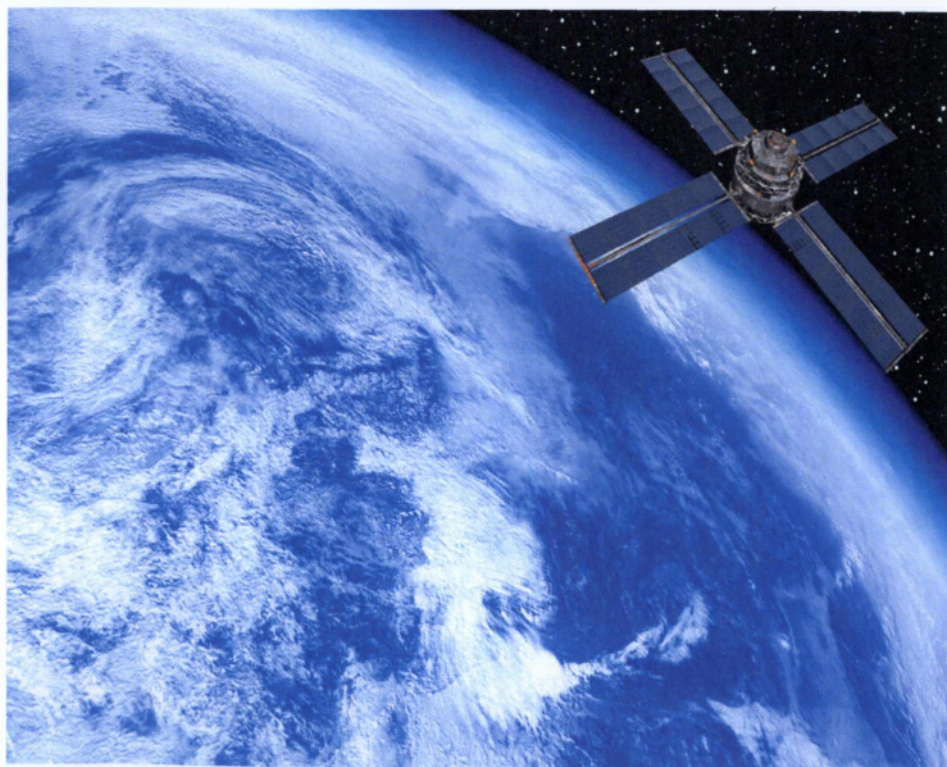




Α.Τ.Ε.Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

### ΘΕΜΑ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΜΑΤΛΑΒ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ  
ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ  
ΔΙΑΜΑΝΤΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΑΣΤΑΚΟΣ ΜΗΧΑΝΑ  
ΣΠΑΡΤΗ 2011

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μιχαήλ Ναστάκο και τον Καθηγητή κ. Γιάννη Λιαπέρδο για την βοήθεια τους. Θα ήθελα, ακόμα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όλους εκείνους που στέκονται δίπλα μου.

## Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί μια εκτενή αναφορά στις δορυφορικές επικοινωνίες. Στην αρχή γίνεται αναφορά στις δορυφορικές επικοινωνίες γενικότερα, στην ιστορία τους και στην εξέλιξή τους. Τα δορυφορικά συστήματα έχουν, εδώ και χρόνια, εμφανιστεί στο προσκήνιο, μαζί με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τις έννοιες που αφορούν στα δορυφορικά συστήματα καθώς και τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένας δορυφόρος. Παρέχει πληροφορίες για τη χρήση των δορυφόρων, τον τρόπο που λειτουργούν τις τροχιές τους. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν υπηρεσίες τηλεόρασης, Internet, ραδιοφώνου, τηλεφωνίας, GPS, και άλλες.

Οι κινητές δορυφορικές επικοινωνίες είναι ένα από τα σύγχρονα και επίκαιρα πεδία μελέτης και έρευνας στην εποχή μας. Άλλωστε, δεν πρέπει να ξεχνάει κανείς τη μεγάλη συμβολή τους στις παγκόσμιες επικοινωνίες.

Η κατανομή των πόρων και η αξιοποίησή είναι σημαντική στα δορυφορικά δίκτυα. Οι πόροι όπως το εύρος ζώνης, χωρητικότητα κ.λπ. του καναλιού είναι περιορισμένοι και για το λόγο αυτό πρέπει η κατανομή να είναι με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών.

Παρουσιάζεται η παραμετροποίηση που πρέπει να γίνει σε ένα δορυφόρο για την εκπομπή και την λήψη ραδιοκυμάτων καθώς γίνεται ανάλυση των μεθόδων πρόσβασης στο δορυφόρο.

Γίνεται ανάλυση των παραμέτρων κατά τη ζεύξη και από τη πλευρά της κεραίας αλλά και από την πλευρά του δορυφόρου ακόμα γίνεται αναφορά στο δορυφορικό ραδιοφασμα και τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της χρήσης υψηλών συχνοτήτων.

Τέλος πραγματοποιείται προσομοίωση ενός δορυφορικού καναλιού με τη χρήση του προγράμματος MATLAB χρησιμοποιώντας μια μαθηματική εξίσωση και ακολουθεί ανάλυση του κάθε παράγοντα της εξίσωσης και τα συμπεράσματα της προσομοίωσης.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΔΟΥΥΦΟΡΟΣ.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</b>	
1.1 ΓΕΝΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	9
1.2 ΠΑΓΟΣΜΙΟΙ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	12
1.3 ΔΟΥΥΦΟΡΟΣ-ΤΡΟΧΙΕΣ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	14
1.4 ΤΟ ΑΝΑΝΕΩΜΕΝΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΔΟΥΥΦΟΡΟΥ...15	
1.5 ΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΔΟΥΥΦΟΡΟΙ ΠΟΥ ΕΡΕΥΝΟΥΝ ΤΟΝ ΠΕΡΙΓΗΙΝΟ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΧΩΡΟ.....	18
1.6 ΤΡΟΧΙΕΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ.....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΥΥΦΟΡΟΥ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ</b>	
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ,ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΠΟΡΩΝ ΣΕ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	25
2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΟΥΥΦΟΡΟ.....	26
2.2.1 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (FDMA).....	26
2.2.2 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΧΡΟΝΟΥ(TDMA) .....	28
2.2.3 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΩΔΙΚΑ(CDMA) .....	29
2.2.4 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ (TDMA ΜΕ CDMA Η FDMA ΜΕ TDMA ) .....	30
2.2.5 ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΠΟΛΥΠΕΞΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (OFDM).....	31
2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ.....	31
2.3.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ ΓΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	32
2.3.2 PRMA ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ.....	32
2.3.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΚΧΩΡΗΣΗΣ (DRAMA, FODA/IBEA)....	34
2.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΚΤΙΟΥ.....	35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΕΣΙΕΣ</b>	
3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	44
3.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-S2.....	48
3.2.1 ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG.....	48
3.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DVB-S.....	48
3.2.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ DVB-S.....	49
3.2.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ DVB-S2.....	49
3.2.5 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-S2 ΣΕ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΑ IP ΔΙΚΤΥΑ.....	50
3.2.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΩΝ IP ΔΙΚΤΥΩΝ.....	50

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ**

4.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΥΦΟΡΟΥ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ.....	53
ΚΑΙ ΛΗΨΗ	
4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	54
4.2.1 ΚΕΡΔΟΣ.....	54
4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	54
4.3.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ.....	55
4.3.2 ΔΟΥΦΟΡΟΣ.....	56
4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΔΟΥΦΟΡΩΝ.....	57
4.5 ΔΟΥΦΟΡΙΚΟ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑ.....	57
4.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	60
4.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	63
4.8 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ.....	64
4.9 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	64
4.10 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	65
4.11 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΕΙΨΕΩΝ.....	70
4.12 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ.....	72

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ**

### **ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ**

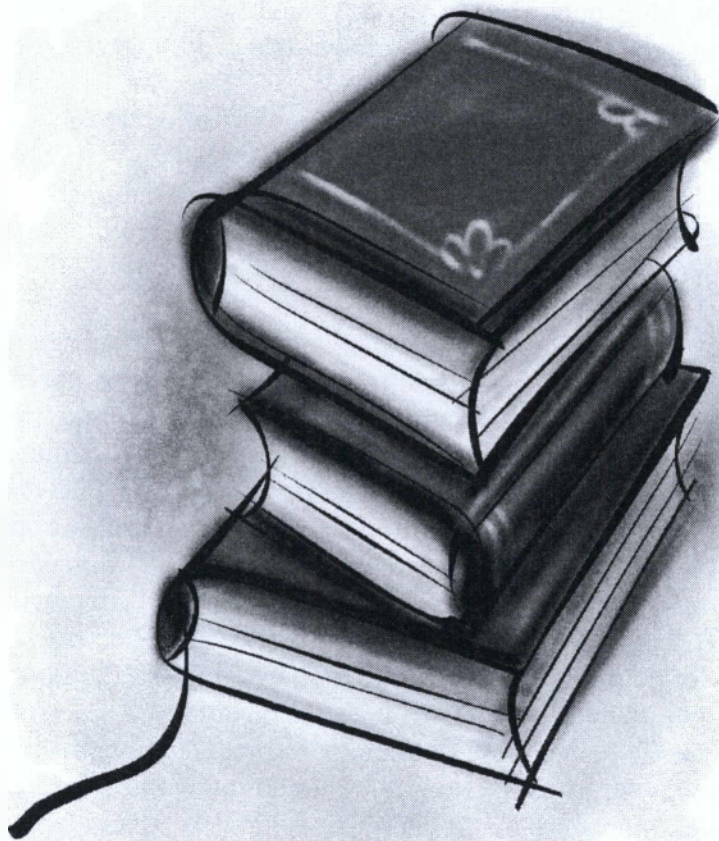
5.1 EIRP - ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ.....	74
5.2 FSL – ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	74
5.3 OTHER LOSSES.....	74
5.4 TERMINAL G/T.....	75
5.5 ΣΤΑΘΕΡΑ k.....	75

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

6.1 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ FSL.....	78
6.2 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ $p_{in}$ .....	79
6.3 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ EIRP.....	80
6.4 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ TERMINAL G/T.....	81
6.5 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ $r$ (ΑΠΟΣΤΑΣΗ $d$ ).....	82
6.6 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ $f$ .....	83
6.7 SIGNAL ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ $T_{sys}$ .....	84

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>86</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>87</b>
<b>ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ.....</b>	<b>87</b>

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δορυφορικά συστήματα αποτελούν ένα τμήμα των περισσότερων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Οι δορυφόροι έχουν γίνει απαραίτητο κομμάτι των τηλεπικοινωνιών. Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη της τεχνολογίας στις τηλεπικοινωνίες είχε ως αποτέλεσμα νέες υπηρεσίες. Οι όλο και αυξανόμενες απαιτήσεις για συνεχή βελτίωση των υπηρεσιών, καταλήγει στην ανάπτυξης δικτύων με πιο μεγάλη χωρητικότητα. Τα δορυφορικά δίκτυα, έχουν σαν σκοπό να εξυπηρετήσουν αυτές τις ανάγκες τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος είναι ένας επαναλήπτης που συνδέει δυο επίγειους σταθμούς, αλλά είναι ένα μέσο ένα μεγάλης χωρητικότητας με δυνατότητες πολλαπλής εκπομπής και προσπέλασης

Το 1840 εμφανίστηκαν οι πρώτες ενσύρματες τηλεπικοινωνίες σήμερα έχουν σημειωθεί σημαντικές αλλαγές και στο μέσο και στη μετάδοση της πληροφορίας. Το 19ο αιώνα έγινε η μαθηματική θεμελίωση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας από τον Κλάρκ Μάξγουελ και αργότερα η πειραματική επιβεβαίωσή της από τον Herz αρχικά και από τον ιταλό φυσικό Μαρκόνι αργότερα, αναπτύχθηκε ένας νέος κλάδος που είναι οι ασύρματες τηλεπικοινωνίες.

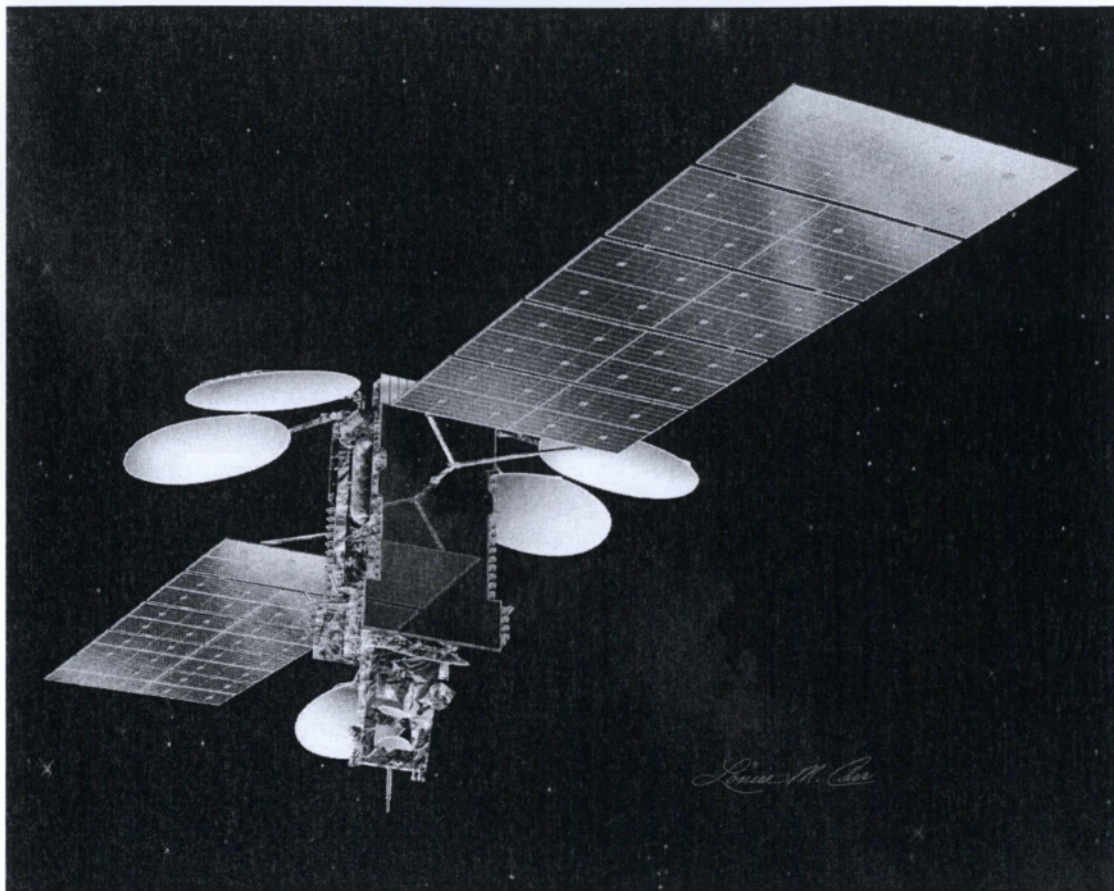
Εκείνη την εποχή ο Ν. Tesla ο οποίος κατασκεύασε το πρώτο ασύρματο σύστημα επικοινωνίας το 1893, ο Alexander Popov ο οποίος κατασκεύασε ένα δέκτη Η/Μ κυμάτων το 1894 και πέτυχε μετάδοση ραδιοκυμάτων μεταξύ δύο σημείων και τέλος ο Reginald Fessenden κατάφερε την πρώτη αμφίδρομη ασύρματη επικοινωνία το 1906.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας μιλάμε για διηπειρωτικές επικοινωνίες που επιτυγχάνονται με τη χρήση των δορυφόρων. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι είναι συσκευές που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη και οι οποίοι λαμβάνουν σήματα από έναν σταθμό βάσης σε μια περιοχή της γης, τα οποία στη συνέχεια τα αναμεταδίδουν σε κάποια άλλη απομακρυσμένη τερματική συσκευή. Τα σήματα αυτά μπορεί να είναι είτε εικόνας είτε ήχου είτε δεδομένων.

Οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας και έρχεται να δώσει λύση σε πολλά προβλήματα και να ξεπεράσει τα εμπόδια και τους περιορισμούς που έθεταν μέχρι σήμερα οι ενσύρματες επικοινωνίες. Η χρήση υψηλότερων συχνοτήτων στις δορυφορικές ζεύξεις (πάνω από 10 GHz) αύξησε της χωρητικότητα και τη ποιότητα του καναλιού. Αυτό προκάλεσε την γρήγορη αύξηση των χρηστών και των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Ο λόγος που χρησιμοποιούμε τους δορυφόρους είναι ότι είναι εφικτό να μεταφέρουμε την πληροφορία ανάμεσα σε δύο περιοχές που έχουν μεταξύ τους πολύ μεγάλη απόσταση, όπως για παράδειγμα από τη μια ήπειρο σε μια άλλη.

Σε περίπτωση που είχαμε μια ενσύρματη ζεύξη θα απαιτούνταν καλώδια μεγάλου μήκους, ενώ για μια επίγεια ασύρματη ζεύξη, εξαιτίας της ανομοιομορφίας και της καμπυλότητας της γης, το ηλεκτρομαγνητικό σήμα δεν θα μπορούσε να φθάσει απευθείας από ένα σταθμό στον άλλο. Έτσι, θα χρειαζόταν ένα πλήθος αναμεταδοτών για να πραγματοποιηθεί μια τέτοια σύνδεση. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις το κόστος κατασκευής και συντήρησης θα ήταν τεράστιο, μειώνοντας παράλληλα την ποιότητα μετάδοσης.



Εικόνα 1 σύγχρονος δορυφόρος

Επιπλέον, με τους δορυφόρους υπάρχει η δυνατότητα της ταυτόχρονης μετάδοσης από έναν προς πολλούς χρήστες οι οποίοι βρίσκονται διασκορπισμένοι σε μια μεγάλη έκταση. Έτσι, έγινε πραγματικότητα η μετάδοση και λήψη τηλεοπτικών καναλιών που εντάσσεται στις υπηρεσίες ευρείας εκπομπής. Επίσης, έγινε δυνατή η δημιουργία σύνδεσης με απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες περιοχές .όπως για παράδειγμα με ένα τερματικό που βρίσκεται στην έρημο ή σε ένα ωκεανό. Τέλος, ανοίχτηκαν νέοι ορίζοντες και δόθηκε η ευκαιρία για τη δημιουργία καινούργιων τύπων υπηρεσιών.

## **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΣ**

Δορυφόρος είναι κάθε ουράνιο σώμα που περιστρέφεται γύρω από ένα πλανήτη λόγω της βαρυτικής έλξης. Η πρόοδος της τεχνολογίας βοήθησε τον άνθρωπο να κατασκευάσει και τεχνητούς δορυφόρους . Οι όποιοι τίθενται σε τροχιά γύρω από τη γη με σκοπό την εκτέλεση αποστολών .Στις δορυφορικές επικοινωνίες χρησιμοποιούνται οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι. Οι δορυφόροι έχουν αναμεταδότες, οι οποίοι λαμβάνουν σήματα από γήινους σταθμούς, τα ενισχύει και, μετά τα επανεκπέμπει στους άλλους σταθμούς. ο τρόπος λειτουργίας είναι γνωστός ως σύστημα απλού επαναλήπτη.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩ

### 1.1 ΓΕΝΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι το αποτέλεσμα της έρευνας των επικοινωνιών, με στόχο να καταφέρουν μεγαλύτερη εμβέλεια και χωρητικότητα, με το μικρότερο κόστος. Σήμερα, τα δορυφορικά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι αναπόσπαστο τμήμα των περισσότερων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας έχουν σημαντικό ρόλο.

Η ιστορία των δορυφορικών επικοινωνιών ξεκινά τον εικοστό αιώνα. Έγιναν οι πρώτες δημοσιεύσεις σχετικά με πτήσεις στο διάστημα, το πιο σημαντικό γεγονός που ώθησε στις δορυφορικές επικοινωνίες ήταν ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος. Η μεγάλη ανάπτυξη της τεχνολογίας των πυραύλων και των μικροκυμάτων την περίοδο εκείνη, είχε σαν αποτέλεσμα να γίνουν οι πρώτες αναφορές για τη χρήση των δορυφόρων στις παγκόσμιες τηλεπικοινωνίες.

Οι σημερινές δορυφορικές επικοινωνίες είχαν ξεκινήσει τον Βρετανό A.J. Clarke, του οποίου το φθινόπωρο του 1945 δημοσιεύτηκε ένα άρθρο με τον τίτλο Wireless World, στο οποίο μιλούσε για την εγκατάσταση γεωστατικών δορυφόρων γύρω από τη Γη. Οι δορυφόροι αυτοί θα είχαν τη δυνατότητα να μεταδίδουν μικροκυματικά σήματα σε τεράστιες αποστάσεις επιτυγχάνοντας την τηλεπικοινωνιακή κάλυψη μεταξύ σημείων με μεγάλη απόσταση.

Τις τελευταίες δεκαετίες ο τομέας των τηλεπικοινωνιών βρίσκεται σε ραγδαία ανάπτυξη. Ένας από τους σημαντικότερους κλάδους των τηλεπικοινωνιών, οι δορυφορικές επικοινωνίες παίζουν σημαντικό ρόλο. Οι αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών και ο αυξημένος ανταγωνισμός διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο σε αυτήν την πρόοδο.

Συνάμα, η έρευνα στον τομέα των τηλεπικοινωνιών οδήγησε στην εισαγωγή καινούριων υπηρεσιών, οι οποίες απέκτησαν σημαντικό κομμάτι της αγοράς καλύπτοντας ανάγκες της καθημερινότητας.

Η επιστήμη των τηλεπικοινωνιών έχει να αντιμετωπίσει την αύξηση της ταχύτητας των υπηρεσιών που παρέχονται με την ανάπτυξη δικτύων που θα χρησιμοποιούνται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η κάλυψη μεγάλων περιοχών από τους δορυφόρους τους καθιστά βασικό στοιχείο των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Ακόμη παρακάμπουν περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η οπτική επαφή μεταξύ δύο σημείων.

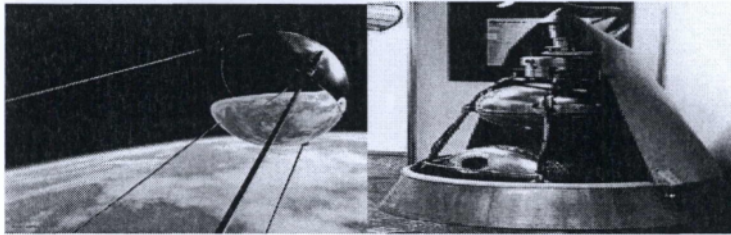
Η σύνδεση μεταξύ των διαφόρων τηλεπικοινωνιακών δικτύων προσφέρει τη δυνατότητα παροχής μιας σειράς από εφαρμογές, όπως η τηλεόρασης και ραδιοφώνου, η δημιουργία συνδέσεων από άκρο σε άκρο.

Ως τμημάτων σύγχρονων τηλεπικοινωνιών, οι δορυφορικές επικοινωνίες έρχονται αντιμέτωπες με την πρόκληση της νέας τάσης δηλαδή την ενοποίηση όλων των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε ένα ενιαίο δίκτυο και τις αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης που αυτή συνεπάγεται.

Με αποτέλεσμα την εμφάνιση ακόμα συνθετών και πιο απαιτητικών εφαρμογών δηλαδή τις εφαρμογές πολυμέσων. Ένας δορυφόρος έχει επιπλέον ρόλους εκτός του επαναλήπτη και μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός δικτύου υψηλής χωρητικότητας το οποίο θα έχει δυνατότητα πολλαπλής εκπομπής και προσπέλασης. Η ανάπτυξη της δορυφορικής τεχνολογίας συνεχίζεται με βασικό σκοπό την παροχή πολλών υπηρεσιών.

Ταντόχρονα, τα δορυφορικά συστήματα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά και να ενισχύσουν την κάλυψη που παρέχουν τα υπόλοιπα επίγεια δίκτυα, κυρίως σε απομονωμένες περιοχές.

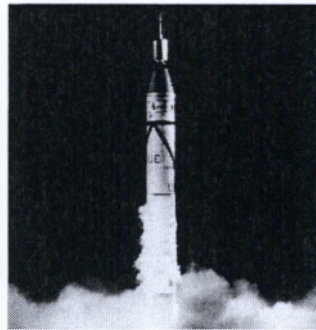
- Το 1957 τέθηκε σε τροχιά ο πρώτος τεχνητός δορυφόρος (Sputnik I).
- Το Νοέμβριο του ίδιου έτους η ΕΣΣΔ εκτοξεύει και δεύτερο δορυφόρο, τον Sputnik II, που μεταφέρει το πρώτο ζωντανό πλάσμα στο διάστημα.



Εικόνα 1.1 Sputnik 1

Εικόνα 1.2 Sputnik 2

- Τον Φεβρουάριο του 1958 Οι ΗΠΑ μπαίνουν στην κούρσα εξερεύνησης του διαστήματος με το δορυφόρο Explorer I. Τα δεδομένα τηλεμετρίας που συνέλεξε και σταλήθηκαν στη γη οδήγησαν στην ανακάλυψη των ζωνών Van Allen.



Εικόνα 1.3 Explorer 1

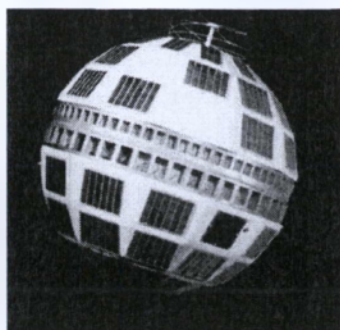
- Τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους εκτοξεύεται ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος, ο S.C.O.R.E. (Signal Communication by Orbiting Relay Experiment).
- Τον Απρίλιο του 1961 γίνεται η πρώτη πτήση ανθρώπου στο διάστημα. Ο σοβιετικός Yuri Gagarin κάνει μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη Γη σε 108 λεπτά πάνω στο διαστημόπλοιο Vostok 1.



Εικόνα 1.4 Vostok 1

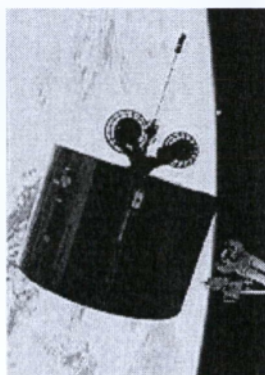
- Το 1962 γίνεται η αποστολή του πρώτου ενεργού δορυφόρου αναμετάδοσης TELSTAR 1 της AT&T (δορυφόρος σε τροχιά μέσου ύψους 7.200Km). Λάμβανε στα 6GHz, μετέτρεπε σε χαμηλότερη συχνότητα, ενίσχυε, μετέτρεπε

σε συχνότητα 4GHz και εξέπεμπε. Ο δορυφόρος αυτός επιτρέπει στα αμερικανικά και στα ευρωπαϊκά δίκτυα τηλεόρασης να ανταλλάσσουν τα προγράμματά τους.



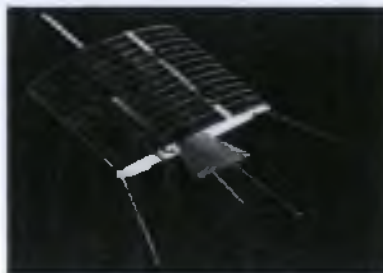
Εικόνα 1.5 Telstar 1

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



Εικόνα 1.6 SYNCOM

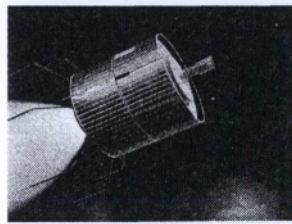
- Το 1965 είναι ένας πολύ σημαντικός σταθμός στην ιστορία των δορυφορικών επικοινωνιών καθώς τίθεται σε τροχιά ο πρώτος γεωστατικός εμπορικός δορυφόρος, Intelsat I (Early Bird), ξεκινώντας τη μεγάλη ακολουθία των δορυφόρων Intelsat. Την ίδια χρονιά ο πρώτος ρωσικός τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος της σειράς MOLNIYA στέλνεται στο διάστημα.



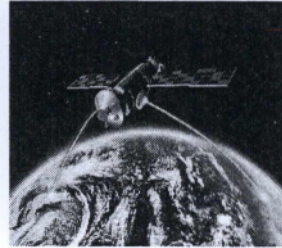
Εικόνα 1.7 Intelsat 1

Ακολουθεί ο Intelsat II με δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης 240 τηλεφωνικών συνδιαλέξεων ή ενός τηλεοπτικού καναλιού. Οι παραπάνω ομάδες των δορυφόρων εξακολουθούν να παρέχουν υπηρεσίες τους και σήμερα.

- Το έτος 1967 εκτοξεύεται ο πρώτος γεωστατικός μετεωρολογικός δορυφόρος, ο ATS 3. Είναι ο πρώτος δορυφόρος που στέλνει έγχρωμες φωτογραφίες της γης από το διάστημα.
- Το 1977 ιδρύεται ο EUTELSAT και το 1983 γίνεται η εκτόξευση του πρώτου Ευρωπαϊκού Δορυφόρου ECS (EUTELSAT 1).



Εικόνα 1.8 ATS 3



Εικόνα 1.9 EUTELSAT 1

Εκτός από τους παγκόσμιους δορυφορικούς οργανισμούς, έχουν ιδρυθεί και αρκετοί τοπικοί οργανισμοί όπως ARABSAT που εξυπηρετεί τις Αραβικές χώρες, ο AUSSAT που εξυπηρετεί Αυστραλία και τη Νέα Γουινέα, ο ASIASAT που εξυπηρετεί χώρες της ΝΑ Ασίας.

## 1.2 ΠΑΓΟΣΜΙΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

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



Εικόνα 1.10 Intelsat

Η Intelsat είναι η μεγαλύτερη εμπορική εταιρεία που παρέχει τηλεπικοινωνίες μέσω δορυφόρων. Το 2007 η εταιρία διέθετε 51 τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους. Από το 1964 έγινε ένας διεθνής οργανισμός. Το 2001 έγινε ιδιωτική εταιρεία. Οι σημαντικότερες στιγμές της επιχείρησης είναι το 1969 η μετάδοση της προσσελήνωσης, που ήταν η πρώτη ζωντανή παγκόσμια τηλεοπτική μετάδοση, το 1974 η υλοποίηση της πρώτης διεθνούς ψηφιακής τηλεφωνικής υπηρεσίας, το 1987 η μεγαλύτερη τηλεδιάσκεψη και το 1993 παροχή Internet υπηρεσιών. Η γενιά δορυφόρων που χρησιμοποιεί η Intelsat είναι η Intelsat X (2003) και πιο συγκεκριμένα οι Intelsat 10-01 και 10-02.

Εικόνα 1.11 Eutelsat

Η Eutelsat είναι μία Γαλλική πάροχος δορυφορικών υπηρεσιών με έδρα το Παρίσι. Παρέχει κάλυψη όλης της ευρωπαϊκής ηπείρου, της μέσης Ανατολής, της κεντρικής Ασίας και της Αμερικής. Είναι η Τρίτη μεγαλύτερη εταιρία στον χώρο των δορυφορικών τηλεπικοινωνιών. Οι δορυφόροι της εταιρίας κάνουν αναμετάδοση περισσότερων από 2500 τηλεοπτικών και 1000 ραδιοφωνικών σταθμών σε 165 εκατομμύρια νοικοκυριά. Τα βασικά δίκτυα της εταιρίας είναι τα εξής:

- EUTELSAT 2
- HOT BIRDTM
- W Series
- EUROBIRDTM
- SESAT
- Atlantic Gate

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι τα δορυφορικά συστήματα χρησιμοποιήθηκαν για την παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε μεγάλες ηπειρωτικές και διηπειρωτικές αποστάσεις, όπου όμως αρχίζουν να εκτοπίζονται από τα οπτικά συστήματα. Κύρια πλεονεκτήματά και μειονεκτήματά τους είναι τα ακόλουθα:

#### **Πλεονεκτήματα**

- Το κόστος χρήσης είναι ανεξάρτητο από την απόσταση των επικοινωνούντων σταθμών.
- Μοναδική λύση για την τηλεπικοινωνιακή κάλυψη δύσβατων περιοχών, όπου η χρήση ενσύρματων συστημάτων είναι αδύνατη ή έχει εξαιρετικά υψηλό κόστος. Ενώ παράλληλα γίνεται παροχή υπηρεσιών σε περιοχές που τα επίγεια μέσα αδυνατούν (πλοία, αεροπλάνα κλπ.)
- Οι δορυφόροι καλύπτουν εύκολα απαιτήσεις εκπομπής σημάτων ευρείας ζώνης συχνότητας.
- Γρήγορη εγκατάσταση και ευκολία αναδιάταξης. Η εκτόξευση ενός δορυφόρου είναι πολύ ευκολότερη και γρηγορότερη από την εγκατάσταση χιλιάδων καλωδίων.
- Παρέχεται ακόμα η δυνατότητα ελέγχου του ιδιωτικού δικτύου από το χρήστη
- Παροχή υπηρεσιών σε περιπτώσεις αδυναμίας λειτουργίας των επίγειων δικτύων (πόλεμοι, καταστροφές).

#### **Μειονεκτήματα**

- Η καθυστέρηση μετάδοσης. Για ένα γεωστατικό δορυφόρο και για κατακόρυφη πορεία μετάδοσης ενός σήματος (αποστολή και λήψη)

απαιτούνται περίπου 240 ms, γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα στην επικοινωνία μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών.

- Η έλλειψη ασφάλειας στις δορυφορικές επικοινωνίες. Για το λόγο αυτό τα δορυφορικά συστήματα χρησιμοποιούν εξειδικευμένες τεχνικές κρυπτογράφησης.
- Το υψηλό κόστος τοποθέτησης των δορυφόρων σε τροχιά καθώς και ο σχετικά περιορισμένος χρόνος ζωής των διαστημικών δορυφορικών σταθμών (7-10 χρόνια). Είναι πολύ πιθανό ότι οι επίγειες και οι δορυφορικές επικοινωνίες θα τις ανταγωνιστούν επιθετικά όσον αφορά το κόστος.
- Παρατηρείται συμφόρηση στη γεωστατική τροχιά και στις χρησιμοποιούμενες συχνότητες

### Ζώνες συχνοτήτων στις δορυφορικές επικοινωνίες

Ζώνες Συχνοτήτων	Συχνότητες
L-band	1GHz-2GHz
S-band	2GHz-4GHz
C-band	4GHz-8GHz
X-band	8GHz-12GHz
Ku-band	12GHz-18GHz
Ka-band	20GHz-30GHz

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)

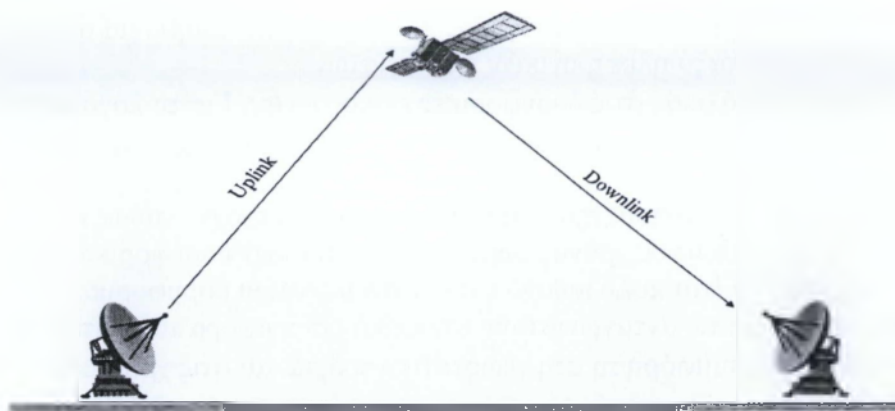
8/7 GHz (X-band, στρατιωτική χρήση)

14/12 GHz (Ku-band)

30/20 GHz (Ka-band)

### 1.3 ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ-ΤΡΟΧΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η σχεδίαση και λειτουργία ενός δορυφορικού τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι σύνθετη. Ο δορυφόρος θα πρέπει να είναι μικρός και ελαφρύς και να έχει μικρή κατανάλωση ισχύος. Επίσης, θα πρέπει να έχει μεγάλη χωρητικότητα ζεύξης για να μπορεί να εξυπηρετεί ταυτόχρονα ένα μεγάλο αριθμό χρηστών. Μια ακόμα σημαντική παράμετρος που χαρακτηρίζει τις δορυφορικές επικοινωνίες είναι η μεγάλη απόσταση μεταξύ σταθμού βάσης και δορυφόρου. Αυτό έχει ως συνέπεια την μεγάλη εξασθένιση του σήματος λόγω της απόστασης και εξαιτίας καιρικών συνθηκών. Η εξασθένιση αυτή προκαλεί μείωση του λόγου σήματος προς θόρυβο, άρα και μείωση της ποιότητας μετάδοσης.



Εικόνα 1.12 Δορυφορικό σύστημα

#### 1.4 ΤΟ ΑΝΑΝΕΩΜΕΝΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ

Ένας δορυφόρος αποτελείται από δύο βασικά μέρη, το ωφέλιμο φορτίο και την πλατφόρμα. Στο ωφέλιμο φορτίο περιλαμβάνονται οι κεραίες και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός μεταδόσεων ενώ η πλατφόρμα περιλαμβάνει τα εξής:

- Μηχανική Κατασκευή.

Απαιτείται η υποστήριξη εξοπλισμού –Σταθερότητα, Ευστάθεια. Το σώμα ενός δορυφόρου, κρατά όλα τα απαραίτητα συστατικά του δορυφόρου. Οι δορυφόροι συνδυάζουν πολλά διαφορετικά συστατικά. Υπάρχουν διάφοροι στόχοι που πρέπει να εκπληρωθούν κατά επιλογή των υλικών για το του δορυφόρου. Μεταξύ αυτών είναι:

1. Εξωτερικό στρώμα: προστατεύοντας το δορυφόρο από τις συγκρούσεις με μικρομετεωρίτες , ή άλλα μόρια που επιπλέουν στο διάστημα
2. προστασία του δορυφόρου από την ακτινοβολία του ήλιου Θερμική κάλυψη: χρησιμοποίηση της θερμικής κάλυψης για να κρατήσει το δορυφόρο σε μια άνετη θερμοκρασία για τα όργανα για να λειτουργήσει
3. Διεξαγωγή: διεύθυνση της θερμότητας μακριά από τα ζωτικής σημασίας όργανα του δορυφόρου Δομική υποστήριξη Σύνδεση των υλικών Γενικά, όσο μικρότερος ο δορυφόρος, ο καλύτερος. Κατά επιλογή των υλικών για ένα λεωφορείο, ακόλουθοι την παράγοντες επίσης συνήθως λαμβάνονται υπόψη: κόστος, βάρος, μακροζωία (πόσο καιρό πολύ το υλικό θα διαρκέσει), και εάν το υλικό έχει αποδειχθεί λειτουργικό σε άλλους δορυφόρους πριν.

- Παραγωγή ισχύος

Το τροφοδοτικό σύστημα ισχύος δίνει ενέργεια σε άλλα συστήματα. Παρέχεται από συσσωρευτές, ηλιακά στοιχεία ή συσκευές με πυρηνικά ισότοπα.

- Αυτόνομη πρόωση

Βοηθητικοί προωθητικοί πύραυλοι που χρειάζονται για να μεταβάλλουν την ταχύτητα. Χρησιμοποιούνται για να αλλάξουν τις τροχιές των δορυφόρων, για να περιορίζουν την ταχύτητα.

- Τηλεπικοινωνίες

Οι ραδιοτηλεπικοινωνίες συνδέουν το δορυφόρο με τους δέκτες στη Γη χρησιμοποιούνται συχνότητες VHF για να μπορέσει το σήμα να διαπεράσει την ιονόσφαιρα.(100-3.000 MHz).

- Έλεγχος στάσης: έχει δύο βασικές λειτουργίες.

1. Σταθεροποίηση: η εργασία διατήρησης του προσανατολισμού του δορυφόρου προς μια ορισμένη διεύθυνση, παρά τις αντίθετες επιδράσεις ποικίλων φυσικών δυνάμεων.
2. Σκόπευση: απαιτεί από τα διαστημικά οχήματα να στρέφουν τους αισθητήρες τους σε ένα στόχο, που μπορεί να είναι ο ήλιος, τμήματα της επιφάνειας της γης, ένας πλανήτης ή αστέρας. Ο αναμεταδότης πρέπει να στρέφεται συνεχώς προς τη γη στη διάρκεια της μετάδοσης.

- Πλοήγηση και έλεγχο:

Ο σκοπός του συστήματος αυτού είναι να οδηγήσει το δορυφόρο στην τροχιά του και να ελέγξει την ταχύτητά του.

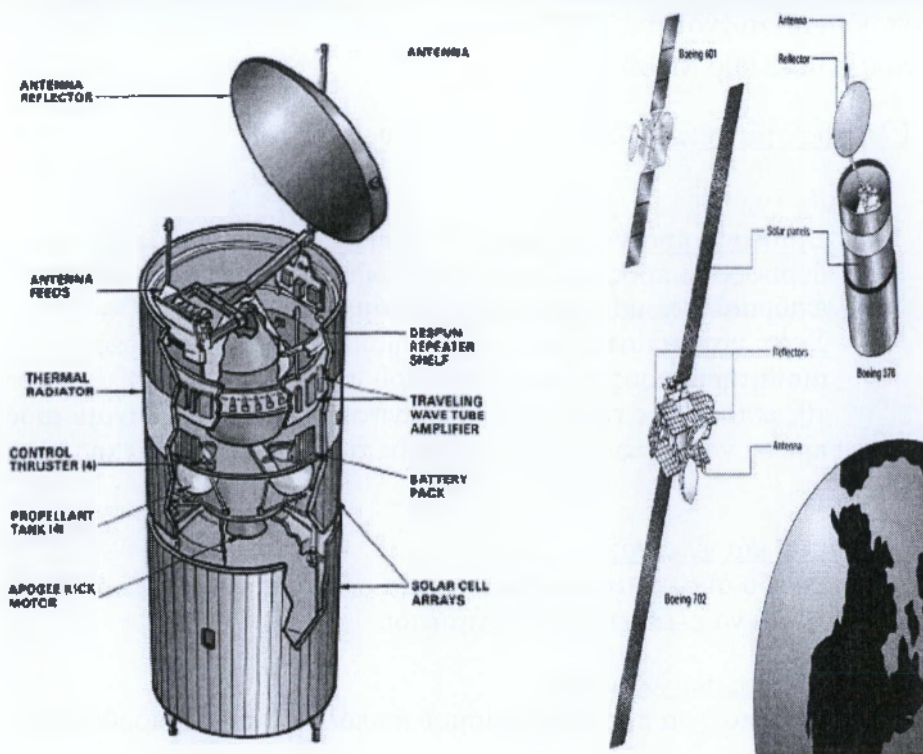
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής:

Λαμβάνουν στοιχεία προσανατολισμού κ υπολογίζουν τις διορθωτικές μεταβολές.

- Όργανα μετρήσεων:

Είναι συνήθως ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές όπως βολτόμετρα, αμπερόμετρα, θερμομέτρα κ άλλα όργανα που δίνουν στοιχεία για την κατάσταση του δορυφόρου .





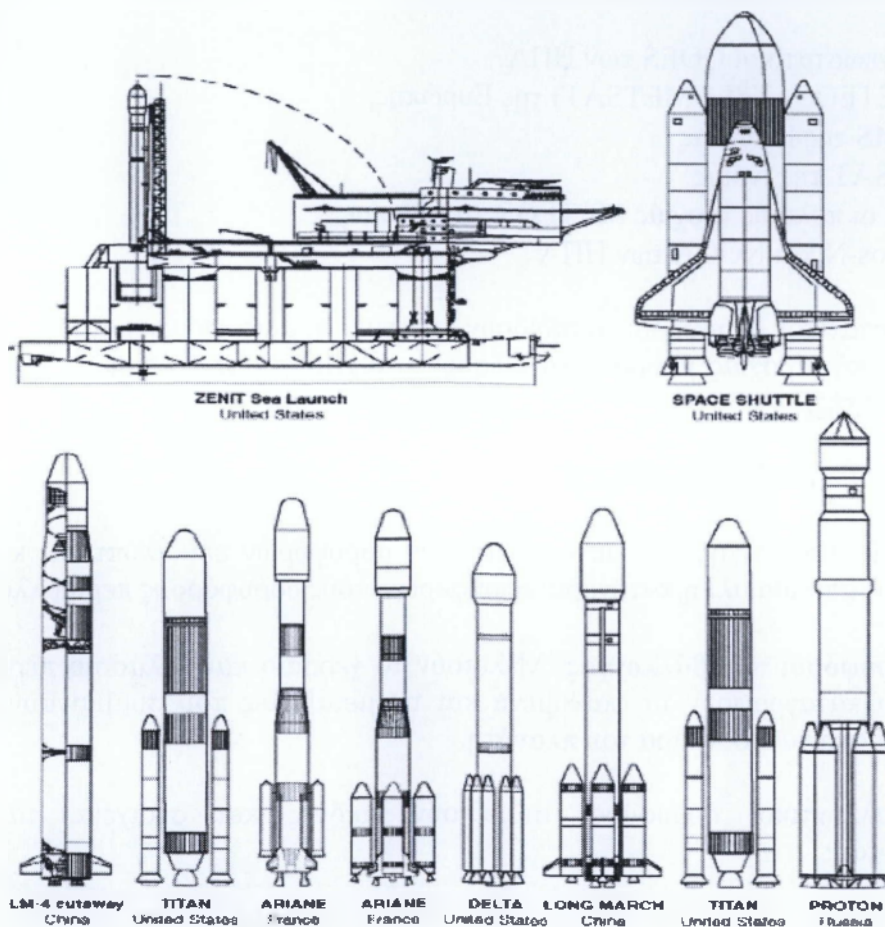
Εικόνα 1.13 Υποσυστήματα ενός δορυφόρου.

Πως εκτοξεύεται ένας δορυφόρος

Ένας δορυφόρος εκτοξεύεται πάνω σε ένα όχημα εκτόξευσης το οποίο είναι ο τρόπος μεταφοράς του δορυφόρου. Ο δορυφόρος τοποθετείται πάνω σε αυτό το όχημα και εκτοξεύεται στο διάστημα από μία πυραυλομηχανή. Τα μέρη που γίνονται εκτοξεύσεις πυραύλων πάνω στη γη όπως Cape Canaveral στη Φλόριδα, Xichang στην Κίνα και Baikonur στο Καζακιστάν. Τα πιο σωστά μέρη για να εκτοξευθεί ένας δορυφόρος είναι αυτά που βρίσκονται κοντά στον ωκεανό έτσι ώστε όταν το όχημα εκτόξευσης αποκοπεί από τον δορυφόρο να πέσει στο νερό και όχι σε κάποια κατοικημένη περιοχή.

Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι μια εκτόξευση είναι μια πάρα πολύ δύσκολη και περιπλοκή διαδικασία που απαιτεί την συνεργασία πολλών εταιρειών και χωρών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι η αντίστροφη μέτρηση για την εκτόξευση ενός πυραύλου ξεκινάει μέρες πριν και όλα είναι προγραμματισμένα έτσι ο καθένας να γνωρίζει τι πρέπει να κάνει 144 ώρες πριν ,10 ώρες πριν ακόμα και 20 λεπτά πριν την εκτόξευση.

Κατά την εκτόξευση οι πυραυλοι του οχήματος εκτόξευσης σηκώνουν τον δορυφόρο ο οποίος τίθεται σε μια προσωρινή τροχιά γύρω από την γη. Στη συνέχεια το όχημα εκτόξευσης αποκόβεται και μια η περισσότερες μηχανές του δορυφόρου ξεκινούν να λειτουργούν και τον θέτουν στη σωστή τροχιά. Όταν ο δορυφόρος είναι πλέον στη προγραμματισμένη τροχιά του οι κεραιές του ξεδιπλώνονται και ο δορυφόρος αρχίζει την αποστολή και παραλαβή σημάτων.



Εικόνα 1.14 Πυραυλομηχανές διαφόρων χωρών.

## 1.5 ΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΠΟΥ ΕΡΕΥΝΟΥΝ ΤΟΝ ΠΕΡΙΓΗΙΝΟ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΧΩΡΟ.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΑΥΤΗΣ ΕΙΝΑΙ:

1. οι ISEE (Διεθνείς Δορυφόροι Εξερεύνησης Γης και Ήλιου) 1 και 2, που εκτοξεύτηκαν το 1977, και ο ISEE 3 το 1978.
2. ο Solar Max, που εκτοξεύτηκε το 1980, μετέδιδε στοιχεία για τις ηλιακές εκρήξεις.
3. ο IRAS, που εκτοξεύτηκε το 1983 και οι δορυφόροι EXOSAT και ROSAT για την παρατήρηση πηγών Ρέντγκεν στο διάστημα, που εκτοξεύτηκαν το 1983 και το 1990.
4. οι μετεωρολογικοί δορυφόροι, που τοποθετούνται είτε σε γεωστατική τροχιά είτε σε πολική τροχιά, σε ύψος 700-1.200 χλμ.

Οι δορυφόροι αυτοί παρέχουν στοιχεία σχετικά με τις κλιματικές συνθήκες, παρακολουθώντας και μετρώντας τη θερμοκρασία και την εξάτμιση των υδάτων, και

επιτρέπουν την έγκαιρη και ακριβέστερη πρόβλεψη του καιρού και την προειδοποίηση για απότομες καιρικές αλλαγές και φαινόμενα.

Οι σημαντικότεροι μετεωρολογικοί δορυφόροι που έχουν χρησιμοποιηθεί:

- οι γεωστατικοί GOES των ΗΠΑ,
- METEOSAT (EUMETSAT) της Ευρώπης,
- GMS της Ιαπωνίας
- INSAT της Ινδίας
- και οι πολικής τροχιάς METEOR της Ρωσίας
- Tiros-N και NOAA των ΗΠΑ

Οι γεωστατικοί δορυφόροι μεταδίδουν την εικόνα μιας συγκεκριμένης περιοχής ενώ οι πολικής τροχιάς μπορούν να δώσουν στοιχεία για ολόκληρη τη Γη και την ατμόσφαιρά της.

#### ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Το πεδίο εφαρμογής των μετεωρολογικών δορυφόρων επικαλύπτεται κατά ένα μικρό μέρος από μια άλλη κατηγορία δορυφόρων, τους δορυφόρους περιβάλλοντος.

- **δορυφόροι περιβάλλοντος.** Μελετούν το χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον και καταγράφουν τα φαινόμενα και τις μεταβολές που συμβαίνουν, καθώς και στην ατμόσφαιρα του πλανήτη.

Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι συλλέγουν εικόνες και στοιχεία, τα οποία αξιοποιούνται :

- για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος
- την πρόγνωση μετεωρολογικών φαινομένων
- την πρόληψη και τον εντοπισμό πυρκαγιών, την παρακολούθηση καλλιεργειών
- την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών
- για την έρευνα, με στόχο τη βελτίωση της ζωής σε όλο τον πλανήτη.

Οι δορυφόροι περιβάλλοντος της δεκαετίας του 2000 ανήκουν στην τρίτη γενιά των δορυφόρων της κατηγορίας αυτής

- είναι εξελιγμένοι τεχνολογικά και έχουν δυνατότητα να παρατηρούν όλο το 24ωρο
- τα όργανα με τα οποία είναι εξοπλισμένοι είναι υψηλής διακριτικής ικανότητας (ραδιόμετρα, μονάδα διερεύνησης με μικροκύματα, ανιχνευτές υπέρυθρης ακτινοβολίας, ανιχνευτές πρωτονίων και νετρονίων)
- χαρτογραφούν όλα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη βλάστηση, την επιφανειακή θερμοκρασία ποταμών, λιμνών και θαλασσών, τις περιοχές με ηφαιστειακή δραστηριότητα, τις μετεωρολογικές μεταβολές και τα νέφη τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, καθώς και την κατάσταση του όζοντος της στρατόσφαιρας.

Τα στοιχεία που καταγράφουν επεξεργάζονται και μετατρέπονται σε εικόνες με υψηλή ευκρίνεια. Σ' αυτές χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα, για να απεικονιστούν διαφορές μεταξύ των περιοχών και οι διακυμάνσεις που παρουσιάζονται.

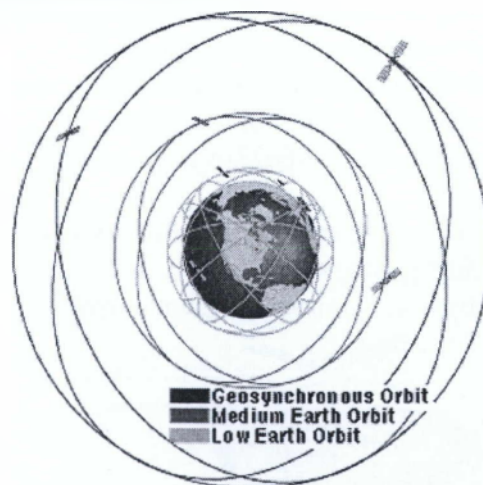
Οι δορυφόροι περιβάλλοντος, τοποθετούνται σε πολική τροχιά, αποτελούν ένα σημαντικό μέσο για, την έγκαιρη αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, την πρόβλεψη μετεωρολογικών φαινομένων και την, ενώ έχουν χρήση και στη ναυσιπλοΐα. Οι σημαντικότεροι δορυφόροι της κατηγορίας αυτής είναι :

- Nimbus,
- Landsat
- POES (NOAA)
- και UARS των ΗΠΑ
- Spot της Γαλλίας
- ERS 1 της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος,
- MOS 1
- JERS 1 της Ιαπωνίας

## 1.6 ΤΡΟΧΙΕΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ

Τροχιά είναι η πορεία του δορυφόρου και η μορφή της είναι ελλειπτική. Η ταχύτητα του δορυφόρου είναι αντίστροφα ανάλογη με την απόσταση από τη γη. Οι δορυφόροι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όσον αφορά την τροχιά τους γύρω από τη γη.

- GEO (geostationary earth orbit),
- LEO (low earth orbit)
- MEO (medium earth orbit)
- HEO (Highly Elliptical Orbits)



Εικόνα 1.1 Παρουσίαση τροχιών

## Γενικά Στοιχεία των Τροχιών LEO

Ένας τυπικός LEO δορυφόρος μπορεί να πραγματοποιήσει δύο ειδών τροχιές, είτε κυκλικές είτε πολικές.

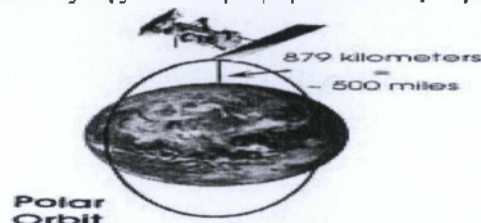
- Κυκλικές τροχιές μικρού ύψους (700-1000Km), και περίοδο περίπου 1,5 ώρες. Τροχιακό επίπεδο με κλίση ως προς τον ισημερινό. Πολικές τροχιές όταν η κλίση περίπου 90ο. Μια πολική τροχιά είναι λοιπόν ένας ιδιαίτερος τύπος χαμηλής γήινης τροχιάς. Η μόνη διαφορά είναι ότι ένας δορυφόρος στην πολική τροχιά ταξιδεύει στην κατεύθυνση βορρά-νότου, παρά την πιο κοινή Ανατολής-Δύσης κατεύθυνση.
- Οι πολικές τροχιές είναι χρήσιμες για την επιφάνεια του πλανήτη. Δεδομένου ότι ένας δορυφόρος τίθεται σε τροχιά σε μια Βορρά-Νότου κατεύθυνση, η γη περιστρέφεται κάτω από αυτόν σε μια Ανατολής-Δύσης κατεύθυνση. Με συνέπεια, ένας δορυφόρος στην πολική τροχιά μπορεί τελικά να ανιχνεύσει ολόκληρη την επιφάνεια της γης.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι :

- Το υψόμετρο των δορυφόρων είναι μικρό και άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πιο μικρούς και πιο φθηνούς δορυφόρους αφού η απαραίτητη ισχύς για επιτυχή ζεύξη είναι μικρότερη.
- Το μικρό μέγεθος των δορυφόρων και η μικρή απόσταση διευκολύνουν την εκτόξευση και περιορίζουν τα αντίστοιχα έξοδα.
- Οι καθυστερήσεις διάδοσης είναι μικρές και έτσι υπάρχει η δυνατότητα για μεταπομπές του σήματος από δορυφόρο σε δορυφόρο.

Τα μειονεκτήματα είναι τα εξής :

- Λόγω του μεγάλου αριθμού των δορυφόρων που απαιτείται, η διαδικασία σχηματισμού του όλου συστήματος είναι χρονοβόρα και πολυέξοδη.
- Επιπλέον χρειάζεται πλήρης ανάπτυξη του συστήματος για να εξασφαλιστεί συνεχής κάλυψη οπουδήποτε.
- Το σύστημα ελέγχου του διαστημικού μέρους είναι πολύπλοκο.
- Τα φαινόμενα Doppler είναι πολύ ισχυρά.
- Οι συνθήκες διάδοσης μεταβάλλονται, λόγω της μεταβολής της γωνίας ανύψωσης.
- Εξαιτίας της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων, έχουμε μεγάλο πρόβλημα εστίασης στις κεραίες.
- Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων είναι μικρή.



Εικόνα 1.16 Κάλυψη δορυφόρων LEO

## Γεωστατικοί δορυφόροι (geostationary, GEO)

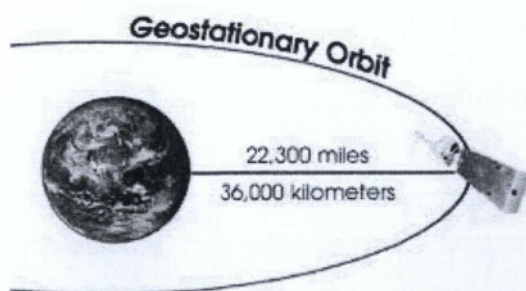
Ο γεωστατικός δορυφόρος είναι ένας γεωσύγχρονος δορυφόρος του οποίου η τροχιά έχει μηδενική εκκεντρότητα και κλίση. Επομένως, ο δορυφόρος GEO φαίνεται ακίνητος από ένα παρατηρητή. Στην πραγματικότητα όμως, οι γεωστατικοί δορυφόροι παρουσιάζουν μια μικρή κλίση λόγω των φαινομένων έλξης από τον ήλιο ή από την σελήνη.

Για τον λόγο αυτό, η τροχιά του δορυφόρου διορθώνεται περιοδικά ώστε να παραμένει στον ισημερινό αλλά και για να παραμένει σταθερή ως προς τις μοίρες πάνω στο ισημερινό επίπεδο. Η γεωστατική τροχιά είναι κατάλληλη για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές καθώς έχει αρκετά πλεονεκτήματα:

- Η σκόπευση από τις επίγειες κεραιές προς το δορυφόρο είναι σταθερή. Επομένως, μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς ακριβό εξοπλισμό παρακολούθησης της κίνησης του δορυφόρου.
- Ένας τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος σε γεωστατική τροχιά καλύπτει περίπου το ένα τρίτο της επιφάνειας της γης. Για να γίνει λοιπόν δυνατή η παγκόσμια επικοινωνία, απαιτείται η τοποθέτηση τριών δορυφόρων σε αυτή την τροχιά.

Όμως, οι γεωστατικοί δορυφόροι έχουν αρκετά μειονεκτήματα:

- Η απόσβεση που εισάγεται στο δίαυλο και η καθυστέρηση διάδοσης. Το όποιο έχει σαν συνέπεια την μείωση της ποιότητας των υπηρεσιών.
- Ο ήλιος αποτελεί πηγή θορύβου, με ακόλουθη μείωση της ποιότητας επικοινωνίας.
- Οι γεωστατικοί δορυφόροι δεν ενδείκνυνται για χρήση σε εφαρμογές δορυφορικών κινητών επικοινωνιών.
- Η εκτόξευση γεωστατικών δορυφόρων έχει υψηλό κόστος και κίνδυνο απώλειας του δορυφόρου.



Εικόνα 1.17 Κάλυψη δορυφόρων GEO

Για την πλειονηφία των εφαρμογών, τα πλεονεκτήματα είναι περισσότερα των μειονεκτημάτων, άρα η γεωστατική τροχιά χρησιμοποιείται για τα περισσότερα δορυφορικά συστήματα.

## Μετεωρολογικοί δορυφόροι ( MEO )

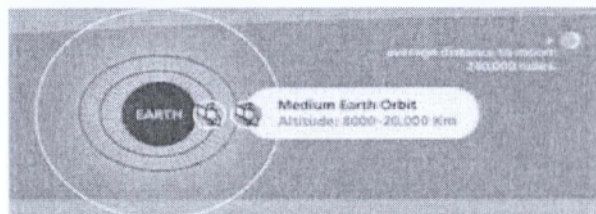
Ονομάζονται ειδικές διαστημικές μηχανές που εκτοξεύονται με διαστημικά οχήματα και θέτονται σε τροχιά γύρω από τη Γη, για την παρακολούθηση και πρόβλεψη καιρικών φαινομένων. Ένας MEO δορυφόρος έχει περίοδο περιστροφής μερικές ώρες και ύψος μεταξύ 5000 και 12000 km.

Τα **πλεονεκτήματα** αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Ένας αριθμός από τέτοιου είδους δορυφόρους, σωστά ρυθμισμένους, επιταχύνει παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή κάλυψη.
- Λόγω της κοντινής τους απόστασης από τη Γή οι MEO δορυφόροι χρειάζονται λίγη ενέργεια για την λειτουργία τους .
- Το εμβαδόν στην επιφάνεια της Γής που καλύπτει ένας τέτοιος δορυφόρος είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό καλύπτει ένας LEO.

## Μειονεκτήματα

- σφάλματα



Εικόνα 1.18 Κάλυψη δορυφόρων MEO

## Επιλογή τροχιάς

Τα κριτήρια για την επιλογή μιας από τις τρεις τροχιές που περιγράφηκαν προηγουμένως περιλαμβάνουν τα εξής:

- Την έκταση της προς κάλυψη περιοχής
- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής
- Την επιθυμητή γωνία ανύψωσης
- Την επιθυμητή διάρκεια εκπομπής
- Την μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση εκπομπής
- Την ανοχή στις παρεμβολές
- Την απόδοση των εκτοξευτών
- Το κόστος

ΤΥΠΟΣ	LEO	MEO	GEO
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	LOW EARTH ORBIT	MEDIUM EARTH ORBIT	GEOSTATIONARY EARTH ORBIT
ΥΨΟΣ	100-300 MILES	6000-12000 MILES	22282 MILES
ΧΡΟΝΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	15 λεπτά	2-4 ώρες	24 ώρες

<b>ΘΕΤΙΚΑ</b>	1.χαμηλότερο κόστος εκτόξευσης 2.μικρες καθυστερήσεις 3.λιγα χαμένα πακέτα	1. ενδιάμεσο κόστος εκτόξευσης 2.σχετικα μικρές καθυστερήσεις	1.Καλύπτει το 42% της επιφανείας της γης 2.συνεχη οπτική επαφή με το σημείο 3.χωρις προβλήματα από το φαινόμενο Doppler
<b>ΑΡΝΗΤΙΚΑ</b>	1.Μικρη διάρκεια ζωής 1-3 μήνες 2.παρεμβολες στις μεταδόσεις	1.Μεγαλυτερες καθυστερήσεις 2.περισσοτερα χαμένα πακέτα	1.πολύ μεγάλες καθυστερήσεις 2.ακριβοι σταθμοί σε σχέση με το ασθενές σχήμα

πίνακας 1.19  
Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα δορυφορικών τροχιών

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ

### ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΟ

Η κατανομή των πόρων και η αξιοποίησή είναι σημαντική στα δορυφορικά δίκτυα. Οι πόροι όπως το εύρος ζώνης, χωρητικότητα κ.λπ. του καναλιού είναι περιορισμένοι και για το λόγο αυτό πρέπει η κατανομή να είναι με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών. Ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα της μετάδοσης είναι η μεταβλητότητα του διαύλου.

Η μεταβλητότητα του διαύλου οφείλεται :

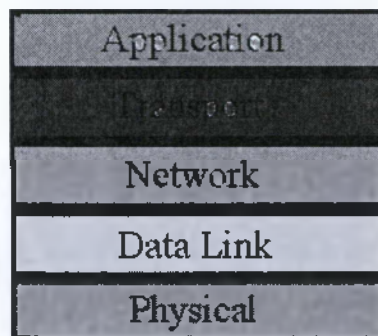
- σε μεταβολές στη δυναμική της κίνησης
- σε φαινόμενα διαλείψεων

Η ποιότητα υπηρεσιών που λαμβάνει ο χρήστης του δικτύου έχει άμεση σχέση με την ποιότητα υπηρεσιών που υπάρχει σε κάθε επίπεδο του δικτύου .Οι παρακάτω ενέργειες αποτελούν παράδειγμα της συνεργασίας των διαφόρων στρωμάτων ώστε να γίνει όσο δυνατόν καλύτερη η ποιότητα:

- **Στο φυσικό στρώμα** :πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά συστήματα διαμόρφωσης εύρους ζώνης και κωδικοποίησης, ώστε να γίνει καλύτερος ο ρυθμός απώλειας ψηφίων αλλά και η απόδοση του επιπέδου ισχύος σε άσχημες καιρικές συνθήκες.



- **Στο στρώμα σύνδεσης δεδομένων** :πρέπει να παρέχεται το εύρος ζώνης, με αποτελεσματική χρήση των συστημάτων πολλαπλής πρόσβασης. Το εύρος ζώνης που παρέχεται από το φυσικό στρώμα στα ανώτερα στρώματα έχει απαραίτητη προϋπόθεση την ύπαρξη τεχνικών εκχώρησής . Οι τεχνικές μοιράζουν το εύρος ζώνης ανάμεσα στους χρήστες.
- **Το στρώμα δικτύου**: είναι υπεύθυνο για την αποστολή αιτήσεων σύνδεσης από την πηγή προς τον δεκτη και την αποστολή πακέτων πρέπει να εφαρμοστεί σωστή δρομολόγηση, ώστε οι διαδρομές να έχουν τη μικρότερες πιθανότητες συμφόρησης.
- **Το στρώμα μεταφοράς** : οι συνδέσεις TCP, που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης στο Internet, μπορούν να καταλάβουν όλο το εύρος ζώνης. Η TCP κίνηση είναι ασύμμετρη, τα δεδομένα πηγαίνουν προς μία κατεύθυνση και τις γνωστοποιήσεις (ACK) προς την άλλη κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει διαφορετικό εύρος ζώνης, του πομπού και του δέκτη.
- **Το στρώμα εφαρμογών** :τα διαφορετικά είδη κίνησης πρέπει να κάνουν ενέργειες παρακολούθησης μαζί με το επίπεδο δικτύου, για να αλλάζει δυναμικά η προτεραιότητα των υπηρεσιών



Εικόνα 2.1 αναπαράσταση στρωμάτων

## 2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΠΟΡΩΝ ΣΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Οι τεχνικές μετάδοσης που χρησιμοποιούν οι δορυφορικές ζεύξεις είναι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις συμβατικές τηλεπικοινωνίες .Η μέθοδος που συνήθως χρησιμοποιείται για να μεταδοθεί αναλογικό σήμα είναι η διαμόρφωση FM που είναι ο καλύτερος συμβιβασμός της απαιτούμενης στάθμης σήματος και του RF εύρους ζώνης.

Ενώ για τη μετάδοση του ψηφιακού σήματος χρειάζεται διαμόρφωση στη φέρουσα συχνότητα χρησιμοποιώντας τεχνικές ολίσθησης φάσης (PSK).

Μια ζεύξη πολλές φορές πρέπει να είναι αμφίδρομη. Επειδή το φάσμα συχνοτήτων του δορυφόρου είναι ακριβό πρέπει να εκμεταλλεύεται πλήρως. Για το

λόγο αυτό το δορυφόρο πρέπει να τον χρησιμοποιούν περισσότεροι από ένας σταθμοί εδάφους και να γίνονται πολλαπλές ζεύξεις.

Η πρόσβαση σε ένα δορυφορικό σταθμό εδάφους επιτυγχάνεται με τις τεχνικές πολυπλεξίας. Πολλαπλή πρόσβαση είναι λοιπόν η πολυπλεξία των RF σημάτων στα κανάλια του δορυφόρου. Η επίδοση της ζεύξης από σταθμό σε σταθμό, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για τη σχεδίαση του συστήματος. Το σύστημα πολλαπλής πρόσβασης πρέπει να βελτιστοποιεί τις παρακάτω παραμέτρους του δορυφορικού συστήματος:

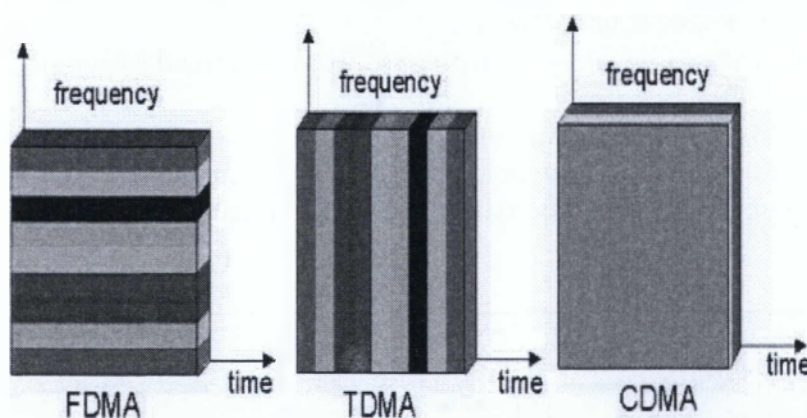
- Την εκπεμπόμενη ισχύ από το δορυφόρο
- Το εύρος ζώνης ραδιοσυχνοτήτων
- Τη δυνατότητα πολλαπλών διασυνδέσεων
- Τη δυνατότητα προσαρμογής του συστήματος πολλαπλής προσπέλασης σε διαφορές καταστάσεις

Καμιά τεχνική από μόνη της δεν δίνει την καλύτερη λύση. Για το λόγο αυτό απαιτείται η μελέτη των τεχνικών ώστε να γίνεται η καλύτερη επιλογή κατά περίπτωση.

## 2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΟ

Υπάρχουν 4 βασικές μορφές πολλαπλής πρόσβασης:

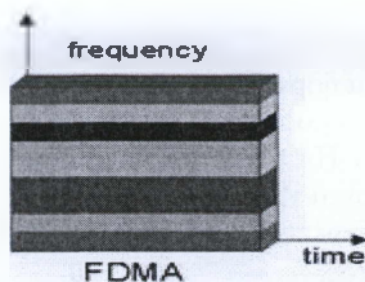
- Πολλαπλή πρόσβαση με τη μέθοδο επιμερισμού συχνότητας
- Πολλαπλή πρόσβαση με τη μέθοδο επιμερισμού χρόνου
- Πολλαπλή πρόσβαση με τη μέθοδο επιμερισμού κώδικα
- Πολλαπλή πρόσβαση με συνδυασμό τεχνικών (TDMA με CDMA ή FDMA με TDMA )



Εικόνα 2.2 Τα κυριότερα συστήματα πολλαπλής προσπέλασης

### 2.2.1 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (FDMA)

Η τεχνική FDMA παρέχει ξεχωριστούς ραδιοδιαύλους σε ξεχωριστούς χρήστες, δηλαδή κάθε χρήστης έχει πρόσβαση στο δορυφορικό, μέσα από μία συχνότητα που του έχει δοθεί.



Εικόνα 2.3 Μεθοδος πολλαπλής πρόσβασης με επιμερισμό συχνότητας

Η εκχώρηση συχνοτήτων γίνεται στατικά και δυναμικά, ανάλογα με την υπηρεσία και την εξυπηρετούμενη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Άρα για υπηρεσίες υψηλής ζήτησης έχουμε στατική εκχώρηση μίας συχνότητας ανά επίγειο σταθμό. Σε αυτή τη προσέγγιση, παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι μικρές απαιτήσεις του εξοπλισμού του επίγειου σταθμού, δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτη, καθώς υπάρχει άσκοπη σπατάλη εύρους ζώνης τις περιόδους τις οποίες ένας επίγειος σταθμός είναι ανενεργός. Οι υπηρεσίες ευρείας ζώνης χρειάζονται την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του φάσματος, κάτι που η τεχνική FDMA πραγματοποιεί μέσω της δυναμικής εκχώρησης των διαύλων.

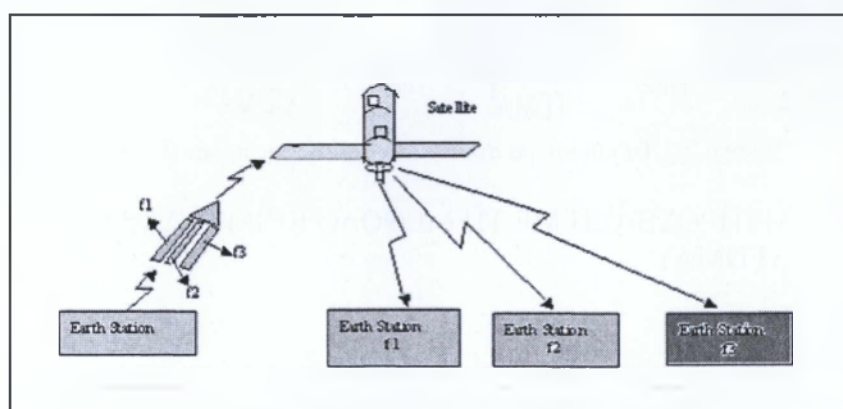
Για υπηρεσίες όπως η κινητή τηλεφωνία, η FDMA, παρόλο το περιορισμένο εύρος του καναλιού, αποτελεί καλή επιλογή.

Στα συστήματα πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης συχνότητας είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των φασμάτων των διαφορετικών φερόντων, ώστε να μην έχουμε παρεμβολή των περιοχών συχνοτήτων του ενός καναλιού στο άλλο. Αυτό σημαίνει σπατάλη εύρους ζώνης. Το κύριο μειονέκτημα της FDMA είναι ότι κάθε δίαυλος μοιράζεται τους πόρους του αναμεταδότη, κυρίως την ισχύ του.

Διακρίνονται δύο είδη λειτουργίας της FDMA:

- **Μόνιμη διάθεση** των φορέων στους σταθμούς όταν υπάρχει αρκετή και συνεχής κίνηση προς εξυπηρέτηση
- **προσωρινή διάθεση** καναλιών ύστερα από ζήτηση (Demand assignment multiple access).

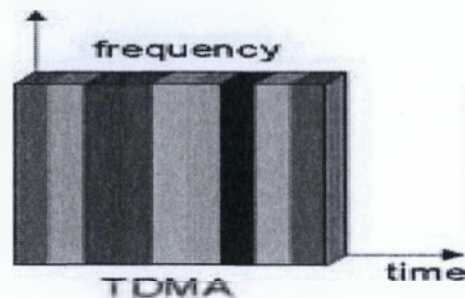
Το σύστημα FDMA χρησιμοποιείται για αναλογικές τηλεφωνικές συνδιαλέξεις. Τέλος, όπως φαίνεται και στο σχήμα υπάρχουν ζώνες διαχωρισμού μεταξύ των ραδιοδιαύλων, που μειώνουν την αποδοτικότητα του φάσματος.



Εικόνα 2.4 Αρχή λειτουργίας δικτύου FDMA

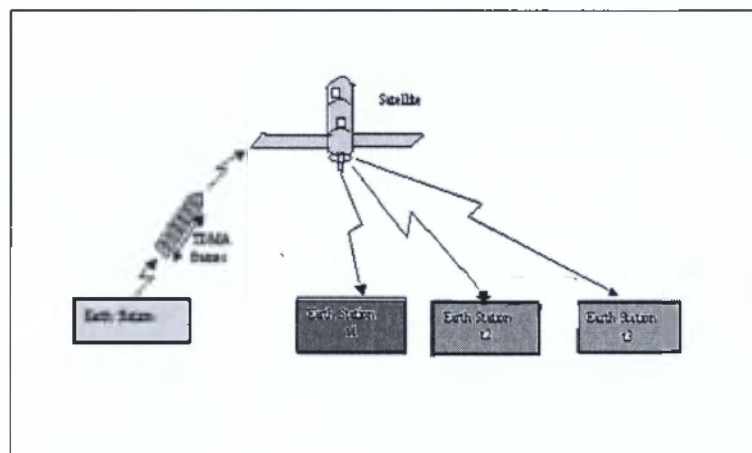
## 2.2.2 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (TDMA)

Στην πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου, στον επίγειο σταθμό, εκχωρείται όλο το εύρος ζώνης του αναμεταδότη διαδοχικά για ένα προκαθορισμένο και περιορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο ονομάζεται χρονοσχιμή.



Εικόνα 2.5 Πολλαπλή πρόσβαση με μέθοδο επιμερισμό χρόνου

Επομένως κάθε επίγειος σταθμός χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα μετάδοσης αφού κάθε χρονική στιγμή εκπέμπεται ένα σήμα και αποφεύγεται η παρεμβολή των σημάτων. Η TDMA είναι κατάλληλη για ψηφιακά σήματα. Ενώ τα αναλογικά σήματα θα πρέπει να μετατρέπονται σε ψηφιακά πριν τη μετάδοση. Το βασικό του συστήματος TDMA είναι ότι οι επίγειοι σταθμοί και ο αναμεταδότης είναι τμήματα ενός συστήματος το οποίο θα πρέπει να είναι συγχρονισμένο ώστε να μην υπάρχουν χρονικές επικαλύψεις των σημάτων που στέλνονται από τους σταθμούς.



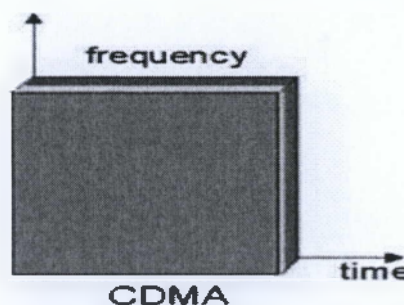
Εικόνα 2.6 Αρχή λειτουργίας δικτύου TDMA

Οι παραλλαγές του πρωτοκόλλου είναι:

- I) **Single-channel-per-carrier:** κάθε σήμα που εκπέμπεται έχει δικό του εύρος συχνοτήτων και bandwidth. Η μέθοδος αυτή εξυπηρετεί εφαρμογές που εκπέμπουν.
- II) **Multiple-channel-per-carrier:** πολλά σήματα περνάνε μέσα από πολυπλέκτες και το αποτέλεσμα της πολύπλεξης αποστέλλεται μέσω της δορυφορικής σύνδεσης σε ένα ή περισσότερους προορισμούς.

## 2.2.3 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΚΩΔΙΚΑ(CDMA)

Η πολλαπλή προσπέλαση διαίρεσης κώδικα είναι τεχνική με την οποία δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη συχνότητα και το χρόνο. Τα φέροντα μπορούν να εκπέμπονται συνεχεία κάνοντας κατάληψη σε όλο το εύρος ζώνης του αναμεταδότη.



Εικόνα 2.7 Πολλαπλή πρόσβαση με μέθοδο επιμερισμού κώδικα

Το σήμα στενής ζώνης πληροφορίας πολλαπλασιάζεται με ένα σήμα μεγάλου εύρους ζώνης, το οποίο ονομάζεται σήμα εξάπλωσης. Όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα οι χρήστες σε ένα σύστημα CDMA κάνουν χρήση του ίδιου φέροντος και κάνουν μετάδοση ταυτόχρονα. Αντί να γίνεται απευθείας μετάδοση του σήματος το σήμα διαμορφώνεται από μια μοναδική κωδική ακολουθία, η οποία ονομάζεται ακολουθία υπογραφής.

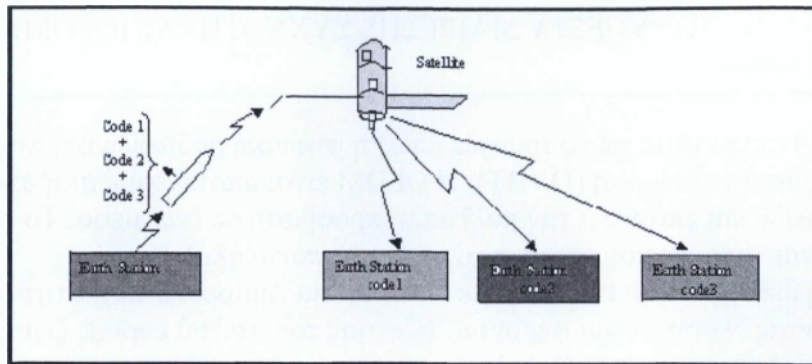
Με τη διαμόρφωση, το σήμα εξαπλώνεται σε εύρος ζώνης, που αυτό το εύρος ζώνης είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που χρειάζεται για τη μετάδοσή του. Από την πλευρά του δέκτη, χρησιμοποιείται μια κωδική ακολουθία προσαρμογής για την επανασυμπύεση του εύρους ζώνης και τη λήψη των αρχικών δεδομένων.

Η CDMA χρησιμοποιείται ήδη για επικοινωνία φωνής, αλλά υποστηρίζει και μετάδοση δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Στα συστήματα CDMA, η χωρητικότητα περιορίζεται από παρεμβολές, σε αντίθεση με τα συστήματα TDMA και FDMA, όπου περιορίζεται από εύρος ζώνης. Η CDMA έχει ανθεκτικότητα στις παρεμβολές, δίνοντας μια ασφαλή επικοινωνία.

Υπάρχουν 2 γενιές CDMA:

- Η πρώτη γενιά με εύρος ζώνης 1.25 MHz.
- Η δεύτερη γενιά CDMA γνωστή και ως **Wideband CDMA** λειτουργεί με εύρος ζώνης 5, 10 ή 15 MHz. Η WCDMA υποστηρίζει :
  1. μεγαλύτερη πυκνότητα χρηστών
  2. υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης
  3. είναι περισσότερο ασφαλής από την CDMA.

Στην CDMA δεν απαιτείται χρονικός συγχρονισμός. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στις παρεμβολές. Έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από τις FDMA και TDMA. Μειονέκτημα της CDMA το ότι έχει πολύπλοκους μηχανισμούς ελέγχου ισχύος. Η επίδοση του CDMA καθορίζεται από την ικανότητα του δέκτη να διαχωρίζει διευθύνσεις κάτι που είναι ιδιαίτερα δύσκολο όταν αυξηθεί ο αριθμός των επιγείων σταθμών που εξυπηρετούνται από το σύστημα.



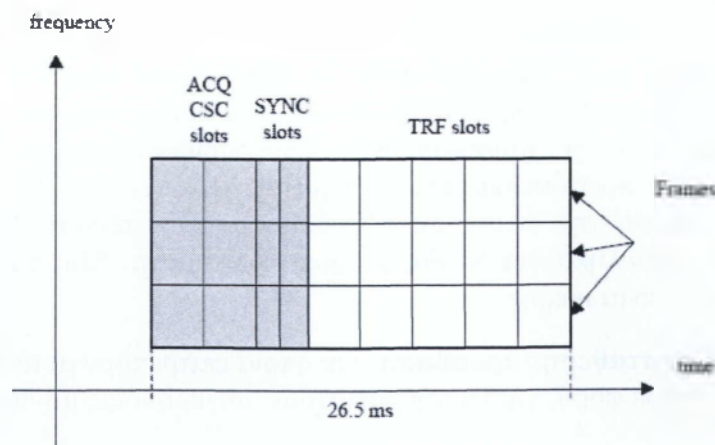
Εικόνα 2.8 Αρχή λειτουργίας δικτύου CDMA

## 2.2.4 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ (TDMA ΜΕ CDMA Η FDMA ΜΕ TDMA )

Η διαχείριση πόρων με τεχνικές TDMA, FDMA, CDMA γίνεται κεντρικά ελεγχόμενα ή κατανεμημένα. Τα παραπάνω συστήματα πολλαπλής πρόσβασης χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση και την πρόσβαση τερματικών. Το μειονέκτημα της TDMA είναι η ανάγκη να καθορίσει το μέγεθος των επίγειων σταθμών.

Μια λύση είναι ο υβριδικός συνδυασμός πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης χρόνου πολλαπλών συχνοτήτων που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και του FDMA και του TDMA. Στο MF-TDMA το φάσμα του αναμεταδότη χωρίζεται σε διάφορα φέροντα σήματα. Κάθε φέρον υποδιαιρείται με τη μέθοδο TDMA.

Η μετάδοση γίνεται με τη χρήση χρονοθυρίδων που μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικά φέροντα. Όταν χρησιμοποιείται ένας μόνο ενισχυτής, το τερματικό δεν μπορεί να μεταδίδει σε χρονοθυρίδες διαφορετικών φερόντων την ίδια χρονική στιγμή διότι προκύπτουν προϊόντα ενδοδιαμόρφωσης. Η μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης MF-TDMA παρέχει τη δυνατότητα αποτελεσματικής ροής κίνησης.

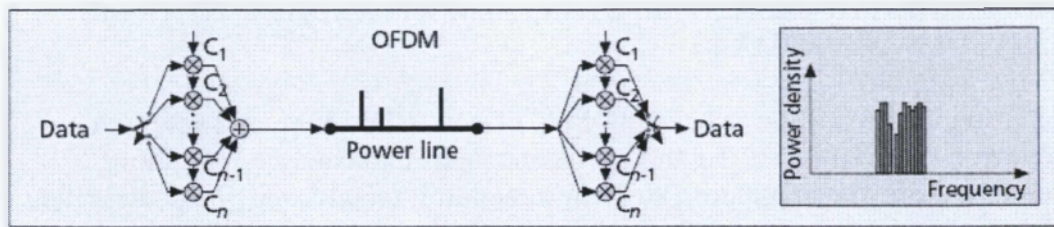


Εικόνα 2.9 MF-TDMA

## 2.2.5 ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (OFDM)

Η OFDM συναντάται σε εφαρμογές όπως η ψηφιακή ραδιοφωνική αναμετάδοση η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T). Η OFDM είναι αποτελεσματική στα διάφορα είδη παρεμβολών και επιτρέπει την πολλαπλή πρόσβαση σε ένα μέσο. Το φάσμα που χρησιμοποιείται είναι χωρισμένο σε πολλά στενά υποκανάλια.

Μία ροή δεδομένων μεταδίδεται με Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας (FDM) χρησιμοποιώντας  $N$  ορθογώνια φέροντα.. Εξαιτίας του στενού εύρους ζώνης των καναλιών, η απόσβεση και η καθυστέρηση ομάδας είναι σταθερή μέσα σε κάθε κανάλι. Η ορθογωνιότητα όλων των φερόντων, έχει σαν αποτέλεσμα εξαιρετικές φασματικές επιδόσεις, πράγμα πολύ σημαντικό.



Εικόνα 2.10 Διαμόρφωση OFDM

Η ροή δεδομένων μοιράζεται με ρυθμό  $r_d$  στα  $N$  ξεχωριστά κανάλια, μια νέα ροή θα εμφανιστεί με ρυθμό  $r_s = r_d / (μ \cdot N)$ , ουσιαστικά πιο αργή. Επιπλέον, για κάθε φέρον μπορεί να επιλεγεί ένα διαφορετικό σχήμα διαμόρφωσης ανάλογα με την ποιότητα του καναλιού.

Ένα πλεονέκτημα της OFDM δυνατό να επιλεγεί το βέλτιστο σχήμα διαμόρφωσης χωριστά για κάθε υποκανάλι. Ακόμα ζώνες του φάσματος συχνότητας που δεν χρησιμοποιούνται μπορούν εύκολα να αποσβεστούν με μηδενισμό των αντίστοιχων φερόντων.

## 2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ

Το βασικό θέμα είναι να μοιραστούν οι δορυφορικοί πόροι στους επίγειους δορυφορικούς σταθμούς έτσι ώστε να βελτιστοποιείτε η δορυφορική χωρητικότητα, η ποιότητα υπηρεσιών, η χρησιμοποίηση του ραδιοφάσματος, το κόστος, η δορυφορική ισχύ. Τα πρωτόκολλα του στρώματος MAC ελέγχουν τις μεταδόσεις άνω ζεύξης σε σχέση την κατανομή των δορυφορικών πόρων. Διάφορα MAC συστήματα είναι κατάλληλα για τα δορυφορικά συστήματα. Μια ταξινόμηση των MAC πρωτοκόλλων είναι η εξής :

1. **πρωτόκολλα σταθερής πρόσβασης** : τα οποία επιτρέπουν μετάδοση σε ένα τερματικό κάθε φορά, για να μην υπάρχουν συγκρούσεις μηνυμάτων.
2. **πρωτόκολλα βασιζόμενα στον ανταγωνισμό** : τα οποία επιτρέπουν τη μετάδοση σε διάφορους τερματικούς σταθμούς ταυτόχρονα. Με τις μεθόδους αυτές που δύο ή περισσότερα τερματικά μπορούν να κάνουν μετάδοση ταυτόχρονα πιθανό να προκληθεί σύγκρουση μηνυμάτων στο μέσο.

3. **πρωτόκολλα δυναμικής εκχώρησης** : παρέχουν πρόσβαση στο δίκτυο λαμβάνοντας υπόψη τις αιτήσεις που υποβάλλονται από τους σταθμούς.

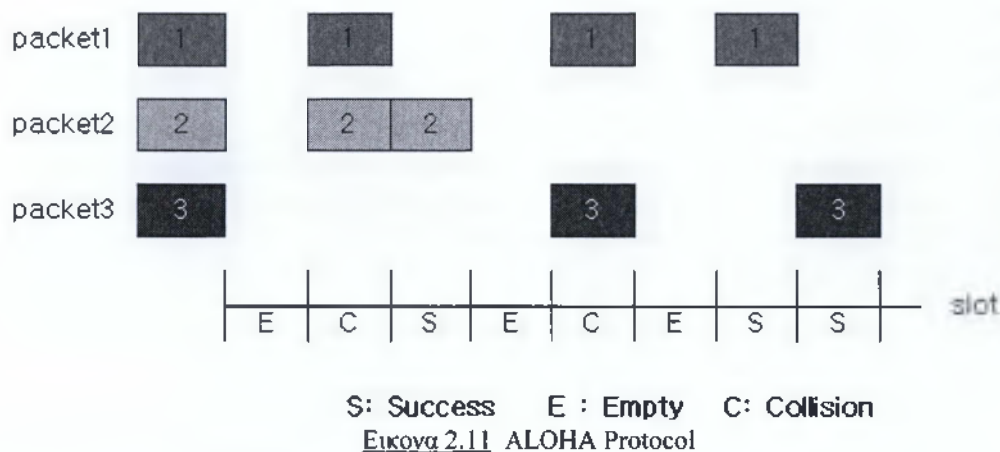
### 2.3.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ ΓΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτή την κατηγορία είναι τα πρωτόκολλα pure-Aloha και slotted-Aloha, που είναι πρωτόκολλα για δορυφορικά συστήματα. Στα συστήματα Aloha, στους επίγειους σταθμούς δεν είναι συντονισμένοι όσον αφορά τη μετάδοση των δεδομένων.

Όταν είναι διαθέσιμα νέα δεδομένα, μεταδίδονται τα πακέτα. Όταν υπάρχει σύγκρουση πακέτων, τότε το τερματικό επανεκπέμπει το πακέτο μετά από κάποια τυχαίο χρονικό διάστημα.

Στο πρωτόκολλο Slotted-Aloha υπάρχει συγχρονισμός, ώστε τα πακέτα να μπορούν να μεταδοθούν μόνο στην αρχή των χρονοθυρίδων, αλλά η διάρκεια εκπομπής ενός πακέτου να είναι ίση με το μέγεθος της χρονοθυρίδας.

Τα πρωτόκολλα τυχαίας προσπέλασης έχουν απλή εφαρμογή, αλλά δεν αξιοποιούν ικανοποιητικά τους δορυφορικούς πόρους .



### 2.3.2 PRMA ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

Το PRMA είναι ένα πρωτόκολλο MAC που είναι συνδυασμός χαρακτηριστικών του πρωτοκόλλου Slotted-Aloha τυχαίας προσπέλασης με δέσμευση χρονοθυρίδας και της τεχνικής TDMA. Το πρωτόκολλο PRMA η αρχική χρήση του ήταν για τα επίγεια κυψελοειδή συστήματα, αλλά αποδείχθηκε αποτελεσματικό για μεταδόσεις πολυμέσων LEO ή MEO δορυφόρων.

Το PRMA θεωρείτε ένα δυναμικό πρωτόκολλο όπου οι χρονοθυρίδες κατανέμονται δυναμικά στους χρήστες για μεταδόσεις. Το PRMA είναι κατάλληλο κυρίως σε κινητά δίκτυα που αποτελούνται από ένα δορυφόρο και μια σειρά από κινητούς σταθμούς που ανταλλάσσουν φωνή και δεδομένα.

Με το πρωτόκολλο PRMA, κάθε πλαίσιο TDMA αποτελείται από κατελημμένες και διαθέσιμες χρονοθυρίδες. Κάθε φέρον στο σύστημα PRMA διαιρείται σε χρονοθυρίδες οι οποίες αποτελούν ένα πλαίσιο . Κάθε πακέτο που αποστέλλεται από τους τερματικούς σταθμούς έχει μια επικεφαλίδα για το συγχρονισμό των δεδομένων, καθώς και τον εντοπισμό του τερματικού αναχώρησης και του τερματικού προορισμού.



Η πληροφορία αυτή είναι σημαντική, διότι ο δορυφόρος μπορεί αμέσως να αναγνωρίσει το σταθμό-αποστολέα του πακέτου. Για να είναι αποτελεσματικό το PRMA πρωτόκολλο, το μήκος του πλαισίου TDMA πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την καθυστέρηση διάδοσης στο δίκτυο.

Επιπλέον, η διάρκεια ζωής του πακέτου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από καθυστέρηση διάδοσης από τη μια άκρη στην άλλη. Όταν ο τερματικός σταθμός πρέπει να μεταδώσει πακέτα, επιχειρεί να το κάνει στην πρώτη διαθέσιμη χρονοθυρίδα.

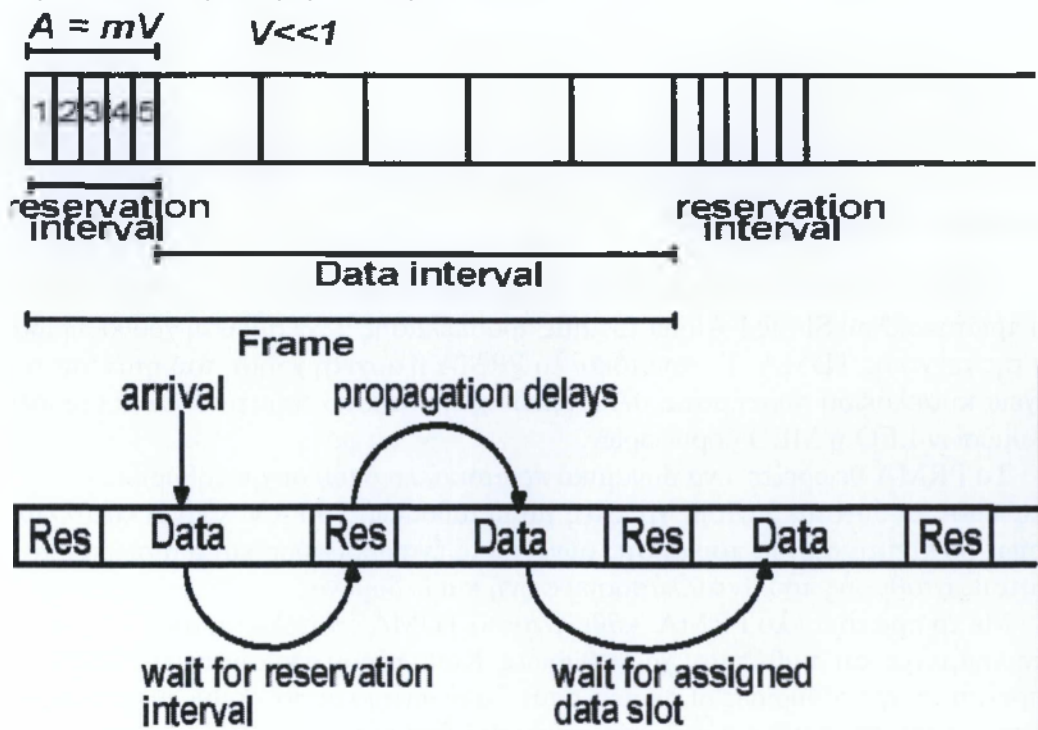
Όταν δύο ή περισσότερα τερματικά συγκρούονται κάνοντας πρόσβασης στην ίδια χρονοθυρίδα, δε γίνεται αποστολή των δεδομένων στη χρονοθυρίδα και τα τερματικά που συμμετέχουν κάνουν τυχαία τις επόμενες προσπάθειες μετάδοσης.

Εάν σε μια χρονοθυρίδα γίνει μόνο μία προσπάθεια μετάδοσης πακέτου, ο δορυφόρος θα είναι σε θέση να κρατήσει τη συγκεκριμένη χρονοθυρίδα για τον τερματικό σταθμό και να μεταδώσει την πληροφορία στο επόμενο πλαίσιο.

Αν υπάρξουν πολλές μεταδόσεις στην ίδια χρονοθυρίδα, τα πακέτα που λαμβάνονται συγκρούονται. Η παρουσία συγκρούσεων αυξάνει την καθυστέρηση πρόσβασης, μια κρίσιμη παράμετρο για τη διαχείριση κίνησης. Ένας χρήστης μπορεί να δεσμεύσει περισσότερες από μια χρονοθυρίδες, αν χρειαστεί και εφόσον υπάρχουν διαθέσιμες.

Όταν όμως συμβαίνουν επαναλαμβανόμενες συγκρούσεις πακέτων το πρωτόκολλο μπορεί να μην είναι σταθερό, αφού αυξάνεται η τιμή της καθυστέρησης πρόσβασης. Υπάρχει λοιπόν, ένα τροποποιημένο PRMA με το οποίο ο σταθμός επιτρέπεται μεταδόσεις πακέτων, ενώ αναμένει το αποτέλεσμα της προηγούμενης προσπάθειας.

Εάν η προηγούμενη προσπάθεια δεν είναι επιτυχής, η τροποποίηση αυτή του επιτρέπει γρηγορότερη πρόσβαση. Όταν είναι επιτυχής, οι προσπάθειες δεν έχουν όφελος και εμποδίζουν την πρόσβαση σε άλλα τερματικά. Για το λόγο αυτό ονομάζεται PRMA με παρεμπόδιση καταστάσεων.



Εικόνα 2.12 PRMA

### 2.3.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΕΚΧΩΡΗΣΗΣ (DRAMA, FODA/ΒΕΑ)

Η πολλαπλή προσπέλαση εκχώρησης ανάλογα με τη ζήτηση (DAMA) επιτρέπει τη δυναμική διανομή της δορυφορικής ισχύος και του εύρους ζώνης, ανάλογα με τις ανάγκες επικοινωνίας των χρηστών.

Όταν εκχωρηθεί συγκεκριμένος αριθμός καναλιών στους χρήστες του δικτύου, παρατηρείται κακή χρήση της χωρητικότητας του επίγειου σταθμού αλλά και του δορυφορικού αναμεταδότη. Για την βελτίωση της επίδοσης του συστήματος πρέπει η κατανομή της χωρητικότητας του επίγειου σταθμού και του δορυφορικού αναμεταδότη να προσαρμόζεται ανάλογα με την κίνηση. Η τεχνική που το καταφέρνει είναι η Πολλαπλή προσπέλαση με ανάθεση κατά απαίτηση. Η τεχνική DAMA, συνδυάζει τις τεχνικές TDMA και Aloha. Το πρωτόκολλο Aloha είναι κατάλληλο για μικρά πακέτα, το TDMA για μεγάλα πακέτα. Στην ανάθεση εύρους ζώνης κατά απαίτηση, χρησιμοποιείται Aloha για την αίτηση του εύρους ζώνης και TDMA για παροχή συνεχούς μετάδοσης. Το πλαίσιο χωρίζεται σε τρία κομμάτια.

- το πρώτο για καθαρή χρήση TDMA με συνεχή ροή δεδομένων,
- το δεύτερο για εκχωρημένους κατά απαίτηση καταγισμούς με χρήση TDMA
- το τρίτο για αιτήσεις ανάθεσης με το πρωτόκολλο Aloha

Το αποτέλεσμα της χρησιμοποίησης κοινού πλαισίου για όλες τις υπηρεσίες, είναι ότι κάθε χρήστης, εκτός από τους χρήστες Aloha, θα έχει τον ίδιο μέσο χρόνο καθυστέρησης ίσο με το μισό του χρόνου του πλαισίου.

Τα πλεονεκτήματά της είναι τα εξής:

1. Οικονομική χρησιμοποίηση των πόρων μετάδοσης.
2. Οι συνδέσεις που δε χρησιμοποιούνται, δεν καταναλώνουν πόρους του δορυφόρου
3. Οικονομία στο μέγεθος των σταθμών. Αυτό ισχύει στην περίπτωση των δικτύων που χρησιμοποιούν SCPC πρόσβαση, που κάθε κανάλι αντιστοιχεί σε ένα ξεχωριστό modem του επίγειων σταθμών.
4. Καλύτερευση της σύνδεσης με το δίκτυο με τη DAMA επιτρέπεται να δημιουργούνται απευθείας συνδέσεις μεταξύ των σταθμών.

Όπως είδαμε υπάρχει μεγάλη ποικιλία στην πολλαπλή πρόσβαση σε ένα δορυφόρο από σταθμούς ενός δικτύου. Κατά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

Η χρονική καθυστέρηση του μηνύματος

- Το κόστος των επίγειων σταθμών
- το κόστος λειτουργίας του δικτύου
- τις απολαβές από τη λειτουργία του
- Την πολυπλοκότητα του δικτύου

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, παρουσιάζεται στον πίνακα το καταλληλότερο πρωτόκολλο πρόσβασης για διάφορους τύπους τηλεπικοινωνιακής κίνησης.

Τύπος κίνησης	Κατάλληλο πρωτόκολλο
Μη – καταγωγιστική	Στατική εκχώρηση FA (e.g. TDMA, FDMA)
Καταγωγιστική με μικρά μηνύματα	ALOHA, ALOHA με σχισμές
Καταγωγιστική με μεγάλα μηνύματα και μεγάλος αριθμός χρηστών	Πρωτόκολλα με κρατήσεις με ανταγωνισμό στο κανάλι κρατήσεων
Καταγωγιστική με μεγάλα μηνύματα αλλά με μικρό αριθμό χρηστών	Πρωτόκολλα με κρατήσεις με κανάλι κρατήσεων σταθερής εκχώρησης

Πίνακας 2.13 καταλληλότητα πρωτοκόλων

## 2.4 Πρωτόκολλα δικτύου

Για τη μεταφορά δεδομένων μέσω ενός δικτύου υπάρχει η δυνατότητα για χρησιμοποίηση διαφόρων πρωτοκόλλων, κάθε ένα από τα οποία επιδρά διαφορετικά στο ποσοστό των πλεοναζόντων ψηφίων και άρα στο προφίλ κίνησης. Τα χαρακτηριστικά των πρωτοκόλλων αυτών είναι το αντικείμενο αυτής της παραγράφου.

### Το δίκτυο πακέτων X.25

Δίκτυα πακέτων X.25 ονομάζονται τα δίκτυα δεδομένων που ακολουθούν τις συστάσεις X.25 της ITU-T. Η σύσταση X.25 είναι συμβατή με το πρότυπο OSI του ISO και προδιαγράφεται για τα τρία πρώτα επίπεδα του τα οποία σχετίζονται κυρίως με τους μηχανισμούς του δικτύου επικοινωνίας. Το υψηλότερο επίπεδο που καλύπτεται από το X.25 είναι το τρίτο (επίπεδο πακέτων) ενώ η κάλυψη των παραπάνω επιπέδων είναι στην αρμοδιότητα του χρήστη.

Η ανάγκη για αποδοτική μετάδοση δεδομένων, ιδιαίτερα όταν η μετάδοση χαρακτηρίζεται από αιχμές με μεγάλους όγκους δεδομένων που εναλλάσσονται με μεγάλα διαστήματα παύσης ή μη χρήσης του δικτύου, συντέλεσε στη δημιουργία δικτύων μεταγωγής πακέτων και της σύστασης X.25. Οι πόροι των δικτύων, δηλαδή κόμβοι και γραμμές, μοιράζονται και χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοση και να ελαχιστοποιείται το κόστος χρήσης.

Κάθε χρήστης έχει μια μόνο φυσική σύνδεση με το δίκτυο των πακέτων αλλά αυτό δεν τον εμποδίζει να μπορεί να συνδέεται ταυτόχρονα με περισσότερους από ένα συνδρομητές του δικτύου. Επίσης, κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τη σύνδεση του με οποιονδήποτε άλλο συνδρομητή του δικτύου πακέτων αρκεί να γνωρίζει τον αριθμό κλήσης του, κάτι ανάλογο με αυτό που ισχύει και στο τηλεφωνικό δίκτυο.

## Προδιαγραφές X.25

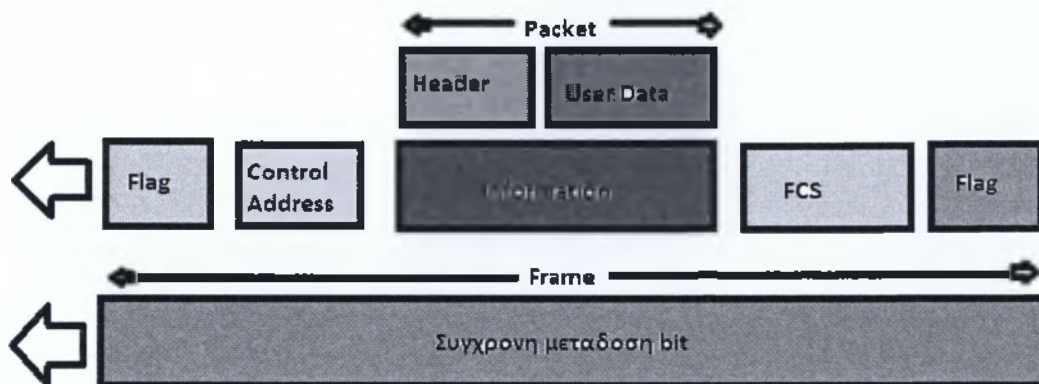
Η σύσταση X.25 της ITU-T ορίζει τον τρόπο και τις διαδικασίες επικοινωνίας μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου μεταγωγής. Η επικοινωνία αυτή ορίζεται σε τρία επίπεδα:

**X.25 επίπεδο 1.** Ορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά για την ενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης, ώστε να μεταφέρονται τα ψηφία πληροφορίας.

**X.25 επίπεδο 2.** Ονομάζεται και επίπεδο frame. Τα ψηφία ομαδοποιούνται σε πλαίσια (frames). Στο επίπεδο αυτό ορίζονται οι διαδικασίες ανταλλαγής των πλαισίων και αντιμετώπισης των σφαλμάτων μετάδοσης.

**X.25 επίπεδο 3.** Ονομάζεται και επίπεδο πακέτων. Τα δεδομένα των συνδρομητών καθώς και οι πληροφορίες ελέγχου αφού πάρουν τη μορφή πακέτων, μεταφέρονται με τη βοήθεια των πλαισίων από και προς το δίκτυο.

Κάθε ένα από τα τρία επίπεδα προσφέρει υπηρεσίες προς το αμέσως ανώτερο του, ενώ επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο της άλλης πλευράς της σύνδεσης. Κατά αυτόν τον τρόπο το X.25 συμφωνεί πλήρως με την φιλοσοφία του προτύπου OSI. Το Σχήμα δείχνει τη σχέση των ψηφίων, των πλαισίων και των πακέτων που μεταφέρονται αντίστοιχα από τα τρία επίπεδα.



Εικόνα 2.14 Σχέση πακέτου, πλαισίου και ψηφίων στο πρωτόκολλο X.25

Το κάθε πακέτο δεδομένων έχει συγκεκριμένο μέγεθος και εκτός από τα δεδομένα πληροφορίας περιέχει στοιχεία δρομολόγησης και ελέγχου. Το X.25 αδιαφορεί για το είδος και τη σημασία των δεδομένων του χρήστη, πλην όμως δίνει ιδιαίτερη προσοχή στις πληροφορίες δρομολόγησης και ελέγχου που βρίσκονται στην αρχή του πακέτου.

Στη συνέχεια το πακέτο περνά στο δεύτερο επίπεδο όπου και τοποθετείται στο πεδίο πληροφορίας του πλαισίου. Το πλαίσιο περιέχει πρόσθετες πληροφορίες ελέγχου και ανίχνευσης σφαλμάτων ώστε να διασφαλίσει την σωστή μεταφορά του πακέτου στην απέναντι πλευρά της σύνδεσης.

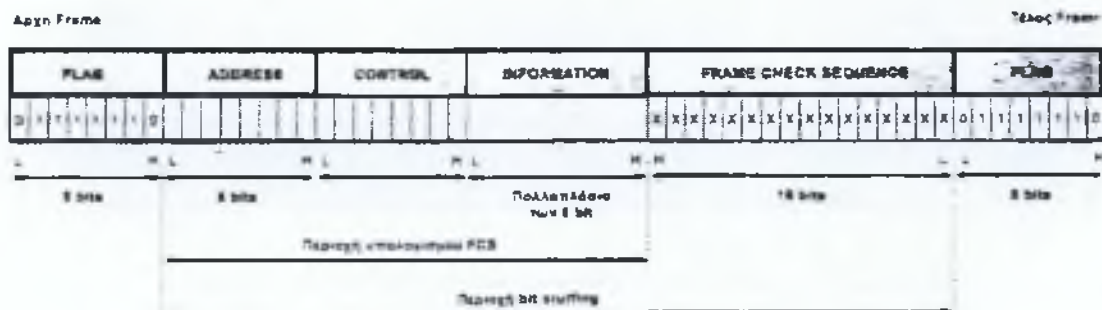
Το επίπεδο 2 αγνοεί το περιεχόμενο του πακέτου ή της προμετωπίδας του (header) , μια και ο αντικειμενικός σκοπός του είναι να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη

μεταφορά του πακέτου. Για τη διακίνηση αυτή το δεύτερο επίπεδο χρησιμοποιεί τη φυσική ζεύξη μεταφοράς των bit του πρώτου επιπέδου.

### Δομή πλαισίου X.25

Όλα τα πλαίσια έχουν τη δομή που φαίνεται στο Σχήμα. Τα επιμέρους πεδία από οποία αποτελείται ένα πλαίσιο είναι:

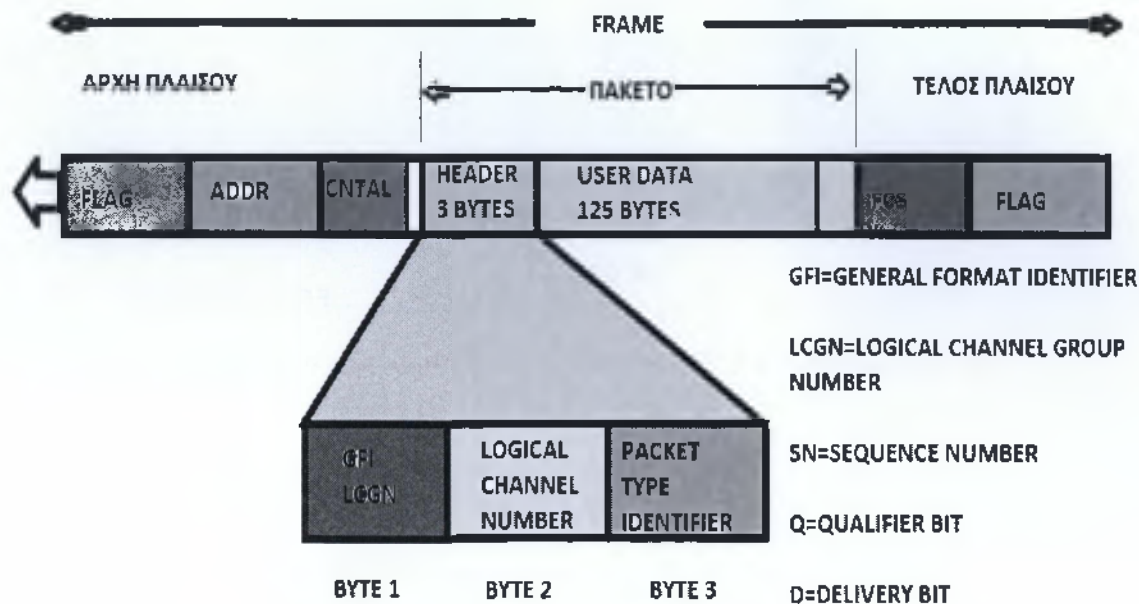
1. **Σημαία.** Καθορίζει τα όρια του πλαισίου στην αρχή και στο τέλος. Έχει την τιμή 01111110. Εάν εκπέμπονται δυο πλαίσια συνεχόμενα, τότε απαιτείται μόνο μια σημαία ανάμεσα τους. Όταν δεν στέλνονται πλαίσια τότε ο εξοπλισμός του συνδρομητή και του δικτύου μεταγωγής εκπέμπουν συνεχώς σημαίες.
- **Διεύθυνση.** Με το πεδίο διεύθυνσης χαρακτηρίζονται τα πλαίσια σε πλαίσια εντολής και πλαίσια απόκρισης. Στο πεδίο διεύθυνσης τίθεται η διεύθυνση του δέκτη όταν πρόκειται για πλαίσιο εντολής και η διεύθυνση του πομπού όταν πρόκειται για πλαίσια απόκρισης.
- **Πεδίο ελέγχου.** Στο πεδίο ελέγχου κωδικοποιείται ο τύπος του πλαισίου, δηλαδή αν είναι πλαίσιο δεδομένων, ελέγχου η αναρίθμητο.
- **Πεδίο δεδομένων.** Το πεδίο δεδομένων περιέχει τα δεδομένα του στρώματος 3 έτσι το μήκος του καθορίζεται από τον αριθμό των bytes των παραδιδόμενων δεδομένων.
- **Πεδίο ελέγχου σφάλματος.** Τα 16 bits που διατίθενται, χρησιμεύουν για έλεγχο σφάλματος κατά την μετάδοση.



Εικόνα 2.15 Το πλαίσιο X.25

Τα δεδομένα πριν την μετάδοσή τους οργανώνονται σε πακέτα. Κάθε πακέτο απαρτίζεται από την προμετωπίδα (header) και την περιοχή δεδομένων του χρήστη. Ο τύπος κάθε πακέτου προσδιορίζεται από την προμετωπίδα του που αποτελείται από τρία byte. Η περιοχή δεδομένων έχει μέγιστο μήκος 128 byte αν και μερικά δίκτυα προσφέρουν μέγιστο μήκος ίσο με 64, 256, 512, 1024 bytes.

Για τα τρία επίπεδα τα οποία καλύπτει το πρωτόκολλο X.25, ο αριθμός των επιπλέον bytes που προστίθενται συνολικά στα bytes πληροφορίας είναι 9. Τα 6 bytes προέρχονται από το δεύτερο επίπεδο και τα υπόλοιπα 3 bytes από το τρίτο επίπεδο του OSI.



Εικόνα 2.16H προμετωπίδα πακέτου X.25

### Η τεχνική Frame Relay

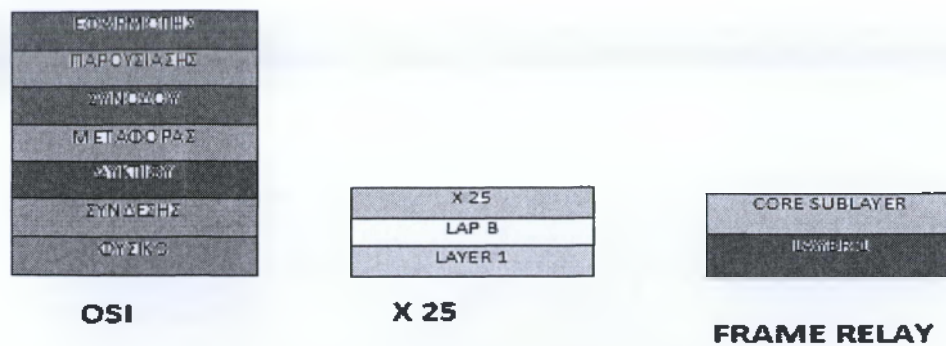
Η τεχνική Frame Relay περιγράφει ένα πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου για αποδοτική μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες και κυρίως έρχεται να καλύψει την ανάγκη διασύνδεσης τοπικών δικτύων (LAN) με δίκτυα WAN, ή LAN με LAN όπου παρατηρείται καταιγιστική μετάδοση δηλαδή σύντομες αλλά μεγάλου όγκου αιχμές στη μετάδοση δεδομένων.

Το Frame Relay εξαπλώθηκε στην αρχή της δεκαετίας του 90 και είναι μια νέα τεχνική μετάδοσης πακέτων για υψηλές ταχύτητες, με τρόπο απλό και ελάχιστη χρονική καθυστέρηση.

Με την τεχνική αυτή, δημιουργούνται νοητά κυκλώματα και πλαίσια δεδομένων κατά παρόμοιο τρόπο με του X.25, αλλά ελαχιστοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων στους κόμβους αυξάνοντας την ταχύτητα μετάβασης μέσα στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εξάλειψη του τρίτου επιπέδου του OSI (επίπεδο πακέτων του X.25), προσφέροντας έτσι στους χρήστες μόνο λειτουργίες πρώτου και δεύτερου επιπέδου.

Επίσης, δεν χρησιμοποιεί μηχανισμούς διόρθωσης σφαλμάτων και ελέγχου ροής του β' επιπέδου, αφού θεωρεί ότι κατά τεκμήριο υπάρχει ένα αξιόπιστο ψηφιακό μέσο μετάδοσης στο φυσικό επίπεδο. Οι λειτουργίες αυτές μετατοπίζονται από το δίκτυο στους ακραίους χρήστες και υλοποιούνται σε υψηλότερα επίπεδα του μοντέλου OSI που διαθέτουν τέτοιες δυνατότητες (π.χ. TCP/IP).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα το Frame Relay καλύπτει μέρος μόνο του δευτέρου επιπέδου και σε αντίθεση με το X.25 όπου η πολύπλεξη πολλών καναλιών στη ίδια φυσική σύνδεση και η δρομολόγηση γίνονται στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο, εδώ οι λειτουργίες αυτές γίνονται σε ένα υπόστρωμα του 2<sup>ου</sup> επιπέδου που ονομάζεται Data Link Core Sublayer.



Εικονα 2.17 Σύγκριση διαστρωμάτωσης πρωτοκόλλων X.23 και Frame Relay

Ένα από τα πλέον ενδιαφέροντα σημεία του Frame Relay είναι η δυνατότητα του να μεταφέρει άλλα πρωτόκολλα καθώς και η διαφάνεια του στη μεταφορά δεδομένων που είναι δομημένα με πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων.

Για παράδειγμα μπορούμε εύκολα να διασυνδέσουμε δίκτυα LAN που χρησιμοποιούν πρωτόκολλο TCP/IP μέσω δικτύων Frame Relay. Τα πακέτα TCP/IP ενθυλακώνονται σε πλαίσια Frame Relay (στο πεδίο πληροφορίας) στην πλευρά του αποστολέα, μεταφέρονται έτσι μέσω του δικτύου και στη συνέχεια στην πλευρά του δέκτη ανακτώνται στην αρχική τους μορφή.

Για την επισήμανση του είδους του πρωτοκόλλου που μεταφέρεται σε κάθε frame, τοποθετείται ένα μικρό header στην αρχή του πεδίου πληροφορίας του frame.

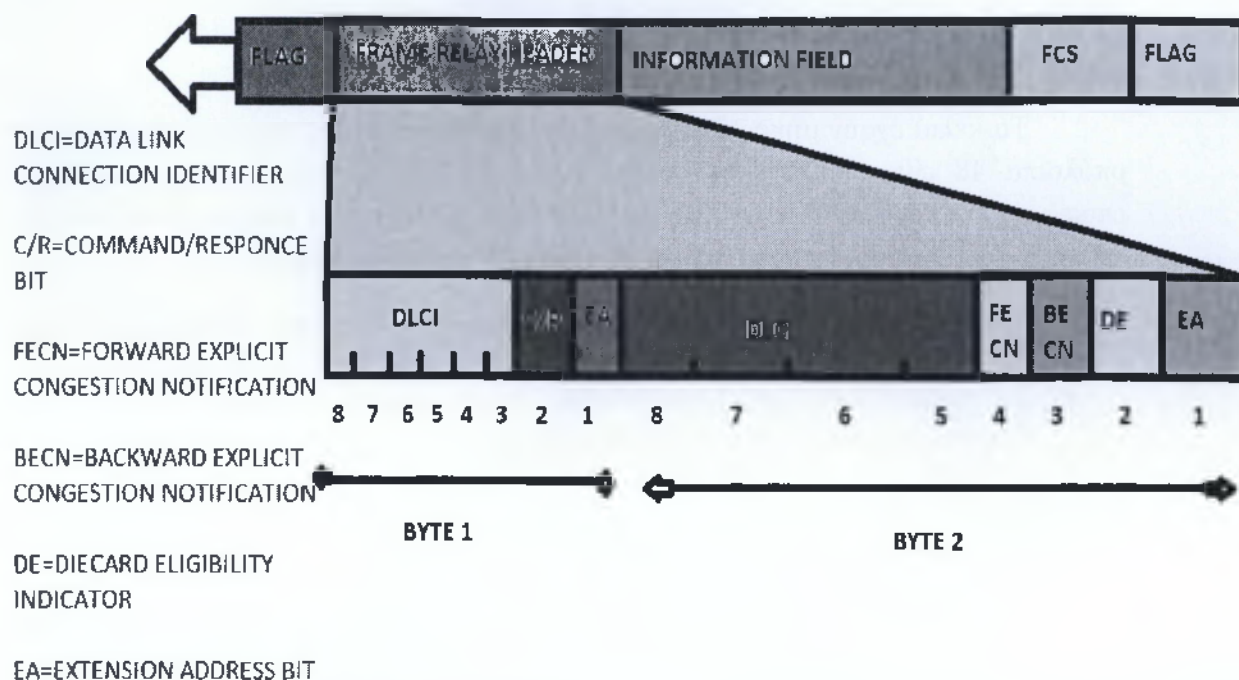
Το Frame Relay αναμένεται ότι θα αντικαταστήσει το X.25 σε πολλές εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλές ταχύτητες και μικρές καθυστερήσεις. Η υλοποίηση του είναι εύκολη και πολλές φορές γίνεται και με απλή προσθήκη λογισμικού ακόμη και σε υπάρχουσες συσκευές.

Συnergάζεται εξαιρετικά με τις τεχνολογίες cell relay, όπως η ATM, καθώς εμφανίζονται ιδιαίτερα πλεονεκτήματα στην πρόσβαση σε κομβικά δίκτυα τεχνικής ATM με διαπαφές frame relay. Η χρήση του Frame Relay σε απλές σημείο προς σημείο συνδέσεις, δεν προσφέρει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα για τον χρήστη, ενώ αντίθετα είναι ιδιαίτερα αποδοτικό για χρήση σε δίκτυα.

### **Δομή πλαισίου Frame Relay**

Η διακίνηση των δεδομένων στο πρωτόκολλο Frame Relay γίνεται με την δημιουργία πλαισίων (frames) όπως φαίνεται στο Σχήμα.

Τα πλαίσια των δεδομένων είναι μεταβλητού μήκους έως 4096 byte και έχουν ένα μικρό header των 2 byte. Συνολικά για δεδομένα έως 4096 bytes, προστίθενται 5 byte επιπλέον. Τα πλαίσια παραλαμβάνονται από το δίκτυο και δρομολογούνται από κόμβο σε κόμβο μέχρι τον τελικό αποδέκτη. Κατά παρόμοιο τρόπο με την λειτουργία του X.25 τα πλαίσια μπορεί να αποτελούν εντολές ή απαντήσεις



Εικόνα 2.18 Δομή πλαισίου Frame Relay

## ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Η βασική ιδέα πίσω από το ATM είναι η μεταφορά όλης της πληροφορίας σε μικρά, καθορισμένου μήκους πακέτα που ονομάζονται κελιά. Οι λόγοι της επιλογής της μεταγωγής κελιών είναι ποικίλοι και μεταξύ αυτών είναι οι ακόλουθοι.

Πρώτον, η μεταγωγή κελιών είναι εξαιρετικά ευέλικτη και μπορεί να διαχειρισθεί εύκολα τόσο την κίνηση σταθερού ρυθμού (ήχος, βίντεο) όσο και την κίνηση μεταβλητού ρυθμού (δεδομένα).

Δεύτερον, στις πολύ μεγάλες ταχύτητες που αναμένονται, η ψηφιακή μεταγωγή των κελιών είναι ευκολότερη από τη χρήση παραδοσιακών τεχνικών πολυπλεξίας.

Τρίτον, όσον αφορά την τηλεοπτική διανομή, η δυνατότητα εκπομπής είναι ουσιώδης. Η μεταγωγή κελιών μπορεί να την υποστηρίξει, ενώ η μεταγωγή κυκλώματος όχι.

Η τεχνολογία ATM είναι η πρώτη η οποία συνένωσε τις επικοινωνίες φωνής και δεδομένων σε μία κοινή μορφή, ισοδύναμα και δίκαια κατάλληλη και για τις δύο. Το κελί μεταδίδεται και δρομολογείται μέσω της πληροφορίας η οποία περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του και είναι η ταυτότητα των νοητών καναλιών. Μέσω των νοητών καναλιών, τα κελιά μεταφέρονται από τον ένα τερματικό σταθμό στον άλλο με την πιθανή παρεμβολή περισσότερων του ενός κέντρων μεταγωγής.

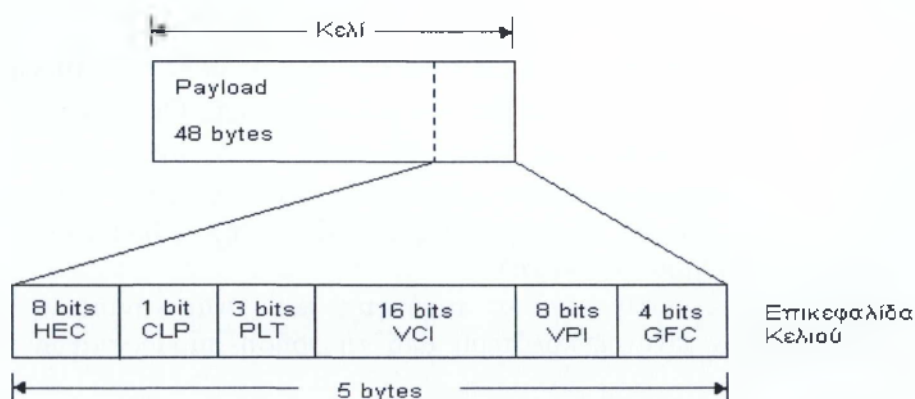
Τα κέντρα αυτά (ATM switches) χαρακτηρίζονται από την απλότητα και την ταχύτητα των μηχανισμών τους. Το ATM, όπως και οι άλλες τεχνολογίες μεταγωγής πακέτων (X.25, Frame Relay), δρομολογεί τα πακέτα μέσω της διεύθυνσης.



## Δομή κελιού ATM

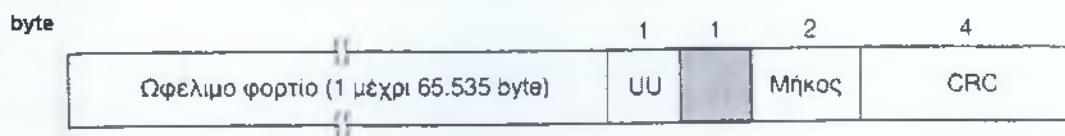
Τα κελιά έχουν μήκος 53 byte, εκ των οποίων τα 5 είναι η επικεφαλίδα και τα υπόλοιπα 48 είναι το ωφέλιμο φορτίο (payload), όπως φαίνεται στο Σχήμα. Η επικεφαλίδα αποτελείται από 6 διαφορετικά πεδία το κάθε ένα από τα οποία περιέχει σημαντικές πληροφορίες σηματοδότησης. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν:

- Το πεδίο HEC (Header Error Control, έλεγχος σφαλμάτων επικεφαλίδας) που προστατεύει την επικεφαλίδα του κελιού από σφάλματα μετάδοσης.
- Το πεδίο CLP (Cell Loss Priority, προτεραιότητα απώλειας κελιού) που ξεχωρίζει τα κελιά ανάλογα με την ανεκτικότητα της απώλειας τους.
- Το πεδίο PLT (Payload Type, τύπος φορτίου) που δείχνει εάν ένα κελί είναι πλήρες ή όχι.
- Το πεδίο VCI (Virtual Channel Identifier, δείκτης νοητού καναλιού) που δείχνει το νοητό κανάλι που θα ακολουθήσει το κελί.
- Το πεδίο VPI (Virtual Path Identifier, δείκτης νοητής οδού) που δείχνει την νοητή οδό στην οποία ανήκει το νοητό κανάλι.
- Το πεδίο GFC (Generic Flow Control) που χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση χρήστη με σημείο πολλαπλής πρόσβασης στο δίκτυο, για τον έλεγχο της ροής των πληροφοριών.



Εικόνα 2.19Η δομή ενός κελιού ATM

Με την άφιξη των δεδομένων (1 έως 65.535 bytes) στο υπόστρωμα σύγκλισης, στο μήνυμα προστίθεται μια ουρά των 8 byte, όπως φαίνεται στο Σχήμα και συμπληρώνεται σε πολλαπλάσιο του 48. Με αυτόν τον τρόπο συμπληρώνεται το πεδίο payload όσων κελιών ATM χρειαστούν για να μεταφέρουν τα δεδομένα του χρήστη.



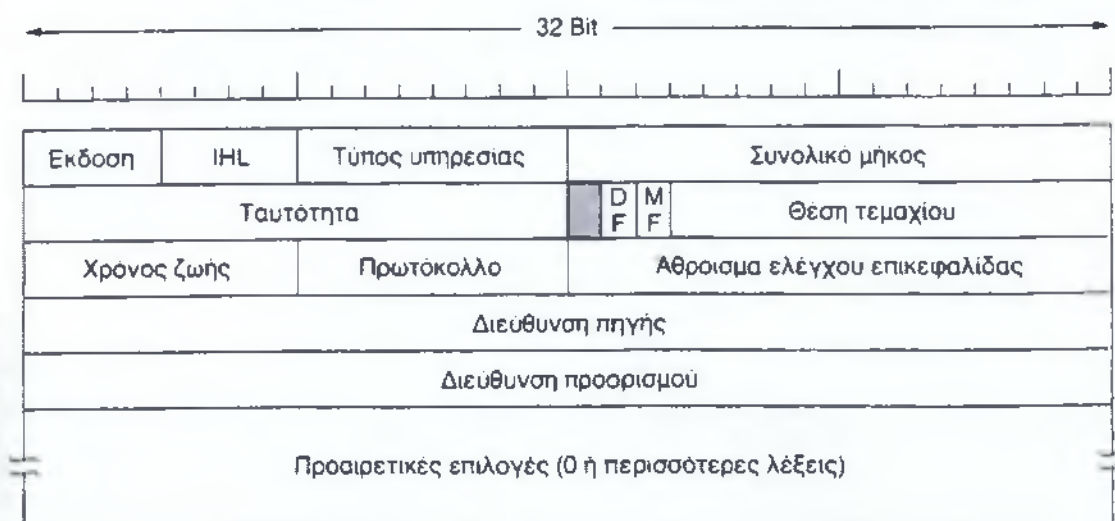
Εικόνα 2.20 Κελί ATM

## Πρωτόκολλο IP

Το πρωτόκολλο IP ( Internet Protocol) αποτελεί το συνδετικό ιστό του internet και αντίθετα με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα δικτύου, σχεδιάστηκε από την αρχή με αυτό τον σκοπό. Ο ρόλος του είναι να προσπαθεί για την όσο το δυνατόν καλύτερη μεταφορά δεδομενογραφημάτων από την πηγή στον προορισμό, ασχέτως του αν αυτές οι μηχανές ανήκουν ή όχι στο ίδιο δίκτυα ή αν υπάρχουν ή όχι άλλα δίκτυα μεταξύ τους.

Το στρώμα μεταφοράς παίρνει τα δεδομένα και τα τεμαχίζει σε δεδομενογραφήματα με μέγιστο μήκος, 64 Kbyte. Στην πράξη ο αριθμός αυτός φτάνει τα 1500 byte. Κάθε δεδομενογράφημα μεταδίδεται μέσα στο internet όπου και πιθανώς τεμαχίζεται σε μικρότερες μονάδες. Όταν όλα τα κομμάτια φτάσουν στον προορισμό τους, συναρμολογείται το αρχικό δεδομενογράφημα από το στρώμα δικτύου και παραδίνεται στο στρώμα μεταφοράς.

Το δεδομένο γράφημα IP έχει μέγιστο μήκος 65.535 byte και αποτελείται από την επικεφαλίδα και το κείμενο. Η επικεφαλίδα έχει ένα τμήμα σταθερού μήκους των 20 bytes και ένα προαιρετικό τμήμα μεταβλητού μεγέθους. Η δομή της επικεφαλίδας και ενδεικτικά οι λειτουργίες των διαφόρων πεδίων της παρουσιάζεται στο Σχήμα.



Εικόνα 2.21 Δομή επικεφαλίδας IP

## Το Πρωτόκολλο TCP

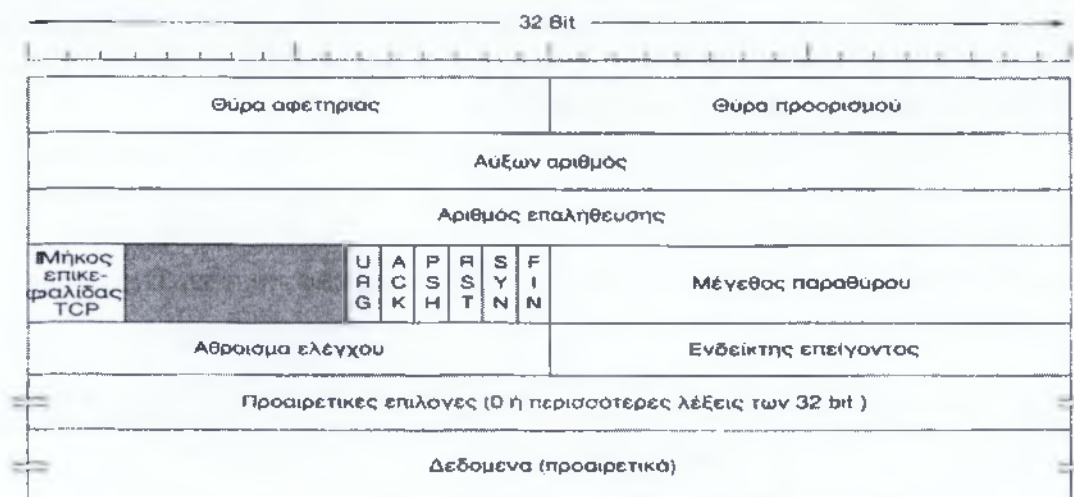
Ο αποστολέας και ο δέκτης TCP ανταλλάσσουν δεδομένα με τη μορφή τεμαχίων (segments). Κάθε τεμάχιο αποτελείται από μία σταθερή επικεφαλίδα των 20 byte ακολουθούμενη από μηδέν ή περισσότερα byte δεδομένων.

Το μέγεθος των τεμαχίων καθορίζεται από το λογισμικό του TCP και εξαρτάται από τους εξής παράγοντες. Πρώτον από το ότι κάθε τεμάχιο, συμπεριλαμβανομένης της επικεφαλίδας TCP, πρέπει να χωράει στο ωφέλιμο φορτίο IP των 65,535 byte. Δεύτερον, κάθε δίκτυο έχει μια μέγιστη μονάδα μεταφοράς MTU (Maximum Transfer Unit) και κάθε τεμάχιο πρέπει να χωράει στην MTU.

Ένα τεμάχιο που είναι πολύ μεγάλο για να περάσει από ένα δίκτυο, διασπάται σε πολλά τεμάχια όπου το κάθε ένα έχει τις δικές του επικεφαλίδες TCP και IP, με αποτέλεσμα την συνολική επιβάρυνση.

Όταν ο αποστολέας μεταδίδει ένα τεμάχιο, εκκινεί επίσης ένα χρονομετρητή. Όταν το τεμάχιο φτάσει στο δέκτη, επιστρέφεται ένα τεμάχιο που μεταφέρει αριθμό επαλήθευσης ίσο με τον επόμενο αύξοντα αριθμό που περιμένει να δεχτεί.

Αν το χρονόμετρο λήξει πριν ληφθεί η επαλήθευση, τότε ο αποστολέας αναμεταδίδει το τεμάχιο. Επειδή είναι πιθανόν να παρουσιαστούν προβλήματα που σχετίζονται με την καθυστερημένη άφιξη ή την απώλεια τεμαχίων, έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια ώστε το TCP να μπορεί να τα αντιμετωπίζει.



Εικόνα 2.22 Δομή επικεφαλίδας TCP

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΕΣΙΕΣ

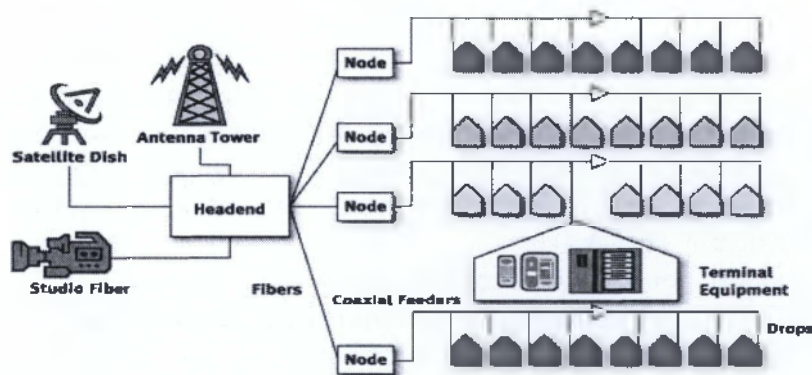
Ένα πλεονεκτήματα των δορυφορικών επικοινωνιών είναι ο πολλές εφαρμογές που μπορούν να υποστηρίξουν. Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση κάποιων εφαρμογών των δορυφορικών επικοινωνιών.

### 3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Η δημοφιλέστερη εφαρμογή είναι για την εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων. Με χρήση γεωστατικών δορυφόρων κατορθώνεται η εκπομπή τηλεοπτικού και ραδιοφωνικού σήματος και η μείωση της δαπάνης για οικιακό δορυφορικό εξοπλισμό βοήθησε εκατομμύρια χρήστες στον κόσμο να κάνουν χρήση στις υπηρεσίες αυτές. Με κριτήριο τη χρέωση της υπηρεσίας και το ρόλο του δορυφόρου κατηγοριοποιούνται ως εξής :

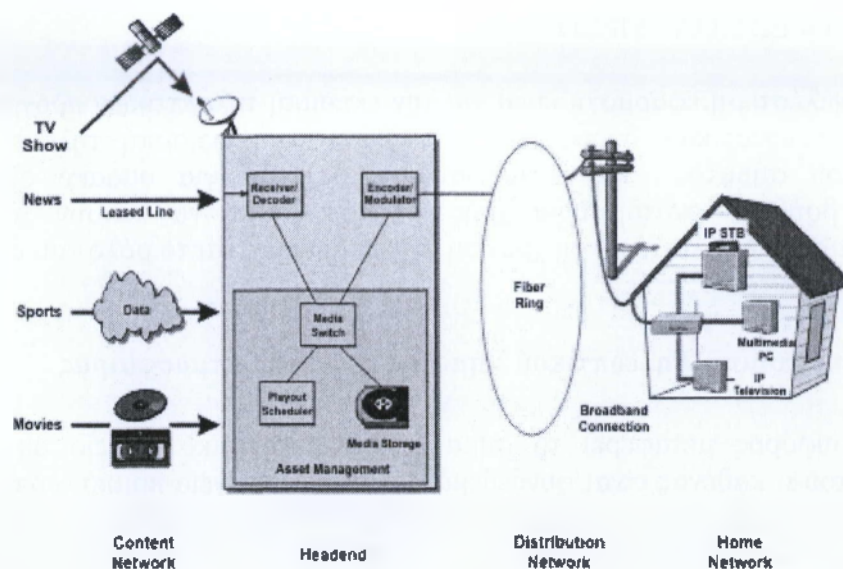
- **Ευρυεκπομπή Τηλεοπτικού Σήματος μέσω της Ατμόσφαιρας**

Ο δορυφόρος μεταφέρει το σήμα από ένα κεντρικό σημείο σε επίγειους σταθμούς, που ο καθένας είναι συνδεδεμένος με έναν επίγειο πομπό ο οποίος κάνει επανεκπομπή του σήματος στις συχνότητες VHF 30 έως 300 MHz και UHF 300 έως 3.000 MHz. Αυτή η μέθοδος είναι η ευρυεκπομπή σήματος. Τα εκπεμπόμενα τηλεοπτικά σήματα είναι τα περισσότερα αναλογικά, το τελευταία διάστημα έχει κάνει την εμφάνιση της η Επίγεια Ψηφιακή Τηλεόραση που γίνεται εκπομπή ψηφιακών σημάτων κατά το πρότυπο DVB-T.



Εικόνα 3.1 πρότυπο DVB-T

- **Καλωδιακή Τηλεόραση** Η καλωδιακή τηλεόραση χρησιμοποιήθηκε ως τρόπος για την βελτίωση της παροχής σήματος. Ο δορυφόρος εκπέμπει το τηλεοπτικό σήμα προς τις κεραιές λήψης. Μετά το δορυφορικό σήμα καταλήγει στους χρήστες με την χρήση ομοαξονικού καλωδίου.
- **Απευθείας στην Οικία του χρήστη** Είναι η μονή περίπτωση διανομής τηλεοπτικού σήματος που χρησιμοποιείται απευθείας ζεύξη του δορυφόρου με τον εξοπλισμό του χρήστη. Σε αυτό βοήθησε η εξέλιξη της τεχνολογίας που κατόρθωσε τις κεραιές των δεκτών να τις κάνει μικρές σε μέγεθος προσιτές για όλους τους χρήστες, αλλά και η ανάπτυξη τεχνικών κωδικοποίησης και συμπίεσης που καθιστούν δυνατή τη μεταφορά πολλών σε αριθμό καναλιών σε κάθε φέρον του αναμεταδότη.



Εικόνα 3.2 cable tv

## GPS

Το σύστημα NAVSTAR/GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging / Global Positioning System) αποτελεί ένα δορυφορικό σύστημα για τον προσδιορισμό θέσης ή και του χρόνου και της ταχύτητας για κινούμενο όχημα. Αρχικά σχεδιάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '70, αναπτύχθηκε σταδιακά και λειτουργεί για το υπουργείου άμυνας των Η.Π.Α.

Από τη δεκαετία του 1980 αξιοποιείται σε πολιτικές εφαρμογές οι οποίες αποτελούν είναι το μεγαλύτερο ποσοστό εκμετάλλευσης του συστήματος.

Το σύστημα μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα:

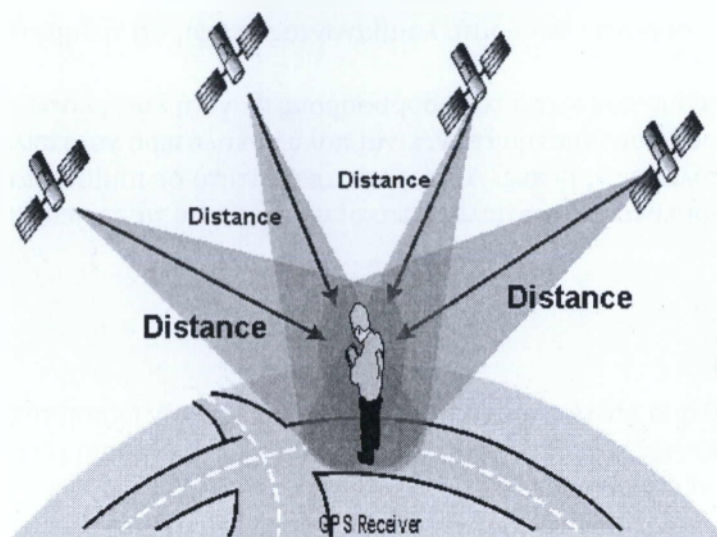
- το δορυφορικό τμήμα,
- το τμήμα ελέγχου
- το τμήμα χρηστών.

Το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου με τους επίγειους σταθμούς ελέγχου και παρακολούθησης των δορυφόρων και το τμήμα χρηστών που αποτελείται από τους δέκτες GPS που λαμβάνουν σήμα, εκτελούν και καταγράφουν τις παρατηρήσεις και μετά από επεξεργασία οι συντεταγμένες τους.

Σήμερα περιστρέφονται γύρω από τη γη 24 δορυφόροι σε ύψος περίπου 20200 km, κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε 6 τροχιακά επίπεδα ώστε να εξασφαλίζει ορατότητα προς 4 τουλάχιστον δορυφόρους από κάθε σημείο της γης. Η περίοδος περιστροφής του κάθε δορυφόρου είναι 12 ώρες.

Σκοπός των σταθμών ελέγχου είναι να κάνουν πρόβλεψη για τις δορυφορικές θέσεις και να υπολογίζουν τις διορθώσεις των δορυφορικών χρονομέτρων, στοιχεία που μαζί με άλλες πληροφορίες μεταδίδονται στους δορυφόρους και εκπέμπονται με το δορυφορικό σήμα προς τους δέκτες .

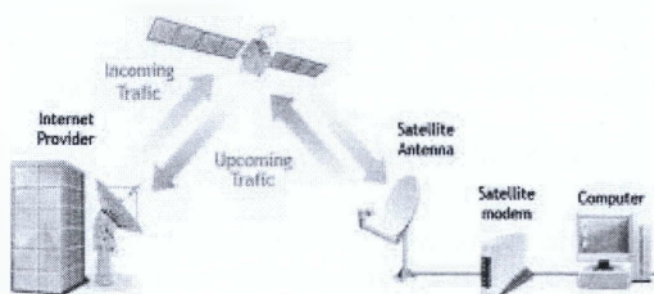
Ένας δέκτης GPS, αποτελείται κυρίως από τα κανάλια ανάλυσης και επεξεργασίας του δορυφορικού σήματος, το λογισμικό για τον έλεγχο των λειτουργιών και τον υπολογισμό παραμέτρων, το ρολόι τη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων, το χειριστήριο ελέγχου την κεραία λήψης του σήματος.



Εικόνα 3.3 GPS

- **Δορυφορικό Internet** Με το δορυφορικό Internet επιτυγχάνεται παροχή ευζωνικών υπηρεσιών με μεγάλες ταχύτητες. Απευθύνεται σε χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ως μέσο λήψης και αποστολής μεγάλου όγκου δεδομένων, υποστηρίζει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως:

- τηλεεκπαίδευση
- τηλεδιάσκεψη
- VoIP
- πλοήγηση



Εικόνα 3.4 satellite internet

Στο δορυφορικό Internet, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μονόδρομη ή αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση. Στην μονόδρομη λειτουργία, γίνεται μόνο λήψη δεδομένων, και η αποστολή γίνεται μέσω επίγειου καναλιού. Στον αμφίδρομο τρόπο ο χρήστης λαμβάνει και στέλνει δεδομένα μέσω του δορυφόρου.

### Πλεονεκτήματα

Λόγω του μεγάλου εύρους κάλυψης που έχουν οι δορυφόροι, επιτρέπουν τη σύνδεση απομακρυσμένων σημείων, με υψηλές ταχύτητες, ακόμα και όταν δεν

υπάρχει επίγεια ενσύρματη υποδομή, λαμβάνοντας υπόψη ότι η δημιουργία επίγεια υποδομής θα κόστιζε αρκετά.

Ένας άλλος λόγος που κάνει τους δορυφόρους ιδανική λύση είναι ότι, λόγω της φύσης των δορυφορικών συστημάτων, είναι πολύ ευκολότερο να στείλει κανείς το ίδιο μήνυμα σε πολλούς χρήστες. Αυτό είναι απαραίτητο σε multicast υπηρεσίες, όπου οι δορυφόροι είναι πιο αποτελεσματικοί σε σχέση με τα επίγεια συστήματα μετάδοσης.

### **Μειονεκτήματα**

Κύριο πρόβλημα είναι η χρονική καθυστέρηση από την εκπομπή έως τη λήψη, λόγω των αποστάσεων, κάτι που είναι κακό σε αμφίδρομες εφαρμογές, όπως το VoIP και το Video Conference.

Η αστάθεια στην ποιότητα των συνδέσεων είναι ένα ακόμη μειονέκτημα, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται ως συνδέσεις κορμού ή για τη διασύνδεση εταιρικών χρηστών, όπου η διαθεσιμότητα έχει σημαντικό ρόλο. Η δορυφορική επικοινωνία είναι ευάλωτη από πλευράς ασφάλειας δεδομένων.

Είναι σχετικά εύκολο να υποκλαπούν δεδομένα που διακινούνται, καθώς εκπέμπονται. Γιαυτό γίνεται κρυπτογράφηση και χρήση άλλων τεχνικών ασφαλείας.

Ακόμα, είναι υψηλό το κόστος εκτόξευσης και συντήρησης των τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων, το οποίο συνεπάγεται και αυξημένο κόστος ενοικίασης των κυκλωμάτων τους.

### **Σταθερή τηλεφωνία**

Οι παροχοί τηλεφωνικών υπηρεσιών χρησιμοποιούν τους δορυφόρους για τις τηλεφωνικές κλήσεις σε μεγάλες αποστάσεις. Η εξάπλωση των οπτικών ινών έχει υποκαταστήσει τους δορυφόρους. Σε περιοχές που δεν είναι εύκολη η εισαγωγή επίγειων τηλεφωνικών δικτύων χρησιμοποιούνται δορυφόροι για τη σύνδεση των τοπικών τηλεφωνικών κέντρων με το υπόλοιπο δίκτυο. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται διασύνδεση τηλεφωνικών δικτύων κορμού μέσω δορυφόρου

### **Δορυφορικές κινητές επικοινωνίες**

Στις δορυφορικές κινητές επικοινωνίες ο σταθμός μπορεί να κινείται. Ανάλογος με το περιβάλλον που βρίσκεται ο κινητός σταθμός υπάρχουν κριτήρια από την ITU για τις κατηγορίες των υπηρεσιών. Κατηγορίες είναι :

- Κινητή Υπηρεσία Ξηράς μέσω δορυφόρου
- Κινητή Ναυτική Υπηρεσία μέσω δορυφόρου
- Κινητή Αεροναυτική Υπηρεσία μέσω δορυφόρου

Οι δορυφορικές κινητές επικοινωνίες παρέχουν κάλυψη σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχει επίγειο δίκτυο τηλεφωνίας, αλλά και σε χρήστες που είναι σε κίνηση ακόμα. ένα δορυφορικό σύστημα μπορεί να παρέχει πλήρη διεθνή περιαγωγή στους κινητούς χρήστες.

## 3.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-S2

### 3.2.1 ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG

Η ψηφιακή συμπίεση είναι σημαντική για τη μετάδοση βίντεο στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών.

Τα κύρια πλεονεκτήματα από τη χρήση της είναι τα εξής :Ελαχιστοποίηση του εύρους ζώνης εκπομπής, κάτι που οδηγεί στη μείωση του κόστους και τη μείωση της ισχύος που απαιτείται για τη εκπομπή σήματος αποδεκτής ποιότητας. Περισσότερα κανάλια ανά δορυφόρο, κάτι που αυξάνει την ποικιλία από διαθέσιμα προγράμματα ανά τροχιακή θέση. Υποστήριξη Ψηφιακής Τηλεόρασης Υψηλής Ευκρίνειας (High Definition TeleVision, HDTV), καθώς ο αριθμός ψηφίων ανά δευτερόλεπτο ενός συμπιεσμένου HDTV σήματος είναι μικρότερος από αυτόν που απαιτούνταν παλιότερα για ένα συμβατικό τηλεοπτικό σήμα .

Η συμβολή του προτύπου MPEG-2 δεν είναι η συμπίεση. Η σπουδαιότητά του είναι στο ότι αποτελεί έναν μηχανισμό μεταφοράς για την πολυπλεξία βίντεο, ήχου και δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία πακέτων Πολυπλεξίας Διαίρεσης Χρόνου. Επειδή τα συστήματα μετάδοσης και οι διάφορες εφαρμογές ποικίλλουν, το MPEG-2 έχει μια μεγάλη γκάμα σχημάτων και υπηρεσιών, ανά περίπτωση.

### 3.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DVB-S

Το σύστημα DVB είναι μία πλήρη τεχνολογία για την εκπομπή τηλεόρασης και δεδομένων που βασίστηκε στο πρότυπο MPEG-2. Παρέχει πλήρη υποστήριξη για κωδικοποιημένο και συμπιεσμένο βίντεο και ήχο, αλλά και κανάλια δεδομένων.

Τα πρότυπα DVB αποτελούν μία σειρά προτύπων, που το καθένα υποστηρίζει συγκεκριμένα συστήματα και εφαρμογές. Για την εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης και την ευρυεκπομπή μέσω δορυφόρου, το πιο κατάλληλο είναι το σύστημα DVB-S. Έχει κατασκευαστεί να παρέχει υπηρεσίες τηλεοπτικών προγραμμάτων απευθείας στην οικία του χρήστη για τις υπηρεσίες BSS και FSS.

Απευθύνεται σε Ολοκληρωμένους Αποκωδικοποιητές Δέκτη (Integrated Receiver Decoders, IRDs) για καταναλωτές, καθώς και για συστήματα κεραίων συλλογής (SMATV) και σταθμούς καλωδιακής τηλεόρασης (CATV). Το DVB-S παρέχει μια ποικιλία λύσεων που είναι κατάλληλες για εύρη ζώνης αναμεταδότη μεταξύ 26 και 72 MHz.

Οι πιο σημαντικές απαιτήσεις τις οποίες ικανοποιεί το DVB-S είναι η δυνατότητα επιλογής :

- της ποιότητας της εικόνας
- του ήχου με ελαστικό τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της εκάστοτε υπηρεσίας ή χρήστη

Η πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου με ένα απλά διαμορφωμένο ψηφιακό φέρον, κάτι που επιτρέπει την εκπομπή Πολλαπλών Καναλιών ανά Φέρον δηλαδή τη καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης του αναμεταδότη καλή χρήση της χωρητικότητας μετάδοσης λειτουργία με μικρές κεραίες λήψης (π.χ. 60cm) EIRP από το δορυφόρο κοντά στα 51dBW ψηφιακός δέκτης (IRD) σε προσιτή τιμή



### 3.2.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ DVB-S

Το σύστημα DVB-S ακολουθεί μια διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική μετάδοσης.

- Στο πρώτο επίπεδο γίνεται κωδικοποίηση πηγής και πολυπλεξία κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου MPEG-2. Κωδικοποιητές τριών διαφορετικών ειδών τροφοδοτούν τους πολυπλέκτες με ροές βίντεο, ήχου και δεδομένων. Οι πολυπλεγμένες ροές ψηφίων τοποθετούνται σε Πακέτα Μεταφοράς και σχηματίζουν ένα ρεύμα μεταφοράς. Το πακέτο μεταφοράς έχει σταθερό μέγεθος 188 bytes, τα οποία αποτελούνται από 1 byte συγχρονισμού, 3 bytes επικεφαλίδας που περιέχουν τα Αναγνωριστικά, και 184 bytes ωφέλιμου φορτίου.
- Στο δεύτερο επίπεδο γίνεται η προσαρμογή του πολυπλεγμένου σήματος για εκπομπή μέσω του δορυφορικού καναλιού από τον δορυφορικό προσαρμογέα καναλιού. Στην έξοδο του κωδικοποιητή MPEG-2 γίνεται τυχαιοποίηση στο περιεχόμενο των πακέτων μεταφοράς, ώστε να υπάρχει διασπορά της ενέργειας του σήματος. Στα πλαίσια της προστασίας από σφάλματα, τα πακέτα που προκύπτουν από το προηγούμενο στάδιο κωδικοποιούνται από ένα εξωτερικό κώδικα. Ο κώδικας αυτός προσθέτει 16 πλεονάζοντα bytes στα αρχικά 188 bytes, επομένως κάθε κωδικοποιημένο πακέτο αποτελείται πλέον από 204 bytes. Η διορθωτική ικανότητα του συγκεκριμένου κώδικα είναι  $T=8$  bytes. Τα σφάλματα στην έξοδο του αποκωδικοποιητή όταν εμφανίζονται σε ομάδες δηλαδή έχουμε μη διορθώσιμα ή και μη ανιχνεύσιμα σφάλματα. Για την αντιμετώπιση των μπλοκ σφαλμάτων στη δορυφορική ζεύξη, εφαρμόζεται η παρεμβολή. Έπειτα τα ψηφία διέρχονται από ένα συνελκτικό κώδικα, με δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης ( $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ), ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της υπηρεσίας.
- Το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας πριν την εκπομπή του σήματος στο δορυφορικό δίαυλο γίνεται στο φυσικό επίπεδο και είναι το φιλτράρισμα βασικής ζώνης και την ψηφιακή διαμόρφωση του κωδικοποιημένου σήματος με επιλογή ανάμεσα στις διαμορφώσεις QPSK, 8PSK και 16QAM.

### 3.3.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ DVB-S2

Το DVB-S2 είναι το πρότυπο δεύτερης γενιάς για δορυφορική εκπομπή στα πλαίσια του προγράμματος DVB.

Η σχεδίαση του DVB-S2 επιτρέπει την εξυπηρέτηση πολλαπλών ευρυζωνικών δορυφορικών εφαρμογών:

1. εφαρμογές τηλεόρασης Κανονικής και Υψηλής Ευκρίνειας
2. διαδραστικές υπηρεσίες για καταναλωτικές εφαρμογές, όπως η πρόσβαση στο διαδίκτυο, επαγγελματικές εφαρμογές, όπως η Συλλογή Ψηφιακών Δορυφορικών Ειδήσεων
3. η διανομή τηλεοπτικού σήματος σε επίγειους VHF/UHF πομπούς
4. η διανομή ψηφιακού περιεχομένου.

Το DVB-S2 υπερτερεί του DVB-S στην κωδικοποίηση καναλιού, έχοντας τους πιο αποδοτικούς LDPC κώδικες, και στη διαμόρφωση, κάνοντας χρήση περισσότερων σχημάτων διαμόρφωσης (QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK). Το αποτέλεσμα είναι το DVB-S2 να επιτυγχάνει αύξηση της χωρητικότητας μετάδοσης.

### 3.2.5ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-S2 ΣΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ IP ΔΙΚΤΥΑ

Τα δορυφορικά IP δίκτυα είναι ένας από τους καταλληλότερους υποψήφιους για την παροχή υψηλής ποιότητας IP υπηρεσιών κατά τη φάση ανάπτυξης των IPv6 επίγειων δικτύων. Αυτό, οφείλεται στη ικανότητα των δορυφορικών συστημάτων να παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές με μικρό κόστος, και την δυνατότητά τους να επιτρέπουν την εύκολη διασύνδεση πολλών τοπικών δικτύων που κάνουν χρήση του πρωτοκόλλου IPv6. Τα δορυφορικά IP δίκτυα θα παίξουν σημαντικό ρόλο. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένους στόχους :

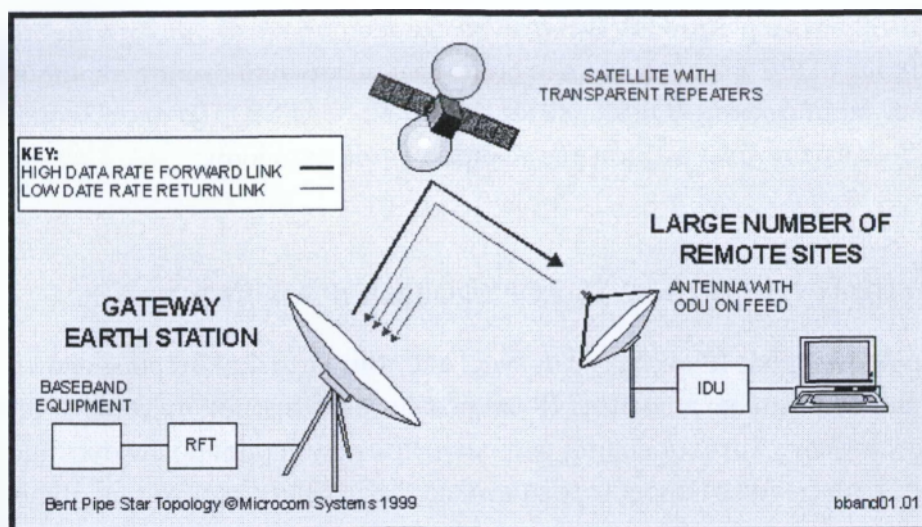
- Την ενσωμάτωση των Δικτύων Επόμενης Γενιάς
- την υποστήριξη νέων εφαρμογών συμπεριλαμβανομένου και του IPv6 πρωτοκόλλου
- Την υποστήριξη νέων εφαρμογών πολυμέσων
- Τη μείωση του κόστους της ευρυζωνικής δορυφορικής πρόσβασης

### 3.2.6ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ IP ΔΙΚΤΥΩΝ

Οι τοπολογίες δορυφορικών IP δικτύων περιλαμβάνουν δορυφόρους τροχιάς (LEO, MEO,GEO), με τους GEO να έχουν το σημαντικότερο τμήμα των δορυφορικών υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων και των IP υπηρεσιών. Οι διάφορες τοπολογίες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

#### Τοπολογίες αστέρα

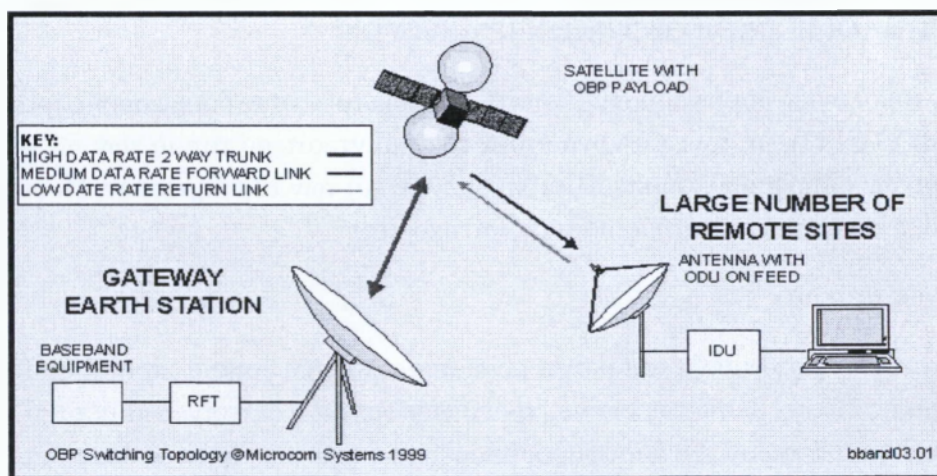
Για την συγκεκριμένη τοπολογία είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση μιας δορυφορικής πύλης, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η επικοινωνία μεταξύ των τερματικών του δικτύου. Οι δορυφόροι μπορεί να αποτελούν απλούς επαναλήπτες ή να έχουν δυνατότητα επεξεργασίας των σημάτων. Η πλειοψηφία των δορυφόρων GEO ανήκει στη συγκεκριμένη κατηγορία.



Εικόνα 3.5 Τοπολογία αστέρα δορυφορικού IP δικτύου

### Τοπολογίες πλέγματος

Στην τοπολογία αυτή είναι δυνατή η απευθείας σύνδεσης μεταξύ των χρηστών και δεν χρειάζεται η παρουσία κάποιας πύλης που να παίζει το ρόλο του κεντρικού σταθμού. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται δορυφόροι με δυνατότητα επεξεργασίας των σημάτων.



Εικόνα 3.6 Τοπολογία πλέγματος δορυφορικού IP δικτύου

Στα δορυφορικά IP δίκτυα συναντώνται και υλοποιήσεις υβριδικών τοπολογιών οι οποίες αποτελούν συνδυασμό των τοπολογιών πλέγματος και αστέρα. Τα δορυφορικά δίκτυα παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όσον αφορά την υψηλή κάλυψη, την αξιοπιστία, την ευελιξία, τη δυνατότητα ευρυεκπομπής και πολυεκπομπής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

Ένα τηλεπικοινωνιακό δορυφορικό σύστημα αποτελείται από τον πομπό που βρίσκεται στο σταθμό βάσης και τον δορυφόρο που παίζει το ρόλο του αναμεταδότη και τέλος τον δέκτη που βρίσκεται στο τερματικό σε διαφορετική θέση. Μια μορφή ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



Εικόνα 4.1 Σύστημα μετάδοσης μηνύματος μέσω δορυφόρου

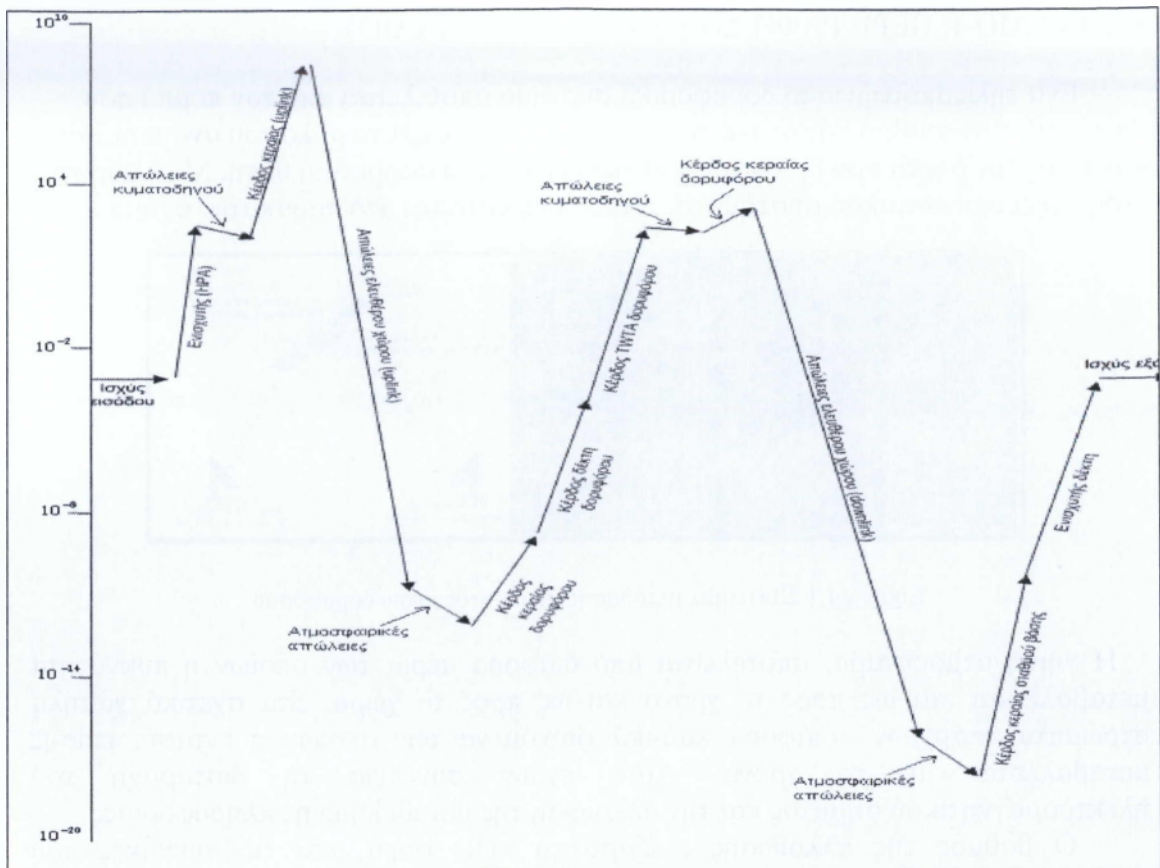
Η γήινη ατμόσφαιρα, αποτελείται από διάφορα αέρια των οποίων η πυκνότητα μεταβάλλεται και ως προς το χρόνο και ως προς το χώρο. Στα σχετικά χαμηλά στρώματά υπάρχουν διάφορα καιρικά φαινόμενα των οποίων η ένταση, επίσης μεταβάλλεται με το χρόνο. Αυτά έχουν συνέπεια τη διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού σήματος και την αλλοίωση της μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Ο βαθμός της αλλοίωσης , εξαρτάται κάθε φορά από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η εξασθένηση του σήματος είναι μεγάλη, ώστε η ανασύσταση της αρχικής πληροφορίας στο δέκτη είναι αδύνατη.

Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα να συμβεί κάτι τέτοιο κατά τη μετάδοση. Η πιθανότητα αυτή, είναι το ποσοστό του χρόνου, συνήθως για ένα έτος, κατά το οποίο ο λόγος σήματος προς θόρυβο.

Το σήμα όταν φύγει από την κεραία του πομπού μέχρι να φθάσει στον δορυφόρο θα διασχίσει όλη την ατμόσφαιρα της γης, το οποίο σημαίνει απώλειες ισχύος.

Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε πόλους παράγοντες, όπως είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν ας. Εκτός όμως από τις απώλειες έχουμε και πηγές θορύβου που προστίθενται στο σήμα, με αποτέλεσμα να μειώνουν το λόγο σήματος προς θόρυβο.



Εικόνα 4.2 Διάγραμμα ροής μεταβολής της ισχύος στα διάφορα στάδια

#### 4.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ

Τα τμήματα του δορυφορικού συστήματος είναι το επίγειο και το διαστημικό. Η διαδρομή την οποία πρέπει να διανύσουν τα ραδιοκύματα από την αφετηρία μέχρι τον προορισμό μπορεί να διαχωριστεί σε δυο ζεύξεις :

- α) στη ζεύξη επίγειου σταθμού - δορυφόρου
- β) στη ζεύξη δορυφόρου - επίγειου σταθμού

Η ποιότητα της ραδιοζεύξης καθορίζεται κυρίως από τον Λόγο Φέροντος προς Θόρυβο.

Σε μια απλή ζεύξη ενός πομπού και ενός δέκτη, που είναι σε R απόσταση μεταξύ τους όταν έχουμε ιστροπική κεραία η ισχύς  $P_T$  είχε κατανομή ομοιόμορφη για αυτό η πυκνότητα ισχύος του δέκτη θα είναι :

$$I(R) = P_T / 4\pi R^2 .$$

- Αν όμως η κεραία το κέρδος είναι GT, η σχέση είναι η εξής :

$$I(R) = P_T GT / 4\pi R^2$$

Η εξίσωση Friis, υπολογίζει τη λαμβανόμενη ισχύ στην είσοδο του δέκτη:

$$P_R = ( P_T GT ) (\lambda/4\pi R)^2 G_R$$

Η παραπάνω σχέση αποτελείται από 3 μέρη :

1)για τον πομπό: Το  $PT*GT$  είναι η ισχύ η όποια εκπέμπετε επί το κέρδος της κεραίας.

2) στο μέσο διάδοσης: $(4\pi R/\lambda)^2$ , είναι οι απώλειες ελευθέρου χώρου.

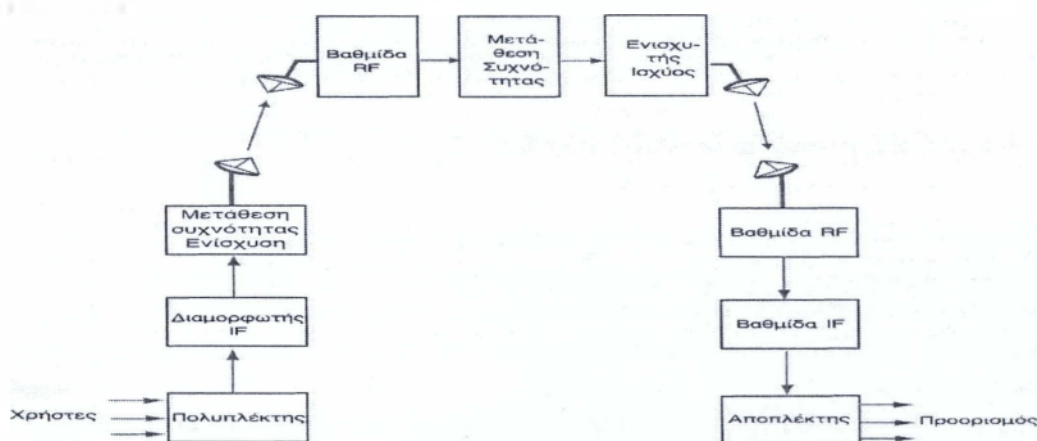
3)για το δέκτη: το κέρδος GR .

## 4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΕΡΑΙΑΣ

### 4.2.1 ΚΕΡΔΟΣ

Το κέρδος της κεραίας είναι ο λόγος της ισχύος που λαμβάνεται προς μία διεύθυνση, από μία ιστροπική κεραία.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ενός δορυφορικού συστήματος που περιλαμβάνει τις βασικές βαθμίδες του επίγειου σταθμού και του δορυφόρου.



Εικόνα 4.3 Βασικές βαθμίδες συστήματος δορυφορικών επικοινωνιών

Στον επίγειο σταθμό εισέρχονται τα σήματα αναλογικά ή ψηφιακά. Τα σήματα θα υποστούν πολυπλεξία και διαμόρφωση στην ενδιάμεση συχνότητα του συστήματος. Το σήμα προς μετάδοση αλλάζει συχνότητα και γίνεται μετάβαση σε ραδιοσυχνότητα.

Εν συνεχεία, γίνεται ενίσχυση από έναν ενισχυτή ισχύος της τελικής βαθμίδας και εκπέμπεται προς το δορυφόρο από την κεραία του επίγειου σταθμού. Στο δορυφόρο φτάνει το σήμα της άνω ζεύξης αφού πρώτα έχει απώλειες λόγω της διάδοσής μέσω ατμόσφαιρας.

Γίνεται μετατροπή συχνότητας και ενίσχυση. Το σήμα το οποίο επανεκπέμπεται από τον δορυφορικό αναμεταδότη φτάνει στον επίγειο δέκτη και οδηγείται στην RF βαθμίδα ενίσχυσης χαμηλού θορύβου.

Στη συνέχεια, η φέρουσα συχνότητα του ραδιοκύματος μετατρέπεται σε ενδιάμεση συχνότητα και μετά την αποπολύπλεξη το σήμα οδηγείται στον τελικό προορισμό.

## 4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

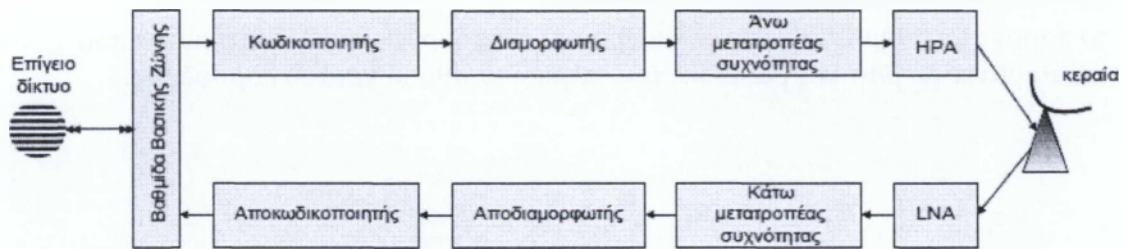
Η πληροφορία από όταν θα φύγει από το πομπό μέχρι να φθάσει στον δεκτή, διανύει μεγάλη απόσταση ταξιδεύοντας μέσα στην ατμόσφαιρα.

Στον σταθμό βάσης στο σήμα βασικής ζώνης που λήφθηκε γίνεται επεξεργασία και μετάδοση με τη συμβολή ενός διαμορφωμένου φορέα ραδιοσυχνότητας στον δορυφόρο.

Ο δορυφόρος λαμβάνει τα διαμορφωμένα ραδιοσήματα στο φάσμα συχνοτήτων από όλους τους σταθμούς βάσης του δικτύου, τα ενισχύει και τα στέλνει πίσω στη γη. Ο κάθε σταθμός που λαμβάνει το σήμα από τον δορυφόρο, το διαμορφώνει από σήμα ράδιο-συχνότητας σε σήμα βασικής ζώνης και το στέλνει μέσω του τοπικού δικτύου στον χρήστη.

### 4.3.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα λειτουργικά στοιχεία ενός ψηφιακού σταθμού βάσης, που στέλνει και λαμβάνει δεδομένα από ένα δορυφόρο.



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα μπλοκ συστήματος αποστολής και λήψης σταθμού βάσης

Η ψηφιακή πληροφορία, σε μορφή δυαδικών ψηφίων, εισέρχεται στον σταθμό βάσης και επεξεργάζεται από τον εξοπλισμό βασικής ζώνης. Η παρουσία θορύβου από κάθε επικοινωνιακό κανάλι εισάγει σφάλματα στην πληροφορία. Οι χρήστες, καθιερώνουν ένα ρυθμό σφαλμάτων πάνω από τον οποίο η λαμβάνουσα πληροφορία δεν είναι χρήσιμη.

Αν η λαμβανόμενο σήμα δεν ξεπερνάει το ρυθμό σφαλμάτων, χρησιμοποιείτε κάποιος κώδικας διόρθωσης λαθών για να μειωθεί ο ρυθμός σφαλμάτων σε αποδεκτό επίπεδο με την προσθήκη επιπλέον ψηφίων στο ψηφιακό σήμα δεδομένων από την έξοδο του εξοπλισμού βασικής ζώνης.

Για να μπορέσει να μεταδοθεί η πληροφορία που είναι βασικής ζώνης στο δορυφορικό κανάλι που είναι ζωνοδιαβατό, χρειάζεται να μεταφέρει την ψηφιακή πληροφορία σε ένα φορέα κατάλληλης συχνότητας. Η λειτουργία που κάνει ο διαμορφωτής είναι να δέχεται τα δεδομένα από τον κωδικοποιητή και να τα χρησιμοποιήσει για να διαμορφώσει έναν φορέα ενδιάμεσης συχνότητας.

Ο διαμορφωμένος φορέας από τον διαμορφωτή εισέρχεται στον ανω-μετατροπέα, όπου η ενδιάμεση συχνότητά του θα μεταφράζεται στην ανω-ζεύξης RF συχνότητα  $\omega$  του φάσματος συχνοτήτων. Αυτός ο διαμορφωμένος RF φορέας ενισχύεται από τον ενισχυτή υψηλής ισχύος σε ένα κατάλληλο επίπεδο για μετάδοση στο δορυφόρο από την κεραία.

Όσον αφορά τη λήψη του σταθμού, η κεραία λαμβάνει ένα εξασθενημένο διαμορφωμένο RF φορέα του φάσματος συχνοτήτων κάτω-ζεύξης του δορυφόρου. Ένας ενισχυτής χαμηλού θορύβου κάνει ενίσχυση ώστε να κρατήσει τον σηματοθορυβικό λόγο σε τέτοιο επίπεδο ώστε να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις του ρυθμού σφαλμάτων

Ο κάτω-μετατροπέας δέχεται το ενισχυμένο σήμα και μεταφράζει την συχνότητα κάτω-ζεύξης  $\omega$  στην ενδιάμεση συχνότητα  $\omega_0$ . Το διαμορφωμένο αυτό σήμα εισέρχεται στον αποκωδικοποιητή, όπου και προκύπτει η πληροφορία. Ο αποκωδικοποιητής υπολογίζει ποιο από τα πιθανά σύμβολα μεταδόθηκε, με βάση την παρατήρηση που γίνεται στο λαμβανόμενο σήμα. Η πιθανότητα με την οποία ένα

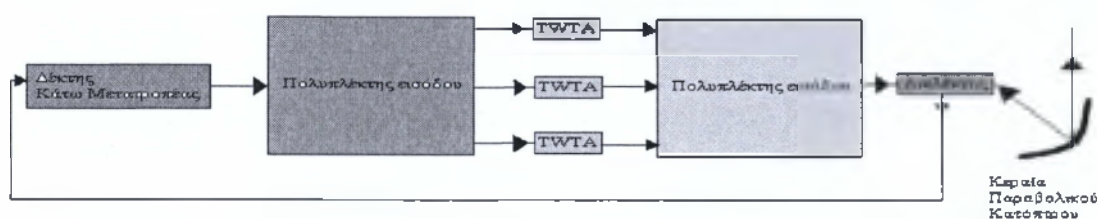
σύμβολο ανιχνεύεται σωστά εξαρτάται από τον λόγο σήματος-προς-θόρυβο του διαμορφωμένου φορέα, τα χαρακτηριστικά του δορυφορικού καναλιού.

Επειδή η ακολουθία των συμβόλων που προκύπτει από τον αποδιαμορφωτή μπορεί να περιέχει λάθη, ο αποκωδικοποιητής πρέπει να χρησιμοποιεί τη μοναδικότητα των πλεοναζόντων ψηφίων που συστήνεται από τον κωδικοποιητή για να διορθώνει τα λάθη και να ανακτά τα ψηφία που φέρουν πληροφορία.

#### 4.3.2 ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΣ

Για το υποσύστημα του δορυφόρου που κάνει με τις τηλεπικοινωνιακές λειτουργίες, αποτελείται από μια επικοινωνιακή κεραία και τηλεπικοινωνιακό επαναλήπτη.

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται το διάγραμμα μπλοκ του υποσυστήματος αυτού:



Εικόνα 4.5 Διάγραμμα μπλοκ του τηλεπικοινωνιακού υποσυστήματος δορυφόρου

Ο δορυφόρος είναι στην ουσία ένας πολύπλοκος πομποδέκτης. Το υποσύστημα επικοινωνιών, το οποίο κυρίως ενδιαφέρει από πλευράς τηλεπικοινωνιών αποτελείται από την κεραία και τον τηλεπικοινωνιακό επαναλήπτη. Η κεραία λαμβάνει και εκπέμπει τα σήματα των ραδιοζεύξεων ανόδου και καθόδου, αντίστοιχα. Η δορυφορική κεραία διαθέτει ενσωματωμένους δυο ανακλαστήρες για την εξυπηρέτηση των δυο πολώσεων του συστήματος αναχρησιμοποίησης συχνότητας.

Ο τηλεπικοινωνιακός επαναλήπτης είναι η διασύνδεση πολλών απλών αναμεταδοτών και αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- το δέκτη και κάτω μετατροπέα συχνότητας
- τον πολυπλέκτη εισόδου
- τους ενισχυτές
- τον πολυπλέκτη εξόδου

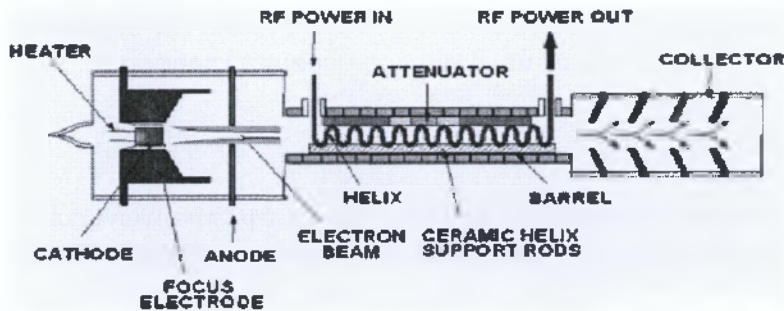
Στο σύστημα του δέκτη- κάτω μετατροπέα συχνότητας το σήμα ανόδου φιλτράρεται από ένα ζωνοπερατό φίλτρο τύπου κυματοδηγού. Στόχος αυτού του φιλτραρίσματος είναι η απόρριψη του εκτός ζώνης θορύβου και η καταστολή των παρεμβολών. Στη συνέχεια, το σήμα ενισχύεται από ενισχυτή χαμηλού θορύβου και μετατίθεται στην περιοχή της καθοδικής συχνότητας.

Το σήμα οδηγείται στον πολυπλέκτη εισόδου ο οποίος διαχωρίζει το δορυφορικό σήμα σε επιμέρους κανάλια, τα οποία προωθούνται προς επεξεργασία σε απλό αναμεταδότη. Το σήμα κάθε καναλιού ενισχύεται από ενισχυτές TWTA οι οποίοι καθορίζουν την ισχύ εξόδου του δορυφορικού αναμεταδότη.

Οι έξοδοι όλων των ενισχυτών TWTA πολυπλέκονται σε ένα σήμα μέσω του πολυπλέκτη εξόδου ο οποίος εκτός των άλλων φιλτράρει τα προς μετάδοση σήματα ώστε



να συμμορφώνονται με τους διεθνείς κανονισμούς και να περιορίζονται τα γινόμενα ενδοδιαμόρφωσης.



Εικόνα 4.6 Απλοποιημένο διάγραμμα ενός TWTA

#### 4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Με βάση λοιπόν τις λειτουργίες υπάρχει διάκριση των δορυφόρων σε κατηγορίες:

- Διαφανείς δορυφόροι: μετατρέπουν τη συχνότητα άνω ζεύξης σε μια κατάλληλη συχνότητα κάτω ζεύξης χωρίς επεξεργασία στο σήμα βασικής ζώνης και πραγματοποιείται και ενίσχυση του φέροντος σήματος.
- Αναγεννητικοί δορυφόροι: οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με αποδιαμορφωτές. Εκτός από τις κλασικές διαδικασίες της ενίσχυσης και της μετατροπής συχνότητας, είναι πλέον δυνατή η επεξεργασία του σήματος βασικής ζώνης.
- Δορυφόροι με δυνατότητες επεξεργασίας: Οι δορυφόροι έχουν ευφυΐα, γεγονός που επιτρέπει πολλές λειτουργίες, όπως πολυπλεξία, αλλαγή του σχήματος διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, δρομολόγηση, σηματοδότηση.

#### 4.5 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑ

Το ραδιοφάσμα αποτελεί έναν φυσικό πόρο που χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές για την επικοινωνία απομακρυσμένων σημείων. Είναι κρίσιμη η σωστή διαχείριση του, ώστε να γίνεται η καλύτερη χρησιμοποίηση από όλες τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Για να καταστεί δυνατή η συνύπαρξη των ασύρματων συστημάτων χωρίς να υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ τους, υπεύθυνη για την ανάθεση των συχνοτήτων παγκοσμίως είναι η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU). Οι δορυφορικές επικοινωνίες έχουν εφαρμογή στη μετεωρολογία, της ναυσιπλοΐα, της αστρονομία και στρατιωτικές εφαρμογές.

Όνομασία Ζώνης Συχνότητων	Συχνότητα κάτω ζεύξης	Συχνότητα άνω ζεύξης	Κατηγορίες Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών
			Κινητή υπηρεσία μέσω δορυφόρου

L-ζώνη	1 GHz	2 GHz	(Mobile Satellite Service, MSS)
			Κινητή υπηρεσία ξηράς μέσω δορυφόρου (Land Mobile Satellite Service, LMSS)
S-ζώνη	2 GHz	4 GHz	Κινητή υπηρεσία μέσω δορυφόρου (Mobile Satellite Service, MSS)
			Υπηρεσία έρευνας του διαστήματος (Space Research Service)
C-ζώνη	4 GHz	8 GHz	Σταθερή Υπηρεσία μέσω δορυφόρου (Fixed Satellite Service, FSS)
X-ζώνη	8 GHz	12.5 GHz	Σταθερή Υπηρεσία μέσω δορυφόρου για στρατιωτικούς σκοπούς (Fixed Satellite Service military communication)
Ku-ζώνη	12.5 GHz	18 GHz	Σταθερή Υπηρεσία μέσω δορυφόρου (Fixed Satellite Service, FSS)
			Υπηρεσία ευρυεκπομπής μέσω δορυφόρου (Broadcast Satellite Service, BSS)
K-ζώνη	18 GHz	26.5 GHz	Σταθερή Υπηρεσία μέσω δορυφόρου (Fixed Satellite Service, FSS)

			Υπηρεσία ευρυεκπομπής μέσω δορυφόρου (Broadcast Satellite Service, BSS)
Ka-ζώνη	26.5 GHz	30 GHz	Σταθερή Υπηρεσία μέσω δορυφόρου (Fixed Satellite Service, FSS)
			Υπηρεσία ευρυεκπομπής μέσω δορυφόρου (Broadcast Satellite Service, BSS)

Πίνακας 4.7 Δορυφορικές ζώνες συχνότητων και αντίστοιχες υπηρεσίες

Εκτός των υπηρεσιών που εμφανίζονται στον Πίνακα ο διεθνής κανονισμός ραδιοεπικοινωνιών προβλέπει και άλλες κατηγορίες υπηρεσιών. Όπως είναι η κινητή ναυτική υπηρεσία μέσω δορυφόρου, η υπηρεσία ραδιοεντοπισμού μέσω δορυφόρου, η υπηρεσία εξερεύνησης της γης, η μετεωρολογία, η υπηρεσία έρευνας του διαστήματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι χαμηλές συχνότητες χρησιμοποιούνται για την κάτω ζεύξη. Αυτό γίνεται για να προστατεύει η κάτω ζεύξη από μεγάλες αποσβέσεις εξαιτίας της η διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε μεγάλες συχνότητες. Στις μέρες μας η διάθεση του εύρους ζώνης αποτελεί αντικείμενο έντονου ανταγωνισμού στις υπηρεσίες επικοινωνιών.

Αυτό γίνεται διότι οι υπηρεσίες που παρέχονται είναι όλο και πιο απαιτητικές σε εύρος ζώνης, εφόσον μεταδίδεται ήχος, εικόνα, βίντεο και δεδομένων. Ακόμα λόγω αύξησης του αριθμού χρηστών είναι απαραίτητη και η αύξηση του εύρους ζώνης λειτουργίας ενός συστήματος. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να γίνεται χρήση υψηλότερων ζωνών συχνότητων από τα 10 GHz, για παράδειγμα οι ζώνες Ku, K και Ka.

Η ITU έχει κατηγοριοποιήσει τις υπηρεσίες και έχει θέσει κανόνες για τη λειτουργία κάθε υπηρεσίας. Ενδεικτικά αναφέρονται :

- Σταθερή Υπηρεσία μέσω Δορυφόρου

το επίγειο τμήμα αποτελείται από σταθερούς σταθμούς διαφόρων τα χαρακτηριστικά αυτών είναι ανάλογα με την εφαρμογή. Κάθε σταθμός διασυνδέεται με τον χρήστη η απευθείας, η μέσω του Δημόσιου Τηλεφωνικού Μεταγωγικού Δικτύου.

- Κινητή Υπηρεσία μέσω Δορυφόρου

Το επίγειο τμήμα αποτελείται από κινητά τερματικά διαφόρων τύπων που είναι συνδεδεμένα με τα σταθερά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα μέσω

δορυφόρου. Οι χρήστες κινητών υπηρεσιών χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. θαλάσσιους,
2. αεροναυτικούς
3. επίγειους.

- Υπηρεσία Ευρυεκτομής μέσω Δορυφόρου

Σε αυτή την υπηρεσία τα σήματα εκπεμπόμενα από διαστημικούς σταθμούς και λαμβάνονται από όλους τους χρήστες, κυρίως εφαρμόζεται στην εκπομπή τηλεόρασης και ραδιοφώνου.

- Υπηρεσία Αλευθείας Ευρυεκτομής μέσω Δορυφόρου

Σε αυτή την περίπτωση γίνεται εκπομπή προγραμμάτων από ένα μεγάλο επίγειο σταθμό, που έχει το ρόλο της πύλης προς τα τερματικά, μέσω ενός δορυφόρου.

#### 4.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Σε ένα δορυφορικό σύστημα το μέσο εκπομπής του σήματος είναι η ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα είναι ανομοιογενές και απορροφητικό μέσο επηρεάζοντας τη διάδοση του σήματος.

Τα φαινόμενα που μ επηρεάζουν τη δορυφορική ζεύξη είναι στην τροπόσφαιρα και στην ιονόσφαιρα. Η τροπόσφαιρα είναι τμήμα της ατμόσφαιρας που οι μεταβολές του δείκτη διάθλασης της πίεσης και της υγρασίας, καθώς και τα καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν τη διάδοση των ραδιοσυχνοτήτων.

Η ιονόσφαιρα είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας που εκτείνεται πάνω από 60 km και υπάρχει υψηλή συχνότητα ελεύθερων ηλεκτρονίων. Συνοπτικά, οι αιτίες απωλειών κατά τη διαδρομή του σήματος μέσα στην ατμόσφαιρα είναι οι ακόλουθες:

##### I. Απώλειες ελευθέρου χώρου

Η κυριότερη αιτία απωλειών στις δορυφορικές επικοινωνίες λόγω της απόστασης διάδοσης. Είναι συνάρτηση του μήκους του ακτινοβολούμενου κύματος και της απόστασης μεταξύ πομπού-δέκτη. Ορίζεται ως ο λόγος της λαμβανόμενης προς την εκπεμπόμενη ισχύ του επιθυμητού σήματος και αποτελούν ουσιαστικά την ελάχιστη απώλεια που υφίσταται το κύμα κατά τη διάδοσή του στην ιδανική περίπτωση που ο χώρος είναι ελεύθερος εμποδίων. Υπολογίζονται από τη σχέση:

$$fsl = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

## II. Απώλειες ιονόσφαιρας και τροπόσφαιρας

Η ιονόσφαιρα, και η τροπόσφαιρα αλληλεπιδρούν με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και προκαλούν απόσβεση στο πλάτος  $L_{ATMOSP}$  και αποπόλωσή τους. Όσον αφορά στην επίδραση της ιονόσφαιρας, τα δύο κύρια φαινόμενα που παρατηρούνται είναι ο σπινθηρισμός και η στροφή Faraday.

- Ο σπινθηρισμός προκαλείται από την αλλαγή του συντελεστή διάθλασης της ιονόσφαιρας με αποτέλεσμα διακυμάνσεις του πλάτους, της φάσης και της γωνίας πρόσπτωσης του κύματος στη γήινη επιφάνεια.
- Η στροφή Faraday συνίσταται στην περιστροφή γραμμικά πολωμένου κύματος εξ αιτίας της αλληλεπίδρασής του με το μαγνητικό πεδίο της γης και οδηγεί σε αποπόλωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

## III. Εσωτερικές απώλειες του συστήματος εκπομπής

Οι εσωτερικές απώλειες του συστήματος εκπομπής  $L_T$  αναφέρονται στις απώλειες που υφίσταται το σήμα μεταξύ της εξόδου του πομπού και της εισόδου της κεραίας. Οφείλονται κυρίως σε απώλειες καλωδιώσεων, φίλτρων. Επειδή κύριο γνώρισμα ενός δορυφόρου είναι η E.I.R.P. στην οποία εμπεριέχονται και οι απώλειες  $L_T$ , το μέγεθος αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση.

## IV. Απώλειες λόγω αποπόλωσης

Κατά τη διέλευση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος από το μέσο διάδοσης, αλληλεπιδρά με αυτό με αποτέλεσμα την στροφή του διανύσματος του ηλεκτρικού του πεδίου, δηλαδή της αλλαγής της πόλωσής του. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως αποπόλωση και συμβαίνει παρουσία βροχής ή κατακρημνίσεων.

## V. Απώλειες λόγω ασυμφωνίας πόλωσης

Η ιδιότητα των κεραιών είναι να λαμβάνουν και να εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συγκεκριμένη πόλωση, σε περίπτωση που η πόλωση του λαμβανόμενου κύματος διαφέρει από αυτή της κεραίας λήψης, παρατηρούνται απώλειες λόγω ασυμφωνίας πόλωσης. Οι απώλειες λόγω αποπόλωσης για μια γραμμική κεραία δίνονται από τη σχέση:

$$L_{POL} = 20 \cdot \log(\cos \psi)$$

$\psi$  είναι η γωνία μεταξύ της πόλωσης της κεραίας και αυτής του κύματος που λαμβάνεται.

## VI. Απώλειες σκόπευσης

Όταν οι κεραιές εκπομπής και λήψης δεν είναι πλήρως ευθυγραμμισμένες μεταξύ τους έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του κέρδους τους σε σχέση με την τιμή στην κατεύθυνση της μέγιστης ακτινοβολίας τους. Ποσοτικά, η τιμή των απωλειών σκόπευσης δίνεται από τη σχέση:

$$I_{POINT}(\phi) = \exp \left\{ -2.76 \left( \frac{\phi}{2\phi_b} \right)^2 \right\}$$

όπου:

- $0 \leq \phi \leq 2\phi_b$  είναι το γωνιακό σφάλμα σκόπευσης μεταξύ των δύο κεραιών
- $\phi_b$  είναι η γωνία μισής ισχύος της κεραιάς λήψης

## VII. Απώλειες λόγω των ανωμαλιών της επιφάνειας του κατόπτρου

Οι ανωμαλίες της επιφάνειας του κατόπτρου σκεδάζουν μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κάτοπτρο, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται απώλειες που η τιμή τους δίνεται από τη σχέση:

$$L_{ανωμ}(\sigma) = 10 \cdot \log \left\{ \exp \left\{ \frac{4\pi\sigma}{\lambda} \right\} \right\}$$

όπου  $\sigma$  είναι η μέση τετραγωνική τιμή των επιφανειακών ανωμαλιών του κατόπτρου.

## VIII. Εσωτερικές απώλειες του συστήματος λήψης

Οι εσωτερικές απώλειες  $L_R$  του συστήματος λήψης συνίσταται στο σύνολο των απωλειών που εμπλέκονται μεταξύ της εξόδου της κεραιάς λήψης και του δέκτη, ο οποίος είτε είναι ένα σύστημα αποδιαμόρφωσης είτε ένα κύκλωμα απόφασης για το ληφθέν ψηφίο ή ακόμα ένα όργανο μέτρησης της λαμβανόμενης ισχύος.

Ο παράγοντας αυτός οφείλεται στις εισαγόμενες απώλειες καλωδιώσεων, φίλτρων ή άλλων παθητικών κυρίως στοιχείων του συστήματος. Η γνώση της τιμής  $L_R$  είναι πολύ σημαντική όχι μόνο για την εκτίμηση της στάθμης του λαμβανόμενου σήματος, αλλά και για τον υπολογισμό του σηματοθορυβικού λόγου στο δέκτη, καθώς ο εσωτερικός θόρυβος ολόκληρου του συστήματος λήψης εξαρτάται δραστικά από την τιμή  $L_R$ .

## IX. Απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων

Οι κατακρημνίσεις προκαλούν σκέδαση και απορρόφηση στο διαδιδόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, προκαλώντας απόσβεση της ισχύος του και αποπόλωση. Οι παράγοντας απωλειών είναι σημαντικός στις δορυφορικές επικοινωνίες .

Για να μπορέσει ένα δορυφορικό σύστημα να ανταπεξέλθει στις απώλειες που προέρχονται από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, χρειάζεται μελέτη των φαινομένων με σκοπό να προσδιοριστεί ο τρόπος επίδρασής τους πάνω στο σήμα και, τελικά, μοντελοποίηση και ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων τους.. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στην πράξη μοντέλο για την απώλεια λόγω βροχής είναι το ακόλουθο:

$$\gamma \text{ (dB / km)} = a \cdot r^b$$

όπου:

- $\gamma$  είναι η ειδική απόσβεση λόγω βροχής σε μονάδες  $\text{dB / km}$
- $r$  είναι το ύψος βροχόπτωσης σε μονάδες  $\text{mm / h}$ , το οποίο είτε μετράται σε πραγματικό χρόνο είτε δίνονται τυλικές τιμές του για κάθε περιοχή της γης σε ειδικούς πίνακες της ITU
- $a, b$  είναι παράμετροι του προτύπου που υπολογίζονται έτσι ώστε η συνάρτηση  $\gamma$  να προσεγγίζει τα πραγματικά δεδομένα που δίνονται από μετρήσεις. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν τέτοιες μετρήσεις, οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται με βάση τυποποιημένες σχέσεις ανάλογα με τη συχνότητα, την πόλωση, τη γωνία ανύψωσης του δορυφόρου ως προς το σημείο λήψης κτλ.

## X. Σύνοψη Απωλειών

Οι συνολικές απώλειες που υφίσταται το ηλεκτρομαγνητικό κύμα από τον πομπό του δορυφορικού αναμεταδότη μέχρι και την είσοδο του κυκλώματος του δέκτη είναι οι ακόλουθες:

$$L_{DOWN} = FSL + L_{ATMOSF} + L_T + L_{DEPOL} + L_{POL} + L_{POINT} + L_{ανωμ} + L_R + L_{RAIN}$$

## 4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Στις αρχές της ζωής των δορυφορικών υπηρεσιών υπήρχε αρκετό φάσμα. Έπειτα η παροχή εύρους ζώνης έγινε αντικείμενο ανταγωνισμού .Οι υπηρεσίες που παρέχονται γίνονται πιο απαιτητικότερες , καθώς πλέον είναι αναγκαία η μετάδοση διαφόρων μορφών πληροφορίας .

Ακόμα εξαιτίας της αύξησης των αναγκών των χρηστών, κρίθηκε απαραίτητη η αύξηση του εύρους ζώνης των συστημάτων. Στην αρχή οι δορυφόροι χρησιμοποιούσαν της ζώνης C, πιο μετά χρησιμοποιήθηκε η ζώνη Ku (12/14GHz) και Ka (20/30GHz).

Τα πλεονεκτήματα που υπάρχουν από τη χρήση υψηλών συχνοτήτων είναι:

- αυξάνεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης.
- αποφεύγονται οι παρεμβολές με τις επίγειες μικρό κυματικές ζεύξεις.

- η χρήση μεγάλων συχνοτήτων κάνει δυνατή τη χρήση κεραιών μεγάλης κατευθυντικότητας και μικρότερης διαμέτρου.

Η αλλαγή, των συστημάτων σε υψηλές συχνότητες έχει μειονεκτήματα :

- απαιτεί η κατασκευή καλής ποιότητας κυκλωμάτων
- το αυξανόμενο εύρος ζώνης δεν έχει καλή επίδραση στο λόγο σήμα προς θόρυβο

#### 4.8 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

Σκοπός του τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι η μετάδοση σημάτων πληροφορίας μέσω ενός διαύλου επικοινωνίας. Η διαμόρφωση, είτε αναλογική είτε ψηφιακή, γενικά είναι σημαντική στο πεδίο των τηλεπικοινωνιών, καθώς βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της μετάδοσης πληροφοριών και σημάτων.

Αυτό που θέλουμε να πετύχουμε με την διαμόρφωση είναι η βελτίωση των χαρακτηριστικών μετάδοσης της πληροφορίας και, η καλύτερη ποιότητα ζεύξης. Τα στοιχεία που καθιστούν τη διαμόρφωση μονόδρομο στις τηλεπικοινωνίες είναι τα ακόλουθα :

• **Προσαρμογή στην κεραία:** Η κεραία που χρησιμοποιείται για την μετάδοση ενός σήματος θα πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον ίσο με το ένα δέκατο του μήκους κύματος του σήματος ( $L > \lambda/10$ ) για να μπορεί να γίνει ικανοποιητική αναπαραγωγή του σήματος στο δέκτη. Έτσι, λοιπόν, χωρίς τη διαμόρφωση ένα σήμα συχνότητας 3kHz θα χρειαζόταν κεραία μήκους  $L=10$  km το οποίο είναι πρακτικώς αδύνατο. Διαμορφώνοντας το σήμα και ανεβάζοντας έτσι τη συχνότητα μετάδοσής του στα 300MHz για παράδειγμα, χρειάζεται κεραία μήκους μόλις 10 cm.

• **Πολυπλεξία:** Μέσα απ' το ίδιο κανάλι υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς πολλών διαμορφωμένων σημάτων ταυτοχρόνως. Η δυνατότητα της πολυπλεξίας είναι ζωτικής σημασίας για τις τηλεπικοινωνίες και ιδιαίτερα για τις ασύρματες ζεύξεις, όπου το διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι περιορισμένο και πρέπει να χρησιμοποιείται όσο γίνεται καλύτερα.

• **Εκμετάλλευση χαρακτηριστικών του μέσου μετάδοσης:** Μέσω της διαμόρφωσης, υπάρχει η δυνατότητα φασματικής μετατόπισης του σήματος σε περιοχή συχνοτήτων όπου το μέσο διάδοσης εμφανίζει τα καταλληλότερα δυνατά χαρακτηριστικά και, έτσι, δίνεται η δυνατότητα ευελιξίας στη χρησιμοποίηση του διαύλου επικοινωνίας.

#### 4.9 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Κατά την αναλογική διαμόρφωση, ένα χαρακτηριστικό του υψίσυχνου ημιτονοειδούς σήματος μεταβάλλεται σύμφωνα με το υπό μετάδοση σήμα βασικής ζώνης που ονομάζεται σήμα πληροφορίας. Το φέρον σήμα είναι πάντα ημιτονοειδούς μορφής, καθώς είναι εξαιρετικά βολική η φασματική του περιγραφή

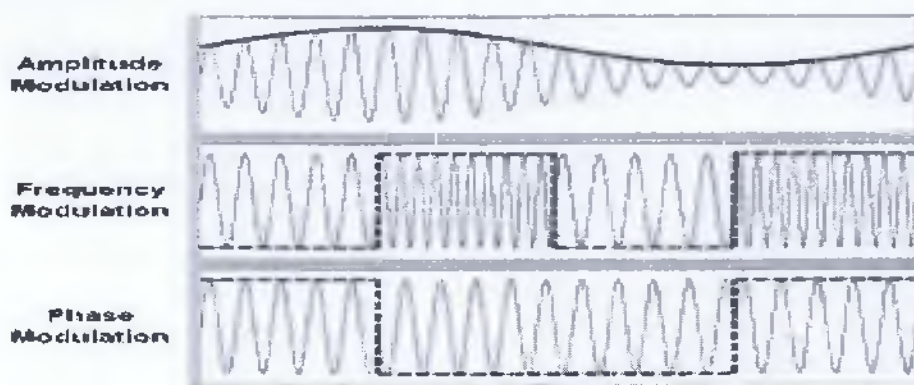


που είναι κρουστικής μορφής. Το διαμορφωμένο σήμα που τελικά μεταδίδεται μέσω του διαύλου έχει την ακόλουθη μορφή:

$$c(t) = a(t) \cdot \cos[\omega_c(t) \cdot t + \theta(t)]$$

Ανάλογα με το χαρακτηριστικό του μεταδιδόμενου σήματος  $c(t)$  που εξαρτάται από το σήμα πληροφορίας, τα είδη της διαμόρφωσης είναι εν γένει τα ακόλουθα:

- Διαμόρφωση Πλάτους κατά την οποία μεταβάλλεται το πλάτος  $a(t)$  του διαμορφωμένου σήματος σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας, ενώ η φέρουσα συχνότητα μετάδοσης είναι ανεξάρτητη του σήματος πληροφορίας
- Διαμόρφωση Συχνότητας κατά την οποία η γωνιακή συχνότητα  $\omega(t)$  του διαμορφωμένου σήματος εξαρτάται από το σήμα πληροφορίας, ενώ το πλάτος είναι σταθερό
- Διαμόρφωση Γωνίας κατά την οποία μεταβάλλεται η γωνία φάσης  $\theta(t)$  του διαμορφωμένου σήματος σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας, ενώ και σε αυτή την περίπτωση το πλάτος είναι σταθερό



Εικόνα 4.8 είδη αναλογικής διαμόρφωσης

Υπάρχουν και άλλα είδη αναλογικής διαμόρφωσης αναφέρονται τα ακόλουθα σχήματα αναλογικής διαμόρφωσης

- Διαμόρφωση Πλάτους Απλής Πλευρικής Ζώνης (AMSSB)
- Ορθογώνια Διαμόρφωση Διπλής Πλευρικής Ζώνης
- Διαμόρφωση Υπολειπόμενης Πλευρικής Ζώνης (AMVSB)

#### 4.10 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Πλεονεκτήματα ψηφιακής διαμόρφωσης

Τα περισσότερα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα έχουν στραφεί, πλέον, σε ψηφιακές τεχνικές διαμόρφωσης. Η αλλαγή έγινε λόγω καλύτερων χαρακτηριστικών που προσφέρει η ψηφιακή διαμόρφωση που είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλή αξιοπιστία, ευστάθεια και προσαρμογή στην τεχνολογία των ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων
- Αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση των ψηφιακών σημάτων με αξιοπιστία και ακρίβεια
- Υψηλή ανοχή στον θόρυβο, ακόμη και υπό χαμηλές σηματοθορυβικές σχέσεις

- Καλύτερη ικανοποίηση των τηλεπικοινωνιακών πόρων του συστήματος
- Ευκολία πολύπλεξης και σηματοδότησης
- Κωδικοποίηση για διόρθωση λαθών και κρυπτογράφηση για την ασφάλεια των επικοινωνιών
- Ευελιξία στην ικανοποίηση των απαιτούμενων προδιαγραφών, αφού υπάρχει η δυνατότητα μεταβαλλόμενης χωρητικότητας του συστήματος με ανταλλαγή εύρους ζώνης και ισχύος εκπομπής
- Ευκολία ενσωμάτωσης νέων υπηρεσιών

### Μορφοποίηση σημάτων

Τα προς μετάδοση σήματα περνούν από κάποια άλλα στάδια επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, η προς μετάδοση πληροφορία εισέρχεται στον πολυπλέκτη είτε απ' ευθείας από τον πομπό σε ψηφιακή μορφή είτε μετά από έναν μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό. Έτσι, στην έξοδο του πολυπλέκτη υπάρχει η ακολουθία δυαδικών ψηφίων:

$$a_k = \{\dots, a_{-2}, a_{-1}, a_0, a_1, a_2, \dots\} \text{ όπου } a_k = \pm 1$$

Η παραπάνω ακολουθία εισέρχεται στον κωδικοποιητή, ο οποίος δημιουργεί το σήμα βασικής ζώνης:

$$m(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k p(t - kT_b)$$

Το σήμα αυτό στη συνέχεια εισάγεται στο διαμορφωτή, όπου διαμορφώνει ένα υψίσυχο φέρον σήμα. Η διαμόρφωση αυτή γίνεται συνήθως κατά φάση ή συχνότητα και ανάλογα με την τεχνική ψηφιακής διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Το σήμα  $c(t)$  που προκύπτει αποτελεί το ψηφιακά διαμορφωμένο σήμα που αποστέλλεται στο δίαυλο.

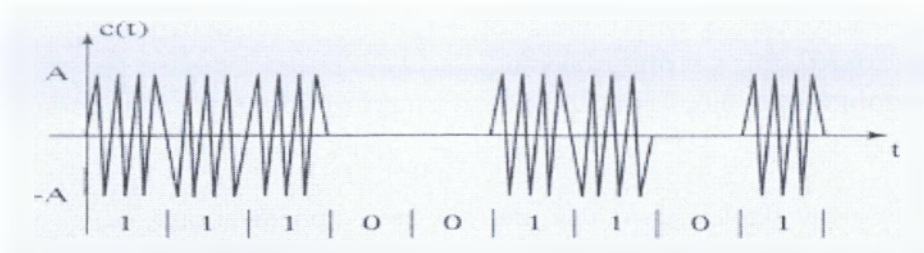
### Διαμόρφωση ASK

Η τεχνική αυτή αποτελεί το αντίστοιχο της αναλογικής διαμόρφωσης AM και αντιστοιχεί στην ψηφιακή διαμόρφωση on-off, κατά την οποία το σήμα που αποστέλλεται στο δίαυλο είναι της ακόλουθης μορφής:

$$c_{ASK}(t) = A \cdot m(t) \cdot \cos(\omega_c \cdot t + \psi)$$

όπου

$$m(t) = \begin{cases} 1 & \text{όταν το αποστελλόμενο bit είναι το 1} \\ 0 & \text{όταν το αποστελλόμενο bit είναι το 0} \end{cases}$$



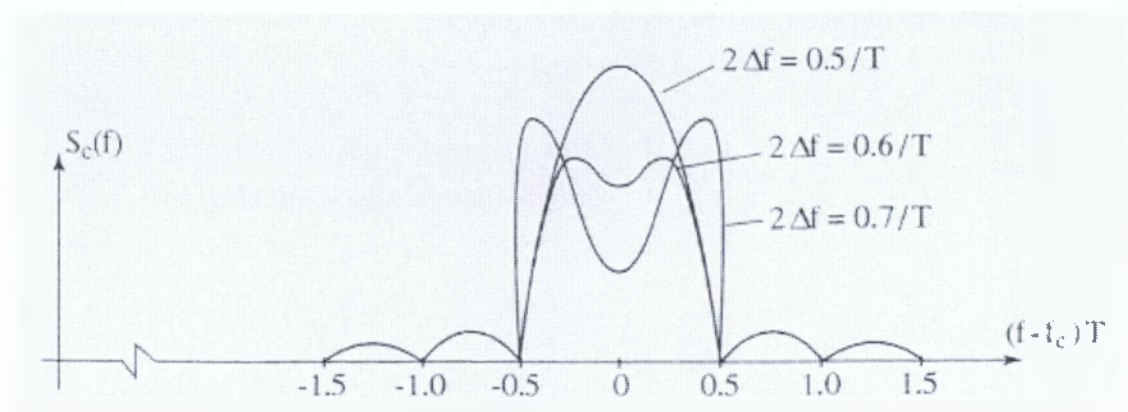
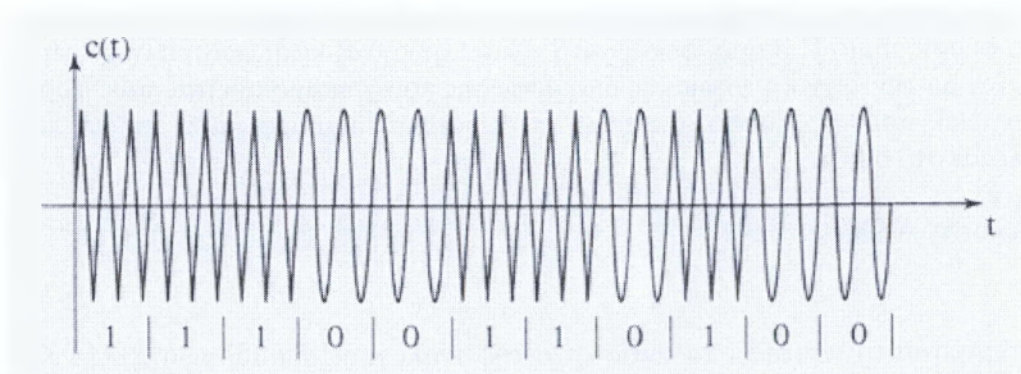
Εικόνα 4.9 Διαμορφωμένο σήμα κατά ASK

## Διαμόρφωση FSK

Κατά την τεχνική FSK γίνεται αντιστοίχιση των υπό αποστολή ψηφίων 0 και 1 με δύο διακριτές συχνότητες  $\omega_0$  και  $\omega_1$  εκατέρωθεν μιας κεντρικής συχνότητας  $\omega_c$  ( $\omega_1 = \omega_c + \Delta\omega$  και  $\omega_0 = \omega_c - \Delta\omega$ ). Το διαμορφωμένο κατά FSK σήμα, λοιπόν, που αποστέλλεται στο διάυλο είναι της μορφής

$$c_{FSK}(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_1 t + \psi_1) & \text{όταν το αποσπελλόμενο bit είναι το 1} \\ A \cos(\omega_0 t + \psi_0) & \text{όταν το αποσπελλόμενο bit είναι το 0} \end{cases}$$

$$c_{FSK}(t) = \frac{A}{2}[1 + m(t)]\cos(\omega_1 t + \psi_1) + \frac{A}{2}[1 - m(t)]\cos(\omega_0 t + \psi_0)$$



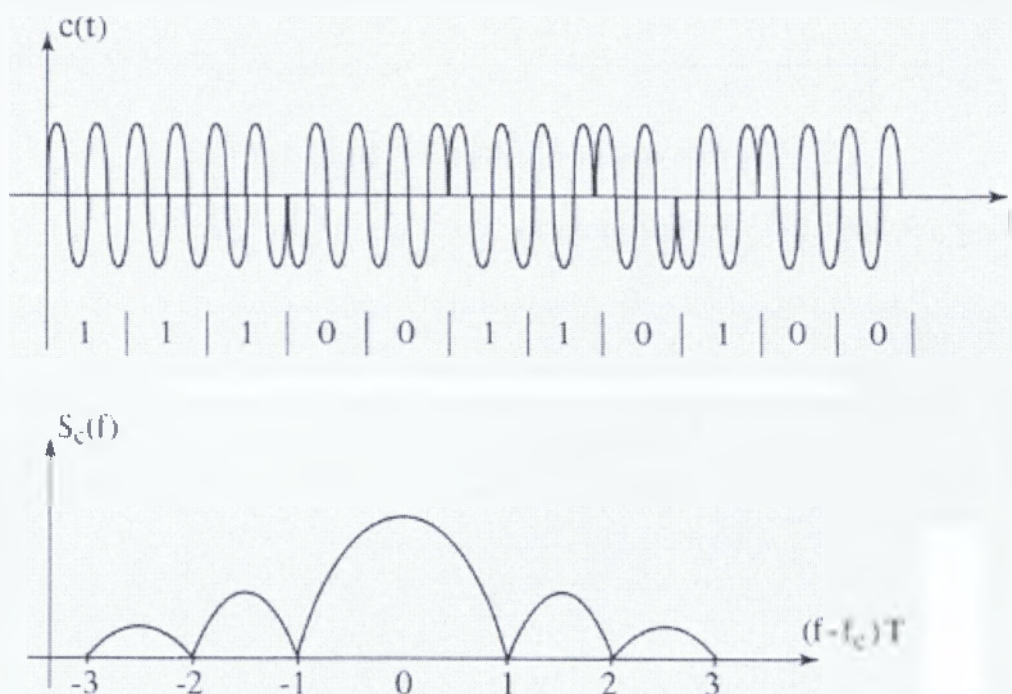
Εικόνα 4.10 Μορφή σήματος FSK και το φάσμα του για διάφορες παραμέτρους

## Διαμόρφωση PSK

Κατά την διαμόρφωση PSK, η φάση του προς μετάδοση σήματος εναλλάσσεται μεταξύ δύο τιμών. Το σήμα που αποστέλλεται στο δίαυλο στην περίπτωση που έχουν χρησιμοποιηθεί μορφοποιητικοί παλμοί NRZ για τη δημιουργία του σήματος βασικής ζώνης είναι της μορφής

$$c_{PSK}(t) = A \cos \left( \omega_c t + \psi + \frac{\pi}{2} (1 - m(t)) \right) = Am(t) \cos(\omega_c t + \psi)$$

όπου  $m(t) = \begin{cases} 1 & \text{όταν το αποσπελλόμενο bit είναι το 1} \\ -1 & \text{όταν το αποσπελλόμενο bit είναι το 0} \end{cases}$

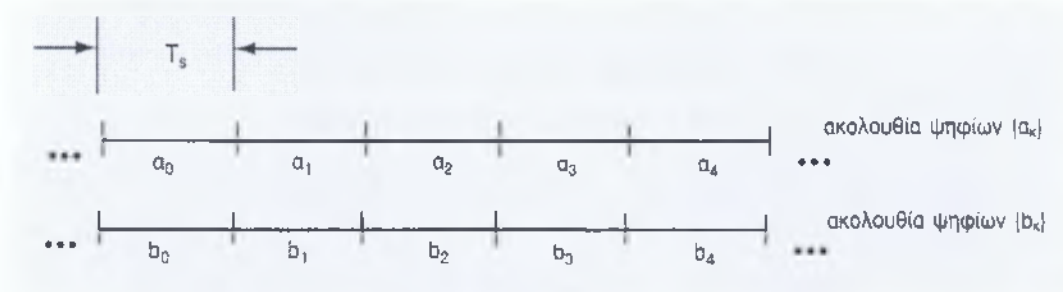


Εικόνα 4.11 Μορφή σήματος PSK και το αντίστοιχο φάσμα

Φαίνεται η μείωση της αξιοπιστίας καθώς αυξάνεται το σφάλμα φάσης κατά την προσπάθεια αναπαραγωγής της φάσης του φέροντος σήματος από το κύκλωμα συγχρονισμού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή της πιθανότητας λάθους για την κωδικοποίηση PSK στην περίπτωση που δεν υπάρχει σφάλμα φάσης είναι μικρότερη από αυτήν που προβλέπεται για οποιοδήποτε άλλο σχήμα ψηφιακής κωδικοποίησης.

## Διαμόρφωση QPSK

Κατά τη διαμόρφωση QPSK, δύο ακολουθίες ψηφίων πληροφορίας  $\{a_k\}$  και  $\{b_k\}$  διαμορφώνουν κατά PSK δύο ορθωγώνιες μορφές του φέροντος σήματος. Οι δύο ακολουθίες είτε προέρχονται από δύο διαφορετικές πηγές είτε προκύπτουν από τη διάσπαση μιας ακολουθίας σε δύο άλλες που μεταδίδονται ταυτόχρονα .



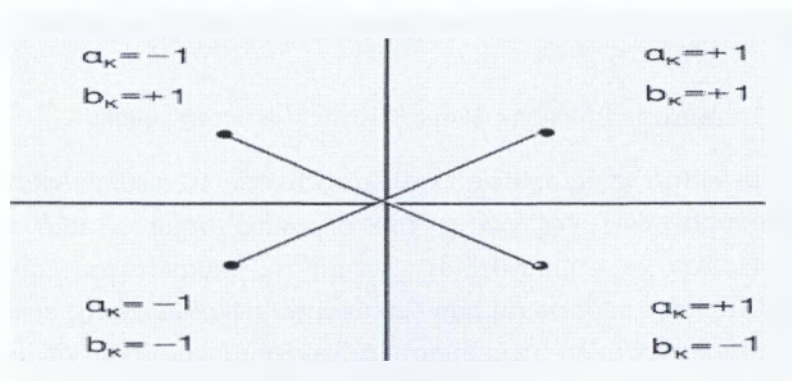
Εικόνα 4.12 Οι ακολουθίες εισόδου στο διαμορφωτή QPSK

Το σήμα QPSK που αποστέλλεται στο δίαυλο είναι της μορφής:

$$c_{QPSK}(t) = Am_c(t) \cos(\omega_c t + \psi) + Am_s(t) \sin(\omega_c t + \psi) = a(t) \cos(\omega_c t + \theta(t) + \psi)$$

Όπου  $a(t) = A \left[ m_c^2(t) + m_s^2(t) \right]^{1/2}$

$$\theta(t) = \tan^{-1} \left\{ \frac{m_s(t)}{m_c(t)} \right\}$$



Εικόνα 4.13

Καταγραφή της ολίσησης φάσης του διαμορφωμένου σήματος QPSK

Δηλαδή σε μία κατάσταση κωδικοποιούνται 2 bits πληροφορίας ή ισοδύναμα ένα σύμβολο πληροφορίας.

#### 4.11 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΜΒΛΥΝΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΔΕΙΨΕΩΝ

Στο σχεδιασμό ενός δορυφορικού συστήματος πρέπει να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές ποιότητας, όπως αυτές καθορίζονται από τον Διεθνή Οργανισμό ITU-R. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για συχνότητες τις μεγάλες συχνότητες λειτουργίας, δηλαδή την πλειοψηφία των δορυφορικών εφαρμογών, η πρόσθετη απόσβεση στο διαδιδόμενο σήμα εξαιτίας της παρουσίας βροχής αποτελεί το βασικό περιοριστικό παράγοντα της αξιοπιστίας της δορυφορικής ζεύξης. είναι απαραίτητη η χρήση τεχνικών για την Αντιμετώπιση των Διαλείψεων.

##### Τεχνικές ελέγχου του EIRP

Η τεχνική αυτή συνίσταται για την αύξηση της ισχύος του εκπεμπόμενου σήματος ώστε να αντισταθμιστούν οι απώλειες λόγω διάδοσης στην ατμόσφαιρα. Η EIRP είναι η ενεργώς ισοτροπικά ακτινοβολούμενη ισχύς και δίνεται από τη σχέση:

$$EIRP = P_t * G_t$$

Όπου  $P_t$  η ισχύς εκπομπής σε dBw και  $G_t$  το κέρδος της κεραίας εκπομπής σε dB.

Η ρύθμιση της EIRP μπορεί να γίνει, είτε από τον έλεγχο της ισχύος εκπομπής  $P_t$ , είτε από τον έλεγχο του κέρδους της κεραίας εκπομπής  $G_t$ . Η ρύθμιση της ισχύος γίνεται η στον επίγειο σταθμό, επόμενος προκύπτει η περίπτωση Ελέγχου Ισχύος της προς τα Άνω Ζεύξης στο δορυφόρο, οπότε προκύπτει η περίπτωση Ελέγχου Ισχύος της προς τα Κάτω Ζεύξης. Αντίστοιχα μπορεί να γίνει ρύθμιση του προσανατολισμού και του κέρδους της κεραίας του δορυφόρου, μια τεχνική γνωστή και ως Διαμόρφωση Λεπτής Δέσμης. Παρακατω περιγράφονται οι παραπάνω μέθοδοι.

##### Έλεγχος Ισχύος της προς τα Άνω Ζεύξης ULPC

Με τη μέθοδο αυτή ρυθμίζεται η ισχύς εκπομπής του επίγειου σταθμού ώστε η πυκνότητα ισχύος στο δορυφόρο να είναι μεγαλύτερη μίας συγκεκριμένης στάθμης. Με την τεχνική του ελέγχου ανοικτού βρόχου, δηλαδή χωρίς ανατροφοδότηση αναφορών μετρήσεων της ισχύος του διαύλου από το δορυφόρο, ρυθμίζεται η ισχύς εκπομπής του Ενισχυτή Υψηλής Ισχύος του επίγειου σταθμού σε σχέση με τις μετρήσεις της απόσβεσης του λαμβανόμενου σήματος στο δέκτη ο επίγειος σταθμός μπορεί να γνωρίζει μόνο την απόσβεση στην προς τα κάτω ζεύξη, επόμενος με την αναγωγή αποτελεσμάτων στη συχνότητα άνω ζεύξης, μπορεί να κάνει πρόβλεψη για τις τιμές για την άνω ζεύξη, ώστε να ρυθμιστεί κατάλληλα το HPA.

Ένα πρόβλημα της μεθόδου ULPC είναι η δημιουργία Παρεμβολής Γειτονικού Καναλιού όταν ένα μέρος της ισχύος ενός καναλιού παρεμβάλλει σε γειτονικά κανάλια. Αυτό γίνεται επειδή κατά την ανίχνευση μιας ισχυρής διάλειψης στο δίαυλο, το περιθώριο ισχύος εξόδου του ενισχυτή HPA μειώνεται και αυξάνοντας παράλληλα την ισχύ εξόδου του ενισχυτή. Ακόμα ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι η παρεμβολή γειτονικού δορυφόρου όταν η ισχύς εκπομπής του επίγειου σταθμού ενός συστήματος αυξάνεται τόσο ώστε το σήμα της άνω ζεύξης του αντίστοιχου σταθμού να γίνεται υπολογίσιμο ως παρεμβολή στο γειτονικό δορυφόρο ενός άλλου συστήματος

## Έλεγχος Ισχύος της προς τα Κάτω Ζεύξης DLPC

Με τη μέθοδο αυτή ρυθμίζεται η ισχύς εκπομπής του δορυφόρου ώστε να ενισχυθεί το σήμα στην προς τα κάτω ζεύξη. Η μέθοδος αυτή έχει δυσκολίες εξαιτίας των περιορισμών σχετικά με το μέγεθος και το βάρος του δορυφόρου, οι οποίες περιορίζουν τη χρήση των Ενισχυτών Οδεύοντος Κύματος οι οποίοι πρέπει να λειτουργούν με μικρό περιθώριο ισχύος, επίσης και της περιορισμένης δυνατότητας ελέγχου της λειτουργίας του δορυφόρου.

Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η δημιουργία προϊόντων ενδοδιαμόρφωσης λόγω της μη γραμμικής ενίσχυσης των πολλαπλών φερόντων από τους ενισχυτές των αναμεταδοτών. Σε αυτή την περίπτωση τα συστήματα TDMA προτιμούνται από τα συστήματα FDMA.

## Διαμόρφωση Λεπτής Δέσμης SBS

Η μέθοδος SBS είναι για τη διαμόρφωση του διαγράμματος ακτινοβολίας της δορυφορικής κεραίας, ώστε η ισχύς λήψης στην περιοχή κάλυψης να παραμένει περίπου σταθερή ακόμη και σε συνθήκες βροχής. Η χειροτέρευση των συνθηκών που επικρατούν στο δορυφορικό διαύλο αντισταθμίζεται με μείωση του λοβού ακτινοβολίας της δορυφορικής κεραίας.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κατευθυντικότητάς άρα και υψηλότερες τιμές EIRP, επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερη φασματική απόδοση. Σε αντίθεση με τις τεχνικές ελέγχου της ισχύος, αποφεύγεται η ενδοδιαμόρφωση, αφού η αντιστάθμιση των διαλείψεων έγκειται στη διαμόρφωση του διαγράμματος ακτινοβολίας και όχι στην ελάττωση του περιθωρίου ισχύος των ενισχυτών. Από την άλλη, η βελτίωση του λαμβανομένου κέρδους στην επιλεγμένη περιοχή κάλυψης πραγματοποιείται σε βάρος της καθολικής κάλυψης.

## Προσαρμοστικές τεχνικές μετάδοσης

Οι τεχνικές αυτές κάνουν επιλογή της κατάλληλης κυματομορφής και κωδικοποίησης του σήματος ανάλογα με την ποιότητα της ζεύξης

### 1. Προσαρμοστική Κωδικοποίηση (Adaptive Coding, AC)

Η κωδικοποίηση υιοθετείται από τα δορυφορικά συστήματα για ανίχνευση και διόρθωση λανθασμένων ψηφίων και γίνεται με την εισαγωγή πλεοναζόντων ψηφίων στο σήμα πληροφορίας. Όσο ο αριθμός των πλεοναζόντων ψηφίων αυξάνει, η πιθανότητα σφάλματος BER μειώνεται, αλλά αυξάνει και η απαίτηση για εύρος ζώνης.

Στην πλειοψηφία των δορυφορικών τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών η αποκωδικοποίηση πραγματοποιείται στο δέκτη χωρίς να χρειάζεται ανάδραση από τον πομπό. Μια άλλη μέθοδος είναι η Αυτόματη Αίτηση Επανάληψης με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται η διόρθωση λαθών με την επανεκπομπή όλων των blocks των λάθος ψηφίων.

Οι κώδικες είχαν αρχικά επινοηθεί για διόρθωση τυχαίων λαθών, που οφείλονταν σε θερμικό θόρυβο. Εξαιτίας της λειτουργίας των σύγχρονων δορυφορικών ζεύξεων πλέον σε συχνότητες πάνω από 10 GHz, τα σφάλματα δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

## 2. Προσαρμοστική Διαμόρφωση (Adaptive Modulation. AM)

Η προσαρμοστική διαμόρφωση αυξάνει το λόγο της ενέργειας ψηφίου προς τη φασματική πυκνότητα ισχύος του θορύβου ( $E_b / N_o$ ) που απαιτείται για την επίτευξη ενός δεδομένου BER, ελαττώνοντας τη φασματική απόδοση της ζεύξης. Αυτό γίνεται για να αντισταθμιστεί η μείωση του Λόγου Ισχύος Φέροντος προς Θόρυβο (CNR) στην είσοδο του αποδιαμορφωτή εξαιτίας των δυσμενών φαινομένων διάδοσης και επιτυγχάνεται μια ανταλλαγή φασματικής απόδοσης και ισχύος σήματος για την επίτευξη συγκεκριμένου BER.

Το πιο διαδεδομένο σχήμα διαμόρφωσης στις δορυφορικές επικοινωνίες είναι η Διαμόρφωση Φάσης (PSK), όπου υπάρχουν δύο καταστάσεις για τη φάση του σήματος. Για την επίτευξη μεγαλύτερης φασματικής απόδοσης, ώστε να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης για το ίδιο εύρος ζώνης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχήματα διαμόρφωσης M-PSK, όπως είναι τα QPSK, 8-PSK, 16-PSK και 64-PSK που αντιστοιχούν σε 4, 8, 16 και 64 στάθμες φάσης, δηλαδή σε 2, 3, 4, 6 bit ανά σύμβολο αντίστοιχα. Επίσης, είναι δυνατή η ταυτόχρονη μεταβολή της φάσης και του πλάτους του φέροντος, οπότε προκύπτει η Ορθογώνια Διαμόρφωση Πλάτους (QAM).

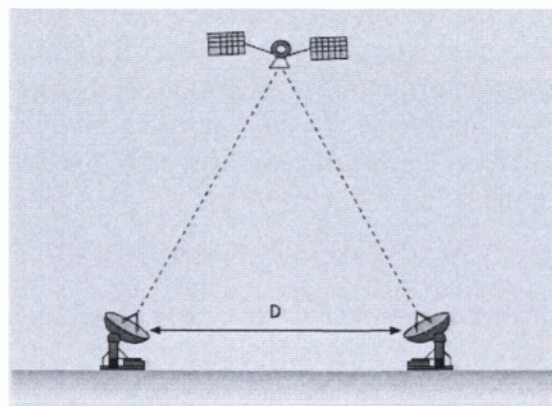
## 3. Μείωση Ρυθμού Δεδομένων (Data Rate Reduction. DRR)

Αυτή η τεχνική επεξεργασίας συνίσταται για τη μείωση του ρυθμού μετάδοσης R των ψηφίων πληροφορίας όταν το σύστημα ελέγχου που παρακολουθεί την κατάσταση του καναλιού προβλέψει κάποια πιθανή βαθιά διάλειαση. Το πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η δίκαιη κατανομή των πόρων του συστήματος σε όλους τους χρήστες.

## 4.12 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ

### I. Διαφορική Λήψη Θέσης (Site Diversity. SD)

Κατά τη διαφορική λήψη θέσης, το σήμα λαμβάνεται ταυτόχρονα από δύο επίγειους σταθμούς με σκοπό την αποσυσχέτιση των αποσβέσεων σημάτων όταν το καθένα αναφέρεται σε απομακρυσμένους χωρικά ραδιοδρόμους. Κατοπιν, τα σήματα αποστέλλονται σε μία χαμηλότερη συχνότητα που δεν επηρεάζεται από τη βροχή σε ένα κέντρο ελέγχου, όπου επιλέγεται αυτό με τον υψηλότερο σηματοθορυβικό λόγο SNR.

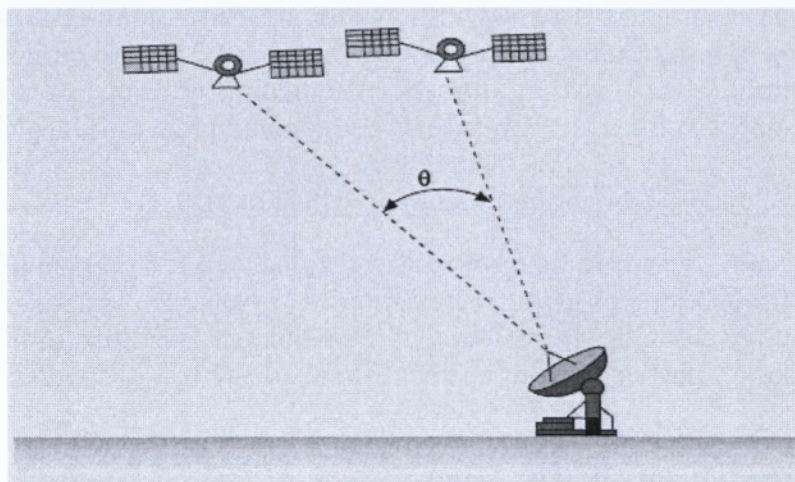


Εικόνα 4.14 Γεωμετρία συστήματος διπλής διαφορικής λήψης θέσης



## II. Διαφορική Λήψη Τροχιάς (Orbit Diversity, OD)

Στη διαφορική λήψη τροχιάς το δορυφορικό σήμα λαμβάνεται από τον επίγειο σταθμό από δύο ή τρεις γωνιακά μετατοπισμένους δορυφόρους. Ο επίγειος σταθμός μπορεί να επιλέξει το σήμα από το ραδιοδρόμο με τον υψηλότερο SNR. Η διαφορική λήψη τροχιάς αποτελεί ένα δορυφορικό σύστημα κοινών πόρων, όταν η απόσβεση του σήματος από τον κύριο δορυφόρο υπερβεί κάποιο κατώφλι, η ζεύξη πρέπει να πάει σε εφεδρικούς δορυφόρους, κάτι που δημιουργεί χρονική καθυστέρηση.



Εικόνα 4.15 Γεωμετρία συστήματος διπλής διαφορικής λήψης τροχιάς

## III. Διαφορική Λήψη Συχνότητας (Frequency Diversity, FD)

Στη διαφορική λήψη συχνότητας το σήμα μεταδίδεται ταυτόχρονα σε δυο φέρουσες συχνότητες, η συσχέτιση των διαλείψεων στα σήματα που λαμβάνονται είναι μικρή όσο αυξάνει η συχνότητα λειτουργίας, στη δορυφορική ζεύξη εμφανίζονται φαινόμενα όπως είναι οι σπινθηρισμοί, η αποπόλωση, η απόσβεση λόγω της πτώσης υδρομετεωριτών. Το κρίσιμο κατώφλι είναι αυτό της συχνότητας των 10 GHz. κάτω από την οποία, η διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων γίνεται με καλύτερες συνθήκες όσον αφορά στους ατμοσφαιρικούς μηχανισμούς διάδοσης αρα η δυνατότητα λειτουργίας των δορυφόρων σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων, επιτρέπει τη χρήση χαμηλότερων ζωνών συχνοτήτων σε περιπτώσεις που εμφανίζονται βαθιές διαλείψεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

Η μετάδοση του σήματος στα δορυφορικά συστήματα γίνεται με τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μέσω της ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα που περιβάλλει τη γη είναι ένα ανομοιογενές και απορροφητικό μέσο διάδοσης, με αποτέλεσμα μία σειρά μηχανισμών να επιδρά δυσμενώς στη διάδοση των ραδιοκυμάτων.

Τα στρώματα της ατμόσφαιρας τα οποία συμβάλλουν στην υποβάθμιση της δορυφορικής ζεύξης είναι η τροπόσφαιρα και η ιονόσφαιρα. Εξάλλου, τα ατμοσφαιρικά αυτά φαινόμενα δεν είναι κοινά για όλες τις περιπτώσεις αλλά παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας του συστήματος, το μήκος της διαδρομής μέσα από την ατμόσφαιρα και τη γωνία ανύψωσης του κεκλιμένου ραδιοδρόμου γης-δορυφόρου.

Θα χρησιμοποιήσουμε την μαθηματική εξίσωση :

$$C/No = EIRP - FSL - (\text{other losses}) + G/T - k$$

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση κάθε παράγοντα της μαθηματικής εξίσωσης .

### 5.1 EIRP – ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ

$$EIRP = P_{in} * G \text{ ή } [EIRP] \text{ db} = [P_{in}] \text{ db} + [G] \text{ db}$$

- $P_{in}$  η ισχύς εκπομπής σε dBw και
- $G$  το κέρδος της κεραίας εκπομπής σε dB.
- EIRP είναι η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύ.

### 5.2 FSL – ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ

Οι απώλειες ελευθέρου χώρου είναι βασική αιτία της εξασθένησης του σήματος αφού απόσταση δορυφόρου και σταθμού βάσης χρειάζεται μεγάλη ισχύ εκπομπής και στις δυο ζεύξεις .

Ελεύθερος χώρος θεωρείτε το περιβάλλον διάδοσης όπου δεν υπάρχουν εμπόδια που να προκαλούν εξασθένηση κατά τη διάδοση . Για το δορυφορικό κανάλι ,για τα φαινόμενα που προκαλούν εξασθένηση είναι υπεύθυνος ο θόρυβος από άλλους δορυφόρους.

Η εξασθένηση προκαλείται από απώλεια ενέργειας στο ηλεκτρομαγνητικό κύμα όταν κατά τη διάδοσή υπάρχει βροχή, χαλάζι, χιόνι. Οι διαλείψεις είναι φαινόμενο που προκαλείτε από ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις σε συχνότητες φέροντος κύματος άνω των 10GHz.

### 5.3 OTHER LOSSES

other losses είναι το άθροισμα των απωλειών που οφείλεται :

- Απόσβεση από κατακρημνίσεις : όταν έχουμε διάδοση μέσα από κατακρημνίσεις τότε τα ραδιοκύματα θα υποστούν απώλεια ισχύος εξαιτίας της σκέδασης από τους υδρομετεωρίτες. Αυτή η απώλεια λέγεται απόσβεση . Η σκέδαση από τους υδρομετεωρίτες λειτουργεί ως περιορισμός στη ζώνη EHF >30GHz, και η απορρόφηση από τους υδρομετεωρίτες είναι ο κυριότερος λόγος απώλειας ισχύος στο φάσμα ανάμεσα στα 10GHz και 30GHz. Ο συνδυασμός της σκέδασης και της απορρόφησης από υδρομετεωρίτες έχει ως συνέπεια την απώλεια ισχύος η οποία είναι ανάλογη

του τετραγώνου της συχνότητας σε dB . Αυτό είναι το βασικό μειονέκτημα της λειτουργίας σε ζώνες συχνοτήτων όπως η Ku, η Ka και η V.

- Απορρόφηση από αέρια: Η απορρόφηση από αέρια, όπως το οξυγόνο και οι υδρατμοί, είναι υπεύθυνη τη συνολική απόσβεση των ραδιοκυμάτων, ιδίως γωνίες ανύψωσης οι οποίες είναι μικρές . Παρόλα αυτά η συμβολή της απορρόφησης των αερίων στη συνολική εξασθένηση σε σύγκριση με την απόσβεση λόγω βροχής είναι μικρότερη . Ο κύριος παράγοντας είναι οι υδρατμοί για την απορρόφηση από αέρια σε εύρος συχνοτήτων χαμηλότερο των 30 GHz λόγω της μέγιστης απορρόφησης των υδρατμών στα 22.5 GHz. Η εξασθένηση που οφείλεται σε απορρόφηση από το οξυγόνο δεν παρουσιάζει μεταβολές σε διάφορες κλιματικές συνθήκες, αλλά η εξασθένηση εξαιτίας των υδρατμών έχει σχέση με τη θερμοκρασία και την υγρασία που επικρατούν στη περιοχή.

#### 5.4 TERMINAL G/T

$$G/T = G \text{ (db)} - 10 \log T$$

- G το λαμβανόμενο κέρδος κεραίας
- T η ληφθείσα θερμοκρασία θορύβου από το σύστημα

$$T_{\text{sys}} = T_{\text{ant}} + T_r$$

$T_{\text{sys}}$  ή θερμοκρασία θορύβου ενός συστήματος είναι άθροισμα της θερμοκρασίας του θορύβου της κεραίας  $T_{\text{ant}}$  ο οποίος προέρχεται από το σύστημα ο οποίος περιλαμβάνει τους εισφορές θορύβου για παράδειγμα τον ατμοσφαιρικό θόρυβο μέχρι το επίπεδο αναφοράς και του λαμβανόμενου θορύβου  $T_r$  ο οποίος περιέχει όλους τους εισφορές θορύβου από το επίπεδο αναφοράς μέχρι και την βασική έξοδο του κυκλώματος.

Οι δύο βασικοί εισφέρεις θορύβου είναι δυο:

- ο ατμοσφαιρικός θόρυβος
- ο θόρυβος που προκύπτει από ένα είδος απωλειών που ονομάζεται ohmic losses

Άρα ο ατμοσφαιρικός θόρυβος αποτελείται από εξωτερικές πηγές θορύβων που προέρχονται μέσα από τον κύριο λοβό της κεραίας αλλά ακόμα και από τους πλαγίους .

Ο εξωτερικός θόρυβος είναι εξαιτίας εξωγενών παραγόντων αλλά και από τη θερμική ακτινοβολία από τη γη και από την ατμόσφαιρα.

Ο ήλιος είναι μία πολύ δυνατή πηγή θορύβου και μπορεί να προκαλέσει εμπόδια στις δορυφορικές επικοινωνίες επομένως η θερμοκρασία θορύβου  $T_{\text{ant}}$  είναι ο συνολικός θόρυβος που συνεισφέρεται στο σύστημα λήψης από την κεραία μέχρι και το επίπεδο αναφοράς.

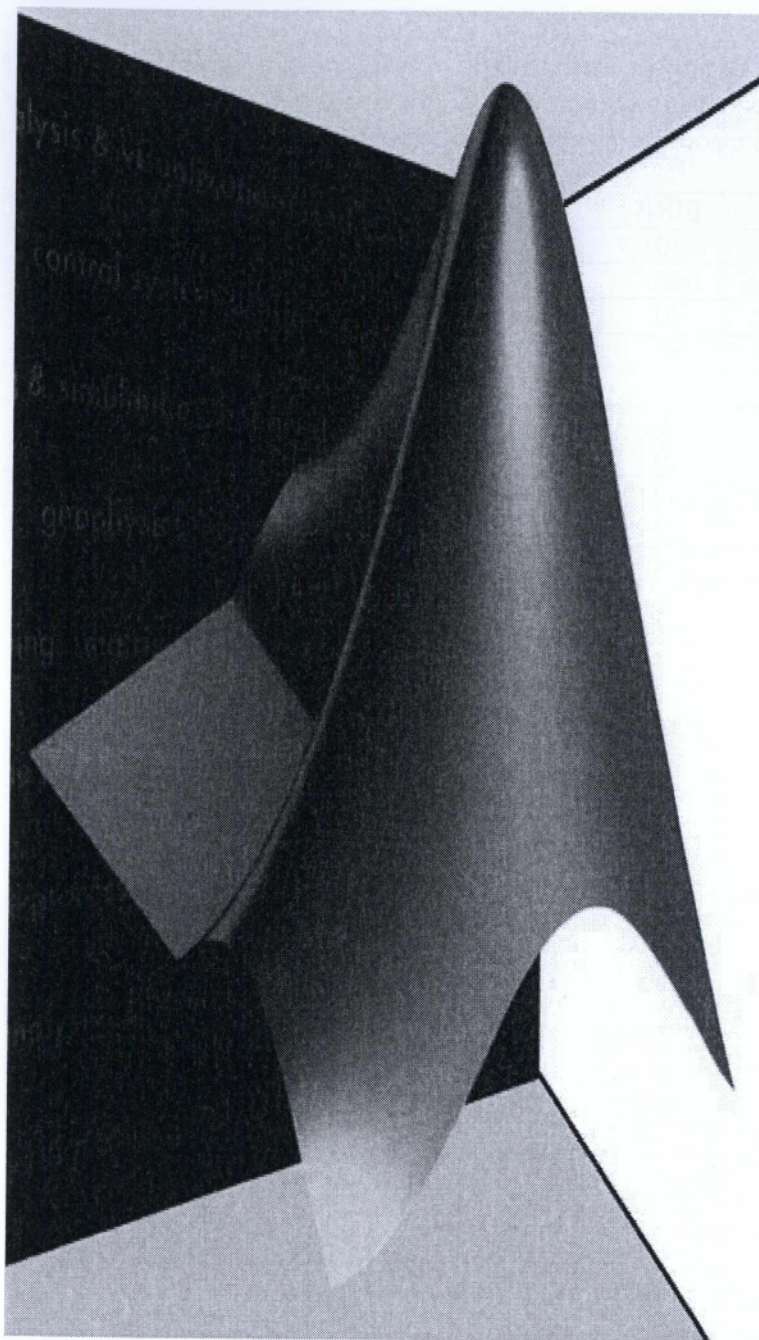
Η θερμοκρασία θορύβου του συστήματος λήψης που ονομάζεται  $T_r$  υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση.

$$T_r = y_1 + y_2/G_1 + y_3/G_1 * G_2 + \dots + y_n/G_1 * G_2 \dots G_{n-1}$$

$y$  είναι η αποτελεσματική θερμοκρασία θορύβου από κάθε ενισχυτή  
 $G$  είναι η αριθμητική ισοτιμία του κέρδους της συσκευής

#### 5.5 ΣΤΑΘΕΡΑ k

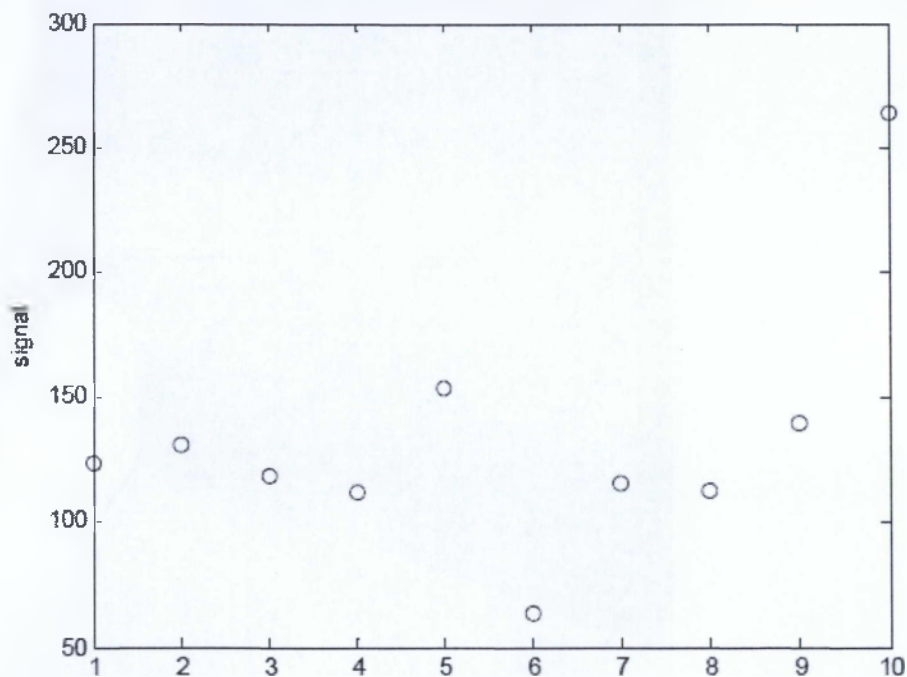
k είναι η σταθερά Boltzmann ίση με -228.6 db



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό MATLAB και θα προσομοιάσουμε ένα δορυφορικό κανάλι. Παρακάτω θα γίνει χρήση 10 διαφορετικών τιμών που διαμορφώνουν τη συγκεκριμένη εξίσωση

EIRP	FSL	Other losses	TERMINAL GT	signal
30	150	5	20	123,6
45	160	8	25	130,6
50	180	10	30	118,6
55	200	12	40	111,6
65	180	10	50	153,6
70	250	5	20	63,6
60	195	8	30	115,6
80	220	11	35	112,6
90	210	9	40	139,6
100	100	5	40	263,6



(τιμές signal)

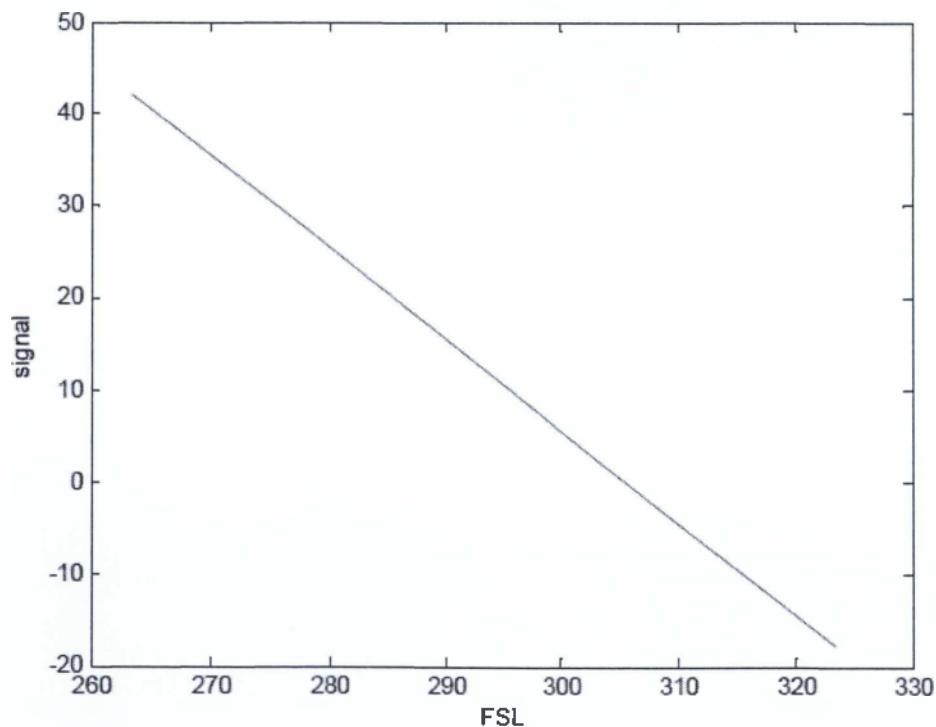
Παρατηρούμε ότι το σήμα είναι πολύ ευαίσθητο στην αλλαγή πολλών παραγόντων ταυτόχρονα και ο κάθε παράγοντας αυτόνομα μπορεί να επηρεάσει το σήμα.

Θα γίνει χρήση συγκεκριμένων γραφημάτων συναρτήσεων παραγόντων που αποτελούν το σήμα

$$C/N_o = EIRP - FSL - (\text{other losses}) + G/T - k$$

## 6.1 Signal συναρτήσεις του FSL

```
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] Stack Base [Icons]
- 1.0 + 1.1 x [Icons]
1 - Pin = 10;
2 - trasmitting_frequency =[10000000,150000000,500000000,1000000000,10000000000];
3 - G = 6;
4 - k = -228.6 ;
5 - other_losses = 3;
6 - TERMINAL_GT = 20;
7 - distance_unit=35760;
8 - EIRP = Pin*G
9 - FSL = 32.45+20*log10(trasmitting_frequency)+20*log10(distance_unit)
10 - signal = EIRP - FSL -(other_losses) +TERMINAL_GT - k
11 - plot(FSL,signal)
script Ln 2 Col 24 OVR
```

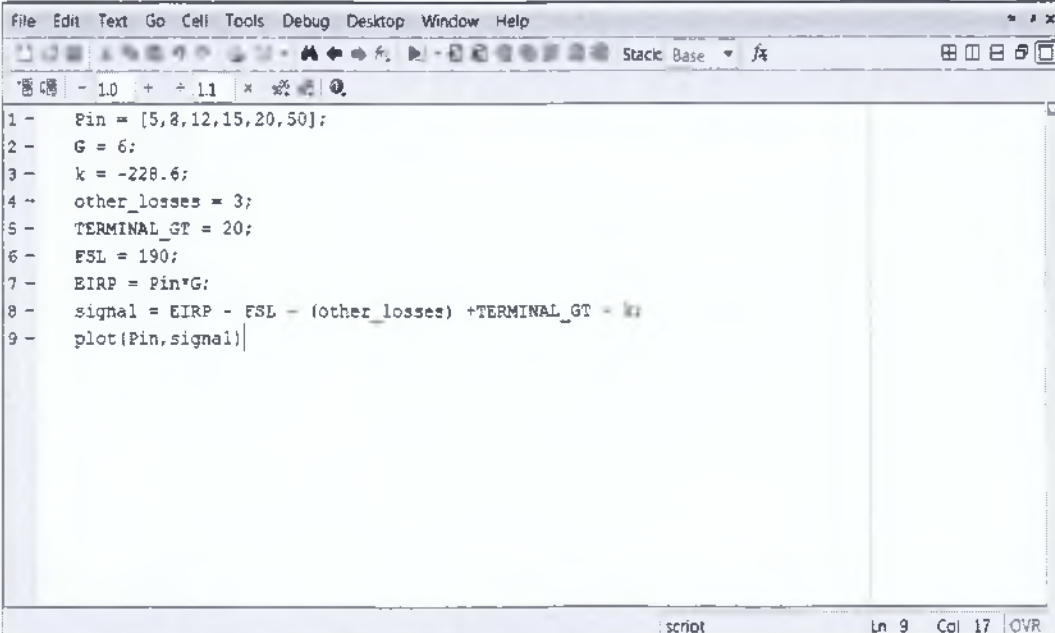


Οι Απώλειες Ελευθέρου Χώρου εισάγουν τη μεγαλύτερη εξασθένηση στο σήμα κατά τη διάδοσή. Η μεγάλη απόσταση μεταξύ δορυφόρου και επίγειου σταθμού απαιτεί μεγάλη ισχύ εκπομπής τόσο στη άνω ζεύξη όσο και στη κάτω ζεύξη καθόδου.

Ελεύθερος χώρος είναι ένα περιβάλλον διάδοσης όπου δεν υπάρχουν εμπόδια που μπορούν να εξασθενήσουν τα διαδιδόμενα κύματα. Πρακτικά, συνθήκες διάδοσης ελεύθερου χώρου εξασφαλίζονται στην περίπτωση καθαρότητας της πρώτης ζώνης Fresnel. Η n-οστή ζώνη Fresnel ορίζεται ως εκείνη η επιφάνεια ελλειψοειδούς εκ περιστροφής με εστίες τα σημεία εκπομπής 134 και λήψης, για την οποία το άθροισμα των αποστάσεων μεταξύ του πομπού και ενός σημείου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς ( $r_1$ ) και του δέκτη με το ίδιο σημείο στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς ( $r_2$ ) υπερβαίνει κατά  $n(\lambda/2)$  την απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη ( $d$ ), δηλαδή  $r_1 + r_2 \cdot d = n \cdot (\lambda/2)$

Ο ελεύθερος χώρος θεωρείται ένα ιδανικό-ισοτροπικό μέσο χωρίς άλλες απώλειες και με γραμμική συμπεριφορά. Για την περίπτωση πραγματικού δορυφορικού διαύλου, τα διάφορα φαινόμενα διάδοσης προκαλούν πρόσθετη εξασθένηση στα διαδιδόμενα κύματα σε συνδυασμό με ενδεχόμενες αλλοιώσεις στη μορφή τους οι οποίες οφείλονται κυρίως στο θόρυβο ή παρεμβολές από άλλους δορυφόρους.

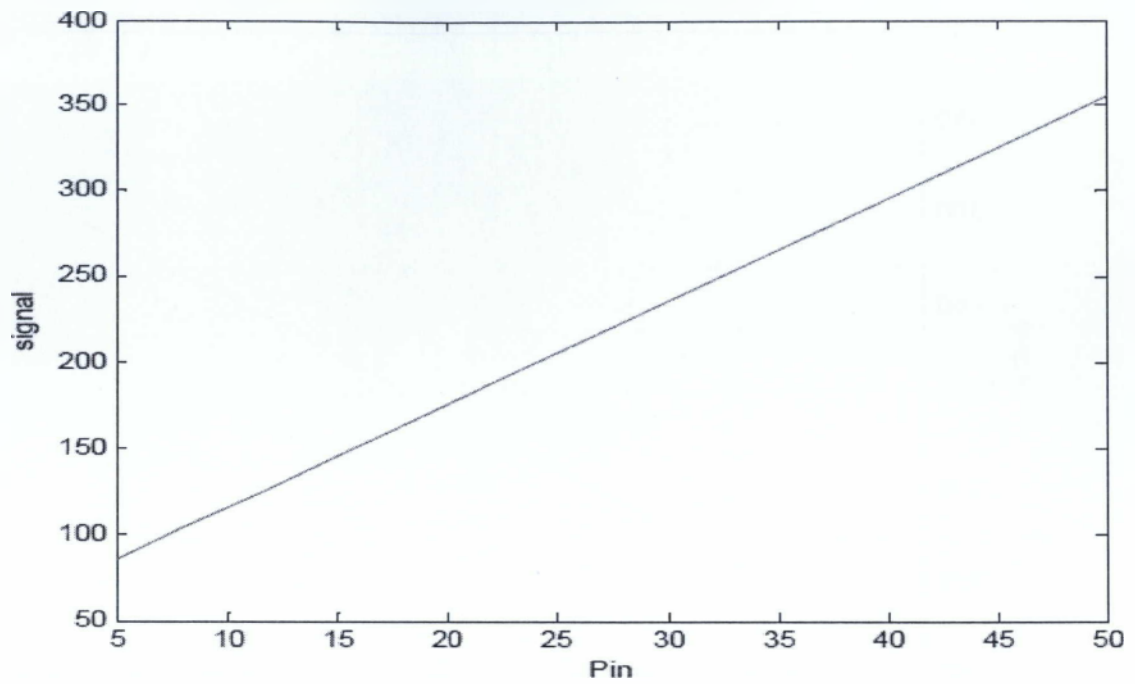
## 6.2 Signal συναρτήσει του pin



```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base
- 1.0 + - 1.1 * %
1 - Pin = [5,8,12,15,20,50];
2 - G = 6;
3 - k = -228.6;
4 - other_losses = 3;
5 - TERMINAL_GT = 20;
6 - FSL = 190;
7 - EIRP = Pin*G;
8 - signal = EIRP - FSL - (other_losses) +TERMINAL_GT - k;
9 - plot(Pin,signal)
script ln 9 Col 17 |OVR

```



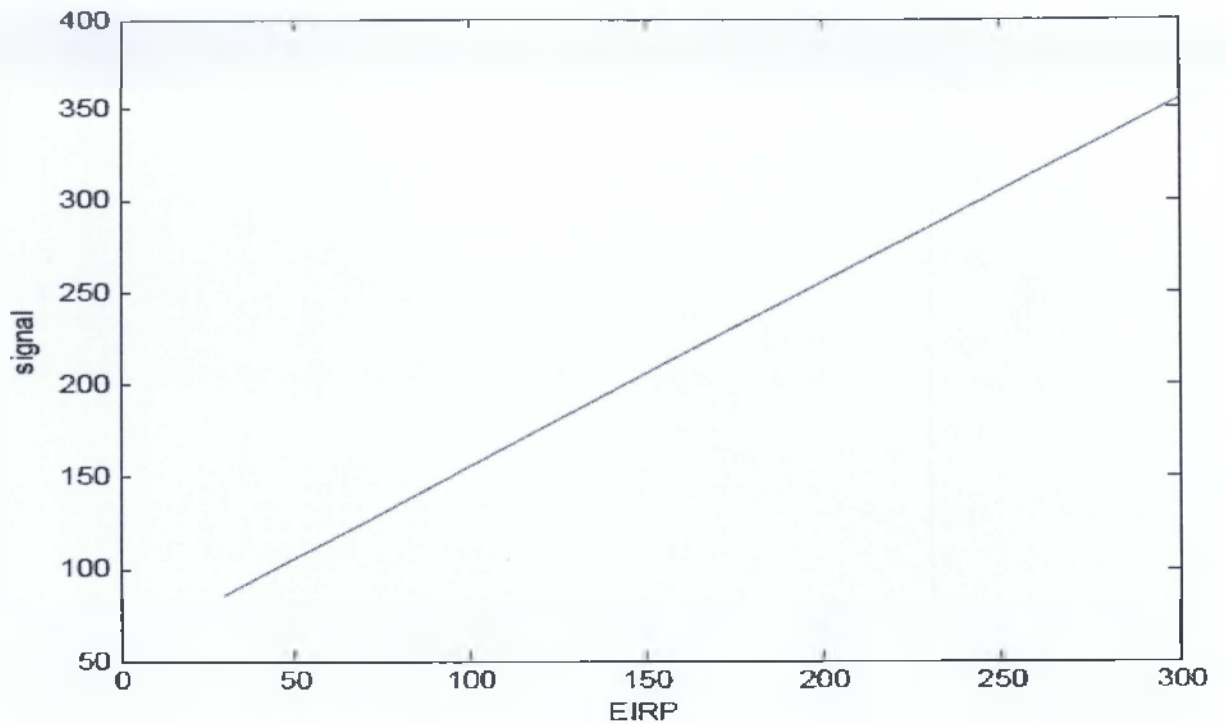
### 6.3 Signal συναρτήσεαι του EIRP

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] Stack Base [Icons]
[Icons] - 1.0 + - L1 * [Icons]
1 - Pin = [5,8,12,15,20,50];
2 - G = 6;
3 - k = -228.6;
4 - other_losses = 3;
5 - TERMINAL_GT = 20;
6 - FSL = 190;
7 - EIRP = Pin*G;
8 - signal = EIRP - FSL - (other_losses) +TERMINAL_GT - k;
9 - plot(EIRP,signal)
script Ln 9 Col 10 OVR

```



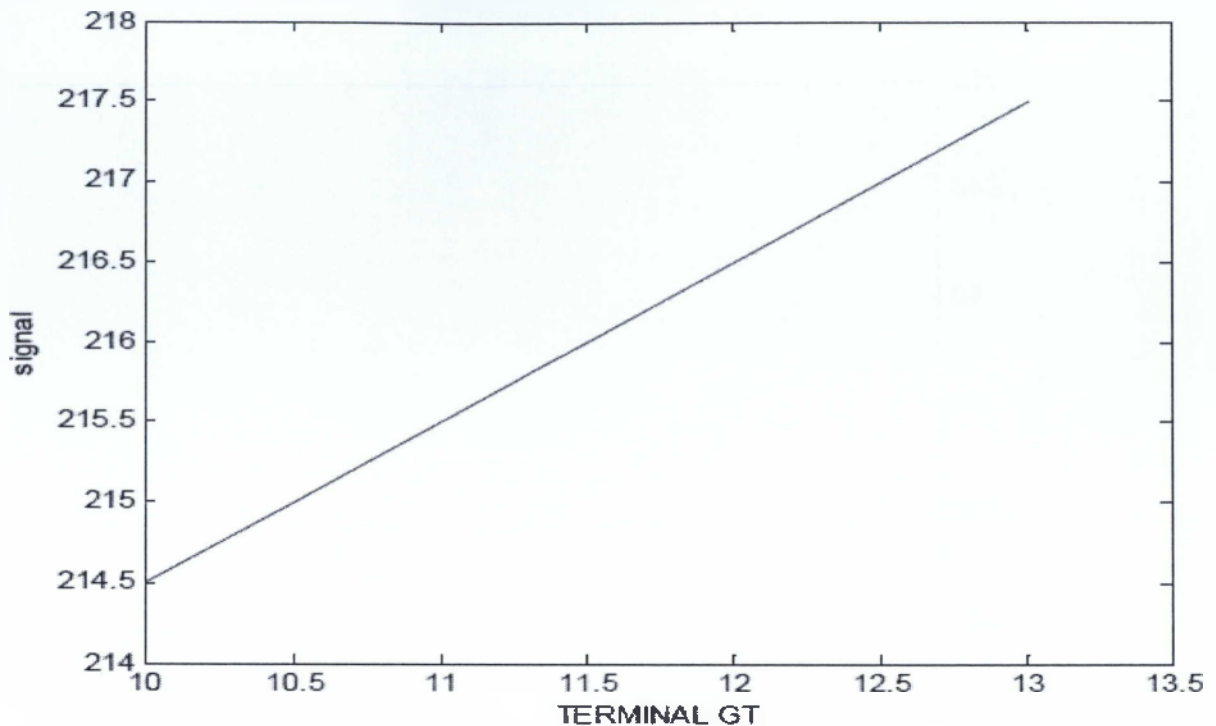


#### 6.4 Signal συναρτήσει του TERMINAL G/T

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base
- 1.0 + - 1.1 x
1 - Gpb = 40;
2 - Pin = 10;
3 - G = 6;
4 - k = -228.6;
5 - r = 19200;
6 - l = 30;
7 - No=5.3022;
8 - B=0.2;
9 - EIRP= Pin*G;
10 - other_losses = 6;
11 - Tsys = [500,600,750,850,1000];
12 - FSL = 20*(log10(4*pi*r/l));
13 - TERMINAL_GT = Gpb-10*log10(Tsys);
14 - signal = EIRP - FSL - (other_losses) +TERMINAL_GT - k;
15 - plot(TERMINAL_GT ,signal,'r');|
script Ln 15 Col 31 OVR

```



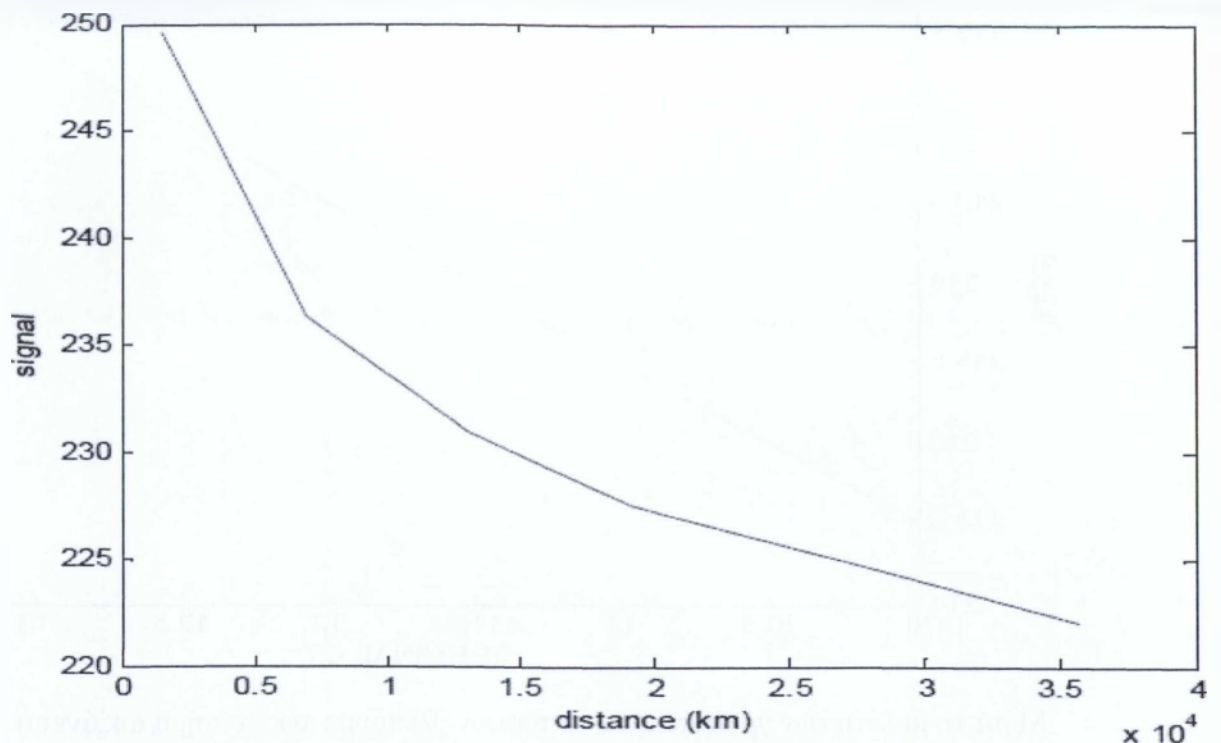
Μετά τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων βλέπουμε πως το σήμα αυξάνεται γραμμικά σε τρεις περιπτώσεις, αυξάνοντας το παράγοντα

- EIRP
- Pin
- TERMINAL G/T

Όταν υπάρχει αύξηση στο Pin, δηλαδή περισσότερη ισχύς δίνουμε στην είσοδο της κεραιάς τόσο μεγαλύτερη είναι και η ισχύς του σήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής που καταπολεμά τις απώλειες και να ξεπεράσει τους παράγοντες που οδηγούν σε μείωση σήματος.

### 6.5 Signal συναρτήσει του r (απόσταση d)

```
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base
- 1.0 + 1.1 x
1 - Pin = 10;
2 - G = 6;
3 - k = -228.6 ;
4 - other_losses = 3;
5 - TERMINAL_GT = 20;
6 - r = {1500,7000,13000,19200,35760};
7 - l = 30;
8 - EIRP = Pin*G
9 - FSL = 20*(log10(4*pi*r/l))
10 - signal = EIRP - FSL -(other_losses) +TERMINAL_GT - k
11 - plot(r,signal)|
script Ln 11 Col 15 OVR
```



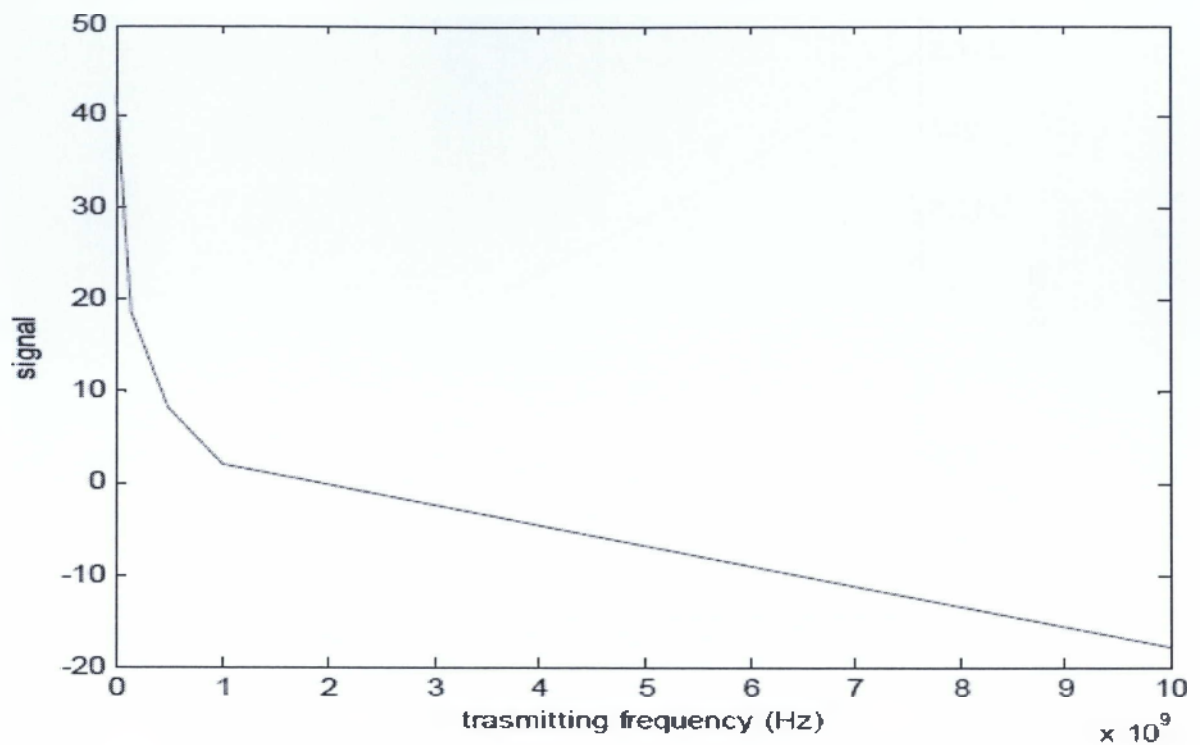
Σημαντικός είναι και ο παράγοντας  $d$  που επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την ισχύ του σήματος με μοναδική χαρακτηριστική αύξηση του αλλά και παράλληλη αύξηση του με τον παράγοντα  $R$ .

### 6.6 Signal συναρτήσει του $f$

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base
-1.0 + +11 *
1 - Pin = 10;
2 - trasmitting_frequency =[ 10000000,150000000,500000000,1000000000,10000000000];
3 - G = 6;
4 - k = -228.6 ;
5 - other_losses = 3;
6 - TERMINAL_GT = 20;
7 - distance_unit=35760;
8 - EIRP = Pin*G
9 - FSL = 32.45+20*log10(trasmitting_frequency)+20*log10(distance_unit)
10 - signal = EIRP - FSL -(other_losses) +TERMINAL_GT - k
11 - plot(trasmitting_frequency,signal)
script Ln 2 Col 25 OVR

```



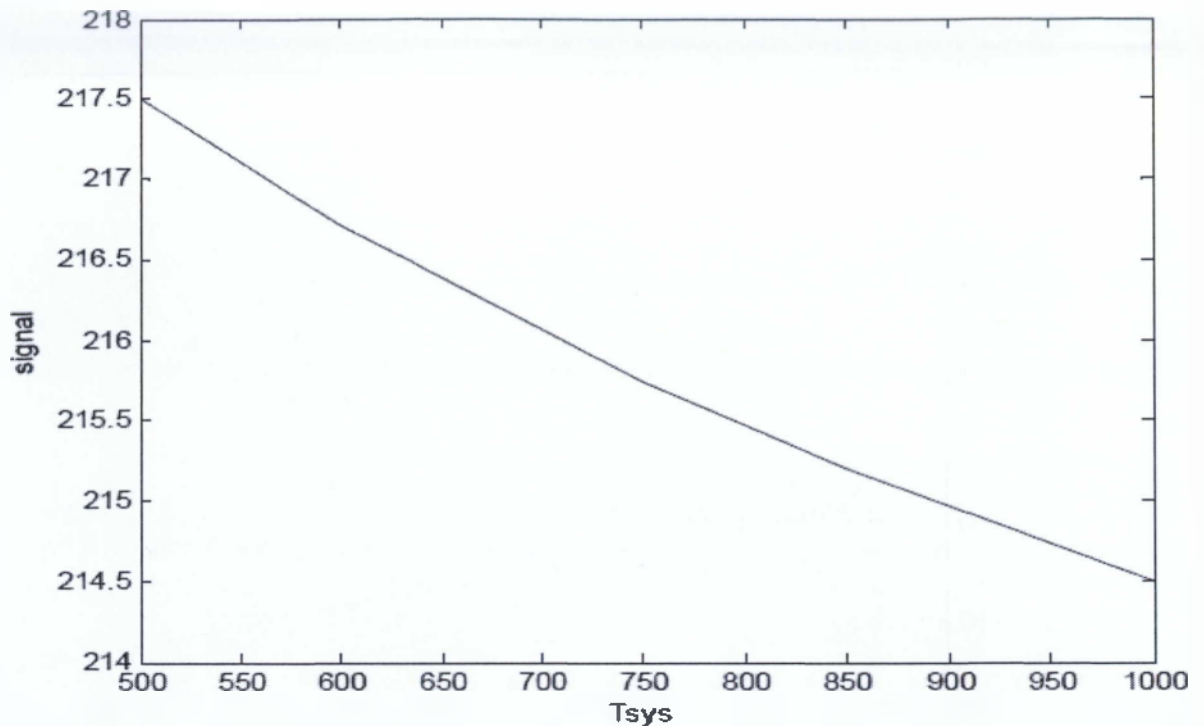
Ο παράγοντας  $f$  έχει αρνητικό ρολό στην ισχύ μετάδοσης σήματος διότι η εξασθένιση της ισχύος στο σήμα είναι ανάλογη του τετραγώνου της συχνότητας άρα οι μεγάλες συχνότητες οδηγούν στην υποβάθμιση του σήματος .

## 6.7 Signal συναρτήσει του Tsys

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Console Window Help
Slack Base f
* 10 + + 11 *
1 - Gpb = 40;
2 - Ein = 10;
3 - G = 6;
4 - k = -228.6;
5 - r = 19200;
6 - l = 30;
7 - No=5.3022;
8 - B=0.2;
9 - EIRP= Pin*G;
10 - other_losses = 6;
11 - Tsys = [500,600,750,850,1000];
12 - FSL = 20*(log10(4*pi*r/l));
13 - TERMINAL_GT = Gpb-10*log10(Tsys);
14 - signal = EIRP - FSL - (other_losses) +TERMINAL_GT - k;
15 - plot(Tsys ,signal,'r')
script ln 15 Col 23 OVR

```



Τέλος για να αιτιολογήσουμε τα συμπεράσματα των γραφημάτων γίνεται αναφορά στην έννοια του  $T_{sys}$  και στο θόρυβο οτι και αυτός με συμβάλει αρνητικά στην ισχύ του σήματος. θόρυβος είναι κάθε σήμα με μηδενικό πληροφοριακό περιεχόμενο, ο οποίος προστίθεται στο χρήσιμο σήμα, πηγές θορύβου στις δορυφορικές επικοινωνίες είναι ο εξωτερικός θόρυβος που εισάγεται στον δέκτη μέσω της κεραίας, ακομα και από τον εσωτερικό θόρυβο των κυκλωμάτων του δέκτη.

Ο θόρυβος διακρίνεται:

- **Εξωτερικό θόρυβο:** προκαλείται από αιτίες που βρίσκονται εκτός του συστήματος από εξωγενείς παράγοντες .Εξωτερικός θόρυβος είναι τα ατμοσφαιρικά παράσιτα.
- **Εσωτερικό θόρυβο:** δημιουργείτε από το ίδιο το μέσο.

Εσωτερικοί θόρυβοι

1. είναι ο θερμικός θόρυβος που προκαλείτε από συγκρούσεις ηλεκτρονίων στο μέσο μετάδοσης
2. ο θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης που προκαλείτε από τη συνύπαρξη σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων είναι στο ίδιο μέσο
3. η συνακρόαση που προκαλείται όταν ξένα σήματα όταν υπάρχει σύζευξη

**Θόρυβος που προκαλείτε από φυσικά φαινόμενα :**

Ο θόρυβος αυτός προέρχεται από φυσικά φαινόμενα και διαταραχές όπως είναι η βροχή.

Διακρίνεται στις εξής μορφές:

- Ατμοσφαιρικό θόρυβο
- Διαστημικό θόρυβο
- Ατμοσφαιρικά παράσιτα λόγω βροχόπτωσης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία έγινε αναφορά των δορυφορικών επικοινωνιών και στην ιστορία αυτών, που αποτελεί σταθμό στον μεγάλο δρόμο των επικοινωνιών. Αναφορά έγινε στα διάφορα πρότυπα και οργανισμούς που έχουν δημιουργηθεί, πάνω στις δορυφορικές επικοινωνίες. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε με έναν απλό αλλά περιεκτικό τρόπο η ανατομία ενός δορυφόρου και τα υποσυστήματα που απαρτίζουν το συνολικό μηχανισμό.

Οι δορυφορικές επικοινωνίες αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς. Οι δορυφόροι δίνουν λύση στο πρόβλημα της τηλεπικοινωνιακής κάλυψης όλου του πλανήτη με τον λιγότερο δαπανηρό τρόπο έχουν ως αποτέλεσμα την παροχή υπηρεσιών σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη.

Ο δορυφόρος έχει πολλούς ρόλους δεν προσφέρεται μόνο για τηλεφωνία και τηλεοπτικό σήμα αλλά παρέχει την δυνατότητα σε χρηστές σε όλο τον κόσμο να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα και πληροφορίες. Οι δορυφόροι όλο και περισσότερο έδαφος θα κερδίσουν με όλα αυτά που μπορούν να υποστηρίξουν για παράδειγμα οι LEO δορυφόροι έχουν σημαντικό ρόλο στο δορυφορικό internet. Τα κανάλια πρόσβασης και τα πρωτοκολλά που χρησιμοποιούνται θα προσφέρουν όλο και καλύτερες υπηρεσίες όπως το CDMA και το TDMA θα παίζουν καθοριστικό ρόλο. Η μεγάλη εξέλιξη των δορυφορικών επικοινωνιών σε συνδυασμό με τις επίγειες τεχνολογίες θα έχει σαν αποτέλεσμα την παροχή όλο και καλύτερων υπηρεσιών στο χρήστη.

Ο θόρυβος και η παρεμβολή μπορούν να θεωρηθούν σαν ανεπιθύμητα σήματα τα ανεπιθύμητα αυτά σήματα επηρεάζουν το επιθυμητό σήμα η ισχύς του σήματος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ισχύ του εμπλεκόμενου θορύβου στο σύστημα. Οι δορυφορικές ζεύξεις υπό συνθήκες βροχής υποφέρουν από μεγάλες αποσβέσεις, βαθιές διαλείψεις και γίνονται ευάλωτες σε αποπόλωση. Ευνόητο είναι ότι σε περιοχές του πλανήτη με υποτροπικά και τροπικά κλίματα το πρόβλημα παρουσιάζεται οξυμένο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΑΨΑΛΗΣ Χ. και ΚΩΤΤΗΣ Π., [2002], Δορυφορικές Επικοινωνίες,  
Εκδόσεις Τζιόλα

Συγγραφέας: κ.Σαραφόπουλος

Συγγραφέας: Μ. Pozar.(2001)

ELBERT B., [1997], The Satellite Communication Applications  
Lou & EGWuevillas

Diego & Carro & Fan & Sun, 2007

Handbook, Artech House

Microwave and RF Design of Wireless Systems

Cominetti & Morello, 2000

Morello & Reimers, 2004

## ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

[WWW.GOOGLE.COM](http://WWW.GOOGLE.COM)

[WWW.WIKIPEDIA.ORG](http://WWW.WIKIPEDIA.ORG)

[WWW.SCRIBD.COM](http://WWW.SCRIBD.COM)