



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟΥΣ
ΕΡΑΣΙΤΕΧΝΙΚΟΥΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥΣ ΜΕΣΩ DSP



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΡΟΥΣΣΟΣ ΣΤΑΘΗΣ

© esa - 2005 - P.CARRIL

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΠΑΤΕΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

1.1 Εισαγωγή	ΣΕΛ 8
1.2 Δορυφορικά Δίκτυα	ΣΕΛ 10
1.3 Τι είναι δορυφόρος;	ΣΕΛ 19
1.4 Δορυφορικά στοιχεία	ΣΕΛ 20
1.5 Πως περιγράφουμε μια ελλειπτική τροχιά;	ΣΕΛ 21
1.5.1 Πως μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός δορυφόρου που κινείται σε ελλειπτική τροχιά;	ΣΕΛ 22
1.5.2 Με ποιο τρόπο μπορούμε να μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά μιας ελλειπτικής τροχιάς;	ΣΕΛ 22
1.5.3 Πως μεταβάλλονται το περίγειο και το απόγειο μιας τροχιάς, αν γίνει μια μεταβολή στην ταχύτητα, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται παραπάνω;	ΣΕΛ 23
1.5.4 Πως μεταβάλλεται η περίοδος μιας ελλειπτικής τροχιάς, για αντίστοιχες μεταβολές στην ταχύτητα;	ΣΕΛ 23
1.6 Συνηθισμένα είδη ελλειπτικών τροχιών	ΣΕΛ 23
1.7 Τύποι δορυφορικών τροχιών (Satellite Orbits)	ΣΕΛ 24
1.8 Παράμετροι τροχιάς δορυφόρων	ΣΕΛ 26
1.9 Φαινόμενο Doppler	ΣΕΛ 26
1.10 Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων	ΣΕΛ 26
1.10.1 Πομπός	ΣΕΛ 27
1.10.2 Δέκτης	ΣΕΛ 27
1.10.3 Απώλειες	ΣΕΛ 28
1.10.4 Θεώρημα αμοιβαιότητας	ΣΕΛ 28
1.10.5 Θόρυβος	ΣΕΛ 29
1.10.6 Συντελεστής θορύβου στον δέκτη	ΣΕΛ 30
1.10.7 Ισοδύναμη Θερμοκρασία Θορύβου στον δέκτη	ΣΕΛ 30
1.10.8 Ισοδύναμη Θερμοκρασία Θορύβου κεραίας	ΣΕΛ 30
1.11 Επίδραση του μέσου διάδοσης στις Δορυφορικές Επικοινωνίες	ΣΕΛ 30
1.11.1 Τροποσφαιρικά Φαινόμενα	ΣΕΛ 30
1.11.2 Ιονοσφαιρικά Φαινόμενα	ΣΕΛ 31
1.11.3 Επίδραση της Βροχόπτωσης	ΣΕΛ 31

<u>1.11.4 Νόμοι του Kepler για την κίνηση των ουρανίων σωμάτων και των δορυφόρων</u>	ΣΕΛ 31
<u>1.12 Κανάλια δορυφορικών τηλεπικοινωνιών</u>	ΣΕΛ 32
<u>1.12.1 Ανάλυση Δορυφορικών και Τηλεπικοινωνιακών Ζεύξεων</u>	ΣΕΛ 33
<u>1.12.2 Σηματοθορυβικοί λόγοι</u>	ΣΕΛ 33
<u>1.12.3 Τεχνικές επαναληψιμότητας συχνότητας</u>	ΣΕΛ 34
<u>1.13 Packet Radio</u>	ΣΕΛ 34
<u>1.13.1 Χρήσεις του Packet Radio</u>	ΣΕΛ 34
<u>1.13.2 Συχνότητες που εκπέμπεται το packet radio</u>	ΣΕΛ 35
<u>1.13.3 Εξοπλισμός που χρειάζεται για το packet radio</u>	ΣΕΛ 35
<u>1.13.4 Τι είναι το RTTY;</u>	ΣΕΛ 35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

<u>2.1. Η/Υ με ειδικό πρόγραμμα</u>	ΣΕΛ 37
<u>2.1.1 Προϋποθέσεις Η/Υ</u>	ΣΕΛ 37
<u>2.2 SATPC32</u>	ΣΕΛ 37
<u>2.2.1 Γενικοί όροι που πρέπει να γνωρίζουμε για το πρόγραμμα SATPC32</u>	ΣΕΛ 38
<u>2.3 Η κάρτα διασύνδεσης ISA</u>	ΣΕΛ 41
<u>2.4 YAESU Controller</u>	ΣΕΛ 42
<u>2.5 Κεραία Cross Yagi E + H polarization</u>	ΣΕΛ 43
<u>2.5.1 Προσαρμογή της κεραίας με τη γραμμή μεταφοράς</u>	ΣΕΛ 49
<u>2.5.2 Stacking και Matching Yagis</u>	ΣΕΛ 50
<u>2.5.3 Γιατί Κυκλική Πόλωση</u>	ΣΕΛ 54
<u>2.6 Ο DSP-1232</u>	ΣΕΛ 68
<u>2.6.1 Δυνατότητες του DSP</u>	ΣΕΛ 68
<u>2.6.2 Εγκατάσταση υπολογιστή</u>	ΣΕΛ 71
<u>2.6.3 Απαιτούμενα εξαρτήματα</u>	ΣΕΛ 71
<u>2.6.4 Σύνδεση τροφοδοσίας</u>	ΣΕΛ 72
<u>2.6.5 Εκκίνηση συστήματος</u>	ΣΕΛ 72
<u>2.6.6 Εγκατάσταση πομποδέκτη</u>	ΣΕΛ 73
<u>2.7 Πομποδέκτης KENWOOD TS-790A</u>	ΣΕΛ 74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

<u>3.1 Τι σημαίνει KISS;</u>	ΣΕΛ 78
<u>3.1.1 Ποιες είναι οι παράμετροι επικοινωνίας με KISS TNC;</u>	ΣΕΛ 78
<u>3.1.2 Τι ακριβώς είναι τα DWAIT, PERSIST, SLOTTIME;</u>	ΣΕΛ 79
<u>3.1.3 Τι είναι QSO;</u>	ΣΕΛ 80
<u>3.2 Τα modes που χρησιμοποιούν οι δορυφόροι</u>	ΣΕΛ 80
<u>3.2.1 Γιατί χρησιμοποιείται το BPSK;</u>	ΣΕΛ 80
<u>3.2.2 Τι modems υπάρχουν για δορυφορικές επικοινωνίες;</u>	ΣΕΛ 80
<u>3.2.3 Τι πρωτόκολλα επικοινωνίας χρησιμοποιούνται στα layers 2 έως 7;</u>	ΣΕΛ 80
<u>3.3 Οι ερασιτεχνικοί δορυφόροι.</u>	ΣΕΛ 81
<u>Βιβλιογραφία</u>	ΣΕΛ 92

ABSTRACT

The purpose of this project is to study the communication and the transmission of packets (packet radio) between amateur radio equipments with the help of asynchronous satellites. The Packet Radio is a method of automatic digital communication that allows to many stations to share one communication channel by dividing time. The sense of Packet Radio is that the information is not being sent continuously (like on RTTY) but in a form of packets, each one containing the transmitted information and the electronic addresses of the sender and the receiver. Many stations can share the same frequency without any obvious signs of interference and without errors in the communication.

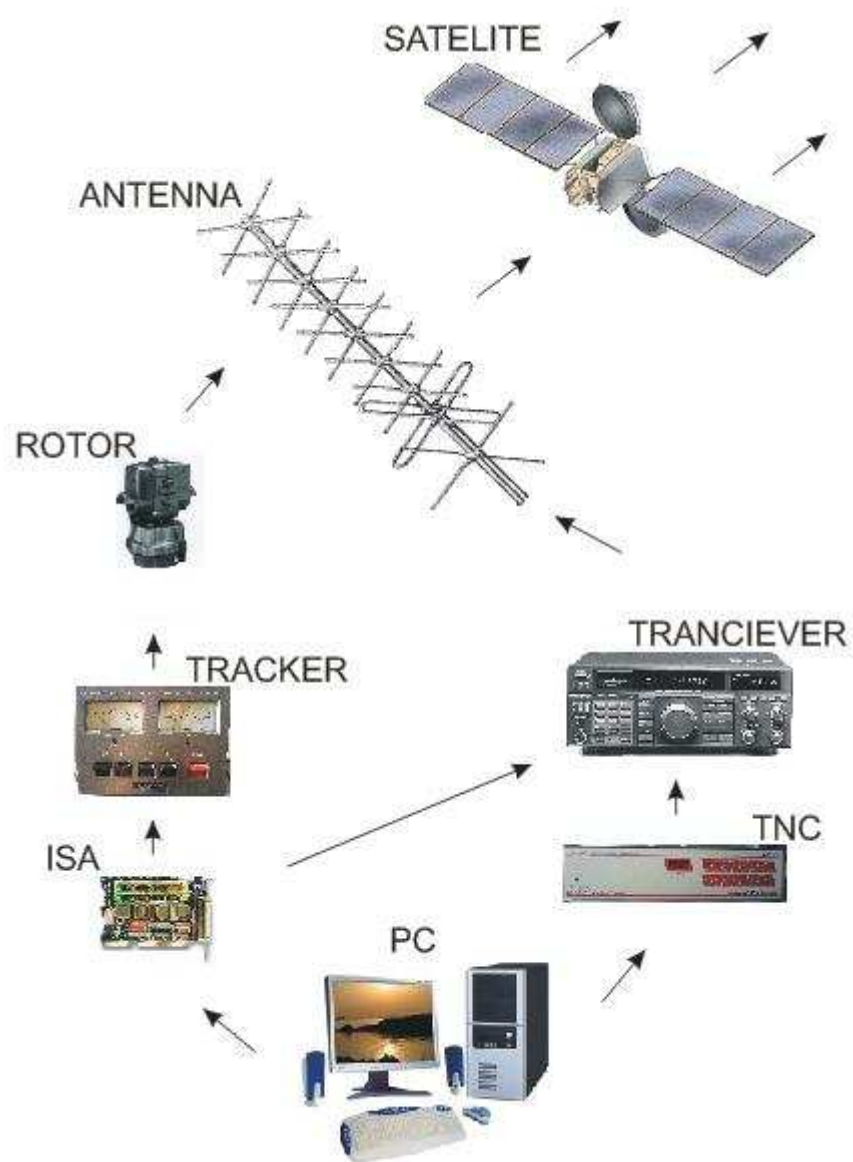
Our project consists of two procedures: a) the guiding and the transmission of the packets of a certain protocol BPS and b) the exact tracking of the amateur satellites and their observation. Via a personal computer we sent data, in a form of packets, to a digital signal processor (DSP) which except from processing the signals, also, works as modem. The packets are guides from there to a transceiver VHF UHF allmodes to end up finally to the antenna which is a Cross Yagi E+ H polarization. The control of the exact position of the antenna on the horizontal and on the vertical axis is being done via a tracker which moves the antenna according to the stigma that comes from the amateur satellite. The stigma is located and processed by a specific software (SATPC32) in combination with an ISA card. When the exact coordinates of the satellite are found, the antenna orientates and automatically follows its signal. The next step is the transmission of the data packets, in the same way illustrated in the figure below, to the satellite and from there they will be processed to everyone that has an amateur radio equipment with the same protocol all over the world, according, of course, to the elliptical orbit of the satellite around earth.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μελετήσουμε την επικοινωνία και τη μετάδοση πακέτων (packet radio) μεταξύ ραδιοερασιτεχνικών εξοπλισμών με τη βοήθεια ασύγχρονων δορυφόρων. Το Packet Radio είναι μία μέθοδος αυτοματοποιημένης ψηφιακής επικοινωνίας που επιτρέπει σε πολλούς σταθμούς να μοιράζονται ένα κανάλι επικοινωνίας με καταμερισμό χρόνου. Η λογική του Packet Radio είναι ότι η πληροφορία δεν στέλνεται συνεχώς (όπως π.χ. στο RTTY) αλλά σε πακέτα, κάθε ένα από τα οποία περιέχει την προς μετάδοση πληροφορία μαζί με κάποια ηλεκτρονική διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη. Αρκετοί σταθμοί μπορούν να μοιράζονται την ίδια συχνότητα χωρίς εμφανή σημεία παρεμβολής και χωρίς λάθη στην επικοινωνία.

Η εργασία μας εμπεριέχει δύο διαδικασίες: α) τη δρομολόγηση και την αποστολή των πακέτων καθορισμένου πρωτοκόλλου BPS και β) τον ακριβή εντοπισμό των ερασιτεχνικών δορυφόρων και την παρακολούθηση αυτών.

Μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή στέλνουμε δεδομένα, σε μορφή πακέτων, στον ψηφιακό επεξεργαστή σήματος (DSP), ο οποίος εκτός από το να επεξεργάζεται τα σήματα λειτουργεί και ως modem . Τα πακέτα εν συνεχεία δρομολογούνται σε έναν πομποδέκτη VHF UHF allmodes για να καταλήξουν εν τέλει στην κεραία που είναι της μορφής cross yagi E + H polarization. Ο έλεγχος της ακριβούς θέσης της κεραίας στον κατακόρυφο και οριζόντιο άξονα γίνεται μέσω ενός tracker, ο οποίος την μετακινεί σύμφωνα με το στίγμα που δίνει ο ερασιτεχνικός δορυφόρος. Το στίγμα εντοπίζεται κ επεξεργάζεται από ένα ειδικό λογισμικό (SATPC32) σε συνδυασμό με μια κάρτα διασύνδεσης (ISA). Εφόσον λοιπόν εντοπιστούν οι ακριβείς συντεταγμένες του δορυφόρου η κεραία προσανατολίζεται κ ακολουθεί αυτόματα την κίνηση αυτού. Το επόμενο βήμα είναι να σταλθούν τα πακέτα δεδομένων, κατά τον τρόπο που απεικονίζεται στο σχήμα που παραθέτουμε παρακάτω, στον δορυφόρο και αυτός με την σειρά του να τα δρομολογήσει σε όλους όσους έχουν ραδιοερασιτεχνικό εξοπλισμό αντίστοιχου πρωτοκόλλου ανά τον κόσμο, σύμφωνα πάντα με την ελλειπτική τροχιά που διαγράφει ο ασύγχρονος δορυφόρος γύρω από την γη.



Πριν αναλύσουμε περαιτέρω το τεχνικό μέρος αυτής της έρευνας θα πρέπει να ασχοληθούμε με την θεωρία την κίνηση και την λειτουργία των δορυφόρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Οι ανάγκες της διάδοσης πληροφοριών σε μακρινές αποστάσεις καθώς και του διαμοιρασμού των πόρων, που όπως είναι γνωστό αποτέλεσαν την βασική ιδέα ανάπτυξης των δικτύων υπολογιστών, γρήγορα συνάντησαν περιορισμούς που σχετίζονταν με τη δυνατότητα χρησιμοποίησης ενσύρματων μέσων. Τα μέσα αυτά σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν αδύνατον να αναπτυχθούν είτε γιατί οι περιοχές για τις οποίες προορίζονταν ήταν απόμακρες γεωγραφικά (υπερατλαντικές συνδέσεις), είτε γιατί η εγκατάστασή τους κρίνονταν οικονομικά ασύμφορη. Η χρησιμοποίηση των μικροκυμάτων, δηλαδή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με συχνότητες από 1GHz-300GHz, και κατ' επέκταση των δορυφόρων που μπορούσαν να τα εκμεταλλευθούν, οδήγησαν στη δημιουργία μεγάλων συστημάτων δορυφορικών δικτύων, των οποίων οι δορυφόροι κινούμενοι σε διάφορες τροχιές περί τη γη και με πολύ μεγάλες ταχύτητες, ανέλαβαν το ρόλο αναμετάδοσης της πληροφορίας, ακόμη και στα πιο απόμακρα σημεία της γης.

Τα δορυφορικά δίκτυα αποτελούνται από συστοιχίες δορυφόρων, ικανών να προσφέρουν κάλυψη κάποιας περιοχής της γήινης επιφάνειας (αυτής που βρίσκεται μέσα στο πέλμα τους ή footprint), είτε πάντοτε της ίδιας είτε κάθε φορά διαφορετικής, ανάλογα με το σύστημα στο οποίο ανήκουν. Έτσι τα δίκτυα αυτά μπορούν να παρέχουν παγκόσμια επικοινωνιακή κάλυψη ακόμη και σε απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη, με μηδαμινή ή και ανύπαρκτη τηλεπικοινωνιακή υποδομή.

Η ασύρματη μορφή επικοινωνίας με την οποία μπορούν να αποσταλούν σήματα στον αέρα ή το διάστημα, χωρίς την παρεμβολή κάποιου φυσικού μέσου, αποτελεί όπως είναι γνωστό μια σοβαρή εναλλακτική λύση έναντι των ενσύρματων μέσων, όπως είναι το ομοαξονικό καλώδιο, το καλώδιο ανεστραμμένου ζεύγους και η οπτική ίνα. Σήμερα οι ασύρματες επικοινωνίες κατέχουν ένα από τα σημαντικότερα μερίδια της παγκόσμιας αγοράς των τηλεπικοινωνιών. Με τη διόγκωση των επικοινωνιών ανάμεσα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές στις δεκαετίες του '50 και '60, τα μικροκύματα (δηλαδή ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συχνότητες μεταξύ 1 GHz και 300 GHz) άρχισαν να συγκεντρώνουν την προσοχή των ανθρώπων της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, που ήθελαν να μεταδίδουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα και με ασύρματα μέσα.

Ξεκινώντας λοιπόν από ερευνητικές προσπάθειες για αμυντικούς αρχικά σκοπούς, όπως ήταν ο εντοπισμός εχθρικών αεροσκαφών, με αποστολή ραδιοφωνικών σημάτων στον ουρανό και μέτρηση του χρόνου ανάκλασής του (ραδιοεντοπισμός) στη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου

Πολέμου, περάσαμε στο επικοινωνιακό σύστημα της AT&T με μικροκύματα για την άμυνα, λίγο μετά το τέλος του πολέμου. Οι τηλεοπτικοί σταθμοί επίσης είχαν την ανάγκη μετάδοσης προγραμμάτων ο ένας για τον άλλο, με μεγάλες απαιτήσεις σε χωρητικότητες καλωδίων.

Η λύση των ομοαξονικών καλωδίων αποδείχθηκε δαπανηρή για μεγάλες αποστάσεις και έτσι η ιδέα της χρήσης ασύρματων τρόπων μετάδοσης, όπως αυτή με τα μικροκύματα, εύρισκε όλο και περισσότερους υποστηρικτές. Μετά από πολλές νομικές διαμάχες, στις αρχές της δεκαετίας του '70 η MCI¹ κατόρθωσε να επικρατήσει στον χώρο των μικροκυματικών επικοινωνιών, συνδέοντας 40 πόλεις της αμερικανικής ηπείρου, από τη μια ακτή ως την άλλη.

Εκτός από το πλεονέκτημα της μεγάλης χωρητικότητας για δεδομένα, η νέα μορφή επικοινωνίας μπορούσε να υλοποιηθεί ευκολότερα απ' ό,τι με τα ενσύρματα μέσα με την αγορά ή ενοικίαση λίγων στρεμμάτων γης (κάθε 20-30 μίλια), για την εγκατάσταση αναμεταδοτών. Η Ευρώπη εντούτοις, δεν μπορούσε ακόμη να επικοινωνήσει με την Αμερική με μικροκύματα, αφού κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τη δημιουργία μιας αλυσίδας από 100 και πλέον τεχνητά νησάκια σε όλο το πλάτος του Ατλαντικού για τους αναμεταδότες.

Ο πρώτος που σκέφτηκε μια λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος ήταν ο Βρετανός ερευνητής, μηχανικός Arthur Clark (γνωστός από το αριστούργημα επιστημονικής φαντασίας "2001:Οδύσσεια του Διαστήματος"), ο οποίος οραματίστηκε πυραύλους που θα έθεται σε τροχιά διαστημικούς σταθμούς γύρω από τη γη. Στο διάστημα οι σταθμοί θα μπορούσαν να δέχονται σήματα μικροκυμάτων από το έδαφος και να τα αναμεταδίδουν προς κάποιες κεραιές-δέκτες.

Ο SPUTNIK 1 ήταν ο πρώτος δορυφόρος που τέθηκε σε τροχιά. Εκτοξεύτηκε από τους Σοβιετικούς στις 4 Οκτωβρίου του 1957. Ήταν εξοπλισμένος με αναμεταδότες σε συχνότητα 20 και 40 MHz. Έκανε μια πλήρη περιστροφή γύρω από την γη σε 90 λεπτά.

Ο Oscar 1 ήταν ο πρώτος ερασιτεχνικός Δορυφόρος που εκτοξεύτηκε στις 12 Δεκεμβρίου του 1961 και μπήκε σε τροχιά. Τροφοδοτούνταν από μπαταρίες οι οποίες δεν ήταν επαναφορτιζόμενες και έτσι έμεινε σε τροχιά για περίπου δυο εβδομάδες. Έκανε εκπομπή στην συχνότητα 145MHz και το σήμα του ήταν σε σήματα MORSE ένα 'Hi'. Ο Oscar 7 εκτοξεύτηκε στις 15 Νοεμβρίου του 1974, κατασκευάστηκε από μια πολυεθνική ομάδα ραδιοερασιτεχνών (Γερμανοί, Καναδοί, Αμερικάνοι και Αυστραλοί) είχε πομπούς σε Mode A(145.850-950MHz uplink και 29.400-500MHz downlink) και Mode B (432.180-120MHz uplink και 145.920-980MHz downlink(ανεστραμμένο)). Ο Oscar 7 έγινε μη λειτουργικός στα μέσα του 1981 λόγω ανεπάρκειας της μπαταρίας. Από το 2002 ο δορυφόρος λειτουργεί με ηλιακά πάνελ, έτσι δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσει σε περίοδο εκλείψεων.

Διαδοχικά λοιπόν (πρόγραμμα SCORE το 1958, Courier και Echo 1 το 1960, Telstar το 1962, Syncom 2 το 1963, Syncom 3 το 1964, Intelsat 1 το 1965, Marisat και Intelsat IV το 1975, Intelsat

V το 1980, Inmarsat το 1986, Intelsat K το 1992) φτάσαμε στα σημερινά δορυφορικά δίκτυα επικοινωνιών.

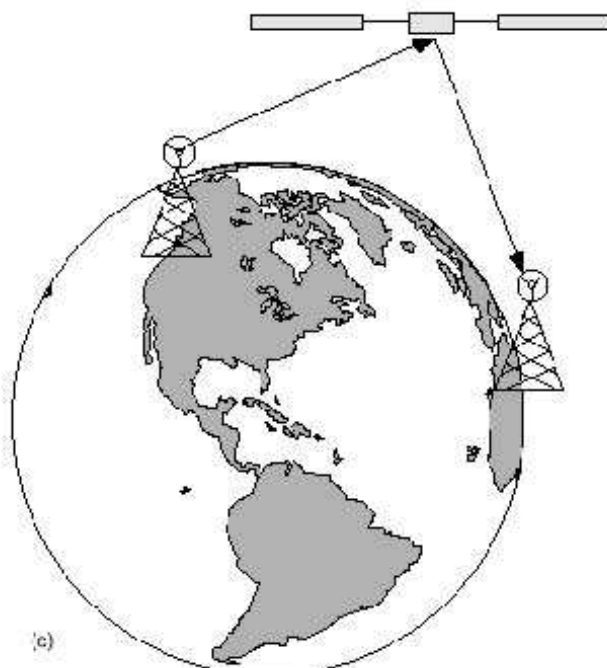
1.2 Δορυφορικά Δίκτυα

Με τον όρο δορυφορικά δίκτυα (Satellite Networks), εννοούμε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούνται για την λήψη και μετάδοση πληροφοριών, από και προς τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, που βρίσκονται σε απομακρυσμένες γεωγραφικά θέσεις, με τη χρήση δορυφόρων κινουμένων σε τροχιές γύρω από τη γη. Γενικά ένα τυπικό δορυφορικό δίκτυο αποτελείται από:

τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους σε διάφορες τροχιές γύρω από τη γη, με “θέα” προς κάποιο τμήμα του γήινου εδάφους όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Επίγειους δορυφορικούς σταθμούς μετάδοσης και ελέγχου σημάτων, οι οποίοι επικοινωνούν με τους δορυφόρους συνήθως με μικροκύματα. Τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, όπως φορητά τηλέφωνα, υπολογιστές, φορητά ή σταθερά τερματικά πάνω σε πλοία, αεροσκάφη και οχήματα, σε οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη.

Αναλυτικότερα ένα δορυφορικό δίκτυο αποτελείται από το επίγειο (ground) και από το διαστημικό (space) τμήμα. Το επίγειο τμήμα ενός δορυφορικού δικτύου περιλαμβάνει τις διόδους (GSs ή Gateway Stations), το σταθμό ελέγχου δικτύου (NCC ή Network Control System) και τα επιχειρησιακά κέντρα ελέγχου (OCCs ή Operation Control Centers). Ο σταθμός ελέγχου του δικτύου και τα επιχειρησιακά κέντρα ελέγχου είναι υπεύθυνα για όλη τη διαχείριση του δικτύου, τη λειτουργία των δορυφόρων και τον τροχιακό τους έλεγχο. Επιπλέον είναι υπεύθυνα για μετατροπές πρωτοκόλλων, διευθύνσεων και μορφής (format) των μηνυμάτων. Το διαστημικό τμήμα του δικτύου αποτελείται από συστοιχίες (constellations) δορυφόρων, σε διάφορα ύψη, ταχύτητες και κατηγορίες τροχιών, ανάλογα με το τηλεπικοινωνιακό σύστημα.



Αν ένας δορυφόρος εκτοξευόταν απλώς κατακόρυφα από τη γη και κατόπιν αφηνόταν, θα έπεφτε πίσω στη γη λόγω της βαρύτητας. Για να τεθεί ο δορυφόρος σε τροχιά γύρω από τη γη, πρέπει να έχει κάποια προωστική κίνηση για το λόγο αυτό ο δορυφόρος εκτοξεύεται με κατακόρυφη και με προωστική κίνηση. Η προωστική κίνηση παράγει αδράνεια όπου τείνει να έλκει το δορυφόρο προς το κέντρο της γης. Η συνδυασμένη επίδραση καλείται κεντρομόλος επιτάχυνση. Η κεντρομόλος δύναμη προκαλείται από την αδράνεια του δορυφόρου που αντισταθμίζεται από την βαρυτική έλξη της γης. Αν η ταχύτητα του δορυφόρου είναι αρκετά μεγάλη, θα διαφύγει στο διάστημα. Η ταχύτητα διαφυγής του δορυφόρου από την γη είναι περίπου 25.000 mi/h. Για πιο μικρές ταχύτητες η βαρύτητα επαναφέρει το δορυφόρο προ της γη σταθερά. Η επιτάχυνση του δορυφόρου που προκαλείται από την βαρύτητα ισοσταθμίζει την επίδραση της ταχύτητας του δορυφόρου.

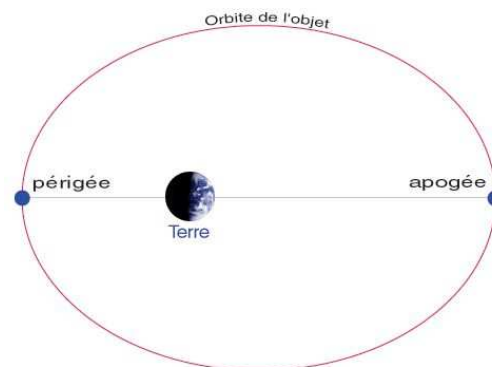
Η επίδραση της γήινης βαρυτικής έλξης γίνεται πιο ισχυρή όσο ο δορυφόρος είναι πιο κοντά στην γη. Έτσι ώστε όταν ο δορυφόρος βρίσκεται σε χαμηλές τροχιές πρέπει να ταξιδεύει ταχύτερα για να μην πέφτει στην γη. Όσο πιο μακριά από την γη βρίσκεται ο δορυφόρος τόσο μικρότερη θα είναι η ταχύτητα περιστροφής του. Μια πρακτική τροχιά γύρω από την γη είναι περίπου 100 mi όπου και είναι η μικρότερη. Στην απόσταση αυτή η ταχύτητα του δορυφόρου θα είναι 17.500 mi/h για να διατηρείται σε τροχιά. Με την ταχύτητα αυτή ο δορυφόρος κάνει μια πλήρης περιφορά γύρω από την γη σε περίπου μιάμιση ώρα. Οι επικοινωνιακοί δορυφόροι βρίσκονται πολύ πιο απομακρυσμένοι από την γη, όπου μια τυπική απόσταση είναι 22.300 mi. Στην απόσταση αυτή ο δορυφόρος έχει ταχύτητα 6800 mi/h για να διατηρείται σε τροχιά, λόγω αυτής της ταχύτητας περιφέρεται γύρω από την γη σε 24h, ο χρόνος αυτός συμπίπτει με τον χρόνο περιστροφής της γης γύρω από τον άξονα της.

Κάποιοι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την τροχιά ενός δορυφόρου εκτός της ταχύτητα και την βαρυτική έλξη, είναι το βάρος του δορυφόρου, οι βαρυτικές έλξεις της σελήνης και του ήλιου, είναι σημαντικότεροι στον προσδιορισμό της θέσης και της λειτουργίας του δορυφόρου.

Η τροχιά ενός δορυφόρου που περιφέρεται γύρω από την γη μπορεί να είναι είτε κυκλική είτε ελλειπτική. Λόγω του ότι η τροχιά θα είναι είτε ελλειπτική είτε κυκλική μπορεί να υπολογιστεί η θέση ενός δορυφόρου οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η τροχιά που διανύει ένας δορυφόρος σχηματίζει ένα επίπεδο όπου διέρχεται από το κέντρο της γης, όπως και η φορά ενός δορυφόρου μπορεί να είναι ίδια με την φορά περιστροφής της γης και καλείται θετικής φοράς ή να είναι αντίθετη και λέγεται αρνητικής φοράς. Οι περισσότερες τροχιές είναι θετικής φοράς. Όταν η τροχιά είναι κυκλική η ταχύτητα περιφοράς είναι σταθερή. Ενώ σε ελλειπτική τροχιά η ταχύτητα μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος του δορυφόρου πάνω στην γη.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά της δορυφορικής τροχιάς είναι το ύψος, η ταχύτητα ή η

περίοδος, η γωνία κλίσης και η γωνία ανύψωσης. Το ύψος σε μια κυκλική τροχιά είναι η απόσταση του δορυφόρου από το κέντρο της γης. Ένα από τα εστιακά σημεία της έλλειψης όταν ο δορυφόρος βρίσκεται σε ελλειπτική τροχιά είναι το κέντρο της γης. Με αποτέλεσμα η απόσταση του δορυφόρου από την γη να μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση του. Υπάρχουν δύο σημεία που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην ελλειπτική τροχιά τα οποία είναι το υψηλότερο και λέγεται απόγειο και το χαμηλότερο που λέγεται περίγειο πάνω από την γη. Τυπικά οι αποστάσεις του απόγειου και του περίγειου μετρούνται από το κέντρο της γης όπου περιλαμβάνουν και την ακτίνα της γης. Η ακτίνα αυτή αφαιρείται όταν προσδιορίζεται το ύψος πάνω από την επιφάνεια της γης .



Όσον αφορά την ταχύτητα ενός δορυφόρου μετριέται είτε σε μίλια ανά ώρα mi/h είτε ναυτιλιακά μίλια ανά ώρα (knots). Ο χρόνος όπου χρειάζεται ένας δορυφόρος να κάνει μια περιφορά ονομάζεται αστρική περίοδος. Σαν αναφορά στον προσδιορισμό μιας αστρικής περιόδου χρησιμοποιείται κάποιο φανερά ακίνητο εξωτερικό αντικείμενο, όπως ο ήλιος ή ένα άστρο. Αυτό γίνεται γιατί ενώ ο δορυφόρος περιφέρεται γύρω από την γη, η γη περιστρέφεται περί τον άξονα της.

Μια μέθοδος επίσης όπου εκφράζει την χρονική διάρκεια μιας περιστροφής είναι η περίοδος περιστροφής ή συνόδου και εκφράζεται σε ώρες. Μια περιφορά είναι η χρονική περίοδος η οποία μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων του δορυφόρου πάνω από ένα γεωγραφικό μεσημβρινό συγκεκριμένου γεωγραφικού πλάτους. Η συνοδική και η αστρική περίοδος διαφέρουν μεταξύ τους λόγω της περιστροφής της γης. Η χρονική διαφορά καθορίζεται από το ύψος της τροχιάς, την γωνία του επιπέδου της τροχιάς και από το αν ο δορυφόρος έχει θετική ή αρνητική φορά κίνησης ως προς την γη.

Η γωνία κλίσης είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της γραμμής που διέρχεται από το κέντρο της γης με τον βόρειο πόλο και μιας γραμμής που διέρχεται από το κέντρο της γης αλλά που ταυτόχρονα είναι κάθετη στο τροχιακό επίπεδο. Οι γωνίες κλίσης για δορυφορικές τροχιές μπορεί να είναι είτε 0° ή 180° .

Η γωνία ανύψωσης σε έναν δορυφόρο, είναι η γωνία που σχηματίζουν η γραμμή που ενώνει την κεραία του επίγειου σταθμού και τον δορυφόρο και η γραμμή μεταξύ της κεραίας του επίγειου σταθμού και του ορίζοντα της γης. Αν υπάρχει πολύ μικρή γωνία ανύψωσης τα σήματα μεταξύ του επίγειου σταθμού και του δορυφόρου διασχίζουν πολύ περισσότερη γήινη ατμόσφαιρα. Παρατηρείται ότι όσο μικρότερη είναι η γωνία ανύψωσης ,τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο χρόνος που ένα σήμα θα παραμένει στην ατμόσφαιρα. Για καλύτερη λοιπόν δορυφορική απόδοση η ελάχιστη πρακτική γωνία ανύψωσης θα πρέπει να είναι 5° .

Για την χρησιμοποίηση ενός δορυφόρου για σκοπό επικοινωνιακής αναμετάδοσης η κεραία του επίγειου σταθμού πρέπει να μπορεί να ακολουθεί τον δορυφόρο καθώς διέρχεται από πάνω. Ανάλογα με το ύψος και την ταχύτητα του δορυφόρου, ο επίγειος σταθμός θα μπορεί να τον χρησιμοποιεί για επικοινωνιακούς σκοπούς μόνο για εκείνη την μικρή χρονική περίοδο που είναι ορατός. Η κεραία του επίγειου σταθμού θα παρακολουθεί τον δορυφόρο από ορίζοντα σε ορίζοντα, αλλά σε κάποιο σημείο ο δορυφόρος θα εξαφανιστεί πίσω από την άλλη πλευρά της γης. Σ' αυτό το χρονικό διάστημα δεν θα μπορεί να εξυπηρετεί ο δορυφόρος επικοινωνιακά, έτσι θα πρέπει να βρεθούν κάποιοι τρόποι όπου ο δορυφόρος θα παρέχει συνεχή επικοινωνία. Μια λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να εκτοξευθεί ένας δορυφόρος με μια ελλειπτική τροχιά μεγάλου μήκους όπου ο επίγειος σταθμός θα μπορεί να βλέπει το απόγειο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο δορυφόρος από την μια για το μεγαλύτερο τμήμα της τροχιάς του στέκεται σε ορατές θέσεις ως προς τον επίγειο σταθμό έτσι ώστε να παρέχει επικοινωνίες όσον αφορά το μεγαλύτερο μέρος της τροχιάς του. Από την άλλη όμως υπάρχει και μια μικρή χρονική περίοδος όπου ο δορυφόρος εξαφανίζεται στην άλλη πλευρά της γης με αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτή η επικοινωνία λόγω ότι είναι διακοπτόμενη είναι ανεπιθύμητη σε πολλές εφαρμογές.

Ένας άλλος τρόπος για παροχή συνεχών επικοινωνιών είναι η χρησιμοποίηση περισσότερων από έναν δορυφόρο. Τυπικά χρησιμοποιούνται τρεις δορυφόροι με τοποθέτηση κατάλληλη στις σωστές τροχιές, με αποτέλεσμα την παροχή συνεχών επικοινωνιών όλες τις ώρες. Δυστυχώς όμως αυτή η λύση είναι ακριβή και άβολη λόγω του ότι απαιτούνται πολλαπλοί σταθμοί παρακολούθησης και πολύπλοκα συστήματα μεταγωγής σημάτων μεταξύ των σταθμών. Τελικά το πρόβλημα αυτό λύνεται εκτοξεύοντας απλώς έναν σύγχρονο ή γεωστατικό δορυφόρο, ο οποίος θα κινείται γύρω από τον ισημερινό της γης σε απόσταση 22.300 mi ή 35.860 km και θα περιφέρεται γύρω από την γη ακριβώς σε 24h. Τότε η περιφορά του δορυφόρου θα είναι σε τέλειο συγχρονισμό με την περιστροφή της γης, όπου θα φαίνεται ότι είναι ακίνητος. Η τροχιά αυτή του δορυφόρου λέγεται σύγχρονη, γεωσύγχρονη ή γεωστατική τροχιά. Αφού όμως ο δορυφόρος φαίνεται ότι παραμένει σταθερός, δεν απαιτούνται ειδικές κεραίες παρακολούθησης στους επίγειους σταθμούς. Η κεραία μπορεί να παραμένει σε μια σταθερή θέση σηματοδοτώντας τον δορυφόρο. Με αυτόν τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω είναι δυνατή μια συνεχή επικοινωνία. Σήμερα οι περισσότεροι επικοινωνιακοί δορυφόροι είναι γεωσύγχρονοι, όπου ένας τέτοιος δορυφόρος μπορεί να βλέπει και να έχει πρόσβαση στο 40% της γήινης επιφάνειας .

Το φαινόμενο έκλειψης είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η γη ή η σελήνη βρίσκεται μεταξύ του ήλιου και του δορυφόρου, έτσι ώστε η σκιά που πέφτει επάνω στον δορυφόρο να

εμποδίζει το ηλιακό φως να φτάσει στις ηλιακές κυψελίδες του δορυφόρου, οι οποίες παρέχουν την κύρια ισχύ του δορυφόρου. Οι εκλείψεις των γεωστατικών δορυφόρων συμβαίνουν στην φθινοπωρινή και εαρινή ισημερία, την 24^η ημέρα του φθινοπώρου και της άνοιξης αντίστοιχα και η διάρκεια τους είναι από μερικά λεπτά μέχρι μια ώρα. Για να μην διακόπτεται η λειτουργία του δορυφόρου κατά την διάρκεια των εκλείψεων, θέτονται σε λειτουργία εφεδρικές μπαταρίες.

Όταν γίνει μια εκτόξευση όπου το ύψος και η ταχύτητα είναι ελεγμένα με ακρίβεια, τότε ο δορυφόρος θα εισέλθει στην σωστή τροχιά και θα παραμείνει εκεί. Ακόμα και αν η εκτόξευση είναι καλή, ο δορυφόρος μπορεί να ξεφύγει κάπως από την επιθυμητή τροχιά του. Αυτή η ολίσθηση είναι ανεπιθύμητη σε ένα γεωσύγχρονο δορυφόρο, όπου η θέση του παραμένει σταθερή για ύπαρξη συνεχής επικοινωνίας. Η τροχιακή απόκλιση προκαλείται από διαφορές δυνάμεις όπως η βαρυτική έλξη του ήλιου και της σελήνης που επηρεάζουν τη θέση του δορυφόρου και το βαρυτικό πεδίο της γης λόγω του ότι δεν είναι τέλεια σταθερό σε όλα τα σημεία επάνω στην γη.

Η τροχιά του δορυφόρου πρέπει κατά διαστήματα, να διορθώνεται λόγω αυτής της απόκλισης που έχει. Γι' αυτό οι περισσότεροι δορυφόροι περιέχουν μικρές ρουκέτες, όπου είναι τοποθετημένες σε διάφορες θέσεις στο δορυφόρο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιτάχυνση ή επιβράδυνση του δορυφόρου, με σκοπό την αντιστάθμιση της τροχιακής απόκλισης. Αυτές οι ρουκέτες μπορούν να πυροδοτούνται πολύ συχνά όπως κάθε μερικές εβδομάδες ή πολύ αραιά όπως μια φορά τον χρόνο.

Οι ρουκέτες μπορούν να είναι συμβατικού τύπου, σαν αυτές που χρησιμοποιούνται για την εκτόξευση του δορυφόρου και την τοποθέτηση του σε τροχιά. Μικρότερες διορθώσεις γίνονται με προωστήρες, που απλώς προκαλούν κίνηση ελευθερώνοντας ένα αέριο υπό πίεση. Ο συνηθέστερος αεριοπροωστήρας χρησιμοποιεί ένα αέριο καλούμενο υδραζίνη το οποίο όταν ελευθερώνεται με έναν καταλύτη προκαλεί εκρηκτική προωστική δύναμη και κινεί τον δορυφόρο. Οι πιο πολλοί δορυφόροι έχουν αρκετούς τέτοιους αεριοπροωστήρες για να κάνουν διάφορες διορθώσεις στην τροχιά τους. Η πυροδότηση των ρουκετών με έλεγχο από την γη για διατήρηση ή προσαρμογή της τροχιάς ονομάζεται διατήρηση θέσης .

Εκτός από την διατήρηση της θέσης του δορυφόρου σε τροχιά έχουμε και την ρυθμική στάση του δορυφόρου, η οποία ονομάζεται έτσι λόγω του ότι δίνει την δυνατότητα να παρέχονται κάποια σημεία τοποθέτησης του δορυφόρου για βέλτιστη απόδοση. Η ρυθμική στάση ενός δορυφόρου πρέπει να ρυθμίζεται σωστά, έτσι ώστε οι κεραίες να μπορούν να σημαδεύουν τις σωστές θέσεις επάνω στην γη. Η ρυθμική στάση είναι απαραίτητη σε μερικούς δορυφόρους ώστε οι ηλιακές κυψελίδες να κατευθύνονται προς τον ήλιο παράγοντας μέγιστη ισχύς. Η ρυθμική στάση διατηρείται με έναν συνδυασμό τεχνικών σταθεροποίησης του δορυφόρου και με αεριοπροωστήρες για διορθωτικούς σκοπούς .

Η στάση του δορυφόρου πρωτοπροσδιορίζεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του δορυφόρου σε σταθερή τροχιά. Οι διάφοροι αεριοπροωστήρες που βρίσκονται επάνω στον δορυφόρο ενεργοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλισθεί η σωστή στάση. Για παράδειγμα, ένας προωστήρας πυροδοτείται για την περιστροφή ενός δορυφόρου έτσι ώστε η κεραία του να κατευθύνεται προς την γη. Αφού έχει καθοριστεί η αρχική στάση του δορυφόρου, πρέπει να διατηρηθεί σε αυτήν τη θέση, όπου η συνηθέστερη μέθοδος σταθεροποίησης είναι η σταθεροποίηση του spin.

Οι περισσότεροι δορυφόροι έχουν κυλινδρικό σχήμα, οι οποίοι περιστρέφονται περί τους άξονες τους. Όταν βρεθεί η σωστή τροχιά ενός δορυφόρου, τότε ο αεριοπροωστήρας πυροδοτείται για να αρχίσει να περιστρέφεται ο δορυφόρος. Ένας τυπικός δορυφόρος σταθεροποιημένου spin περιστρέφεται με περίπου 100 r/min, όπου η περιστροφή αυτή προκαλεί ένα γυροσκοπικό φαινόμενο το οποίο κράτα τον δορυφόρο σε μια σταθερή κατεύθυνση. Το σύστημα της κεραίας πρέπει να παραμένει εκτός περιστροφής μερικές φορές, έτσι ώστε το τμήμα του δορυφόρου που βρίσκεται κοντά στον άξονα στα άκρα του κυλίνδρου να είναι ανεξάρτητο του εξωτερικού περιστρεφόμενου κυλίνδρου του δορυφόρου. Αν οι κεραίες ήταν προσκολλημένες στο εξωτερικό περιστρεφόμενο σώμα θα περιστρεφόταν μαζί και δεν θα είχαν μια σταθερή θέση ως προς την γη. Η ανεξαρτητοποίηση από την περιστροφή επιτρέπει στις κεραίες να παραμένουν προσανατολισμένες σε μια σταθερή θέση επάνω στην γη καθώς ο δορυφόρος θα περιστρέφεται.

Επίσης η σταθεροποίηση με περιστροφή χρησιμοποιείται και σε δορυφόρους που δεν έχουν κυλινδρικό σχήμα. Αυτό γίνεται τοποθετώντας ένα μεγάλο σφόνδυλο σε κάποιο σημείο του δορυφορικού σώματος. Ο σφόνδυλος αυτός τίθεται σε κίνηση μετά την τοποθέτηση του δορυφόρου σε τροχιά και αφού προσανατολιστούν οι κεραίες του, οι ηλιακές κυψελίδες του και οι αισθητήρες του. Σε αυτήν την περίπτωση το γυροσκοπικό φαινόμενο του σφονδύλου, κρατά τον δορυφόρο προσανατολισμένο με την σωστή στάση.

Πριν την χρησιμοποίηση ενός δορυφόρου πρέπει αρχικά να εντοπιστεί η θέση του στο διάστημα, η οποία είναι προκαθορισμένη από την σχεδίαση του και πετυχαίνεται κατά την αρχική εκτόξευση. Όταν η θέση είναι γνωστή τότε η κεραία του επίγειου σταθμού κατευθύνεται προς τον δορυφόρο για βέλτιστη εκπομπή και λήψη. Στους γεωσύγχρονους δορυφόρους, η κεραία του επίγειου σταθμού θα προσαρμοστεί μια φορά και θα παραμείνει σε αυτήν την θέση σταθερή. Όμως κάποιοι άλλοι δορυφόροι μεταβάλλουν την θέση τους πάνω από την γη, ανάλογα με τα τροχιακά χαρακτηριστικά τους και για την χρησιμοποίησή τους χρειάζονται ειδικά συστήματα

παρακολούθησης. Ένα από τα συστήματα αυτά είναι η κεραία, η οποία η θέση της μεταβάλλεται για να ακολουθεί τον δορυφόρο στον ουρανό.

Η θέση ενός δορυφόρου μπορεί να καθοριστεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, το οποίο είναι γνωστό σαν υποδορυφορικό σημείο (SSP: subsatellite point) και βρίσκεται στην επιφάνεια της γης ακριβώς κάτω από τον δορυφόρο. Το γεωγραφικό πλάτος ορίζεται σαν την γωνία μεταξύ της γραμμής που ενώνει ένα γνωστό σημείο της επιφάνειας της γης με το κέντρο της και της γραμμής που ενώνει το κέντρο της γης με τον ισημερινό. Για την μέτρηση του γεωγραφικού μήκους χρησιμοποιείται ένας ειδικός μεσημβρινός σαν ένα σημείο αναφοράς, όπου καλείται πρώτος μεσημβρινός και είναι η γραμμή στην επιφάνεια της γης μεταξύ του βόρειου και νότιου πόλου. Το γεωγραφικό μήκος ενός συγκεκριμένου σημείου είναι η γωνία μεταξύ της γραμμής που συνδέει το κέντρο της γης με το σημείο τομής του πρώτου μεσημβρινού και του ισημερινού και της γραμμής που συνδέει το κέντρο της γης και του μεσημβρινού που περιέχει το σημείο που ενδιαφέρει. Εφόσον οι γεωσύγχρονοι δορυφόροι περιφέρονται γύρω από τον ισημερινό, το υποδορυφορικό τους σημείο (SSP) είναι επάνω στον ισημερινό άρα το γεωγραφικό πλάτος τους είναι 0° . Μόνο οι γεωσύγχρονοι δορυφόροι έχουν σταθερό SSP στην επιφάνεια της γης, το SSP των άλλων δορυφόρων θα μετακινείται συνεχώς καθώς ο δορυφόρος διαγράφει την τροχιά του.

Η γνώση της θέσης του δορυφόρου δεν είναι επαρκής για τους επίγειους σταθμούς, οι οποίοι αυτό που χρειάζονται να γνωρίζουν πραγματικά είναι το αζιμούθιο και η ανύψωση στα οποία τίθεται η κεραία για να βλέπει τον δορυφόρο. Το αζιμούθιο και η ανύψωση σε μοίρες προσδιορίζουν το σημείο προς το οποίο πρέπει να κατευθυνθεί η κεραία. Το αζιμούθιο αναφέρεται στην κατεύθυνση όπου ο βορράς είναι 0° και η γωνία του μετριέται δεξιόστροφα σε σχέση με τον βορρά. Η γωνία ανύψωσης είναι η γωνία μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου και της κατεύθυνσης της κεραίας. Όταν το αζιμούθιο και η ανύψωση είναι γνωστά, η κεραία του επίγειου σταθμού μπορεί να κατευθυνθεί σε εκείνη την κατεύθυνση. Για ένα γεωσύγχρονο δορυφόρο η κεραία θα παραμείνει σε αυτήν την θέση. Για οποιονδήποτε άλλο δορυφόρο η κεραία θα πρέπει να κινείται καθώς ο δορυφόρος διέρχεται από πάνω της. Επειδή οι γεωσύγχρονοι δορυφόροι είναι σταθεροί σε θέση πάνω από τον ισημερινό, επιτρέπουν εύκολο εντοπισμό του αζιμούθιου και της ανύψωσης με διάφορες τεχνικές.

Για ένα ασύγχρονο δορυφόρο η παρακολούθηση του είναι πολύ δύσκολη επειδή σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται υπολογιστής για τον υπολογισμό του ημερολογίου τροχιάς και διάφορα σχεδιαστικά όργανα για σχεδιασμό της υποδορυφορικής διαδρομής. Απ' αυτήν την πληροφορία μπορούν να προσδιοριστούν οι γωνίες αζιμούθιου και ανύψωσης για την κεραία παρακολούθησης.

Για την διαδικασία εκτόξευσης ενός δορυφόρου χρησιμοποιείται ένας επικοινωνιακός δορυφόρος που εκτοξεύεται σε γεωστατική τροχιά. Ο δορυφόρος αυτός τοποθετείται στην κορυφή του πυραύλου και καλύπτεται με ένα κάλυμμα που σκοπός του είναι να προστατεύει τον

δορυφόρο στο αρχικό μέρος της πτήσης του και να δίνει μια αεροδυναμική στον πύραυλο. Ο πύραυλος αυτός μερικές φορές μεταφέρει περισσότερους από έναν δορυφόρους. Ο κύριος δορυφόρος για εκτόξευση ονομάζεται αρχικό ωφέλιμο φορτίο, ενώ οι μικρότεροι δορυφόροι καλούνται δευτερεύοντα ωφέλιμα φορτία και το βάρος των φορτίων αυτών είναι γνωστά με ακρίβεια. Έτσι ο πύραυλος εφοδιάζεται με κατάλληλα καύσιμα και ρυθμίζεται για την καλύτερη επιθυμητή ώθηση και ταχύτητα που χρειάζεται ο δορυφόρος.

Ο κύριος προωθητικός πύραυλος πυροδοτείται και ανυψώνεται αργά υπερνικώντας την γήινη βαρύτητα. Στην συνέχεια κατευθύνεται ο πύραυλος σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση από ένα γυροσκοπικό σύστημα οδήγησης. Ο πύραυλος όμως δεν εκτοξεύεται ακριβώς κατακόρυφα προς τα πάνω αλλά εκτοξεύεται με μια μικρή γωνία, η οποία βοηθά τον δορυφόρο να πετύχει την επιθυμητή τροχιά. Στην διάρκεια αυτή ο πύραυλος και το ωφέλιμο φορτίο του διασχίζουν την κατώτερη ατμόσφαιρα της γης. Ο δορυφόρος δεν θα τεθεί σε τροχιά την στιγμή της εκτόξευσης, αν η ταχύτητα του δεν υπερβαίνει τα 25.000 mi/h. Έχοντας όμως το διαστημόπλοιο αυτή την ταχύτητα θα διαφύγει από την βαρυτική έλξη της γης και θα εξέλθει στο διάστημα.

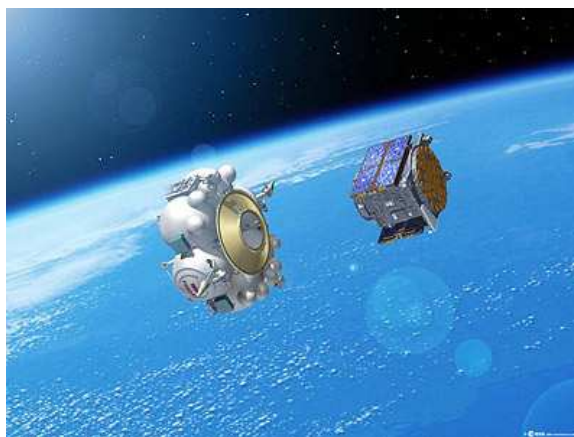
Ο μεγάλος προωθητικός πύραυλος αναφλέγεται και εξαερώνεται περίπου στα 50 έως 100mi πάνω από την γη. Ο πύραυλος του δεύτερου επιπέδου πυροδοτείται για να μεταφέρει τον δορυφόρο πιο ψηλά στην ατμόσφαιρα όπου σε κάποιο σημείο αναφλέγεται επίσης και εξαερώνεται. Επίσης μπορεί να χρειαστεί και τρίτου επιπέδου πύραυλος που είναι και το τελικό επίπεδο, το οποίο δεν χρησιμοποιείται πάντοτε. Όμως το τρίτο επίπεδο χρειάζεται κάποιες φορές για την επίτευξη της τελικής ταχύτητας που απαιτείται για να τεθεί ο δορυφόρος σε τροχιά. Κατά την διάρκεια αυτή εξαερώνεται και το κάλυμμα του δορυφόρου γυμνώνοντας τον, αφού δεν χρειάζεται πια προστασία καθώς η ανώτερη ατμόσφαιρα που βρίσκεται δεν προξενεί φθορές.



Ο τελικός πύραυλος σε κάποιο σημείο αναφλέγεται και ο δορυφόρος κινείται ελεύθερα μπαίνοντας τελικά σε τροχιά όπως φαίνεται στις εικόνες. Εισέρχεται στην τροχιά κοντά στο

περίγειο ο δορυφόρος τίθεται πρώτα σε αυτήν την τροχιά που λέγεται τροχιά μεταφοράς και είναι μια πολύ ελλειπτική τροχιά, η οποία επιτρέπει να γίνουν κάποιες διορθωτικές ρυθμίσεις στο δορυφόρο πριν τεθεί στην τελική του θέση.

Η ταχύτητα του δορυφόρου ρυθμίζεται ώστε να τεθεί σε μια τροχιά μεταφοράς, της οποίας το απόγειο θα είναι το τελικό ύψος για τον γεωσύγχρονο δορυφόρο και συνήθως είναι 22,300



mi. Ο γεωσύγχρονος δορυφόρος πρέπει να βρίσκεται πάνω από τον ισημερινό, όμως η αρχική τροχιά μεταφοράς δεν θα είναι πάνω από τον ισημερινό επειδή ο τόπος εκτόξευσης δεν είναι συνήθως στον ισημερινό.

Για τον λόγο αυτό κατά την διάρκεια της τροχιάς μεταφοράς πυροδοτείται ένας πύραυλος την κατάλληλη στιγμή, που βρίσκεται επάνω στον δορυφόρο για να τεθεί σε τροχιά πάνω από τον ισημερινό. Όταν γίνουν μερικές περιφορές στην τροχιά μεταφοράς, τοποθετείται ο δορυφόρος σε μια κυκλική τροχιά γύρω από τον ισημερινό πυροδοτώντας τον ωστικό μηχανισμό στο απόγειο. Ο μηχανισμός αυτός είναι ένας μικρός πυραυλικός κινητήρας μέσα στον δορυφόρο και είναι σχεδιασμένος για να πυροδοτείται για σκοπούς τοποθέτησης σε τροχιά. Ο δορυφόρος προσανατολίζεται από τον επίγειο σταθμό με τους αεριοπροωστήρες του έτσι ώστε ο πυραυλικός κινητήρας στο απόγειο να πυροδοτηθεί προς την σωστή κατεύθυνση και ο δορυφόρος να κινηθεί προς την κατεύθυνση που θα τον φέρει στην σωστή τροχιά γύρω από τον ισημερινό. Ο δορυφόρος θα βρίσκεται σ' αυτήν την τροχιά για μερικές περιφορές. Παρατηρείται η σταθεροποίηση στάσης και αν χρησιμοποιείται σταθεροποίηση με περιστροφή, τότε πυροδοτούνται προωστήρες για να αρχίσει η περιστροφή. Στην διάρκεια αυτής της περιόδου οι κεραίες ευθυγραμμίζονται κατάλληλα και οι ηλιακές κυψελίδες προσαρμόζονται για να παράγουν βέλτιστη ισχύ. Ο δορυφόρος μπορεί να λειτουργήσει για μερικές μέρες και να παρακολουθείται από την γη.

1.3 Τι είναι δορυφόρος;

Δορυφόρος είναι ένας εξειδικευμένος ασύρματος εκπομπός/λήπτης ουσιαστικά ένας επαναλήπτης ραδιοσυχνότητας. Ένας μη επανδρωμένος τεχνητός δορυφόρος (unmanned artificial satellite) μέσω του οποίου επιτυγχάνονται υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, τηλεοπτικής μμετάδοσης (television broadcasting), τηλεφωνικών επικοινωνιών (telephone communications) και συνδέσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών (computer links).

Το κομμάτι του δορυφόρου το οποίο αναμεταδίδει το σήμα πίσω στη γη ονομάζεται αναμεταδότης. Ένας τυπικός δορυφόρος έχει 32 αναμεταδότες. Κάθε αναμεταδότης είναι ικανός να διαχειριστεί περίπου 100 εκατομμύρια bits πληροφορίας ανά δευτερόλεπτο.

Καταλαβαίνει λοιπόν κανείς ότι οι σημερινοί επικοινωνιακοί δορυφόροι αποτελούν το ιδανικό μέσο για την εκπομπή και λήψη σχεδόν κάθε είδους πληροφορίας από απλά δεδομένα μέχρι και εφαρμογές που έχουν μεγάλη απαίτηση εύρους ζώνης.

Παρακάτω βλέπουμε την μορφή του ασύγχρονου ραδιοερασιτεχνικού δορυφόρου AO-7 με τον οποίο θα πραγματοποιήσουμε επικοινωνία.

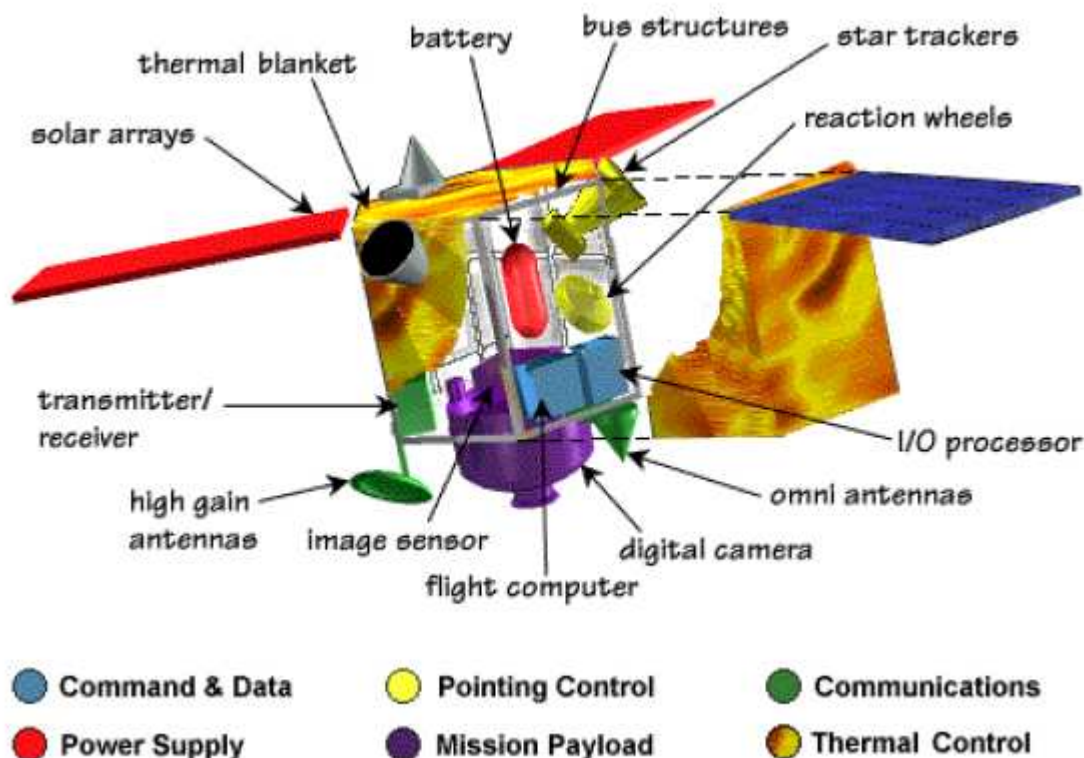


1.4 Δορυφορικά στοιχεία

Το ωφέλιμο φορτίο είναι όλος ο εξοπλισμός που ένας δορυφόρος πρέπει να έχει για να κάνει την εργασία του. Αυτό μπορεί να περιλάβει τις κεραιές, τις φωτογραφικές μηχανές, το ραντάρ, και τα ηλεκτρονικά του. Το ωφέλιμο φορτίο είναι διαφορετικό για κάθε δορυφόρο. Παραδείγματος χάριν, το ωφέλιμο φορτίο για έναν καιρικό δορυφόρο περιλαμβάνει τις φωτογραφικές μηχανές για να πάρει τις εικόνες των σχηματισμών σύννεφων, ενώ το ωφέλιμο φορτίο για έναν δορυφόρο επικοινωνιών περιλαμβάνει τις μεγάλες κεραιές για να διαβιβάσει τα σήματα TV ή τηλεφώνων ή και άλλων λειτουργιών στη γη.

Το βάρος του (σασί) είναι το μέρος του δορυφόρου που φέρνει το ωφέλιμο φορτίο και όλο τον εξοπλισμό του στο διάστημα. Κρατά τα μέρη όλου του δορυφόρου μαζί και προβλέπει την ηλεκτρική εξουσία, τους υπολογιστές, και την προώθηση στο διαστημικό σκάφος. Το σασί του περιέχει επίσης τον εξοπλισμό που επιτρέπει στο δορυφόρο για να επικοινωνήσει με τη γη.

Ένας δορυφόρος όπως παρατηρούμε στην παρακάτω εικόνα αποτελείται: κυρίως σώμα, όργανα-συσκευές για την σταθεροποίηση του δορυφόρου σε τροχιά, πηγές ενέργειας, επικοινωνιακό σύστημα, υπολογιστικό σύστημα.



1.5 Πως περιγράφουμε μια ελλειπτική τροχιά;

Οι τροχίες που μας ενδιαφέρουν και θα εξετάσουμε από εδώ και πέρα είναι οι ελλειπτικές. Για να περιγράψουμε μια ελλειπτική τροχιά χρησιμοποιούμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά μεγέθη (για διευκόλυνση δείτε τα σχετικά σχήματα).

Απόγειο (A) είναι το σημείο της τροχιάς όπου η απόσταση του σώματος (δορυφόρου) από τη Γη είναι η μέγιστη, δηλαδή από τη μία εστία της έλλειψης όπου βρίσκεται η Γη. Περίγειο (Π) είναι το σημείο της τροχιάς που η απόσταση του σώματος από τη Γη είναι η ελάχιστη (το περίγειο και το απόγειο στην περίπτωση της ελλειπτικής τροχιάς βρίσκονται σε μια ευθεία που διέρχεται από τη Γη).

Μεγάλος ημιάξονας είναι το μισό του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει το απόγειο A και το περίγειο Π μιας

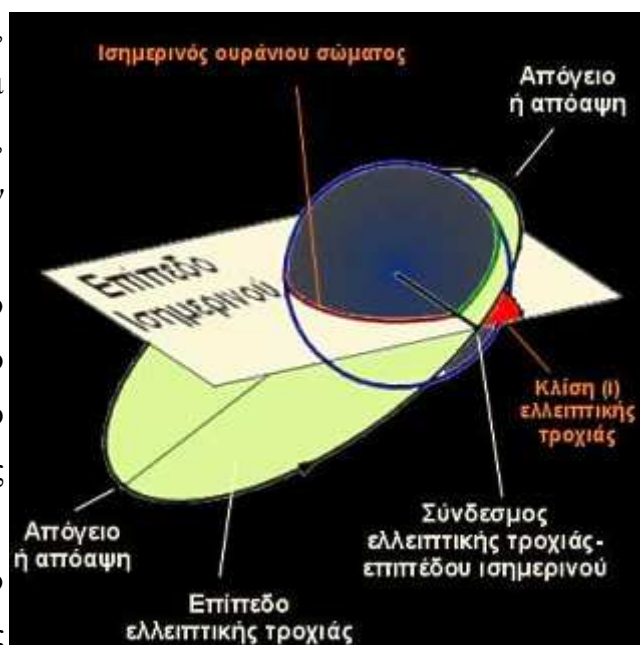


ελλειπτικής τροχιάς. Σε μια ελλειπτική τροχιά, το ουράνιο σώμα γύρω από το οποίο γίνεται η περιστροφή βρίσκεται τοποθετημένο σε μια από τις δύο εστίες της έλλειψης. Αν η εστία αυτή είναι η F_1 , τότε το ύψος του απογείου είναι (F_1A) και του περιγείου $(F_1Π)$. Τότε ισχύει: $[(F_1A) + (F_2Π)] = 2 \cdot a$, όπου a είναι το μήκος του μεγάλου ημιάξονα.

Επίπεδο μιας ελλειπτικής τροχιάς είναι το επίπεδο πάνω στο οποίο βρίσκεται η τροχιά. Στο σημαντικό συμπέρασμα πως κάθε τροχιά, γύρω από ένα βαρυτικό πεδίο που προέρχεται από μια μάζα (κεντρικό πεδίο) είναι επίπεδη, καταλήγουμε με τη χρήση απλών φυσικών νόμων.

Κλίση μιας τροχιάς ως προς ένα επίπεδο είναι η διέδρη γωνιά που σχηματίζει το επίπεδο αυτό με το επίπεδο της τροχιάς του σώματος. Για τη Γη, την κλίση τη μετράμε ως προς το επίπεδο του ισημερινού της Γης.

Περίοδος μιας τροχιάς είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε ο δορυφόρος



να διαγράψει μία φορά την ελλειπτική τροχιά. Ισχύει: Σύνδεσμοι μιας τροχιάς με ένα επίπεδο είναι τα δύο σημεία τομής της τροχιάς και του επιπέδου αυτού.

1.5.1 Πως μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός δορυφόρου που κινείται σε ελλειπτική τροχιά;

Η ταχύτητα του δορυφόρου σε κάθε σημείο της τροχιάς του δεν είναι σταθερή. Καταρχάς αλλάζει η κατεύθυνσή της με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει πάντα εφαπτόμενη στην τροχιά. Το μέτρο της δε είναι τέτοιο ώστε σε ίσους χρόνους να διαγράφει ίσα εμβαδά, όπως υπαγορεύει ο 2^{ος} νόμος του Kepler. Έτσι, στο περίγειο το σώμα έχει τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και στο απόγειο την ελάχιστη.

1.5.2 Με ποιο τρόπο μπορούμε να μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά μιας ελλειπτικής τροχιάς;

Αν θέλουμε να μεταβάλλουμε τη μορφή της έλλειψης συνήθως αλλάζουμε την ταχύτητα του δορυφόρου στο περίγειο ή στο απόγειο. Τότε καταλήγουμε σε μία νέα ελλειπτική τροχιά η οποία το μόνο κοινό της σημείο με την αρχική είναι το σημείο όπου έγινε η μεταβολή της ταχύτητας.

1.5.3 Πως μεταβάλλονται το περίγειο και το απόγειο μιας τροχιάς, αν γίνει μια μεταβολή στην ταχύτητα, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται παραπάνω;

Για αύξηση ταχύτητας είτε στο περίγειο, είτε στο απόγειο, έχουμε αύξηση του ύψους του απογείου και του περιγείου αντίστοιχα. Για μείωση της ταχύτητας, το αποτέλεσμα είναι το αντίθετο. Οι υπολογισμοί για τα νέα ύψη απογείου ή περιγείου είναι εύκολοι με τη χρήση της αρχής διατήρησης της ενέργειας και της στροφορμής.



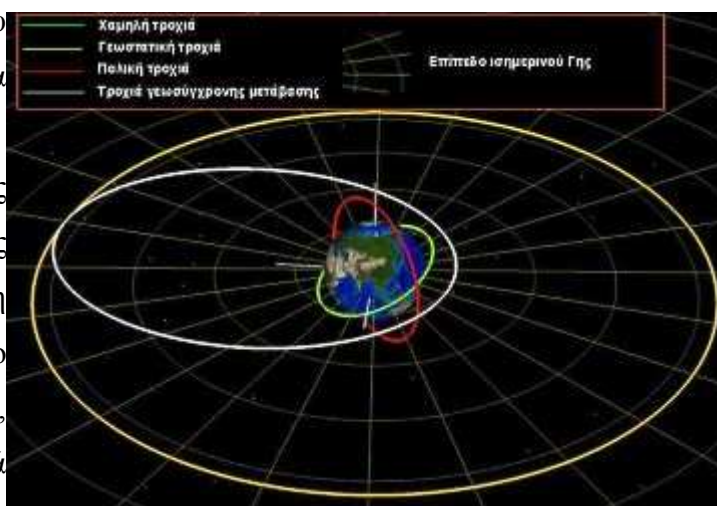
1.5.4 Πως μεταβάλλεται η περίοδος μιας ελλειπτικής τροχιάς, για αντίστοιχες μεταβολές στην ταχύτητα;

Αναφέρθηκε στην προηγούμενη ερώτηση πως με μεταβολή της ταχύτητας αλλάζει το ύψος του απογείου ή του περιγείου. Το ύψος του απογείου και του περιγείου καθορίζουν προφανώς την τιμή του μήκους του μεγάλου ημιάξονα a . Όσο αυξάνει η ταχύτητα, το a αυξάνει και αντίθετα. Όμως, αναφέρθηκε πως η περίοδος εξαρτάται μόνο από το μήκος του μεγάλου ημιάξονα. Άρα με αύξηση της ταχύτητας, η περίοδος της ελλειπτικής τροχιάς αυξάνει, ενώ με μείωση ο χρόνος της περιόδου μικραίνει.

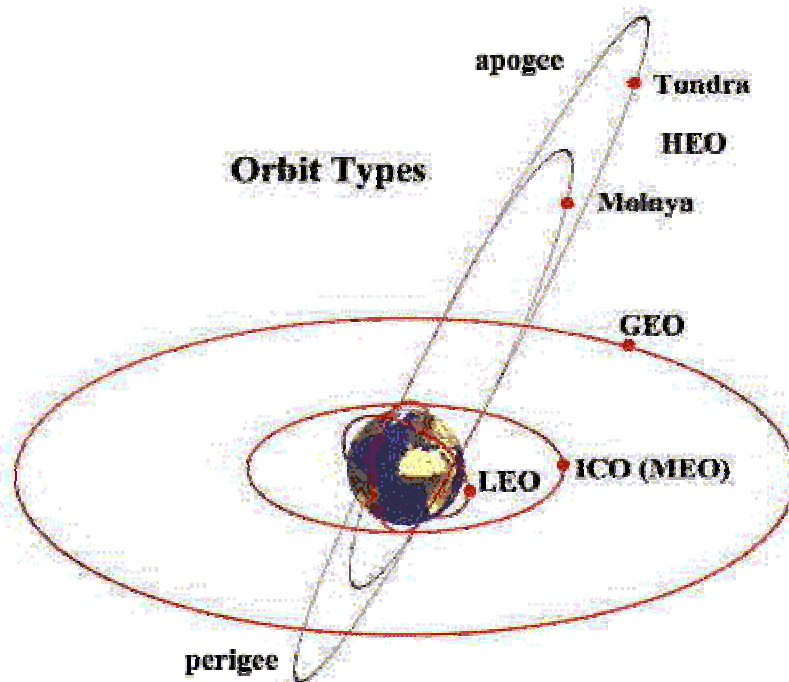
1.6 Συνηθισμένα είδη ελλειπτικών τροχιών

Κάποια από τα είδη τροχιών που συναντώνται περισσότερο, είναι τα παρακάτω:

Χαμηλή ονομάζεται η τροχιά ενός δορυφόρου όταν αυτός κινείται σε ύψος μικρότερο από 4000 km από τη γήινη επιφάνεια. Μετά την εκτόξευσή του, ο AO-7 θα εισέλθει σε χαμηλή τροχιά, από την οποία θα μεταβεί σε τροχιά ασύγχρονης μετάβασης.



Πολική ονομάζεται η τροχιά στην οποία ο δορυφόρος διέρχεται από τους πόλους του πλανήτη γύρω από τον οποίο κινείται και είναι προφανές ότι η κλίση της ελλειπτικής τροχιάς είναι 90° .



1.7 Τύποι δορυφορικών τροχιών (Satellite Orbits)

Υπάρχουν διάφορα είδη τροχιών στις οποίες μπορούν να κινούνται οι επικοινωνιακοί δορυφόροι όπως:

LEO: Low Earth Orbits. Βρίσκονται σε τροχιακό ύψος μικρότερο από 1.500 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι κινούνται σε αυτούς με μεγάλες ταχύτητες και έχουν τροχιακή περίοδο από 90 λεπτά έως δύο ώρες περίπου. Polar και near-Polar Orbits. Είναι τροχιές LEO που περνούν από τους πόλους της γης ή πολύ κοντά σε αυτούς.

MEO: Medium Earth Orbits ή αλλιώς ICO (Intermediate Circular Orbits). Βρίσκονται σε τροχιακό ύψος 6.000-12.000 μίλια από την επιφάνεια της γης. Οι τροχιακές περίοδοι σε αυτές τις τροχιές φθάνουν τις 6 ώρες.

GEO: Geosynchronous Equatorial Orbits ή Geostationary Earth Or-bit. Ένας δορυφόρος που κατά την κίνησή του βρίσκεται συνεχώς πάνω από ένα συγκεκριμένο τόπο λέμε ότι κινείται σε γεωστατική τροχιά. Οι δορυφόροι που κινούνται σε αυτές, έχουν τροχιακή περίοδο ίδια με αυτή της γης, δηλαδή 24 ώρες. Όπως αναφέραμε, μοιάζουν να είναι εγκατεστημένοι στο ίδιο σημείο πάνω από τη γη. Τροχιά γεωσύγχρονης μετάβασης (GTO) ονομάζεται η ελλειπτική τροχιά ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη, που το περίγειο της βρίσκεται σε μικρό σχετικά ύψος και το απόγειό της βρίσκεται στο ύψος της γεωστατικής τροχιάς, δηλαδή περίπου 36000 χλμ. από την επιφάνεια της Γης.



Σχηματική αναπαράσταση της γεωστατικής τροχιάς.

SSO: Sun-Synchronous Orbits. Βρίσκονται σε τροχιακό ύψος 1.100-1.300 μίλια από την επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι που κινούνται σε αυτούς μεταβάλλουν την τροχιά τους κατά μία μοίρα περίπου κάθε μέρα και περνούν από το ίδιο τμήμα της γης την ίδια χρονική στιγμή της ημέρας.

HEO: Highly Elliptical Orbits. Οι τροχιές αυτές έχουν ένα περίγειο στα 800 περίπου μίλια από την επιφάνεια της γης και ένα απόγειο στα 80.000 χιλιόμετρα. Είναι κεκλιμένες τροχιές με κλίση στις 63,4 μοίρες. Έχουν τροχιακή περίοδο από 8-24 ώρες.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ενδεικτικά οι ταχύτητες των δορυφόρων ανάλογα με την απόστασή τους από τη γη, καθώς και η τροχιακή τους περίοδος.

Απόσταση σε km	ταχύτητα σε km/sec	Τροχιακή Περίοδος		
		Ώρες	Λεπτά	Δευτερόλεπτα
0	7.906	1	24	28
100	7.844	1	26	29
200	7.778	1	28	29
300	7.725	1	30	32
500	7.612	1	34	37
700	7.503	1	38	47
1.000	7.350	1	45	8
2.000	6.987	2	7	12
3.000	6.519	2	30	39
5.000	5.918	3	21	19
10.000	4.934	5	47	40
30.000	3.310	19	10	51
35.786	3.075	23	56	4
40.000	2.932	27	36	39

Ταχύτητες και τροχιακές περίοδοι δορυφόρων ανάλογα με την απόστασή τους από τη γη.

1.8 Παράμετροι τροχιάς δορυφόρων

Ο δορυφόρος κινείται σε μία έλλειψη με μικρή ακτίνα (**a**), μεγάλη ακτίνα (**b**) και απόσταση κέντρου έλλειψης με την εστία της (**c**).

Ως εκκεντρότητα της ελλειπτικής τροχιάς ορίζεται το πηλίκο: $e = \frac{c}{a}$ με $0 \leq e \leq 1$.

Επειδή η τροχιά είναι έλλειψη θα ισχύει: $a^2 = c^2 + b^2$ άρα $b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}$.

Ο δορυφόρος κατά τη διάρκεια της τροχιάς του έχει 2 κομβικά σημεία:

(α) το σημείο μέγιστης απόστασης από τη Γη (απόγειο) $r_A = a + c = a \cdot (1 + e)$.

(β) το σημείο ελάχιστης απόστασης από τη Γη (περίγειο) $r_{\Pi} = a - c = a \cdot (1 - e)$.

1.9 Φαινόμενο Doppler

Η συχνότητα των σημάτων των δορυφορικών μεταδόσεων στην περίπτωση της ελλειπτικής τροχιάς όταν λαμβάνονται από τον επίγειο σταθμό, αυξάνεται όταν ο δορυφόρος κινείται προς τον δέκτη και μειώνεται όταν απομακρύνεται απ' αυτόν. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται Doppler.

Έστω ότι το σήμα που εκπέμπεται από το δορυφόρο έχει τη μορφή: $r(t) = A_r \cdot e^{i(2\pi f_c t)}$.

Αν ο δορυφόρος κινείται προς τον επίγειο δέκτη με σταθερή ταχύτητα v_m , τότε το σήμα που

θα φτάνει στον δέκτη θα έχει τη μορφή: $r(t) = A_r \cdot e^{i[2\pi(f_c + f_d)t - \phi]}$

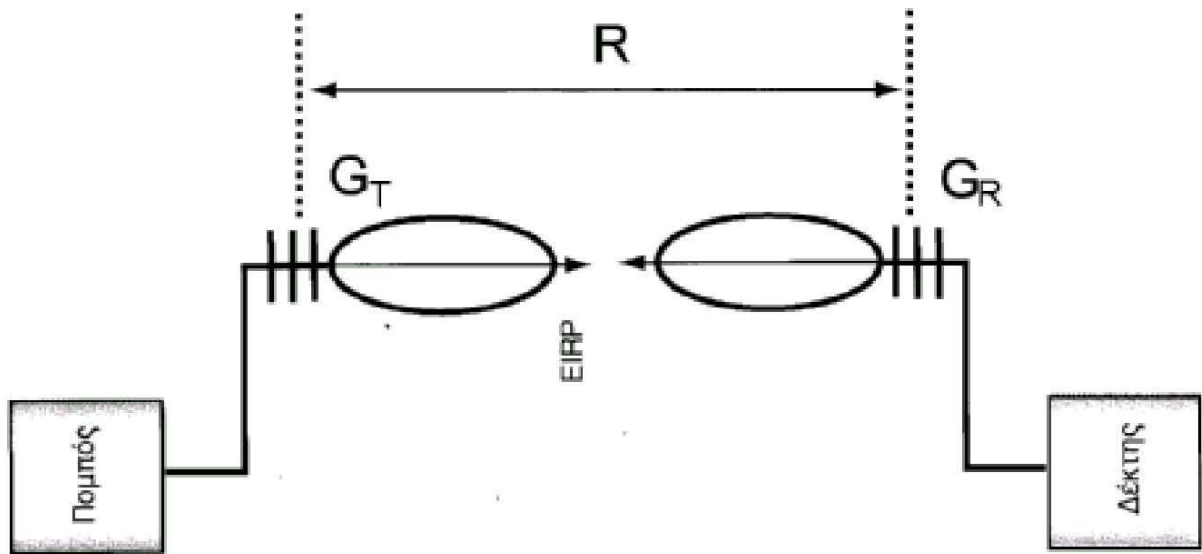
όπου: $\phi = 2\pi f_c \tau_0$ $\tau_0 = \frac{d_0}{c}$ $f_d = \frac{v_m}{c} f_c$

και d_0 : απόσταση δορυφόρου-δέκτη, c : ταχύτητα του φωτός

Η συχνότητα f_d ονομάζεται συχνότητα ολίσθησης Doppler και παίρνει θετικές τιμές όταν ο δορυφόρος πλησιάζει τον επίγειο δέκτη και αρνητικές όταν απομακρύνεται. Η συχνότητα Doppler πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη σχεδίαση των δορυφορικών συστημάτων έτσι ώστε να προβλέπεται και να μην δημιουργείται αβεβαιότητα κατά τη λήψη και αποδιαμόρφωση του σήματος στο δέκτη.

1.10 Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων

Χαρακτηριστικά Μεγέθη	Πομπός	Δέκτης
Ισχύς	Εκπομπής (PT)	Λήψης (PR)
Κέρδος ή Απολαβή	Εκπομπής (GT)	Λήψης (GR)



1.10.1 Πομπός

Αν θεωρήσουμε ότι η κεραία του πομπού είναι ιστροπική και το κέρδος της (απολαβή) είναι ίσο με τη μονάδα σε κάθε θέση, άρα η εκπεμπόμενη ισχύς παρουσιάζει ομοιόμορφη χωρική κατανομή τότε, η πυκνότητα ισχύος ως συνάρτηση του R δίνεται από τη σχέση: $I(R) = \frac{P_T}{4\pi R^2}$

Στην περίπτωση που η κεραία έχει κέρδος (απολαβή) G_T διαφορετική της μονάδας σε κάθε σημείο η παραπάνω σχέση παίρνει τη μορφή: $I(R) = \frac{G_T \cdot P_T}{4\pi R^2}$

Το γινόμενο $G_T \cdot P_T$ ονομάζεται Ισοτροπικά Ακτινοβολούμενη Ισχύς (Equivalent Isotropically Radiated Power ή EIRP). Είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό κάθε πομπού και αντιστοιχεί ουσιαστικά στην ποσότητα ισχύος που εκπέμπει ο πομπός ανάλογα με την απολαβή του G_T .

1.10.2 Δέκτης

Ως ενεργό επιφάνεια της κεραίας στο δέκτη ορίζουμε το λόγο της ισχύος που φτάνει στην είσοδο του δέκτη προς την πυκνότητα ισχύος που φτάνει στην κεραία. Η ποσότητα αυτή, ως συνάρτηση της απολαβής της κεραίας του δέκτη δίνεται από τη σχέση: $A_R = G_R \frac{\lambda^2}{4\pi}$

Άρα, η λαμβανόμενη ισχύς στον δέκτη θα δίνεται από τη σχέση: $P_R = P_T \cdot G_T \frac{A_R}{4\pi R^2}$

και αντικαθιστώντας την ισοδύναμη ποσότητα για την ενεργό επιφάνεια

$$P_R = P_T \cdot G_T \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad \text{ή} \quad \frac{P_R}{P_T} = G_T \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

Το πηλίκο: $\Phi = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi R^2}$ ονομάζεται πυκνότητα ροής ισχύος και εκφράζεται σε $\frac{W}{m^2}$.

Αντίστοιχα, η ποσότητα: $L_{FS} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$ ονομάζεται απώλεια ελευθέρου χώρου και αναπαριστά το λόγο λαμβανόμενης και εκπεμπόμενης ισχύος σε μία ραδιοζεύξη μεταξύ δύο ιστροπικών κεραιών.

Από τη σχέση $\frac{P_R}{P_T} = G_T \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ που υπολογίστηκε προηγουμένως προκύπτει ότι

$$\alpha = \left(\frac{P_T}{P_R} \right)_{dB} = 22 + 20 \log \left(\frac{R}{\lambda} \right) - (G_T)_{dB} - (G_R)_{dB}$$

Μέχρι τώρα μελετούσαμε την ιδανική περίπτωση όπου δεν υπήρχαν απώλειες άλλες, εκτός από αυτές του κενού χώρου. Στα πραγματικά δορυφορικά συστήματα όμως η σχέση

$\frac{P_R}{P_T} = G_T \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ επεκτείνεται και καλύπτει τις περισσότερες, πρακτικά, περιπτώσεις:

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T \cdot G_R}{L} \quad \text{με} \quad L = L_{FS} \prod_{i=1}^6 L_i$$

1.10.3 Απώλειες

LFS: κενού χώρου

L1: μεταξύ της εξόδου του πομπού και της κεραίας εκπομπής

L2: της ατμόσφαιρας και της ιονόσφαιρας

L3: λόγω νεφώσεων και βροχόπτωσης

L4: λόγω ασυμφωνίας πόλωσης (αποπόλωση) των Η/Μ κυμάτων

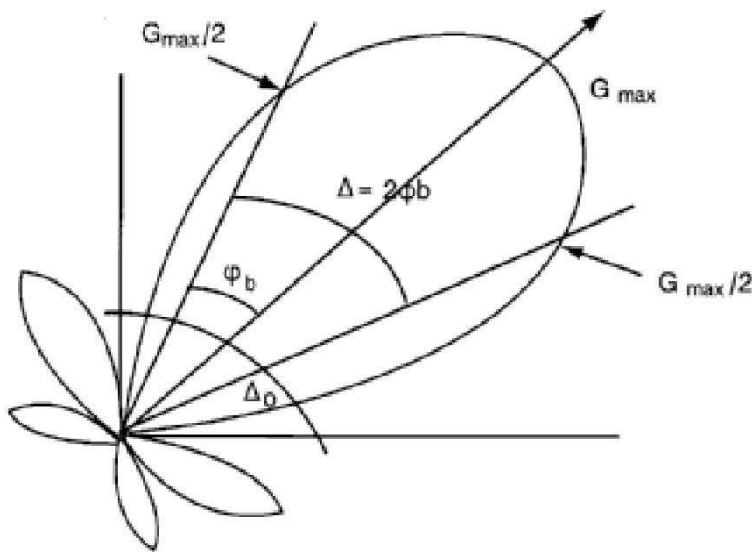
L5: αποπροσανατολισμός κεραιών που δημιουργείται, συνήθως, σε ατελή σταθεροποίηση του γεωστατικού δορυφόρου.

L6: μεταξύ της κεραίας και της εισόδου του δέκτη

1.10.4 Θεώρημα αμοιβαιότητας

Το διάγραμμα ακτινοβολίας μίας κεραίας ταυτίζεται με το διάγραμμα λήψης της, ανάλογα με το αν αυτή χρησιμοποιείται στον πομπό ή τον δέκτη. Το κέρδος της κεραίας είναι

συνάρτηση δυο μεταβλητών: γωνία ανύψωσης θ , και αζιμουθιακή γωνία φ . Σχεδιάζεται όμως συνήθως ως προς μία επίπεδη γωνία φ ως εξής:



1.10.5 Θόρυβος

Ο θόρυβος είναι σήμα με μηδενικό πληροφοριακό περιεχόμενο το οποίο προστίθεται στο “χρήσιμο” πληροφοριακό σήμα και το αλλοιώνει με αποτέλεσμα την μείωση της δυνατότητας του δέκτη για σωστή αναπαραγωγή της μεταδιδόμενης πληροφορίας (σήματος).

Προέλευση θορύβου: θόρυβος που εκπέμπεται από φυσικές πηγές ακτινοβολίας που βρίσκονται μέσα στην περιοχή λήψης της κεραίας, και θόρυβος που δημιουργείται από τα εξαρτήματα του συστήματος λήψης.

Ανεπιθύμητη Ισχύς Θορύβου: αυτή που βρίσκεται μέσα στο εύρος ζώνης B του χρησιμοποιούμενου διαμορφωμένου κύματος.

Μοντέλο Λευκού Θορύβου: σταθερή φασματική πυκνότητα ισχύος (N_0 με μονάδες W/Hz).

Ισοδύναμη Ισχύς Λευκού Θορύβου: υπολογίζεται στο εύρος ζώνης (B_N) που μας ενδιαφέρει και δίνεται από τη σχέση, $N = B_N \cdot N_0$ και μετριέται σε W .

Θερμοκρασία Θορύβου μιας Πηγής Θορύβου: δίνεται από τη σχέση, $T = \frac{N}{kB} = \frac{N_0}{k}$ και άρα δεν

εξαρτάται από το εύρος ζώνης λειτουργίας του συστήματος και μετράται σε βαθμούς Kelvin (K). Το k είναι η σταθερά του Boltzmann και ισούται με $k = 1.379 \times 10^{-23} = -228.6 \text{ dBW/Hz}$. Το μέγεθος αυτό (T) αναπαριστά τη θερμοδυναμική θερμοκρασία μιας αντίστασης που αποδίδει την ίδια διαθέσιμη ισχύ θορύβου.

1.10.6 Συντελεστής θορύβου στον δέκτη:

Ονομάζουμε συντελεστή θορύβου του δέκτη, το πηλίκο: $F = \frac{N_{out}}{G \cdot k \cdot T_0 \cdot B_N}$ όπου:

F: συντελεστής θορύβου του δέκτη

N_{out} : Ισχύς θορύβου στην έξοδο του δέκτη

G: του κέρδους του δέκτη

T_0 : θερμοκρασία θορύβου εισόδου του δέκτη (=290K)

B_N : εύρος ζώνης δέκτη

1.10.7 Ισοδύναμη Θερμοκρασία Θορύβου στον δέκτη:

Ονομάζουμε Ισοδύναμη Θερμοκρασία Θορύβου του δέκτη (TR) την ισοδύναμη θερμοκρασία πηγής θορύβου η οποία όταν συνδεθεί στην είσοδο ισοδύναμου ιδανικού δέκτη δίνει στην έξοδο την ίδια ισχύ θορύβου με τον πραγματικό δέκτη. Η ισχύς θορύβου στην έξοδο του δέκτη θα είναι: $N_{out} = G \cdot k \cdot T_0 \cdot B_N + G \cdot k \cdot T_R \cdot B_N$

Από την παραπάνω σχέση και από αυτή οποία μας δίνει το συντελεστή θορύβου προκύπτει

$$\text{ότι: } F = 1 + \frac{T_R}{T_0}$$

1.10.8 Ισοδύναμη Θερμοκρασία Θορύβου κεραίας

Η κεραία εισάγει θόρυβο λόγω του ότι συλλέγει και άλλα σήματα εκτός από αυτό που περιέχει την πληροφορία. Ο θόρυβος που προκαλούν αυτά τα σήματα παρεμβολής εξαρτώνται από την γωνία με την οποία προσπίπτουν στην κεραία και με το κέρδος της σε κάθε περιοχή. Η πυκνότητα θορύβου της κεραίας θα δίνεται από τη σχέση: $N_0 = k \cdot T_{ANT}$ όπου T_{ANT} η θερμοκρασία θορύβου της κεραίας. Αν T (θ,φ) η θερμοκρασία θορύβου στο κοντινό περιβάλλον της κεραίας και G (θ,φ) το κέρδος σε κάθε διεύθυνση τότε:

$$T_{ANT} = \frac{1}{4\pi} \iint T(\theta, \phi) \cdot G(\theta, \phi) \cdot d\theta \cdot d\phi$$

1.11 Επίδραση του μέσου διάδοσης στις Δορυφορικές Επικοινωνίες

1.11.1 Τροποσφαιρικά Φαινόμενα

Απορρόφηση αερίων, απόσβεση λόγω βροχής, απόσβεση από σύννεφα και ομίχλη, αποπόλωση λόγω βροχής, αποπόλωση από σύννεφα και ομίχλη, αποπόλωση από τον πάγο.

1.11.2 Ιονοσφαιρικά Φαινόμενα

Φαινόμενο Faraday (στροφή γραμμικά πολωμένου Η/Μ κύματος) και μεταβολές πλάτους, φάσης, πόλωσης λόγω μεταβολών του σ.δ. Λόγω της μεταβολής της πυκνότητας της ατμόσφαιρας με την αύξηση του ύψους η απόσβεση που προκαλεί μειώνεται με το ύψος. Οι κατακόρυφες μεταδόσεις υπερτερούν σημαντικά σε σχέση με αυτές κοντά στον ορίζοντα, αφού το σήμα πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας στην περίπτωση της οριζόντιας επικοινωνίας. Η ατμόσφαιρα παρουσιάζει έναν αριθμό παραθύρων στο ραδιοφάσμα όπου η απόσβεση των ραδιοκυμάτων είναι μικρή. Συγκεκριμένα οι μεταδόσεις είναι πολύ καλές κάτω από τα 10GHz. Η απορρόφηση και η διάχυση γίνονται κυρίως στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, η διάθλαση στα ανώτερα (τροπόσφαιρα), ενώ η αποπόλωση προκαλείται στην ιονόσφαιρα ή στην ατμόσφαιρα παρουσία βροχής.

1.11.3 Επίδραση της Βροχόπτωσης

Το πιο συνηθισμένο μαθηματικό πρότυπο που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω βροχόπτωσης είναι: $\gamma = a \cdot r^b$ dB/km όπου: r: ύψος βροχόπτωσης a,b: παράμετροι που υπολογίζονται με τρόπο ώστε η συνάρτηση γ να προσεγγίζει το δυνατόν καλύτερα τα πειραματικά αποτελέσματα απωλειών που διαθέτουμε.

1.11.4 Νόμοι του Kepler για την κίνηση των ουρανίων σωμάτων και των δορυφόρων

1)Παραδοχές:

(α) Η μάζα (m) του δορυφόρου είναι αμελητέα σε σχέση με αυτή της Γης (M).

Δηλαδή $m \ll M$.

(β) Η κίνηση του δορυφόρου γίνεται σε περιοχή που αγνοούνται όλες οι υπόλοιπες αλληλεπιδράσεις.

2)Νόμοι Kepler:

(α) Η τροχιά κάθε πλανήτη (δορυφόρου), είναι ελλειπτική και ο Ήλιος (η Γη) βρίσκεται σε μία από τις εστίες της έλλειψης.

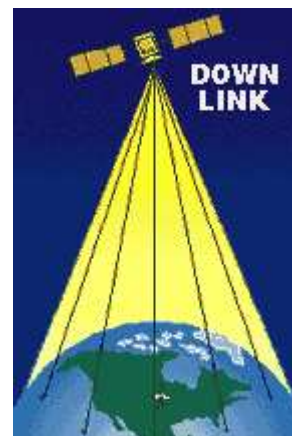
(β) Η γραμμή που ενώνει τον Ήλιο (τη Γη) με τον πλανήτη (δορυφόρο), σαρώνει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους.

(γ) Το τετράγωνο της περιόδου περιστροφής του πλανήτη (δορυφόρου) είναι ανάλογο με τον κύβο της ακτίνας του μεγάλου ημιάξονα της τροχιάς του.

1.12 Κανάλια δορυφορικών τηλεπικοινωνιών

Στις δορυφορικές τηλεπικοινωνίες, με τον όρο downlink εννοούμε την ζεύξη από το δορυφόρο σ' έναν ή περισσότερους επίγειους σταθμούς, ενώ λέγοντας uplink εννοούμε τη ζεύξη από τον επίγειο σταθμό προς τον δορυφόρο. Οι ζεύξεις αυτές χρησιμοποιούν διαφορετικά κανάλια μικροκυματικών συχνοτήτων όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για να αποφεύγονται οι παρεμβολές και οι συγκρούσεις των μεταδιδόμενων σημάτων.

Οι δορυφορικές τροχιές που δεν συμπεριλαμβάνονται στις GEO είναι γνωστές και ως NGSOs (non geostationary satellite orbits). Το κανάλι C χρησιμοποιήθηκε από τα πρώτα δορυφορικά συστήματα (Tel-star της AT&T) και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως από τις γήινες συνδέσεις. Το κανάλι Ku χρησιμοποιήθηκε από πιο σύγχρονα δορυφορικά συστήματα (Intelsat V, VA και VI), είναι επιρρεπές όμως σε εξασθένηση λόγω βροχής. Με την εκτόξευση δορυφόρων ACTS (Advanced Communication Technology Satellite), χρησιμοποιήθηκε και το υψηλής συχνότητας κανάλι Ka, με σκοπό να παρέχεται επικοινωνία με GEO δορυφόρους, όταν τα κανάλια C και Ku είναι πλήρη. Το κανάλι Ka είναι περισσότερο ευαίσθητο σε εξασθένηση λόγω βροχής ή υγρασίας από τα άλλα δύο, παρέχει όμως μεγαλύτερο εύρος συχνότητας και απαιτεί μικρότερες κεραιές.



KANAΛI (FREQUENCY BAND)	Εύρος Συχνοτήτων (Frequency Range)	Προέλευση ονόματος
HF Band	3 μέχρι 30 MHz	High Frequency
VHF Band	30 μέχρι 300 MHz	Very High Frequency
UHF Band	300 μέχρι 1000 MHz	Ultra High Frequency
L Band	1 μέχρι 2GHz	Long Wave
S Band	2 μέχρι 3 GHz	Short Wave
C Band	4 μέχρι 8 GHz	Compromise Between S and X
X Band	8 μέχρι 12 GHz	X for cross (crosshair)
Ku Band	12 μέχρι 18 GHz	Kurz-under
K Band	18 μέχρι 26 GHz	Kurz (κοντό)
Ka Band	26 μέχρι 40 GHz	Kurz-above

V Band	40 μέχρι 75 GHz	
W Band	75 μέχρι 111 GHz	Το W είναι μετά το V

Κυριότερα κανάλια συχνοτήτων δορυφορικών τηλεπικοινωνιών.

1.12.1 Ανάλυση Δορυφορικών και Τηλεπικοινωνιακών Ζεύξεων

Η λειτουργία του δορυφορικού αναμεταδότη είναι να μετατρέψει το προς τα άνω σήμα σε προς τα κάτω σήμα. Η μετατροπή αυτή περιλαμβάνει ενίσχυση του εισερχόμενου σήματος και μετατόπιση της φέρουσας συχνότητας του σήματος.

Με τη διαδικασία μετατροπής του σήματος από προς τα άνω σε προς τα κάτω, ενισχύεται, εκτός από το σήμα πληροφορίας, και ο θόρυβος. Θεωρούμε δηλαδή τον δορυφόρο ως έναν επαναλήπτη με κέρδος G . Η ισχύς που φτάνει στον δορυφόρο αποτελείται από ισχύ προς τα άνω φέροντος σήματος $P_{\alpha\sigma}$ και από ισχύ θορύβου της προς τα άνω ζεύξης $P_{\alpha\theta}$. Η ισχύς που στέλνει προς τα κάτω ο δορυφόρος αποτελείται από το ενισχυμένο σήμα και από τον ενισχυμένο θόρυβο, δηλαδή:

$$P_{\kappa} = G \cdot P_{\alpha\sigma} + G \cdot P_{\alpha\theta}$$

Το μεταδιδόμενο σήμα υπόκειται σε απώλειες L . Επίσης λαμβάνονται υπόψη και τα κέρδη των κεραιών του δορυφορικού αναμεταδότη (g_{π}) αλλά και του επίγειου δέκτη (g_{δ}). Έτσι η ολική ισχύς σήματος που φτάνει στον δέκτη είναι:

$$P_{\kappa} = \frac{G \cdot P_{\alpha\sigma} \cdot g_{\pi} \cdot g_{\delta}}{L} + \frac{G \cdot P_{\alpha\theta} \cdot g_{\pi} \cdot g_{\delta}}{L} + k \cdot T_{\Sigma} \cdot B_{IF}$$

Ο πρώτος όρος του αθροίσματος είναι η ισχύς του φέροντος σήματος που φτάνει στον δέκτη και συμβολίζεται με $P_{\kappa\sigma}$, ο δεύτερος, αφορά τον θόρυβο που δημιουργείται κατά τη διάδοση του κύματος από τον δορυφορικό πομπό στον επίγειο δέκτη και ο τρίτος το θόρυβο του ίδιου του επίγειου δέκτη με θερμοκρασία θορύβου T_{Σ} και εύρος ζώνης B_{IF} . Ο δεύτερος και τρίτος όρος συμβολίζονται συνολικά με $P_{\kappa\theta}$.

1.12.2 Σηματοθορυβικοί λόγοι

Στον επίγειο σταθμό λήψης: $CNR_{\kappa} = \frac{P_{\kappa\sigma}}{P_{\kappa\theta}}$

Της προς τα άνω ζεύξης: $CNR_{\alpha} = \frac{P_{\alpha\sigma}}{P_{\alpha\theta}}$

Του επίγειου δέκτη: $CNR_{\delta} = \frac{P_{\kappa\sigma}}{k \cdot T_{\Sigma} \cdot B_{IF}}$

και προκύπτει τελικά: $\frac{1}{CNR_{\kappa}} = \frac{1}{CNR_{\alpha}} + \frac{1}{CNR_{\delta}}$

Από την παραπάνω εξίσωση αποδεικνύεται μία βασική ιδιότητα των δορυφορικών ζεύξεων. Ο σηματοθορυβικός λόγος της προς τα κάτω ζεύξης, εξαρτάται από τον σηματοθορυβικό λόγο της προς τα άνω ζεύξης και από τον σηματοθορυβικό λόγο στον δέκτη και δεν είναι δυνατόν να υπερβεί κανέναν από τους δύο.

1.12.3 Τεχνικές επαναχρησιμοποίησης συχνότητας

(α) Πολωμένα ορθογώνια σήματα. Πλεονεκτήματα: i) στην ίδια περιοχή δύο σήματα ίδιας συχνότητας φέροντος. ii) Εύκολη εκπομπή και λήψη τέτοιων σημάτων. Μειονεκτήματα: i) αποπόλωση σήματος και δημιουργία προσθετικού θορύβου στο ορθογώνιο του, ii) αποπόλωση σήματος ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες (βροχή κλπ).

(β) Σήματα στενής δέσμης στην περιοχή κάλυψης της κεραίας. Πλεονεκτήματα: i) μεγάλη κατευθυντικότητα προς την περιοχή ενδιαφέροντος, ii) χρήση της ίδιας συχνότητας σε πολλά σημεία της περιοχής κάλυψης. Μειονεκτήματα: i) μεγάλη κατευθυντικότητα, άρα δυσκολία στην εύρεση του δορυφόρου, ii) δεν μπορεί το σήμα να καλύπτει ευρεία περιοχή δεκτών.

1.13 Packet Radio

Το Packet Radio είναι μια μέθοδος αυτοματοποιημένης ψηφιακής επικοινωνίας που επιτρέπει σε πολλούς σταθμούς να μοιράζονται ένα κανάλι επικοινωνίας με καταμερισμό χρόνου. Αναπτύχθηκε στην αρχή της δεκαετίας του '80 στις Η.Π.Α. και τον Καναδά και διαδόθηκε σε όλο τον κόσμο. Η λογική του Packet Radio είναι ότι η πληροφορία δεν στέλνεται συνεχώς (όπως π.χ. στο RTTY) αλλά σε πακέτα, κάθε ένα από τα οποία περιέχει την προς μετάδοση πληροφορία μαζί με κάποια ηλεκτρονική διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη. Αρκετοί σταθμοί μπορούν να μοιράζονται την ίδια συχνότητα χωρίς εμφανή σημεία παρεμβολής και χωρίς λάθη στην επικοινωνία. Ταυτόχρονα το πακέτο, εκτός από τα δεδομένα και τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη, περιέχει και το "άθροισμα ελέγχου" (CRC - cyclic redundancy check) με βάση το οποίο ανιχνεύονται λάθη κατά την μετάδοση, ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητα της πληροφορίας.

1.13.1 Χρήσεις του Packet Radio

Το Packet Radio προσφέρει μία σύνδεση μεταξύ δύο Η/Υ ή απλών τερματικών. Έχει αρκετές εφαρμογές με σημαντικότερη τη δυνατότητα μεταφοράς μηνυμάτων και πληροφοριακών δελτίων (Bulletins). Επίσης επιτρέπει την άμεση επικοινωνία δύο χρηστών με το πληκτρολόγιο, κατά τρόπο παρόμοιο (αλλά πιο αξιόπιστο) με το ραδιοτηλέτυπο (RTTY). Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, την μετάδοση τηλεμετρίας, μεταφορά αρχείων κ.α.

1.13.2 Συχνότητες που εκπέμπεται το packet radio

Η μεγαλύτερη χρήση στην Ελλάδα γίνεται στους 144 MHz. Στην Αθήνα οι σταθμοί χρησιμοποιούν τις ακόλουθες συχνότητες:

144.600 (APRS σπάνια)

144.625 (δίκτυα TCP/IP)

144.650 (PBBS, γενική χρήση και κάποιοι κόμβοι NET/ROM)

144.675 (δίκτυα NET/ROM)

144.700 (PBBS, DX Cluster)

Σε άλλες περιοχές της Ελλάδος, με λιγότερο φόρτο, τα PBBS είναι στη συχνότητα γενικής χρήσεως 144.650 kHz.

Στα UHF χρησιμοποιούνται στην Αθήνα οι εξής συχνότητες:

430.650: δίκτυο TCP/IP

433.650: γενική χρήση, PBBS, NET/ROM

434.625:

438.150: 9600bps PBBS

1.13.3 Εξοπλισμός που χρειάζεται για το packet radio

Για χρήση σε ταχύτητα 9600 bps στα VHF υπάρχουν αρκετοί συνδυασμοί συσκευών. Ο απλούστερος, που προσφέρονται για μία πρώτη εμπειρία με το packet radio, είναι ο εξής:

Ένα τερματικό ή H/Y που τρέχει πρόγραμμα τερματικού.

Ένα κοινό TNC (PK-88, PK-232, KAM, KPC-2, TNC-2).

Ένας πομποδέκτης VHF-FM.

Μια κεραία κατακόρυφης πόλωσης.

Αν κάποιος θέλει αυξημένες ευκολίες, υπάρχουν ειδικά προγράμματα εξομοίωσης τερματικού προσανατολισμένα στην χρήση TNC με δυνατότητα μεταφοράς αρχείων, πολλά παράθυρα κ.α.(TPK, AGW, Paket, YAPP). Για ταχύτητες 9600 bps χρειάζεται ένα TNC ή κάρτα DRSI/USCC που να υποστηρίζει το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας των G3RUH/K9NG και ένας κατάλληλος πομποδέκτης. Πολύ λίγοι πομποδέκτες είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμοι. Ειδικός εξοπλισμός απαιτείται για υψηλότερες ταχύτητες ή δορυφορικές επικοινωνίες.

1.13.4 Τι είναι το RTTY;

Πρόκειται για την παλαιότερη μέθοδο ψηφιακής ασύρματης επικοινωνίας (εκτός του CW). Χρησιμοποιεί για αναπαράσταση των χαρακτήρων τον κώδικα ITA-2 ή Baudot όπου κάθε χαρακτήρας μεταδίδεται με 5 bits και 1.5 stop bit. Μπορεί να μεταδώσει κεφαλαία γράμματα,

αριθμούς και μερικά σημεία στίξεως. Δεν διαθέτει τεχνικές ανιχνεύσεως λαθών. Γενικά το RTTY μεταδίδεται με διαμόρφωση συχνότητας (FSK) στα HF και VHF. Για εκπομπή RTTY με AFSK έχει καθιερωθεί η συχνότητα 145.300 kHz. Παραδοσιακά χρησιμοποιούνται τυποποιημένες ταχύτητες 45, 50, 75 και 100 baud και shifts 170, 425 και 850 Hz, καθώς και ποικιλία άλλων μη τυποποιημένων συνδυασμών. Οι ραδιοερασιτέχνες γενικά χρησιμοποιούν ταχύτητες μετάδοσης 45 και 50 baud και shift 170 Hz.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια το RTTY ήταν πολύ διαδεδομένο στα HF. Σήμερα η χρήση του έχει περιορισθεί αρκετά και εκτός από τους ραδιοερασιτέχνες, υπάρχουν κυρίως μερικά δελτία καιρού και εκπομπές ειδησεογραφικών πρακτορείων από τριτοκοσμικές χώρες. Επίσης χρησιμοποιείται εκτενώς σε στρατιωτικά δίκτυα. Οι εκπομπές γίνονται σε shift 170 Hz, 425 Hz και 850 Hz και με ταχύτητες 45, 50, 75 και 100 baud.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1 Η/Υ με ειδικό πρόγραμμα

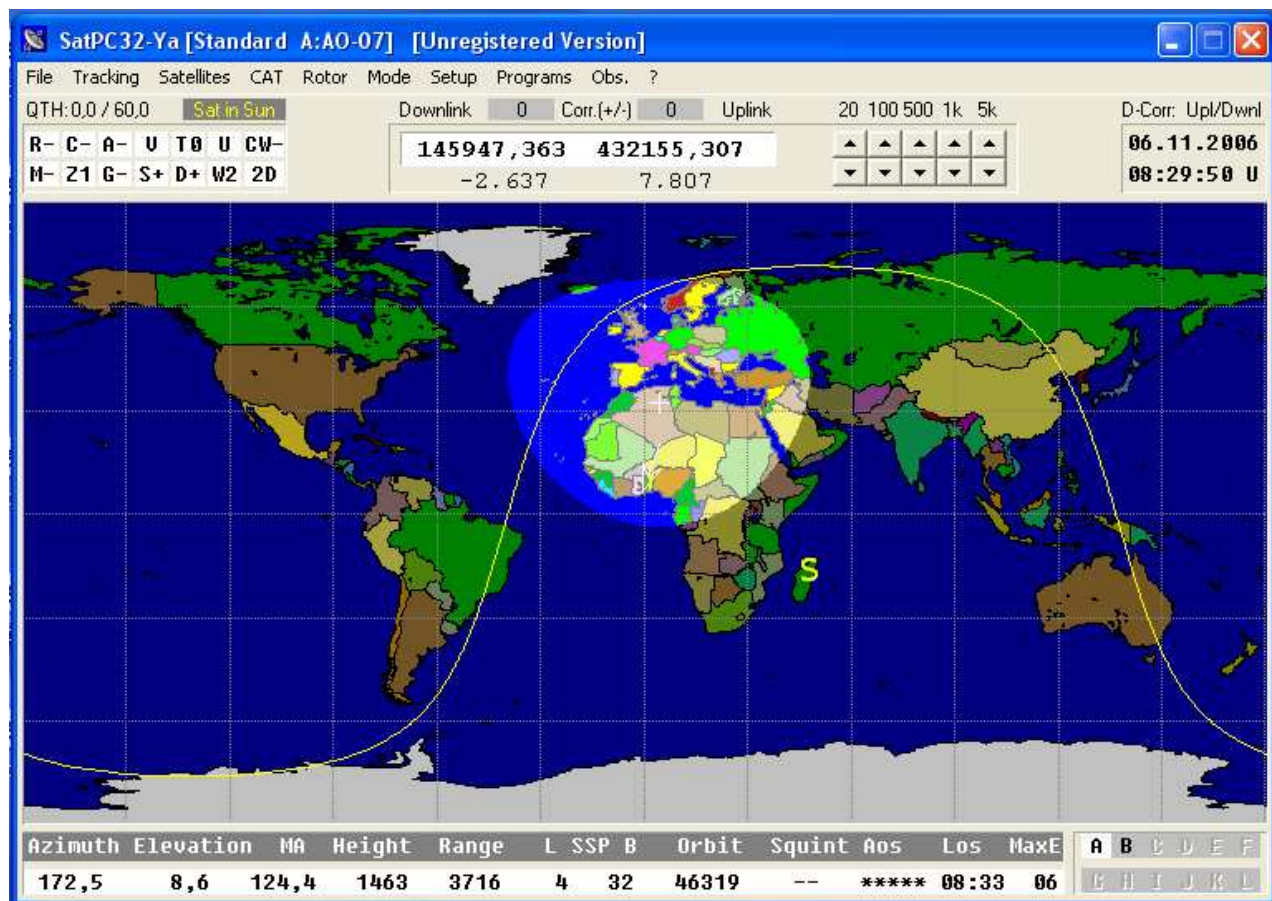
Για την υλοποίηση του συστήματος μας χρειαζόμαστε καταρχάς έναν Η/Υ ο οποίος θα έχει τοποθετημένη την κάρτα διασύνδεσης ISA και θα τρέχει πρόγραμμα κατάλληλο για τον έλεγχο κίνησης των κεραιών, εντοπισμό και παρακολούθηση του δορυφόρου καθώς και την αποστολή πακέτων μέσω πληκτρολογίου.

2.1.1 Προϋποθέσεις Η/Υ

Ας αρχίσουμε την ανάλυση αυτού του συστήματος με τον Η/Υ ο οποίος θα πρέπει να έχει τουλάχιστον τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- A) Επεξεργαστική δύναμη 500MHz
- B) Φυσική Μνήμη 256MB
- Γ) Λειτουργικό σύστημα Windows 95
- Δ) Θύρα υποδοχής ISA.

2.2 SATPC32



Το πρόγραμμα αυτό έχει σκοπό την εξομοίωση σε πραγματικό χρόνο του δορυφόρου και των χαρακτηριστικών του. Επιλέγουμε το δορυφόρο με το οποίον θα ασχοληθούμε, ήτοι ο AO-7.

Το πρόγραμμα θα μας παρουσιάσει την τροχιά του, την ακριβή του θέση, την συχνότητα εκπομπής 435MHz και λήψης 145MHz, το αζιμούθιο και το ELEVATION, MA, HEIGHT, RANGE, L, SSP, B, ORBIT, SQUINT, AOS, LOS, MAXE του. Μερικοί από τους όρους αυτούς επεξηγούνται αναλυτικότερα παρακάτω και οι περισσότεροι από αυτούς έχουν εξηγηθεί στην εισαγωγή αυτής της εργασίας.

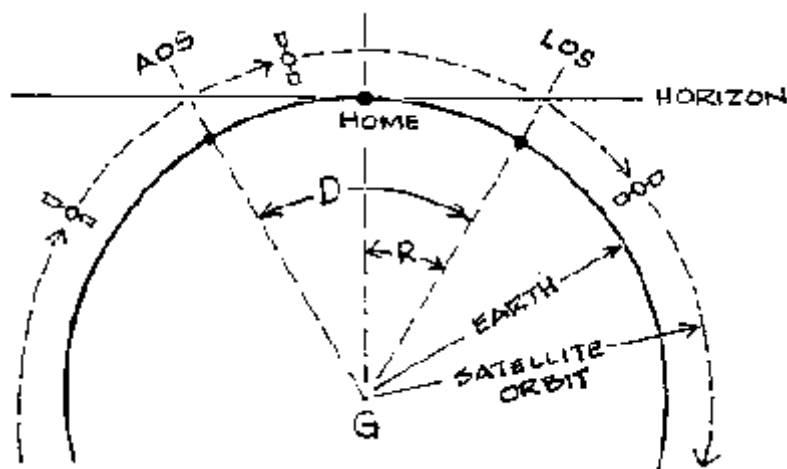
Μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες του προγράμματος είναι η συμβατότητα που έχει με τον Tracker. Μπορούμε να ελέγξουμε την θέση της κεραίας στον κατακόρυφο και οριζόντιο άξονα. Ουσιαστικά το πρόγραμμα λαμβάνει τις συντεταγμένες του δορυφόρου και κλειδώνει πάνω του. Δηλαδή εφόσον εντοπιστεί το στίγμα του το πρόγραμμα κατευθύνει αυτόματα μέσω του Controller τις κεραίες στην σωστή θέση με σκοπό την μόνιμη παρακολούθηση του δορυφόρου. Οι κεραίες θα λέγαμε διαγράφουν την τροχιά του δορυφόρου στον ορίζοντα. Από κει και πέρα τα πράγματα είναι εύκολα, γνωρίζουμε την ακριβή θέση του δορυφόρου και τον έχουμε διαθέσιμο για όση ώρα αυτός είναι πάνω από τον σταθμό βάσης μας.

2.2.1 Γενικοί όροι που πρέπει να γνωρίζουμε για το πρόγραμμα SATPC32

Height: Η απόσταση του σταθμού βάσης από την επιφάνεια της θάλασσας.

MaxE: Περιορισμός κατακόρυφου.

AOS LOS:

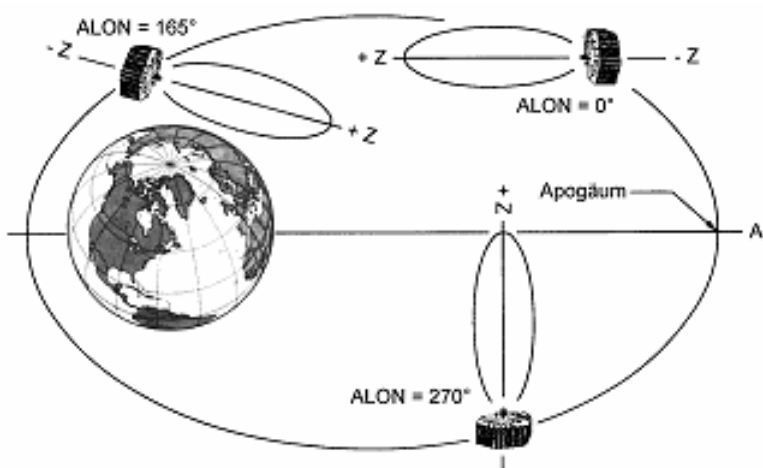


Αυτός ο κύκλος αντιπροσωπεύει την επιφάνεια της γης. Παραπάνω απεικονίζεται η τροχιά του δορυφόρου πάνω από την επιφάνεια της γης. Το σημείο HOME είναι η τοποθεσία που

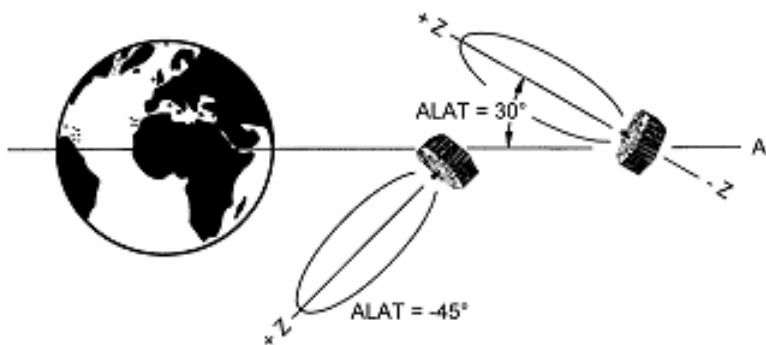
βρισκόμαστε κοινώς ο σταθμός βάσης μας. Ο δορυφόρος που επιθυμούμε να εξετάσουμε μπορεί να ανιχνευθεί στο σημείο AOS (Acquisition of Signal), δηλαδή είναι το σημείο στο οποίο δεχτήκαμε αρχικά το σήμα του δορυφόρου. Το σημείο στο οποίο χάνουμε το σήμα του δορυφόρου καλείται LOS (Loss of Signal). Μια καλή αναλογία θα ήταν να σκεφτούμε την ανατολή σαν AOS και την δύση σαν LOS.

SSP (Sub Satellite Point): Το σημείο στην επιφάνεια της γης μεταξύ δορυφόρου και γεωκεντρικού.

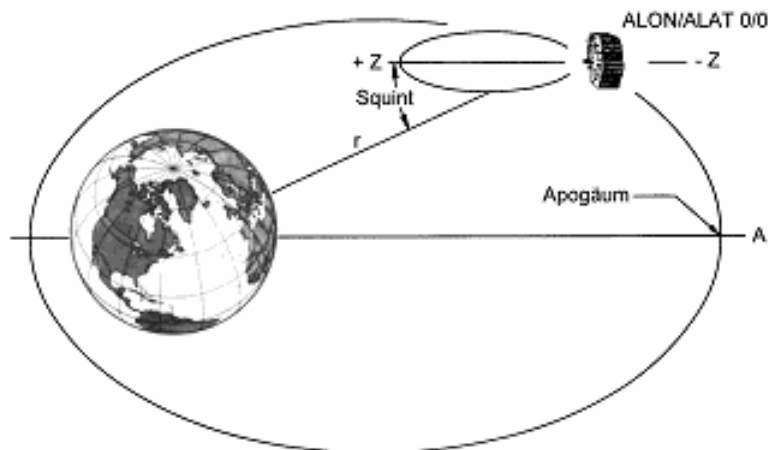
ALON: μας δείχνει την κατεύθυνση προς την γη.



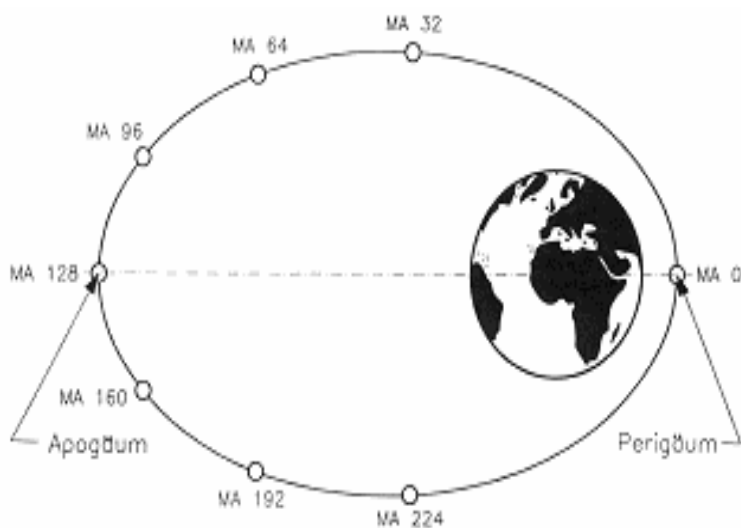
ALAT: μας δείχνει την κατεύθυνση στο κάθετο άξονα.



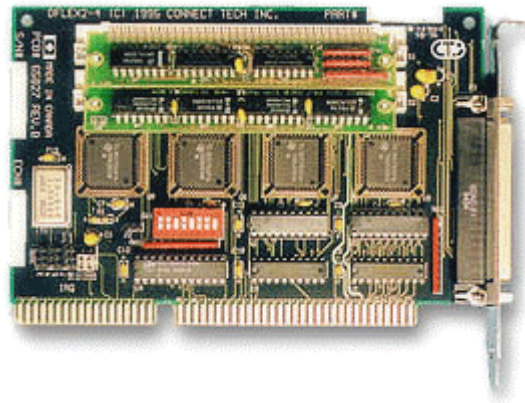
Η γωνία squint: μας δείχνει την απόκλιση των κεραιών του δορυφόρου προς την γη. Μπορούμε να δουλεύουμε όταν η γωνία αυτή είναι μικρότερη από 25 μοίρες.



MA: μας υποδηλώνει σε ποια φάση της τροχιάς βρίσκετε ο δορυφόρος. Η αρχή του μετρήματος είναι στο περίγειο MA=0 στο απόγειο MA =128.



2.3 Η κάρτα διασύνδεσης ISA

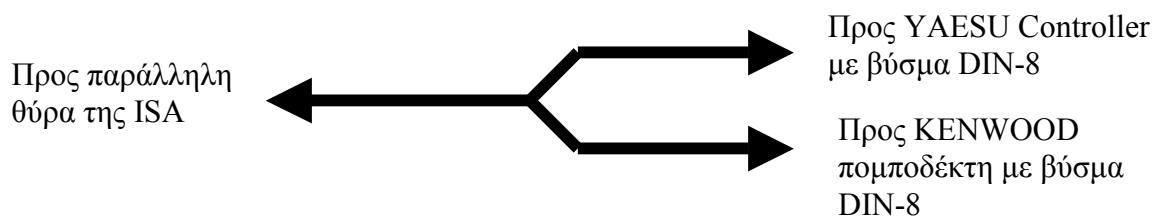


Η κάρτα διασύνδεσης ISA είναι της εταιρίας KANSAS CITY και ονομάζεται KANSAS CITY TUNER TRACKER. Σκοπός της είναι η επικοινωνία με το πρόγραμμα SATPC32 και του Tracker/Controller που κινεί τις κεραίες. Η κάρτα αυτή λαμβάνει δεδομένα μέσω του προγράμματος για την ακριβή θέση του δορυφόρου και δίνει εντολή στον ελεγκτή (Controller) να προσανατολίσει τη θέση των κεραιών για άμεση επικοινωνία σύμφωνα με το στίγμα του δορυφόρου. Άλλη μια πολύ σημαντική λειτουργία της κάρτας αυτής είναι η αυτόματη ρύθμιση της uplink και downlink συχνότητας και η αντιστάθμιση του doppler shift μέσω του πομποδέκτη καθώς περνάει ο δορυφόρος από πάνω μας. Το doppler shift μπορεί να είναι περισσότερο από 5 kHz. Επίσης μπορεί να στείλει αυτόματα το QSO που η ερμηνεία του εξηγείται παρακάτω.

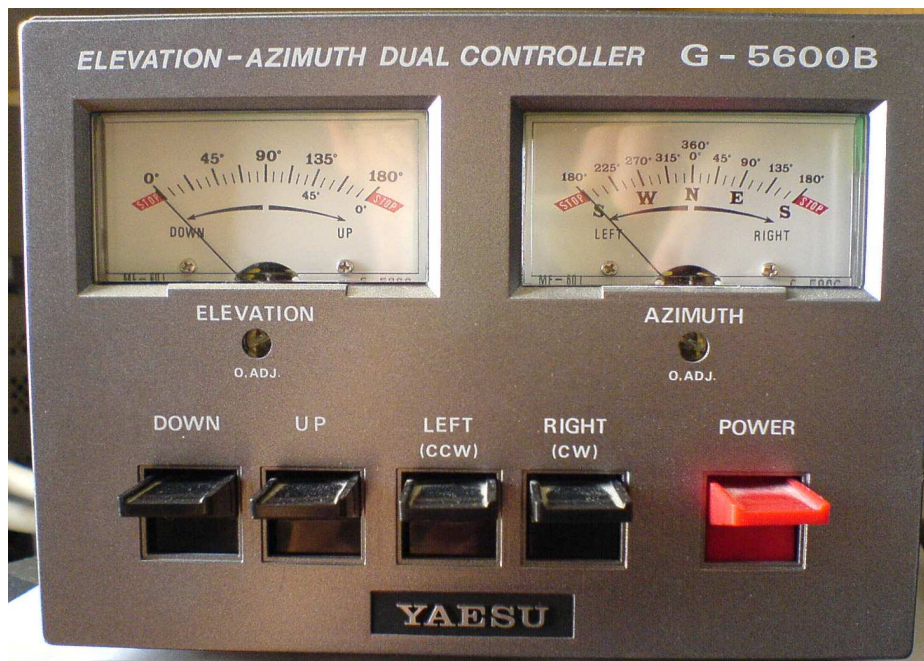
Πλεονεκτήματα: Α) Στο πέρασμα του δορυφόρου από πάνω μας, μπορούμε να τον χειριστούμε χωρίς να χρειάζεται συνεχώς να ρυθμίζουμε τις συχνότητες του πομποδέκτη μας. Β) Το δεύτερο πλεονέκτημα σχετίζεται με το εύρος ζώνης (pass band) του δορυφόρου. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το tuner για να ρυθμίσουμε την uplink συχνότητα, ο δορυφόρος βλέπει συνέχεια το uplink σήμα στο μέσο του εύρους ζώνης του.

Τεχνικό μέρος:

Η κάρτα έχει θύρα παράλληλης επικοινωνίας που ενώνεται με τον Controller. Το καλώδιο που ενώνει την εν λόγω κάρτα με τον Controller και τον πομποδέκτη μας έχει την εξής μορφή:



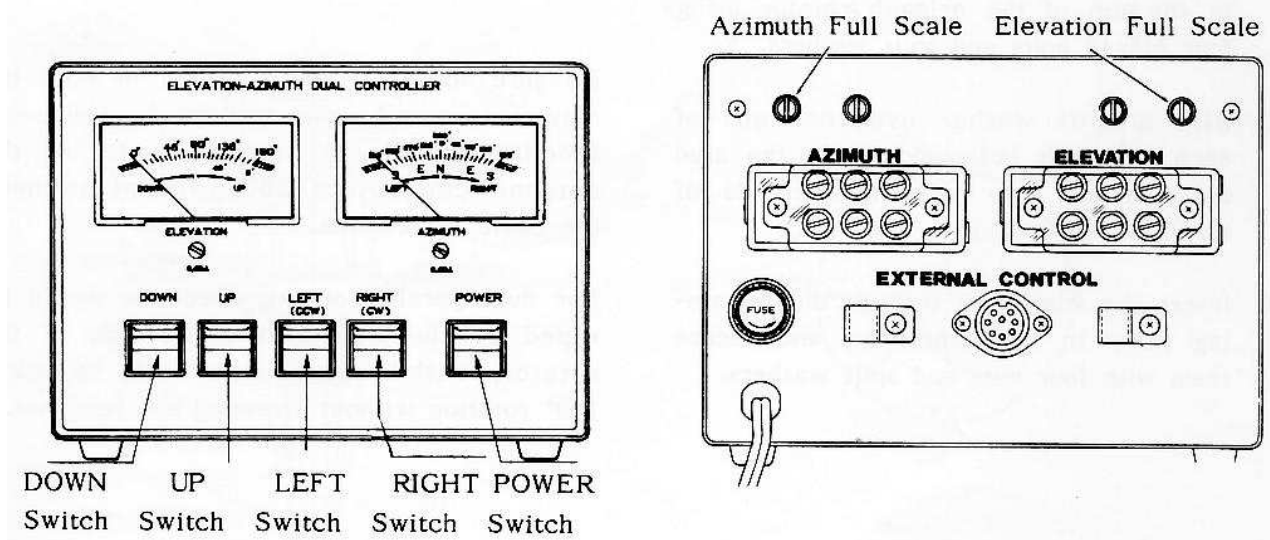
2.4 YAESU Controller



Ο YAESU Controller έχει σαν σκοπό την κίνηση των δορυφορικών κεραιών στο κατακόρυφο και οριζόντιο επίπεδο υπό τον χειριστικό έλεγχο από τον σταθμό βάσης. Ο μηχανισμός που κινεί τις κεραιές και απεικονίζεται παρακάτω έχει ειδική λαμαρίνα για προστασία στον καιρό για να παρέχει παραμένουσα λειτουργία υπό όλες τις κλιματολογικές συνθήκες. Περιέχει αισθητήρα θερμοκρασίας για να αποτρέψει ζημιά στο μοτέρ από υπερθέρμανση κατά την διάρκεια περιόδου υψηλής χρήσης. Ο controller έχει στην πρόσοψη του διπλούς μετρητές και διακόπτες κατεύθυνσης για το οριζόντιο επίπεδο (azimuth) σε κατεύθυνση πυξίδας και μοιρών για περιστροφή από 180° έως 360° και 360° έως 180°, για το κατακόρυφο επίπεδο (elevation) περιστροφή από 0° έως 180°. Ένα βύσμα (μορφής jack) εξωτερικού ελέγχου υπάρχει στο πλάι του controller για να επικοινωνεί με D to A μετατροπείς σε έναν εξωτερικό μικροϋπολογιστή ή άλλο display/controller.



Έχει δύο δυνατότητες, την χειροκίνητη λειτουργία και την αυτόματη μέσω Η/Υ. Η χειροκίνητη δεν θα μας απασχολήσει στην παρούσα φάση. Η αυτόματη λειτουργία του εξηγήθηκε παραπάνω, επικοινωνεί με την ISA μέσω παράλληλης σύνδεσης και προσανατολίζει τις κεραιές για άμεση επικοινωνία. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε το μπροστά αλλά και το πίσω μέρος της συσκευής. Στο πίσω μέρος της συσκευής βλέπουμε δύο πλαίσια με την ονομασία Azimuth και



Elevation, το κάθε πλαίσιο περιέχει δώδεκα βίδες, πάνω τους βιδώνονται τα καλώδια που κατεβαίνουν από το μοτέρ, το οποίο περιστρέφει τις κεραιές. Κάτω από το πλαίσιο αυτό διακρίνουμε την υποδοχή βύσματος της μορφής DIN8 που αναγράφει από πάνω External Controller και εκεί συνδέεται το καλώδιο που καταλήγει στην κάρτα διασύνδεσης ISA και έχει την μορφή που εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα στο πάνω μέρος της σελίδας 40.

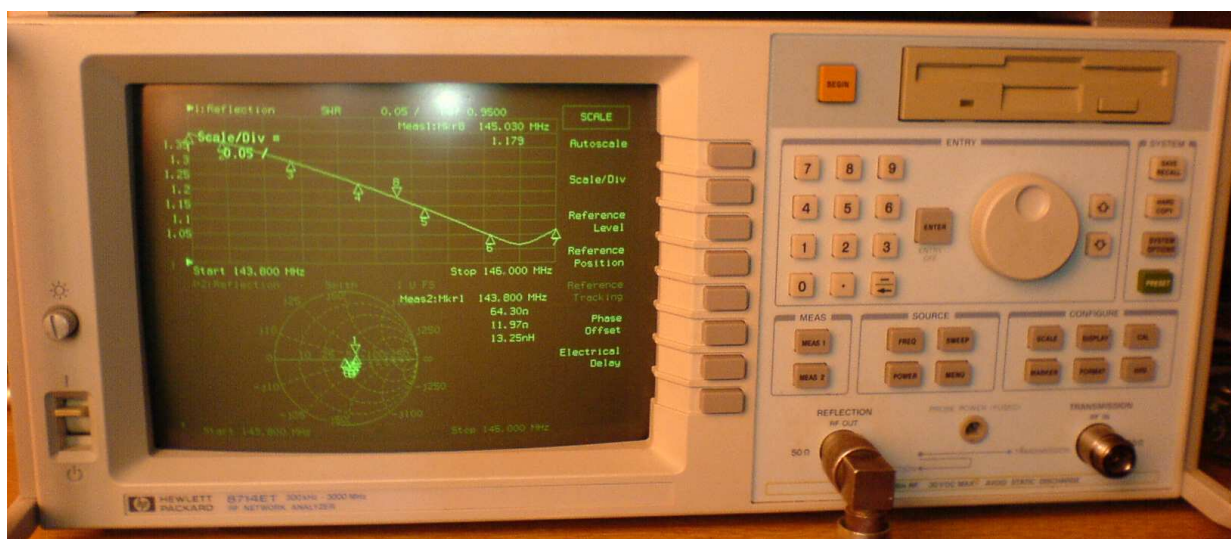
2.5 Κεραία Cross Yagi E + H polarization

Οι κεραιές που διαθέτουμε είναι της μορφής cross yagi E + H polarization όπως φαίνεται στο διπλανό σχέδιο. Όλες οι κεραιές είναι της εταιρίας Cushcraft. Οι δύο κεραιές τύπου 738XB χρησιμεύουν για downlink στη συχνότητα 432-438 MHz ενώ οι άλλες δύο κεραιές τύπου A14820T χρησιμεύουν για uplink στη συχνότητα



145-146 MHz. Η κάθε κεραία έχει 12dB ενίσχυση σήματος, τοποθετήσαμε τέσσερις κεραιές για μεγαλύτερη ενίσχυση σήματος όπως αντιλαμβάνεστε. Κάθε ζεύγος κεραιών θα αποδίδει 15 dB ενισχυμένο σήμα.

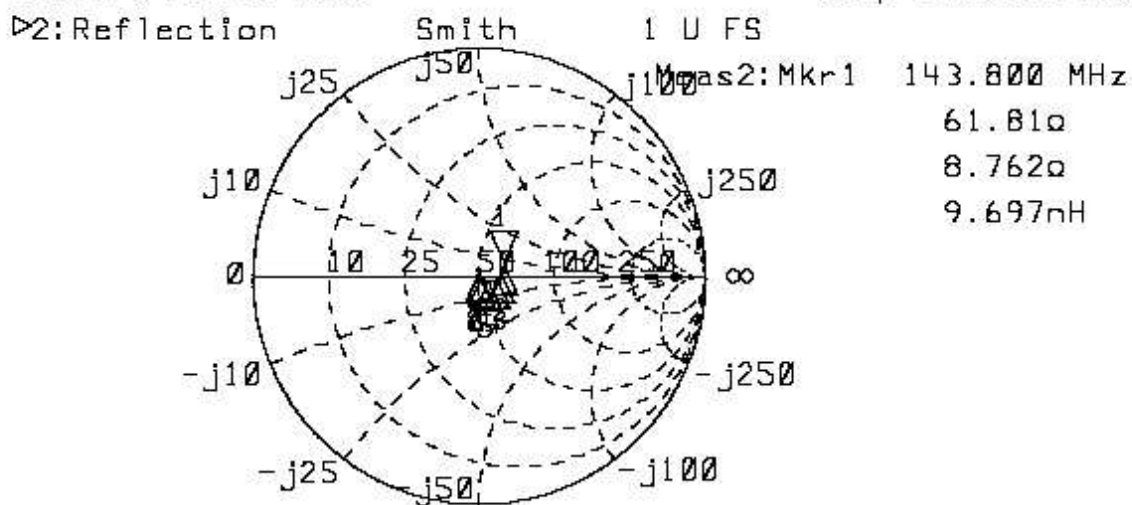
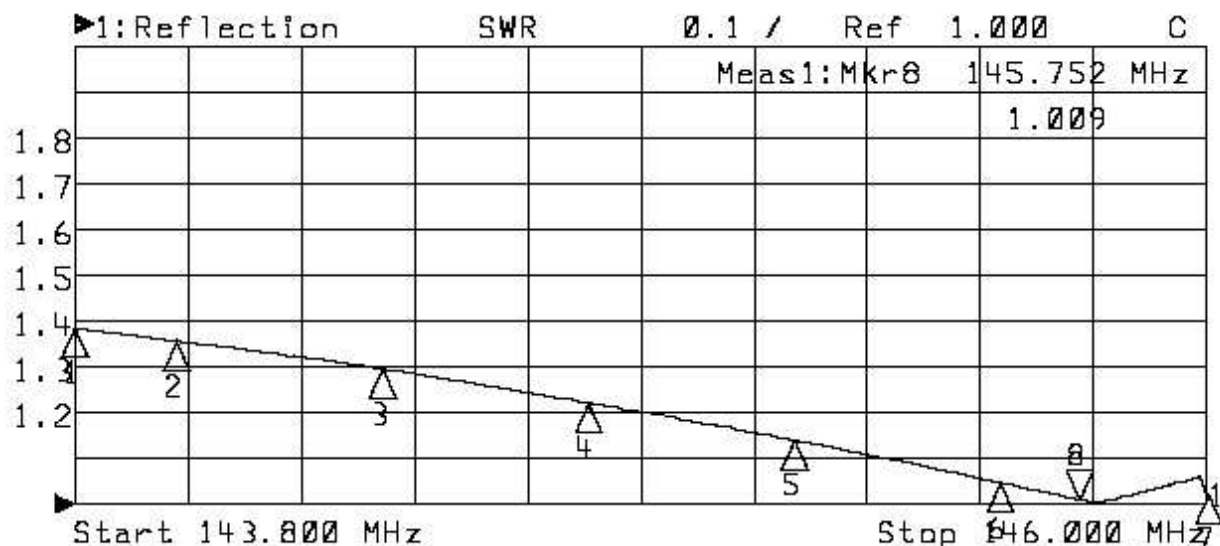
Μετά την συναρμολόγηση και τοποθέτηση των κεραιών στον ιστό, χρησιμοποιήσαμε το ειδικό μηχάνημα Network Analyzer της Hewlett Packard που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα για να μετρήσουμε τις απώλειες του καλωδίου, αφού πραγματοποιήσαμε calibration μεταξύ



καλωδίου, κεραιών και είσοδο του μηχανήματος έτσι ώστε να μηδενιστούν οι απώλειες στο σύστημα μας έγιναν οι μετρήσεις ανάκλασης (Reflection). Κοινώς μετρήθηκε και ρυθμίστηκε ο λόγος στασίμου κύματος (SWR). Σκοπός μας είναι να ρυθμίσουμε την χωρητικότητα και την αυτεπαγωγή των κεραιών με άμεσο αποτέλεσμα το όσο το δυνατόν χαμηλότερο λόγο στασίμου κύματος. Δηλαδή πολύ καλός συντονισμός της κεραίας για να μην έχουμε απώλειες λόγω ανάκλασης και να έχουμε το μέγιστο δυνατό σήμα.

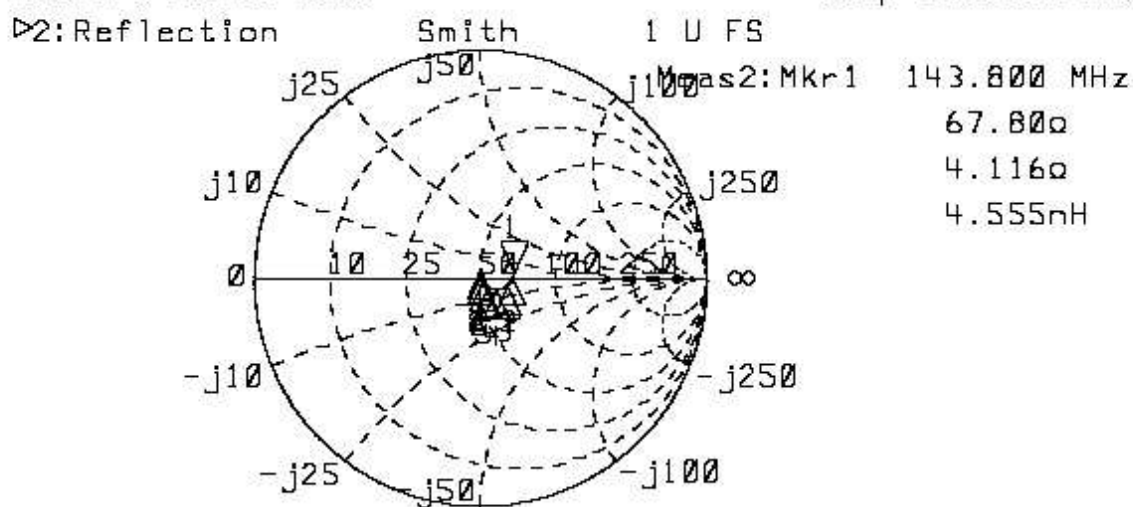
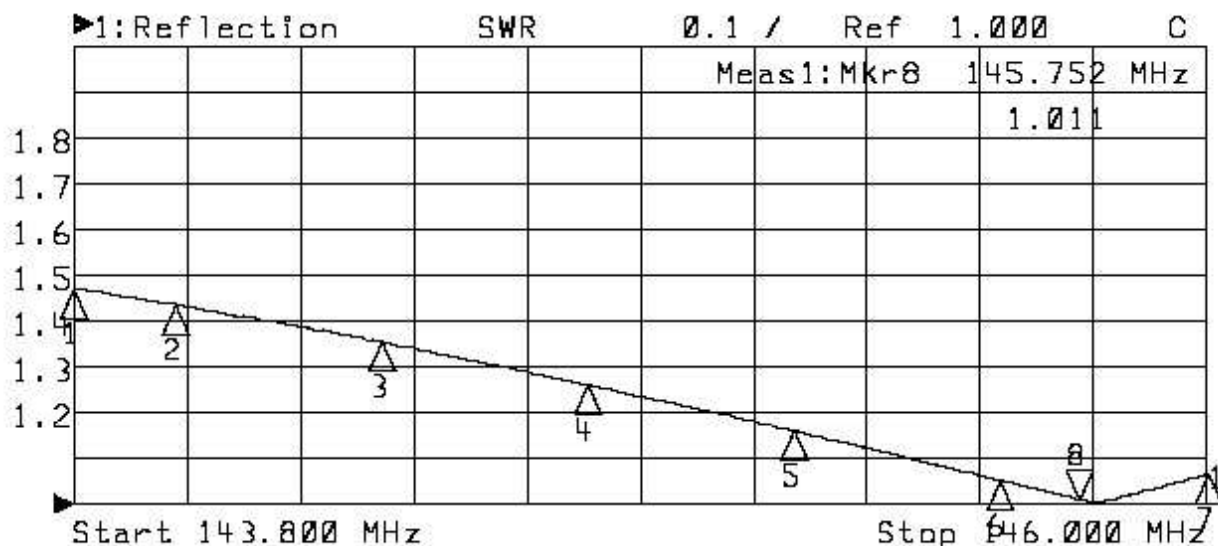
Στην παρακάτω απεικόνιση που προήλθε από ειδική εκτύπωση του Network Analyzer παρατηρούμε τον λόγο στασίμου κύματος που δίδεται σε καθαρό αριθμό στις συχνότητες 143MHz μέχρι 146MHz. Από τις μετρήσεις αντιλαμβανόμαστε ότι το καλύτερο σημείο της καμπύλης είναι ο marker 8 με λόγο στασίμου κύματος 1.020 στη συχνότητα 145.752MHz. Συνεπώς η καλύτερη συχνότητα για uplink είναι η προαναφερθείσα.

H1



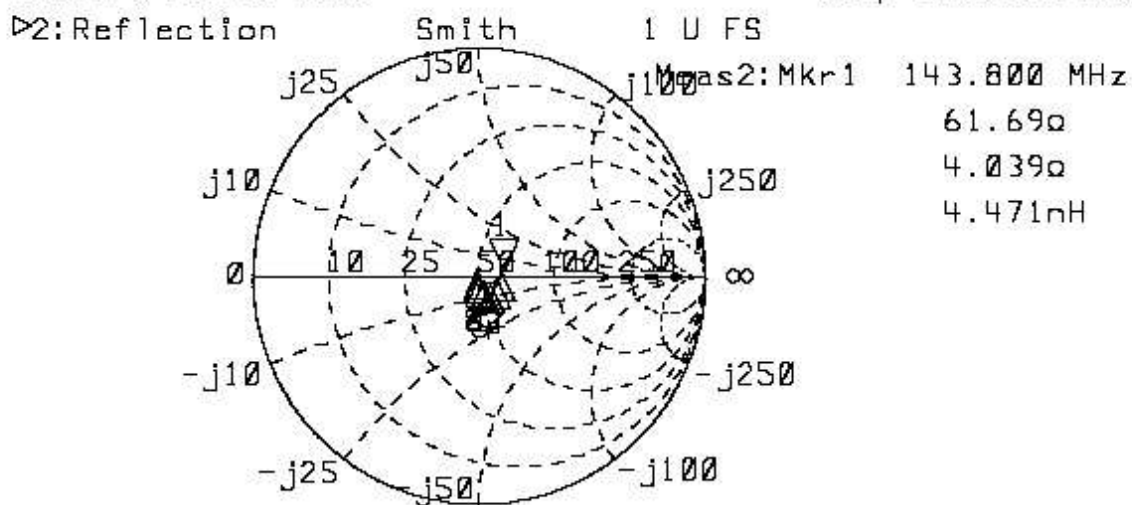
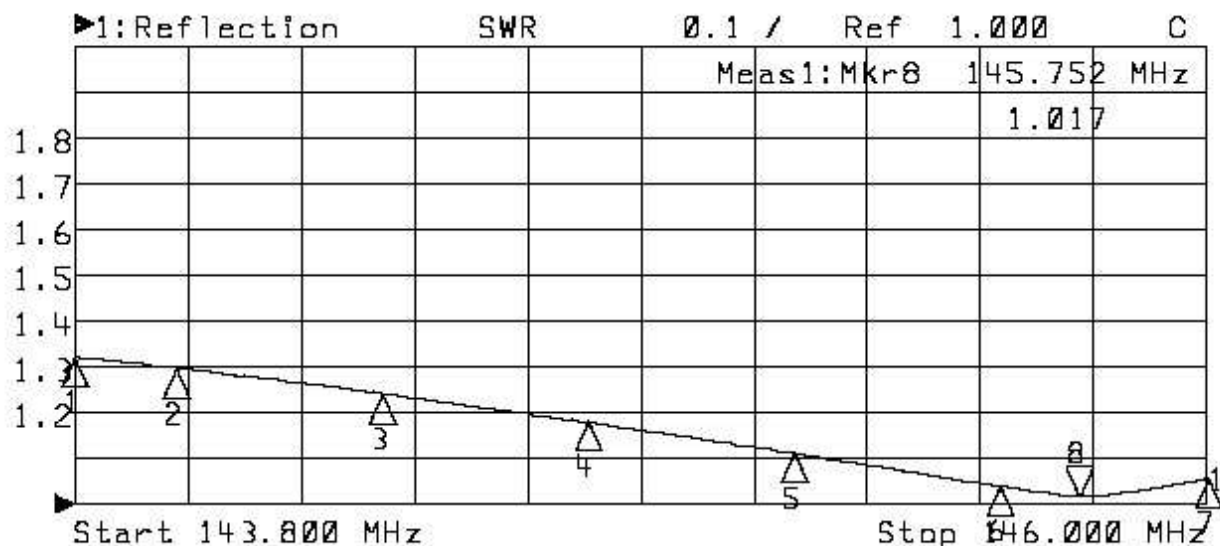
Start 143.800 MHz		Stop 146.000 MHz	
1: Mkr (MHz)		2: Mkr (MHz)	Ohm Ohm
1:	143.8000	1.383	1> 143.800 61.81 8.762
2:	144.0000	1.357	2: 144.000 62.38 6.201
3:	144.4000	1.294	3: 144.400 61.36 1.523
4:	144.8000	1.221	4: 144.800 58.18 -1.604
5:	145.2000	1.138	5: 145.200 54.31 -2.246
6:	145.6000	1.046	6: 145.600 50.84 -504.4m
7:	146.0000	1.021	7: 146.000 49.87 2.053
8>	145.7521	1.009	8: 145.752 49.86 730.9m

H2



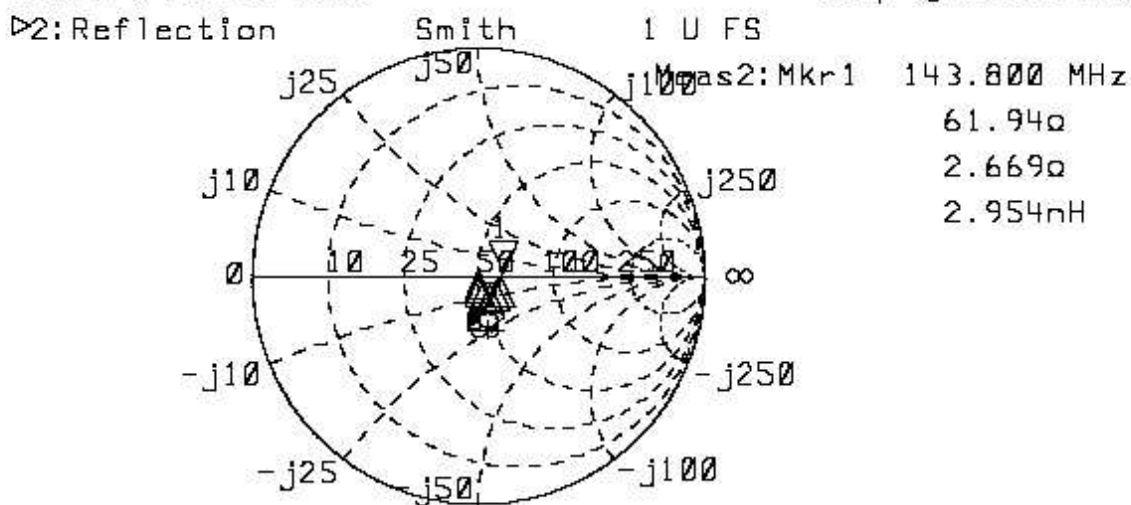
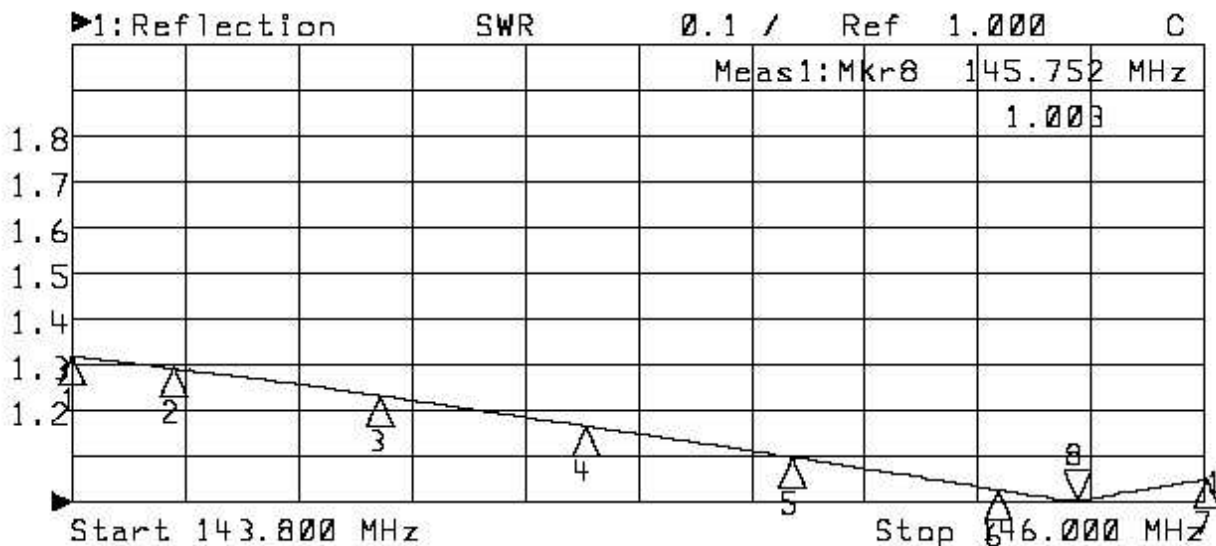
Start 143.800 MHz		Stop 146.000 MHz	
1: Mkr (MHz)		2: Mkr (MHz)	Ohm Ohm
1:	143.8000 1.472	1>	143.800 67.80 4.116
2:	144.0000 1.437	2:	144.000 66.88 944.0m
3:	144.4000 1.353	3:	144.400 62.88 -3.961
4:	144.8000 1.260	4:	144.800 57.81 -5.581
5:	145.2000 1.160	5:	145.200 53.30 -4.323
6:	145.6000 1.051	6:	145.600 50.56 -903.3m
7:	146.0000 1.065	7:	146.000 50.27 3.816
8>	145.7521 1.011	8:	145.752 50.12 775.3m

V1



Start 143.800 MHz			Stop 146.000 MHz		
1: Mkr (MHz)			2: Mkr (MHz)	Ohm	Ohm
1:	143.8000	1.322	1>	143.800	61.69 4.039
2:	144.0000	1.297	2:	144.000	61.24 1.908
3:	144.4000	1.241	3:	144.400	58.97 -1.501
4:	144.8000	1.178	4:	144.800	55.61 -3.006
5:	145.2000	1.110	5:	145.200	52.44 -2.538
6:	145.6000	1.038	6:	145.600	49.90 -488.6m
7:	146.0000	1.056	7:	146.000	48.67 3.047
8>	145.7521	1.017	8:	145.752	49.27 697.8m

V2

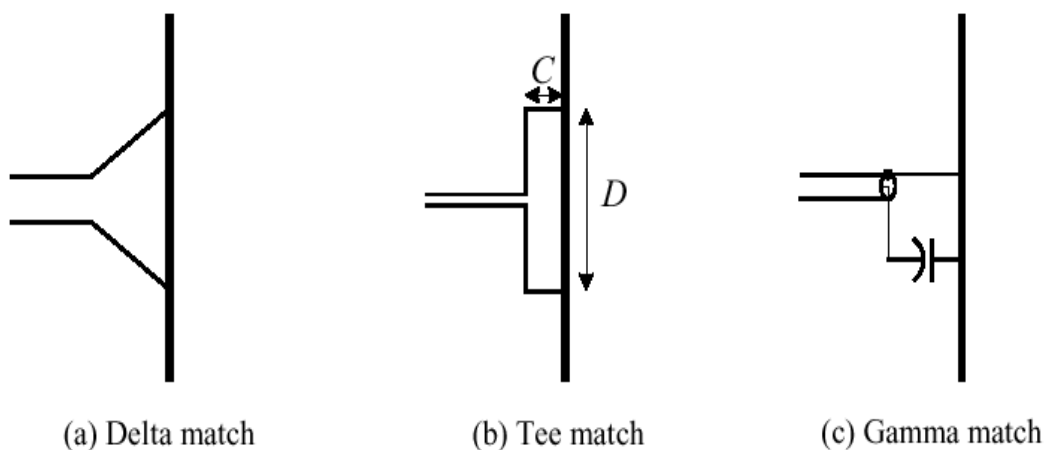


Start 143.800 MHz		Stop 146.000 MHz	
1: Mkr (MHz)		2: Mkr (MHz)	Ohm Ohm
1:	143.8000 1.319	1>	143.800 61.94 2.669
2:	144.0000 1.293	2:	144.000 61.15 461.0m
3:	144.4000 1.232	3:	144.400 58.21 -2.657
4:	144.8000 1.165	4:	144.800 54.64 -3.448
5:	145.2000 1.097	5:	145.200 51.72 -2.383
6:	145.6000 1.025	6:	145.600 49.98 30.38m
7:	146.0000 1.049	7:	146.000 49.88 3.203
8>	145.7521 1.003	8:	145.752 49.73 1.175

2.5.1 Προσαρμογή της κεραίας με τη γραμμή μεταφοράς

Κάθε κεραία ανάλογα με τον τύπο της αλλά και το ύψος που βρίσκεται από την γη, παρουσιάζει στο σημείο τροφοδοσίας της μία σύνθετη αντίσταση η οποία μπορεί να κυμαίνεται από ελάχιστα Ωhm έως και αρκετές εκατοντάδες Ωhm . Καταλαβαίνει λοιπόν κανείς ότι δεν είναι δυνατόν να υπάρχει για κάθε περίπτωση και μία ειδική γραμμή μεταφοράς που να προσαρμόζεται άριστα με την κεραία, από την άλλη μεριά, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές ραδιοερασιτεχνικών μηχανημάτων χρησιμοποιούν στην έξοδο των πομποδεκτών αποκλειστικά ομοαξονικό καλώδιο 50 Ωhm . Έτσι λοιπόν για την επίλυση όλων αυτών των προβλημάτων δημιουργήθηκαν διάφοροι μέθοδοι προσαρμογής της γραμμής μεταφοράς με την κεραία.

Ένας εναλλακτικός τρόπος αύξησης της αντίστασης εισόδου, που παρακάμπτει τα μειονεκτήματα της ασύμμετρης τροφοδότησης, είναι η λεγόμενη παράλληλη τροφοδότηση (shunt feeding). Το παρακάτω σχήμα περιλαμβάνει ορισμένες από τις μορφές παράλληλης τροφοδότησης όπως: η Γ -προσαρμογή (gamma match), Δ -προσαρμογή (delta match) και η T-προσαρμογή (tee match).

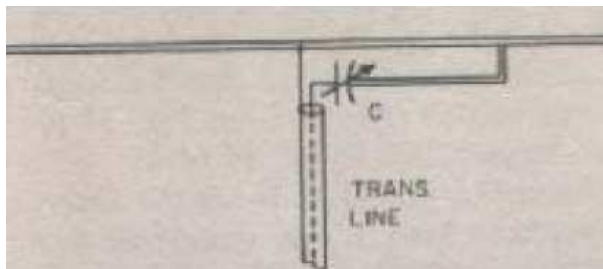


Τύποι παράλληλης τροφοδότησης (shunt feeding)

Η κατάλληλη επιλογή των αποστάσεων D και C οδηγεί στην αύξηση της αντίστασης του δίπολου όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από τη γραμμή μεταφοράς.

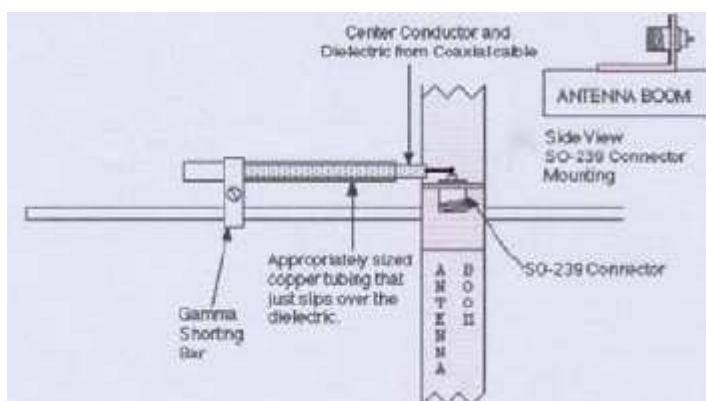
Η T-προσαρμογή αποτελεί την πιο απλή περίπτωση και μέσω αυτής μπορούν να γίνουν κατανοητές οι αρχές λειτουργίας της παράλληλης τροφοδότησης. Συγκεκριμένα, η T προσαρμογή μπορεί να αντιμετωπισθεί ως 2 βραχυκυκλωμένες γραμμές μεταφοράς (μήκους $D/2$) και ένα δίπολο με μεγάλο διάκενο (D). Οι βραχυκυκλωμένες γραμμές είναι μικρότερες από $\lambda/4$, οπότε στα άκρα τους παρουσιάζουν επαγωγική αντίσταση. Αντίθετα, το δίπολο παρουσιάζει χωρητική αντίσταση λόγω του μεγάλου διακενου. Στο σύνολο, η επαγωγική αντίσταση αντισταθμίζει την χωρητική, γεγονός που διευκολύνεται και από τη χρήση μεταβλητού πυκνωτή (όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, Γ -προσαρμογή).

Όταν πρόκειται να τροφοδοτήσουμε μια κεραία με μία ασύμμετρη γραμμή μεταφοράς (unbalanced), όπως είναι η ομοαξονική (coaxial), τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μισό T-match. Μία τέτοια συνδεσμολογία φαίνεται στο διπλανό σχήμα και ονομάζεται Gamma match. Στην πράξη ο



πυκνωτής C παρουσιάζει πρόβλημα στην τοποθέτηση του, γιατί θα πρέπει να προφυλαχτεί πολύ καλά από την υγρασία, τις σκόνες κ.λ.π. Έτσι λοιπόν μπορεί να αντικατασταθεί από ένα κομμάτι καλωδίου coaxial, που του έχει αφαιρεθεί το μπλεντάζ και η εξωτερική επένδυση και το έχουμε βάλει μέσα σε ένα σωληνάκι αλουμινίου έτσι ώστε να μπορεί να ολισθαίνει σχετικά

σφιχτά μέσα σ' αυτό. Το άλλο άκρο από το σωληνάκι το βραχυκυκλώνουμε με την κεραία μέσω ενός μετακινούμενου στηρίγματος, έτσι ώστε να είναι εύκολες οι ρυθμίσεις όπως φαίνεται από το διπλανό σχήμα. Έχουμε κατασκευάσει δηλαδή έναν κυλινδρικό πυκνωτή, του οποίου η χωρητικότητα μεταβάλλεται



μετακινώντας τον σωλήνα ή το Slide-bracket, έτσι ώστε να επιτύχουμε τέλειο συντονισμό της κεραίας. Αυτός ο τύπος του Gamma match χρησιμοποιείται ευρύτατα, κυρίως στις κεραίες τύπου Yagi που είναι κατασκευασμένες από σωλήνες αλουμινίου, τόσο γιατί κατασκευάζεται εύκολα, όσο και γιατί μπορούμε να ρυθμίσουμε πανεύκολα την προσαρμογή μίας ομοαξονικής γραμμής μεταφοράς με την κεραία.. Στην περίπτωση μας ο πυκνωτής είναι κατασκευασμένος και τυποποιημένος από την Cushcraft.

2.5.2 Stacking και Matching Yagis

Stacking

Όταν χρησιμοποιούμε Yagi κεραίες για να πετύχουμε μεγαλύτερο κέρδος (gain) υπάρχουν δύο μέθοδοι, ή να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερη κεραία ή να χρησιμοποιήσουμε δυο μικρότερες παράλληλα stacking. Με τον όρο stacking εννοούμε την οριζόντια απόσταση μεταξύ των κεραίων. Ο πρώτος τρόπος μπορεί να ακούγεται ευκολότερος αλλά είναι πιο δύσκολος να γίνει στην πράξη γιατί για να επιτύχουμε 3dB κέρδος θα πρέπει να φτιάξουμε σχεδόν διπλάσια κεραία σε μήκος, έτσι πρέπει να βρεθεί ρότορας που να μπορεί να αντέξει την παραπάνω ροπή. Με το stacking μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 2 κανονικές κεραίες που έχουν από 12dB κέρδος η κάθε μια και σε συστοιχία έχουν σχεδόν 15dB κέρδος. Ανάλογα με

το εάν κάνουμε οριζόντιο ή κάθετο stacking κανονίζουμε σε πια πόλωση θα έχουμε στενότερη δέσμη. Εάν θέλουμε να έχουμε στενότερη δέσμη στο οριζόντιο (H) επίπεδο κάνουμε κάθετο stacking, εάν θέλουμε πιο ευρεία δέσμη κάνουμε οριζόντιο stacking. Αφού επιλέξουμε τι stacking θα κάνουμε πρέπει να υπολογίσουμε σε τι απόσταση θα βάλουμε τις δυο κεραίες. Για να υπολογίσουμε την απόσταση χρησιμοποιούμε τον τύπο $S = 51/3dB \text{ beamwidth}$ όπου το S μετριέται σε μήκος κύματος (ίντσες). Έπειτα χρησιμοποιούμε τον τύπο $11803/F$ όπου F είναι η συχνότητα που θα χρησιμοποιήσουμε σε MHz. Το αποτέλεσμα που βρίσκουμε το πολλαπλασιάζουμε με το S και βρίσκουμε την απόσταση που πρέπει να τοποθετηθούν οι κεραίες σε ίντσες.

Στην δική μας περίπτωση θα κάνουμε stacking στο κάθετο(E) επίπεδο. Οι κεραίες τύπου A14820T έχουν εύρος δέσμης 3dB 45 μοίρες και η συχνότητα uplink είναι 145MHz. Έτσι για να βρούμε την απόσταση των δυο κεραιών χρησιμοποιούμε τους τύπους:

$$S=51/45=1,13333$$

$$11803/145=81,4$$

$$81,4*1,1333=92,25 \text{ in} = 2,34 \text{ m}$$

Για το downlink έχουμε τις κεραίες τύπου 738XB οι οποίες έχουν εύρος δέσμης 3dB 25 μοίρες και συχνότητα 435MHz.

$$S=51/25=2,04$$

$$11803/435=27,1333$$

$$27,1333*2,04=55,35 \text{ in} = 1,41 \text{ m}$$

Matching

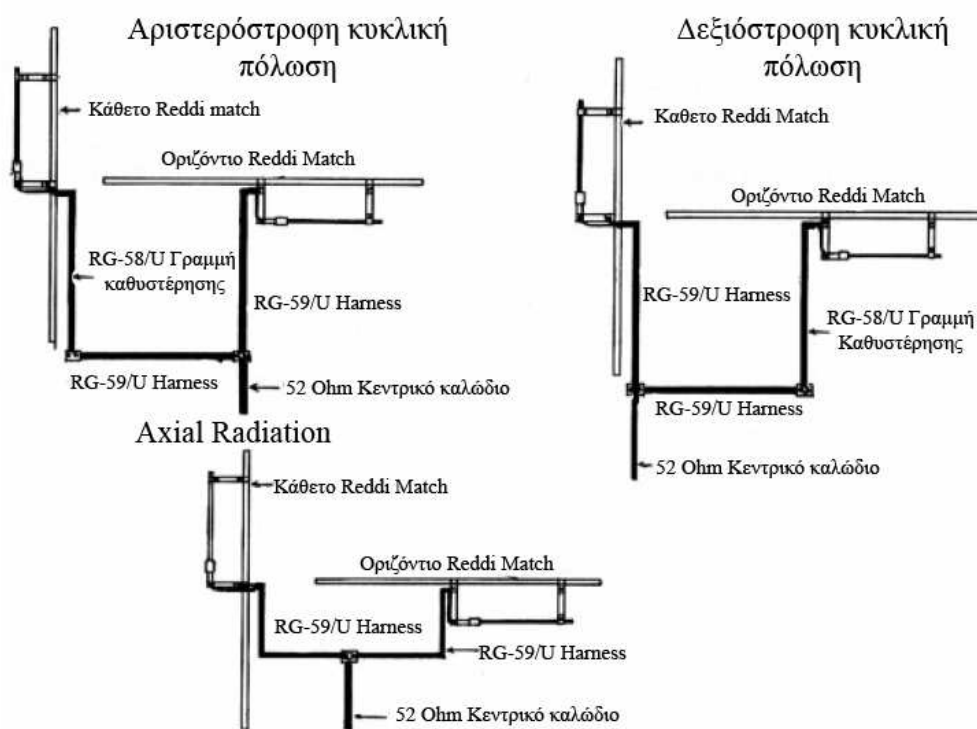
Για να γίνει το Matching των κεραιών υπάρχουν πολλοί τρόποι οι πιο συνηθισμένοι είναι με power divider ή με Harness. Με τον όρο matching εννοούμε γενικά την προσαρμογή εισόδου εξόδου της κεραίας. Στην πτυχιακή μας εργασία θα χρησιμοποιήσουμε τον πρώτο τρόπο.

Harness:

Για να γίνει το Harness χρειαζόμαστε καλώδια (RG-58, RG-59) και t-connectors (n type). Με το harness μπορούμε να δημιουργήσουμε κυκλική πόλωση αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη, ή αξονική ακτινοβολία (axial radiation). Για εγκαταστάσεις που απαιτείται μόνο ένα είδος πόλωσης το Harness μπορεί να τοποθετηθεί μόνιμα στην κεραία όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες και έτσι χρειάζεται ένα μόνο καλώδιο από τον t-connector για τον πομπό. Για να πετύχουμε αριστερόστροφη πόλωση προσθέτουμε στο κάθετο Gamma Match μια γραμμή καθυστέρησης (RG-58/U) η οποία έχει $\lambda/4$ μήκος. Για δεξιόστροφη πόλωση συνδέουμε την γραμμή καθυστέρησης στο οριζόντιο Gamma Match. Για να υπολογίσουμε το μήκος της γραμμής καθυστέρησης πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο:

$2952 * (\text{Velocity Factor}) / \text{Frequency (MHz)} = \text{Το μήκος σε ίντσες.}$

Ο Παράγοντας Ταχύτητας (Velocity Factor) του καλωδίου είναι μια τιμή που δείχνει την ταχύτητα που περνάει ένα ηλεκτρικό σήμα μέσα από κάποιο καλώδιο. Εκφράζεται σε ποσοστό και είναι η αναλογία της ταχύτητας αυτής σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός. Εάν θέλουμε axial radiation, δηλαδή να εκπέμπουν και οι δύο κεραίες ταυτόχρονα αφαιρούμε την γραμμή καθυστέρησης και από τα δυο Gamma Match και συνδέουμε κατευθείαν τα δυο RG-59 του Harness στα δυο Gamma Match της κεραίας.



Power Divider:

Για να κάνουμε προσαρμογή της αντίστασης ενός φορτίου(κεραία) στην γραμμή μεταφοράς ώστε να συνδεθεί στον πομπό παίρνουμε τον γενικό τύπο:

$$Z_0 = Z_C \frac{Z_L + j \cdot Z_C \cdot \tan Bl}{Z_L + y \cdot Z_C \cdot \tan Bl} \quad \text{όπου}$$

Z_C = αντίσταση γραμμής, Z_L = αντίσταση φορτίου, l = μήκος, B = φάση

και επειδή εμείς χρησιμοποιούμε συγκεκριμένα $\lambda/4$ γραμμή μεταφοράς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο : $Z_0 = \sqrt{(Z_1 \cdot Z_2)}$ όπου Z_1 = αντίσταση εισόδου και Z_2 = αντίσταση εξόδου. Αφού υπολογίσουμε την Z_0 μπορούμε να υπολογίσουμε τις διαστάσεις για τους power divider που θα κατασκευάσουμε. Για κάθε συχνότητα πρέπει να κατασκευαστεί διαφορετικός power divider. Για συχνότητα 435MHz χρησιμοποιήσαμε εξωτερικά ορθογώνιο

χάλκινο σωλήνα και εσωτερικά κυλινδρικό σωλήνα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Για να υπολογίσουμε την διάμετρο του εξωτερικού και του εσωτερικού σωλήνα χρησιμοποιούμε τον τύπο για τετράγωνο εξωτερικό σωλήνα που είναι $Z_0 = 138 \cdot \log \frac{1,08 \cdot D}{d}$ όπου Z_0 χρησιμοποιούμε το αποτέλεσμα που βρήκαμε στον προηγούμενο τύπο, όπου D είναι η εσωτερική πλευρά του εξωτερικού σωλήνα και d η εξωτερική διάμετρος του εσωτερικού σωλήνα. Για να υπολογίσουμε το μήκος L θα πρέπει από το κέντρο του N-type connector να βρούμε το μήκος κύματος για συχνότητα 435MHz από τον τύπο $\lambda = c/f$ και μετά να βρούμε το μήκος $\lambda/2$. Για συχνότητα 145MHz κάνουμε σχεδόν τα ίδια βήματα με μια διαφορά, χρησιμοποιούμε τον τύπο $Z_0 = 138 \cdot \log \frac{D}{d}$ για κυκλικό εξωτερικό σωλήνα για να υπολογίσουμε τις διαμέτρους των σωλήνων, ενώ για το μήκος L χρησιμοποιούμε τον τύπο $\lambda = c/f$ και μετά βρίσκουμε εμείς πόσο είναι τα $\lambda/4$ για την εσωτερική σωλήνα από πού συνδέει τους N-connectors. Παρακάτω επισυνάπτουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς για τις διαστάσεις του Power divider.

Για τη συχνότητα 435 MHz έχουμε:

$$Z_0 = \sqrt{(Z_1 \cdot Z_2)} = 35.4\Omega$$

$$Z_0 = 138 \cdot \log \frac{1,08 \cdot D}{d} \Rightarrow 35.4 = 138 \cdot \log \frac{1,08 \cdot D}{d} \Rightarrow 0.256 = \log \frac{1,08 \cdot 0.689}{d}$$

όπου $D=17.5\text{mm} \rightarrow 0.689\text{inches}$

$$\Rightarrow d = 0.4127\text{inches} = 10.48\text{mm}.$$

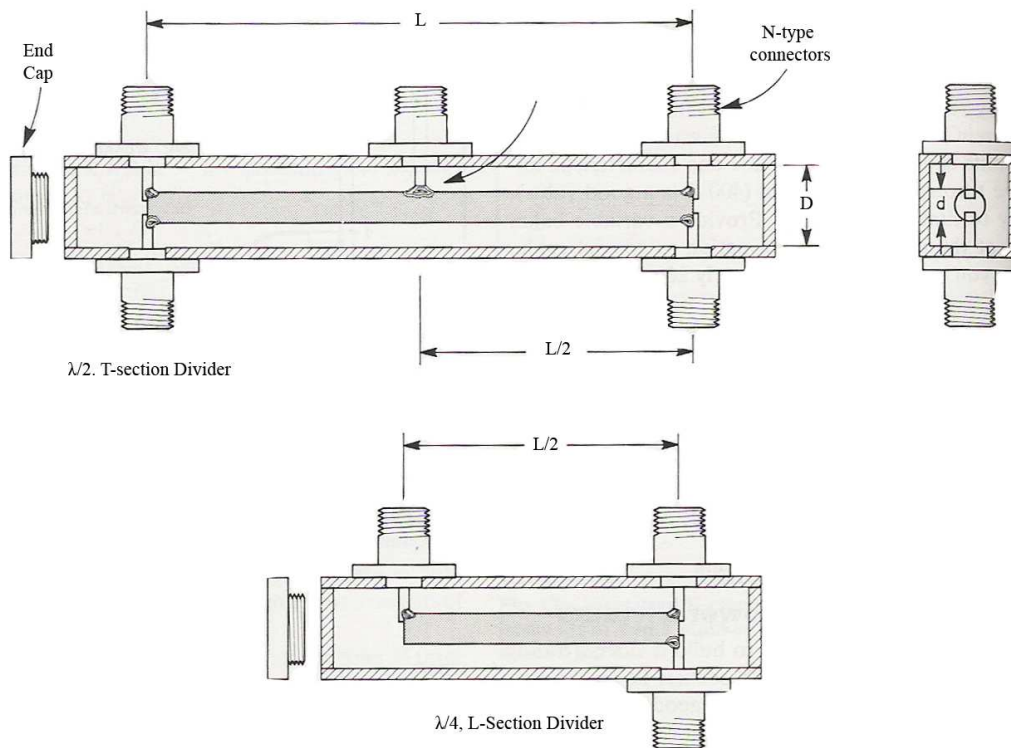
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2.99792458 \cdot 10^8}{435 \cdot 10^6} = 0.689\text{m}, \quad \frac{\lambda}{2} = 0.3445\text{m}$$

Για τη συχνότητα 145.5 MHz έχουμε:

$$Z_0 = \sqrt{(Z_1 \cdot Z_2)} = 35.4\Omega$$

$$Z_0 = 138 \cdot \log \frac{D}{d} \Rightarrow 35.4 = 138 \cdot \log \frac{17}{d} \Rightarrow 0.256 = \log \frac{17}{d} \Rightarrow d = 9.428\text{mm}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2.99792458 \cdot 10^8}{145.5 \cdot 10^6} = 2.0604\text{m}, \quad \frac{\lambda}{4} = 0.5151\text{m}$$



(Length of $\lambda/2$, T-section dividers; divide by 2 for $\lambda/4$, L-Section type)

f (MHz)	L (mm)	L (inches)
432	347	13-13/16
1296	116	4-9/16
2304	65	2-9/16

Division ratio	$\lambda/4$ L Section		$\lambda/2$ L Section	
	Z	D/d	Z	D/d
2:1	35.4 Ω	1.67	70.7 Ω	2.98
3:1	28.9 Ω	1.50		
4:1	25.0 Ω	1.40	50.0 Ω	2.13
6:1			40.8 Ω	1.83
8:1			35.4 Ω	1.67

Ο παραπάνω πίνακας είναι έγκυρος για συστήματα 50 Ohms

2.5.3 Γιατί Κυκλική Πόλωση

Έχει καλύτερη απόρριψη σε ανακλάσεις από τις γραμμικές (οριζόντια και κάθετη). Η εξήγηση απλή: Όταν σε μία ζεύξη πομπού - δέκτη μεταξύ των δύο κεραιών παρεμβληθεί μία "τέλεια" ανακλαστική επιφάνεια, αυτό ισοδυναμεί με μία δεύτερη κεραία και απουσία ανάκλασης. Η δεύτερη αυτή κεραία τοποθετείται στο κατοπτρικό σημείο, ως προς την επιφάνεια, της πρώτης. Αναλόγως τώρα της διάταξης της κεραίας ως προς την ανακλαστική επιφάνεια (παράλληλη ή κάθετη) η κατοπτρική κεραία θα είναι σε φάση ή αντίφαση με την πρώτη. Η παράλληλη είναι συμφασική, ενώ η κάθετη σε αντίφαση γιατί έχει περιστραφεί κατά 180 μοίρες. Όταν κάθεστε μπροστά σ' ένα καθρέπτη δεν βλέπετε "κεφάλια κάτω" όπως η κινηματογραφική μηχανή αλλά βλέπετε την μύτη και όχι την πλάτη σας, γιατί το είδωλό σας έχει περιστραφεί.

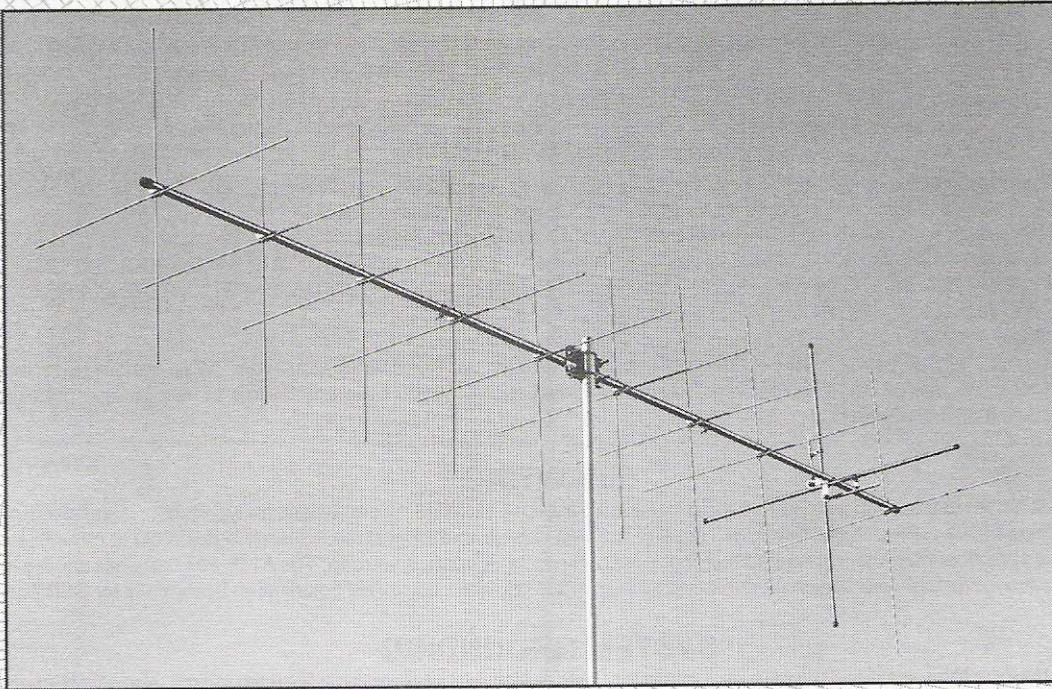
Η διεύθυνση της γραμμικής πόλωσης κατά την ανάκλαση παραμένει η ίδια, η στάθμη όμως του σήματος στο σημείο λήψης μπορεί να πέσει πολύ στην περίπτωση όπου η διαφορά του δρόμου με την επιπλέον ηλεκτρική διαφορά φάσης λόγω ανάκλασης καταλήξουν σε μία

ανακλώμενη δέσμη που αντιμάχεται την κατ' ευθείαν. Η κεραία λήψης δεν προσφέρει καμία προστασία από ανακλάσεις που έγιναν κοντά στην κεραία του πομπού. Μόνο λόγω διαγράμματος μπορεί να προσφέρει προστασία από ανακλάσεις κοντά στο σημείο λήψης.

Στην κυκλική πόλωση συνυπάρχουν και οι δύο συνιστώσες γραμμικής πόλωσης με ίσα μέτρα και χωρική διαφορά 90 μοιρών μεταξύ τους. Ανάκλαση σε οριζόντια ή κάθετη επιφάνεια θα προκαλέσει την ηλεκτρική αντιστροφή της φάσης του ενός μόνο διανύσματος. Η αντιστροφή αυτή ισοδυναμεί με αλλαγή της φοράς περιστροφής της συνισταμένης. Η δεξιόστροφη θα γίνει αριστερόστροφη και το ανάποδο. Η κεραία στο σημείο της λήψης έχει μεγάλη ικανότητα στην απόρριψη της αντίθετης περιστροφής και για το λόγο αυτό θα υποβιβάσει την συνεισφορά της ανάκλασης στη λήψη.

Μία λεπτομέρεια: Αυτά ισχύουν για περιττό αριθμό ανακλάσεων. Για άρτιο αριθμό η φορά περιστροφής είναι αυτή της κατ' ευθείαν δέσμης και η προστασία δεν υφίσταται.

ASSEMBLY AND INSTALLATION



A148-20T

2 METER VERTICAL & HORIZONTAL YAGI ANTENNA
144-148 MHz



951452 (6/94)

MASTER PARTS LIST

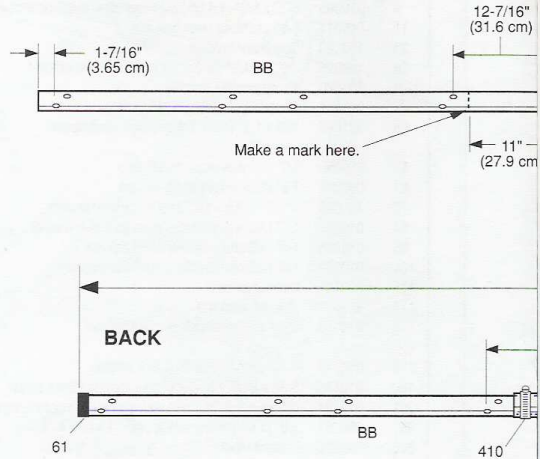
KEY	PART #	DESCRIPTION	QUANTITY	KEY	PART #	DESCRIPTION	QUANTITY
9	010009	8-32 x 5/8" (1.6 cm) stainless steel machine screw	2	401	010401	3" x 1-3/4" (7.6 x 4.4 cm) stainless steel U-bolt	2
11	010011	8-32 stainless steel hex nut	24	404	010404	3-1/4 x 2-7/16 (8.3 x 6.2 cm) stainless steel U-bolt	2
23	190023	Connector bracket	2	410	030410	1" (2.5 cm) stainless steel worm clamp	2
26	190026	7/8" x 1-1/2" (2.2 x 3.8 cm) mounting bracket	20	921	200921	Reddi-Match clamp	4
28	190028	Aluminum half washer	18	941	360941	#8 aluminum flat washer	4
41	011941	#8 stainless steel lock washer	26				
45	321045	1/2" x 1/2" (1.3 x 1.3 cm) aluminum spacer	4	BA		1" x 48" (2.5 x 122 cm) aluminum tubing slotted both ends	1
				BB		7/8" x 50" (2.2 x 127 cm) aluminum tubing	1
53	050053	1/2" (1.3 cm) black plastic cap	4	BC		7/8" x 50" (2.2 x 127 cm) aluminum tubing	1
61	050061	7/8" (2.2 cm) black plastic cap	2	H1, V1		40-5/8" (103.2 cm) aluminum rod	2
70	190070	4" x 6" (10.2 x 15.2 cm) formed mast plate	1	H2, V2		39-1/4" x 1/2" (99.7 x 1.3 cm) tubing drilled in center	2
84	010084	1/4" (.63 cm) stainless steel split lock washer	4	H3, V3		37-3/4" (95.9 cm) aluminum rod	2
85	010085	1/4" (.63 cm) stainless steel hex nut	4	H4, V4		36-1/2" (92.7 cm) aluminum rod	2
104	010104	1/4" (.63 cm) stainless steel flat washer	4	H5, V5		35-3/8" (89.9 cm) aluminum rod	2
115	050115	Connector boot	2	H6, V6		34-3/8" (87.3 cm) aluminum rod	2
116	240116	Silicone package	2	H7, V7		33-3/4" (85.7 cm) aluminum rod	2
118	010118	5/16" (.8 cm) stainless steel hex nut	4	H8, H9, V8, V9		32-3/4" (83.2 cm) aluminum rod	4
				H10, V10		31-1/8" (79.1 cm) aluminum rod	2
119	010119	5/16" (.8 cm) stainless lock washer	4	PT		3/16" x 4-1/2" (.48 x 11.4 cm) poly tube	2
120	010120	8-32 x 2" (5.1 cm) stainless steel machine screw	2	RR		3/16" x 4" (.48 x 10.2 cm) Reddi Match rod	2
231	010231	8-32 x 1-3/4" (4.4 cm) stainless steel machine screw	18	RT		3/8" x 6-1/2" (.9 x 16.5 cm) aluminum tube	2
251	050251	3/8" (1 cm) white plastic cap	2				
326	290326	Danger label	1				

SPECIFICATIONS

MODEL	A148-20T	Boom Length, ft (m)	11 (3.4)
Frequency, MHz	144-148	Longest Element, in(cm)	40.6 (103)
No. Elements	20	Turning Radius, ft (m)	7.5 (2.3)
Forward Gain, dBd	11.1	Mast Size Range, in (cm)	1.25-2.0 (3.2-5.1)
Front to Back Ratio, dB	24	Wind Load, ft² (m²)	1.21 (0.11)
SWR 1.2:1 Typical		Weight, lb (kg)	7 (3.15)
2:1 Bandwidth MHz	≥4	Hardware	Stainless steel
Power Rating, Watts PEP	1000		
3 dB Beamwidth, Degrees			
E Plane	45		
H Plane	50		

#1 - BOOM ASSEMBLY

Assemble the boom as shown in figure A. Make a mark 11" (27.9 cm) from the end of the BB and 5" (12.7 cm) from the end of the BC tube as shown. Be sure to mark the correct end of each tube by referring to the dimensions of the hole locations. Slide worm clamps (410) onto the slotted ends of tube BA. Insert the BB and BC tubes up to the marks you made. Align the element holes on all three sections and tighten the worm clamps. Push the end caps (61) onto the ends of the boom.



KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
BA			ALUM TUBE	1" x 48" (2.5 x 122 cm)	1
BB			ALUM TUBE	7/8" x 50" (2.2 x 127 cm)	1
BC			ALUM TUBE	7/8" x 50" (2.2 x 127 cm)	1
61	050061		PLASTIC CAP	7/8" (2.2 cm)	2
410	030410		WORM CLAMP	1" (2.5 cm)	2

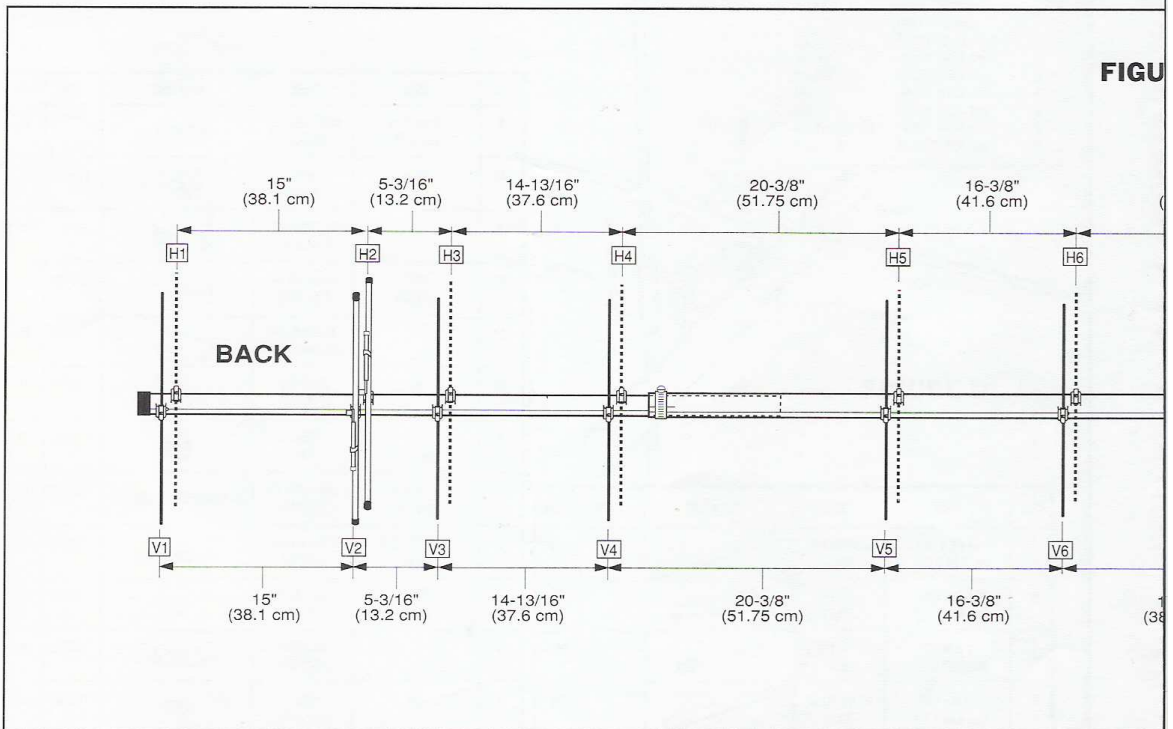
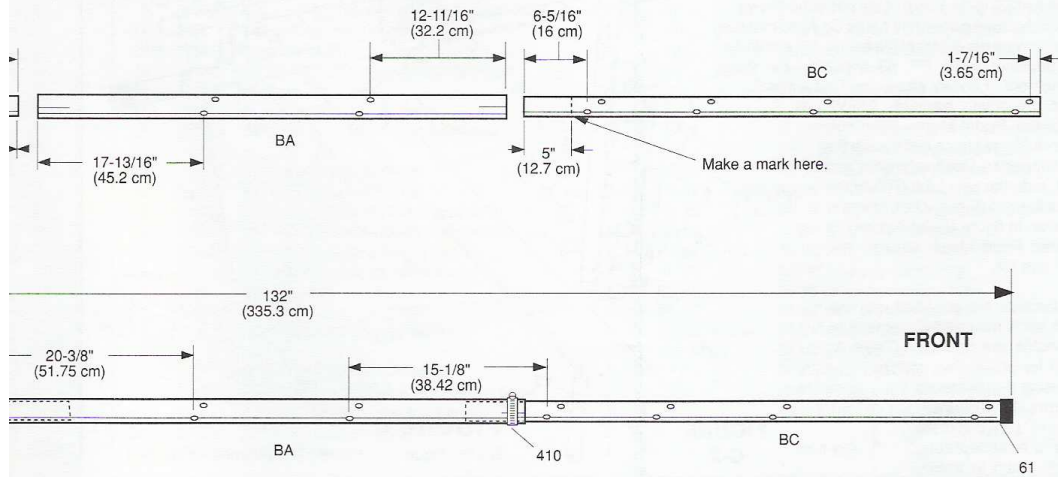
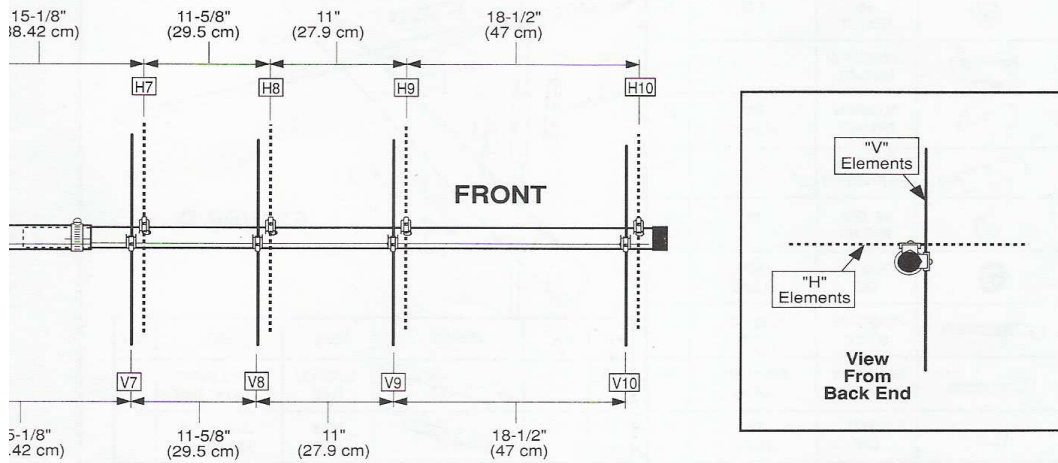


FIGURE A



RE B



#2 - ELEMENT ASSEMBLY

Assemble the two driven element tubes (H2,V2) and connector brackets (23) to the boom at the positions shown in figure B using the hardware shown in figure C. Note that the connectors point toward the center of the boom. Assemble the Reddi-Match components RR, PT, RT and 251. Set them aside for the moment. Loosely attach the Reddi-Match straps (921) to the driven elements (H2,V2) as shown. Slide the Reddi-Match assembly through the Reddi-Match straps and secure the rod (RR) to the connector. Use washer (41) and nut (11). Next, slide the poly tube (PT) to the flattened end of the rod (Figure C-2). Set the dimensions shown in figure C and tighten the hardware. Note: Reddi-Match settings are different for H2 and V2.

Two sets of elements are provided with the antenna. Each set is mounted 90 degrees to the other. Lengths are shown in Table A. Using Figure B for positioning, attach the elements using the hardware shown in Figure D. Element lengths within 1/16" (.16 cm) of the stated length are acceptable. Check elements again to assure that they are in the correct position and tighten the hardware.

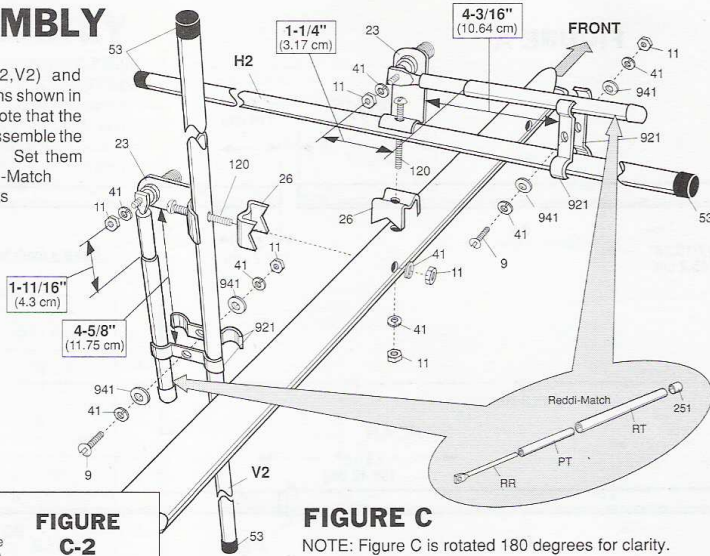


FIGURE C

NOTE: Figure C is rotated 180 degrees for clarity.

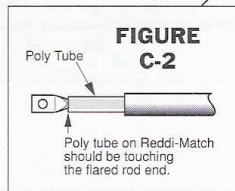


FIGURE C-2

TABLE A (Elements)		
H1, V1	40-5/8" (103 cm)	2
H2, V2	39-1/4" x 1/2" (99.7 x 1.3 cm)	2
H3, V3	37-3/4" (95.9 cm)	2
H4, V4	36-1/2" (92.7 cm)	2
H5, V5	35-3/8" (89.9 cm)	2
H6, V6	34-3/8" (87.3 cm)	2
H7, V7	33-3/4" (85.7 cm)	2
H8, H9, V8, V9	32-3/4" (83.2 cm)	4
H10, V10	31-1/8" (79.1 cm)	2

KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
9	010009		SS MACHINE SCREW	8-32 x 5/8" (1.6 cm)	2
11	010011		SS HEX NUT	8-32	24
23	190023		CONNECTOR BRACKET		2
26	190026		ALUMINUM BRACKET	7/8" (2.2 cm)	20
28	190028		ALUMINUM HALF WASHER		18
41	011941		SS LOCK WASHER	#8	26
53	050053		PLASTIC CAP	1/2" (1.3 cm)	4
120	010120		SS MACHINE SCREW	8-32 x 2" (5.1 cm)	2
231	010231		SS MACHINE SCREW	8-32 x 1-3/4" (4.4 cm)	18
251	050251		PLASTIC CAP	3/8" (1 cm)	2
921	200921		TUNING STRAP		4
941	360941		FLAT WASHER	#8	4

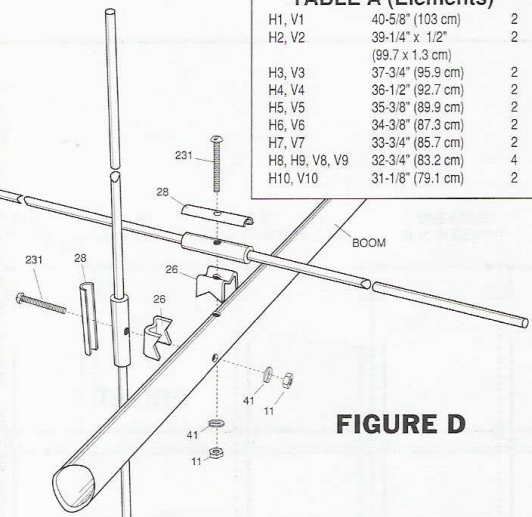












FIGURE D

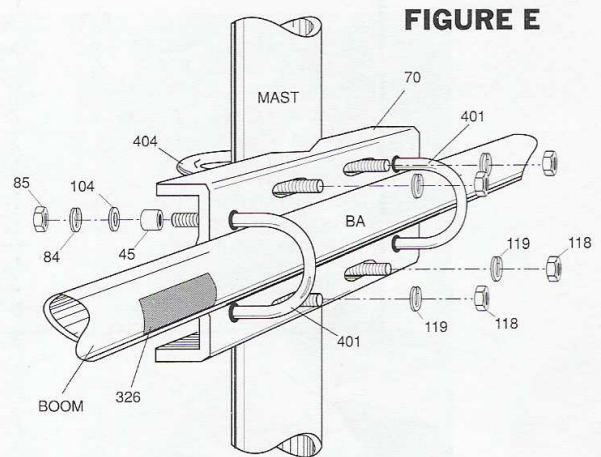
KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
H2/V2			ALUMINUM TUBE	1/2" x 39-1/4" (1.3 x 99.7 cm)	2
PT			POLY TUBE	3/16" x 4-1/2" (.5 x 11.4 cm)	2
RR			REDDI-MATCH ROD	3/16" x 4" (.5 x 10.2 cm)	2
RT			ALUMINUM TUBE	3/8" x 6-1/2" (.9 x 16.5 cm)	2

A148-20T

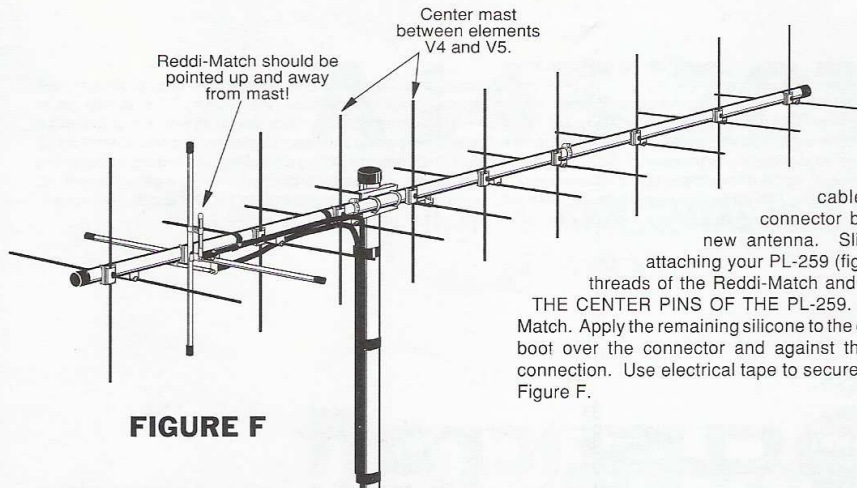
#3 - MAST MOUNT

Mount the antenna to your mast using the mounting plate (70) and the hardware provided per figure E. Refer to figure F for the mounting point. Tighten the U-bolts taking care not to crush the boom. See "MOUNTING" on page 1 concerning orientation of mast mount, elements and Reddi-Match.

KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
45	321045		ALUMINUM SPACER	1/2" x 1/2" (1.3 x 1.3 cm)	4
70	190070		FORMED MAST PLATE	4" x 6" (10.1 x 15.2 cm)	1
84	010084		SS LOCK WASHER	1/4" (.63 cm)	4
85	010085		SS HEX NUT	1/4" (.63 cm)	4
104	010104		SS FLAT WASHER	1/4" (.63 cm)	4
118	010118		SS HEX NUT	5/16" (.8 cm)	4
119	010119		SS LOCK WASHER	5/16" (.8 cm)	4
326	290326		DANGER LABEL		1
401	010401		SS U-BOLT	3" x 1-3/4" (7.6 x 4.4 cm)	2
404	010404		SS U-BOLT	3-1/4" x 2-7/16" (8.3 x 6.2 cm)	2



#4 - FEEDLINE

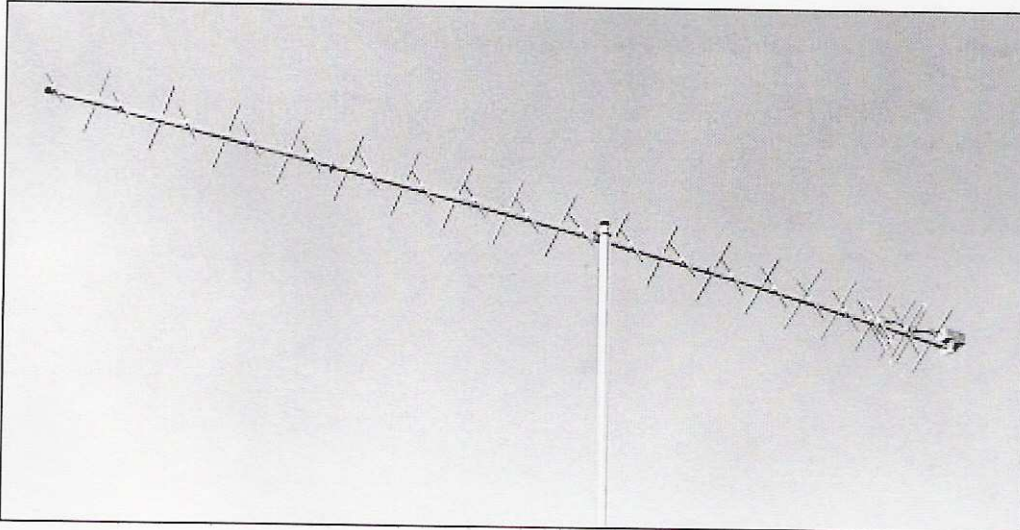


This antenna is designed for use with 50 Ohm coaxial cable terminated with a PL-259 connector. Any length of feedline can be used with your A148-20T. The shortest length of cable will have the least loss. Two connector boots are included for use with your new antenna. Slide the boot over the cable before attaching your PL-259 (figure F). Spread silicone on the outer threads of the Reddi-Match and PL-259 connector. **DO NOT COAT THE CENTER PINS OF THE PL-259.** Attach the connector to the Reddi-Match. Apply the remaining silicone to the outside of the connector. Slip the vinyl boot over the connector and against the mast bracket for a weather tight connection. Use electrical tape to secure coax to boom and mast as shown in Figure F.

KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
115	050115		CONN BOOT		2
116	240116		SILICONE GREASE PACKAGE		2



**ASSEMBLY AND INSTALLATION
INSTRUCTIONS**



738XB

70 CM OSCAR BOOMER
432-438 MHz



CUSHCRAFT
COMMUNICATIONS ANTENNAS

951451 (7/9)

MASTER PARTS LIST

KEY	P/N	DESCRIPTION	QTY	KEY	P/N	DESCRIPTION	QTY
11	010011	8-32 stainless steel hex nut	36	H2		12-1/4" (31.1 cm) aluminum rod	1
26	190026	7/8" (2.2 cm) formed aluminum bracket	38	H3		12-7/16" (31.6 cm) aluminum rod	1
28	190028	Aluminum half washer	38	H4, H5		12-3/16" (31 cm) aluminum rod	2
32	190032	3-5/8" x 2-1/2" (9.2 x 6.4 cm) U-bolt bracket	3	H6, H7		12" (30.5 cm) aluminum rod	2
33	190033	Aluminum backing plate	1	H8		11-7/8" (30.2 cm) aluminum rod	1
38	050038	1" (2.5 cm) black plastic cap	2	H9, H10, H11		11-5/8" (29.5 cm) aluminum rod	3
41	011941	No. 8 split lock washer	36	H12		11-1/2" (29.2 cm) aluminum rod	1
66	013766	6-32 x 2" (5.1 cm) stainless steel machine screw	2	H13		11-7/16" (29 cm) aluminum rod	1
84	010084	1/4"-20 (.6 cm) stainless steel lock washer	2	H14		11-5/16" (28.7 cm) aluminum rod	1
85	010085	1/4"-20 (.6 cm) stainless steel hex nut	2	H15, H16		11-1/16" (28.1 cm) aluminum rod	2
108	351108	Male phono plug	1	H17		10-13/16" (27.5 cm) aluminum rod	1
112	010112	6-32 stainless steel hex nut	8	H18		10-9/16" (26.4 cm) aluminum rod	1
113	010113	6-32 stainless steel split lock washer	8				
115	050115	Vinyl Boot	1	V1		13-15/16" (35.4 cm) aluminum rod	1
116	240116	Silicone Package	1	V2		12-1/4" (31.1 cm) aluminum rod	1
118	010118	5/16" (.79 cm) stainless steel hex nut	2	V3		12-7/16" (31.6 cm) aluminum rod	1
119	010119	5/16" (.79 cm) stainless steel lock washer	2	V4		12-13/16" (31 cm) aluminum rod	1
120	010120	8-32 x 2" (5.1 cm) stainless steel machine screw	14	V5		12-1/4" (31.1 cm) aluminum rod	1
231	010231	8-32 x 1-3/4" (4.4 cm) stainless steel machine screw	22	V6, V7		12" (30.5 cm) aluminum rod	2
326	290326	Danger label	1	V8		11-7/8" (30.2 cm) aluminum rod	1
402	013402	5/16" (.8 cm) stainless steel flat washer	2	V9, V10, V11		11-5/8" (29.5 cm) aluminum rod	3
405	010405	4-1/2" x 2-7/16" (11.4 x 6.2 cm) stainless steel U-bolt	1	V12		11-1/2" (29.2 cm) aluminum rod	1
411	030411	1-1/4" (3.2 cm) stainless steel worm clamp	2	V13		11-7/16" (29 cm) aluminum rod	1
BA		1" x 43" (2.5 x 109.2 cm) aluminum tube, 12 holes	1	V14		11-5/16" (28.7 cm) aluminum rod	1
BB		1-1/8" x 72" (2.9 x 182.9 cm) aluminum tube, 16 holes	1	V15, V16		11-1/16" (28.1 cm) aluminum rod	2
BC		1" x 71" (2.5 x 180 cm) aluminum tube, 14 holes	1	V17		10-13/16 (27.5 cm) aluminum rod	1
BN		RG-303 coax balun assembly	2	V18		10-9/16" (26.4 cm) aluminum rod	1
FD		3/8" x 12-3/4" (1 x 32.4 cm) folded dipole assembly	2				
PS738		Polarity switch assembly aluminum box	1				
H1		13-15/16" (35.4 cm) aluminum rod	1				

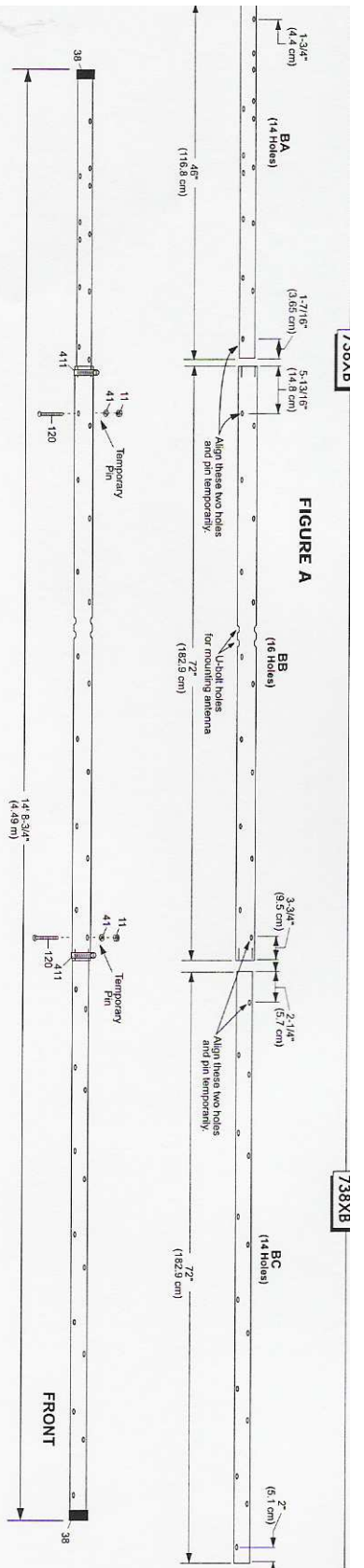


FIGURE A

#1 - ASSEMBLE BOOM

Use care in laying out the boom sections in order. The number of holes and undrilled spaces at the ends of the boom sections are good guides. Align the sections and secure them with the hardware shown (Figure A). Note that the first hole in each section will line up with the first hole in the adjacent section. Temporarily place a machine screw through the overlapping holes and secure it with a nut. Do this for each of the two joints. Measure the overall boom length 14 feet, 8.34 inches (4.49 m) as a check.

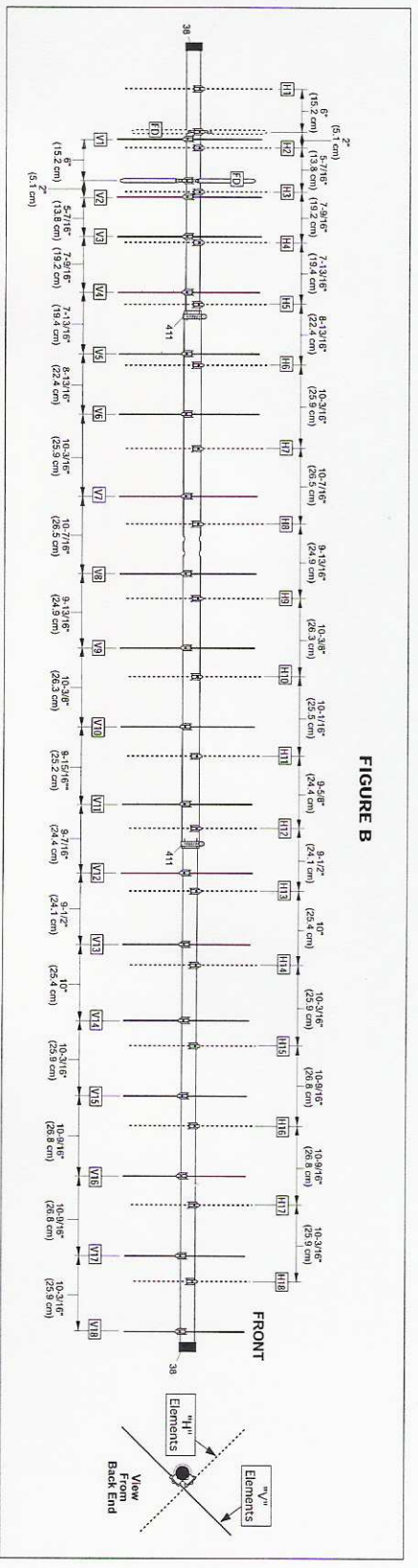


FIGURE B

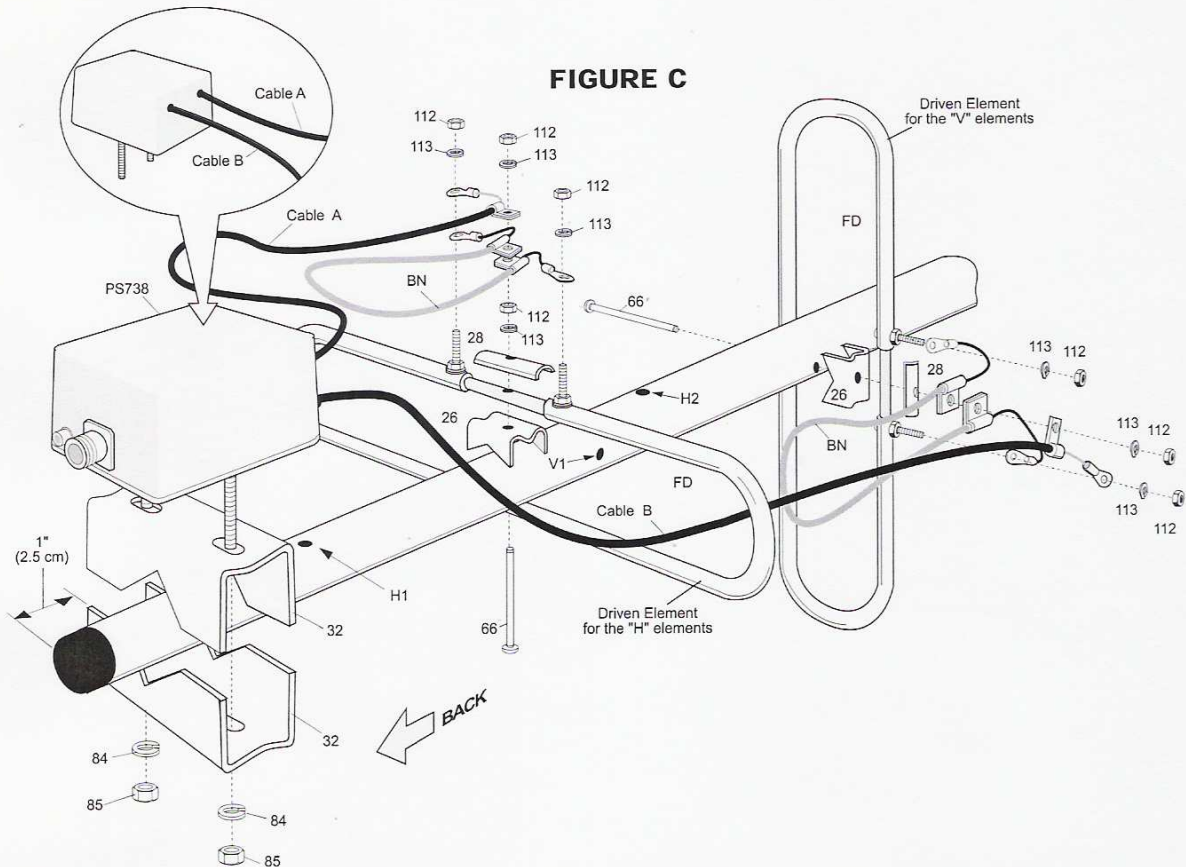
KEY	PN	DESC.	SIZE	QTY
BA		ALUM TUBE (12 holes)	1" x .46" (2.5 x 11.68 cm)	1
BB		ALUM TUBE (16 holes)	1" x 1.72" (2.5 x 43.21 cm)	1
BC		ALUM TUBE (14 holes)	1" x 1.72" (2.5 x 43.21 cm)	1
T1	010011	SS HEX NUT	8-32	2

KEY	PN	DESC.	SIZE	QTY
38	050038	PLASTIC CAP	1" (2.5 cm)	2
41	011941	SS LOCK WASHER	#8	2
120	010120	SS MACHINE SCREW	8-32 x 2" (5.1 cm)	2
411	030411	SS WORM CLAMP	1-3/4" (3.2 cm)	2

#2 - ASSEMBLE AND ATTACH DRIVEN ELEMENTS

Slide one finished assembly (FD) over the rear of the boom and fasten it in the more forward position as shown in figure C. Attach the second FD in the position closer to the back of the antenna and tighten hardware.

Attach the PS738 switching unit to the rear of the boom with drain holes down. Install baluns (BN) over three terminals on the each dipole. The baluns should loop toward rear of antenna. When attaching the two feed cables leading from the PS738 be sure that they are connected to the correct dipole. Study Figure C carefully to be sure. Tighten all hardware.



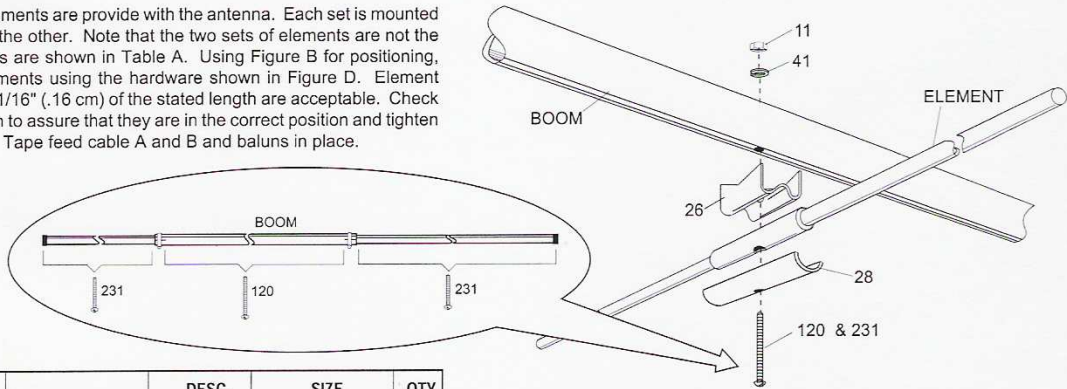
KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
26	190026		MOUNTING BRACKET	7/8" (2.2 cm)	2
28	190028		HALF WASHER		2
32	190032		U-BOLT BRACKET	3-5/8" x 2-1/2" (9.2 x 6.4 cm)	2
66	013766		SS MACHINE SCREW	6-32 x 2" (5.1 cm)	2
84	010084		SS LOCK WASHER	1/4"-20 (.6 cm)	2
85	010085		SS HEX NUT	1/4"-20 (.6 cm)	2

KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
112	010112		SS HEX NUT	6-32	6
113	010113		SS LOCK WASHER	6-32	6
BN			BALUN ASSEMBLY		2
FD			FOLDED DIPOLE	3/8" x 12-3/4" (1 X 324 cm)	2
PS738			POLARITY SWITCH ASS'Y		1

#3 - MOUNT ELEMENTS

Two sets of elements provide with the antenna. Each set is mounted 90 degrees to the other. Note that the two sets of elements are not the same. Lengths are shown in Table A. Using Figure B for positioning, attach the elements using the hardware shown in Figure D. Element lengths within 1/16" (.16 cm) of the stated length are acceptable. Check elements again to assure that they are in the correct position and tighten the hardware. Tape feed cable A and B and baluns in place.

FIGURE D



KEY	P/N	DESC.	SIZE	QTY
11	010011	SS HEX NUT	8-32	36
26	190026	ALUMINUM BRACKET	7/8" (2.2 cm)	36
28	190028	ALUM HALF WASHER		36
41	010941	SS SPLIT WASHER	#8	36
120	010120	SS MACHINE SCREW	8-32 x 2" (5.1 cm)	14
231	010231	SS MACHINE SCREW	8-32 x 1-3/4" (4.4 cm)	22

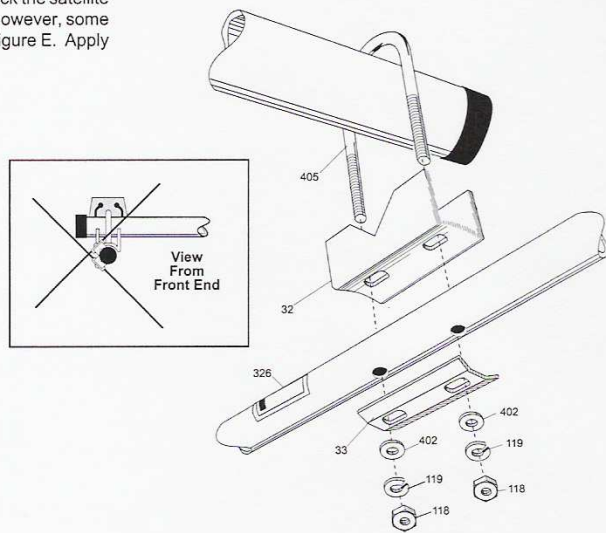
TABLE A (ELEMENTS)

H1	13-15/16"	1	V1	13-15/16" (35.4 cm)	1
H2	12-1/4" (31.1 cm)	1	V2	12-1/4" (31.1 cm)	1
H3	12-7/16" (31.6 cm)	1	V3	12-7/16" (31.6 cm)	1
H4, H5	12-3/16" (31 cm)	2	V4	12-13/16" (31 cm)	1
H6, H7	12" (30.5 cm)	2	V5	12-1/4" (31.1 cm)	1
H8	11-7/8" (30.2 cm)	1	V6, V7	12" (30.5 cm)	2
H9, H10, H11	11-5/8" (29.5 cm)	3	V8	11-7/8" (30.2 cm)	1
H12	11-1/2" (29.2 cm)	1	V9, V10, V11	11-5/8" (29.5 cm)	3
H13	11-7/16" (29 cm)	1	V12	11-1/2" (29.2 cm)	1
H14	11-5/16" (28.7 cm)	1	V13	11-7/16" (29 cm)	1
H15, H16	11-1/16" (28.1 cm)	2	V14	11-5/16" (28.7 cm)	1
H17	10-13/16" (27.5 cm)	1	V15, V16	11-1/16" (28.1 cm)	2
H18	10-9/16" (26.4 cm)	1	V17	10-13/16" (27.5 cm)	1
			V18	10-9/16" (26.4 cm)	1

#4 - BOOM TO MAST ASSEMBLY

It is common to mount your 738XB parallel to your 2M Yagi so that they track the satellite simultaneously. Typically cross mounting booms are made of fiberglass, however, some use aluminum. Attach antenna to cross boom using hardware shown in Figure E. Apply danger label (326) to the antenna boom where it may be easily seen.

FIGURE E



KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
32	190032		U-BOLT BRACKET	3-5/8 x 2-1/2 (9.2 x 6.4 cm)	1
33	190033		BACKING PLATE	3-1/2" (8.9 cm)	1
118	010118		SS HEX NUT	5/16" (.8 cm)	2
119	010119		SS LOCK WASHER	5/16" (.8 cm)	2
326	290326		DANGER LABEL		1
402	013402		SS FLAT WASHER	5/16" (.8 cm)	2
405	010405		SS U-BOLT	5/16" x 4-1/2" x 2-7/16" (.8 x 11.4 x 6.2 cm)	1

#5 - ATTACH FEED AND POLARITY SWITCH LINES

Your Cushcraft 738XB polarity switch may be activated by applying +12V (min +9V at connector) to the center pin of the phono jack on the PS738. When no voltage is applied the antenna exhibits left circular polarization. With +12 applied the polarization is right circular. The feedline and power cable should be attached to the polarity switch box (PS738) and then dressed along the boom, on the side opposite where the elements cross, toward the mast mounting plate then toward your rotor and to the shack. Be careful to leave enough cable around the rotor so there will be slack at the points of maximum travel both horizontally and vertically. Tape both cables securely in place.

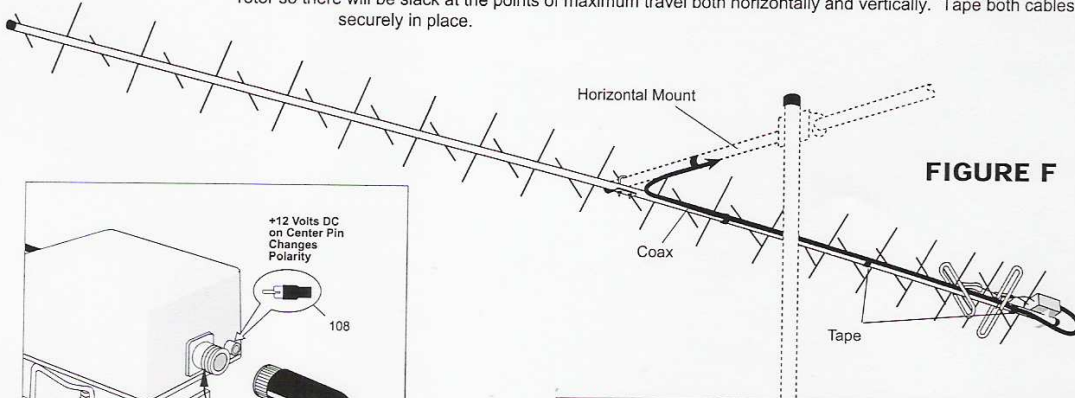


FIGURE F

KEY	P/N	DISPLAY	DESC	SIZE	QTY
115	050115		CONN BOOT		1
116	240116		SILICONE PACKAGE		1
108	351108		PHONO PLUG		1

SPECIFICATIONS

MODEL	738XB		
Frequency, MHz	432-438	Boom Length, ft (m)	14.42 (4.39)
No. Elements	38	Longest Element, in (cm)	39.94 (35.4)
Forward Gain, dBdc	15.5	Turning Radius, ft (m)	8.5 (2.6)
Front to Back Ratio, dB	25	Mast Size Range, in (cm)	1.5-2.0 (3.8-5.0)
Ellipticity dB at boresight	2	Wind Load, ft ² (m ²)	1.4 (.13)
SWR 1.2:1 Typical		Weight, lb (kg)	7.6 (3.5)
2:1 Bandwidth, MHz	6	Polarity switch	Included
Power Rating, Watts PEP	250		
3dB Beamwidth, Degrees E Plane	24		

LIMITED WARRANTY

Cushcraft Corporation, P.O. Box 4680, Manchester, New Hampshire 03108, warrants to the original consumer purchaser for one year from date of purchase that each Cushcraft antenna is free of defects in material or workmanship. If, in the judgement of Cushcraft, any such antenna is defective, then Cushcraft Corporation will, at its option, repair or replace the antenna at its expense within thirty days of the date the antenna is returned (at purchasers expense) to Cushcraft or one of its authorized representatives. This warranty is in lieu of all other expressed warranties, any implied warranty is limited in duration to one year. Cushcraft Corporation shall not be liable for any incidental or consequential damages which may result from a defect. Some states do not allow limitations on how long an implied warranty lasts or exclusions or limitations of incidental or consequential damages, so the above limitation and exclusion may not apply to you. This warranty gives you specific legal rights, and you may also have other rights which vary from state to state. This warranty does not extend to any products which have been subject to misuse, neglect, accident or improper installation. Any repairs or alterations outside of the Cushcraft factory will nullify this warranty.

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



P.O. Box 4680, 48 Perimeter Road, Manchester, NH 03108 U.S.A. • 603-627-7877 • FAX: 603-627-1764

2.6 Ο DSP-1232



Ο ψηφιακός επεξεργαστής σήματος DSP-1232 (Digital Signal Processor) είναι σχεδιασμένος από την AEA (Advanced Electronic Applications, Inc.) για να παρέχει στους ερασιτέχνες απόλυτη ψηφιακή λειτουργία θέσης όταν συνδέεται με ένα υπολογιστή ή ένα τερματικό. Ο DSP-1232 συνδέει τον πομποδέκτη ήχου HF ή VHF/UHF (ή και τα δύο) στον υπολογιστή ή το τερματικό έτσι ώστε να χρησιμοποιείται το πληκτρολόγιο και η οθόνη για να «μιλάμε» με άλλους ερασιτέχνες.

2.6.1 Δυνατότητες του DSP

Ο DSP επιτρέπει την εκπομπή και την λήψη όλων των νόμιμων ψηφιακών μεθόδων ερασιτεχνών που χρησιμοποιούνται στα HF και στα VHF. Επίσης μας επιτρέπει να στέλνουμε και να λαμβάνουμε ασπρόμαυρα FAX καιρού. Ο DSP μπορεί να λαμβάνει και άλλα modes όπως TDM, NAVTEX και bit-inverted Baudot RTTY. Οι ικανότητες αυτές μαζί με το SIAM (Signal Identification and Acquisition Mode / Μέθοδος Αναγνώρισης και Ανάκτησης Σήματος) κάνουν το DSP ιδανικό και για τους ακροατές ψηφιακών Βραχέων Κυμάτων.

Ο DSP ή αλλιώς TNC είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που αποτελείται από ένα μικροεπεξεργαστή με τα αναγκαία περιφερειακά κυκλώματα (RAM, EPROM, SIO κλπ), ο οποίος ελέγχει μία ασύγχρονη θύρα RS-232 και μία (τουλάχιστον) σύγχρονη σειριακή θύρα HDLC στην οποία συνδέεται ένα modem. Στην περίπτωση μας ο DSP που απεικονίζεται παραπάνω έχει ενσωματωμένο το modem. Με το κατάλληλο πρόγραμμα στην ROM του μπορεί να αποτελέσει έναν απλό τερματικό κόμβο σε ένα δίκτυο packet radio. Δέχεται εντολές από τον χειριστή από την ασύγχρονη θύρα μέσω ενός H/Y. Μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή στέλνουμε δεδομένα, σε μορφή πακέτων στον DSP, ο οποίος τα επεξεργάζεται και τα δρομολογεί στον πομποδέκτη του συστήματος. Στα VHF/UHF και σε ταχύτητα 9600 Bps χρησιμοποιείται η μέθοδος διαμόρφωσης FSK (Frequency Shift Keying) σύμφωνα με το πρωτόκολλο K9NG / G3RUH, παρακάμπτοντας τις βαθμίδες χαμηλής συχνότητας του πομποδέκτη.

Modes Λήψης και εκπομπής που επιτρέπει ο DSP:

- AX. 25 Packet HF και VHF
- Baudot και ASCII RTTY
- AMTOR/SITOR CCIR Rec 476 και 625
- Κώδικα MORSE
- HF FAX καιρού
- Δορυφορική λειτουργία

Ο DSP μπορεί να λάβει τις παρακάτω διαμορφώσεις:

- Ναυτικές εκπομπές NAVTEX
- Σήματα TDM (Time Division Multiplex)
- Bit-inverted Baudot RTTY

Κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά του DSP είναι τα παρακάτω:

- SIAM for SWLing
- PakMail Maildrop για αυτόματο χειρισμό πακέτων μηνυμάτων
- Λειτουργία AMTOR MailDrop
- Διαμόρφωση KISS για TCP/IP και ειδικές εφαρμογές packet.
- Διαμόρφωση HOST για προγράμματα εφαρμογής Host.

Χαρακτηριστικά του DSP:

Διαμορφωτής /Αποδιαμορφωτής	Επεξεργαστής ψηφιακών δεδομένων Motorola 56001 (DSP) στα 24 MHz
DSP RAM:	24 Kbytes (μπορεί να υποστηρίξει δύο modem)
DSP ROM :	Dsp modems άνω των 128 Kbytes μπορούν να αποθηκευτούν και να φορτωθούν από τον Z.-180.
Μετασχηματιστής αναλογικού σε ψηφιακό	AD 7870 12-bit ADC
Μετασχηματιστής ψηφιακού σε αναλογικό	AD 767 12-bit DAC
Διαθέσιμα ROM modem	300 bauds HF Packet FSK 2110/2310 Hz επίσης 1260/1460 Hz 1200 bauds VHF packet FSK 1200/2200Hz 2400 bps packet DPSK 1200 bps Satellite BPSK HF RTTY FSK 2125/2295 και 1445/1275Hz επίσης 2125/2550, 1275/2125, 2125/2975Hz MORSE 750 Hz κεντρική συχνότητα

	Πανομοιότυπα, FM και APT γκρι επίπεδα FM SSTV συμβατό επιπέδου 256 Συμβατό 9600 bps FSK K9NG Δορυφορικό 1200 / 4800 bps ASCII
Εύρος δέκτη μπάντας	Ρυθμίζεται αυτόματα από την διαμόρφωση λειτουργίας.
VHF packet	Κεντρική συχνότητα 1700Hz, εύρος 2600Hz
HF packet	Κεντρική συχνότητα 2210Hz, εύρος 450Hz. Κεντρική συχνότητα 750Hz, εύρος 200Hz.
Διαμόρφωση	AFSK συνεχούς φάσης.
Επίπεδο εξόδου	5-100 mVolt RMS σε 600 Ohms, ελεγχόμενο εξωτερικά.

Χαρακτηριστικά Επεξεργαστή:

Μετατροπή πρωτοκόλλου	Μικροεπεξεργαστής Zirog Z-180
RAM	64 Kbytes
ROM	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ROM μέχρι 384 Kbytes (128 Kbytes για τη ROM των Dsp Modem και 256 K για τα προγράμματα του Z-800)
Hardware HDLC	Zilog 8530 SCC

Συνδέσεις (Input/output):

Διασύνδεση πομποδέκτη	2 βύσματα DIN των 5 pin, ταυτόχρονη λειτουργία στο DSP-2232, επιλεγόμενο Software στο DSP-1232
Γραμμές εισόδου / εξόδου	Ακουστικός δέκτης Ακουστικός πομπός + / - Push to talk (PTT) (+25/- 40 VDC) Είσοδος εξωτερικού σιγαστήρα (squelch). Γείωση.
Απευθείας έξοδοι FSK	Κανονικές και αντίστροφες
Χειρισμός εξόδων CW	Θετική: Μέγιστη + 100 VDC μέχρι τα 100 mA Αρνητική: Μέγιστη - 30 VDC μέχρι τα 20 mA
Δορυφορικοί έξοδοι UP/DOWN	Έξοδοι ελέγχου συχνότητας UP/DOWN
Διασύνδεση τερματικού	RS-232-C9- pin DB-9P connector
Είσοδος/Εξοδος	RS-232-C με πλήρη επικοινωνία (hardware και software)
Ρυθμός δεδομένων τερματικού	Αυτόματη επιλογή από 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 και 19200 BPS
Παράλληλη θύρα εκτυπωτή	Το TBAUD προσθέτει και 150, 200, 400, 38400 BPS. Συμβατή IBM 25-pin αμφίδρομη παράλληλη θύρα (connector DB-25)

Έλεγχοι και ενδείκτες:

Ενδείκτες μπροστινής όψης	Διαχωριστής-τύπου bargraph δέκα-τμημάτων για ένδειξη συντονισμού.
Κατάσταση οθόνης	Δείκτες κατάστασης των 16 LED
Ενδείκτης Ισχύος	LED Ισχύος (πράσινο)

Δείκτες κατάστασης LED για το DSP:

MORSE (Morse operating mode)	DCD(Data Carrier Detect)
BAUD (Baudot mode)	ISS/SEND (ISS/XMIT)
TOR (AMTOR/SITOR mode)	TFC/MULT(AMTOR TRAFFIC/MULTIPLE connect)
PKT (Packet mode)	IDLE/sta(AMTOR IDLE/ packet ack status)
CON (Packet connect)	ERROR(AMTOR ERROR/ packet CONnect)
TRANS (TRANSPARENT mode)	RQ (AMTOR ReQuest/TRANSarent)
CONV (CONVerse mode)	OVER (AMTOR changeover /CONVerse)
CMD (CoMmanD mode)	PHASE(AMTOR PHASE/CoMmanD mode)

Απαιτήσεις Ισχύος:

+ 13 VDC (12 έως 16 VDC)στα 1100

mA

Μηχανικά: Διαστάσεις, 12" χ 9.8" χ 2.9"

(305 mm X 249 mm X 74 mm)

Βάρος 1,59 κιλά

2.6.2 Εγκατάσταση υπολογιστή

Για την εγκατάσταση του υπολογιστή συνδέεται ο DSP στην σειριακή θύρα RS-232 του υπολογιστή ή του τερματικού, γίνεται ένας γρήγορος έλεγχος στο λογισμικό καθώς επίσης και ο έλεγχος του modem του DSP κάνοντας ένα τεστ με ανατροφοδότηση σε μορφή Packet.

2.6.3 Απαιτούμενα εξαρτήματα

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση του υπολογιστή είναι: Ο ελεγκτής δεδομένων του DSP, ένα ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό 13,6 Volt Dc, 1,5 Amp (ή μεγαλύτερο) ή ένα ΑΕΑ AC-4 όπου το τροφοδοτικό πρέπει να μπορεί να δίνει τουλάχιστον 12 VDC στο DSP ενώ αυτό λειτουργεί υπό φορτίο, το περιλαμβανόμενο καλώδιο τροφοδοσίας DC του DSP εκτός αν χρησιμοποιείται το AC-4, τον υπολογιστή ή το τερματικό, το αντίστοιχο πρόγραμμα επικοινωνίας ή εξομοίωσης για τον υπολογιστή, το οποίο δεν χρειάζεται αν χρησιμοποιείται τερματικό, το περιλαμβανόμενο καλώδιο RS-232 με βύσμα Din 9-pin στο ένα άκρο και 25-pin στο άλλο του DSP, θωρακισμένα ραδιοφωνικά καλώδια των 5-pin και τον βύσμα DIN των 5-pin με το καλώδιο βραχυκύκλωσης "ανατροφοδότησης".

2.6.4 Σύνδεση τροφοδοσίας

Πριν την πραγματοποίηση οποιασδήποτε λειτουργίας το τροφοδοτικό πρέπει είναι κλειστό για να γίνουν οι κατάλληλες συνδέσεις για την τροφοδοσία. Αρχικά συνδέεται το καλώδιο τροφοδοσίας του DSP με το ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό των 12-14 volt DC, στην συνέχεια συνδέεται το βύσμα τροφοδοσίας στην υποδοχή 13 VDC στο αριστερό μέρος του DSP χωρίς να έχει συνδεθεί ακόμα ο υπολογιστής, τοποθετείται στην πρίζα το τροφοδοτικό ή το AC-4 και τίθεται στην κατάσταση ON. Ακολουθεί η ενεργοποίηση του DSP πιέζοντας τον διακόπτη τροφοδοσίας στο πλάι της μονάδας. Όταν ο DSP βρίσκεται στην κατάσταση ON πρέπει να ανάβει το πράσινο POWER LED.

Αν υπάρχει πιθανότητα ένα MODE LED όπως το PKT να ανάβει τότε πιθανόν ο DSP έχει θέσει τις αρχικές τιμές. Αν ο DSP έχει θέσει τις αρχικές τιμές τότε είναι έτοιμο να επικοινωνήσει με ένα υπολογιστή ή τερματικό σε ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (πιθανόν 300, 1200, 2400, 4800 ή 9600 baud). Αν ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία είμαστε έτοιμοι για επικοινωνία.

Η σύνδεση του H/Y με τον DSP γίνεται μέσω της θύρας RS-232 που έχει ο DSP, εκτός από αυτή την σύνδεση πρέπει να παρέχεται και το αντίστοιχο πρόγραμμα επικοινωνιών, δίνοντας την δυνατότητα μιας σωστής επικοινωνίας του modem με τον υπολογιστή. Το πιο γνωστό πρόγραμμα επικοινωνιών το οποίο παρέχεται από την εταιρεία AEA του DSP-1232 και είναι το PC-PAKRATT II w/fax. Το πρόγραμμα επικοινωνίας όμως δεν είναι απαραίτητο να είναι της AEA λόγω της ύπαρξης πολλών επίσης προγραμμάτων επικοινωνίας στην ομάδα των ερασιτεχνών καθώς επίσης και στο διαδίκτυο. Τα πιο δοκιμασμένα προγράμματα επικοινωνίας στην ομάδα των ερασιτεχνών είναι: Το PROCOMM, CROSSTALK-XVI, SMARTCOMM, RELAY, BITCOM, QMODEM, PC-TALK, CTERM, HAMCOM, HAMPAC, YAPP.

Αφού γίνει η εγκατάσταση του προγράμματος επικοινωνίας πρέπει να ρυθμιστούν οι παράμετροι επικοινωνίας όπως παρακάτω:

Data rate=1200 bits per second (bauds)

DATA BITS= 7

Parity= EVEN

Stop bits = 1

2.6.5 Εκκίνηση συστήματος

Πριν εκκινήσουμε το σύστημα πρέπει να κάνουμε κάποιες τελευταίες ρυθμίσεις. Πρέπει να συνδέσουμε το βύσμα ανατροφοδότησης στο βύσμα Radio 1 του DSP και να ρυθμίσουμε το επίπεδο των AFSK στο 50%. Μετά από αυτές τις ρυθμίσεις μπορούμε να ξεκινήσουμε το

Modem και τον H/Y. Όταν εκκινήσουμε το Modem πρέπει να ανάψουν τα LED τροφοδοσίας και το CMD STATUS, εάν είναι κάποιο άλλο LED αναμμένο τότε ίσως το Modem δεν έχει τις αρχικές του ρυθμίσεις. Εάν γνωρίζουμε τον ρυθμό μετάδοσης πληκτρολογούμε ένα * και εμφανίζεται το μήνυμα εκκίνησης:

```
DSP-1232 is using default values
AEA DSP-1232 data controller
Copyright(C)1986-1991 by
Advanced Electronic Applications Inc.
Release DD.MM.YY
Cmd:
```

Εάν έχουμε συνδέσει το modem σε H/Y τότε πληκτρολογώντας MY AAA<enter> μπορούμε να αλλάξουμε το MYCALL από DSP που ήταν σε AAA. Η οθόνη του modem τότε θα γράψει:

```
MYcall was DSP
```

```
MYcall now AAA
```

Μετά στην οθόνη θα εμφανιστεί <CONNECTED to AAA> το μήνυμα αυτό υποδηλώνει ότι έχει γίνει έναρξη της επικοινωνίας μεταξύ του modem και του H/Y. Ανάλογα το πρόγραμμα επικοινωνίας που χρησιμοποιούμε δίνοντας τις κατάλληλες εντολές, ρυθμίζουμε το modem σε όποιο MODE θέλουμε.

2.6.6 Εγκατάσταση πομποδέκτη

Εκτός από την εγκατάσταση του υπολογιστή χρειάζεται να γίνει και η εγκατάσταση του πομποδέκτη. Αρχικά πρέπει να γίνει η σύνδεση του DSP στον πομποδέκτη. Για να γίνει η λήψη ψηφιακών εκπομπών πρέπει να συνδεθεί ο δέκτης ήχου (audio) και η γείωση στον DSP. Για την εκπομπή πρέπει να προστεθούν συνδέσεις στο μικρόφωνο ή στην ακουστική εκπομπή χαμηλού επιπέδου και στο Push -To-Talk (PTT) κύκλωμα του πομποδέκτη. Ο πιο βολικός τρόπος για να συνδεθεί ο πομποδέκτης είναι μέσω του βύσματος ACCESSORY στο πίσω μέρος ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί το βύσμα Mic. Για μια πλήρη σύνδεση λήψης /εκπομπής θα χρειαστούν : Ο DSP Data controller, υπολογιστής ή τερματικό υπολογιστή, το πρόγραμμα (software), ο πομποδέκτης και το τροφοδοτικό του. Επίσης θωρακισμένα καλώδια που παρέχονται από την AEA για κάθε πομποδέκτη που επιθυμείται να συνδεθεί και το μικρόφωνο ή διάφοροι συνδετήρες που απαιτούνται από τον πομποδέκτη. Πριν γίνει οποιαδήποτε σύνδεση δεν πρέπει να τροφοδοτείται ο DSP και ο πομποδέκτης.

2.7 Πομποδέκτης KENWOOD TS-790A

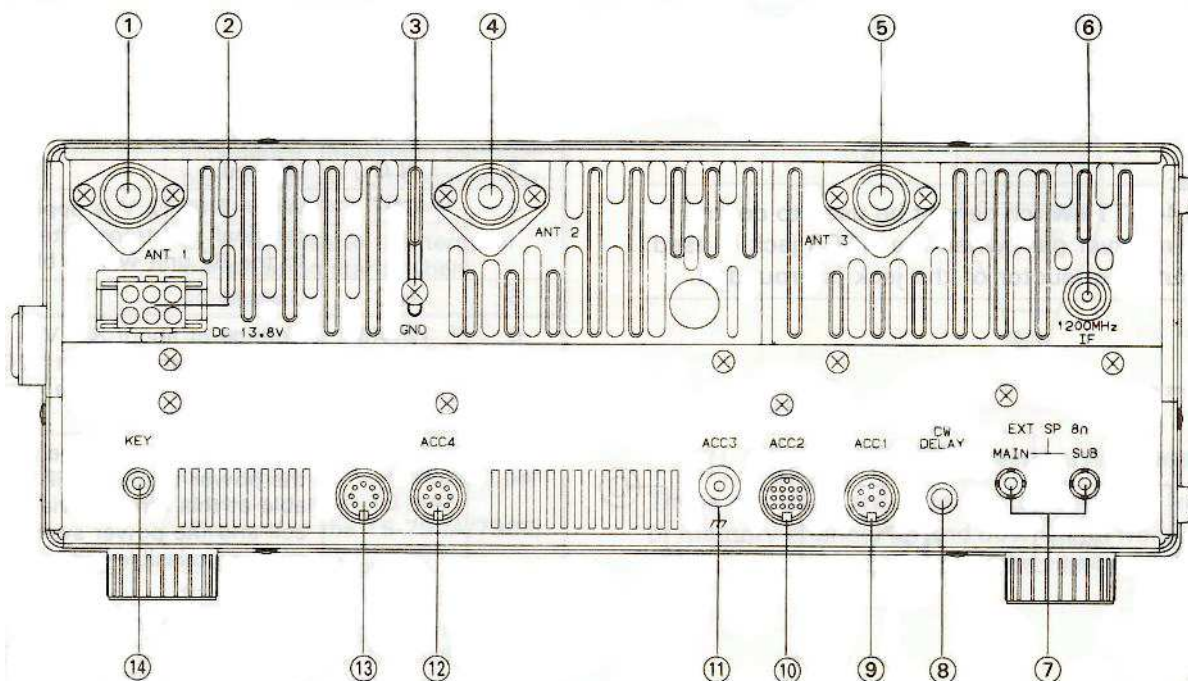


Πομποδέκτης ονομάζεται ο συνδυασμός πομπού και δέκτη σε μια συσκευή. Ένας ράδιο πομποδέκτης μπορεί να είναι Half-duplex η Full-duplex. Ο Half-duplex πομποδέκτης δεν επιτρέπει ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη γιατί και τα δυο γίνονται στην ίδια συχνότητα, έτσι όταν γίνεται εκπομπή ο δέκτης είναι απενεργοποιημένος και όταν γίνεται λήψη ο πομπός είναι απενεργοποιημένος. Ο Full-duplex πομποδέκτης επιτρέπει ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη επειδή η συχνότητα εκπομπής και λήψης είναι διαφορετική. Ο πομποδέκτης που χρησιμοποιούμε είναι ο Kenwood TS-790A. Είναι Full-duplex και μπορεί να εκπέμπει ταυτόχρονα στις μάντες των 2m (144-148MHz) και των 70cm (430-450MHz) προαιρετικά μπορεί να δεχτεί και μια βαθμίδα που του προσθέτει την δυνατότητα να εκπέμπει και στην μάντα των 23cm (1240-1300MHz). Σε mode συνεχούς κύματος (CW) έχει έως 45watt ισχύ στην μάντα των 2m και έως 40watt ισχύ στην μάντα των 70cm. Είναι All-mode δηλαδή μπορούμε απευθείας να επιλέξουμε τι mode θέλουμε (USB,LSB,CW,CW (narrow) και FM).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πομποδέκτη φαίνονται παρακάτω.

Specifications		Model	TS-790A	TS-790E		
General	Frequency range	2 m band	144 ~ 148 MHz	144 ~ 146 MHz		
		70 cm band	430 ~ 450 MHz*1	430 ~ 440 MHz		
		23 cm band	1240 ~ 1300 MHz (Option)			
	Mode	J3E (LSB, USB), A1A (CW), F3E (FM)				
	Antenna impedance	50 ohms				
	Power requirement	13.8 VDC ± 15%				
	Grounding	Negative				
	Current drain	Receive mode with no input signal		2.5 A		
		Transmit mode	2 m band	12 A		
			70 cm band	15 A		
	23 cm band	8 A				
	Operating temperature	-10 to +50°C (+14 to +122°F)				
	Frequency stability (Except FM mode)	Less than ± 3 PPM				
	Dimensions (W×H×D) (Projections included)	342 × 134 × 369 mm (13-15/32" × 5-9/32" × 14-17/32")				
Weight	9.2 kg (20.2 lbs)					
Transmitter	Output power	2 m band	LSB-USB	35 W		
			FM-CW	45 W		
		70 cm band	LSB-USB	30 W		
			FM-CW	40 W		
	23 cm band	LSB, USB, CW, FM		10 W		
	Modulation	LSB, USB		Balanced modulation		
		FM		Reactance modulation		
	Spurious radiation	2 m/70 cm band		Less than -60 dB		
		23 cm band		Less than -50 dB		
	Carrier suppression	More than 40 dB (with 1.5 kHz reference)				
	Unwanted sideband suppression	More than 40 dB (with 1.5 kHz reference)				
Maximum frequency deviation (FM)	± 5 kHz					
Frequency response (-6 dB) (SSB mode only)	400 to 2600 Hz					
Microphone impedance	600 ohms					
Receiver	Circuitry	2 m band	LSB-USB-CW	Single conversion superheterodyne		
			FM	Double conversion superheterodyne		
		70 cm band	LSB-USB-CW	Double conversion superheterodyne		
			FM	Triple conversion superheterodyne		
		23 cm band	LSB-USB-CW	Triple conversion superheterodyne		
			FM	Quadruple conversion superheterodyne		
	Intermediate frequency	MAIN				
			1st IF	2nd IF	3rd IF	4th IF
		2 m band	10.695 MHz	* 455 kHz	-	-
		70 cm band	75.925 MHz	10.695 MHz	* 455 kHz	-
		23 cm band	287.175 MHz	41.415 MHz	10.695 MHz	* 455 kHz
		SUB RX				
		1st IF	2nd IF	3rd IF	4th IF	
2 m band		10.595 MHz	* 455 kHz	-	-	
70 cm band		75.925 MHz	10.595 MHz	* 455 kHz	-	
23 cm band		287.075 MHz	41.315 MHz	10.595 MHz	* 455 kHz	
				* : FM only		
Receiver		Sensitivity	LSB, USB, CW (at 10 dB S+N/N)	2 m band	Less than 0.16 μV	
	70 cm band			Less than 0.16 μV		
	23 cm band			Less than 0.16 μV		
	FM (at 12 dB SINAD)		2 m band	Less than 0.22 μV		
			70 cm band	Less than 0.22 μV		
			23 cm band	Less than 0.22 μV		
	Selectivity	LSB, USB		-6 dB: 2.1 kHz, -60 dB: 4.8 kHz		
		FM		-6 dB: 12 kHz, -60 dB: 24 kHz		
		CW		-6 dB: 500 Hz, -50 dB: 2 kHz		
	Image ratio	2 m band		More than 65 dB		
		70 cm band		More than 60 dB		
		23 cm band		More than 55 dB		
IF SHIFT variable range	More than ± 0.9 kHz					
RIT variable range	LSB, USB, CW		± 1.9 kHz			
	FM		± 9.9 kHz			
Squelch sensitivity	LSB, USB, CW		Less than 0.20 μV			
	FM		Less than 0.16 μV			
Output	1.5 W across 8 ohms load (10% distortion)					
Output load impedance	8 ohms					

Συνδέσεις του Kenwood TS-790A:



1. ANT (Antenna) 1 (για 144 MHz)

Σε αυτό το βύσμα συνδέουμε τις κεραίες A148-20T συχνότητας 145 MHz μέσω του power divider που έχουμε κατασκευάσει. Το καλώδιο πρέπει να είναι ομοαξονικό 50 Ohm και να καταλήγει σε ένα N-type connector.

2. Βύσμα DC τροφοδοσίας

3. GND (Ground) Γείωση

4. ANT (Antenna) 2 (για 430/440MHz)

Σε αυτό το βύσμα συνδέουμε τις κεραίες 738XB συχνότητας 432 MHz μέσω του power divider που έχουμε κατασκευάσει. Το καλώδιο πρέπει να είναι ομοαξονικό 50 Ohm και να καταλήγει σε ένα N-type connector.

5. ANT (Antenna) 3 (για 1200MHz) (Προαιρετικό)

Σε αυτό το βύσμα συνδέουμε εάν έχουμε κάποια κεραία στα 1200MHz. Δεν το χρησιμοποιούμε στην παρούσα φάση.

6. 1200 MHz IF (προαιρετικό)

7. Βύσμα για εξωτερικό ηχείο.

8. Έλεγχος CW Delay

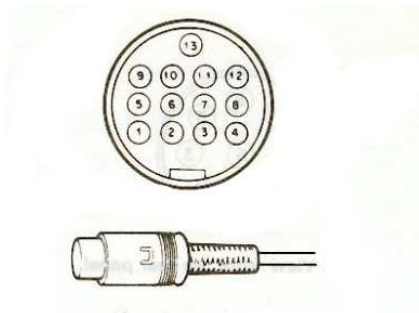
Αυτό το κουμπί ρυθμίζει πόση ώρα θα μείνει δεσμευμένος ο πομπός αφού έχει ελευθερωθεί το κλειδί

9. ACC 1

Αυτό το βύσμα είναι σχεδιασμένο για σύνδεση με την προαιρετική μονάδα interface με H/Y

10. ACC 2

Τα νούμερα του τερματικού είναι ως ακολούθως:



11. ACC 3

Μέσω αυτού του βύσματος μπορούμε να συνδέσουμε και να ελέγχουμε ένα εξωτερικό προενισχυτή.

12. ACC 4

Αυτό το βύσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγχουμε ένα ερασιτεχνικό τερματικό τηλεόρασης.

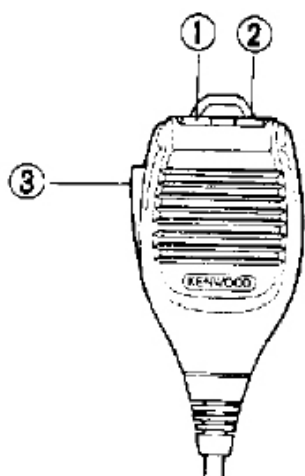
13. EXT CONT

Χρησιμοποιείται για να ελέγχει εξωτερικές συσκευές όπως γραμμικούς ενισχυτές.

14. KEY

Χρησιμοποιώντας θωρακισμένη γραμμή, συνδέει ένα 1.8'' ακουστικό σε αυτό το βύσμα για λειτουργία CW.

Κουμπιά Μικρόφωνου:



1, 2. Πάνω / Κάτω διακόπτες.

Αυτοί οι διακόπτες χρησιμοποιούνται για να ανεβάζουν ή να κατεβάζουν την συχνότητα VFO ή το κανάλι μνήμης. Η συχνότητα θα αλλάζει συνεχόμενα εάν τα κουμπιά πατηθούν και κρατηθούν πατημένα.

3. PTT (Push To Talk) διακόπτης

Ο πομποδέκτης τοποθετείται σε εκπομπή όποτε αυτός ο διακόπτης πατιέται. Η αναζήτηση θα σταματήσει όταν πατηθεί αυτός ο διακόπτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Τι σημαίνει KISS;

Πρόκειται για τα αρχικά της φράσης: "Keep It Simple, Stupid", με την οποία τονίζεται η σημασία της απλότητας στον τεχνικό σχεδιασμό. Στην περίπτωση του TNC εννοεί μία ειδική μέθοδο λειτουργίας που μεταφέρει τις περισσότερες λειτουργίες του TNC στο συνεργαζόμενο H/Y, αφήνοντας στο TNC μόνο τη λειτουργία σύνταξης και εκπομπής πλαισίων HDLC από τα δεδομένα που λαμβάνει από την ασύγχρονη θύρα και αντίστροφα.

3.1.1 Ποιες είναι οι παράμετροι επικοινωνίας με KISS TNC;

Το πρωτόκολλο KISS προβλέπει μια διαδικασία ελέγχου του TNC από το πρόγραμμα με το οποίο συνεργάζεται. Αυτό γίνεται με ειδικά "πακέτα" που περιέχουν εντολές. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν σε κάθε παράμετρο είναι οι ακόλουθοι:

(οι αριθμοί μεταξύ 10 (\$0A) και 254 (\$FE) δεν υποστηρίζονται από όλα τα TNC)

\$00	(0) Data frame
\$01	(1) TxDelay in 10ms units
\$02	(2) P in range 0-255
\$03	(3) SlotTime in 10ms units
\$04	(4) TXtail in 10ms units
\$05	(5) FullDuplex flag, 0=half duplex
\$06	(6) SetHardware, hardware specific
\$07	(7) TxMute
\$08	(8) DTR
\$09	(9) RTS
\$0A	(10) Speed
\$0B	(11) EndDelay
\$0C	(12) Group
\$0D	(13) Idle
\$0E	(14) Min
\$0F	(15) Maxkey
\$10	(16) Wait
\$81	(129) Down
\$82	(130) Up

\$83 (131) Blind

\$FE (254) Return-2

\$FF (255) Return to command mode (exit KISS)

3.1.2 Τι ακριβώς είναι τα DWAIT, PERSIST, SLOTTIME;

Πρόκειται για παραμέτρους που καθορίζουν πόσο γρήγορα ένας σταθμός μπορεί να εκπέμψει όταν το κανάλι είναι ελεύθερο. Γενικά ή πρόσβαση γίνεται με την μέθοδο CSMA (Carrier Sense Multiple Access) που σημαίνει ότι μπορούν πολλοί σταθμοί να χρησιμοποιούν το κανάλι με βάση τις ενδείξεις του CD (carrier detect). Υπάρχουν δύο μέθοδοι, το παραδοσιακό "1-Persist" και το νεότερο στατιστικό σύστημα "P-Persist".

Όταν χρησιμοποιείται το 1-Persist, τότε έχει σημασία η παράμετρος DWAIT, η οποία καθορίζει πόσο χρόνο περιμένει το TNC από την στιγμή που θα βρει ελεύθερο κανάλι για να εκπέμψει. Τα digipeaters (τα πραγματικά digipeaters, όχι τα nodes) έχουν άμεση προτεραιότητα και εκπέμπουν αμέσως διότι δεν κάνουν retries. Το εγχειρίδιο της AEA προτείνει σταθμοί με πολύ traffic να έχουν κάπως μεγαλύτερο χρόνο αναμονής για να μην μονοπωλούν το δίκτυο:

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΧΡΟΝΟΣ DWAIT
Digipeaters	0 ms
Απλοί χρήστες	160 ms (default)
PBBS	320 ms
File transfer	480 ms

Το σύστημα P-persist μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση σε ένα κανάλι, αρκεί όλοι οι σταθμοί να το χρησιμοποιούν, διαφορετικά αδικεί όσους το χρησιμοποιούν σε όφελος όσων το αγνοούν. Το σύστημα αυτό λειτουργεί ως εξής:

Όταν ο σταθμός θέλει να εκπέμψει, περιμένει να ελευθερωθεί το κανάλι. Τότε παράγει ένα τυχαίο αριθμό μεταξύ 0 και 255. Αν αυτός είναι μικρότερος από το PERSIST, τότε ενεργοποιεί το PTT και εκπέμπει μετά από χρόνο TXDELAY όλα τα data που έχει στο buffer. Διαφορετικά περιμένει επί χρόνο SLOTTIME και επαναλαμβάνει τη διαδικασία. Μία λογική τιμή για το slot time είναι η μέση διάρκεια του πακέτου αυξημένη κατά το TXDELAY.

Σε ένα δίκτυο με P-persist CSMA πρέπει όλοι οι σταθμοί να έχουν τις ίδιες τιμές στις παραμέτρους τους. Τα πακέτα ανήκουν σε όλο το δίκτυο και δεν διακρίνονται σε πακέτα του PBBS, σε πακέτα του Node και σε πακέτα των απλών χρηστών. Μια λογική τιμή για το PERSIST είναι γύρω στο 64, που υποθέτει ότι το κανάλι χρησιμοποιείται από 4 σταθμούς.

3.1.3 Τι είναι QSO;

QSO είναι ένα από τα πολλά "Q σήματα" που χρησιμοποιούνται για να συντομεύσουμε κοινές λέξεις και φράσεις για αποτελεσματικές επικοινωνίες με κώδικα Morse. Το QSO χρησιμοποιείται για επικοινωνία από έναν ραδιοερασιτέχνη με έναν άλλο σταθμό.

3.2 Τα modes που χρησιμοποιούν οι δορυφόροι

Γενικά χρησιμοποιείται πολύ η διαμόρφωση φάσης (BPSK) με ταχύτητα 1200 bps, η οποία απαιτεί δέκτη SSB και ειδικό modem. Πολλές φορές χρησιμοποιείται ο όρος "DPSK" (digital PSK) για να περιγράψει το ίδιο σύστημα. Τέτοια σήματα στέλνουν οι εξής δορυφόροι: AO-16, WO-18, LO-19, FO-20. Ο DO-17 (Dove) στέλνει 1200 baud AFSK που μπορεί να ληφθεί με απλό TNC και δέκτη VHF/FM.

Οι νεώτεροι δορυφόροι (UO-22, KO-23, KO-25, POSAT κ.α) χρησιμοποιούν FSK συμβατό με το πρωτόκολλο G3RUH για ταχύτητες 9600 bps.

BPSK στα 400 bps χρησιμοποιείται και για εκπομπές τηλεμετρίας από τους δορυφόρους της σειράς AMSAT Phase III (AO-10, AO-13, Phase III-D).

3.2.1 Γιατί χρησιμοποιείται το BPSK;

Διότι κάνει αποδοτικότερη χρήση της ισχύος εκπομπής σε οριακές συνθήκες, με την προϋπόθεση ότι ο πομποδέκτης είναι γραμμικός (SSB). Παράγεται επίσης σχετικά εύκολα, με έναν ισοσταθμισμένο διαμορφωτή, ακριβώς όπως το DSB.

3.2.2 Τι modems υπάρχουν για δορυφορικές επικοινωνίες;

Υπάρχει το κλασικό modem 400 bps (BPSK) του G3RUH και το αντίστοιχο 1200 bps της TAPR τα οποία συνεργάζονται με TNC-2. Τα TNC DSP-2232/1232 έχουν ενσωματωμένες τις δυνατότητες αυτές. Για τα 9600 bps, το modem που χρησιμοποιείται στις επίγειες επικοινωνίες σε συνδυασμό με σύστημα AFC (αυτόματο έλεγχο συχνότητας για αντιστάθμιση του doppler shift) είναι ικανοποιητικό.

3.2.3 Τι πρωτόκολλα επικοινωνίας χρησιμοποιούνται στα layers 2 έως 7;

KISS: Περιγράφεται παραπάνω.

FTL0: Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται για αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ σταθμών εδάφους και δορυφόρου για μεταφορά αρχείων, mail κλπ.

BROADCAST: Με βάση το πρωτόκολλο αυτό ο δορυφόρος εκπέμπει bulletins, τα οποία λαμβάνουν οι σταθμοί εδάφους, χωρίς να επικοινωνούν αμφίδρομα με τον δορυφόρο.

3.3 Οι ερασιτεχνικοί δορυφόροι.

AMSAT-OSCAR 7

Name: AMSAT-OSCAR 7 (Phase-IIB)

Nasa Catalog Number: 7530

Launched: November 15, 1974

Launch vehicle: Delta 2310

Launched piggyback with: ITOS-G (NOAA 4) and the Spanish INTASAT

Launch location: Vandenberg Air Force Base, Lompoc, California

Weight: 28.6 kg

Orbit: 1444 x 1459 km

Inclination: Inclination 101.7 degrees

Period:

Size: Octahedral shaped 360 mm high and 424 mm in diameter

Modes: A, B, and C

Beacons:

- 29.502 MHz (200 mw) Used in conjunction with Mode A
- 145.972 MHz (200 mw) Used in conjunction with Mode B and C [low power Mode B]
- 435.100 MHz (intermittent problem -- switches between 400 mw and 10 mw)
- 2304.1 MHz (40 mw) Must be commanded on. Auto off after 15 minutes. Requires STA to operate.

Linear Transponders:

- Transponder I: Mode A
 - Type: linear, non-inverting
 - Uplink: 145.850 - 145.950 MHz
 - Downlink: 29.400 - 29.500 MHz
 - Translation Equation:
Downlink (MHz) = Uplink (MHz) - 116.450 MHz +/- Doppler
 - Output Power: 1.3 watts PEP (start of life)
- Transponder II: Mode B and Mode C (low power)
 - Type: linear, inverting
 - Uplink: 432.125 - 432.175 MHz
 - Downlink: 145.975 - 145.925 MHz

- Translation Equation:
Downlink (MHz) = 578.100 - uplink (MHz) +/- Doppler
- Output Power: 8 watts PEP Mode B (start of life), 2.5 watts PEP Mode C

Firsts:

- Satellite-to-satellite relay communication via AO-6.
- Early demonstrations of low-budget medical data relay and Doppler location of ground transmitters for search-and-rescue operations were done using this satellite.
- The Mode-B transponder was the first using "HELAPS" (High Efficient Linear Amplification by Parametric Synthesis) technology was developed by Dr. Karl Meinzer as part of his Ph.D.
- First to fly a Battery Charge Regulator (BCR).

Status: Semi-Operational

AMRAD-OSCAR 27

Name: AMRAD-OSCAR 27 aka EYESAT-1

NASA Catalog Number: 22825

Launched: September 26, 1993

Launch vehicle: Ariane 4

Launch location: Kourou, French Guiana

Weight: 11.8 kg

Orbit: Polar LEO (Low Earth Orbit)

Inclination: 98.5 degrees

Size: 150 x 150 x 150 mm

Period: 101 Minutes

Uplink:

- 145.850 MHz

Downlink:

- 436.795 MHz

Features:

- Amateur payload combined with an experimental payload.
- EYESAT-1 is an experimental Microsat satellite built by Interferometrics Inc, of Chantilly, Virginia.
- The amateur equipment onboard the satellite was built by AMRAD.

Status: Semi-Operational

PoSAT-OSCAR 28

Name: PoSAT-OSCAR 28 (PoSAT-1)

Catalog Number: 22829

Callsign: Broadcast: POSAT1-11 **BBS:** POSAT1-12

Launched: September 25, 1993

Launch vehicle: Ariane

Launch location: Kourou, French Guiana

Weight: 48.7 kg

Orbit: Circular LEO (Low Earth Orbit), sun synchronous, 822 x 800 km

Inclination: 98.6 degrees

Size: 350 x 350 x 650 mm

Period: 101 Minutes

Digital Transponders Mode JD 9600 baud FSK (FM)

- **Uplinks:**

- 145.925 MHz

- 145.975 MHz

- **Downlinks:**

- 435.075 MHz (Presently in use)

- 435.275 MHz

Features:

- Similar to KITSAT-OSCAR-23 in construction.
- 9600 bps AX.25 protocol store-and-forward PACSAT Protocol Suite communications system.
- CCD Earth Imaging System (EIS)
- Star Sensor
- GPS Navigation Experiment
- Cosmic Ray Experiment (CRE)
- Digital Signal Processing Experiment (DSPE)

Status: Operational - Not open for Amateur use

Fuji-OSCAR-29

Name: Fuji-OSCAR-29 aka Fuji-3 and JAS-2

Callsign: 8J1JCS

NASA Catalog Number: 24278

Launched: August 17, 1996

Launch vehicle: Japanese H-II No. 4

Launch location: Tanegashima Space Center of NASDA, Tanegashima Island, Japan

Weight: 50 kg

Orbit: Polar LEO (Low Earth Orbit)

Inclination:

Size: 44 cm wide x 47 cm high

Period:

Features:

- BBS Message System (digital store-and-forward)
- Analog Communications Transponder
- Attitude Control
- Digi-Talker
- Testing of newly developed solar cells in space

Beacon (100 milliWatt) Telemetry Format

- 435.795 MHz - CW (12 wpm)
- 435.910 MHz - PSK digital - Digi-Talker

Digital Transponder - Mode JD (1 Watt)

- Uplinks: AFSK (FM) 1200 bps, AX.25, Manchester Encoded
 - 145.850 MHz
 - 145.870 MHz (the only 9600 bps uplink frequency)
 - 145.890 MHz
 - 145.910 MHz
- Downlink: BPSK 1200 bps or FSK 9600 bps
 - 435.910 MHz (also Digi-Talker frequency)

Analog Transponder - Mode JA (1 Watt)

- Uplink: 145.900 - 146.000 MHz
- Downlink: 435.800 - 435.900 MHz (inverted)

Status: Operational

Saudi-OSCAR 50

Name: Saudi-OSCAR 50 (aka SaudiSat-1c)

NASA Catalog Number: 27607

Callsign: Broadcast: TBD; **BBS:** TBD

Launched: December 20, 2002

Launch vehicle: Dnepr (converted R-36N Voevoda ICBM (SS-18 Satan))

Launch location: Baikonur Cosmodrome

Weight: 10 kg

Orbit: 631 x 638 km

Inclination: 64.5 degrees

Size: Unknown

Period: 97.95 minutes

Uplink:

- 145.850 MHz (67.0 Hz PL Tone)

Downlink:

- 436.800 MHz

Features:

- FM Repeater

Status: Operational

**Gurwin-OSCAR 32
(TechSat1b)**

Name: Gurwin-OSCAR 32

Callsign: 4XTECH-12

NASA Catalog Number:25397

Launched:10 July 1998

Launch vehicle: Zenith

Launch Location: Baikonur Cosmodrome

Weight: 60 Kg

Size:44,5 x 44,5 x 44,5 cm cube

Period:101,19

Frequency Information:

Mode V/U (J) Pacsat BBS: Operational

Uplink: 145.850 MHz FSK 9600BPS

Uplink: 145.890 MHz FSK 9600BPS

Downlink: 435.225 MHz FSK 9600BPS

Mode L/U Pacsat BBS: Non operational

Uplink: 1269.700 MHz FSK 9600BPS

Uplink: 1269.800 MHz FSK 9600BPS

Uplink: 1269.900 MHz FSK 9600BPS

Downlink: 435.225 MHz FSK 9600BPS

Current Keplerian Elements

GO-32

1 25397U 98043D 06307.61156139 .00000103 00000-0 64247-4 0 1485

2 25397 98.4515 359.2947 0001776 141.9938 218.1383 14.23113994432074

OSCAR-55

Name: CubeSat- OSCAR 55

Callsign:

NASA Catalog Number:27844

Launched:30 June 2003
Launch vehicle: Dnepr
Launch Location: Baikonur Cosmodrome
Inclination: 98,72
Weight:1 kg
Size: 10 x 10 x 10 cm
Period:101.38

Frequency Information:

Mode U Telemetry: Operational
Downlink: 437.400 MHz AFSK 1200 BPS

Mode U TLM Beacon : Operational
Downlink: 436.837 MHz CW

Current Keplerian Elements

CO-55

1 27844U 03031E 06306.57647565 .00000050 00000-0 43692-4 0 8859
2 27844 98.7219 312.9746 0010463 28.8106 331.3651 14.20466515173304

OSCAR-57

Name:CubeSat-OSCAR-57
Callsign:-
NASA Catalog Number:27848
Launched:30 June 2003
Launch vehicle: Dnepr
Launch Location: Baikonur Cosmodrome
Weight:1 kg
Inclination:98.72
Size:10 x 10 x 10 cm
Period:101.39

Frequency Information

Mode U Beacon: Operational
Downlink: 436.847 MHz CW

Mode U Telemetry: Operational
Downlink: 437.490 MHz AFSK 1200 BPS

Current Keplerian Elements

CO-57

1 27848U 03031J 06306.56861214 .00000052 00000-0 44719-4 0 8506
2 27848 98.7210 312.2518 0010397 31.5016 328.6808 14.20292167173286

OSCAR 51

Name: AMSAT-OSCAR 51
Callsign: PECHO-11
NASA Catalog Number: 28375
Launched: 28 June 2004
Launch vehicle: Dnepr
Launch Location: Baikonur Cosmodrome
Weight: 11.14 kg
Size: 25 x 25 x 25 cm cube
Period: 99.97

Frequency Information:

Mode V/U (J) FM Voice Repeater (QRP): Operational

Uplink: 145.880 MHz FM
Downlink: 435.150 MHz FM

Mode V/U (J) FM Voice Repeater: Operational

Uplink: 145.920 MHz FM PL 67.0 Hz
Downlink: 435.300 MHz FM

Mode V/U (J) PacSat BBS: Operational

Uplink: 145.860 MHz AFSK 9600 BPS
Downlink: 435.150 MHz AFSK 9600 BPS

Mode V/S FM Voice Repeater: Operational

Uplink: 145.920 MHz FM PL 67.0 Hz
Downlink: 2401.200 MHz FM

Mode L/U FM Voice Repeater: Operational

Uplink: 1268.700 MHz FM, PL 67.0 Hz
Downlink: 435.300 MHz FM

Mode L/U PacSat BBS: Operational

Uplink: 1268.700 MHz AFSK
Downlink: 435.150 MHz AFSK

Mode L/S FM Voice Repeater: Operational

Uplink: 1268.700 MHz FM, PL 67 Hz
Downlink: 2401.200 MHz FM

Mode L/S PacSat BBS: Operational

Uplink: 1268.700 MHz AFSK 9600 BPS
Downlink: 2401.200 MHz AFSK 9600 BPS

Mode A/U Digital: Operational

Uplink: 28.140 MHz PSK 31 BPS
Downlink: 435.300 MHz FM 31 BPS

Current Keplerian Elements

AO-51

1 28375U 04025K 06306.71785453 .00000027 00000-0 20844-4 0 6663
2 28375 98.1468 352.3161 0084000 147.7766 212.8601 14.40539374123101

OSCAR 52

Name: VUSat-OSCAR 52
Callsign:-
NASA Catalog Number:28650
Launched:5 May 2005
Launch vehicle: PSLV
Launch Location: Sirharkota
Weight:42.500 kg
Size: 63 x 63 x 55 cm cuboid
Inclination:97.24
Period:97.24

Frequency Information:

Mode U/V (B) Linear Transponder (Inverting): Operational

Uplink: 435.220- 435.280 MHz SSB/CW
Downlink: 145.870- 145.930 MHz SSB/CW

Mode U Beacon: Operational

Simplex : 145.860 MHz CW

Mode U Beacon: Non-Operational

Simplex : 145.930 MHz Carrier

Current Keplerian Elements

VO-52

1 28650U 05017B 06306.67823611 -.00000032 00000-0 28027-5 0 4695
2 28650 97.8590 17.1589 0026173 271.0530 88.7682 14.81195852 80886

OSCAR 58

Name: CubeSat- OSCAR 58
Callsign:-
NASA Catalog Number:28895
Launched:27 October 2005
Launch vehicle: Cosmos
Launch Location: Plesetsk MSC

Weight:1 Kg
Inclination:98.18
Size:10 x 10 x 10 cm
Period:98.67

Frequency Information

Mode U Beacon: Operational

Downlink: 437.465 MHz CW

Mode U Telemetry: Operational

Downlink: 437.345 MHz AFSK 1200 BPS

Current Keplerian Elements

CO-58







1 28895U 05043F 06306.74808329 .00000220 00000-0 56029-4 0 5750

2 28895 98.1511 202.7302 0018927 98.2549

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε όλους τους ερασιτεχνικούς δορυφόρους που έχουν εκτοξευθεί στο διάστημα. Έχουν ταξινομηθεί με χρονολογική σειρά και διαχωρίζονται με χρωματικό κώδικα. Το πράσινο χρώμα σημαίνει ότι ο δορυφόρος είναι λειτουργικός, το πορτοκαλί χρώμα σημαίνει ότι είναι μερικά λειτουργικός, το κόκκινο χρώμα σημαίνει ότι είναι μη λειτουργικός και το μαύρο ότι ο δορυφόρος έχει επιστρέψει στην ατμόσφαιρα της γης.

Όνομα Δορυφόρου	Κατάσταση	Ημ. Εκτόξευσης	Χώρα
OSCAR (OSCAR 1)		12/12/1961	USA
OSCAR II (OSCAR 2)		2/6/1962	USA
OSCAR III (OSCAR 3, EGRS-3)		9/3/1965	USA
OSCAR IV (OSCAR 4)		21/12/1965	USA
Australis-OSCAR 5 (OSCAR 5, AO-5, AO-A)		23/1/1970	Australia
AMSAT-OSCAR 6 (OSCAR 6, AO-6, AO-C, P2A)		15/10/1972	USA
AMSAT-OSCAR 7 (OSCAR 7, AO-7, AO-B, P2B)		15/11/1974	USA/Spain
AMSAT-OSCAR 8 (OSCAR 8, AO-8, AO-D, P2D)		5/3/1978	USA
UoSat-OSCAR 9 (UOSAT 1, UO-9)		6/10/1981	UK
AMSAT-OSCAR 10 (Phase 3B, P3B)		16/6/1983	USA
UoSat-OSCAR 11 (UoSat-2, UO-11, UoSAT-B)		1/3/1984	UK
Fuji-OSCAR 12 (JAS 1, FO-12)		13/8/1986	Japan
AMSAT-OSCAR 13 (Phase 3C, AO-13, P3C)		15/6/1988	USA
UOSAT-OSCAR 14 (UoSAT-3, UO-14 UoSAT-D)		21/1/1990	UK
UOSAT-OSCAR 15 (UoSAT-4, UO-15, UoSAT-E)		22/1/1990	UK
AMSAT-OSCAR 16 (Pacsat, AO-16, Microsat-1)		22/1/1990	USA
Dove-OSCAR 17 (Dove, DO-17, Microsat-2)		22/1/1990	Brazil
Weber-OSCAR 18 (WeberSAT, WO-18, Microsat-3)		22/1/1990	USA
LUSAT-OSCAR 19 (LUSAT, LO-4, Microsat-4)		22/1/1990	Argentina
Fuji-OSCAR 20 (JAS 1B, FO-20, Fuji-1B)		7/2/1990	Japan
AMSAT-OSCAR 21 (RS-14, AO-21, Informator-1)		29/1/1991	Russia
Radio Sputnik 12		5/2/1991	Russia
Radio Sputnik 13		5/2/1991	Russia
UoSat-OSCAR 22 (UOSAT 5, UO-22 UoSAT-F)		17/7/1991	UK
KitSAT-OSCAR 23 (KITSAT 1, KO-23, Uribyol-1)		10/8/1992	Korea

Arasene-OSCAR 24 (Arasene, AO-24)		12/5/1993	France
AMRAD-OSCAR 27 (EYESAT-1, AO-27)		26/9/1993	USA
KitSAT-OSCAR 25 (KITSAT B, KO-25, Kitsat-2, Uribyol-2)		26/9/1993	Korea
POSAT-OSCAR 28 (POSAT, Posat-1)		26/9/1993	Portugal
Italy-OSCAR 26 (ITAMSAT, IO-26)		26/9/1993	Italy
Radio Sputnik 15 (RadioSkaf-15, RS-15, Radio-ROSTO)		26/12/1994	Russia
Fuji-OSCAR 29 (JAS 2, FO-29, Fuji-2)		17/8/1996	Japan
Mexico-OSCAR 30 (UNAMSAT-2, MO-30, Unamsat-B, Kosmos-2334)		5/9/1996	Mexico/Russia
Gurwin-OSCAR 32 (GO-32, Gurwin-1b, Techsat-1b)		10/7/1998	Israel
Thai-Microsatellite-OSCAR 31 (TMSAT-1, TO-31)		10/7/1998	Thailand
SEDSat-OSCAR 33 (SEDSat, SO-33, SEDsat-1)		24/10/1998	USA
Pansat-OSCAR 34 (PAN SAT, PO-34)		30/10/1998	USA
ARISS (ARISS)			International
ASU-OSCAR 37 (AO-37, ASUsat-1, ASUSAT)		27/1/2000	USA
OPAL-OSCAR 38 (OO-38, StenSat, OPAL)		27/1/2000	USA
Weber-OSCAR 39 (WO-39, JAWSAT)		27/1/2000	USA
Saudi-OSCAR 41 (SO-41, Saudisat 1A)		27/1/2000	Saudi Arabia
Malaysian-OSCAR 46 (MO-46, TIUNGSAT-1)		26/9/2000	Malaysia
Saudi-OSCAR 42 (SO-42, Saudisat 1B)		26/9/2000	Saudi Arabia
AMSAT-OSCAR 40 (AO-40, Phase 3D, P3D)		16/11/2000	USA
Navy-OSCAR 44 (NO-44, PCSat)		30/9/2001	USA
Starshine-OSCAR 43 (SO-43, Starshine 3)		30/9/2001	USA
Navy-OSCAR 45 (NO-45, Sapphire)		30/9/2001	USA
BreizhSAT-OSCAR 47 (BO-47, IDEFIX CU1)		4/5/2002	France
BreizhSAT-OSCAR 48 (BO-48, IDEFIX CU2)		4/5/2002	France
Saudi-OSCAR 50 (SO-50, Saudisat-1C)		20/12/2002	Saudi Arabia
AATIS-OSCAR 49 (AO-49, Safir-M, RUBIN 2)		20/12/2002	Germany
CubeSat-OSCAR 55 (Cute-1)		30/6/2003	Japan
CubeSat-OSCAR 57 (CubeSat-XI-IV)		30/6/2003	Japan
CanX-1		30/6/2003	Canada
DTUSat		30/6/2003	Denmark
AAU Cubesat		30/6/2003	Denmark
AMSAT-OSCAR 51 (Echo)		28/6/2004	USA
RS-22 (Mozhayets 4)		27/9/2004	Russia
VUSat-OSCAR 52 (Hamsat, VUSat)		5/5/2005	India/Netherlands
PCSat2 (PCSAT2)		3/8/2005	USA
AMSAT-OSCAR 54 (AO-54, SuitSat, Radioskaf)		8/9/2005	International
eXpress-OSCAR 53 (XO-53, SSETI Express)		27/10/2005	ESA
CubeSat-OSCAR 58 (CO-58, Cubesat XI-V)		27/10/2005	Japan
UWE-1		27/10/2005	Germany
NCube-2		27/10/2005	Norway
CubeSat-OSCAR 56 (CO-56, Cute-1.7)		21/2/2006	Japan
K7RR-Sat		26/7/2006	USA
CP2		26/7/2006	USA
HAUSAT 1		26/7/2006	South Korea
ICE Cube 1		26/7/2006	USA
ICE Cube 2		26/7/2006	USA
ION		26/7/2006	USA
KUTESat		26/7/2006	USA
MEROPE		26/7/2006	USA
nCUBE 1		26/7/2006	
RINCON		26/7/2006	USA
SACRED		26/7/2006	USA

SEEDS		26/7/2006	Japan
Voyager		26/7/2006	USA
PicPot		26/7/2006	Italy
Libertad-1		15/9/2006	Colombia
Cape-1		15/9/2006	USA
CP3		30/9/2006	USA

Λειτουργικός
 Μερικά λειτουργικός
 Μη λειτουργικός
 Ο δορυφόρος έχει επιστρέψει στην ατμόσφαιρα της γής



Βιβλιογραφία

- **The ARRL UHF / Microwave. American Radio Relay League.**
- **The ARRL Antenna Compendium. Gerald L. Hall.**
- **Δορυφορικές επικοινωνίες. Maral Bousquet.**
- **Ραδιοδύκτια & Δορυφορικές Ζεύξεις. Μαρκόπουλος Δημήτρης, Νίκος Θωμάς.**
- **Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC). Paul A. Chatterton, Michael A. Houlden.**
- **Κεραίες. John Kraus.**

Ιστοσελίδες

- <http://www.amsat.org>
- <http://www.hamradio.gr/forum/>
- <http://www.hellas-sat.net/>
- <http://www.ham.gr/>
- http://www.linksat.com/internet_services_europe.html
- <http://www.n2vo.com/?s=26609>
- <http://www.satleo.gr/>
- http://info.awmn.net/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=27&PHPSESSID=631d5767308447f58a1bf12191ae0f8e&PHPSESSID=631d5767308447f58a1bf12191ae0f8e#up
- <http://www.5-9report.gr/>
- <http://www.agt.net/public/ve6mim/sat.html>