως προς το σήμα αναφοράς.

Προκειμένου να μετρηθεί η διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους σταθμούς **A** και **B** σημάτων, άν Φ_O είναι η φάση του σήματος αναφοράς που παράγεται στον τοπικό ταλαντωτή του δέκτη, Φ_A είναι η φάση του σήματος που λαμβάνεται από τον σταθμό **A** και Φ_B είναι η φάση του σήματος που λαμβάνεται από τον σταθμό **B**, ο δέκτης λαμβάνει πρώτα το σήμα που προέρχεται από τον σταθμό **A** (που το χαρακτηριστικό του γράμμα προηγείται στην αλφαβητική σειρά) και υπολογίζει τη διαφορά φάσεως του από το σήμα αναφοράς.

$$\Delta\Phi_A = \Phi_A - \Phi_O$$

Στη συνέχεια λαμβάνεται το σήμα που προέρχεται από τον σταθμό **B** και υπολογίζεται η διαφορά φάσεώς του από το σήμα αναφοράς.

$$\Delta\Phi_B = \Phi_B - \Phi_O$$

Η διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους σταθμούς **A** και **B** σημάτων προκύπτει από την αφαίρεση των μετρηθέντων διαφορών φάσεως $\Delta\Phi_A$ και $\Delta\Phi_B$

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_A - \Delta\Phi_B &= \Phi_A - \Phi_O - (\Phi_B - \Phi_O)\\ &= \Phi_A - \Phi_B\end{aligned}$$

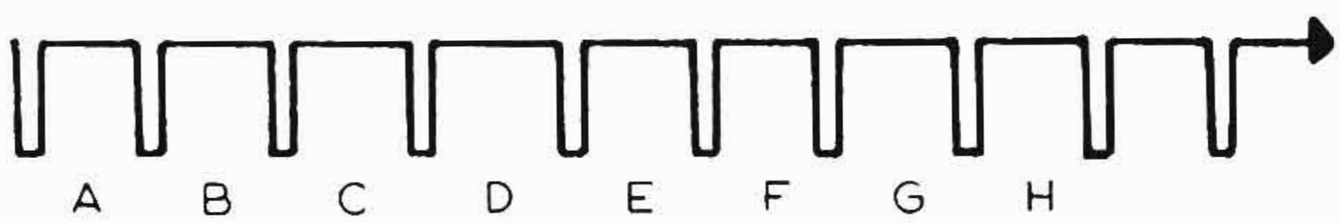
Το σήμα αναφοράς του δέκτη δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε συγχρονισμό φάσεως με τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς OMEGA σήματα γιατί οποιαδήποτε απόκλιση απαλοίφεται κατά την αφαίρεση των δύο διαφορών φάσεως.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεως στον δέκτη για τον προσδιορισμό της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως παλαιότερα γινόταν μόνο στην βασική συχνότητα των 10,2 KHz ενώ οι υπόλοιπες συχνότητες (13,6 KHz, 11,33 KHz και 11,05 KHz χρησιμοποιούνταν για την αναγνώριση διαύλου. Εν τούτοις οι σύγχρονοι δέκτες προκειμένου να αντισταθμίσουν τα σφάλματα διαδόσεως των σημάτων OMEGA προσδιορίζουν το στίγμα από μετρήσεις διαφορών φάσεως που γίνονται και σε περισσότερες συχνότητες (π.χ 10,2 KHz και 13,6 KHz). Ο σύνθετος αυτός προσδιορισμός του στίγματος στηρίζεται σε πολύπλοκο λογισμικό για την δημιουργία του οποίου απαιτήθηκαν μακροχρόνιες και επίπονες έρευνες και επαληθεύσεις.

5.4 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΔΕΚΤΗ OMEGA (συγχρονισμός του δέκτη)

Προκειμένου να γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των λαμβανομένων στον δέκτη OMEGA σημάτων πρέπει να προσδιορισθούν οι σταθμοί από τους οποίους προέρχονται.

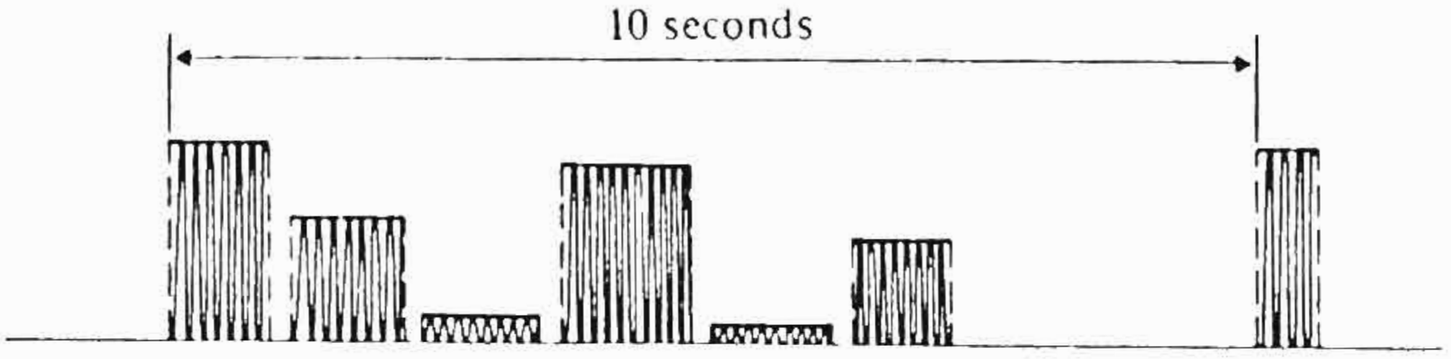
Αν υποθέσουμε οτι σε κάποιο σημείο της γής λαμβάνονται στην βασική συχνότητα 10,2 KHz σήματα της ίδιας εντάσεως και από τους οκτώ σταθμούς OMEGA τότε τα σήματα αυτά θα έχουν την μορφή του σχήματος 5.4.1. Εν τούτοις στην πράξη λαμβάνονται σήματα μόνο από 5-6 σταθμούς με διαφορετικές εντάσεις που έχουν την μορφή του σχήματος 5.4.2.



Σχήμα 5.4.1 Εκπομπή σημάτων συχνότητας 10,2 KHz από τους 8 σταθμούς OMEGA.

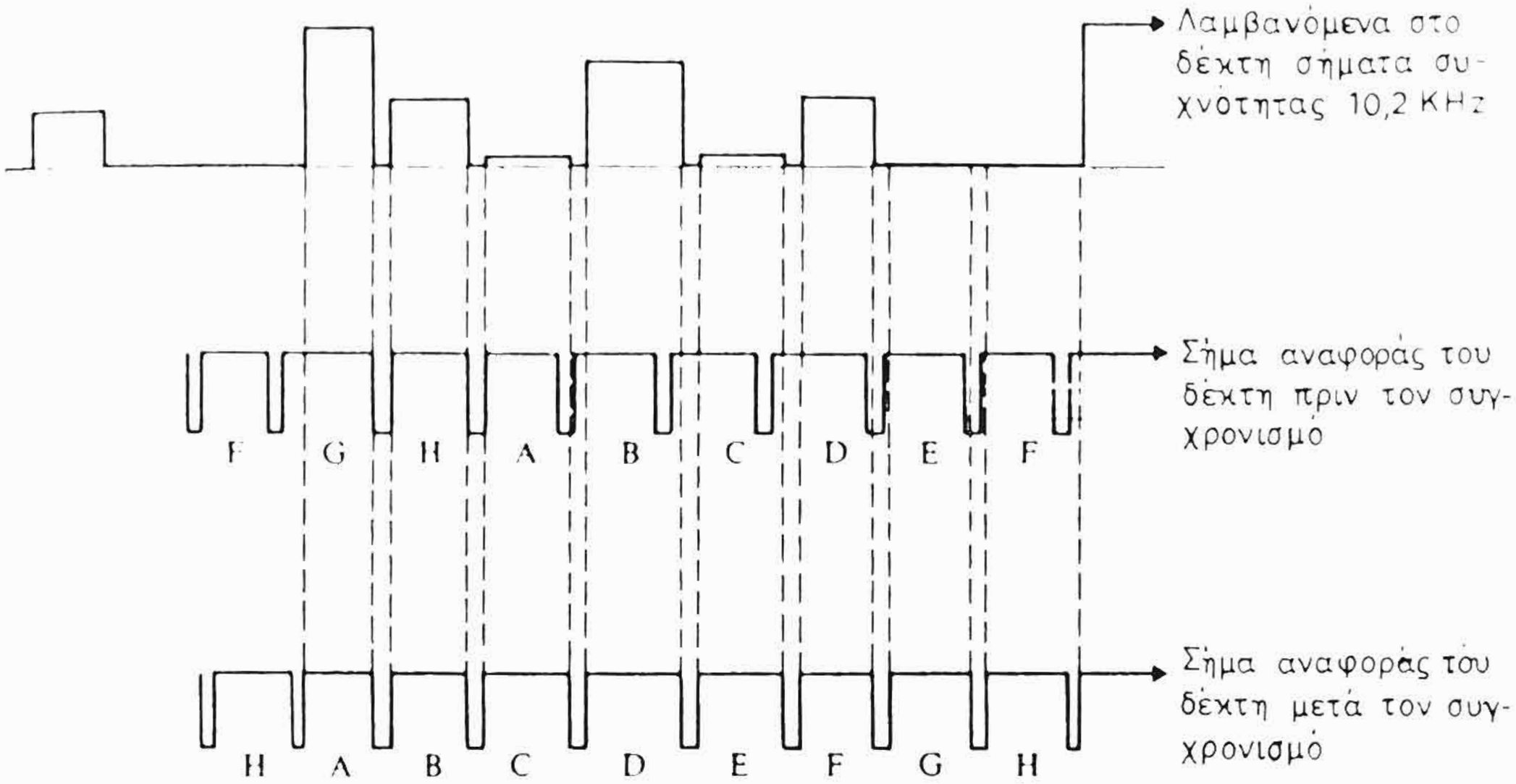
Πριν γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως, ο δέκτης πρέπει να προσδιορίσει για κάθε ένα απο τα σήματα του σχήματος 5.4.2 τον σταθμό από τον οποίο προέρχεται. Η διαδικασία αυτή λέγεται συγχρονισμός του δέκτη και ανάλογα με τον δέκτη είναι δυνατό είτε να απαιτείται και επέμβαση του χειριστή οπότε έχουμε "χειροκίνητο συγχρονισμό" είτε να μην απαιτείται την επέμβαση του χειριστή οπότε έχουμε "αυτόματο συγχρονισμό"

Ο συγχρονισμός του δέκτη είτε είναι αυτόματος είτε όχι στηρίζεται στην ταύτιση του λαμβανομένου σήματος (σχήμα 5.4.2) με ένα σήμα αναφοράς που δημιουργείται στον δέκτη και έχει τη μορφή του σχήματος 5.4.1. Η μέθοδος αυτή φαίνεται στο σχήμα 5.4.3.



(Στο παράδειγμα αυτό λαμβάνονται σήματα πάνω από τους 6 σταθμούς)

Σχήμα 5.4.2 Λήψη σημάτων συχνότητας 10,2 KHz σε ένα τόπο της γης



Σχήμα 5.4.3 Συγχρονισμός των λαμβανομένων στον δέκτη σημάτων OMEGA

Μια μέθοδος αυτόματου συγχρονισμού στηρίζεται στη χρονομέτρηση από τον δέκτη της διάρκειας δύο διαδοχικών σημάτων (της ίδιας συχνότητας). Για παράδειγμα αναφέρεται οτι ένα σήμα της βασικής συχνότητας των 10,2 KHz διάρκειας 1,1 sec ακολουθούμενο από ένα σήμα διαρκείας 0,9 sec αντισοιχεί στο σταθμό Ε και όχι στον C. (βλ. σχήμα 5.4.1)

Μια άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού που χρησιμοποιείται σε ορισμένους δέκτες στηρίζεται στην επέμβαση του χειριστή για την χρονική ταύτιση της ενάρξεως του κύκλου εκπομπής των 10 sec με την έναρξη εκπομπής του σήματος του σταθμού Α. Ο χρονικός αυτός συγχρονισμός επιτυγχάνεται με την χρησιμοποιήση ενός χρονομέτρου ακριβείας και ενεργοποίηση του συστήματος συγχρονισμού του σήματος αναφοράς του δέκτη την χρονική στιγμή ενάρξεως εκπομπής του σταθμού Α.

Άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού στηρίζεται στην επιλογή από τον χειριστή του πλησιέστερου σταθμού του οποίου το σήμα θα είναι εντονώτερο. Τότε με την αντίστοιχη εντολή, η οποία δίνεται με το κατάλληλο πλήκτρο της συσκευής, το σήμα αναφοράς του δέκτη μετακινείται όσο απαιτείται για την ταύτιση του σήματος του σταθμού επιλογής με το ισχυρότερο από τα δύο λαμβανόμενα σήματα της ίδιας χρονικής διάρκειας. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι εάν το πλοίο βρίσκεται κοντά στις δυτικές ακτές της Αφρικής, επιλέγεται ο σταθμός Β (Liberia) οπότε το σήμα αναφοράς του δέκτη θα μετακινηθεί ώστε το σήμα του σταθμού Β να ταυτιστεί με το λαμβανόμενο σήμα διάρκειας 1,0 sec που έχει τη μεγαλύτερη ένταση. Εκτός από το σήμα του σταθμού Β, στον κύκλο εκπομπής των 10sec υπάρχει και το σήμα του σταθμού της Ιαπωνίας που έχει διάρκεια 1,0 sec, αλλά το σήμα αυτό δεν λαμβάνεται υπ' όψη, γιατί έχει πολύ μικρή ένταση.

5.5 ΔΙΑΥΛΟΙ OMEGA

Το εύρος διαύλου OMEGA που αντιστοιχεί στην βασική συχνότητα λειτουργίας των 10,2 KHz είναι 8 περίπου ναυτικά μίλια (όσο το μισό που αντίστοιχου μήκους κύματος). Επομένως οι υπερβολικές γραμμές μηδενικής διαφοράς φάσεως που αντιστοιχούν σε ένα ζεύγος σταθμών OMEGA (βλ. κεφ. 3 §3.3), τέμνουν την γραμμή βάσεως σε διάφορα σημεία που απέχουν μεταξύ τους απόσταση 8 περίπου ναυτικών μιλίων.

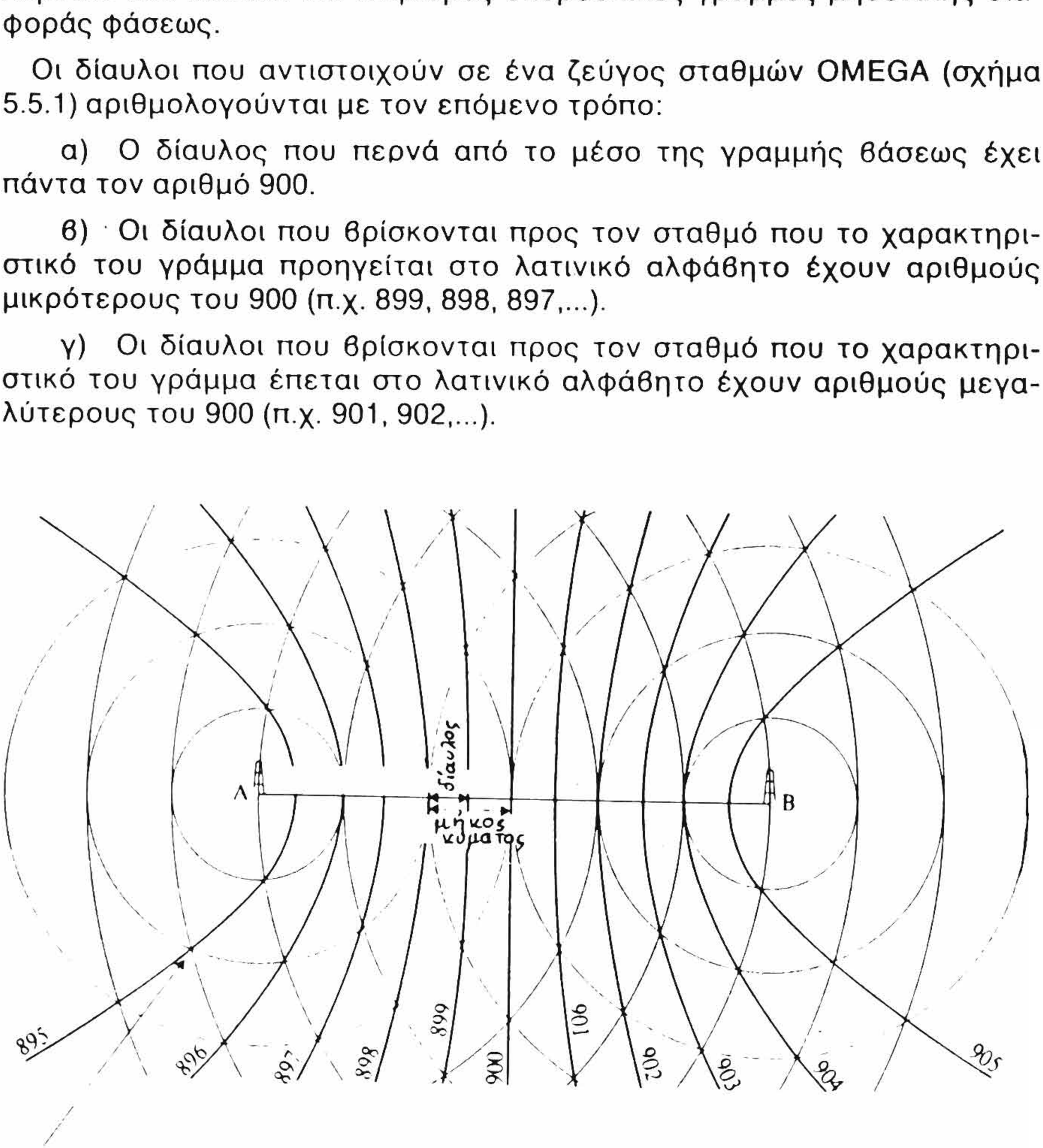
Σύμφωνα με τα παραπάνω ένα αντιπροσωπευτικό μήκος γραμμής βάσεως OMEGA που είναι 5.000 περίπου ναυτικά μίλια αντιστοιχούν περίπου 600 δίαυλοι και ισάριθμες υπερβολικές γραμμές μηδενικής διαφοράς φάσεως.

Οι δίαυλοι που αντιστοιχούν σε ένα ζεύγος σταθμών OMEGA (σχήμα 5.5.1) αριθμολογούνται με τον επόμενο τρόπο:

α) Ο δίαυλος που περνά από το μέσο της γραμμής βάσεως έχει πάντα τον αριθμό 900.

β) Οι δίαυλοι που βρίσκονται προς τον σταθμό που το χαρακτηριστικό του γράμμα προηγείται στο λατινικό αλφάβητο έχουν αριθμούς μικρότερους του 900 (π.χ. 899, 898, 897,...).

γ) Οι δίαυλοι που βρίσκονται προς τον σταθμό που το χαρακτηριστικό του γράμμα έπεται στο λατινικό αλφάβητο έχουν αριθμούς μεγαλύτερους του 900 (π.χ. 901, 902,...).



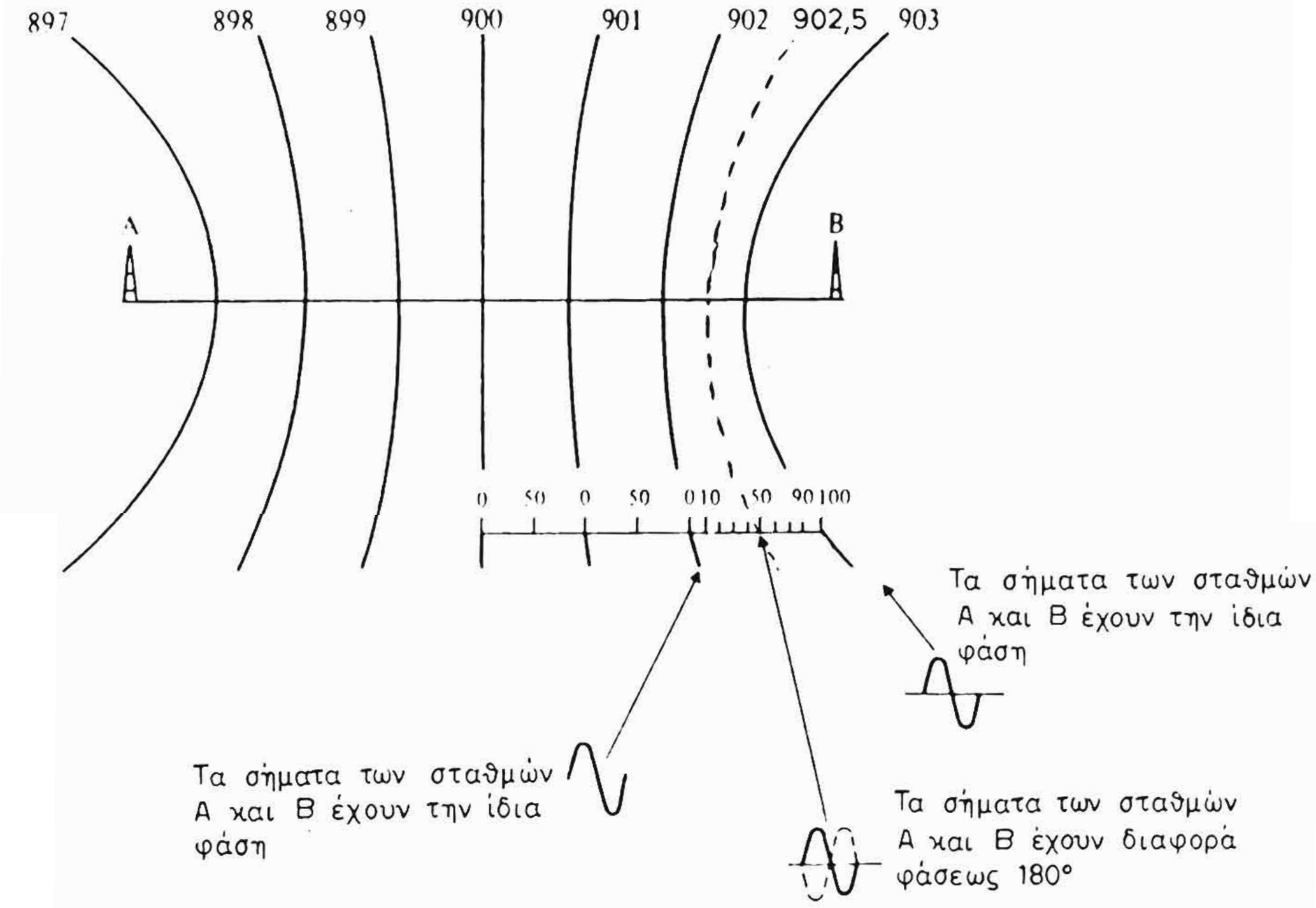
Σχήμα 5.5.1 Δίαυλοι υπερβολικού συστήματος OMEGA

5.6 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ OMEGA.

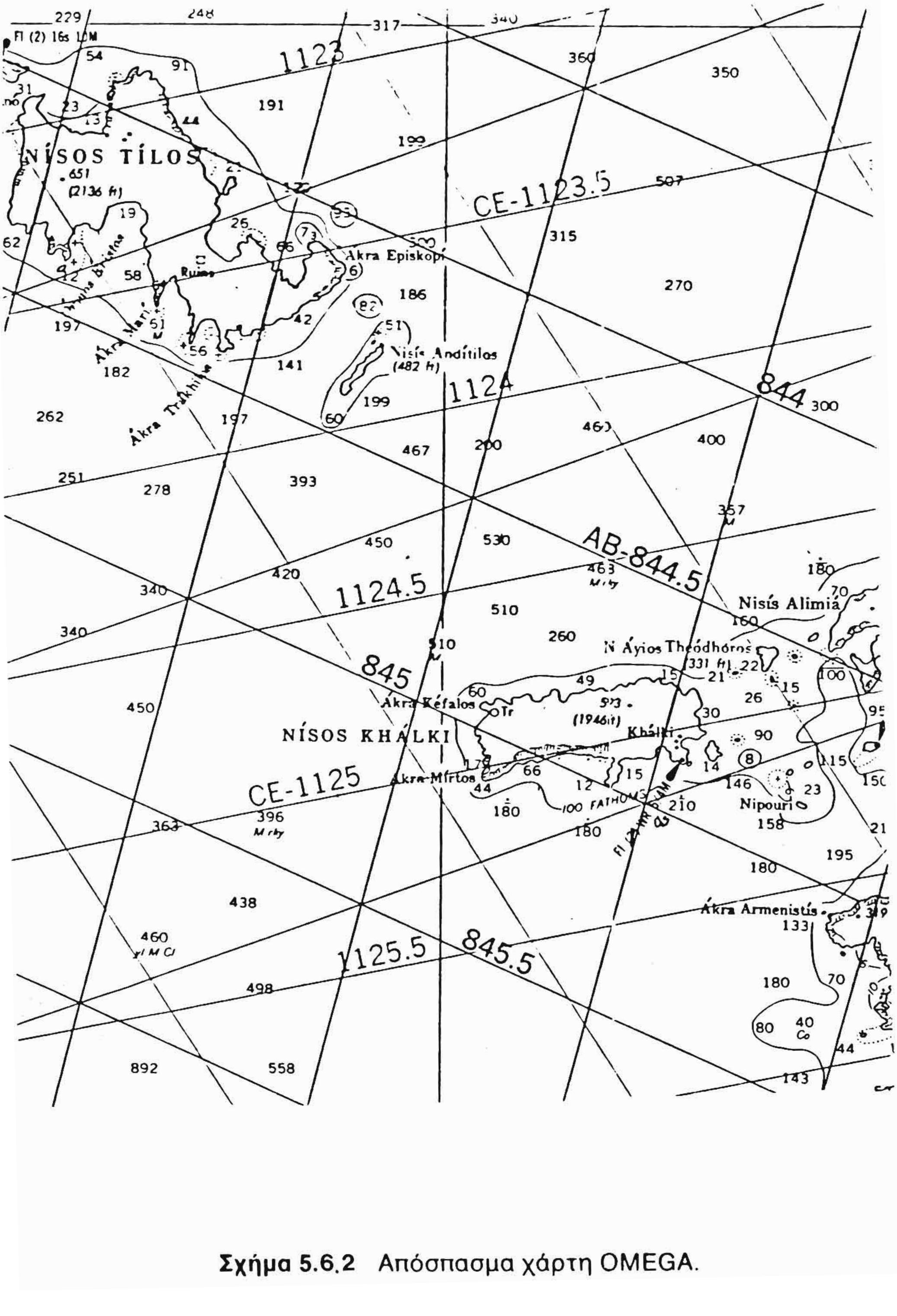
Ο δέκτης OMEGA προσδιορίζει την διαφορά φάσεως μεταξύ των σημάτων που προέρχονται από δύο σταθμούς με ακρίβεια ενός εκατοστού του διαύλου που λέγεται εκατοστοδίαυλος (centilane).

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA χαρακτηρίζονται από ένα δεκαδικό αριθμό με δύο δεκαδικά ψηφία στον οποίο, το μεν ακέραιο μέρος του δείχνει τον αριθμό του διαύλου μέσα στον οποίο βρίσκεται η αντίστοιχη υπερβολική γραμμή θέσεως το δε δεκαδικό μέρος δείχνει την ακριβή θέση της γραμμής θέσεως μέσα στον δίαυλο σε εκατοστοδίαυλους (σχήμα 5.6.1)

Στο σχήμα 5.6.2 φαίνεται ένα απόσπασμα χάρτη OMEGA στο οποίο απεικονίζονται διάφορες ομάδες υπερβολικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν σε ορισμένες γραμμές βάσεως όπως π.χ. A-B και C-E. Παρατηρούμε ότι οι απεικονιζόμενες στον χάρτη OMEGA υπερβολικές γραμμές θέσεως, λόγω του μεγάλου μήκους των γραμμών βάσεως, εμφανίζονται σαν ευθείες.



Σχήμα 5.6.1 Αρίθμηση υπερβολικών γραμμών θέσεως OMEGA



Σχήμα 5.6.2 Απόσπασμα χάρτη OMEGA.

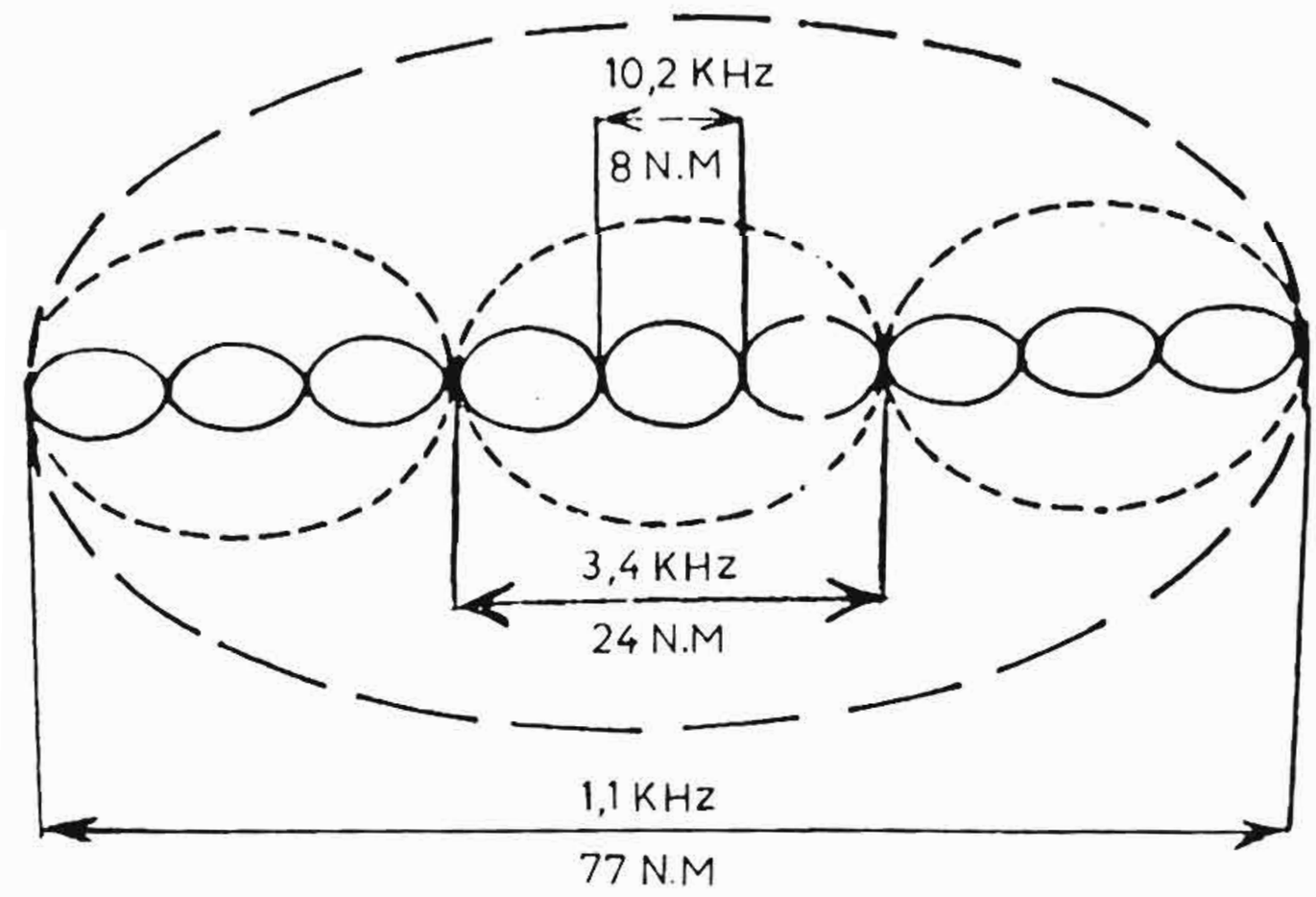
Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA που απεικονίζονται στους ναυτικούς χάρτες έχουν υπολογισθεί για διάδοση των σημάτων OMEGA με ουράνια κύματα. Στις περιπτώσεις που το στίγμα OMEGA προκύπτει και από λήψη κυμάτων εδάφους δημιουργούνται τεράστια σφάλματα που είναι δυνατό να φθάσουν μέχρι και 35 ναυτικά μίλια. Για τον λόγο αυτό στις περιοχές που είναι πιθανή η λήψη κυμάτων εδάφους οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA απεικονίζονται με διακεκομένες γραμμές για να προειδοποιούν τον ναυτιλόμενο για τον παραπάνω κίνδυνο.

Η χάραξη ενδιαμέσων γραμμών θέσεως OMEGA (από αυτές που απεικονίζονται στους χάρτες) γίνεται όπως και στο σύστημα LORAN (βλ. κεφ. 4 §4.6).

5.7 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΔΙΑΥΛΟΥ OMEGA

Όπως αναφέρθηκε και στη παράγραφο 5.5, το εύρος διαύλου OMEGA πάνω στη γραμμή βάσεως που αντιστοιχεί στη βασική συχνότητα των 10,2KHz είναι 8 περίπου ναυτικά μίλια. Για την αρχική επομένως λειτουργία του συστήματος OMEGA πρέπει να γνωρίζουμε το στίγμα αναμετρήσεως με ακρίβεια τεσσάρων τουλάχιστον ναυτικών μιλίων ώστε να προσδιοριστεί ο ακέραιο αριθμός των διαύλων.

Εν τούτοις οι περισσότεροι δέκτες OMEGA έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν εκτός από το βασικό σήμα των 10,2KHz και τα σήματα των 13,6, 11,33 και 11,05KHz και να συγκρίνουν τη διαφορά των συχνοτήτων 13,6 και 10,2KHz που είναι 3,4KHz και δίνει εύρος διαύλου 24 περίπου ν. μίλια οπότε η απαιτούμενη ακρίβεια του στίγματος για την αρχική λειτουργία του συστήματος (προσδιορισμός ακεραίου αριθμού διαύλων) αρκεί να είναι 12 ν. μίλια. (σχήμα 5.7.1).



Σχήμα 5.7.1 Αναγνώριση διαύλου OMEGA

Άν συγκριθεί η διαφορά των συχνοτήτων 11,33 και 10,2KHz, που είναι 1,13KHz και δίνει εύρος διαύλου 72 περίπου ν. μίλια, για την αρχική λειτουργία του c ιστήματος απαιτείται ακρίβεια στίγματος 36 ν. μίλια.

Τέλος άν συγκριθεί η διαφορά των συχνοτήτων 11,33 και 11,05 που είναι 0,28KHz και δίνει εύρος διαύλου 288 περίπου ν. μίλια η απαιτούμενη ακρίβεια στίγματος για την αρχική λειτουργία του συστήματος είναι μόνο 144 περίπου ν. μίλια.

5.8 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΟΥ ΩΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ OMEGA

Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται απο διάφορους παράγοντες όπως: επιδράσεις απο την διάδοση των σημάτων των σταθμών OMEGA στην ατμόσφαιρα, γεωμετρία του στίγματος, κατάσταση των σταθμών εκπομπής, χαρακτηριστικά του δέκτη κ.α.

Απο όλους τους παραπάνω παράγοντες, τα σημαντικότερα σφάλματα δημιουργούνται απο τα φαινόμενα που επηρεάζουν την διάδοση των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα. Τα σφάλματα αυτά που ορισμένες φορές ξεπερνούν και τα 8 ν. μίλια, ωφείλονται στις αποκλίσεις που παρατηρούνται μεταξύ της πραγματικής φάσεως του σήματος ενός σταθμού που μετράται σε ένα σημείο της γης και της φάσεως που υπολογίστηκε για το σημείο αυτό και απεικονίζεται στους χάρτες OMEGA με βάση ορισμένες μέσες συνθήκες διαδόσεως.

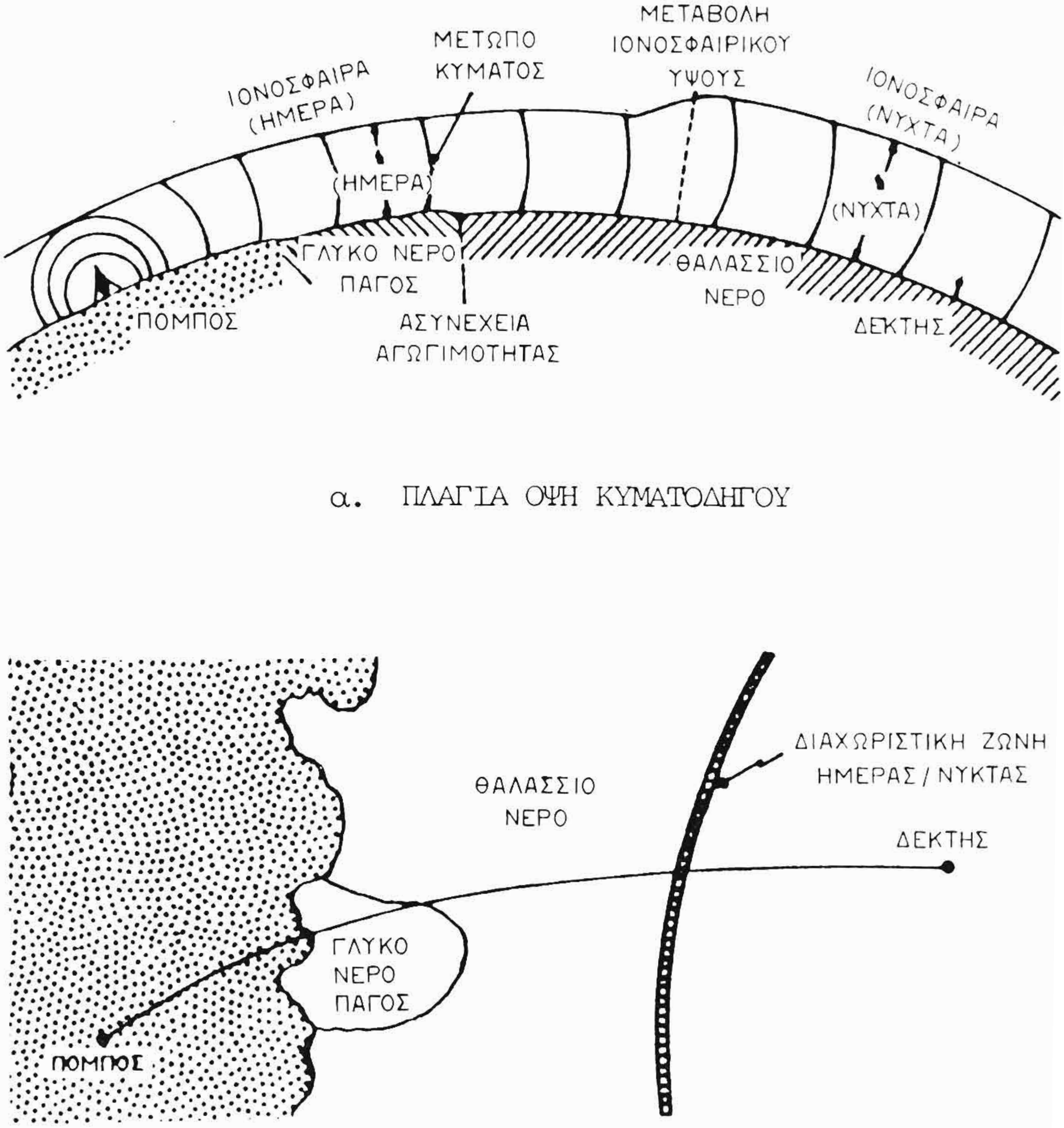
Η κατανόηση των σημαντικότερων αιτίων των σφαλμάτων που ωφείλονται στην διάδοση των σημάτων OMEGA, επιτρέπει την πληρέστερη εκμετάλευση των δυνατοτήτων του δέκτη μας και τον περιορισμό των κυριωτέρων απο τα σφάλματα αυτά, ώστε να επιτυγχάνεται ακρίβεια στίγματος της τάξεώς των 2 ν. μιλίων η και καλύτερη.

5.8.1 Γενικά χαρακτηριστικά της διαδόσεως των σημάτων OMEGA

Τα σήματα των οκτώ σταθμών του συστήματος OMEGA δαδίδονται μέσα στο τμήμα της ατμόσφαιρας που περιέχεται μεταξύ της επιφάνειας της γης και του κατώτερου στρώματος της ιονόσφαιρας. Το τμήμα αυτό της ατμόσφαιρας μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας κυματοδηγός (σχήμα 5.8.1) το ύψος του οποίου δεν είναι σταθερό αλλά μεταβάλεται ανάλογα με το ύψος της ιονόσφαιρας απο 72 Km την ημέρα σε 90 Km την νύχτα. Επίσης το ύψος της ιονόσφαιρας στις πολικές περιοχές είναι μεγαλύτερο απο οτι στις περιοχές μικρού πλάτους. Τέλος κατά την διάρκεια του καλοκαιριού το ύψος της ιονόσφαιρας είναι μεγαλύτερο απο το αντίστοιχο του χειμώνα.

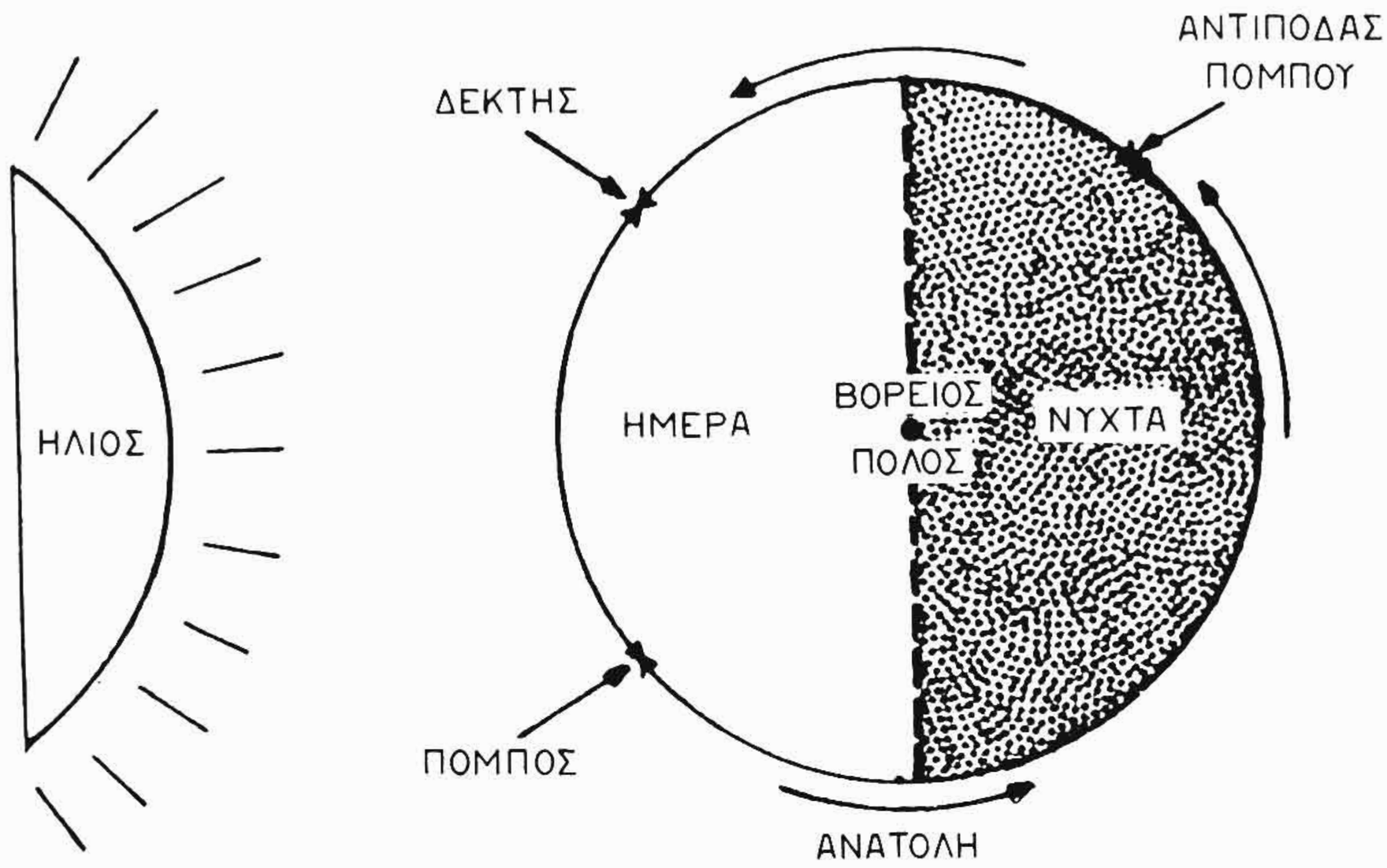
Κατά την διάδοση τους τα σήματα OMEGA ακολουθούν διαδρομές ορθοδρομικών τόξων της γηϊνης επιφάνειας και διέρχονται επάνω απο διάφορες περιοχές της γης που έχουν διαφορετική αγωγιμότητα (π.χ ξηρά, θάλασσα, παγωμένες περιοχές όπως η Γροιλανδία κλπ) με αποτέλεσμα να μεταβάλεται η ταχύτητα διαδόσεως τους.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956



Σχήμα 5.8.1 Διάδοση σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.

Η διάδοση των σημάτων OMEGA επηρεάζεται και απο το μαγνητικό πεδίο της γης με αποτέλεσμα όσα σήματα διαδίδονται προς τα δυτικά να υφίστανται μεγαλύτερη εξασθένηση απο αυτά που διαδίδονται προς τα ανατολικά. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι ότι τα σήματα που διαδίδονται προς τα ανατολικά έχουν πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια απο τα σήματα του ίδιου σταθμού που διαδίδονται προς τα δυτικά.



Σχήμα 5.8.2 Διάδοση σημάτων OMEGA μεγάλων διαδρομών

Λόγω της παραπάνω επιδράσεως του μαγνητικού πεδίου της γης είναι δυνατό, σε ορισμένα σημεία, να λαμβάνονται δυο σήματα της ίδιας εντάσεως που προέρχονται απο τον ίδιο σταθμό, αλλά διαδίδονται σε αντίθετες διευθύνσεις επάνω στο ίδιο ορθοδρομικό τόξο της γηΐνης σφαίρας. Στην περίπτωση αυτή το ενα σήμα ακολουθεί την διαδρομή του μεγαλύτερου ορθοδρομικού τόξου (>180°) και το άλλο του μικρότερου (<180°) και το ολικό σήμα που λαμβάνεται στο σημείο αυτό έχει μεν μεγάλη ένταση πλην όμως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση φάσεως.

Άλλη περίπτωση κατά την οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα λαμβανόμενα σήματα OMEGA αποτελούν τα σήματα που λαμβάνονται στο αντιδιαμετρικό σημείο (αντίποδα) του σταθμού εκπομπής, γιατί στην περίπτωση αυτή λαμβάνονται σήματα απο άπειρες διευθύνσεις (τόξα μεγίστου κύκλου που περιεχούν τα δυο αντιδιαμετικά σημεία - σταθμός και αντίποδας του) και δεν είναι δυνατή η μέτρηση της φάσεως.

Για τις επιδράσεις του ύψους της ιονόσφαιρας, της αγωγιμότητας της γήϊνης επιφάνειας και του προσανατολισμού του γήϊνου μαγνητικού πεδίου προσδιορίζονται και χρησιμοποιούνται αντίστοιχες διορθώσεις (βλ. § 5.8.5), ενώ για άλλες επιδράσεις όπως η παρεμβολή τύπων διαδόσεως (βλ. § 5.8.2) οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές (βλ. § 5.5.3) και οι διαταραχές πολικών περιοχών (βλ. § 5.8.4) δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν διορθώσεις. Εν τούτοις, επειδή οι επιδράσεις αυτές, για τις οποίες δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν διορθώσεις, δημιουργούν πολύ μεγάλα σφάλματα, η κατανόηση τους έχει ιδιαίτερη σημασία προκειμένου να καταστεί δυνατή η έμμεση αντιμετώπιση τους με την αποφυγή χρησιμοποιήσεως σημάτων που επηρεάζονται από αυτές.

5.8.2 Τύποι διαδόσεως σημάτων OMEGA

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η διάδοση των σημάτων OMEGA γίνεται στο τμήμα της ατμόσφαιρας που περιέχεται μεταξύ της επιφάνειας της γης και του κατώτερου στρώματος της ιονόσφαιρας το οποίο συμπεριφέρεται σαν κυματοδηγός.

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σ' ένα κυματοδηγό μπορεί να γίνει με διάφορους τύπους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κυματοδηγού. Οι διαφορετικοί αυτοί τύποι διαδόσεως χαρακτηρίζονται σαν:

α) Εγκάρσιοι Μαγνητικοί - Transverse Magnetic (**TM**) στους οποίους το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στην κατακόρυφο και στην διεύθυνση διαδόσεως

β) Εγκάρσιοι Ηλεκτρικοί - Transverse Electric (**TE**) στους οποίους το ηλεκτρικό πεδίο είναι κάθετο στην κατακόρυφο και στην διεύθυνση διαδόσεως.

Οι εγκάρσιοι μαγνητικοί τύποι διαδόσεως χαρακτηρίζονται με μονούς αριθμούς $\mathbf{TM_1}$, $\mathbf{TM_3}$, $\mathbf{TM_5}$ .... Ενω οι εγκάρσιοι ηλεκτρικοί χαρακτηρίζονται με ζυγούς αριθμούς $\mathbf{TE_2}$,$\mathbf{TE_4}$, $\mathbf{TE_6}$... Οι τύποι διαδόσεως που χαρακτηρίζονται με μικρότερους αριθμούς έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα φάσεως.

Στην περίπτωση της διαδόσεως των σημάτων OMEGA εξετάζονται μόνο οι τύποι διαδόσεως $\mathbf{TM_1}$ και $\mathbf{TM_2}$ γιατί οι άλλοι τύποι έχουν πολύ μικρή ένταση και δεν λαμβάνονται υπ' όψη.

Από τους δύο αυτούς τύπους διαδόσεως ο $\mathbf{TM_2}$ είναι περισσότερο έντονος στις περιοχές κοντά στον σταθμό εκπομπής ενώ στις μακρινές περιοχές ο τύπος $\mathbf{TM_2}$ μπορεί να αγνοηθεί γιατί επικρατεί ο τύπος $\mathbf{TM_1}$.Οι εντάσεις των σημάτων $\mathbf{TM_1}$ και $\mathbf{TM_2}$ για την συχνότητα των 10,2 KHz γίνονται ίσες σε αποστάσεις περίπου 100 Km από τους σταθμούς κατά την ημέρα και 400 Km κατά την νύχτα, ενώ για την συχνότητα των σημάτων 13,6 KHz οι εντάσεις των σημάτων $\mathbf{TM_1}$ και $\mathbf{TM_2}$ γίνονται ίσες σε αποστάσεις από τους σταθμούς 200 Km την ημέρα και 1800 Km την νύχτα.

Στις αποστάσεις από τους σταθμούς που δημιουργείται αμοιβαία παρεμβολή των σημάτων $\mathbf{TM_2}$ και $\mathbf{TM_1}$ δεν είναι δυνατό να γίνουν ακριβείς μετρήσεις φάσεως και για τον λόγο αυτό οι υπερβολικές γραμμές θέσεως στους αντίστοιχους χάρτες OMEGA παρουσιάζονται με διακεκομένες γραμμές.

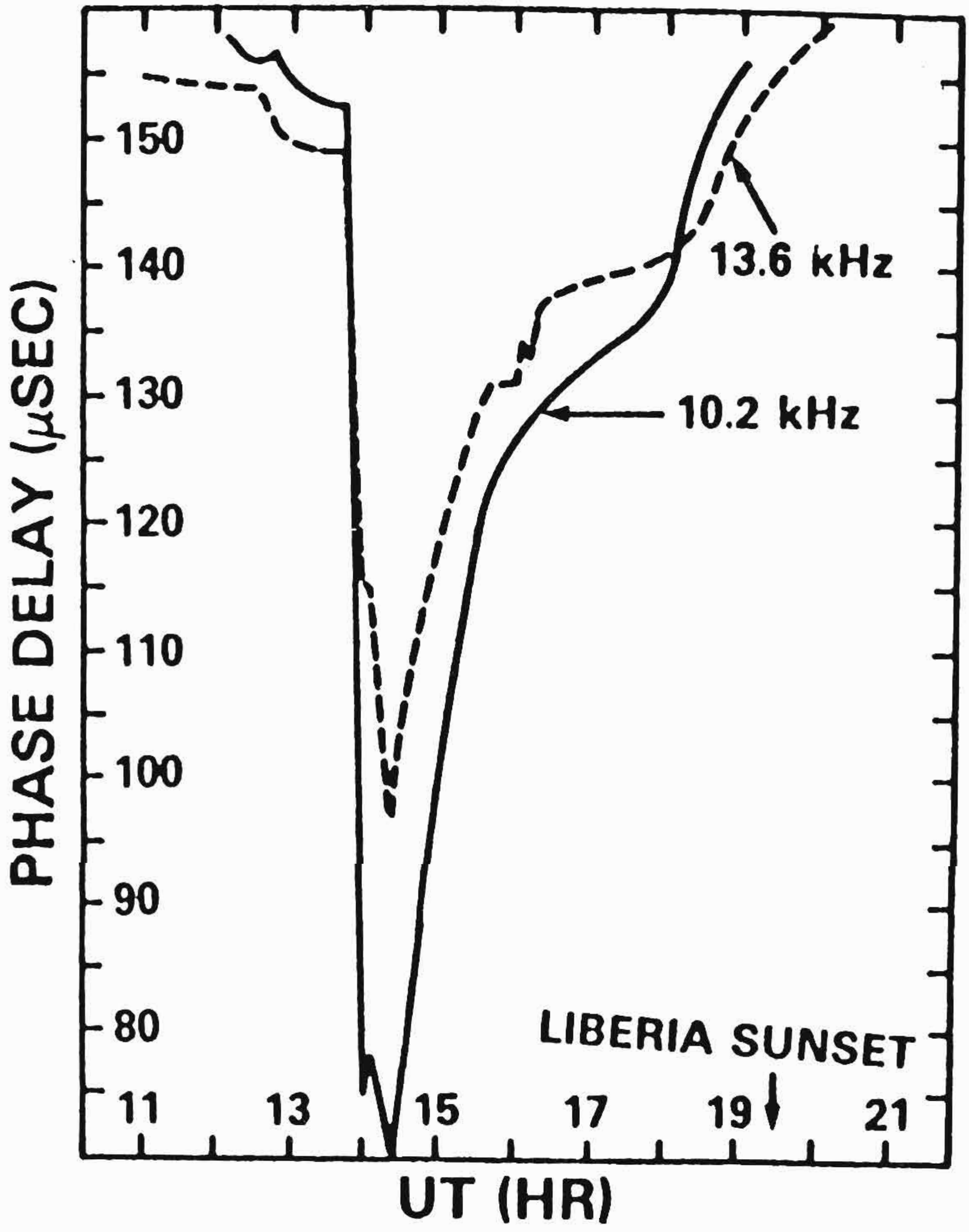
5.8.3 Αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές

Οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές - Sudden Ionospheric Disturbances - **SID** δημιουργούνται από την αυξημένη εκπομπή ακτίνων Χ από τον ήλιο που παρατηρούνται κυρίως κατά τις ηλιακές εκρήξεις.

Η εμφάνιση των αιφνίδιων ιονοσφαιρικών διαταραχών συσχετίζεται με τον εντεκαετή κύκλο των ηλιακών κυλίδων και την ζενιθιακή γωνία του ήλιου. Επομένως εμφανίζονται κυρίως σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη και

κατά την διάρκεια ενός έτους με μέγιστη εμφάνιση ήλιακών κυλίδων η αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχέες είναι δυνατό να παρατηρούνται καθημερινά.

Κατά την διάρκεια μιας αιφνίδιας ιονόσφαιρικής διαταραχής παρατηρείται μια απότομη αλλάγη της μετρούμενης φάσεως που διαρκεί για 5-10 λεπτά και στη συνέχεια αποκαθίσταται σε χρονικό διάστημα 30-40 λεπτών.



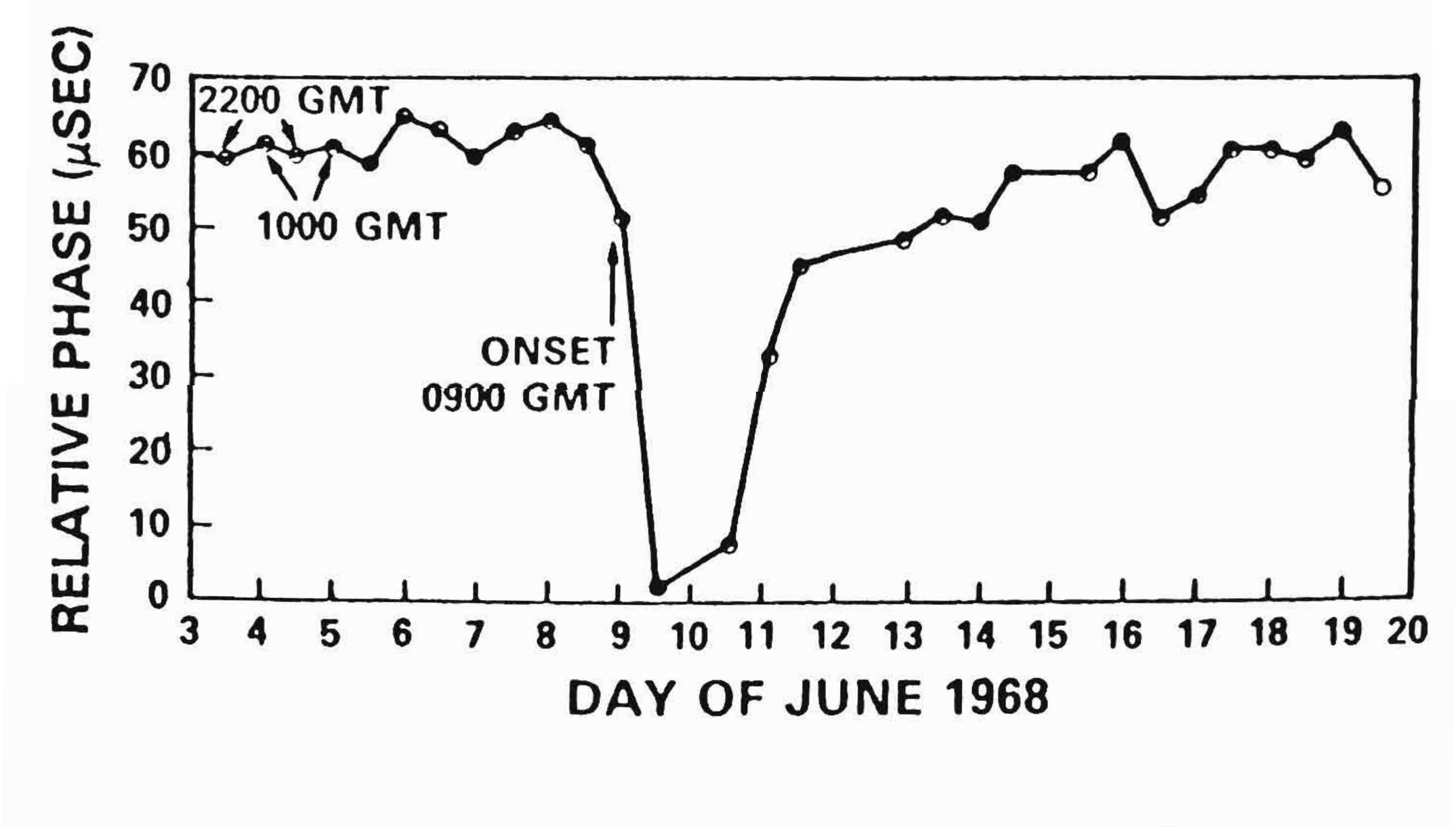
Σχήμα 5.8.3 Μεταβολή της φάσεως σήματος OMEGA κατά την διάρκεια μιας αιφνίδιας ιονοσφαιρικής διαταραχής.

Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται μόνο στο φωτιζόμενο από τον ήλιο ημισφαίριο και δημιουρεί αποκλίσεις φάσεωςή ου φθάνουν μέχρι και τους εκατό εκατοστοδιαύλους. Εν τούτοις επειδή συνήθως επηρεάζονται οι εκπομπές και των δύο σταθμώνOMEGA το τελικό σφάλμα θέσεως είναι αρκετά μικρό και σπάνια ξεπερνά τα 2 ναυτικά μίλια.

5.8.4 Διαταραχές Πολικών Περιοχών

Οι διαταραχές των πολικών περιοχών (Polar Cap Disturbances) δημιουργούνται από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου της γης στα εκπεμπόμενα από τον ήλιο κατά τις ηλιακές εκρήξεις πρωτόνια. Το αποτέλεσμα της επιδράσεως αυτής είναι η ελλάτωση του ύψους του ιονοσφαιρικού στρώματος D στις πολικές περιοχές. Επειδή το φαινόμενο αυτό συνοδεύται και με απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που διαδίδονται από τις πολικές περιοχές είναι γνωστό και με το όνομα Πολικές Απορροφήσεις & Polar Cap Absortions - PCA.

Οι διαταραχές των πολικών περιοχών εμφανίζονται σπανιώτερα από ότι οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές αλλά έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια. Κατά την διάρκεια ενός έτους με μέγιστη εμφάνιση ηλιακών κηλιδων παρατηρούνται 10 περίπου διαταραχές πολικών περιοχών. Η απόκλιση της φάσεως κατά τις διαταραχές των πολικών περιοχών φθάνει από 10 εως 50 και πλέον εκατοστοδιαύλους, και δημιουργείται σε χρονικό διάστημα μερικών ωρών ενω αποκαθίσταται μετά από μερικές ημέρες.



Σχήμα 5.8.4 Μεταβολή της φάσεως σήματος OMEGA κατά την διάρκεια διαταραχών πολικών περιοχών. [Morris et al. 1986]

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η αποφυγή των επιπτώσεων των διαταραχών των πολικών περιοχών οι οποίες είναι δυνατό να δημιουργήσουν σφάλματα μέχρι και 8 ναυτικά μίλια, η εμφάνιση τους γνωστοποιείται στους ναυτιλόμενους με την εκπομή ειδικών προαγγελιών για τους ναυτιλομένους (Hydrolant / Hydropac Navigational Warnings). Με τον τρόπο αυτό ο ναυτιλόμενος για τον προσδιορισμό του στίγματος του ανάλογα με την θέση του επιλέγει σήματα άλλων σταθμών με μη πολικές διαδρομές.

Pub. 224 (109-C) D

OMEGA PROPAGATION CORRECTION TABLES

FOR 10.2 kHz

AREA 09

NORTHWEST PACIFIC

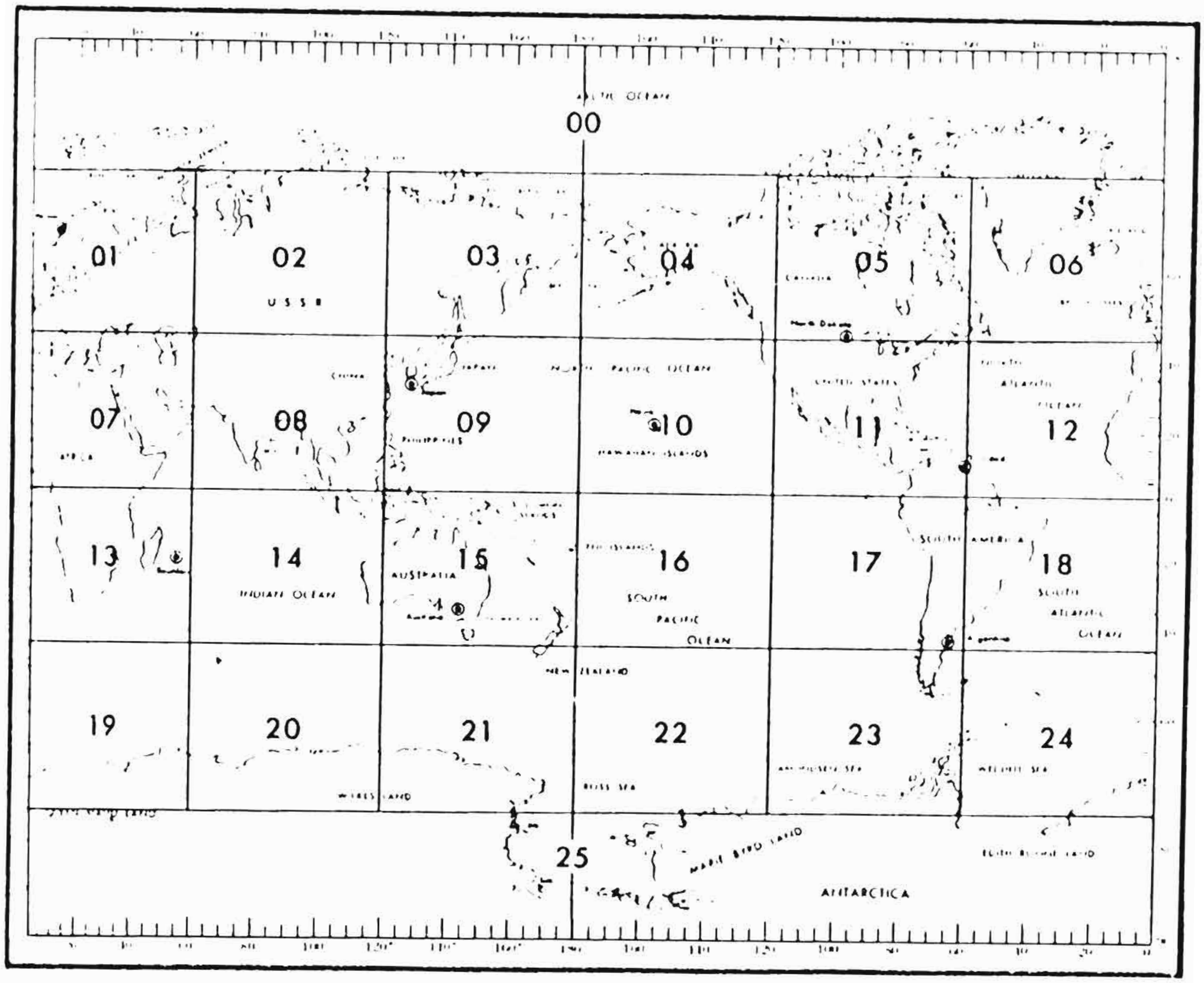
STATION D (NORTH DAKOTA)



Prepared and published by the
DEFENSE MAPPING AGENCY HYDROGRAPHIC CENTER
Washington D C 20390
Reprinted 1976

For sale by authorized Sales Agents of the Defense Mapping Agency Hydrographic Center
DMA STOCK NO OMPUB224109CD

Σχήμα 5.8.5 Πίνακες διορθώσεως για την διάδοση των σημάτων OMEGA



Σχήμα 5.8.6 Περιοχές καλύψεως πινάκων διορθώσεων σημάτων OMEGA

5.8.5 Διορθώσεις Διαδόσεως Σημάτων OMEGA

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (§ 5.8.1) για τα πιο συνηθισμένα σφάλματα λόγω διαδόσεως των σημάτων OMEGA είναι δυνατό να προσδιοριστούν διόρθωσεις με βάση την ανάλυση μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων. Οι διορθώσεις περιλαμβάνουν τις αποκλίσεις που ωφείλονται στην μεταβολή του ύψους της ιονόσφαιρας, στον προσανατολισμό του γηΐνου μαγνητικού πεδίου και στην αγωγιμότητα της γηΐνης επιφάνειας.

Οι διορθώσεις αυτές περιέχονται στους πίνακες "OMEGA Propagation Correction Tables" που εκδόθηκαν από την χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας των ΗΠΑ DMA (Defense Mapping Agency). Οι πίνακες αυτοί προορίζονται για διόρθωση των μετρήσεων που γίνονται με ορισμένους παλαιού τύπου δέκτες OMEGA ενω με τους νεώτερους δέκτες δεν απαιτείται χρησιμοποίηση των πινάκων αυτών γιατί τα στοιχεία τους είναι καταχωρημένα στην μόνιμη μνήμη του ενσωματωμένου στον δέκτη μικροεπεξεργαστού και οι διορθώσεις γίνονται αυτόματα από τον δέκτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΦΑΣΕΩΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΤΑ 10,2 KHz ΣΤΑΘΜΟΥ N DACOTA

(αποσπάσματα απο τους πίνακες OMEGA PROPAGATION CORRECTION TABLES εκδόσεως DMA/HTC)

LOCATION 20.0 N 160.0 E
STATION D NORTH DAKOTA

DATE	GMT 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1-15 JAN	-19	-26	-35	-46	-58	-71	-87	-98	-101	-103	-103	-103	-103	-103	-104	-103	-90	-80	-68	-58	-28	-7	-9	-8	-13	-19
16-31 JAN	-15	-23	-33	-42	-54	-68	-84	-97	-101	-102	-103	-103	-103	-103	-104	-102	-88	-78	-65	-50	-25	-5	-7	-8	-7	-15
1-14 FEB	-8	-19	-28	-38	-49	-63	-80	-98	-100	-102	-103	-103	-103	-103	-104	-98	-85	-73	-61	-45	-20	-3	-4	-2	-3	-8
15-29 FEB	-3	-12	-22	-33	-45	-59	-76	-92	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-103	-92	-78	-60	-56	-38	-13	-2	-2	1	1	-3
1-15 MAR	1	-7	-18	-28	-41	-58	-72	-90	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-100	-88	-73	-63	-80	-32	-7	-1	0	3	0	1
16-31 MAR	4	-2	-12	-24	-36	-50	-68	-87	-98	-101	-103	-103	-103	-103	-93	-79	-69	-50	-44	-29	-2	0	2	5	6	4
1-15 APR	7	2	-8	-19	-31	-45	-63	-84	-97	-101	-102	-103	-99	-84	-73	-63	-81	-37	-16	0	8	5	7	8	7	
16-30 APR	8	4	-4	-15	-27	-41	-58	-80	-96	-100	-102	-103	-92	-79	-67	-58	-46	-30	-10	1	5	6	8	9	8	
1-15 MAY	9	7	0	-11	-23	-37	-54	-77	-94	-99	-102	-99	-88	-73	-63	-53	-40	-26	-6	2	4	8	9	10	9	
16-31 MAY	10	8	2	-8	-20	-33	-49	-72	-92	-99	-101	-93	-81	-69	-60	-50	-37	-23	-3	2	5	8	10	11	10	
1-15 JUN	11	9	3	-5	-17	-30	-46	-68	-89	-98	-100	-90	-78	-67	-59	-49	-37	-21	-3	2	6	9	11	11	11	
16-30 JUN	11	9	4	-4	-16	-29	-43	-66	-88	-97	-100	-90	-78	-67	-60	-49	-37	-21	-3	2	5	9	11	11	11	
1-15 JUL	11	9	4	-5	-16	-29	-44	-66	-88	-97	-100	-91	-79	-69	-60	-51	-37	-23	-5	2	5	8	10	11	11	
16-31 JUL	10	9	3	-6	-18	-31	-46	-68	-89	-98	-101	-94	-83	-72	-62	-51	-42	-25	-7	2	5	8	10	11	10	
1-15 AUG	10	7	1	-10	-22	-35	-51	-74	-92	-99	-102	-101	-87	-76	-66	-55	-45	-29	-10	1	4	7	9	10	10	
16-31 AUG	8	5	-3	-15	-27	-40	-57	-79	-95	-100	-102	-103	-93	-80	-69	-57	-48	-33	-13	1	3	6	8	9	8	
1-15 SEP	6	1	-9	-20	-33	-47	-65	-86	-97	-101	-102	-103	-99	-84	-74	-63	-51	-36	-15	0	2	4	7	7	6	
16-30 SEP	3	-4	-15	-27	-39	-54	-73	-91	-99	-102	-103	-103	-103	-90	-77	-65	-55	-39	-19	0	0	3	5	5	3	
1-15 OCT	-2	-11	-22	-33	-46	-61	-80	-95	-100	-102	-103	-103	-103	-94	-82	-71	-59	-44	-24	-1	-1	1	3	3	-2	
16-31 OCT	-7	-18	-28	-39	-52	-67	-85	-97	-101	-102	-103	-103	-103	-100	-85	-76	-63	-49	-28	-3	-3	-1	1	-1	-7	
1-15 NOV	-14	-24	-34	-44	-57	-72	-89	-99	-101	-103	-103	-103	-103	-104	-96	-85	-73	-61	-43	-11	-7	-7	-6	-11	-19	
16-30 NOV	-19	-27	-36	-48	-60	-75	-90	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-104	-98	-85	-73	-61	-43	-11	-7	-7	-6	-11	-19	
1-15 DEC	-21	-29	-38	-49	-61	-75	-91	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-104	-100	-88	-77	-66	-48	-18	-8	-9	-8	-16	-21	
16-31 DEC	-20	-28	-38	-48	-60	-74	-89	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-104	-102	-91	-79	-68	-52	-26	-8	-10	-9	-15	-20	

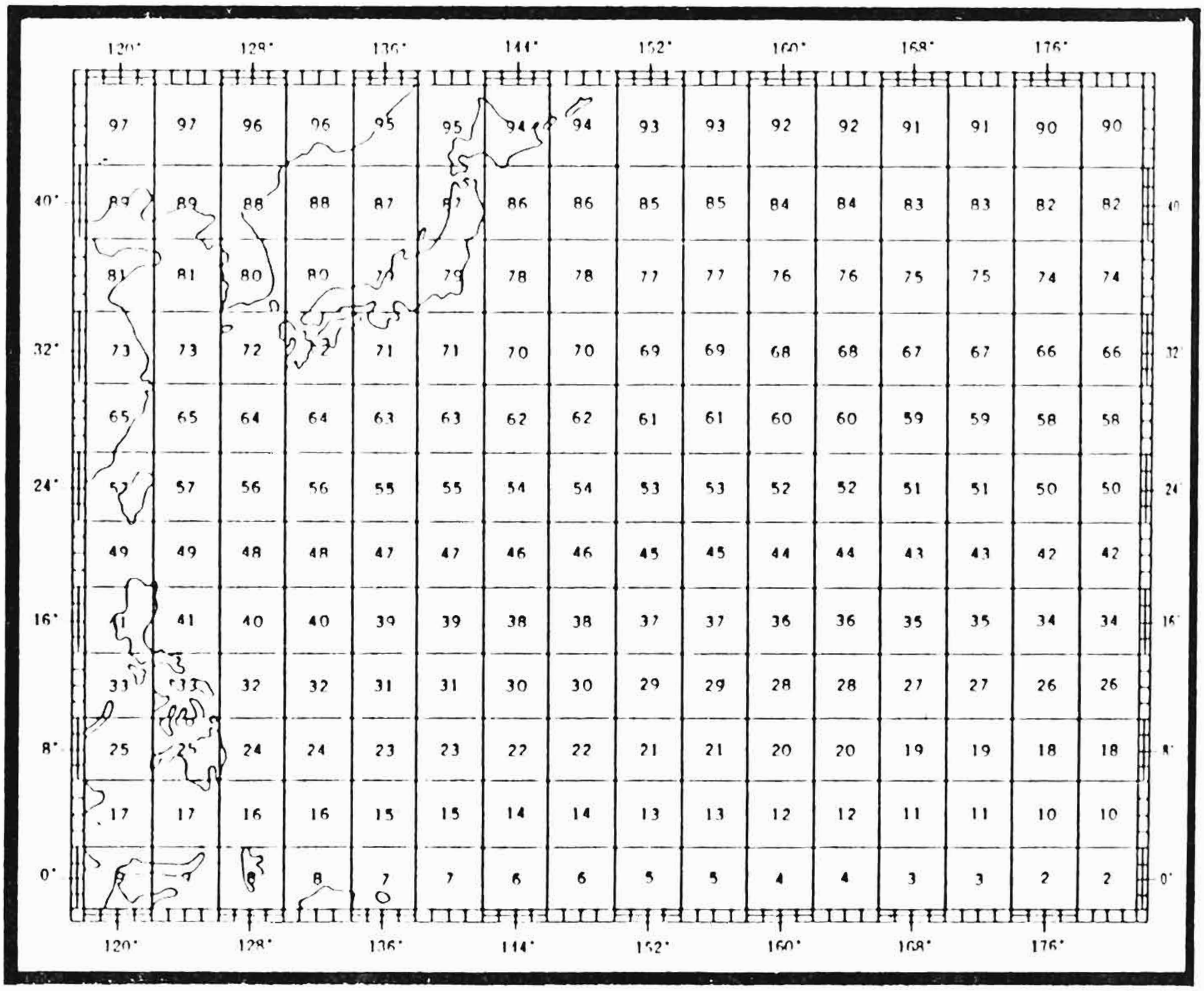
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΦΑΣΕΩΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΤΑ 10,2 KHz ΣΤΑΘΜΟΥ H JAPAN

(αποσπάσματα απο τους πίνακες OMEGA PROPAGATION CORRECTION TABLES εκδόσεως DMA/HTC)

LOCATION 20.0 N 160.0 E
STATION H JAPAN

DATE	GMT 00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1-15 JAN	-9	-8	-7	-7	-8	-9	-11	-21	-36	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-39	-21	-9	-10	-9
16-31 JAN	-9	-8	-7	-7	-7	-8	-10	-18	-33	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-39	-21	-8	-10	-9
1-14 FEB	-9	-7	-6	-6	-7	-8	-9	-15	-30	-41	-45	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-37	-19	-8	-10	-9
15-29 FEB	-8	-6	-6	-5	-6	-7	-9	-14	-27	-39	-44	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-33	-14	-8	-10	-8
1-15 MAR	-7	-6	-5	-5	-5	-7	-8	-12	-25	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-28	-9	-9	-9	-7
16-31 MAR	-7	-5	-4	-4	-5	-6	-8	-11	-23	-36	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-46	-22	-6	-9	-9	-7
1-15 APR	-6	-5	-4	-4	-5	-6	-8	-11	-21	-34	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-41	-15	-7	-10	-8	-6
16-30 APR	-5	-4	-4	-4	-4	-6	-7	-10	-19	-33	-42	-45	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-35	-8	-9	-9	-7	-5
1-15 MAY	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-10	-18	-31	-41	-45	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-28	-6	-9	-9	-7	-5
16-31 MAY	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-17	-29	-39	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-24	-6	-10	-9	-7	-5
1-15 JUN	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-15	-27	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-22	-7	-10	-9	-7	-5
16-30 JUN	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-15	-26	-37	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-23	-7	-10	-9	-7	-5
1-15 JUL	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-14	-26	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-24	-6	-10	-9	-7	-5
16-31 JUL	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-15	-27	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-29	-6	-9	-9	-7	-5
1-15 AUG	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-7	-9	-16	-29	-40	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-34	-8	-9	-10	-7	-5
16-31 AUG	-6	-4	-4	-4	-4	-5	-7	-10	-19	-32	-41	-45	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-38	-11	-8	-10	-7	-6
1-15 SEP	-6	-5	-4	-4	-5	-6	-8	-11	-22	-36	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-40	-15	-7	-10	-8	-6
16-30 SEP	-6	-5	-4	-4	-5	-7	-8	-13	-26	-39	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-42	-18	-7	-9	-8	-6
1-15 OCT	-7	-5	-5	-5	-6	-7	-9	-16	-31	-41	-45	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-43	-20	-7	-9	-9	-7
16-31 OCT	-7	-6	-6	-6	-7	-8	-10	-20	-34	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-45	-24	-9	-9	-9	-7
1-15 NOV	-8	-7	-6	-6	-7	-9	-12	-23	-37	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-47	-28	-12	-9	-10	-8
16-30 NOV	-9	-7	-7	-7	-8	-9	-13	-25	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-47	-30	-13	-9	-10	-9
1-15 DEC	-9	-8	-7	-7	-8	-9	-13	-25	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-35	-18	-9	-10	-9
16-31 DEC	-9	-8	-7	-7	-8	-9	-12	-24	-38	-44	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-37	-19	-9	-10	-9



Σχήμα 5.8.7 Διαγραμματικό ευρετήριο διορθώσεων σημάτων OMEGA

Οι πίνακες διορθώσεων για την διάδοση των σημάτων OMEGA για τα σήματα κάθε ενός από τους οκτώ σταθμούς OMEGA έχουν εκδοθεί σε διάφορους τόμους (σχήμα 5.8.5) κάθε ένας από τους οποίους καλύπτει μια από τις 26 περιοχές του σχήματος (5.8.6). Μετά το εξώφυλο κάθε τόμου υπάρχει χάρτης της αντίστοιχης περιοχής καλύψεως (σχήμα 5.8.7) στον οποίο φαίνεται για διάφορες υποπεριοχές που συνήθως είναι τετράγωνα 40 πλάτος × 40 μήκος οι σελίδα του τόμου στην οποία περιέχονται οι αντίστοιχες διορθώσεις (πίνακες (5.1 και 5.2)

Οι διορθώσεις των πινάκων αυτών έχουν υπολογισθεί για περιοχές που καλύπτουν 4° πλάτος και μήκος : 4° για πλάτη ο εως 45°, 60° για πλάτη 45° εως 60° και 8° για πλάτη μεταξύ 60° και 80°. Επιπλέον για τις πολικές περιοχές με πλάτη μεταξύ 70° και 90° οι διορθώσεις έχουν υπολογισθεί για περιοχές που καλύπτουν 4° πλάτος και 20° μήκος.

Ένα παράδειγμα χρησιμοποιήσεως των πινάκων αυτών παρουσιάζεται στην § 5.11.4

5.9 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ OMEGA.

Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία υπολογίζονται τα σφάλματα που ωφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA. Με την πάροδο του χρόνου όσο συγκεντρώνονται και αναλύονται περισσότερα στοιχεία για τα σφάλματα αυτά και αναθεωρούνται οι πίνακες διορθώσεων για την διάδοση των σημάτων OMEGA (OMEGA Propagation Correction Tables) τόσο καλλίτερη ακρίβεια θα επιτυγχάνεται.

Χαρακτηριστικές τιμές της ακρίβειας του στίγματος OMEGA κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι:

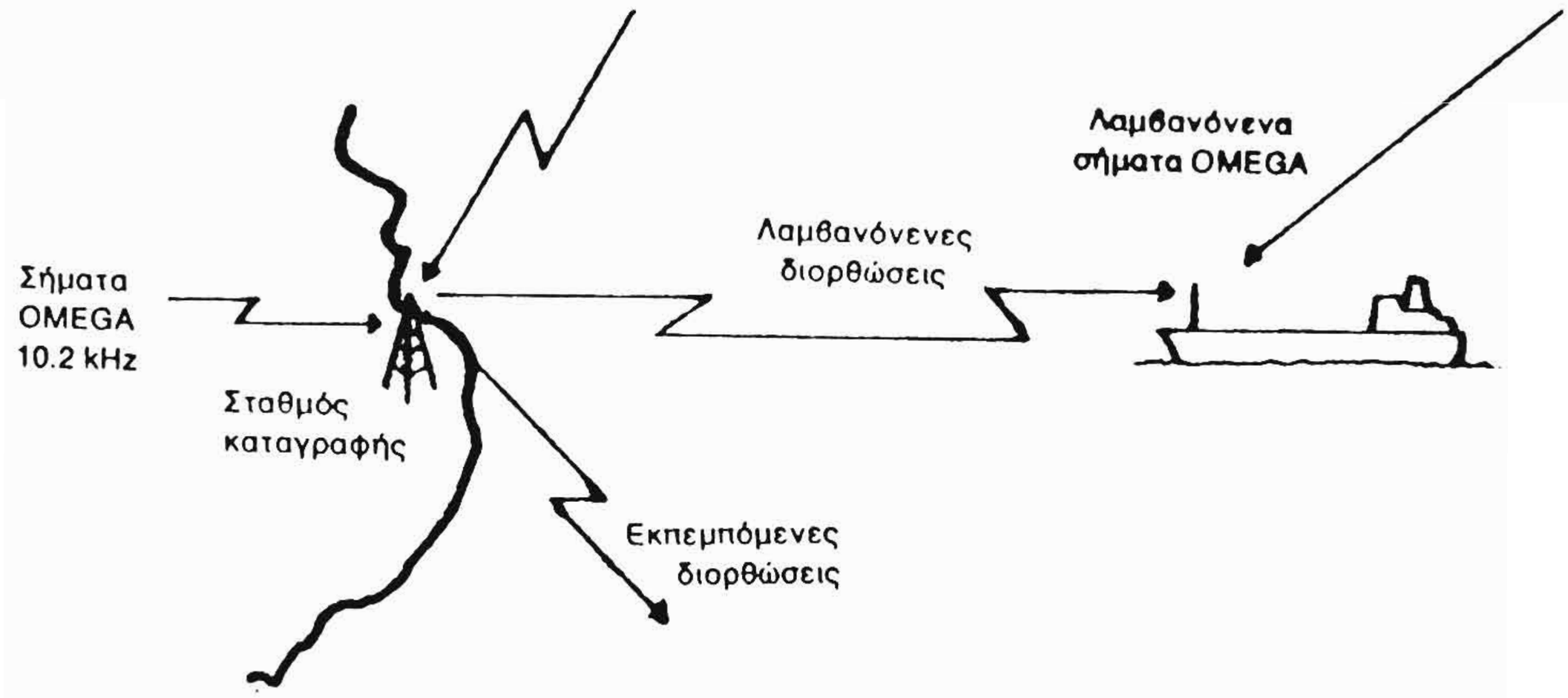
1_{drms} (κύκλος αβεβαιότητας 68%) 2 ναυτικά μίλια και,

2_{drms} (κύκλος αβεβαιότητας 95%) 4 ναυτικά μίλια.

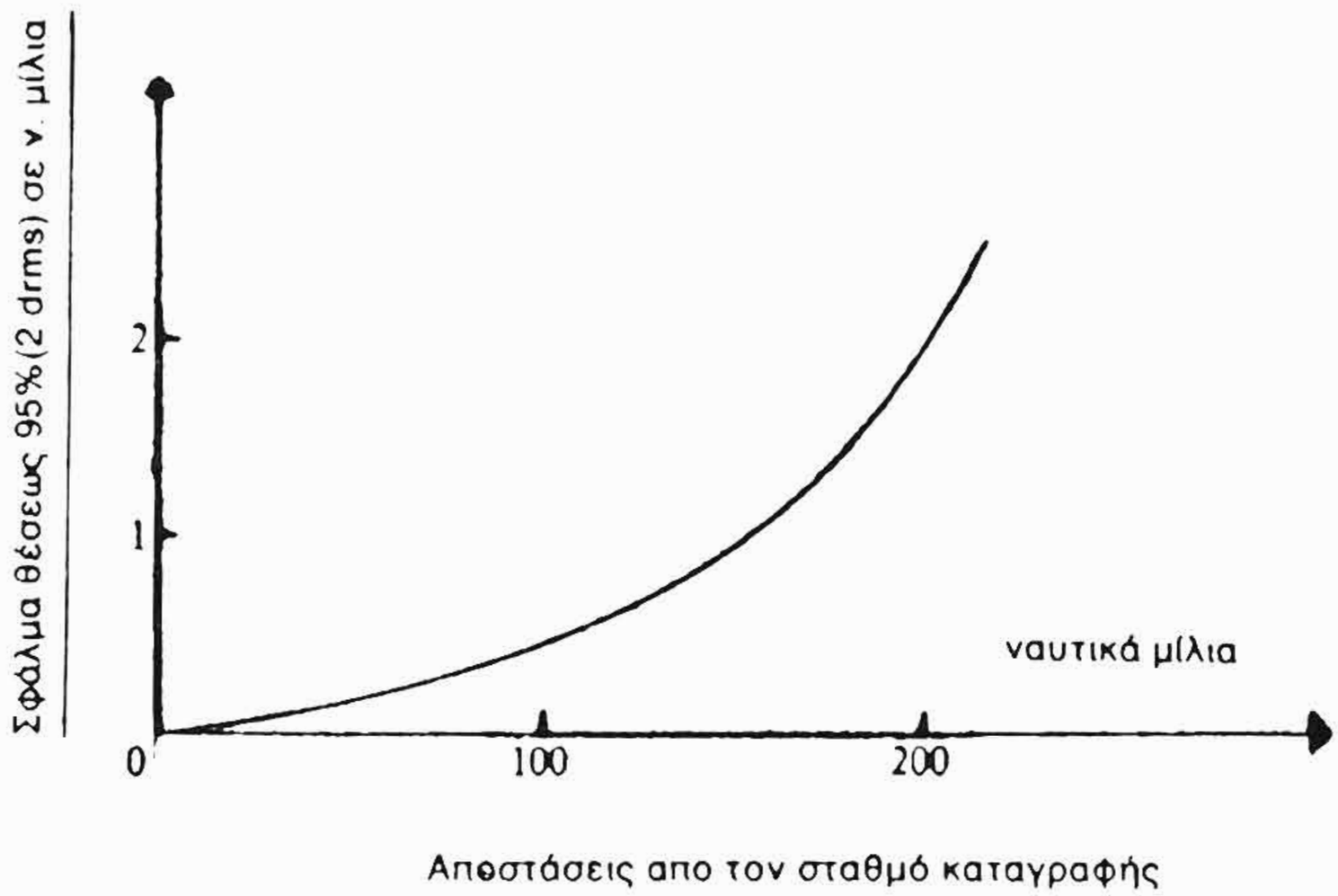
5.10 ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ OMEGA

Προκειμένου να ξεπεραστεί το μειονέκτημα της μικρής ακρίβειας του στίγματος OMEGA που ωφείλεται στην αδυναμία προβλέψεως όλων των σφαλμάτων διαδόσεως των σημάτων έχει δημιουργηθεί το Διαφορικό OMEGA (Differential Omega) που παρέχει ένα τρόπο αμέσου διορθώσεως των σφαλμάτων.

Στο Διαφορικό OMEGA τα διάφορα σφάλματα στη μέτρηση της φάσεως προσδιορίζοντας με ακρίβεια και σε άμεσο χρόνο με τη λήψη των σημάτων OMEGA σε δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις και σύγκριση της φάσεως που μετράται στον δέκτη με την τιμή που έπρεπε να είχε κανονικά στην συνέχεια οι διορθώσεις που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό εκπέμπονται προς τα πλοία για άμεση χρησιμοποίηση.(σχήμα 5.10.1)



Σχήμα 5.10.1 Διαφορικό OMEGA.

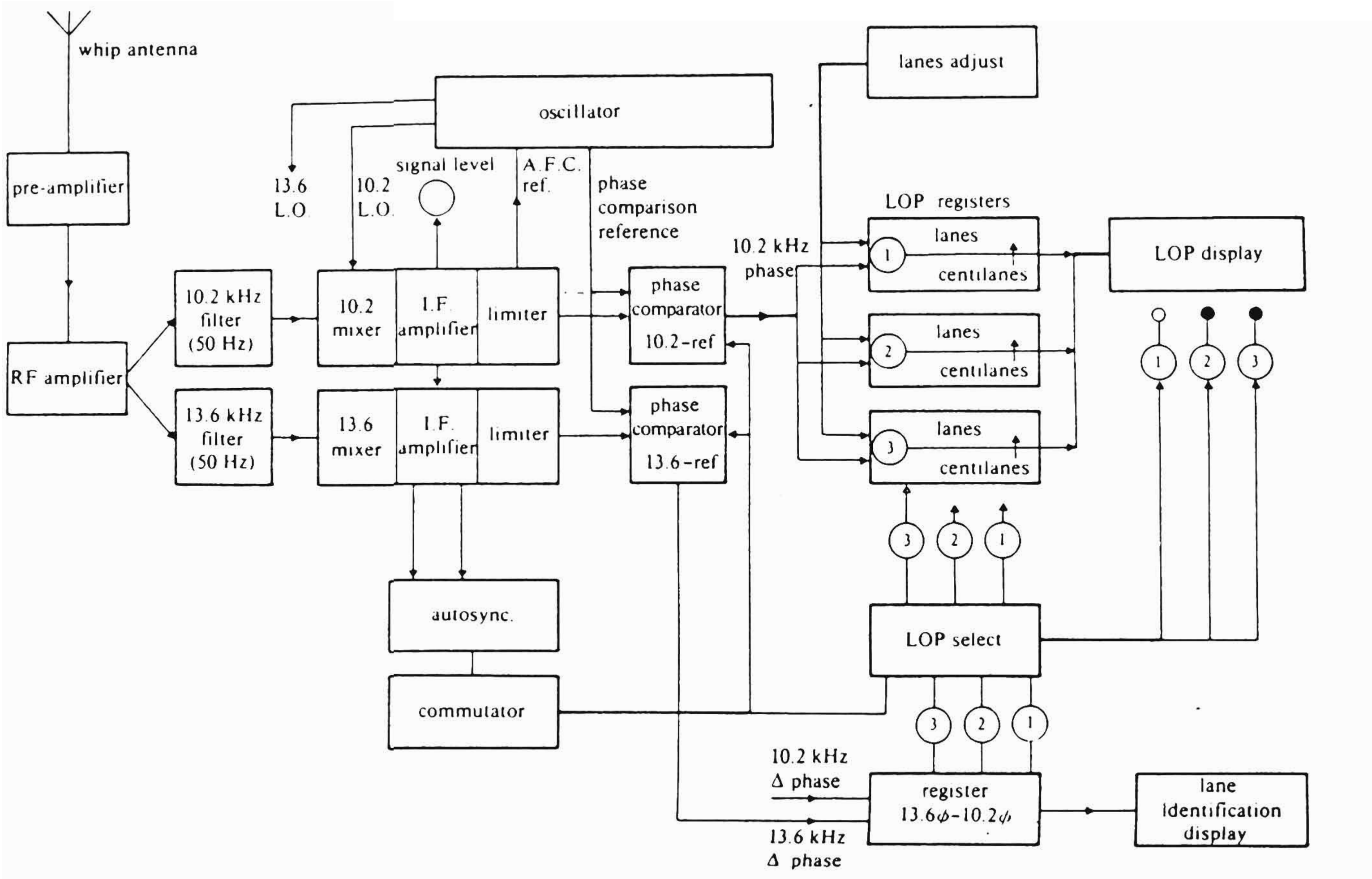


Σχήμα 5.10.2 Διάγραμμα ακριβείας διαφορικού OMEGA

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται 15 ραδιοφάροι που λαμβάνουν τα σήματα από τους σταθμούς OMEGA και αφού συγκρίνουν τη φάση που μετρούν με την θεωρητική τιμή που αναμένεται (για το στίγμα του ραδιοφάρου) εκπέμπουν τις απαραίτητες διορθώσεις και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ακρίβεια της τάξεως του 0,25 ν. μιλίου για αποστάσεις μέχρι 50 ν. μίλια από τον ραδιοφάρο και 1-1,5 μίλι για αποστάσεις μέχρι 300 ν. μίλια από τον ραδιοφάρο.(σχήμα 5.10.2)

Οι επόμενοι ραδιοφάροι εκπέμπουν διορθώσεις διαφορικού OMEGA για τα σήματα OMEGA που χρησιμοποιούνται στην περιοχή λήψεως της εκπομπής του ραδριοφάρου.

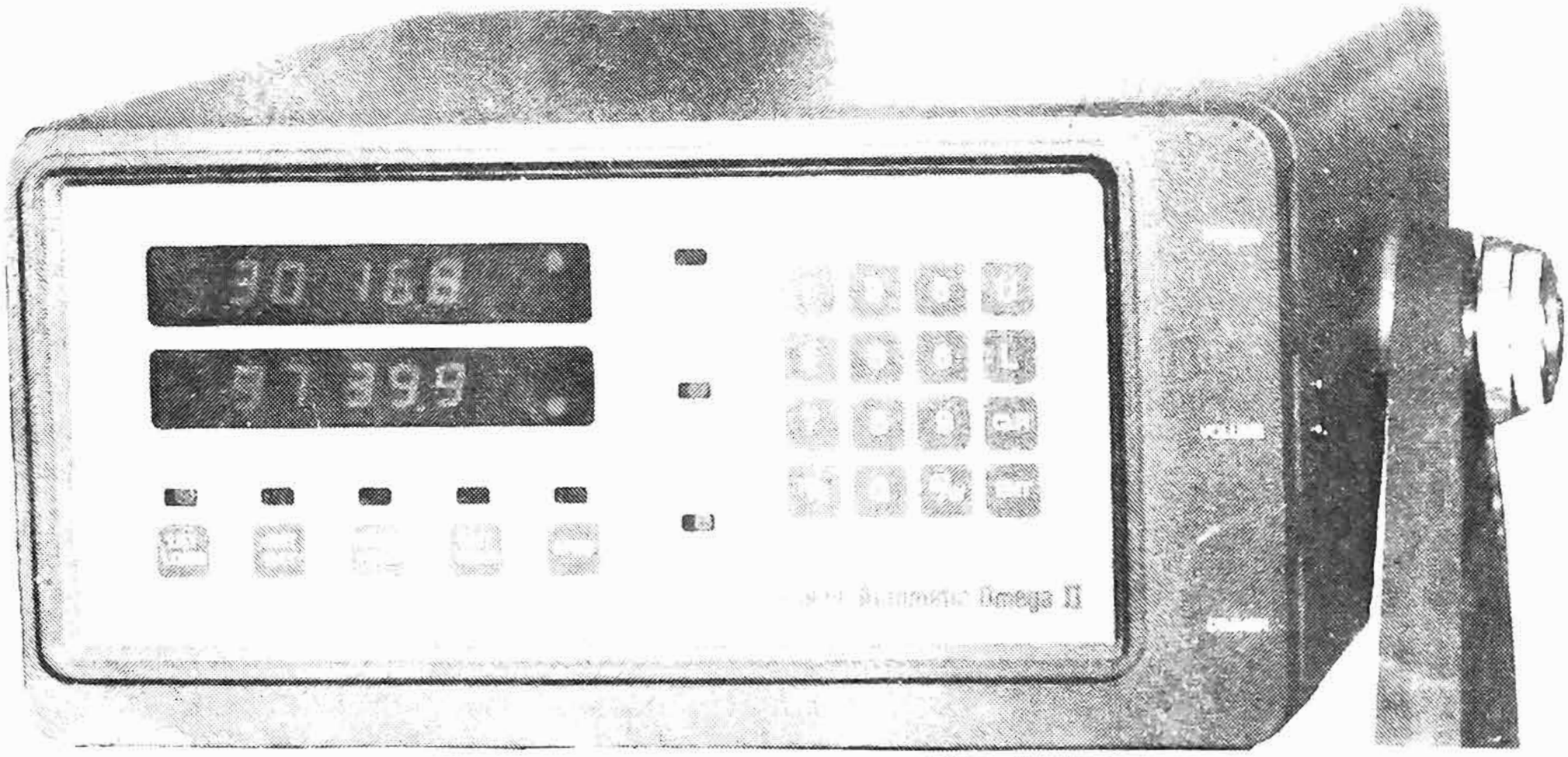
ΡΑΔΙΟΦΑΡΟΙ	ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΚΟΣ
Cap Cris Nez	50°52 N	1°35 E
Point de Céac h	48°28 N	5°08 W
Ile d' Yeu	46°43 N	2°23 W
Cabo Finisterre	42°53 N	9°16 W
Lagos, Portugal	37°10 N	8°37 W
Cabo de Palos	37°38 N	0°41 W
Porquerolles	42°59 N	6°12 E
Horta	38°31 N	28°41 W
Porto Santo	33°04 N	16°21 W
Cap Bon, Tunisia	37°04 N	11°03 E
La Isleta	28°10 N	15°25 W
Pointe - à - Pitre	16°16 N	61°32 W
Punta Tuna	17°59 N	65°53 W
Port Bouët, Ivory Coast	5°15 N	3°58 W
Tête de Galantry	46°46 N	56°09 W



Σχήμα 5.11.1 Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας δέκτη OMEGA

5.11 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΔΕΚΤΩΝ OMEGA

Σχετικά με τις αρχές λειτουργίας των δεκτών OMEGA έχει ήδη αναπτυχθεί ο τρόπος μετρήσεως της διαφοράς φάσεως στον δέκτη (βλ. § 5.3), ο συγχρονισμός του δέκτη (§ 5.4) καθώς και ο τρόπος αναγνωρίσεως διάυλου στον δέκτη (§ 5.7). Στο σχήμα 5.11.1 φαίνεται ένα σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας ενός τυπικού σύγχρονου δέκτη OMEGA.



Σχήμα 5.11.2 Σύγχρονος τύπος αυτόματου δέκτη OMEGA

5.11.1 Κατηγορίες δεκτών OMEGA

Οι δέκτες OMEGA μπορούν να ταξινομηθούν στις επόμενες δύο κατηγορίες :

α) Παλαιοί δέκτες OMEGA που κατασκευάστηκαν κατά την δεκατεία του 1960 μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1970.

β) Νεώτεροι δέκτες που κατασκευάσθηκαν μετά 1975 περίπου.

Παλαιοί δέκτες OMEGA

Οι παλαιοί δέκτες OMEGA έχουν πάρα πολλά μειωνεκτήματα έναντι των σύγχρονων δεκτών τα κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής :

α. Είναι ογκώδεις και απαιτούν πολύπλοκες διαδικασίες χειρισμού.

β. Οι μετρήσεις τους πρέπει να διορθωθούν με χρησιμοποίηση πινάκων.

γ. Δεν παρέχουν στοιχεία πλάτους και μήκους αλλά μόνο διαφορές φάσεως.

δ. Οι περισσότεροι από αυτούς δεν έχουν δυνατότητα αναγνωρίσεως διαύλου.

Σύγχρονοι δέκτες OMEGA

Σε αντίθεση με τους παλαιούς οι νέωτεροι δέκτες OMEGA παρέχουν τετάστιες ευκολίες στον χρήστηοι κυριώτερες από τις οποίες είναι οι εξής :

- Είναι πολύ μικρών διαστάσεων (σχήμα 5.11.2) και απλοί στον χειρισμό τους.

- Έχουν την δυνατότητα εκτελέσεως αυτόματου συγχρονισμού και αναγνωρίσεως διάυλου..

- Δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση πινάκων διορθώσεων για την διάδοση των σημάτων OMEGA γιατί οι διορθώσεις αυτές περιέχονται στην μνήμη του ενσωματωμένου στον δέκτη μικρουπολογιστή και γίνονται αυτομάτως.

- Εκτός από τις μετρούμενες διαφορές φάσεως παρέχουν το στίγμα και με ενδείξεις πλάτους και μήκους.

- Με την βοήθεια του ενσωματωμένου στον δέκτη μικρουπολογιστή παρέχουν την δυνατότητα επιλύσεως διαφορών ναυτιλιακών προβλημάτων όπως π.χ. ακολουθείται πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού επίλυση προβλημάτων ορθοδρομίας κλπ. (βλ. Κεφ. 10)

5.11.2 Τρόπος χρησιμοποιήσεως του δέκτη OMEGA

Για τον καθορισμό του στίγματος με τον δέκτη OMEGA πρέπει να γίνουν ορισμένες διαδικασίες, μερικές από τις οποίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του δέκτη είναι δυνατό να γίνουν αυτόματα ή να απαιτούν μεγαλλίτερη η μικρότερη επέμβαση του χειριστή όπως περιγράφεται στο εγχειρίδιο με τις οδηγίες χρήσεως του συγκεκριμένου δέκτου του πλοίου μας. Εν τούτοις παρά τις διάφορες μεταξύ των διαφόρων δεκτών OMEGA οι διαδικασίες αυτές είναι σε γενικές γραμμές κοινές και είναι οι εξής :

α. Επιλογή των σταθμών OMEGA

β. Προσδιορισμός ολικού αριθμού τωνδιαύλων

γ. Συγχρονισμός του δέκτη

δ. Μετρήσεις διαφορών φάσεως

ε. Διορθώσεις των μετρηθέντων φάσεων γιά την διάδοση των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα

στ. Προσδιορισμός στίγματος

Στους σύγχρονους αυτόματους δέκτες OMEGA, όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται αυτόματα με απλή καταχώρηση του στίγματος αναμετρήσεως.

Επιλογή των σταθμών OMEGA

Η επιλογή των σταθμών OMEGA στους μη αυτόματους δέκτες γίνεται από το χειριστή με βάση τη γεωμετρία του στίγματος (βλ. Κεφ. 3 § 3.5.1) και τις τυχόν υφιστάμενες ανώμαλες συνθήκες διαδόσεως των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα (βλ. § 5.8). Στους σύγχρονους αυτόματους δέκτες OMEGA η επιλογή των σταθμών γίνεται αυτόματα με απλή καταχώρηση του στίγματος, αναμετρήσεως. Ορισμένοι από τους δέκτες αυτούς έχουν τη δυνατότητα εκτός από την αυτόματη επιλογή των σταθμών που έχουν την καλλίτερη γεωμετρία στίγματος, να απορρίπτουν τους σταθμούς γιά τους οποίους εμφανίζονται παρεμβολές τύπων διαδόσεως (βλ. § 5.8.2). Γιά τον σκοπό αυτό οι δέκτες αυτοί έχουν καταχωρημένα στη μνήμη τους όλα τα απαραίτητα στοιχεία.

Προσδιορισμός ακέραιου αριθμού των διαύλων

Ο αριθμός αυτός (βλ. § 3.3.3 & § 5.7) στους παλαιότερους δέκτες προσδιορίζεται από τον χειριστή με τοποθέτηση του στίγματος αναμετρήσεως στον χάρτη OMEGA της περιοχής και ανάγνωση των αντιστοίχων τιμών (βλ. σχήμα 5.6.2). Οι σύγχρονοι δέκτες OMEGA προσδιορίζουν αυτόματα τον ακέραιο αριθμό των διαύλων με βάση το στίγμα αναμετρήσεως που παρέχεται από τον χειριστή.

Συγχρονισμός του δέκτη

Η διαδικασία αυτή που περιγράφηκε στην § 5.4 γίνεται σύμφωνα με τις ειδικές οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως της συσκευής του πλοίου μας.

Μετρήσεις φάσεως/διορθώσεις διαδόσεως/προσδιορισμός στίγματος

Οι μετρήσεις φάσεως γίνονται από τον δέκτη ανάλογα με τους σταθμούς που επελέγησαν και εμφανίζονται στον ενδείκτη του.

Στους παλαιότερους δέκτες OMEGA μετά την ανάγνωση των μετρήσεων αυτών ο χειριστής γιά τον προσδιορισμό του στίγματος θα πρέπει :

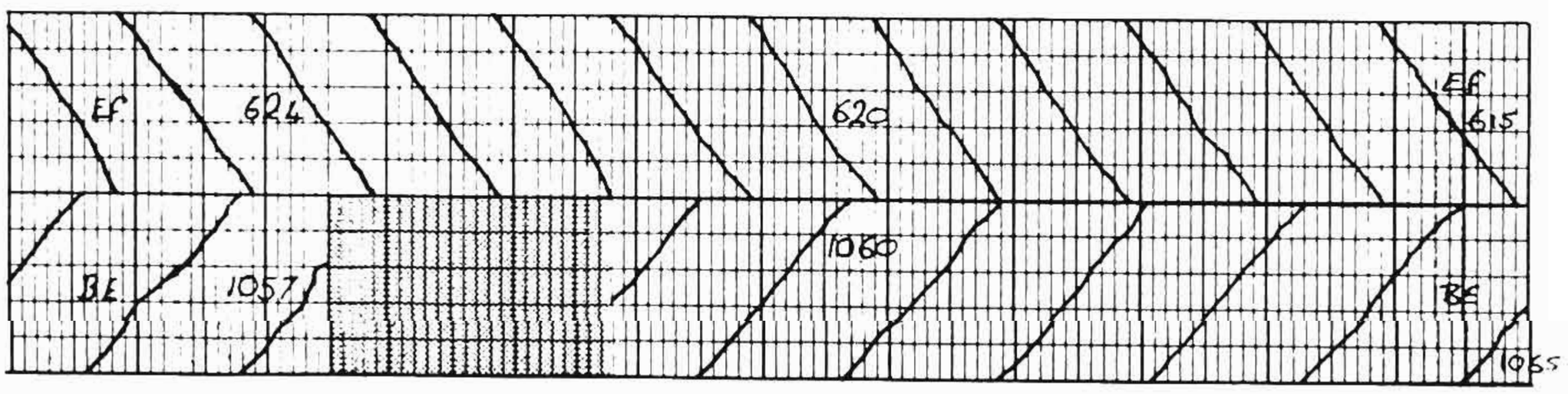
1) Να διορθώσει τις μετρηθείσες φάσεις (διαφορές φάσεως) γιά την διάδοση των σημάτων στην ατμόσφαιρα σύμφωνα με τα στοιχεία των πινάκων OMEGA Propagation Correction Tables. (βλ. § 5.11.4)

2) Με βάση τις διορθωμένες διαφορές φάσεως, να προσδιορίσει το στίγμα του χρησιμοποιώντας, είτε τους ειδικούς χάρτες OMEGA επάνω στους οποίους είναι χαραγμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες διαφορές φάσεως, είτε τους πίνακες συντεταγμένων OMEGA (OMEGA LATICE TABLES) με την βοήθεια των οποίων μπορεί να σχεδιάσει τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως επάνω στον κοινό ναυτικό χάρτη ή σε άλλο φύλλο υποτυπώσεως (βλ. § 5.11.4).

5.11.3 Υποτυπωτής διαφορών φάσεως OMEGA

Αρκετοί δέκτες OMEGA έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με υποτυπωτές φάσεως όπως αυτός του σχήματος 5.11.4. Με την βοήθεια των υποτύπωτων αυτών ο ναυτιλόμενος παρακολουθεί την συνεχή καταγραφή των μετρούμενωναπό τον δέκτη διαφορών φάσεως. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατός ο έλεγχος των μετρούμενων διαφορών φάσεως και ο εντοπισμός οποιασδήποτε ανωμαλίας όπως π.χ. η απότομη αλλαγή του ακέραιου αριθμού των διαύλων, που λέγεται ολίσθηση διαύλου (lane slip) και δημιουργείται από διάφορα αίτια όπως π.χ. στιγμιαία διακοπή της λειτουργίας του δέκτη ανώμαλες συνθήκες διαδόσεως κλπ.

Στον υποτυπωτή φάσεως του σχήματος 5.11.4 καταγράφονται οι φάσεις που μετρούνται από δύο ζεύγη σταθμών ενώ σε άλλους υποτυπωτές είναι δυνατό να καταγράφονται μετρήσεις που προέρχονται από τρία ζεύγη. Κατά την αυτόματη καταγραφή των μετρούμενων διαφορών φάσεως, πρέπει να γίνεται παραβολή με τις αντίστοιχές ενδείξεις του δέκτη και να σημειώνονται με το χέρι τα απαραίτητα στοιχεία επάνω στο καταγραφικό χαρτί.



Σχήμα 5.11.4 Υποτυπωτής διαφόρων φάσεως OMEGA

5.11.4 Παράδειγμα χρησιμοποιήσεως πινάκων OMEGA για διορθώσεις διαδόσεως σημάτων και προσδιορισμό στίγματος

Στις 0400 Z της 5ης Φεβρουαρίου ένα πλοίο βρίσκεται σε στίγμα αναμετρήσεως : Φ = 21° 36′ N λ = 161° 15′ E και χρησιμοποιώντας τον δέκτη OMEGA λαμβάνει μια ένδειξη διαφοράς φάσεως μεταξύ των σημάτων των σταθμών D και H ίση με 1090.15.

Ζητείται : α) Να διορθωθεί η μετρηθείσα διαφορά φάσεως για τις επιδράσεις της διαδόσεως των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.

β) Να χαραχθεί η αντίστοιχη γραμμή θέσεως σε φύλλο υποτυπώσεως η κοινό ναυτικό χάρτη.

α. Διορθώσεις λόγω διαδόσεως σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα

Για την διόρθωση της μετρηθείσας διαφοράς φάσεως χρησιμοποιούμε τους πίνακες OMEGA Propagation Correction Tables (βλ. §5.8) των σταθμών D και H που αναφέρονται στην περιοχή του στίγματος αναμετρήσεως (περιοχή 09 σχήματος 5.8). Με την βοήθεια των διαγραμματικών ευρετηρίων των παραπάνω πινάκων, που έχουν την μορφή του σχήματος 5.8, προσδιορίζουμε τις σελίδες των πινάκων που παρέχουν διορθώσεις για το τετράγωνο των 4° πλάτους × 4° μήκους που αντιστοιχεί στο στίγμα αναμετρήσεως. Έστω ότι οι πίνακες αυτοί είναι οι πίνακες 5.1 και 5.2. Με βάση τα στοιχεία των πινάκων αυτών έχουμε :

Με βάση τα στοιχεία των πινάκων αυτών έχουμε :

Διόρθωση φάσεως (PPC) σταθμού D	- 0,49
Διόρθωση φάσεως (PPC) σταθμού H	- 0,07
Διόρθωση φάσεως (PPC) για το ζεύγος D - H = (- 0,49 - 0,07) = -0,42[1]	

Ληφθείσα μετρηση	1090,15
Προσδιορισθείσα διόρθωση	- 0,42
Διορθωμένη διαφορά φάσεως (D - H)	- 1089,73

(1) Για τον προσδιορισμό της παραπάνω διορθώσεως (-0,42) που αντιστοιχεί στην ληφθείσα μέτρηση της διαφοράς φάσεως των 1090,15 μεταξύ των σταθμών D και H προσδιορίσαμε ξεχωριστά τις διορθώσεις που αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό (D και H) και στην συνέχεια αφαιρέσαμε αλγεβρικά την διόρθωση του σταθμού H από αυτή του σταθμού D. Οι διορθώσεις των πινάκων OMEGA Propagation Coreetion Tables παρέχονται σε εκατοστοδιαύλους σαν μικρότερα της μονάδας δεκαδικοί αριθμοί με δύο δεκαδικά ψηφία. (πίνακες 5.1 και 5.2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3
ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ "OMEGA LATTICE TABLES" ΓΙΑ ΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ D-H

T		D-H 1090			D-H 1091			D-H 1092			D-H 1093			D-H 1094			T
Lat																	Long
°	′	°	′	Δ	°	′	Δ	°	′	Δ	°	′	Δ	°	′	Δ	° ′
0		162	16.2E	-121	162	04.0E	-121	161	51.9E	-122	161	39.6E	-122	161	27.9E	-122	
1	N	162	18.7E	-120	162	06.5E	-121	161	54.4E	-121	161	42.3E	-121	161	30.1E	-121	
2	N	162	20.7E	-120	162	08.7E	-120	161	56.6E	-120	161	44.5E	-120	161	32.5E	-120	
3	N	162	22.4E	-119	162	10.4E	-119	161	58.5E	-119	161	46.4E	-120	161	34.4E	-120	
4	N	162	23.7E	-119	162	11.8E	-119	161	59.9E	-119	161	47.8E	-119	161	36.0E	-119	
5	N	162	24.6E	-118	162	12.8E	-119	162	00.9E	-118	161	48.0E	-119	161	37.1E	-118	
6	N	162	25.1E	-117	162	13.4E	-117	162	01.6E	-118	161	48.7E	-119	161	37.9E	-118	
7	N	162	25.2E	-116	162	13.6E	-117	162	01.8E	-117	161	50.0E	-117	161	38.3E	-117	
8	N	162	24.9E	-116	162	13.3E	-116	162	01.6E	-116	161	49.0E	-117	161	38.2E	-117	
9	N	162	24.2E	-115	162	12.6E	-115	162	01.0E	-116	161	48.3E	-116	161	37.7E	-116	
10	N	162	23.0E	-115	162	11.5E	-115	161	59.9E	-115	161	48.3E	-115	161	36.7E	-115	
11	N	162	21.4E	-114	162	09.9E	-115	161	58.3E	-115	161	46.8E	-115	161	35.3E	-115	
12	N	162	19.2E	-114	162	07.7E	-114	161	56.3E	-114	161	44.8E	-114	161	33.3E	-114	
13	N	162	16.6E	-113	162	05.3E	-114	161	53.8E	-114	161	42.3E	-114	161	30.9E	-114	
14	N	162	13.5E	-113	162	02.2E	-113	161	50.8E	-114	161	39.3E	-114	161	27.9E	-114	
15	N	162	09.8E	-113	161	58.5E	-113	161	47.2E	-113	161	35.8E	-113	161	24.5E	-113	
16	N	162	05.6E	-112	161	54.3E	-112	161	43.0E	-112	161	31.7E	-112	161	20.4E	-112	
17	N	162	00.9E	-112	161	49.5E	-112	161	38.2E	-112	161	27.0E	-112	161	15.7E	-112	
18	N	161	55.3E	-112	161	44.1E	-112	161	32.9E	-111	161	21.7E	-112	161	10.4E	-112	
19	N	161	49.2E	-111	161	38.1E	-111	161	26.9E	-112	161	15.6E	-112	161	04.4E	-111	
20	N	161	42.4E	-111	161	31.3E	-111	161	20.1E	-111	161	09.0E	-111	160	57.8E	-111	
21	N	161	34.9E	-110	161	23.8E	-111	161	12.7E	-111	161	01.6E	-111	160	50.4E	-111	
22	N	161	26.7E	-110	161	15.6E	-110	161	04.5E	-111	160	53.4E	-111	160	42.3E	-111	
23	N	161	17.6E	-110	161	06.6E	-110	160	55.5E	-111	160	44.3E	-111	160	33.3E	-110	
24	N	161	07.7E	-110	160	56.6E	-110	160	45.6E	-110	160	34.5E	-111	160	23.3E	-111	
25	N	160	56.9E	-110	160	45.9E	-110	160	34.8E	-111	160	23.6E	-110	160	12.6E	-110	
26	N	160	45.1E	-110	160	34.1E	-110	160	23.0E	-111	160	11.9E	-110	160	00.8E	-110	
27	N	160	32.3E	-110	160	21.3E	-110	160	10.1E	-111	159	59.0E	-110	159	48.0E	-110	
28	N	160	18.4E	-110	160	07.3E	-110	159	56.2E	-111	159	45.1E	-111	159	34.0E	-110	
29	N	160	03.3E	-110	159	52.2E	-111	159	41.0E	-111	159	29.9E	-111	159	18.8E	-110	
30	N	159	46.9E	-110	159	35.8E	-111	159	24.6E	-111	159	13.4E	-111	159	02.3E	-111	
31	N	159	29.2E	-111	159	18.0E	-111	159	06.8E	-112	158	55.6E	-111	159	44.4E	-111	
32	N	159	10.0E	-112	158	58.7E	-112	158	47.5E	-112	158	36.3E	-112	158	25.1E	-112	
33	N	158	49.3E	-112	158	37.9E	-113	158	26.6E	-112	158	15.3E	-112	158	04.1E	-113	
34	N	158	26.8E	-113	158	15.4E	-114	158	04.0E	-113	157	52.6E	-113	157	41.3E	-113	
35	N	158	02.4E	-114	157	50.9E	-114	157	39.5E	-114	157	28.0E	-114	157	16.5E	-115	
36	N	157	36.1E	-115	157	24.4E	-115	157	12.9E	-115	157	01.4E	-115	156	49.7E	-116	
37	N	157	07.5E	-117	156	55.9E	-116	156	44.1E	-116	156	32.4E	-117	156	20.7E	-117	
38	N	156	36.5E	-118	156	24.7E	-118	156	12.9E	-118	156	01.0E	-119	155	49.1E	-118	
39	N	156	03.0E	-119	155	51.0E	-120	155	38.9E	-120	155	26.8E	-120	155	14.8E	-120	
40	N	155	26.5E	-121	155	14.3E	-122	155	02.0E	-122	154	49.7E	-122	154	37.4E	-122	
41	N	154	48.8E	-124	154	34.1E	-124	154	21.7E	-123	154	09.2E	-124	153	56.8E	-125	
42	N	154	03.5E	-127	153	50.7E	-123	153	37.8E	-128	153	25.1E	-127	153	12.2E	-128	
43	N	153	16.1E	-131	153	03.0E	-131	152	49.9E	-131	152	36.7E	-132	152	23.5E	-132	
44	N	152	24.4E	-134	152	10.9E	-135	151	57.3E	-135	151	43.7E	-135	151	30.1E	-136	
45	N	151	27.5E	-139	151	13.5E	-140	150	59.4E	-140	150	45.3E	-140	150	31.2E	-141	

T	D-H 1090	D-H 1091	D-H 1092	D-H 1093	D-H 1094	T

θ. Χάραξη γραμμής θέσεως

Για την χάραξη της γραμμής θέσεως OMEGA που αντιστοιχεί στην διορθωμένη διαφορά φάσεως 1089,73 μεταξύ των σταθμών D και H χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων συντεταγμένων OMEGA (OMEGA Lattice Tables) του αντίστοιχου ζεύγους σταθμών (D - H).

Οι πίνακες αυτοί, απόσπασμα των οποίων αποτελεί ο πίνακας 5.3, παρέχουν για κάθε ακέραια τιμή διαφοράς φάσεως τις συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως.

Με την βοήθεια των πινάκων αυτών μπορούμε, για κάθε μια διαφορά φάσεως που αντιστοιχεί στο στίγμα αναμετρήσεως να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες δύο σημείων τα οποία (όπως και στην περίπτωση του LORAN - C) χρησιμοποιούνται για την χάραξη ενός ευθυγράμμου τμήματος το οποίο αναπαριστά τμήμα της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως OMEGA.

Με βάση τα στοιχεία των πινάκων αυτών (πίνακας 5.3) και για την διορθωθήσα διαφορά φάσεως (D - H : 1089,73) έχουμε :

Διορθωμένη διαφορά φάσεως σταθμών D - H	1089,73
Πλησιέστερη πινακοποιήμενη ένδειξη πινάκων (T)	1090,00
Διαφορά	- 0,27

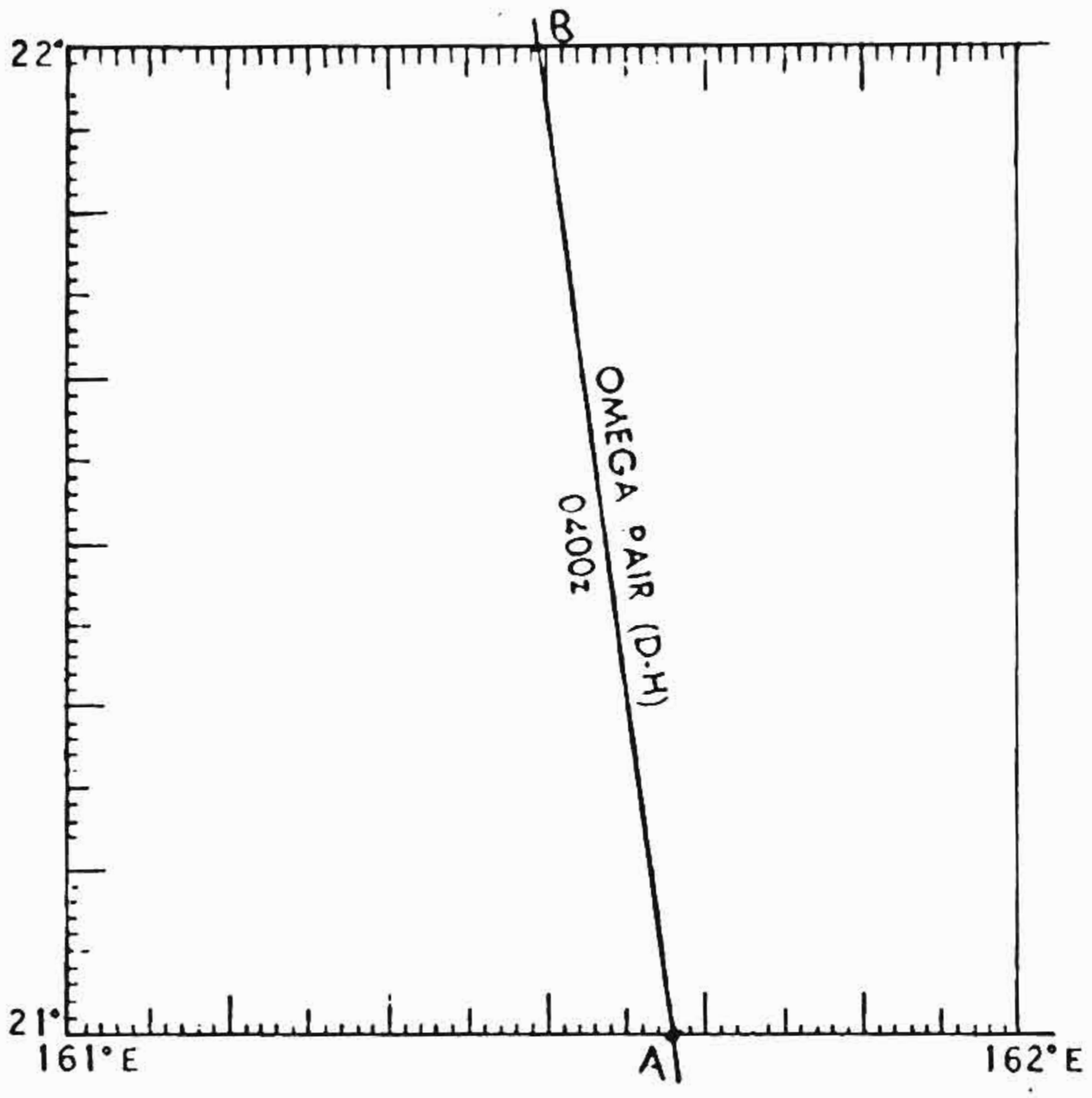
Πλάτος εισόδου	Πινακωποιημένο μήκος	Δ	Διαφορά μήκους (Διαφορά χ Δ)	Μήκος που υπολογίστηκε
21° N	161°34',9 E	-11,0	(-0,27)X(-11,0)=3,0	161°37',9 E
22° N	161°26',7 E	-11,0	(-0,27)X(-11,0)=3,0	161°29',7 E

Με τα παραπάνω στοιχεία χαράσσουμε επάνω σε φύλλο υποτυπώσεως ή σε κοινό ναυτικό χάρτη το ευθύγραμμο τμήμα AB που αναπαριστά τη γραμμή θέσεως D - H 1089,73 (σχήμα 5.11.5). Οι συντεταγμένες των σημείων A και B είναι :

σημείο A $\phi = 21^\circ 00' N$ $\lambda = 161^\circ 37',9 E$
σημείο B $\phi = 22^\circ 00' N$ $\lambda = 161^\circ 29',7 E$

---

(1) Σαν στοιχεία εισόδου στην στήλη του πλάτους των πινάκων χρησιμοποιούνται οι τιμές που περικλείουν το πλάτος αναμετρήσεως.



Σχήμα 5.11.5 Χάραξη γραμμής θέσεως OMEGA σε φύλλο υποτυπώσεως

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

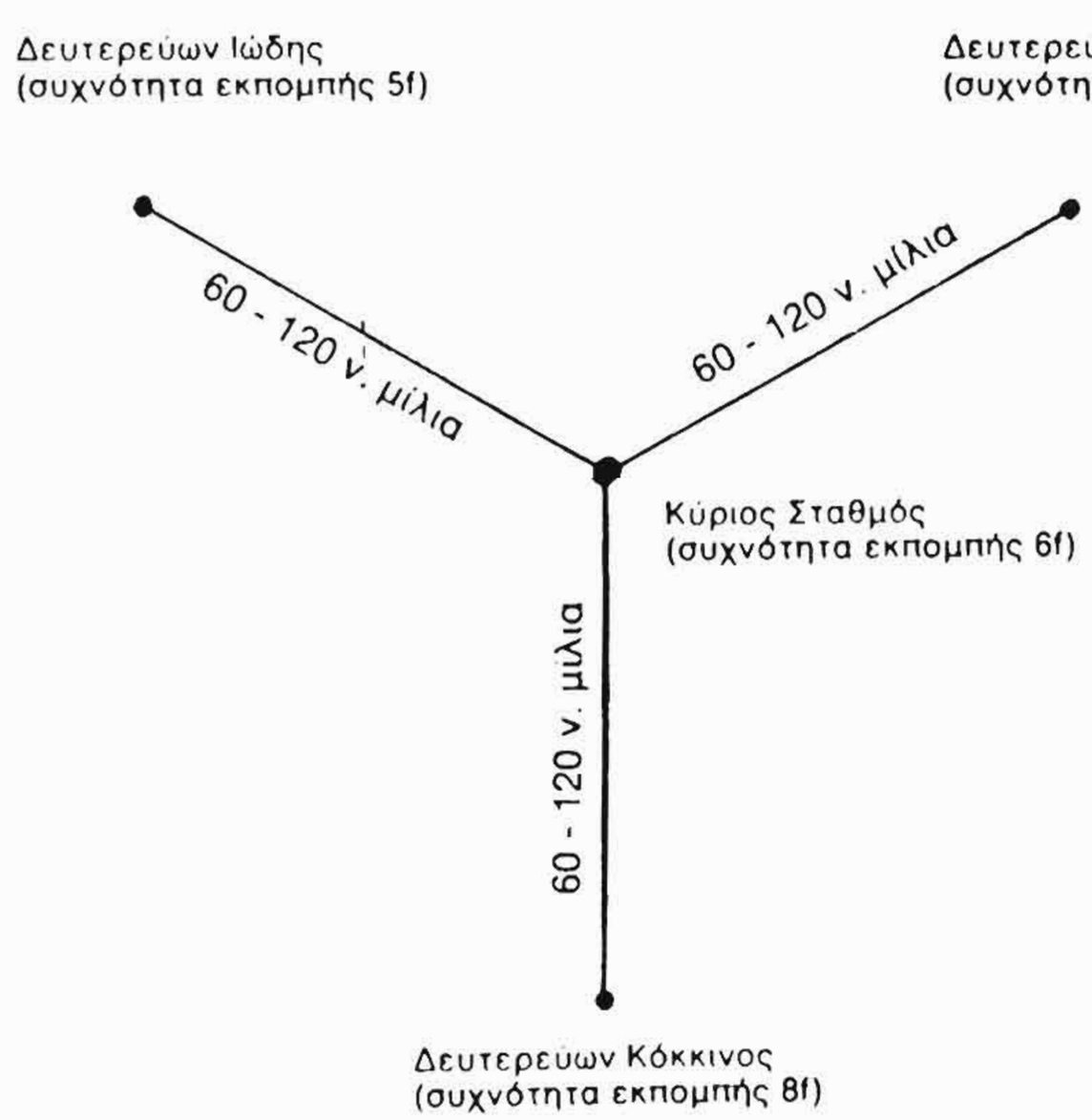
ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DECCA

Το DECCA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος μικρής - μέσης εμβέλειας και μεγάλης ακρίβειας που λειτουργεί με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως σε χαμηλές συχνότητες (70 - 130 KHz περίπου) και χρησιμοποιείται για την ναυσιπλοΐα σε ορισμένες παράκτιες περιοχές με μεγάλη ναυτιλιακή κίνηση.

6.1 ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ DECCA/ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΛΥΨΕΩΣ

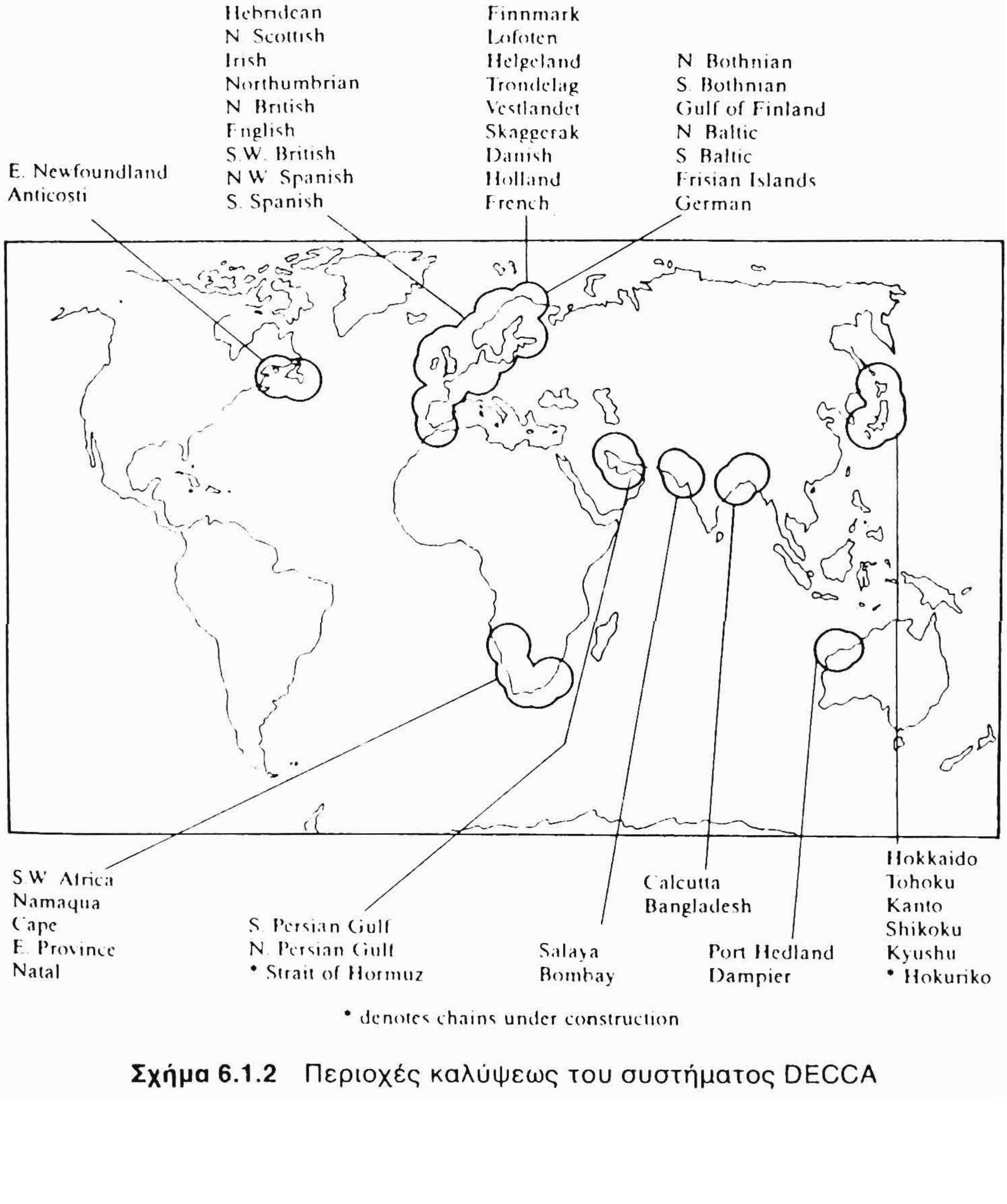
Το δύκτιο των σταθμών DECCA αποτελείται από αλυσίδες (ομάδες) σταθμών κάθε μια από τις οποίες καλύπτει μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και συνήθως αποτελείται από ενα κύριο και τρεις δευτερεύοντες σταθμούς.

Οι δευτερεύοντες σταθμοί κάθε αλλυσίδας DECCA, ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής τους, χαρακτηρίζονται σαν κόκκινος (red), πράσινος (green) και ιώδης (purple) (βλ. σχ. 6.1.1). Οι σταθμοί αυτοί συνήθως βρίσκονται σε αποστάσεις 60 εως 120 ναυτικών μιλίων από τον αντίστοιχο κύριο σταθμό.



Σχήμα 6.1.1 Τυπική διάταξη των σταθμών μιας αλυσίδας DECCA

Η πρώτη αλυσίδα σταθμών DECCA δημιουργήθηκε το 1946 στην περιοχή της βορείου θαλάσσης και από τότε μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί πενήντα περίπου αλυσίδες που καλύπτουν διάφορες θαλάσσιες περιοχές όπως π.χ. Βόρεια και Βαλτική θάλασσα, Βισκαϊκός κόλπος, ακτές Ιαπωνίας και Αφρικής, ορισμένες ακτές της Ινδίας των ΗΠΑ και του Καναδά (βλ. σχήμα 6.12). Λεπτομερείς πληροφορίες για τις ακριβείς θέσεις και τα λοιπά χαρακτηριστικά των σταθμών κάθε αλυσίδας DECCA περιέχονται στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου **Admiralty List of Radio Signals Vol 5.**



Σχήμα 6.1.2 Περιοχές καλύψεως του συστήματος DECCA

6.2 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DECCA

Όπως αναφέρθηκε ήδη, το DECCA είναι ενα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος που λειτουργεί με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως που αναπτύχθηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 3 (§ 3.3) και σύμφωνα με την οποία:

α. Ο προσδιορισμός μιάς υπερβολικής γραμμής θέσεως στηρίζεται στην σύγκριση της φάσεως των εκπεμπομένων από δύο σταθμούς συνεχών αδιαμόρφωτων σημάτων της ίδιας συχνότητας τα οποία κατά την χρονική στιγμή της εκπομπής τους από τους αντίστοιχους σταθμούς έχουν την ίδια φάση.

β. Η υπεβολική γραμμή θέσεως που προσδιορίζεται με την μέθοδο αυτή εμπεριέχει την αβεβαιότητα διαύλου η οποία ωφείλεται στο ότι η μετρούμενη διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους δύο σταθμούς σημάτων, αντιστοιχεί σε αρκετές υπερβολικές γραμμές θέσεως οι οποίες τέμνουν την γραμμή βάσεως σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους το μισό του μήκους κύματος (λ/2) που αποτελεί το εύρος διαύλου (βλ. Κεφ 3 § 3.3)

γ. Για τον ακριβή προσδιορισμό μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως που προκύπτει με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως (άρση αβεβαιότητος διαύλου) πρέπει να γνωρίζουμε το (περίπου) στίγμα αναμετρήσεως με ακρίβεια ίση με το μισό του εύρους διαύλου (λ/2).

6.2.1 Εκπομπή σταθμών DECCA

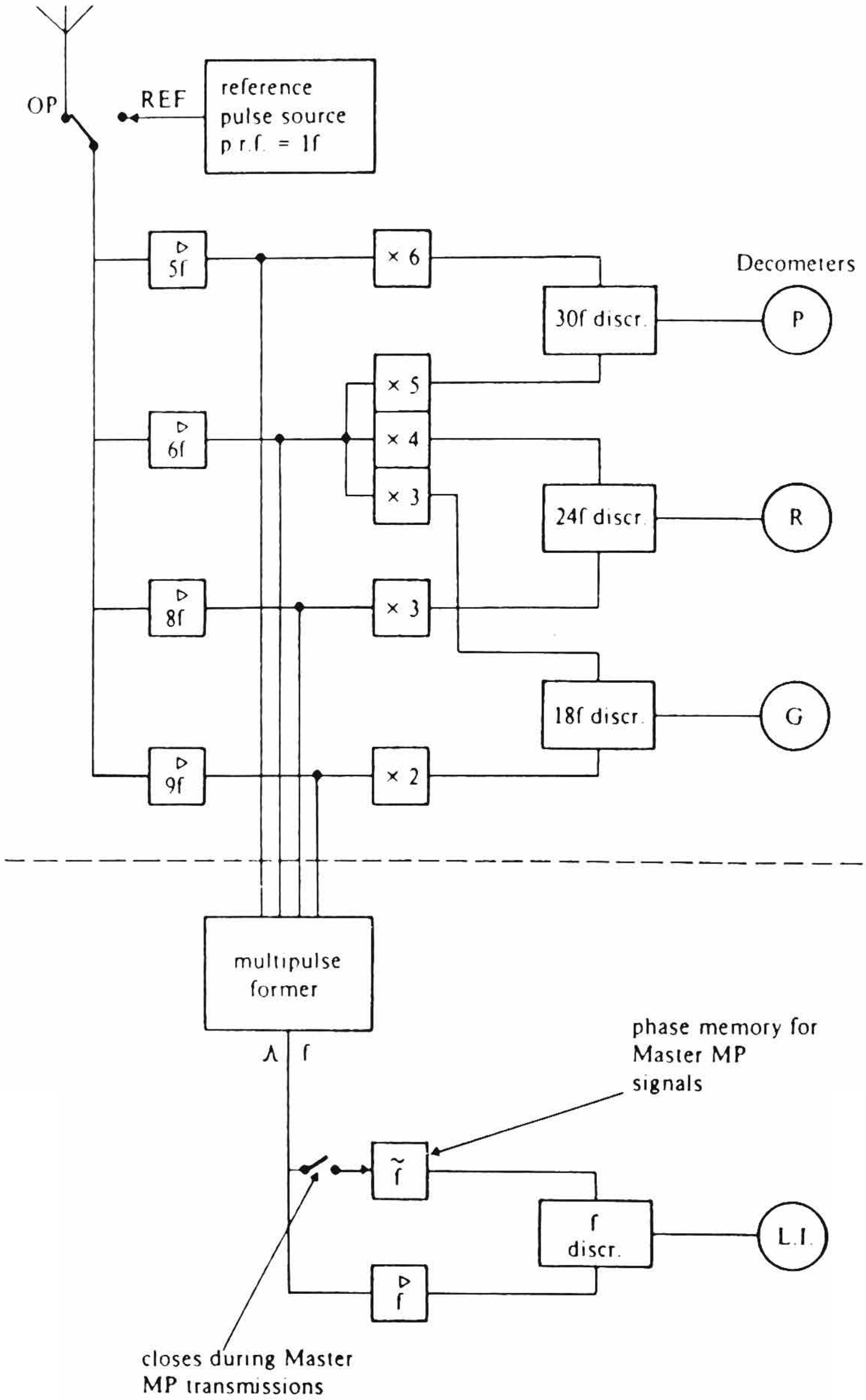
Κάθε σταθμός μιας αλυσίδας DECCA εκπέμπει ένα συνεχές αδιαμόρφωτο (ημιτονοειδές) σήμα χαμηλής συχνότητας (70 - 130 KHz περίπου).

Οι συχνότητες εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας είναι διαφορετικές μεν, αλλά κάθε μια από συχνότητες αυτές είναι αρμονική μιας βασικής για την αντίστοιχη αλυσίδα συχνότητας (που είναι ίση με 14 KHz περίπου). Η σχέση που υπάρχει μεταξύ της συχνότητας εκπομπής κάθε σταθμού ως προς την βασική συχνότητα **f** της αλυσίδας είναι η εξής:

Συχνότητα κύριου σταθμού = $6 \times \mathbf{f}$
Συχνότητα δευτερεύοντα κόκκινου = $8 \times \mathbf{f}$
Συχνότητα δευτερεύοντα πράσινου = $9 \times \mathbf{f}$
Συχνότητα δευτερεύοντα ιωδούς = $5 \times \mathbf{f}$

Οι στάθμοι κάθε αλυσίδας εκπέμπουν σε διαφορετική συχνότητα, προκειμένου να είναι δυνατό να διαχωριστούν στον δέκτη τα σήματα που προέρχονται από κάθε σταθμό.

Όπως θα επεξεγηθεί στην συνέχεια, οι εκπομπές των σταθμών κάθε αλυσίδας στις αντίστοιχες συχνότητες (6**f** ο κύριος, 8**f** ο κόκκινος, 9**f** ο πράσινος, 5**f** ο ιώδης) διακόπτονται για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα προκειμένου να δοθεί δυνατότητα για κάθε σταθμό της αλυσίδας να εκπέμπει και στις συχνότητες των άλλων σταθμών για να γίνει δυνατή η αναγνώριση διαύλου στον δέκτη DECCA (βλ § 6.2.4)



Σχήμα 6.2.1 Διάγραμμα λειτουργίας δέκτη DECCA

6.2.2 Μέτρηση διαφοράς φάσεως στον δέκτη DECCA

Σύμφωνα με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3 (§ 3.3), τα σήματα των δύο σταθμών για τα οποία γίνεται μέτρηση της διαφοράς φάσεως στον δέκτη πρέπει να έχουν την ίδια συχνότητα.

Για τον λόγο αυτό στην περίπτωση του DECCA η σύγκριση της φάσεως των λαμβανομένων στον δέκτη σημάτων δεν γίνεται στις συχνότητες εκπομπής των σταθμών αλλά σε κάποια τρίτη συχνότητα συγκρίσεως φάσεως η οποία είναι το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο των συχνοτήτων των δύο σταθμών (κυρίου και δευτερεύοντα).

Για την σύγκριση της φάσεως των σημάτων κύριου και κόκκινου σταθμού, ο δέκτης πολλαπλασιάζει την συχνότητα του σήματος του κυρίου (6**f**) επί τέσσερα (6**f** × 4 = 24**f**) και την συχνότητα του σήματος του κόκκινου (8**f**) επί 3 (2**f** × 3 = 24**f**) οπότε η σύγκριση της φάσεως για τα σήματα του ζεύγους κύριου - κόκκινου σταθμού γίνεται στην συχνότητα 24**f**

Κατ' αντιστοιχία, η σύγκριση της φάσεως των σημάτων του ζεύγους κύριου - πράσινου, σταθμού γίνεται στην συχνότητα 18**f** ενώ για τα σήματα του ζεύγους κυρίου - ιώδους, η σύγκριση φάσεως γίνεται στην συχνότητα 30**f.** (σχήμα 6.2.1)

6.2.3 Διαύλοι και Ζώνες DECCA

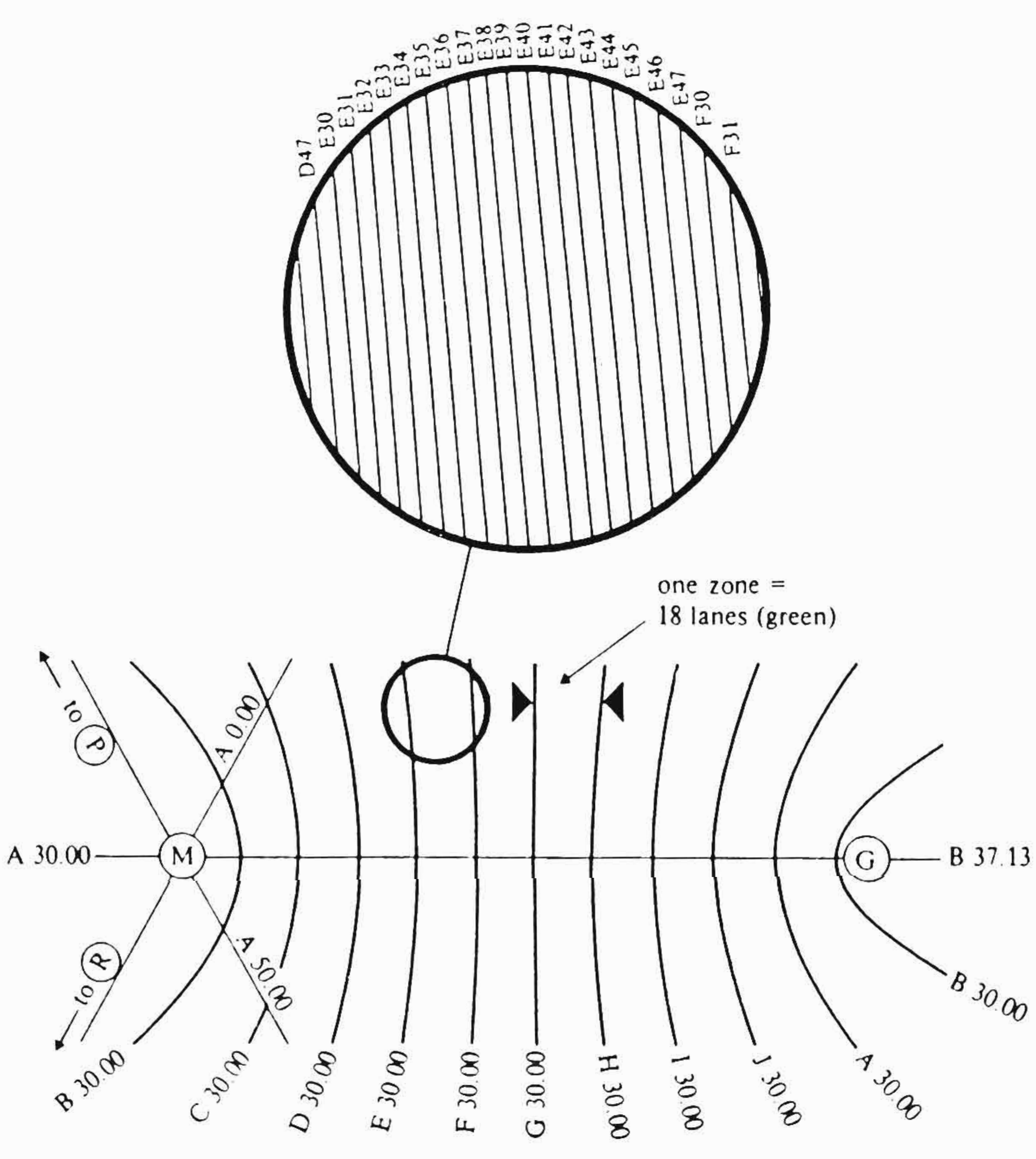
Με τον παραπάνω τρόπο λειτουργίας του συστήματος DECCA (§ 6.2.2) προκύπτει ότι το εύρος διαύλου επάνω σε κάθε γραμμή βάσεως μιας αλυσίδας είναι διαφορετικό. Για παράδειγμα αν εξετάσουμε μια αλυσίδα με βασική συχνότητα 14,166 KHz και ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων ίση με 299,700 Km/sec, προκύπτει οτι το εύρος διαύλου που ισούται με το μισό του μήκους κύματος, επάνω στην κόκκινη γραμμή βάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 24**f**) είναι 440,7 m, επάνω στην πράσινη γραμμή βάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 18**f**) είναι 587,6 **m** και επάνω στην ίωδη γραμμή βάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 30f) είναι 425 m.

Οι ζώνες DECCA αποτελούνται από μια όμαδα διαύλων που όπως θα δούμε στην συνέχεια χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση από τον δέκτη του συγκεκριμένου διαύλου στον οποίο αναφέρεται η μετρούμενη διαφορά φάσεως. Μία ζώνη DECCA αποτελείται από 24 κόκκινους, 18 πράσινους ή 30 ιώδεις διαύλους και έχει εύρος περίπου 10560 m επάνω στην αντίστοιχη γραμμή βάσεως.

Οι ζώνες DECCA χαρακτηρίζονται με τα δέκα πρώτα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (A εως και J). Στις περιπτώσεις που το μήκος μιας γραμμής βάσεως DECCA είναι μεγαλύτερο από το δεκαπλάσιο του εύρους ζώνης, η ζώνη που ακολουθεί την ζώνη J χαρακτηρίζεται με γράμμα A κ.ο.κ.

Οι δίαυλοι κάθε ζώνης DECCA αριθμολογούντε με ακεραίους αριθμούς ως εξής: (βλ. και σχήμα 6.2.2)

ΖΩΝΗ	ΑΡΙΘΜΗΣΗ
Κόκκινη	0 - 23
Πράσινη	30 - 47
Ιώδης	50 - 79



Σχήμα 6.2.2 Δίαυλοι και ζώνες DECCA

Μια υπερβολική γραμμή θέσεως DECCA προσδιορίζεται από τα επόμενα χαρακτηριστικά.

- χρώμα δευτερεύοντος σταθμού.
- γράμμα ζώνης.
- αριθμός διαύλου.
- εκατοστό του διαύλου (που προκύπτει από την μέτρηση της διαφοράς φάσεως).

Από τα ανωτέρω στοιχεία, το χρώμα του δευτερεύοντος σταθμού δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο της υπερβολικής γραμμής θέσεως, γιατί αυτό προκύπτει άμεσα από τον αριθμό του διαύλου.

6.2.4 Αναγνώριση διαύλου στον δέκτη DECCA

Επειδή τα εύρη των διαύλων DECCA είναι αρκετά μικρά, της τάξεως των 300 - 500 μέτρων (βλ. πίνακα 6.1) και η αρχική εκτίμηση του ολικού αριθμού των διαύλων από τον χειριστή απαιτεί την γνώση της περίπου θέσεως του πλοίου (στίγμα αναμετρήσεως) με ακρίβεια καλύτερη από το μισό του εύρους του διαύλου, η οποία ελάχιστες φορές είναι διαθέσιμη, οι δέκτες DECCA έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούν μόνοι τους την αναγνώριση διαύλου με τον τρόπο που περιγράφεται στην συνέχεια.

Η αναγνώριση διαύλου DECCA στον δέκτη γίνεται με την δημιουργία ένος βοηθητικού διαύλου που αντιστοιχεί στην βασική συχνότητα f της αλυσίδας και έχει εύρος ίσο με 18 κόκκινους, 24 πράσινους ή 30 ιώδεις διαύλους (περίπου 10,5 Km επάνω στην αντίστοιχη γραμμή βάσεως).

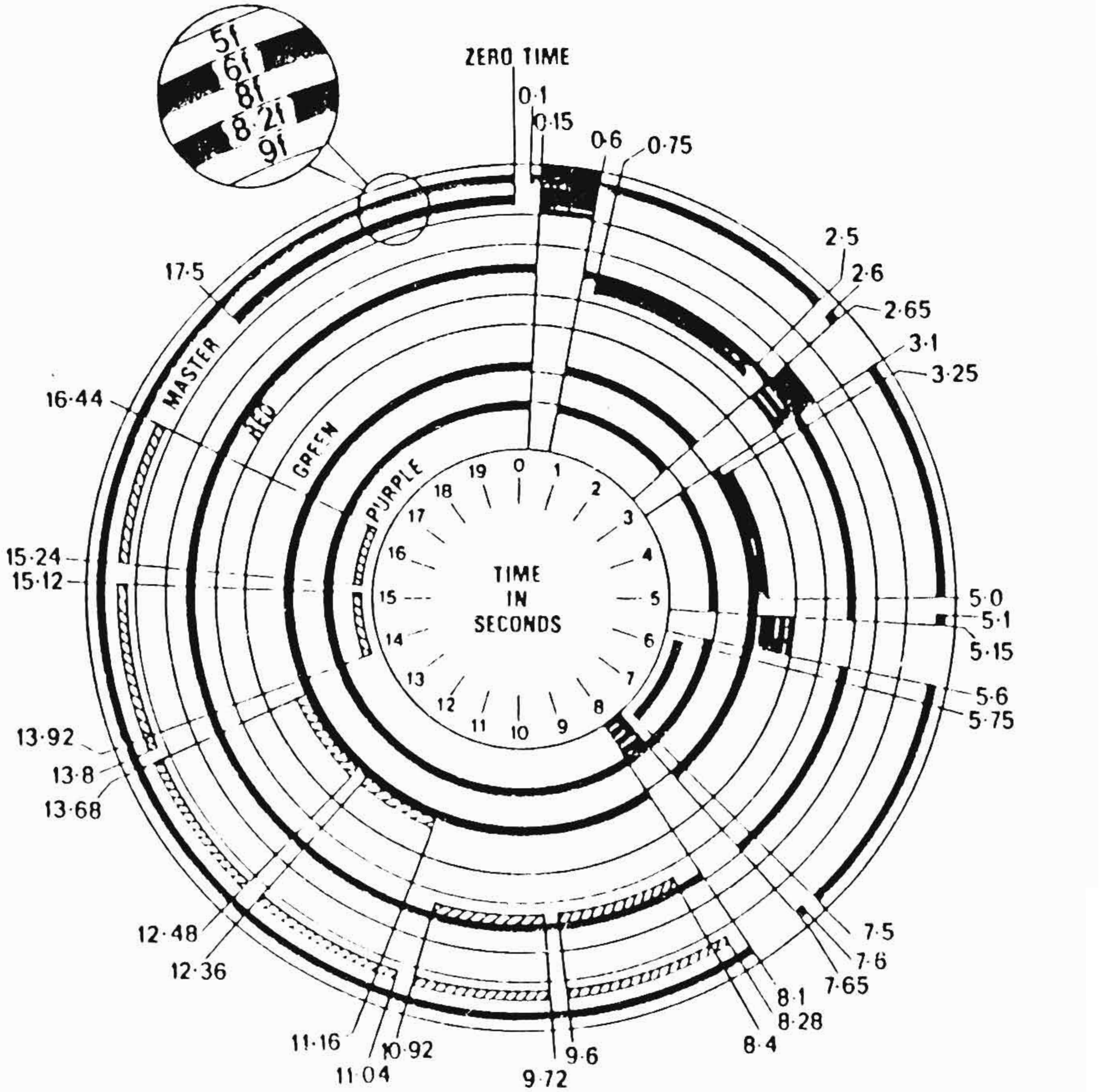
Η δημιουργία του διαύλου αυτού, που έχει εύρος όσο μια ζώνη DECCA, δεν στηρίζεται στην λήψη σημάτων αντιστοίχης συχνότητας (1**f**) από τους σταθμούς της αλυσίδας, αφού η εκπομπή των σημάτων αυτών στην συχνότητα **f (VLF)** απαιτεί πολύ ισχυρότερους σταθμούς και πολύ μεγαλύτερες κεραίες (Κεφ 1 § 1.6.1), αλλά στην εκπομπή κάθε σταθμού σε όλες τις συχνότητες εκπομπής της αλυσίδας (5**f**, 6**f**, 8**f**, και 9**f**) και στη συνέχεια στην δημιουργία της συχνότητας 1**f** στον δέκτη.

Για τον σκοπό αυτό οι σταθμοί μιας αλυσίδας DECCA εκπέμπουν διαδοχικά και στις συχνότητες των άλλων σταθμών για χρονικό διάστημα μισού περίπου δευτερόλεπτου στο αντίστοιχο διάστημα των 2,5 δευτερολέπτων του κύκλου εκπομπής των 20 δευτερολέπτων της αλυσίδας (σχήμα 6.2.4). Ο τρόπος αυτός εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας λέγεται πολυπαλμική εκπομπή **MP** (Multipulse Transmition) και χρησιμοποιείται από τις περισσότερες αλυσίδες DECCA.

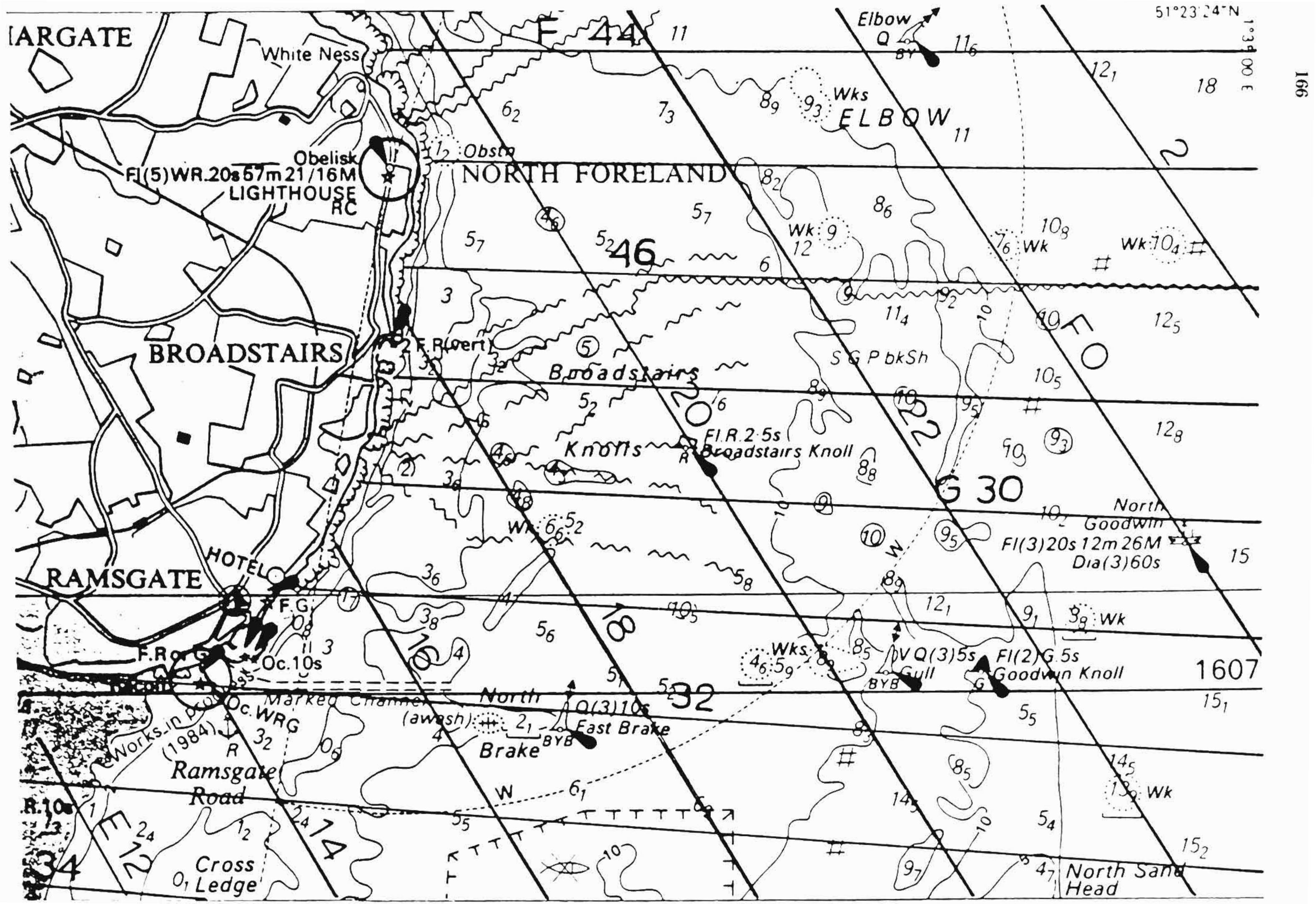
Εκτός από την εκπομπή στις βασικές συχνότητες, οι σταθμοί κάθε αλυσίδας εκπέμπουν και στην συχνότητα 8,2**f** (σκιασμένες εκπομπές του σχήματος 6.2.4) προκειμένουν να :

α. Παρέχουν καλύτερη δυνατότητα αναγνωρίσεως διαύλου σε δέκτες που προορίζονται για αεροσκάφη.
β. Εκπομπή σημάτων ελέγχου από τον κύριο προς τους δευτερεύοντες σταθμούς.

Οι διακοπές της εκπομπής του κύριου σταθμού για ένα δέκατο του δευτερολέπτου (βλ. σχημ. 6.2.3) χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση του δέκτη για την επεξεργασία των εκπομπών αναγνωρίσεως διαύλου που ακολουθούν.



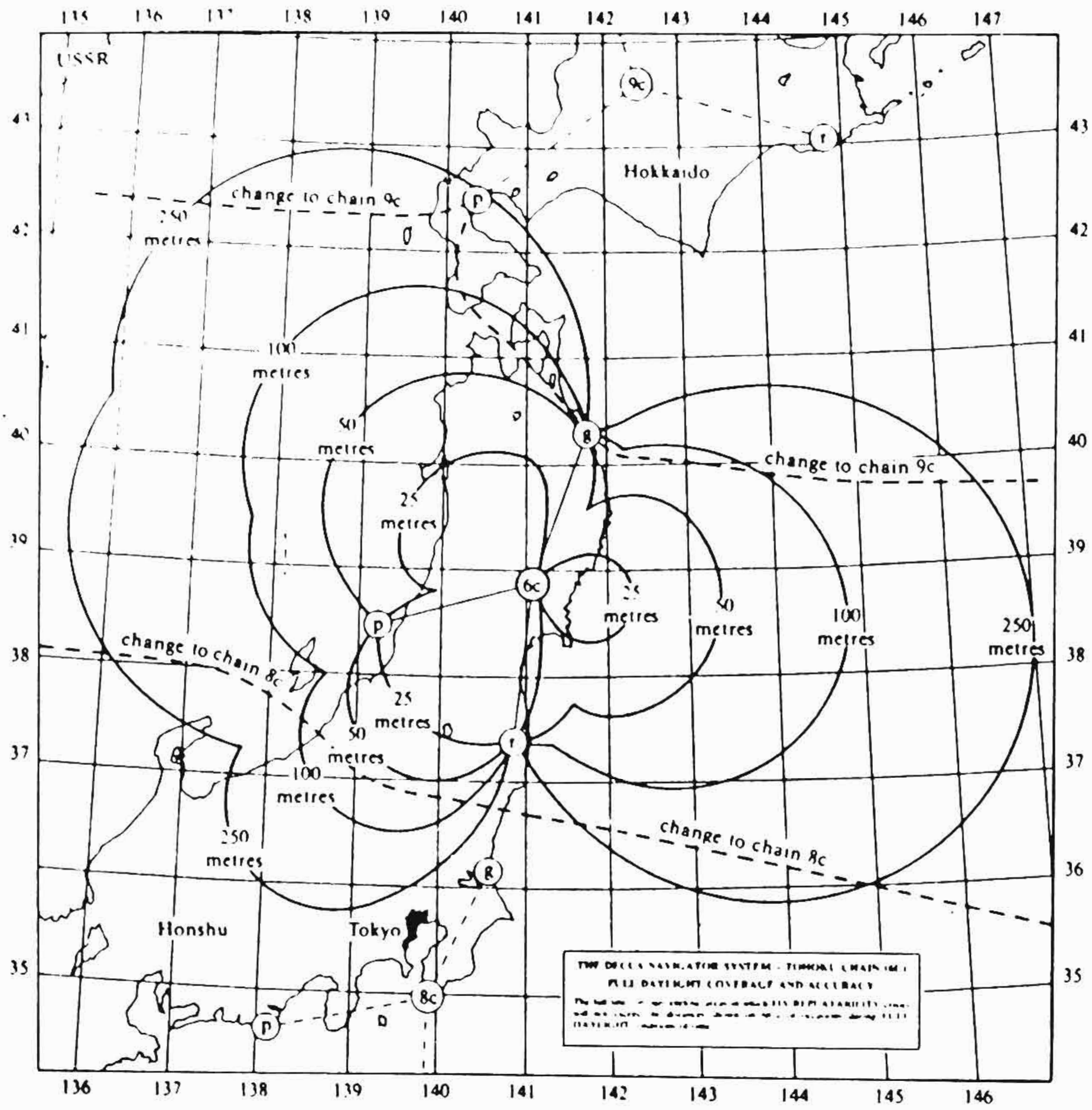
Σχήμα 6.2 3 Πολυπαλμική (MP) εκπομπή των σταθμών μιας αλυσίδας DECCA



Σχήμα 6.3.1 Απόσπασμα χάρτη DECCA

6.4.1 Επίδραση της γεωμετρίας του στίγματος

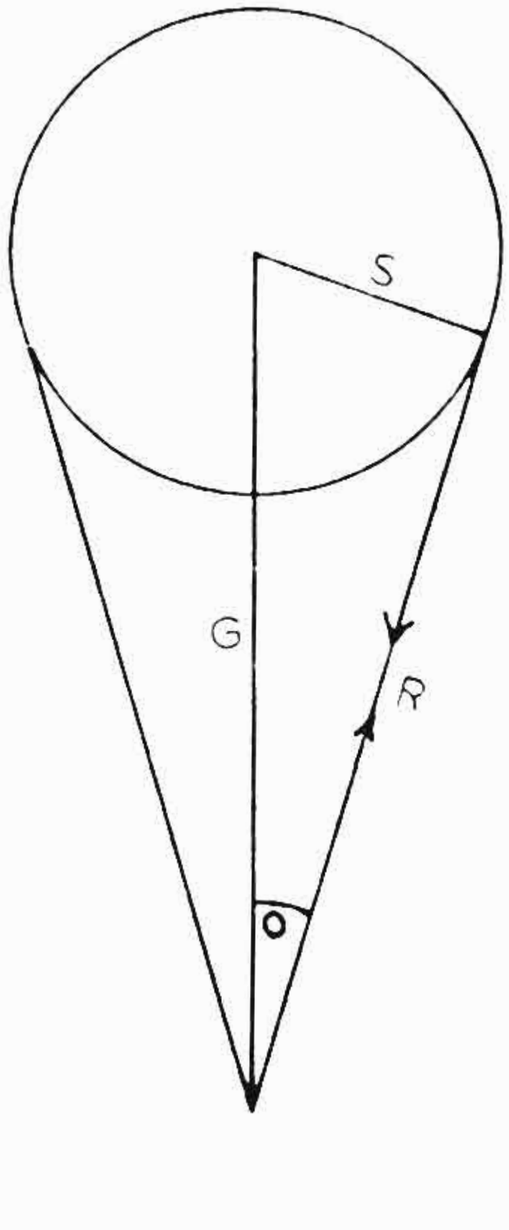
Η επίδραση της γεωμετρίας στην ακρίβεια του στίγματος των υπερβολικών συστημάτων έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3 (§ 5.1) και απεικονίζει στα διαγράμματα ακρίβειας του σχήματος 3. Ειδικά για το σύστημα DECCA έχουν συνταχθεί από την εταιρεία DECCA, η οποία σήμερα έχει απορροφηθεί από την επίσης Αγγλική εταιρεία Racal, διαγράμματα ακριβείας ορισμένων αλυσίδων όπως η αλυσίδα Tohoku της Ιαπωνίας (σχήμα 6.4.1). Τα διαγράμματα αυτά περιέχονται στην έκδοση "The Decca Navigator Operating Instructions and Marine Data Sheets".



Σχήμα 6.4.1 Διάγραμμα (γεωμετρικής) ακρίβειας συστήματος DECCA για την αλυσίδα Tohoku της Ιαπωνίας

6.4.2 Επίδραση της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους

Όταν στον δέκτη DECCA λαμβάνονται ταυτόχρονα κύματα εδάφους και ουράνια κύματα δημιουργούνται σημαντικά σφάλματα στην μέτρηση της διαφοράς φάσεως γιατί ο δέκτης δεν ξεχωρίζει τα δύο σήματα (εδάφους και ουράνιο) αλλά μετρά την φάση του σήματος που αποτελεί την συνισταμένη των δυο λαμβανομένων σημάτων (σχήμα 6.4.2).

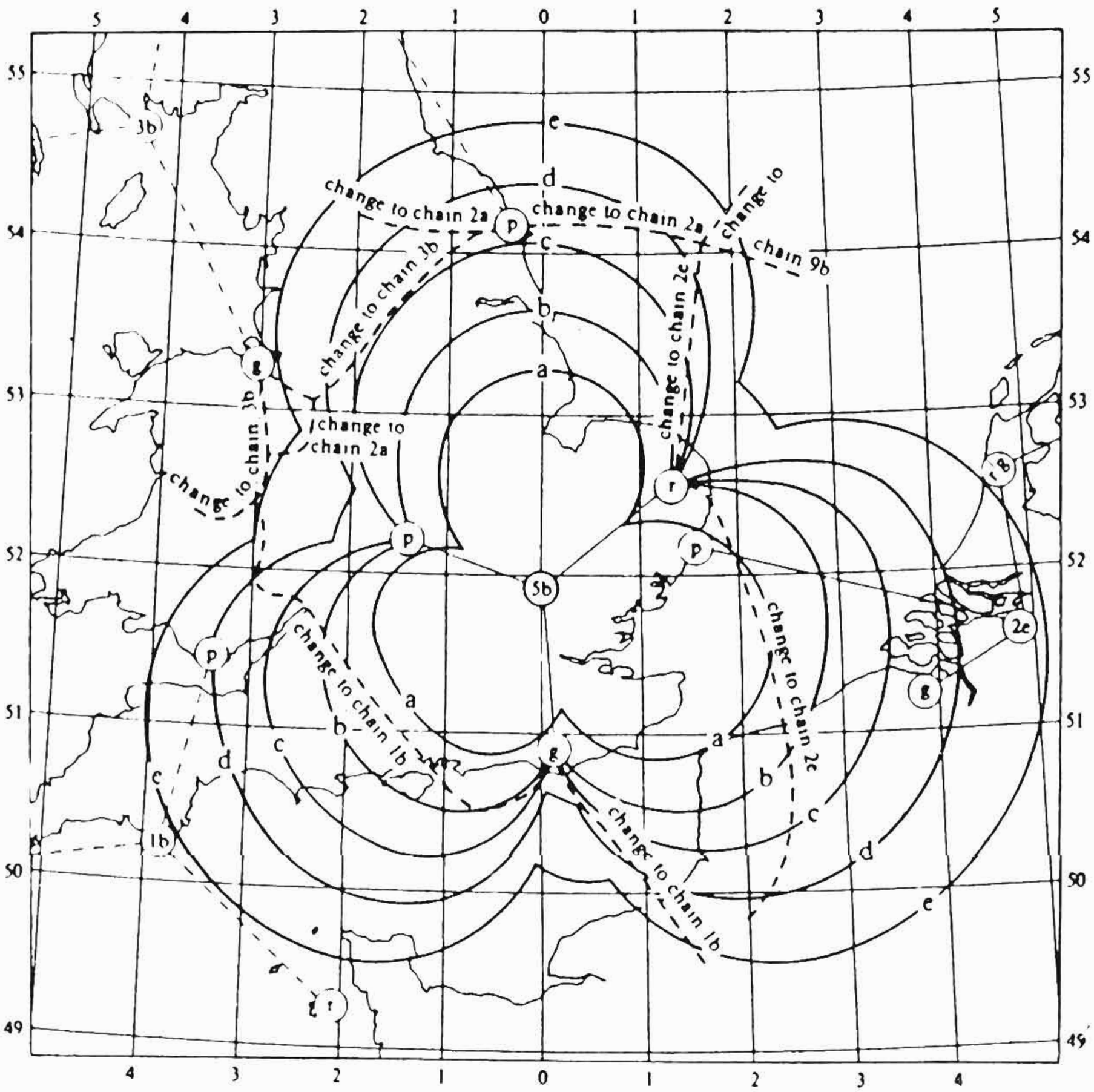


Σχήμα 6.4.2 Επίδραση της αναμίξεως ουράνιου κύματος και κύματος εδάφους στην μέτρηση διαφοράς φάσεως

Τα σφάλματα του συστήματος DECCA που ωφείλονται στην ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους παρατηρούνται τόσο κατά την διάρκεια της νύχτας όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας μια και πρόκειται για διάδοση κυμάτων LF (Κεφ. 1 § 1.6.1). Εν τούτοις η ανάμιξη αυτή είναι εντονώτερη κατά την νύχτα, κατά την οποία παρατηρείται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 175 περίπου ναυτικών μιλίων από τους σταθμούς, παρά κατά την ημέρα, κατά την οποία παρατηρείται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 350 περίπου ναυτικών μιλίων από τους σταθμούς.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η ακρίβεια του στίγματος DECCA κατά την διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας λόγω της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους, η εταιρεία Decca (που σήμερα έχει απορροφηθεί απο την εταιρεία Racal) έχει συντάξει, σύμφωνα με πολλές στατιστικές παρατηρήσεις, διάφορα διαγράμματα και πίνακες για διάφορες αλυσίδες που περιέχονται στην έκδοση "The Decca Navigator Operating Instructions and Marine Data Sheets".

Ενα διάγραμμα της παραπάνω κατηγορίας είναι αυτό του σχήματος 6.4.3 που αναφέρεται στην αλυσίδα 5b (English Chain). Στο διάγραμμα αυτό οι καμπύλες a, b, c, d, και e αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές σφάλματος αβεβαιότητος 95%, ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή. Οι κατά περίπτωση τιμές των καμπύλων ακρίβειας a, b, c, d και e του σχήματος 6.4.3 προσδιορίζονται απο τον πίνακα και το διάγραμμα του σχήματος 6.4.4.

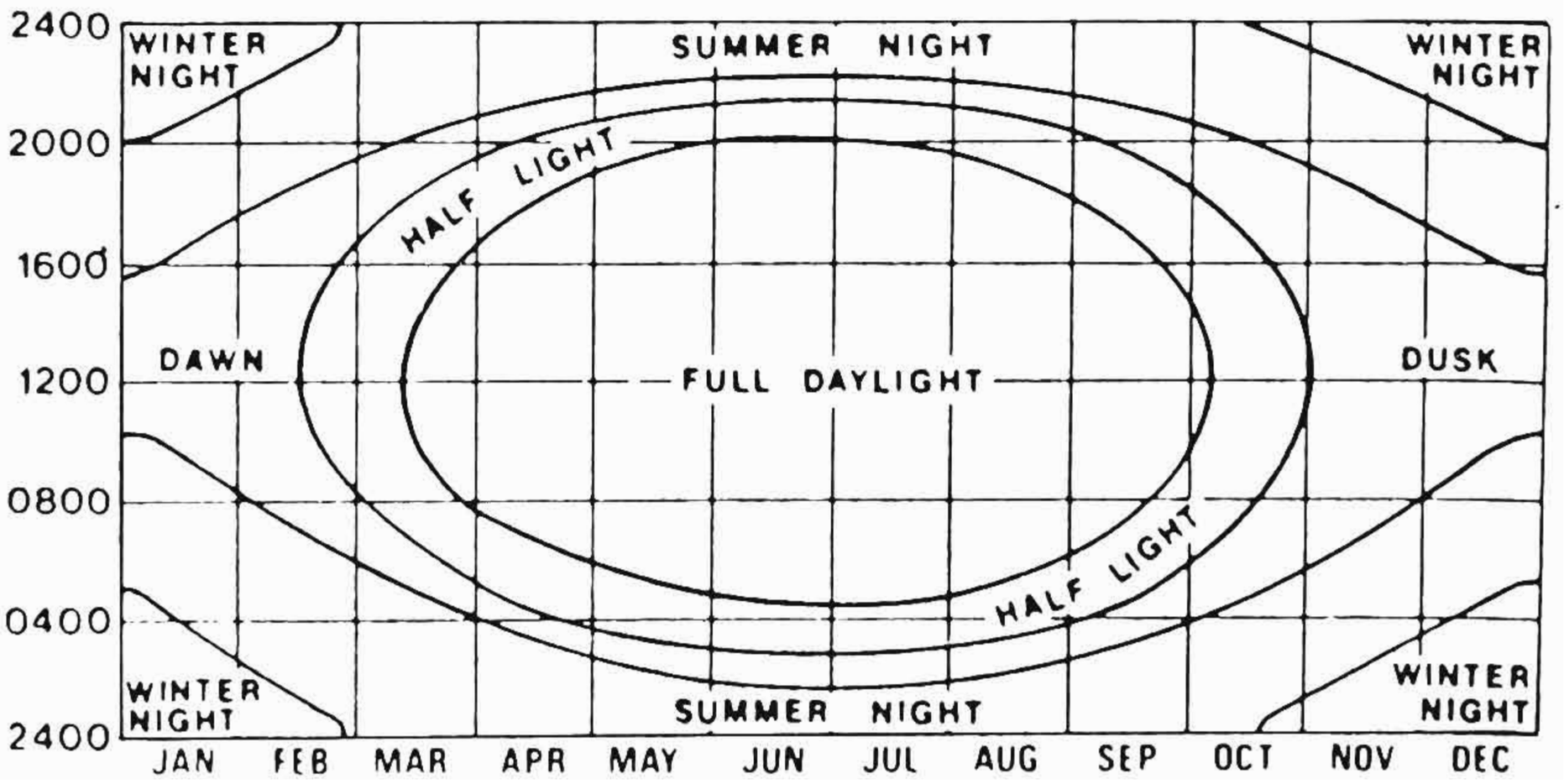


Σχήμα 6.4.3 Διάγραμμα εκτιμήσεως ακρίβειας στίγματος DECCA λόγω επιδράσεως γεωμετρίας και αναμίξεως ουράνιων κυμάτων με κύματα εδάφους

RANDOM FIXING ERRORS AT SEA LEVEL IN NAUTICAL MILES
68% PROBABILITY LEVEL

DECCA PERIOD See Time and Season Factor Diagram below	CONTOUR a	b	c	d	e	
HALF LIGHT	⟨0·10	⟨0·10	⟨0·10	0·13	0·25	
DAWN/DUSK	⟨0·10	⟨0·10	0·13	0·25	0·50	
SUMMER NIGHT	⟨0·10	0·13	0·25	0·50	1·00	
WINTER NIGHT	0·10	0·18	0·37	0·75	1·50	

TIME AND SEASON FACTOR DIAGRAM

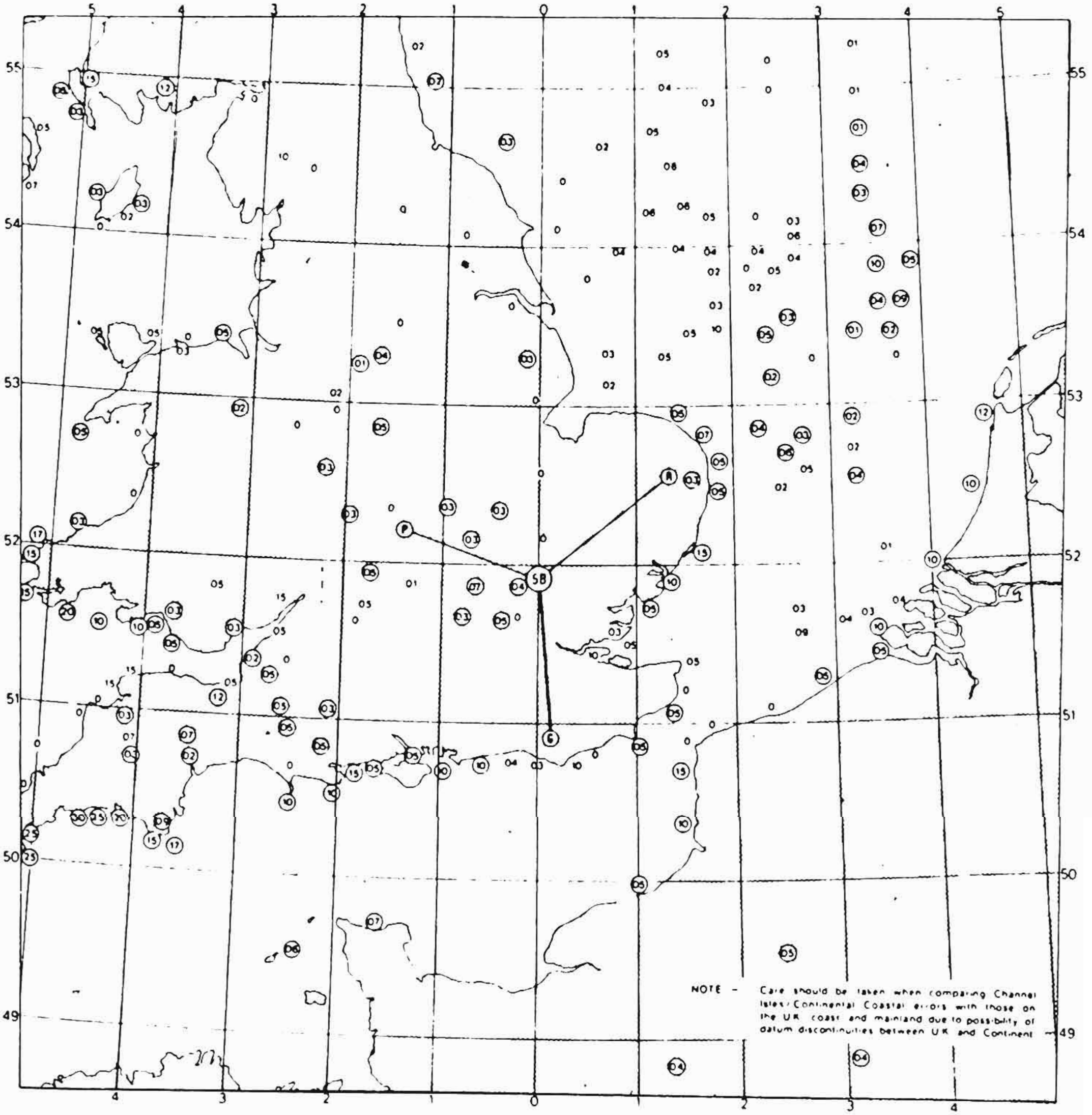


Σχήμα 6.4.4 Πίνακας και διαγράμμα "ώρας - εποχής" για την εκτίμηση της ακρίβειας του συστήματος DECCA.

6.4.3 Επίδραση της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Μια άλλη πηγή σφάλματος του συστήματος DECCA είναι η διαφορά της τιμής της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό και την χάραξη της θέσεως των υπερβολικών γραμμών θέσεως επάνω στους χάρτες DECCA: Η εταιρεία DECCA έχει εκδόσει διάφορα διαγράμματα διορθώσεως όπως αυτό του σχήματος 6.4.5 για την αλυσίδα 5b (English Chain).

Στο διάγραμμα του σχήματος 6.4.5 απεικονίζονται τα σφάλματα του συστήματος DECCA, που ωφείλονται στην τιμή της ταχύτητος διαδόσεως των ραδιοκυμάτων, με την μορφή διορθώσεων της διαφοράς φάσεως σε εκατοστά του διαύλου. Οι τιμές που βρίσκονται μέσα σε κύκλο αντιπροσωπεύουν αφαιρετικές διορθώσεις ενώ οι υπόλοιπες τιμές που δεν βρίσκονται μέσα σε κύκλο αναφέρονται σε προσθετικές διορθώσεις.



Σχήμα 6.4.5 Χάρτης σφαλμάτων πράσινων υπερβολικών γραμμών θέσεως της αλυσίδας 5d (English Chain) που ωφείλονται στην ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων

6.5 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΔΕΚΤΩΝ DECCA

Το σύστημα DECCA αποτελεί το παλαιότερο υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος που χρησιμοποιήθηκε για μη πολεμικούς σκοπούς, (από το 1946). Οι δέκτες του συστήματος αυτού μέχρι πριν λίγα χρόνια κατασκευάζονταν αποκλειστικά από την Αγγλική εταιρεία DECCA ενώ σήμερα το σύστημα έχει αποδεσμεύθει απο τα δικαιώματα οποιασδήποτε εταιρείας (Η εταιρεία DECCA έχει εν τω μεταξύ αγορασθεί απο την επίσης Αγγλική εταιρεία Racal) και οι σχετικοί δέκτες κατασκευάζονται από αρκετές εταιρείες κατασκευής ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων.

Οι γενικές αρχές λειτουργίας ενός δέκτη DECCA (σύγκριση φάσεως και αναγνώριση διαύλου) περιγράφηκαν ήδη στις ενότητες 6.2.2 και 6.2.4 αντιστοίχως.

6.5.1 Κατηγορίες δεκτών DECCA

Οι δέκτες DECCA που υπάρχουν σήμερα (1988) στα διάφορα εμπορικά πλοία ανήκουν σε μια από τις δυο επόμενες κατηγορίες:

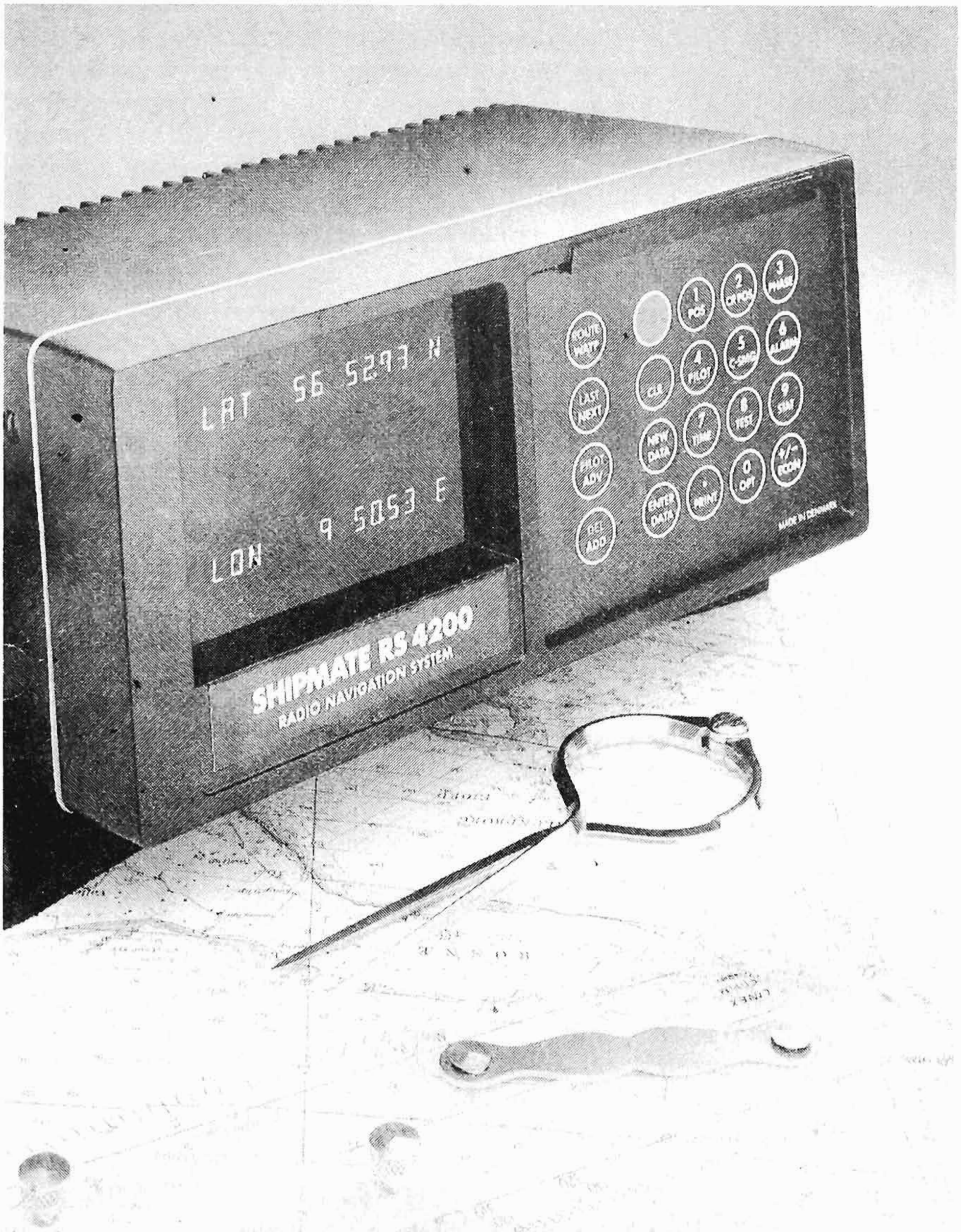
α. Σύγχρονοι δέκτες που κατασκευάζονται απο διάφορες εταιρείες (συμπεριλαμβανομένης και της εταιρείας Racal) οι οποίοι διαθέτουν ενσωματωμένο μικρουπολογιστή με την βοήθεια του οποίου παρέχουν εκτός απο τις δυνατότητες των παραδοσιακών δεικτών και την δυνατότητα εκτελέσεως ταχύτατων υπολογισμών και απεικονίσεως στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη (βλ. σχήμα 6.5.1) των επομένων στοιχείων :

1. Γεωγραφικές συντεταγμένες (**φ, λ**) του στίγματος
2. Πραγματική πορεία και ταχύτητα του σκάφους
3. Απόσταση και διόπτευση προς προκαθορισμένα σημεία
4. Πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί για την πλεύση σε κάποιο σημείο προορισμού.
5. Απόσταση και χρόνο που απαιτείται (ή απαιτήθηκε) για την πλεύση σε (ή απο) κάποιο προκαθορισμένο σημείο.

β. Παραδοσιακοί δέκτες (κατασκευής των Αγγλικών εταιρειών DECCA/ Racal) από τους οποίους λαμβάνονται μόνο στοιχεία των υπερβολικών γραμμών θέσεως (χαρακτηριστικό ζώνης, χρώμα σταθμού, αριθμός διαύλου, εκατοστό του διαύλου) από τους αντίστοιχους εν δείκτες που λέγονται ντεκόμετρα και έχουν την μορφή ρολογιών (βλ. Σχήμα 6.5.2)

Τόσο οι παραδοσιακοί όσο και οι σύγχρονοι δέκτες DECCA έχουν την δυνατότητα συνδέσεως με διάφορες περιφερειακές μονάδες για την γραφική υποτύπωση τόσο του στίγματος οσο και της ακολουθούμενης από το πλοίο πορείας.

Ο κλασσικός μηχανικός πορειογράφος DECCA του σχήματος 6.5.3 χρησιμοποιείται με τους διάφορους παραδοσιακούς δέκτες τουλάχιστον από το έτος 1960, ενώ οι σύγχρονοι δέκτες DECCA (όπως και οι δέκτες των άλλων συστημάτων καθορισμού στίγματος) έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με ηλεκτρονικούς πορειογράφους και άλλες περιφερειακές μονάδες (βλ. Κεφ. 10).



Σχήμα 6.5.1 Σύγχρονος αυτόματος δέκτης DECCA της εταιρείας SHIPMATE

6.5.2 Τρόπος χρησιμοποήσεως ενός δέκτη DECCA

Για τον ακριβή τρόπο χρησιμοποιήσεως ενός δέκτη DECCA είτε αυτός είναι παραδοσιακός είτε είναι συγχρόνος ο ναυτιλόμενος πρέπει απαραιτήτως να μελετήσει τις λεπτομερείς οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως της συσκευής. Εν τούτοις οι χειρισμοί που απαιτούνται για την χρησιμοποίηση μιας συσκευής DECCA είναι σε γενικές γραμμές κοινοί για όλους τους δέκτες (παραδοσιακούς και σύγχρονους). Για τον λόγο αυτό στη συνέχεια παρουσιάζεται περιληπτικά ο τρόπος χρήσεως του παραδοσιακού δέκτη DECCA MK 21 (σχήμα 6.5.1).

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των παραδοσιακών δεκτών DECCA είναι οτι οι ενδείξεις τν μετρούμενων διαφορών φάσεως παρουσιάζονται ταυτόχρο.να σε τρείς ενδείξεις που λέγονται ντεκόμετρα (βλ. σχήμα 6.5.1) και χαρακτηρίζονται με τα χρώματα πράσινο, κόκκινο και ιώδες. Κάθε ένα από τα τρία ντεκόμετρα μετρά την διαφορά φάσεως μεταξύ των σημάτων κύριου και αντίστοιχου δευτερεύοντα σταθμού σε πράσινους, κόκκινους και ίωδεις εκατοστοδιαύλους (ο αριθμός αυτός των εκατοστοδιαύλων μετράται με τον περιστρεφόμενο ενδείκτη στην κυκλική κλίμακα). Σε κάθε ντεκόμετρο παρέχονται επίσης ενδείξεις του χαρακτηριστικού γράμματος και αριθμού της αντίστοιχης ζώνης (σχήμα 6.5.1).

Ο ναυτιλόμενος για την σωστή χρήση του δέκτου DECCA πρέπει να μελετήσει τις οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως σχετικά με τις επόμενες διαδικασίες :

α. Αρχική ρύθμιση της συσκευής
β. Κανονική λειτουργία της συσκευής
γ. Αλλαγή αλλυσίδας σταθμών DECCA
δ. Καθορισμός στίγματος με χρησιμοποίηση σταθμών διαφορετικών αλλυσίδων

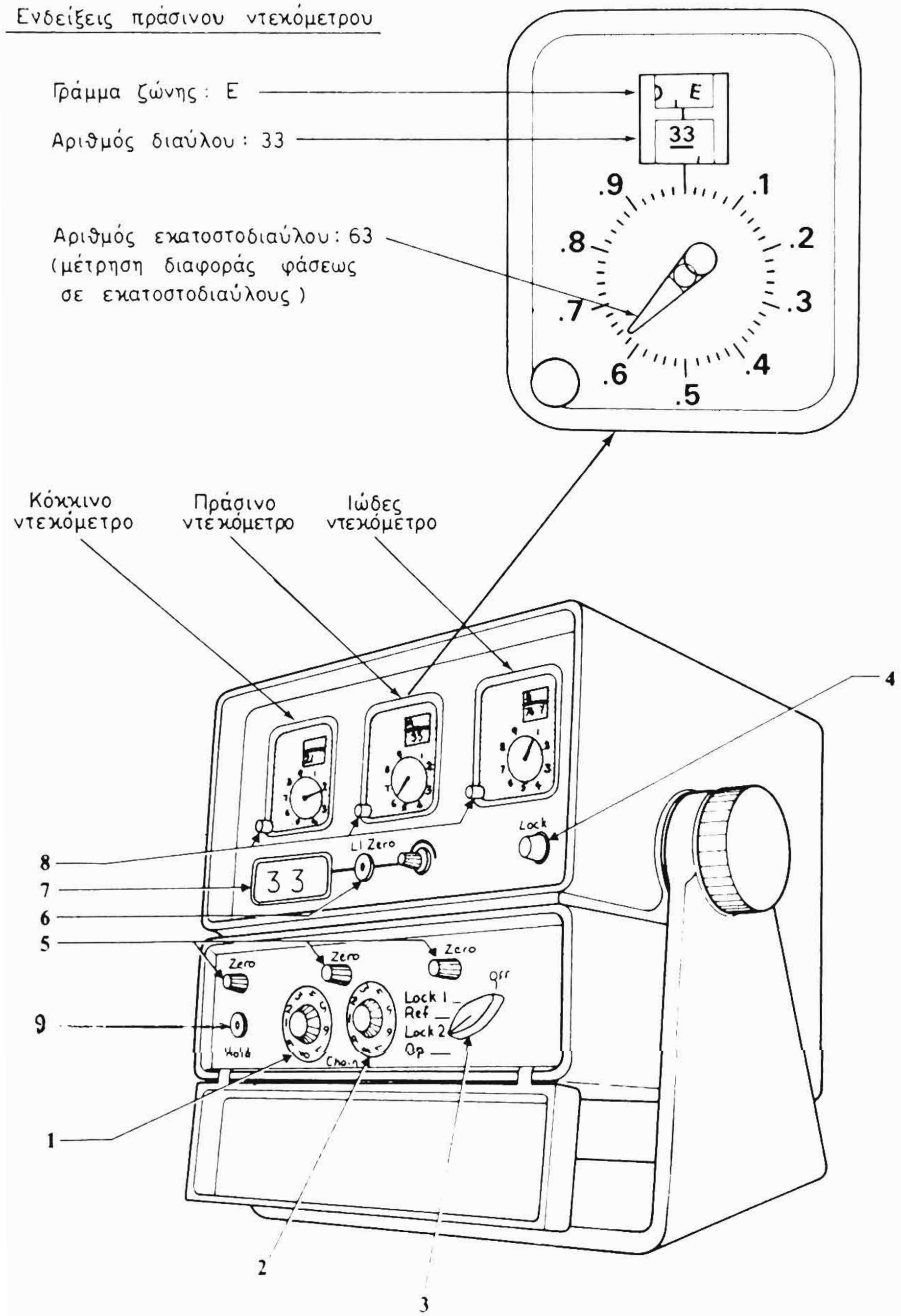
α. Αρχική ρύθμιση της συσκευής

Η διαδικασία αυτή γίνεται όταν πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία η συσκευή και περιλαμβάνει :

i) Την επιλογή της αλλυσίδας των σταθμών, η οποία για τον δέκτη MK 21 (σχήμα 6.5.1) γίνεται με τους διακόπτες 1 και 2 και στη συνέχεια τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτης 3) στην θέση **Lock 1**μέχρις ότου ανάψει η ενδεικτική λυχνία 4 (**Lock**) η οποία επιβεβαιώνει ότι ολοκληρώθηκε ο συσχετισμός της φάσεως των λαμβανομένων σημάτων με τα σήματα που παράγονται στου τοπικούς ταλαντώσεις του δέκτη

ii) Μηδενισμός των ενδείξεων των εκατοστοδιαύλων των τριών ντεκομέτρων. Η ενέργεια αυτή γίνεται με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτη 3) στη θέση **Ref** οπότε οι ενδείξεις την εκατοστοδιάυλων των τριών ντεκομέτρων μηδενίζονται αυτομάτως η αν απαιτηθείκαι με την χρησιμοποιήση των διακοπτών μηδενισμού των ντεκομέτρων (διακόπτες υπ. αρ. 5)

iii) Ενεργοποίηση των ντεκομέτρων η οποία γίνεται με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτης 3) στην θεόη **Lock 2** μέχρις ότου ανάψει



Σχήμα 6.5.2 Παραδοσιακός δέκτης DECCA MK 21 της εταιρείας DECCA

η ενδεικτική λυχνία 4 **(Lock)** οπότε ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται στην θέση **Op** και τα ντεκόμετρα δείχνουν τις μετρούμενες διαφορές φάσεως (αριθμούς εκατοστοδιαύλων)

iv) Μηδενισμός των τριών αριθμών ζώνης. Οι τρείς αυτοί αριθμοί που εκτός από τα τρία ντεκόμετρα, στον δέκτη MK 21 (σχήμα 6.5.1) εμφανίζονται εναλλάξ και στον ψηφιακό ενδείκτη 7, κατά την αρχική λειτουργία της συσκευής έχουν τυχαίες τιμές και για τον λόγο αυτό μηδενίζονται με πίεση ου διακόπτη μηδενισμού αριθμών ζώνης (διακόπτης 6)

v) Καταχώρηση των σωστών ενδείξεων αριθμών ζώνης. Μετά τον μηδενισμό των αριθμών ζώνης πρέπει να τοποθετήσει τους σωστούς αριθμούς που αντιστοιχούν στο στίγμα του με την βοήθεια των αντιστοίχων διακοπτών των τριών ντεκομέτρων (διακόπτες υπ. αρ. 8 σχήματος 6.5.1)
Η καταχώρηση των σωστών αριθμών ζώνης γίνεται με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου κατά την ενεργοποίηση της συσκευής και ανάγνωση των αντιστοίχων τιμών από τον χάρτη DECCA της περιοχής. Όταν κατά την ενεργοποίηση της συσκευής το πλοίο βρίσκεται σε κάποιο λιμένα οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζονται χωρίς καμία αβεβαιότητα λόγω της ακρίβειας του στίγματος. Όταν όμως η ενεργοποίηση της συσκευής γίνεται κατά την προσέγγιση του πλοίου σε παράκτιες περιοχές (προερχόμενο από ωκεάνιες περιοχές) οι αριθμοί των αριθμών ζώνης προσδιορίζονται μεν με βάση το στίγμα αναμετρήσεως αλλά πρέπει να ελέγχονται και με τις ενδείξεις του ψηφιακού ενδείκτη των αριθμών διαύλων (ενδείκτης 7 σχήματος 6.5.1)

Στην περίπτωση των σύγχρονων αυτομάτων δεκτών OMEGA για τον προσδιορισμό του αριθμού των διαύλων που αντιστοιχεί στο στίγμα αναμετρήσεως δεν απαιτείται η τοποθέτηση του στίγματος αυτού στον χάρτη DECCA γιατί οι αριθμοί αυτοί υπολογίζονται από τον ενσωματωμένο στον δέκτη μικρουπογιστή και εμφανίζονται στον ψηφιακό του ενδείκτη (σχήμα 6.5.2)

β. Κανονική λειτουργία της συσκευής (έλεγχος ολίσθησης διαύλων)

Μετά την αρχική ρύθμιση της συσκευής DECCA η κανονική λειτουργία της είναι απλή και εύκολη πλήν όμως θα πρέπει σε κάθε ευκαιρία να ελέγχεται η ορθότητα των ενδείξεων των αριθμών των διαύλων γιατί ενδέχεται οι ενδείξεις αυτές μετά από ορισμένο χρόνο να είναι λανθασμένες, φαινόμενο που λέγεται ολίσθηση διαύλου(lane slip).

γ. Αλλαγή αλλυσίδας σταθμών DECCA

Η αλλαγή αλλυσίδας σταθμών DECCA κατά την διάρκεια της λειτουργίας της συσκευής εν πλω στον δέκτη MK 21 γίνεται με τις επόμενες ενέργειες :

i) Τοποθετούνται τα χαρακτηριστικά της νέας αλλυσίδας με την βοήθεια των διακοπτών 1 και 2 και όταν ο δέκτης αρχίσει να λαμβάνει τα σήματα των σταθμών της νέας αλλυσίδας ανάβει η ενδεικτική λυχνία **Lock** (λυχνία 4).

ii) Όταν σταθεροποιηθεί η ένδειξη της λυχνίας **Lock** τοποθετείται ο επιλογέας λειτουργίας (διακόπτης 3) στην θέση **Ref** μέχρις ότου μηδενισθούν οι ενδείξεις των ντεκομέτρων (με πιθανή χρησιμοποίηση και των τριών διακοπτών μηδενισμού των ντεκομέτρων (διακόπτες υπ. αρ. 5).

iii) Ενεργοποίηση των ντεκομέτρων με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στην θέση **Lock** μέχρις ότου ανάψει η ενδεικτική λυχνία 4 **(Lock)** οπότε ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται στην θέση **Op** και τα ντεκόμετρα δειχνούν τις μετρούμενες διαφορές φάσεως σε εκατοστοδιαύλους.

iv) Μηδενισμός των παλαιών αριθμών διαύλων και καταχώρηση των νέων

Οι ενέργειες αυτές γίνονται όπως και στην αρχική ρύθμιση της συσκευής με τους διακόπτες 6 και 8 αντιστοίχως.

δ. Καθορισμός στίγματος με μετρήσεις από σταθμούς διαφορετικών αλλυσίδων

Ορισμένες φορές για την επίτευξη καλλίτερης γεωμετρίας στίγματος ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν υπερβολικές γραμμές θέσεως DECCA που δεν ανήκουν στην ίδια αλλυσίδα αλλά σε δύο γειτονικές αλλυσίδες Στην περίπτωση αυτή οι μετρήσεις από την δεύτερη αλλυσίδα λαμβάνονται από τον ενδείκτη αριθμών ζώνης (ενδείκτη 7 σχήματος 6.5.1) ως εξής :

i) Λαμβάνονται οι ενδείξεις των ντεκομέτρων και των αριθμών διαύλων της πρώτης αλλυσίδας.

ii) Πιέζεται συνεχώς ο διακόπτης **Hold** (διακόπτης 9 σχήματος 6.5.1) μέχρις ότου γίνουν οι επόμενες ενέργειες :

iii) Επιλέγεται η δεύτερη αλλυσίδα με διακόπτες 1 και 2 και τον επιλογέα λειτουργίας στην θέση **Lock 1**, μέχρις ότου αναβοσβήσει και στη συνέχεια σταθεροποιειθεί η ένδειξη της λυχνίας **Lock** (λυχνία 4).

iv) Με τον επιλογέα λειτουργίας στην θέση **Op** πιέζεται και αφήνεται ο διακόπτης μηδενισμού αριθμών διαύλων (διακόπτης 6).

v) Ελέγχονται οι διαδοχικές ενδείξεις των ενδείκτη αριθμών διαύλου (εν δείκτη 7) και ανα είναι λανθασμένες επαναμηδενίζονται με τον διακόπτη 6.

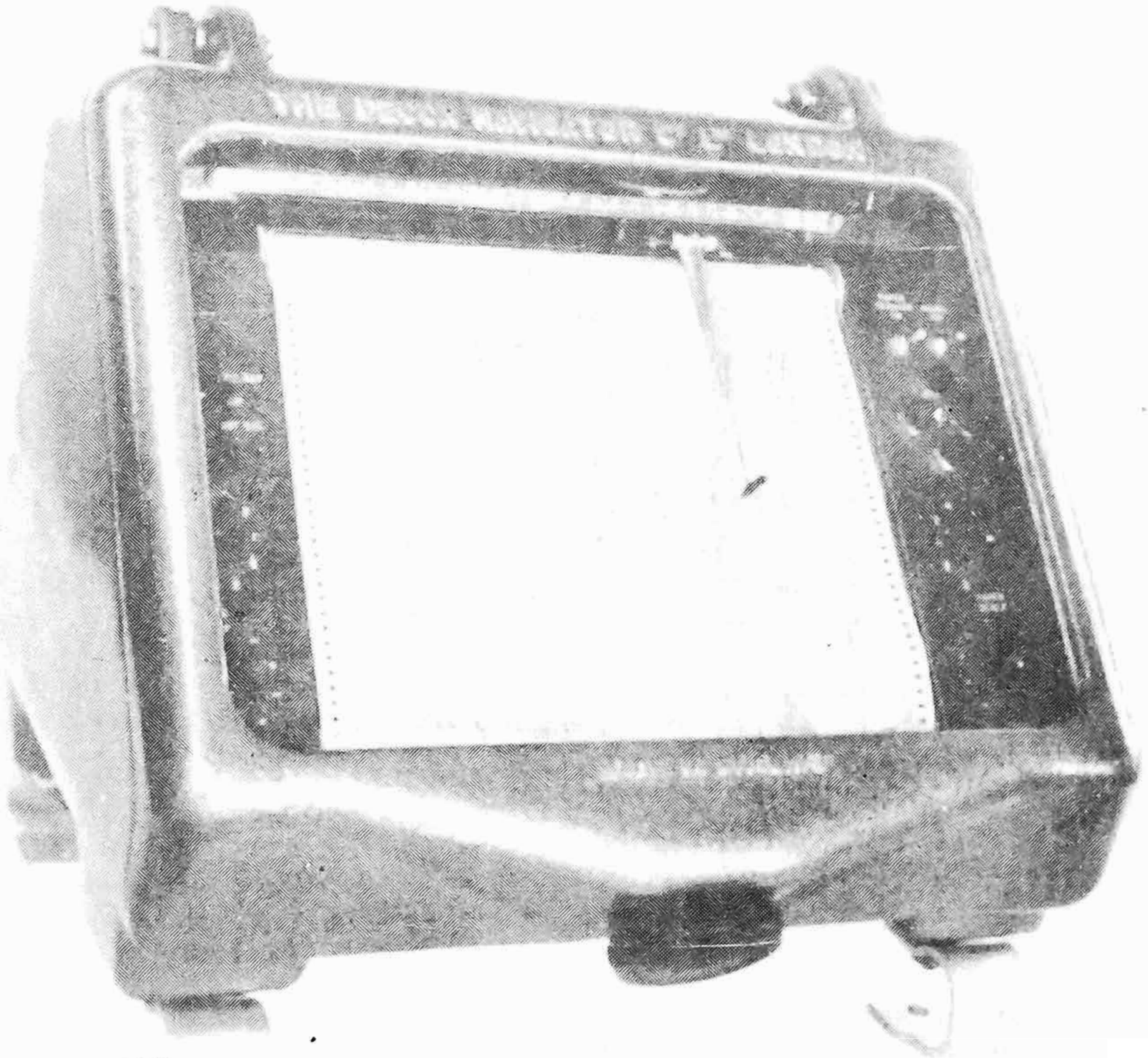
vi) Λαμβάνονται οι διαδοχικές ενδείξεις των αριθμών διαύλων.

vii) Καταχωρούνται και πάλι τα στοιχεία της πρώτης αλλυσίδας με τους διακόπτες 1 και 2 και επιλογέα λειτουργίας στη θέση **Lock 1**ή **Lock 2**, μέχρις ότου ανάψει και σταθεροποιηθεί η φωτεινή ένδειξη της λυχνίας **Lock** (λυχνία 4).

viii) Τοποθετείται ο επιλογέας λειτουργίας στην θέση **Op** και όταν σταθεροποιηθεί η φωτεινή ένδειξη της λυχνίας **Lock** πιέζεται και αφήνεται ο διακόπτης μηδενισμού αριθμών διαύλου (διακόπτης 6).

ix) Λαμβάνονται οι διαδοχικές ενδείξεις των αριθμών διαύλων (στον ενδείκτη 7) και αφού ελεγχθούν ελευθερώνεται ο διακόπτης **Hold** (διακόπτης 9) ο οποίος παρεμάνει ενεργοποιημένος.

x) Εαν απαιτηθεί επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία.



Στον πορειογράφο αυτό οι υπερβολικές γραμμές θέσεως DECCA εμφανίζονται σαν ευθείες παράλληλες προς δύο κάθετες διευθύνσεις με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια μικρή παραμόρφωση των χαρτογραφικών χαρακτηριστικών (διαδρομών πλοίου, ακτογραμμής) λόγω των οποίων μια γραμμή που στον ναυτικό είναι ευθεία στον πορειογράφο αυτό χαράσσεται σαν καμπύλη.

Σήμερα, αντί του πορειογράφου αυτού χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί ή ηλεκτρομηχανικοί πορειογράφοι, όπως αυτοί των σχημάτων 10.3.1 και 10.3.2 οι οποίοι συνδέονται με οποιοδήποτε σύστημα καθορισμού στίγματος.

Σχήμα 6.5.1 Κλασσικός πορειογράφος DECCA

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Εκτός από τα επίγεια ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα που εξετάσθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, για τον προσδιορισμό του ναυτιλιακού στίγματος έχουν αναπτυχθεί και διάφορα δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας.

Η ανάπτυξη των δορυφορικών συστημάτων ναυσιπλοΐας άρχισε μετά την εκτόξευση του πρώτου τεχνητού δορυφόρου (του Σοβιετικού SPUTNIK) το 1951.

Στα δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την λήψη των σημάτων που εκπέμπονται από διάφορους τεχνητούς δορυφόρους που έχουν τεθεί σε κάποια τροχιά γύρω από την γη. Για τον προσδιορισμό του στίγματος του πλοίου είναι απαραίτητο να είναι γνωστές οι ακριβείς θέσεις των δορυφόρων κατά τις χρονικές στιγμές της εκπομπής τους.

Οι θέσεις των δορυφόρων ανά πάσα χρονική στιγμή (δορυφορικές εφημερίδες) προσδιορίζονται με βάση τις αρχές της ουράνιας μηχανικής και τις παρατηρήσεις των πραγματικών τροχιών των δορυφόρων που γίνονται από ορισμένους επίγειους σταθμούς. Οι παρατηρήσεις αυτές αφορούν συνήθως την μέτρηση αποστάσεων και μεταβολής αποστάσεων των δορυφόρων από τους επίγειους σταθμούς παρατηρήσεως.

7.1 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ (Νόμοι του Kepler - Δορυφορικές Εφημερίδες)

Οι τεχνητοί δορυφόροι περιφέρονται γύρω από την γή σύμφωνα με τους τρείς νόμους του Kepler για τις κινήσεις των πλανητών. Οι νόμοι του Kepler για τους τεχνητούς δορυφόρους της γης είναι οι εξής :

1ος νόμος του Kepler (ελλειπτικών τροχιών) : Οι τροχιές των τεχνητών δορυφόρων της γης είναι ελλείψης των οποίων την μία εστία αποτελεί το κέντρο μάζας της γης.

2ος νόμος του Kepler (εμβαδών) : Η επιβατική ακτίνα του δορυφόρου (το διάνυσμα με αρχή το κέντρο μάζας της γης και πέρας την εκάστοτε θέση του δορυφόρου) διαγράφει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους.

3ος νόμος του Kepler (περιφορών). Τα τετράγωνα των χρόνων περιφοράς (περιόδων) των τεχνητών δορυφόρων γύρω από την γη είναι ανάλογα με τους κύβους της αποστάσεως τους από το κέντρο μάζας της γής.

Οι παραπάνω νόμοι του Kepler εκφράζονται με διάφορες εξισώσεις της ουράνιας μηχανικής οι οποίες συνδιαζόμενες με τις παρατηρήσεις των δορυφόρων που γίνονται από διάφορους επίγειους σταθμούς, παρέχουν τις προβλέψεις των θέσεων των δορυφόρων (δορυφορικές εφημερίδες). Στην πραγματικότητα οι τεχνητοί δορυφόροι λόγω της ατμοσφαιρικής τριβής και άλλων δυνάμεων (εκτός της γηΐνης έλξεως) που επιδρούν σε αυτούς διαγράφουν τροχιές που αποκλίνουν ελαφρώς από τις ελλειπτικές. Οι αποκλίσεις αυτές περιέχονται στις αντίστοιχές δορυφορικές εφημερίδες. Στην συνέχεια τα στοιχεία των δορυφορικών εφημερίδων εκπέμπονται από τους γηΐνους σταθμούς ελέγχου προς τους δορυφόρους οι οποίοι τα καταχωρούν στην μνήμη τους από την οποία την συνέχεια τα εκπέμπουν και αυτοί προς τους χρήστες (ναυτιλιακούς δέκτες) για τον καθορισμό του στίγματος.

Από τις εξισώσεις της ουράνιας μηχανικής που περιγράφουν τους νόμους του Kepler, (η λεπτομερής παρουσιάση των οποίων ξεφεύγει από τον σκοπό του παρόντος βιβλίου) προκύπτουν οι επόμενες δύο απλοποιημένες εξισώσεις 7.1.1 και 7.1.2 που παρέχουν την ταχύτητα και την περίοδο περιστροφής ενός δορυφόρου.

$$V = \frac{K}{(r+a)^{1/2}} \text{ Kms}^{-1} \qquad (7.1.1)$$

όπου : – **V** είναι η ταχύτητα του δορυφόρου σε Km s^{-1}
– **a** είναι το ύψος του δορυφόρου επάνω από την γηΐνη επιφάνεια σε Km
– **r** είναι η μέση ακτίνα της γης (περίπου 6371 Km)
– **K** είναι μία σταθερά ίση με τον αριθμό 630

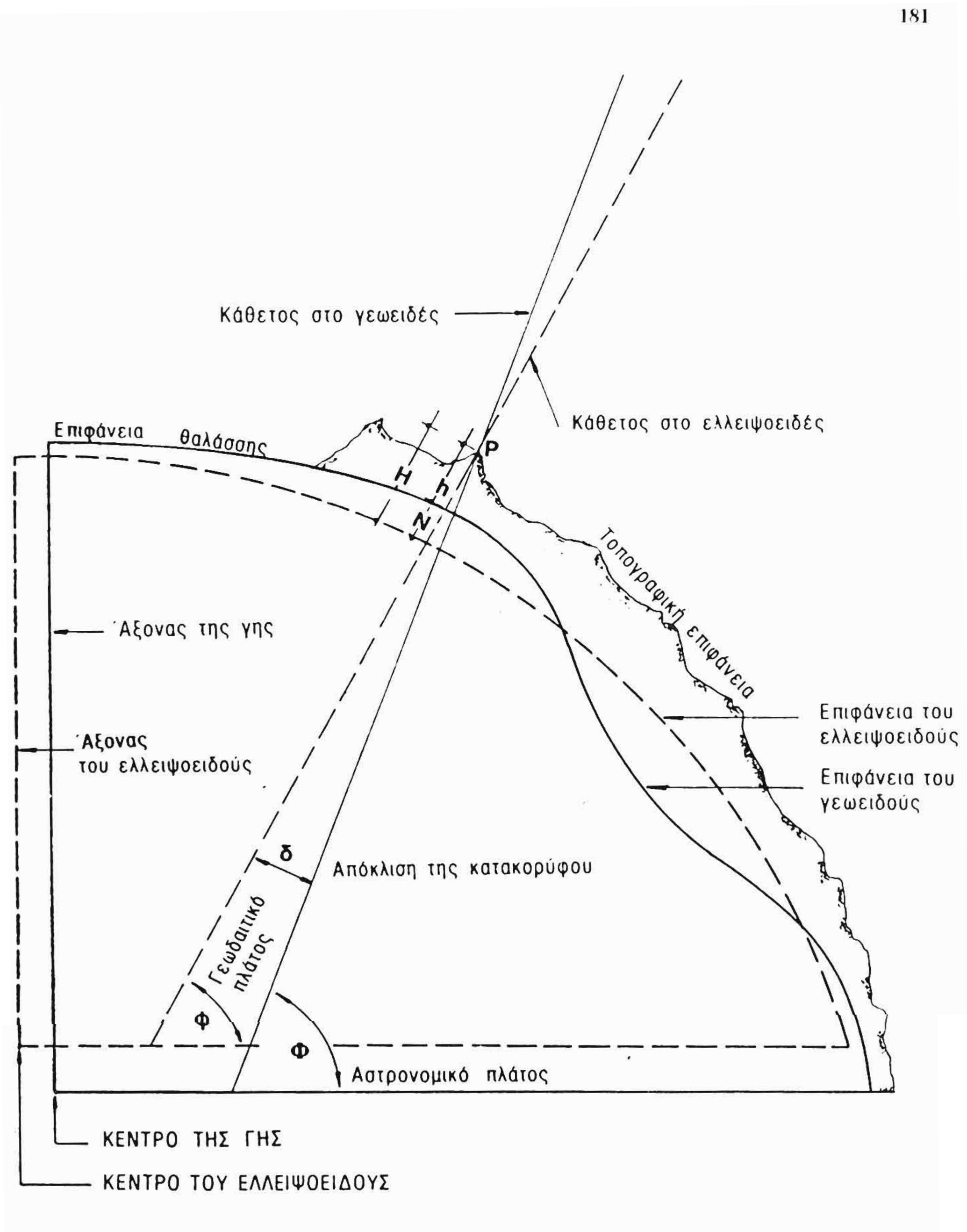
$$P = K \left(\frac{r+a}{r} \right)^{3/2} \text{ min} \qquad (7.1.2)$$

όπου : – **P** είναι ο χρόνος μιας πλήρους περιστροφής του δορυφόρου περίοδος) σε πρώτα λεπτά.
– **a** είναι το ύψος του δορυφόρου επάνω από την γηΐνη επιφάνεια σε Km
– **r** είναι η μέση ακτίνα της γης (περίπου 6371 Km)
– **K** είναι μια σταθερά ίση με τον αριθμό 84,49.

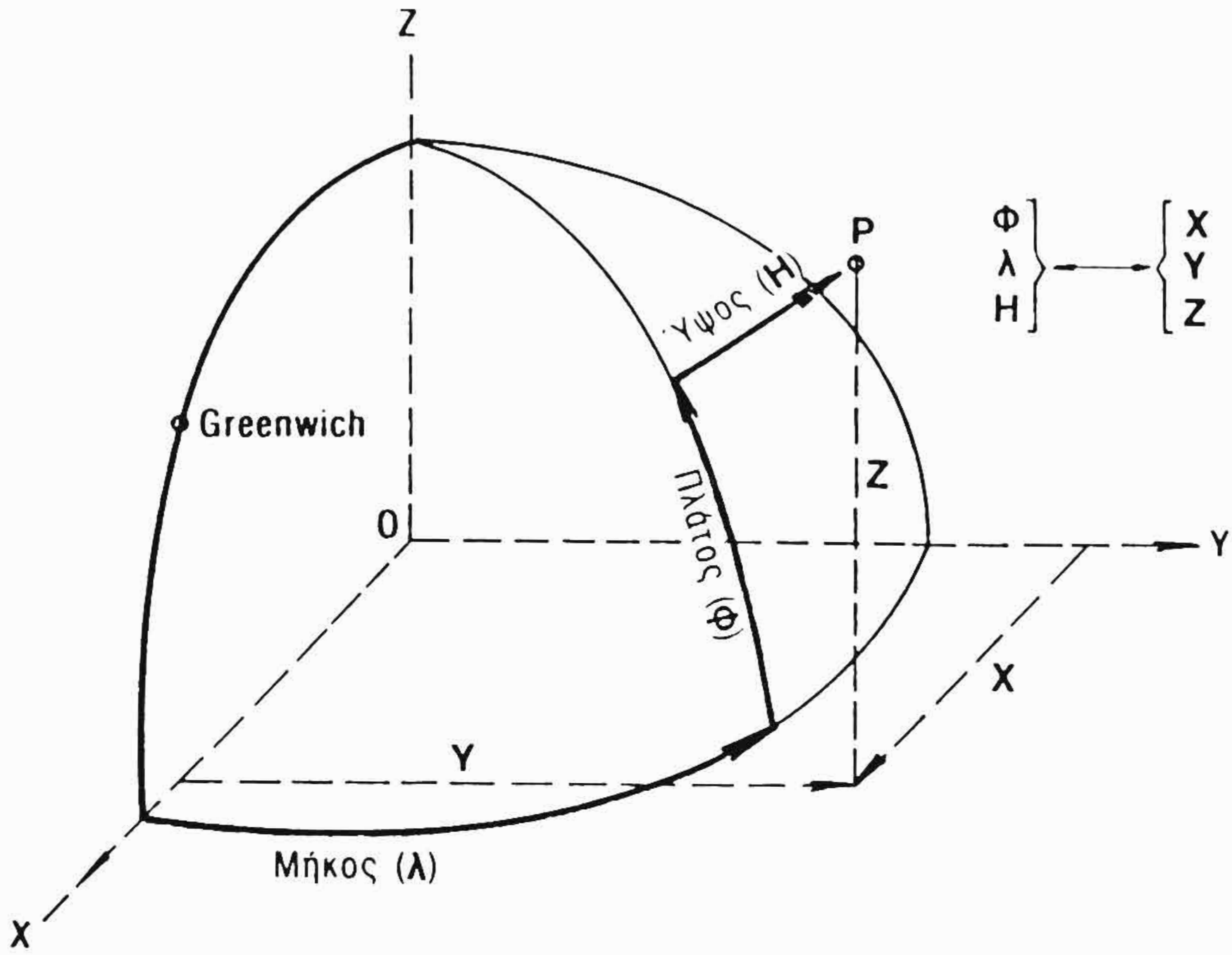
7.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

7.2.1 Γεωδαιτικές (γεωγραφικές) συντεταγμένες (φ,λ,Η)

Ο καθορισμός της θέσεως ενός σημείου της γήϊνης επιφάνειας γίνεται συνήθως με την βοήθεια των τριών γεωδαιτικών του συντεταγμένων που είναι το γεωδαιτικό του πλάτος **(φ)** το γεωδαιτικό του μήκος **(λ)** και το γεωδαιτικό του ύψος **(Η)**.



Σχήμα 7.2.1 Σχέση μεταξύ φυσικής επιφάνειας της γης, ελλειψοειδούς εκ περιστροφής και γεωειδούς.



Σχήμα 7.2.2 Γεωδαιτικές και καρτεσιανές συντεταγμένες ενός σημείου **P** της γήϊνης επιφάνειας.

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες **(φ,λ,H)** ενός σημείου **P** της γήϊνης επιφάνειας (σχήμα 7.2.1) καθορίζονται με την βοήθεια ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής που χρησιμοποιείται για να προσεγγίσει καλύτερα τη γήϊνη επιφάνεια και λέγεται ελλειψοειδές αναφοράς.

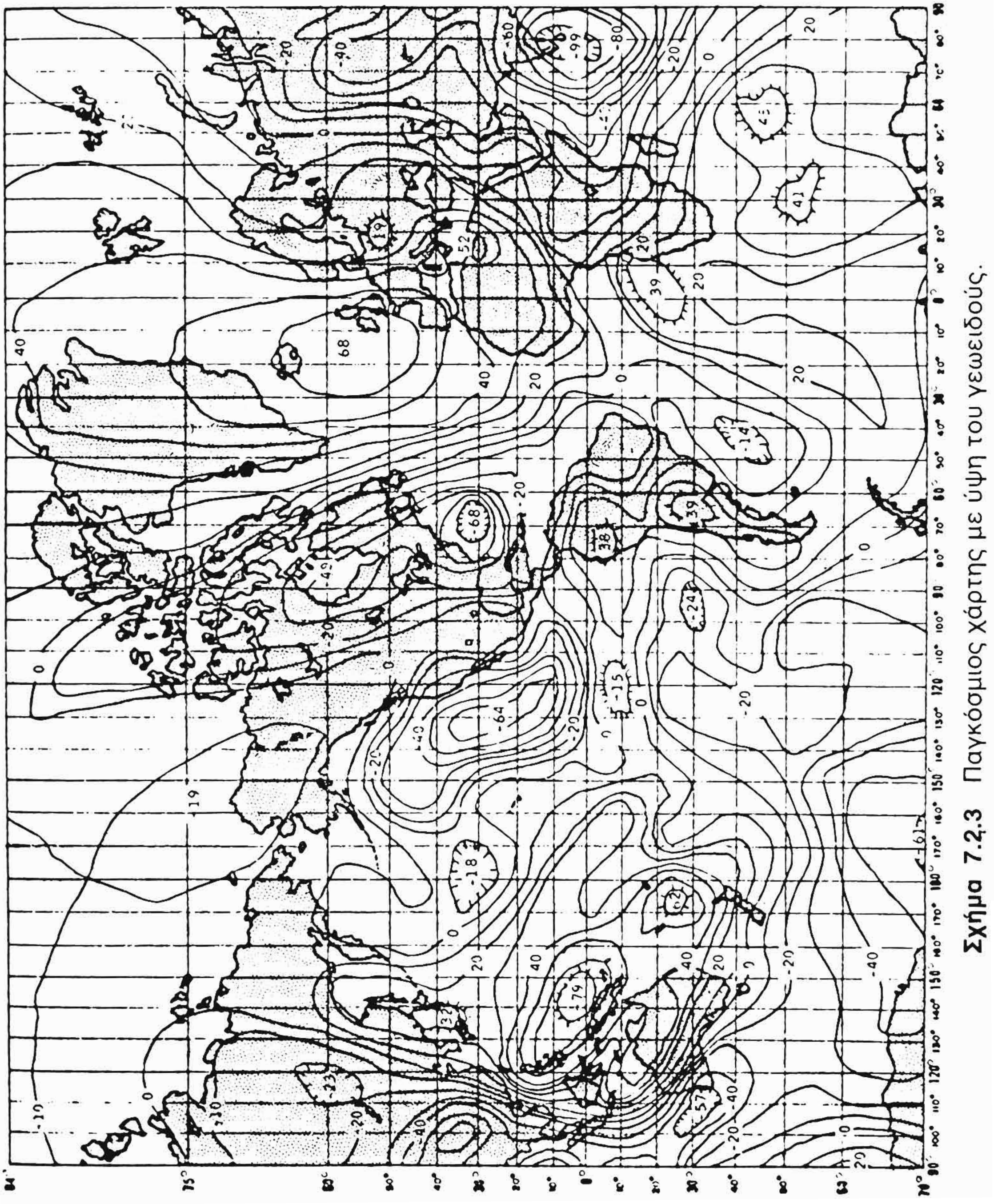
Το γεωδαιτικό πλάτος **φ** ενός σημείου **P** της γήϊνης επιφάνειας είναι η γωνία που σχηματίζει με το επίπεδο του ισημερινού η από το σημείο αυτό καθέτος στο ελλειψοειδές (σχήμα 7.2.2).

Το γεωδαιτικό μήκος **λ** ενός σημείου **P** της γήϊνης επιφάνειας είναι η γωνία που σχηματίζει ο από το σημείο **P** διερχόμενος μεσημβρινός με τον μεσημβρινό του Greenwich. (σχήμα 7.2.2)

Το γεωδαιτικό ύψος **H** ενός σημείου **P** είναι ίσο με το άθροισμα του υψομέτρου **h** του σημείου αυτού επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και του ύψους του γεωειδούς **N**. (σχήμα 7.2.1)

$$\mathbf{H = h + N} \qquad \textbf{(7.2.1)}$$

Το ύψος του γεωειδούς **N** είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς που μετράται κατά μήκος της από το σημείο **P** διερχόμενης καθέτου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς. (σχήμα 7.2.1)



Σχήμα 7.2.3 Παγκόσμιος χάρτης με ύψη του γεωειδούς.

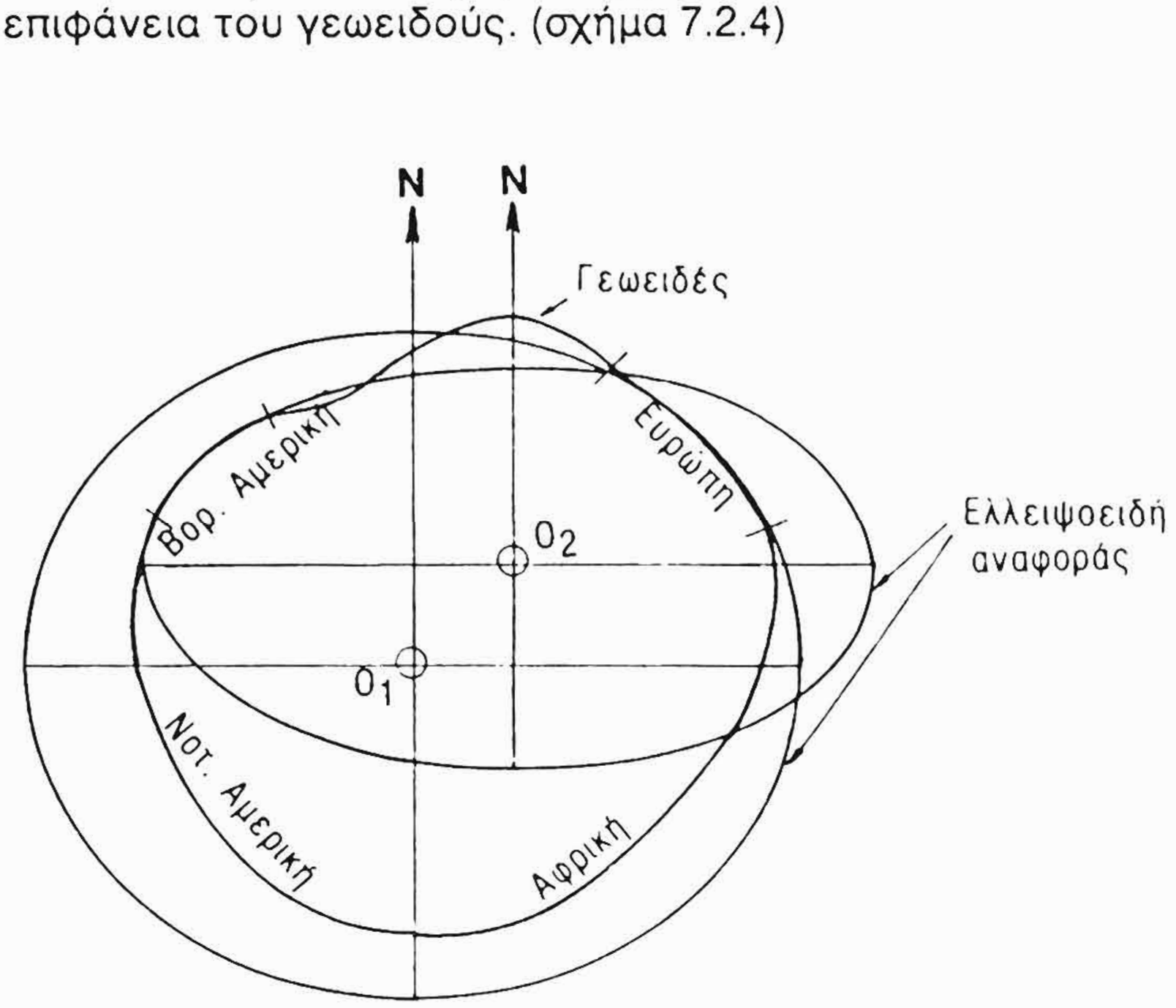
Γεωειδές λέγεται η επιφάνεια που θα προέκυπτε από την ελεύθερη επιφάνεια των υδάτων των ωκεανών αν αυτά καλύπτουν όλη την επιφάνεια της γής με την επίδραση της βαρύτητας και της αναπτυσόμενης λόγω της περιστροφής της γής φυγόκεντρου δυνάμεως. Στην περίπτωση αυτή, αν η ένταση του πεδίου βαρύτητας της γής ήταν σταθερή, η επιφάνεια του γεωειδούς θα είχε τη μορφή ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. Εν τούτοις στην πραγματικότητα λόγω των μεταβολών της εντάσεως του γήϊνου πεδίου βαρύτητας η επιφάνεια του γεωειδούς παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις από την μαθηματική επιφάνεια του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. (σχήμα 7.2.1)

Τα ύψη του γεωειδούς σε διάφορα σημεία της γήϊνης επιφάνειας είναι δυνατό να έχουν θετικές αρνητικές ή και μηδενικές τιμές (σχήμα 7.2.3)

7.2.2 Καθορισμός ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η)

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες **(φ,λ,Η)** ενός σημείου της γήϊνης επιφάνειας προσδιορίζονται ανάλογα με τις διαστάσεις και την θέση του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής που χρησιμοποιείται για την προσέγγιση της γήϊνης επιφάνειας. (σχήμα 7.2.4)

Για κάθε περιοχή της γήϊνης επιφάνειας χρησιμοποιείται κάποιο ελλειψειδές εκ περιστροφής με συγκεκριμένες διαστάσεις το οποίο όταν τοποθετηθεί στην κατάλληλη θέση μπορεί να θεωρηθεί οτι συμπίπτει με την επιφάνεια του γεωειδούς. (σχήμα 7.2.4)



Σχήμα 7.2.4 Προσέγγιση της επιφάνειας του γεωειδούς με διάφορα ελλειψοειδή αναφοράς.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.2.4 για την προσέγγιση της επιφάνειας του γεωειδούς στην περιοχή της Ευρώπης χρησιμοποιούμε το ελλειψοειδές εκ περιστροφής που έχει κέντρο το σημείο O_1 ενώ για την προσέγγιση της επιφάνειας του γεωειδούς στην περιοχή της Β. Αμερικής χρησιμοποιούμε το ελλειψοειδές εκ περιστροφής που έχει κέντρο το σημείο O_2. Σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις έχουμε δημιουργήσει ένα διαφορετικό σύστημα γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η).

Για τον καθορισμό ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η) το οποίο λέγεται και γεωδαιτική αφετηρία (geodetic datum) απαιτείται εκτός από το χρησιμοποιούμενο ελλειψοειδές αναφοράς και ο προσανατολισμός του και ο καθορισμός του κέντρου του.

Ο προσανατολισμός του ελλειψοειδούς αναφοράς γίνεται με την τοποθέτησή του σε τέποια θέση ώστε ο μικρός του ημιάξονας να είναι παράλληλος προς τον άξονα περιστροφής της γής. Ο καθορισμός του κέντρου του ελλειψοειδούς συνήθως γίνεται με την βοήθεια ενός αρχικού σημείου στο οποίο η επιφάνεια του γεωειδούς ταυτίζεται με την επιφάνεια του ελλειψοειδούς.

7.2.3 Τα κυριώτερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων

Οι συντεταγμένες ενός σημείου που αναφέρονται σε ένα σύστημα γεωδαιτικών συντεταγμένων δεν συμπίπτουν με τις συντεταγμένες του ιδίου σημείου όταν για τον καθορισμό τους χρησιμοποιηθεί διαφορετικό γεωδαιτικό σύστημα. Για τον λόγο αυτό ένα γεωδαιτικό σύστημα χρησιμοποιείται για αρκετά μεγάλες περιοχές που περιλαμβάνουν πολλές χώρες, ώστε να μην υπάρχουν διαφορές στις συντεταγμένες των σημείων που βρίσκονται στα όρια χωρών που χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα.

Τα κυριώτερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται σε διάφορες περιοχές της Υδρογείου είναι:

(1) **Η Ευρωπαϊκή αφετηρία (European Datum)** που χρησιμοποιεί το Διεθνές ελλειψοειδές του 1924 και έχει αρχικό σημείο στο Potsdam της Γερμανίας. Η Ευρωπαϊκή Αφετηρία, που χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα, δημιουργήθηκε το 1950 και συμπεριέλαβε πολλές τοπικές εθνικές αφετηρίες. Η αφετηρία αυτή συνδέθηκε με τριγωνομετρικά δίκτυα που εκτείνονται από τη Σκανδιναυΐα μέχρι τη Νότια Αφρική και από τις Δυτικές ακτές της Ευρώπης μέχρι το 84ο ανατολικό μεσημβρινό.

(2) **Η γεωδαιτική αφετηρία της Β. Αμερικής του 1927 (North American Datum 1927)** που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Clark του 1866 και έχει αρχικό σημείο στο Meades Ranch της πολιτείας Kansas. Η αφετηρία αυτή καλύπτει τις ΗΠΑ, τον Καναδά, το Μεξικό, τις Δυτικές Ινδίες, τη Γροιλανδία και τη Κεντρική Αμερική.

(3) **Η γεωδαιτική αφετηρία που χρησιμοποιείται στη Μ. Βρεττανία (Ordance Survey of Great Britain-1936 Datum)** στηρίζεται στο ελλειψοειδές του Airy του 1849 και δεν έχει αρχικό σημείο αλλά προέκυψε από τον καλλίτερο προσανατολισμό του ελλειψοειδούς που στηρίχθηκε σε 11 σταθερά σημεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 - 1

ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ (GEODETIC DATUMS)

Γεωδαιτικό Σύστημα	**Ελλειψοειδές αναφοράς**	**Αρχικό σημείο**
Ευρωπαϊκή Αφετηρία (European Datum)	Διεθνές (Hayford) a = 6378388 μέτρα f = 1/297	Πύργος του Helmert στο Potsdam της Γερμανίας
Βορείου Αμερικής 1927 (North American Datum 1927)	Clarke 1866 a = 6378206 f = 1/295	Meades Ranch της πολιτείας Kansas των ΗΠΑ
Ρωσική (Pulkovo 42)	Krasovski 1938 a = 6378245 f = 1/298,3	Παρατηρητήριο του Pulkovo στο Lenigrad
Τόκυο (Tokyo Datum)	Bessel 1841 a = 6377397 f = 1/299,2	Παρατηρητήριο του Τόκυο
Ινδιών (Indian Datum)	Everest a = 6377276,4 f = 1/300,80	Kalianpur
Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1972 - ΠΓΣ 72 (World Geodetic System 1972 - WGS 72)	a = 6378134,98 f = 1/298,26 e^2 = 0,006694318	Γεωκεντρικό
Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 - ΠΓΣ 84 (World Geodetic System 1984 - WGS 84)	a = 6378137 f = 1/298,26	Γεωκεντρικό
BTS (Bureau Terestial System)	GRS a = 6378137 e^2 = 0,006694380	Γεωκεντρικό

(4) **Η γεωδαιτική αφετηρία των Ινδιών (Indian Datum)** που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Everest και έχει αρχικό σημείο στο Kalianpur της Ινδίας. Η αφετηρία αυτή χρησιμοποιείται στις Ινδίες και τις γειτονικές χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας. Το ελλειψοειδές του Everest που χρησιμοποιείται στην αφετηρία των Ινδιών και υπολογίσθηκε το 1830 είναι ένα από τα παλαιότερα ελλειψοειδή και επειδή οι διαστάσεις του είναι πολύ μικρές η αφετηρία των Ινδιών δεν είναι τόσο ικανοποιητική όσο οι λοιπές γεωδαιτικές αφετηρίες.

(5) **Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα του 1972 - ΠΓΣ 72 (World Geodetic System 1972 - WGS 72)** που καλύπτει όλη την υδρόγειο και χρησιμοποιεί ένα ελλειψοειδές που το κέντρο του συμπίπτει με το κέντρο βαρύτητας της Γης.

(6) **Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό σύστημα του 1984 - ΠΓΣ 84 (WGS 84)** που στηρίζεται επίσης σε ελλειψοειδές που το κέντρο του συμπίπτει με το κέντρο της γης αλλά οι τιμές του που προέκυψαν από νεώτερα στοιχεία είναι περισσότερο ακριβείς από τις τιμές του ελλειψοειδούς του WGS 72.

Ο πίνακας 7-1 περιέχει μερικά από τα χρησιμοποιούμενα περιφερειακά και παγκόσμια συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων και τις παραμέτρους των ελλειψοειδών αναφοράς.

Για τον προσδιορισμό των στιγμάτων της δορυφορικής ναυτιλίας χρησιμοποιείται το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα **WGS 84** το οποίο έχει το πλεονέκτημα ότι δίνει ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς το οποίο προσεγγίζει το γεωειδές στο σύνολό του καλλίτερα από οποιοδήποτε άλλο τοπικό γεωδαιτικό σύστημα. Εν τούτοις η χρήση τοπικών γεωδαιτικών συστημάτων είναι πολλές φορές προτιμότερη, επειδή για την περιοχή του, κάθε τοπικό γεωδαιτικό σύστημα προσεγγίζει το γεωειδές καλλίτερα από ότι το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα στο σύνολό του.

Επειδή σε πολλές περιοχές χρησιμοποιείται τόσο το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα όσο και το αντίστοιχο τοπικό, οι συντεταγμένες ενός σημείου πρέπει να μπορούν να μετατραπούν από το ένα σύστημα στο άλλο. Η μετατροπή αυτή γίνεται από τους τύπους:

$$\lambda_{WGS\ 84} = \lambda_{τοπικό} + \Delta\lambda \qquad (7.2.1)$$

$$H_{WGS\ 84} = H_{τοπικό} + \Delta H \qquad (7.2.2)$$

Για την Ευρωπαϊκή Αφετηρία που χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα οι τιμές των **Δφ, Δλ** και **ΔΗ** σε δεύτερα λεπτά και μέτρα δίνονται από τους τύπους :

$$\Delta\varphi'' = -2{,}65468 + 2{,}05138\,U + 0{,}42259\,V + 0{,}48984\,U^2 - 0{,}73355\,V^2 + 0{,}90920\,U^3 + 2{,}53147\,U^2\,V - 0{,}72020\,U\,V^2 + 3{,}86471\,U\,V^3 - 0{,}59211\,U^5 - 4{,}04947\,U^4\,V - 3{,}38467\,U\,V^5 + 4{,}77265\,U^4\,V^3 + 0{,}54156\,V^8 - 7{,}56917\,U^6\,V^9 \qquad (7.2.4)$$

$$\Delta\lambda'' = -4{,}5500 - 1{,}61659\,U + 1{,}95078\,V - 1{,}81975\,U^2 + 0{,}53202\,U\,V - 0{,}65346\,U^3 - 3{,}67576\,U\,V^2 + 2{,}10356\,U^4 - 2{,}43915\,U^2\,V^2 + 1{,}38903\,V^4 + 1{,}14509\,U^4\,V + 11{,}89961\,U\,V^4 - 8{,}48517\,U\,V^6 - 0{,}51702\,V^8 - 3{,}31646\,U^9\,V^4 + 6{,}46701\,U^9\,V^9 \qquad (7.2.5)$$

$$\Delta H = 36{,}052 - 28{,}813\,U - 18{,}352\,V + 13{,}678\,U^2 + 3{,}769\,U\,V + 3{,}316\,V^3 + 33{,}994\,U^7\,V + 5{,}416\,V^8 - 129{,}330\,U^6\,V^4 + 147{,}344\,U^6\,V^6 \qquad (7.2.6)$$

όπου: $U = \kappa\,(\phi - 52)$ (7.2.7)

$V = \kappa\,(\lambda - 10)$ (7.2.8)

$\kappa = 0{,}0523599$ (7.2.9)

φ: είναι το γεωδαιτικό πλάτος στο τοπικό γεωδαιτικό σύστημα σε μοίρες και δέκατα της μοίρας, (θετικό για βόρεια πλάτη και αρνητικό για νότια.)

λ: είναι το γεωδαιτικό μήκος στο τοπικό γεωδαιτικό σύστημα σε μοίρες και δέκατα της μοίρας (θετικό για ανατολικά μήκη και αρνητικό για δυτικά).

$$X = (R_N + H)\cos\phi\cos\lambda \qquad (7.2.10)$$

$$Y = (R_N + H)\cos\phi\sin\lambda \qquad (7.2.11)$$

$$Z = (R_N\,e^2 + H)\sin\phi \qquad (7.2.12)$$

$$\tan\phi = \frac{(R_N+H)Z}{[R_N(1-e^2+H]\ (X^2+y^2)^{1/2}} \qquad (7.2.13)$$

$$\tan\lambda = \frac{Y}{X} \qquad (7.2.14)$$

$$H = \frac{Z}{\sin\phi} - R_N(1-e^2) \qquad (7.2.15)$$

όπου: R_N είναι η ακτίνα καμπυλότητας του πρώτου κάθετου που ισούται με

$$\frac{a}{(1-e^2\sin\phi)^{1/2}} \qquad (7.2.1)$$

H είναι το γεωδαιτικό ύψος που δίνεται από τη σχέση **(7.2.1)**

e είναι η πρώτη εκκεντρότητα του χρησιμοποιουμένου ελλειψοειδούς

7.2.4 Καρτεσιανές συντεταγμένες (X,Y,Z)

Για την εκτέλεση των μαθηματικών υπολογισμών που απαιτούνται για τον καθορισμό του στίγματος στην δορυφορική ναυτιλία χρησιμοποιείται ένα τρισορθογώνιο (καρτεσιανό) σύστημα συντεταγμένων X,Y,Z (σχήμα 7.2.2) στο οποίο :

i) Η αρχή των αξόνων είναι το κέντρο μάζας της Γης.

ii) Ο άξονας X έχει την διεύθυνση που ορίζεται από την τομή των επιπέδων του ισημερινού και του μεσημβρινού του Greenwich με θετική φορά προς το μήκος 0^{o}.

iii) Ο άξονας των Z συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής της γης με θετική φορά προς τον βόρειο πόλο.

iv) Ο άξονας των Y είναι κάθετος στους άξονες X και Z με θετική φορά πρχο τα ανατολικά μήκη.

Με την χρησιμοποίηση του παραπάνω καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων προσδιορίζονται τόσο οι συντεταγμένες των δορυφόρων όσο και οι αντίστοιχες του πλοίου οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε γεωδαιτικές (φ,λ,H) σύμφωνα με τους επόμενους τύπους μετατροπής.

7.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

Για τον καθορισμό του στίγματος στην δορυφορική ναυτιλία χρησιμοποιούνται δύο βασικές αρχές με τις οποίες προκύπτουν διάφορες επιφάνειες θέσεως[1] στην τομή των οποίων προσδιορίζεται το στίγμα του πλοίου. Οι δύο αυτές βασικές αρχές και οι αντίστοιχες επιφάνειες θέσεως είναι οι εξής :

α. Μέτρηση της μεταβολής της συχνότητας του λαμβανομένου στον δέκτη δορυφορικού σήματος από την οποία προσδιορίζεται η μεταβολή των αποστάσεων του δέκτη από διάφορες διαδοχικές θέσεις ενός δορυφόρου (φαινόμενο doppler). Με τον τρόπο αυτό, για κάθε διαφορά αποστάσεων του δέκτη από δύο διαφορετικές θέσεις του δορυφόρου προκύπτει μία επιφάνεια θέσεως που είναι ένα υπερβολοειδές εκ περιστροφής, και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή δύο υπερβολοειδών εκ περιστροφής με την σφαιρική επιφάνεια θέσεως που έχει κέντρο το κέντρο της γης και ακτίνα όση η ακτίνα της γης στο στίγμα αναμετρήσεως συν το ύψος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στο κεφάλαιο 8 στο οποίο περιγράφεται το σύστημα NAVSAT/TRANSIT που λειτουργεί με τη μέθοδο αυτή.

---

(1) Στη δορυφορική ναυτιλία, επειδή οι απαραίτητες μετρήσεις και οι υπολογισμοί για τον καθορισμό του στίγματος γίνονται στον τρισδιάστατο χώρο αντί για γραμμές θέσεως χρησιμοποιούνται επιφάνειες θέσεως.

β. Ταυτόχρονη μέτρηση των αποστάσεων του δέκτη από τρείς ή τέσσερεις δορυφόρους οπότε το στίγμα προκύπτει από την τομή αντιστοιχων σφαιρικών επιφανειών θέσεως που έχουν κέντρα τις γνωστές θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις μετρηθείσες από αυτούς αποστάσεις του δέκτη. Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στο κεφάλαιο 9 στο οποίο περιγράφεται το σύστημα NAVSTAR /GPS που λειτουργεί με την μέθοδο αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ NAVSAT/TRANSIT

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το δορυφορικό σύστημα καθορισμού στίγματος NAVSAT/TRANSIT, ανήκει στην πρώτη γενιά δορυφορικών συστημάτων καθορισμού στίγματος. Δημιουργήθηκε από το εργαστήριο εφηρμοσμένης φυσικής του πανεπιστημίου Johns Hopkins, για αποκλειστική αρχικά χρήση του Πολεμικού Ναυτικού των Η.Π.Α. Είναι ένα παθητικό σύστημα μεγάλης ακρίβειας με παγκόσμια κάλυψη και λειτουργία ανεξάρτητη από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, κατάλληλο για χρήση σε υποβρύχια, πλοία επιφανείας και αεροσκάφη.

Οι εργασίες για την ανάπτυξη του συστήματος NAVSAT / TRANSIT άρχισαν το 1959. Το 1964 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα πυρηνικά υποβρύχια των ΗΠΑ και το 1967 διατέθηκε στο εμπόριο για ελεύθερη χρήση.

Το σύστημα NAVSAT/TRANSIT προβλέπεται οτι θα παραμείνη σε χρήση μέχρι το 1994 οπότε θα διακοπή η υποστήριξή του λόγω της εν τω μεταξύ ολοκληρώσεως του προγράμματος του νέου δορυφορικού συστήματος *καθορισμού στίγματος* GPS - *Global Positioning System* - (βλ κεφ 8)

Στο σύστημα NAVSAT / TRANSIT, ο καθορισμός του στίγματος στηρίζεται στη μέτρηση της μεταβολής της συχνότητας των εκπεμπομένων από ένα δορυφόρο σημάτων με την οποία μπορεί να προσδιοριστεί η διαφορά των αποστάσεων του δέκτη από διάφορες θέσεις του δορυφόρου. Έτσι, για κάθε μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων, η θέση του δέκτη βρίσκεται επάνω στην επιφάνεια ενός υπερβολοειδούς εκ περιστροφής.

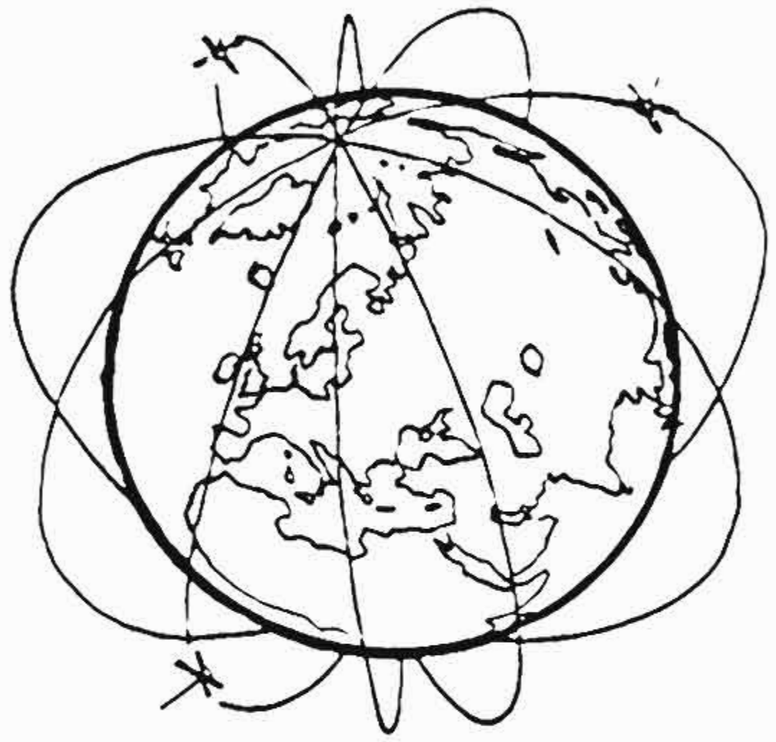
8.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVSAT/TRANSIT

Το σύστημα NAVSAT αποτελείται από:

1. Μία ομάδα δορυφόρων.(βλ § 8.2.1)
2. Ενα δίκτυο επιγείων σταθμών ελένχου (βλ § 8.2.2)
3. Τις μονάδες του χρήστη (δέκτες). βλ § 8.2.3

8.2.1 Δορυφόροι του συστήματος NAVSAT/TRANSIT

Το σύστημα NAVSAT/TRANSIT έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με πέντε δορυφόρους σε τροχιακά επίπεδα που βρίσκονται σε ίσες μεταξύ τους γωνιακές αποστάσεις (σχήμα 8.2.1). Εν τούτοις με την πάροδο του χρόνου οι τροχιές των δορυφόρων αποκλίνουν από τις αρχικές τους θέσεις (σχήμα 8.2.2) ενώ παράλληλα ορισμένοι δορυφόροι εξαντλούν το όριο ζωής τους και εκτοξεύονται νέοι δορυφόροι.



Σχήμα 8.2.1 Ιδανικές τροχιές δορυφόρων του συστήματος NAVSAT/TRANSIT

Οι δορυφόροι του συστήματος NAVSAT/TRANSIT, που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη, φαίνονται στον πίνακα 8.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1

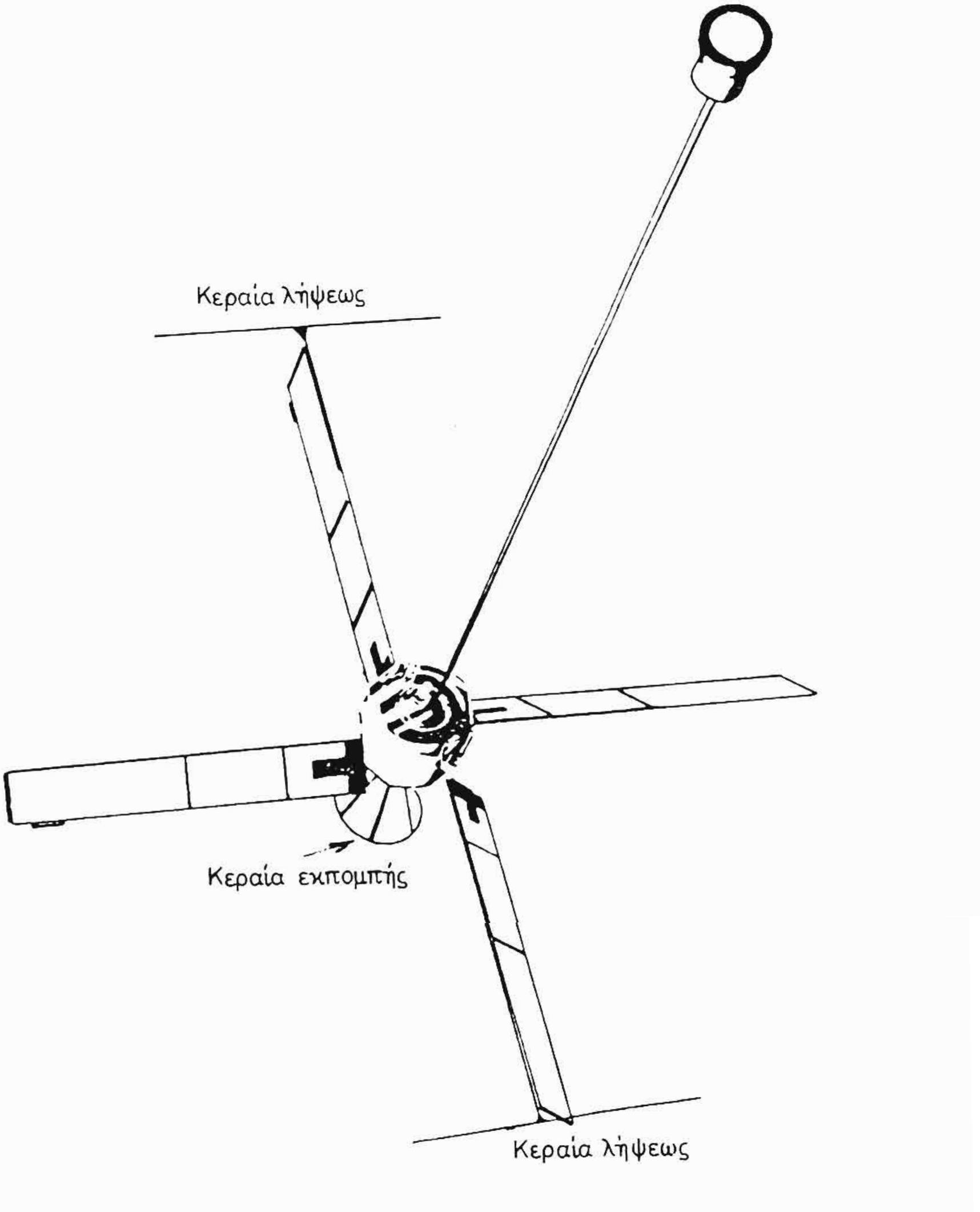
ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVSAT/TRANSIT(2 Φεβρουαρίου 1989)

Χρησιμοποιούμενοι δορυφόροι		Άλλοι δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά		
OSCAR	30200	TRANSAT	30110	σταμάτησε να λειτουργεί
OSCAR	30230	OSCAR	30130	σταμάτησε να λειτουργεί
OSCAR	30240	OSCAR	30250	εφεδρικός
OSCAR	30270	OSCAR	30290	εφεδρικός
NOVA	30480	OSCAR	30300	εφεδρικός
NOVA	30490	OSCAR	30310	εφεδρικός
NOVA	30500	OSCAR	30320	εφεδρικός



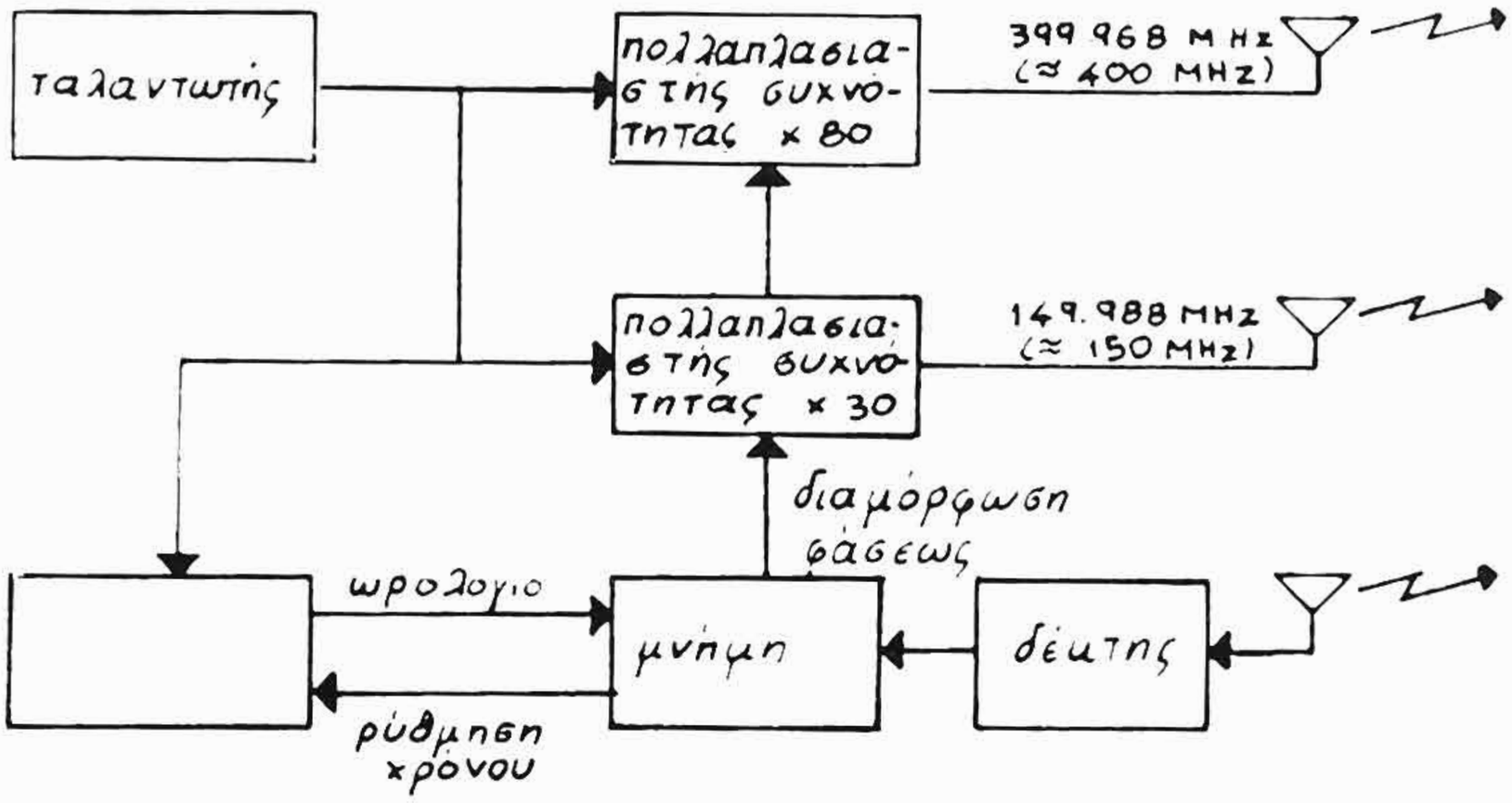
Σχήμα 8.2.2 Πραγματικές τροχιές δορυφόρων του συστήματος NAVSAT/TRANSIT.

Από τους δορυφόρους του πίνακα 8.1 οι τύπου OSCAR είναι της πρώτης γενιάς του 1963, ενώ οι τύπου NOVA εκτοξεύονται μετά το 1980 και έχουν την δυνατότητα να διορθώνουν τις τροχιές τους από αποκλίσεις που οφείλονται στην ατμοσφαιρική τριβή.



Σχήμα 8.2.3 Δορυφόρος του συστήματος NAVSAT/TRANSIT

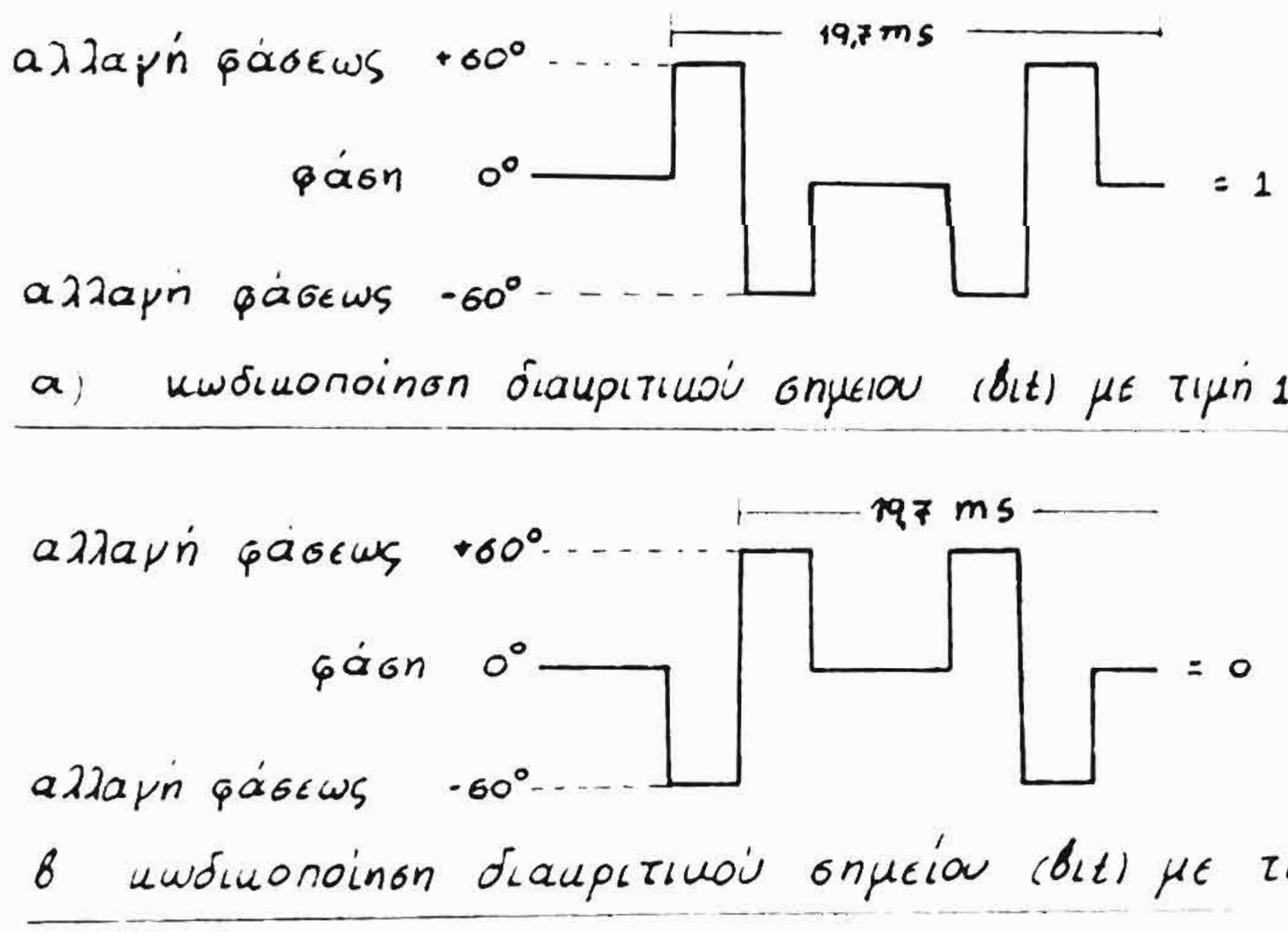
Κάθε δορυφόρος του συστήματος NAVSAT/TRANSIT έχει διαστάσεις 46 × 31 × 50 cm και βάρος 68,5 Kgr περίπου. Οι δορυφόροι του συστήματος περιστρέφονται γύρω από τη Γη σε ύψος 1100 Km περίπου στο οποίο αντιστοιχεί περίοδος 108΄ περίπου. (βλ. εξίσωση 7.1.2) Για τον καθορισμό του στίγματος χρησιμοποιείται μόνο ένας δορυφόρος κάθε φορά.



Σχήμα 8.2.4 Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας δορυφόρου NAVSAT/TRANSIT

Η λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του δορυφόρου (σχήμα 8.2.4) γίνεται με την βοήθεια ηλιακών συσσωρευτών νικελίου – καδμίου που φορτίζονται από τις ηλιακές κυψέλες των τεσσάρων πτερυγίων του δορυφόρου. Οι δορυφόροι του συστήματος NAVSAT/TRANSIT έχουν σύστημα σταθεροποιήσεως (προσανατολισμού) της θέσεως τους με το οποίο η κεραία εκπομπής βρίσκεται πάντοτε προς τη γη.

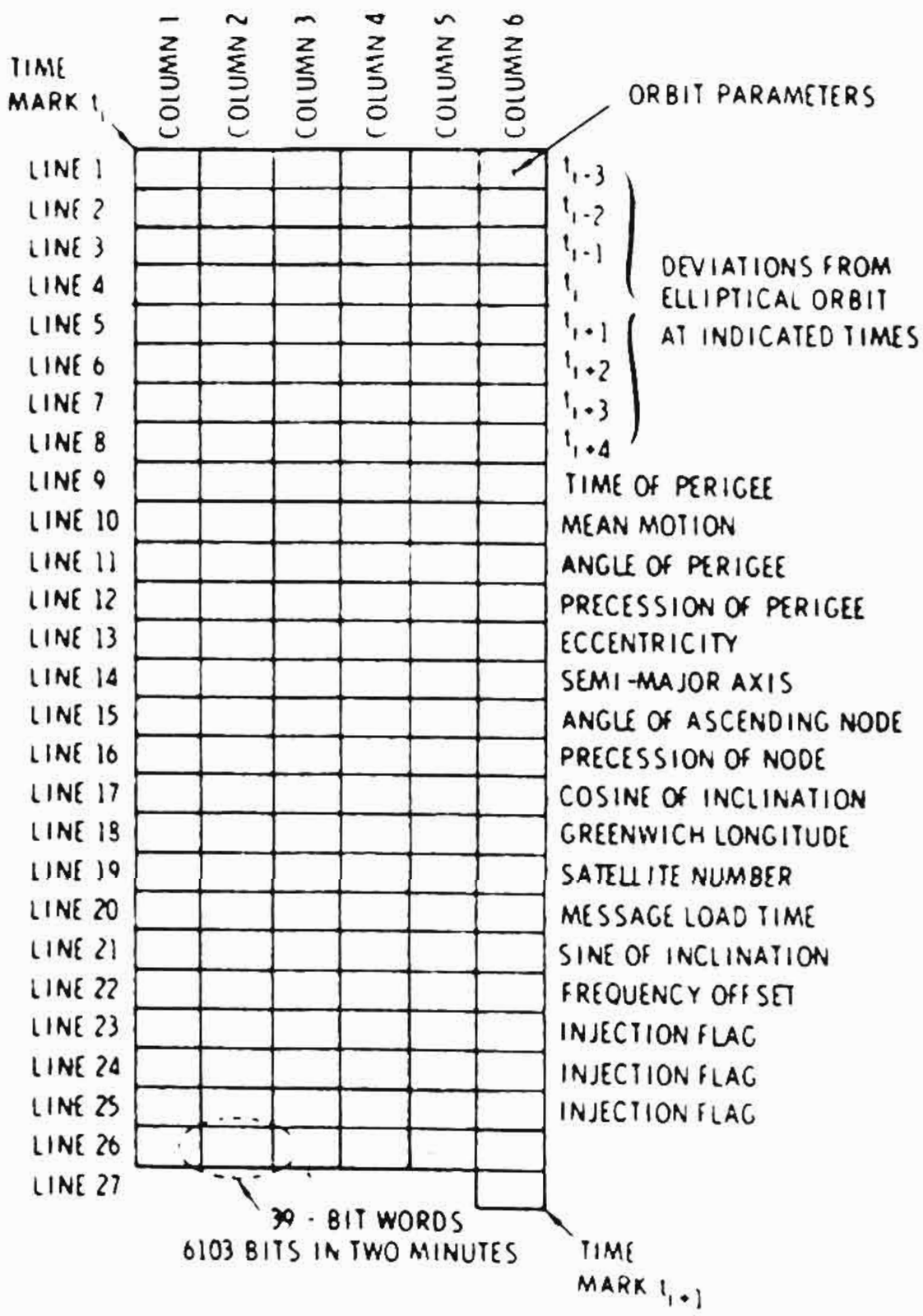
Κάθε δορυφόρος εκπέμπει χωρίς διακοπή στις συχνότητες 150 και 400 MHz (σχήμα 8.2.4) ένα ναυτιλιακό μήνυμα που διαρκεί 2 λεπτά και περιέχει πληροφορίες σχετικά με την τροχιά του και στοιχεία ακριβούς χρόνου GMT.



Σχήμα 8.2.5 Διαμόρφωση φάσεως δορυφορικού σήματος NAVSAT/TRANSIT

Το ναυτιλιακό μήνυμα του δορυφόρου αποτελείται από 6103 διακριτικά σημεία (bits) που έχουν τις τιμές 0 και 1 και δημιουργούνται από την κωδικοποίηση του φέροντος σήματος των 150 και 400 MHz. Η κωδικοποίηση αυτή γίνεται με την αλλαγή της φάσεως του φέροντος σήματος των 150 και 400 KHz κατά + 60° και - 60° όπως φαίνεται στο σχήμα 8.2.5.

Τα 6013 διακριτικά σημεία του ναυτιλιακού μηνύματος σχηματίζουν 156 λέξεις των 39 σημείων και μία λέξη των 19 ενώ μετά το τέλος του μηνύματος εκπέμπεται μία κωδική λέξη των 25 διακριτικών σημείων που χρησιμοποιείται για συγχρονισμό του δέκτη πριν τη λήψη των στοιχείων του επόμενου ναυτιλιακού μηνύματος. Η οργάνωση των πληροφοριών του ναυτιλιακού μυνήματος φαίνεται στο σχήμα 8.2.6.



TWO MINUTE MESSAGE ORGANIZATION

Σχήμα 8.2.6 Οργάνωση πληροφοριών ναυτιλιακού μηνύματος NAVSAT/TRANSIT (Πηγής εταιρείας Magnavox)

Από τα περιεχόμενα του ναυτιλιακού μηνύματος του σχήματος 8.2.6 οι τρεις πρώτες λέξεις των 39 σημείων περιέχουν στοιχεία ακριβούς χρόνου (της τάξεως του 1 sec) ενώ από τις υπόλοιπες μόνο οι λέξεις της 6ης στήλης περιέχουν πληροφορίες που προορίζονται για τον προσδιορισμό του ναυτιλιακού στίγματος (οι λέξεις που περιέχονται στις στήλες 1 εως 5 προορίζονται για μετάδοση κωδικοποιημένων στρατιωτικών πληροφοριών και δεν χρησιμοποιούνται από τους κοινούς ναυτιλιακούς δέκτες).

8.2.2 Επίγειοι σταθμοί ελέγχου.

Για τον ακριβή προσδιορισμό της πραγματικής τροχιάς κάθε δορυφόρου του συστήματος NAVSAT υπάρχουν τέσσερις σταθμοί παρακολούθησεως που βρίσκονται στις πολιτείες των ΗΠΑ, Χαβάη, Καλιφόρνια, Μινεσότα και Μαΐν.

Οι παραπάνω σταθμοί καταγράφουν τη μεταβολή της συχνότητας των δορυφορικών σημάτων σαν συνάρτηση του χρόνου. Συγχρόνως, το ναυτικό παρατηρητήριο των ΗΠΑ καταγράφει τον χρόνο αναφοράς που εκπέμπει κάθε δορυφόρος και τον συγκρίνει με τον διορθωμένο παγκόσμιο χρόνο UTC(1). Οι πληροφορίες αυτές διαβιβάζονται στη συνέχεια στο υπολογιστικό κέντρο για περαιτέρω επεξεργασία.

Το υπολογιστικό κέντρο επεξεργάζεται τα παραπάνω στοιχεία και υπολογίζει την τροχιά του δορυφόρου. Η υπολογισθείσα τροχιά χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέσεως του δορυφόρου για κάθε δύο λεπτά των επομένων 16 ωρών. Οι πληροφορίες αυτές διαβιβάζονται στην συνέχεια προς τον σταθμό εκπομπής από τον οποίο εκπέμπονται προς τον δορυφόρο κάθε 12 ώρες. Ο δορυφόρος λαμβάνει τα διορθωμένα στοιχεία της τροχιάς του από τους επίγειους σταθμούς και τα αποθηκεύει στη μνήμη του. Στη συνέχεια, εκπέμπει ανά 2΄ το ναυτιλιακό σήμα που περιέχει παραμέτρους οι οποίες εκφράζουν την τροχιά του σαν συνάρτηση του χρόνου.

8.2.3 Δέκτες NAVSAT/TRANSIT

Οι σύγχρονοι ναυτιλιακοί δέκτες του συστήματος NAVSAT/TRANSIT αν και κατασκευάζονται απο πολλούς κατασκευαστικούς οίκους, έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά όπως :

– Πολύ μικρές διαστάσεις ώστε να μπορούν να τοποθετούνται εύκολα σε οποιοδήποτε σκάφος ακόμη και σε μικρά σκάφη αναψυχής.

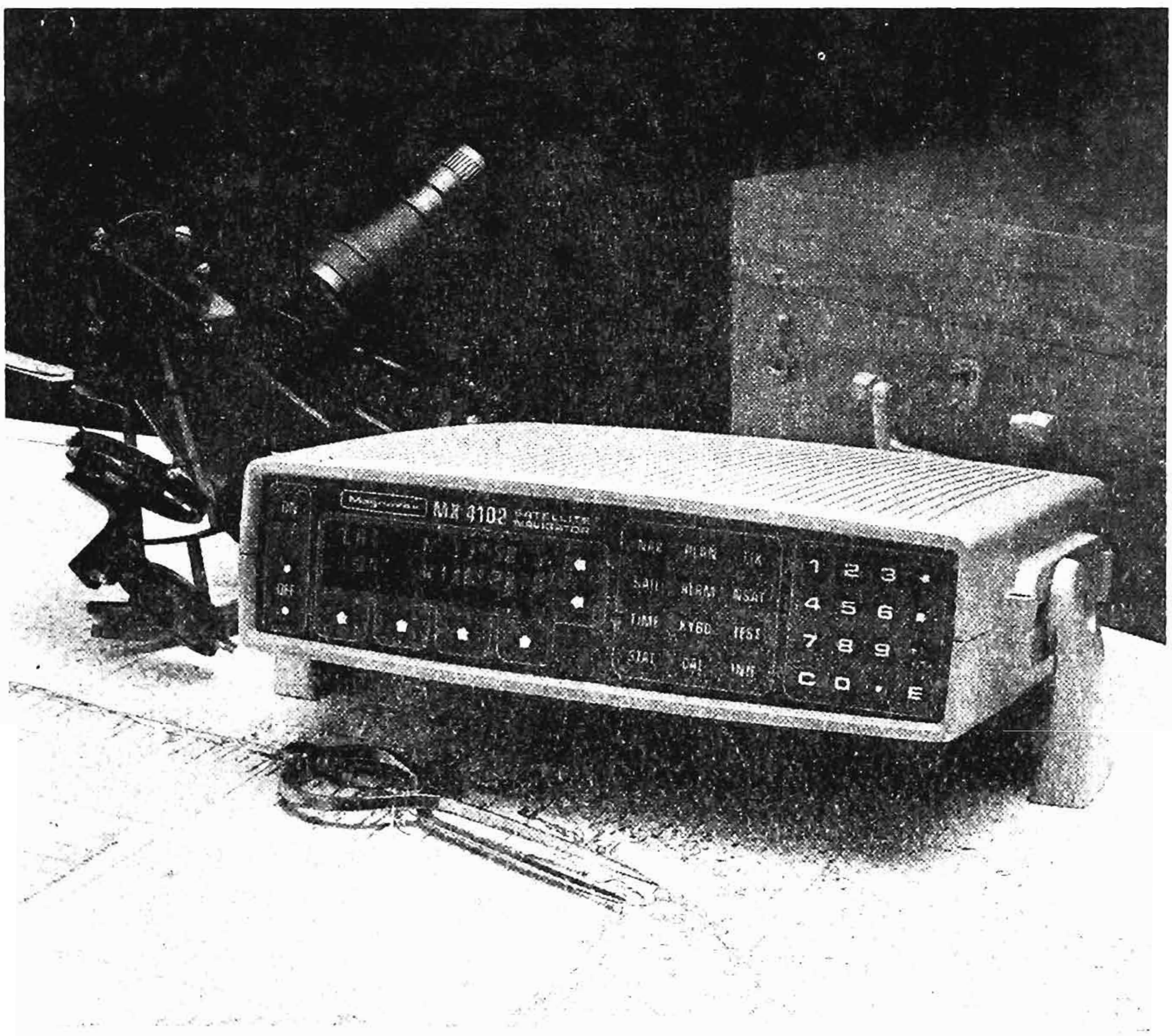
– Δυνατότητα απεικονίσεως στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη εκτός απο το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του σκάφους και στοιχείων που αναφέρονται στις τροχιές των δορυφόρων, τον χρόνο που απαιτείται για την εμφάνιση του επόμενου δορυφόρου που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό στίγματος, κλπ.

---

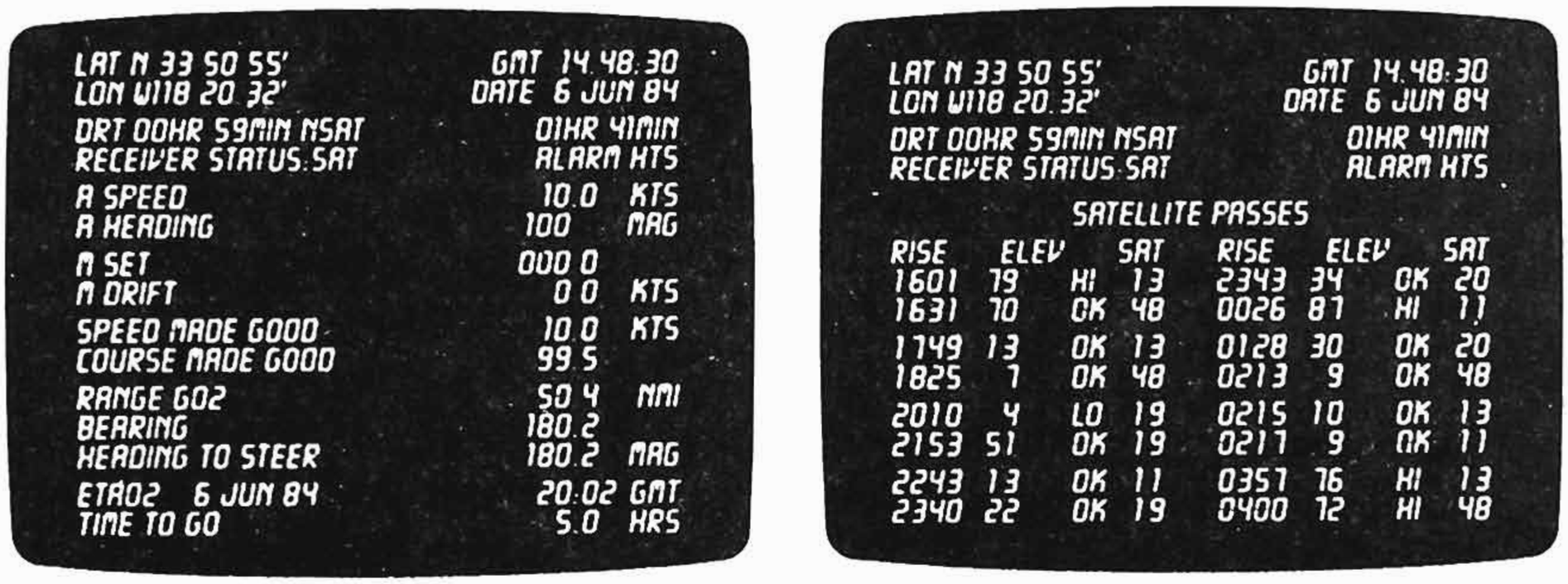
(1) UTC ή Coordinated Universal Time. Είναι ο χρόνος GMT διορθωμένος κατά τις μικρές αυξομειώσεις της γωνιακής ταχύτητος της Γης, που καθορίζεται με ακρίβεια 0,1΄ από ατομικά χρονόμετρα ακριβείας.

– Δυνατότητα χρησιμοποιήσεως του ενσωματομένου στον δέκτη μικρουπολογιστή για την επίλυση ναυτιλιακών προβλημάτων οπως π.χ ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, επίλυση προβλημάτων ορθοδρομίας, ηχητική σήμανση για απόκλιση απο προκαθορισθείσα διαδρομή, υπολογισμός πραγματικής ως προς τον θυθό πορείας και ταχύτητας κ.α.

Στο σχήμα 8.2.7 φαίνεται ενας τύπος σύγχρονου ναυτιλιακού δέκτη NAVSAT/TRANSIT της εταιρείας Magnavox. Στον δέκτη αυτό όλες οι εντολές δίνονται απο το πληκτρολόγιο του δέκτη και τα υπολογιζόμενα στοιχεία εμφανίζονται στον μικρό ψηφιακό ενδείκτη που βρίσκεται αριστερά απο το πληκτρολόγιο με τρόπο ανάλογο με αυτόν που περιγράφηκε αναλυτικά για τον δέκτη LORAN-C στην § 4.9.2.



Σχήμα 8.2.7 Ναυτιλιακός δέκτης NAVSAT/TRANSIT της εταιρείας Magnavox.



α. Οθόνη ναυτιλιακών στοιχείων

β. Οθόνη δορυφορικών στοιχείων

Όλα τα στοιχεία που εμφανίζονται στις οθόνες αυτές εμφανίζονται επιλεκτικά και στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη (σχήμα 8.2.7) και επομένως ο δέκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χωρίς τις οθόνες αυτές.

Σχήμα 8.2.8 Οθόνες ενδείξεως ναυτιλιακών και δορυφορικών στοιχείων δέκτου του σχήματος 8.2.7

Όλοι οι σύγχρονοι ναυτιλιακοί δέκτες του συστήματος NAVSAT/TRANSIT έχουν μορφή και διαστάσεις σχεδόν ίδιες με αυτές του δέκτη του σχήματος 8.2.7. Οι περισσότεροι απο τους δέκτες αυτούς έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν και με τερματικές οθόνες στις οποίες απεικονίζονται ταυτόχρονα πολύ περισσότερα στοιχεία από αυτά που εμφανίζονται στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη. Στο σχήμα 8.2.8 φαίνονται δύο οθόνες της κατηγορίας αυτής που προορίζονται για σύνδεση με τον δέκτη του σχήματος 8.2.7

Όπως θα αναπτυχθεί στην συνέχεια (§ 8.3.1) για τον προσδιορισμό του στίγματος NAVSAT/TRANSIT ο χειριστής πρέπει να τροφοδοτήσει τον ενσωματωμένο στον δέκτη μικρουπολογιστή τα επόμενα στοιχεία :

α. Στοιχεία στίγματος αναμετρήσεως.
β. Στοιχεία της κινήσεως του σκάφους (πορεία και ταχύτητα).
γ. Υψος της κεραίας του δέκτη επάνω απο την επιφάνεια της θάλασσας

Τα παραπάνω στοιχεία είναι δυνατό είτε να τεθούν απο τον χειριστή με την βοήθεια του πληκτρολογίου του δέκτη, ή για ορισμένα απο αυτά να γίνεται αυτόματη είσοδος στον δέκτη (με σύνδεση του με τη γυροπυξίδα και το δρομόμετρο του πλοίου οπότε τα στοιχεία κινήσεως του σκάφους δίνονται αυτόματα, ή και με τον δέκτη ενος άλλου συστήματος καθορισμού στίγματος οπως LORAN - C ή OMEGA οπότε τα στοιχεία του στίγματος του σκάφους παρέχονται αυτόματα).

Από τα παραπάνω στοιχεία που χρειάζεται ο υπολογιστής του δέκτη για τον προσδιορισμό του στίγματος,τα στοιχεία πορείας και ταχύτητας (για το χρονικό διάστημα που γίνεται ο προσδιορισμός του στίγματος) πρέπει να δίνονται με μεγάλη ακρίβεια, ενώ η ακρίβεια του στίγματος αναμετρήσεως δεν επηρεάζει την ακρίβεια του προσδιοριζομένου από τον δέκτη στίγματος.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (§ 8.2.1) οι δορυφόροι του συστήματος NAVSAT/TRANSIT εκπέμπουν σε δυο συχνότητες 150 και 400 MHz προκειμένου να είναι δυνατή απο τον υπολογιστή του δέκτη η διόρθωση των σφαλμάτων που οφείλονται στην επίδραση της ιονόσφαιρας. Μερικοί δέκτες NAVSAT λειτουργούν μόνο στη συχνότητα 400 MHz. Οι δέκτες αυτοί είναι απλούστεροι στην κατασκευή τους και στοιχίζουν φθηνότερα, αλλά παρέχουν μικρότερη ακρίβεια από τους δέκτες που λειτουργούν και στις δύο συχνότητες. Εν τούτοις, η επιτυγχανόμενη ακρίβεια εξακολουθεί να είναι ιδανική για τις απαιτήσεις της ωκεανοπλοΐας.

8.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVSAT/TRANSIT

8.3.1 Τρόπος καθορισμού στίγματος NAVSAT/TRANSIT.

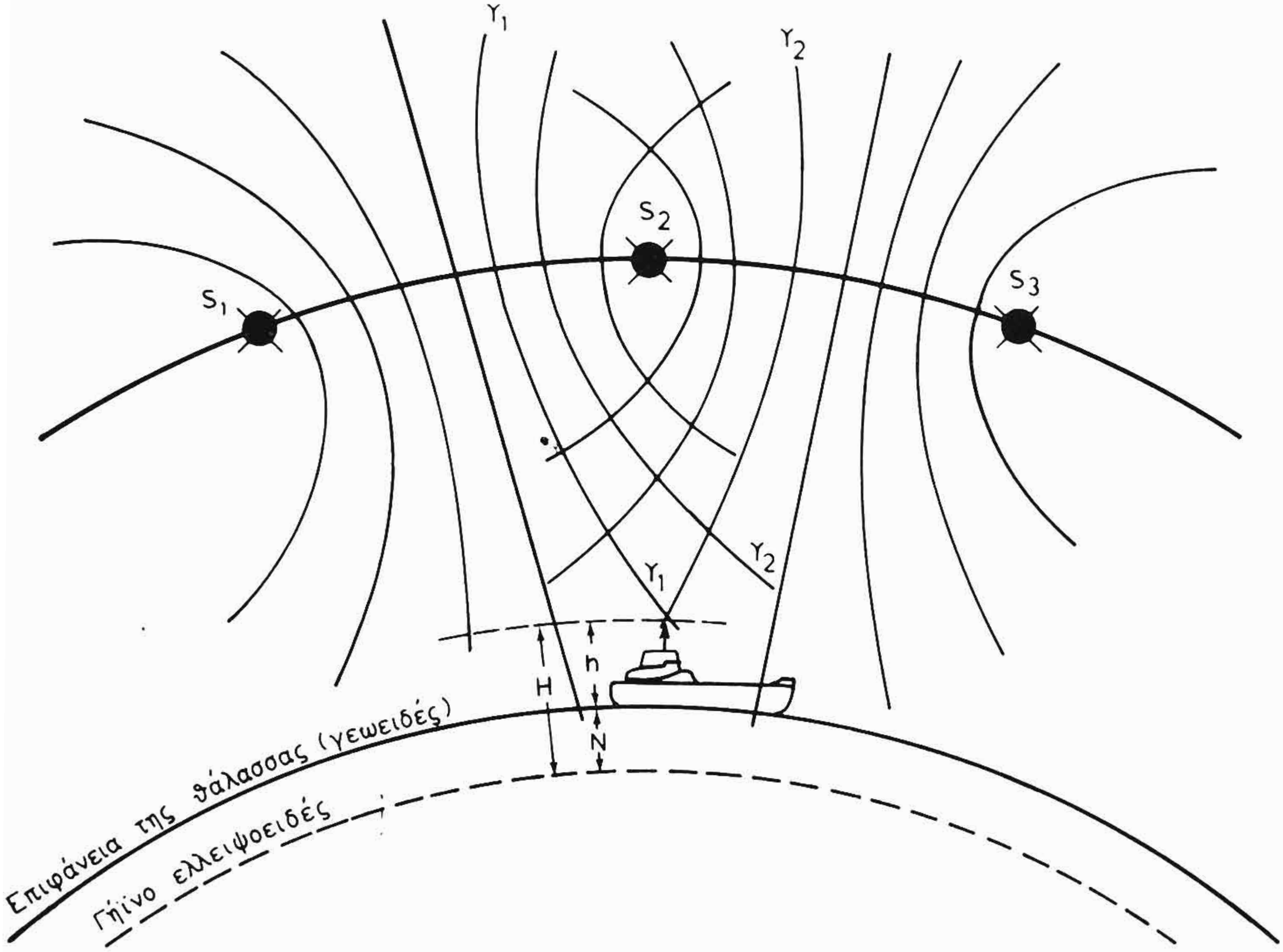
Στα κλασσικά ηλεκτρονικά συστήματα (LORAN-C, OMEGA κ.λπ.), για τον καθορισμό του στίγματος λαμβάνονται σήματα από δύο τουλάχιστον σταθμούς, κάθε ένας από τους οποίους σχηματίζει με κάποιον άλλο μία γραμμή βάσεως. Στην περίπτωση του δορυφορικού συστήματος NAVSAT/TRANSIT, τα χρησιμοποιούμενα για τον καθορισμό του στίγματος σήματα προέρχονται από ένα μόνο κινούμενο δορυφόρο.

Στο δορυφορικό σύστημα NAVSAT/TRANSIT, προσδιορίζονται οι διαφορές αποστάσεων του δέκτη από μια σειρά διαδοχικών θέσεων του δορυφόρου και η θέση του σκάφους βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια ενός υπερβολοειδούς εκ περιστροφής (Σχήμα 8.3.1). Οι διαφορές των αποστάσεων του δέκτη από τις διαδοχικές θέσεις του δορυφόρου προκύπτουν από την μέτρηση της μεταβολής της συχνότητας του λαμβανομένου στον δέκτη δορυφορικού σήματος (φαινόμενο DOPPLER).

Όταν ο δορυφόρος πλησιάζει το πλοίο η συχνότητα του λαμβανομένου δορυφορικού σήματος είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα εκπομπής του δορυφόρου, ενώ όταν ο δορυφόρος απομακρύνεται από το πλοίο, η συχνότητα του λαμβανόμενου σήματος είναι μικρότερη από τη συχνότητα εκπομπής. Η συχνότητα του λαμβανομένου στο δέκτη σήματος είναι ίση με τη συχνότητα εκπομπής του δορυφόρου όταν η απόσταση δορυφόρου - πλοίου είναι η μικρότερη.

Οι απαιτούμενες για τον καθορισμό του στίγματος μετρήσεις διαρκούν 10 έως 15 περίπου λεπτά της ώρας κατά την διάρκεια των οποίων ο δορυφόρος διανύει περίπου 2400 - 2600 μίλια και δίνει μία πολύ ικανοποιητική γραμμή βάσεως. Επειδή οι μετρήσεις δεν είναι στιγμιαίες αλλά γίνονται κατά την διάρκεια μιάς σημαντικής χρονικής περιόδου πρέπει να ληφθεί

υπ᾽ όψη και η κίνηση του πλοίου κατά τη χρονική αυτή περίοδο. Η ακριβής θέση του δορυφόρου σε κάθε χρονική στιγμή υπολογίζεται από τις πληροφορίες του εκπεμπόμενου από αυτόν ναυτιλιακού σήματος (κάθε δύο λεπτά της ώρας).



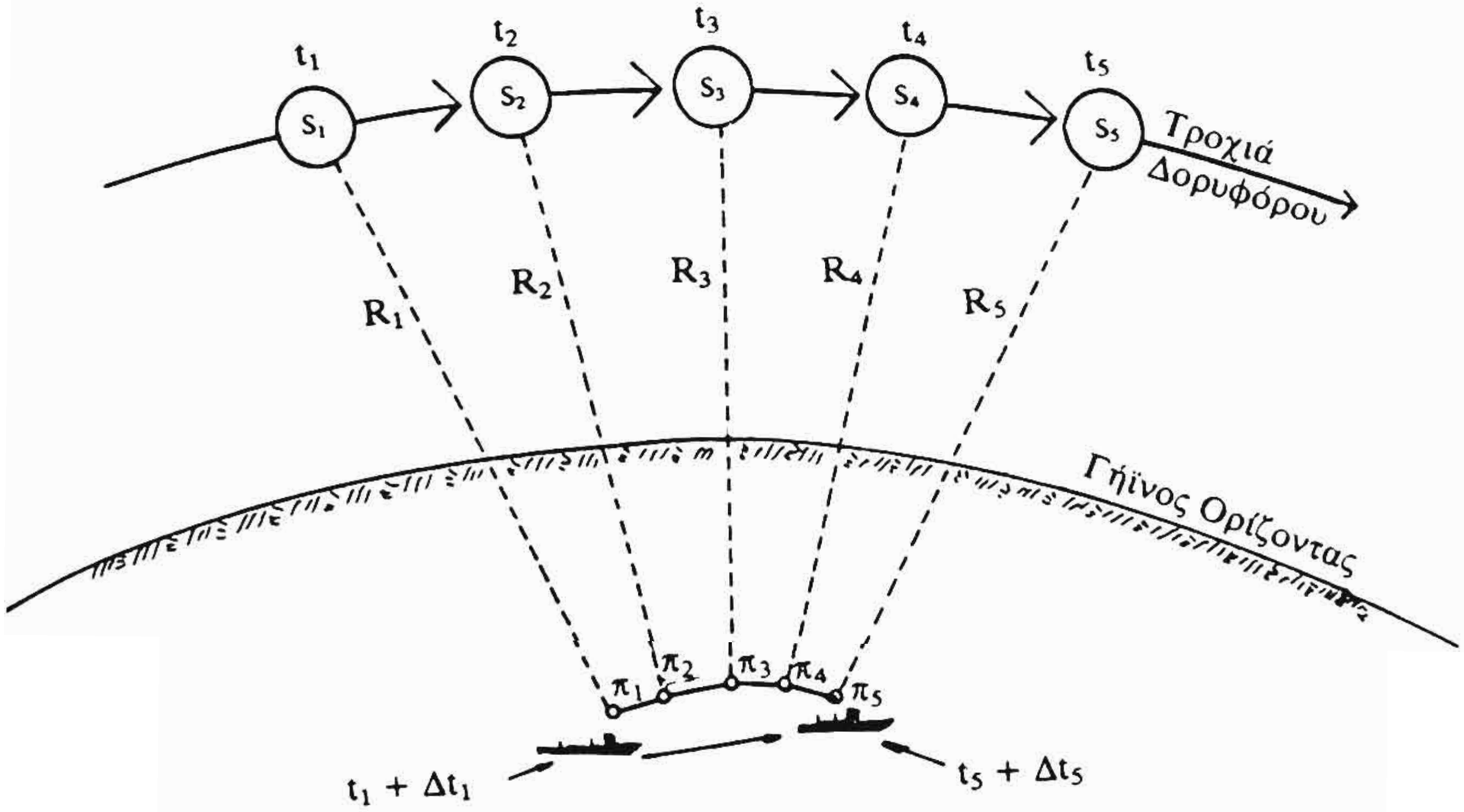
Το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή των επόμενων επιφανειών θέσεως:

1) Της επιφάνειας Y_1 του υπερβολοειδούς εκ περιστροφής που προκύπτει από του προσδιορισμό της διαφοράς των αποστάσεων τον δέκτη από τις θέσεις S_1 και S_2 του δορυφόρου.
2) Της επιφάνειας Y_2 του υπερβολοειδούς εκ περιστροφής που προκύπτει από τον προσδιορισμό της διαφοράς των αποστάσεων του δέκτη από τις θέσεις S_2 και S_3 του δορυφόρου.
3) Της σφαιρικής επιφάνεις που έχει κέντρο το κέντρο της γης και ακτίνα όση η ακτίνα της γης στο στίγμα αναμετρήσεως συν το ύφος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σχήμα 8.3.1 Γεωμετρία καθορισμού στίγματος NAVSAT/TRANSIT

Στο σχήμα 8.3.2. φαίνονται οι θέσεις S_1, S_2... του δορυφόρου κατά τις χρονικές στιγμές t_1, t_2... της εκπομπής του δορυφορικού σήματος καθώς και οι αποστάσεις R_1, R_2... μεταξύ των θέσεων του δορυφόρου κατά τις στιγμές εκπομπής t_1, t_2... και των αντιστοίχων θέσεων του πλοίου Π_1, Π_2... κατά τους χρόνους λήψεως του σήματος $t_1 + \Delta t_1$, $t_2 + \Delta t_2$.. όπου Δt_1, Δt_2... παριστούν τους χρόνους που χρειάζεται το δορυφορικό σήμα για να φτάσει στον δέκτη. Επειδή οι χρόνοι αυτοί δεν είναι ίσοι μεταξύ τους, το δορυφορικό σήμα θα λαμβάνεται στον δέκτη σε χρονικά διαστήματα λίγο διαφορετικά των 2 λεπτών.

Εν τούτοις, το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει τις εκτελούμενες μετρήσεις που αφορούν τον αριθμό των κύκλων του λαμβανόμενου σήματος για το διάστημα μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως δύο διαδοχικών σημάτων συγχρονισμού. Αυτό συμβαίνει επειδή ο αριθμός των κύκλων του εκπεμπόμενου σήματος μεταξύ των χρονικών στιγμών εκπομπής των σημάτων συγχρονισμού (2΄) είναι ίδιος με τον αριθμό των κύκλων του λαμβανομένου σήματος μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων αυτών, στον δέκτη.



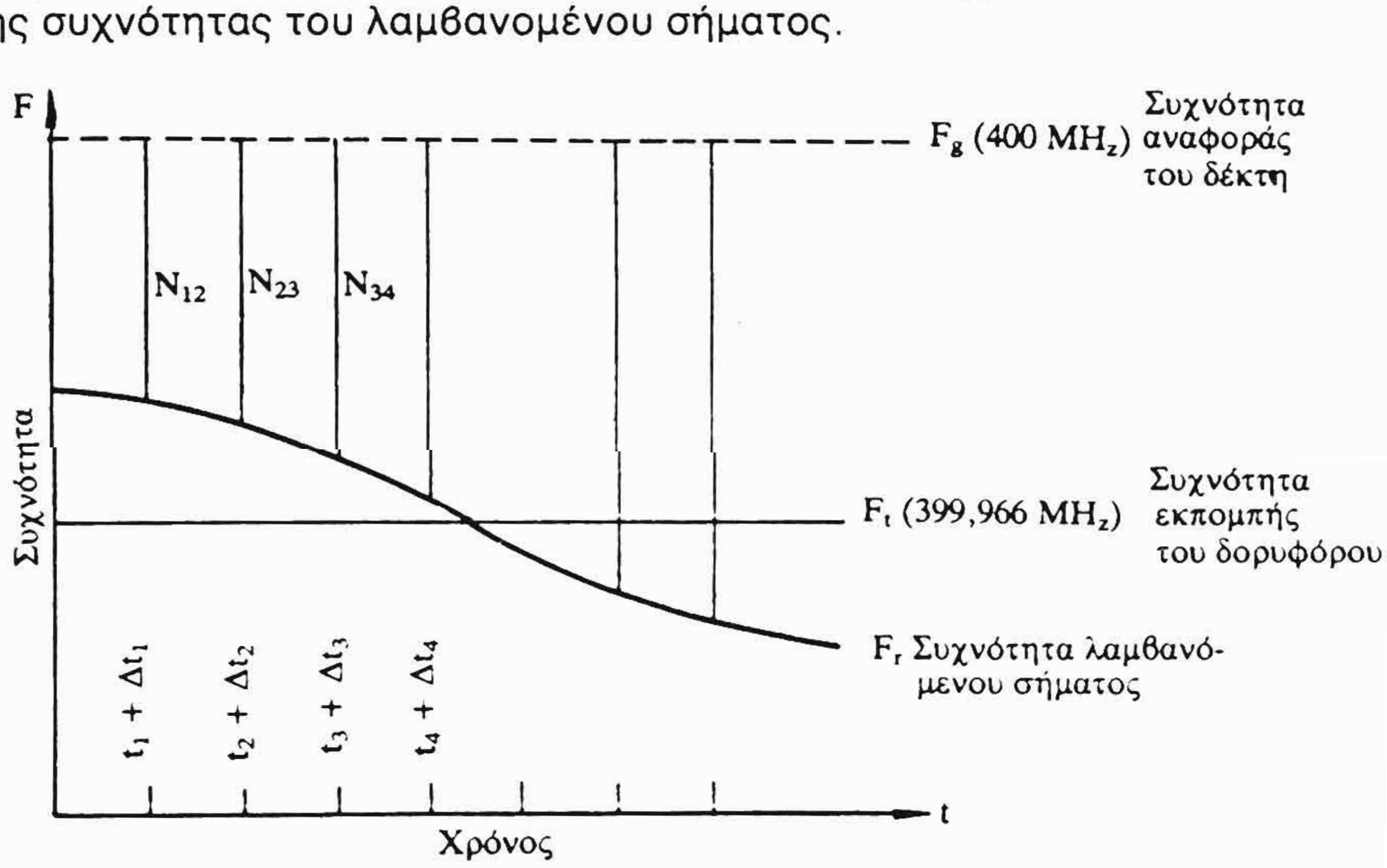
Με την μέτρηση της μεταβολής της συχνότητας των λαμβανομένων στον δέκτη του πλοίου δορυφορικών σημάτων προσδιορίζονται οι διαφορές των αποστάσεων του πλοίου από τις διαδοχικές θέσεις του δορυφόρου.

Σχήμα 8.3.2 Μετρήσεις Doppler Δορυφορικών συστημάτων

Όπως θα αποδειχθεί στη συνέχεια ο αριθμός N_{12} των μετρουμένων μεταξύ των χρονικών στιγμών $t_1 + \Delta t_1$ και $t_2 + \Delta t_2$ κύκλων, κατά τους οποίους διαφέρουν τα λαμβανόμενα από τις θέσεις S_1 και S_2 δορυφορικά σήματα, καθώς και οι αριθμοί N_{23}, N_{34} κ.λπ. των μετρουμένων κύκλων, κατά τους οποίους διαφέρουν τα λαμβανόμενα σήματα μεταξύ των διαδοχικών χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων συγχρονισμού, προσδιορίζουν το ποσό της μεταβολής των αποστάσεων δορυφόρου - πλοίου ($R_2 - R_1$, $R_3 - R_2$ κ.λπ.). Η μέτρηση αυτή είναι ακριβέστατη γιατί κάθε κύκλος που προστίθεται (ή αφαιρείται) λόγω της σχετικής κινήσεως δορυφόρου - πλοίου δείχνει ότι η απόσταση R ελαττώθηκε ή αυξήθηκε κατά ένα μήκος κύματος ή κατα 0,75 μέτρα για τη συχνότητα των 400 MHz.

Για την ακριβή μέτρηση των διαφορών των αποστάσεων δορυφόρου-πλοίου πρέπει να γνωρίζουμε την τιμή της διαφοράς της συχνότητας $\vec{F}$ μεταξύ της συχνότητας εκπομπής F_t του δορυφορικού σήματος και της σταθερής συχνότητας αναφοράς F_g που παράγεται στον τοπικό ταλαντωτή του δέκτη.

Οι αποστάσεις R_1, R_2... μπορούν να υπολογισθούν κατά προσέγγιση, με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου και τα στοιχεία της δορυφορικής τροχιάς που εκπέμπει ο δορυφόρος ανά 2'. Οι υπολογιζόμενες με τον τρόπο αυτό αποστάσεις μας δίνουν τις προσεγγιστικές διαφορές αποστάσεων ($R_2 - R_1$, $R_3 - R_2$...) οι οποίες κατόπιν συγκρίνονται με τις ακριβείς διαφορές αποστάσεων που προκύπτουν από τη μέτρηση των κύκλων της συχνότητας του λαμβανομένου σήματος.



Σχήμα 8.2.3 Μεταβολή της συχνότητας του λαμβανομένου δορυφορικού σήματος με το χρόνο

Εάν το στίγμα που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των διαφορών, των αποστάσεων είναι σωστό, τότε οι διαφορές των αποστάσεων που προκύπτουν από τη μέτρηση των κύκλων του λαμβανόμενου σήματος θα συμπίπτουν με τις διαφορές των αποστάσεων που υπολογίστηκαν με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα. Στην αντίθετη περίπτωση, ο υπολογιστής του δέκτη δοκιμάζει άλλες τιμές αρχικού στίγματος και η διαδικασία επαναλαμβάνεται, μέχρις ότου η διαφορά των δύο διαφορών αποστάσεων (πραγματικής και προσεγγιστικής) βρεθεί στα παραδεκτά όρια.

Οι απαιτούμενοι για τον καθορισμό του στίγματος υπολογισμοί, που αναλύονται στη συνέχεια, είναι πολύπλοκοι και γίνονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος βρίσκεται στο πλοίο. Για την εκτέλεση τους, πρέπει να δοθούν στον υπολογιστή στοιχεία που αφορούν το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου και την κίνησή του (πορεία και ταχύτητα). Η ακρίβεια του κατ' εκτίμηση στίγματος δεν είναι σημαντική, αλλά η ακρίβεια των στοιχείων κινήσεως του σκάφους είναι καθοριστική.

Άλλα στοιχεία που χρειάζεται ο υπολογιστής για τον προσδιορισμό του στίγματος είναι το ύψος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια του γεωειδούς και ο ακριβής χρόνος, στον οποίο αναφέρονται τα στοιχεία κινήσεως του πλοίου.

Στα στοιχεία εξόδου του δέκτη, εκτός από τα στοιχεία της τροχιάς του δορυφόρου και τον χρόνο αναφοράς, δίνεται το πλάτος και το μήκος του στίγματος, καθώς και η τιμή της διαφοράς συχνότητας **F̄**.

7.3.2 Αλγόριθμος υπολογισμού στίγματος TRANSIT.

Ο αριθμός N_{12} των κύκλων , κατά τους οποίους διαφέρουν τα λαμβανόμενα από τις θέσεις S_1 και S_2 δορυφορικά σήματα είναι:

$$N_{12} = \int_{\tau_1 + \Delta t_1}^{t_2 + \Delta t_2} (F_g - F_r).dt \qquad (8\text{-}1)$$

όπου:
- F_g είναι η σταθερή συχνότητα αναφοράς του δέκτη.
- F_r είναι η συχνότητα του λαμβανόμενου δορυφορικού σήματος.
- t_1, t_2 είναι οι χρόνοι εκπομπής δύο διαδοχικών δορυφορικών σημάτων.
- $\Delta t_1, \Delta t_2$ είναι οι χρόνοι που χρειάζονται τα δορυφορικά σήματα για να φτάσουν στον δέκτη.

Η σχέση (8-1) μπορεί να γραφεί:

$$N_{12} = \int_{t_1 + \Delta t_1}^{t_2 + \Delta t_2} Fg.dt - \int_{t_1 + \Delta t_1}^{t_2 + \Delta t_2} Fr.dt \qquad (8\text{-}2)$$

Και επειδή ο αριθμός των κύκλων του λαμβανομένου σήματος στο χρονικό διάστημα $(t_2 + \Delta t_2) - (t_1 + \Delta t_1)$ είναι ίσος με τον αριθμό των κύκλων του εκπεμπομένου κατά το χρονικό διάστημα $t_2 - t_1$ σήματος.

$$\int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} F_r \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} F_t \cdot dt \qquad (8\text{-}3)$$

Αντικαθιστώντας την τιμή της σχέσεως (28-3) στη σχέση (28-2) λαμβάνουμε:

$$N_{12} = \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} F_g \cdot dt - \int_{t_1}^{t_2} F_t \cdot dt$$

και επειδή οι τιμές F_g και F_t είναι σταθερές:

$$N_{12} = F_g.[(t_2 - t_1) + (\Delta t_2 - \Delta t_1)] - F_t \cdot (t_2 - t_1) = (F_g - F_t). (t_2 - t_1) + F_g. (\Delta t_2 - \Delta t_1) \qquad (8\text{-}4)$$

Η διαφορά $t_2 - t_1$ είναι σταθερή ίση με:

$$t_2 - t_1 = \Delta t_{12} = 2 \qquad (8\text{-}5)$$

Η διαφορά $F_g - F_t$ είναι σταθερή ίση με:

$$F_g - F_t = \bar{F} = 32KHz \qquad (8\text{-}6)$$

Ο όρος $F_g \cdot (\Delta t_2 - \Delta t_1)$ της σχέσεως γράφεται:

$$F_g. (\Delta t_2 - \Delta t_1) = F_g \frac{R_2 - R_1}{C} = \frac{1}{\lambda_g} \cdot (R_2 - R_1) \qquad (8\text{-}7)$$

Όπου:
- λ_g είναι το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην συχνότητα F_g
- C είναι η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Η σχέση (8-4) λόγω των (8-5), (8-6) και (8-7) γίνεται:

$$N_{12} = \bar{F}.\Delta t_{12} + \frac{1}{\lambda_g}(R_2 - R_1) \qquad (8\text{-}8)$$

Η διαφορά αποστάσεως $R_{12} = R_2 - - R_1$ ισούται με:

$$\hat{R}_{12} = R_2 - R_1 = \lambda_g.(N_{12} - \bar{F}.\Delta t_{12}) \qquad (8\text{-}9)$$

Η διαφορά αποστάσεως κατά το **k** χρονικό διάστημα δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{R}_k = \lambda_g. N_k - \lambda_g.\bar{F}.\Delta t_k \qquad (8\text{-}10)$$

Οι συντεταγμένες **X, Y, Z** του δορύφόρου υπολογίζονται από τις παραμέτρους της τροχιάς του, που περιέχονται στο ναυτιλιακό σήμα. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της θέσεως του δέκτη υπολογίζονται από το κατ' εκτίμηση στίγμα και το αντίστοιχο ύψος του γεωειδούς. Αν χρησιμοποιήσουμε τις ορθογώνιες συντεταγμένες (X_s, Y_s, Z_s) του δορυφόρου και τις αντίστοιχες $X_\Delta, Y_\Delta, Z_\Delta$ του δέκτη η απόσταση δορυφόρου - δέκτη κατά τη χρονική στιγμή t_k δίνεται από τον τύπο :

$$R_k = \sqrt{(X_{Sk} - X_{\Delta k})^2 + (Y_{Sk} - Y_{\Delta k})^2 + (Z_{Sk} - Z_{\Delta k})^2} \qquad (8\text{-}11)$$

Η διαφορά αποστάσεως κατά το **k** διάστημα που προκύπτει με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου είναι: $[R_k - R_{k-1}]$

Η διαφορά μεταξύ των δύο διαφορών αποστάσεων που υπολογίστηκαν η μεν πρώτη με βάση τη μέτρηση της διαφοράς συχνότητας (σχέση 8-9) και η δεύτερη με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου μεταξύ των χρονικών στιγμών t_k και t_{k-1} είναι:

$$D(\phi, \lambda, \bar{F})_k = \hat{R}_k - (R_k - R_{k-1}) \qquad (8\text{-}12)$$

Για τον καθορισμό του στίγματος γίνεται μία σειρά από **m** μετρήσεις Doppler και υπολογίζεται η συνάρτηση **I (φ,λ,F)** του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών:

$$I(\phi,\lambda,\bar{F}) = \sum_{k=1}^{m} D\,(\phi,\lambda,\bar{F})_k^2 \qquad (8\text{-}13)$$

Αναπτύσσοντας την παραπάνω εξίσωση σε σειρά Taylor περί τις αρχικές τιμές Φ_k, λ_k και F_k και διατηρώντας μέχρι και τους πρώτης τάξεως όρους λαμβάνουμε:

$$I = \sum_{k=1}^{m} \left[D_k - \frac{\vartheta (R_k - R_{k-1})}{\vartheta \varphi} \Delta\varphi - \frac{\vartheta (R_k - R_{k-1})}{\vartheta \lambda} \Delta\lambda + \frac{\vartheta}{\vartheta \bar{F}} \hat{R}_k \Delta\bar{F} \right]^2 \quad (8\text{-}14)$$

όπου:

$$\Delta\bar{F} = \bar{F} - \bar{F}_k$$

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_k$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_k$$

$$D_k = \hat{R}_k - (R_k - R_{k-1})$$

Και εάν συμβολίσομε με G_k την παράσταση που περιέχεται στην αγκύλη, η σχέση (23-14) γίνεται:

$$I = \sum_{k=1}^{m} G_k^2 \quad (8\text{-}15)$$

Για να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση **I (φ, λ, F)** ως προς τις τιμές των μεταβλητών **φ, λ, F**, παραγωγίζουμε τη σχέση (23-14) ως προς τις μεταβλητές **φ, λ, F** (διατηρώντας μέχρι και πρώτης τάξης όρους), εξισώνουμε τις παραγώγους με το μηδέν και διαιρούμε τα μέλη των εξισώσεων δια 2.

$$\left.\begin{aligned} \frac{\vartheta I}{\vartheta \varphi} = 0 = -\sum_{k=1}^{m} G_k \frac{\vartheta (R_k - R_{k-1})}{\vartheta \varphi} \\ \frac{\vartheta I}{\vartheta \lambda} = 0 = -\sum_{k=1}^{m} G_k \frac{\vartheta (R_k - R_{k-1})}{\vartheta \lambda} \\ \frac{\vartheta I}{\vartheta \bar{F}} = 0 = -\sum_{k=1}^{m} G_k \frac{\vartheta R_k}{\vartheta \bar{F}} \end{aligned}\right\} \quad (8\text{-}16)$$

Αν ορίσουμε τους πίνακες **A, D,** και **Ξ**

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{\vartheta (R_1 - R_0)}{\vartheta \varphi} & -\frac{\vartheta (R_1 - R_0)}{\vartheta \lambda} & \frac{\vartheta R_1}{\vartheta \bar{F}} \\ -\frac{\vartheta (R_2 - R_1)}{\vartheta \varphi} & -\frac{\vartheta (R_2 - R_1)}{\vartheta \lambda} & \frac{\vartheta \hat{R}_2}{\vartheta \bar{F}} \\ \hdashline -\frac{\vartheta (R_m - R_{m-1})}{\vartheta \varphi} & -\frac{\vartheta (R_m - R_{m-1})}{\vartheta \lambda} & \frac{\vartheta \hat{R}_m}{\vartheta \bar{F}} \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \hline D_m \end{bmatrix} \qquad G = \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ \hline G_m \end{bmatrix} \qquad E = \begin{bmatrix} \Delta\varphi \\ \Delta\lambda \\ \Delta F \end{bmatrix}$$

Γράφουμε τις συναρτήσεις G_k σε μορφή πίνακα:

$$G_1 = D_1 + \frac{\vartheta}{\vartheta \bar{F}} \hat{R}_1 \Delta\bar{F} - \frac{\vartheta(R_1 - R_O)}{\vartheta \varphi} \Delta\varphi - \frac{\vartheta(R_1 - R_O)}{\vartheta \lambda} \Delta\lambda$$

$$G_2 = D_2 + \frac{\vartheta}{\vartheta \bar{F}} \hat{R}_2 \Delta\bar{F} - \frac{\vartheta(R_2 - R_1)}{\vartheta \varphi} \Delta\varphi - \frac{\vartheta(R_2 - R_1)}{\vartheta \lambda} \Delta\lambda$$

$$G_3 = D_3 + \frac{\vartheta}{\vartheta \bar{F}} \hat{R}_3 \Delta\bar{F} - \frac{\vartheta(R_3 - R_2)}{\vartheta \varphi} \Delta\varphi - \frac{\vartheta(R_3 - R_2)}{\vartheta \lambda} \Delta\lambda$$

$$G_m = D_4 + \frac{\vartheta}{\vartheta \bar{F}} \hat{R}_m \Delta\bar{F} - \frac{\vartheta(R_m - R_{m-1})}{\vartheta \varphi} \Delta\varphi - \frac{\vartheta(R_m - R_{m-1})}{\vartheta \lambda} \Delta\lambda$$

και χρησιμοποιόντας τον συμβολισμό των πινάκων:

$$G = D + A.E$$

$$A^T . G = A^T . [D + A.E] = [0]$$

$$E = -[A^T . A]^{-1} A^T . D$$

Οι τιμές του πίνακα **E** πρέπει να είναι μέσα στα παραδεκτά όρια. Σε αντίθετη περίπτωση ο υπολογιστής επαναλαμβάνει τους υπολογισμούς, χρησιμοποιώντας τις νέες τιμές των **φ**, **λ**, $\bar{F}$ μέχρις ότου οι υπολογιζόμενες τιμές του πίνακα **E** δηλαδή **Δφ**, **Δλ** και $\bar{F}$ βρεθούν μέσα στα παραδεκτά όρια.

Στην περίπτωση κινουμένου δέκτη ο υπολογιστής χρειάζεται στα στοιχεία εισόδου και τα στοιχεία κινήσεως του δέκτη (πορεία και ταχύτητα).

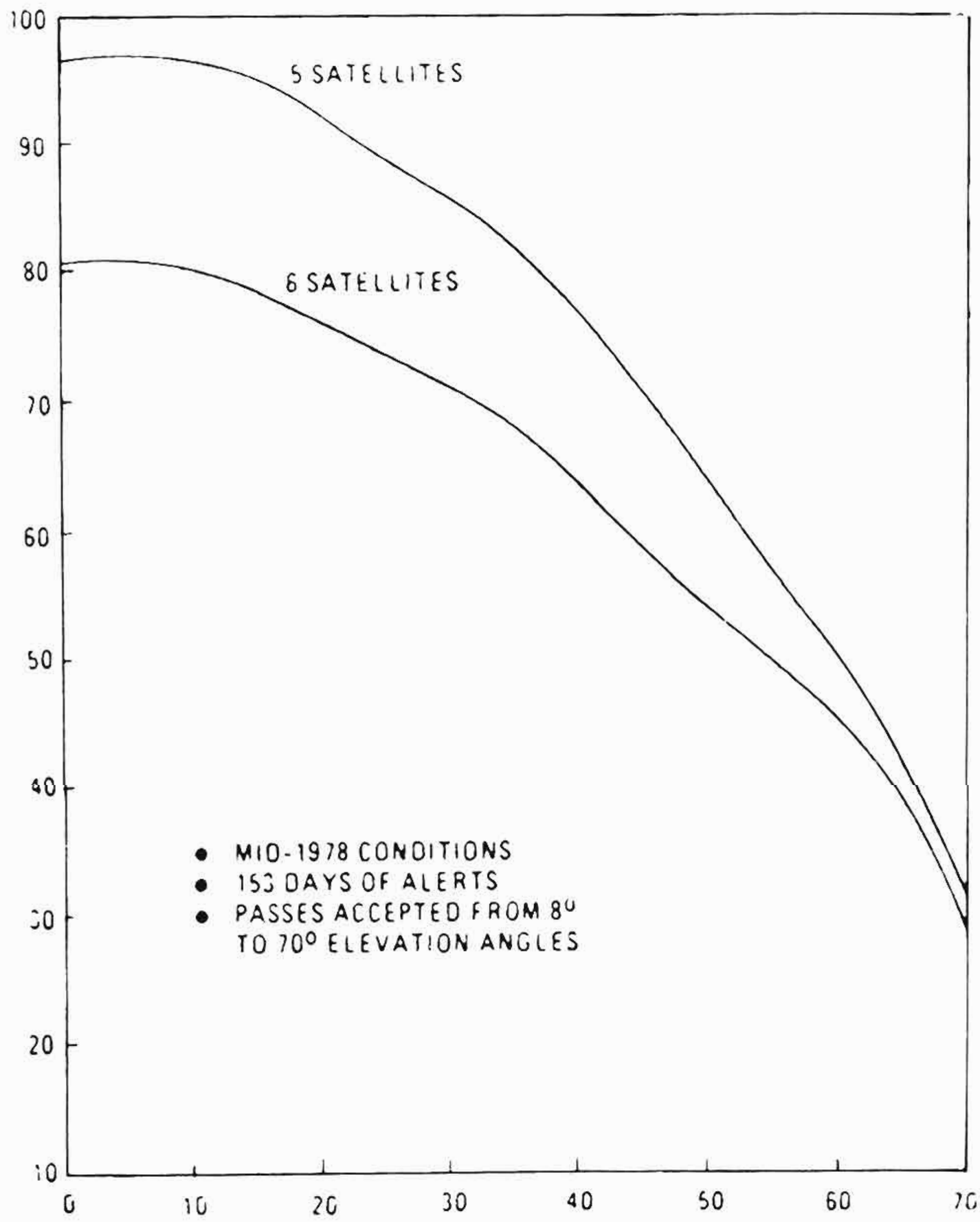
8.4 Συχνότητα καθορισμού στίγματος NAVSAT/TRANSIT

Για τον προσδιορισμό του δορυφορικού στίγματος, πρέπει κατά κανόνα το μέγιστο γωνιακό ύψος του δορυφόρου σε σχέση με τον παρατηρητή (δέκτη) να είναι μεγαλύτερο από 15° και μικρότερο από 75°. Κάθε δορυφόρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό τεσσάρων στιγμάτων ημερησίως, τα δύο από τα οποία προσδιορίζονται από διαδοχι-

κές τροχιές και τα άλλα δύο, επίσης από διαδοχικές τροχιές, 12 περίπου ώρες αργότερα. Το δορυφορικό στίγμα NAVSAT μπορεί να προσδιορίζεται ανάλογα με το πλάτος του παρατηρητού σε χρονικά διαστήματα που συνήθως κυμαίνονται απο 35΄ έως 110΄.

Εν τούτοις το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών στιγμάτων, εκτός από το γεωγραφικό πλάτος, εξαρτάται και από τον αριθμό των εν λειτουργία δορυφόρων (6 ή 5) καθώς και από τυχόν μετακινήσεις των τροχιακών επιπέδων των δορυφόρων από τις σχεδιασμένες θέσεις τους. (σχήμα 8.2.2)

Στο σχήμα 8.4.1 φαίνονται οι μέσες τιμές των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών στιγμάτων για διάφορα γεωγραφικά πλάτη με 6 ή 5 διαθέσιμους δορυφόρους. Τα στοιχεία σε πραγματικές συνθήκες που καταγράφηκαν από την εταιρεία Magnavox κατά το έτος 1982.



Σχήμα 8.4.1 Μέσα χρονικά διαστήματα μεταξύ διαδοχικών στιγμάτων NAVSAT/TRANSIT κατά το 1982

(στοιχεία εταιρείας Magnavox)

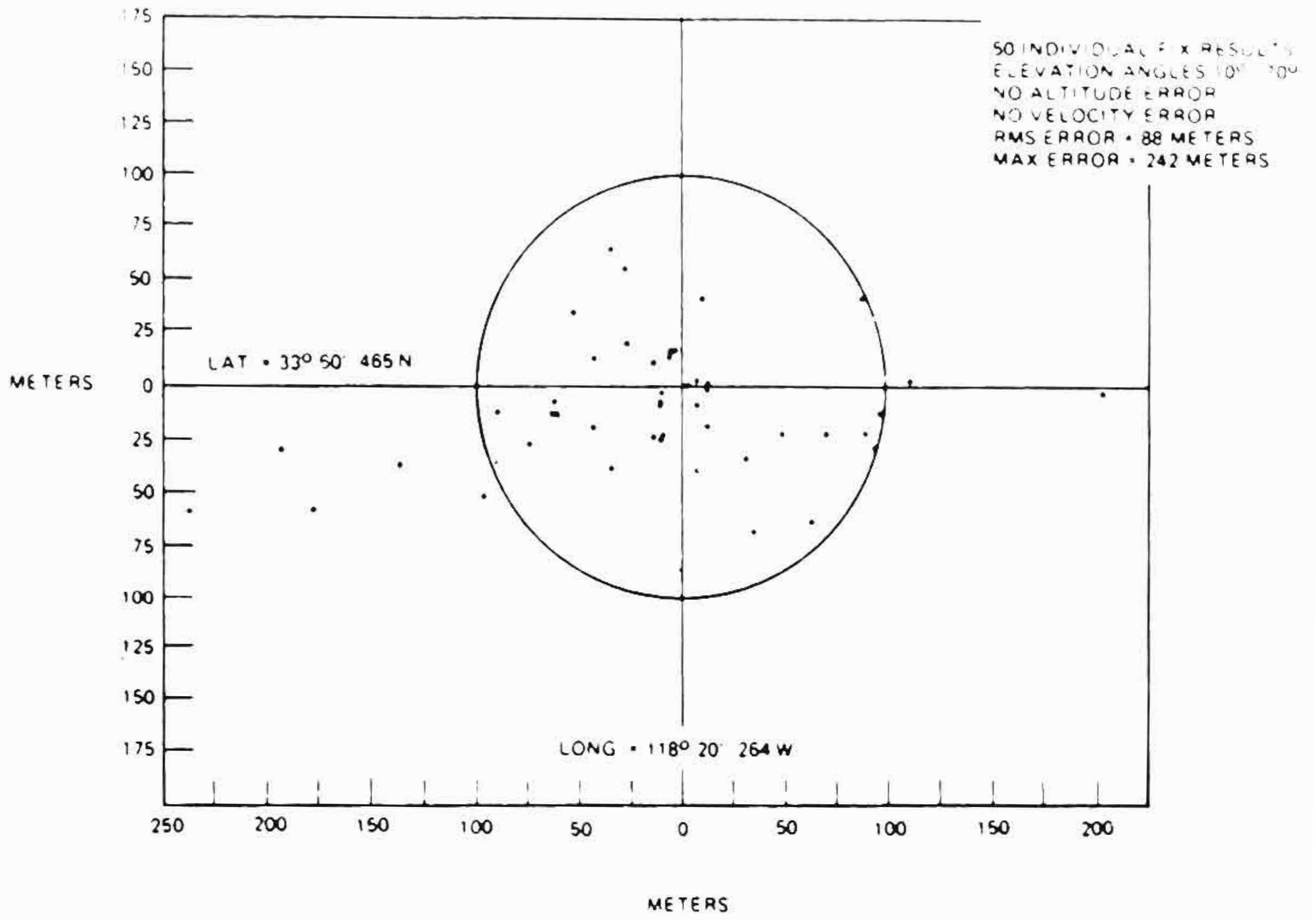
Οι σύγχρονοι ναυτιλιακοί δέκτες NAVSAT εκτός απο τα στοιχεία του στίγματος υπολογίζουν και τον χρόνο που απαιτείται για την εμφάνιση των επόμενων δορυφόρων που προσφέρονται για καθορισμό στίγματος. (σχήμα 8.2.6)

Εάν τα τροχιακά επίπεδα των δορυφόρων μετακινηθούν από τις σχεδιασμένες θέσεις τους (σχήμα 8.2.1) στις οποίες κάθε τροχιακό επίπεδο σχηματίζει με τα γειτονικά του γωνία 30° περίπου και ορισμένα από αυτά "συγκλίνουν" σε κάποια διεύθυνση (σχήμα 8.2.2) τότε είναι δυνατό για τον προσδιορισμό του επόμενου δορυφορικού στίγματος να απαιτηθεί μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι 10 ωρών.

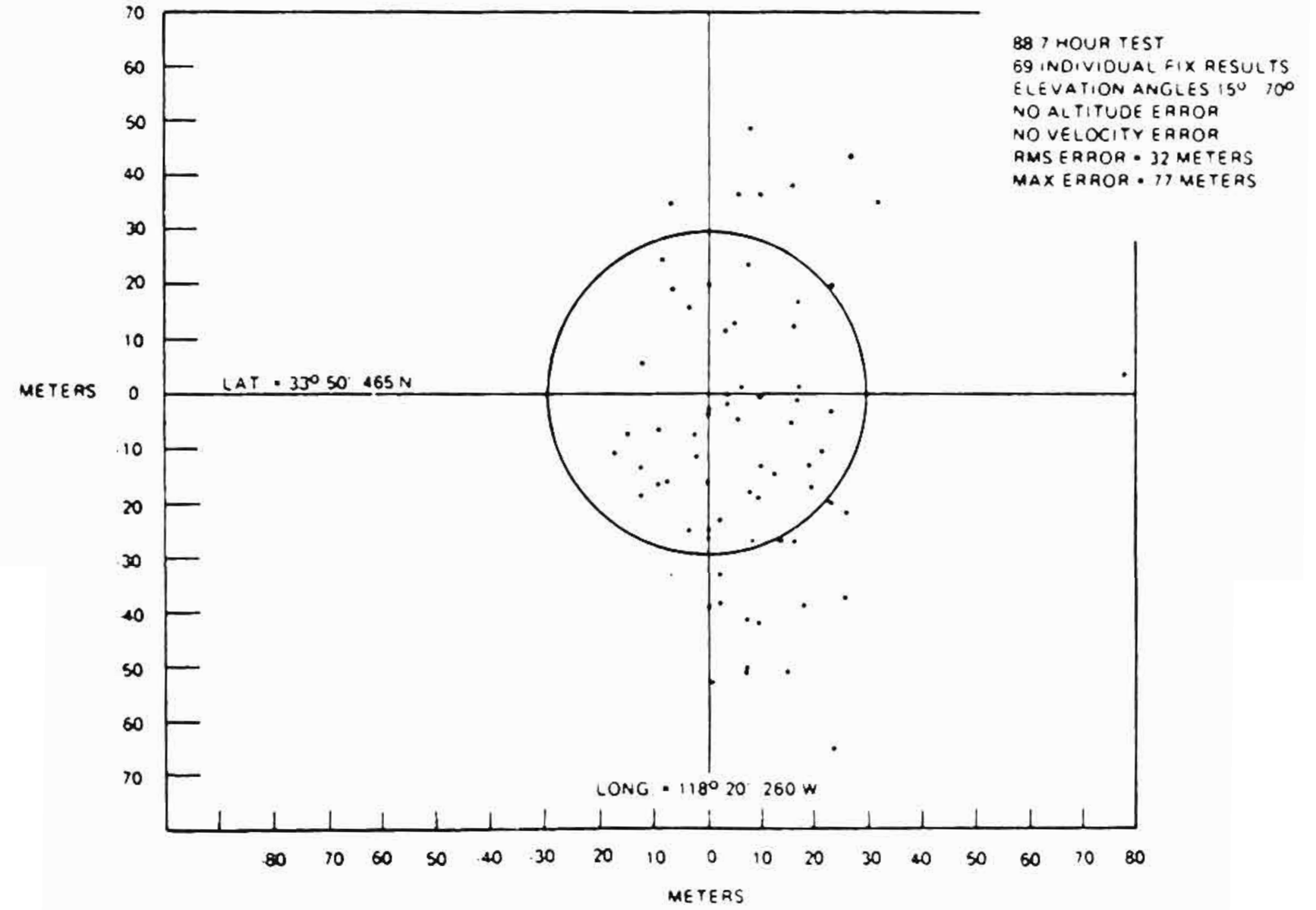
8.5 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVSAT/TRANSIT

8.5.1 Ακρίβεια στίγματος NAVSAT/TRANSIT

Η ακρίβεια του δορυφορικού στίγματος NAVSAT είναι πολύ ικανοποιητική. Η ακρίβεια του συστήματος στον καθορισμό στίγματος ακινήτου σκάφους είναι 50 υάρδες (46 μέτρα), όταν χρησιμοποιείται δέκτης δύο συχνοτήτων, και 100 υάρδες (91 μέτρα), όταν χρησιμοποιείται δέκτης μίας συχνότητας. Στην περίπτωση του κινουμένου σκάφους, η ακρίβεια του στίγματος μειώνεται μεν σημαντικά, αλλά εξακολουθεί να είναι πολύ ικανοποιητική για τις ανάγκες της ωκεανοπλοΐας. Τυπική ακρίβεια δορυφορικού στίγματος NAVSAT για κινούμενο σκάφος είναι 0,1 του ναυτικού μιλίου (185 μέτρα).



α) Σφάλματα δέκτη μιας συχνότητας



β) Σφάλματα δέκτη δύο συχνοτήτων

Σχήμα 8.5.1 Σφάλματα στίγματος NAVSAT/TRANSIT (στοιχεία της εταιρείας Magnavox)

8.5.2 Σφάλματα του συστήματος NAVSAT/TRANSIT

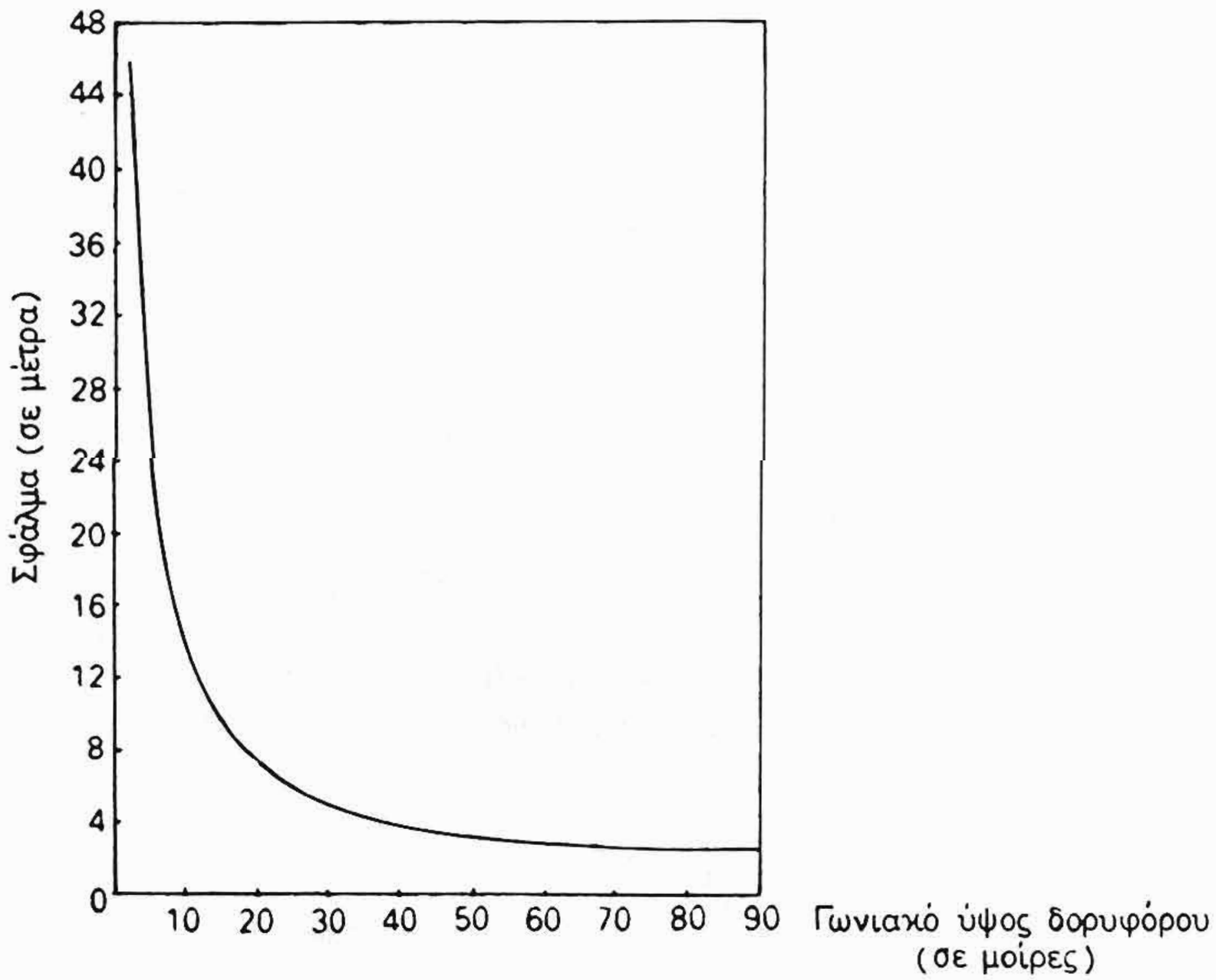
Τα σφάλματα του συστήματος NAVSAT/TRANSIT φαίνονται στον πίνακα 8.2. Τα κυριώτερα από τα σφάλματα αυτά είναι:

α. Σφάλματα λόγω διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Τα σφάλματα αυτά ωφείλονται στην διάθλαση των ραδιοκυμάτων κατά την διάδοση τους από τις θέσεις των δορυφόρων μέχρι τον δέκτη. Η διάθλαση αυτή διακρίνεται στην διάθλαση που ωφείλεται στην ιονόσφαιρα (45-360 Km ύψος) και στην διάθλαση που ωφείλεται στην τροπόσφαιρα (από την επιφάνεια της γης μέχρι 10 - 12 Km περίπου ύψος).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (§ 8.2.2 και 8.2.3) τα σφάλματα του ωφείλονται στην διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα περιορίζονται με την χρησιμοποίηση δεκτών που λειτουργούν σε δύο συχνότητες (150 MHz και 400 MHZ). Με χρησιμοποίηση δεκτών που λειτουργούν σε 2 συχνότητες τα σφάλματα αυτά περιορίζονται κατά 50 περίπου μέτρα.

Για τα σφάλματα που ωφείλονται στην διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην τροπόσφαιρα δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν αντίστοιχες διορθώσεις, αλλά, τα σφάλματα αυτά είναι δυνατό να περιορισθούν σημαντικά αν οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του στίγματος έχουν γωνιακό ύψος μεγαλύτερο από 10°.



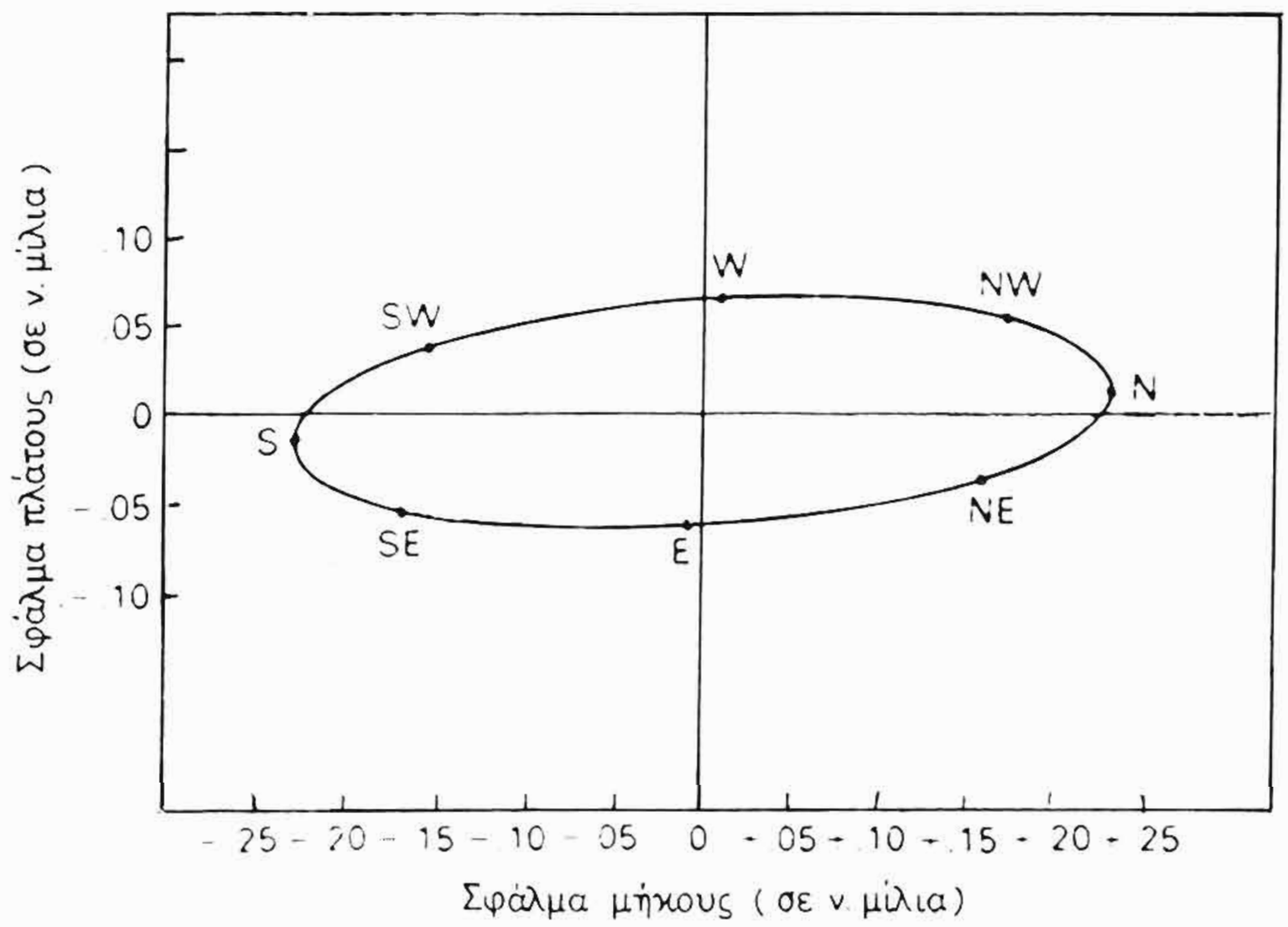
Σχήμα 8.5.2 Μεταβολή του σφάλματος τροποσφαιρικής διαθλάσεως με το γωνιακό ύψος του δορυφόρου (στοιχεία της εταιρείας Magnavox)

β. Σφάλματα λόγω ταχύτητας του σκάφους

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (§ 8.2.3) γιά τον ακριβή προσδιορισμό του στίγματος NAVSAT/TRANSIT απαιτούνται ακριβή στοιχεία πορείας και ταχύτητας του σκάφους.

Ο ακριβής προσδιορισμός των σφαλμάτων του συστήματος NAVSAT/TRANSIT που οφείλονται στην πορεία και την ταχύτητα του πλοίου είναι αρκετά πολύπλοκος. Ένας πρακτικός κανόνας για τον προσδιορισμό των σφαλμάτων αυτών προβλέπει ότι σφάλμα στην ταχύτητα του πλοίου ίσο με μισό κόμβο δημιουργεί σφάλμα στίγματος 210 περίπου μέτρων.

Λόγω των πολικών τροχιών των δορυφόρων του συστήματος NAVSAT/TRANSIT το σφάλμα της ταχύτητας του πλοίου κατά τη διεύθυνση "βορράς-νότος" δημιουργεί μεγαλύτερο σφάλμα στίγματος από ότι το σφάλμα της ταχύτητας κατά τη διεύθυνση "ανατολή-δύση". (σχήμα 8.5.3).



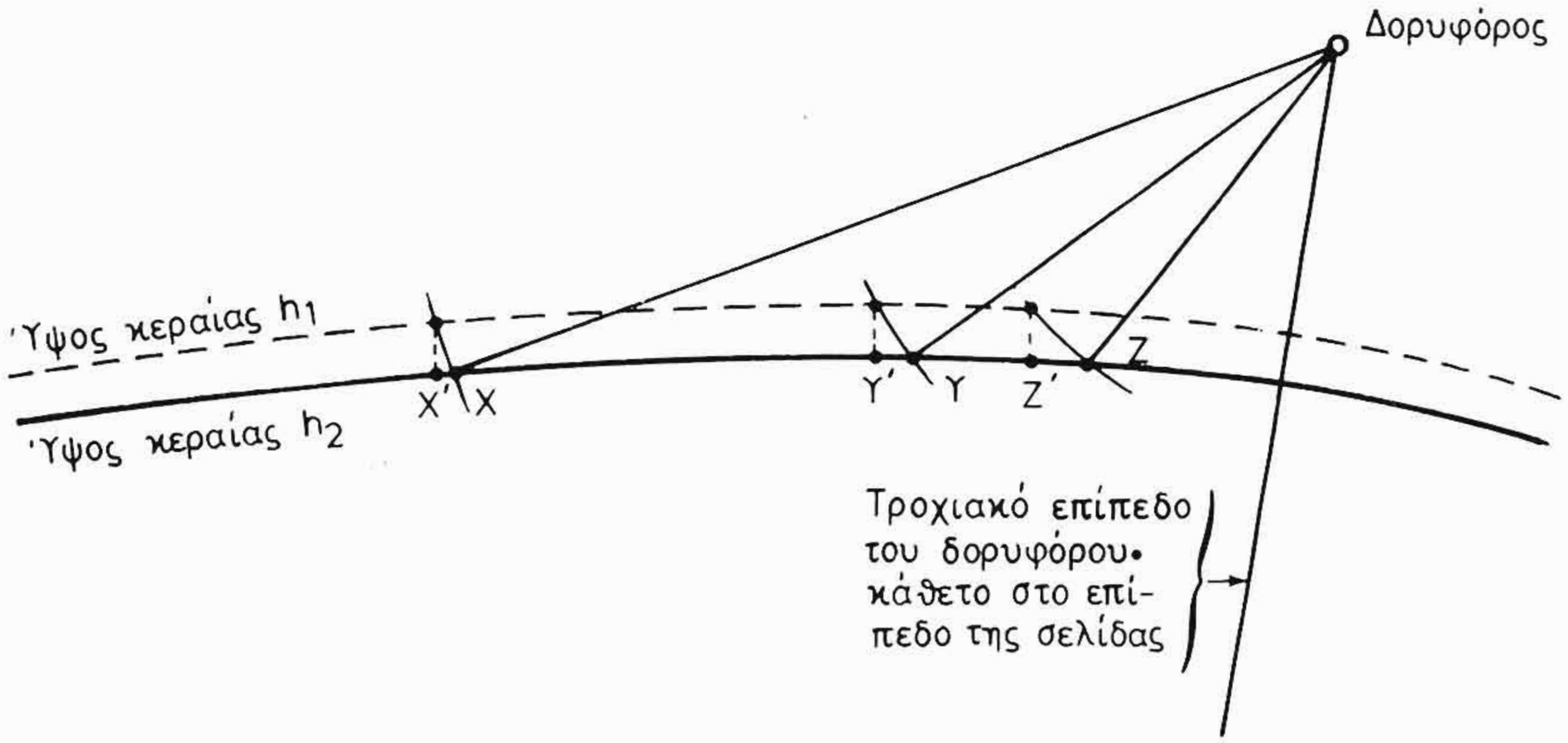
επιδράσεις σφάλματος ταχύτητας ενός κόμβου για διάφορες πορείες του πλοίου σε θέση με πλάτος 31°.

Σχήμα 8.5.3 Σφάλματα στίγματος NAVSAT λόγω ταχύτητας πλοίου (στοιχεία εταιρείας Magnavox)

γ. Σφάλματα λόγω ύψους της κεραίας του δέκτη

Η ακρίβεια του στίγματος NAVSAT/TRANSIT επηρεάζεται από την ακρίβεια με την οποία είναι γνωστό το ύψος **H** της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια του γηϊνου ελλειψοειδούς (σχήμα 8.3.1). Το ύψος αυτό ισούται με το ύψος **h** της κεραίας συν το ύψος **N** της επιφάνειας της θάλασσας επάνω από το γηΐνο ελλειψοειδές (ύψος του γεωειδούς)

Τα σφάλματα του στίγματος NAVSAT/TRANSIT που ωφείλονται στο ύψος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας είναι μεγαλύτερα όταν ο δορυφόρος που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του στίγματος έχει μεγαλύτερο γωνιακό ύψος (σχήμα 8.5.4).



Τα σφάλματα XX', YY', ZZ' του στίγματος που οφείλονται στο σφάλμα του ύψους της κεραίας είναι μεγαλύτερα όταν το γωνιακό ύψος του δορυφόρου είναι μεγαλύτερο.

Σχήμα 8.5.4 Επίδραση του γωνιακού ύψους του δορυφόρου στο σφάλμα λόγω ύψους της κεραίας του δέκτη

δ. Σφάλματα που ωφείλονται στο πεδίο βαρύτητας της γης

Τα σφάλματα αυτά ωφείλονται στο ότι λόγω της μεταβολής της εντάσεως του πεδίου βαρύτητας της γης η επιφάνεια της θάλασσας (γηϊνο γεωειδές) βρίσκεται ψηλότερα η χαμηλότερα από την επιφάνεια του γηΐνου ελλειψοειδούς. Τα ύψη (θετικά ή αρνητικά) της επιφάνειας της θάλασσας από το γηΐνο ελλειψοειδές (ύψη του γεωειδούς) επηρεάζουν την ακρίβεια του στίγματος NAVSAT/TRANSIT γιατί από τα ύψη αυτά προσδιορίζεται η μία από τις τρείς επιφάνειες θέσεως που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του στίγματος (σχήμα 8.3.1)

Τα ύψη του γεωειδούς φαίνονται στον χάρτη του σχήματος 8.2.4. Τα ύψη αυτά μαζί με το ύψος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας πρέπει να παρέχονται στον δέκτη για τον ακριβή υπολογισμό του στίγματος. Εαν δεν ληφθεί υπ' όψη το ύψος του γεωειδούς δημιουργούνται σφάλματα θέσεως της τάξεως των 100 μέτρων. Εν τούτοις πολλοί σύγχρονοι δέκτες NAVSAT/TRANSIT προσδιορίζουν τα ύψη του γεωειδούς αυτόματα από τα στοιχεία που είναι καταχωρημένα στην μόνιμη μνήμη του μικρουπολογιστού τους.

ε. Σφάλματα που ωφείλονται στην ατμοσφαιρική τριβή

Τα σφάλματα αυτά ωφείλονται στην απόκλιση των τροχιών των δορυφόρων από τις προβλεπόμνες ελλειπτικές τροχιές λόγω της ατμοσφαιρικής τριβής. Τα σφάλματα αυτά είναι της τάξεως των 15-25 μέτρων. Περιορισμός των σφαλμάτων αυτών γίνεται όταν για τον προσδιορισμό του στίγματος χρησιμοποιούνται οι νεώτεροι δορυφόροι NOVA που έχουν αυτόματο σύστημα διορθώσεως των παραπάνω αποκλίσεων των τροχιών.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ NAVSTAR/GPS. (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

9.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το δορυφορικό σύστημα καθορισμού στίγματος NAVSTAR/GPS (Global Positioning System) αποτελεί τη δεύτερη γενιά δορυφορικών συστημάτων καθορισμού στίγματος. Η ανάπτυξή του συστήματος άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και προβλέπεται να ολοκληρωθεί περί το 1992.

Το σύστημα NAVSTAR/GPS όταν ολοκληρωθεί θα έχει τη δυνατότητα να δίνει επί συνεχούς βάσεως και για οποιαδήποτε περιοχή της γης:

1. Στίγμα μεγάλης ακρίβειας σε τρεις διαστάσεις (πλάτος, μήκος και ύψος επάνω απο την επιφάνεια της θάλασσας).
2. Ακριβή παγκόσμιο χρόνο UTC.
3. Στοιχεία ταχύτητας του σκάφους.

Ο προσδιορισμός του στίγματος GPS στηρίζεται στην μέτρηση της αποστάσεως του δέκτη απο τρείς δορυφόρους οπότε το στίγμα προσδιορίσεται στην τομή τριών σφαιρικών επιφανειών με κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις μετρηθήσες αποστάσεις.(βλ § 9.3)

Το σύστημα GPS οταν ολοκληρωθή θα καλύπτει ενα ευρύ φάσμα εφαρμογών οπως ακριβή προσδιορισμό στίγματος πλοίων, αεροπλάνων, επίγειων οχημάτων (αυτοκινήτων, τραίνων κλπ) και γενικώτερα ακριβή προσδιορισμό της θέσεως οποιδήποτε σημείου της γης. Ο προσδιορσμός της θέσεως με το σύστημα GPS είναι απλούστατος και γίνεται με απλή ανάγνωση των αντίστοιχων συντεταγμένων στον ενδείκτη του δέκτη χωρίς να απαιτείται καταχώρηση κανενός απολύτως στοιχείου.[1]

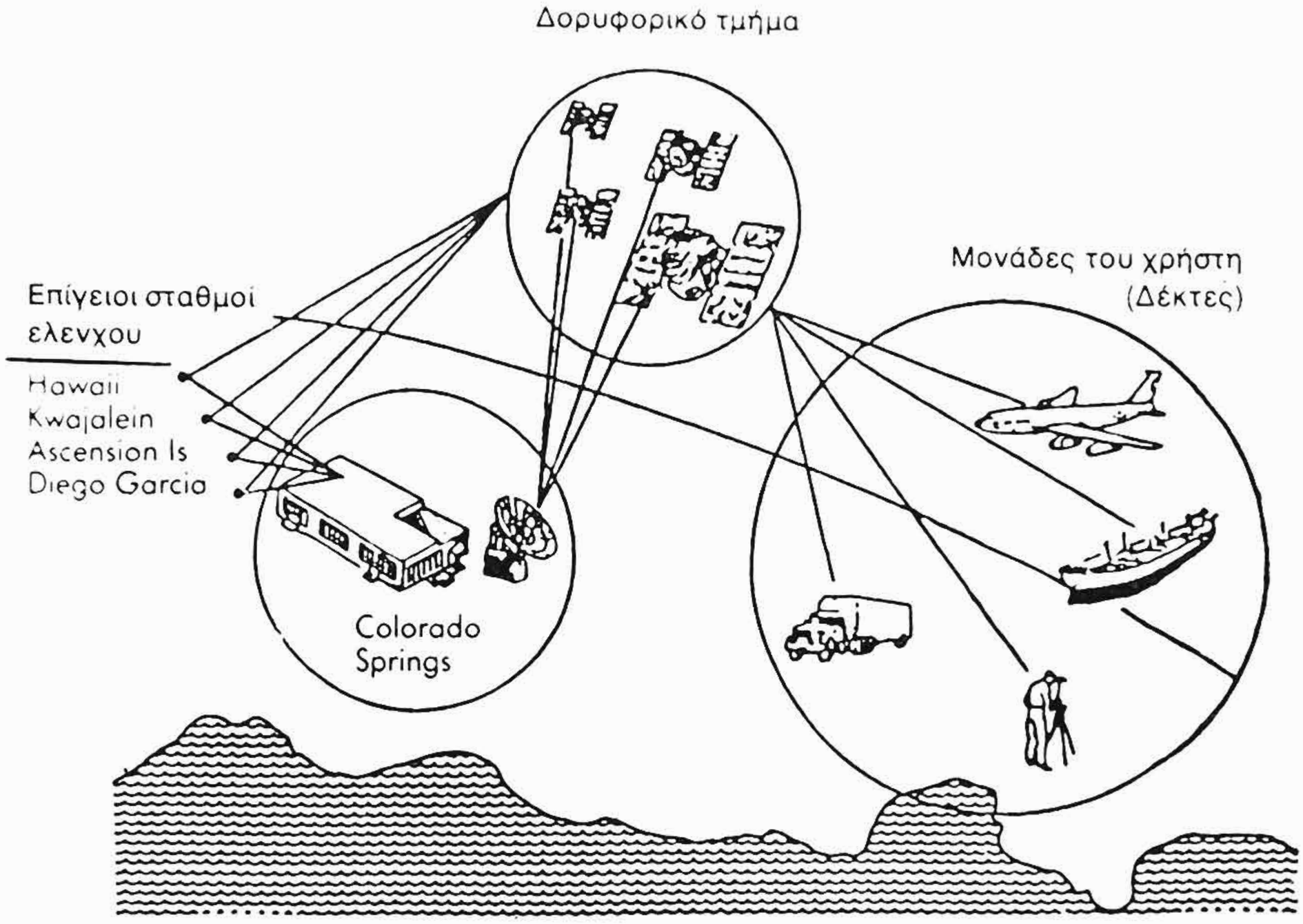
9.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GPS.

Το σύστημα NAVSAR/GPS αποτελείται απο τους δορυφόρους, τους επίγειους σταθμούς ελέγχου και τις μονάδες του χρήστη (δέκτες) (σχήμα 9.2.1)

---

[1] Αυτό είναι και το βασικότερο πλεονέκτημα του συστήματος GPS έναντι των άλλων συστημάτων καθορισμού στίγματος μια και προσδιορίζει το στίγμα του δέκτη χωρίς να χρειάζεται καμιά απολύτως πληροφορία απο τον χειριστή.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



Σχήμα 9.2.1 Μονάδες του συστήματος GPS.

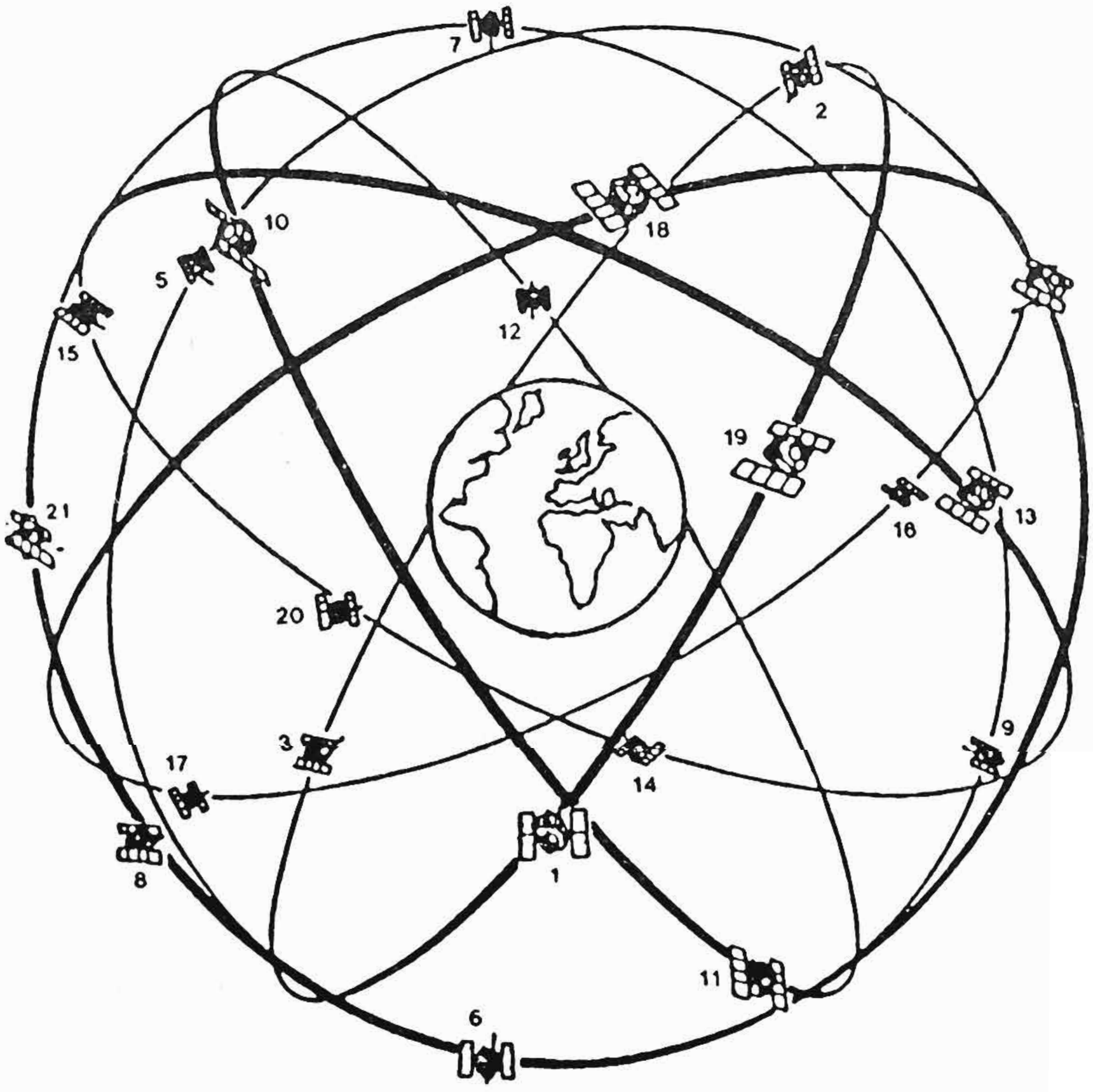
9.2.1 Δορυφόροι του συστήματος GPS

Όταν ολοκληρωθεί το σχετικό πρόγραμμα (1990), το σύστημα GPS θα διαθέτει 18 δορυφόρους που θα περιστρέφονται σε ύψος 20200km, με περίοδο 12 ωρών, σε 6 κυκλικές τροχιές που τα επίπεδα τους θα σχηματίζουν γωνία 55° με το επίπεδο του ισημερινού. Σε καθεμία από τις 6 κυκλικές τροχιές θα περιστρέφονται τρεις δορυφόροι που θα απέχουν μεταξύ τους 120°.(σχήμα 9.2.2) .

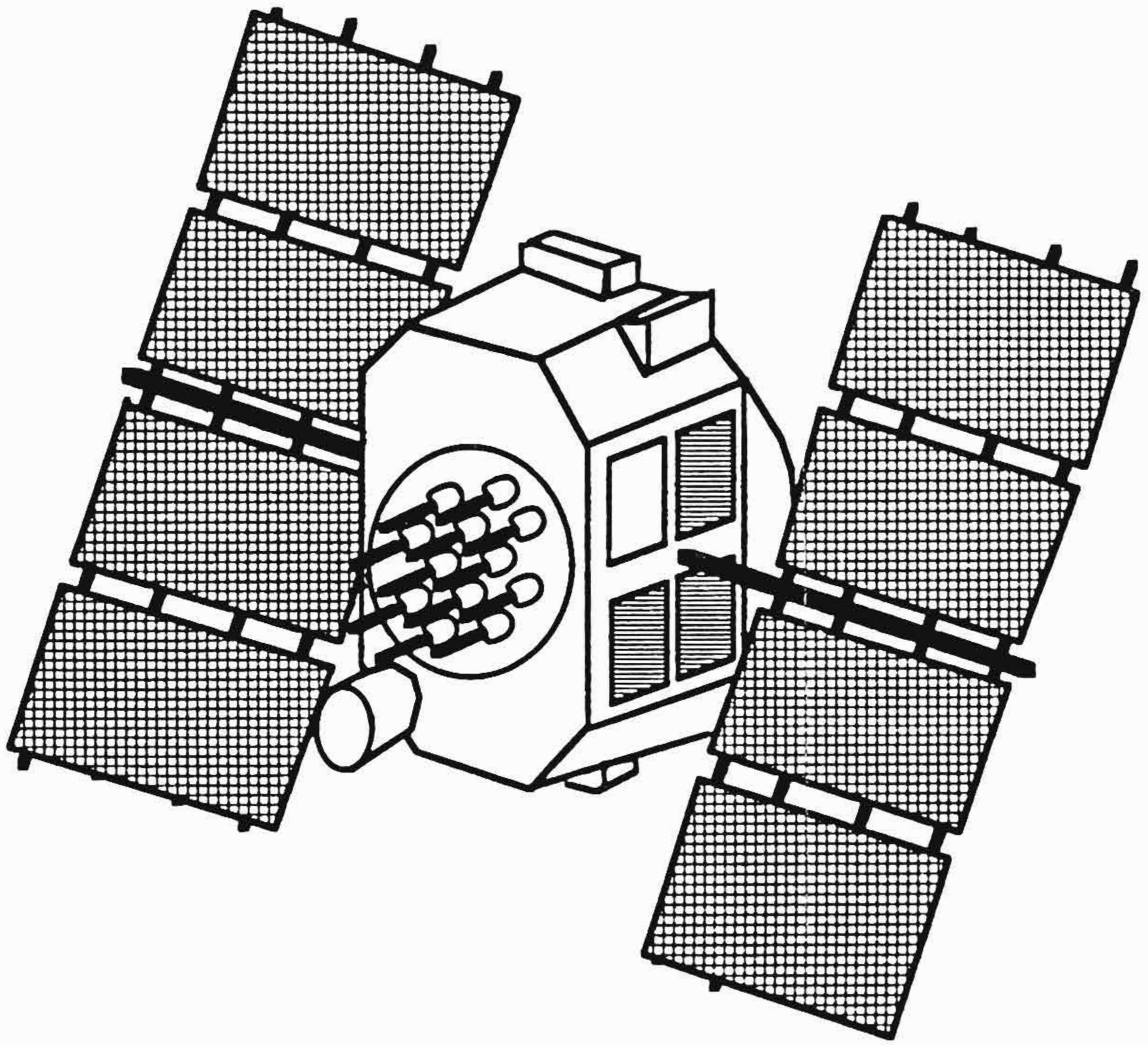
Οι τροχιές των δορυφόρων έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οι πλησιέστεροι δορυφόροι που περιστρέφονται σε δύο γειτονικά επίπεδα να έχουν γωνιακή απόσταση 40°. Με την διάταξη αυτή των δορυφόρων (σχήμα 9.2.2) θα υπάρχει ομοιόμορφη παγκόσμια κάλυψη, πράγμα που σημαίνει ότι σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή 4 τουλάχιστον δορυφόροι θα είναι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο της Γης.

Το σύστημα GPS εκτός από τους 18 βασικούς θα διαθέτει και τρεις εφεδρικούς δορυφόρους. Σήμερα το σύστημα GPS λειτουργεί με λιγότερους απο 18 δορυφόρους και για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει επι του παρόντος δυνατότητα συνεχούς και άμεσου καθορισμού του στίγματος σε ολα τα σημεία της Γης.

Στον πίνακα 9.1 φαίνονται οι δορυφόροι που έχουν εκτοξευθεί μέχρι σήμερα (Ιανουάριος 1989) και η κατάσταση κάθε ενός από αυτούς. Κατά τον Μάρτιο του 1988 το υπουργείο άμυνας των ΗΠΑ αποφάσισε την επέκταση του δορυφορικού τμήματος του συστήματος GPS από 21 δορυφόρους (18+3 αναπληρωματικούς) σε 24 (21+3 αναπληρωματικούς). Το χρονοδιάγραμμα εκτοξεύσεως των υπολοίπων δορυφόρων του συστήματος GPS φαίνεται στον πίνακα 9.2. Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων GPS είναι 7,5 περίπου χρόνια. Εν τούτοις λόγω της δυνατότητας συντηρήσεως τους από τα διαστημικά λεωφορεία η παραπάνω διάρκεια ζωής μπορεί να επεκταθεί.



Σχήμα 9.2.2 Δορυφορικές τροχιές συστήματος GPS



Σχήμα 9.2.3 Δορυφόρος του συστήματος GPS.

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS (σχήμα 9.2.2) τροφοδοτούνται από ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από τις ηλιακές κυψέλες των πτερυγίων τους ή από φορτιζόμενους συσσωρευτές όταν οι δορυφόροι βρίσκονται στο μη φωτιζόμενο από τον ήλιο τμήμα της τροχιάς τους. Οι δορυφόροι αυτοί έχουν την δυνατότητα να διορθώνουν τις παρουσιαζόμενες αποκλίσεις των τροχιών τους από τις αρχικά σχεδιασθείσες. Διαθέτουν επίσης σύστημα σταθεροποιήσεως (προσανατολισμού) της θεσεώς τους ώστε η κεραία εκπομπής (που αποτελείται από 12 στοιχεία) να είναι συνεχώς στραμμένη προς την γη.

Κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει σε δύο συχνότητες (L_1=1227 MHz και L_2=1575 MHz) ένα ναυτιλιακό σήμα που περιέχει διάφορες παραμέτρους της τροχιάς του, ακριβή διορθωμένο χρόνο UTC, πληροφορίες για διορθώσεις στη διάδοση των σημάτων στην ιονόσφαιρα και στοιχεία της καταστάσεως του δορυφόρου (βλ. § 9.4).

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1

ΣΗΜΕΡΙΝΗ (Ιανουάριος 1989) **ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ** G.P.S.

Αριθμός δορυφόρου GPS	Ημερομηνία Εκτόξευσης	Κατάσταση
1	22/2/78	Δεν λειτουργεί
2	13/5/78	Δεν λειτουργεί
3	7/10/78	Λειτουργεί, πλπρεί προδιαγραφές
4	11/12/78	Παρουσιάζει προβλήματα
5	9/2/80	Δεν λειτουργεί
6	26/4/80	Λειτουργεί, υπερβαίνει προδιαγραφές
7	18/12/81	Εκτόξευση απότυχε
8	14/7/83	Λειτουργεί, υπερβαίνει προδιαγραφές
9	13/6/84	Λειτουργεί, υπερβαίνει προδιαγραφές
10	8/9/84	Λειτουργεί, υπερβαίνει προδιαγραφές
11	9/10/84	Λειτουργεί, υπερβαίνει προδιαγραφές

9.2.2 Επίγειοι Σταθμοί Ελέγχου του Συστήματος GPS

Η σωστή λειτουργία του συστήματος GPS ελέγχεται απο ενα δίκτυο πέντε γήϊνων σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου (σχήμα 9.2.4) που βρίσκονται στις θέσεις :

1. COLORADO SPRINGS των Η.Π.Α.
2. Νήσος HAWAII του Ειρηνικού
3. Νήσος KWAGALEIN του Ειρηνικού
4. Νήσος DIEGO GARCIA του Ινδικού

Οι παραπάνω σταθμοί λαμβάνουν συνεχώς τα εκπεμπόμενα απο τους δορυφόρους του συστήματος GPS σήματα τα οποία στέλνονται στον κεντρικό σταθμό του COLORADO SPRINGS όπου μετά απο κατάληλη επεξεργασία και ανάλυση προσδιορίζονται τα ακριβή στοιχεία της τροχιάς κάθε δορυφόρου (εφημερίδες) με βάση τα οποία εκπέμπονται προς κάθε δορυφόρο (απο τρείς απο τους πέντε σταθμους) διορθώσεις που αφορούν την τροχιά του και τον ακριβή χρόνο.(βλ. σχήμα 9.2.5)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣΕΩΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ G.P.S

Αριθμός Δορυφόρου GPS	Ημερομηνία εκτόξευσης
13	Οκτ, 88
14	Ιαν, 89
16	Απρ, 89
17	Ιουν, 89
18	Ιουλ, 89
19	Σεπ, 89
20	Οκτ, 89
22	Νοεμ, 89
21	Ιαν, 90
15	Μαρ, 90
23	Μαρ, 90
24	Ιουν, 90
25	Αυγ, 90
26	Οκτ, 90
27	Νοεμ, 90
28	Δεκ, 90
29	Ιαν, 91
30	Ιαν, 91
31	Φεβ, 91
32	Μαρ, 91
33	Απρ, 91
34	Απρ, 91
35	Αυγ, 91
36	Οκτ, 91
37	Φεβ, 92
38	Οκτ, 92
39	Απρ, 93
40	Νοε, 93

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

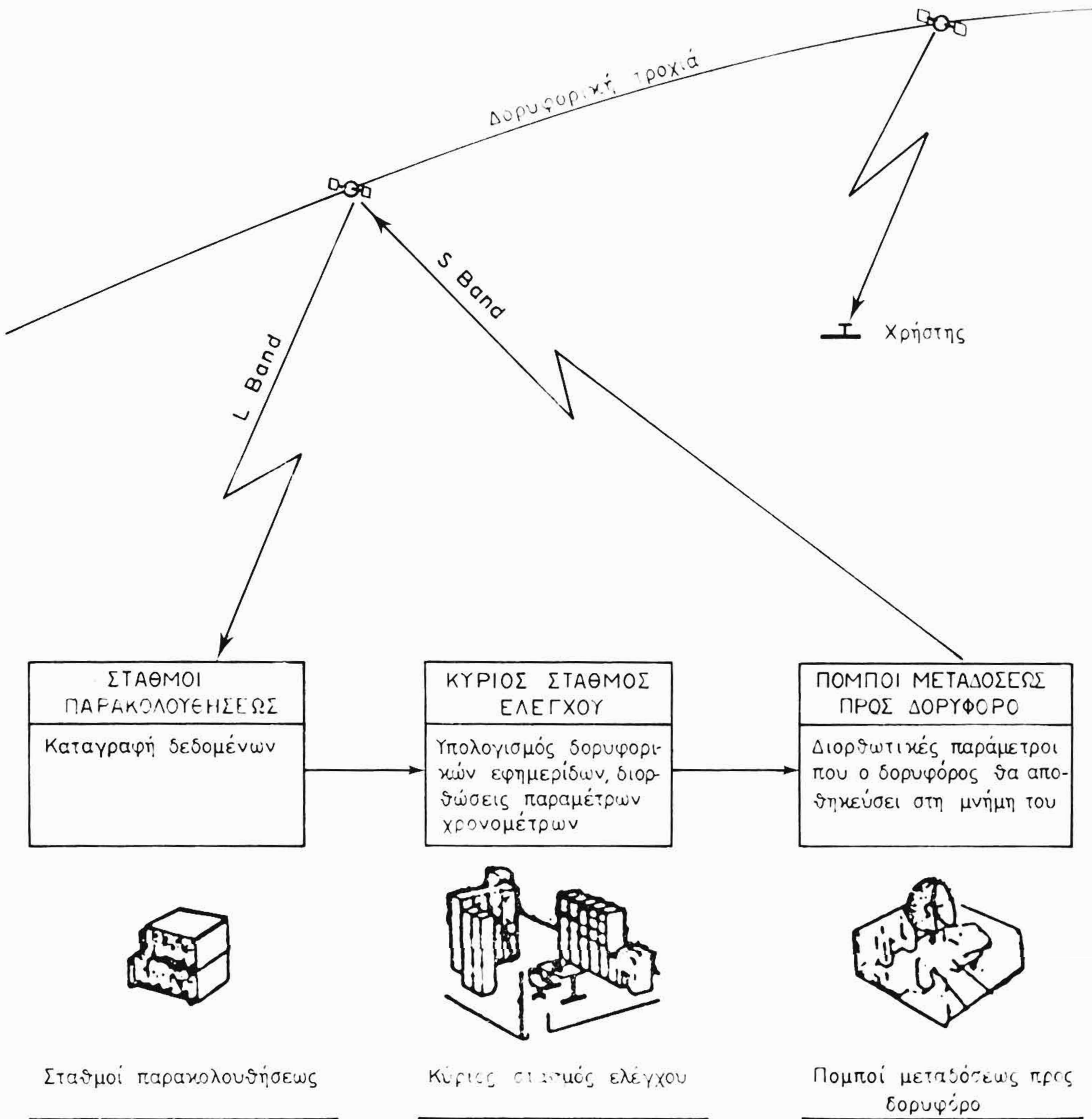


■ Κύριος σταθμός ελέγχου.

● Σταθμός παρακολουθήσεως δορυφόρου.

▲ Πομπός μετάδοσης διορθωμένων στοιχείων προς τον δορυφόρο.

Σχήμα 9.2.4 Σταθμοί παρακολουθήσεως και ελέγχου του συστήματος GPS



Σχήμα 9.2.5 Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας επιγείων σταθμών ελέγχου του συστήματος GPS

9.2.3 Δέκτες G.P.S

Αν και το σύστημα GPS δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί, κυκλοφορούν ήδη αρκετοί δέκτες του συστήματος οι οποίοι έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά και μπορούν να ταξινομηθούν στις επόμενες τρεις κατηγορίες :

α. <u>Πολυκάναλοι ή συνεχείς δέκτες (multichannel ή continous receivers.</u>

Οι δέκτες αυτοί αποτελούνται από 4 ή περισσότερες μονάδες που ονομάζονται κανάλια. Κάθε κανάλι χρησιμοποιείται για την συνεχή μέτρηση του σήματος ενός μόνο δορυφόρου. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται ταυτόχρονη λήψη και επεξεργασία σημάτων από τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους και το στίγμα που προκύπτει έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια.

β. <u>Πολυπλέκτες δέκτες (multiplex)</u>

Οι δέκτες αυτοί αποτελούνται από ένα ή δύο κανάλια με τα οποία γίνεται διαδοχική λήψη από δορυφόρο σε δορυφόρο σε πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα (σε χρόνο ενός δευτερολέπτου ένας δέκτης πολυπλέκτης διαδοχικά στοιχεία από πέντε διαφορετικούς δορυφόρους).

γ. <u>Ακολουθιακοί δέκτες (sequential receivers)</u>

Οι δέκτες αυτοί αποτελούνται από ένα μόνο κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για την διαδοχική λήψη σημάτων από διάφορους δορυφόρους αλλά με χρόνο ανακυκλώσεως αρκετά μεγαλύτερο από αυτό του πολυπλέκτη (1 δευτερόλεπτο έως μία ώρα).

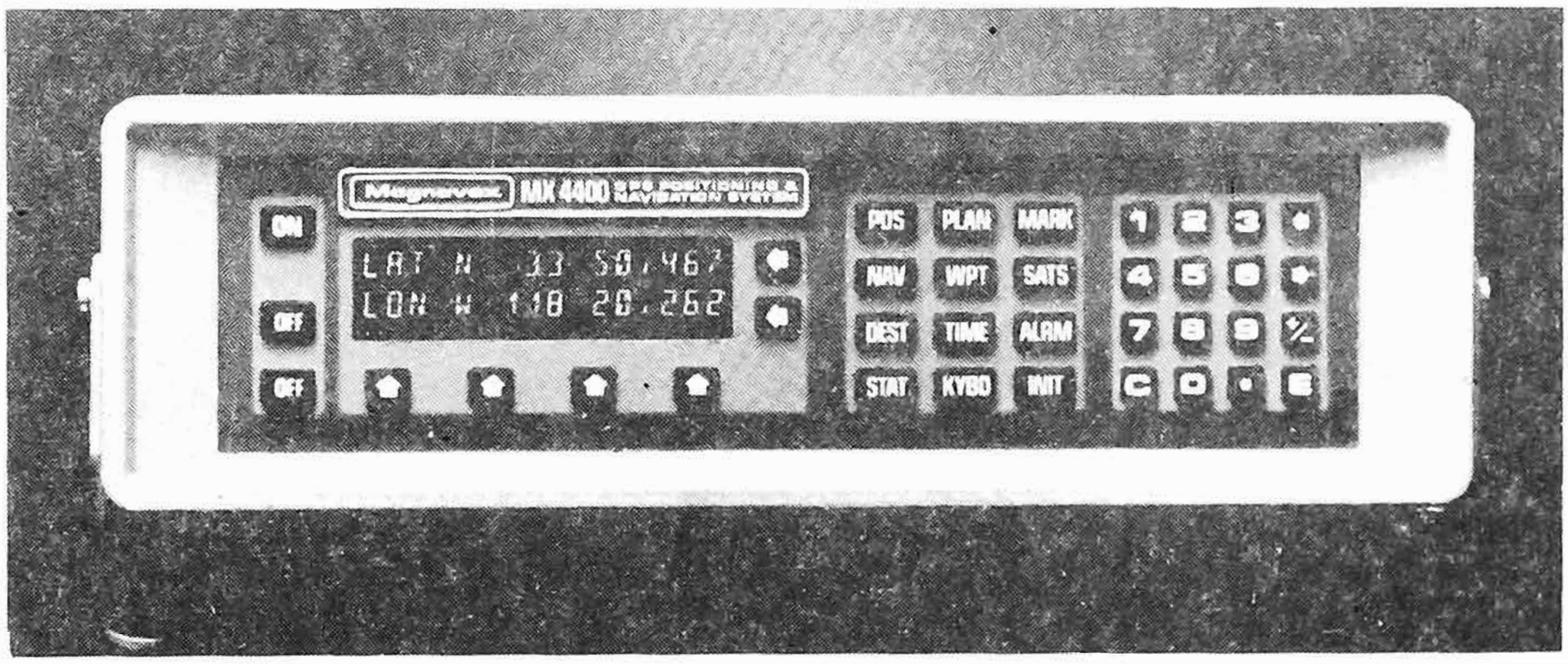
Οι πολυπλέκτες δέκτες στην πράξη παρουσιάζουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τους πολυκάναλους γιατί παρατηρούν σχεδόν ταυτόχρονα αρκετούς δορυφόρους. Το μόνο μειονέκτημα των δεκτών αυτών είναι ότι όταν τοποθετούνται σε οχήματα μεγάλης ταχύτητας (αεροσκάφη ή ταχέα σκάφη επιφανείας) ενδέχεται να παρουσιάζουν ελλατωμένη ακρίβεια στίγματος.

Οι ακολουθιακοί δέκτες διακρίνονται σε ταχείς και αργούς με χρόνους καθορισμού στίγματος 4.5 sec ή ορισμένες ώρες αντιστοίχως. Οι δέκτες αυτοί στοιχίζουν φθηνότερα από τους πολυπλέκτες και τους πολυκάναλους.

Παρά το γεγονός ότι από τις δύο συχνότητες L_1 και L_2 στις οποίες εκπέμπουν οι δορυφόροι του συστήματος GPS συχνότητα L_2 προορίζεται μόνο για τις στρατιωτικές εφαρμογές στο εμπόριο βρίσκονται και δέκτες που λειτουργούν και στις δύο συχνότητες L_1 και L_2 γιατί η συχνότητα L_2 παραμένει αδέσμευτη μέχρι το 1989 για την διευκόλυνση των ερευνών για την βελτίωση του συστήματος.

Στο σχήμα 9.2.6 φαίνεται ενας δικαναλικός δέκτης GPS με μορφή και διαστάσεις ανάλογες με τους δέκτες των άλλων συστημάτων καθορισμού στίγματος (LORAN - C, OMEGA, DECCA, TRANSIT) που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Οι δέκτες του συστήματος GPS, που, όπως και στη περίπτωση του NAVSAT/TRANSIT, κατασκευάζονται από πολλούς κατασκευαστές, είναι πολύ περισσότερο εύχρηστοι από τους δέκτες NAVSAT/TRANSIT, με πολύ μικρές διαστάσεις και βάρος.



Σχήμα 9.2.6 Δέκτης GPS της εταιρείας Magnavox

Οι προοριζόμενοι για την ναυσιπλοΐα δέκτες GPS με την βοήθεια του ενσωματωμένου σε αυτούς μικροϋπολογιστή έχουν την δυνατότητα να παρέχουν εκτός από το στίγμα του σκάφους (φ.λ.) και άλλα χρήσιμα στοιχεία όπως : πραγματική ως προς τον βυθό πορεία και ταχύτητα, ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, αποτελέσματα επιλύσεως ορθοδρομικών και λοξοδρομικών προβλημάτων κ.α. (βλ. και κεφάλαιο 10).

9.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GPS.

9.3.1 Τρόπος καθορισμού στίγματος GPS.

Ο καθορισμός του στίγματος στο σύστημα NAVSTAR/GPS στηρίζεται στη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων που εκπέμπονται από 4 δορυφόρους.

Το στίγμα προκύπτει από την τομή 3 σφαιρών με κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες τις αποστάσεις τους από τον δέκτη (σχήμα 9.3.1). Οι αποστάσεις δορυφόρου δέκτη προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων επι την ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια η χρησιμοποίηση τέταρτου δορυφόρου γίνεται για τον προσδιορισμό του σφάλματος του χρονομέτρου του δέκτη. Επειδή πολλές φορές λαμβάνονται σήματα από περισσότερους από 4 δορυφόρους, ο υπολογιστής του δέκτη επιλέγει τους 4 καταλληλότερους που θα χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του στίγματος.

Για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσεώς του, κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα ναυτιλιακό σήμα που περιέχει διάφορες παραμέτρους της τροχιάς του και ακριβή χρόνο UTC (χρόνος συστήματος GPS). Τα δορυφορικά σήματα εκπέμπονται σε δύο συχνότητες:
$L_1 = 1227$ MHz και $L_2 = 1575$ MHz.

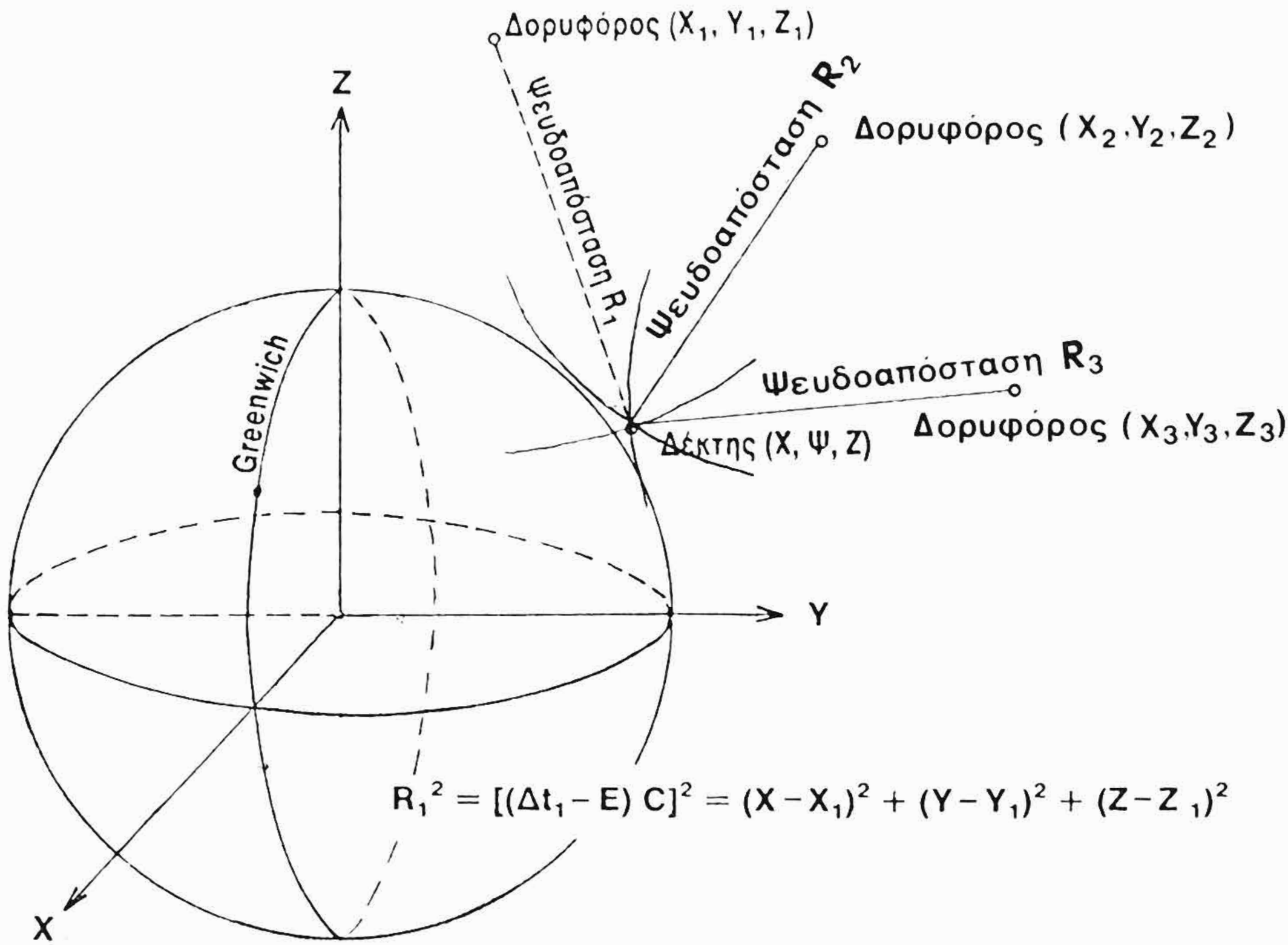
Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να γίνει διόρθωση του σφάλματος από την επίδραση της ιονόσφαιρας στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, σφάλματος που εμφανίζει τον δορυφόρο σε διαφορετική από την πραγματική του θέση. Επειδή η διάδοση του σήματος κάθε μιάς συχνότητας επηρεάζεται διαφορετικά, είναι δυνατό, συγκρίνοντας τους δύο χρόνους διαδόσεως, να εκτιμήσουμε την επίδραση της ιονόσφαιρας στη διάδοση των δορυφορικών σημάτων.

Η λειτουργία του συστήματος απαιτεί ακριβή συγχρονισμό των ωρολογίων των δορυφόρων με τον χρόνο του συστήματος GPS. Ο συγχρονισμός αυτός επιτυγχάνεται με την εκπομπή καταλλήλων διορθώσεων από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου. Για τον ακριβή συγχρονισμό του δέκτη με τον χρόνο του συστήματος GPS δεν απαιτείται η κατοχή χρονομέτρου μεγάλης ακριβείας γιατί, όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, η χρησιμοποίηση του τετάρτου δορυφόρου επιτρέπει τον προσδιορισμό του σφάλματος του χρονομέτρου του δέκτη.

Όταν ο δέκτης διαθέτει χρονόμετρο μεγάλης ακριβείας για τον προσδιορισμό του στίγματος σε 3 διαστάσεις, χρησιμοποιούνται μετρήσεις από 3 μόνο δορυφόρους.

Άλλη περίπτωση, στην οποία χρειάζονται μόνο 3 δορυφόροι, αποτελεί ο καθορισμός του στίγματος σε 2 μόνο διαστάσεις π.χ. στην επιφάνεια της θάλασσας.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956



- Το στίγμα του πλοίου προκύπτει σαν τομή τριών σφαιρικών επιφανειών με κέντρα τις γνωστές θέσεις τριών δορυφόρων και ακτίνες τις μετρούμενες αποστάσεις τους από τον δέκτη.

- Οι μετρούμενες αποστάσεις περιέχουν ένα σφάλμα που οφείλεται στη διαφορά των χρονομέτρων δορυφόρου δέκτη και για τον λόγο αυτό λέγονται ψευδοαποστάσεις.

- Για την απαλοιφή του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη γίνονται μετρήσεις από τέσσερεις (αντί 3) δορυφόρους και το στίγμα υπολογίζεται από την επίλυση του συστήματος των εξισώσεων (9 - 18). (9 - 19). (9 - 20) και (9 - 21)

Σχήμα 9.3.1 Γεωμετρία καθορισμού στίγματος GPS

Για την μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων ο δέκτης παράγει ένα ακριβές αντίγραφο του δορυφορικού σήματος το οποίο έχει υποστεί μία κωδικοποιημένη διαμόρφωση (βλ § 9.4) και μετρά την χρονική καθυστέρηση που απαιτείται για να ταυτιστεί το λαμβανόμενο δορυφορικό σήμα με το ακριβές αντίγραφό του (σχήμα 9.3.2).

9.3.2 Εξισώσεις υπολογισμού στίγματος GPS.

Ο προσδιορισμος του στίγματος GPS και του σφάλματος του χρονομέτρου του δέκτη γίνεται με την επίλυση συστήματος 4 εξισώσεων με 4 αγνώστους. Οι εξισώσεις αυτές δίνουν τις αποστάσεις δορυφόρων - δέκτη, οι οποίες επειδή προκύπτουν από μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του δορυφορικού σήματος σε δέκτη που δεν έχει ακριβές χρονόμετρο, περιέχουν ένα σφάλμα. Για τον λόγο αυτό οι αποστάσεις τέτοιου είδους λέγονται ψευδοαποστάσεις και οι εξισώσεις από τις οποίες προκύπτουν εξισώσεις ψευδοαποστάσεων.

Το προς επίλυση σύστημα των 4 εξισώσεων ψευδοαποστάσεων είναι:

$$R_1^2 = [(\Delta t_1 - E)\,C]^2 = (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2 \qquad (18)$$

$$R_2^2 = [(\Delta t_2 - E)\,C]^2 = (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_1)^2 \qquad (19)$$

$$R_3^2 = [(\Delta t_3 - E)\,C]^2 = (X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2 \qquad (20)$$

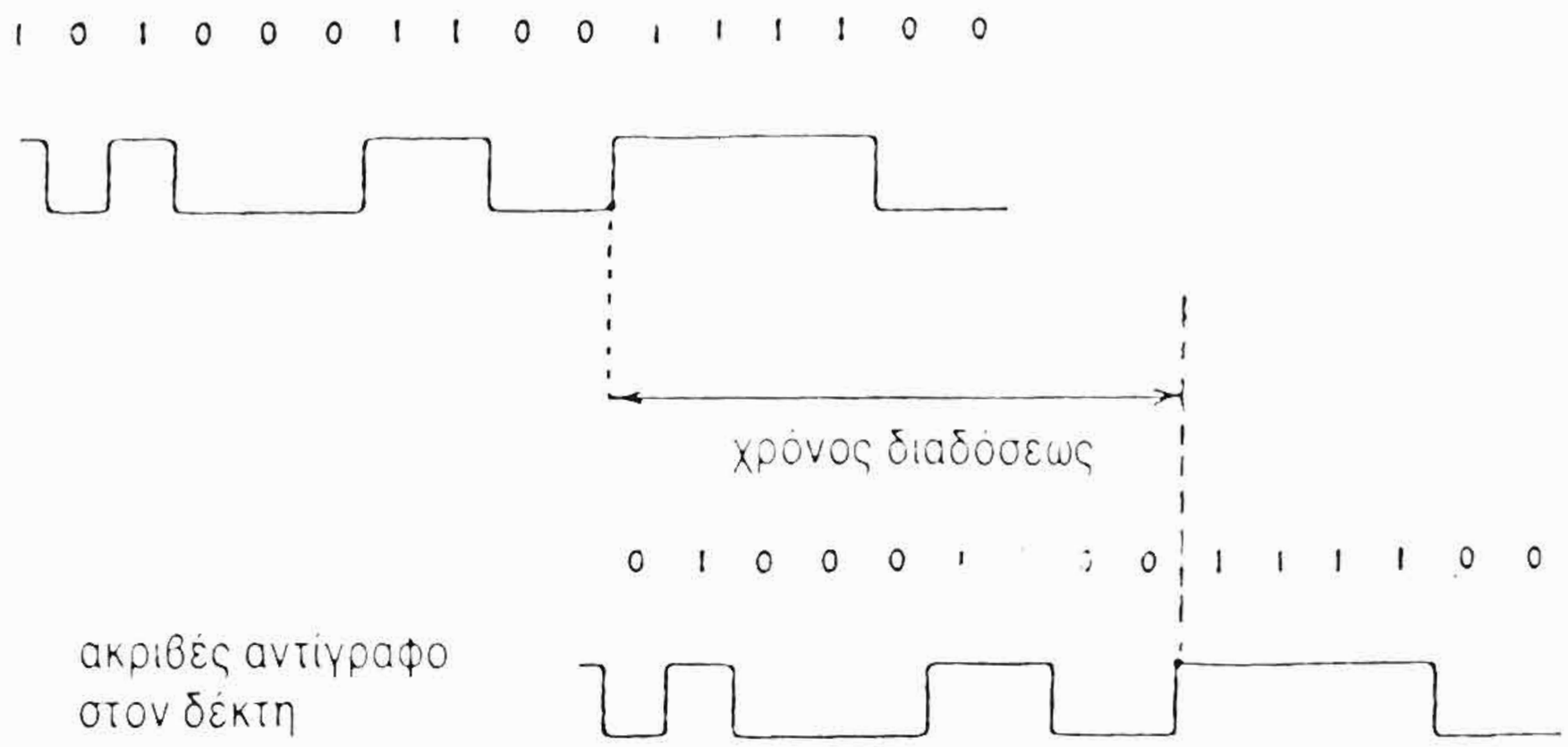
$$R_4^2 = [(\Delta t_4 - E)\,C]^2 = (X - X_4)^2 + (Y - Y_4)^2 + (Z - Z_4)^2 \qquad (21)$$

όπου:
- R_1, R_2, R_3 και R_4 είναι οι μετρηθείσες από τους 4 δορυφόρους αποστάσεις.
- (X_1, Y_1, Z_1) , (X_2, Y_2, Z_2) κ.λπ. είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες των (γνωστών) θέσεων των 4 δορυφόρων.
- **X,Y,Z** είναι οι άγνωστες ορθογώνιες συντεταγμένες του δέκτη.
- **E** είναι το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτου.
- **C** είναι η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Από την επίλυση του συστήματος των παραπάνω εξισώσεων υπολογίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες **X, Y, Z** του δέκτη, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε γεωδαιτικές συντεταγμένες **(Φ,λ,H)**.

Στην περίπτωση ναυτιλιακού στίγματος στην επιφάνεια της θάλασσας, γνωρίζουμε συνήθως το ύψος της κεραίας του δέκτη. Επειδή η μεταβλητή **Z** ισούται με το άθροισμα της ακτίνας της Γης και του ύψους της κεραίας του δέκτη οι άγνωστοι είναι μόνο 3.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



Σχήμα 13 Μέτρηση του χρόνου διαδόσεως δορυφορικού σήματος στον δέκτη G.P.S.

9.4 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ GPS ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ.

Κάθε μια απο τις δυο συχνότητες στις οποίες εκπέμπουν οι δορυφόροι του συστήματος GPS (1575,42 και 1227,60 MHz) είναι αρμονική μιας βασικής συχνότητας $f_0' = 10,23$ MHz :

$$L_1 = 154\ f_0 = 1575,42 \text{ MHz}$$

$$L_2 = 120\ f_0 = 1227,60 \text{ MHz}$$

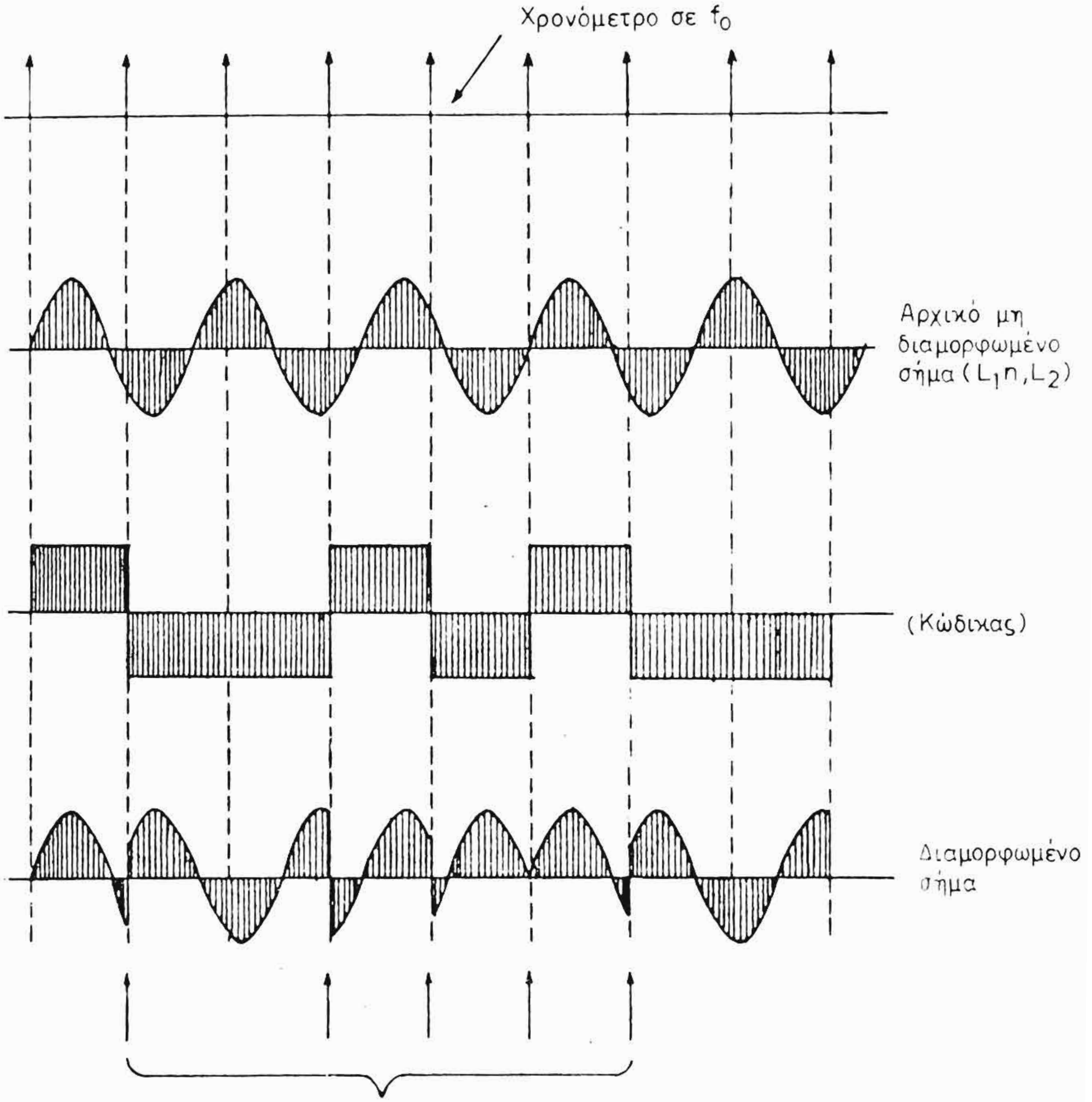
Το σήμα που εκπέμπεται απο κάθε δορυφόρο του συστήματος GPS περιέχει ενα κώδικα που αποτελείται απο μια τυχαία διαδοχή τιμών μηδέν και ενα οι οποίες δημιουργούνται με μια μέθοδο διαμορφώσεως του σήματος του δορυφόρου που λέγεται διασκόρπιση φάσματος (spread spectrum modulation) κατα την οποία οι τιμές μηδέν αντιστοιχούν σε αλλαγή φάσεως του φέροντος κύματος κατά 180° ενω οι τιμές ενα αντιστοιχούν στην ιδια φάση (σχήμα 9.4.1).

Με τη χρησιμοποίηση κωδικοποιημενων εκπομπών απο τους δορυφόρους του συστήματος GPS επιτυνχάνεται :

α. Αναγνώριση του δορυφόρου απο τον οποίο λαμβάνεται το σήμα στον δέκτη, αφου κάθε δορυφόρος εχει τους δικούς του κώδικες οπως επεξηγείται στην συνέχεια.

β. Συνεχή λήψη απο τον δέκτη του σήματος που προέρχεται απο ενα συγκεκριμένο δορυφόρο.

γ. Μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του δορυφορικού σήματος (βλ. § 9.3.2).



Σχήμα 9.4.1 Κωδικοποίηση δορυφορικού σήματος **GPS**

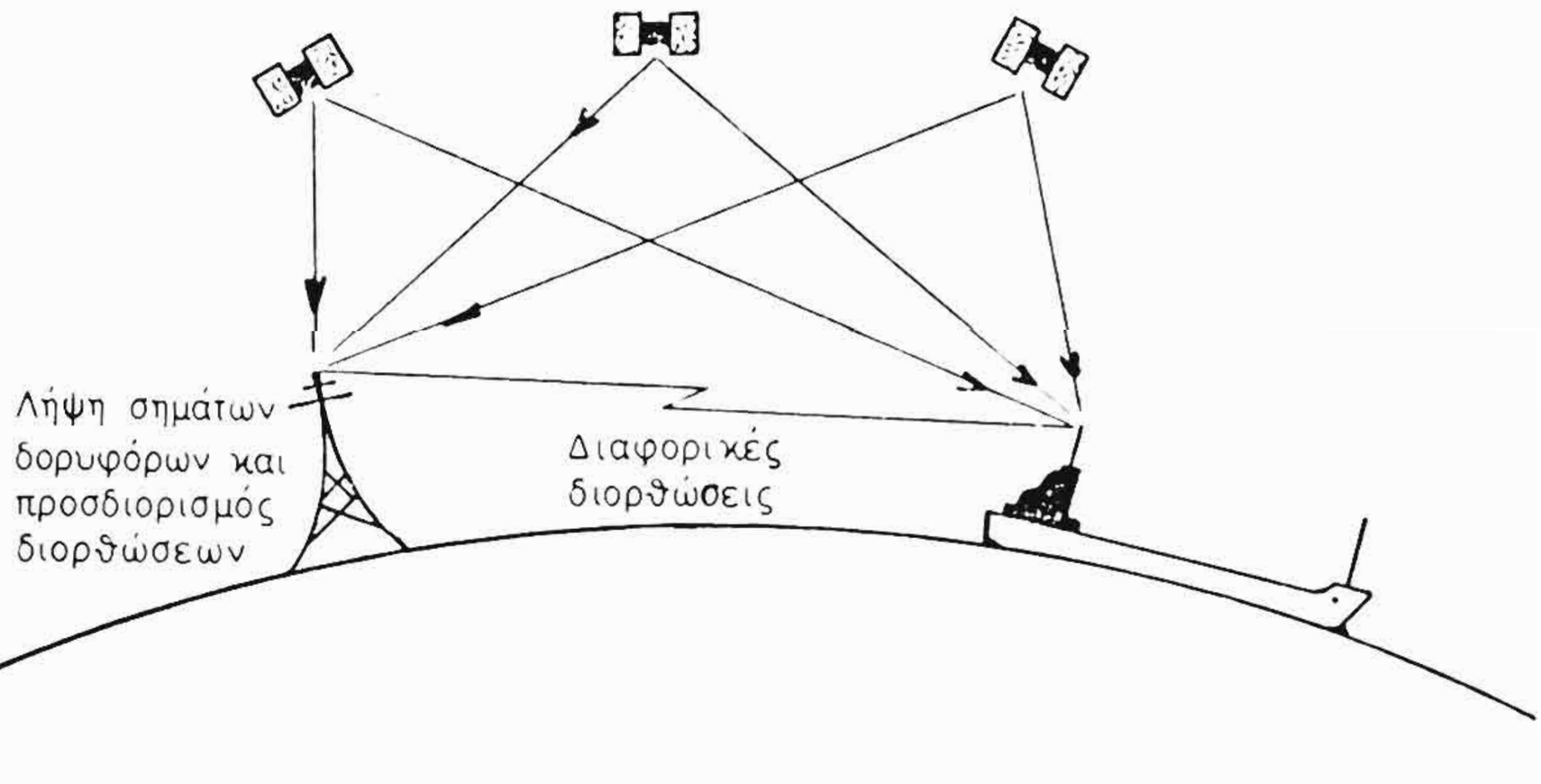
Οι κώδικες των δορυφορικών σημάτων κάθε δορυφόρου GPS λέγονται κώδικες ψευδοτυχαίου θορύβου (Psendo Random Noise Codes) και ανήκουν σε μια απο τις επόμενες κατηγορίες :

1) **Κώδικας C/A χαμηλής ακρίβειας (Coarse Acguisition).** Ο κώδικας αυτός αποτελείται απο διαδοχικές τιμές μηδέν και ενα που εκπέμπονται στην συχνότητα $f_0/10 = 1,023$ MHz. Ο κώδικας C/A εχει περίοδο 1ms.
2) **Κώδικας P υψηλής ακρίβειας.** Ο κώδικας αυτός αποτελείται απο διαδοχικές τιμές μηδέν και ενα που εκπέμπονται στη συχνότητα $f_0 = 10,23$ MHz. Ο κώδικας εχει περίοδο 267 ημερών.

Απο τα δυο σήματα που εκπέμπει κάθε δορυφόρος του συστήματος GPS το σήμα της συχνότητας L_1 ειναι διαμορφωμένο και με τους δυο κώδικες, C/A και P, ενω το σήμα της συχνότητας L_2 ειναι διαμορφωμένο μόνο με τον κώδικα P.

Το σύστημα GPS ανάλογα με τους χρήστες προς τους οποίους θα απευθύνεται θα παρέχει δυο διαφορετικού επιπέδου ακρίβεια στίγματος, που θα ειναι :

α. Η κανονική ακρίβεια του συστήματος για ολους τους χρήστες που θα ειναι της τάξεως των 100 μέτρων (2 drms) και παρέχεται μόνο απο τον κώδικα C/A στη συχνότητα L_1.
β. Η υψηλή ακρίβεια του συστήματος της τάξεως των 18 μέτρων, (2 drms) μόνο για στρατιωτικές εφαρμογές των ενόπλων δυνάμεων των ΗΠΑ και των συμμάχων τους, που θα προκύπτει απο την χρησιμοποίηση .του κώδικα P στις συχνότητες L_1 και L_2.



Σχήμα 9.5.1 Διαφορικό GPS

9.5 ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ GPS

Η ακρίβεια στίγματος GPS που θα παρέχεται με την χρησιμοποίηση μόνο του κώδικα C/A είναι δυνατό να βελτιωθή απο 100m σε 10m με την χρησιμοποίηση του διαφορικού GPS (Differential GPS).

Το διαφορικό GPS περιλαμβάνει ένα δέκτη GPS ο οποίος τοποθετείται σε κάποια θέση γνωστών συντεταγμένων. Συγκρίνοντας το στίγμα που προσδιορίζεται στον δέκτη με τις γνωστές συντεταγμένες της θέσεώς του, προσδιορίζονται τα σφάλματα του συστήματος GPS τα οποία στην συνέχεια εκπέμπονται προς τους δέκτες που χρησιμοποιούνται στην περιοχή για βελτίωση της ακρίβειάς τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

10.1 Γενικά χαρακτηριστικά σύγχρονων δεκτών συστήματων καθορισμού στίγματος

Οι σύγχρονοι δέκτες των διαφόρων ηλεκτρονικών συστημάτων καθορισμού στίγματος έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά, τόσο στην εξωτερική εμφάνιση οσο και στον τρόπο λειτουργίας και τις δυνατότητές τους.

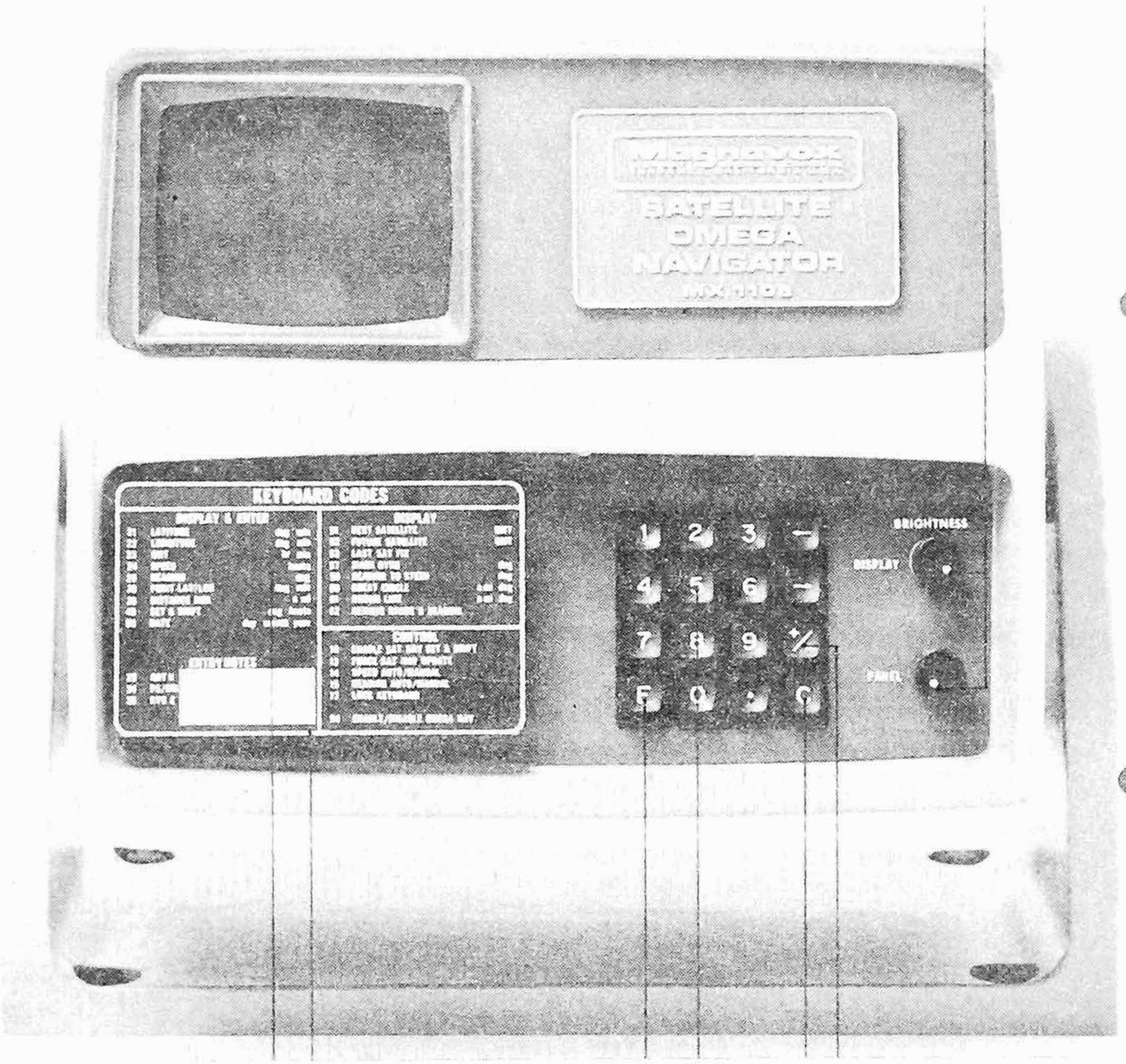
Ενα κοινό χαρακτηρηστικό των συγχρόνων δεκτών των διαφόρων συστημάτων καθορισμού στίγματος ειναι το μικρό τους μέγεθος (που συνήθως ειναι της τάξεως 10 × 17 × 25cm) και η ευκολία εγκαταστάσεως τους σε οποιοδήποτε σκάφος ακόμη και σε μικρά σκάφη αναψυχής αφού η τροφοδότησή τους μπορεί να γίνει απο μια απλή μπαταρία 12 – 24 Volt D.C.

Άλλα κοινά χαρακτηριστικά των παραπάνω δεκτών αφορούν τον τρόπο λειτουργίας και τις δυνατότητές τους λόγω του ενσωματομένου σε αυτούς μικρουπολογιστή.

Ολοι οι σύγχρονοι δέκτες των διαφόρων συστημάτων καθορισμού στίγματος έχουν τα επόμενα γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες.

1. Ειναι εύκολοι στον χειρισμό τους ο οποίος γίνεται με την βοήθεια του πληκτρολογίου κάθε δέκτη (σχήματα 4.9.1, 4.9.2, 5.11.2, 6.5.1, 8.2.7, 9.2.6, 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3)
2. Τα στοιχεία του στίγματος (φ,λ) καθώς και αλλα συμπληρωματικά στοιχεία τα οποία υπολογίζονται απο τον ενσωματομένο ηλεκτρονικό υπολογηστή εμφανίζονται στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη.
3. Με την βοήθεια του ενσωματωμένου στον δέκτη μικρουπολογιστή ο οποίος χειρίζεται με το πληκτρολόγιο του δέκτη είναι δυνατή η αυτόματη επίλυση διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων οπως π.χ. ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτευση μεταξύ διαφόρων σημείων, επίλυση προβλημάτων ορθοδρομικού πλού, ειδοποίηση του ναυτιλόμενου με ηχητική σήμανση οτι βρίσκεται εκτος κάποιας προκαθορισθείσας διαδρομής, υπολογισμός πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας και ταχύτητας κ.α.

Εκτός απο τις παραπάνω δυνατότητες, όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι δέκτες των δορυφορικών συστημάτων καθορισμού στίγματος έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με άλλες μονάδες οπως π.χ. οθόνες σαν αυτές του σχήματος 8.2.8, αυτόματους ηλεκτρονικούς ή ηλεκτρομηχανικούς πορειογράφους για την απεικόνιση του ίχνους του πλοίου κ.α (βλ. σχ. 10.3.1 και 10.3.2) κα.



Ο δέκτης αυτός έχει διαστάσεις 43 × 42 × 36 cm και συνδυάζει τα στοιχεία του δορυφορικού συστήματος NAVSAT / TRANSIT με αυτά του υπερβολικού συστήματος OMEGA για να παρέχει συνεχώς στίγμα ακριβείας. Οταν είναι δυνατός ο καθορισμός στίγματος NAVSAT / TRANSIT το στίγμα που παρέχεται ειναι ακριβές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διόρθωση του στίγματος OMEGA. Στη συνέχεια κατα το χρονικό διάστημα που δεν υπάρχει δυνατότητα καθορισμού δορυφορικού στίγματος, το στίγμα προσδιορίζεται με το σύστημα OMEGA το οποίο εν τω μεταξύ εχει βαθμονομηθεί με τα στοιχεία του τελευταίου δορυφορικού στίγματος.

Σχήμα 10.1.1 Συνδιασμένος δέκτης NAVSAT/TRANSIT και OMEGA της εταιρείας Magnavox (Mx 1105)

Εκτός απο τους απλούς δέκτες των ηλεκτρονικών συστημάτων καθορισμού στίγματος (LORAN - C, OMEGA, DECCA, NAVSAT, GPS) κυκλοφορούν στην αγορά και ορισμένοι σύνθετοι δέκτες που εχουν την δυνατότητα να προσδιορίζουν το στίγμα απο διαφορετικά συστήματα οπως π.χ σύνθετος δέκτης OMEGA/NAVSAT, LORAN - C, κ.λ.π.

Οι δέκτες αυτοί έχουν τα εξής πλεονεκτήματα :

α. Με την βοήθεια μιας μόνο συσκευής πολύ μικρών διαστάσεων που πολλές φορές είναι κυριολεκτικά φορητή μπορούμε να προσδιορίσουμε το στίγμα απο διαφορετικά συστήματα π.χ LORAN - C, GPS, OMEGA και NAVSAT κ.λ.π.

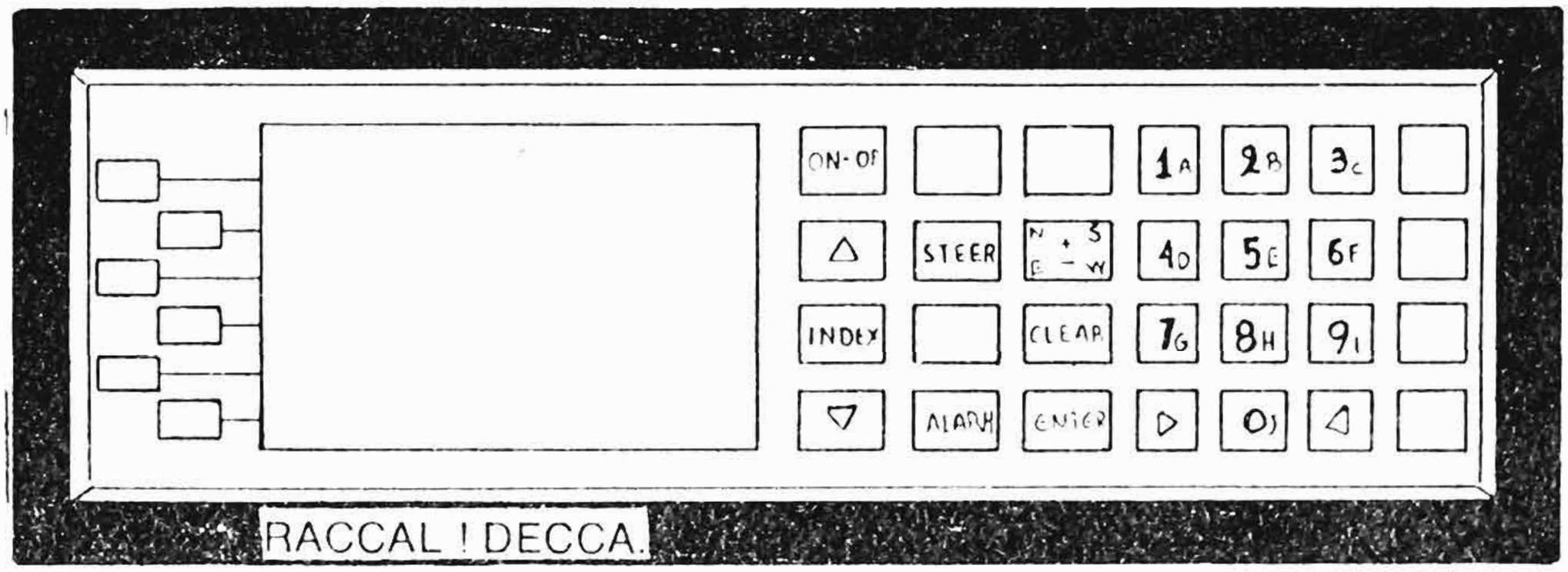
β. Τα στοιχεία ενος συστήματος καθορισμού στίγματος χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση και συμπλήρωση των αδυναμιών κάποιου άλλου π.χ. στον συνδιασμένο δέκτη OMEGA / NAVSAT δεν απαιτούνται διορθώσεις διαδόσεως των σημάτων OMEGA γιατί γίνονται με την βοήθεια των στοιχείων του συστήματος NAVSAT.

Μερικοί απο τους δέκτες της κατηγορίας αυτης ειναι οι εξής :

1. Συνδυασμένος δέκτης δορυφορικού συστήματος NAVSAT / TRANSIT και υπερβολικού συστήματος OMEGA της εταιρείας Magnavox (MX 1105). (βλ. σχήμα 10.1.1)

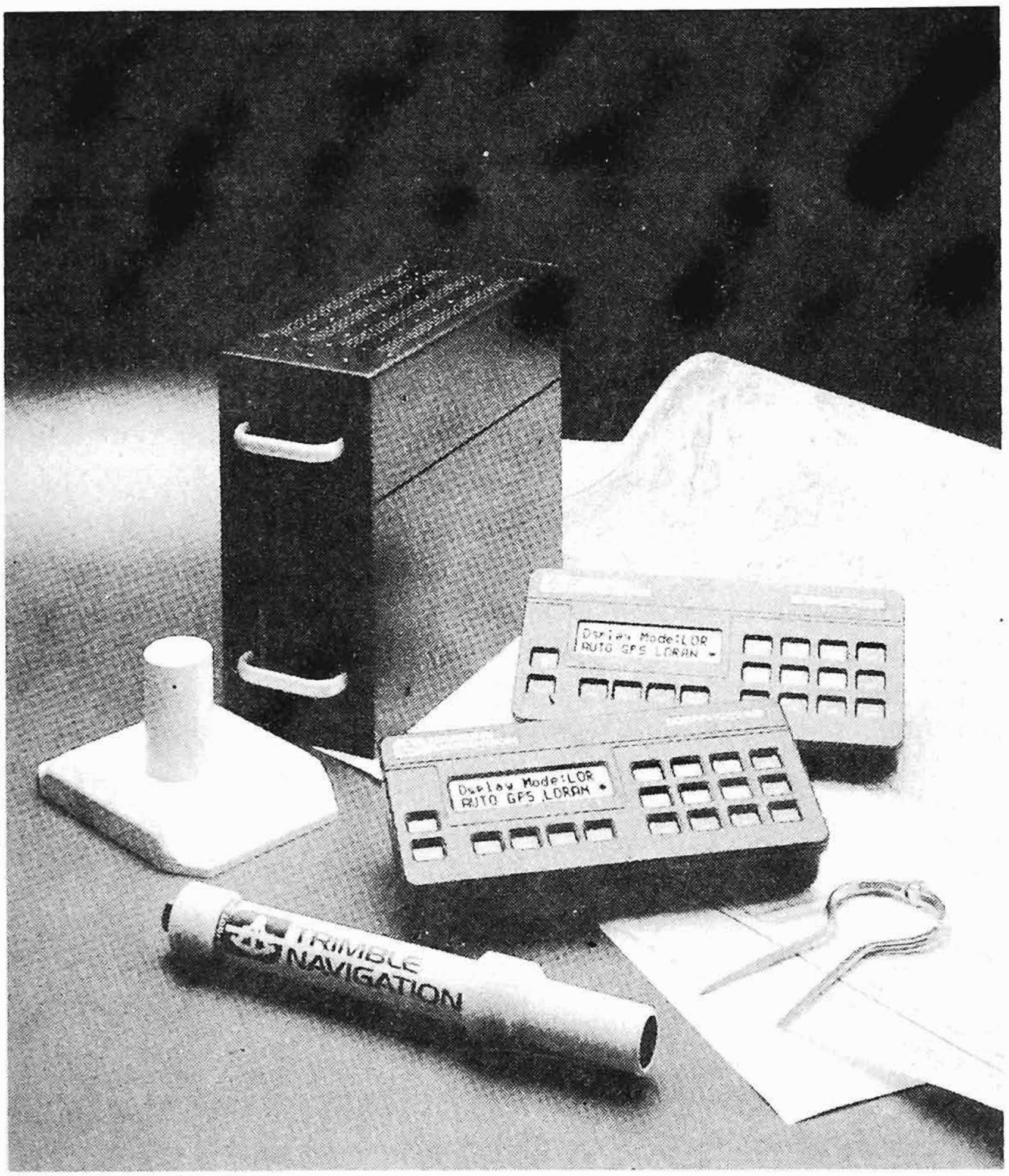
2 Συνδυασμένος δέκτης συστημάτων NAVSAT / TRANSIT, OMEGA, LORAN - C και DECCA της εταιρείας RACAL. (βλ. σχήμα 10.1.2)

3. Συνδυασμένος δέκτης LORAN - C, GPS της εταιρείας TRIMBLE (10X). (βλ. σχήμα 10.1.3)



Ο δέκτης αυτός παρέχει την δυνατότητα καθορισμού στίγματος NAVSAT / TRANSIT, OMEGA, LORAN - C και DECCA συνδιάζονται τα στοιχεία του συστήματος NAVSAT / TRANSIT και OMEGA καθώς και LORAN - C και DECCA.

Σχήμα 10.1.2 Συνδιασμένος δέκτης NAVSAT/TRANSIT, LORAN - C, και DECCA της εταιρείας RACCAL - DECCA.



Ο δέκτης αυτός συνδιάζει τις δυνατότητες των συστημάτων LORAN - C και GPS ετσι ωστε να παρέχει στίγμα ακριβείας καθ' ολη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Το στίγμα προκύπτει απο στοιχεία του συστήματος GPS (οταν αυτά ειναι διαθέσιμα) ή απο στοιχεία του συστήματος LORAN - C οταν δεν ειναι δυνατός ο καθορισμός στίγματος GPS (λόγο της μη εισετι λειτουργίας του συστήματος GPS με τον προβλεπόμενο αριθμό δορυφόρων). Ο δέκτης αυτός αποτελείται απο τις επόμενες μονάδες :

- Κύρια μονάδα δέκτη - μικροεπεξεργαστή. (12 × 25 × 30cm)
- Μια ή δύο μονάδες ελένχου/ενδείξεως στοιχείων (25 × 12 × 7cm)
- Κεραία GPS (19 × 13 × 10cm)
- Κεραία LORAN - C (2,5 × 36cm)

Σχήμα 10.1.3 Συνδιασμένος δέκτης LORAN - C, GPS, της εταιρείας Trimble.

10.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΕΩΣ

Η κατά τα τελευταία χρόνια ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής έχει επιφέρει μία επαναστατική αλλαγή όχι μόνο στην μορφή και τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών συστημάτων καθορισμού στίγματος αλλά και στις μεθόδους ναυσιπλοΐας γενικώτερα.

Είναι φυσικό πως οι σημερινές δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών για αυτοματοποίηση πολλών ανθρωπίνων δραστηριοτήτων δεν ήταν δυνατόν να μην χρησιμοποιηθούν και στις μεθόδους ναυσιπλοΐας.

Αποτέλεσμα της χρησιμοποιήσεως των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής στην ναυτιλία είναι η δημιουργία του ηλεκτρονικού χάρτη και των Ολοκληρομένων Συστημάτων Πλοηγήσεως (Intergated Navigational Systems) τα οποία δίνουν στον ναυτιλόμενο την δυνατότητα να έχει συγκεντρωμένες σε μία οθόνη όλες τις απαραίτητες για την ασφαλή εκτέλεση του πλου πληροφορίες (οι οποίες σύμφωνα με τις παραδοσιακές μεθόδους της ναυτιλίας βρίσκονται στους διάφορους ναυτικούς χάρτες και ναυτιλιακές εκδόσεις). Οι πληροφορίες αυτές συνδιάζονται και με τα στοιχεία των κλασσικών ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων του πλοίου όπως το ράνταρ, και τα διάφορα συστήματα καθορισμού στίγματος (LORAN - C, DECCA, GPS κλπ) δίνουν την δυνατότητα λήψεως άμεσων αποφάσεων σχετικά με την ασφαλή εκτέλεση του πλου.

Οι πληροφορίες που εμφανίζονται στην οθόνη (ή στις οθόνες) ενός ηλεκτρονικού χάρτη ή ενός ολοκληρωμένου συστήματος πλοηγήσεως έχουν τις επόμενες μορφές :

α. Χαρτογραφικά στοιχεία από τον ηλεκτρονικό χάρτη όπως ακτογραμμή, αβαθή, ισοβαθείς, σημαντήρες, περιοχές απαγορευμένες στην ναυσιπλοΐα, διαύλοι διαχωρισμού θαλάσσιας κυκλοφορίας κλπ. Τα στοιχεία αυτά που προέρχονται από τους ναυτικούς χάρτες που εκδίδονται από τις διάφορες υδρογραφικές υπηρεσίες, έχουν καταχωρηθεί σε ψηφιακή μορφή σε μικρές κασσέτες (catridges) ή δισκέτες (floppy disks) σε κάθε μία από τις οποίες καταχωρούνται πληροφορίες που περιέχονται σε ένα αρκεταμ εγάλο αριθμό χαρτών.

β. Συμπληρωματικά γραφικά στοιχεία που προέρχονται από τις ηλεκτρονικές ναυτιλιακές συσκευές του πλοίου (πχ. Ραντάρ, LORAN - C, OMEGA, DECCA, NAVSAT / GPS) οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το ολοκληρωμένο σύστημα πλοηγήσεως. Τα στοιχεία αυτά εμφανίζονται μαζί με τα χαρτογραφικά στοιχεία του συστήματος και με τον τρόπο αυτό αυτοματοποιείται η εργασία υποτυπώσεως του ναυτιλιακού στίγματος στον χάρτη.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

γ. Αποτέλεσματα από τις επιλύσεις διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων (ναυτικοί υπολογισμοί) που εκτελούνται από τον υπολογιστή του συστήματος καθώς και τυχόν άλλες πληροφορίες όπως πχ. μετεωρογικά δελτία, δελτία προαγγελιών για τους ναυτιλομένους (navigational warnings) κλπ.

Στο σχήμα 10.2.1 φαίνεται μια τυπική σύνθεση ενός πλήρως ολοκληρωμένου συστήματος πλοηγήσεως που αποτελείται από μια πληθώρα ναυτιλιακών συσκευών που συνδέονται σε ένα κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του οποίου γίνεται επεφεργασία και συνεκτίμηση των στοιχείων που παρέχουν οι διάφορες μονάδες καθώς και επίλυση διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων.

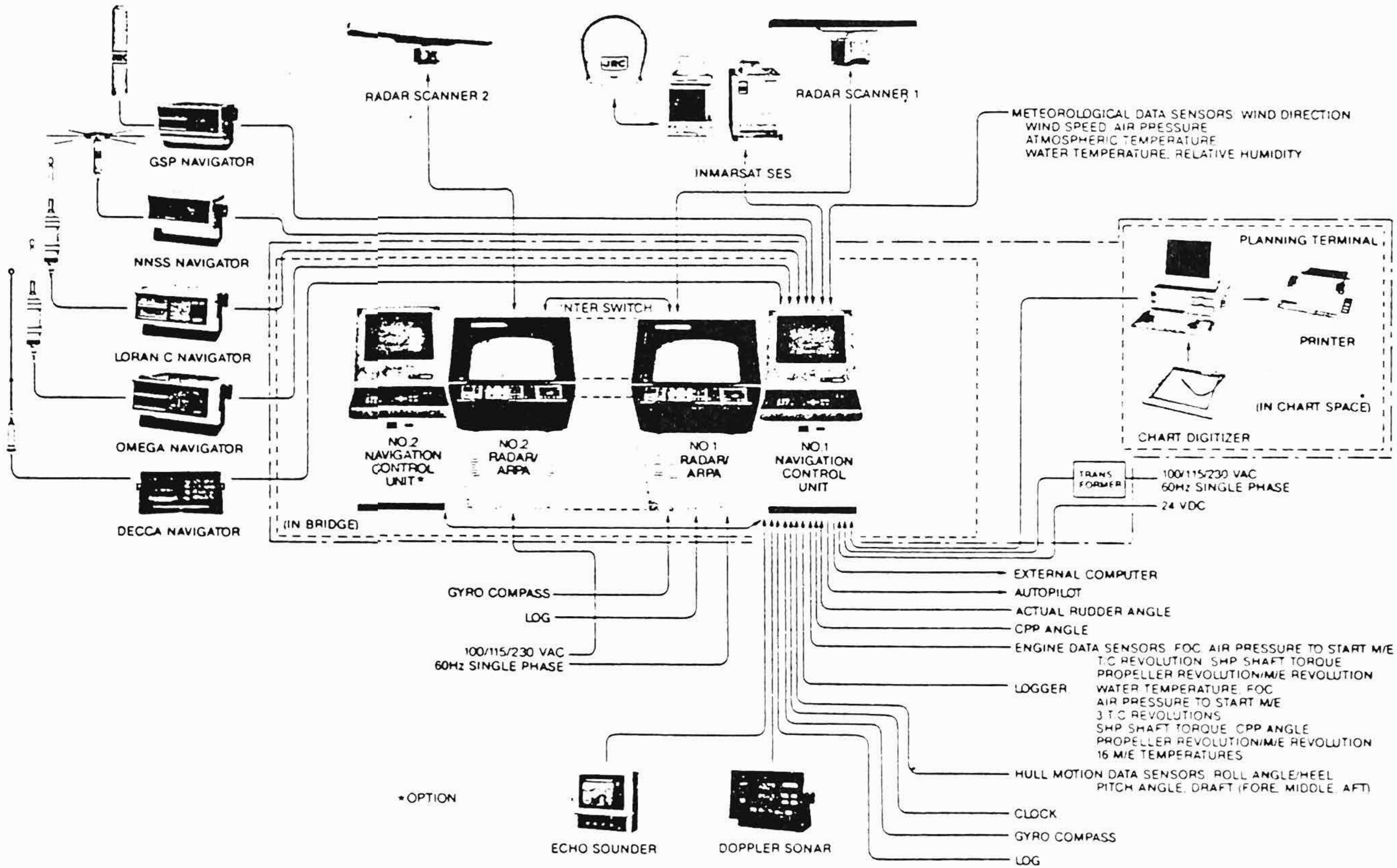
Μια απλούστερη και οικονομικώτερη σύνθεση (μερικώς) ολοκληρωμένου συστήματος πλοηγήσεως στηρίζεται στην σύνθεση ενός η περισσοτέρων συστημάτων καθορισμού στίγματος (LORAN - C, OMEGA, DECCA, NAVSTAT, GPS) με μία απλή μονάδα ηλεκτρονικού χάρτη σαν αυτή του σχήματος 10.2.2. Στην σύνθεση αυτή η μονάδα του ηλεκτρονικού χάρτη υποκαθιστά του ρολό του κεντρικού υπολογιστή και μπορεί επίσης να συνδεθεί και με άλλες ναυτιλιακές συσκευές όπως πχ. ραντάρ, δρομόμετρο, γυροπυξίδα κλπ.

Με την βοήθεια του ηλεκτρονικού χάρτη ο ναυτιλόμενος μπορεί να εμφανίσει επιλεκτικά την οθόνη του διάφορα στοιχεία όπως :

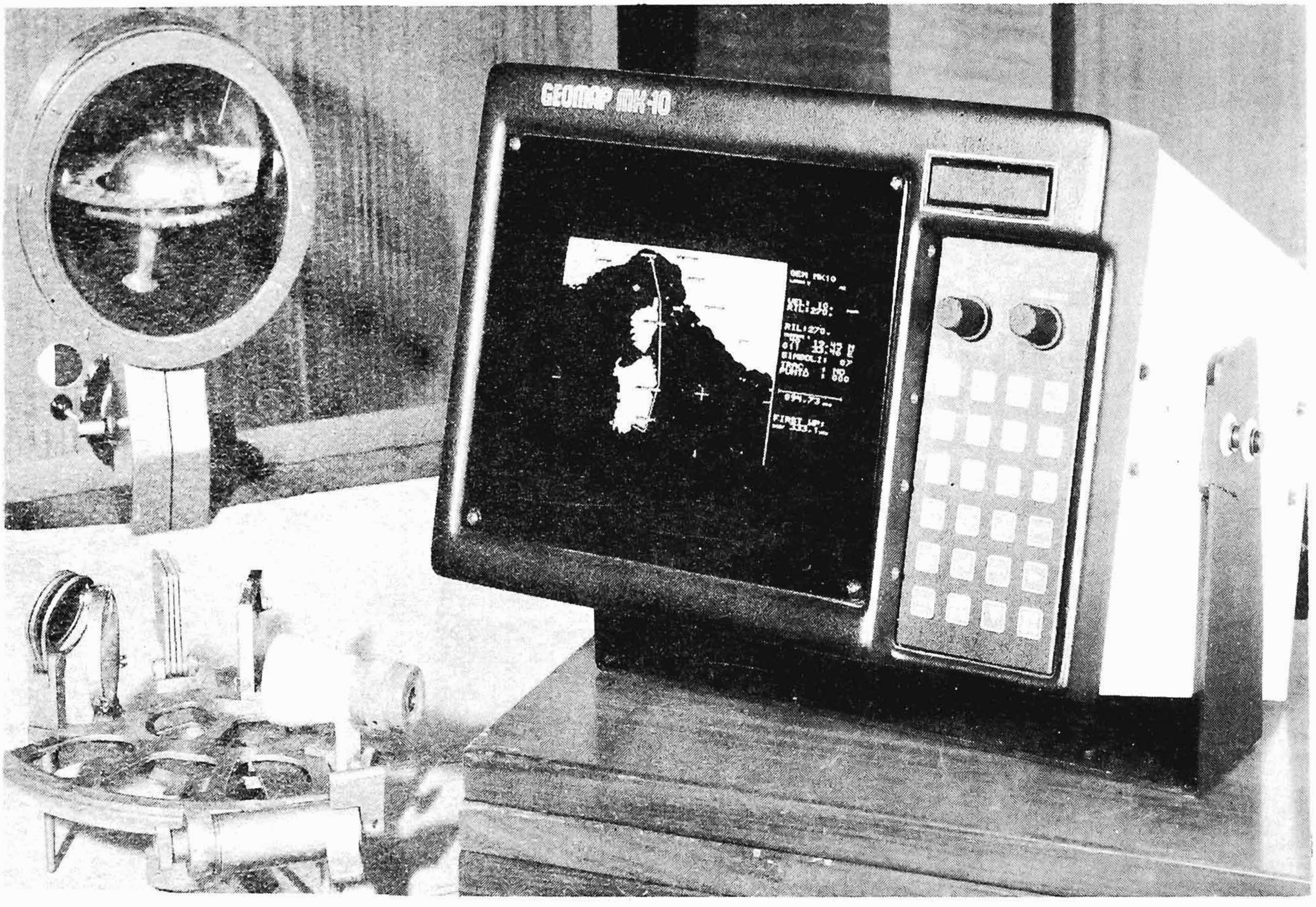
i) Χαρτογραφικά στοιχεία της περιοχής. Τα στοιχεία αυτά που προέρχονται από τους ναυτικούς χάρτες της περιοχής, έχουν καταχωρηθεί σε ψηφιακή μορφή σε μικρές κασσέτες (catridges) ή κατά περίπτωση επιθυμητή κλίμακα (βλ. σχήμα 10.2.3). Εκτός από την επιλογή της κλίμακας ο ναυτιλόμενος μπορεί να επιθυμεί να εμφανιστούν στην οθόνη (ακτογραμμής, ισοβαθής, περιοχές απαγορευμένες στην ναυσιπλοΐα, δίαυλοι διαχωρισμού θαλλάσιας κυκλοφορίας κλπ.)

ii) Το στίγμα του πλοίου του ακι την ακολουθούμενη απο αυτό πορεία (διαδρομή) καθώς και τις θέσεις άλλων σκαφών που πλέουν στην περιοχή. Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται από τους δέκτες των συστημάτων καθορισμού στίγματος και το ναυτιλιακό ραντάρ του πλοίου που είναι συνδεδεμένα με την μονάδα του ηλεκτρονικού χάρτη.

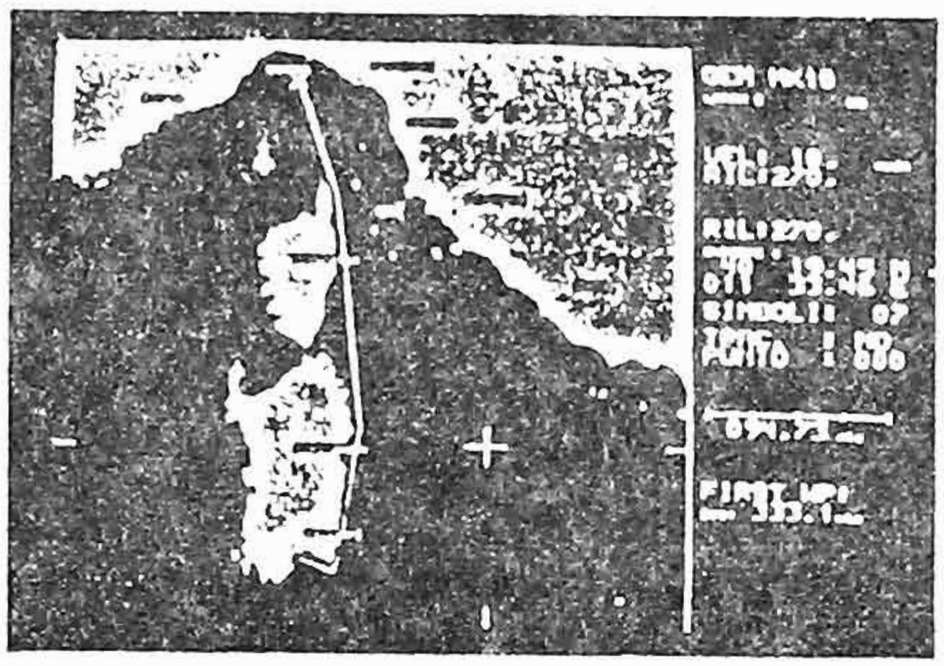
iii) Τα αποτελέσματα της επιλύσεως διαφόρων ναυτιλιακών προβλημμάτων όπως πχ. ακολουθητέα πορεία και απαιτούμενος χρόνος για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτευση μεταξύ διαφόρων σημείων κλπ.



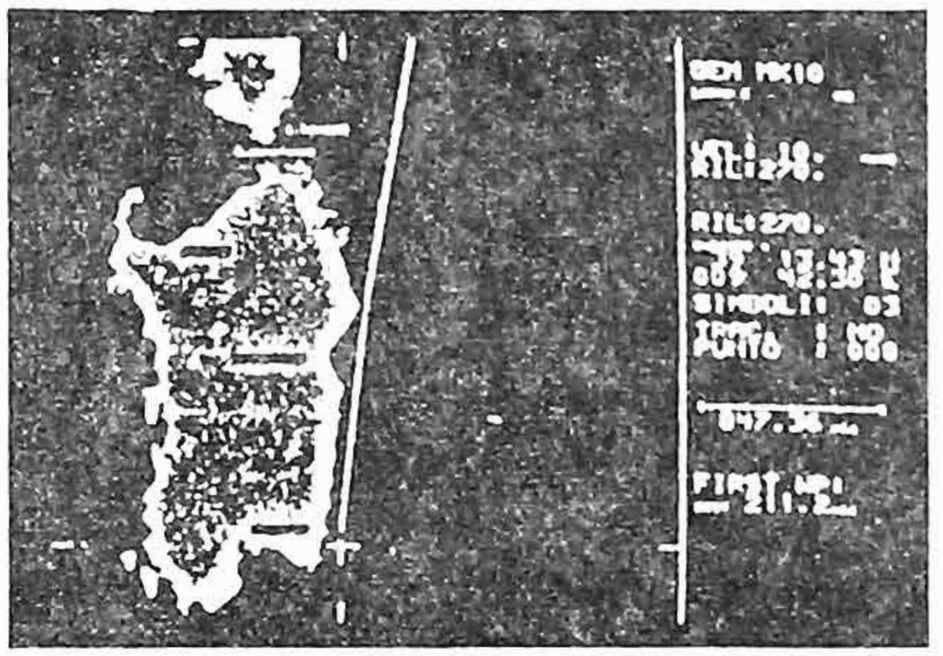
Σχήμα 10.2.1 Τυπική σύνθεση ενός πλήρως ολοκληρωμένου συστήματος πλοηγήσεως



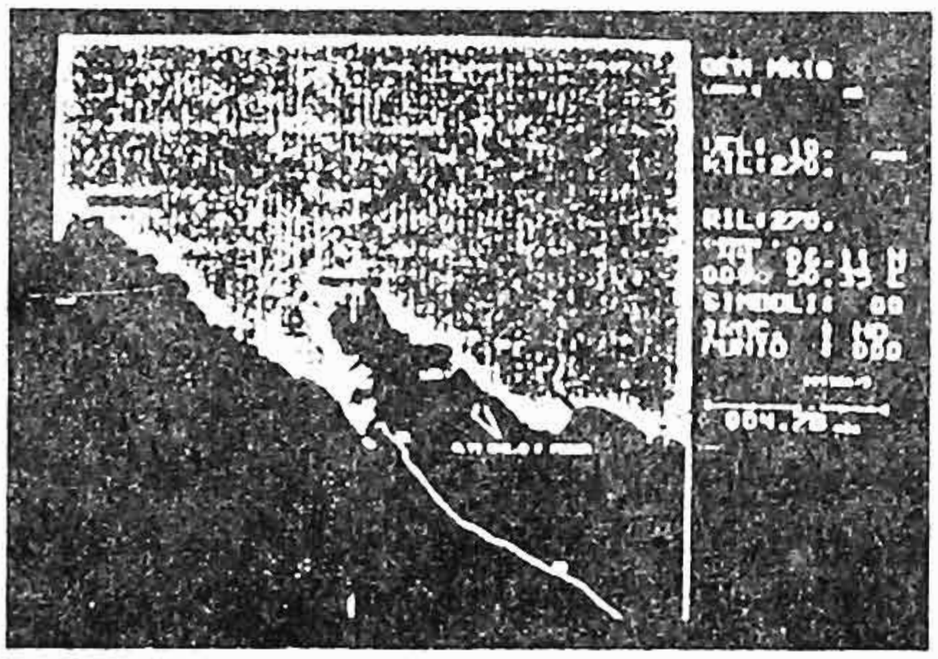
Σχήμα 10.2.2 Αντιπροσωπευτικός τύπος ηλεκτρονικού χάρτη.



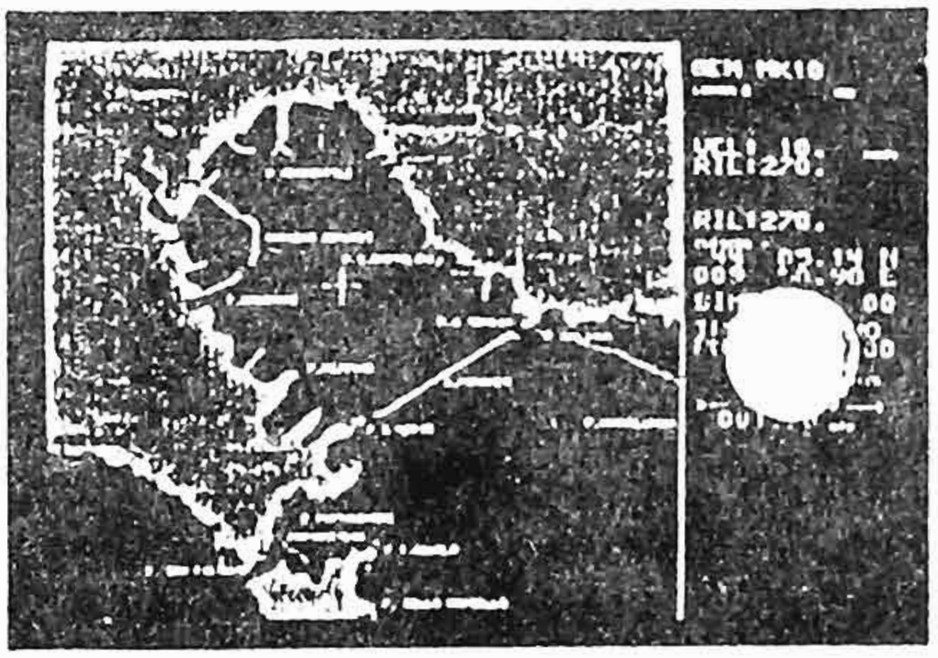
Απεικόνιση παράκτιας περιοχής με δύο νησιά και τέσσερα σημεία αλλαγής πορείας
(σε μικρή κλίμακα)



Μεγέθυνση της αριστερής εικόνας για απεικόνιση τους ενός νησιού
(μεγάλη κλίμακα)

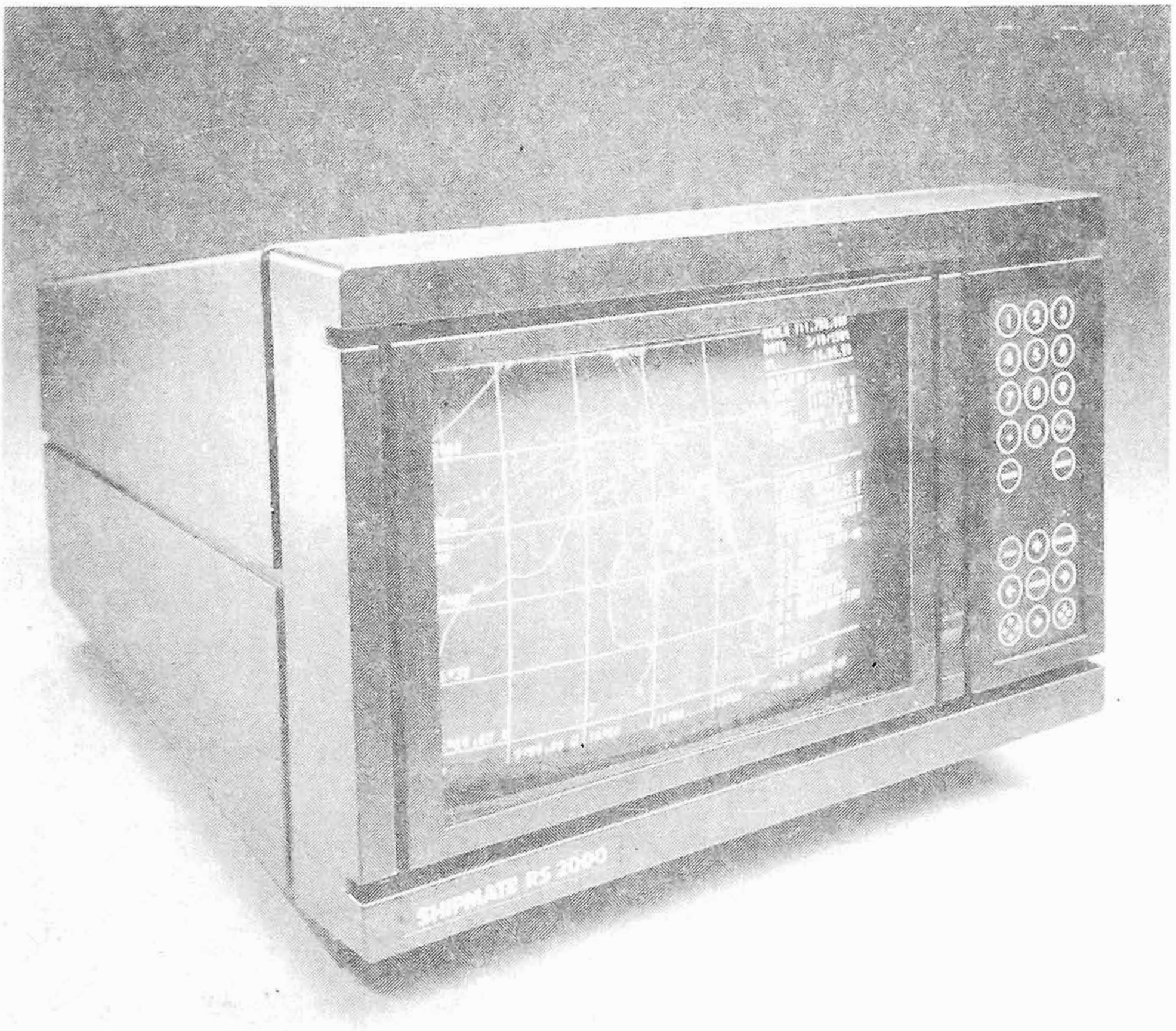


Απεικόνιση παράκτιας περιοχής με όρμο
(σε μικρή κλίμακα)

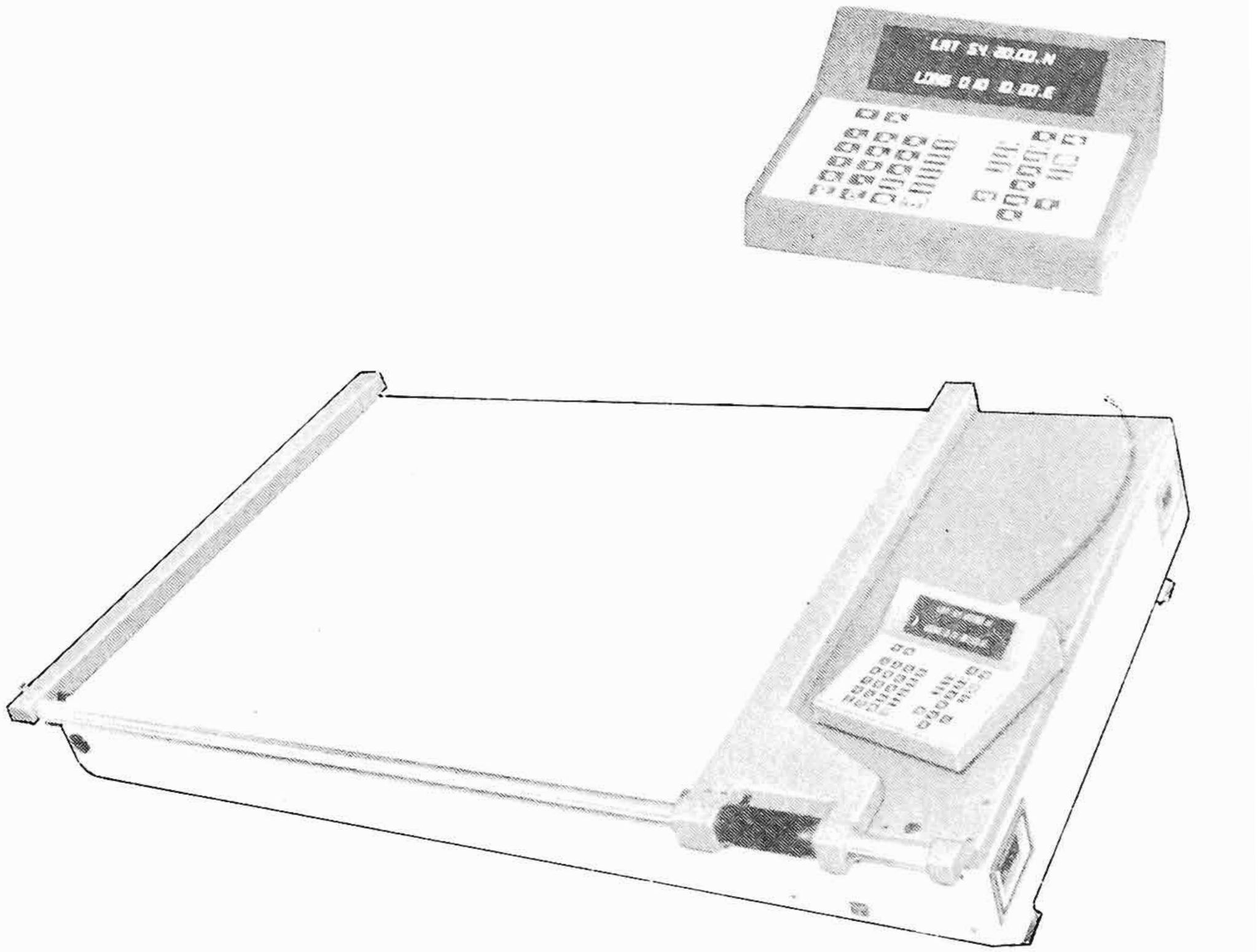


Μεγέθυνση της αριστερής εικόνας για απεικόνιση του όρμου
(μεγάλη κλίμακα)

Σχήμα 10.2.3 Αλλαγή κλίμακας ηλεκτρονικού χάρτη.



Σχήμα 10.3.1 Ηλεκτρονικός πορειογράφος της εταιρείας SHIPMATE



Σχήμα 10.3.3 Σύγχρονος ηλεκτρομηχανικός πορειογράφος της εταιρείας ANSCHUTZ

10.3 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

Τα περισσότερα από τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα καθορισμού στίγματος (LORAN - C, OMEGA, DECCA, NAVSTAT, GPS) έχουν την δυνατότητα να συνδέονται τόσο με άλλες περιφερειακές μονάδες όπως πχ. ηλεκτρονικοί και ηλεκτρομηχανικοί πορειογράφοι, μονάδες όπως πχ. ηλεκτρονικοί και ηλεκτρομηχανικοί πορειογράφοι, τερματικές οθόνες, εκτυπωτές κλπ, όσο και μ' άλλα συστήματα καθορισμού στίγματος για την δημιουργία μικρών ολοκληρωμένων συστημάτων καθορισμού στίγματος.

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι ο δέκτης του δορυφορικού συστήματος καθορισμού στίγματος NAVSTAT / TRANSIT του σχήματος 8.2.7 μπορεί να συνδεθεί και με συσκευή +LORAN-C καθώς και με το δρομόμετρο, τη γυροπυξίδα, τερματικές οθόνες, τον ηλεκτρονικό πορειογράφο του σχήματος 10.3.1 ή τον ηλεκτρομηχανικό πορειογράφο του σχήματος 10.3.2 κλπ.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

0.1 Ηλεκτρονική ναυτιλία και ραδιοναυτιλία 1

0.2 Τα κυριώτερα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα . 1

0.3 Άλλα ηλεκτρονικά συστήματα καθορισμού στίγματος 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 Γενική περιγραφή του τρόπου διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 3

1.2 Ανάκλαση, διάθλαση και περίθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 6

1.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 9

1.4 Εξασθένιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 9

1.5 Διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα 10

1.6 Διάδοση των ραδιοκυμάτων ανάλογα με την συχνότητα τους 14

1.6.1 Πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF) ... 14

1.6.2 Χαμηλές συχνότητες (LF) 15

1.6.3 Μεσαίες Συχνότητες (MF 300KHz-3MHz)15

1.6.4 Υψηλές Συχνότητες (HF 3MHz-30MHz) 16

1.6.5 Πολύ υψηλές συχνότητες (VHF 30MHz-300MHz) 16

1.6.6 Υπερυψηλές συχνότητες (UHF) και εξαιρετικά υψηλές συχνότητες(SHF) 17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ

2.1 Γενικά περί ραδιογωνιόμετρου 18

2.2 Αρχές λειτουργίας - κατηγορίες ραδιογωνιομέτρων 18

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

2.2.1 Ιδιότητες της κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας 19

2.2.2 Πολικό διάγραμμα περιστραφόμενης κεραίας πλαισίου. Αμφιβολία 180° 20

2.2.3 Άρση αμφιβολίας 180°. Κεραία εννοίας 21

2.2.4 Ραδιογωνιόμετρα περιστρεφόμενης κεραίας 24

2.2.5 Ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών πλαισίων (κεραία Bellini-Tosi) . 25

2.2.6 Αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου 29

2.2.7 Ραδιογωνιόμετρο με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιοπτεύσεων 32

2.3 Σφάλματα ραδιογωνιομέτρου και τρόποι περιορισμού τους 35

2.3.1 Σφάλμα λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών 35

2.3.2 Σφάλμα πολικότητας ή επίδραση νυκτός 41

2.3.3 Σφάλμα παραντίου διαθλάσεως ή επίδραση ακτής 41

2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο 42

2.3.4α Τεταρτοκυκλικό σφάλμα (quadrantal error) 42

2.3.4β Ημικυκλικό σφάλμα 43

2.3.4γ Συνολικό σφάλμα που οφείλεται στο πλοίο. (Σφάλμα αντισταθμίσεως). Βαθμονόμηση Ραδιογωνιομέτρου (calibration)..... 45

2.4 Ραδιοφάροι, ραδιογωνομετρικοί σταθμοί ξηράς και σταθμοί μετρήσεως αποστάσεως ... 50

2.4.1 Ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής (circular radiobeacons) 50

2.4.2 Ραδιοφάροι κατευθύνσεως (directional radiobeacons) 51

2.4.3 Ραδιοφάροι περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής 51

2.4.4 Σταθμοί προσδιορισμού αποστάσεως 53

2.4.5 Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς (Radio Cirection Finding Stations) 54

2.4.6 Παράκτιοι σταθμοί με λειτουργία QTG 55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

3.1 Γενικά περί υπερβολικών συστημάτων καθορισμού στίγματος 56

3.2 Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με την μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου 60

3.2.1 Ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών. Δημιουργία αμφιβολίας 60

3.2.2 Άρση αμφιβολίας με την μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστερήσεως χρόνου) 62

3.2.3 Δημιουργία αμφιβολίας στην προέκταση της γραμμής βάσεως 64

3.2.4 Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου 66

3.3 Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με την μέθοδο συγκρίσεως φάσεως 66

3.3.1 Μέτρηση αποστάσεως με την διαφορά φάσεως 66

3.3.2 Δημιουργία συστήματος ομοεστίων υπερβολών με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως 68

3.3.3 Η αβεβαιότητα διαύλου 71

3.4 Συνδιασμός δύο ομάδων ομεστίων υπερβολών για τον προσδιορισμό του στίγματος 71

3.5 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του υπερβολικού στίγματος 73

3.5.1 Γεωμετρία στίγματος υπερβολικών συστημάτων 73

3.5.2 Ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων 76

3.5.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 76

3.5.4 Διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα 78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ LORAN-C

4.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος LORAN 79
4.1.2 Λειτουργία του LORAN σε κυκλική μορφή 81
4.2 Οι σταθμοί LORAN 85
4.2.1 Χαρακτηριστικά εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN σημάτων 85
4.2.2 Συγχρονισμός των εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN σημάτων - Εντοπισμός ανωμαλιών 87
4.2.3 Συντονισμός (Calibration) του συστήματος LORAN 88
4.3 Μέτρηση της διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN 88
4.3.1 Το πρόβλημα της ανάμιξης ουρανίου κύματος με κύμα εδάφους 88
4.3.2 Χονδρική μέτρηση της Διαφοράς Χρόνου 89
4.3.3 Ακριβής Μέτρηση της Διαφοράς Χρόνου 89
4.4 Λήψη κυμάτων εδάφους και ουρανίων κυμάτων από τον δέκτη LORAN 89
4.4.1 Πλεονεκτήματα της χρησιμοποιήσεως εκπομπών χαμηλής συχνότητας 92
4.4.2 Περιοχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους και από τους δύο σταθμούς, κύματος εδάφους από τον ένα και ουράνιου κύματος από τον άλλο, ή ουρανίου κύματος και από τους δύο 92
4.5 Σφάλματα του συστήματος LORAN 95
4.5.1 Συστηματικά (σταθερά) σφάλματα του συστήματος LORAN και τρόπος αντιστάθμισής τους.....

4.5.2 Τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN. Επηρεασμός του πιθανού μεγέθους τους από την ποιότητα της συσκευής του δέκτη 96

4.6 Χάρτες LORAN και πρόσθετες πληροφορίες που περιέχουν 97

4.7 Πίνακες LORAN 101

4.7.1 Γενική περιγραφή των πινάκων ... 101

4.7.2 Παράδειγμα χρησιμοποιήσεως πινάκων LORAN 109

4.8 Ακρίβεια του συστήματος LORAN 112

4.8.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του συστήματος LORAN 112

4.8.2 Απόλυτη και σχετική ακρίβεια ... 112

4.8.3 Εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος με χρήση του κατάλληλου διαγράμματος ακρίβειας. Επιλογή των καταλληλότερων σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος 113

4.8.4 Απαιτήσεις της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ για την Coastal Confluence Zone (CCZ) 115

4.9 Δέκτες LORAN 115

4.9.1 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες ενός σύγχρονου δέκτη LORAN 115

4.9.2 Επιπρόσθετες δυνατότητες ορισμένων σύχρονων δεκτών LORAN 116

4.9.3 Τρόποις χρησιμοποιήσεως ενός σύγχρονου δέκτη LORAN 117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ OMEGA

5.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος OMEGA 124

5.2 Εκπομπή σταθμών OMEGA 125

5.3 Μέτρηση της διαφοράς φάσεως στον δέκτη OMEGA 127

5.4 Αναγνώριση λαμβανόμενων σημάτων στον δέκτη OMEGA (συγχρονισμός του δέκτη) 129

5.5 Δίαυλοι OMEGA 131

5.6 Απεικόνιση υπερβολικών γραμμών θέσεως στους χάρτες OMEGA 132

5.7 Αναγνώριση διαύλου OMEGA 134

5.8 Σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA 135

5.8.1 Γενικά χαρακτηριστικά της διαδόσεως των σημάτων OMEGA 135

5.8.2 Τύποι διαδόσεως σημάτων OMEGA .. 138

5.8.3 Αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές 138

5.8.4 Διαταραχές Πολικών Περιοχών 140

5.8.5 Διορθώσεις Διαδόσεως Σημάτων OMEGA 142

5.9 Ακρίβεια του συστήματος OMEGA 145

5.10 Διαφορικό OMEGA 145

5.11 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών OMEGA 148

5.11.1 Κατηγορίες δεκτών OMEGA 148

5.11.2 Τρόπος χρησιμοποιήσεως του δέκτη OMEGA 149

5.11.3 Υποτυπωτής διαφορών φάσεως OMEGA 151

5.11.4 Παράδειγμα χρησιμοποιήσεως πινάκων OMEGA για διορθώσεις διαδόσεως σημάτων και προσδιορισμός στίγματος 152

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DECCA

6.1 Αλυσίδες σταθμών DECCA/Περιοχές καλύψεως 156

6.2 Αρχές λειτουργίας του συστήματος DECCA 158

6.2.1 Εκπομπή σταθμών DECCA 158

6.2.2 Μέτρηση διαφοράς φάσεως στον δέκτη DECCA 160

6.2.3 Δίαυλοι και Ζώνες DECCA 160
6.2.4 Αναγνώριση διαύλου στον δέκτη DECCA 162
6.3 Χάρτες DECCA και σχετικές εκδόσεις 164
6.3.1 Αρίθμηση Αλυσίδων DECCA 164
6.3.2 Χάρτες DECCA 165
6.3.3 Ναυτιλιακές και λοιπές εκδόσεις σχετικές με το σύστημα DECCA ... 165
6.4 Ακρίβεια και σφάλματα του συστήματος DECCA 165
6.4.1 Επίδραση της γεωμετρίας του στίγματος 167
6.4.2 Επίδραση της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους 168
6.4.3 Επίδραση της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων .. 170
6.5 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών DECCA 172
6.5.1 Κατηγορίες δεκτών DECCA 172
6.5.2 Τρόπος χρησιμοποιήσεως ενός δέκτη DECCA 174

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

7.1 Δορυφορικές τροχιές (Νόμοι του Kepler - Δορυφορικές εφημερίδες) 179
7.2 Συστήματα συντεταγμένων 180
7.2.1 Γεωδαιτικές (γεωγραφικές) συντεταγμένες (φ,λ,Η) 180
7.2.2 Καθορισμός ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η) 184
7.2.3 Τα κυριώτερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων 185
7.2.4 Καρτεσιανές συντεταγμένες (X,Y,Z) 189
7.3 Βασικές αρχές λειτουργίας δορυφορικών συστημάτων καθορισμού στίγματος 189

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ NAVSAT/ TRANSIT

8.1 Γενική περιγραφή του συστήματος 191

8.2 Τμήματα του συστήματος NAVSAT/TRANSIT .. 191

8.2.1 Δορυφόροι του συστήματος NAVSAT/ TRANSIT 192

8.2.2 Επίγειοι σταθμοί ελέγχου 196

8.2.3 Δέκτες NAVSAT/TRANSIT 196

8.3 Αρχή λειτουργίας του συστήματος NAVSAT/ TRANSIT 199

8.3.1 Τρόπος καθορισμού στίγματος NAVSAT TRANSIT 199

8.3.2 Αλγόριθμος υπολογισμού στίγματος TRANSIT 203

8.4 Συχνότητα καθορισμού στίγματος NAVSAT/ TRANSIT 207

8.5 Ακρίβεια στίγματος και κυριώτερα σφάλματα του συστήματος NAVSAT/TRANSIT 209

8.5.1 Ακρίβεια στίγματος NAVSAT/TRANSIT 209

8.5.2 Σφάλματα του συστήματος NAVSAT/ TRANSIT 211

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ NAVSTAR/GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

9.1 Γενική περιγραφή του συστήματος 215

9.2 Τμήματα του συστήματος GPS 215

9.2.1 Δορυφόροι του συστήματος GPS 216

9.2.2 Επίγειοι Σταθμοί Ελέγχου του συστήματος GPS 219

9.2.3 Δέκτες GPS 223

9.3 Αρχή λειτουργίας του συστήματος GPS 225

9.3.1 Τρόπος καθορισμού στίγματος GPS 225

9.3.2 Εξισώσεις υπολογισμού στίγματος GPS 227

9.4 Κωδικοποίηση των δορυφορικών σημάτων GPS και ακρίβεια στίγματος 228

9.5 Διαφορικό GPS 231

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

10.1 Γενικά χαρακτηριστικά σύγχρονων δεκτών συστημάτων καθορισμού στίγματος 232

10.2 Ηλεκτρονικός χάρτης και ολοκληρωμένα συστήματα πλοηγήσεως 236

10.3 Πρόσθετες περιφερειακές μονάδες ηλεκτρονικών συστημάτων καθορισμού στίγματος . 242

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954