



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Πτυχιακή Εργασία
Δορυφορικές Επικοινωνίες



Διακογιαννάκης Γεώργιος
Αρ. Μητρώου 04/2730

Επιβλέπων Καθηγητής
Αρσλάνογλου Αχιλλέας

Θεσσαλονίκη 2010

Πρόλογος

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία του φοιτητή Διακογιαννάκη Γεώργιου με αριθμό μητρώου 04/2730 του Τμήματος Πληροφορικής του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης. Η πτυχιακή εργασία διεκπεραιώθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τμήματος κυρίου Αρσλάνογλου Αχιλλέα με θέμα τις Δορυφορικές Επικοινωνίες.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η αναφορά στις δορυφορικές επικοινωνίες. Γίνεται μελέτη της δορυφορικής ζεύξης, των επίγειων σταθμών και του δορυφόρου. Επίσης αναλύονται οι δορυφορικές υπηρεσίες που μας παρέχουν οι δορυφορικές επικοινωνίες. Αναλυτικά παρουσιάζεται η δορυφορική τηλεόραση, το δορυφορικό τηλέφωνο, το δορυφορικό ραδιόφωνο, τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού και το δορυφορικό Internet. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον Ελληνικό δορυφόρο Hellas Sat.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύονται τα χαρακτηριστικά της δορυφορικής ζεύξης, των επίγειων σταθμών και των δορυφόρων.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά την δορυφορική ζεύξη και γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά της μεγέθη, επίσης μελετώνται τα σήματα και οι δορυφορικές τροχιές. Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζονται οι επίγειοι σταθμοί, αναλύονται όλα τα υποσυστήματα που απαρτίζουν ένα σταθμό και αναφέρονται πρότυπα επίγειων σταθμών που υπάρχουν. Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο τμήμα του δορυφόρου. Αναλύονται τα δυο κύρια τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας δορυφόρος, την δορυφορική πλατφόρμα και το ωφέλιμο φορτίο.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται οι δορυφορικές υπηρεσίες που παρέχουν οι δορυφόροι και γίνεται αναφορά στον Ελληνικό δορυφόρο Hellas Sat και στα οφέλη που αποκομίζονται από την λειτουργία αυτού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές δορυφορικές υπηρεσίες. Το δορυφορικό τηλέφωνο, η δορυφορική τηλεόραση, το δορυφορικό Internet, το δορυφορικό ραδιόφωνο και τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης. Στο έκτο κεφάλαιο μελετάται ο Ελληνικός δορυφόρος Hellas Sat. Αναφέρονται όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του και οι υπηρεσίες που μας παρέχει.

Abstract

The thesis consists of two parts. In the first part the characteristics of the satellite link, of the satellite earth stations and of the satellite are analyzed.

In the second chapter we refer to the satellite link and its characteristics, we also refer to the signals and to the satellite orbits. In the third chapter we analyze the earth satellite stations and its subsystems. We also mention some standards about satellite earth stations. The fourth chapter deals with the part of the satellite and we analyze its two main parts, the satellite platform and the payload.

In the second part of the thesis, the services provided by satellites are analyzed. There is also a reference on the Greek satellite Hellas-Sat and on the benefits gained from its operation.

The fifth chapter analyzes the main satellite services. We refer to the satellite phone, satellite television, satellite Internet, satellite radio and to the global navigation satellite systems. Finally, in the sixth chapter the Greek satellite Hellas-Sat is analyzed, and all its technical features are listed.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
Περίληψη	3
Abstract	4
Περιεχόμενα	5
Πίνακας Εικόνων	9
1 Εισαγωγή στις δορυφορικές επικοινωνίες	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Μέρη Διαστημικού Συστήματος.....	13
1.3 Ιστορική Αναδρομή	13
1.4 Ραδιοφάσμα.....	15
1.5 Ζώνες Συχνοτήτων	17
1.6 Κατηγορίες Δορυφορικών Ραδιοεπικοινωνιών.....	18
1.7 Παγκόσμιοι Δορυφορικοί Οργανισμοί	21
1.7.1 Intelsat.....	21
1.7.2 Inmarsat	21
1.7.3 Eutelsat	22
1.8 Επίλογος.....	22
2 Δορυφορική Ζεύξη	23
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Ραδιοζεύξης	23
2.2.1 Εκπεμπόμενη Ισχύς – Λαμβανόμενη Ισχύς.....	25
2.2.2 Θόρυβος.....	25
2.2.3 Θερμοκρασία Θορύβου Μιας Κεραίας.....	26
2.2.4 Λόγος Σήματος Προς Θόρυβο.....	28
2.3 Σήματα.....	28

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

2.3.1	Επικοινωνία Με Αναλογικά Σήματα	29
2.3.2	Επικοινωνία Με Ψηφιακά Σήματα	29
2.3.3	Επιπτώσεις Στα Σήματα	32
2.3.4	Λύσεις Για Την Εξασθένηση Των Σημάτων	34
2.4	Είδη Δορυφορικών Συστημάτων	34
2.4.1	Συστήματα Με Απλή Δέσμη Εκπομπής	35
2.4.2	Επιπλέον Χαρακτηριστικά Της Πολλαπλής Πρόσβασης	39
2.4.3	Τυχαία Πρόσβαση	41
2.5	Δίκτυα Πολλαπλής Δέσμης	42
2.5.1	Τεχνικές Διασύνδεσης Δορυφόρων – Επίγειων Σταθμών	43
2.6	Διαδορυφορικές Ζεύξεις (Intersatellite Links, ISL)	45
2.6.1	Ραδιοζεύξεις Γεωστατικών Δορυφόρων Και Δορυφόρων Χαμηλής Τροχιάς	45
2.6.2	Ραδιοζεύξεις Μεταξύ Γεωστατικών Δορυφόρων	46
2.6.3	Ραδιοζεύξεις Μεταξύ Δορυφόρων Χαμηλής Τροχιάς(LEO)	47
2.7	Δίκτυα Δορυφόρων Με Αναγέννηση Σήματος	48
2.8	Κίνηση Των Δορυφόρων – Τροχιές	49
2.8.1	Βασικά Μεγέθη	51
2.8.2	Οι Τροχιές Στις Δορυφορικές Επικοινωνίες	54
2.8.3	Παραδείγματα Τροχιών	57
2.8.4	Παρεκλίσεις Επί Της Τροχιάς	58
2.8.5	Έλεγχος Της Τροχιάς – Θέσης Του Δορυφόρου	59
2.9	Επίλογος	60
3	Επίγειοι σταθμοί	61
3.1	Εισαγωγή	61
3.2	Κεραίες	63
3.2.1	Τύποι Κεραίων	65

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

3.2.2	Οι Γωνίες Μιας Κεραίας.....	67
3.2.3	Στήριξη Κεραίας	68
3.3	Σκόπηση Δορυφόρου	68
3.4	Υποσύστημα Ραδιοσυχνότητας	69
3.4.1	Εξοπλισμός Λήψης	69
3.4.2	Εξοπλισμός Εκπομπής	71
3.5	Υποσυστήματα Επικοινωνιών.....	73
3.6	Υποσυστήματα Σύνδεσης Με Το Δίκτυο	73
3.7	Κέντρο Ελέγχου – Ηλεκτρική Ενέργεια Σταθμού.....	75
3.7.1	Έλεγχος Και Εποπτεία	75
3.7.2	Ηλεκτρική Ισχύς.....	75
3.8	Διεθνή Πρότυπα Για Επίγειους Σταθμούς.....	76
3.8.1	Πρότυπα INTELSAT.....	76
3.8.2	Πρότυπα EUTELSAT	76
3.8.3	Πρότυπα INMARSAT	77
3.9	Επίγεια Τερματικά VSAT	78
3.9.1	Δομή Ενός VSAT	79
3.9.2	Τοπολογίες Δικτύων VSAT.....	82
3.10	Επίλογος.....	84
4	Δορυφόρος	85
4.1	Εισαγωγή.....	85
4.2	Δορυφορική Πλατφόρμα	85
4.2.1	Υποσύστημα Ελέγχου Θέσης.....	86
4.2.2	Υποσύστημα Πρόωσης	89
4.2.3	Υποσύστημα Ηλεκτρικής Παροχής Ισχύος	90
4.2.4	Υποσύστημα Τηλεμετρίας	92
4.2.5	Υποσύστημα Θερμικού Ελέγχου	92

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

4.3	Ωφέλιμο Φορτίο	93
4.4	Επίλογος.....	97
5	Δορυφορικές Υπηρεσίες.....	98
5.1	Εισαγωγή.....	98
5.2	Δορυφορική Τηλεόραση και Δορυφορικό Ραδιόφωνο.....	98
5.2.1	Δορυφορική Τηλεόραση	98
5.2.2	Δορυφορικό Ραδιόφωνο.....	101
5.3	Δορυφορικό Internet	101
5.4	Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης και Εντοπισμού Θέσης.....	103
5.4.1	GPS (Global Positioning System)	104
5.4.2	GALILEO.....	106
5.4.3	EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) 110	
5.5	Δορυφορικό Τηλέφωνο	112
5.6	Επίλογος.....	113
6	HELLAS SAT.....	114
6.1	Εισαγωγή.....	114
6.2	Γενικές Πληροφορίες.....	115
6.3	Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	116
6.4	Συχνότητες.....	119
6.5	Κωδικοποίηση	120
6.6	Περιοχές Κάλυψης	120
6.7	Hellas Sat - Δορυφορικές Υπηρεσίες.....	123
6.8	Ρυθμοί Ανάπτυξης	129
6.9	Επίλογος.....	130
	Συμπεράσματα	131
	Βιβλιογραφία.....	134

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1-1 SPUTNIK, Ο πρώτος ενεργητικός δορυφόρος.....	14
Εικόνα 1-2 HELLAS SAT	15
Εικόνα 1-3 Οι τρεις γεωγραφικές ζώνες εκχώρησης συχνοτήτων.....	16
Εικόνα 2-1 Άξονες πόλωσης.....	24
Εικόνα 2-2 Θερμοκρασία θορύβου κεραίας συναρτήσει μετεωρολογικών σηματισμών	27
Εικόνα 2-3 Θερμοκρασία θορύβου ενός συστήματος και οι θερμοκρασίες θορύβου που αναπτύσσει σε συγκεκριμένα μέρη(T1 και T2).....	28
Εικόνα 2-4 Στάδια για αποστολή πληροφορίας στα ψηφιακά σήματα.....	30
Εικόνα 2-5 Στάδια κατά την λήψη της πληροφορίας στα ψηφιακά σήματα	31
Εικόνα 2-6 Υλοποιήσεις συστημάτων απλής δέσμης εκπομπής.....	35
Εικόνα 2-7 Τεχνική FDMA - ζώνες ασφαλείας	37
Εικόνα 2-8 Αρχή λειτουργίας TDMA[3].....	38
Εικόνα 2-9 Δίκτυα απλής και δίκτυα πολλαπλής δέσμης	42
Εικόνα 2-10 Διασύνδεση μέσω μεταγωγής επί του δορυφόρου.....	44
Εικόνα 2-11 Διασύνδεση με μετακίνηση δέσμης	45
Εικόνα 2-12 Διαδορυφορική ζεύξη γεωστατικού δορυφόρου με δορυφόρο χαμηλής τροχιάς[8]	46
Εικόνα 2-13 Διαδορυφορική ζεύξη γεωστατικών δορυφόρων. (α) Ένας γεωστατικός δορυφόρος (b)Μοίρασμα φόρτου δικτύου μεταξύ 2 δορυφόρων(c) Εξυπηρέτηση των σταθμών με το μεγαλύτερο φόρτο από τον δεύτερο δορυφόρο (d) Διασύνδεση των δορυφόρων μέσω επίγειου σταθμού[8]	47
Εικόνα 2-14 Σύστημα δορυφόρων με αναγέννηση σήματος	49
Εικόνα 2-15 Γεωμετρία κίνησης δορυφόρου	51
Εικόνα 2-16 Επίπεδο τροχιάς	52
Εικόνα 2-17 Κίνηση δορυφόρων στο επίπεδο της τροχιάς του	54
Εικόνα 2-18 Τροχιές GEO-MEO-LEO	56
Εικόνα 2-19 Παράδειγμα τροχιάς τύπου MOLNYA	57
Εικόνα 2-20 Παράδειγμα τροχιάς τύπου TUNDRA	58
Εικόνα 2-21 Άξονες αναφοράς δορυφόρου	59

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Εικόνα 3-1 Επίγειος σταθμός.....	61
Εικόνα 3-2 Οργάνωση επίγειου σταθμού.....	62
Εικόνα 3-3 Οργάνωση κεραίας επίγειου σταθμού[12].....	63
Εικόνα 3-4 Μεταβολή θερμοκρασίας θορύβου κεραίας αναλογικά με την φαινόμενη κίνηση του ήλιου.....	65
Εικόνα 3-5 Παραβολικός ανακλαστήρας με αξονοσυμμετρική τοποθέτηση ...	66
Εικόνα 3-6 Παραβολικός ανακλαστήρας με μετατόπιση θέσης.....	66
Εικόνα 3-7 Κεραία Cassegrain με διπλό ανακλαστήρα.....	67
Εικόνα 3-8 Γωνίες αζιμούθιου και ανύψωσης.....	68
Εικόνα 3-9 Υποσύστημα ραδιοσυχνότητας.....	70
Εικόνα 3-10 Σύζευξη φερόντων πριν από την ενίσχυση ισχύος.....	72
Εικόνα 3-11 Σύζευξη φερόντων μετά από την ενίσχυση ισχύος.....	72
Εικόνα 3-12 Υποσύστημα επικοινωνιών.....	73
Εικόνα 3-13 Ψηφιακή παρεμβολή ομιλίας.....	74
Εικόνα 3-14 Αρχιτεκτονική δικτύων VSAT.....	78
Εικόνα 3-15 Δομή σταθμού VSAT.....	79
Εικόνα 3-16 Δίκτυο VSAT.....	80
Εικόνα 3-17 Εσωτερική μονάδα.....	81
Εικόνα 3-18 Εσωτερική μονάδα.....	81
Εικόνα 3-19 Εξωτερική μονάδα.....	82
Εικόνα 3-20 Τοπολογία αστέρα.....	83
Εικόνα 3-21 Τοπολογία mesh.....	83
Εικόνα 4-1 Άξονες αναφοράς δορυφόρου.....	86
Εικόνα 4-2 Κινητήρας πρόωσης.....	89
Εικόνα 4-3 Δευτερεύουσα πηγή ενέργειας δορυφόρου - Μπαταρίες.....	91
Εικόνα 4-4 Οι βασικές λειτουργίες του ωφέλιμου φορτίου[13].....	94
Εικόνα 4-5 Ωφέλιμο φορτίο[13].....	94
Εικόνα 4-6 Αναλυτική άποψη INTELSAT VII[1].....	96
Εικόνα 5-1 Δορυφορική τηλεόραση[16].....	99
Εικόνα 5-2 Direct-to-Home TV (DHT)[13].....	99
Εικόνα 5-3 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση[13].....	102
Εικόνα 5-4 Πλέγμα δορυφόρων[18].....	104
Εικόνα 5-5 Συσσκευή GPS[19].....	106
Εικόνα 5-6 Διάταξη δορυφόρων του συστήματος Galileo.....	107

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Εικόνα 5-7 Δορυφορική κεραία του συστήματος Galileo.....	108
Εικόνα 5-8 Πιθανή τοποθεσία σταθμών του επίγειου τμήματος Galileo.....	109
Εικόνα 5-9 Χρονοδιάγραμμα Galileo.....	110
Εικόνα 5-10 Υπηρεσίες EGNOS / Galileo	111
Εικόνα 5-11 Περιοχή κάλυψης του EGNOS	111
Εικόνα 5-12 Χρονοδιάγραμμα EGNOS.....	112
Εικόνα 5-13 Δορυφορικό τηλέφωνο[18].....	113
Εικόνα 6-1 Hellas-Sat	114
Εικόνα 6-2 Εκτόξευση από το ακρωτήριο Κανάβεραλ	115
Εικόνα 6-3 Εκτόξευση Hellas Sat.....	116
Εικόνα 6-4 Αρχιτεκτονική κεραίας του HellasSat[20].....	117
Εικόνα 6-5 Διάγραμμα συχνοτήτων του Hellas Sat[20].....	120
Εικόνα 6-6 Περιοχές κάλυψης για τις σταθερές δέσμες F1 και F2 και χαρακτηριστικά για κάθε περιοχή κάλυψης[20].....	121
Εικόνα 6-7 Περιοχές κάλυψης για τις κινητές δέσμες S1 και S2 και χαρακτηριστικά για κάθε περιοχή κάλυψης[20].....	122
Εικόνα 6-8 Αίθουσα τηλε-εκπαίδευσης	126
Εικόνα 6-9 Τηλεϊατρική	128
Εικόνα 6-10 Ηλεκτρονική διακυβέρνηση	128
Εικόνα 6-11 Ηλεκτρονικό εμπόριο	129

1 Εισαγωγή στις δορυφορικές επικοινωνίες

1.1 Εισαγωγή

Τα δορυφορικά δίκτυα αποτελούν ένα βασικό τμήμα στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες, καθώς μας παρέχουν την δυνατότητα διασύνδεσης απομακρυσμένων γεωγραφικά περιοχών. Για την εγκαθίδρυση δορυφορικών επικοινωνιών δύο τμήματα είναι απαραίτητα, ένα επίγειο που περιλαμβάνει τον επίγειο σταθμό και ένα τμήμα στο διάστημα που περιλαμβάνει τον τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο. Η διασύνδεση των δύο τμημάτων γίνεται μέσω της ατμόσφαιρας.

Δορυφόρος ονομάζεται κάθε ουράνιο σώμα που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από ένα σώμα μεγαλύτερης μάζας. Υπάρχουν οι φυσικοί δορυφόροι, όπως είναι η Σελήνη στην Γη και οι τεχνητοί δορυφόροι, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από τον άνθρωπο, έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής και εκτοξεύονται για να παρέχουν διάφορες υπηρεσίες. Για τις δορυφορικές επικοινωνίες χρειαζόμαστε τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, μέσω των οποίων επιτυγχάνονται επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων. Παραδείγματα υπηρεσιών που μας παρέχουν οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι είναι οι τηλεοπτικές και ραδιοφωνικές μεταδόσεις, οι τηλεφωνικές επικοινωνίες και οι μεταδόσεις δεδομένων.

Το επίγειο τμήμα αποτελείται από επίγειους σταθμούς, σκοπός των οποίων είναι η διασύνδεση του επίγειου δικτύου με τον δορυφόρο για εκπομπή και λήψη δεδομένων. Επιπλέον κάποιοι σταθμοί είναι υπεύθυνοι για την εποπτεία και τον έλεγχο του δορυφορικού αναμεταδότη.

Ένα σημαντικό κομμάτι της μελέτης μας είναι η δορυφορική ζεύξη, η οποία καθορίζει την συνολική απόδοση του συστήματος. Εξετάζονται τα σήματα που φέρουν τις πληροφορίες, το μέσο μετάδοσης δηλαδή η ατμόσφαιρα και οι επιπτώσεις που προκαλεί επί των σημάτων. Τέλος ένα πολύ σημαντικό κομμάτι που θα μελετήσουμε είναι οι δορυφορικές τροχιές, από τις οποίες εξαρτάται η γεωγραφική κάλυψη που θα παρέχει ο δορυφόρος καθώς και ο τύπος των παρεχόμενων επικοινωνιών.

1.2 Μέρη Διαστημικού Συστήματος

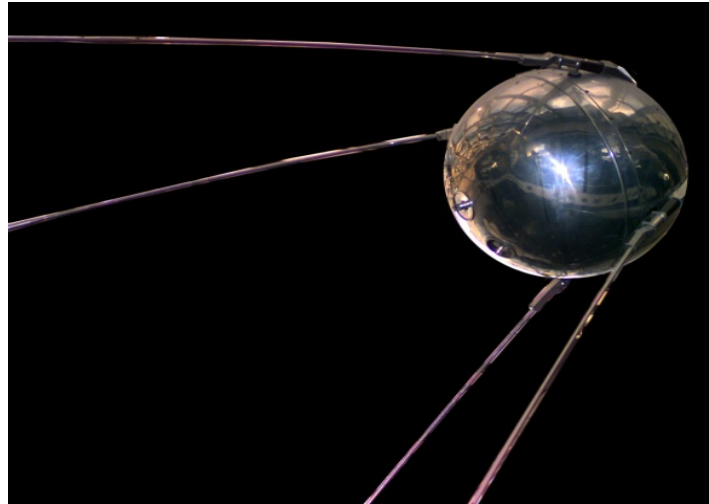
Ένα σύστημα δορυφορικών επικοινωνιών, όπως αναφέραμε παραπάνω περιλαμβάνει δυο τμήματα, το διαστημικό και το επίγειο τμήμα. Το επίγειο τμήμα αποτελείται από όλους τους επίγειους σταθμούς που μπορούν να διακριθούν σε μικρούς ή μεγάλους και σταθερούς ή κινητούς σταθμούς. Οι σταθμοί είναι κινητοί εάν μεταβάλλεται η τοποθεσία τους και σταθεροί όταν η τοποθεσία τους είναι σταθερή. Ενώ διακρίνονται σε μικρούς ή μεγάλους με βάση το μέγεθος της κεραίας τους. Μικροί σταθμοί θεωρούνται αυτοί που έχουν διάμετρο κεραίας από 0,6 έως 3 μέτρα και μεγάλοι από 12 έως 15 μέτρα.

Το σήμα που εκπέμπεται από τον επίγειο σταθμό μεταφέρεται μέσω της ατμόσφαιρας, στον δορυφόρο όπου διαμορφώνεται και έπειτα στέλνεται προς τους σταθμούς - δέκτες. Η ζεύξη προς τα πάνω, δηλαδή όταν το σήμα εκπέμπεται από τον επίγειο σταθμό προς τον δορυφόρο, ονομάζεται *uplink*, ενώ το αντίθετο ονομάζεται *downlink*.^[5]

1.3 Ιστορική Αναδρομή

Η εξέλιξη των τεχνολογιών συνέβαλε στην ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών και μετέπειτα των δορυφορικών επικοινωνιών. Το 1945 ο Arthur Clarke δημοσίευσε τις απόψεις του για παγκόσμιες τηλεπικοινωνίες με ένα μικρό άρθρο με τον τίτλο *Wireless World*. Ο τρόπος που πρότεινε ήταν με χρήση γεωστατικών δορυφόρων, καθώς για παγκόσμιες επικοινωνίες η διασύνδεση είναι αδύνατη με ενσύρματα μέσα.

Μεγάλη ώθηση στις δορυφορικές επικοινωνίες δόθηκε κατά τον Β΄ παγκόσμιο πόλεμο με την ανάπτυξη των πυραύλων και των μικροκυμάτων. Το 1956 ο πρώτος δορυφόρος στάλθηκε στο διάστημα, ονομαζόταν ECKO και ήταν παθητικός δορυφόρος επειδή απλώς ανακλούσε τις πληροφορίες και δεν τις επεξεργαζόταν καθόλου. Ακολουθεί το 1957 ο SPUTNIK(Εικόνα 1-1), ο οποίος ήταν ο πρώτος ενεργητικός δορυφόρος καθώς είχε την δυνατότητα να ενισχύει το σήμα πριν το εκπέμψει στον επίγειο σταθμό-δέκτη. Το 1958 μέσω του SCORE, ο οποίος ήταν ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος, μεταδόθηκε το Χριστουγεννιάτικο μήνυμα του προέδρου Eisenhower.



Εικόνα 1-1 SPUTNIK, Ο πρώτος ενεργητικός δορυφόρος

Το 1963 εκτοξεύτηκε ο πρώτος δορυφόρος σε σχεδόν γεωστατική τροχιά (SYNCOM II) και στη συνέχεια το 1964 πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του πρώτου γεωστατικού δορυφόρου (SYNCOM III).

Το 1965 τέθηκε σε λειτουργία ο INTELSAT ο οποίος ήταν ο πρώτος γεωστατικός δορυφόρος για εμπορική χρήση. Το 1972 στον Καναδά τέθηκε σε λειτουργία το πρώτο δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας για εμπορική χρήση. Το 1977 συντάχθηκε ο κανονισμός για δορυφορικές εκπομπές απευθείας σε χρήστες, ενώ το 1979 τέθηκε σε λειτουργία ο οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών ναυσιπλοΐας INMARSAT (International Maritime Satellite Organization).

Ακολουθεί ο δορυφόρος INTELSAT II με δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης 240 τηλεφωνικών συνδιαλέξεων ή ενός τηλεοπτικού καναλιού ο οποίος εξακολουθεί να παρέχει τις υπηρεσίες του μέχρι και σήμερα.

Το 1977 ιδρύθηκε ο οργανισμός EUTELSAT και το 1983 γίνεται η εκτόξευση του πρώτου Ευρωπαϊκού Δορυφόρου (EUTELSAT 1).

Η Ελλάδα άργησε να εκτοξεύσει δορυφόρο στο διάστημα αφού το 2002 έχουμε τον πρώτο Ελληνικό δορυφόρο σε τροχιά με την ενοικίαση του ΚΟΡΕΡΝΙΚΟΥΣ. Το 2003 τέθηκε σε τροχιά και ο HELLAS SAT (Εικόνα 1-2). Στο κεφάλαιο 7 θα αναφερθούμε εκτενώς στον HELLAS SAT. [3]



Εικόνα 1-2 HELLAS SAT

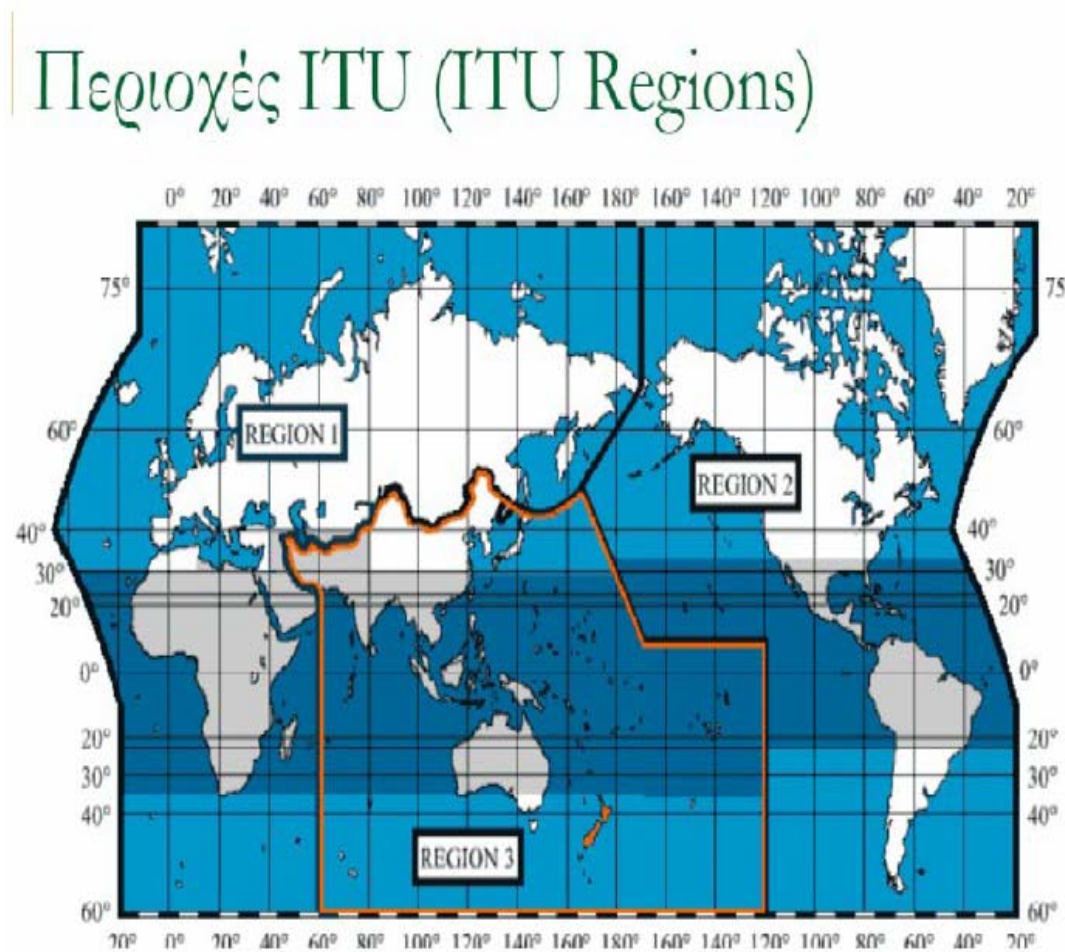
1.4 Ραδιοφάσμα

Για την μεταφορά των δεδομένων μέσω δορυφορικών ζεύξεων χρειαζόμαστε ένα κανάλι μεταφοράς, το οποίο γίνεται μέσω συχνοτήτων, με εύρος που ποικίλει. Υπεύθυνη για εκχώρηση συχνοτήτων είναι η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU, International Telecommunications Union). Οι συχνότητες που εκχωρούνται δεν πρέπει να επηρεάζουν άλλες υπάρχουσες ραδιοεπικοινωνίες, γι' αυτό κάθε κράτος έχει μία εθνική υπηρεσία για την σωστή κατανομή τους.

Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών είναι ο επίσημος διεθνής οργανισμός, μέσω του οποίου ανακοινώνονται τα αιτήματα για εκχώρηση τροχιακής θέσης και γίνεται ο συντονισμός μεταξύ των Δορυφορικών Δικτύων των κρατικών Διοικήσεων. Η ανακοίνωση των δορυφορικών τροχιών και δορυφορικών δικτύων και ο μεταξύ τους συντονισμός γίνεται με βάση τον Κανονισμό Ραδιοεπικοινωνιών - Radio Regulations (RR) - της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών.

Η ITU διακρίνει τρεις ζώνες στη Γη:

- Ζώνη 1: Ευρώπη, Αφρική, Μέση Ανατολή και Ασιατικές περιοχές της πρώην Σοβιετικής Ένωσης
- Ζώνη 2: Αμερική
- Ζώνη 3: Ασία και Αυστραλία



Εικόνα 1-3 Οι τρεις γεωγραφικές ζώνες εκχώρησης συχνοτήτων

Σε μία περιοχή μπορεί στο ίδιο εύρος συχνοτήτων να πραγματοποιούνται περισσότερες από μία υπηρεσίες ανάλογα της προτεραιότητας.[14]

1.5 Ζώνες Συχνοτήτων

Στον πίνακα (1-1) που ακολουθεί βλέπουμε τις βασικές ζώνες συχνοτήτων που υπάρχουν.

Πίνακας 1-1 Βασικές ζώνες συχνοτήτων[13]

Ζώνη συχνοτήτων	Τιμή συχνοτήτων(GHz)
L-band	1-2
S-band	2-4
C-band	4-8
X-band	8 -12
Ku-band	12 -18
Ka-band	20-30
V-band	40-50

Οι παραπάνω ζώνες συχνοτήτων χρησιμοποιούνται στους εξής σκοπούς:

- Επικοινωνία με Κινητούς Σταθμούς:
2.6/2.5GHz (S-band)
1.6/1.4 GHz (L-band)
- Επικοινωνία με Σταθερούς Επίγειους Σταθμούς:
6/4 GHz (C-band)
8/7 GHz (X-band, στρατιωτική χρήση)
14/12 GHz (Ku-band)
30/20 GHz (Ka-band)

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ζώνες συχνοτήτων αναλόγως το uplink-downlink για σταθερές δορυφορικές υπηρεσίες όπως έχουν εκχωρηθεί από την ITU:

Πίνακας 1-2 Συχνότητες uplink-downlink με βάση την ITU

Downlink(GHz)	Uplink(GHz)
3.4-4.2	5.725-7075
4.5-4.8	7.9-8.4
7.25-7.75	-
11.7-12.2	12.75-13.25
12.5-12.75	14.0-14.5
17.7-21.2	27.5-31.0

1.6 Κατηγορίες Δορυφορικών Ραδιοεπικοινωνιών

Πρόκειται για τις υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών που υπάρχουν και χωρίζονται:

- Fixed Satellite Service (FSS)
- Broadcasting Satellite Service (BSS)
- Mobile Satellite Service (MSS)
 - Aeronautical Mobile Satellite Service (AMSS)
 - Maritime Mobile Satellite Service (MMSS)
 - Land Mobile Satellite Service (LMSS)
- Amateur Satellite Service (AmSS)
- Radio Determination Satellite Service (RDSS)
 - Radio Navigation Satellite Service (RNSS)
 - Maritime (MRNSS)
 - Aeronautical (AeRNSS)
- Standard Frequency & Time signal Satellite Service (SFSS)
- Inter Satellite Service (ISS)
- Earth Exploration Satellite Service (EESS)

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- Meteorological Satellite Service (MetS)
- Space Research Service (SRS)
- Space Operation Service (SpO)[2]

Fixed satellite service (FSS)

Αποτελεί μία υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών ανάμεσα σε επίγειους σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις, οι οποίες πρέπει να είναι καθορισμένα σταθερά σημεία.[3]

Broadcasting satellite service (BSS)

Αποτελεί μια υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών στην οποία τα σήματα που εκπέμπονται από ένα δορυφορικό αναμεταδότη προορίζονται για απευθείας λήψη από το κοινό. [3]

Mobile satellite service (MBS)

Η υπηρεσία αυτή αφορά τις κινητές ραδιοεπικοινωνίες. Είναι η επικοινωνία κινητών σταθμών είτε με επίγειους σταθερούς σταθμούς, είτε με άλλους κινητούς σταθμούς. Ανάλογα με την τοποθεσία (ξηρά, αέρας, θάλασσα) των κινητών σταθμών χωρίζεται στις εξής υποκατηγορίες:

- Aeronautical Mobile Satellite Service (AMSS)
- Maritime Mobile Satellite Service (MMSS)
- Land Mobile Satellite Service (LMSS) [3]

Amateur satellite service (AmSS)

Είναι μια υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών που χρησιμοποιεί δορυφορικούς σταθμούς, με σκοπό την εκπαίδευση, την ενδοεπικοινωνία και τις τεχνικές έρευνες ραδιοερασιτεχνών. Ατόμων δηλαδή που ενδιαφέρονται για ραδιοτεχνικές για προσωπικούς λόγους και χωρίς οικονομικό όφελος[3].

Radio determination service (RDSS)

Υπηρεσία που μας βοηθάει να καθορίσουμε την θέση, την ταχύτητα και άλλα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου, με βάση τις ιδιότητες διάδοσης των ραδιοκυμάτων. Εμπεριέχει τις υπηρεσίες Radio Navigation Satellite Services (RNSS), είτε σε θάλασσα (MRNSS) είτε σε αέρα (AeRNSS). [3]

Standard frequency & time signal satellite service (SFSS)

Υπηρεσία με την οποία παρέχονται οι τρόποι για την παραγωγή και μετάδοση συχνοτήτων. [3]

Earth exploration satellite service (EESS)

Μια υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών μεταξύ επίγειων σταθμών και ενός ή περισσότερων δορυφόρων, περιλαμβανομένων και των διαδορυφορικών ζεύξεων, με την οποία πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά της γης και τα φυσικά της φαινόμενα, συλλέγονται από ενεργούς ή παθητικούς αισθητήρες πάνω σε δορυφόρους και στη συνέχεια διανέμονται σε επίγειους σταθμούς. Περιλαμβάνει και την Meteorological Satellite Service (MetS). [3]

Space research service (SRS)

Η υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών SRS αφορά επικοινωνία και έλεγχο με επανδρωμένα διαστημόπλοια, και διαπλανητικά οχήματα. [3]

Inter satellite service (ISS)

Υπηρεσία αφορά τις διαδορυφορικές ζεύξεις και καλύπτει την απευθείας επικοινωνία μεταξύ δορυφορικών σταθμών (Inter Satellite Links). [3]

Space operation service (SpO)

Αφορά τις υπηρεσίες που παρέχονται κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης του δορυφόρου στη σωστή θέση και όταν ένας δορυφόρος δεν είναι σε σταθερή κατάσταση. [3]

1.7 Παγκόσμιοι Δορυφορικοί Οργανισμοί

Οι παγκόσμιοι δορυφορικοί οργανισμοί είναι οι:

- INTELSAT (International Satellite Organization) (Κυρίως FSS και BSS)
- INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) (MSS)
- EUTELSAT (European Telecommunications Satellite Organization) (FSS, BSS και RDSS)

1.7.1 Intelsat

Η Intelsat είναι η μεγαλύτερη εμπορική εταιρεία που παρέχει τηλεπικοινωνίες μέσω δορυφόρων. Ιδρύθηκε το 1964 και είναι ένας διεθνής οργανισμός. Τα πιο σημαντικά επιτεύγματα της εταιρίας είναι, η μετάδοση της προσσελήνωσης το 1969, που ήταν η πρώτη ζωντανή παγκόσμια τηλεοπτική μετάδοση, η υλοποίηση της πρώτης διεθνούς ψηφιακής τηλεφωνικής υπηρεσίας το 1974, η μεγαλύτερη τηλεδιάσκεψη (50.000 άνθρωποι από 79 πόλεις) το 1987 και παροχή υπηρεσιών Internet το 1993. Η γενιά δορυφόρων που χρησιμοποιεί είναι η Intelsat X (2003). [3]

1.7.2 Inmarsat

Η Inmarsat είναι ένας διεθνής οργανισμός που παρέχει παγκόσμιες κινητές δορυφορικές επικοινωνίες και ιδρύθηκε το 1979. Διαθέτει 11 τηλεπικοινωνιακούς γεωστατικούς δορυφόρους. Οι υπηρεσίες που προσφέρει αφορούν σε ξηρά, θάλασσα, και αέρα. Εξυπηρετεί περισσότερα από 240.000 πλοία, αεροπλάνα, οχήματα και κινητά τερματικά με υπηρεσίες φωνής, fax και μεταδόσεις δεδομένων με ταχύτητα έως 64Kbps. Παρέχει λύσεις επικοινωνίας σε περιοχές στις οποίες δεν υπάρχουν καλά οργανωμένα δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι παρέχει και υπηρεσίες ασφαλείας σε πλοία και αεροπλάνα χωρίς κάποιο κόστος αλλά σαν δημόσια υπηρεσία. [3]

1.7.3 Eutelsat

Η Eutelsat είναι μία Γαλλική πάροχος δορυφορικών υπηρεσιών και καλύπτει όλη την ευρωπαϊκή ήπειρο, την μέση Ανατολή, την κεντρική Ασία και την Αμερική. Είναι η τρίτη μεγαλύτερη εταιρία στον χώρο των δορυφορικών τηλεπικοινωνιών και οι δορυφόροι της εταιρίας κάνουν αναμετάδοση περισσότερων από 2500 τηλεοπτικών και 1000 ραδιοφωνικών σταθμών. Τα βασικά δίκτυα της εταιρίας είναι τα εξής:

- **EUTELSAT 2** (η πιο παλιά γενιά δορυφόρων για video και τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες)
- **HOT BIRDTM** (Ευρεία Εκπομπή Τηλεοπτικών και Ραδιοφωνικών Προγραμμάτων στην Ευρώπη)
- **W Series** (Τηλεφωνία, Internet, Τηλεοπτικά και Ραδιοφωνικά Προγράμματα, Δίκτυα Επιχειρήσεων)
- **EUROBIRDTM** (Παρόμοιες υπηρεσίες με τους W)
- **SESAT** (Τηλεφωνία και Δίκτυα Επιχειρήσεων)
- **Atlantic Gate** (Video, IP, data, συνδέοντας Ευρώπη και Αμερική) [3]

1.8 Επίλογος

Στα επόμενα κεφάλαια σκοπός είναι να αναλύσουμε τον τομέα των δορυφορικών επικοινωνιών. Θα μελετήσουμε χαρακτηριστικά γνωρίσματα της δορυφορικής ζεύξης, θα αναλύσουμε τα σήματα, τις επιπτώσεις επί των σημάτων και τους τρόπους διάδοσης αυτών. Θα ασχοληθούμε με τις δορυφορικές τροχιές και την σημαντικότητά τους.

Θα αναπτύξουμε τα δυο βασικά τμήματα των δορυφορικών επικοινωνιών, τον επίγειο σταθμό και την δορυφορική πλατφόρμα. Ακόμα θα ασχοληθούμε με τις υπηρεσίες που μας παρέχουν τα δορυφορικά συστήματα και την αναγκαιότητά τους.

2 Δορυφορική Ζεύξη

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε χαρακτηριστικά γνωρίσματα της δορυφορικής ζεύξης. Θα αναφερθούμε σε μεγέθη όπως η απόδοση και ο θόρυβος, στον τρόπο διάδοσης των σημάτων και τις επιπτώσεις από την ατμόσφαιρα σε αυτά. Ανάλογα με τον τύπο εκπομπής και πρόσβασης θα διαχωρίσουμε τα διάφορα είδη συστημάτων και τέλος θα αναφερθούμε στις τροχιές των δορυφόρων.

Στις δορυφορικές επικοινωνίες τα σήματα είναι αυτά που φέρουν τις πληροφορίες και διαχωρίζονται σε αναλογικά και ψηφιακά. Το μέσο μετάδοσης των σημάτων είναι η ατμόσφαιρα, η οποία προκαλεί επιπτώσεις στα σήματα, όπως εξασθένηση αυτών και αύξηση του θορύβου.

Ανάλογα με το είδος εκπομπής, θα διαχωρίσουμε τα δίκτυα σε απλής δέσμης και πολλαπλής δέσμης, ενώ ανάλογα με τον τύπο πρόσβασης έχουμε απλή ή πολλαπλή πρόσβαση των σταθμών στην ζεύξη. Επίσης θα αναφερθούμε στα δίκτυα με αναγέννηση σήματος και τις διαδορυφορικές ζεύξεις.

Στο τελευταίο κομμάτι του κεφαλαίου θα αναπτύξουμε τις τροχιές των δορυφόρων και την σημαντικότητα επιλογής κατάλληλης τροχιάς για την αύξηση στην απόδοση του συστήματος. Επίσης θα δούμε τον τρόπο τοποθέτησης ενός δορυφόρου σε τροχιά καθώς και πιθανές παρεκκλίσεις από αυτήν.

2.2 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Ραδιοζεύξης

Η ραδιοζεύξη αποτελείται από την ζεύξη για το uplink, όπου ο πομπός είναι ο επίγειος σταθμός και ο δέκτης είναι ο δορυφόρος και τη ζεύξη για το downlink όπου πομπός είναι ο δορυφόρος και δέκτης ο επίγειος σταθμός.

Για τον καθορισμό της συνολικής απόδοσης μίας ζεύξης, εξετάζουμε ξεχωριστά για το uplink και για το downlink και έπειτα συνολικά. Για κάθε ζεύξη υπάρχουν κάποια μοναδικά μεγέθη που την χαρακτηρίζουν όπως:

Η **απόδοση** της κεραίας, η οποία δίνεται από την σχέση:

$$G_{\max} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{\text{eff}} \quad (2.1)$$

Όπου, λ είναι το μήκος κύματος και ορίζεται ως: $\lambda = c/f$,

c είναι η ταχύτητα του φωτός,

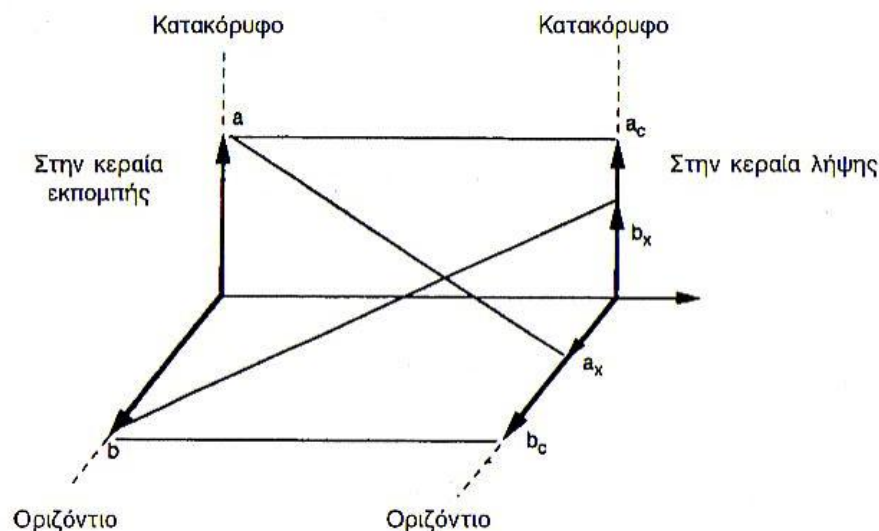
f είναι η συχνότητα του κύματος και

A_{eff} είναι η ενεργός επιφάνεια της κεραίας. [5]

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος ενός κύματος είναι η **πόλωση**. Τα ραδιοκύματα που μεταφέρουν τα δεδομένα διαθέτουν ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους(Εικόνα 2-1). Γενικά η πόλωση του κύματος ορίζεται από την διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου.

Η πόλωση ενός κύματος χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- Την φορά περιστροφής (δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη)
- Τον αξονικό λόγο
- Την κλίση της έλλειψης



Εικόνα 2-1 Άξονες πόλωσης

Ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο για τα συστήματα αναχρησιμοποίησης συχνότητας είναι πως μια κεραία που ακτινοβολεί/λαμβάνει υπό μία πόλωση δεν μπορεί και να λαμβάνει/ακτινοβολεί στην κάθετη αυτής της πόλωσης. Έτσι το εύρος ζώνης της συνολικής ζεύξης μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα για δυο ραδιοζεύξεις. Αυτό μας επιτρέπει είτε να έχουμε δυο πολωμένες κεραίες είτε να έχουμε μία κεραία η οποία να λειτουργεί με δυο καθορισμένες πολώσεις.[5]

2.2.1 Εκπεμπόμενη Ισχύς – Λαμβανόμενη Ισχύς

Η ισχύς που εκπέμπεται από μία ισοτροπική κεραία δίνεται από την σχέση:

$$P = \frac{P_T}{4\pi} \quad (2.2)$$

Όπου, P_T είναι η ισχύς που εκπέμπεται από την πηγή ραδιοσυχνότητας. Η ισχύς που λαμβάνεται από μία κεραία λήψης δίνεται από την σχέση:

$$P_R = \Phi A_{\text{Reff}} = \left(\frac{P_T G_T}{\pi R^2}\right) A_{\text{Reff}}$$

Όπου, R είναι η απόσταση του δορυφόρου από την κεραία εκπομπής, A_{Reff} η ενεργός επιφάνεια της κεραίας και το γινόμενο $P_T G_T$ είναι η ενεργός ισοτροπική ακτινοβολούμενη ισχύς(EIRP).

Η EIRP είναι η συνολικά εκπεμπόμενη ισχύς, δηλαδή είναι η ισχύς στην έξοδο του πομπού συμπεριλαμβανομένων των απωλειών από την διασύνδεση πομπού – κεραίας.[5]

2.2.2 Θόρυβος

Θόρυβος είναι όλοι οι ανεπιθύμητοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το σήμα έτσι ώστε ο δέκτης να λαμβάνει την αρχική πληροφορία αλλαγμένη. Ο θόρυβος είναι αποτέλεσμα είτε των εξαρτημάτων του εξοπλισμού λήψης είτε φυσικών πηγών ακτινοβολίας.[5]

2.2.3 Θερμοκρασία Θορύβου Μιας Κεραίας

Η κεραία είναι ένα ακτινοβολών σώμα, έτσι έχει μία θερμοκρασία θορύβου και ονομάζεται θερμοκρασία θορύβου κεραίας και συμβολίζεται T_A .

Η **θερμοκρασία θορύβου** μιας πηγής θορύβου δίνεται από την σχέση:

$$T = \frac{N}{KB} \quad (2.3)$$

Όπου, T είναι η θερμοκρασία θορύβου,

K είναι η σταθερά του Boltzmann,

B είναι το εύρος ζώνης και

N η ισχύς θορύβου.

Δυο περιπτώσεις θερμοκρασίας κεραιών θα εξετάσουμε, της κεραίας του δορυφόρου, όπου ο θόρυβος είτε προέρχεται από την γη είτε από το διάστημα και της κεραίας του σταθμού. Για την κεραία του δορυφόρου ο θόρυβος προέρχεται κατά κύριο λόγο από την γη και τις ηπειρωτικές περιοχές καθώς οι ωκεανοί συμβάλουν λιγότερο στην ανάπτυξη θορύβου σε μια κεραία δορυφόρου. Θα εξετάσουμε επίσης τον θόρυβο της κεραίας του σταθμού όπου ο θόρυβος προέρχεται είτε από τον ουρανό είτε από την γη. Σε συνθήκες καθαρού ουρανού όπου η ατμόσφαιρα είναι “καθαρή” η θερμοκρασία θορύβου της κεραίας προέρχεται κυρίως από την ατμόσφαιρα και σε λιγότερο βαθμό από την Γη. Η θερμοκρασία θορύβου σε κατάσταση καθαρού ουρανού συμβολίζεται ως:

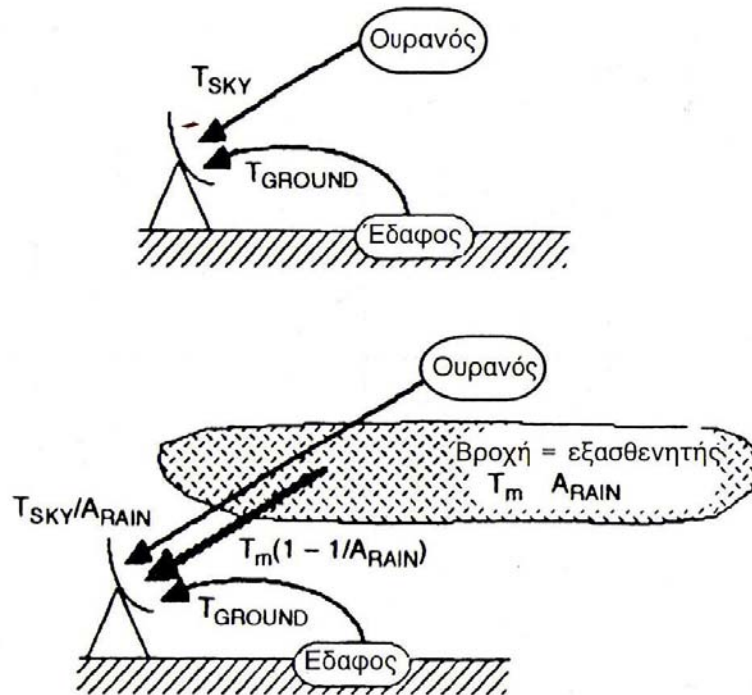
$$T_A = T_{SKY} + T_{GROUND} \quad (2.4)$$

Όπου, T_{SKY} είναι η θερμοκρασία θορύβου που αναπτύσσεται λόγω της ατμόσφαιρας και T_{GROUND} η θερμοκρασία που αναπτύσσεται εξαιτίας της ακτινοβολίας της Γης.

Σε περίπτωση όπου στην ατμόσφαιρα υπάρχουν μετεωρολογικοί σχηματισμοί, όπως νεφώσεις, βροχή, προστίθεται επιπλέον θερμοκρασία θορύβου από τους σχηματισμούς.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

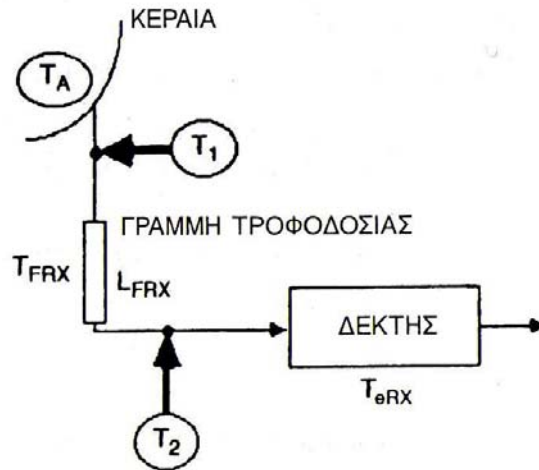
Στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 2-2) βλέπουμε ένα παράδειγμα μετεωρολογικών σχηματισμών και το πως μεταβάλλεται η θερμοκρασία θορύβου της κεραίας.[5]



Εικόνα 2-2 Θερμοκρασία θορύβου κεραίας συναρτήσει μετεωρολογικών σχηματισμών

Ειδικότερα σε συνθήκες βροχής τα σύννεφα και η βροχόπτωση επηρεάζουν το σήμα καθώς και αυτοί οι παράγοντες απορροφούν τα σήματα και τα επανεκπέμπουν με αποτέλεσμα να εμφανίζεται θερμοκρασία θορύβου T_{RAIN} .

Ο συνολικός θόρυβος υπολογίζεται αθροίζοντας όλες τις επιμέρους θερμοκρασίες θορύβου. Στην εικόνα(Εικόνα 2-3) που ακολουθεί βλέπουμε τις επιμέρους θερμοκρασίες θορύβου του συστήματος(T_1 και T_2) και τις απώλειες λόγω του μέσου μετάδοσης (L_{FRX}).[5]



Εικόνα 2-3 Θερμοκρασία θορύβου ενός συστήματος και οι θερμοκρασίες θορύβου που αναπτύσσει σε συγκεκριμένα μέρη(T_1 και T_2).

2.2.4 Λόγος Σήματος Προς Θόρυβο

Είναι το μέγεθος το οποίο καθορίζει το σύστημα και υπολογίζεται από τον λόγο C/N , όπου C είναι η ισχύς του σήματος και N η ισχύς του θορύβου. Αντί για την ισχύ του θορύβου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στην σχέση αυτή άλλα χαρακτηριστικά του συστήματος όπως, την φασματική πυκνότητα θορύβου ή την θερμοκρασία θορύβου.

Ο λόγος C/N_0 είναι αυτός που χρησιμοποιείται περισσότερο όπου N_0 η φασματική πυκνότητα θορύβου, της οποίας μονάδα μέτρησης είναι τα Hz. Ο λόγος αυτός καθορίζει την ποιότητα του εξοπλισμού εκπομπής, του μέσου μετάδοσης και του εξοπλισμού λήψης.[5]

2.3 Σήματα

Στον επίγειο σταθμό-πομπό εισέρχονται τα δεδομένα που πρόκειται να προωθηθούν στην δορυφορική ζεύξη με προορισμό τον δορυφόρο και από εκεί να σταλούν στον επίγειο σταθμό-λήπτη. Η μορφή τους είναι είτε αναλογική είτε ψηφιακή. Τα σήματα πολυπλέκονται και διαμορφώνονται σε μία συχνότητα(ενδιάμεση συχνότητα) η οποία ξανά αλλάζει (ραδιοσυχνότητα), ώστε να υπακούει στις συμβάσεις. Το σήμα ενισχύεται και αποστέλλεται.

Στον δορυφόρο, το σήμα υπόκειται αλλαγή συχνότητας, ώστε να μην συμπίπτουν οι τιμές των συχνοτήτων ανόδου(uplink) και καθόδου(downlink), έπειτα ενισχύεται και στέλνεται στον επίγειο σταθμό - δέκτη.

Στον επίγειο σταθμό - δέκτη η ραδιοσυχνότητα μετατρέπεται σε μία ενδιαμέση συχνότητα και το σήμα αποπολυπλέκεται. Κατόπιν προωθείται στο τοπικό επίγειο δίκτυο. Παρακάτω θα αναφερθούμε στα αναλογικά και ψηφιακά σήματα και στα χαρακτηριστικά τους κατά την μετάδοση.[5]

2.3.1 Επικοινωνία Με Αναλογικά Σήματα

Το σήμα που στέλνει ένας επίγειος σταθμός μπορεί να είναι είτε αναλογικής είτε ψηφιακής φύσης. Σκοπός της αναλογικής επικοινωνίας είναι η πιστή αναπαραγωγή του αναλογικού σήματος. Κατά την αναλογική μετάδοση τα δεδομένα μεταδίδονται ως μία συνεχής κυματοσειρά και κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η συνεχής μεταβολή μίας παραμέτρου στην μονάδα του χρόνου(1→0).

Η πιο κοινή περίπτωση μεταφοράς με αναλογικά σήματα είναι η τηλεφωνική συνομιλία όπου μεταφέρεται φωνή. Οι συχνότητες που καταλαμβάνει είναι από 300-3400 Hz.

Άλλες περιπτώσεις μεταφοράς δεδομένων με αναλογικά σήματα είναι οι ραδιοφωνικές και οι τηλεοπτικές μεταδόσεις. Στην περίπτωση όπου μέσω της ζεύξης μεταφέρεται ήχος, το ηχητικό σήμα καταλαμβάνει συχνότητες από 40Hz έως 15KHz.

Για να γνωρίζουμε την απόδοση την οποία έχουμε μέσω μεταφοράς με αναλογικά σήματα, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών(ITU) έχει θεσπίσει ότι η απόδοση εξαρτάται από τον λόγο C/N, όπου C είναι η ισχύς του σήματος στην βάση(προτού εκπεμφθεί) και N είναι η ισχύς του θορύβου στο σήμα όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Η ισχύς του θορύβου μετράται στον επίγειο σταθμό – δέκτη.[5]

2.3.2 Επικοινωνία Με Ψηφιακά Σήματα

Σήμερα τα περισσότερα δορυφορικά συστήματα διαχειρίζονται σήματα ψηφιακής μορφής. Στον επίγειο σταθμό διαμορφώνεται η ακολουθία των δυαδικών ψηφίων, που απαρτίζουν την πληροφορία προς αποστολή. Η επιτυχής μεταφορά καθορίζεται από το εάν είναι επιτυχημένη η αποκωδικοποίηση της πληροφορίας στον επίγειο σταθμό - δέκτη.

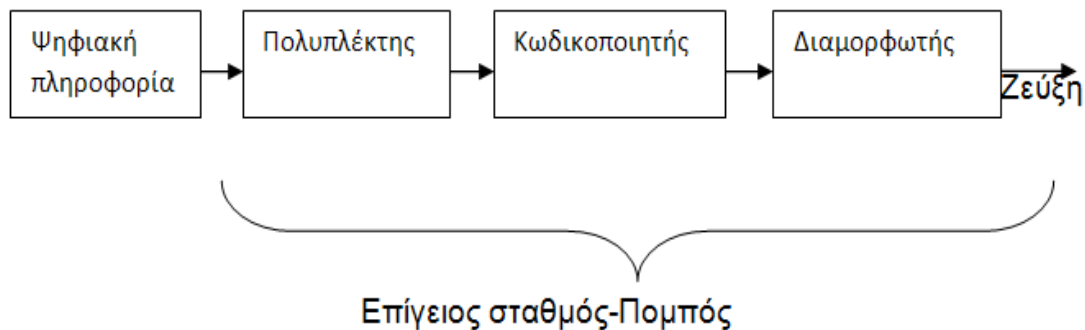
ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Για την κατανόηση των ψηφιακών μεταδόσεων είναι σημαντικές δυο παράμετροι. Η παράμετρος R που είναι ο ρυθμός μετάδοσης της ψηφιακής πληροφορίας και η παράμετρος BER (Bit Error Ratio) δηλαδή το ποσοστό λαθών σε μία μετάδοση πληροφορίας.

Ο ρυθμός μετάδοσης, R, έχει να κάνει με τα επιτυχώς σταλμένα bit πληροφορίας στην μονάδα του χρόνου ενώ το ποσοστό λαθών, BER, έχει να κάνει με τα λανθασμένα bit που στάλθηκαν σε έναν αριθμό δεδομένων. Η μέτρηση τους γίνεται πάντα στον επίγειο σταθμό - δέκτη. Μία άλλη παράμετρος είναι το BER(Bit Error Probability) η οποία μας δείχνει την εκτίμηση των λανθασμένων bit που θα υπάρχουν σε μία ζεύξη.

Στις ψηφιακές μεταφορές δεν μεταφέρονται μόνο bit πληροφορίας αλλά και πρόσθετα bit, τα οποία μας βοηθούν στον εντοπισμό και στην διόρθωση σφαλμάτων.

Η εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2-4) παρουσιάζει την διαδικασία αποστολής ψηφιακής πληροφορίας στον **πομπό**. Αναλυτικά φαίνονται τα στάδια μέχρι την αποστολή:



Εικόνα 2-4 Στάδια για αποστολή πληροφορίας στα ψηφιακά σήματα

Η αρχική μορφή της ψηφιακής πληροφορίας είναι δυαδικά ψηφία τα οποία εισέρχονται στον πολυπλέκτη. Η πολύπλεξη μπορεί να είναι είτε σύγχρονη είτε ασύγχρονη και μας βοηθάει στην μετάδοση διαφορετικών ρευμάτων πληροφορίας μέσω της ίδιας φυσικής ζεύξης. Με την πολύπλεξη οι πληροφορίες που αποστέλλονται μεταφέρονται σε τμήματα σταθερού μεγέθους.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

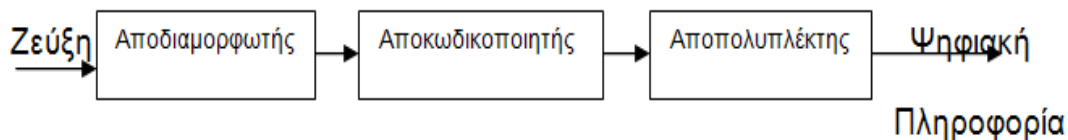
Στον κωδικοποιητή από τα ψηφία δημιουργείται το σήμα βασικής ζώνης και προσθέτονται επιπλέον bit στα bit πληροφορίας για την αποσφαλμάτωση στον δέκτη.

Στον διαμορφωτή δημιουργείται από το σήμα βασικής ζώνης ένα υψίσυχο φέρων σήμα το οποίο αφού ενισχυθεί εκπέμπεται προς τον δορυφόρο. Έχουμε δυο κυρίαρχα είδη διαμορφώσεων, την διαμόρφωση φάσης PSK και την διαμόρφωση φάσης με ολίσθηση συχνότητας FSK.

Στην διαμόρφωση PSK η φάση του σήματος εναλλάσσεται μεταξύ δυο τιμών που διαφέρουν κατά 180° και είναι αποδοτικότερη για διαδορυφορικές ζεύξεις. Στην διαμόρφωση FSK αντιστοιχίζονται τα ψηφία 0 και 1 με δύο συχνότητες ω_0 και ω_1 . Έχει καλύτερη φασματική απόδοση από την PSK. Άλλα είδη διαμορφώσεων είναι: QPSK, DPSK, DQPSK.

Στον δέκτη το σήμα είναι εξασθενημένο όταν φθάνει και χρειάζεται να υπάρξει μία αντίστροφη διαδικασία ώστε να πάρουμε την πληροφορία στην αρχική της μορφή.

Το παρακάτω σχήμα (εικόνα 2-5) μας δείχνει την αντίστροφη διαδικασία και τα διαδοχικά στάδια από τα οποία περνάει ένα σήμα στον δέκτη:



Εικόνα 2-5 Στάδια κατά την λήψη της πληροφορίας στα ψηφιακά σήματα

Ο αποδιαμορφωτής αναγνωρίζει την φάση του φέροντος σήματος και βρίσκει την τιμή των bit της ακολουθίας.

Ο αποκωδικοποιητής ανιχνεύει τα σφάλματα από την πλεονάζουσα πληροφορία που προστίθεται κατά την φάση της κωδικοποίησης. Για την σωστή αποκωδικοποίηση και αποσφαλμάτωση παρουσιάζεται η τεχνική ARQ. Στην τεχνική **ARQ** (Αυτόματη αίτηση επανάληψης) εντοπίζονται τα σφάλματα στον αποκωδικοποιητή αλλά δεν διορθώνονται. Με την μέθοδο αυτή στέλνεται μια αίτηση επανεκπομπής στον πομπό.

Να τονίσουμε ότι δεν είναι απαραίτητο για την ψηφιακή μετάδοση η αρχική μορφή της πληροφορία να είναι ψηφιακή αλλά μπορεί να είναι αναλογική. Σε αυτήν την περίπτωση μετατρέπουμε την πληροφορία από αναλογική σε ψηφιακή με έναν μετατροπέα. Η διαδικασία μετατροπής περιλαμβάνει τρία στάδια, την δειγματοληψία, την κβαντοποίηση και την κωδικοποίηση.[6]

Κρυπτογραφία Στα Ψηφιακά Σήματα

Στα ψηφιακά δεδομένα είναι εύκολη η διαδικασία της κρυπτογραφίας, η οποία γίνεται συνήθως για λόγους ασφαλείας, έτσι τα δεδομένα τα λαμβάνουν μόνο εξουσιοδοτημένοι σταθμοί.

Κρυπτογραφία είναι η εκτέλεση μίας αλγοριθμικής πράξης σε κάθε bit πληροφορίας και βρίσκει πρακτική εφαρμογή στα δεδομένα που σχετίζονται με τον στρατό.[5]

2.3.3 Επιπτώσεις Στα Σήματα

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα σήματα έχουν πάρα πολλές παραμέτρους, όπως για παράδειγμα το μήκος της διαδρομής που διανύει ένα σήμα, την γωνία που διασχίζει την ατμόσφαιρα κλπ. Εκτός της απόσβεσης που δημιουργείται λόγω της διάδοσης του σήματος έχουμε επίσης απορρόφηση, διάθλαση και αποπόλωση των σημάτων. Η αποπόλωση προκαλείται στην ιονόσφαιρα, η διάθλαση στην τροπόσφαιρα και η απορρόφηση κυρίως στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Στις ζώνες συχνοτήτων κάτω των 10 GHz οι επιπτώσεις στα σήματα είναι μικρότερες απ' ότι στις υψηλότερες συχνότητες. Όμως λόγω των αυξημένων απαιτήσεων σε σχέση με το παρελθόν χρησιμοποιούμε όλο και μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων. Γι' αυτό έχουμε ζώνες όπως Ka-band (20-30GHz) και V-band(40-50GHz). Στις υψηλότερες συχνότητες όμως οι επιδράσεις από την ατμόσφαιρα είναι περισσότερες. Το αποτέλεσμα είναι να επηρεάζεται η ποιότητα των ζεύξεων. Για να υπάρξει η απαιτούμενη ποιότητα (QoS, Quality of Service), έχουν θεσπιστεί κανόνες από την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU).

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στρώματα ατμόσφαιρας που επηρεάζουν ανάλογα με την συχνότητα:

Πίνακας 2-1 Στρώματα της ατμόσφαιρας που επηρεάζουν το σήμα αναλογικά με την συχνότητα

Συχνότητες (GHz)	Στρώμα Ατμόσφαιρας
>3	Ιονόσφαιρα
<3	Τροπόσφαιρα

Η τροπόσφαιρα εκτείνεται από το έδαφος έως το ύψος των 15 km και η ιονόσφαιρα εκτείνεται από 70 έως 1000km από την επιφάνεια της Γης. Οι επιδράσεις την τροπόσφαιρα είναι μεγαλύτερες κοντά στο έδαφος και στην ιονόσφαιρα σε ύψος 400km.

Λόγοι εξασθένησης των σημάτων

Οι κυριότεροι λόγοι εξασθένησης της ισχύος των σημάτων είναι οι παρακάτω:

- **Εξασθένηση λόγω ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων**

Όταν λέμε ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις εννοούμε χιονοπτώσεις ή βροχοπτώσεις οι οποίες εξασθενούν τα ραδιοκύματα. Οι συχνότητες που επηρεάζουν είναι κυρίως μικρότερες των 30 GHz. Η εξασθένηση που προκαλείται είναι επίσης ανάλογη από το είδος της βροχόπτωσης. Εξαρτάται δηλαδή από την ένταση και το μέγεθος των σταγόνων. [5]

- **Απόσβεση λόγω αερίων της ατμόσφαιρας**

Οι εξασθενήσεις που προκαλούνται λόγω των αερίων της ατμόσφαιρας είναι πιο λίγες σε σχέση με τις εξασθενήσεις λόγω των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Όταν αναφερόμαστε σε αέρια εννοούμε κυρίως το οξυγόνο και τους υδρατμούς που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Οι υδρατμοί μάλιστα επηρεάζουν περισσότερο το σήμα και ειδικά όταν η συχνότητα των ραδιοκυμάτων είναι μικρότερη των 30 GHz. Το μέγιστο της απορρόφησης που προκαλεί το οξυγόνο είναι μεταξύ των συχνοτήτων 60-119 GHz. [5]

- **Εξασθένηση λόγω νεφώσεων**

Τα σύννεφα που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα περιέχουν νερό το οποίο είναι ακόμα μία αιτία εξασθένησης ραδιοκυμάτων. [5]

- **Εξασθένηση λόγω παρεμβολών από άλλες ζεύξεις**

Σε περίπτωση που δυο δορυφορικά συστήματα είναι σε γειτονικές θέσεις, το σήμα της μίας ζεύξης δημιουργεί παρεμβολές στο σήμα της άλλης ζεύξης με αποτέλεσμα την αύξηση του θορύβου και την εξασθένηση του σήματος. [5]

- **Εξασθένηση λόγω αποπόλωσης**

Στην περίπτωση αυτή επηρεάζονται κυρίως τα συστήματα αναχρησιμοποίησης συχνότητας.[5]

2.3.4 Λύσεις Για Την Εξασθένηση Των Σημάτων

Για την επίλυση των φαινομένων εξασθένησης η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) έχει προτείνει κάποια μοντέλα επίλυσης. Σε ζώνες συχνοτήτων κάτω των 30 GHz, που είναι οι ευρέως χρησιμοποιούμενες ζώνες συχνοτήτων, πολλά μοντέλα κρίνονται επιτυχημένα.

Το μειονέκτημα των μοντέλων αυτών είναι ότι μπορούν επιλύσουν μόνο ένα φαινόμενο εξασθένησης την φορά. Επειδή όμως στην ατμόσφαιρα τα προβλήματα εξασθένησης συνήθως συναντώνται συνδυαστικά αναγκαζόμαστε να καταφεύγουμε στον συνδυασμό μοντέλων επίλυσης.[5]

2.4 Είδη Δορυφορικών Συστημάτων

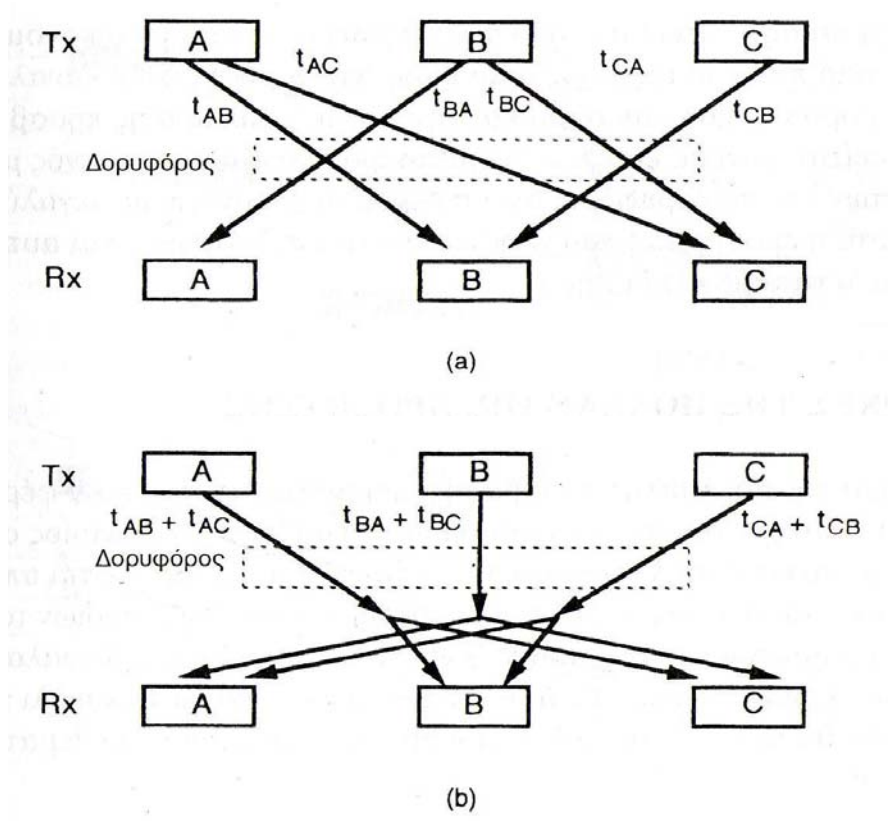
Ανάλογα με τον τρόπο εκπομπής ενός συστήματος μπορούμε να έχουμε συστήματα με απλή δέσμη εκπομπής, δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης και δίκτυα με αναγέννηση σήματος. Επίσης ανάλογα με την πρόσβαση μπορούμε να έχουμε απλή πρόσβαση και πολλαπλή πρόσβαση. Τα παρακάτω συστήματα αναλύονται παρακάτω.

2.4.1 Συστήματα Με Απλή Δέσμη Εκπομπής

Στα δορυφορικά συστήματα με απλή δέσμη εκπομπής, ο δορυφόρος λαμβάνει στην ίδια κεραία λήψης όλα τα κύματα που εκπέμπονται από όλους τους επίγειους σταθμούς που περιλαμβάνονται στο δορυφορικό δίκτυο. Επίσης όλοι οι επίγειοι σταθμοί λαμβάνουν όλα τα φέροντα κύματα που εκπέμπονται από τον δορυφόρο.

Μπορούμε να διακρίνουμε δυο υλοποιήσεις για συστήματα με χρήση απλής δέσμης εκπομπής. Πρώτη τεχνική είναι η χρήση ενός φέροντος κύματος ανά ραδιοζεύξη και δεύτερη η χρήση ενός φέροντος κύματος ανά σταθερό σταθμό εκπομπής. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2-6) παρουσιάζονται οι δυο υλοποιήσεις συστημάτων απλής δέσμης εκπομπής. [6]

Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός φερόντων κυμάτων ενώ στην δεύτερη και πιο διαδεδομένη το κάθε φέρον κύμα έχει μικρότερο μέγεθος. Όπως καταλαβαίνουμε το πρόβλημα που εντοπίζεται τώρα είναι σχετικό με την πολλαπλή πρόσβαση και πως το φέρον κύμα που θα εκπέμπει κάθε σταθμός δεν θα παρεμβάλλεται στα άλλα.



Εικόνα 2-6 Υλοποιήσεις συστημάτων απλής δέσμης εκπομπής

Πολλαπλή Πρόσβαση

Πολλαπλή πρόσβαση είναι η ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη στην ζεύξη από πολλούς επίγειους σταθμούς. Η πολλαπλή πρόσβαση καθιστά πιο αποδοτική μία ραδιοζεύξη.

Αρχικά αναφέρουμε ότι από την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) δίνεται σε κάθε ζεύξη ένα εύρος ζώνης λειτουργίας, το οποίο περιλαμβάνει συγκεκριμένες συχνότητες. Το εύρος ζώνης της ζεύξης χωρίζεται σε κανάλια τα οποία έχουν και αυτά συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Έτσι όταν ένα φέρων κύμα χρησιμοποιεί ένα κανάλι με επιτρεπτό εύρος συχνοτήτων τότε ο επαναλήπτης στον δορυφόρο θα το δεχτεί, θα το ενισχύσει και θα το προωθήσει στους επίγειους σταθμούς.

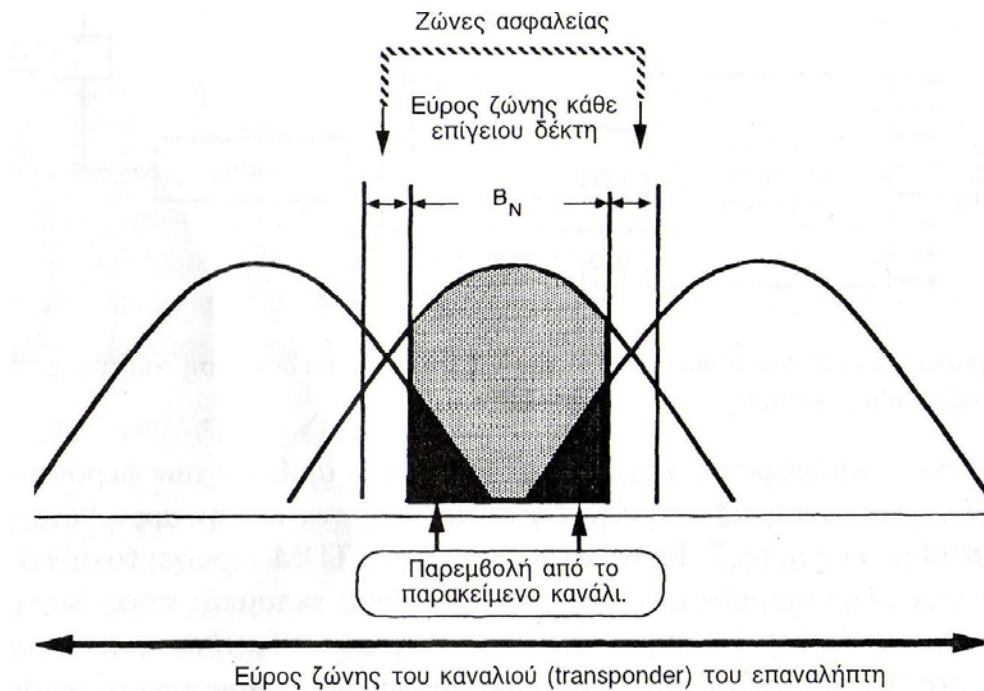
Το πρόβλημα όμως της πολλαπλής πρόσβασης είναι οι παρεμβολές. Για την αποφυγή των παρεμβολών χρησιμοποιούνται τρεις τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης (FDMA, TDMA, CDMA) ώστε να μπορούν οι επίγειοι δέκτες να διακρίνουν τα σωστά φέροντα κύματα. Οι τεχνικές μελετώνται παρακάτω.[6]

2.4.1.1 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Συχνότητας (FDMA)

Εάν τα φέροντα κύματα καταλαμβάνουν διαφορετική συχνότητα τότε ο δέκτης μπορεί να διακρίνει το επιθυμητό κύμα βάσει συχνότητας. Η τεχνική αυτή βασίζεται στις συχνότητες και ονομάζεται Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Συχνότητας(FDMA).

Το συνολικό εύρος ζώνης για μία ζεύξη διαιρείται σε κανάλια και σε κάθε κανάλι εκπέμπει μόνο ένας επίγειος σταθμός την φορά. Συνολικά μπορούν να εκπέμπονται ταυτόχρονα φέροντα κύματα από πολλούς σταθμούς ώστε να καλύπτεται το εκχωρημένο εύρος ζώνης της ζεύξης .

Τα φέροντα κύματα που μπορεί να εκπέμπονται στην ζεύξη μπορεί να διαχωρίζονται με ζώνη ασφαλείας μεταξύ τους ώστε να γίνεται πιο εύκολα ο διαχωρισμός στον δέκτη και για την αποφυγή παρεμβολών από γειτονικά κανάλια. Η μέθοδος όμως της προσθήκης ζώνης ασφαλείας (Εικόνα 2-7) δεν προτιμάται γιατί η ζεύξη γίνεται μη αποδοτική καθώς δεν χρησιμοποιείται το μέγιστο δυνατό του εύρους ζώνης της ζεύξης.[7]



Εικόνα 2-7 Τεχνική FDMA - ζώνες ασφαλείας

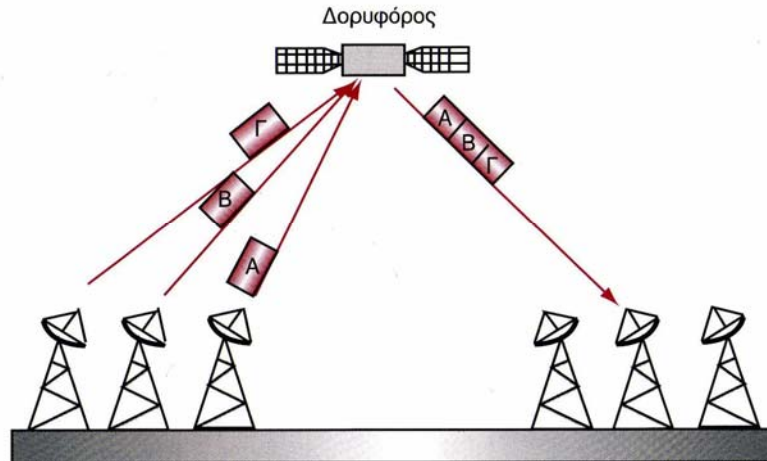
Η μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης FDMA χρησιμοποιείται ευρέως λόγω της απλότητας της. Δεν παύει όμως να εμφανίζει κάποια μειονεκτήματα, με κυριότερα τα εξής:

- Εάν αλλαχθεί η χωρητικότητα της ζεύξης, χρειάζεται να αλλάξουμε και το εύρος ζώνης της ζεύξης ή το εύρος ζώνης των καναλιών.
- Με την αύξηση του αριθμού των επίγειων σταθμών, αυξάνεται και η εμφάνιση παραγώγων ενδοδιαμόρφωσης λόγω γειτονικών εκπομπών.[7]

2.4.1.2 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου (TDMA)

Ο διαχωρισμός σε αυτήν την τεχνική γίνεται με βάση την χρονική στιγμή που γίνεται η άφιξη του φέροντος κύματος στον δέκτη. Αυτή είναι η αρχή της Πολλαπλής Πρόσβασης με Διαίρεση Χρόνου (TDMA).

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 2-8 Αρχή λειτουργίας TDMA[2]

Οι επίγειοι σταθμοί εκπέμπουν το φέρων κύμα ο ένας μετά τον άλλο σε σειρά και η διάρκεια εκπομπής είναι T_B . Οι ριπές που εκπέμπουν οι σταθμοί καταλαμβάνουν όλο το εύρος ζώνης της ζεύξης και παραλαμβάνονται από όλους τους επίγειους σταθμούς(Εικόνες 2-8).

Αρκετά συχνό φαινόμενο είναι η αναμονή ενός επίγειου σταθμού για την εκπομπή της επιθυμητής πληροφορίας, μέχρι να του εκχωρηθεί το κανάλι εκπομπής, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη μνημών στους σταθμούς, ώστε να αποθηκεύεται η πληροφορία μέχρι να αποσταλεί.

Μια ριπή πληροφορίας αποτελείται από την κεφαλίδα(header) και ένα πεδίο πληροφοριών. Η κεφαλίδα μπορεί να περιέχει σημαντικές πληροφορίες όπως μία ακολουθία από bit, που ονομάζεται **μοναδική λέξη**, ώστε να καταλαβαίνει ο δέκτης την αρχή μίας ριπής.

Ανάμεσα σε δυο ριπές υπάρχει ένα κενό στο δίκτυο όπου δεν υπάρχει εκπομπή και γίνεται για λόγους ασφαλείας. Κατά την λήψη της ριπής από τον επίγειο σταθμό-δέκτη, αναγνωρίζεται η μοναδική λέξη που σηματοδοτεί την έναρξη της ριπής.

Η αρχή TDMA έχει αρκετά οφέλη, όπως ότι ένα φέρων κύμα τη φορά καλύπτει το συνολικό εύρος ζώνης της ζεύξης και συνεπώς δεν παρατηρούνται φαινόμενα ενδοδιαμόρφωσης. Επίσης ο συντονισμός είναι απλός, καθώς όλοι οι σταθμοί εκπέμπουν και λαμβάνουν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Το μειονέκτημα είναι ότι δεν έχουμε πλήρη εκμετάλλευση του δικτύου καθώς, υπάρχουν μεγάλα κενά όπου δεν γίνεται καμία εκπομπή στην ζεύξη. Αυτό συμβαίνει γιατί μπορεί την χρονική στιγμή που θα εκχωρηθεί η

ζεύξη σε έναν σταθμό αυτός να μην έχει δεδομένα για εκπομπή, ενώ παράλληλα άλλοι σταθμοί θα αναμένουν για μετάδοση στην ζεύξη.

Συνοψίζοντας η χρήση της TDMA είναι μόνο για ψηφιακά δεδομένα και απαιτεί ακριβό εξοπλισμό στους επίγειους σταθμούς, όμως έχει καλύτερη απόδοση στην μετάδοση έναντι της FDMA.[7]

2.4.1.3 Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Κώδικα (CDMA)

Είναι η Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Κώδικα όπου το κάθε φέρων κύμα έχει διαφορετική υπογραφή, ώστε ο δέκτης να μπορεί να τα ξεχωρίσει. Στην πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα, όλοι οι επίγειοι σταθμοί εκπέμπουν ταυτόχρονα καλύπτοντας το εύρος ζώνης του δικτύου. Κάτι που σημαίνει ότι ο σταθμός δέκτης θα πρέπει κάπως να ξεχωρίσει την “σωστή” πληροφορία. Για να γίνει ο διαχωρισμός στον δέκτη της χρήσιμης πληροφορίας, υπάρχει μία μοναδική δυαδική ακολουθία σε κάθε φέρων κύμα που λέγεται **κώδικας**.

Η χρήση κώδικα συνεπάγεται την αύξηση της πληροφορίας, συνεπώς χρειάζεται μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε περίπτωση χρησιμοποίησης πολλαπλής πρόσβασης CDMA. Επίσης ο κώδικας πρέπει να είναι εύκολα αναγνωρίσιμος από τον επίγειο σταθμό δέκτη, άρα δεν πρέπει να έχει ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας.

Η μέθοδος CDMA είναι αρκετά αποτελεσματική γιατί είναι απλή στην λειτουργία της, παρέχει προστασία από παρεμβολές από άλλα συστήματα και χρησιμοποιεί όλο το εύρος ζώνης. Το μειονέκτημα της τεχνικής είναι η μικρή απόδοση. [7]

2.4.2 Επιπλέον Χαρακτηριστικά Της Πολλαπλής Πρόσβασης

2.4.2.1 Εκχώρηση Κατ' απαίτηση και Σταθερή Εκχώρηση

Η δορυφορική ζεύξη έχει ένα συνολικό εύρος ζώνης και σε κάθε σταθμό εκχωρείται ένα ποσοστό από το σύνολο για εκπομπή.

Σταθερή εκχώρηση έχουμε όταν για κάθε επίγειο σταθμό είναι σταθερή η ικανότητα διακίνησης πληροφοριών. Έτσι μπορεί κάποιες εκπομπές να απορριφθούν καθώς μπορεί να υπερβαίνουν το μέγιστο όριο διακίνησης που

έχει εκχωρηθεί στους σταθμούς. Σε περίπτωση όπου το μέγεθος των πληροφοριών είναι μικρότερο η εκπομπή γίνεται κανονικά. Αποτέλεσμα της σταθερής εκχώρησης είναι η μη αξιοποίηση της ζεύξης στο μέγιστο δυνατό.

Με την μέθοδο της εκχώρησης κατ' απαίτηση το εύρος ζώνης της ζεύξης διασπάται με μεταβλητό τρόπο. Έτσι ανάλογα με τις ανάγκες των επίγειων σταθμών γίνεται ο διαχωρισμός του εύρους ζώνης.

Ο ιδανικός συνδυασμός για την κατ' απαίτηση εκχώρηση είναι με την πολλαπλή πρόσβαση TDMA γιατί η κατ' απαίτηση εκχώρηση γίνεται με βάση ένα χρονικό όριο. Αντίθετα με τις προσβάσεις CDMA και FDMA απαιτείται ακριβός εξοπλισμός για την υλοποίηση με κατ' απαίτηση εκχώρηση γιατί χρειάζονται πολυπλέκτες με μεταβλητή ικανότητα πολύπλεξης.

2.4.2.2 Κεντρική – Κατανεμημένη Διαχείριση

Διαχείριση μπορούμε να έχουμε μόνο στην κατ' απαίτηση εκχώρηση, καθώς στην σταθερή οι πόροι διαμοιράζονται ισομερώς στους επίγειους σταθμούς. Έχουμε δυο κατηγορίες διαχείρισης, την κεντρική και την κατανεμημένη.

Κεντρική διαχείριση έχουμε μόνο όταν ένας κεντρικός επίγειος σταθμός εκχωρεί τον συνολικό πόρο. Έτσι οι υπόλοιποι σταθμοί στέλνουν αιτήσεις για εκχώρηση πόρου και ο κεντρικός σταθμός τις επεξεργάζεται καταλλήλως και αναλόγως εκχωρεί τους πόρους του δικτύου.

Κατανεμημένη διαχείριση έχουμε όταν κάθε επίγειος σταθμός εκπέμπει την αίτηση του σε κοινό κανάλι και κάθε σταθμός γνωρίζει τις απαιτήσεις για τους πόρους του συστήματος.

Η κάθε μορφή διαχείρισης έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στην κεντρική διαχείριση έχουμε μικρό κόστος εξοπλισμού των σταθμών και απλότητα καθώς η διαχείριση γίνεται μόνο από ένα σταθμό και υπάρχει και υψηλός βαθμός αξιοπιστίας. Τα μειονεκτήματα της κεντρικής διαχείρισης είναι ότι η σωστή λειτουργία του δικτύου εξαρτάται μόνο από ένα σταθμό, έτσι πρέπει να προβλεφθεί εφεδρικός σταθμός.

2.4.3 Τυχαία Πρόσβαση

Μέχρι τώρα είδαμε πρόσβαση των σταθμών στην ζεύξη για εκπομπή η οποία ήταν οργανωμένη και βασισμένη σε κάποιες αρχές. Υπάρχει όμως και η τυχαία πρόσβαση, δηλαδή τυχαία εκπομπή η οποία δεν έχει καθορισμένη χρονική διάρκεια και η οποία μπορεί να καταλαμβάνει όλο ή μέρος του συνολικού εύρους ζώνης.

Η μέθοδος της τυχαίας πρόσβασης είναι κατάλληλη για μεγάλα δίκτυα όπου οι εκπομπές ανά σταθμό δεν είναι τόσο συχνές. Στην τυχαία εκπομπή όμως έχουμε αυξημένες πιθανότητες παρεμβολών από ταυτόχρονη εκπομπή σταθμών. Συνεπώς πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλοι μηχανισμοί για επανεκπομπή.

Για να κρίνουμε την τυχαία πρόσβαση σαν μέθοδο βασιζόμαστε σε δυο παράγοντες, τον μέσο χρόνο για την εκπομπή και την σωστή λήψη των πακέτων πληροφορίας καθώς και τον συνολικό όγκο πληροφορίας που διακινείται στο δίκτυο.

Για την υλοποίηση της τυχαίας πρόσβασης έχουμε κάποια πρωτόκολλα τα οποία διαχωρίζονται σε σύγχρονα και ασύγχρονα, με την διαφορά ότι στα σύγχρονα δεν έχουμε συγκρούσεις πακέτων δεδομένων, εκτός εάν έχουμε ταυτόχρονη εκπομπή στο δίκτυο από δυο σταθμούς. Αν συμβεί αυτό έχουμε το φαινόμενο της πλήρους επικάλυψης πακέτων. [7]

Παραδείγματα πρωτοκόλλων είναι:

- **ALOHA(ασύγχρονο)**

Το ALOHA είναι ασύγχρονο πρωτόκολλο πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι σταθμοί εκπέμπουν οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Μόλις οι επίγειοι σταθμοί – δέκτες λάβουν την πληροφορία και είναι σωστή εκπέμπουν μήνυμα επιτυχημένης παραλαβής(ACK, acknowledge).

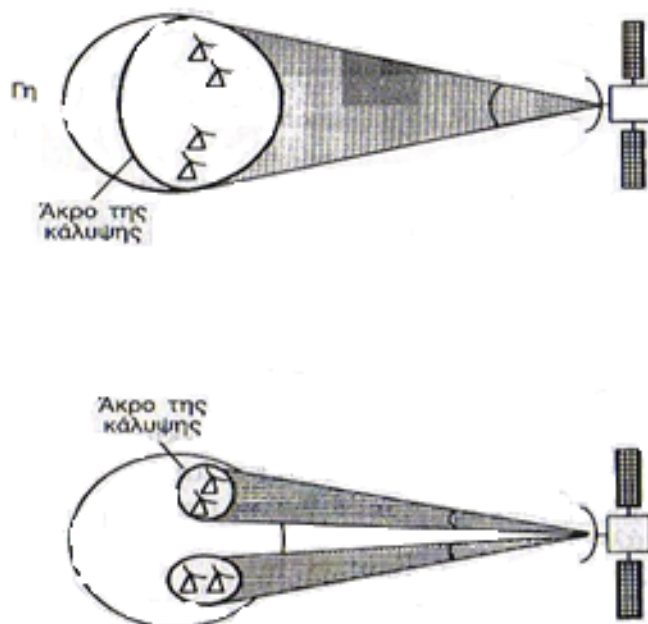
Σε περίπτωση σύγκρουσης των πακέτων, δεν εκπέμπει ο σταθμός – δέκτης μήνυμα επιβεβαίωσης για την σωστή παραλαβή της πληροφορίας και γίνεται επανεκπομπή από τον σταθμό – πομπό μετά από καθορισμένο χρονικό διάστημα.[7]

- **S-ALOHA, ALOHA με διάκενα χρόνου(σύγχρονο)**

Οι εκπομπές γίνονται συγχρονισμένα στο πρωτόκολλο S-ALOHA. Τα πακέτα με την πληροφορία εκπέμπονται σε χρονικά διάκενα που καθορίζονται από το ρολόι του συστήματος, έτσι υπάρχουν μόνο συγκρούσεις με πλήρη επικάλυψη, δηλαδή όταν δυο σταθμοί εκπέμπουν στο δίκτυο την ίδια χρονική στιγμή. [7]

2.5 Δίκτυα Πολλαπλής Δέσμης

Η διαφορά των δικτύων πολλαπλής δέσμης από τα απλής δέσμης έγκειται στο ότι έχουν καλύτερο συνδυασμό απολαβής – γεωγραφικής κάλυψης. Ενώ στα δορυφορικά συστήματα απλής δέσμης μπορούμε να επιλέξουμε είτε να έχουμε μεγάλη γεωγραφική κάλυψη αλλά χειρότερη απόδοση είτε μικρότερη γεωγραφική κάλυψη αλλά καλύτερη απόδοση. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε δίκτυα απλής και πολλαπλής δέσμης (Εικόνα 2-9).



Εικόνα 2-9 Δίκτυα απλής και δίκτυα πολλαπλής δέσμης

Το μειονέκτημα στα δίκτυα δορυφόρων πολλαπλής δέσμης είναι οι παρεμβολές καθώς σε τέτοια συστήματα έχουμε πολλές δέσμες για να καλύψουμε μεγάλη γεωγραφική έκταση. Οι παρεμβολές που προκαλούν οι

γειτονικές δέσμες συντελούν στην ανάπτυξη θορύβου. Έχουμε δυο περιπτώσεις παρεμβολών για το uplink:

- Παρεμβολή από γειτονικό κανάλι
- Παρεμβολή από το ίδιο κανάλι

Στο downlink έχουμε επιπλέον παρεμβολές από τα φέροντα κύματα τα οποία στέλνονται από τους επίγειους σταθμούς προς τον δορυφορικό αναμεταδότη(uplink).[8]

2.5.1 Τεχνικές Διασύνδεσης Δορυφόρων – Επίγειων Σταθμών

Στα συστήματα δορυφόρων πολλαπλής δέσμης υπάρχει η δυσκολία ότι οι επίγειοι σταθμοί είναι διασκορπισμένοι σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι για την υλοποίηση της διασύνδεσης υπάρχουν τρεις τεχνικές οι οποίες θα μελετηθούν παρακάτω:

- Διασύνδεση με άλμα μέσω αναμεταδότη
- Διασύνδεση μέσω μεταγωγής επί του δορυφόρου
- Διασύνδεση με μετακίνηση της δέσμης

2.5.1.1 Διασύνδεση με Άλμα Μέσω Αναμεταδότη

Με αυτήν την τεχνική το εύρος ζώνης της συνολικής ζεύξης είναι χωρισμένο σε τόσες ζώνες όσες είναι και οι δέσμες. Για τον διαχωρισμό των φερόντων υπάρχει ένα φίλτρο στον δορυφόρο το οποίο τα ξεχωρίζει με βάση το κανάλι συχνοτήτων που καταλαμβάνουν.

Το κάθε φίλτρο συνδέεται με έναν αναμεταδότη που με τη σειρά του συνδέεται με την κεραία για να γίνει η αποστολή του φέροντος κύματος προς τους επίγειους σταθμούς - δέκτες. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως όταν έχουμε λίγες δέσμες.[8]

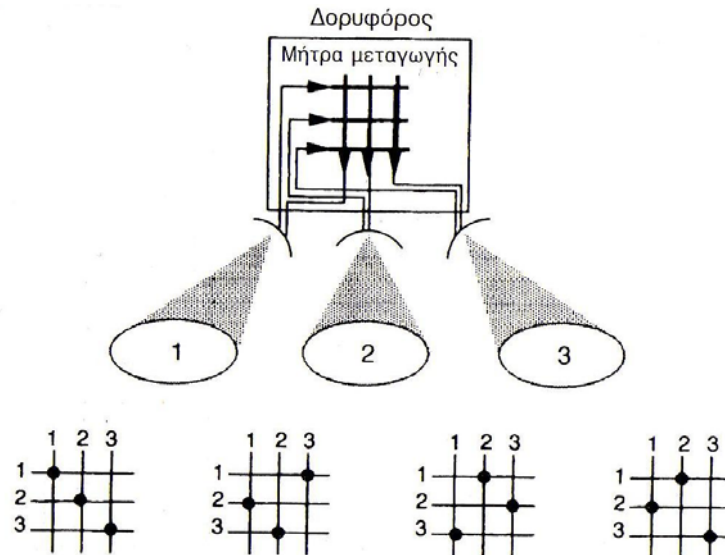
2.5.1.2 Διασύνδεση Μέσω Μεταγωγής Επί Του Δορυφόρου

Η μέθοδος αυτή προτιμάται όταν έχουμε πολλές δέσμες και συνεπώς πολλούς επίγειους σταθμούς. Σε αυτήν την τεχνική έχουμε μία μήτρα στον δορυφόρο η οποία συνδέει κάθε δέσμη του uplink με μία του downlink(Εικόνα 2-10). Υπάρχει επίσης μία μονάδα ελέγχου διανομής (DCU) η οποία είναι

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

υπεύθυνη ώστε τα φέροντα κύματα που λαμβάνονται στον δορυφόρο να εκπέμπονται στην σωστή δέσμη, για την λήψη από τον σταθμό – δέκτη.

Η διάρκεια διασύνδεσης μίας δέσμης του uplink με μία δέσμη του downlink ονομάζεται **παράθυρο**. [8]

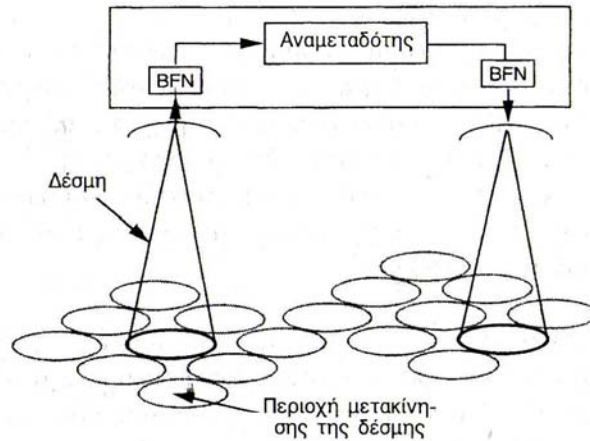


Εικόνα 2-10 Διασύνδεση μέσω μεταγωγής επί του δορυφόρου

2.5.1.3 Διασύνδεση Με Μετακίνηση Της Δέσμης

Οι περιοχές χωρίζονται έτσι ώστε κάθε περιοχή να καλύπτεται από μία δέσμη και δεν υπάρχει μόνιμη σύνδεση επίγειων σταθμών – δορυφόρου. Έχουμε διασύνδεση μόνο όταν η δέσμη καλύπτει την συγκεκριμένη περιοχή. Στην εικόνα 2-11 βλέπουμε την λειτουργία της διασύνδεσης με μετακίνηση της δέσμης.

Η χρονική διάρκεια που μία δέσμη καλύπτει μια περιοχή είναι ανάλογη με το ποσοστό των πληροφοριών που είναι προς αποστολή, στην περιοχή κάλυψης της δέσμης. [8]



Εικόνα 2-11 Διασύνδεση με μετακίνηση δέσμης

2.6 Διαδορυφορικές Ζεύξεις (Intersatellite Links, ISL)

Οι διαδορυφορικές ζεύξεις ανήκουν και αυτές στα δίκτυα δορυφόρων πολλαπλής πρόσβασης. Οι δορυφόροι διακινούν δεδομένα μεταξύ τους και οι δέσμες τους δεν στρέφονται προς την γη αλλά προς άλλους δορυφόρους.

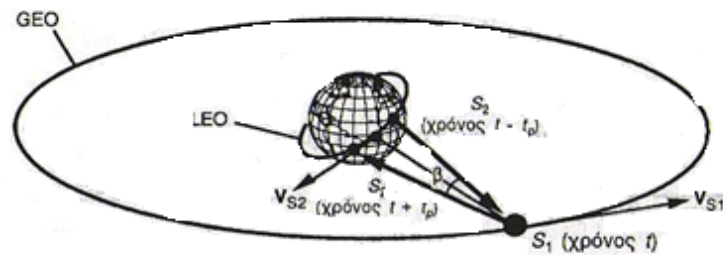
Τα είδη των διαδορυφορικών ζεύξεων που έχουμε είναι τρία και θα μελετηθούν αναλυτικά παρακάτω.

- Ραδιοζεύξεις γεωστατικών δορυφόρων και δορυφόρων χαμηλής τροχιάς (GEO – LEO)(Geostationary Earth Orbit - Low Earth Orbit).
- Ραδιοζεύξεις μεταξύ γεωστατικών δορυφόρων (GEO – GEO)(Geostationary Earth Orbit).
- Ραδιοζεύξεις μεταξύ δορυφόρων χαμηλής τροχιάς (LEO –LEO)(Low Earth Orbit).

2.6.1 Ραδιοζεύξεις Γεωστατικών Δορυφόρων Και Δορυφόρων Χαμηλής Τροχιάς

Είναι η διασύνδεση ενός γεωστατικού δορυφόρου με έναν ή περισσότερους δορυφόρους χαμηλής τροχιάς, οι οποίοι είναι ενδιάμεσοι δορυφόροι. Έτσι οι πληροφορίες στέλνονται μέσω των γεωστατικών δορυφόρων που είναι συνέχεια ορατοί σε κάποια περιοχή και έπειτα προωθούνται στους δορυφόρους χαμηλής τροχιάς για να σταλούν σε κάποια άλλη περιοχή μη ορατή από τον γεωστατικό δορυφόρο. Στην παρακάτω

εικόνα βλέπουμε ένα παράδειγμα διαδορυφορικής ζεύξης GEO – LEO(Εικόνα 2-12).[8]



Εικόνα 2-12 Διαδορυφορική ζεύξη γεωστατικού δορυφόρου με δορυφόρο χαμηλής τροχιάς[8]

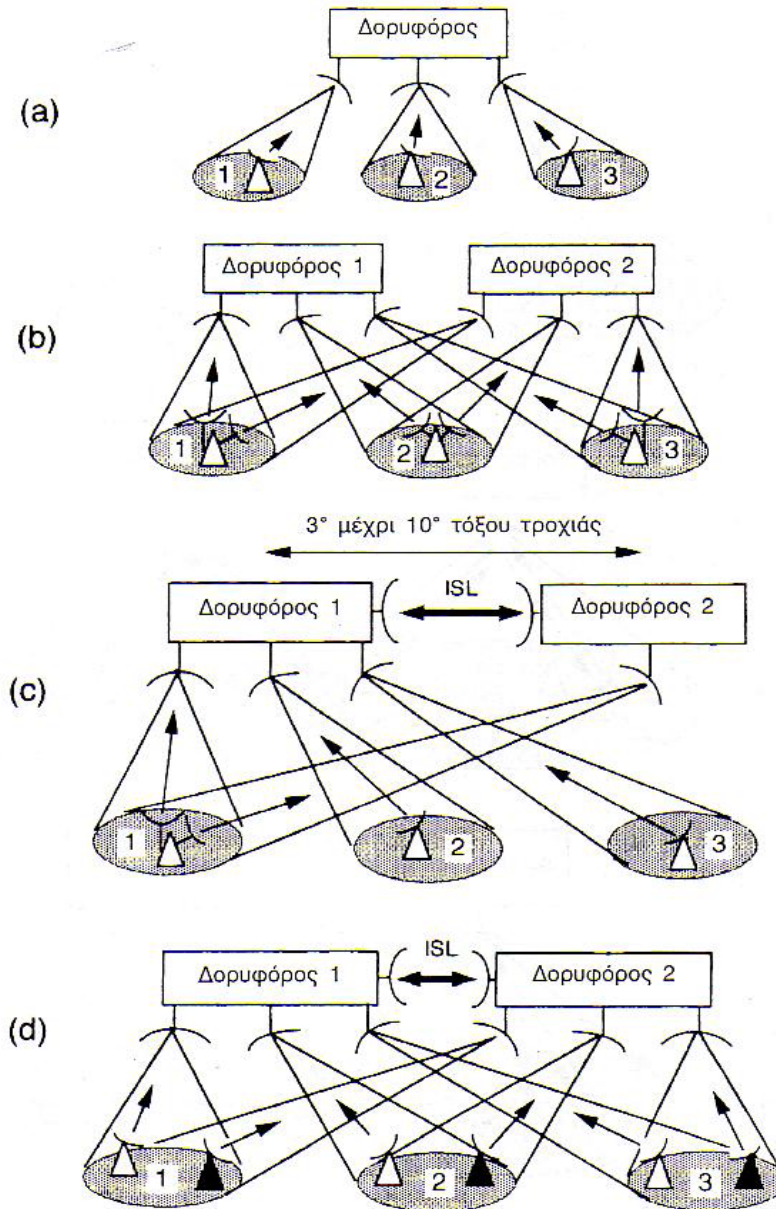
2.6.2 Ραδιοζεύξεις Μεταξύ Γεωστατικών Δορυφόρων

Ο λόγος ύπαρξης μιας τέτοιας ζεύξης είναι ο φόρτος που μπορεί να υπάρχει στο δίκτυο ώστε ένας γεωστατικός δορυφόρος να μην μπορεί να το καλύψει. Μία λύση σε αυτήν την περίπτωση είναι να σταλεί ακόμα ένας γεωστατικός δορυφόρος, παρόμοιου τύπου με τον πρώτο για να καλύψει τις ανάγκες του δικτύου. Οι δυο δορυφόροι δεν μπορεί να είναι σε πολύ κοντινή απόσταση, λόγω παρεμβολών, αλλά ούτε και πολύ μακριά ώστε να μπορούν να επικοινωνούν.

Υπάρχουν τρεις τρόποι διασύνδεσης του δικτύου με τους δυο γεωστατικούς δορυφόρους. Ο καινούριος δορυφόρος μπορεί είτε να εξυπηρετεί αποκλειστικά τους σταθμούς στους οποίους εντοπίζεται ο μεγαλύτερος φόρτος, είτε να διαμοιραστούν οι σταθμοί στους δυο δορυφόρους ή η διασύνδεση να γίνει μέσω ενός κοινού επίγειου σταθμού.

Στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 2-13) βλέπουμε τον τρόπο υλοποίησης των ραδιοζεύξεων εάν σταλεί ακόμη ένας γεωστατικός δορυφόρος.[8]

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 2-13 Διαδορυφορική ζεύξη γεωστατικών δορυφόρων. (a) Ένας γεωστατικός δορυφόρος (b)Μοίρασμα φόρτου δικτύου μεταξύ 2 δορυφόρων(c) Εξυπηρέτηση των σταθμών με το μεγαλύτερο φόρτο από τον δεύτερο δορυφόρο (d) Διασύνδεση των δορυφόρων μέσω επίγειου σταθμού[8]

2.6.3 Ραδιοζεύξεις Μεταξύ Δορυφόρων Χαμηλής Τροχιάς(LEO)

Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο δορυφόρων χαμηλής τροχιάς. Σε ένα τέτοιο δίκτυο, υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δορυφόρων LEO(Low Earth Orbit). Συνήθως οι δορυφόροι LEO είναι υποστηρικτικοί σε γεωστατικούς δορυφόρους.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ακολουθεί ο πίνακας που μας δείχνει τις ραδιοσυχνότητες που έχουν εκχωρηθεί από την ITU και αφορούν τις διαδορυφορικές ζεύξεις. (Πίνακας 2-2)

**Πίνακας 2-2 Ραδιοσυχνότητες για διαδορυφορικές ζεύξεις
ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΔΟΡΥΦΩΡΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ(GHz)**

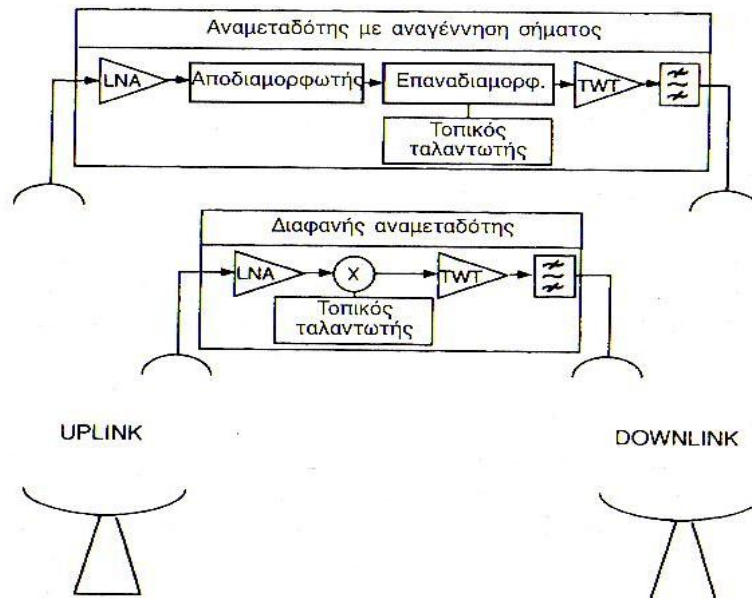
22.55 – 23.55
24.45 – 24.75
32 – 33
54.25 – 58.2

2.7 Δίκτυα Δορυφόρων Με Αναγέννηση Σήματος

Η αναγέννηση σήματος είναι η αποδιαμόρφωση και η επαναδιαμόρφωση του σήματος στον δορυφόρο. Έτσι έχουμε διαμόρφωση ενός νέου φέροντος σήματος στον αναμεταδότη.(Εικόνα 2-14)

Τα δίκτυα δορυφόρων με αναγέννηση σήματος δεν γνωρίζουν ευρεία χρήση. Ο λόγος είναι ότι με την χρήση τεχνολογίας αναγέννησης σήματος αυξάνονται σημαντικά οι κίνδυνοι για πιθανά σφάλματα. Οι πρώτοι δορυφόροι που εστάλησαν στο διάστημα και χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία ήταν το 1991 ο ITALSAT και το 1993 ο ACTS.

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 2-14 Σύστημα δορυφόρων με αναγέννηση σήματος

Τα οφέλη των συστημάτων αναγέννησης σήματος είναι ότι, έχουν μεγαλύτερη ανέχεια σε παρεμβολές και τα σήματα μπορούν να επεξεργαστούν στον δορυφόρο. Αποτέλεσμα είναι η μείωση του κόστους των επίγειων σταθμών.

Όμως έχουν και αρκετά μειονεκτήματα όπως η πολυπλοκότητα για την υλοποίησή τους είναι αυξημένη σε σχέση με τα άλλα δίκτυα δορυφόρων. [9]

2.8 Κίνηση Των Δορυφόρων – Τροχιές

Κατά την λειτουργία ενός δορυφορικού συστήματος, ένας πολύ βασικός παράγοντας είναι η τροχιά του δορυφόρου η οποία καθορίζει την επιφάνεια κάλυψης, την καθυστέρηση κτλ.

Οι δορυφόροι που κινούνται γύρω από την Γη υπακούουν στους τρεις νόμους του Κέπλερ γι' αυτό προς τιμήν του οι τροχιές ονομάστηκαν Κεπλεριανές. Ο Κέπλερ στις αρχές του 17^{ου} αιώνα διατύπωσε την άποψη ότι οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον ήλιο ήταν ελλειπτικές.

Οι τρεις νόμοι του Κέπλερ είναι οι εξής:

- Η τροχιά των πλανητών είναι ελλειπτική, με τον ήλιο σε μία εστία.
- Η γραμμή που ενώνει τον πλανήτη με τον ήλιο διαγράφει ίσες επιφάνειες σε ίσα χρονικά διαστήματα.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- Ο λόγος του τετραγώνου της περιόδου του πλανήτη προς τον κύβο του μεγάλου ημιάξονα a της έλλειψης είναι ίδια για όλους τους πλανήτες.

Επιπλέον υπάρχουν και οι ακόλουθες υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζονται οι νόμοι του Κέπλερ:

- Η μάζα, m , του δορυφόρου είναι πολύ μικρή σε σχέση με την μάζα, M , της Γης.
- Η κίνηση του δορυφόρου συμβαίνει στον κενό χώρο. Τα μόνα σώματα που υπάρχουν είναι η Γη και ο δορυφόρος. Θεωρούμε ότι η Γη είναι ομοιογενής και σφαιρική και δεν λαμβάνουμε υπόψη άλλες δυνάμεις (την έλξη του ήλιου).

Μετά τον Κέπλερ ο Νεύτωνας διατύπωσε τον νόμο παγκόσμιας έλξης ο οποίος αναφέρει, ότι δυο σώματα με μάζες m και M έλκουν το ένα το άλλο με δύναμη:

$$\vec{F} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad (2.5)$$

Όπου, F είναι η δύναμη

r η απόσταση των δυο σωμάτων

G είναι η παγκόσμια σταθερά βαρύτητας, $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ sec}^{-2}$

M η μάζα της Γης, $M = 5974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

\vec{r} το διάνυσμα με κατεύθυνση από την Μάζα M της Γης προς την μάζα m του δορυφόρου.

Με βάση τον νόμο του Νεύτωνα, η δύναμη με την οποία έλκει το ένα σώμα το άλλο είναι ανάλογη με τις μάζες τους και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.[2]

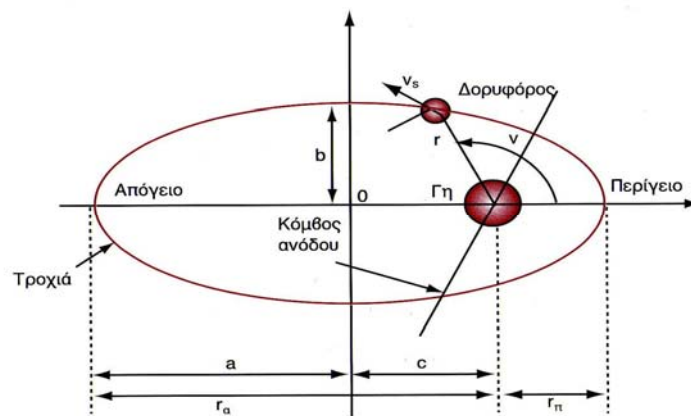
2.8.1 Βασικά Μεγέθη

Η ελλειπτική τροχιά στην οποία κινείται ο δορυφόρος έχει μεγάλο ημιάξονα a , μικρό ημιαξονα b και η μορφή της τροχιάς χαρακτηρίζεται από την εκκεντρότητα e που δίνεται από την παρακάτω σχέση.

$$e = \frac{c}{a} \quad (0 \leq e \leq 1) \quad (2.6)$$

Όπου c η απόσταση της Γης από το κέντρο της έλλειψης.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε κάποια χαρακτηριστικά της τροχιάς ενός δορυφόρου(απόγειο, περίγειο, μεγάλο ημιάξονα a , ταχύτητα δορυφόρου κτλ.)(Εικόνα 2-15).[2]



Εικόνα 2-15 Γεωμετρία κίνησης δορυφόρου

Ένα άλλο σημείο στην έλλειψη είναι το **περίγειο** το οποίο είναι το σημείο όπου η απόσταση του δορυφόρου από την Γη είναι η ελάχιστη και συμβολίζεται με r_{π} .

$$r_{\pi} = a - c = a(1-e) \quad (2.7)$$

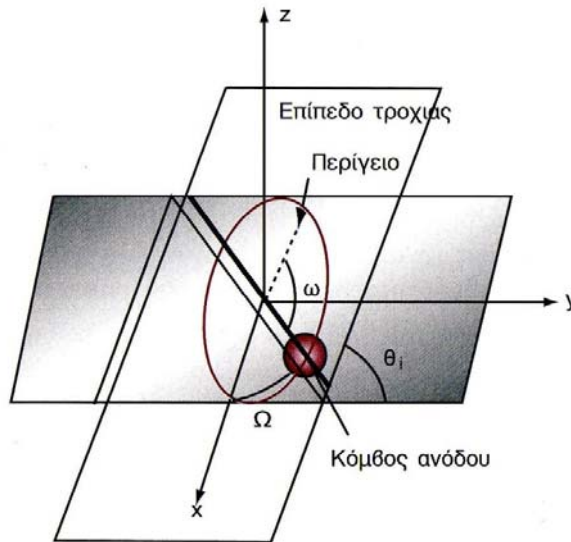
Απόγειο είναι το σημείο της τροχιάς όπου η απόσταση της Γης από τον δορυφόρο είναι η μεγαλύτερη και συμβολίζεται με r_a .

$$r_a = a + c = a(1+e) \quad (2.8)$$

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Για τον καθορισμό της τροχιάς πρέπει να καθορίσουμε την κλίση, την οποία την βρίσκουμε από την γωνία θ_i . Η γωνία αυτή μετρείται στο σημείο της τροχιάς του δορυφόρου όπου αυτή διέρχεται από το ισημερινό επίπεδο με κατεύθυνση προς το βορρά και ονομάζεται κόμβος ανόδου.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την γωνία θ_i στο επίπεδο της τροχιάς. (Εικόνα 2-16)[2]



Εικόνα 2-16 Επίπεδο τροχιάς

Η κίνηση του δορυφόρου επί του επιπέδου της τροχιάς περιγράφεται από την διανυσματική εξίσωση:

$$m \ddot{\vec{r}} = \vec{F} = -\frac{GMm}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (2.9)$$

Όπου, $\ddot{\vec{r}}$ είναι το διάνυσμα της επιτάχυνσης σε ένα δεδομένο σύστημα συντεταγμένων,

\vec{r} είναι το διάνυσμα με κατεύθυνση από την Μάζα M της Γης προς, την μάζα m του δορυφόρου,

r η απόσταση της Γης από τον δορυφόρο,

G η παγκόσμια σταθερά βαρύτητας,

m η μάζα του δορυφόρου και

M η μάζα της Γης.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Η περίοδος περιστροφής ενός δορυφόρου έχει άμεση σχέση με τον μεγάλο ημιάξονα της έλλειψης a . Έτσι έχουμε:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} \quad (2.10)$$

Όπου G η παγκόσμια σταθερά βαρύτητας, και M η μάζα της Γης.

Σε περίπτωση όπου $e = 0$, δηλαδή η τροχιά είναι κυκλική, η περίοδος περιστροφής είναι:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}} \quad (2.11)$$

Όπου, R η ακτίνα τη Γης ($R = 6378$ km) και h η απόσταση του δορυφόρου με την επιφάνεια της Γης.

Η ταχύτητα του δορυφόρου σε κάθε θέση της έλλειψης εντοπίζεται ως εξής:

$$V_s = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)} \quad (2.12)$$

Σε περίπτωση όπου $e=0$ δηλαδή κυκλικής τροχιάς, η ταχύτητα δίνεται από την σχέση:

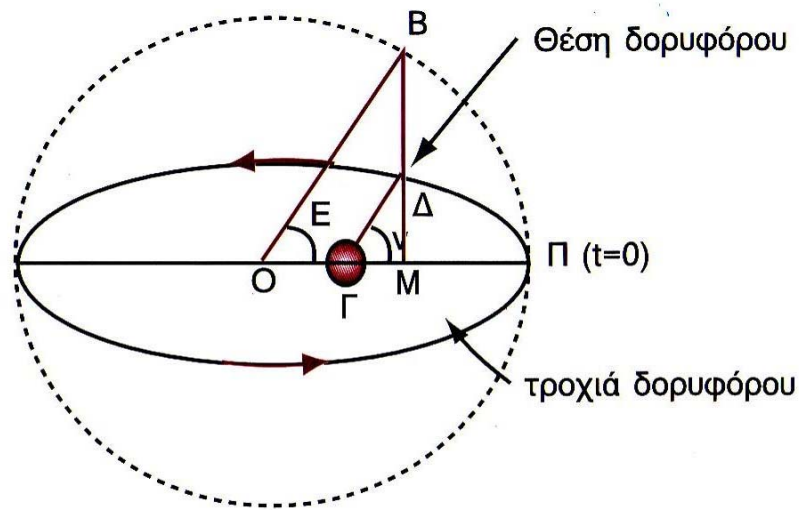
$$V_s = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (2.13)$$

Ο χρόνος t_p καθορίζει την χρονική στιγμή κατά την οποία ο δορυφόρος βρίσκεται στο περιγείο και δίνεται από την σχέση:

$$t_p = \frac{T}{2\pi} |E - e \sin(E)| \quad (2.14)$$

Όπου E η γωνία η οποία για να την βρούμε φέρουμε έναν κύκλο με κέντρο το κέντρο της έλλειψης και διάμετρο τον μεγάλο άξονα της ελλειπτικής τροχιάς. Χαράζουμε κάθετο στο σημείο από όπου διέρχεται ο δορυφόρος ώστε η προέκταση της καθέτου να τέμνει τον κύκλο. Ενώνουμε το σημείο με το κέντρο και έχουμε την γωνία E . [2]

Το σχήμα παρακάτω μας δείχνει την γωνία E . (Εικόνα 2-17)



Εικόνα 2-17 Κίνηση δορυφόρων στο επίπεδο της τροχιάς του

2.8.2 Οι Τροχιές Στις Δορυφορικές Επικοινωνίες

Οι δορυφόροι χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες όσον αφορά την τροχιά τους γύρω από τη Γη. Τους GEO (geostationary earth orbit), τους LEO (low earth orbit), τους MEO (medium earth orbit) και τους HEO (highly earth orbit). Ακολουθεί ανάλυση των τεσσάρων βασικών τροχιών. [3]

2.8.2.1 Τροχιές GEO (Geostationary Earth Orbit)

Οι δορυφόροι σε γεωστατική τροχιά βρίσκονται σε απόσταση 35.786 km από το έδαφος, έχουν περίοδο περιστροφής 24 ώρες. Εκτελούν κυκλικές τροχιές με μηδενική κλίση. Χαρακτηριστικό των γεωστατικών τροχιών είναι ότι παρέχεται συνεχής κάλυψη σε μια περιοχή, όταν αυτή βρίσκεται κάτω από το απόγειο του δορυφόρου. Για μια περιοχή μπορούμε να έχουμε πλήρη κάλυψη με χρήση τριών γεωστατικών δορυφόρων.

Τα πλεονεκτήματα της τροχιάς αυτού του είδους είναι, καταρχάς το απλό διαστημικό σύστημα. Έτσι δεν χρειάζεται μετακίνηση της δέσμης μεταξύ σταθμού – δορυφόρου, αφού ο σταθμός επικοινωνεί συνεχώς με τον ίδιο δορυφόρο. Συνέπεια είναι το σύστημα ελέγχου του δορυφόρου να είναι απλό. Υπάρχει μεγάλη περιοχή πρόσβασης, καθώς οι δορυφόροι βρίσκονται σε

μεγάλο υψόμετρο και καθένας τους παρέχει ορατότητα σε μεγάλο μέρος του κόσμου.

Τα μειονεκτήματα των γεωστατικών δορυφόρων είναι το μεγάλο υψόμετρο, το οποίο επηρεάζει την απόδοση καθώς έχουμε μεγάλες καθυστερήσεις και οι χαμηλές γωνίες ανύψωσης (10 μοίρες) που απαιτούνται από τις κεραιές των σταθμών, οι οποίες επηρεάζουν ιδιαίτερα τους κινητούς σταθμούς εξαιτίας εμποδίων(βουνά, κτίρια). [3]

2.8.2.2 Τροχιές LEO (Low Earth Orbit)

Οι δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά τύπου LEO μπορούν να πραγματοποιήσουν είτε κυκλικές είτε ελλειπτικές τροχιές. Οι κυκλικές τροχιές απέχουν από το έδαφος 700-1000Km και έχουν περίοδο περιστροφής περίπου 1,5 ώρα. Οι ελλειπτικές τροχιές έχουν κλίση 90° αλλά εγγυώνται ότι ο δορυφόρος θα περάσει πάνω από κάθε περιοχή της γης.

Τα πλεονεκτήματα των τροχιών LEO είναι, πρώτον ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πιο φθηνούς δορυφόρους εξαιτίας της μικρής απόστασης από την Γη και για αυτό το λόγο μειώνεται και ο όγκος του δορυφόρου. Συνεπώς μειώνονται και τα έξοδα εκτόξευσης. Επίσης οι καθυστερήσεις στην διάδοση είναι μικρές της τάξης των 10-20msec.

Τα μειονεκτήματα είναι, ότι εξαιτίας του μεγάλου αριθμού των δορυφόρων που απαιτείται για να έχουμε ένα δίκτυο πλήρους κάλυψης, η διαδικασία σύνταξης του όλου συστήματος είναι χρονοβόρα και πολυέξοδη. Επίσης απαιτούνται μετακινήσεις της δέσμης ανά 10 λεπτά καθώς ο σταθμός χάνει την επαφή του με τον δορυφόρο, σαν συνέπεια της γρήγορης κίνησης του. Τέλος η διάρκεια ζωής των δορυφορικών αναμεταδοτών είναι πολύ μικρή.[3]

2.8.2.3 Τροχιές MEO (Medium Earth Orbit)

Ένας δορυφόρος που εκτελεί τροχιά τύπου MEO, τότε έχει περίοδο περιστροφής μερικές ώρες και απέχει από το έδαφος από 5000 έως 12000km. Εάν έχουμε 2 τροχιακά επίπεδα και σε κάθε επίπεδο τοποθετήσουμε 6 δορυφόρους μπορούμε να πετύχουμε παγκόσμια κάλυψη.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι, ότι λόγω της μικρής απόστασης από την Γη απαιτούν περιορισμένη ενέργεια για την λειτουργία τους και έχουν μικρότερες κεραίες από τους GEO. Η συνολική έκταση στη Γη που καλύπτει ένας τέτοιος δορυφόρος είναι αρκετά μεγαλύτερη από το αντίστοιχο που καλύπτει ένας δορυφόρος που βρίσκεται σε τροχιά τύπου LEO. Επίσης λόγω της μεγαλύτερης απόστασης τους από τη Γη σε σχέση από τους LEO απαιτούνται λιγότεροι δορυφόροι.[3]

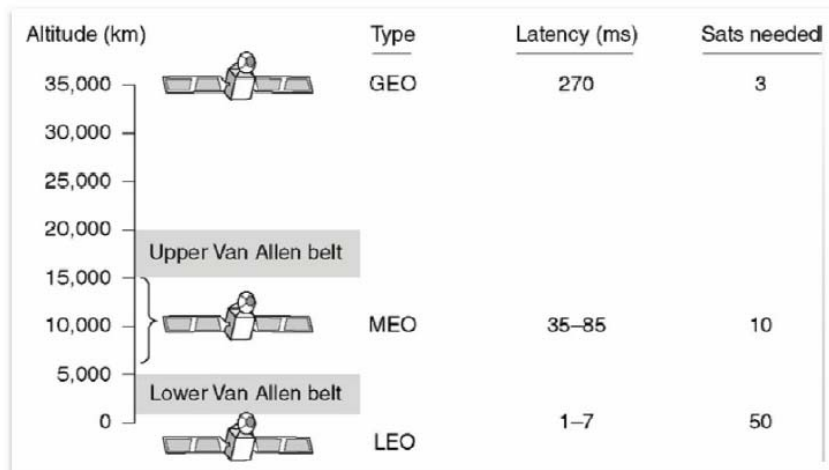
2.8.2.4 Τροχιές HEO (High Earth Orbit)

Οι τροχιές τύπου HEO είναι ελλειπτικές τροχιές. Είναι κατάλληλες για κάλυψη μεγάλων σε έκταση περιοχών της Γης αρκεί αυτές να είναι κάτω από το απόγειο της τροχιάς του δορυφόρου. Παράδειγμα είναι οι τροχιές MOLNYA.

Τα πλεονεκτήματα των τροχιών HEO είναι, οι μεγάλες γωνίες ανύψωσης και η χρησιμοποίηση λιγότερων δορυφόρων για κάλυψη μιας συγκεκριμένης περιοχής.

Τα μειονεκτήματα τους είναι το μεγάλο υψόμετρο των δορυφόρων, που απαιτούν και μεγάλες κεραίες(6m). Επίσης εξαιτίας της απόστασης έχουμε μεγάλες καθυστερήσεις στην διάδοση του ραδιοκύματος. Τέλος η διάρκεια ζωής των δορυφόρων είναι περιορισμένη.[3]

Στην εικόνα (2-18) που ακολουθεί βλέπουμε χαρακτηριστικά των τριών βασικών τροχιών GEO, MEO και LEO.



Εικόνα 2-18 Τροχιές GEO-MEO-LEO

2.8.3 Παραδείγματα Τροχιών

Παρακάτω θα αναλύσουμε δυο είδη τροχιών. Τις τροχιές MOLNYA και τις TUNDRA.

2.8.3.1 Τροχιές MOLNYA

Το όνομα των τροχιών MOLNYA οφείλεται στο σύστημα επικοινωνιών που εγκατέστησε η Σοβιετική Ένωση. Η περίοδος της τροχιάς είναι περίπου 12 h. Η κλίση είναι $63,4^\circ$ και $0,6 \leq e \leq 0,75$. Όπου e η εκκεντρότητα. (Εικόνα 2-19)[10]

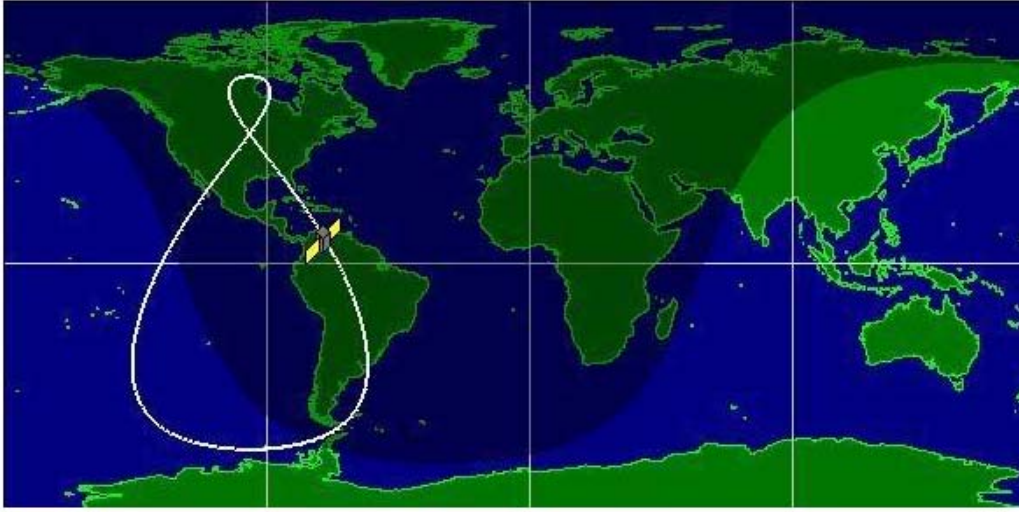


Εικόνα 2-19 Παράδειγμα τροχιάς τύπου MOLNYA

Επειδή στο απόγειο της τροχιάς του δορυφόρου η ορατότητα ανέρχεται σε πάνω από 8h, είναι δυνατόν με την ύπαρξη 3 δορυφόρων να υπάρχει συνεχής ορατότητα. Η προϋπόθεση είναι αυτές οι περιοχές να βρίσκονται κάτω από το απόγειο των δορυφόρων.

2.8.3.2 Τροχιές TUNDRA

Η περίοδος ενός δορυφόρου που είναι σε τροχιά τύπου TUNDRA, μπορεί να ανέρχεται σε έως και 24h. Η κλίση μίας τέτοιας τροχιάς είναι $63,4^\circ$ και $0,25 \leq e \leq 0,4$. Όπου e η εκκεντρότητα. Παράδειγμα τροχιάς TUNDRA βλέπουμε στην εικόνα που ακολουθεί(Εικόνα 2-20).[10]



Εικόνα 2-20 Παράδειγμα τροχιάς τύπου TUNDRA

Η διάρκεια ορατότητας μπορεί και να είναι μεγαλύτερη από 12 h. Δυο δορυφόροι οι οποίοι ακολουθούν τροχιές TUNDRA είναι αρκετοί για συνεχή κάλυψη των πλοίων που σταθμών που βρίσκονται σε περιοχές κάτω από το απόγειο της δορυφορικής τροχιάς.

2.8.4 Παρεκλίσεις Επί Της Τροχιάς

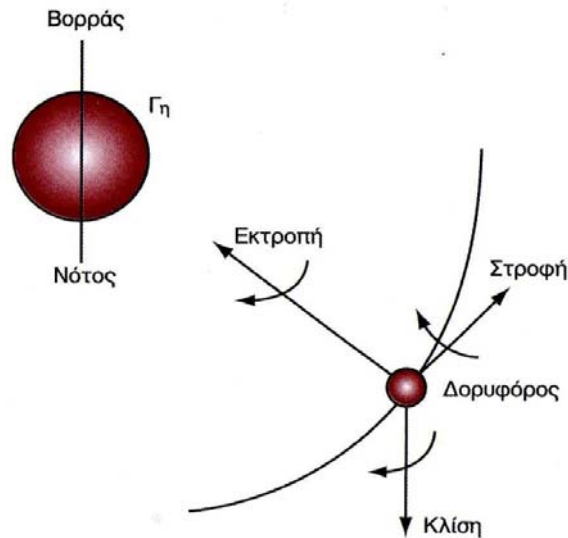
Με βάση τον Κέπλερ η μόνη δύναμη που ασκείται σε ένα δορυφόρο είναι η έλξη από την Γη. Όμως υπάρχουν και άλλες δυνάμεις οι οποίες προκαλούν παρέκκλιση του δορυφόρου επί της τροχιάς. Οι παράμετροι που συντελούν στην διατάραξη μιας τροχιάς δεν είναι σταθεροί.

Η διατάραξη της τροχιάς οφείλεται σε κάποιες τροχιακές δυνάμεις που επιδρούν στον δορυφόρο. Οι δυνάμεις αυτές είναι:

- Η έλξη του ήλιου και της σελήνης
- Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας
- Η ώθηση των κινητήρων
- Η συνεισφορά δυνάμεων λόγω της μη σφαιρικότητας της Γης.

Οι άξονες ως προς τους οποίους μπορεί να μεταβληθεί η τροχιά των δορυφόρων είναι τρεις, όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2-21):

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 2-21 Άξονες αναφοράς δορυφόρου

- Ο άξονας εκτροπής με κατεύθυνση από τον δορυφόρο προς την Γη.
- Ο άξονας στροφής με εφαπτόμενη διεύθυνση στην τροχιά.
- Ο άξονας κλίσης που είναι κάθετος στο επίπεδο της τροχιάς.[11]

2.8.5 Έλεγχος Της Τροχιάς – Θέσης Του Δορυφόρου

Ο δορυφόρος ενώ βρίσκεται σε τροχιά γύρω από την Γη, μπορεί λόγω δυνάμεων που του ασκούνται, να μετακινηθεί από την αρχική τροχιά του. Η μετακίνηση του μπορεί να είναι στους άξονες που αναφέραμε παραπάνω. Για την σωστή λειτουργία της ζεύξης απαιτείται ακρίβεια της τάξης των $0,1^\circ$ και ως προς τους τρεις άξονες.

Για τον έλεγχο της θέσης του δορυφόρου επεμβαίνουμε με δυο λειτουργίες. Αρχικώς γίνεται περιστροφή του σώματος του δορυφόρου ως προς τον άξονα κλίσης. Το ζητούμενο είναι ο δορυφόρος να εκτελεί μία περιστροφή ανά ημέρα. Έπειτα επιχειρούμε την σταθεροποίηση του δορυφόρου. Η σταθεροποίηση είναι η προσπάθεια αναιρέσεως όλων των δυνάμεων που στόχο έχουν την μεταβολή της κινητικής ενέργειας του δορυφόρου.

Ο έλεγχος της θέσης του δορυφόρου μπορεί να είναι είτε ενεργητικός είτε παθητικός. Παθητικός είναι όταν ο δορυφόρος βρίσκεται σε κατάσταση ευσταθούς ισορροπίας, δηλαδή διατηρεί την θέση του βάσει των δυνάμεων

που του ασκούνται από το περιβάλλον του. Ενεργητικός είναι όταν πρέπει να γίνει ανίχνευση της θέσης και της στάσης του δορυφόρου και έπειτα διόρθωση.

Για την διόρθωση της θέσης του δορυφόρου και της τροχιάς του, χρησιμοποιούμε, συσκευές που επιτυγχάνουν μεταβολή της στροφορμής του δορυφόρου. Τέτοιες συσκευές είναι οι προωθητές που εκτοξεύουν αέρια και έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή δυνάμεων για διόρθωση της θέσης και τα μαγνητικά πηνία τα οποία δημιουργούν μαγνητικό πεδίο όταν διαρρέονται από ρεύμα και αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο της Γης.

2.9 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο, αναλύσαμε αρκετά βασικά χαρακτηριστικά που αφορούν την δορυφορική ζεύξη, τον τρόπο λειτουργίας της και τα μεγέθη που την καθορίζουν.

Στα επόμενα δυο κεφάλαια θα παραθέσουμε πληροφορίες σχετικά με τα δυο κύρια τμήματα των δορυφορικών επικοινωνιών, τον επίγειο σταθμό και την δορυφορική πλατφόρμα. Για τον επίγειο σταθμό θα αναφερθούμε στα υποσυστήματα από τα οποία αποτελείται και τον τρόπο λειτουργίας τους.

3 Επίγειοι σταθμοί

3.1 Εισαγωγή

Οι επίγειοι σταθμοί είναι το ένα από τα δυο απαραίτητα τμήματα για την πραγματοποίηση δορυφορικών επικοινωνιών. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας σταθμός. Θα μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά της κεραίας, τα υποσυστήματα εκπομπής και λήψης και τέλος θα δούμε από ποιους παράγοντες επηρεάζεται η απόδοση των επίγειων σταθμών. Παρακάτω βλέπουμε μια εικόνα (3-1) ενός επίγειου σταθμού.



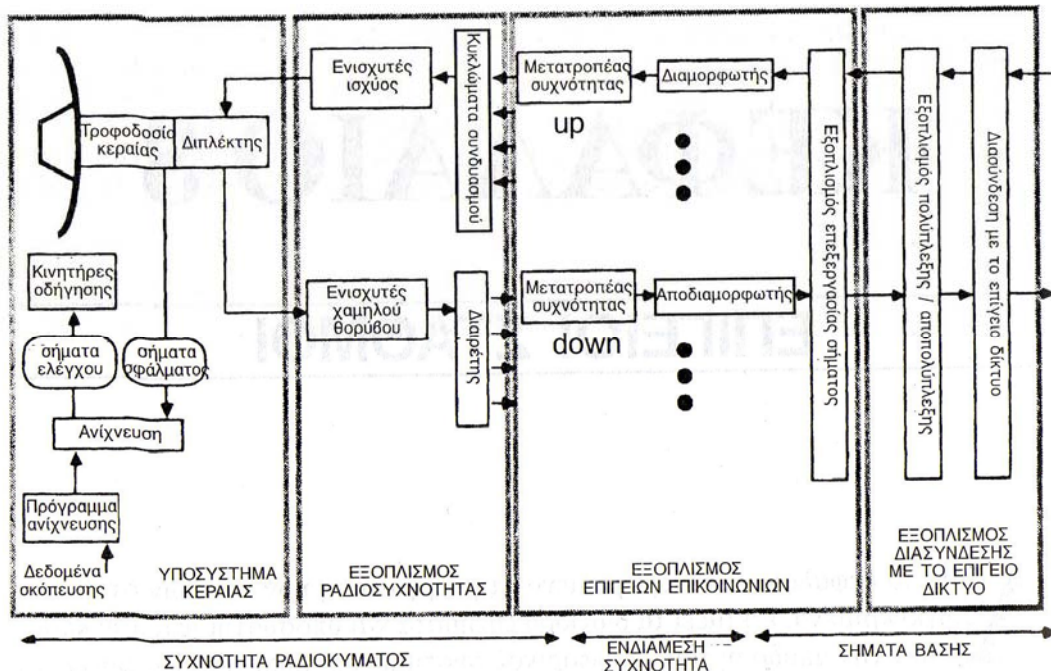
Εικόνα 3-1 Επίγειος σταθμός

Ένας επίγειος σταθμός αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Κεραία
- Σύστημα ανίχνευσης και σκόπευσης δορυφόρου
- Υποσύστημα λήψης
- Υποσύστημα εκπομπής
- Εγκατάσταση για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας
- Εξοπλισμό για διασύνδεση σε τοπικά επίγεια δίκτυα

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 3-2) φαίνονται τα τμήματα ενός επίγειου σταθμού, όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 3-2 Οργάνωση επίγειου σταθμού

Το μέγεθος ενός επίγειου σταθμού ποικίλει, αφού εξαρτάται άμεσα από την Ισοτροπικά Ενεργό Εκπεμπόμενη Ισχύ (EIRP) του σταθμού και από τις υπηρεσίες που προσφέρει. Οι μικρότεροι σταθμοί με διάμετρο κεραίας λιγότερο από 1m είναι συνήθως μόνο για λήψη ενώ οι μεγαλύτεροι σταθμοί σε μέγεθος μπορεί να φτάσουν να έχουν διάμετρο κεραίας μέχρι και 32m.

Η EIRP είναι το γινόμενο της διαθέσιμης ισχύος του φέροντος κύματος στην είσοδο της κεραίας, επί την απολαβή εκπομπής της κεραίας στην διεύθυνση του δορυφόρου. ($P_T G_T$)

Όπου P_T είναι:

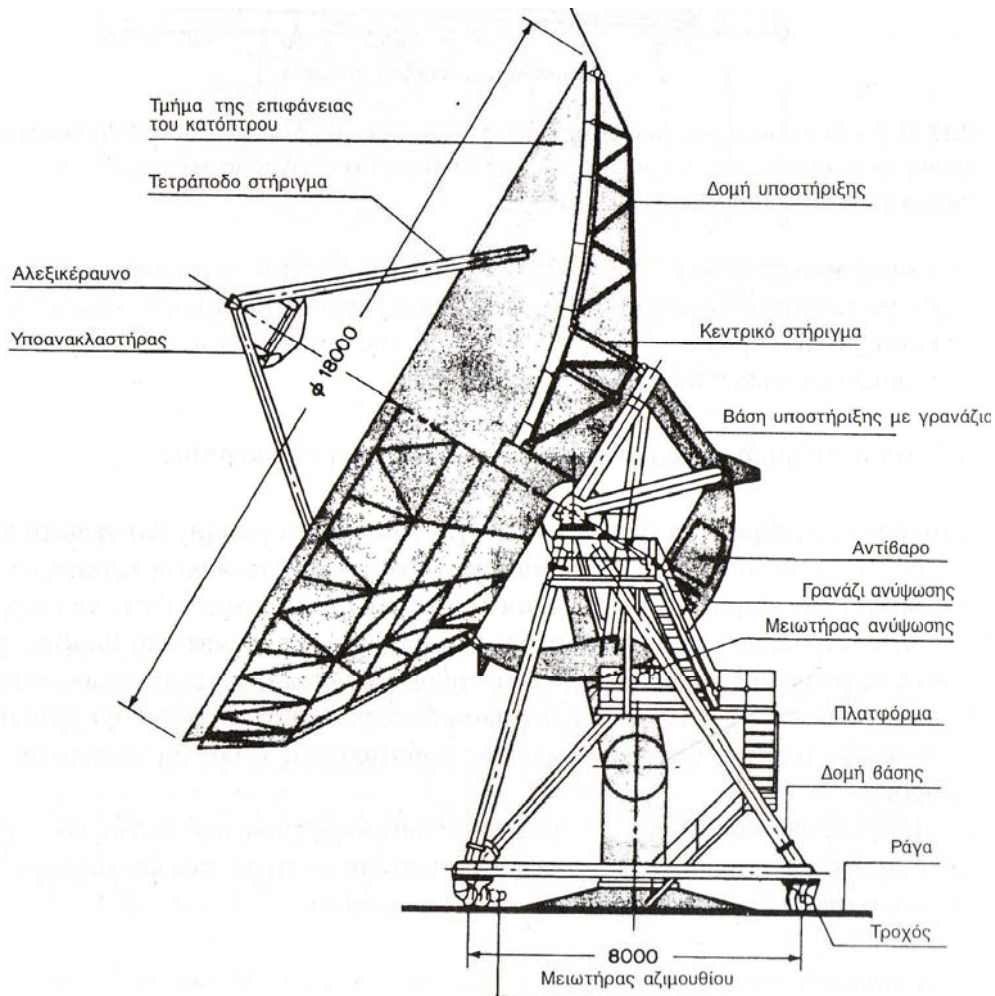
$$P_T = (P_{HRA})(1/L_{FTX})(1/L_{MC}) \quad (3.1)$$

P_{HRA} είναι η ισχύς του ενισχυτή

L_{FTX} είναι οι απώλειες λόγω της διασύνδεσης του ενισχυτή με την κεραία

L_{MC} είναι η ελάττωση ισχύος.[11]

3.2 Κεραίες



Εικόνα 3-3 Οργάνωση κεραίας επίγειου σταθμού[11]

Ένα από τα κυριότερα στοιχεία για μια επιτυχημένη δορυφορική ζεύξη είναι η κεραία του επίγειου σταθμού γιατί το κατευθυντικό κέρδος της καθορίζει την λαμβανόμενη ισχύ. Το κατευθυντικό κέρδος ορίζεται ως $G(\theta, \varphi)$. Συνήθως απαιτείται σχεδίαση τόσο ως προς την γωνία ανύψωσης θ , όσο και ως προς την αζιμουθιακή γωνία φ .

Μια κεραία θα πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προϋποθέσεις ώστε να είναι αποδοτική, για παράδειγμα θα πρέπει να έχει μεγάλη κατευθυντικότητα κατά τον άξονα της κεραίας και μικρή κατευθυντικότητα σε άλλες διευθύνσεις, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν γειτονικοί δορυφόροι, ώστε να διατηρούνται οι παρεμβολές σε χαμηλό επίπεδο. Επίσης πρέπει να έχει μέγιστη απόδοση και για τις δυο κατευθύνσεις της ζεύξης (uplink - downlink), μεγάλη απομόνωση μεταξύ των ορθογωνικών πολώσεων και ακριβή σκόπτευση του δορυφόρου. Όλα αυτά θα πρέπει να γίνονται με την μικρότερη δυνατή θερμοκρασία κεραίας για την ελάττωση των παρεμβολών.

Ως προς την ακτινοβολία της κεραίας διακρίνουμε δυο περιπτώσεις κεραιών:

- Κεραία ακτινοβολουσας επιφάνειας(κύριος λοβός)

Για τον καθορισμό του κύριου λοβού μιας κεραίας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις παραμέτρους- απολαβή, γωνιακό εύρος δέσμης και την απομόνωση μεταξύ των πολώσεων. Η απολαβή προκύπτει από την EIRP του συστήματος και τον δείκτη ποιότητας (G/T), το εύρος δέσμης καθορίζει τον τύπο σκόπευσης που θα χρησιμοποιηθεί και η απομόνωση των πολώσεων καθορίζει εάν το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και με επανάχρηση συχνότητας.

- Ακτινοβολία σε πλευρικούς λοβούς

Παρόλο που η περισσότερη ισχύς εκπέμπεται από τον κύριο λοβό, οι πλευρικοί λοβοί διασκορπίζουν μια ποσότητα ισχύος και καθορίζουν το επίπεδο παρεμβολών σε άλλες ζεύξεις.

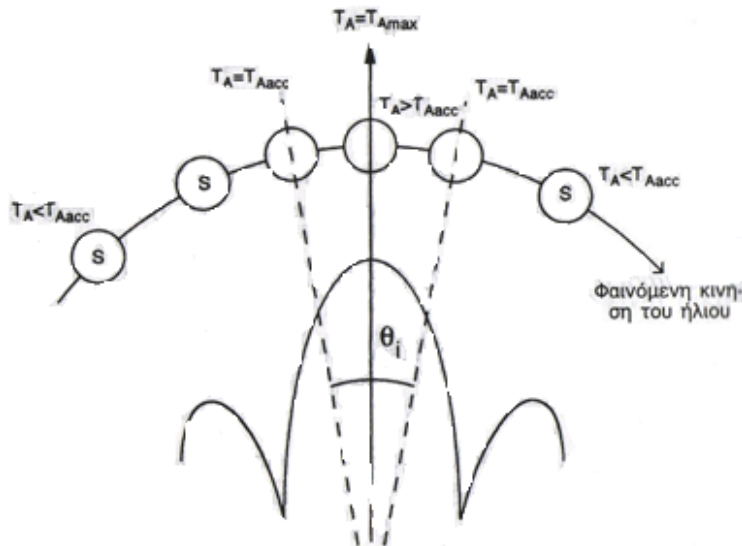
Σε ότι αφορά την θερμοκρασία θορύβου που αναπτύσσει μία κεραία, ο θόρυβος προέρχεται από τον ουρανό και την ακτινοβολία του εδάφους. Η θερμοκρασία θορύβου εξαρτάται από την συχνότητα, την γωνία ανύψωσης και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Ένα άλλο φαινόμενο που συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας θορύβου είναι η συζυγία του ήλιου και του δορυφόρου. Η κατάσταση στην οποία ο επίγειος σταθμός, ο ήλιος και ο δορυφόρος βρίσκονται στην ίδια ευθεία.

Οι καταστάσεις της θερμοκρασίας θορύβου της κεραίας σε σχέση με τον ήλιο είναι:

- Όταν ο ήλιος βρίσκεται μακριά από τον άξονα της κεραίας, η θερμοκρασία θορύβου είναι χαμηλή.
- Όταν ο ήλιος εισέρχεται στην δέσμη της κεραίας, η θερμοκρασία θορύβου αυξάνεται.
- Όταν ο ήλιος ευθυγραμμίζεται με τον άξονα της κεραίας, πέφτει η ποιότητα της ζεύξης εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης της θερμοκρασίας θορύβου.
- Έχουμε αποκατάσταση της ποιότητας της ζεύξης όταν ο ήλιος βγει από την περιοχή παρεμβολών.

Η επιρροή του ήλιου στην θερμοκρασία θορύβου της κεραίας φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα(Εικόνα 3-4).[11]



Εικόνα 3-4 Μεταβολή θερμοκρασίας θορύβου κεραίας αναλογικά με την φαινόμενη κίνηση του ήλιου

3.2.1 Τύποι Κεραίων

Έχουμε τρεις τύπους κεραίων. Το παραβολικό κάτοπτρο, την ελικοειδή κεραία και τις στοιχειοκεραίες.

- **Παραβολικό κάτοπτρο**

Είναι η κεραία που χρησιμοποιείται συχνότερα, παρουσιάζει συμμετρικό διάγραμμα ακτινοβολίας με υψηλή κατευθυντικότητα.

- **Ελικοειδής κεραία και χοανοκεραία**

Είναι κεραία μικρότερων διαστάσεων από το παραβολικό κάτοπτρο και εμφανίζει υψηλή κατευθυντικότητα όμως εμφανίζει και υψηλότερους πλευρικούς λοβούς. Επιτρέπει την επίτευξη υψηλού δείκτη ποιότητας, αλλά είναι ακριβή και άβολη λόγω του όγκου τους και έτσι δεν χρησιμοποιείται πια.

- **Στοιχειοκεραίες**

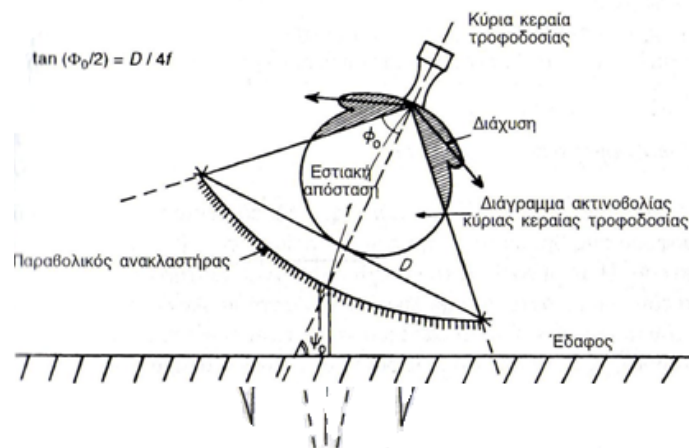
Οι κεραίες αυτές μας δίνουν την δυνατότητα επιλογής της φάσης του ρεύματος τροφοδότησης ώστε να έχουμε ηλεκτρονικό έλεγχο του διαγράμματος ακτινοβολίας. Είναι πολύ χρήσιμες σε κινητούς επίγειους σταθμούς αλλά επειδή το κόστος τους είναι υψηλό, δεν χρησιμοποιούνται πολύ.

Παρακάτω θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο παραβολικό κάτοπτρο καθώς είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο είδος κατόπτρου.[11]

3.2.1.1 Παραβολικό Κάτοπτρο

Οι τύποι των παραβολικών κατόπτρων είναι τρεις:

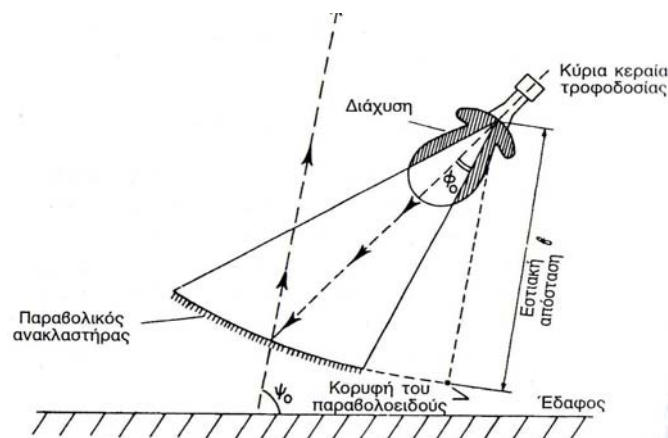
- Με συμμετρική ή αξονοσυμμετρική τοποθέτηση της κεραίας τροφοδοσίας, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3-5).



Εικόνα 3-5 Παραβολικός ανακλαστήρας με αξονοσυμμετρική τοποθέτηση

Η κεραία με συμμετρικό παραβολικό ανακλαστήρα έχει συμμετρία περιστροφής με τον κύριο άξονα, έχει μειωμένη απόδοση και αυξημένη ακτινοβολία λόγω πλευρικών λοβών. Η μειωμένη απόδοση οφείλεται στο ότι η κεραία τροφοδοσίας και τα υποστηρίγματα της καλύπτουν την ακτινοβολούμενη επιφάνεια. Επίσης έχει αυξημένη θερμοκρασία θορύβου γιατί η κεραία τροφοδοσίας έχει κατεύθυνση προς την γη, με αποτέλεσμα να συλλαμβάνει ακτινοβολία από το έδαφος.[11]

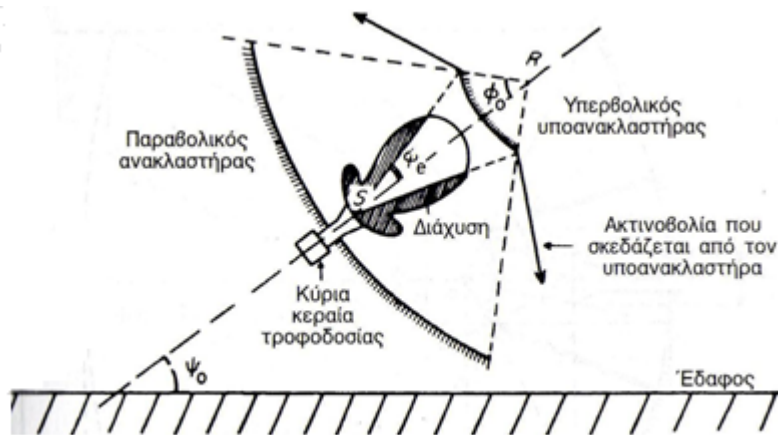
- Με μετατόπιση τοποθέτησης



Εικόνα 3-6 Παραβολικός ανακλαστήρας με μετατόπιση θέσης

Χρησιμοποιείται κυρίως σε κεραίες οι οποίες έχουν μικρή διάμετρο και η θερμοκρασία θορύβου που αναπτύσσονται είναι αρκετά υψηλή, καθώς η διαχεόμενη ακτινοβολία είναι προσανατολισμένη προς το έδαφος. (Εικόνα 3-6)[11]

- Τύπου Cassegrain



Εικόνα 3-7 Κεραία Cassegrain με διπλό ανακλαστήρα

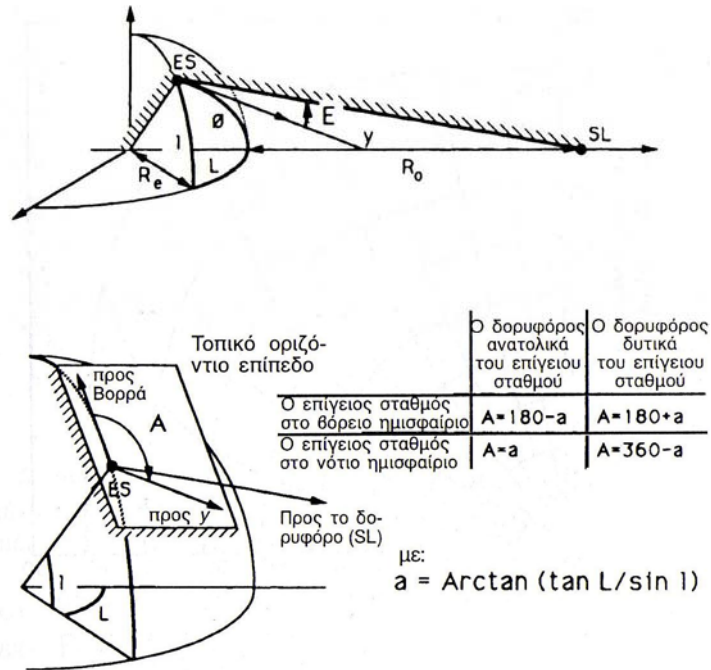
Η κεραία τύπου Cassegrain έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων δυο τύπων τοποθέτησης κεραιών. Η θερμοκρασία θορύβου παραμένει σε χαμηλό επίπεδο γιατί η διαχεόμενη ακτινοβολία κατευθύνεται προς τον ουρανό και όχι προς το έδαφος. (Εικόνα 3-7).

Το μειονέκτημα της κεραίας Cassegrain είναι ότι ο βοηθητικός ανακλαστήρας προκαλεί φραγμούς στην ακτινοβολία.[11]

3.2.2 Οι Γωνίες Μιας Κεραίας

Αρχικώς έχουμε τις γωνίες αζιμούθιου και ανύψωσης οι οποίες καθορίζουν την διεύθυνση ενός δορυφόρου από ένα σημείο της Γης και καθορίζονται από το γεωγραφικό πλάτος I και το γεωγραφικό μήκος L του επίγειου σταθμού.

Η γωνία αζιμούθιου είναι η γωνία μέσω της οποίας πρέπει να στραφεί η κεραία, ώστε να έλθει ο άξονας της κεραίας στο κατακόρυφο επίπεδο το οποίο περιέχει την διεύθυνση του δορυφόρου. Η γωνία ανύψωσης E είναι η γωνία στην οποία πρέπει να στραφεί η κεραία στο κατακόρυφο επίπεδο για να έλθει ο άξονας σκόπευσης της κεραίας στην διεύθυνση του δορυφόρου. Οι γωνίες αυτές φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. (Εικόνα 3-8)[11]



Εικόνα 3-8 Γωνίες αζιμούθιου και ανύψωσης

3.2.3 Στήριξη Κεραίας

Είναι επιθυμητό σε έναν επίγειο σταθμό, να μπορεί να σκοπεύει η κεραία προς οποιαδήποτε διεύθυνση για να μπορούμε να εγκαθιδρύουμε ζεύξεις με γεωστατικούς και μη δορυφόρους. Ο διαχωρισμός γίνεται γιατί οι γεωστατικοί δορυφόροι απαιτούν μικρή γωνία σκόπευσης, εν αντιθέσει με μη γεωστατικούς δορυφόρους (LEO, MEO). Η κεραία περιστρέφεται σε δυο άξονες, έναν ο οποίος είναι σταθερός σε σχέση με την Γη έναν ο οποίος περιστρέφεται σε σχέση με τον πρώτο άξονα.[11]

3.3 Σκόπευση Δορυφόρου

Ο μηχανισμός σκόπευσης είναι υπεύθυνος για την σκόπευση του δορυφόρου από την κεραία του σταθμού. Η επιλογή της μεθόδου σκόπευσης εξαρτάται από το εύρος ζώνης της κεραίας και από την φαινόμενη κίνηση του δορυφόρου.

Οι τύποι σκόπευσης είναι:

- Η φαινομενική κίνηση του δορυφόρου

Με βάση την φαινομενική κίνηση του δορυφόρου, ο σταθμός ελέγχου γνωρίζει τη θέση του δορυφόρου σε συνάρτηση με τον χρόνο. Υπάρχει όμως κάποια αβεβαιότητα στην σκόπευση.

- Σταθερή κεραία χωρίς δυνατότητες παρακολούθησης του δορυφόρου

Στην περίπτωση ενός γεωστατικού δορυφόρου ή δορυφόρου σε κεκλιμένη ελλειπτική τροχιά, όπου το εύρος δέσμης της κεραίας είναι μεγάλο σε σύγκριση με το πλαίσιο θέσης του δορυφόρου τότε δεν είναι απαραίτητο να έχει συστήματα για παρακολούθηση ο επίγειος σταθμός.

- Προγραμματισμένη σκόπευση

Με αυτήν την μέθοδο σκόπευσης, παρέχουμε στο σύστημα τον προσανατολισμό της κεραίας, δίνοντας την γωνία αζιμούθιου και την γωνία ανύψωσης για κάθε χρονική στιγμή. Σε μία μνήμη αποθηκεύουμε για κάθε χρονική στιγμή τις δυο γωνίες.

Η μέθοδος της προγραμματισμένης σκόπευσης χρησιμοποιείται κυρίως σε σταθμούς, των οποίων η ζεύξη έχει μεγάλο εύρος δέσμης και συνεπώς δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια.

- Σκόπευση με υπολογισμό

Είναι παρόμοια με την προγραμματισμένη σκόπευση. Στο μηχανισμό σκόπευσης υπάρχει ένας υπολογιστής ο οποίος υπολογίζει τις παραμέτρους σκόπευσης της κεραίας για κάθε χρονική στιγμή. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μία μνήμη και ανανεώνονται περιοδικά.

- Αυτόματη σκόπευση

Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον κατάλληλη για κινητούς επίγειους σταθμούς. Αφορά κεραίες με μικρό εύρος δέσμης σχετικά με την κίνηση του δορυφόρου και πετυχαίνουμε ακριβή σκόπευση με συνεχή ευθυγράμμιση της διεύθυνσης της κεραίας με εκείνη ενός ραδιοφάρου που είναι τοποθετημένος στον δορυφόρο.

3.4 Υποσύστημα Ραδιοσυχνότητας

Ο επίγειος σταθμός περιλαμβάνει ένα υποσύστημα ραδιοσυχνότητας το οποίο περιέχει τον εξοπλισμό λήψης και τον εξοπλισμό εκπομπής. Στην λήψη περιλαμβάνεται εξοπλισμός ενίσχυσης με χαμηλό θόρυβο και εξοπλισμός για την μεταφορά των ληφθέντων σημάτων στα κανάλια αποδιαμόρφωσης. Για την εκπομπή υπάρχει εξοπλισμός για την σύζευξη των εκπεμπόμενων φερόντων σημάτων και εξοπλισμός για ενίσχυση της εκπομπής.

3.4.1 Εξοπλισμός Λήψης

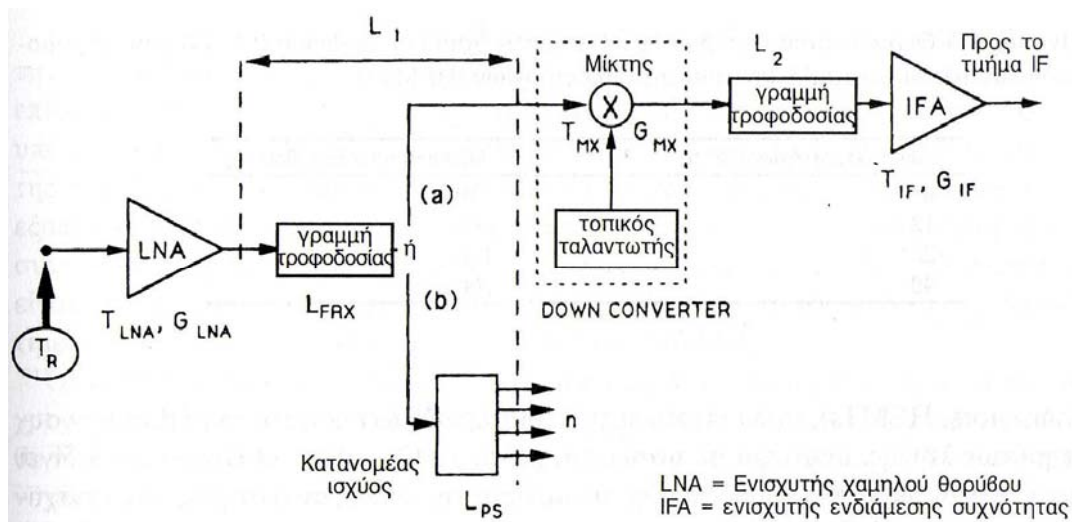
Για να είναι αποδοτικός ένας σταθμός πρέπει το επίπεδο θορύβου που παράγει να είναι χαμηλό. Η θερμοκρασία θορύβου του συστήματος, T , είναι μία παράμετρος που καθορίζει τον δείκτη ποιότητας του σταθμού, (G/T) . Η θερμοκρασία θορύβου είναι:

$$T = (T_A/L_{FRX}) + T_F(1-1/L_{FRX}) + T_{eRX} \quad (3.2)$$

Όπου, T_A είναι η θερμοκρασία της κεραίας,
 T_F είναι η φυσική θερμοκρασία της σύνδεσης,
 L_{FRX} είναι η απώλεια της γραμμή μεταφοράς από την κεραίας στον δέκτη,
 T_{eRX} είναι η ενεργός θερμοκρασία θορύβου.

Για να αυξήσουμε την αποδοτικότητα του εξοπλισμού λήψης πρέπει να μειώσουμε τον θόρυβο που προκαλείται και πρέπει να μειώσουμε και τις απώλειες μεταξύ της κεραίας με τον δέκτη.

Ο εξοπλισμός λήψης παριστάνεται στην παρακάτω εικόνα.(Εικόνα 3-9)



Εικόνα 3-9 Υποσύστημα ραδιοσυχνότητας

Αναλυτικά τα στάδια του εξοπλισμού λήψης είναι τα εξής:

- Ενισχυτής χαμηλού θορύβου (LNA)

Σε αυτό το στάδιο γίνεται ενίσχυση του χαμηλού θορύβου.

- Μετατροπή σε χαμηλότερη συχνότητα

Μετά την ενίσχυση χαμηλού θορύβου ακολουθεί η μετατροπή της συχνότητας όπου τα σήματα που έχουν ληφθεί, μετατρέπονται σε σήματα χαμηλότερης συχνότητας, έτσι ώστε οι διαδικασίες φιλτραρίσματος και επεξεργασίας του σήματος να γίνονται απλούστερες. Η μετατροπή μπορεί να γίνεται ή **ανά φέρων κύμα** ή να είναι **πλήρους ζώνης**. Παρακάτω θα αναφερθούμε στους δυο τρόπους μετατροπής.

❖ Μετατροπή πλήρους ζώνης

Είναι η συνηθέστερη μορφή για μετατροπή της συχνότητας σε μικρές κεραίες και αφορά κυρίως την λήψη τηλεοπτικού σήματος ή τη μετάδοση δεδομένων. Ο μετατροπέας της συχνότητας είναι συνήθως ενσωματωμένος στον ενισχυτή χαμηλού θορύβου και ονομάζεται τμήμα χαμηλού θορύβου (LNB).

❖ Μετατροπή ανά φέρων κύμα

Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να επιλεγεί το κατάλληλο κύμα για μετατροπή συχνότητας. Στην περίπτωση που χρειάζεται μετατροπή σε ορισμένα φέροντα κύματα ταυτόχρονα, πρέπει να κατανεμηθεί η ισχύς στον ενισχυτή χαμηλού θορύβου το οποίο γίνεται με κατανεμητή ισχύος.[11]

3.4.2 Εξοπλισμός Εκπομπής

Ένα χαρακτηριστικό του επίγειου σταθμού για την εκπομπή είναι η Ενεργός Ισοτροπικά Εκπεμπόμενη Ισχύς (EIRP). Η τιμή της EIRP καθορίζεται από την εκπεμπόμενη ισχύ, P_T , ανά φέρων κύμα. Η τιμή της P_T δίνεται από την σχέση:

$$P_T = P_{HFA} (1/L_{FTX})(1/L_{MC}) \quad (3.3)$$

Όπου, P_{HFA} είναι η ισχύς του ενισχυτή
 L_{FTX} οι απώλειες λόγω διάδοσης και
 L_{MC} οι απώλειες ισχύος.

Ο εξοπλισμός εκπομπής περιλαμβάνει εξοπλισμό που επιτελεί διάφορες λειτουργίες, που περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.[11]

3.4.2.1 Ενισχυτές Ισχύος

Ένας ενισχυτής ισχύος αποτελείται από τον ενισχυτή, τον εξοπλισμό προστασίας, τον εξοπλισμό ελέγχου και το σύστημα ψύξης.

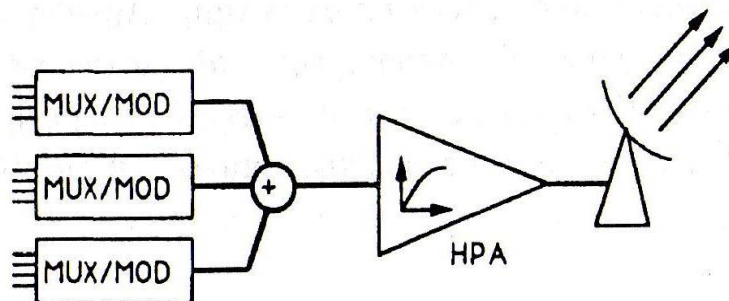
Υπάρχουν δυο τύποι ενισχυτών, με λυχνία κενού και με transistor. Οι ενισχυτές με λυχνία κενού χρησιμοποιούνται πολύ στους επίγειους σταθμούς λόγω της υψηλής ισχύος που παράγουν.[11]

3.4.2.2 Γραμμικοποιητές

Οι ενισχυτές είναι μη γραμμικοί, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε γραμμικοποιητές οι οποίοι έχουν σκοπό τον περιορισμό της επίδρασης της μη γραμμικότητας των ενισχυτών. Για να αντισταθμίσουν τα χαρακτηριστικά των ενισχυτών παράγουν παραμόρφωση πλάτους και φάσης του σήματος.[11]

3.4.2.3 Προσύζευξη – Σύζευξη Μετά Την Ενίσχυση – Μικτή Σύζευξη

- Προσύζευξη

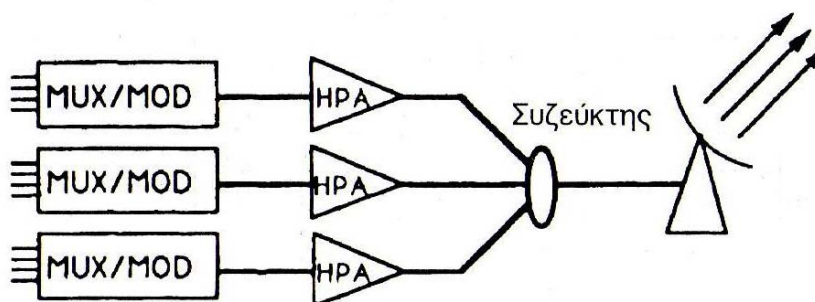


MUX/MOD = πολυπλέκτης/διαμορφωτής
 HPA = Ενισχυτής υψηλής ισχύος

Εικόνα 3-10 Σύζευξη φερόντων πριν από την ενίσχυση ισχύος

Στην προσύζευξη γίνεται πρώτα η πολύπλεξη πολλών φερόντων κυμάτων και έπειτα προωθούνται στη ζεύξη.(Εικόνα 3-10)Η προσύζευξη έχει σαν πλεονέκτημα την απλότητα της διαδικασίας και την μείωση του κόστους από την στιγμή που μειώνεται ο αριθμός των ενισχυτών. Μειονέκτημα της προσύζευξης είναι ο θόρυβος που προκαλείται λόγω ενδοδιαμόρφωσης και επηρεάζει συνολικά την ραδιοζεύξη.[11]

- Σύζευξη μετά την ενίσχυση



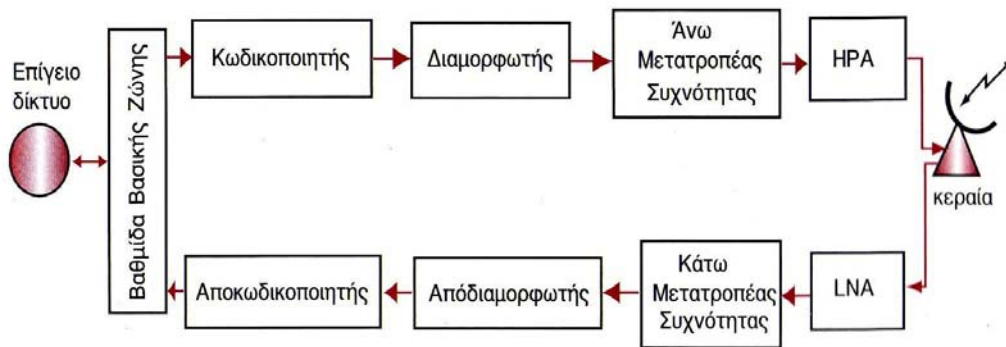
Εικόνα 3-11 Σύζευξη φερόντων μετά από την ενίσχυση ισχύος

Σε αυτήν την περίπτωση η σύζευξη των φερόντων πραγματοποιείται μετά την ξεχωριστή ενίσχυση του κάθε φέροντος κύματος. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να υπάρχουν τόσος ενισχυτές όσα είναι και τα φέροντα.(Εικόνα 3-11)

- Μικτή σύζευξη

Στην μικτή σύζευξη χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός των δυο προαναφερθέντων τεχνικών.

3.5 Υποσυστήματα Επικοινωνιών



Εικόνα 3-12 Υποσύστημα επικοινωνιών

Το υποσύστημα επικοινωνιών(Εικόνα 3-12), χωρίζεται σε υποσύστημα εκπομπής και υποσύστημα λήψης. Στο υποσύστημα της εκπομπής έχουμε τον εξοπλισμό που μετατρέπει τα απλά σήματα σε φέροντα κύματα ραδιοσυχνότητας. Οι λειτουργίες που εκτελούνται για την εκπομπή είναι η διαμόρφωση ενός φέροντος, το φιλτράρισμα και η εξίσωση της καθυστέρησης μετάδοσης και η μετατροπή των διαμορφωμένων φερόντων στην συχνότητα εκπομπής.

Στο υποσύστημα της λήψης τα φέροντα κύματα πρέπει να μετατρέπονται σε σήματα βάσης. Οι διαδικασίες κατά την λήψη είναι, η μετατροπή της συχνότητας του φέροντος σε ενδιάμεση συχνότητα, το φιλτράρισμα, η εξίσωση της καθυστέρησης της μετάδοσης του σήματος και η αποδιαμόρφωση του φέροντος κύματος.[11]

3.6 Υποσυστήματα Σύνδεσης Με Το Δίκτυο

Το υποσύστημα που είναι υπεύθυνο για την σύνδεση του επίγειου σταθμού με το επίγειο δίκτυο, είναι αυτό που μετατρέπει τα σήματα βάσης σε σήματα του κοινού δικτύου. Οι λειτουργίες που εκτελεί είναι με την σειρά που αναφέρονται παρακάτω:

- ❖ Πολύπλεξη και αποπολύπλεξη των τηλεφωνικών καναλιών

Ανακατανέμονται τα τηλεφωνικά κανάλια για τον λόγο ότι τα πρότυπα πολύπλεξης του επίγειου δικτύου διαφέρουν από τα πρότυπα πολύπλεξης για μια δορυφορική ζεύξη.

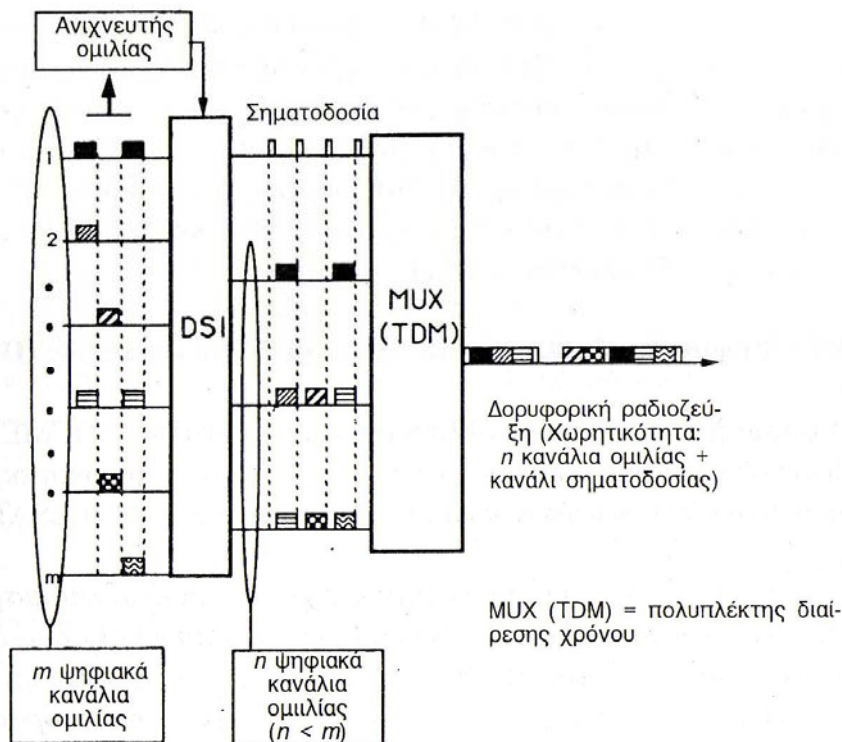
❖ Καταστολή ηχούς και συμπίεσης

Η ηχώ είναι η επανεκπομπή του σήματος της φωνής του πρώτου χρήστη στο κανάλι επιστροφής. Για την εξάλειψη του φαινομένου εγκαθιδρύουμε μια συσκευή ελέγχου της ηχούς.

Ο πρώτος και απλούστερος τρόπος καταστολής είναι να διακόπτεται το κανάλι επιστροφής, έτσι εάν ο πρώτος χρήστης μιλάει, ο δεύτερος δεν ακούγεται έως ότου σταματήσει την ομιλία του ο πρώτος. Αυτή η τεχνική ονομάζεται συμπίεση ηχούς. Ο δεύτερος τρόπος είναι η αναίρεση της ηχούς. Παράγεται ένα αντίγραφο της ηχούς και εισάγεται με αντίθετη φάση με αποτέλεσμα την αναίρεση της ηχούς.

❖ Ψηφιακή παρεμβολή ομιλίας (DSI)

Είναι μία μέθοδος για πιο αποδοτική ζεύξη. Όταν σε ένα τηλεφωνικό κανάλι εντοπιστούν διαστήματα παύσης, εισάγεται στα διαστήματα παύσης ομιλία από ένα άλλο κανάλι. Όπως βλέπουμε και στην παραπάνω εικόνα(Εικόνα 3-13) τα τηλεφωνικά κανάλια συνενώνονται σε περίπτωση παύσης ομιλίας και καταλαμβάνουν λιγότερα κανάλια της δορυφορικής ζεύξης.[11]



Εικόνα 3-13 Ψηφιακή παρεμβολή ομιλίας

3.7 Κέντρο Ελέγχου – Ηλεκτρική Ενέργεια Σταθμού

3.7.1 Έλεγχος Και Εποπτεία

Ένα ξεχωριστό υποσύστημα είναι υπεύθυνο για την εποπτεία και τον συνολικό έλεγχο του σταθμού. Ο εξοπλισμός παρέχει στους χρήστες όλες τις πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία του σταθμού και σε περίπτωση εσφαλμένης λειτουργίας το κέντρο ελέγχου εκπέμπει κάποιο σήμα συναγερμού.

Ο έλεγχος και η εποπτεία παρέχονται με δυο τρόπους, είτε τοπικά είτε μέσω υπολογιστή. Τοπικά παρέχονται από τον εξοπλισμό, για παράδειγμα μέσω προειδοποιητικών φωτεινών σημάτων, ενώ μέσω υπολογιστή παρέχονται όταν ο υπολογιστής καταγράφει τις παραμέτρους και επιλέγει τις σημαντικότερες για να προβάλει σε μία οθόνη. Σε περίπτωση εσφαλμένης λειτουργίας, προετοιμάζει ειδικές εντολές και τις εκτελεί είτε ο χειριστής, είτε εκτελούνται αυτόματα.[11]

3.7.2 Ηλεκτρική Ισχύς

Ο σταθμός λόγω του εξοπλισμού έχει μεγάλες και σταθερές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια. Τις περισσότερες φορές η παροχή γίνεται από το κεντρικό δίκτυο παροχής ρεύματος, εξαιτίας όμως του ευαίσθητου εξοπλισμού πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την συνεχή ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος. Ανάλογα με τον εξοπλισμό, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες σχετικά με τις ανάγκες ρεύματος.

Εξοπλισμός που απαιτεί **αδιάλειπτη παροχή ενέργειας**. Ο εξοπλισμός απαιτεί να λειτουργεί χωρίς καμία διακοπή στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή πρέπει να έχουμε συνεχή τροφοδότηση.

Εξοπλισμός που απαιτεί **εφεδρική παροχή ενέργειας**. Ο εξοπλισμός ανέχεται διακοπές στην παροχή ενέργειας αρκεί να είναι μόνο μερικών λεπτών.

Εξοπλισμό που δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και ονομάζεται **εξοπλισμός χωρίς εφεδρεία**. Ο εξοπλισμός ανέχεται διακοπές στη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας που φτάνουν τις μερικές ώρες.

Ο εφεδρικός και ο χωρίς εφεδρεία εξοπλισμός τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το τοπικό δίκτυο παροχής ενώ ο εξοπλισμός που απαιτεί αδιάλειπτη ενέργεια τροφοδοτείται συνήθως από μπαταρίες. Οι μπαταρίες φορτίζονται από το τοπικό δίκτυο παροχής ενέργειας και σε περίπτωση διακοπής υπάρχει ηλεκτρική γεννήτρια που εκκινεί αυτόματα. Έτσι συνεχίζεται η φόρτιση των μπαταριών και η λειτουργία του απαραίτητου εξοπλισμού του σταθμού. [11]

3.8 Διεθνή Πρότυπα Για Επίγειους Σταθμούς

3.8.1 Πρότυπα INTELSAT

- Πρότυπα A

Οι σταθμοί INTELSAT Προτύπου A χαρακτηρίζονται από τις πολύ μεγάλες διαστάσεις τους. Η κεραία είχε διάμετρο 32m με αποτέλεσμα το ιδιαίτερο αυξημένο κόστος τους. Περισσότεροι από 250 σταθμοί Προτύπου A λειτουργούν ανά τον κόσμο.

- Πρότυπα B

Ακολούθησε το Πρότυπο B στα μέσα της δεκαετίας του 1970, που σαν σκοπό είχε την ανάπτυξη συστημάτων με μικρό όγκο διακινούμενης πληροφορίας. Η διάμετρος της κεραίας ήταν περίπου 11m.

- Πρότυπο C

Πρόκειται για το τρίτο πρότυπο που παρουσιάστηκε περίπου το 1980 και αφορά τους δορυφόρους INTELSAT V. Η διάμετρος της κεραίας είναι 15m και το κόστος τους είναι μεγάλο αλλά δικαιολογείται καθώς διαχειρίζεται ζεύξεις με μεγάλο όγκο διακινούμενης πληροφορίας.

- Πρότυπο D

Οι βελτιώσεις των χαρακτηριστικών των δορυφόρων ήταν η αιτία για την ύπαρξη καινούριων προτύπων. Ειδικότερα η μεγαλύτερη EIRP, η καλύτερη επανάχρηση συχνοτήτων, η χρήση ψηφιακών τεχνικών και άλλες υπηρεσίες, οδήγησαν στην ανάγκη για ύπαρξη καινούριων προτύπων. Το Πρότυπο D αφορά τηλεφωνικές ραδιοζεύξεις και ζεύξεις μικρής πυκνότητας (VISTA).

- Πρότυπα E και F

Αφορούν υπηρεσίες EBS.

- Πρότυπα Z και G

Αφορούν εφεδρεία αναμεταδοτών για εθνική και διεθνή χρήση.

3.8.2 Πρότυπα EUTELSAT

Το πρότυπο EUTELSAT είναι οι επίγειοι σταθμοί του Ευρωπαϊκού συστήματος τηλεπικοινωνιών. Οι κύριες κατηγορίες που έχουμε σε αυτό το πρότυπο είναι:

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- Επίγειους σταθμούς αντίστοιχους με το Πρότυπο C του INTELSAT οι οποίοι πραγματοποιούν εκπομπές υπεραστικών κλήσεων και τηλεόρασης.
- Επίγειους σταθμούς αντίστοιχους με τα Πρότυπα A,B,C του INTELSAT. Η αντιστοιχία είναι ανάλογη της διαμέτρου της κεραίας που χρησιμοποιείται.
- Επίγειους σταθμούς οι οποίοι είτε είναι σταθεροί είτε είναι κινητοί. Η χρήση ποικίλει, όπως για χρήση σε περίπτωση περιοχών που υπέστησαν καταστροφές με σκοπό την εγκαθίδρυση ενός δικτύου επικοινωνιών. Οι κεραίες των σταθερών σταθμών έχουν διάμετρο 8-12m και των κινητών 4m.

3.8.3 Πρότυπα INMARSAT

Ο INMARSAT είναι ο διεθνής οργανισμός για κινητές υπηρεσίες ναυτικών τηλεπικοινωνιών. Οι σταθμοί χρησιμοποιούν την ζώνη συχνοτήτων L για εκπομπή και λήψη. Τα πρότυπα που έχουν καθοριστεί για επίγειους σταθμούς είναι:

- Πρότυπο INMARSAT A

Στους σταθμούς χρησιμοποιείται παραβολική κεραία διαμέτρου 1,5m, η οποία διαθέτει μηχανισμό σκόπευσης για εντοπισμό του δορυφόρου. Οι υπηρεσίες που παρέχει ο σταθμός είναι, αναλογικά τηλεφωνικά κανάλια, telex, τηλεομοιοτυπία, μετάδοση δεδομένων με ρυθμό 9600 bit/sec.

- Πρότυπο INMARSAT B

Χρησιμοποιεί επίσης παραβολική κεραία διαμέτρου 1,5m και παρέχει υπηρεσίες τηλεφωνίας, τηλεομοιοτυπίας και μετάδοση δεδομένων με ρυθμό 9600bit/sec.

- Πρότυπο INMARSAT C

Οι τερματικοί σταθμοί είναι πολύ ελαφριοί και κάνουν χρήση πανκατευθυντικής κεραίας. Οι υπηρεσίες που επιτρέπει ο σταθμός είναι η μετάδοση κειμένου και δεδομένων. Υπάρχουν μνήμες και μπορούν να αποθηκεύσουν έως 32 Kbytes και ο ρυθμός μετάδοσης είναι 1200 symbol/sec.

- Πρότυπο INMARSAT M

Οι σταθμοί προτύπου M έχουν διάμετρο κεραίας 0,5m. Το μέγεθος είναι μικρό όσο ένας χαρτοφύλακας και παρέχουν την δυνατότητα για άμεση τηλεφωνική κλήση. Για ναυτική χρήση οι κεραίες έχουν μηχανισμό σκόπευσης.

- Πρότυπο INMARSAT Phone

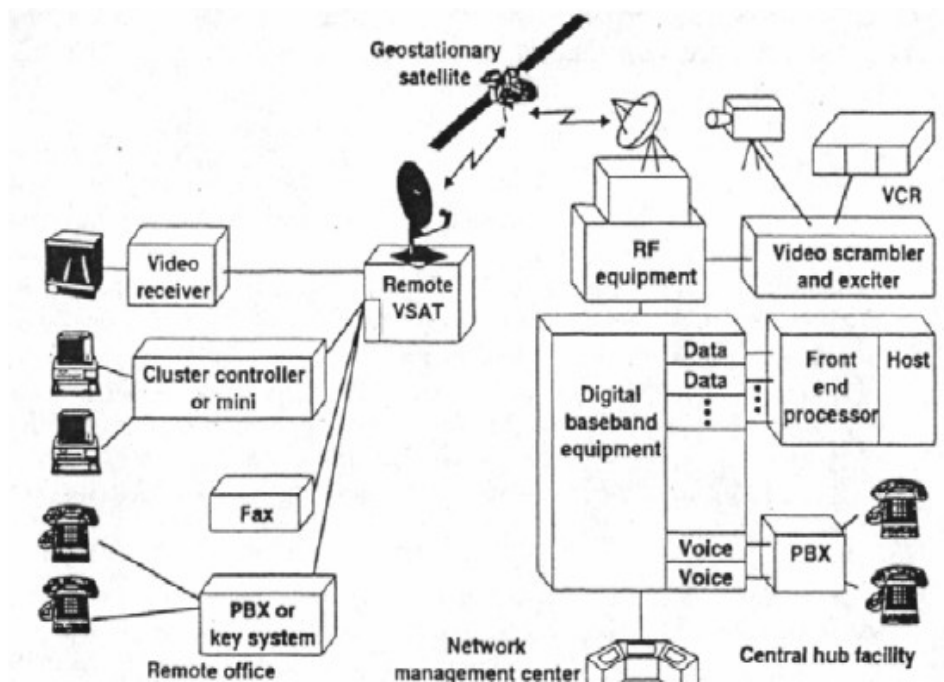
Το μέγεθος του είναι όσο ενός σημειωματάριου και παρέχει υπηρεσίες τηλεφωνικών κλήσεων, τηλεομοιοτυπίας και μετάδοσης δεδομένων με ρυθμό 2,4Kbit/sec.

- Πρότυπο INMARSAT E

Είναι τμήμα του Παγκόσμιου Συστήματος Ασφαλείας και Αντιμετώπισης Ναυτικών Κινδύνων (GMDSS). Υποστηρίζει ραδιοφάρους ένδειξης θέσης.[12]

3.9 Επίγεια Τερματικά VSAT

Με τον όρο VSAT (Very Small Aperture Terminals), εννοούμε ένα τερματικό επίγειο σταθμό πολύ μικρής επιφάνειας. Η διάμετρος της κεραίας είναι συνήθως μικρότερη από δυο μέτρα ενώ για την ζώνη συχνοτήτων Ku η διάμετρος δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3,8m και για την ζώνη C τα 7m.

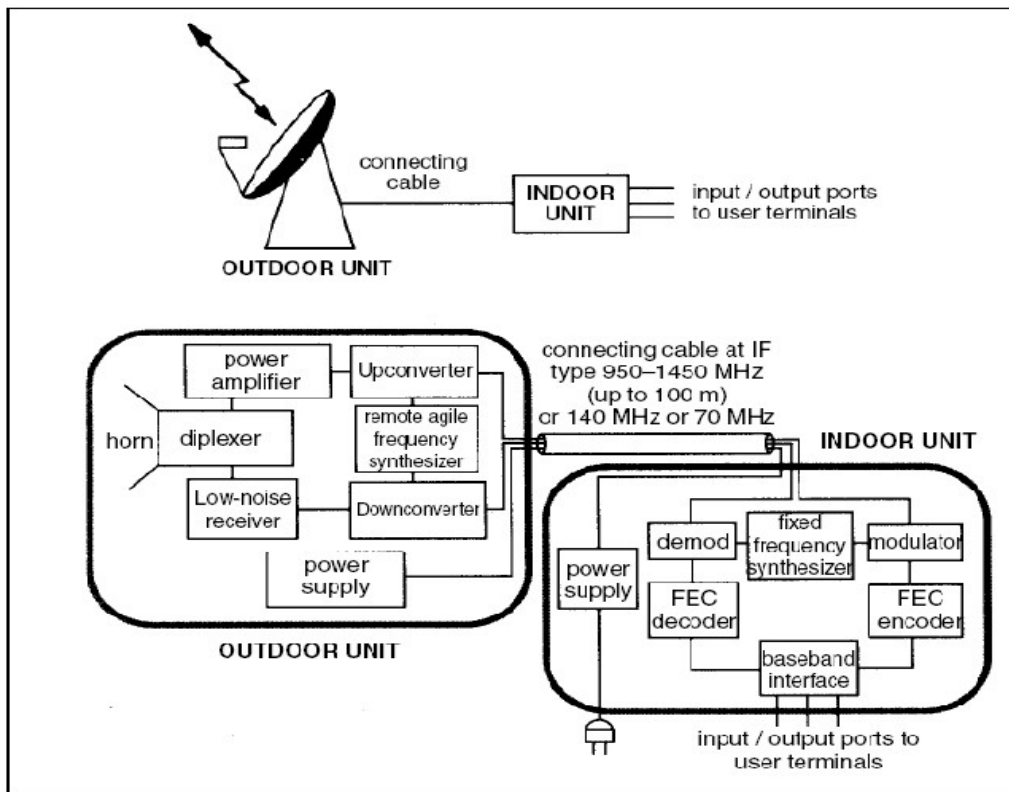


Εικόνα 3-14 Αρχιτεκτονική δικτύων VSAT

Οι εφαρμογές των τερματικών VSAT είναι το δορυφορικό internet, η μεταφορά δεδομένων και φωνής, video conference, τηλεϊατρική κτλ. [4]

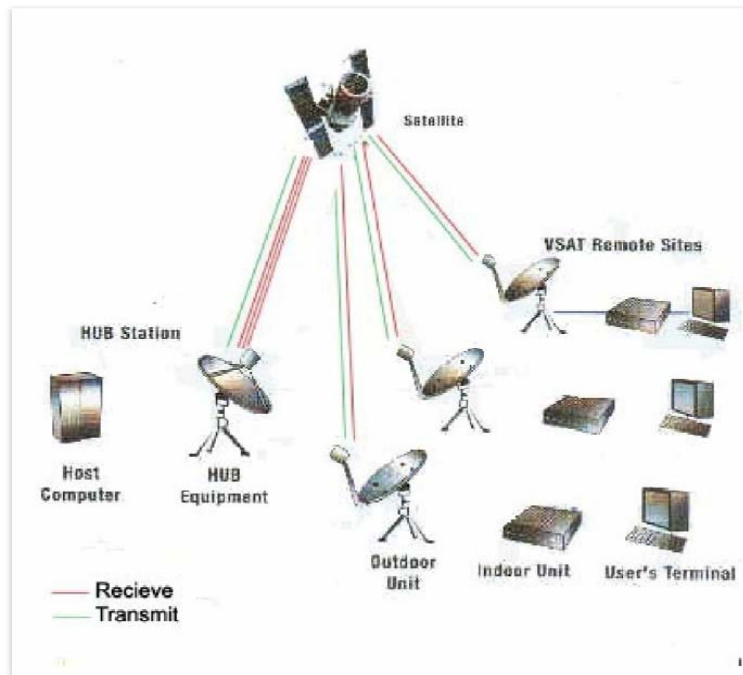
3.9.1 Δομή Ενός VSAT

Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα ένα δίκτυο VSAT αποτελείται από τρία τμήματα, ένα κεντρικό σταθμό(hub), ένα αριθμό επίγειων τερματικών VSAT και τον δορυφόρο.(Εικόνα 3-15)



Εικόνα 3-15 Δομή σταθμού VSAT

Ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται είτε τα σήματα στέλνονται απευθείας στους τερματικούς σταθμούς με το hub να εκτελεί λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου, είτε τα σήματα στέλνονται από τον δορυφόρο σε ένα κεντρικό hub και έπειτα προωθούνται στους σταθμούς VSAT. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την λογική της λειτουργίας ενός δικτύου VSAT. (Εικόνα 3-16)



Εικόνα 3-16 Δίκτυο VSAT

Ο τερματικός σταθμός VSAT αποτελείται από δυο μέρη, την εξωτερική μονάδα(ODU, OutDoor Unit) και την εσωτερική μονάδα (IDU, InDoor Unit).(Εικόνα 3-15) Η εξωτερική μονάδα αποτελείται από την κεραία και ένα πομποδέκτη RFT(Radio Frequency Transceiver) ενώ η εσωτερική μονάδα αποτελείται από το modem και διεπαφές για να επιτευχθεί σύνδεση μεταξύ VSAT και άλλων συσκευών. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα μέρη ενός σταθμού VSAT. [4]

- Εσωτερική μονάδα

Είναι η ενδιάμεση μονάδα μεταξύ του χρήστη και του συστήματος VSAT και περιέχει μία διεπιφάνεια (interface) ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει τις λειτουργίες που επιθυμεί. Κάποιες λειτουργίες της εσωτερικής μονάδας είναι η ανταλλαγή δεδομένων με συσκευές όπως υπολογιστή, fax. Στις εικόνες 3-17 και 3-18 βλέπουμε μία εσωτερική μονάδα με τα λαμπάκια λειτουργίας της και τον τρόπο σύνδεσής της.

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



A/A	Ενδεικτικό	Περιγραφή
(1)	LED Ισχύος	Πράσινο συνεχές – όταν είναι ενεργοποιημένο.
(2)	LED Προειδοποίησης	Κίτρινο συνεχές – όταν το τερματικό δεν είναι συνδεδεμένο με το δορυφορικό δίκτυο.
(3)	LED ένδειξης LAN	Αριστερά: Πράσινο συνεχές – κατάσταση link layer. Δεξιά: Πράσινο διακοπτόμενο – Λήψη ή αποστολή πλαισίων Ethernet.
(4)	LED ένδειξης Rx	Πράσινο συνεχές – λήψη σήματος από το δορυφόρο.
(5)	LED ένδειξης Tx	Πράσινο διακοπτόμενο – μετάδοση σήματος μέσω του δορυφόρου.

Εικόνα 3-17 Εσωτερική μονάδα



A/A	Ενδεικτικό	Περιγραφή
(1)	Σύνδεσμος Tx	Εσωτερική σύνδεση για το ομοαξονικό καλώδιο μετάδοσης.
(2)	Σύνδεσμος Rx	Εσωτερική σύνδεση για το ομοαξονικό καλώδιο λήψης.
(3)	Πλήκτρο επαναρύθμισης (Reset)	Επανεκκίνηση: πιέστε μία φορά σύντομα (λιγότερο από 5 δεύτερα). Επαναφορά Εργοστασιακών Ρυθμίσεων: Πιέστε παρατεταμένα για πάνω από 5 δεύτερα. Η επαναρύθμιση προκαλεί επανεκκίνηση του τερματικού και επαναφέρει όλες τις ρυθμίσεις IP στις εξ ορισμού εργοστασιακές ρυθμίσεις.
(4)	Σύνδεσμος καλωδίου ισχύος 15V	Σύνδεσμος ισχύος (βύσμα 5,5/2,5mm).
(5)	Σύνδεσμος καλωδίου Ethernet	Σύνδεση για το LAN, τύπος RJ-45 (καλώδιο Ethernet).

Εικόνα 3-18 Εσωτερική μονάδα

- Εξωτερική μονάδα

Αποτελείται από μία κεραία και ένα RFT(Radio Frequency Transceiver). Η εξωτερική μονάδα τοποθετείται είτε στο έδαφος είτε στον τοίχο και η διάμετρος της κεραίας είναι από 1,8-3,8m. Στην εικόνα παρακάτω βλέπουμε μία εξωτερική μονάδα ενός τερματικού.(Εικόνα 3-19)



Εικόνα 3-19 Εξωτερική μονάδα

3.9.1.1 Κεντρικός Σταθμός(Hub)

Όπως αναφέραμε, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός κεντρικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός είναι πολύ υψηλών επιδόσεων και είναι μεγάλος σε όγκο. Η κεραία του έχει συνήθως διάμετρο από 6 έως 11m. Επίσης υπάρχει εγκατεστημένη διεπαφή για την επικοινωνία του με εξωτερικές συσκευές.

Το κόστος ενός κεντρικού σταθμού είναι υψηλό και μπορεί να ξεπεράσει το 1,000,000€ και γι' αυτό γίνεται προσπάθεια κοινής χρήσης του σταθμού.[4]

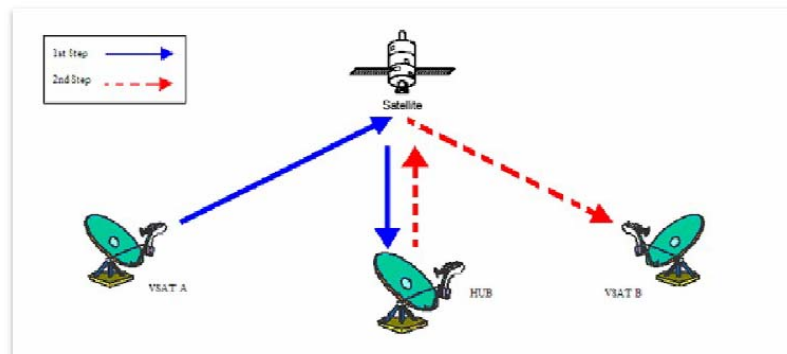
3.9.2 Τοπολογίες Δικτύων VSAT

Οι βασικές τοπολογίες για διασύνδεση των σταθμών είναι η τοπολογία αστέρα και η τοπολογία πλέγματος. Κάθε μία προσφέρει διαφορετική διασύνδεση μεταξύ των κόμβων. Παρακάτω θα αναλύσουμε και τις δυο τοπολογίες.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- Τοπολογία αστέρα

Είναι η πιο διαδεδομένη από τις δυο και προσφέρει διασύνδεση ενός σημείου προς πολλά σημεία. Υπάρχει ένας μεγάλος κεντρικός σταθμός, ο οποίος ελέγχει και παρακολουθεί το συνολικό αριθμό των τερματικών VSAT. Η επικοινωνία των τερματικών με τον κεντρικό σταθμό γίνεται με ένα βήμα, δηλαδή μετάβαση διαμέσου του δορυφόρου, η επικοινωνία δυο τερματικών γίνεται με δυο βήματα, με ενδιάμεσο κόμβο τον κεντρικό σταθμό. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε διασύνδεση με τοπολογία αστέρα. (Εικόνα 3-20)

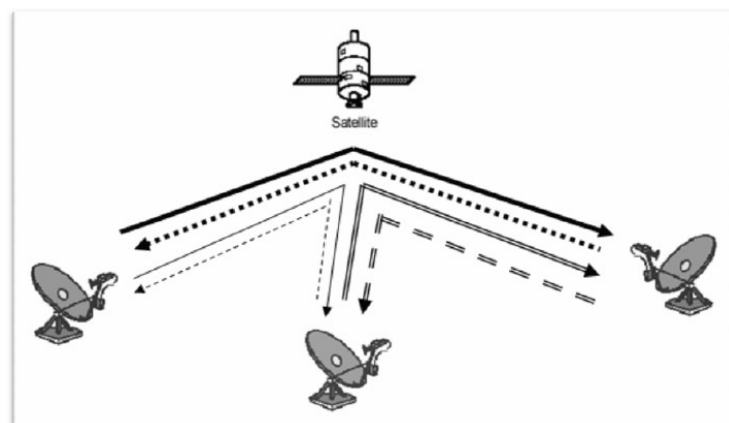


Εικόνα 3-20 Τοπολογία αστέρα

- Τοπολογία πλέγματος(mesh)

Αυτή η τοπολογία προσφέρει διασύνδεση σημείου προς σημείο. Η επικοινωνία των τερματικών γίνεται απευθείας, με τον κεντρικό σταθμό απλά να παρακολουθεί και να ελέγχει τις επικοινωνίες.(Εικόνα 3-21)

Έχει σαν πλεονέκτημα την μικρότερη καθυστέρηση στην επικοινωνία ενώ σαν μειονέκτημα είναι ότι δεσμεύει περισσότερους πόρους του δικτύου.[4]



Εικόνα 3-21 Τοπολογία mesh

3.10 Επίλογος

Από την έναρξη της εποχής των δορυφορικών επικοινωνιών οι επίγειοι σταθμοί εξελίσσονται συνεχώς. Τα υποσυστήματα που είναι τα μέρη ενός σταθμού εξελίχθηκαν πολύ στον τεχνολογικό τομέα.

Συνέπεια της βελτίωσης η αύξηση στην απόδοση τους και η μείωση του όγκου τους ενώ ταυτόχρονα υπάρχει μείωση του κόστους. Αυτό συντέλεσε στο να αυξηθεί ο αριθμός των σταθμών και να υπάρξει άνθηση των δορυφορικών επικοινωνιών.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναπτύξουμε την δορυφορική πλατφόρμα, το δεύτερο απαραίτητο τμήμα στις δορυφορικές επικοινωνίες. Θα αναλύσουμε τα υποσυστήματα της και τον τρόπο συνεργασίας τους ώστε να υπάρχει ομαλή λειτουργία και αυξημένη απόδοση.

4 Δορυφόρος

4.1 Εισαγωγή

Ο δορυφόρος είναι το πιο σημαντικό στοιχείο στις δορυφορικές επικοινωνίες. Τα χαρακτηριστικά της δορυφορικής πλατφόρμας καθορίζουν ολόκληρη την ζεύξη. Τρεις παράγοντες καθορίζουν έναν δορυφόρο. Οι απαιτήσεις του ωφέλιμου φορτίου επικοινωνίας, το διαστημικό περιβάλλον και η αποδοτικότητα των εκτοξευτήρων.

Τα δυο κύρια μέρη ενός δορυφόρου είναι η πλατφόρμα(Bus) και το ωφέλιμο φορτίο(Payload). Θα μελετήσουμε τα δυο αυτά κύρια τμήματα αναλυτικά παρακάτω.

4.2 Δορυφορική Πλατφόρμα

Ένας δορυφόρος περιλαμβάνει αρκετά υποσυστήματα για τις διάφορες λειτουργίες του. Τα κύρια υποσυστήματα της δορυφορικής πλατφόρμας είναι:

- **Υποσύστημα ελέγχου θέσης και τροχιάς**

Το υποσύστημα αυτό είναι υπεύθυνο για τον καθορισμό της τροχιάς και της σταθεροποίηση της θέσης του δορυφόρου.

- **Υποσύστημα πρόωσης**

Είναι υπεύθυνο για την μεταβολή της ταχύτητας του δορυφόρου και συνεπώς της θέσης του.

- **Υποσύστημα τροφοδοσίας**

Είναι υπεύθυνο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στον δορυφόρο και την τροφοδοσία του με σταθερή τάση και ισχύ.

- **Υποσύστημα θερμοκτικού ελέγχου**

Είναι υπεύθυνο για την διατήρηση της θερμοκρασίας του δορυφόρου.

- **Υποσύστημα τηλεμετρίας**

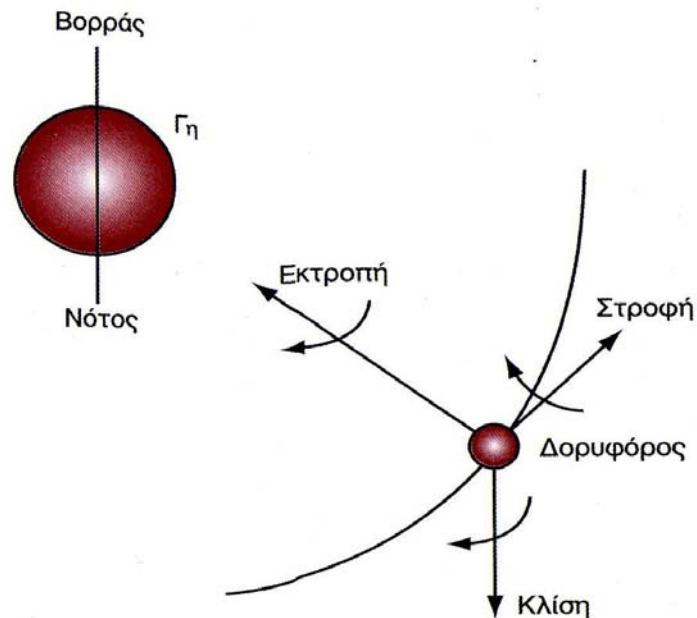
Είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την λειτουργία των συστημάτων.

Κάθε υποσύστημα ενός δορυφόρου πρέπει να διαθέτει τρία χαρακτηριστικά γνωρίσματα: ελάχιστη μάζα, ελάχιστη κατανάλωση και υψηλή αξιοπιστία. Με τα τρία αυτά χαρακτηριστικά επιτυγχάνουμε καλύτερη απόδοση, μικρότερο κόστος στην κατασκευή του δορυφόρου και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της δορυφορικής πλατφόρμας. Επίσης η απόδοση ενός υποσυστήματος εξαρτάται άμεσα από τα υπόλοιπα υποσυστήματα και την μεταξύ τους διασύνδεση.[12]

4.2.1 Υποσύστημα Ελέγχου Θέσης

Το υποσύστημα ελέγχου θέσης είναι υπεύθυνο για την τοποθέτηση και την διατήρηση του δορυφόρου στην προκαθορισμένη τροχιά.

Όπως αναφέραμε στις τροχιές των δορυφόρων(Ενότητα 2.8) η θέση του δορυφόρου παρουσιάζεται ως προς άξονες τριών κατευθύνσεων (άξονας εκτροπής, άξονας στροφής και άξονας κλίσης). Οι άξονες αυτοί φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.(Εικόνα 4-1)



Εικόνα 4-1 Άξονες αναφοράς δορυφόρου

Δυο βασικές λειτουργίες συμβάλλουν στην διατήρηση της θέσης του δορυφόρου:

- Η λειτουργία πηδαλίου, όπου το τμήμα του δορυφόρου που πρέπει να δείχνει προς την γη, περιστρέφεται ως προς τον άξονα κλίσης για να επιτύχει ορατότητα με την γήινη επιφάνεια.
- Η λειτουργία σταθεροποίησης, όπου αντισταθμίζονται οι επιδράσεις που μεταβάλλουν την θέση του δορυφόρου. Ο δορυφόρος δέχεται επιδράσεις εξαιτίας της βαρύτητας της γης, της ηλιακής ακτινοβολίας και του μαγνητικού πεδίου της γης.

Για την διατήρηση της θέσης μπορούμε να έχουμε παθητικό ή ενεργητικό έλεγχο της θέσης.

Στον **παθητικό έλεγχο θέσης** χρησιμοποιούμε φυσικές ροπές για την διατήρηση της επιθυμητής θέσης, όπως είναι η κλίση που δημιουργείται από την βαρύτητα.

Στον **ενεργητικό έλεγχο θέσης**, αρχικά καθορίζουμε την ακριβή θέση του δορυφόρου με βάση τα εξωτερικά σημεία. Έπειτα βλέπουμε τις εντολές στον μηχανισμό κίνησης, τις αξιολογούμε και προβαίνουμε σε διορθώσεις της θέσης με την βοήθεια του μηχανισμού κίνησης.

Είναι απαραίτητο για τον έλεγχο και την διόρθωση της θέσης του δορυφόρου να γνωρίζουμε πρωτίστως την επακριβή του θέση, γι' αυτό χρησιμοποιούμε **αισθητήρες θέσης**.

Οι αισθητήρες θέσης υπολογίζουν την θέση είτε με βάση εξωτερικά σημεία (γη, ήλιος) είτε με την μεταβολή του προσανατολισμού ανάλογα με τον χρόνο. Αυτό που απαιτείται από την λειτουργία των αισθητήρων είναι η ακρίβεια των δεδομένων για εντοπισμό της θέσης.

Παραδείγματα αισθητήρων είναι, οι ηλιακοί αισθητήρες, οι οποίοι υπολογίζουν την θέση του δορυφόρου με βάση το ηλιακό φως και οι γήινοι αισθητήρες, οι οποίοι υπολογίζουν την θέση με βάση την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπει η Γη.[12]

4.2.1.1 Μηχανισμοί Κίνησης

Οι μηχανισμοί κίνησης μας επιτρέπουν την μεταβολή της θέσης της δορυφορικής πλατφόρμας. Για την επίτευξη της μεταβολής της θέσης χρησιμοποιούνται μηχανισμοί που ασκούν δυνάμεις στον δορυφόρο.

Οι μηχανισμοί κίνησης είναι απαραίτητοι είτε για την τοποθέτηση του δορυφόρου στην ονομαστική τροχιά, είτε για την διόρθωση της θέσης του δορυφόρου λόγω μετατόπισης από την προκαθορισμένη τροχιά. Σκοπός των μηχανισμών κίνησης είναι η δημιουργία ροπών στον δορυφόρο ώστε να μεταβάλλεται η θέση του. Παραδείγματα μηχανισμών κίνησης:

- Συσκευές στροφορμής

Λειτουργούν με βάση την αρχή διατήρησης της στροφορμής. Σκοπός τους είναι να μεταβάλλουν την ροπή του δορυφόρου ώστε να τοποθετηθεί στην επιθυμητή θέση.

- Κινητήρες πρόωσης

Οι κινητήρες πρόωσης εκτοξεύουν προωθητικό υλικό μέσα από ακροφύσια. Ανάλογα με την ποσότητα του υλικού που εκτοξεύεται, μεταβάλλονται και οι δυνάμεις που δημιουργούνται. Οι κινητήρες λειτουργούν περιοδικά μόνο όποτε χρειάζεται και έχουν μικρούς κύκλους λειτουργίας.

- Μαγνητικά πηνία

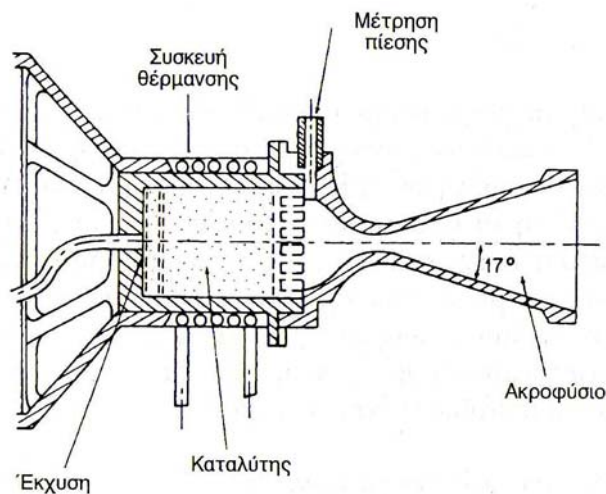
Τα μαγνητικά πηνία διαρρέονται από ρεύμα και δημιουργούν μαγνητική ροπή. Η ροπή αλληλεπιδρά με το μαγνητικό πεδίο της Γης και έτσι μεταβάλλεται η θέση του δορυφόρου.

- Ηλιακά ιστία

Με τα ηλιακά ιστία εκμεταλλευόμαστε την πίεση της ηλιακής ακτινοβολίας που όταν ασκείται στους δορυφόρους δημιουργεί σημαντικές ροπές. [12]

4.2.2 Υποσύστημα Πρόωσης

Ο ρόλος του υποσυστήματος πρόωσης είναι να δημιουργεί δυνάμεις που ασκούνται στο κέντρο μάζας του δορυφόρου ώστε να μετατοπίζεται η θέση του. Με αυτόν τον τρόπο επαναφέρουμε τον δορυφόρο στην επιθυμητή τροχιά, σε περίπτωση μετατόπισης του ή τον τοποθετούμε στην ονομαστική τροχιά μετά την εκτόξευση. Οι δυνάμεις που ασκούνται στον δορυφόρο είναι δυνάμεις αντίδρασης εξαιτίας της εκτόξευσης υλικού από τα ακροφύσια. Τα ακροφύσια συμβάλουν στην εκτόξευση του υλικού με πίεση. Στο σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε την διάταξη ενός κινητήρα πρόωσης. (Εικόνα 4-2)



Εικόνα 4-2 Κινητήρας πρόωσης

Υπάρχουν δυο τύποι κινητήρων πρόωσης:

- **Κινητήρες πρόωσης χαμηλής ισχύος**

Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θέσης και της τροχιάς του δορυφόρου. Η ισχύς που αποδίδουν είναι χαμηλή και έχουν περιοδική λειτουργία. Η διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας τους είναι πολύ σύντομη. Ο συνολικός χρόνος λειτουργίας κατά την διάρκεια ζωής τους είναι εκατοντάδες ή χιλιάδες ώρες.

- **Κινητήρες πρόωσης μέσης και υψηλής ισχύος**

Χρησιμοποιούνται κατά την φάση της εκτόξευσης και μεταβάλλουν την τροχιά του δορυφόρου. [12]

4.2.2.1 Χημική – Ηλεκτρική Πρόωση

Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται για την πρόωση έχουμε δυο είδη συστημάτων, με χημική πρόωση και με ηλεκτρική πρόωση.

Η χημική πρόωση βασίζεται στην δημιουργία αερίων υψηλής θερμοκρασίας με χημική καύση υλικού προώθησης που βρίσκεται σε υγρή ή στερεά μορφή. Τα αέρια εκτοξεύονται από τα ακροφύσια.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα χημικής πρόωσης. Στην **πρόωση με ψυχρό αέριο** απελευθερώνεται αέριο που είναι αποθηκευμένο σε ένα δοχείο υπό πίεση. Στην **πρόωση ενός υλικού προώθησης** απελευθερώνεται θερμό αέριο που φτάνει την θερμοκρασία των 900°C και εκτοξεύεται από τα ακροφύσια. Στην **πρόωση με δυο υλικά προώθησης**, δυο υλικά έρχονται σε επαφή στον θάλαμο καύσης και δημιουργούν θερμά αέρια που απελευθερώνονται από τα ακροφύσια.

Ένα άλλο σύστημα πρόωσης είναι η ηλεκτρική πρόωση η οποία είναι πιο προηγμένης τεχνολογίας από την χημική. Χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο για να επιταχύνει και να εκτοξεύσει υλικό. Παράγει χαμηλής ισχύος προώσεις και απαιτεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος για την πραγματοποίησή της.[12]

4.2.3 Υποσύστημα Ηλεκτρικής Παροχής Ισχύος

Το υποσύστημα της ηλεκτρικής παροχής ισχύος είναι υπεύθυνο για την παροχή της απαραίτητης ενέργειας που απαιτεί ο δορυφόρος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του.

Από τα μεγαλύτερα προβλήματα σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος είναι ο περιορισμένος όγκος του δορυφόρου. Έτσι δεν μπορούμε να έχουμε ογκώδη μέρη για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και για αποθήκευση υλικών για την μετατροπή τους σε ηλεκτρική ενέργεια(πχ καύσιμη ύλη). Ένας δορυφόρος φέρει ενσωματωμένες πηγές ενέργειας(καύσιμα) αλλά δεν αρκούν για να καλύψουν τις απαιτήσεις του σε ηλεκτρική ενέργεια για όλη την διάρκεια ζωής του. Για αυτό η λύση είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον δορυφόρο.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

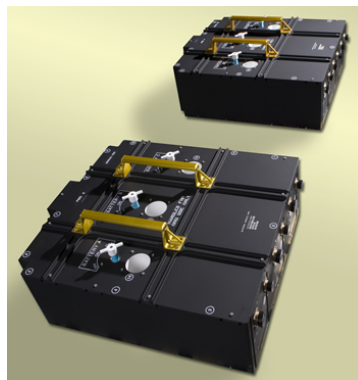
Το υποσύστημα για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στον δορυφόρο απαρτίζεται από τρία τμήματα. Αρχικώς έχουμε μία κύρια πηγή ενέργειας, μία δευτερεύουσα πηγή ενέργειας και κυκλώματα προσαρμογής και προστασίας.

Η **κύρια πηγή ενέργειας** μετατρέπει κάποια άλλη μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική. Στο διάστημα η μόνη εξωτερική πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Για την μετατροπή χρησιμοποιείται ηλιακή γεννήτρια. Η ηλιακή γεννήτρια είναι συνδεδεμένη με συλλέκτες οι οποίοι συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και έπειτα η γεννήτρια την μετατρέπει σε ηλεκτρική.

Η **δευτερεύουσα πηγή ενέργειας** αντικαθιστά την κύρια πηγή στις περιπτώσεις όπου αυτή δεν μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις του συστήματος. Η δευτερεύουσα πηγή ενέργειας αποθηκεύει ενέργεια που παράγεται από την κύρια πηγή, όταν αυτή λειτουργεί. Όταν το σύστημα έχει απαιτήσεις που δεν μπορεί να καλύψει η κύρια πηγή τότε η δευτερεύουσα πηγή παρέχει ηλεκτρική ενέργεια.

Η δευτερεύουσα πηγή είναι συνήθως ηλεκτροχημικές μπαταρίες. Πρέπει να διαθέτουν δυο χαρακτηριστικά. Ο χρόνος ζωής τους να είναι μεγάλος και να παρέχουν τόση ενέργεια ώστε να μπορούν να καλύψουν όλο το σύστημα.

Η αναγκαιότητα τους είναι δεδομένη. Για παράδειγμα ένας γεωστατικός δορυφόρος για περίπου 90 ημέρες τον χρόνο στερείται την κύρια πηγή ενέργειας εξαιτίας της έκλειψης του ηλίου. Η διάρκεια μίας έκλειψης είναι περίπου 70 λεπτά. Χωρίς την δευτερεύουσα πηγή ενέργειας, θα στερούμασταν τις υπηρεσίες του δορυφόρου για όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνουμε μία συστοιχία μπαταριών για χρήση σε δορυφορικές πλατφόρμες.(Εικόνα 4-3)



Εικόνα 4-3 Δευτερεύουσα πηγή ενέργειας δορυφόρου - Μπαταρίες

Το υποσύστημα ενέργειας περιέχει **κυκλώματα προσαρμογής και προστασίας**. Τα κυκλώματα αυτά είναι υπεύθυνα για την σταθερή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας με σταθερή τάση. Εξαιτίας της μη σταθερής ακτινοβολίας του ηλίου, πρέπει να προστατευθεί ο εξοπλισμός από αυξομειώσεις της τάσης της ηλεκτρικής ενέργειας. [12]

4.2.4 Υποσύστημα Τηλεμετρίας

Το υποσύστημα τηλεμετρίας εκτελεί μία σειρά ενεργειών οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία της ζεύξης. Μέσω του συστήματος τηλεμετρίας λαμβάνονται σήματα ελέγχου από την Γη έτσι ώστε ο δορυφόρος να τοποθετηθεί σε τροχιά και να ξεκινήσει η λειτουργία του.

Με το σύστημα τηλεμετρίας εκπέμπονται πληροφορίες σχετικές με την λειτουργία του δορυφόρου και την λειτουργία των υποσυστημάτων του. Επίσης υπολογίζει την ταχύτητα του δορυφόρου και την απόστασή του από την Γη έτσι ώστε να εντοπιστεί η ακριβής θέση του δορυφόρου

Για τις λειτουργίες του υποσυστήματος τηλεμετρίας χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες συχνότητες σε ζώνες SOS(Space Operation Service).[12]

4.2.5 Υποσύστημα Θερμικού Ελέγχου

Ο σκοπός του υποσυστήματος θερμικού ελέγχου είναι να διατηρήσει την θερμοκρασία του εξοπλισμού του δορυφόρου σε προβλεπόμενες τιμές έτσι ώστε να λειτουργεί σωστά. Στην περίπτωση κατά την οποία η θερμοκρασία του δορυφόρου αυξηθεί ή μειωθεί πέρα από τα επιτρεπόμενα όρια υποβαθμίζεται η ποιότητα της ζεύξης λόγω μη σωστής λειτουργίας.

Τα πλαίσια θερμοκρασίας του δορυφόρου διαφέρουν ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του δορυφόρου. Όταν ο δορυφόρος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, δηλαδή ούτε εκπέμπει ούτε λαμβάνει σήματα, απαιτεί θερμότητα ώστε να μην υπάρξει υπερβολική πτώση θερμοκρασίας. Όταν ο δορυφόρος βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας συνήθως η θερμοκρασία του αυξάνεται και δημιουργείται ανάγκη για απαγωγή θερμότητας.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας μπορεί να είναι παθητικός ή ενεργητικός. Παθητικό έλεγχο έχουμε όταν τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο

δορυφόρος συντελούν στον έλεγχο της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα το υλικό κατασκευής, το χρώμα βαφής είναι παράγοντες που συντελούν στην διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας.

Ο ενεργητικός έλεγχος είναι συμπλήρωμα του παθητικού ελέγχου. Χρησιμοποιούνται συσκευές οι οποίες συντελούν στην διατήρηση της θερμοκρασίας του δορυφόρου. Παράδειγμα είναι οι συσκευές θέρμανσης και οι σωληνώσεις μεταφοράς θερμότητας.[12]

4.3 Ωφέλιμο Φορτίο

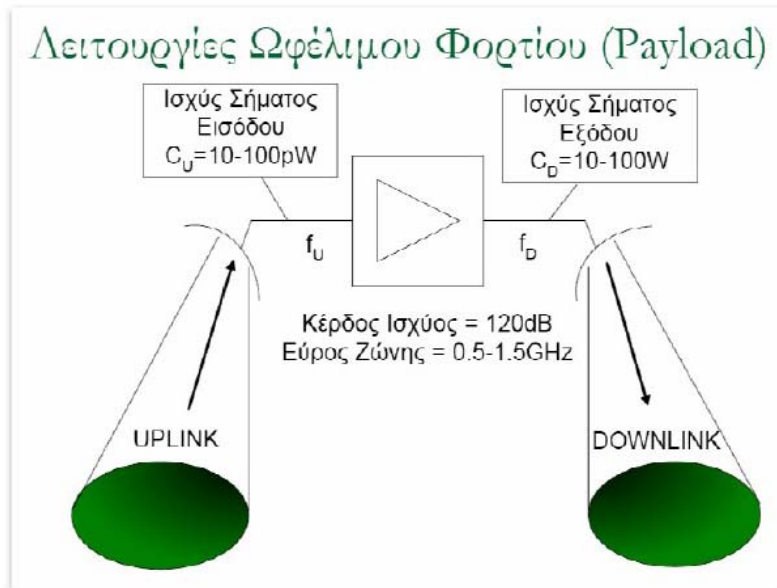
Το ωφέλιμο φορτίο είναι η καρδιά του δορυφόρου και αποτελεί το καθαρά τηλεπικοινωνιακό του τμήμα. Το ωφέλιμο φορτίο είναι όλος ο εξοπλισμός που ένας δορυφόρος πρέπει να έχει για να κάνει την εργασία του. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τις κεραιές, τις φωτογραφικές μηχανές, το ραντάρ και τα ηλεκτρονικά του.

Κάθε είδος δορυφόρου έχει και διαφορετικό ωφέλιμο φορτίο. Για παράδειγμα ένας καιρικός δορυφόρος περιλαμβάνει φωτογραφικές μηχανές για να φωτογραφίζει τους μετεωρολογικούς σχηματισμούς ενώ ένας δορυφόρος επικοινωνιών περιλαμβάνει μεγάλες κεραιές για αποδοτικότερη ζεύξη. [16]

Οι βασικές λειτουργίες του ωφέλιμου φορτίου είναι:

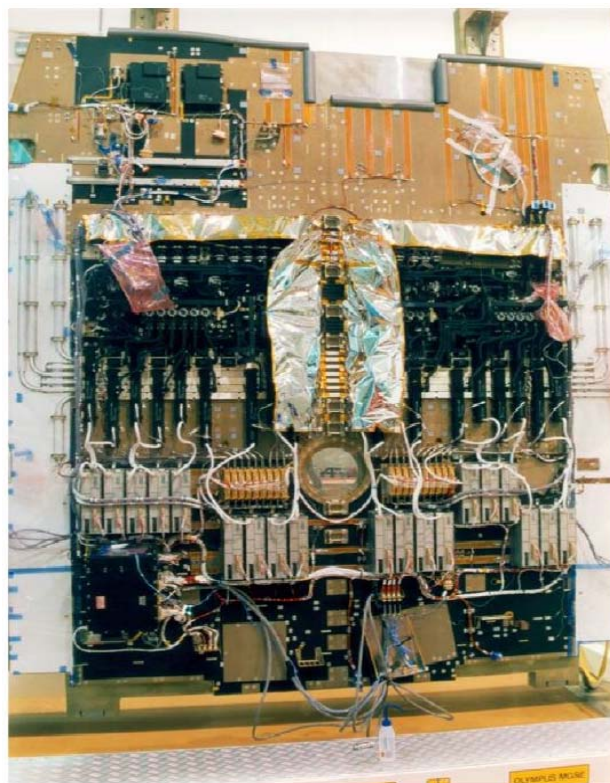
- Η συλλογή σημάτων από συγκεκριμένες περιοχές της Γης
- Η ενίσχυση του φέροντος κύματος
- Η μετατροπή της συχνότητας του φέροντος από το uplink στο downlink
- Η εκπομπή των σημάτων προς συγκεκριμένη περιοχή της Γης

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι βασικές λειτουργίες του ωφέλιμου φορτίου.(Εικόνα 4-4)



Εικόνα 4-4 Οι βασικές λειτουργίες του ωφέλιμου φορτίου[13]

Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε το ωφέλιμο φορτίο ενός δορυφόρου(Εικόνα 4-5).



Εικόνα 4-5 Ωφέλιμο φορτίο[13]

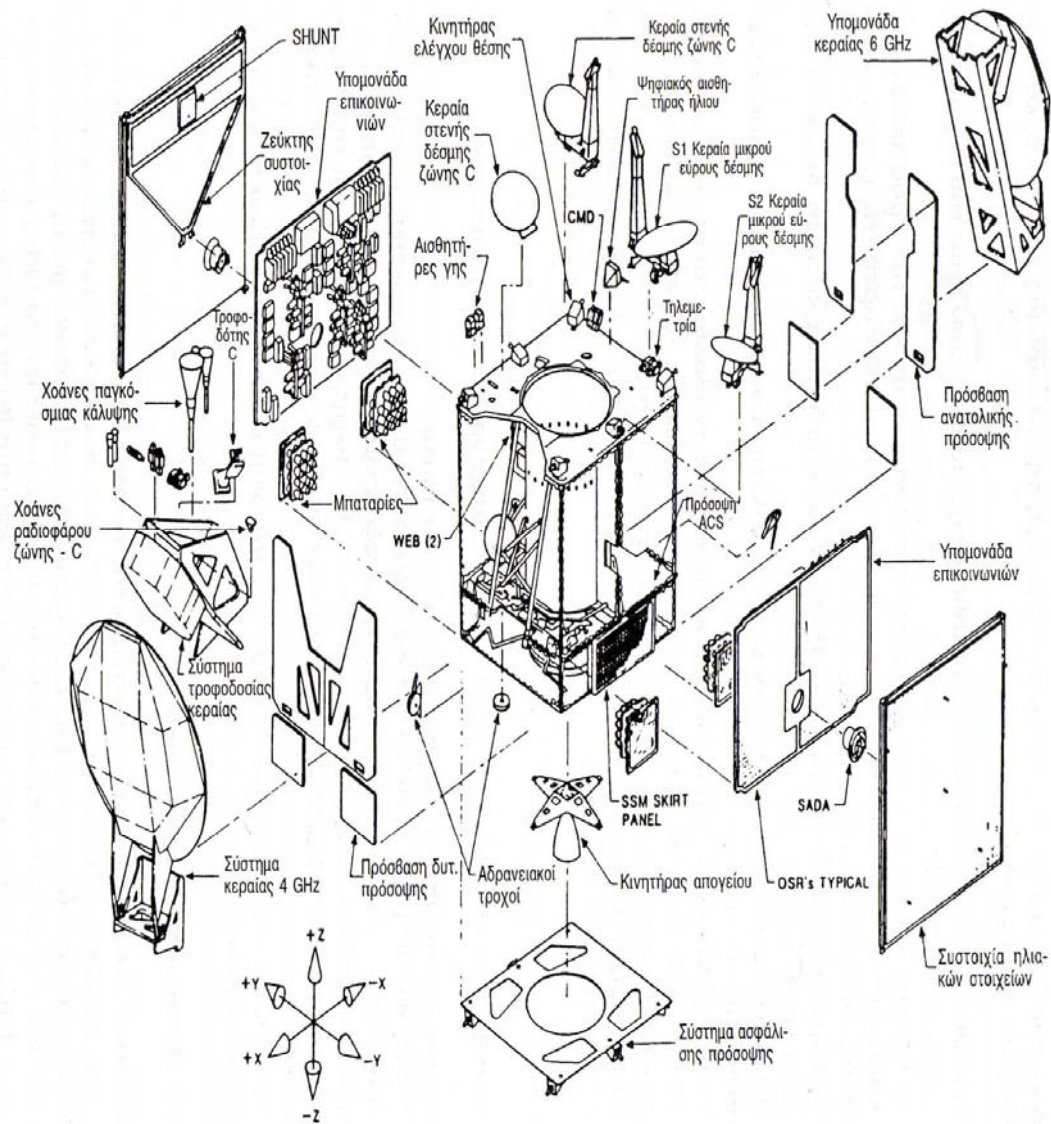
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Στο κέντρο της εικόνας 4-5 βλέπουμε μία μεγάλη τρύπα, αυτό είναι το σημείο όπου μπαίνει ο μηχανισμός ο οποίος περιστρέφει τους ηλιακούς συλλέκτες. Επάνω αριστερά στην εικόνα διακρίνουμε δυο μαύρα κουτιά τα οποία είναι οι ενισχυτές τηλεμετρίας και τηλε-εντολών. Οι μικρές σωληνώσεις δεξιά και αριστερά είναι για την απαγωγή της θερμότητας του σκάφους. Οι μαύρες συστοιχίες στο κέντρο της εικόνας είναι λυχνίες οδεύοντος κύματος (TWTA – Travelling Wave Tube Amplifiers) και ενισχύουν τα φέροντα κύματα.

[4]

ΔΟΥΡΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται μία δορυφορική πλατφόρμα και περιγράφηκαν παραπάνω φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Πρόκειται για την αναλυτική άποψη του δορυφόρου INTELSAT VII(Εικόνα 4-6):



Εικόνα 4-6 Αναλυτική άποψη INTELSAT VII[1]

4.4 Επίλογος

Με αυτό το κεφάλαιο ολοκληρώνουμε την αναφορά μας στον τρόπο λειτουργίας του δορυφορικού συστήματος. Μελετήσαμε τον τρόπο λειτουργίας του δορυφόρου με όλα τα επιμέρους υποσυστήματα του.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναφερθούμε στις δορυφορικές υπηρεσίες που μας παρέχονται από τις δορυφορικές επικοινωνίες. Θα αναλύσουμε το δορυφορικό τηλέφωνο, την δορυφορική τηλεόραση, το δορυφορικό ραδιόφωνο, το δορυφορικό Internet και τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στον Ελληνικό δορυφόρο HELLAS SAT, στα τεχνικά χαρακτηριστικά του και τις δορυφορικές υπηρεσίες που παρέχει.

5 Δορυφορικές Υπηρεσίες

5.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύσαμε τον τρόπο λειτουργίας των δορυφορικών επικοινωνιών. Μελετήσαμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της δορυφορικής ζεύξης, τα υποσυστήματα των επίγειων σταθμών και τα υποσυστήματα της δορυφορικής πλατφόρμας.

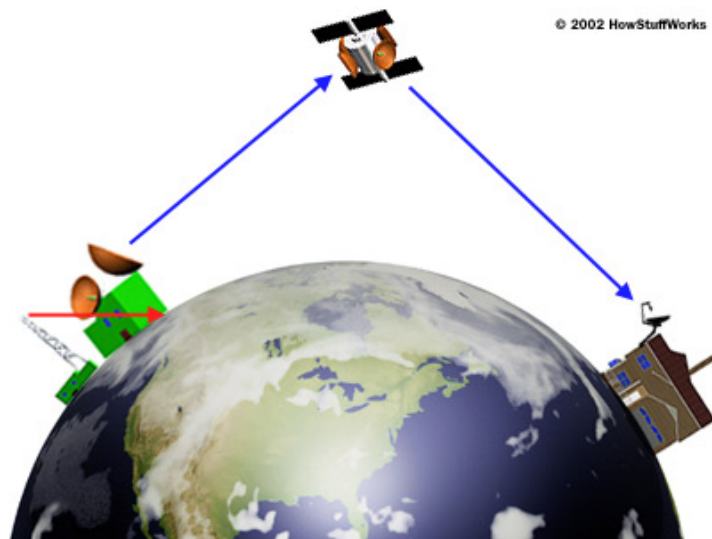
Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε κάποιες δορυφορικές υπηρεσίες που μας παρέχουν οι δορυφορικές επικοινωνίες. Ειδικότερα θα μελετήσουμε το δορυφορικό Internet, τα γεωγραφικά συστήματα εντοπισμού θέσης, τη δορυφορική τηλεόραση, το δορυφορικό ραδιόφωνο και τη δορυφορική τηλεφωνία.

5.2 Δορυφορική Τηλεόραση και Δορυφορικό Ραδιόφωνο

5.2.1 Δορυφορική Τηλεόραση

Η πιο γνωστή εφαρμογή των δορυφορικών επικοινωνιών είναι η εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων(Εικόνα 5-1). Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι μια δορυφορική κεραία για λήψη, ένα LNB χαμηλού θορύβου που εκτελεί την λειτουργία της ενίσχυσης, ένα δορυφορικό δέκτη για την επεξεργασία του σήματος, ένα δορυφορικό καλώδιο για την σύνδεση του LNB με τον δέκτη και μία βάση για τοποθέτηση της δορυφορικής κεραίας.

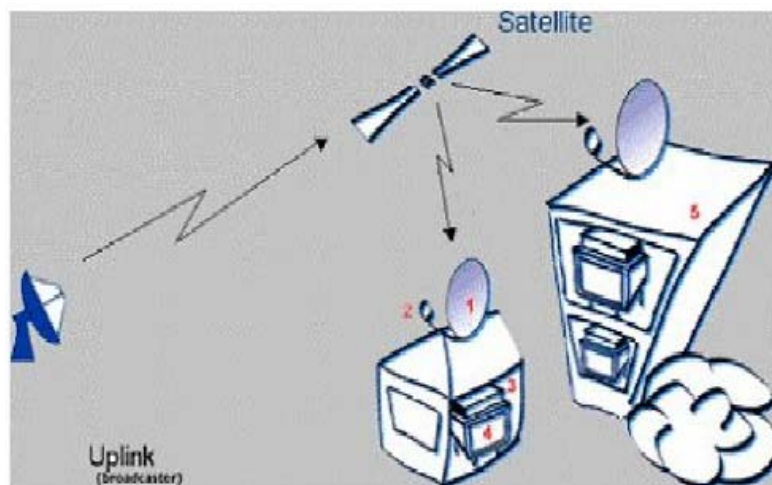
Ανάλογα με τον τρόπο χρέωσης των χρηστών και τον τρόπο υποστήριξης της τηλεοπτικής εφαρμογής από τον δορυφόρο έχουμε διάφορες τεχνικές. Τέτοιες είναι η Εκπομπή Τηλεοπτικού Σήματος μέσω Ατμόσφαιρας (Over-the-Air TV Broadcasting), η Καλωδιακή Τηλεόραση (Cable TV, CATV) και η Απευθείας στην Οικία του χρήστη τεχνική (Direct-to-Home, DTHTV). Παρακάτω αναλύουμε τις προαναφερθείσες τεχνικές.[4]



Εικόνα 5-1 Δορυφορική τηλεόραση[16]

5.2.1.1 Απευθείας-στο-σπίτι (Direct-to-Home TV, DHT)

Στην απευθείας-στην-οικία του χρήστη τηλεόραση(DHT) η ζεύξη δορυφόρου – χρήστη είναι άμεση. Δεν παρεμβάλλεται κανένα άλλο δίκτυο στην απευθείας ζεύξη. Στην παρακάτω εικόνα(5-2) βλέπουμε ένα δίκτυο DHT.



Εικόνα 5-2 Direct-to-Home TV (DHT)[13]

5.2.1.2 Μέσω Ατμόσφαιρας Εκπομπή (Over-the-air TV Broadcasting)

Είναι η μέσω ατμόσφαιρας εκπομπή τηλεοπτικού σήματος και είναι ο παραδοσιακός τρόπος παροχής τηλεοπτικού προγράμματος. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται είναι οι VHF (30 έως 300MHz) και UHF (300 έως 3000MHz). Το σήμα αποστέλλεται από τον δορυφόρο προς τους επίγειους πομπούς όπου και διανέμεται. Τα σήματα εκπέμπονται μέσω επίγειων πομπών, ώστε να καλύπτουν μία γεωγραφική περιοχή

Με αυτόν τον τρόπο διανέμεται και το σήμα στην Ελλάδα από την δημόσια και ιδιωτική τηλεόραση.[4]

5.2.1.3 Καλωδιακή Τηλεόραση (Cable TV)

Στην καλωδιακή τηλεόραση το τηλεοπτικό σήμα διανέμεται στο τελικό άκρο του χρήστη μέσω ομοαξονικού καλωδίου, με αφετηρία κάποιον κεντρικό κόμβο συνδεδεμένο με δορυφορικούς δέκτες.

Το σήμα που λαμβάνει ο χρήστης είναι υψηλότερης ποιότητας σε σχέση με την παραδοσιακή εικόνα. Το μειονέκτημα είναι το επιπλέον κόστος για την παροχή αυτής της υπηρεσίας.[4]

5.2.1.4 Επαγγελματική Τηλεόραση (Business TV)

Παρέχει δυο βασικές υπηρεσίες, την ενδιάμεση ευρεία μετάδοση (Private Broadcasting) και το σύστημα τηλεσυνεδρίασης (Video Conferencing).

Η ενδιάμεση ευρεία μετάδοση είναι υπηρεσία παρόμοια με την μετάδοση τηλεοπτικού σήματος. Οι τηλεσυνεδριάσεις χρησιμοποιούνται για την μετάδοση σημαντικών συσκέψεων, με άτομα που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση. Υπάρχει η δυνατότητα πολλαπλής τηλεσυνεδρίασης από πολλά σημεία του πλανήτη.[4]

5.2.1.5 Pay-Per-View (PPV)

Ο θεατής επιλέγει ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα που επιθυμεί να παρακολουθήσει και πληρώνει ένα χρηματικό αντίτιμο.

5.2.1.6 Υψηλής Ευκρίνειας Τηλεόραση (High Definition TV, HDTV)

Η μετάδοση δορυφορικής τηλεόρασης η οποία παρέχεται σε μεγάλη ανάλυση εικόνας.[4]

5.2.2 Δορυφορικό Ραδιόφωνο

Λειτουργεί παρόμοια με το σύστημα DHT, αλλά οι κεραίες λήψης του σήματος είναι σημαντικά μικρότερες. Κάθε εταιρεία ραδιοφωνίας έχει τον δικό της τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό για την λήψη του σήματος.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι η υψηλή ποιότητα ήχου. Το μειονέκτημα είναι το χρηματικό αντίτιμο για την υπηρεσία.[4]

5.3 Δορυφορικό Internet

Τα δίκτυα δορυφορικών επικοινωνιών παρέχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα επίγεια ενσύρματα δίκτυα. Το πλεονέκτημα του δορυφορικού Internet είναι το μεγάλο διαθέσιμο εύρος ζώνης που προσφέρουν οι δορυφόροι και οι μεγάλες ταχύτητες στην μετάδοση δεδομένων.

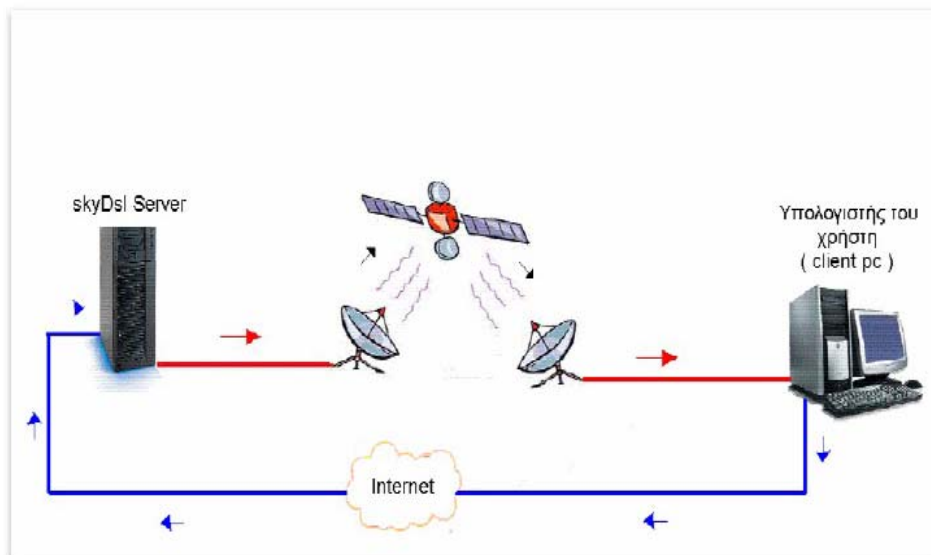
Τα μειονεκτήματα του δορυφορικού Internet είναι το μεγάλο κόστος για την παροχή ευρυζωνικής αμφίδρομης σύνδεσης, ο ογκώδης τερματικός εξοπλισμός (δορυφορική κεραία και modem), η αδυναμία υποστήριξης εφαρμογών και υπηρεσιών πραγματικού χρόνου (online gaming, video conference) λόγω καθυστερήσεων που εμφανίζονται στην ζεύξη.

Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης στο Internet διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις :

- Απευθείας σύνδεση του χρήστη μέσω ενός ιδιωτικού συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων με τον δορυφόρο.
- Σύνδεση του χρήστη μέσω ενός Internet Service Provider(ISP, πάροχος Internet), ο οποίος έχει την δική του σύνδεση με τον δορυφόρο.
- Σύνδεση του χρήστη με κάποια εταιρεία ISP η οποία συνδέεται με κάποια εταιρεία, που διαθέτει δορυφορική σύνδεση.

Διακρίνουμε επίσης δυο περιπτώσεις ανάλογα με το εάν επιτρέπεται μόνο λήψη δεδομένων ή και αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω του δορυφορικού καναλιού. Εάν επιτρέπεται μόνο λήψη δεδομένων έχουμε μονόδρομη σύνδεση ενώ εάν επιτρέπεται και λήψη και εκπομπή δεδομένων τότε έχουμε αμφίδρομη σύνδεση. Οι δυο περιπτώσεις αναλύονται παρακάτω.

Μονόδρομη είναι η δορυφορική σύνδεση που επιτρέπει μόνο λήψη δεδομένων από το δορυφορικό κανάλι (Εικόνα 5-3). Για την αποστολή των δεδομένων από τον χρήστη χρησιμοποιείται επίγειο δίκτυο. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε μία μονόδρομη δορυφορική σύνδεση για δορυφορικό Internet.[4]



Εικόνα 5-3 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση[13]

Η διαδικασία που ακολουθείτε είναι η εξής: ο χρήστης ζητά μέσω της επίγειας σύνδεσης κάποια δεδομένα και ο εξυπηρετητής (server) της δορυφορικής υπηρεσίας τοποθετεί τα πακέτα δεδομένων στην ροή δεδομένων(data stream). Έπειτα τα δεδομένα αυτά εκπέμπονται από τον δορυφόρο. Η ροή δεδομένων περιέχει πακέτα που δεν είναι αποκλειστικά για ένα χρήστη αλλά για πολλούς. Στο modem πρέπει κατά την λήψη να γίνει ο διαχωρισμός των επιθυμητών πακέτων.

Η **αμφίδρομη** σύνδεση ανεξαρτητοποιεί εντελώς τον χρήστη από τα επίγεια δίκτυα. Είναι η αμφίδρομη επικοινωνία χρήστη – δορυφόρου (two – way satellite Internet). Το κόστος της υπηρεσίας είναι αρκετά υψηλό γι' αυτό

και προτιμάται κυρίως από επιχειρήσεις οι οποίες θέλουν μόνιμη ζεύξη με σταθερή ταχύτητα διακίνησης δεδομένων. [4]

5.4 Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης και Εντοπισμού Θέσης

Με την υπηρεσία αυτή γίνεται ακριβής εντοπισμός της θέσης ενός αντικειμένου στην Γη. Το ακριβές στίγμα του αντικειμένου δίνεται από το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος του. Συνήθως προβάλλεται το στίγμα σε μία οθόνη με γραφική απεικόνιση της Γης, κάτι το οποίο γίνεται με το απαραίτητο λογισμικό.

Τα συστήματα γεωγραφικού εντοπισμού θέσης που υπάρχουν είναι, το Αμερικάνικο GPS(Global Positioning System), το οποίο είναι και το πιο δημοφιλές. Το GALILEO που είναι το ευρωπαϊκό πρόγραμμα που θα τεθεί σε λειτουργία από την Ευρωπαϊκή Ένωση με στόχο να προσφέρει τεχνολογική ανεξαρτησία από το Αμερικάνικο GPS. Υπάρχει επίσης και το GLONASS το οποίο είναι Ρωσικό. Ακόμη, η Κίνα έχει εξαγγείλει την δημιουργία γεωγραφικού συστήματος εντοπισμού θέσης.

Στην συνέχεια θα αναλύσουμε το GPS, και το Galileo. Το GPS είναι βέβαια σε λειτουργία ενώ το Galileo αναμένεται τα επόμενα χρόνια (έως το 2013) να τεθεί σε λειτουργία. [4]

Υπάρχουν επίσης και τα περιφερειακά συστήματα πλοήγησης (Regional Navigation Satellite Systems), τα οποία αναπτύσσονται με μικρό αριθμό δορυφόρων για την κάλυψη των αναγκών περιορισμένης γεωγραφικής περιοχής. Τα κυριότερα περιφερειακά συστήματα που λειτουργούν ή που βρίσκονται σε φάση ανάπτυξης είναι τα:

- IRNSS(Indian Regional Navigational Satellite System)

Πρόκειται για το Ινδικό σύστημα και αναπτύσσεται από τον Ινδικό οργανισμό διαστημικής έρευνας. Αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2012.

- QZSS(Quasi Zenith Satellite System)

Το σύστημα QZSS πρόκειται να παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη του GPS στην Ιαπωνία.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- DORRIS (Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite)

Το σύστημα DORRIS αναπτύσσεται από την Γαλλία.

- ΒΕΙΔΟΥ

Έχει αναπτυχθεί από την Κίνα και είναι ήδη σε λειτουργία. Αποτελείται από 3 δορυφόρους.

- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

Αποτελεί το Ευρωπαϊκό περιφερειακό σύστημα και είναι ήδη σε λειτουργία. Θα είναι η βάση για το Galileo.[1]

5.4.1 GPS (Global Positioning System)

Το GPS ή Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης ενός αντικειμένου. Βασίζεται σε ένα δίκτυο 24 δορυφόρων που δημιουργούν ένα πλέγμα που καλύπτει όλη την Γη(Εικόνα 5-4). Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε το πλέγμα που δημιουργούν οι 24 δορυφόροι.

Οι δορυφόροι εντοπίζουν το σήμα ενός δέκτη GPS και παρέχουν ακριβείς πληροφορίες που αφορούν την γεωγραφική του θέση, την ταχύτητα του, το υψόμετρο του και την κατεύθυνση κίνησης του.



Εικόνα 5-4 Πλέγμα δορυφόρων[18]

Η πρώτη χρήση του GPS ήταν για στρατιωτικούς σκοπούς και δημιουργήθηκε από το Αμερικάνικο Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Την δεκαετία του 1990 έγινε γνωστό και άρχισε να διατίθεται για ελεύθερη χρήση.

Τα επιμέρους τμήματα στα οποία πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του είναι τρία: το επίγειο τμήμα ελέγχου, το διαστημικό τμήμα και το τμήμα τελικού χρήστη. Ακολουθεί ανάλυση των τριών τμημάτων.[4]

- Το διαστημικό τμήμα

Αποτελείται από 24 δορυφόρους που καλύπτουν όλο τον πλανήτη. Άλλωστε ο σκοπός του GPS είναι η διαθεσιμότητα σε κάθε σημείο της Γης. Οι δορυφόροι εκτελούν δυο περιστροφές γύρω από την Γη κάθε 24 ώρες και βρίσκονται σε ύψος 12.700 μιλίων από την επιφάνεια της Γης.

- Επίγειο τμήμα ελέγχου

Αυτό το τμήμα αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, τα οποία είναι διασκορπισμένα σε συγκεκριμένα σημεία της Γης. Ο κύριος και επανδρωμένος σταθμός βρίσκεται στο Κολοράντο των ΗΠΑ και είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας όλων των σταθμών.

- Τμήμα τελικού χρήστη

Αποτελείται από τους χιλιάδες δέκτες GPS, που έχουν στην κατοχή τους οι χρήστες της υπηρεσίας. Οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό που προβάλλει σε οθόνη ένα χάρτη με το ακριβές στίγμα του δέκτη.

Ένας φορητός δέκτης, όπως μια κοινή συσκευή για χρήση στο αμάξι, αποτελείται από την εσωτερική δορυφορική κεραία η οποία λαμβάνει το σήμα από τους δορυφόρους, τον κυρίως δέκτη GPS ο οποίος χρησιμοποιεί κυκλώματα χαμηλού θορύβου, την οθόνη απεικόνισης και όλο το υπόλοιπο σύστημα για την επικοινωνία με τον χρήστη. Ένα παράδειγμα μίας συσκευής GPS προβάλλεται στην εικόνα που ακολουθεί(Εικόνα 5-5).



Εικόνα 5-5 Συσκευή GPS[19]

5.4.2 GALILEO

Το Galileo είναι το Ευρωπαϊκό σύστημα πλοήγησης και πήρε το όνομα του από τον Ιταλό επιστήμονα Γαλιλαίο. Θα αποτελέσει το Ευρωπαϊκό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης όταν ολοκληρωθεί το 2013. Ως κύριο πλεονέκτημα του θα είναι η μη στρατιωτική του δέσμευση. Τα συστήματα του Galileo πρόκειται να είναι διαλειτουργικά και συμβατά με τα άλλα δυο συστήματα (GPS και GLONASS).

Ένας χρήστης θα έχει την δυνατότητα να υπολογίσει την γεωγραφική του θέση με έναν δέκτη με ακρίβεια 1m σε αντίθεση με το GPS που έχει ακρίβεια 10m. Αυτό θα κάνει το Galileo το κατάλληλο μέσο για εφαρμογές όπου η ασφάλεια είναι κρίσιμος παράγοντας, όπως την προσγείωση/απογείωση αεροπλάνων, ρυμούλκηση πλοίων κτλ.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη του Galileo είναι κυρίως η επιθυμία της Ευρώπης για ανεξαρτητοποίηση από το Αμερικάνικο GPS. Επίσης με το Galileo η Ευρωπαϊκή αγορά θα έχει την δυνατότητα να αξιοποιήσει τις τεχνολογικές και οικονομικές ευκαιρίες που ανοίγονται στον ορίζοντα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα οικονομικά οφέλη που θα υπάρξουν με το πρόγραμμα Galileo.[1]

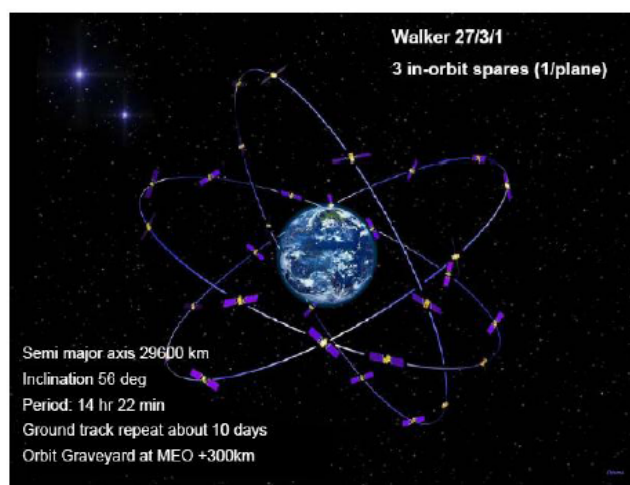
ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Πίνακας 5-1 Έσοδα -Έξοδα του συστήματος Galileo

Υπολογιζόμενα Έξοδα του προγράμματος	3,5δισ€
Έσοδα από:	
Αγορά εξοπλισμών για τον χρήστη	88δισ€
Αγορά υπηρεσιών για τον χρήστη	112δισ€
Εξαγωγές Ευρωπαϊκών βιομηχανιών εξοπλισμών που θα δημιουργηθεί από το Galileo	70δισ€
Σύνολο Εσόδων	270δισ€
Και 100.000 νέες θέσεις εργασίας	

Διαστημικό τμήμα

Το διαστημικό τμήμα του Galileo θα αποτελείται από 30 δορυφόρους σε τρία τροχιακά επίπεδα. Κάθε επίπεδο θα έχει 9 δορυφόρους σε λειτουργία και ένα εφεδρικό για την περίπτωση κάποιου προβλήματος στους άλλους. Η διάταξη τους θα είναι όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα(Εικόνα 5-6).



Εικόνα 5-6 Διάταξη δορυφόρων του συστήματος Galileo

ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Μέχρι στιγμής έχουν σταλεί 2 δορυφόροι οι GIOVE-A και GIOVE-B. Κάθε δορυφόρος του συστήματος Galileo θα φέρει 5 κεραίες. Στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 5-7) φαίνεται μία κεραία που χρησιμοποιείται για τους δορυφόρους του συστήματος Galileo. [17]

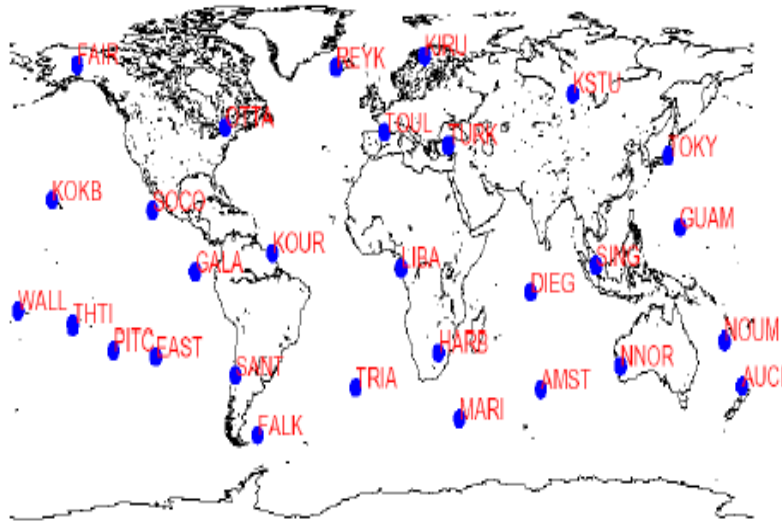


Εικόνα 5-7 Δορυφορική κεραία του συστήματος Galileo

Επίγειο τμήμα

Το λειτουργικό τμήμα του εδάφους του Galileo θα παρακολουθεί, θα ελέγχει και θα ενημερώνει το αντίστοιχο τμήμα του διαστήματος. Θα αποτελείται από 2 κέντρα ελέγχου, 30 σταθμούς παρακολούθησης, 5 σταθμούς τηλεμετρίας και 9 σταθμούς επικοινωνίας.

Τα 2 κέντρα ελέγχου θα βρίσκονται στην Ευρώπη. Οι υπόλοιποι 30 σταθμοί θα κατανεμηθούν ανά τον κόσμο. Αυτήν την στιγμή υπάρχουν ήδη 13 σταθμοί ανά τον κόσμο. Μια πιθανή τοποθέτηση των σταθμών φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.[1]



Εικόνα 5-8 Πιθανή τοποθεσία σταθμών του επίγειου τμήματος Galileo

Χρονοδιάγραμμα

Η δημιουργία του Galileo είναι μια κοινή πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκής υπηρεσίας διαστήματος (ESA). Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι υπεύθυνη για την πολιτική διάσταση και τον καθορισμό των στοιχείων του Galileo. Η ESA είναι υπεύθυνη για την τεχνική πλευρά, την ανάπτυξη και τους ελέγχους καταλληλότητας.

Το πρόγραμμα υλοποιείται σε 4 φάσεις:

A) Καθορισμός του συστήματος (1999-2005)

B) Ανάπτυξη και επικύρωση του συστήματος /φάση IOV(In Orbit Validation)(2005-2009)

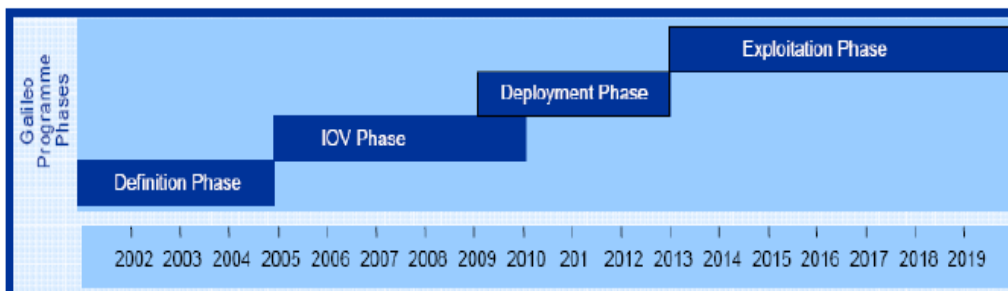
Είναι η φάση που βρισκόμαστε σήμερα και η οποία δεν έχει ολοκληρωθεί. Γίνεται ο έλεγχος των απαιτήσεων του συστήματος που τέθηκαν στην α' φάση. Το επόμενο βήμα είναι ο μερικός σχηματισμός 4-6 δορυφόρων σε τροχιά.

Γ)Εγκατάσταση του συστήματος/ φάση FOC(Full Operation Capability) (2009-2013)

Είναι η φάση της πλήρους ολοκλήρωσης του προγράμματος. Περιλαμβάνει την κατασκευή 26 δορυφόρων και την πλήρη συγκρότηση του επίγειου και διαστημικού τμήματος.

Δ)Εμπορική εκμετάλλευση(2013-)

Περιλαμβάνει την εμπορική εκμετάλλευση, την συντήρηση των δορυφόρων, την πλήρη λειτουργία όλων των τμημάτων (επίγειο τμήμα, δορυφόροι, χρήστες) και κάθε άλλη δραστηριότητα που απαιτείται για την ομαλή λειτουργία. Το χρονοδιάγραμμα φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5-9 Χρονοδιάγραμμα Galileo

Το σύστημα Galileo αναμένεται να παρέχει σημαντικές υπηρεσίες στην καθημερινή μας ζωή. Η λειτουργία του θα βοηθήσει σε πολλούς τομείς όπως στις οδικές μεταφορές, στις μεταφορές σιδηροδρόμων, στις εναέριες μεταφορές, στις θαλάσσιες μεταφορές, στο περιβάλλον και σε εφαρμογές διάσωσης.[1]

5.4.3 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

Το EGNOS αποτελεί την πρώτη προσπάθεια της Ευρώπης για δορυφορικά συστήματα αφού είναι ο προκάτοχος του Galileo. Υπεύθυνη για την ανάπτυξη του είναι η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA) σε συνεργασία με την Κομισιόν και το Eurocontrol.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

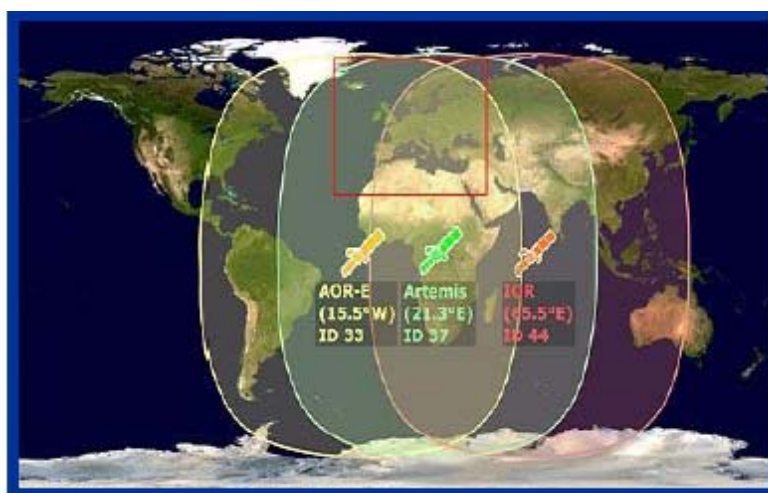
Το δίκτυο αποτελείται από 3 γεωστατικούς δορυφόρους και ένα δίκτυο επίγειων σταθμών που λαμβάνουν, επεξεργάζονται και διορθώνουν σήματα GPS, GLONASS και προβλέπεται όταν τεθεί σε λειτουργία και του Galileo.

Σκοπός του EGNOS είναι να αποτελέσει συμπλήρωμα του GPS και του GLONASS στις πολιτικές εφαρμογές για την περιοχή της Ευρώπης, ενώ όταν τεθεί σε λειτουργία το Galileo για εφαρμογές Safety of life, open service και commercial service. Στην εικόνα(5-10) που ακολουθεί βλέπουμε τις μελλοντικές υπηρεσίες του EGNOS με το Galileo.

Navigation	Open Service	Free to air; Mass market; Simple positioning; free of charge	
	Commercial	High accuracy; Encrypted; Professional guaranteed service	
	Safety of Life	Open Service + Integrity and Authentication of signal	

Εικόνα 5-10 Υπηρεσίες EGNOS / Galileo

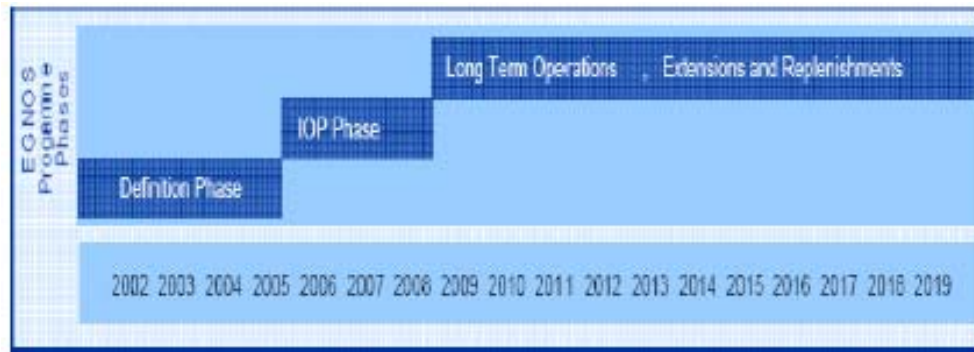
Στην παρακάτω εικόνα(5-11) βλέπουμε την γεωγραφική κάλυψη που μας παρέχει το EGNOS. Η ακρίβεια προσδιορισμού θέσης φθάνει τα 2 μέτρα ενώ η κάλυψη είναι της τάξης του 99%. Στο επόμενο διάστημα πρόκειται να γίνει εγκατάσταση επίγειων σταθμών στην Β. Αφρική και την Μ. Ανατολή.[1]



Εικόνα 5-11 Περιοχή κάλυψης του EGNOS

Χρονοδιάγραμμα EGNOS

Το EGNOS έχει ξεκινήσει από το 1996. Από το 2005 μεταδίδει σήματα υψηλής ποιότητας τυπικά μέσα στο 2010 θα αποκτήσει πιστοποίηση. Στην παρακάτω εικόνα(5-12) βλέπουμε το χρονοδιάγραμμα με τις φάσεις του EGNOS. [1]



Εικόνα 5-12 Χρονοδιάγραμμα EGNOS

5.5 Δορυφορικό Τηλέφωνο

Το δορυφορικό τηλέφωνο (satellite phone) είναι ένα τηλέφωνο κινητής τεχνολογίας το οποίο επικοινωνεί με κάποιο δορυφόρο. Η κάλυψη που παρέχει είναι είτε παγκόσμια είτε συγκεκριμένων περιοχών. Η διαφορά από μία απλή τηλεφωνική συσκευή έγκειται στο μέγεθος της κεραίας που είναι μεγαλύτερη. Σε περίπτωση που θέλουμε καλύτερο σήμα, μπορεί να τοποθετηθεί και εξωτερική κεραία.

Βρίσκει χρήση κυρίως σε περιοχές που δεν υπάρχει ενσύρματο δίκτυο τηλεφωνίας. Το μειονέκτημα του δορυφορικού τηλεφώνου είναι ότι εάν παρεμβάλλεται κάποιο αντικείμενο μεταξύ δορυφόρου και τηλεφώνου η ποιότητα επικοινωνίας υποβαθμίζεται. Το πλεονέκτημα είναι η παγκόσμια επικοινωνιακή κάλυψη.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα δορυφορικό τηλέφωνο. Χαρακτηριστικό του είναι η μεγάλη κεραία(Εικόνα 5-6).[4]



Εικόνα 5-13 Δορυφορικό τηλέφωνο[18]

5.6 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο είδαμε τις σημαντικότερες δορυφορικές υπηρεσίες που μας παρέχουν οι δορυφορικές επικοινωνίες. Αναλύσαμε την δορυφορική τηλεόραση, το δορυφορικό ραδιόφωνο, το δορυφορικό Internet, τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης και το δορυφορικό τηλέφωνο.

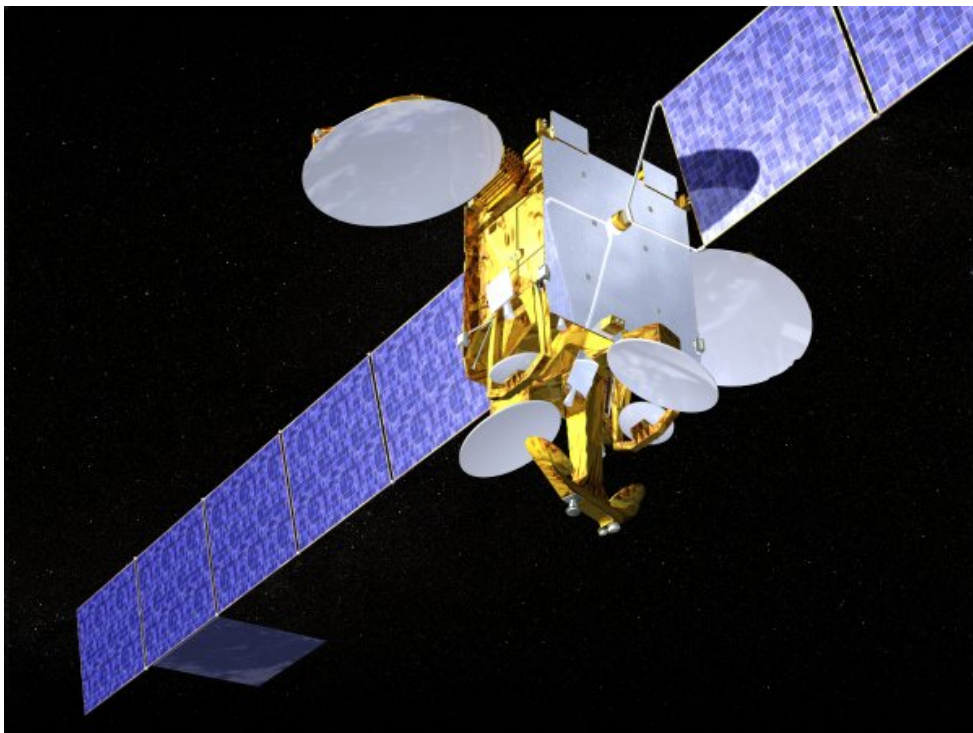
Στο επόμενο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τον Ελληνικό δορυφόρο Hellas Sat. Θα αναφέρουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, τις υπηρεσίες που μας προσφέρει και θα αναπτύξουμε επίσης τα οφέλη που μας παρέχει.

6 HELLAS SAT

6.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον πρώτο ιδιόκτητο Ελληνικό δορυφόρο που στάλθηκε στο διάστημα. Ο Hellas Sat είναι γεωστατικός δορυφόρος και χρησιμοποιείται καθαρά για την παροχή τηλεοπτικών και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Οι εταιρείες Hellas Sat A.E και Hellas Sat Consortium Ltd. διαχειρίζονται και εκμεταλλεύονται εμπορικά τον Ελληνικό Δορυφόρο Hellas Sat.

Παρακάτω αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τον Hellas Sat. Επίσης αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Hellas Sat(Εικόνα 6-1) και οι δορυφορικές υπηρεσίες που μας παρέχει. Αναφέρεται ακόμη η γεωγραφική κάλυψη που παρέχει σε περιοχές.



Εικόνα 6-1 Hellas-Sat

6.2 Γενικές Πληροφορίες

Ο Hellas Sat κατασκευάστηκε από την εταιρεία Astrium και εκτοξεύτηκε την Τετάρτη 14 Μαΐου 2003. Υπεύθυνη για την εκτόξευση του ήταν η αμερικάνικη εταιρεία International Launch Services (ILS). Ο δορυφόρος εκτοξεύτηκε από το ακρωτήριο Κανάβεραλ(Εικόνα 6-2) στην Φλόριντα (ΗΠΑ) και το όχημα που μετέφερε τον δορυφόρο στο διάστημα ήταν ο πύραυλος Atlas V 401.Ο Hellas Sat είναι δορυφόρος τύπου EUROSTAR E2000+. [4]



Εικόνα 6-2 Εκτόξευση από το ακρωτήριο Κανάβεραλ[15]

Μέλη της κοινοπραξίας του Hellas Sat είναι ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος(Ο.Τ.Ε) με ποσοστό 83,34%, η Ελληνική Αεροναυτική Βιομηχανία(Ε.Α.Β) με ποσοστό 3,93%, η Κυπριακή Τράπεζα Ανάπτυξης με ποσοστό 3,84%, η AvacomNet Services με ποσοστό 8,50% και η Telesat με ποσοστό 0,39%. [4]

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Η εκτόξευση του Hellas Sat ήταν απολύτως επιτυχημένη με μεγάλο βαθμό ακρίβειας. Έτσι ο δορυφόρος δεν χρησιμοποίησε καθόλου από τα δικά του καύσιμα γεγονός που αύξησε την διάρκεια ζωής του κατά δυο χρόνια.

Το συνολικό κόστος του προγράμματος ανήλθε συνολικά στα 170.000.000€. Στο ποσό συμπεριλαμβάνεται το κόστος του δορυφόρου, το κόστος του πυραύλου εκτόξευσης, η ασφάλεια εκτόξευσης και το κόστος λειτουργίας του.[4]

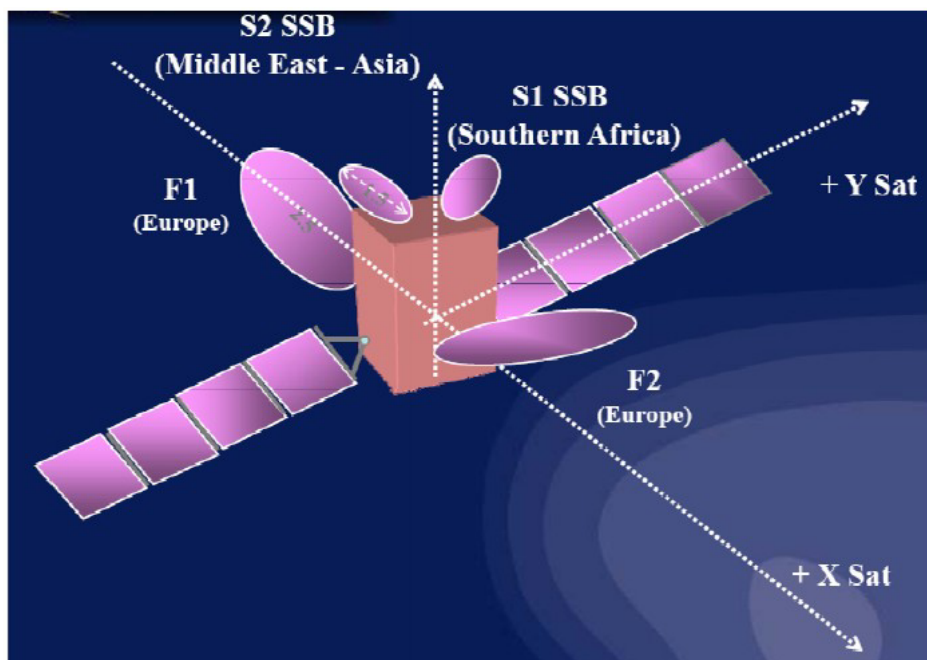


Εικόνα 6-3 Εκτόξευση Hellas Sat

6.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Ο δορυφόρος έχει ύψος 4,9m, μήκος 1,7m και πλάτος 2,5 m. Το συνολικό άνοιγμα των ηλιοσυλλεκτών του είναι 32 m. Ο Hellas Sat έχει 30 αναμεταδότες με χωρητικότητα 36MHz και διαθέτει 8 εφεδρικούς σε περίπτωση κάποιας βλάβης.

Στην παρακάτω εικόνα(Εικόνα 6-4) βλέπουμε την τοποθέτηση του Hellas Sat στο διάστημα και τις περιοχές κάλυψης της κάθε δέσμης. Διαθέτει 4 δέσμες εκ των οποίων οι 2 είναι σταθερές και οι 2 είναι κινητές. Για τις σταθερές η ισχύς εκπομπής είναι 55 dbw ενώ για τις κινητές είναι 52 dbw.[4]



Εικόνα 6-4 Αρχιτεκτονική κεραίας του HellasSat[20]

Όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου HellasSat φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6-1 Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Hellas Sat

Περιγραφή	Γεωστατικό δορυφορικό σύστημα πολλαπλών καλύψεων
Τροχιακή θέση	39° Ανατολικά
Τηλεπικοινωνιακό φορτίο	30 αναμεταδότες των 36MHz Από αυτούς 12 στην σταθερή δέσμη F1, 6 στην σταθερή δέσμη F2, 12 στην κινητή δέσμη S1 και 6 στην κινητή δέσμη S2

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Πίνακας 6-2 Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Hellas Sat

Κάλυψη	<p>Πανευρωπαϊκή για τις δέσμες F1 και F2</p> <p>Οι κινητές δέσμες μπορούν να καλύπτουν δυο περιοχές από τις παρακάτω:</p> <p>N. Αφρική, Μ. Ανατολή, Νοτιοανατολική Ασία, μέρος της Ινδίας, μέρος της Αυστραλίας.</p>
EIRP καθοδικής ζεύξης	<p>53dBW στο κέντρο της δέσμης για τις σταθερές δέσμες</p> <p>51dBW στο κέντρο της δέσμης για τις κινητές δέσμες</p>
G/T καθοδικής ζεύξης	<p>+6dB/K στο κέντρο της δέσμης για σταθερές δέσμες</p> <p>+4dB/k στο κέντρο της δέσμης για κινητές δέσμες</p>
Συχνότητες	<p>Ζώνη Ku –band</p> <p>Downlink 10.95-11.2/11.45-11.70/12.50-12.75 GHz</p> <p>Uplink 13.75-14.5GHz</p>
Πόλωση	Κάθετη / Οριζόντια
Χρόνος ζωής	17 έτη
Μάζα κατά την εκτόξευση	4150kg
Μάζα χωρίς καύσιμα	1729kg
Εκπέτασμα	2 x 9,72m ηλιακοί συλλέκτες
Ηλεκτρική ισχύς	5,6kW

6.4 Συχνότητες

Η σταθερή δέσμη F1 έχει 12 αναμεταδότες και καλύπτει όλη την Ευρώπη και τα παράλια της Τουρκίας. Οι συχνότητες που εκπέμπει είναι για το uplink 13.75-14.00GHz.

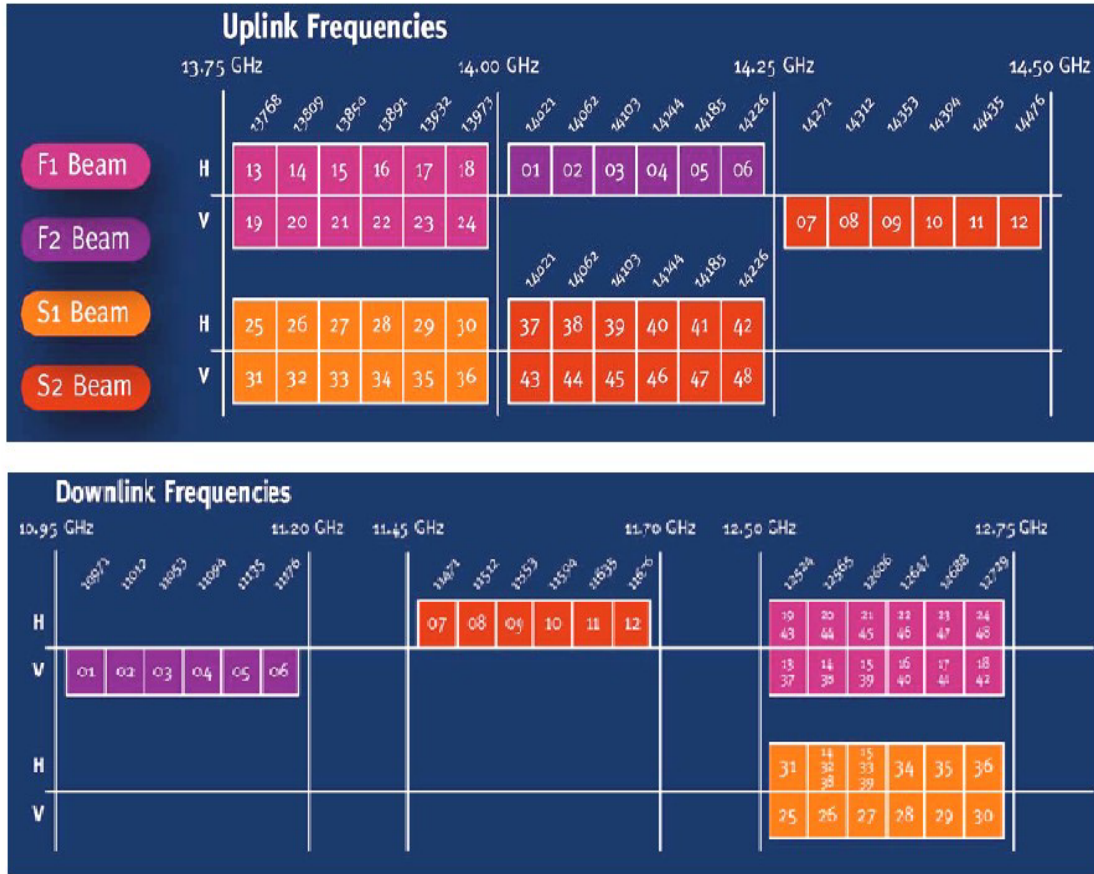
Η σταθερή δέσμη F2 έχει 6 αναμεταδότες και καλύπτει την ίδια περιοχή με την F1. Οι συχνότητες λειτουργίας της είναι 14.00-14.25GHz για το uplink και 10.95-11.2GHz για το downlink.

Η κινητή δέσμη S1 καλύπτει την περιοχή της Ν. Αφρικής και διαθέτει 12 αναμεταδότες. Οι συχνότητες λειτουργίας της για το uplink είναι 13.75-14.00GHz ενώ το downlink είναι 12.50-12.75GHz.

Η κινητή δέσμη S2 καλύπτει ένα τμήμα της Ευρώπης και ολόκληρη την Μ. Ανατολή. Έχει 6 αναμεταδότες και οι ζώνες συχνοτήτων της είναι 14.25-14.50GHz για το uplink και 11.45-11.70GHz για το downlink.

Η λήψη και η εκπομπή γίνονται μέσω 4 κεραιών διπλής πόλωσης. Δηλαδή μπορούν ταυτόχρονα να εκπέμπουν και να λαμβάνουν σε δυο ορθογωνικές γραμμικές πολώσεις στην ίδια συχνότητα. Οι δυο πολώσεις σημειώνονται ως οριζόντια - H(Horizontal) και ως κατακόρυφη - V(Vertical). Τα σήματα που λαμβάνονται από μία πόλωση H ή V, μεταδίδονται στην ορθογωνική της πόλωση V ή H.

Οι δυο σταθερές κεραιές έχουν σταθερό κάτοπτρο 2.5m και οι δυο κατευθυνόμενες έχουν κάτοπτρο 1.3m. Ακολουθεί το διάγραμμα συχνοτήτων για τον δορυφόρο Hellas Sat.(Εικόνα 6-5)[4]



Εικόνα 6-5 Διάγραμμα συχνοτήτων του Hellas Sat[15]

6.5 Κωδικοποίηση

Ο δορυφόρος Hellas Sat όπως και η πλειοψηφία των δορυφόρων χρησιμοποιεί κωδικοποίηση BPSK και QPSK.

Στις δορυφορικές ψηφιακές μεταδόσεις συνήθως χρησιμοποιούνται οι:

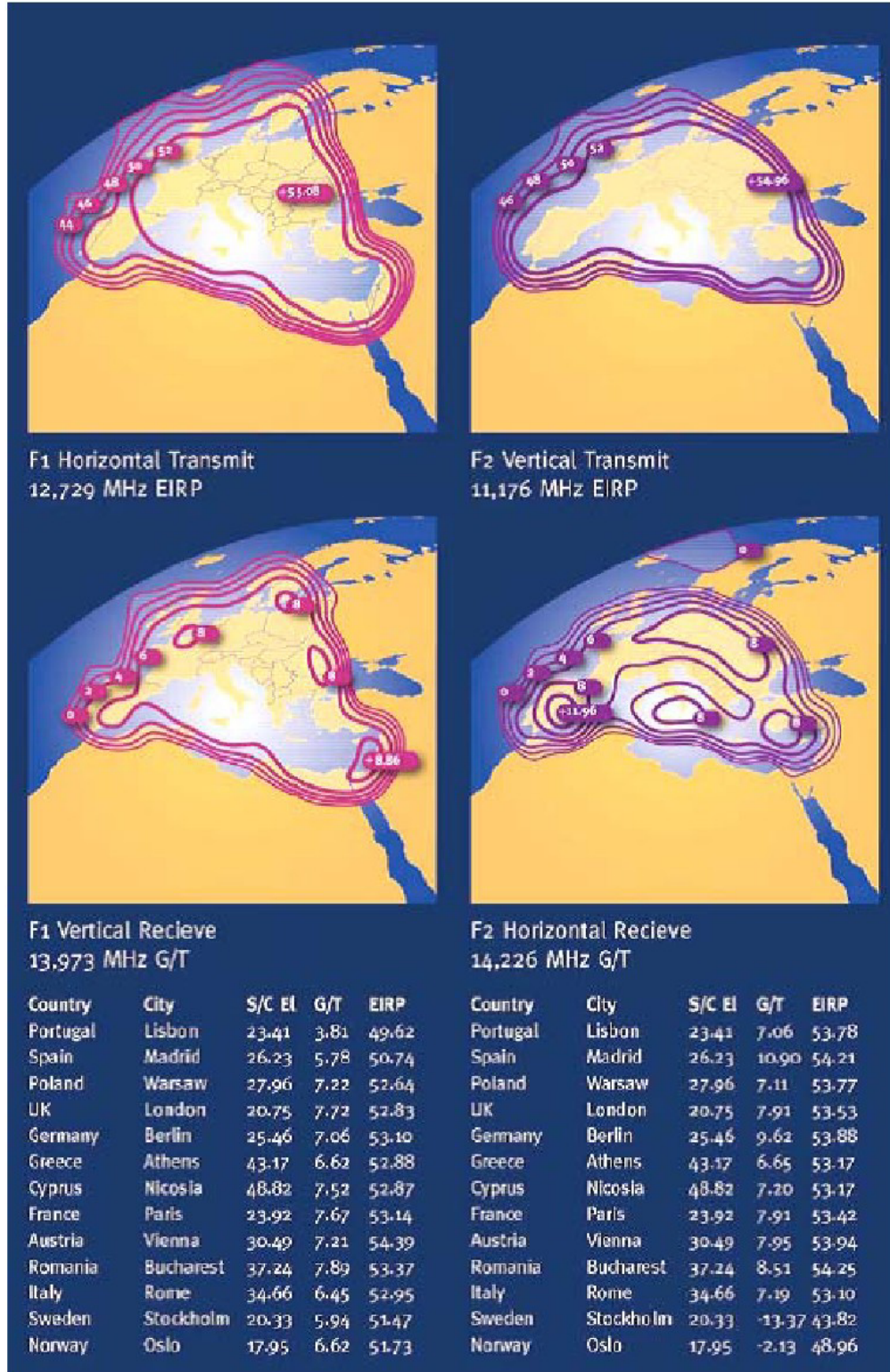
- QPSK αποδιαμόρφωση
- BPSK αποδιαμόρφωση

6.6 Περιοχές Κάλυψης

Οι περιοχές κάλυψης του Hellas Sat όπως αναφέραμε είναι η Ευρώπη, η Μέση Ανατολή και η Νότιος Αφρική. Ωστόσο με τις μετακινούμενες δέσμες ο HellasSat μπορεί να καλύψει κάθε ορατή περιοχή της Γης από την θέση που βρίσκεται.

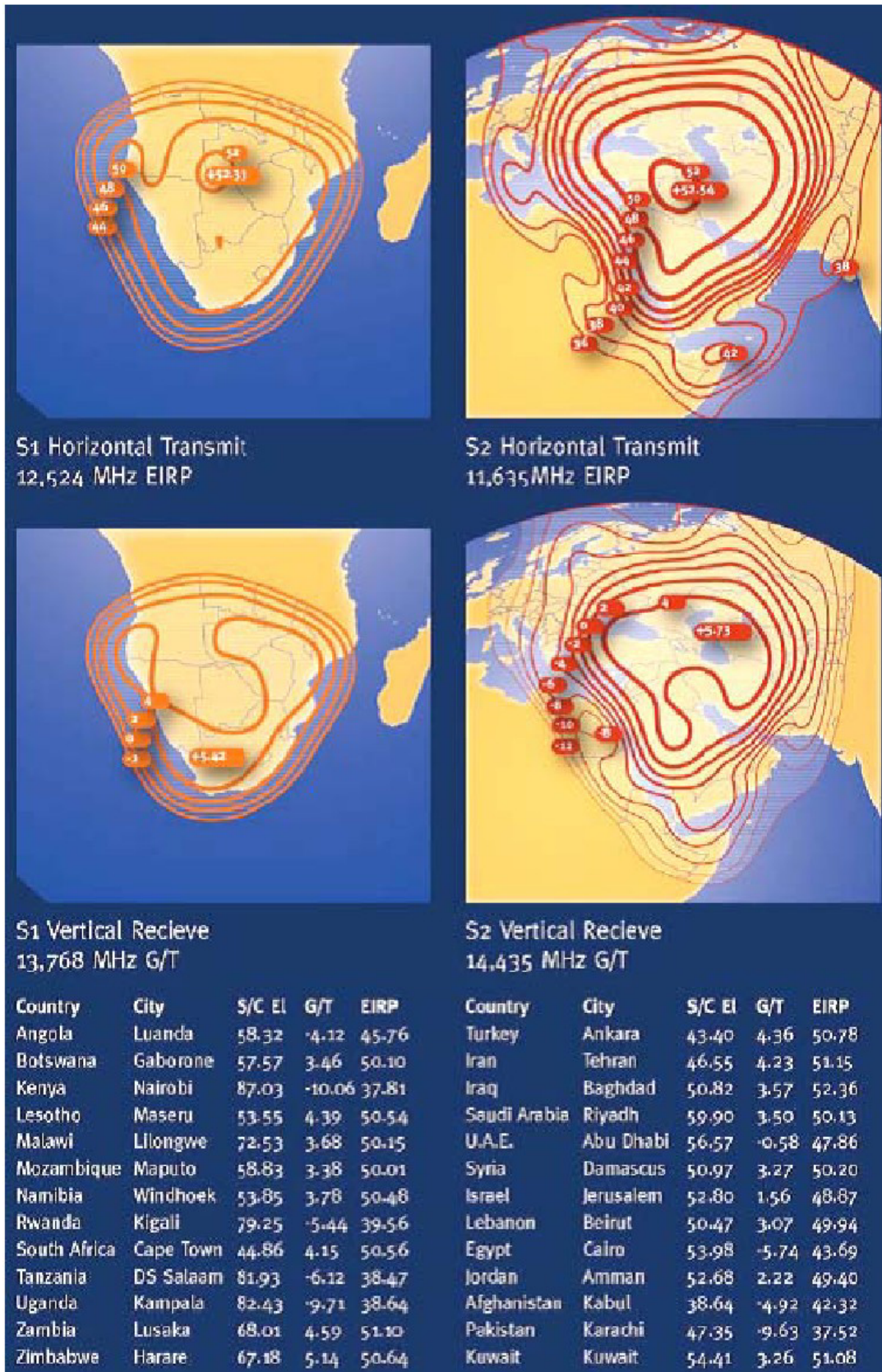
ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ακολουθούν εικόνες(Εικόνα 6-6 και 6-7) που μας δείχνουν τις περιοχές που καλύπτει ο HellasSat καθώς και τις ζώνες συχνοτήτων του. Σε κάθε δέσμη βλέπουμε δυο εικόνες λόγω των ορθογωνικών πολώσεων.[15]



Εικόνα 6-6 Περιοχές κάλυψης για τις σταθερές δέσμες F1 και F2 και χαρακτηριστικά για κάθε περιοχή κάλυψης[15]

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 6-7 Περιοχές κάλυψης για τις κινητές δέσμες S1 και S2 και χαρακτηριστικά για κάθε περιοχή κάλυψης[15]

6.7 Hellas Sat - Δορυφορικές Υπηρεσίες

Οι κυριότερες υπηρεσίες που παρέχει ο Hellas Sat είναι οι εξής:

- Δορυφορική μετάδοση ήχου και εικόνας σε κωδικοποιημένη ή μη κωδικοποιημένη μορφή.
- Μόνιμη σύνδεση
- Ευκαιριακή σύνδεση Satellite News Gathering(SNG)
- Δορυφορικές υπηρεσίες Fast Internet
- Μονοσημειακή μετάδοση(unicast)
- Πολυσημειακή μετάδοση(multicast)
- Δίκτυα VSAT
- Εξυπηρέτηση δικτύων τηλεφωνίας
- Μεταφορά ραδιοηλεκτρονικών προγραμμάτων(Distribution – Contribution)
- Εκπομπή ραδιοηλεκτρονικών προγραμμάτων προς το κοινό(Direct to Home Broadcasting)
- Εξυπηρέτηση δικτύων δεδομένων
- Εξυπηρέτηση κλειστών δικτύων επιχειρήσεων Δημοσίου (χρήση για φωνή, δεδομένα ή εικόνα)
- Ενοικίαση χωρητικότητας
- Ενοικίαση ολόκληρου αναμεταδότη(Full Transponder)
- Ενοικίαση μέρους της χωρητικότητας αναμεταδότη(Fractional Transponder)

Επιπλέον υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας με την χρήση κατάλληλης υποδομής:

- Τηλεϊατρική

Είναι η δυνατότητα διασύνδεσης νοσοκομείων ανά την επικράτεια με ένα κεντρικό κόμβο.

- Τηλεκπαίδευση

Είναι η δυνατότητα παρακολούθησης εκπαιδευτικών σεμιναρίων ή πανεπιστημιακών διαλέξεων από απομακρυσμένα σημεία ή σε χώρες όπου δεν υπάρχει η κατάλληλη τηλεπικοινωνιακή υποδομή.

Άλλες εφαρμογές:

- Σύνδεση μηχανών ATM για τραπεζικές συναλλαγές
- Σύνδεση υποκαταστημάτων πολυεθνικών εταιρειών για low-data εφαρμογές
- Υποκατάσταση του επίγειου τηλεπικοινωνιακού σε χώρες όπου δεν υπάρχει τηλεπικοινωνιακή υποδομή

Οφέλη για δημόσιες ή ιδιωτικές επιχειρήσεις

Οι χρήστες των υπηρεσιών του Hellas Sat είναι κρατικοί φορείς και ιδιώτες. Σε επίπεδο κράτους είναι υπουργεία, δημόσιοι οργανισμοί, πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα. Ο Hellas Sat θεωρείται ιδανική λύση για την δικτύωση ελληνικών πρεσβειών, την παροχή υπηρεσιών τηλεϊατρικής, τηλεδιάγνωσης, τηλεθεραπείας, τηλε-εργασίας και την επικοινωνία μεταξύ δημόσιων υπηρεσιών. Αξιοποιείται επίσης από το υπουργείο Αμύνης, όπου γίνεται πιο εύκολη η διαχείριση των ενόπλων δυνάμεων και τα υπουργεία Εσωτερικών, Εξωτερικών και Υγείας.

Ο Hellas Sat μπορεί επίσης να στηρίξει αεροναυτικές εφαρμογές, εθνική ασφάλεια και πολιτική άμυνα, εκπαίδευση, αντιμετώπιση μεγάλων καταστροφών και εκτάκτων αναγκών, παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών, εμπορική ναυτιλία και αλιεία, ηλεκτρονική διακυβέρνηση, έκτακτες στρατιωτικές εφαρμογές, υπηρεσίες υγείας, σιδηροδρομικές και οδικές μεταφορές, υποστήριξη και προβολή της εικόνας της Ελλάδας στο εξωτερικό.

Σε επίπεδο ιδιωτών οι επιχειρήσεις είναι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί και διάφοροι ραδιοτηλεοπτικοί σταθμοί. Υπάρχει μάλιστα ήδη ενδιαφέρον από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς βαλκανικών χωρών, από ευρωπαϊκές εταιρείες παροχής δορυφορικών υπηρεσιών και από πολυεθνικές εταιρείες συγκέντρωσης και διανομής τηλεοπτικών προγραμμάτων. [4]

Στο πλαίσιο του σχεδιασμού για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας, χρηματοδοτείται η αξιοποίηση του δορυφόρου Hellas SAT για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε νησιά ή άλλες απομακρυσμένες περιοχές της χώρας. Αναπτύσσονται υποδομές δορυφορικών συστημάτων σύνδεσης και πρόσβασης για απομακρυσμένα σημεία δημοσίου ενδιαφέροντος, όπως σχολεία, κέντρα υγείας κλπ. Όστε να είναι δυνατή η παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Χρήσεις του Hellas SAT:

- Γενικές μεταδόσεις δεδομένων
- Εφαρμογές πραγματικού χρόνου(φωνή, ήχος, εικόνα)
- Γρήγορο Internet
- Τηλεϊατρική
- E-learning
- Video conferencing

Εφαρμογές του Hellas-Sat σε σημαντικούς τομείς

Τηλε-εκπαίδευση (E-learning)

Μια πολύ σημαντική κατηγορία υπηρεσιών αφορά διαδικασίες για το e-learning. Ο όρος e-learning αναφέρεται σε διαδικασίες που στοχεύουν με την χρήση διαφόρων τεχνικών στην εκμάθηση μέσω διαδικτύου. Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με το e-learning είναι η παροχή μαθημάτων σε φοιτητές και μαθητές online με χαμηλό κόστος (multicast of online courses) και η δημιουργία online βιβλιοθηκών. Με την χρήση των βιβλιοθηκών υπάρχει πρόσβαση του κοινού για αναζήτηση και απόκτηση γνώσης.[4]

Με την χρήση του δορυφόρου Hellas Sat διαφαίνονται τα πρώτα πλεονεκτήματα σχετικά με το e-learning, καθώς ανακοινώθηκε ότι απομακρυσμένα σχολεία της Αλβανία και της Κύπρου θα έχουν πλέον πρόσβαση στο Internet. Η Κύπρος θα καλυφθεί ολόκληρη γεωγραφικά με ευρυζωνική πρόσβαση. Με αυτό τον τρόπο 153 κοινότητες της υπαίθρου στην Κύπρο θα έχουν ευρυζωνική σύνδεση μέσω του Hellas SAT. Από αυτές οι 25 διαθέτουν δημοτικά σχολεία τα οποία θα μπορούν να έχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες ασύρματης σύνδεσης. Χωρίς την χρήση δορυφόρου, η κάλυψη σε

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

αυτά τα μέρη θα ήταν ασύμφορη καθώς το κόστος για ενσύρματο δίκτυο είναι απαγορευτικό.

Επίσης εκτός από την Κύπρο και 300 σχολεία στην Αλβανία θα μπορούν να έχουν ευρυζωνικές συνδέσεις με πρωτοβουλία της εταιρίας Hellas SAT και σε συνεργασία με την Αλβανική STARSAT. [4]



Εικόνα 6-8 Αίθουσα τηλε-εκπαίδευσης

Τηλε-εργασία

Η συγκεκριμένη υπηρεσία μας προσφέρει το απαραίτητο περιβάλλον για εφαρμογές «απομακρυσμένου γραφείου» (remote office). Υπάρχει εγκατεστημένος κεντρικός υπολογιστής ο οποίος φιλοξενεί δομή των αρχείων και των εφαρμογών ενός γραφείου. Έτσι προσφέρονται υπηρεσίες σε εξουσιοδοτημένους χρήστες, οι οποίοι με μικρή υπολογιστική ισχύ στα τερματικά τους χειρίζονται απαιτητικές εφαρμογές μέσω δικτύου.

Συνολικά ένα περιβάλλον τηλε-εργασίας προσφέρει υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (E-mail), μεταφοράς αρχείων (file transfer) και απομακρυσμένης πρόσβασης σε εξουσιοδοτημένους χρήστες σε βάσεις δεδομένων και εφαρμογές. Επίσης προσφέρεται τηλεδιάσκεψη με χρήση εικόνας, κειμένου ή ήχου, επικοινωνία μεγάλων ταχυτήτων για την διακίνηση μεγάλου όγκου δεδομένων και παροχή περιβάλλοντος βοήθειας για την αντιμετώπιση προβλημάτων.

Τα οφέλη της τηλε-εργασίας είναι η αύξηση της απόδοσης και η μείωση του λειτουργικού κόστους.[4]

Τηλεϊατρική

Οι εφαρμογές της τηλεϊατρικής έχουν μεγάλη κοινωνική σημασία. Σε μία χώρα όπως η Ελλάδα με τις γεωγραφικές της ιδιαιτερότητες (απομακρυσμένα νησιά), η εφαρμογή της τηλεϊατρικής που παρέχεται από δορυφορικά συστήματα κρίνεται απολύτως αναγκαία. Έτσι εκπαιδευμένοι γιατροί μπορούν να δώσουν λύση σε σημαντικά προβλήματα υγείας ενώ βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση(Εικόνα 6-9).

Με την τηλεϊατρική μετατρέπεται η ιατρική πληροφορία σε ηλεκτρονική και στέλνεται σε εξειδικευμένα κέντρα για διάγνωση. Διακρίνονται 4 κύριες κατευθύνσεις τηλεϊατρικής.[4]

- Τηλεδιάγνωση

Είναι η διαδικασία όπου από απόσταση γίνεται η μελέτη των ιατρικών εξετάσεων (ακτινογραφίες, εξετάσεις κλπ.) και καταλήγουν οι γιατροί σε πόρισμα.

- Τηλεθεραπεία

Είναι η διαδικασία της από απόσταση παρακολούθησης ασθενών. Ο ασθενής επισκέπτεται ένα κέντρο υγείας και με τον κατάλληλο εξοπλισμό παρακολουθείτε και του παρέχεται ιατρική φροντίδα.

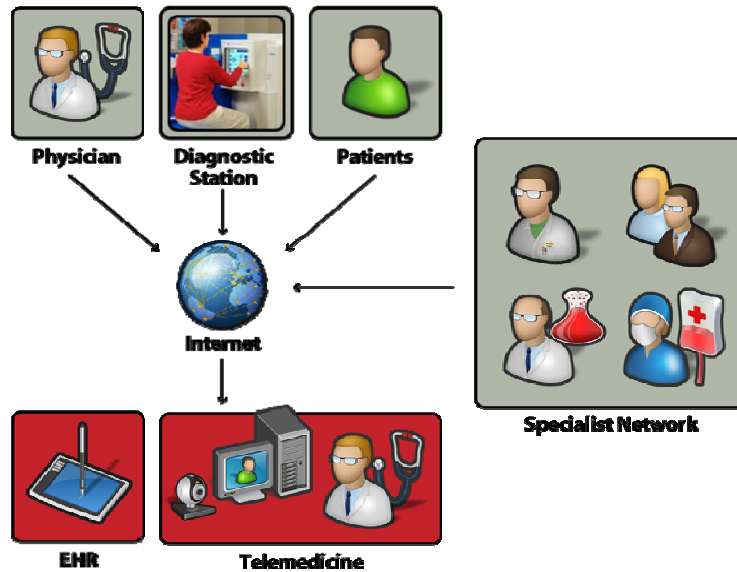
- Τηλεκπαίδευση

Είναι η διαδικασία για την εκπαίδευση και την συνεχή ενημέρωση του προσωπικού σε διάφορους τομείς της ιατρικής.

- Τηλεσυμβουλευτική

Είναι η διαδικασία που καλύπτει την ανάγκη ανταλλαγής απόψεων για την αντιμετώπιση σύνθετων καταστάσεων όπου απαιτείται.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ



Εικόνα 6-9 Τηλεϊατρική

Ηλεκτρονική διακυβέρνηση (E-government)

Με τις εφαρμογές της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης παρέχεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης του πολίτη και των επιχειρήσεων από το σημείο όπου βρίσκονται για συναλλαγές με το δημόσιο. Σε μία χώρα με την γεωγραφική ιδιαιτερότητα της Ελλάδας οι υπηρεσίες αυτές βοηθούν τους πολίτες από μετακινήσεις (π.χ. Ένας κάτοικος μικρού νησιού θα πρέπει να μεταβεί σε κάποιο πιο κεντρικό σημείο για την εξυπηρέτησή του, όπως πολεοδομία, εφορία). Με πρόσβαση όμως σε ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω του Hellas Sat οι πολίτες διευκολύνονται στις συναλλαγές τους με το δημόσιο.[4]



Εικόνα 6-10 Ηλεκτρονική διακυβέρνηση

Ηλεκτρονικό Εμπόριο (E-commerce)

Με το ηλεκτρονικό εμπόριο μπορεί με ηλεκτρονικό τρόπο να γίνει αγορά ή πώληση προϊόντων. Ο κλάδος του ηλεκτρονικού εμπορίου θα ανθίσει καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα κάνουν τις συναλλαγές τους μέσω ηλεκτρονικών καταστημάτων. Πλέον όλοι οι άνθρωποι μέσω των ηλεκτρονικών καταστημάτων θα μπορούν να αγοράζουν τα προϊόντα που επιθυμούν και δεν θα περιορίζονται στα προϊόντα της τοπικής αγοράς. [4]



Εικόνα 6-11 Ηλεκτρονικό εμπόριο

6.8 Ρυθμοί Ανάπτυξης

Η εταιρεία Hellas Sat η οποία διαχειρίζεται τον ελληνικό δορυφόρο Hellas Sat κατάφερε να καταγράψει σημαντικούς ρυθμούς ανάπτυξης για το 2009. Ο Ελληνικός δορυφόρος παρέχει δορυφορικές υπηρεσίες στην Ευρώπη, την Μ. Ανατολή και την Ν. Αφρική.

Τα έσοδα για την εταιρεία Hellas Sat ανήλθαν σε 27.500.000€. Σε σύγκριση με το 2008 υπήρξε αύξηση της τάξης του 8,4%. Τα καθαρά κέρδη της εταιρεία αυξήθηκαν σε σύγκριση με το 2008 κατά 247,2% που εκφράζεται σε ένα ποσό της τάξης των 6.200.000€.

Υπολογίζεται ότι το 2009 περίπου 2.500.000 νοικοκυριά χρησιμοποιούν τον δορυφόρο Hellas Sat για διάφορες υπηρεσίες. Από αυτούς 1.500 χρήστες χρησιμοποιούν υπηρεσίες Internet που παρέχει ο δορυφόρος.

Λόγω της επιτυχίας του δορυφόρου Hellas Sat οι υπεύθυνοι της εταιρείας κάνουν λόγο για μελλοντική εκτόξευση ενός ακόμα δορυφόρου ώστε να μπορεί να συναγωνιστεί η εταιρεία Hellas Sat μεγάλους δορυφορικούς οργανισμούς. [20]

6.9 Επίλογος

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας ασχοληθήκαμε με τον Ελληνικό δορυφόρο στο διάστημα, τον Hellas Sat. Αναφερθήκαμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου και στις περιοχές κάλυψης. Αναλύσαμε τις υπηρεσίες που προσφέρει ο Hellas Sat και τα οφέλη που έχουμε αποκομίσει από την χρήση του. Οφέλη από τον Hellas Sat δεν έχει μόνο ο ιδιωτικός τομέας αλλά και ο δημόσιος. Στον δημόσιο τομέα αναφερθήκαμε στους κλάδους που η χρησιμότητα του Hellas Sat είναι μεγάλη.

Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τέλος της πτυχιακής εργασίας μπορούμε να συμπεράνουμε αρκετά πράγματα για την σημασία και την λειτουργικότητα των δορυφορικών επικοινωνιών. Η ανάπτυξη που γνωρίζουν τα δορυφορικά συστήματα τα καθιστά ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής μας. Οι υπηρεσίες που μας παρέχουν χρησιμοποιούνται πλέον καθημερινά και είναι αναγκαίες τόσο στον εργασιακό μας χώρο όσο και στην προσωπική μας ζωή.

Στην πτυχιακή αρχικώς μελετήσαμε τον τρόπο λειτουργίας των δορυφορικών συστημάτων. Αναπτύξαμε το τμήμα της δορυφορικής ζεύξης, όπου αναφερθήκαμε στον τρόπο διάδοσης των σημάτων και τις επιπτώσεις σε αυτά. Επίσης είδαμε τους τύπους διαφόρων συστημάτων ανάλογα με την εκπομπή. Τα διαχωρίσαμε σε συστήματα με απλή δέσμη εκπομπής και πολλαπλή δέσμη εκπομπής. Ανάλογα με τρόπο πρόσβασης διακρίναμε συστήματα απλής πρόσβασης όπου εκπέμπει ένας επίγειος σταθμός τη φορά και συστήματα πολλαπλής πρόσβασης, όπου εκπέμπουν πολλοί επίγειοι σταθμοί στην ζεύξη. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύσαμε τα είδη των δορυφορικών τροχιών που υπάρχουν με τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα και δώσαμε ορισμένα παραδείγματα.

Στην συνέχεια αναλύσαμε το τμήμα του επίγειου σταθμού, το οποίο είναι ο συνδυαστικός κρίκος ανάμεσα στα επίγεια δίκτυα και στην δορυφορική ραδιοζεύξη. Μελετήσαμε κάθε υποσύστημα του επίγειου σταθμού και τον τρόπο που συνδυάζονται μεταξύ τους τα διάφορα υποσυστήματα για επιτυχή εκπομπή και λήψη. Αναφερθήκαμε ακόμη σε μία κατηγορία επίγειων σταθμών, τα VSAT. Τα τερματικά VSAT είναι ο πιο χρησιμοποιούμενος σταθμός για εκπομπή και λήψη. Συνήθως τα χρησιμοποιούμε για τηλεοπτικά προγράμματα.

Έπειτα μελετήσαμε το πιο σημαντικό τμήμα στις δορυφορικές επικοινωνίες, τον δορυφόρο. Είδαμε τα δυο επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται, την δορυφορική πλατφόρμα και το ωφέλιμο φορτίο. Μελετήσαμε όλα τα υποσυστήματα ενός δορυφόρου και είδαμε τις επιπτώσεις από το διαστημικό περιβάλλον.

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Αφότου αναλύσαμε τα λειτουργικά τμήματα των δορυφορικών συστημάτων αναλύσαμε τις υπηρεσίες που μας παρέχουν. Οι υπηρεσίες αυτές είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας. Χαρακτηριστικά αναλύσαμε το δορυφορικό ραδιόφωνο και την δορυφορική τηλεόραση. Η δορυφορική τηλεόραση είναι η υπηρεσία η οποία συντέλεσε περισσότερο στην ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών. Μελετήσαμε ακόμη το δορυφορικό Internet, το δορυφορικό τηλέφωνο και τα συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού όπου αναφερθήκαμε στο αμερικάνικο σύστημα GPS και στο Ευρωπαϊκό Galileo.

Τέλος μελετήσαμε τον πρώτο Ελληνικό δορυφόρο στο διάστημα τον Hellas-Sat. Η σημαντικότητα του Hellas-Sat φαίνεται από τις δορυφορικές υπηρεσίες που παρέχει όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη, την Μ. Ανατολή και την Β. Αφρική. Η εταιρεία η οποία διαχειρίζεται τον Hellas-Sat έχει ήδη κέρδη από την χρήση του και υπάρχει η σκέψη για την αποστολή και δεύτερου Ελληνικού δορυφόρου. Συνεπώς ο Hellas-Sat κρίνεται ως μία επιτυχής προσπάθεια στον τομέα των δορυφορικών συστημάτων.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση δορυφορικών συστημάτων είναι πολλά, αλλά τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Το κόστος είναι σταθερό. Δεν εξαρτάται από την απόσταση όπου βρίσκονται οι επίγειοι σταθμοί, αρκεί αυτοί να είναι ορατοί από τον δορυφόρο.
- Σε περιοχές όπως η Ελλάδα όπου χαρακτηρίζεται για την γεωγραφική της ιδιαιτερότητα η μόνη λύση για κάλυψη των απομακρυσμένων περιοχών είναι με τα δορυφορικά συστήματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις το κόστος για την δημιουργία επίγειου δικτύου είναι απαγορευτικό. Οι δορυφόροι καλύπτουν εύκολα απαιτήσεις εκπομπής σημάτων ευρείας ζώνης συχνοτήτων.
- Η εγκατάσταση ενός δορυφόρου είναι πιο γρήγορη και πολύ πιο εύκολη από την εγκατάσταση επίγειου ενσύρματου δικτύου.
- Σε περιπτώσεις ανάγκης όπως φυσικές καταστροφές τα δορυφορικά συστήματα είναι ο μόνος τρόπος για ύπαρξη επικοινωνιών.

ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Υπάρχουν βεβαίως και μειονεκτήματα από την χρήση δορυφορικών επικοινωνιών. Μερικά από αυτά είναι:

- Η καθυστέρηση στην μετάδοση των δεδομένων λόγω της μεγάλης απόστασης. Ειδικά όταν ο δορυφόρος είναι σε γεωστατική τροχιά η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη.
- Επιπτώσεις από την ατμόσφαιρα επί των σημάτων που φέρουν πληροφορία. Ένα παράδειγμα είναι οι μετεωρολογικοί σχηματισμοί.
- Η ανάγκη ύπαρξης κρυπτογράφησης στις πληροφορίες καθώς είναι εύκολη η υποκλοπή πληροφοριών.
- Το σχετικά υψηλό κόστος για την δημιουργία και τοποθέτηση ενός δορυφόρου σε τροχιά. Επίσης η ανάγκη ύπαρξης επίγειων σταθμών αυξάνει το κόστος ενός δορυφορικού συστήματος.

Μία συνολική αποτίμηση είναι ότι τα δορυφορικά συστήματα δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα αλλά διαθέτουν χαρακτηριστικά τα οποία καθιστούν απαραίτητη την ύπαρξη των δορυφορικών επικοινωνιών. Οι υπηρεσίες οι οποίες μας προσφέρουν είναι ήδη ένα σημαντικό κομμάτι της καθημερινότητας μας και στα επόμενα χρόνια θα διαδραματίσουν ακόμα σημαντικότερο ρόλο στις ζωές μας.

Βιβλιογραφία

1. Βαρελάς, Α. (2009). *Το δορυφορικό σύστημα Galileo*.
2. Κώπτης Γ. Παναγιώτης, Κ. Ν. (2006). *Δορυφορικές Επικοινωνίες* (2η Έκδοση εκδ.). Εκδόσεις Τζιολα.
3. Μονογιός Χρήστος, Π. Ν. (2007). *Δορυφορικές Επικοινωνίες*.
4. Πιαστόπουλος, Ι. (2008). *Δορυφορικές Επικοινωνίες με τον Hellas-SAT*.
5. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.44-95.
6. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.117-118.
7. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.187-249.
8. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.257-295.
9. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.294-311.
10. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.345-351.

11. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.417-509.
12. G. Maral, M. B. (1998). *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology* (3η έκδοση ed.). (Γ. Χ. Ιωάννης Βαρδιαμπάσης, Trans.) John Wiley & Sons Ltd.pp.637-747.
13. Jones, R. *Handbook on satellite communications(HSC)* (3η έκδοση ed.).
14. Roddy, D. (2001). *Satellite Communications third Edition*. Mc Graw-Hill.
15. (2004). *Hellas - Sat Handbook*.
16. (n.d.). Retrieved from <http://www.techteam.gr>
17. (n.d.). Retrieved from <http://www.streamsyrfers.netfirms.com>
18. (n.d.). Retrieved from <http://www.cameraphoneplaza.com>
19. (n.d.). Retrieved from <http://nstaffor.files.wordpress.com>
20. (n.d.). Retrieved from <http://www.greekmoney.gr>