

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
&
Ο ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ HELLAS-SAT 2



Διπλωματική Εργασία της ΓΑΪΤΗ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑΣ

Επιστημονικός
Υπεύθυνος : **ΑΓΓΕΛΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ**

ΑΡΤΑ
2005-2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

1.Εισαγωγή.....σελ.4	σελ.4
1.1. Γενική περιγραφή.....σελ.4	σελ.4
1.2. Ιστορική αναδρομήσελ.6	σελ.6
2. Αρχιτεκτονικήσελ.8	σελ.8
2.1. Τρόπος επικοινωνίας - χαρακτηριστικάσελ.8	σελ.8
2.2. Τροχιές δορυφόρωνσελ.9	σελ.9
2.2.1. Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO)σελ.10	σελ.10
2.2.2. Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO).....σελ.11	σελ.11
2.2.3. Γεωσύγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)σελ.11	σελ.11
2.3. Συστοιχίες δορυφόρων.....σελ.12	σελ.12
2.4. ATM σε δορυφορικά δίκτυασελ.14	σελ.14
2.5. Πρωτόκολλα για δορυφορική επικοινωνία στο DLL (Data Link Layer).....σελ.15	σελ.15
2.5.1. Εισαγωγή.....σελ.15	σελ.15
2.5.2. Polling.....σελ.16	σελ.16
2.5.3. ALOHA.....σελ.17	σελ.17
2.5.4. FDMA (Frequency Division Multiple Access).....σελ.17	σελ.17
2.5.5. TDMA (Time Division Multiple Access).....σελ.18	σελ.18
2.5.6. PRMA (Packet Reservation Multiple Access).....σελ.20	σελ.20
2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access).....σελ.21	σελ.21
2.5.8. Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσηςσελ.23	σελ.23
2.5.9. Επίλογος.....σελ.23	σελ.23
2.6. Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα (Network Layer)σελ.24	σελ.24
2.6.1. Δρομολόγηση (routing task)σελ.24	σελ.24
2.6.2. Κινητό IP (mobile IP)σελ.25	σελ.25
2.6.3. Διαμόρφωση χάρτη δικτύου (map configuration task).....σελ.26	σελ.26
2.6.4. Ευρείας εκπομπής δρομολόγηση (broadcast routing).....σελ.26	σελ.26
2.6.5. Πολυδιανομή (multicasting)σελ.27	σελ.27
3.Διαχείριση.....σελ.28	σελ.28
3.1 Εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυασελ.28	σελ.28

3.1.1. Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική.....	σελ.28
3.1.2. Αεροναυτική	σελ.29
3.1.3. Telemammography	σελ.29
3.1.4. Ποιοτικές υπηρεσίες	σελ.30
3.2. MPEG-2 Advanced Audio Coding	σελ.30
3.3. Πρωτόκολλα διαχείρισης (στα επίπεδα 4 και πάνω του OSI).....	σελ.31
3.3.1. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων TCP	σελ.31
3.3.2. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων HTTP.....	σελ.32
3.3.3. Εξομοίωση- προσομοίωση δικτύου	σελ.32
3.4. Ασφάλεια δικτύου.....	σελ.32
4. Εσωτερικές διαδικασίες δορυφορικών δικτύων	σελ.33
5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα	σελ.34
5.1. Υβριδικά δίκτυα	σελ.34
5.1.1. Δίκτυα VSAT.....	σελ.35
5.1.2. Δίκτυα SATIN	σελ.37
5.2. Δορυφορικά δίκτυα με ATM.....	σελ.38

ΜΕΡΟΣ Β

1 Ποιος είναι ο Hellas-Sat.....	σελ.39
2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	σελ.40
2.1. Συχνότητες και Πόλωση.....	σελ. 40
2.1.1. Συχνότητες	σελ.40
2.1.2. Πόλωση.....	σελ.42
2.2. Ωφέλιμο Φορτίο Επικοινωνίας.....	σελ.44
2.2.1. Περιγραφή Επιλογέα Καναλιού	σελ.44
2.2.2. Μεταγωγή Ωφέλιμου Φορτίου.....	σελ.47
2.2.3. Redundancy ring (Δακτύλιος Πλεονασμού).....	σελ.48
2.2.4. Ενίσχυση Απολαβής Επαναλήπτη.....	σελ.50
2.3. BEACONS (Γεννήτρια).....	σελ.50

2.4. <i>Input Power Flux Density (IPDF)</i>	σελ.50
2.5. <i>Χαρακτηριστικά TWTA</i>	σελ.51
3. Κάλυψη Δορυφόρου	σελ.55
3.1. <i>Σταθερή Κεραία F1</i>	σελ.55
3.2. <i>Σταθερή Κεραία F2</i>	σελ.57
3.3. <i>Κατευθυντική κεραία S1</i>	σελ.59
3.4. <i>Κατευθυντική κεραία S2</i>	σελ.60
4. Ψηφιακά Φέροντα	σελ.62
4.1. <i>Κωδικοποίηση</i>	σελ.62
4.2. <i>Επιδιώξεις Υπηρεσιών</i>	σελ.64
4.3. <i>Φιλτράρισμα</i>	σελ.65
5. Τεχνολογία VSAT και εφαρμογές	σελ.66
5.1. <i>Τοπολογίες Δικτύου</i>	σελ.67
5.2. <i>Εφαρμογές για φωνή, δεδομένα και video</i>	σελ.67
5.3. <i>Πρωτόκολλα Προσπέλασης</i>	σελ.71
6. Υπηρεσίες HellasSat2	σελ.73
7. Δορυφορικό Internet	σελ.74
7.1 <i>Εισαγωγή</i>	σελ.74
7.2. <i>Τι είναι το Δορυφορικό Internet</i>	σελ.75
7.3. <i>Τα πλεονεκτήματα</i>	σελ.75
7.4. <i>Τεχνική περιγραφή λειτουργίας Δορυφορικού Internet</i>	σελ.76
Επίλογος	σελ.77
Βιβλιογραφία	σελ.79

ΜΕΡΟΣ Α

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική περιγραφή

Επικοινωνιακός δορυφόρος είναι ένα οποιοδήποτε διαστημικό σκάφος το οποίο βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη γη και το οποίο παρέχει επικοινωνία σε σημεία που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις, με ανάκλαση ή αναμετάδοση (αποθήκευση και διαβίβαση) σημάτων διαφόρων ραδιοσυχνοτήτων.

Τα βασικά στοιχεία για να υλοποιηθεί η επικοινωνία μέσω δορυφόρου είναι ο *γήινος σταθμός μετάδοσης σημάτων* (σε επιλεγμένες ραδιοσυχνότητες, με μικροκύματα¹ ή ηλεκτρονικά σήματα) και ο *δορυφόρος*.

Ο *γήινος σταθμός μετάδοσης σημάτων* μπορεί να κάνει δύο είδη εργασιών. Η πρώτη σχετίζεται με τη δυνατότητα επικοινωνίας με το δορυφόρο και άρα τη μετάδοση προς αυτόν κάποιου σήματος (*ανερχόμενη ζεύξη*) και η δεύτερη με τη δυνατότητα λήψης σε ένα σταθμό από το δορυφόρο ενός σήματος (*κατερχόμενη ζεύξη*).

Η ανερχόμενη ζεύξη υλοποιείται ως εξής: κάποιο μήνυμα μετατρέπεται σε σήμα μέσω ενός επεξεργαστή βασικής συχνότητας και εν διαμέσω ενός μετατροπέα, ενός υψηλής ισχύος ενισχυτή και ενός παραβολικού δορυφορικού πιάτου μεταδίδεται στον δορυφόρο.

Στην κατερχόμενη ζεύξη η διαδικασία είναι αντίστροφη: από την κεραία του δορυφόρου μέσω της κεραίας του δορυφορικού πιάτου το σήμα γίνεται τελικά μήνυμα.

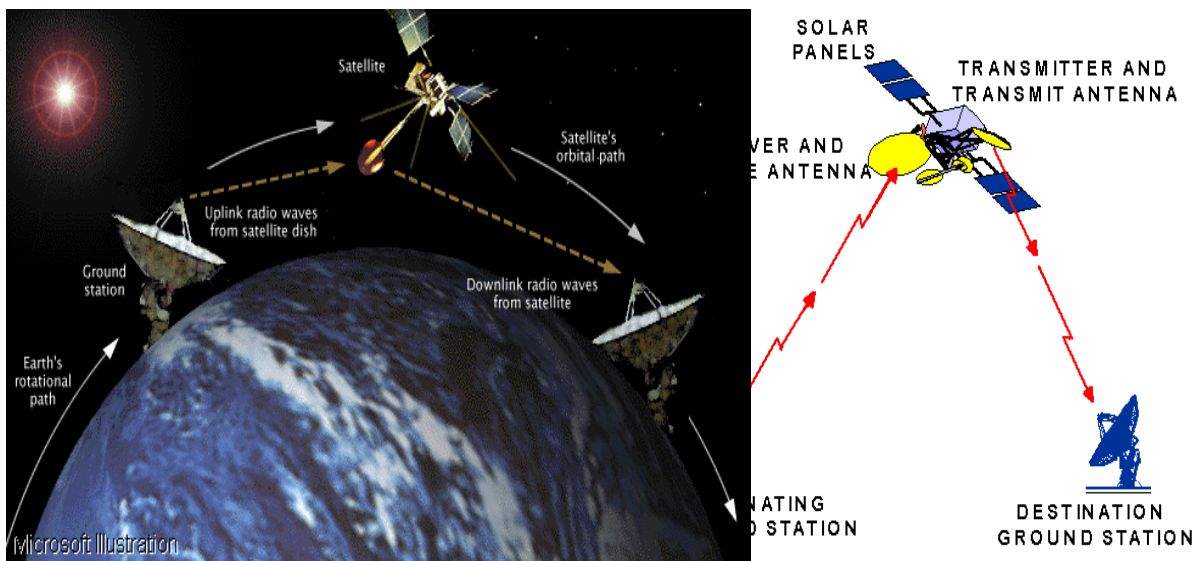
Ο *δορυφόρος* αποτελείται από τρεις ξεχωριστές μονάδες, το *σύστημα καυσίμων* (fuel system), το *τμήμα δορυφορικού και τηλεμετρικού ελέγχου* (satellite and telemetry controls) και τον *δορυφορικό αναμεταδότη/ενισχυτή*. Ο τελευταίος περιλαμβάνει την κεραία λήψης μηνυμάτων (από τους γήινους σταθμούς), τον ευρείας συχνότητας δέκτη, τον πολυπλέκτη εισροών και τον μετατροπέα συχνοτήτων (ο οποίος χρησιμοποιείται για να επαναδρομολογεί τα ληφθέντα σήματα εν μέσω ενός υψηλής ισχύος ενισχυτή για την αναμετάδοση του σήματος σε κάποιον άλλο γήινο σταθμό). Σχετικά με τους επικοινωνιακούς δορυφόρους αυτοί μπορεί να φέρουν από 12 έως 24 δορυφορικούς αναμεταδότες/ενισχυτές.

Ο κύριος ρόλος του δορυφόρου είναι να αντανakλά σε συγκεκριμένη διεύθυνση τα ηλεκτρονικά-μικροκυματικά σήματα (αυτό συμβαίνει κυρίως με την τηλεοπτική μετάδοση- δορυφόροι bent-pipes).

Στην ουσία απλοποιημένη η διαδικασία έχει ως εξής: ο δορυφόρος δέχεται σήμα από γήινο σταθμό το ενισχύει και το αναμεταδίδει σε κάποιον άλλο γήινο σταθμό. Μέσω αυτής της διαδικασίας πετυχαίνεται η επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών (τηλεπικοινωνία,

ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων), η παρατήρηση κάποιων φαινομένων (μετεωρολογία-στον δορυφόρο πρέπει να υπάρχουν κάμερες ή αισθητήρες-ανιχνευτήρες), τα μικροκύματα είναι υψηλής συχνότητας ραδιοσήματα για μακρινές επικοινωνίες από σημείο σε σημείο. Η συχνότητα των κυμάτων αυτών κυμαίνεται από 1010 Hz ως 1012 Hz ή 109 Hz ως 1011 Hz. Αυτά ακολουθούν ευθεία γραμμή μετάδοσης όταν η συχνότητα μετάδοσής τους είναι πάνω από 100 MHz οπότε μεταδίδονται ως δέσμη (πιο ισχυρό σήμα).

Στο μέλλον οι δορυφόροι θα χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση του διαστήματος. Γενικά οι δορυφόροι είναι χρήσιμοι επειδή μπορούν να μεταδώσουν μεγάλη ποσότητα δεδομένων σε μεγάλη απόσταση σε συμφέρον κόστος. Χρησιμοποιούνται σήμερα για την μετάδοση πακέτων δεδομένων και αποτελούν τμήματα (βασικός κορμός) δικτύων WAN τα οποία συνδέουν πολλά LAN's.



Εικόνα 1: Σύστημα μετάδοσης μηνύματος μέσω δορυφόρου

Η τοποθέτηση ενός δορυφόρου σε τροχιά γίνεται με εκτόξευση από τη γη ενός πυραύλου που φέρει το δορυφόρο και η κίνησή του οφείλεται στα κελιά ηλιακής ενέργειας τα οποία του δίνουν την ενέργεια που χρειάζεται για να κινείται και να λαμβάνει-αποστέλλει σήματα.



Εικόνα 2: Εκτόξευση πυραύλου με δορυφόρο

Εικόνα 3: Γήινοι σταθεροί σταθμοί μετάδοσης

Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι για να γίνει η μετάδοση από ένα γήινο σταθμό στον δορυφόρο και από το δορυφόρο σε ένα άλλο γήινο σταθμό ενός μηνύματος, πρέπει ο δορυφόρος να “βλέπει” τον γήινο σταθμό. Αυτό το γεγονός προσπαθεί να το αντιμετωπίσει η τροχιά του δορυφόρου αλλά και το ύψος στο οποίο αυτός βρίσκεται, και σε τελική ανάλυση οι συστοιχίες των δορυφόρων.

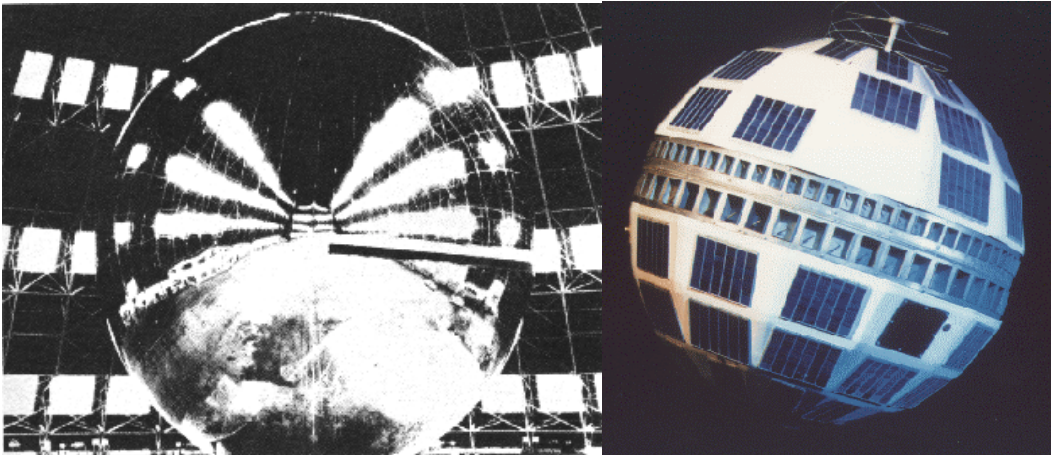
Τέλος, οι πιο ισχυροί αμερικάνικοι κατασκευαστές δορυφόρων είναι οι Hughes Electronics, Loral Space & Communications και Lockheed Martin.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Αρχικά οι πρώτοι δορυφόροι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ήταν παθητικοί (αερόστατα ή μπαλόνια). Δηλαδή ενώ λάμβαναν το σήμα απλά το αντανakλούσαν σε όλες τις διευθύνσεις (Echo 1-1960, Echo 2-1964, USA). Για να λειτουργήσουν αυτού του είδους οι δορυφόροι απαιτούσαν δυνατούς αναμεταδότες και κεραίες.

Από το 1958 υπήρχε έρευνα στους ενεργούς δορυφόρους δηλαδή σε εκείνους που είχαν τη δυνατότητα να δέχονται και να μεταδίδουν μηνύματα από συγκεκριμένο, σε συγκεκριμένο σταθμό. Η λειτουργία του εμπεριείχε την αποθήκευση του σήματος και την αναμετάδοσή του όταν ο δορυφόρος ήταν πάνω από το σταθμό που έπρεπε το σήμα να μεταδοθεί.

Ο Telstar 1 ήταν ο πρώτος δορυφόρος που μπορούσε να μεταδίδει σήματα μεταξύ δύο σταθμών για μικρή περίοδο όταν και οι δύο ήταν στη γραμμή εμβέλειάς του.



Εικόνα 4: Δορυφόροι Echo και Telstar

Εμπεριστατωμένη έρευνα και οργανωμένες αποστολές δορυφόρων άρχισαν να υπάρχουν μετά το 1963 οπότε δημιουργήθηκε η COMSAT (Communications Satellite Corporation) και ένα χρόνο αργότερα ο INTELSAT (International Telecommunications Satellite Organization). Στον τομέα χρήσιμες υπηρεσίες έχει προσφέρει ο INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) από το 1979 ο οποίος δραστηριοποιήθηκε στην υλοποίηση επικοινωνιών μεταξύ κινούμενων σημείων (πλοία, αεροπλάνα) με τη στεριά.

Ο Intelsat έθεσε σε τροχιά το 1965, τον Intelsat 1 ο οποίος μπορούσε να παρέχει 2400 κυκλώματα για μετάδοση ομιλίας και ένα αμφίδρομο τηλεοπτικό κανάλι μεταξύ ΗΠΑ και Ευρώπης. Κατά τα επόμενα χρόνια τέθηκαν σε λειτουργία οι Intelsat 2, 3, 4 (4000 κυκλώματα για ομιλία) οι οποίοι αύξησαν την χωρητικότητα και την ισχύ για μετάδοση μηνυμάτων αφού άρχισαν να μοιράζουν το φάσμα συχνοτήτων μετάδοσης σε αρκετούς δορυφορικούς αναμεταδότες/ενισχυτές με συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων.

Η σειρά 5 (πρώτη εκτόξευση 1980, 12000 κυκλώματα) έδωσε βάρος στην εξυπηρέτηση μικρότερων περιοχών και πιο ασθενών μηνυμάτων (από γήινους σταθμούς με μικρότερης διατομής κεραιές).

Η σειρά 6 (1989) έχει 24000 κυκλώματα για μετάδοση ομιλίας και αναδεικνύει μια δυνατότητα εναλλαγής της τηλεφωνικής χωρητικότητας ανάμεσα σε έξι δέσμες (τεχνική SSTDMA, satellite switched time division multiple access).

Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες ενεργοί δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη. Η Intelsat έχει τουλάχιστον 15 δορυφόρους σε τροχιά οι οποίοι περιλαμβάνουν τουλάχιστον 100.000 (ο καθένας) κυκλώματα τα οποία μεταφέρουν ψηφιακά δεδομένα.

Στο χώρο έχουν δραστηριοποιηθεί και άλλες εταιρίες-οργανισμοί όπως ο Eutelsat, Telstar, Spacenet, Telecom, Galaxy κ.α.

2. Αρχιτεκτονική

2.1 Τρόπος επικοινωνίας - χαρακτηριστικά

Η επικοινωνία γίνεται μέσω των δορυφορικών επικοινωνιακών καναλιών τα οποία καλύπτουν ευρεία περιοχή της γήινης επιφάνειας, έχουν αργοπορίες στην μετάδοση, παρέχουν ευρεία μετάδοση (παροχή μηνύματος σε πολλούς δέκτες), έχουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων και το κόστος μετάδοσης δεν εξαρτάται από την απόσταση (όπως στην ενσύρματη επικοινωνία).

Όπως είπαμε τη μετάδοση (το κανάλι επικοινωνίας από σταθμό σε σταθμό μέσω δορυφόρου) τη χαρακτηρίζουν η ανερχόμενη και η κατερχόμενη ζεύξη. Έτσι στο παρακάτω πίνακα φαίνονται οι συχνότητες μέσω των οποίων γίνεται η επικοινωνία και τα κανάλια που υπάρχουν για τη μετάδοση πληροφορίας μέσω δορυφόρου (Tanenbaum, 1996).

Κανάλι	Ανερχόμενη ζεύξη (GHz)	Κατερχόμενη ζεύξη (GHz)	Προβλήματα - Χαρακτηριστικά
C	6 (5,925-6,425)	4 (3,7-4,2)	το χρησιμοποιούσαν η πρώτης γενιάς δορυφόροι - δύσχρηστο αφού το χρησιμοποιούν και γήινες συνδέσεις
Ku	14 (14,0-14,5)	11 (11,7-12,2)	χρησιμοποιείται από τους σημερινούς δορυφόρους - δημιουργούνται προβλήματα από τη βροχή
Ka	30 (27,5-30,5)	20 (17,7-21,7)	χρησιμοποιείται από τους σημερινούς δορυφόρους - υψηλό το κόστος του εξοπλισμού που χρειάζεται
L/S	2,4 (2,483-2,5)	1,6 (1,61-1,625)	παρεμβολές από την συχνότητα ISM

Η ανερχόμενη ζεύξη είναι κατευθυνόμενη από σημείο σε σημείο σύνδεση ενώ η κατερχόμενη ζεύξη μπορεί να είναι σύνδεση ενός σημείου με πολλά (κάλυψη

συγκεκριμένων γεωγραφικών περιοχών από τη δέσμη (spot beam) μετάδοσης του δορυφόρου).

Όπως είπαμε ένας δορυφόρος μπορεί να έχει από 12 - 24 δορυφορικούς αναμεταδότες/ ενισχυτές με εύρος συχνοτήτων από 36 - 50 MHz ο καθένας (δηλ. είτε μετάδοση με ροή 50 Mbps είτε 800 ψηφιακές συνδέσεις για μεταφορά φωνής από 64Kbps η κάθε μία). Ακόμη υπάρχει η δυνατότητα της διαφορετικής πόλωσης (polarization) σήματος οπότε δύο αναμεταδότες/ενισχυτές μπορούν να χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Παλιότερα υπήρχε η τεχνική των FDM. Σήμερα χρησιμοποιείται η τεχνική της πολυπλεξίας.

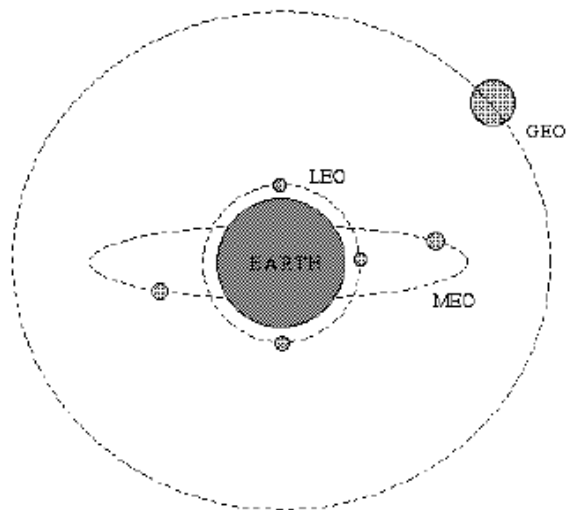
Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων μέσω δορυφορικού δικτύου “πιάνει” τιμές από 256 Kbps έως 100 Mbps ενώ από πλευράς κόστους η υλοποίηση αυτών κατέχει την τρίτη θέση μετά από την ενσύρματη (twisted-pair) και την μικροκυματική μετάδοση. (Laudon, 1998) Σήμερα κάθε δορυφόρος μπορεί να επικοινωνήσει (να βλέπει) λιγότερο από το μισό της περιφέρειας της γης (αυτό είναι το “footprint” του δορυφόρου) οπότε για να υπάρχει πλήρης σε παγκόσμια κλίμακα κάλυψη από ένα δίκτυο δορυφόρων, απαιτούνται τουλάχιστον τρεις δορυφόροι .

Το βάρος των δορυφόρων διαφέρει ανάλογα του ύψους στο οποίο αυτοί τροχοδρομούνται αλλά και το σκοπό που εξυπηρετήσει η χρήση τους. Έτσι από 800-1000 κιλά ζυγίζουν οι μικροί δορυφόροι ενώ πάνω από 1000 οι μεγάλοι (κυρίως οι GEO).

2.2 Τροχιές δορυφόρων

Ανάλογα με το είδος τροχιάς και του ύψους στα οποία θα τοποθετηθεί ένας δορυφόρος, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους δορυφόρους ως εξής:

- α. **LEO**: χαμηλής περί τη γη τροχιάς
- β. **MEO**: μεσαίας περί τη γη τροχιάς
- γ. **GEO**: γεωσύγχρονης τροχιάς



Εικόνα 5: Κατηγορίες δορυφόρων ανάλογα με την τροχιά και του ύψους

Πρέπει να αναφερθεί ότι για τη αποφυγή προβλημάτων παρεμβολών αλλά και συγκρούσεων με διάφορες κυβερνητικές και διακρατικές συμφωνίες έχουν οριστεί ποιοι θα χρησιμοποιούν δορυφόρους σε ποια τροχιά και συχνότητα.

Επίσης όσο πιο κοντά στη γη βρίσκεται ένας δορυφόρος τόσο πιο μικρό footprint έχει.

2.1.1 Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO)

Αυτού του είδους οι δορυφόροι δεν είναι γεωστατικοί (δε βρίσκονται συνεχώς πάνω από το ίδιο σημείο). Έχουν επίσης την πιο μικρή σε ύψος τροχιά από όλους τους επικοινωνιακούς δορυφόρους (100-300 μίλια από την επιφάνεια της γης). Συμπληρώνουν τον κύκλο της τροχιάς τους σε 15 λεπτά.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν επιτρέπει την σύνδεση μέσω συχνοτήτων με μη κατευθυνόμενη κεραία (η κεραία μπορεί να στείλει προς όλες τις κατευθύνσεις σήματα). Οι περισσότεροι από αυτούς χρησιμοποιούν την L-ζώνης συχνοτήτων. Επίσης υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δορυφόρων στο K-ζώνης κανάλι.

Τα χαρακτηριστικά ενός δορυφόρου χαμηλής περί τη γη τροχιάς φαίνονται παρακάτω.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
μικρότερο κόστος εκτόξευση-τροχιοθέτησης, κατανάλωσης ενέργειας	μικρός χρόνος ζωής (1-3 μήνες), ανάγκη για αντικατάσταση
μικρές καθυστερήσεις στη μετάδοση	συγκρούσεις των ζωνών ραδιοσυχνότητας, παρεμβολές στην μετάδοση του σήματος
λήψη σήματος από αδύνατους πομπούς	
ασήμαντα σφάλματα (path loss errors)	

Αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι συμφέροντες για επιχειρήσεις που υπάρχουν σε διάσπαρτα τμήματα, στην περίπτωση που θέλουν να αποκτήσουν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο.

2.2.2 Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO)

Είναι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τη γη οπότε δεν φαίνονται στατικοί από κάποιο σημείο. Βρίσκονται σε τροχιές μεταξύ των LEO και GEO ύψους από 6000-12000 μίλια. Συμπληρώνουν τον κύκλο της τροχιάς τους σε 2-4 ώρες. Έχουν ίδια τεχνολογία μετάδοσης με τους LEO.

Τα χαρακτηριστικά ενός δορυφόρου μεσαίας περί τη γη τροχιάς φαίνονται παρακάτω.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
μέτριο κόστος τροχιοθέτησης	τακτά σφάλματα (path loss errors)
μεσαίες καθυστερήσεις στη μετάδοση	

2.2.3 Γεωσύγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)

Αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι οι πιο οικονομικοί για επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τα υπερπόντια καλώδια. Βρίσκονται σε τροχιά 22300 μιλίων από την επιφάνεια της γης (35800 km). Συμπληρώνουν μια τροχιά κάθε 24 ώρες (23 ώρες, 56 λεπτά και 4.09 δευτερόλεπτα, κινούνται με ταχύτητα 7,000 μίλια την ώρα από την ανατολή στη δύση) και βρίσκονται πάνω από τον Ισημερινό της γης. Επειδή

κινούνται με την ίδια ταχύτητα και κατεύθυνση με τη γη φαίνονται ακίνητοι όταν παρατηρούνται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Ο πρώτος επικοινωνιακός δορυφόρος αυτού του είδους ήταν ο Syncom 2 τον οποίο έθεσε σε τροχιά η NASA (National Aeronautics and Space Administration) το 1963. Τα κύρια κανάλια συχνοτήτων που χρησιμοποιούν αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι το C-ζώνης (4-6 GHz) και το Ku-ζώνης (12-14 GHz).

Τα χαρακτηριστικά ενός γεωσύγχρονου δορυφόρου φαίνονται παρακάτω.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
καλύπτει το 42.2% της γήινης επιφάνειας	τροχιά μεγάλης περιφέρειας
“βλέπει” πάντα την ίδια περιοχή	ακριβοί σταθμοί σε σχέση με τα ασθενή σήματα
δεν έχει προβλήματα due to doppler	
δυνατότητα broadcast μετάδοσης σήματος (σημείο-πολυσημειακή σύνδεση)	

2.3 Συστοιχίες δορυφόρων

Επειδή όπως είπαμε ένας δορυφόρος δε μπορεί να εξυπηρετεί τη μετάδοση σημάτων από οποιοδήποτε σημείο της γης σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, γι αυτό το λόγο χρειάζονται αρκετοί δορυφόροι. Αν τώρα αυτή η συστοιχία δορυφόρων εξυπηρετεί κάποιο συγκεκριμένο σκοπό και βρίσκεται σε συγκεκριμένο ύψος μπορεί να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ τους (οπότε δημιουργία δικτύωσης μεταξύ τους).

Στόχοι των συστοιχιών δορυφόρων είναι η εξυπηρέτηση των παρακάτω δραστηριοτήτων:

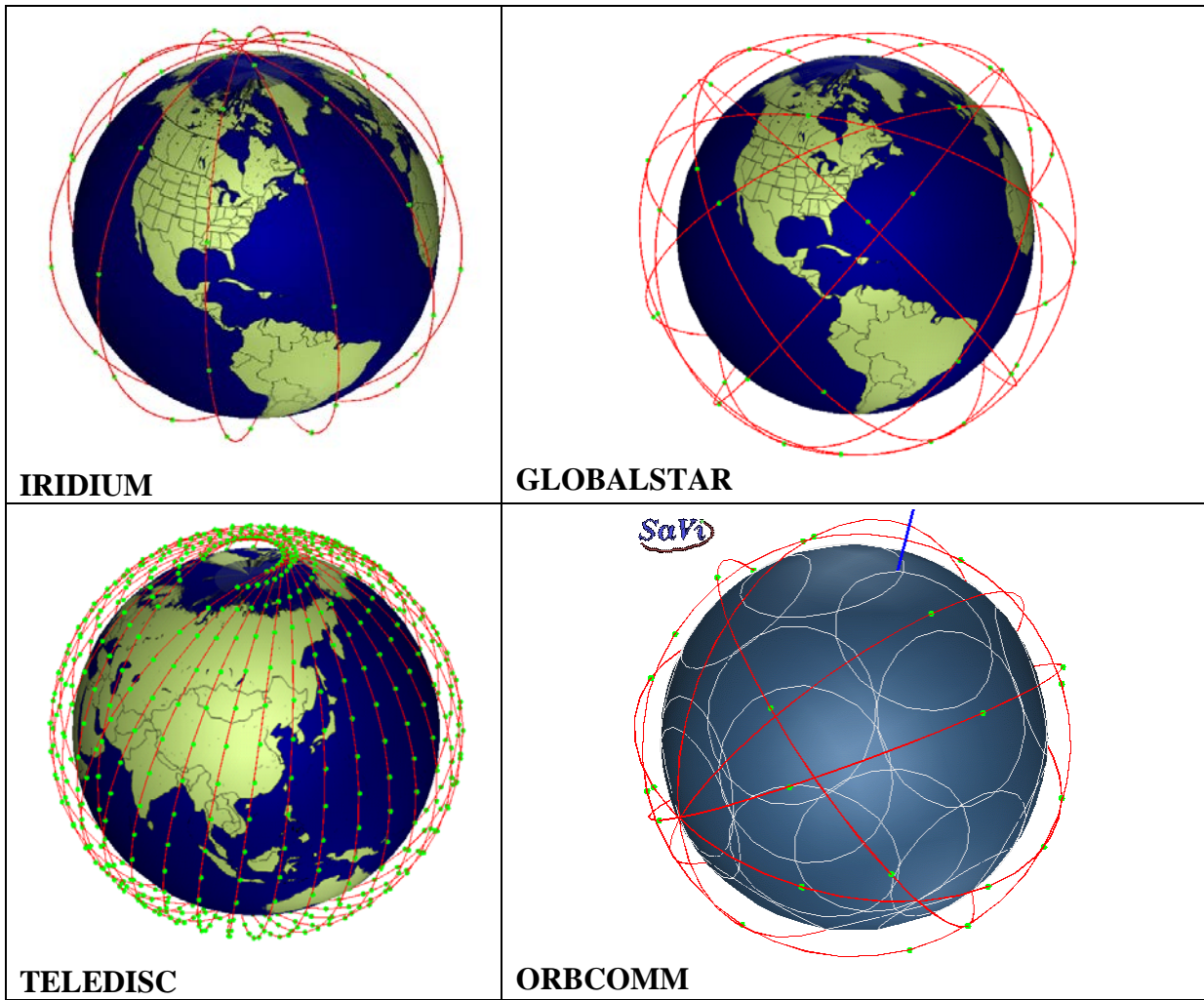
- Τηλεπικοινωνίες, σ' αυτό το τομέα υπάρχουν δίκτυα σαν το Iridium (που έχει το προβάδισμα), το Globalstar (που ξεκίνησε τις εκτοξεύσεις δορυφόρων) το ICO και πολλές άλλες. Τα δίκτυα αυτά βασίζονται σε LEO δορυφόρους. Οι υπηρεσίες που θα δίνουν αυτά τα δίκτυα θα είναι μετάδοση ομιλίας, fax, paging, και πρόσβαση στο Internet. Άλλες συστοιχίες είναι οι Inmarsat Mini-M and GAN, Super GEOs, Ellipso, Constellation, ECO-8 Courier και Odyssey.
- Broadband networking, στο οποίο στήνονται συστοιχίες δορυφόρων όπως αυτό της Teledesic, της Skybridge, της Spaceway (όλες οι προηγούμενες με δορυφόρους OLE) και μεγάλος αριθμός γεωσύγχρονων σε Ka-ζώνης συστοιχιών. Τα περισσότερα από αυτά τα δίκτυα είναι ακόμα στα χαρτιά. Ανταγωνιστές αυτών των δικτύων είναι τα δίκτυα οπτικής ίνας και αυτά που περιλαμβάνουν στρατοσφαιρικά αερόστατα. Άλλες συστοιχίες είναι οι SkyBridge, Sterling,

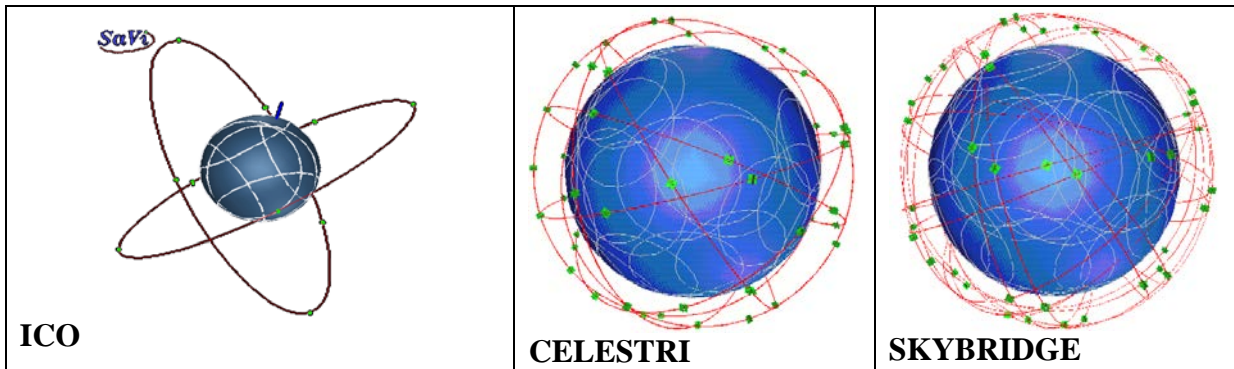
Orblink, Pentriad, Virtual Geo/VIRGO, @contact, MStar, Celestri, GIPSE, Rostelesat, Spaceway, Astrolink, Cyberstar, Euroskyway, GESN, KaStar, Worldspace, Aster, SWANsat, V-Stream, WEST, Voicespan, Undersea fibre Concert, Sky Station, HALO και Platform International Skysat.

Σήμερα συστοιχίες δορυφόρων χρησιμοποιούνται για αποστολή μηνυμάτων, και γεωδαιτικούς- ναυσιπλοϊκούς λόγους.

Εκπρόσωποι στην πρώτη κατηγορία είναι η Orbcomm (έχει τροchioθετήσει πολλούς από τους δορυφόρους της). Άλλοι εκπρόσωποι είναι οι: Final Analysis, Leo One, E-Sat, KITComm, GONETS, LEqO, Picosat, Starsys.

Στη δεύτερη κατηγορία εκπρόσωποι στην ναυσιπλοΐα είναι ο στρατός των ΗΠΑ και οι GPS, Glonass, GNSS. Στην τηλεπισκόπηση οι Skymed-Cosmo και Tsinghua.





Εικόνα 6: Συστοιχίες δορυφόρων διαφόρων εταιριών-φορέων

2.4. ATM σε δορυφορικά δίκτυα

Η χρήση του ATM η οποία οφείλεται στις νέες απαιτήσεις για μετάδοση όγκου δεδομένων (βίντεο, φωνής και δεδομένων) και για παροχή ποιοτικών υπηρεσιών άρχισε να εφαρμόζεται και στα δορυφορικά κανάλια.

Η βασική μονάδα μετάδοσης δεδομένων είναι το κελί 53 bytes. Τα 5 πρώτα bytes αποτελούν την κεφαλίδα και τα υπόλοιπα 48 το φορτίο. Στην κεφαλίδα περιλαμβάνονται πληροφορίες για τη δρομολόγηση, τον τύπο του φορτίου και για άλλα χαρακτηριστικά του δικτύου. Σ' αυτή υπάρχει το Header Error Control byte το οποίο αναγνωρίζει και διορθώνει πιθανά λάθη.

Στην απόδοση του ATM παίζει ρόλο ο Cell Loss Ratio που εξαρτάται από το BER. Αν και το ATM είναι σχεδιασμένο για μέσα μετάδοσης (φυσικό επίπεδο OSI) με χαμηλό BER, παρόλα αυτά χρησιμοποιείται και στα δορυφορικά κανάλια όπου τα modems χρησιμοποιούν συγκεραστικούς κώδικες διόρθωσης ή ανίχνευσης σφαλμάτων στο φυσικό επίπεδο. Έτσι οι κεφαλίδες με σφάλματα αποβάλλονται. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει ο Cell Loss Ratio πράγμα που δημιουργεί ξέσπασμα θορύβου στα δορυφορικά κανάλια. Αυτό έχει οδηγήσει σε εκτεταμένες έρευνες και λύσεις όπως αυτή της COMSAT (ATM Link Enhancer) όπου αυτή βρίσκεται στο κανάλι μετάδοσης πριν το modem και στο κανάλι λήψης μετά το modem. Αυτό που επιτυγχάνει η συγκεκριμένη λύση είναι να παρεμβάλει κενά μεταξύ των κελιών και να τα στέλνει στο κανάλι μειώνοντας τον θόρυβο.

Το ATM προσφέρει ποιοτικές υπηρεσίες, ευκολία στο switching και πολυμεσική συμβατότητα. Ακόμα σ' αυτό η δρομολόγηση γίνεται πολύ εύκολα.

Για τη χρησιμοποίηση αυτού σε δορυφορικά δίκτυα είναι απαραίτητη η έρευνα στα πεδία:

- Επίτευξη αξιόπιστου handover και handoff
- Συνδυασμός και ανάθεση διευθύνσεων κατά την κίνηση δορυφόρου και χρήστη
- Διαχείριση της τοποθεσίας
- Διαχείριση κυκλοφορίας, συγκρούσεων δεδομένων
- Επίλυση προβλημάτων μετάδοσης σημάτων
- Επίτευξη αξιόπιστης πολυδιανομής και δρομολόγησης
- Καθιέρωση ασφάλειας

Έρευνα γίνεται λοιπόν στο ασύρματο ATM, στη φωνητική τηλεφωνία πάνω σε ATM (Voice Telephony over ATM), στη ευρεία μετάδοση (εκπομπή) κατ' οίκον (Residential Broadband) κ.α.

Τελευταία γίνεται προσπάθεια εφαρμογής σε ασύρματο ATM του TCP/IP.

2.5. Πρωτόκολλα για δορυφορική επικοινωνία στο DLL (Data Link Layer)

2.5.1. Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι για την επίτευξη της επικοινωνίας μέσω δορυφορικού δικτύου υπάρχει ανάγκη για την χρησιμοποίηση και τη δημιουργία διαφόρων προτύπων και πρωτοκόλλων.

Πρέπει να θυμίσουμε ότι η επικοινωνία μέσω δορυφόρου γίνεται με τους transponders οι οποίοι εκπέμπουν μια δέσμη που καλύπτει την επικοινωνία για συγκεκριμένη περιοχή της γης (αυτή εξαρτάται από το είδος του δορυφόρου και κυμαίνεται από 250 km έως 10000 km). Ο χρόνος που η συγκεκριμένη δέσμη βλέπει την ίδια περιοχή λέγεται dwell time. Είναι ο χρόνος που οι γήινοι σταθμοί της συγκεκριμένης περιοχής μπορούν να στείλουν σήματα στο δορυφόρο.

Η επικοινωνία υφίσταται με τον παρακάτω τρόπο. Από τους επίγειους σταθμούς εκπέμπονται πλαίσια δεδομένων τα οποία μετατρέπονται σε σήματα (συγκεκριμένης συχνότητας) που φτάνουν στον transponder. Από εκεί ο δορυφόρος τα εκπέμπει στη γη σε άλλη συχνότητα και στον επίγειο σταθμό/ους (δέκτη/ες) μετατρέπονται σε πλαίσια δεδομένων.

Το πρόβλημα που υπάρχει και το οποίο αντιμετωπίζουν τα πρωτόκολλα είναι ο τρόπος με τον ποίο θα γίνει ο καταμερισμός των σημάτων που εκπέμπονται στα κανάλια επικοινωνίας που διαθέτει ο δορυφόρος (κάθε κανάλι υφίσταται μέσω transponder).

Είναι γεγονός ότι κατά την επικοινωνία αν η καθυστέρηση διάδοσης του σήματος μεταξύ σταθμού και δορυφόρου είναι μεγαλύτερη των 270 msec (κάτι που είναι γεγονός στις δορυφορικές συνδέσεις) τότε υπάρχει πρόβλημα στην επικοινωνία και γι' αυτό πρωτόκολλα όπως το CSMA/CD (τα οποία απαιτούν στο χρόνο μετάδοσης λίγων bits αναγνώριση πιθανών συγκρούσεων δεδομένων) δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δορυφορικές συνδέσεις.

Πάντως τα περισσότερα προβλήματα υπάρχουν στην ανερχόμενη ζεύξη (όπου χρειάζεται καταμερισμός της ζήτησης για επικοινωνία στα διάφορα κανάλια του δορυφόρου – πολλοί πομποί) αφού στην κατερχόμενη υπάρχει μόνο ένας πομπός (μεταδότης σήματος), ο δορυφόρος.

Πέρα από το καταμερισμό των σημάτων σε κανάλια, υπάρχουν και άλλα είδη προβλημάτων που σχετίζονται με την καθυστέρηση στη μετάδοση του σήματος λόγω της απόστασης, με το μικρό εύρος συχνοτήτων και με τη δημιουργία θορύβου λόγω της αδύναμης πολλές φορές εκπομπής. Αυτά όλα προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τα πρωτόκολλα στο Data Link Layer.

Έτσι στο 2ο επίπεδο του OSI μοντέλου (Data Link Layer) και πιο συγκεκριμένα στο υποεπίπεδο MAC (Media Access Sublayer, Media Access Control) εξαιτίας της μετάδοσης των σημάτων από τον δορυφόρο με εκπομπή, είναι απαραίτητη η ύπαρξη πρωτοκόλλων διαμοιρασμού της επικοινωνίας και των σημάτων.

Τα περισσότερα από αυτά συνήθως χρησιμοποιούν μοναδιαία είτε κανάλια είτε συχνότητες για κάθε χρήστη την ώρα της επικοινωνίας. Και αυτό γιατί η διερεύνηση και επίλυση των διαφόρων συγκρούσεων δεδομένων γίνεται με καθυστέρηση κατά διάρκεια της μετάδοσης.

2.5.2. Polling

Ο πρώτος παραδοσιακός τρόπος επίτευξης της επικοινωνίας είναι η διερεύνηση με κάποιο τρόπο της ανάγκης για εξυπηρέτηση από το δορυφόρο του κάθε σταθμού. Απ' ευθείας (από το δορυφόρο) αυτό δε γίνεται (αρκετά ακριβό στην υλοποίηση) αν συμπεριλάβουμε και το γεγονός ότι υπάρχει δεδομένη καθυστέρηση στη διάδοση των σημάτων (μέσω του καναλιού επικοινωνίας με το δορυφόρο) αλλά και στην διαδικασία αναγνώρισης της ανάγκης του κάθε επίγειου σταθμού για επικοινωνία από το δορυφόρο.

Η λύση είναι η δημιουργία ενός χαμηλού εύρους δικτύου μεταξύ όλων των σταθμών με μορφή λογικού δακτυλίου όπου ένα κουπόνι θα διευθετεί ποιος σταθμός θα μπορεί να μεταδώσει σήμα μέσω της ανερχόμενης ζεύξης στον δορυφόρο. Η παραπάνω υλοποίηση με συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι ικανοποιητική όταν οι σταθμοί που συνδέονται στο

δίκτυο είναι τόσοι ώστε ο χρόνος διερεύνησης από το κουπόνι της ζήτησης για επικοινωνία από τον κάθε σταθμό (ένας κύκλος) θα είναι πιο μικρός από το χρόνο μετάδοσης του σήματος από τη γη στο δορυφόρο.

2.5.3. ALOHA

Το απλό ALOHA, όπου κάθε σταθμός στέλνει όποια στιγμή θέλει, είναι εύκολο στην υλοποίηση αλλά η αποδοτικότητα του καναλιού (επίτευξη μετάδοσης των δεδομένων) φτάνει το 18%. Χρησιμοποιώντας το S-ALOHA διπλασιάζεται η αποδοτικότητα αλλά υπάρχει πρόβλημα στο συγχρονισμό των σταθμών για το πότε μπορεί ο καθένας να "μιλήσει". Λύση σ' αυτό είναι ο ίδιος ο δορυφόρος ο οποίος όντας μέσω ευρείας μετάδοσης (εκπομπής σε πολλούς σταθμούς) επιτυγχάνει συγχρονισμό αυτών χρησιμοποιώντας τμήματα ισόχρονα για τη λήψη και μετάδοση των σημάτων.

Το S-ALOHA είναι αποδοτικό όταν εξυπηρετούνται από ένα δορυφόρο λίγοι και σταθεροί επίγειοι σταθμοί.

2.5.4. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Το διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού μετάδοσης μοιράζεται σε τμήματα συχνοτήτων για τους διάφορους γήινους σταθμούς (ένας σταθμός εκπέμπει και δέχεται σε ένα τμήμα του εύρους ζώνης των συχνοτήτων).

Η δέσμη κάθε transponder η οποία είναι συνήθως 36Mbps μοιράζεται σε 500 PCM κανάλια από 64Kbps το καθένα, το οποίο και εκπέμπει στη δική του συχνότητα. Πρόβλημα σ' αυτή τη διαδικασία μετάδοσης είναι η αναγκαστική ύπαρξη ενδιάμεσων τμημάτων συχνοτήτων τα οποία δε θα χρησιμοποιούνται για την ασφάλεια της μετάδοσης, αλλά και ο έλεγχος των συχνοτήτων που εκπέμπει ο κάθε σταθμός ώστε να εκπέμπει στη δική του συχνότητα. Τέλος επειδή το FDMA είναι μια καθαρά αναλογική τεχνική δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με λογισμικό.

Ο διαμοιρασμός των συχνοτήτων στους επίγειους σταθμούς όταν αυτοί είναι λίγοι γίνεται στατικά. αν όμως αυτοί είναι πολλοί τότε χρειάζεται δυναμικός τρόπος όπως ο μηχανισμός SPADE που χρησιμοποιείται στους Intelsat.

Κάθε transponder με εύρος ζώνης 50 Mbps μοιράζεται σε 794 απλά PCM κανάλια (ανά δύο χρησιμοποιούνται για ταυτόχρονης διπλής κατεύθυνσης επικοινωνία) μαζί με ένα κοινό κανάλι σηματοδότησης 128Kbps (αυτό μοιράζεται σε τμήματα από 50 msec

όπου το κάθε τμήμα περιέχει διατομές του ενός msec(128 bits), κάθε διατομή (σύνολο 50) την χρησιμοποιεί ένας επίγειος σταθμός.

Όταν ένας σταθμός θέλει να επικοινωνήσει επιλέγει ένα διαθέσιμο κανάλι και τον αριθμό του τον γράφει στην επόμενη αυτού διατομή. Όταν το σήμα βρίσκονταν στην κατερχόμενη ζεύξη τότε το κανάλι μπορούσε να το χρησιμοποιήσει άλλος σταθμός. Αν το ίδιο κανάλι το ζητούσαν δύο σταθμοί τότε υπήρχε σύγκρουση και έπρεπε να ζητήσουν άλλο κανάλι αργότερα. Η απελευθέρωση ενός καναλιού μετά από το πέρας της επικοινωνίας την οποία ζήτησε ένας σταθμός γίνεται με σήμα από αυτόν προς του άλλους μέσα από το κοινό κανάλι στη διατομή που αντιστοιχεί σε αυτόν το σταθμό.

Το πρωτόκολλο αυτό είναι πεπερασμένο αν και έχει χρησιμοποιηθεί πάρα πολύ.

2.5.5.TDMA (Time Division Multiple Access)

Σ' αυτή τη μέθοδο τα κανάλια διαχειρίζονται με χρονική πολυπλεξία. Κάθε επίγειος σταθμός μεταδίδει σε ένα προκαθορισμένο χρόνο. Περισσότερες της μιας διατομές μπορούν να σχετίζονται με ένα σταθμό σε συγκεκριμένες συχνότητες. Οι υπόλοιποι σταθμοί παρακολουθούν τη διαδικασία αυτή ώστε να βρουν το κατάλληλο κανάλι επικοινωνίας και αναγνωρίζουν ποια σήματα αφορούν αυτούς. Αυτή η μέθοδος απαιτεί συγχρονισμό μεταξύ των επίγειων σταθμών (η οποία επιτυγχάνεται από έναν από αυτούς μέσω του δορυφόρου, Master Control Station). Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο όπως στο SALOHA.

Σ' αυτή τη μέθοδο υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων και των καναλιών από εκείνους τους σταθμούς που ζητούν ακρόαση για επικοινωνία.

Όπως στην FDMA, όταν ο δορυφόρος είναι να εξυπηρετήσει λίγους επίγειους σταθμούς, τότε η ρύθμιση των συχνοτήτων και των καναλιών επικοινωνίας μεταξύ σταθμών και δορυφόρου είναι στατική. Όταν όμως οι σταθμοί είναι περισσότεροι τότε χρειάζεται δυναμικός διαμοιρασμός των καναλιών επικοινωνίας στη ζήτηση για αυτές.

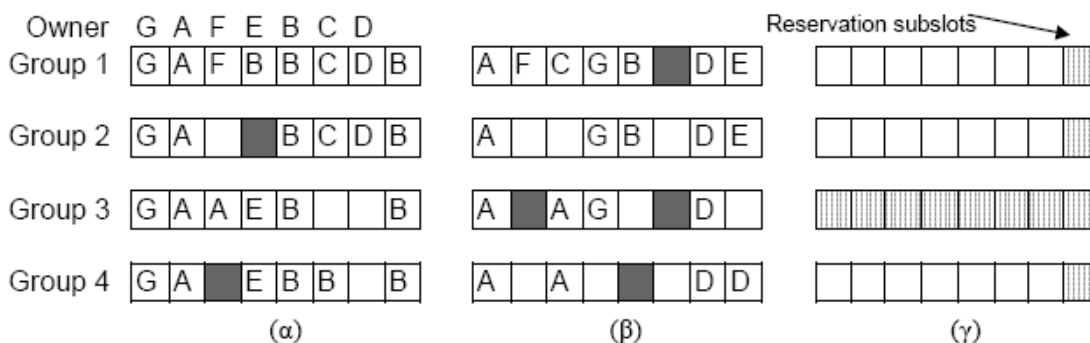
Υπάρχουν τρία είδη διατάξεων δυναμικού διαμοιρασμού των καναλιών όπου πλαίσια TDM μοιράζονται σε διατομές (η κάθε διατομή μεταφέρει πακέτα δεδομένων συγκεκριμένου χρήστη) κάθε μια των οποίων έχει έναν ιδιοκτήτη.

Στην πρώτη διάταξη (Binder) υπάρχουν περισσότερες διατομές από σταθμούς. Κάθε σταθμός κατέχει μια. Αν ο ιδιοκτήτης μιας διατομής κατά ένα πλαίσιο μετάδοσης δε θέλει να στείλει σήμα η διατομή του φεύγει κενή και ταυτόχρονα μ' αυτό το γεγονός ενημερώνονται οι υπόλοιποι σταθμοί ότι υπάρχει διαθέσιμη η προηγούμενη διατομή προς χρησιμοποίηση. Οπότε στο επόμενο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή από κάποιον άλλο σταθμό. Όταν ο ιδιοκτήτης θέλει να επικοινωνήσει προκαλεί σύγκρουση

οπότε στο επόμενο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διατομή του για μετάδοση αφού ο σταθμός που χρησιμοποιούσε αυτή περιμένει ένα πλαίσιο μετάδοσης για να δει αν την χρειάζεται ο ιδιοκτήτης.

Στη δεύτερη διάταξη (Crowther) οι σταθμοί ανταγωνίζονται τυχαία για τις διατομές αφού δεν υπάρχουν ιδιοκτήτες γι' αυτές. Όταν ένας σταθμός μεταδώσει τότε στο επόμενο πλαίσιο, αφού έχει δεδομένα προς μετάδοση μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διατομή που από τον ανταγωνισμό "κέρδισε" και με την οποία άρχισε να υλοποιεί τη μετάδοσή του. Μόλις τελειώσει τη μετάδοση μετά από ένα πλαίσιο μπορεί κάποιος άλλος να χρησιμοποιήσει την ίδια διατομή. Η συγκεκριμένη διάταξη είναι ένας συνδυασμός S-ALOHA και TDMA.

Στη τρίτη διάταξη (Roberts) υπάρχει μια διατομή η οποία υποδιαιρείται σε μικρότερες και μέσω αυτών γίνεται από κάθε σταθμό κράτηση για μια διατομή ώστε να εκπέμψει. Στην περίπτωση που πετύχει η κράτηση στο επόμενο πλαίσιο μετάδοσης ο σταθμός μπορεί να εκπέμψει. Ανάλογα με τον αριθμό των υποδιατομών για κράτηση ο κάθε σταθμός γνωρίζει πόσο πρέπει να περιμένει για την εκπομπή του σήματός του.



Εικόνα 7: Είδη διατάξεων διαμοιρασμού των πλαισίων

Παράδειγμα με σύστημα ανάθεσης και διανομής των χρονικών διατομών σε κάθε σταθμό για επικοινωνία είναι το ACTS (Advanced Communication Technology Satellite) της NASA, αλλά και το Italsat του Ιταλικού Ερευνητικού Συμβουλίου.

Το σημαντικό στοιχείο του ACTS είναι ότι συγκεντρώνοντας την ενέργεια του σήματος δίνει τη δυνατότητα για μετάδοση από πιο ασθενείς (σε ισχύ) γήινους σταθμούς μετάδοσης.

Το ACTS τέθηκε σε τροχιά το 1992 και αποτελείται από 4 ανεξάρτητα TDMA κανάλια των 110 Mbps με δύο ανερχόμενες και δύο κατερχόμενες ζεύξεις (είναι οργανωμένο το κάθε κανάλι σε πλαίσια του 1 msec με 1728 διατομές το κάθε πλαίσιο, η κάθε διατομή μπορεί να φέρει 64 bits). Τον συγχρονισμό για την επικοινωνία των σταθμών που

βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές μέσω του δορυφόρου αλλά και την αντιμετώπιση των καθυστερήσεων αλλά και του ορίου που θέτει ο dwell time πετυχαίνει ο MCS.

Η διαδικασία γίνεται σε τρία στάδια:

1. είσοδος του πλαισίου με τα δεδομένα στο δορυφόρο και αποθήκευσή του σε ενσωματωμένη RAM
2. αντιγραφή των εισόδων σε εξόδους
3. αποστολή των πλαισίων

Κάθε σταθμός κατέχει μια διατομή για μετάδοση. Στην περίπτωση που θέλει να στείλει σήμα στον δορυφόρο επικοινωνεί με τον MCS για να πάρει σειρά προτεραιότητας.

Λειτουργεί στις ζώνες συχνοτήτων K (20 GHz) και Ka (30 GHz).

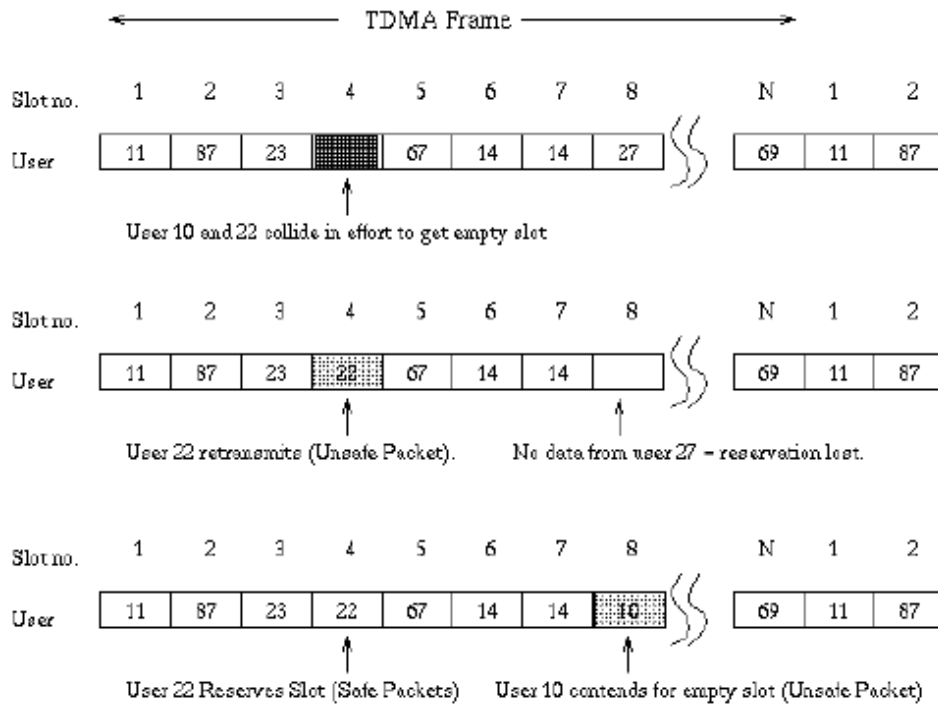
2.5.6. PRMA (Packet Reservation Multiple Access)

Το παραπάνω πρωτόκολλο βασίζεται στη φιλοσοφία του Roberts. Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση επικοινωνιών από κινούμενους σταθμούς και είναι συνδυασμός TDMA και SALOHA.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι τα δεδομένα μεταφέρονται σε πακέτα που καταλαμβάνουν διάφορες διατομές στο πλαίσιο το οποίο μεταφέρεται στο δορυφόρο μέσω κάποιου καναλιού με τη μορφή σήματος. Κάθε πακέτο δεδομένων έχει ένα πεδίο VCI (Virtual Circuit Identifier) το οποίο προσδιορίζει το σταθμό λήψης του. Οι σταθμοί αναγνωρίζουν τα πακέτα δεδομένων από το VCI αυτών.

Η εφαρμογή του PRMA εξαρτάται από την ποιότητα υπηρεσιών που απαιτούν οι εξυπηρετούμενες εφαρμογές από τα δορυφορικά κανάλια, το ρυθμό BER (Bit Error Rate- κομμάτι από bits συχνότητας ή μηνύματος που είναι λάθος) της σύνδεσης και την καθυστέρηση στη μετάδοση. Πάντως το PRMA είναι συμβατό για LEO δορυφόρους και υπό προϋποθέσεις για GEO.

Παρακάτω η εικόνα δείχνει το διαμοιρασμό στα κανάλια επικοινωνίας δύο συνεχόμενων ζητήσεων.



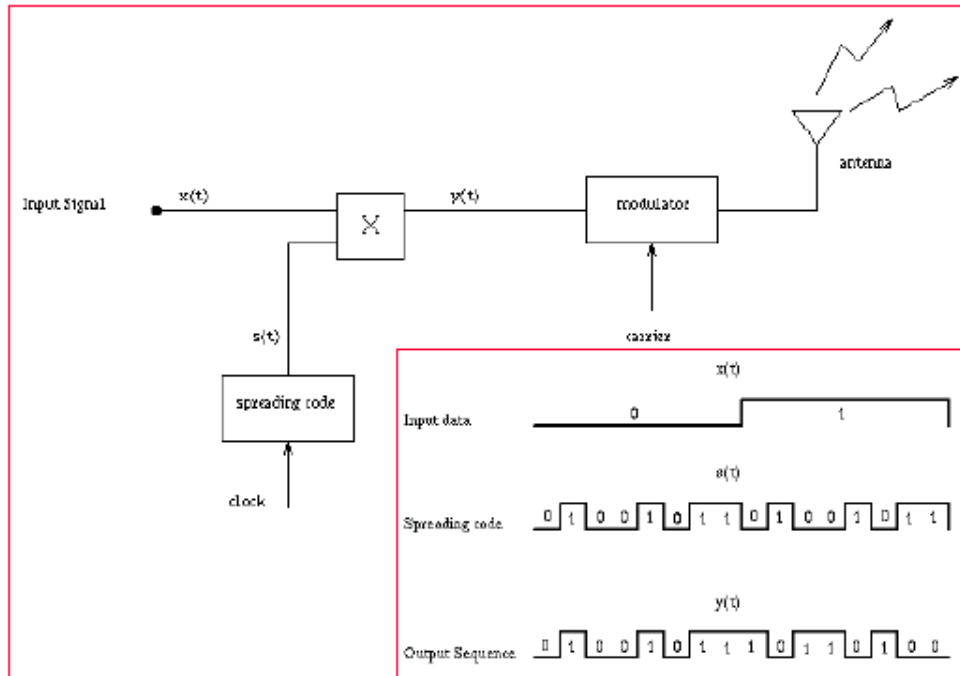
Εικόνα 8: Σειρά βημάτων στην PRMA διαδικασία

2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access)

Είναι μια διασταύρωση πολυπλεξίας χρόνου/συχνότητας και είναι μια μορφή εκτεταμένου φάσματος επικοινωνίας. Προσφέρει αποκεντρωμένη παροχή καναλιών για επικοινωνία στην υπάρχουσα γι' αυτή ζήτηση χωρίς χρονικό συγχρονισμό. Είναι μια μέθοδος η οποία τελευταία αρχίζει να χρησιμοποιείται.

Κάθε χρήστης έχει μοναδιαίο κωδικό μετάδοσης μηνυμάτων, ο οποίος είναι ορθογώνιος στους κωδικούς των άλλων χρηστών (σταθμοί μετάδοσης/λήψης σημάτων). Το σήμα που τελικά θα σταλεί από τον πομπό είναι αποτέλεσμα του εισερχόμενου σήματος (δεδομένα) και του κωδικού διάδοσης.

Στον παραλήπτη το εισερχόμενο σήμα συσχετίζεται με το κωδικό μετάδοσης του δέκτη και αν τα δεδομένα είναι γι' αυτόν ανακτώνται ειδάλλως μετατρέπονται σε θόρυβο.



Εικόνα 9: Απλή διαδικασία CDMA

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου εξυπηρέτησης της ζήτησης για επικοινωνία είναι τα εξής:

- κάθε χρήστης μεταδίδει δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή θέλει χωρίς παρεμβολές από άλλους χρήστες
- ο κωδικός μετάδοσης ορίζει και πιστοποιεί τον πομπό χωρίς να είναι απαραίτητη περαιτέρω πληροφορία
- ύπαρξη ασφάλειας στη μετάδοση
- επαναχρησιμοποίηση των ίδιων συχνοτήτων σε προκαθορισμένες δέσμες από αυτές του δορυφόρου αναθέτοντας διαφορετικούς κωδικούς μετάδοσης στους χρήστες

Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης είναι τα εξής:

- μειωμένη χωρητικότητα μικρότερη από το TDMA λόγω του θορύβου και της έλλειψης του συντονισμού στους σταθμούς μετάδοσης
- είναι δυσκολονόητη η λειτουργία του
- γίνεται πιο αποδοτικό όταν ο αριθμός των χρηστών μεγαλώνει αφού ταυτόχρονα το BER μειώνεται

2.5.8. Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσης

Αναφέρθηκε σε πολλά σημεία η έννοια του θορύβου αλλά και γενικότερα η ύπαρξη λαθών κατά την μετάδοση των σημάτων. Πριν κλείσουμε το θέμα για τα πρωτόκολλα του δευτέρου επιπέδου καλό να αναφερθούμε στις τεχνικές αντιμετώπισης των λαθών που δημιουργούνται. Εν συντομία δύο τεχνικές υπάρχουν το FEC (forward error correction-όλα τα δεδομένα μετατρέπονται σε σύμβολα και χρησιμοποιούνται περισσότερα από όσα χρειάζονται τα οποία τελικά ελέγχουν την ορθότητα και ακεραιότητα των δεδομένων όταν αυτά φτάσουν στον παραλήπτη) και η ARQ (automatic repeat request- σπάει τα συνολικά δεδομένα σε πακέτα και ανάλογα με το που υπάρχει λάθος γίνεται επαναμετάδοση). Η δεύτερη περιλαμβάνει τρεις μεθόδους τις SW (stop and wait), GBN (go back N) και SR (selective repeat).

2.5.9. Επίλογος

Η ικανότητα που δίδεται από τα δύο τελευταία πρωτόκολλα για επεξεργασία πάνω στο δορυφόρο αλλά και χρήση πολλαπλών καναλιών και δεσμών οριοθετεί νέες επιτεύξεις. Ο διαμοιρασμός των καναλιών στους σταθμούς θα γίνεται όλο και περισσότερο δυναμικά.

Επικοινωνία με το δορυφόρο θα υπάρχει όταν η ζήτηση για αυτή είναι γεγονός. Συστήματα όπως το DAMA (Demand Assignment Multiple Access) δίνουν τη δυνατότητα για περισσότερους χρήστες σε λιγότερα αυτών κανάλια επικοινωνίας.

Η αντιμετώπιση της καθυστέρησης στη μετάδοση και οι απαιτήσεις για περισσότερο εύρος συχνοτήτων καθορίζουν το σχεδιασμό των πρωτοκόλλων στο 2ο επίπεδο του OSI. Για την καλύτερη επικοινωνία με τα πιο πάνω επίπεδα από το DLC, αλλά και με άλλα είδη δικτύων (ενσύρματα κ.α), απαιτείται ιδιαίτερη προσπάθεια εξέλιξης των MAC και LLC (Logical Link Control) πρωτοκόλλων. Πάντως τα TDMA (PRMA) και CDMA χρησιμοποιούνται πολύ τα τελευταία χρόνια.

2.6. Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα (Network Layer)

2.6.1. Δρομολόγηση (routing task)

Η επίτευξη πρόσβασης στα δορυφορικά κανάλια από κινητούς σταθμούς δημιουργεί προβλήματα δρομολόγησης (ως κινητοί σταθμοί εννοούνται οι χρήστες που κινούνται κατά τη σύνδεση τους με το δορυφόρο οπότε αυτός πρέπει να αναλάβει να τους αναγνωρίσει που βρίσκονται και να τους διατηρεί την επικοινωνία (παραπέμποντάς τους πολλές φορές σε άλλο δορυφόρο ή δέσμη με on-board δραστηριότητες)).

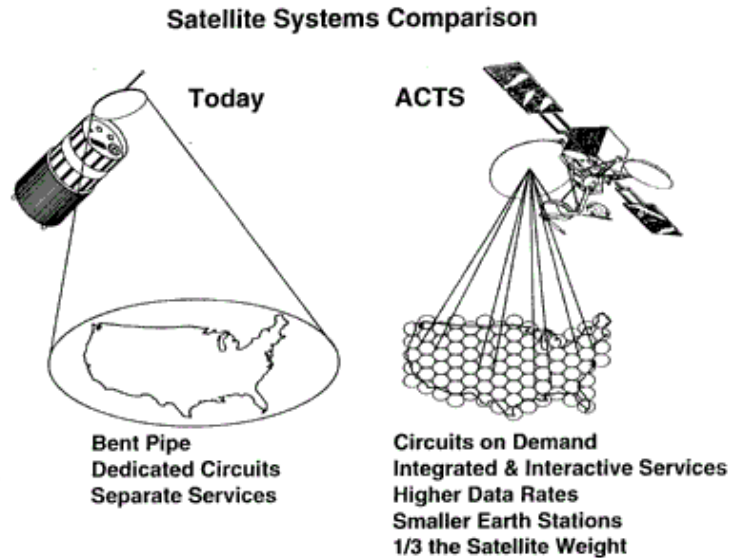
Βασική αρχή είναι ότι κάθε χρήστης έχει μια σταθερή διεύθυνση (home address-IP). Η αποστολή των πακέτων και η υλοποίηση της επικοινωνίας του χρήστη με το δορυφόρο γίνεται μέσω της σταθερής βάσης αυτού και η λήψη στο μέρος που αυτός βρίσκεται κινούμενος.

Το σύστημα μπορεί να λειτουργεί όπως στην κυψελοειδή τηλεφωνία. Για κάθε περιοχή που καλύπτει μια δέσμη συχνοτήτων του δορυφόρου θα υπάρχει ένας home agent (ο οποίος θα βλέπει πόσοι χρήστες που το home address τους βρίσκεται σ' αυτή τη περιοχή, βρίσκονται σε άλλες), και κάποιοι foreign agents που θα δείχνουν πόσοι χρήστες υπάρχουν στη περιοχή και ζητούν επικοινωνία.

Η δρομολόγηση θα γίνεται μέσω πινάκων οι οποίοι θα σχηματίζονται από τα στοιχεία των home και foreign agents. Αυτή θα γίνεται ως εξής:

- 1.** ενημέρωση μέσω δορυφόρου με ευρεία εκπομπή (advertisements) από τους foreign agents για τον αριθμό χρηστών που ο καθένας έχει στη περιοχή του
- 2.** κάθε χρήστης δίνει στον foreign agent της περιοχής του το home και link layer address αλλά και άλλες πληροφορίες
- 3.** επικοινωνία μεταξύ home και foreign agents για τη δημιουργία των πινάκων
- 4.** εγγραφή των χρηστών σε κάποιον foreign host για προκαθορισμένο χρόνο

Τα δεδομένα όταν στέλνονται πάνε στη φυσική διεύθυνση του χρήστη και από εκεί η δρομολόγηση γίνεται μέσω των πινάκων που έχουν δημιουργηθεί (επικοινωνία μεταξύ home και foreign agents- tunneling ή direct routing) στο σημείο που αυτός βρίσκεται. Όταν ένας χρήστης αλλάζει περιοχή πρέπει να κάνει ξανά εγγραφή. Η διεύθυνση που φαίνεται να έχει ο κινούμενος χρήστης είναι αυτή του foreign agent που έχει αυτός εγγραφεί.



Εικόνα 10: Διαίρεση του χώρου που καλύπτει ο δορυφόρος σε περιοχές τις οποίες ελέγχει με home και foreign agents

2.6.2. Κινητό IP (mobile IP)

Κάθε IP διεύθυνση περιέχει τρία πεδία την κλάση, τον αριθμό του δικτύου και τον αριθμό του οικοδεσπότη. Οι δρομολογητές έχουν πίνακες οι οποίοι καθοδηγούν την ζήτηση για το πως θα βρουν ένα πεδίο και τελικά το IP.

Εξαιτίας αυτού του γεγονότος γίνεται η επικοινωνία. Όταν όμως ο χρήστης κινείται τότε χρειαζόμαστε το IP να αλλάζει με κάποιο τρόπο. Οι κινούμενοι χρήστες έχουν σταθερά IP τα οποία με την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου ταυτίζονται με κάποιο άλλο ανάλογα το που βρίσκεται ο χρήστης.

Η διαδικασία έχει ως εξής: στέλνεται πακέτο δεδομένων από ένα χρήστη σε άλλον κινούμενο. Ο δρομολογητής εκπέμπει ένα ARP πακέτο και ψάχνει να βρει το κινητό IP του κινούμενου χρήστη. Ο home agent ο οποίος έχει υπό την δικαιοδοσία του τον κινούμενο χρήστη (είναι ο agent ο οποίος καλύπτει την περιοχή που ο κινούμενος χρήστης έχει το σταθερό του IP) απαντά στο ARP πακέτο δίδοντας τη διεύθυνση του. Ο δρομολογητής του στέλνει τα πακέτα και ο home agent τα οδηγεί (tunneling) ενσωματώνοντάς αυτά στο πεδίο του φορτίου ενός IP πακέτου στη διεύθυνση του foreign agent που ο κινούμενος χρήστης έχει εγγραφεί. Ο foreign agent τελικά τα αποστέλλει στον τελικό χρήστη.

Ταυτόχρονα ο home agent δίνει στον πομπό τη διεύθυνση του foreign agent να τα λαμβάνει πλέον κατευθείαν ο χρήστης. Οι εναλλαγές του IP του κινούμενου χρήστη στο δρομολογητή γίνονται με ένα κολπάκι το οποίο ονομάζεται πλεονάζων ARP.

Στην περίπτωση που οι κινούμενοι χρήστες βρίσκονται σε κινούμενο μέσο τότε επιλέγεται η τεχνική του αναδρομικού tunneling.

2.6.3. Διαμόρφωση χάρτη δικτύου (map configuration task)

Μέσω της εντολής Map configuration υπάρχει δυνατότητα ελέγχου, διαχείρισης της κυκλοφορίας και δρομολόγησης σε ένα δορυφορικό δίκτυο. Η εντολή αυτή αποτελείται από τρία στάδια:

1. επιλογή του κατάλληλου χάρτη (υπόδειγμα) που περιγράφει το δίκτυο για να γίνει η δρομολόγηση
2. ανάλυση της ανακολουθίας του υποδείγματος με την υπάρχουσα κατάσταση του δικτύου και προσαρμογή του υποδείγματος σ' αυτή
3. δημιουργία του υποδείγματος σύμφωνα με τα παραπάνω

Η δρομολόγηση γίνεται με ένα αλγόριθμο ο οποίος αναγνωρίζει τη κατάσταση του δικτύου και ενεργεί δρομολογώντας σύμφωνα με αυτή (κάθε στιγμή).

2.6.4. Ευρείας εκπομπής δρομολόγηση (broadcast routing)

Έχουμε πέντε είδη αυτής της δρομολόγησης.

Το πρώτο είναι το **Broadcasting** όπου υπάρχει αποστολή μικρών πακέτων σε λίστα προορισμών. Αυτή η τεχνική αχρηστεύει το υπάρχον bandwidth.

Το δεύτερο είναι το **Flooding** όπου η αποστολή γίνεται από σημείο σε σημείο σε πολλούς προορισμούς. Η τεχνική αυτή απαιτεί τα δεδομένα να σπάσουν σε πολλά πακέτα και υψηλό bandwidth.

Το τρίτο είναι το **Multidestination routing** όπου κάθε πακέτο έχει χάρτη προορισμών. Μόλις αυτό φθάσει στο δρομολογητή αυτός κάνει αντιγραφή το πακέτο απλοποιημένο από τα περιττά πλέον bits που περιέγραφαν τη λίστα προορισμών.

Το τέταρτο είναι το **Spanning tree** όπου αυτό το αποτελούν οι διάφοροι routers οι οποίοι όταν δέχονται ένα πακέτο το προωθούν αυτόματα στους προορισμούς που ίδιοι ορίζουν. Η τεχνική αυτή κάνει άριστη χρήση του bandwidth και απαιτεί λίγα πακέτα να μεταφερθούν.

Το πέμπτο είναι το **Reverse path forwarding** όπου κάθε πακέτο που στέλνεται ελέγχεται στον κάθε router αν προέρχεται από την πηγή γι' αυτόν και αν ναι προωθείται αντιγραφόμενο αν όχι απορρίπτεται.

2.6.5. Πολυδιανομή (multicasting)

Για την απλοποίηση, διαχείριση των αλλαγών στα κυκλώματα (circuit switching) και την μείωση του φόρτου κυκλοφορίας στο μέσο του δικτύου, κατά την επικοινωνία των τελικών χρηστών κατά ομάδες, χρειάζεται η πολυδιανομή (multicasting) η οποία είναι μίμηση της διαδικασίας της ευρείας μετάδοσης σημάτων (broadcast). Η πολυδιανομή επιτρέπει σε μια πηγή ταυτοχρόνως να στέλνει δεδομένα σε πολλούς χρήστες του διαδικτύου οι οποίοι ενδιαφέρονται για αυτά (έχοντας εκ των προτέρων δηλώσει αυτό, γινόμενοι μέλη του multicast group), χωρίς να γεμίζει το διαδίκτυο με άχρηστα πακέτα δεδομένων εκεί που δε χρειάζεται.

Η μετάδοση κατά την παραπάνω διαδικασία γίνεται με τη μορφή δένδρου όπου στη κάθε διακλάδωση υπάρχει ένας χρήστης του multicast group και αναπαράγεται το αρχικό μήνυμα (πακέτο δεδομένων).

Υπάρχουν δύο είδη multicasting

α. το dense-mode (τα μέλη της ομάδας είναι πυκνά κατανεμημένα στο διαδίκτυο) και

β. το sparse-mode (τα μέλη της ομάδας είναι διάσπαρτα κατανεμημένα στο διαδίκτυο).

Πολλά είναι τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται όπως το IP που βασίζεται στο Internet Group Management Protocol. Για το dense-mode υπάρχουν τα Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) και Multicast Open Shortest Path First (MOSPF) (η μετάδοση γίνεται με απλό δένδρο το οποίο περιέχει πολλούς routers), ενώ για το sparse-mode τα Core Based Tree (CBT) και Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM) (η μετάδοση γίνεται μέσω ενός δρομολογητή στις βασικές διακλαδώσεις του δένδρου).

Όσον αφορά στα δορυφορικά δίκτυα χρησιμοποιούνται sparse-mode πρωτόκολλα αφού διαχειρίζονται καλύτερα τη χωρητικότητα. Λόγω της τροχιάς του δορυφόρου είναι απαραίτητη η υποστήριξη της μετακίνησης του πυρήνα του δένδρου με on-board διακόπτες.

Το multicasting σε ATM δε μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα οπότε προτιμάται το IP.

Η νέες υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν τα δορυφορικά δίκτυα και που απαιτούν multicasting μπορούν να γίνουν πραγματικότητα αν οι δορυφόροι διαθέτουν on board διακόπτες που θα υποστηρίξουν IP multicast.

Πάντως τα παραδείγματα εταιριών που θέλουν να κάνουν πολυδιανομή δεν έχουν ενσωματώσει την προηγούμενη λογική. Οπότε η πολυδιανομή γίνεται στο επίγειο μέρος του δικτύου κάτι που απαιτεί περισσότερη διαχείριση και έλεγχο αλλά και χωρητικότητα στους δορυφόρους.

3. Διαχείριση

Είναι γεγονός ότι η έρευνα που γίνεται στα πρώτα επίπεδα του OSI πρέπει να συνοδεύεται από αντίστοιχη ανάπτυξη εφαρμογών οι οποίες θα χρησιμοποιήσουν τις καινοτομίες σ' αυτά και θα ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπάρχουν. Ένας σημαντικός φορέας ο οποίος δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη εφαρμογών και πρωτοκόλλων η NASA (Satellite Networks & Architectures Branch).

Γενικά ασχολείται με τη σχεδίαση και ανάλυση, την προσομοίωση και ανάπτυξη δικτύων και πρωτοκόλλων. Βασίζεται στην «ένταξη» του Internet πάνω στο δορυφορικό δίκτυο και χρησιμοποιεί το TCP/IP. Στόχος των ερευνών του είναι η δρομολόγηση μέσω των δορυφόρων αλλά και η καθιέρωση της AATT (Advanced Air Transportation Technologies) αρχιτεκτονικής. Τέλος μερίδιο των ενδιαφερόντων του έχουν οι τρόποι ενημέρωσης για την πορεία του καιρού (WINCOMM). Οι εφαρμογές που προσπαθεί να αναπτύξει έχουν ως στόχο τη συγκροτημένη ανάπτυξη σε όλα τα επίπεδα του OSI εκείνων των προϋποθέσεων για μεταφορά πολυμεσικών δεδομένων.

3.1 Εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυα

Η βασική ιδέα είναι η χρησιμοποίηση υβριδικών και άλλων δορυφορικών δικτύων για καλύτερη απόδοση, σε συνδυασμό με άλλα επίγεια δίκτυα, με σκοπό την επίτευξη δραστηριοτήτων που θα εκμεταλλεύονται προς όφελός τους την δορυφορική τεχνολογία όπως η *εκπαίδευση από απόσταση, τηλε-ιατρική, βίντεο-συνδιάλεξη* κ.α. Αυτά θα επιτευχθούν με την ανάπτυξη αλγορίθμων και γλωσσών προγραμματισμού-εργαλείων λογισμικού για πλήρη συμβατότητα του Internet με τα υβριδικά δίκτυα.

Τα βασικά όπλα στα χέρια των επιστημόνων είναι η έρευνα και η προσομοίωση για επίτευξη αποτελεσμάτων.

3.1.1. Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική

Όσον αφορά τις συγκεκριμένες εφαρμογές, στόχο έχουν την αξιόπιστη ευρεία μετάδοση σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου, υψηλής χωρητικότητας δεδομένων που εξυπηρετούν την αντιμετώπιση προβλημάτων και την επικοινωνία στους τομείς της υγείας και της εκπαίδευσης (μεταφορά πολυμεσικών δεδομένων).

Άλλωστε η χρήση του παγκόσμιου ιστού και των υπηρεσιών του που υπερπηδούν προβλήματα ετερογένειας των πλατφόρμων λειτουργικού, πάνω σε δορυφορικά ή υβριδικά δίκτυα θα διευκολύνει τον προηγούμενο στόχο.

3.1.2. Αεροναυτική

Οι εφαρμογές σ' αυτό τον τομέα έχουν ως στόχο τον καθορισμό της κυκλοφορίας στους παγκόσμιους αεροδιάδρομους μέσω επικοινωνίας μεταξύ των αεροσκαφών και όχι μέσω γήινων σταθμών (πρόγραμμα Free-Flight). Η χρήση των δορυφόρων εξαιτίας της ευρείας μετάδοσης είναι πολύ σημαντική σ' αυτό τον τομέα (AATT).

3.1.3. Telemammography

Είναι εκείνες οι εφαρμογές οι οποίες έχουν ως στόχο την έρευνα γύρω από την μετάδοση ψηφιακών εικόνων mammography μέσω δορυφόρου. Είδη υπάρχει ένα φιλόδοξο σχέδιο από τη NASA το οποίο έχει στήσει ένα δορυφορικό δίκτυο telemammography μέσω του ACTS σε συνδέσεις ρυθμού T1 (1.544 Mbps).

Η telemammography δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς γνώσης από περιοχές με μεγάλες νοσοκομειακές μονάδες ή με μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα σε περιοχές αγροτικές, χαμηλής πληθυσμιακής πυκνότητας οικονομικά αποδυναμωμένες.

Η εφαρμογή αυτή στην υλοποίηση της αντιμετωπίζει προβλήματα:

- 1.** μεγέθους εικόνας
- 2.** εύρους συχνοτήτων
- 3.** διατήρησης - αποθήκευσης εικόνων σε αρχεία
- 4.** λογισμικού διαχείρισης του δικτύου και των αρχείων
- 5.** αντιμετώπισης καθυστερήσεων στη μετάδοση
- 6.** αποδοχής των παραπάνω τεχνικών και του αποτελέσματος της μετάδοσης από την επιστημονική κοινότητα
- 7.** αντιμετώπισης των ετερογενών πλατφόρμων

Οι βασικές λύσεις που δίνει είναι η παραγωγή και η συνδυασμένη χρησιμοποίηση πρωτοκόλλων αλλά και συμπίεση των εικόνων. Η πιο ενδεδειγμένη λύση για αυτή την εφαρμογή είναι το TCP/IP. Τέλος απαραίτητη είναι η υλοποίηση βελτιστοποιήσεων σε λογισμικό και υλισμικό για καλύτερη απόδοση τόσο κατά το στάδιο της συμπίεσης της εικόνας αλλά και σ' αυτό της μετάδοσής της. Πριν από όλα όμως για την αξιοπιστία του συστήματος απαραίτητη είναι η προσομοίωση και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων για το

πόσο ταυτίζονται με την πραγματικότητα ώστε αυτά να είναι επιστημονικά τεκμηριωμένα.

3.1.4. Ποιοτικές υπηρεσίες

Είναι γεγονός ότι οι ανάπτυξη εφαρμογών έχει ως στόχο τη καλύτερη λειτουργία του δορυφορικού δικτύου αλλά και τα ικανοποιητικά αποτελέσματα από αυτό σε υπηρεσίες. Για αυτό το σκοπό (καλύτερη παροχή υπηρεσιών, καλύτερης ποιότητας πρωτόκολλα με επίτευξη άριστης μετάδοσης) η στρατηγική που μπορεί να ακολουθηθεί είναι η εξής:

- αναγνώριση από το δίκτυο θορύβου σε ATM
- υλοποίηση MPEG-2 (βλ. παρ.3.2)
- έλεγχος επικοινωνίας των πρωτοκόλλων από επίπεδο σε επίπεδο

3.2. MPEG-2 Advanced Audio Coding

Πέρα από τα προηγούμενα, αξιόλογη είναι η προσπάθεια των Ιαπώνων, με την καθιέρωση προτύπων (μέσω εφαρμογών λογισμικού) με τα οποία κατάφεραν να δώσουν νέα πνοή στην ευρείας μέσω δορυφόρου μετάδοσης ψηφιακής εικόνας και ήχου.

Με τη χρήση MPEG-2 (Motion Picture Experts Group) συμπίεσης της εικόνας και του ήχου πέτυχαν να υπάρξει μετάδοση μέσω ενός Transponder δύο καναλιών HDTV (High Definition TeleVision), και επομένως κατάφεραν ένα νέο είδος μετάδοσης για την Broadcast Satellite TV. Οι αναλύσεις της ψηφιακής εικόνας μέσα από αυτή την τεχνολογία είναι 1080x1920, 720x1280, 480x720. Ο MPEG-2 ήχος θα μεταδίδεται σε ρυθμό 128 Kbps.

Για την παροχή υπηρεσιών ευρείας μετάδοσης δεδομένων απαιτείται μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων. Έτσι υπάρχουν τρεις λύσεις για την προηγούμενη τεχνολογία είτε σε 27MHz- 39Mbps, είτε 33MHz, είτε 34.5MHz-51Mbps. Οι εταιρίες που δραστηριοποιούνται σ' αυτό τον τομέα είναι οι DirecTV και η PerfecTV.

3.3 Πρωτόκολλα διαχείρισης (στα επίπεδα 4 και πάνω του OSI)

3.3.1. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων TCP

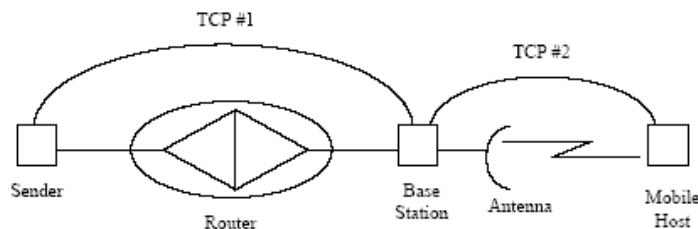
Γίνεται έρευνα κυρίως από τους Internet Engineering Task Force, TCP Over Satellite Working Group και TCP Implementation Working Group για βελτιστοποίηση της απόδοσης της μετάδοσης δεδομένων μέσω δορυφορικών δικτύων. Ερευνώνται μηχανισμοί επαναμετάδοσης σε περίπτωση θορύβου ή καθυστέρησης (π.χ. FACK TCP, μεγαλύτερα παράθυρα έναρξης σε TCP).

Βασικά προβλήματα που τείνουν να αντιμετωπίσουν τα TCP πρωτόκολλα σε ασύρματες ή δορυφορικές συνδέσεις είναι η σύγκρουση των πακέτων δεδομένων (με αλγόριθμους ελέγχου συγκρούσεων).

Όταν υπάρχει σύγκρουση στο TCP υπάρχει εσκεμμένη καθυστέρηση στη μετάδοση αλλά όχι απώλεια των πακέτων (σε μέσο ενσύρματο ή ίνα). Άρα για να αντιμετωπισθεί αυτό καλή είναι η μείωση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και άρα του φόρτου του δικτύου. Όμως στις δορυφορικές επικοινωνίες υπάρχει πρόβλημα απώλειας δεδομένων οπότε και απαιτείται επαναμετάδοση αυτών. Με την εφαρμογή του TCP σε δορυφορικά δίκτυα και για την αντιμετώπιση των συγκρούσεων η μείωση του ρυθμού μετάδοσης των πακέτων δεδομένων κάνει το πρόβλημα ακόμα πιο σημαντικό. (χάσιμο πολύτιμου μέρους δεδομένων και εσκεμμένη καθυστέρηση στην μετάδοση-μη αξιόπιστο το δίκτυο).

Αν στα προηγούμενα προσθέσουμε την συχνά εμφανιζόμενη ετερογένεια των μέσων ενός δικτύου (π.χ. υβριδικό) για μετάδοση των πακέτων δεδομένων τότε το TCP δε θα γνωρίζει τι να κάνει (αφού δε θα ξέρει σε τι μέσο «πατάει») εσκεμμένη καθυστέρηση ή επαναμετάδοση.

Λύση για τα παραπάνω και εφαρμοζόμενο πρωτόκολλο σε ασύρματα και δορυφορικά δίκτυα είναι το Indirect TCP (Bakne, Badrinath) στο οποίο η σύνδεση σπάει σε δύο συνδέσεις (πομπός--βασικός σταθμός, βασικός σταθμός--δέκτης). Ο βασικός σταθμός αντιγράφει πακέτα και προς τις δύο κατευθύνσεις.



Εικόνα 11: Διαμοιρασμός του TCP σε δύο συνδέσεις

Η παραπάνω λύση είναι ικανοποιητική γιατί μέσω του βασικού σταθμού μπορεί να γίνει ανάλογα με το είδος του μέσου που υπάρχει από αυτόν προς το σταθμό λήψης ή εκπομπής είτε επαναμετάδοση είτε εσκεμμένη καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων.

Άλλη λύση που βασίζεται στην προηγούμενη, είναι αυτή του Balakrishnam η οποία χρησιμοποιεί ένα snooping agent (ο οποίος στέλνεται από τον βασικό σταθμό) που παρατηρεί και αποθηκεύει τα κομμάτια του μέσου στα οποία βασίζεται το TCP μέχρι να φτάσει στον τελικό κινούμενο χρήστη, και αν δεν γυρίσει επιβεβαίωση της σύνδεσης από τον χρήστη πριν οδηγηθεί σε καθυστέρηση κάνει το σύστημα επαναμετάδοση.

3.3.2. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων HTTP

Γίνεται τεστάρισμα των HTTP/1.0 και HTTP/1.1 πάνω σε ACTS κανάλια με διάφορες παραμέτρους (πολλά είδη επιλογών και μεγέθη παραθύρων).

3.3.3. Εξομοίωση-προσομοίωση δικτύου

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή εξομοίωσης αναπτύσσεται ένα δορυφορικό δίκτυο με προσομοίωση αυτού για έρευνα στο περιβάλλον λειτουργίας του. Η εξομοίωση μπορεί να γίνει για μοντέλα bit-error-rate και LEO.

Η προσομοίωση είναι μια διαδικασία η οποία παρά τις επιφυλάξεις που μπορούν να υπάρχουν αλλά και τις διαφορετικές προσεγγίσεις δίνει λύσεις αφού μπορεί εξ αρχής να διορθώσει εσφαλμένες καταστάσεις και χαρακτηριστικά του δικτύου (στο επίπεδο των αλγορίθμων και των πρωτοκόλλων αλλά και των εφαρμογών). (για παράδειγμα το OPNET).

3.4. Ασφάλεια δικτύου

Βασικό στοιχείο της διαχείρισης είναι η επίτευξη ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων κατά την επικοινωνιακή σύνδεση. Υπάρχουν εφαρμογές που διαχειρίζονται και κωδικοποιούν τα πακέτα δεδομένων που μεταδίδονται. Έτσι υπάρχουν πολλές τεχνικές παραδοσιακές και πιο σύγχρονες που βασίζονται:

- σε αλγόριθμους-υπολογισμούς αντικατάστασης (κάθε γράμμα ή σύνολο γραμμάτων αντικαθίσταται από άλλο γράμμα ή σύνολο γραμμάτων)

- σε αλγόριθμους-υπολογισμούς αλλαγής θέσης (αλλαγή θέσης των γραμμάτων σε ένα string)
- σε one time pad (άθροιση σε ένα string ενός άλλου string με αλγόριθμο σε ASCII μορφή)
- σε αλγόριθμους κρυφού κλειδιού (P-box, S-box, Product cipher)
- σε αλγόριθμους δημοσίου-ιδιωτικού κλειδιού
- στην γνησιότητα-πιστοποίηση

4. Εσωτερικές διαδικασίες δορυφορικών δικτύων

Γενικά τόσο η υλοποίηση αλγορίθμων όσο και η ανάπτυξη εφαρμογών για τα πάνω του 4ου επίπεδα του OSI υφίστανται για να επιτυγχάνεται ο έλεγχος στο δίκτυο, στην πρόσβαση, στη μετάδοση, στην αναγνώριση/διόρθωση λαθών και στην ασφάλεια του δικτύου.

Στον έλεγχο του δικτύου περιλαμβάνονται οι διαδικασίες δρομολόγησης, σφυγμομέτρησης της κατάστασης των τερματικών, καθορισμούς προτεραιοτήτων μετάδοσης, αναγνώρισης της δικτυακής δραστηριότητας και ελέγχου λαθών.

Στον έλεγχο πρόσβασης περιλαμβάνονται οι διαδικασίες εγκατάστασης των συνδέσεων τερματικών με εξυπηρετητές, εγκατάστασης ταχύτητας μετάδοσης, ορισμού κατεύθυνσης και τρόπου πρόσβασης.

Στον έλεγχο μετάδοσης ενεργοποιεί τα τερματικά Η/Υ για αποστολή και λήψη δεδομένων, προγραμμάτων, εντολών.

Στον έλεγχο λαθών γίνεται η διόρθωση των λαθών και επαναμετάδοση των δεδομένων.

Στον έλεγχο ασφάλειας περιλαμβάνονται οι διαδικασίες παρακολούθησης της χρήσης του δικτύου, των νέων εισόδων (χρηστών) στο δίκτυο, των κωδικών και της επικυροποίησης της πρόσβασης των χρηστών.

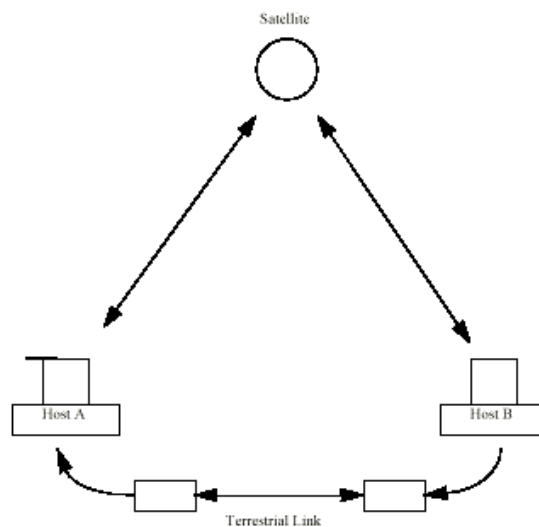
Όλοι οι παραπάνω έλεγχοι γίνονται κατά επίπεδο με διάφορους αλγορίθμους και εφαρμογές στην διάρκεια της επικοινωνίας μέσω δορυφορικού δικτύου.

5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα

5.1 Υβριδικά δίκτυα

Αυτού του είδους τα δίκτυα είναι διασταυρωμένα δίκτυα που ανάλογα με την απόσταση μετάδοσης ενός πακέτου δεδομένων μεταξύ δύο χρηστών, αλλάζει το μέσο μετάδοσης (δορυφόρος, ασύρματη, ενσύρματη, ίνα κ.α). Αυτό που απαιτείται είναι η ύπαρξη πρωτοκόλλων μετάδοσης των δεδομένων τα οποία θα υπερπηδούν τις ασυμβατότητες από μέσο σε μέσο. Ένα τέτοιο είναι το TCP/IP το οποίο τώρα τελευταία χρησιμοποιείται πάνω από ATM.

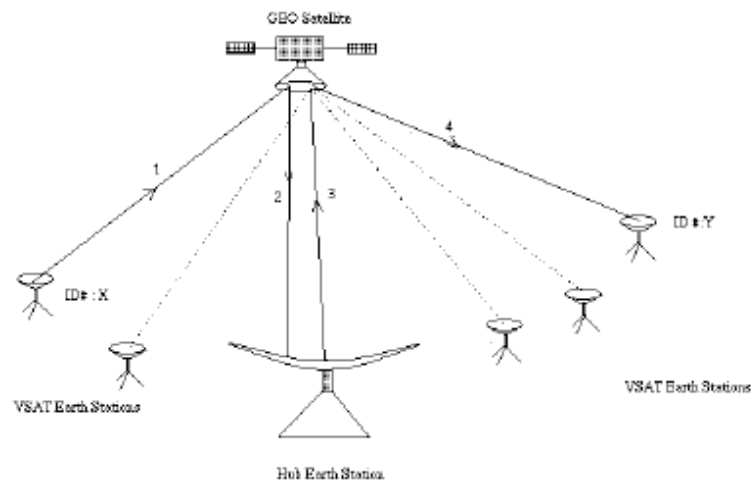
Σ' αυτού του είδους τα δίκτυα η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω δορυφόρου ενώ η ανταλλαγή μηνυμάτων από τα ενσύρματα εδαφικά μέσα. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι ένας H/Y, ένα modem και σύνδεση σε ISP (παροχέας Internet), μια δορυφορική κεραία και μια κάρτα ISA όπου θα συνδέεται η κεραία στον υπολογιστή. Η σύνδεση με δορυφόρο αλλά και αυτή με τον ISP θα αντιμετωπίζονται από κοινό περιβάλλον διεπαφής (αυτό το πετυχαίνει στο επίπεδο της εφαρμογής το TCP/IP). Παραδείγματα τέτοιων δικτύων ακολουθούν παρακάτω.



Εικόνα 12: Διαγραμματική απεικόνιση υβριδικού δικτύου

5.1.1. Δίκτυα VSAT

Τα μεγάλα κόστη και η ανάγκη για διαχείριση στους σταθερούς επίγειους σταθμούς οδήγησαν στη δημιουργία δικτύων VSAT (με πολλούς σταθμούς με κεραίες μικρής διατομής μετάδοσης-κεραία 1 m και ισχύ 1 watt) τα οποία λειτουργούν με δυνατότητα από τους σταθμούς λήψης και εκπομπής σήματος. Κάθε σταθμός συνδέεται σε τοπολογία αστέρα (μέσω κεραίας) με το δορυφόρο και το ρόλο του κεντρικού κόμβου παίζει ένας σταθμός (hub) με κεραία μεγαλύτερης διατομής. Ο δορυφόρος μπορεί να δέχεται σήματα από όλους τους σταθμούς αλλά και να εκπέμπει σε όλους. Τέτοιου είδους δίκτυα είναι χρήσιμα σε επιχειρήσεις που είναι γεωγραφικά διάσπαρτες. Η λειτουργία της επικοινωνίας γίνεται ως εξής. Ο σταθμός με κεραία μικρής διατομής εκπέμπει στο δορυφόρο, αυτός ενισχύει και εκπέμπει το σήμα στο hub (χρησιμοποιεί πρωτόκολλο Asynchronous TDMA) και με τη σειρά του αυτό μέσω του δορυφόρου το εκπέμπει στο σταθμό που είναι ο δέκτης (μπορεί να στείλει σήμα σε περισσότερους από έναν σταθμούς). Η ανερχόμενη ζεύξη χαρακτηρίζεται από 19.2Kbps ενώ η κατερχόμενη είναι 512Kbps.



Εικόνα 13: Επικοινωνία μεταξύ VSAT τερματικών

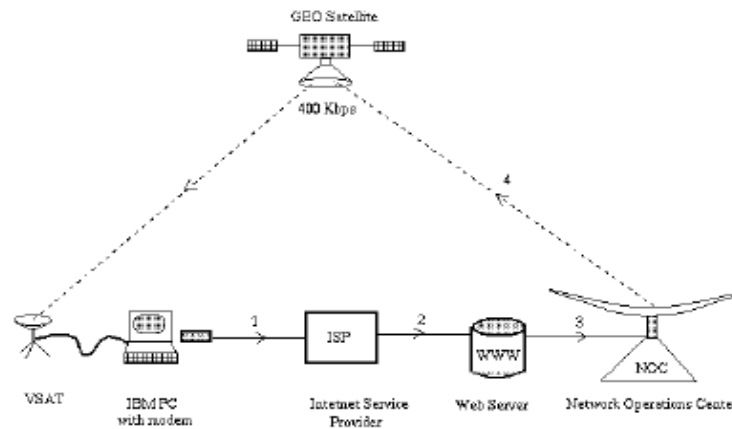
Στο υποεπίπεδο MAC επικρατούν τα S-ALOHA και TDMA ενώ στο LLC χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο με στρατηγική ARQ (Automatic Repeat reQuest) επαναμετάδοσης των χαμένων πακέτων δεδομένων. Επίσης πολλές φορές υπάρχει συνδυασμός με το πρωτόκολλο FEC (Forward Error Correction) οπότε και πετυχαίνεται αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων με μικρές καθυστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί TCP/IP υπό προϋποθέσεις. Πάντως το περισσότερο χρησιμοποιούμενο είναι το X.25.

Στα σύγχρονα VSAT δίκτυα υπάρχει δυνατότητα απόρριψης του hub και επίτευξης δισημειακών επικοινωνιών (μιας και οι δορυφόροι μπορούν να επεξεργαστούν κι να αλλάξουν τα σήματα). Η χρήση της Ku ζώνης συχνοτήτων αλλά και η συνεχώς μείωση του κόστους του εξοπλισμού θα κάνουν δυνατή σε λίγα χρόνια την ύπαρξη πολλών VSAT δικτύων.

Οι υπηρεσίες που παράσχουν περιγράφονται με τον όρο DirecPc services. Πολύ σύντομα μπορούμε να πούμε ότι είναι δύο ειδών.

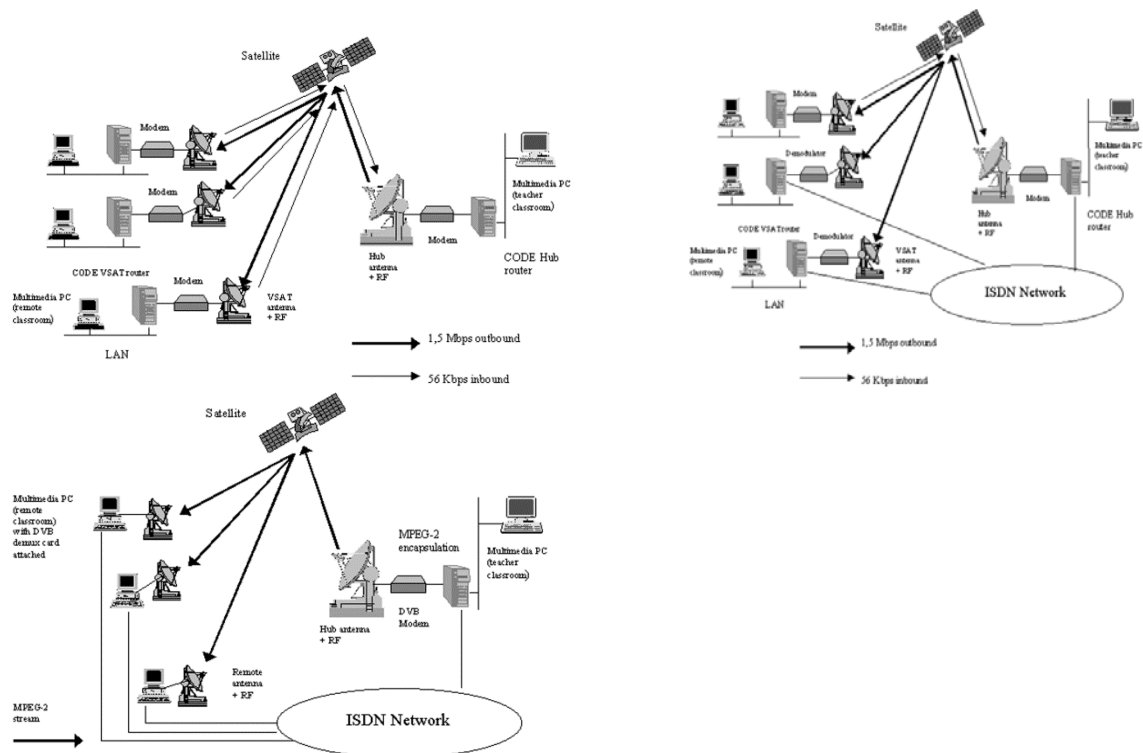
Μεταφορά ψηφιακών πακέτων (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 12Mbps) και **Internet υψηλής ταχύτητας** (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 400Kbps).

Η σύνδεση γίνεται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 14. Υλοποίηση υπηρεσιών DirecPc

Πρέπει να συμπληρώσουμε ότι παραδείγματα VSAT δικτύων τα οποία εξυπηρετούν broadcast δραστηριότητες (multimedia, tele-education, videoconference) υπάρχουν πολλά (CODE του Technical University of Madrid και της European Space Agency), και χρησιμοποιούν επίγεια μέσα σε συνδυασμό με το δορυφόρο. Παρακάτω φαίνεται η υλοποίηση κάποιων από αυτά.



Εικόνα 16: Συστήματα δικτύων τηλε-εκπαίδευσης που βασίζονται σε δίκτυο CODE, σε δίκτυο CODE με συνδυασμό ISDN και VSAT επιστροφή και στην τεχνολογία της ψηφιακής τηλεόρασης (MPEG-2)

5.1.2. Δίκτυα SATIN

Τέτοιου είδους δίκτυα είναι υβριδικά δίκτυα τα οποία προσπαθούν να επιτύχουν επικοινωνία μεταξύ δικτύων:

- τοπικών, ευρείας περιοχής και μητροπολιτικών
- ευρυζωνικού ISDN
- ολοκληρωμένης διαχείρισης
- προχωρημένης εφυΐας
- προσωπικών επικοινωνιακών υπηρεσιών τα οποία είναι ελέγξιμα από το χρήστη όχι όπως το ATM σε δορυφόρο.

Προβλήματα για την υλοποίηση τους ο θόρυβος, το εύρος ζώνης, η αξιοπιστία, ο χρόνος αναμονής κ.α.

5.2. Δορυφορικά δίκτυα με ATM

Το ATM είναι προτιμητέο από τα υβριδικά εξαιτίας της ασυγχρονίας αλλά και της ικανότητας να χρησιμοποιεί ποικίλους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων (έτσι υπερπηδά τις ασυμβατότητες από μέσο σε μέσο). Η προσαρμοστικότητα σε ποικίλα περιβάλλοντα αλλά και οι πολλές υπηρεσίες στα ανώτερα επίπεδα του μοντέλου OSI το κάνουν ανταγωνιστικό.

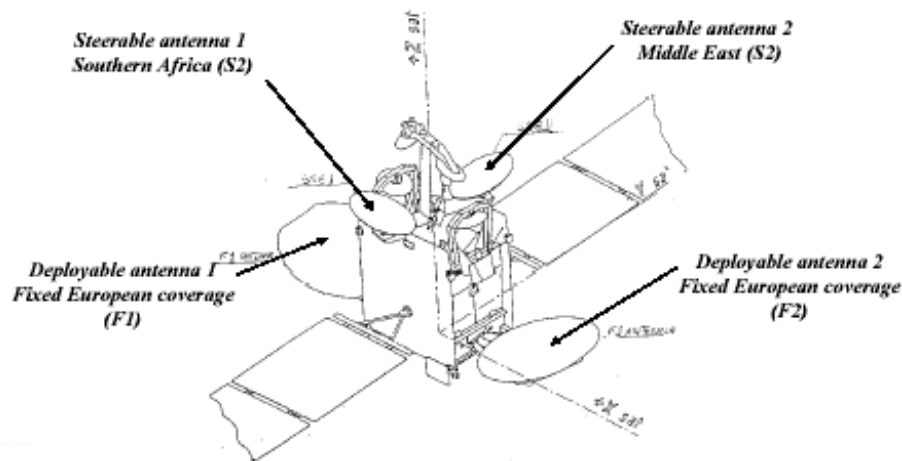
Όμως υπάρχουν και προβλήματα μεγάλου χρόνου αναμονής, καθυστέρησης στη μετάδοση, αντιμετώπισης συγκρούσεων δεδομένων κ.α.

Το TIA/SCD/CIS-WATM group είναι γνωστό για την έρευνα του στο τομέα της υλοποίησης ATM πάνω σε δορυφορικά δίκτυα. Τέσσερα είναι τα πεδία δραστηριοποίησης του και τελικά οι τύποι προϊόντων του, SATATM 1 (σταθερό ATM άμεσης πρόσβασης), SATATM 2 (σταθερό ATM διασύνδεσης δικτύων), SATATM 3 (κινητό ATM άμεσης πρόσβασης), SATATM 4 (κινητό ATM διασύνδεσης δικτύων).

ΜΕΡΟΣ Β

1. Ποιος είναι ο Hellas-Sat

Τον Hellas-Sat κατασκεύασε η γαλλική εταιρεία Astrium, ενώ την εκτόξευσή του πραγματοποίησε η αμερικανική International Launch Services (ILS), την Τετάρτη 14 Μαΐου 2003 και ώρα 01:10 (ημέρα/ώρα Ελλάδας), με την 65η εκτόξευση του πυραύλου Atlas V (κατασκευής Lockheed Martin με μηχανή Pratt & Whitney) από τη βάση του ακρωτηρίου Κανάβεραλ της Φλόριντα (ΗΠΑ). Πρόκειται για έναν από τους πλέον σύγχρονους τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, τύπου Eurostar E2000+, του οποίου την ιδιοκτησία και εμπορική αξιοποίηση έχουν οι Hellas-Sat Consortium Ltd. και η Hellas-Sat SA, με κύριο μέτοχο τον ΟΤΕ. Ο Hellas-Sat επιτρέπει την παροχή μιας σειράς τηλεπικοινωνιακών και τηλεοπτικών υπηρεσιών, όπως δορυφορικό Internet, συλλογή και διανομή ήχου, εικόνας και δεδομένων, ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση. Ο ελληνικός δορυφόρος, που κόστισε περισσότερα από 170 εκατομμύρια ευρώ (κατασκευή-εκτόξευση-ασφάλιση), έχει ύψος 4,9 μέτρα, μήκος 1,7 μέτρα και πλάτος 2,5 μέτρα, άνοιγμα των ηλιοσυλλεκτών 32 μέτρα και αναμένεται να παραμείνει σε τροχιά 15-17 χρόνια. Ο Hellas-Sat τοποθετήθηκε σε τροχιά στις 39 μοίρες ανατολικά, διαθέτοντας δύο ισχυρότατες σταθερές δέσμες εκπομπής σήματος (που καλύπτουν την περιοχή της Ευρώπης) με 18 μόνιμους αναμεταδότες και δύο κινητές (για επαγγελματική χρήση), με 12 αναμεταδότες που μπορούν να καλύψουν οποιοδήποτε μέρος της υδρογείου είναι ορατό από τη θέση του, όπως η Μέση Ανατολή, η Αφρική, η Ρωσία, η Κίνα, η νοτιοανατολική Ασία και η Αυστραλία. Συνολικά διαθέτει 30 αναμεταδότες (Ku band, λυχνίες TWT 100 Watt, max. EIRP 53 dBW), που είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν τις εκπομπές 300 τηλεοπτικών καναλιών. Ο ΟΤΕ ελέγχει το 83,34% της κοινοπραξίας Hellas-Sat, ενώ το υπόλοιπο 16,66% κατέχουν οι: EAB (3,93%), ΚΤΑ (3,84%), AvacomNET Services (8,50%) και Telesat (0,39%).



εικόνα 1

2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

2.1 Συχνότητες και Πόλωση

2.1.1. Συχνότητες

Οι συχνότητες και η διάταξη πόλωσης των πομπών του δορυφόρου φαίνονται στην εικόνα 2 ενώ στον πίνακα 1 δίνονται οι κεντρικές εκπεμπόμενες συχνότητες.

Η κεραία σταθερής κάλυψης F1 λαμβάνει σήματα δέσμης 13.75- 14.00GHz ενώ η F2 λαμβάνει σήματα δέσμης 14.00-14.25 GHz. Η καθοδηγήσιμη S1 κεραία λαμβάνει σήματα από 13.75- 14.00GHz ενώ η S2 από 14.00-14.25 GHz στην οριζόντια ανερχόμενη πόλωση και από 14.00- 14.50 GHz στην κάθετη ανερχόμενη πόλωση.

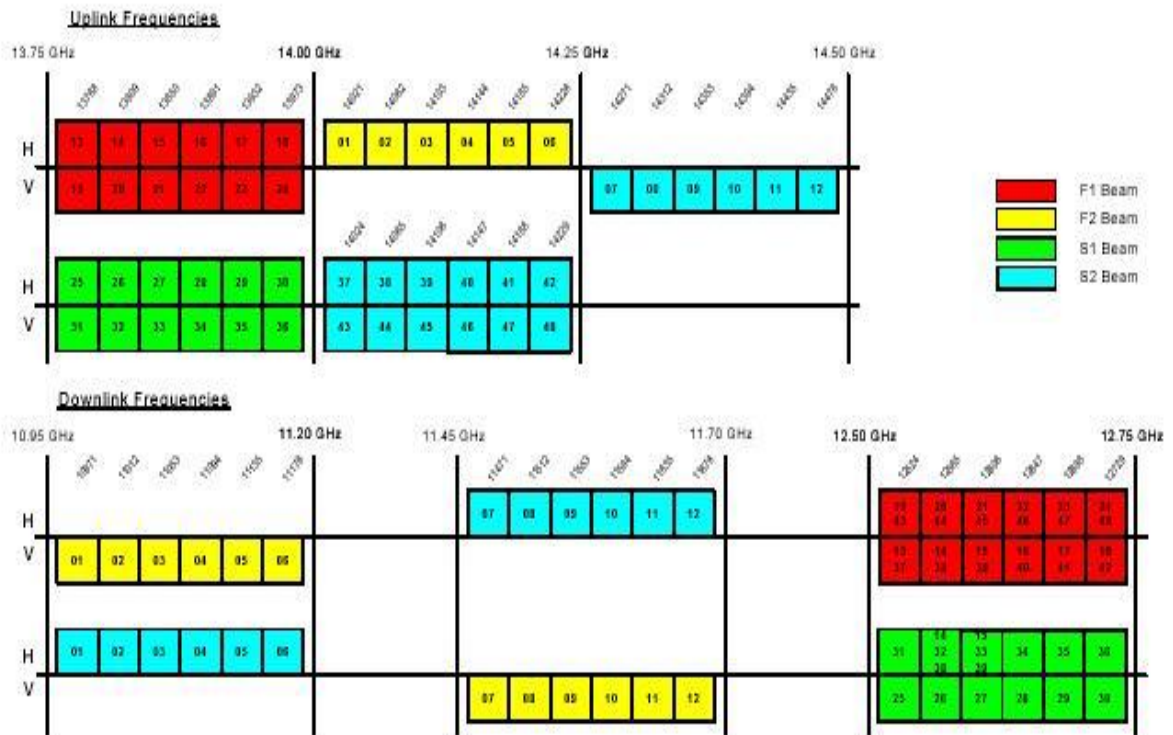
Υπάρχουν δύο τύποι δέκτες /downconverters:

Οι δέκτες τύπου 1 παρέχουν μετατροπή συχνότητας από ανερχόμενη δέσμη 13.75-14.00GHz ή 14.00-14.25 GHz σε κατερχόμενη δέσμη 12.50-12.75 GHz χρησιμοποιώντας δύο διακλαδισμένους τοπικούς ταλαντωτές (1.244GHz και 1.5GHz αντίστοιχα).

Οι δέκτες τύπου 2 παρέχουν μετατροπή συχνότητας από ανερχόμενη δέσμη 14.00-14.25 GHz σε κατερχόμενη δέσμη 10.95-11.20 GHz χρησιμοποιώντας έναν τοπικό ταλαντωτή 3.050 GHz.

Σημειώνεται ότι, λόγω της ικανότητας μεταγωγής, τα κανάλια 13-24 (στην F1 κεραία) ή τα κανάλια 37-48 (στην S2 κεραία) μπορούν να κάνουν downlink (καθοδική

διαδρομή της ραδιοζεύξης) στην δέσμη από 12.50 ως 12.75 GHz μέσω της F1, που θα επιλεγεί ένα κανάλι από τη βάση καναλιών. Επίσης γίνεται να κάνουμε downlink σε κανάλια της S2 από την δέσμη 14.25-14.50 GHz στα 11.45-11.70 μέσω της κεραίας F2 αλλά σε αυτή την περίπτωση τα κανάλια της F2 θα πρέπει να κάνουν downlink μέσω της κεραίας S2 στη δέσμη 10.95-11.20 GHz



εικόνα 2: πλάνο συχνοτήτων Hellas-Sat 2

Transponder No	Uplink center frequency MHz	Downlink center frequency MHz
1	14021	10971
2	14062	11012
3	14103	11053
4	14144	11094
5	14185	11135
6	14226	11176
7	14271	11471
8	14312	11512
9	14353	11553
10	14394	11594
11	14435	11635
12	14476	11676
13,19,25,31	13768	12524
14,20,26,32	13809	12565
15,21,27,33	13850	12606
16,22,28,34	13891	12647
17,23,29,35	13932	12688
18,24,30,36	13973	12729
37,43	14024	12524
38,44	14065	12565
39,45	14106	12606
40,46	14147	12647
41,47	14188	12688
42,48	14229	12729

πίνακας 1: Κεντρικές εκπεμπόμενες συχνότητες

2.1.2. Πόλωση

Το κύμα που ακτινοβολείτε από μια κεραία αποτελείται από μια συνιστώσα ηλεκτρικού πεδίου και μια συνιστώσα μαγνητικού πεδίου. Αυτές οι δύο συνιστώσες είναι κάθετες μεταξύ τους και κάθετες προς την διεύθυνση μετάδοσης του κύματος. Από σύμβαση η πόλωση του κύματος ορίζεται από την διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου. Γενικά, η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι σταθερή, δηλ. στη διάρκεια μιας περιόδου η προβολή του άκρου του διανύσματος που αναπαριστά το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα επίπεδο το οποίο είναι κάθετο στη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος, περιγράφει μια έλλειψη. Τότε λέμε ότι η πόλωση είναι ελλειπτική.

Η πόλωση χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους :

- Τη φορά περιστροφής (σε σχέση με την διεύθυνση μετάδοσης): δεξιόστροφη και αριστερόστροφη πόλωση.
- Τον αξονικό λόγο (Axial Ratio, AR): $AR = E_{max} / E_{min}$. Αυτός είναι ο λόγος του μεγάλου και μικρού άξονα της έλλειψης. Όταν η έλλειψη είναι κύκλος (αξονικός

λόγος $=1 = 0 \text{ dB}$), η πόλωση λέγεται κυκλική. Όταν η πόλωση εκφυλίζεται σε έναν άξονα (άπειρος αξονικός λόγος, το ηλεκτρικό πεδίο διατηρεί σταθερή διεύθυνση), η πόλωση λέγεται γραμμική.

➤ Την κλίση της έλλειψης.

Δύο κύματα είναι σε ορθογωνική πόλωση, αν τα ηλεκτρικά τους πεδία περιγράφουν πανομοιότυπες ελλείψεις σε αντίθετες διευθύνσεις. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- Δύο ορθογωνικές κυκλικές πολώσεις, που περιγράφονται σαν δεξιόστροφη κυκλική και αριστερόστροφη κυκλική.
- Δύο ορθογωνικές γραμμικές πολώσεις, που περιγράφονται σαν οριζόντια και κατακόρυφη.

Οι κεραιές του δορυφόρου Hellas- Sat 2 μπορούν να μεταδίδουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα σε δύο ορθογώνιες γραμμικές πολώσεις στην ίδια συχνότητα (διπλή πόλωση, επαναχρησιμοποίηση συχνότητας). Οι δύο ορθογώνιες πολώσεις δηλώνονται σαν H (οριζόντια) και V (κάθετη). Τα σήματα που λαμβάνονται από μια πόλωση H ή V, αναμεταδίδονται σε ορθογώνια πόλωση H ή V αντίστοιχα.

Οι κεραιές λήψης του δορυφόρου έχουν διάκριση πόλωσης μέσα στην περιοχή κάλυψης λήψης τουλάχιστον 30 dB (καθορισμένη τιμή 25 dB). Η διάκριση πόλωσης για τις κεραιές εκπομπής είναι τουλάχιστον 31 dB (καθορισμένη τιμή 25 dB) μέσα στην περιοχή κάλυψης εκπομπής.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις δορυφόρου :	Υψος 4.9μ, Μήκος 1.7μ Πλάτος 2.5μ
Ηλιακοί Συλλέκτες	32μ
Βάρος	3250 Κιλά
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ισχύς	7500 W
Διάρκεια ζωής	15 χρόνια
Αναμεταδότες (transponders)	30 Ku band των 36Mhz εύρους
Ζώνες συχνοτήτων:	13,75-14,50 GHz uplink 10,95-12,75 GHz downlink
Ισχύς εξόδου RF	105W max EIRP 53 dBw
Αριθμός κεραιών	2 σταθερές 2.5μ + 2 κινητές

Πίνακας 2.

2.2. Ωφέλιμο Φορτίο Επικοινωνίας

2.2.1. Περιγραφή Επιλογέα Καναλιού

Στους περισσότερους εμπορικούς δορυφόρους επικοινωνίας το ωφέλιμο φορτίο αποτελείται από δύο χωριστά μέρη με σαφώς καθορισμένες ενδιάμεσες βαθμίδες – τον επαναλήπτη και τις κεραίες. Η λέξη επαναλήπτης χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό που υποβάλλει σε κάποια επεξεργασία τα σήματα που λαμβάνει από μια κεραία λήψης, πριν τα αποδώσει σε μια κεραία εκπομπής. Ο επαναλήπτης συνήθως υποστηρίζει αρκετά κανάλια (επίσης ονομάζεται και αναμεταδότης), τα οποία κατανέμονται στη ζώνη συχνοτήτων του ωφέλιμου φορτίου.

Οι κύριες λειτουργίες του ωφέλιμου φορτίου ενός δορυφόρου είναι οι ακόλουθες:

- Να συλλαμβάνει τα φέροντα που εκπέμπονται, σε μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων και με δεδομένη πόλωση από τους επίγειους σταθμούς του δικτύου.
- Να συλλαμβάνει όσο το δυνατό λιγότερες παρεμβολές.
- Να ενισχύει τα λαμβανόμενα φέροντα περιορίζοντας τον θόρυβο και την παραμόρφωση όσο το δυνατό περισσότερο.
- Να μετατρέπει τη συχνότητα των φέροντων που λαμβάνουν οι δορυφόροι στη συχνότητα λήψης των γήινων σταθμών.
- Να παρέχει την απαιτούμενη ισχύ σε μια δεδομένη ζώνη συχνοτήτων στην ενδιάμεση βαθμίδα σύνδεσης με την κεραία εκπομπής.
- Να εκπέμπει τα φέροντα σε δεδομένη ζώνη συχνοτήτων και με συγκεκριμένη πόλωση με προορισμό μια δεδομένη περιοχή στην επιφάνεια της γης.

Η ζώνη συχνοτήτων που εκχωρείται στον επαναλήπτη είναι μεγάλη – από εκατοντάδες megahertz μέχρι και αρκετά gigahertz. Για την διευκόλυνση της ενίσχυσης ισχύος η ζώνη αυτή συνήθως διαιρείται σε υπό-ζώνες ή κανάλια τα οποία χρησιμοποιούν ξεχωριστές σειρές ενισχυτών.

Στον HELLAS- SAT 2 το ωφέλιμο φορτίο είναι ικανό για την ταυτόχρονη λειτουργία 30 επαναληπτών μέχρι το τέλος διάρκειας ζωής του δορυφόρου, 15 επαναλήπτες για κάθε – Y και +Y panels.

Υπάρχουν 18 δοσμένα κανάλια και 12 κανάλια που επιλέχτηκαν από τα 18. Τα 18 κανάλια κατερχόμενης ζεύξης περιέχουν:

- 12 κανάλια στην περιοχή κάλυψης της F1 (6 στην οριζόντια και 6 στην κατακόρυφη πόλωση κατερχόμενης ζεύξης)
- 6 κανάλια στην περιοχή κάλυψης της S1 (στην οριζόντια πόλωση κατερχόμενης ζεύξης)

Τα 12 κανάλια που απόμειναν επιλέχθηκαν από τα επόμενα 18:

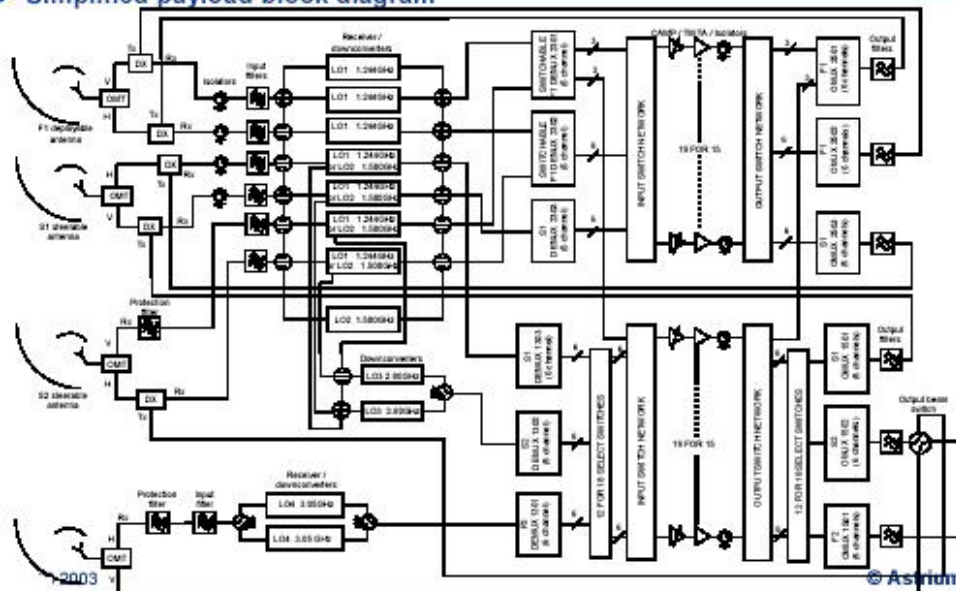
- 6 κανάλια από την F2 (κατακόρυφη πόλωση κατερχόμενης ζεύξης)
- 6 κανάλια από την S1 (κατακόρυφη πόλωση κατερχόμενης ζεύξης)
- 6 κανάλια από την S2 (οριζόντια πόλωση κατερχόμενης ζεύξης)

Επιπλέον υπάρχει η πιθανότητα για κατερχόμενη ζεύξη του καναλιού 14 ή/και του 15 της F1 στη δέσμη της S1 ή κατερχόμενη ζεύξη του καναλιού 38 ή /και 39 της S2 στη δέσμη της S1. Η επιλογή δέσμης / καναλιών γίνεται μέσω εντολών.

Οι κεντρικές συχνότητες ανερχόμενης και κατερχόμενης ζεύξης κάθε επαναλήπτη παρουσιάζονται στον πίνακα 1 ενώ στην εικόνα 3 φαίνεται το απλοποιημένο διάγραμμα ωφέλιμου φορτίου. Οι εικόνες 4 και 5 δείχνουν διαμόρφωση επιλογής καναλιού εισόδου / εξόδου αντίστοιχα για τα παραπάνω κανάλια συνδυασμένα με OMUXes (πολυπλέκτης εξόδου) στο πλαίσιο -Y. Τα κανάλια δρομολογούνται με τους TWTAs στη πλευρά +Y και -Y χρησιμοποιώντας μία μοναδική μήτρα μεταγωγής (switch matrix). Η μήτρα μεταγωγής για τους TWTAs βρίσκεται πάνω στην πλευρά +Y περιέχει έναν redundancy ring (δακτύλιος πλεονασμού) εισόδου και έναν redundancy ring εξόδου. Η μήτρα μεταγωγής για τους TWTAs βρίσκεται πάνω στην πλευρά -Y περιέχει έναν επιλογέα καναλιού εισόδου, έναν redundancy ring εισόδου και έναν επιλογέα καναλιού εξόδου.

ARCHITECTURE : PAYLOAD BLOCK DIAGRAM

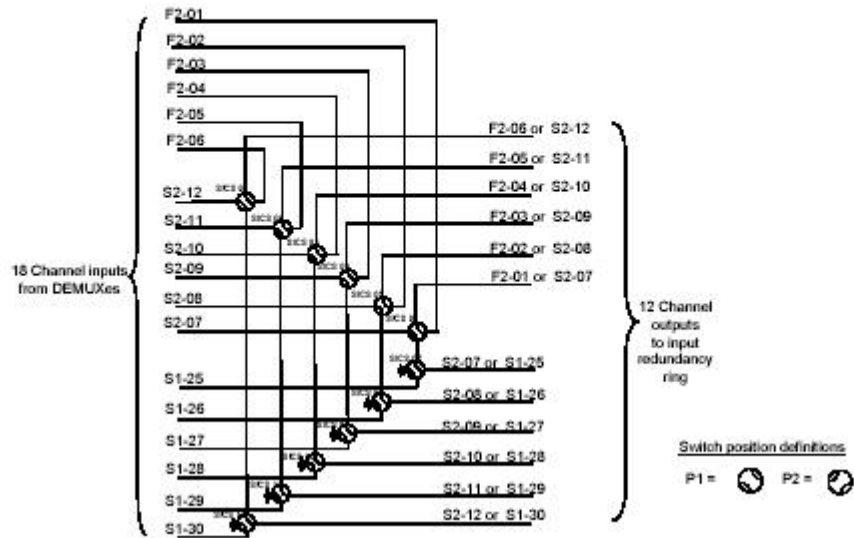
• Simplified payload block diagram



εικόνα 3

PAYLOAD SWITCHING – CHANNEL SELECTOR

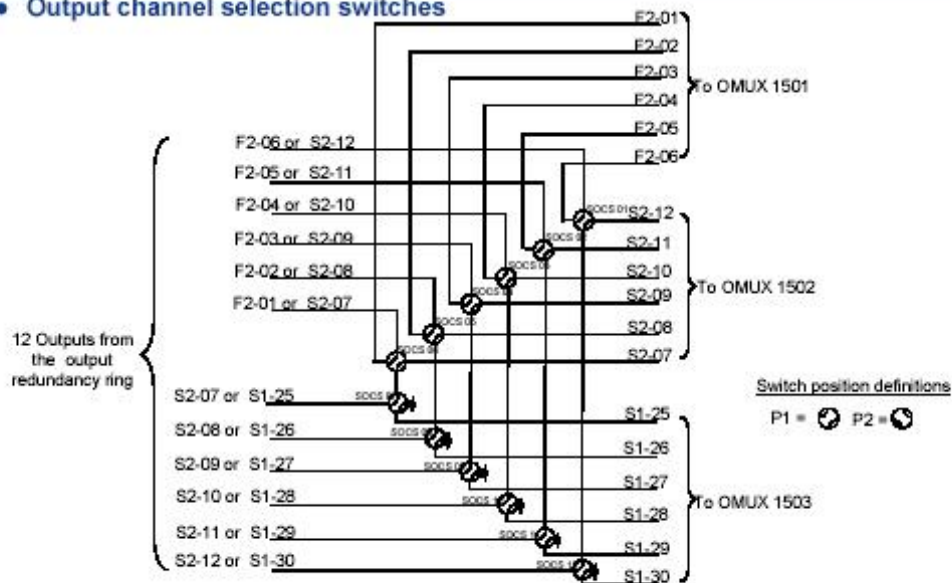
- Input channel selection switches



εικόνα 4

PAYLOAD SWITCHING – CHANNEL SELECTOR

- Output channel selection switches



εικόνα 5

2.2.2. Μεταγωγή Ωφέλιμου Φορτίου

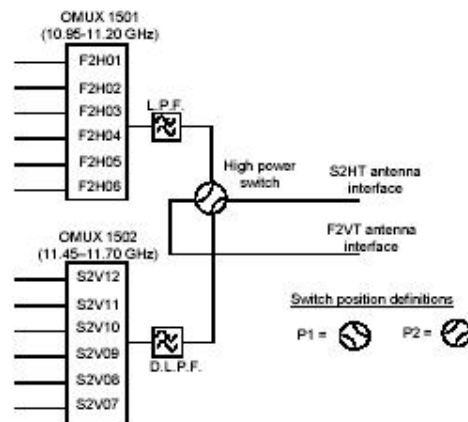
Η μεταγωγή εξόδου (εικόνα 6) επιτρέπει στη δέσμη από 10.95- 11.20 GHz να αλλάξει από την κεραία F2 στην κεραία S2 (κάνοντας ανερχόμενη ζεύξη στη ζώνη διέλευσης 14.00-14.25 GHz) και την ίδια στιγμή η ζώνη 11.45- 11.70 GHz να αλλάξει από την S2 στην κεραία F2. Η ζώνη 13.75- 14.00 GHz μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από τις δύο κεραίες F1 και S1 καθώς και η ζώνη 14.00 -14.25 GHz μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από την F2 και την S2 απαιτώντας ότι ούτε η S1 ούτε η S2 είναι καθοδηγήσιμες στην Ευρώπη.

Από αυτή την άποψη, είναι απαραίτητο να σημειώσουμε ότι λόγω της πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης συχνότητας με μεταγωγή επί του δορυφόρου (on board Switching) είναι πιθανό να έχουμε διαφορετικά σενάρια συνδυασμών δεσμών για να αντεπεξέλθουν στην εισερχόμενη κίνηση μέσα στην κάλυψη του δορυφόρου.

Με άλλα λόγια μπορεί να γίνει μια αλληλοσύνδεση μεταξύ των κεραιών του δορυφόρου. Μπορεί να εξασφαλιστεί μεταξύ της F1 και της S1 , της F2 και της S2, της S1 και της S2, της F1 και της S2 κ.τ.λ.(η αλληλοσύνδεση της F1 και της S1 φαίνεται στην εικόνα 7.)

PAYLOAD SWITCHING – OUTPUT BEAM SWITCH

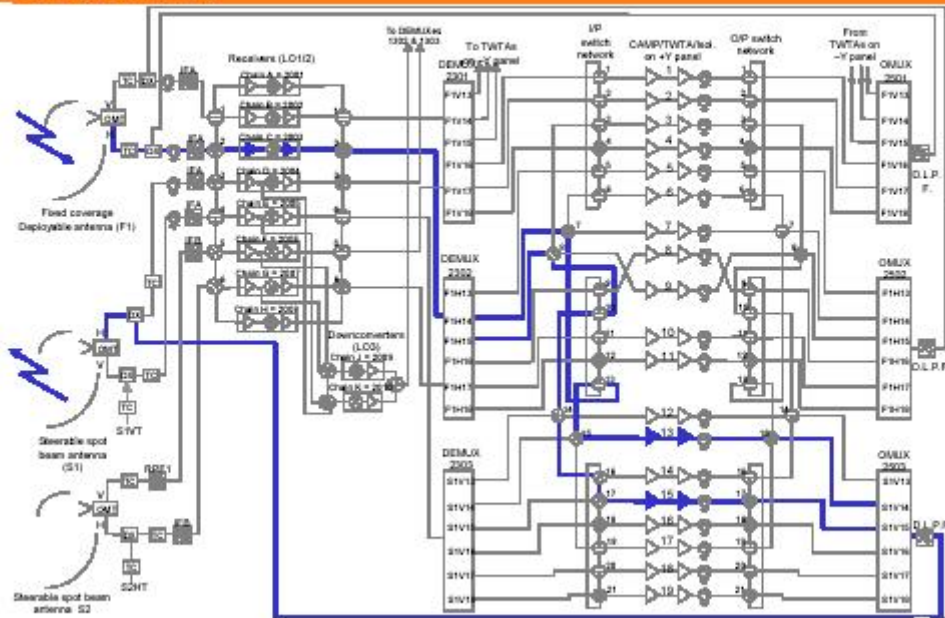
- The output beam switch allows the band 10.95 to 11.20 GHz (from the F2 uplink) to be block switched to the S2 downlink coverage (vertical polarisation).
 - As a result, the band 11.45 to 11.70 GHz (from the S2 uplink) is block switched to the F2 downlink coverage (horizontal polarisation)



εικόνα 6

PAYLOAD SWITCHING – F1 to S1

- Switch configurations to allow an F1 uplink channel to be downlinked on the S1 antenna



εικόνα 7

2.2.3. Redundancy ring (Δακτύλιος Πλεονασμού)

Για να αυξήσουμε την αξιοπιστία του τμήματος διαυλοποίησης, χρησιμοποιούμε συχνά ένα περίπλοκο σύστημα, που ονομάζεται δακτύλιος πλεονασμού (Redundancy ring). Με την διάταξη αυτή, όλα τα κανάλια μοιράζονται ένα μεγάλο πλήθος εγκατεστημένων αλυσίδων.

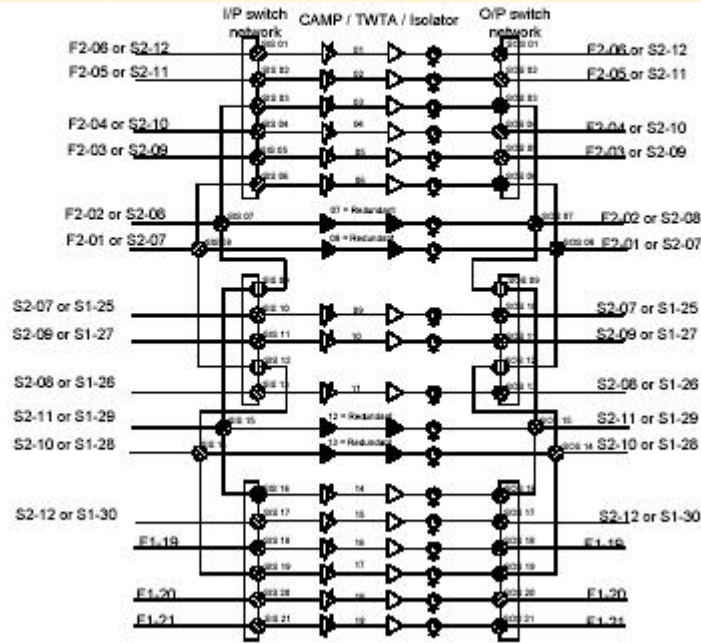
Ο δακτύλιος πλεονασμού παρέχει 19 αλυσίδες ενίσχυσης για 15 κανάλια του TWTA της κάθε πλευράς και είναι διαφορετικός σε κάθε μία. Ο δακτύλιος πλεονασμού παρουσιάζεται στην εικόνα 8 για τον TWTA της πλευράς $-Y$ και στην εικόνα 9 για την πλευρά $+Y$.

Κάθε δακτύλιος πλεονασμού εισόδου και εξόδου χρησιμοποιεί 21 μεταγωγούς που είναι χωρισμένοι σε δύο μπλοκ των 6, ένα μπλοκ των 5 και 4 μονοί μεταγωγοί. Λόγο αυτής της διάταξης ακόμη και αν οι 4 TWTA's της ίδιας πλευράς αποτύχουν ταυτόχρονα δεν θα υπάρξει διακοπή της υπηρεσίας.

Αυτή η διάταξη περιορίζει τον αριθμό των μεταγωγών. Έτσι έχουμε πολλές επιλογές αντικατάστασης των εξαρτημάτων που παρουσίασαν κάποια βλάβη. Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να έχουμε μεγάλη αξιοπιστία στο τέλος της διάρκειας ζωής.

PAYLOAD SWITCHING

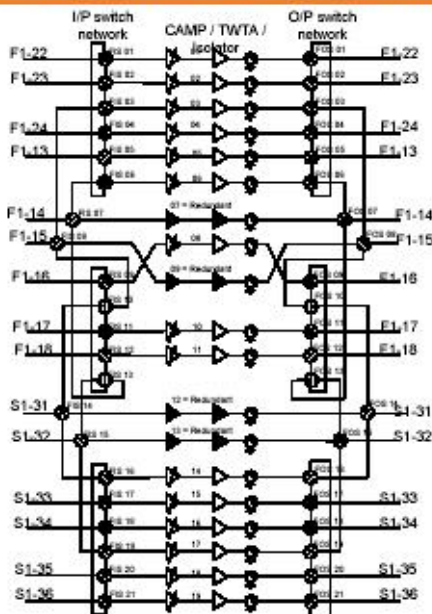
- Redundancy switch network for TWTAs mounted on -Y panel



εικόνα 8

PAYLOAD SWITCHING

- Redundancy switch network for TWTAs mounted on +Y panel



εικόνα 9

2.2.4. Ενίσχυση Απολαβής Επαναλήπτη

Κάθε επαναλήπτης μπορεί να ενισχύσει την απολαβή του. Η ενίσχυση στα κανάλια του επαναλήπτη χρησιμοποιεί έναν προενισχυτή, ο οποίος παρέχει την απαιτούμενη ισχύ για να λειτουργήσει το στάδιο εξόδου. Ο προενισχυτής αυτός που ονομάζεται ενισχυτής καναλιού ή οδηγός ενίσχυσης (channel or driver amplifier, CAMP) συνδέεται με μία συσκευή μεταβλητής απολαβής.

Ο CAMP μπορεί να λειτουργεί με δύο τρόπους:

- **Fixed Gain Mode (FGM)** όπου η απολαβή του CAMP ρυθμίζεται με τηλεχειρισμό. Σε αυτή την κατάσταση έχει 27 steps απολαβή (step 0 ως 26) με μέγεθος step 1.5 +/- 0.3 dB.
- **Automatic Level Control (ALC)** όπου η δύναμη σήματος στην έξοδο του CAMP τίθεται από τηλεεντολές καθώς και το δυναμικό εισόδου μπορεί να κυμαίνεται πάνω από ένα καθορισμένο πεδίο. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας ο CAMP έχει απολαβή 17 steps (0-16) με μέγεθος step 1 +/- 0.25 dB.

Από λειτουργική άποψη, η παραπάνω διάταξη παρέχει ευκαμψία στους χρήστες των επίγειων σταθμών σε περιπτώσεις που ο σταθμός ανερχόμενης ζεύξης είναι οροθετημένος δυναμικά ή εκεί που απαιτείτε να προμηθευτεί επανόρθωση δυναμικού, όταν έχουμε εξασθένιση σήματος.

2.3. BEACONS (Γεννήτρια)

Μια γεννήτρια ζώνης συχνοτήτων Ku- band στην πλακέτα του δορυφόρου, παρέχει ένα σήμα σε μία κεραία παγκόσμιας κάλυψης. Η γεννήτρια Ku- band εκπέμπει ένα σήμα δεξιόστροφα πολωμένο μη διαμορφωμένης συχνότητας στα 11.4515 GHz με μέγιστο EIRP στα 12 dBW μέσα στην ορατή περιοχή του δορυφόρου. Μία απώλεια 3dB είναι αναμενόμενη αν χρησιμοποιείται από το σταθμό γραμμική πόλωση λήψης.

Άλλες συχνότητες της C band απασχολούνται από τους παρακολουθούμενους σταθμούς για τηλεμετρία και διαρρυθμιστικά και χρησιμοποιούνται μόνο από χειριστές του HELLAS SAT για να ελέγχουν τον δορυφόρο.

2.4. Input Power Flux Density (IPDF)

Η IPFD για κορεσμό του κάθε καναλιού υπολογίζεται στην κορυφή της απολαβής της κεραίας του δορυφόρου. Η κορυφή της κορεσμένης πυκνότητας ροής χρησιμοποιείται

μαζί με τον δείκτη ποιότητας της κεραίας G/T για να αυξήσει την απολαβή της κεραίας και την ευπάθεια (βήμα απολαβής) του επαναλήπτη.

Κάθε gain step επαναλήπτη μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα από άλλους και ο κορεσμός μπορεί να υπάρξει ακόμη και σε περιπτώσεις που οι σταθμοί ανερχόμενης ζεύξης είναι οροθετημένοι σε ισχύ για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η IPFD για κορεσμό επαναλήπτη στην κορυφή της απολαβής της κεραίας εκτείνεται μεταξύ -75 και -115 dBW/ m^2 εξαρτώμενη από το gain step του επαναλήπτη, από τις κεραίες που κάθε επαναλήπτης είναι συνδεδεμένος και το συγκεκριμένο TWTA.

Λειτουργικά χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις ρυθμίσεις απολαβής: Χαμηλή (L), Μεσαία (M), και υψηλή (H). Ωστόσο, υπάρχει η πιθανότητα να χρησιμοποιούνται άλλα gain steps εξαρτημένα στην υποστήριξη EIRP του επίγειου σταθμού, την απολαβή του G/T επίγειου σταθμού, την περιοχή που βρίσκεται ο σταθμός, την επιθυμητή ποιότητα κ.τ.λ.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3) παρουσιάζονται οι τιμές κόρου για τις παραπάνω ρυθμίσεις και για κάθε κεραία δορυφόρου.

Gain Step	F1 antenna		F2 antenna		S1 antenna		S2 antenna	
	Peak Gain +8.37 dB/K	Satellite Contour 0 dB/K	Peak Gain +11.10 dB/K	Satellite Contour 0 dB/K	Peak Gain +5.42 dB/K	Satellite Contour 0 dB/K	Peak Gain +5.47 dB/K	Satellite Contour 0 dB/K
5 (L)	-80.26	-71.89	-81.16	-70.06	-78.37	-72.95	-77.32	-71.85
9 (M)	-86.78	-78.41	-87.68	-76.58	-84.89	-79.47	-83.84	-78.37
15 (H)	-96.04	-87.67	-96.94	-85.84	-94.15	-88.73	-93.10	-87.63

πίνακας 3

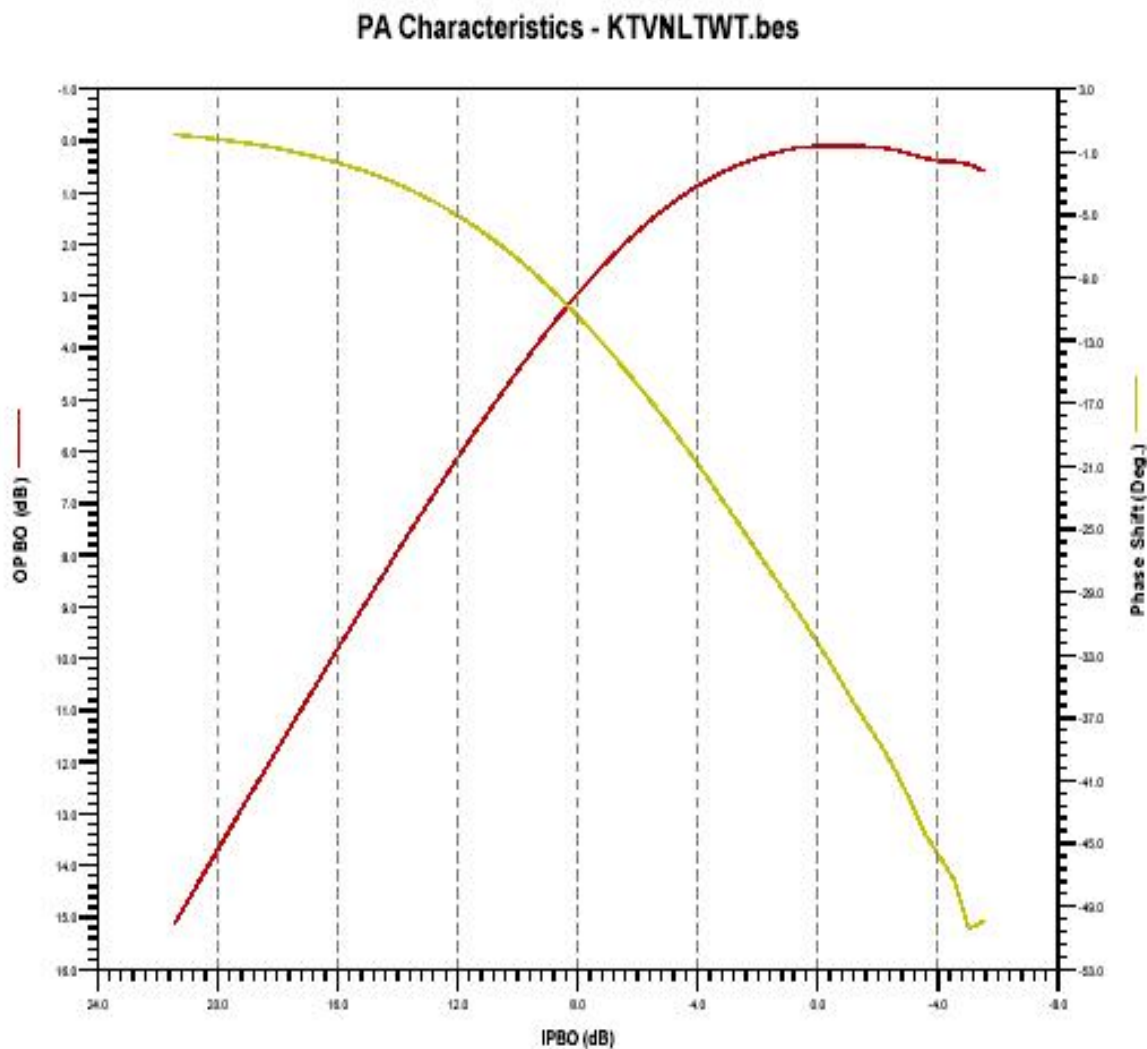
2.5. Χαρακτηριστικά TWTA

Οι ενισχυτές λυχνίας οδεύοντος κύματος (TWTA) λειτουργούν με βάση την αλληλεπίδραση μιας δέσμης ηλεκτρονίων και ενός ραδιοκύματος. Η δέσμη ηλεκτρονίων, που δημιουργείται από μία κάθοδο σε υψηλή θερμοκρασία, εστιάζεται και επιταχύνεται από ένα ζευγάρι ανόδων. Το κύμα μεταδίδεται κατά μήκος ενός ελικοειδούς πηνίου.

Όλοι οι TWTAs που λειτουργούν στους επαναλήπτες του Hellas- Sat 2 παρέχουν μια μέγιστη ισχύ 105 W. Το χαρακτηριστικό μετάδοσης ενός επαναλήπτη TWTΑ είναι ότι βασίζεται σε ακριβείς μετρήσεις και παρέχεται σαν εργαλείο για τον υπολογισμό της αναδίπλωσης ισχύος εξόδου (OBO) όταν η αναδίπλωση ισχύος εισόδου (IBO) του επαναλήπτη από ένα επίγειο σταθμό είναι γνωστό.

Η αναδίπλωση ισχύος εισόδου και εξόδου μετριέται σε dB. Το OBO δηλώνει την διαθέσιμη ισχύ στην έξοδο του TWTΑ όταν ο επαναλήπτης είναι κορεσμένος. Το OBO είναι πολύ σημαντικό για τον υπολογισμό προϋπολογισμού σύνδεσης αφού παρέχει την ισχύ ανά φέρον για ένα ή περισσότερα φέροντα για κατερχόμενη ζεύξη.

Η εικόνα 10 παρακάτω δείχνει την AM-to-AM και την AM-to-PM αλλαγή φάσης των επαναληπτών TWTΑ του Hellas- Sat 2 για ένα απλό μη διαμορφωμένο σήμα.



εικόνα 10

Οι τιμές του σχεδιαγράμματος παρουσιάζονται λεπτομερώς στον πίνακα 4. Η ισχύς εξόδου και η φάση εξόδου είναι ενάντια στην ισχύ εισόδου.

Input back-off (dB)	Output back-off (dB)	Output Phase (Deg)
21.42	15.08	-0.22
21.14	14.79	-0.22
20.73	14.45	-0.06
20.38	14.05	-0.37
20.04	13.58	-0.22
19.48	13.18	-0.06
19.07	12.78	-0.22
18.72	12.43	-0.53
18.37	12.14	-0.69
17.96	11.74	-0.69
17.54	11.34	-1.01
16.99	10.76	-1.16
16.02	9.78	-1.48
15.46	9.38	-1.95
14.22	8.16	-2.90
13.04	7.07	-4.01
12.14	6.38	-4.96
11.73	5.80	-5.27
10.13	4.53	-7.64
9.09	3.73	-9.38
8.12	3.03	-11.28
7.15	2.40	-13.18
6.18	1.83	-15.39
5.21	1.37	-17.76
4.24	0.96	-20.13
3.26	0.62	-22.97
2.71	0.50	-24.40
1.73	0.28	-27.24
1.32	0.22	-28.35
0.76	0.16	-29.93
0.27	0.05	-31.51

πίνακας 4

Όταν ένας αριθμός φορέων ενισχυθούν ταυτόχρονα σε διαφορετικές συχνότητες από τον ενισχυτή ισχύος ενός επαναλήπτη του δορυφόρου ή από μία μετάδοση E/S, η μη γραμμικότητα των ενισχυτών προκαλούν ενδοδιαμόρφωση ,π.χ παραγωγή σημάτων που δεν θέλουμε και ονομάζονται παράγωγα ενδοδιαμόρφωσης (intermodulation products).

Ο αριθμός των intermodulation products αυξάνεται πολύ γρήγορα με τον αριθμό των φορέων εισόδου(για παράδειγμα 3 φέροντα , 9 παράγωγα και για 5 φέροντα 50

παράγωγα ενδοδιαμόρφωσης). Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο τα παράγωγα ενδοδιαμόρφωσης της τρίτης σειράς που πέφτουν εντός της ζώνης συχνοτήτων των επιθυμητών φερόντων είναι σημαντικά.

Για να περιοριστούν τα παράγωγα ενδοδιαμόρφωσης σε εφαρμογές πολυμεταφοράς (FDMA mode) ο TWTA χρειάζεται μια επαρκή οπισθοχώρηση (back-off) π.χ ένα back-off εισόδου 10 dB που αντιστοιχεί σε ένα back-off εξόδου περίπου 4.5 dB. Στην περίπτωση γήινου σταθμού HPAs, το back-off εξόδου που απαιτείται συνήθως είναι (3 ως 8 dB). Όμως η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί με την αξιοποίηση γραμμικοποιητών (linearisers).

Η χρήση των γραμμικοποιητών γίνεται με σκοπό τον περιορισμό της επίδρασης της μη-γραμμικότητας των ενισχυτών. Ενσωματωμένοι στον προενισχυτή οι περισσότεροι γραμμικοποιητές παράγουν παραμόρφωση πλάτους και φάσης του σήματος, με σκοπό να αντισταθμιστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ενισχυτή ισχύος. Για ένα δεδομένο επίπεδο θορύβου ενδοδιαμόρφωσης, ο γραμμικοποιητής επιτρέπει μια ελάττωση στην αναδίπλωση ισχύος. Δηλαδή ο ενισχυτής λειτουργεί πλησιέστερα στον κόρο.

Για τον TWTA του Hellas-Sat 2, σε πολυ-μεταφορά , χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα αποτελέσματα IBO/OBO του πίνακα 5 :

Carrier No	2	3	4	≥5
IBO (dB)	7.0	7.5	8.0	10.0
OBO (dB)	3.2	3.5	3.7	4.8

πίνακας 5

3. ΚΑΛΥΨΗ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγράψουμε την κάλυψη του δορυφόρου Hellas- Sat 2 καθώς θα δούμε και τις περιοχές που καλύπτει κάθε κεραία του ξεχωριστά.

Ο δορυφόρος Hellas- Sat 2 παρέχει 4 κεραίες για λήψη. Οι κεραίες σταθερής κάλυψης F1 και F2 διαφέρουν μόνο στην δόμηση του κεντρικού ανακλαστήρα. Στην πράξη παρέχουν σχεδόν την ίδια κάλυψη στην Ευρώπη, Β. Αφρική και Μ. Ανατολή.

Η κάλυψη που έχει δοθεί στην S1 και στην S2 έχουν επιλεχτεί να καλύπτουν την Ν. Αφρική και την Μ. Ανατολή και ανατολική Ευρώπη. Όμως μπορούν να δρομολογηθούν και να καλύπτουν οποιαδήποτε περιοχή της γης που είναι ορατή, ακολουθώντας τις απαιτήσεις πελατών και τον περιορισμό συχνότητας λειτουργιών του Hellas- Sat 2.

3.1 Σταθερή Κεραία F1

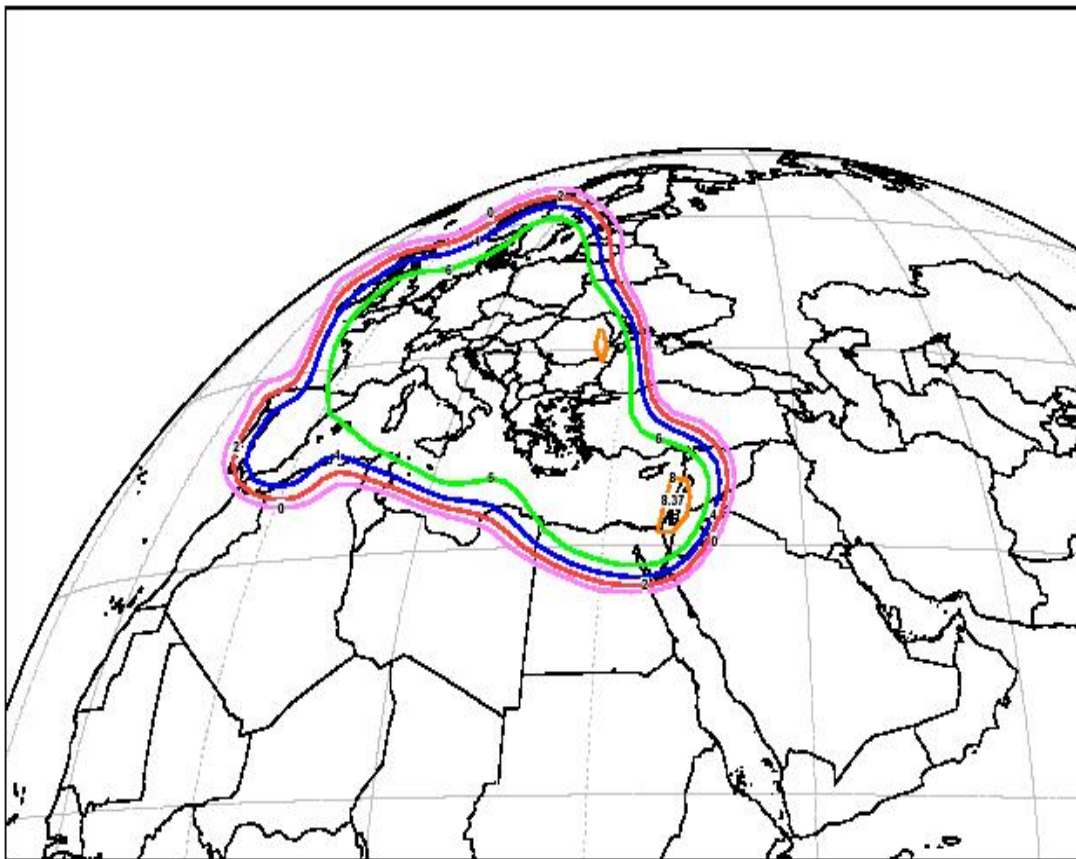


Figure A1-1: F1 Receive coverage, 13.8 GHz, G/T contours

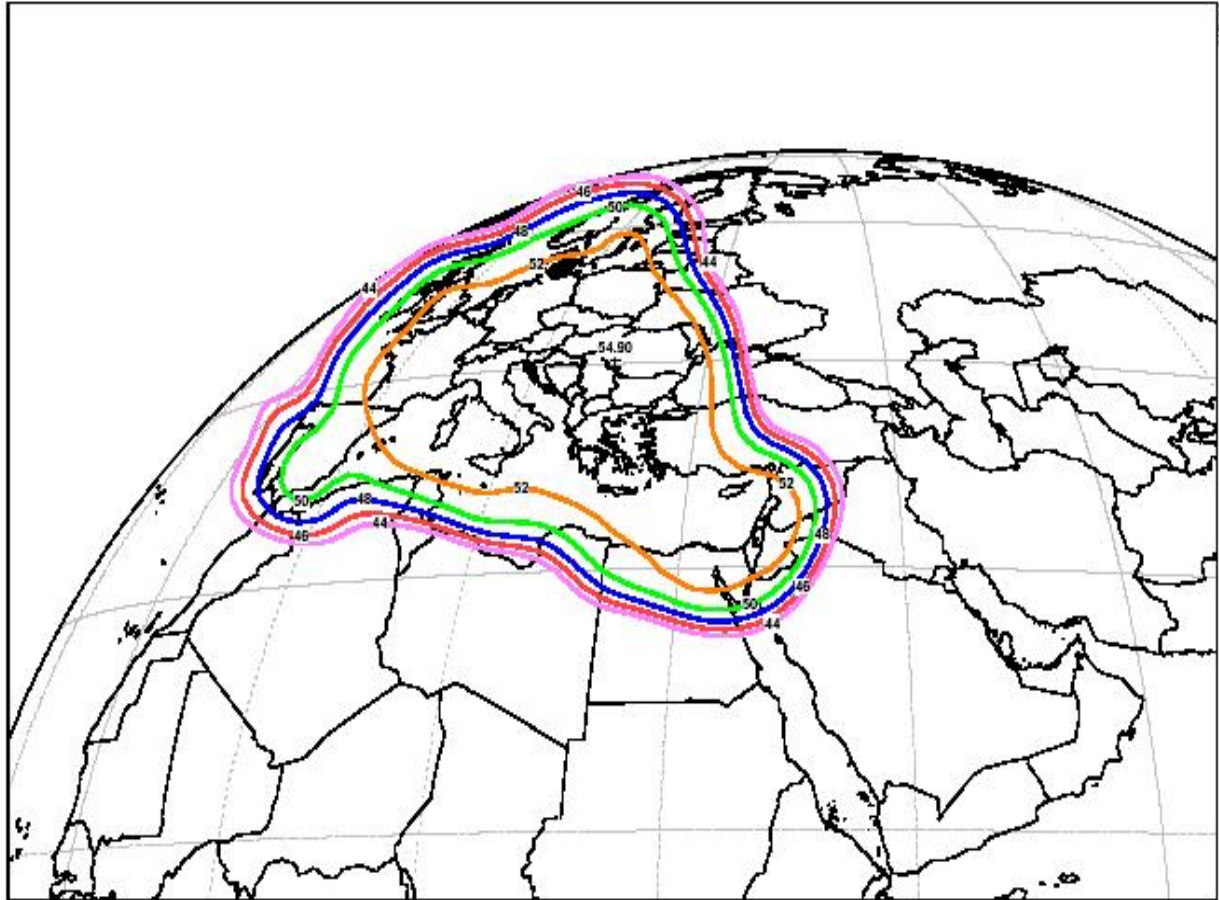


Figure A1-2: F 1 Transmit coverage, 12.5GHz, EIRP contours

εικόνα 12

3.2. Σταθερή Κεραία F2

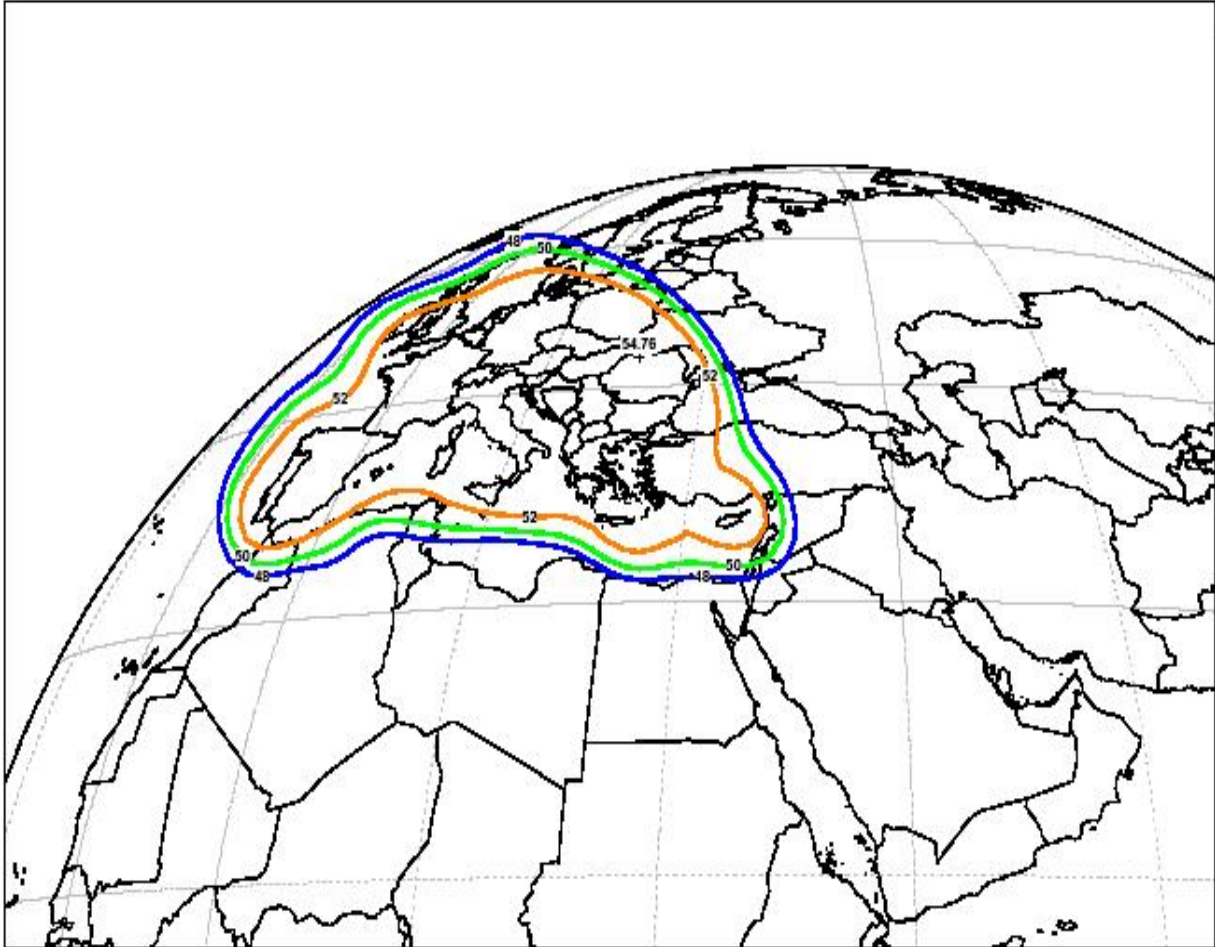


Figure A2-1: F2 Transmit coverage, 11GHz, EIRP contours

εικόνα 13

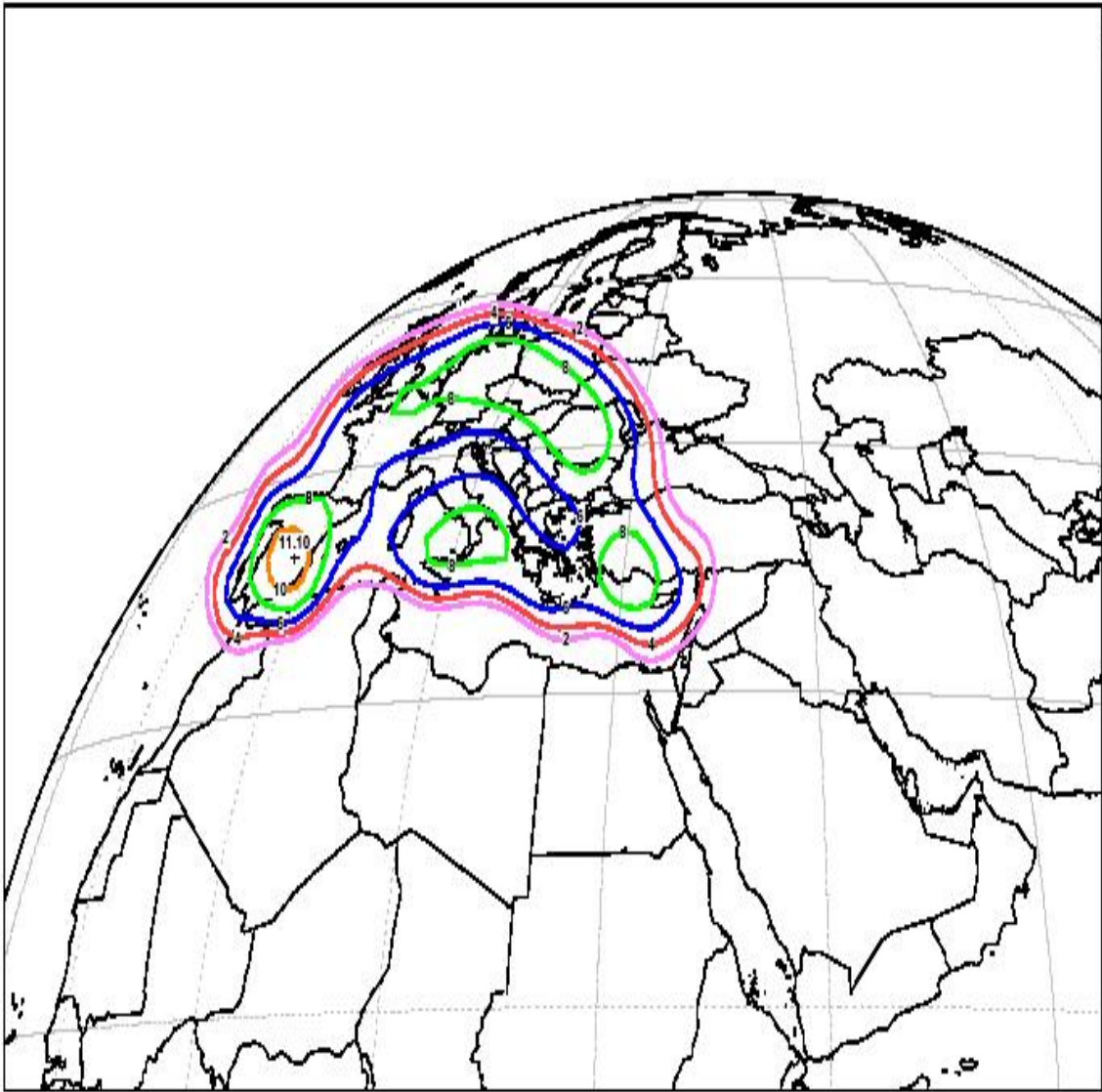


Figure A2-2: F2 Receive coverage, 14GHz, G/T contours

εικόνα 14

3.3. Κατευθυντική κεραία S1

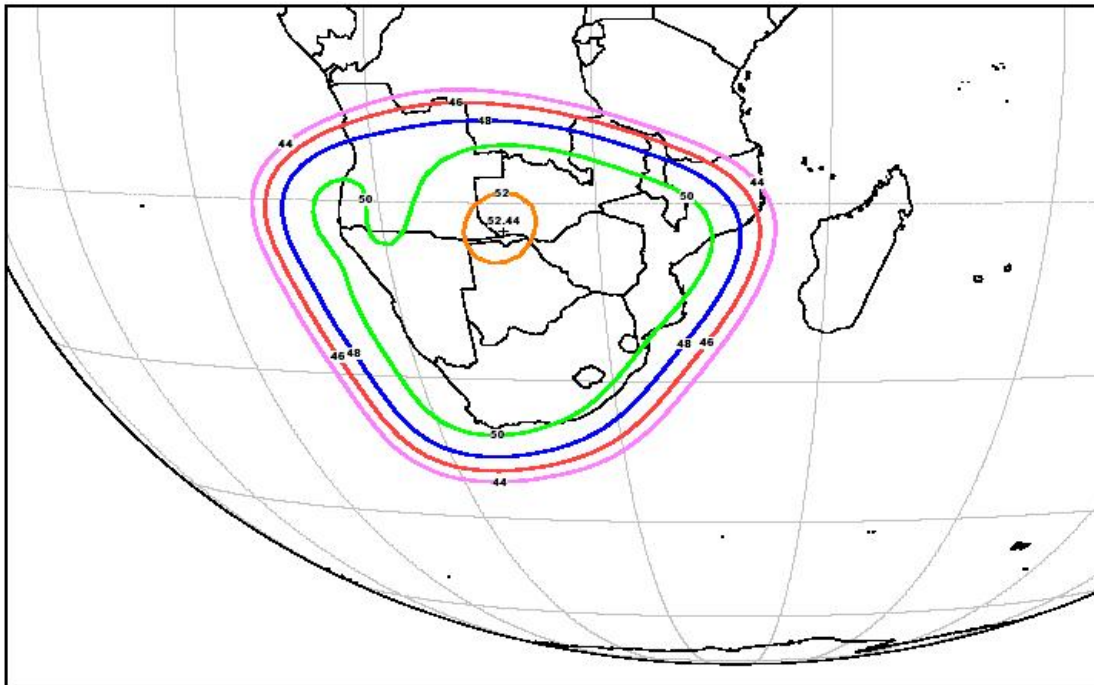


Figure A3-1 : S1 Transmit coverage, 12 GHz, EIRP contours (Provisional coverage of S.Africa)

εικόνα 15

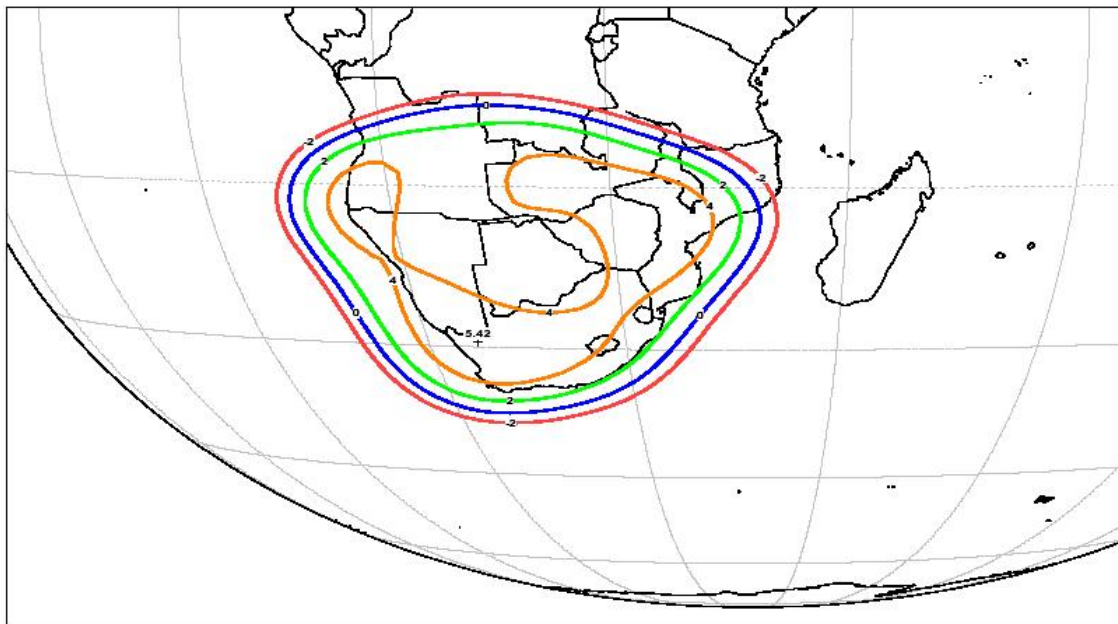


Figure A3-2: S1 Receive Coverage, 13.8 GHz, G/T contours (Provisional coverage of S. Africa)

εικόνα 16

3.4. Κατευθυντική κεραία S2

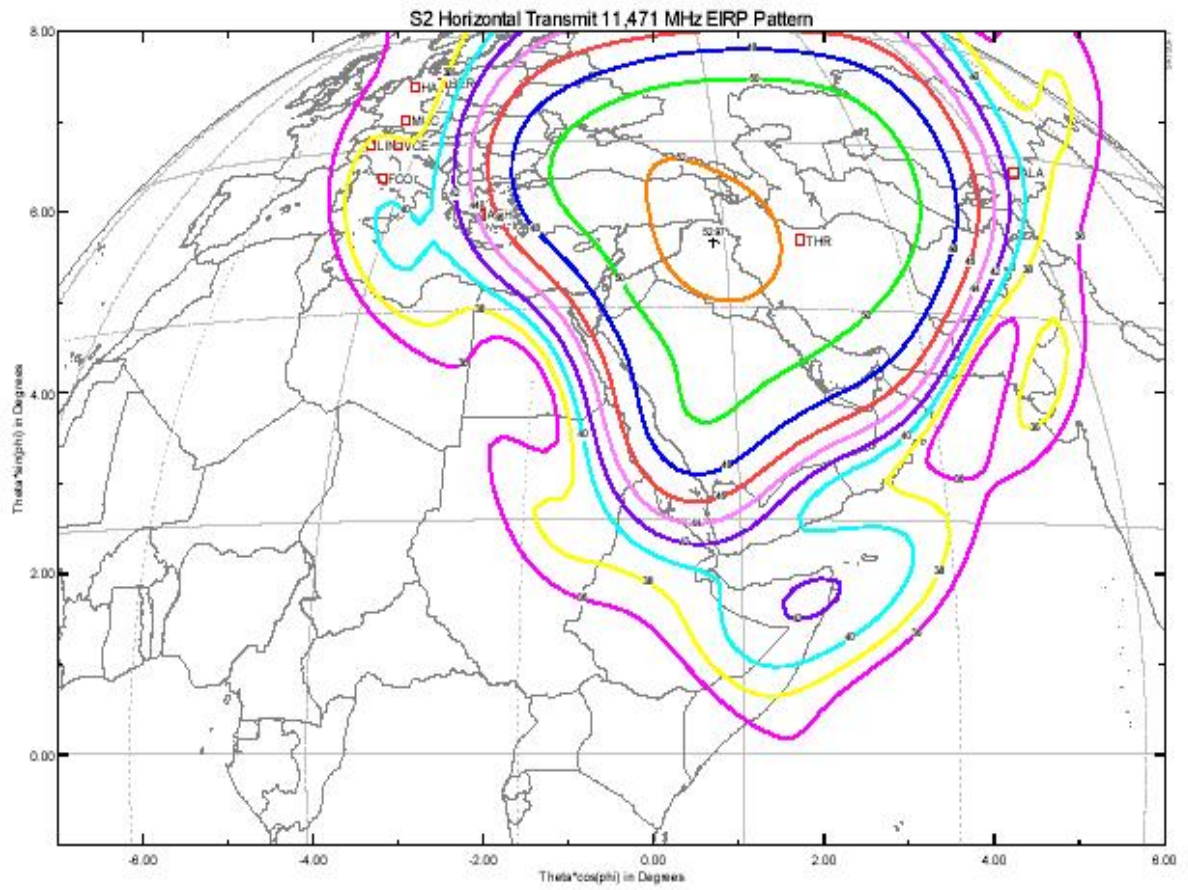


Figure A4-1: S2 Transmit Coverage, 11GHz, EIRP contours

εικόνα 17

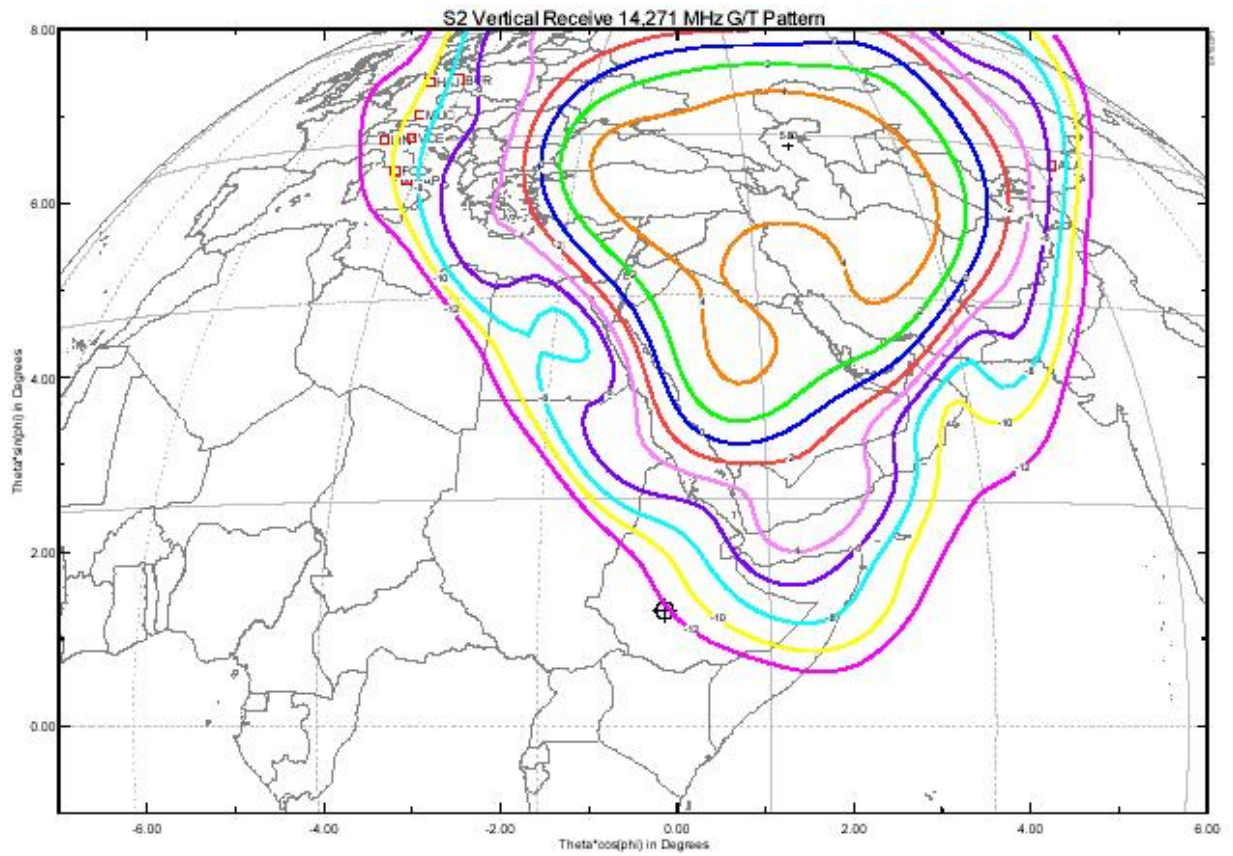


Figure A4-2: S2 Receive coverage, 14 GHz, G/T contours

εικόνα 18

4. Ψηφιακά Φέροντα

Στις δορυφορικές επικοινωνίες και στον δορυφόρο Hellas-Sat 2, τα ψηφιακά φέροντα στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούν διαμόρφωση QPSK ή BPSK σε συνεργασία συνήθως με τη χρήση κάποιου είδους τεχνικής κωδικοποίησης FEC για την βελτίωση της σύνδεσης που διασφαλίζει καλύτερη ποιότητα σε μικρότερη ισχύ. Έχει επίσης σημειωθεί ότι η ανώτερη σειρά (μεγαλύτερη και από την 4-φασική) συστημάτων PSK απαιτεί περισσότερη ισχύ από τα δυφασικά ή τα τετραφασικά συστήματα για να κατορθώσει την ίδια επίδοση. Έτσι η QPSK παρέχει πολύ καλό συγκερασμό ισχύος / εύρους ζώνης.

Οι πιο συνηθισμένες διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται στην ψηφιακή δορυφορική μετάδοση είναι:

- QPSK με συμφασική αποδιαμόρφωση σε συνδυασμό με FEC Rate $\frac{3}{4}$ ή $\frac{1}{2}$.
- BPSK σε συνδυασμό με FEC Rate $\frac{1}{2}$.

Η πιο διαδεδομένη διαμόρφωση φέροντος για ψηφιακή τηλεόραση είναι η QPSK/ FEC $\frac{3}{4}$.

Παρόλ' αυτά , λόγω των πρόσφατων εξελίξεων είναι σύνηθες η χρήση υψηλότερου βαθμού συστημάτων PSK με FEC Rate διαφορετικό των $\frac{3}{4}$ (π.χ $\frac{5}{6}$, $\frac{7}{8}$ κ.α) σε συνδυασμό με νέες τεχνικές κωδικοποίησης όπως η κωδικοποίηση Turbo. Αυτές οι νέες τεχνικές επιτρέπουν υψηλότερο ρυθμό πληροφορίας (π.χ 45 Mbps ή και ψηλότερο) να χωρέσει σε ένα εύρος ζώνης επαναλήπτη 36 MHz που σε άλλη περίπτωση δεν θα ήταν εφικτό.

4.1. Κωδικοποίηση

Οι πιο σημαντικές μέθοδοι κωδικοποίησης FEC στις δορυφορικές επικοινωνίες είναι:

- Η ελικοειδή κωδικοποίηση σε συνεργασία με αποκωδικοποίηση Viterbi που είναι μια στάνταρ τεχνική στις μέρες μας.
- Η αλυσιδωτή κωδικοποίηση που χρησιμοποιεί ένα Reed-Solomon εξωτερικό κώδικα σε αντίθεση με τον εσωτερικό κώδικα Viterbi.

Όλα τα συστήματα κωδικοποίησης συστήνουν ένα προκαθορισμένης έκτασης εύρος ζώνης του φέροντος εξαρτώμενο από το λόγο του FEC, όμως επακολουθούν να επιτύχουν ένα χαμηλό Eb/No για την ίδια ποιότητα (bit error rate).Είναι συνεπώς μια ανταλλαγή που γίνεται μεταξύ επέκτασης εύρους ζώνης και ελάχιστης ισχύος για την ίδια ποιότητα.

Ο πίνακας 6 παρέχει τυπικά παραδείγματα παραμέτρων φερόντων με QPSK διαμόρφωση για σκοπούς σύγκρισης.

Information Bit rate (Mbit/s)	Data rate Including Overhead (Mbit/s)	FEC Ratio	Transmission Rate (Mbit/s)	Transmit Symbol Rate (Mbaud)	Allocated Bandwidth (MHz)
0,64	0,68	$\frac{3}{4}$	0,90	0,45	0,585
2,048	2,170	$\frac{1}{2}$	4,340	2,170	2,821
2,048	2,170	$\frac{3}{4}$	2,886	1,446	1,880
8,448	—	$\frac{3}{4}$	11,235	5,632	7,321
41,250	—	$\frac{3}{4}$	55,000	27,500	36,000
45,000	—	$\frac{3}{4}$	60,000	30,000	39,000

πίνακας 6

Επίσης σημειώνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες τεχνικές όπως μεγαλύτερου βαθμού διαμόρφωσης (π.χ 8PSK) για να αυξήσουν την αποδοτικότητα του επαναλήπτη. Για να επιτευχθεί όμως ένα δεδομένο BER χωρίς κώδικα διόρθωσης λάθους, η 8PSK απαιτεί περίπου 5.5 dB υψηλότερο C/N από την QPSK.

Αυτό σημαίνει ότι το όριο κατερχόμενης ζεύξης θα πρέπει να χαμηλώσει ή θα πρέπει να αυξηθεί το μέγεθος της κεραίας. Παρόλ'αυτά, με την είσοδο ενός νέου κώδικα, που ονομάζεται κώδικας Turbo και αναπτύχθηκε πρόσφατα, μαζί με διαμόρφωση 8PSK μπορούμε να πετύχουμε αύξηση πληροφορίας εξόδου περίπου 35, αφήνοντας την ίδια δορυφορική ισχύ και τις κεραίες λήψης να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τον πίνακα 7.

Modulation Scheme	FEC Code	FEC Rate	Symbol Rate (Mbaud)	Information Rate (Mbps)	Threshold C/N (dB)
QPSK	RSV(*)	5/6	26.67	40.96	7.86
8PSK	Turbo	2/3	28.80	55.20	7.60

(*) Reed-Solomon (204/188) plus Viterbi

πίνακας 7

4.2 Επιδιώξεις Υπηρεσιών

Το E_b/N_0 χρησιμοποιείται για να αποτιμήσει την απόδοση μιας ψηφιακής σύνδεσης. Είναι ορισμένο από την γενική φόρμουλα σαν $E_b/N_0 = C/N_0 - 10 \log (R)$ [dB] όπου E_b είναι η ενέργεια ανά bit (dBW/Hz), N_0 είναι η φασματική πυκνότητα θορύβου (dBW/Hz), C είναι η ισχύς φορέα (dBW) και R είναι ο ρυθμός πληροφορίας bit ή ο ρυθμός μεταφοράς.

Οι τιμές του E_b/N_0 εξαρτάται από το είδος του κώδικα και την απόδοση BER (Ρυθμός Λαθών). Η τιμή E_b/N_0 είναι τιμή όριο και παρουσιάζει το μέγιστο BER που επιτρέπεται στη σύνδεση πριν γίνει μη διαθέσιμη.

Τυπικά οι τιμές BER είναι 10^{-3} για ψηφιακή σύνδεση φωνής και 10^{-6} για σύνδεση με δεδομένα. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι τιμές του E_b/N_0 για διάφορα όρια BER και λόγο FEC.

BER		10^{-4}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-11}
Eb/No (dB)	FEC Ratio 3/4	6.3	8.3	8.9	9.8	7.5	10.3
	FEC Ratio 1/2	5	7	7.5	8.4	6.4	9

πίνακας 8

4.3. Φιλτράρισμα

Τα ψηφιακά σήματα συνήθως μεταφέρονται κοντά το ένα στο άλλο και για να μειώσουμε το ποσό της ενέργειας που φεύγει έξω από το προσδιορισμένο εύρος ζώνης του φέροντος, τα διαμορφωμένα σήματα φιλτράρονται. Τα ψηφιακά σήματα επίσης φιλτράρονται κατά την λήψη για να μειώσουν το μέγεθος του θορύβου και για να απορριφθούν άλλα σήματα έξω από το προσδιορισμένο εύρος ζώνης.

Στην είσοδο του επαναλήπτη, ένα φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων περιορίζει το εύρος ζώνης του θορύβου και παρέχει υψηλή απόρριψη των συχνοτήτων μετάδοσης προς την γη. Στην έξοδο, ένα φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων εξαλείφει τις αρμονικές που δημιουργούνται από τα μη γραμμικά στοιχεία και απομονώνει ακόμη περισσότερο την είσοδο και την έξοδο του επαναλήπτη. Τα φίλτρα αυτά θα πρέπει να προκαλούν όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες εισόδου στα ωφέλημα συστήματα. Οι υψηλές απώλειες φίλτρου εισόδου υποβαθμίζουν το δείκτη ποιότητας (G/T) του επαναλήπτη και οι απώλειες εξόδου του φίλτρου μειώνουν την ιστροπική ισχύ ακτινοβολίας (EIRP).

5. Τεχνολογία VSAT και εφαρμογές

Τα δίκτυα VSAT (Very Small Aperture terminal) παρέχουν πρόσβαση χαμηλού κόστους σε υπηρεσίες δορυφορικών τηλεπικοινωνιών . Ένας σταθμός VSAT είναι ένας επίγειος μικροσταθμός που χρησιμοποιεί τις πιο σύγχρονες καινοτομίες των δορυφορικών επικοινωνιών έτσι ώστε να επιτρέπει στους χρήστες να παρέχονται με υπηρεσίες ισοδύναμες με αυτές των μεγάλων πυλών και επίγειων δικτύων.

Ένα τυπικό VSAT αποτελείται από επικοινωνιακό εξοπλισμό και μια κεραία με διάμετρο από 0.6m ως 1.2 m όσο στην περίπτωση ζώνης Ku-band.Οι χρήστες του VSAT προτιμούν τους δορυφόρους Ku-band απ' ότι τους C-band επειδή τους επιτρέπει να ελαττώνουν την επένδυση χρησιμοποιώντας μικρότερες κεραίες. Η εισαγωγή της ζώνης συχνοτήτων Ka θα επιτρέψει τη χρήση μικρότερων ακόμα κεραιών και θα δώσει ακόμα μεγαλύτερη ικανότητα μετάδοσης δεδομένων.

Τα δίκτυα VSAT παρέχουν τους χρήστες με απλό εξοπλισμό που απαιτεί ελάχιστη εγκατάσταση και επισκευή. Είναι εύκολο να τα χειριστεί και απλά να εντοπιστεί βλάβη και να επισκευαστεί. Η εγκατάσταση του VSAT δεν απαιτεί προσωπικό με εκτεταμένη εμπειρία.

Η απαιτούμενη ισχύ για κάθε VSAT είναι χαμηλή και συνεπώς είναι πιθανό ,αν απαιτείται, να παρέχεται ισχύ μέσω ηλιακών πυρήνων. Η εγκατάσταση του VSAT μπορεί να διαρκέσει μερικές ώρες.

Τα τερματικά του VSAT είναι κυρίως μέρος ενός δικτύου, με ένα μεγαλύτερο επίγειο σταθμό όπου εξυπηρετεί σαν master σταθμός ή αλλιώς ονομάζεται “ Hub”. Ο hub έχει την λογική να ελέγχει την λειτουργία του δικτύου, το σχηματισμό και την κίνηση.

Ένας hub αποτελείται από εξοπλισμό RF (Ραδιοσυχνότητας), τον εξοπλισμό VSAT και την διασύνδεση του χρήστη. Σε κάποια δίκτυα ο ρόλος του hub είναι προσδιορισμένος σε ένα τερματικό VSAT και σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο προαναφέρεται να λειτουργεί hublessly.

Από την μεριά εφαρμογής, τα δίκτυα VSAT προσφέρουν ένα μεγάλο αριθμό δυνατοτήτων και πλεονεκτημάτων όπως:

- Μεγάλο αριθμό εφαρμογών (Τηλεϊατρική, Τηλεκπαίδευση, τηλεφωνία σε απομακρυσμένες περιοχές κ.α)
- Γρήγορη παράταξη δικτύου (καταστάσεις καταστροφών, στρατιωτικές εφαρμογές).
- Διευκόλυνση στην ανάπτυξη δικτύων ακολουθώντας τη γρήγορη ανάπτυξη της αγοράς.
- Αξιοπιστία και ευκολία συντήρησης.

- Συναγωνιστικό κόστος και πιο αποτελεσματικό από τα εδαφικά δίκτυα.
- Αξιοπίστη 24^h λειτουργία με την υποστήριξη του Hellas Sat Operations Center.

5.1 Τοπολογίες Δικτύου

Υπάρχουν 3 ειδών τοπολογίες για VSAT δίκτυα: Αστέρα (Star), Πλέγματος (Mesh) και Μικτά (Mixed).

Στην τοπολογία αστέρα κάθε τερματικό VSAT λαμβάνει και μεταδίδει μόνο και προς το hub. Το μέγεθος κίνησης των τερματικών δρομολογείται μέσω του hub χρησιμοποιώντας ένα δορυφορικό διπλό hop. Τα αποτελέσματα αυτά σε ειδικές δορυφορικές έρευνες είναι επιβεβλημένα από το διπλό hop και σε διπλασιασμό της καθυστέρησης από το ένα VSAT στο άλλο αλλά από την άλλη η μεγάλη απολαβή κεραίας του hub επιτρέπει να ελαχιστοποιείται το μέγεθος των τερματικών. Η τοπολογία αυτή ταιριάζει καλύτερα σε μονόδρομες εφαρμογές (διανομή της πληροφορίας).

Στην τοπολογία πλέγματος όλα τα τερματικά μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους κατευθείαν και συνεπώς δεν χρειάζεται hub για να ελέγχει την κίνηση. Ωστόσο, τα τερματικά πρέπει να έχουν την επαρκή υποστήριξη EIRP και υψηλότερο G/T από την τοπολογία αστέρα για να επιτρέπουν μια άμεση επικοινωνία. Ο χειρισμός του δικτύου και ο έλεγχος κίνησης διασφαλίζεται από τα ίδια τα τερματικά. Η τοπολογία αυτή συνιστάται για εφαρμογές φωνής όπου η εκτεταμένη καθυστέρηση δεν μπορεί να ανεχτεί.

Στη μικτή τοπολογία επιτρέπεται σε μία ομάδα τερματικών να επικοινωνούν μεταξύ τους με Mesh τοπολογία και σε άλλους με Star. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι κάποια τερματικά με μεγαλύτερη ζήτηση κίνησης μπορούν να εξυπηρετηθούν με πλέγμα για να ελαττώσουν το κόστος που μπορεί να επιφέρει ένα hub και να εξοικονομήσουν δορυφορικούς πόρους. Το υπόλοιπο δίκτυο μπορεί να επικοινωνεί με οποιοδήποτε από αυτά τα μεγάλα τερματικά ή μεταξύ τους μέσω τοπολογίας αστέρα.

5.2. Εφαρμογές για φωνή, δεδομένα και video

Τα δίκτυα VSAT χρησιμοποιούνται για εγχώρια και /ή για διεθνής εφαρμογές καθώς προσφέρουν έναν μεγάλο αριθμό λύσεων για τις περισσότερες τηλεπικοινωνιακές απαιτήσεις.

Τα VSAT είναι κατάλληλα για πολλές εφαρμογές που ευρέως φθίνουν σε δύο κατηγορίες: μονόδρομες εφαρμογές ή broadcasting και αμφίδρομες εφαρμογές ή interactive.

Το **broadcasting** είναι η απλούστερη εφαρμογή VSAT και εφαρμόζεται σε φωνή, δεδομένα και video μεταδίδοντας από ένα κεντρικό σταθμό (μπορεί να είναι ο hub) και λαμβάνοντας από ένα μικρό δεκτή (μόνο) VSAT. Οι τελικοί χρήστες μπορεί να χρησιμοποιήσουν ένα επιστρεφόμενο κανάλι μέσω PSTN για να έχει πρόσβαση στο broadcaster και να θέσει την αίτηση του.

Το απαιτούμενο ελεύθερο τμήμα εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της πληροφορίας που μεταφέρεται και είναι άσχετο από τον αριθμό των τερματικών VSAT. Το μέγεθος της πληροφορίας και συνεπώς το εύρος ζώνης του δορυφόρου εξαρτάται από την εμβέλεια των υπηρεσιών που προσφέρεται από τον προμηθευτή υπηρεσιών:

- Απόθεμα και ποσότητα πληροφορίας, δελτίο καιρού, αποτελέσματα αγώνων και εκφώνηση ήχου μπορούν να χρησιμοποιούν όχι περισσότερο από 64 Kbit/s.
- Video για διάσκεψη ή ψυχαγωγία και κατανομή για Internet χρειάζονται υψηλής ταχύτητας δορυφορικά κανάλια (από 384 Kbit/s ως 40 Mbit/s για Internet downloading)

Εφαρμογές interactive επιτρέπουν αμφίδρομη επικοινωνία στα τερματικά VSAT. Η μεταφορά από το σταθμό hub στο VSAT καλείται “ outbound” καθώς η μεταφορά από το VSAT στο hub “inbound”. Αυτή η εφαρμογή καλύπτει δεδομένα, φωνή, video και υψηλής ταχύτητας point-to-point υπηρεσίες.

A. interactive υπηρεσίες δεδομένων

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει μια αναζήτηση πληροφορίας από το ένα τερματικό και μια διαδοχική απάντηση από ένα άλλο τερματικό. Μερικές εφαρμογές είναι:

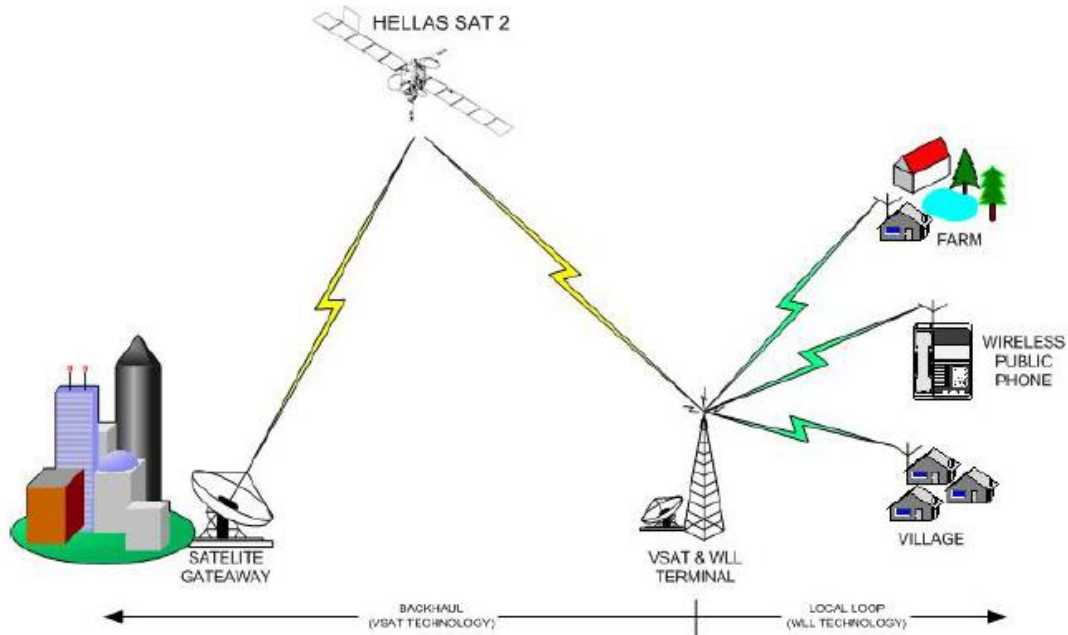
- Μεταφορά αρχείων για τράπεζες(από γραφεία σε διοικητικά κέντρα) αποθέματα μεσιτών κ.α.
- Σταθμοί αερίων, ATM, διοίκηση των πωλήσεων για μαγαζιά, κρατήσεις, και αιτήσεις επιβεβαίωσης (γραφεία ταξιδιού κ.α) .
- Ανάκτηση δεδομένων παραγγελίας από απόσταση λόγω ευαισθησίας σε γεωτρήσεις πετρελαίου, γκάζι και ηλεκτρονικές βιομηχανίες.

B. Υπηρεσίες Φωνής

Η κατηγορία αυτή περιέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Υπηρεσίες φωνής για ιδιωτικά δίκτυα και συνεταιρισμούς.
- Υπηρεσίες φωνής για να επεκτείνουν τις PSTN ευκολίες σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές.

Ο συνδυασμός του VSAT και WLL (Wireless Local Loop) μπορεί να επεκτείνει τη βασική τηλεφωνία σε μέρη που άλλες τεχνολογίες δεν είναι εφικτές σε κόστος. Η εικόνα 19 παρουσιάζει ένα παράδειγμα εφαρμογής φωνής.



εικόνα 19

Η συσκευή VSAT εξοπλίζεται με λιγότερα από 10 δορυφορικά κανάλια και ένας ασύρματος τοπικός βρόγχος (WLL) βασικού σταθμού μπορεί να εξυπηρετεί ένα αριθμό εκατοντάδων τηλεφώνων. Τα δημόσια τηλέφωνα είναι ασύρματα και τους παρέχεται ισχύ από ηλιοσυσσωρευτές. Αυτή η εφαρμογή είναι μια εύκολη και αποτελεσματικού κόστους λύση για να επεκταθεί η βασική τηλεφωνική υπηρεσία σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η απαραίτητη υποδομή δεν υπάρχει.

Γ) Εφαρμογές Video

Πρόσφατες τεχνικές συμπίεσης μας δίνουν την δυνατότητα για διάσκεψη με Video σε ρυθμούς δεδομένων τόσο χαμηλούς όσο τα 64 Kbit/s. Ωστόσο, ένας ρυθμός 384 Kbit/s είναι η καλύτερη ανταλλαγή ανάμεσα σε ποιότητα και κόστος.

Οι χρήστες του VSAT εφαρμόζουν outbound video στα 384 Kbit/s και inbound στα 64 Kbit/s που εγκυάτε καλή ποιότητα και εξοικονόμηση κόστους αντίστοιχα.

Η τηλειατρική είναι μια εφαρμογή που είναι κατάλληλη για απομακρυσμένες περιοχές που, σε περιπτώσεις ιατρικής ανάγκης, ο τοπικός γιατρός χρειάζεται βοήθεια από ένα κεντρικό νοσοκομείο. Όλα τα δεδομένα που αφορούν την κατάσταση του ασθενή μπορούν να μεταδοθούν κατευθείαν στο νοσοκομείο για να εκτιμηθούν και ο γιατρός μπορεί να εκπαιδευτεί ανάλογα. Είναι πιθανό να υλοποιηθεί και χειρουργείο σε πραγματικό χρόνο σε ένα νοσοκομείο χρησιμοποιώντας την εμπειρία ειδικευμένων γιατρών από άλλες χώρες. Ο απαιτούμενος ρυθμός bit για τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι από 384 Kbit/s ως 3 Mbit/s.

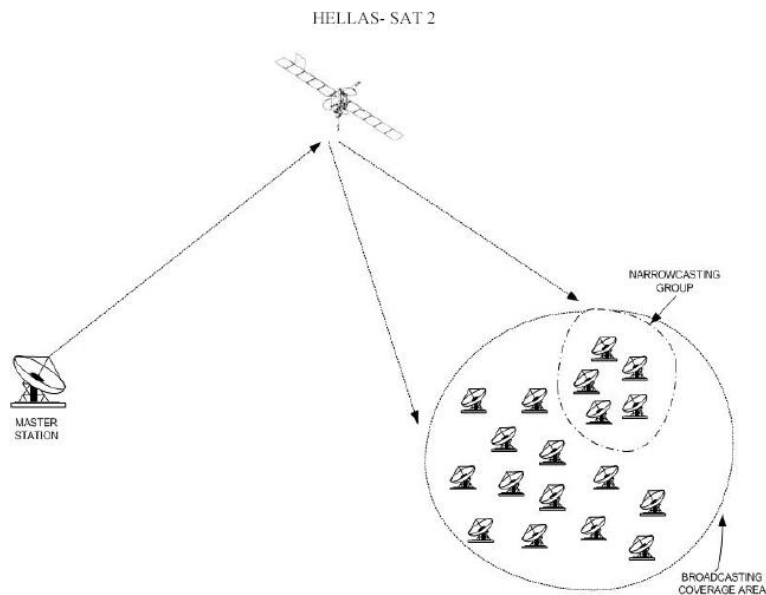
Δ) Point-to-Point υψηλής ταχύτητας

Αυτά τα δίκτυα έχουν μικρό αριθμό VSATs και μπορεί να φτάσουν τα 2 Mbit/s. Χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους διαθεσιμότητας, ασφάλειας και /ή οικονομίας όταν έρχονται σε σύγκριση με χερσαία δίκτυα.

Ε) Υπηρεσίες Broadband (ευρείας ζώνης)

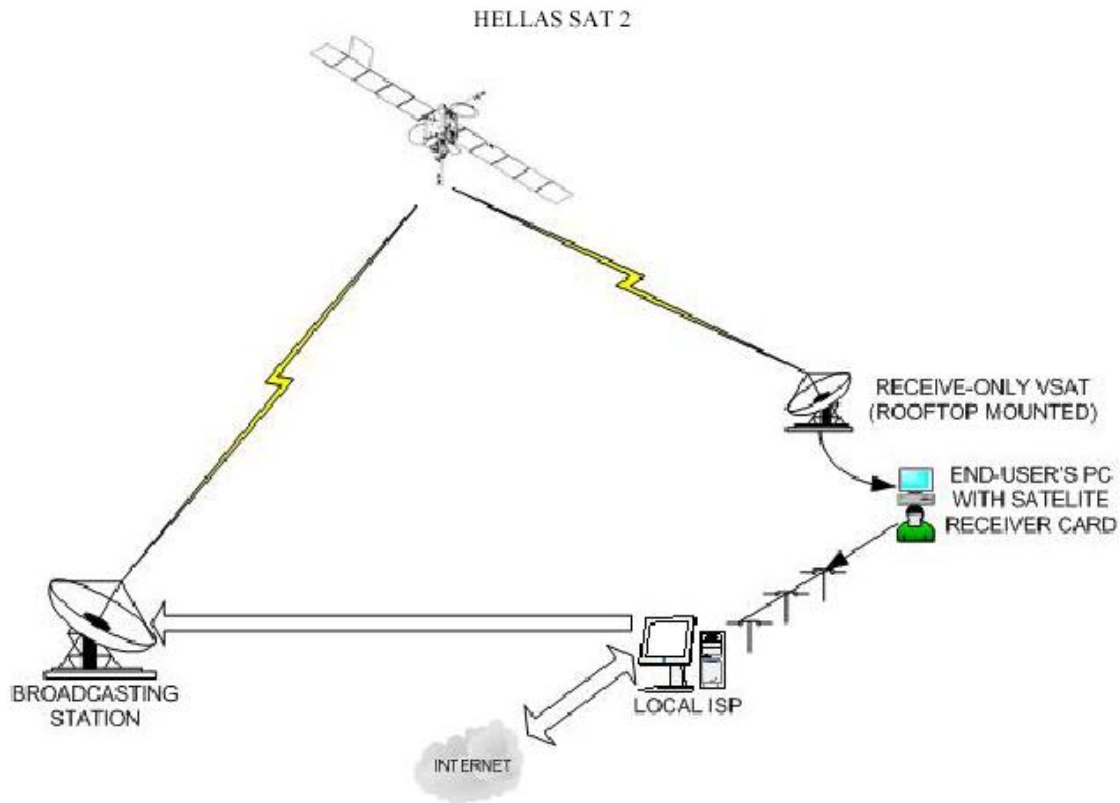
Τα σύγχρονα αναπτυσσόμενα συστήματα που βασίζονται στο DVB-RCS δίκτυο (Digital Video Broadcasting- Return Channel System) παρέχει αλληλοσύνδεση στους χρήστες που ανταλλάσσουν εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.

Η προαναφερόμενη σύνδεση (από το hub στο δορυφόρο) βασίζεται σε ένα DVB-MPEG2 τύπο φορμαρίσματος (π.χ 45 Mbps) και η σύνδεση επιστροφής (από το τερματικό του χρήστη στο hub) χρησιμοποιεί ένα Multi- Frequency TDMA επιτρέποντας αμφίδρομη ανταλλαγή μεγάλου μεγέθους δεδομένων (πάνω από 2 Mbps ή και περισσότερο ανά μεταφορά) ανάμεσα στους χρήστες. Το δίκτυο σχεδιάστηκε για να εξυπηρετεί χιλιάδες χρήστες ταυτόχρονα.



εικόνα 20

Μονόδρομες ή Broadcasting εφαρμογές όπου ο broadcaster ελέγχει η πληροφορία να λαμβάνεται από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες VSAT. Συχνά, ο τελικός χρήστης χρησιμοποιεί τις δημόσιες τηλεφωνικές γραμμές σαν κανάλι επιστροφής για να θέσει το αίτημα του π.χ σε ένα χορηγό τηλεοπτικού προγράμματος.



εικόνα 21

Οι εφαρμογές Internet μέσω δορυφόρου χρησιμοποιούν δέκτες μόνο VSATs και υπάρχοντες γραμμές. Τα ISP κατεβάζουν την απαιτούμενη πληροφορία μέσω ενός υψηλής ταχύτητας δορυφορικό κανάλι.

5.3. Πρωτόκολλα Προσπέλασης

Για την υλοποίηση VSAT δικτύων, υπάρχουν διαφορετικά πρωτόκολλα.

- **FDMA:** είναι η απλούστερη προσπέλαση που χρησιμοποιείται από τα VSATs επιτρέποντας το δίκτυο να μοιράζεται την χωρητικότητα του δορυφόρου χρησιμοποιώντας μια διαφορετική θέση συχνότητας για κάθε φέρον. Τα φέροντα δεν χρειάζεται να έχουν την ίδια ενέργεια ή εύρος ζώνης, αλλά το άθροισμα τους πρέπει να είναι μέσα στην προσδιορισμένη χωρητικότητα.
- **TDMA:** επιτρέπει στους χρήστες να προσπελάσουν την προσδιορισμένη χωρητικότητα με τη μέθοδο time-share. Σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, σε αντίθεση με την FDMA τεχνική, ολόκληρο το εύρος ζώνης και η ενέργεια χρησιμοποιείται από ένα χρήστη (φορέα), και συνεπώς παρέχει ιδιαίτερα λειτουργικά πλεονεκτήματα από την FDMA.

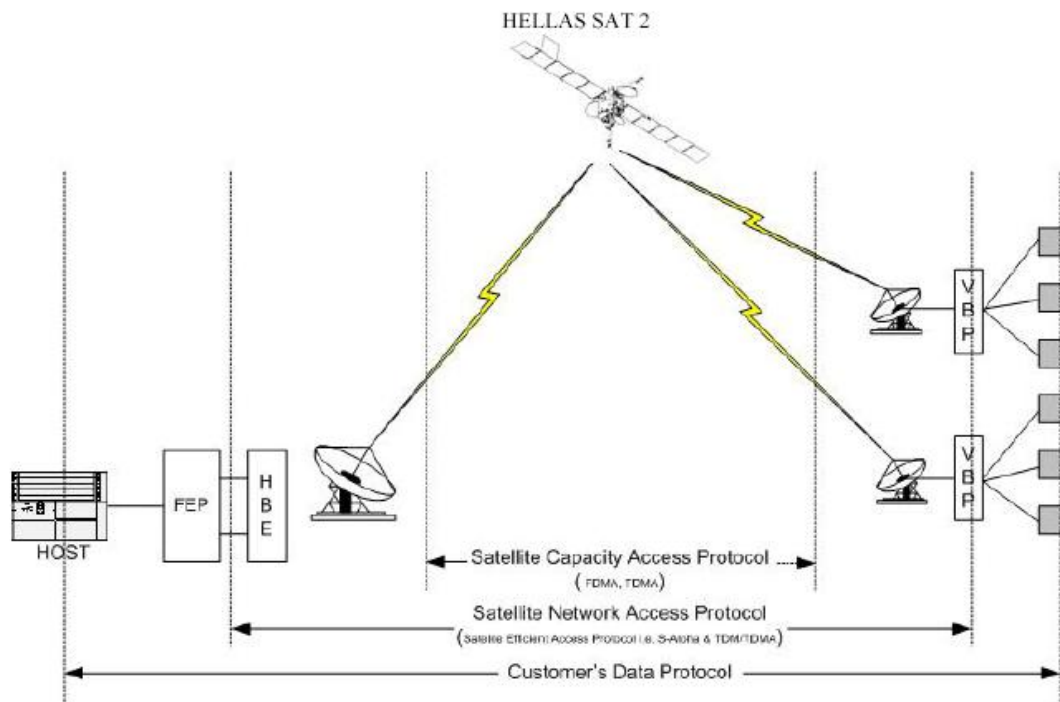
- **CDMA:** είναι η Τρίτη τεχνική προσπέλασης όπου όλοι οι VSATs μεταδίδουν ταυτόχρονα με το ίδιο εύρος ζώνης, ενέργεια και συχνότητα.

Τα πρωτόκολλα προσπέλασης σε δορυφορικά δίκτυα συνήθως συνδυάζουν δύο τεχνικές προσπέλασης χωρητικότητας δορυφόρου με κάποιου είδους έλεγχο κίνησης.

Υπάρχουν δύο συνήθως χρησιμοποιημένα πρωτόκολλα δορυφορικής προσπέλασης που χρησιμοποιούν συνδυασμό. Αυτές είναι η **TDM/TDMA** και η **SCPC/DAMA**.

Η **TDM/TDMA** χρησιμοποιεί ένα μόνο φέρον TDM για την κίνηση outbound για να μεταφέρει πληροφορία από το hub στα VSATs. Τα VSATs χρησιμοποιούν TDMA για να προσπελάσουν τα inbound φέροντα. Η προσπέλαση TDM/TDMA είναι ένας συνδυασμός FDMA και της TDMA.

Η **SCPC/DAMA** χρησιμοποιεί ένα μονό κανάλι ανά φέρον για να διαβιβάσει την κίνηση. Όταν υπάρχει κίνηση, οι φορείς προσδιορίζονται σε ζεύγη, ένα από το hub στο VSAT και το άλλο από το VSAT στο hub για το κανάλι επιστροφής.



εικόνα 22

Τα πρωτόκολλα προσπέλασης και δικτύου είναι υπεύθυνα για την αποδοτικότητα της εφαρμογής

6. Υπηρεσίες HellasSat2

Οι κυριότερες από τις υπηρεσίες που θα παρέχει, είναι:

- Δορυφορική μετάδοση Audio/Video κωδικοποιημένη ή μη κωδικοποιημένη
- Μόνιμη σύνδεση
- Ευκαιριακή σύνδεση SNG (Satellite News Gathering)
- Δορυφορικές υπηρεσίες Fast Internet
- Μονοσημειακή μετάδοση (unicast)
- Πολυσημειακή μετάδοση (multicast)
- VSAT ΔΙΚΤΥΑ
- Εξυπηρέτηση δικτύων τηλεφωνίας
- Μεταφορά ραδιοτηλεοπτικών προγραμμάτων (Distribution-Contribution)
- Εκπομπή ραδιοτηλεοπτικών προγραμμάτων προς το κοινό (Direct to Home Broadcasting)
- Εξυπηρέτηση δικτύων δεδομένων
- Εξυπηρέτηση κλειστών δικτύων επιχειρήσεων Δημοσίου (για φωνή, δεδομένα ή εικόνα)
- Ενοικίαση χωρητικότητας
- Ενοικίαση ολόκληρου αναμεταδότη (Full Transponder)
- Ενοικίαση μέρους της χωρητικότητας αναμεταδότη (Fractional Transponder)

Επιπλέον υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας με την χρήση κατάλληλης υποδομής:

- Τηλε-ιατρική: Δυνατότητα διασύνδεσης νοσοκομείων ανά την επικράτεια με ένα κεντρικό κόμβο.
- Τηλε-εκπαίδευση: Δυνατότητα παρακολούθησης εκπαιδευτικών σεμιναρίων ή πανεπιστημιακών διαλέξεων από απομακρυσμένα σημεία ή σε χώρες όπου δεν υπάρχει η κατάλληλη επίγεια τηλεπικοινωνιακή υποδομή.

Άλλες εφαρμογές:

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

7. Δορυφορικό Internet

7.1. Εισαγωγή

Η εταιρεία HELLAS SAT στα πλαίσια της νέας δορυφορικής υπηρεσίας Hellas Sat net!, η οποία παρέχει πρόσβαση στο internet από κάθε σημείο της Ελλάδας και της Ευρώπης, ξεκίνησε από τις 28 Νοεμβρίου 2005 σε συνεργασία με την OTE Academy στις Σχολές του ΟΤΕ στο Ψαλίδι, την εκπαίδευση των τεχνικών/εξουσιοδοτημένων συνεργατών για την εγκατάσταση του απαραίτητου τεχνικού εξοπλισμού. Η εκπαίδευση κρίνεται απαραίτητη προκειμένου οι κατά τόπους εγκαταστάτες να πιστοποιούνται από την HELLAS SAT έτσι ώστε να παρέχουν με τη σειρά τους στους χρήστες τις ανωτέρω υπηρεσίες και εγκαταστάσεις αξιόπιστα και σύμφωνα πάντα με τις διεθνείς προδιαγραφές.

Η εκπαίδευση η οποία πραγματοποιείται από εξειδικευμένους τεχνικούς της HELLAS SAT, αφορά την εγκατάσταση και ευθυγράμμιση του δορυφορικού κατόπτρου, τη σύνδεση του με την εσωτερική μονάδα (δορυφορικό modem), τη διαμόρφωση και παραμετροποίηση του δορυφορικού modem. Παράλληλα με το θεωρητικό μέρος της εκπαίδευσης υπάρχει και πρακτική άσκηση κατά την οποία υλοποιείται η εγκατάσταση του τερματικού εξοπλισμού και επιλύονται επί τόπου όλα τα προβλήματα που αναφύονται κατά την εγκατάσταση.

Μετά το πέρας της διδακτικής διαδικασίας οι εκπαιδευόμενοι τεχνικοί υποβάλλονται σε γραπτές εξετάσεις και λαμβάνουν βεβαίωση για την εγκατάσταση των τερματικών της νέας υπηρεσίας της HELLAS SAT που θα φέρει νέα δεδομένα στο τηλεπικοινωνιακό τοπίο της χώρας μας και ειδικά στις απομακρυσμένες περιοχές.



εικόνα 23,24

7.2. Τι είναι το Δορυφορικό Internet

Η παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών (broadband) με υψηλές ταχύτητες επιτυγχάνεται μέσω του Δορυφορικού Internet (Internet over Satellite). Το Δορυφορικό Internet απευθύνεται κυρίως σε επαγγελματίες, μικρομεσαίες επιχειρήσεις ή άλλους χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ως μέσο λήψης και εκπομπής μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω web. Το δορυφορικό Internet μπορεί να υποστηρίξει ένα πλήθος εφαρμογών όπως είναι η Τηλεκπαίδευση, Τηλεϊατρική, VoIP, Web-browsing, Video Broadcasting/Multicasting over IP, Αυτόματες Ταμειακές Μηχανές (ATM), διασύνδεση λογισμικού ERP, εγκατάσταση WiFi Hot Spots κ.τ.λ σε όλη την Ελλάδα ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών ή περιοχής.

Ειδικά για επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε απομακρυσμένες περιοχές ή νησιωτικά συμπλέγματα ή Βαλκανικές και Ευρωπαϊκές χώρες, ενδέχεται να αποτελέσει ιδιαίτερα συμφέρουσα λύση καθώς στις περιοχές αυτές είτε υπάρχει έλλειψη αντίστοιχων επίγειων υποδομών όπως για παράδειγμα το ADSL που αποτελεί τον κύριο τρόπο ευρυζωνικής σύνδεσης είτε δεν υπάρχει διεθνής διασύνδεση που να δίνει ικανοποιητική ταχύτητα σε προσιτές τιμές.

7.3. Τα πλεονεκτήματα

Λόγω του μεγάλου εύρους κάλυψης που έχει ο δορυφόρος Hellas SAT 2, επιτρέπεται η σύνδεση απομακρυσμένων σημείων με υψηλές ταχύτητες ακόμα και σε σημεία που δεν υπάρχει επίγεια υποδομή μέσα σε μερικές ώρες και αυτό αποτελεί σοβαρό πλεονέκτημα αν ληφθεί υπόψη το υψηλό κόστος το οποίο απαιτείται για τη δημιουργία επίγειας υποδομής.

Ένας άλλος λόγος που καθιστά την υπηρεσία Hellas SAT net! ιδανική λύση, είναι ότι με την τεχνολογία DVB-RCS είναι πολύ εύκολο να σταλεί το ίδιο μήνυμα σε πολλαπλούς χρήστες (multicast υπηρεσίες), το video on demand, VoIP (Voice over IP), Video conference κ.λ.π. Σε αυτού του είδους τις εφαρμογές αν και ο όγκος των δεδομένων είναι πολύ μεγάλος, μπορεί όμως να εξυπηρετηθεί από τις μεγάλες ταχύτητες του internet over satellite.

7.4. Τεχνική περιγραφή λειτουργίας Δορυφορικού Internet

Η αμφίδρομη σύνδεση που παρέχεται από την υπηρεσία Hellas SAT net! ανεξαρτητοποιεί εντελώς τον χρήστη. Ο χρήστης επικοινωνεί αμφίδρομα μέσω ενός κεντρικού HUB με άλλους χρήστες και μπορεί να κατεβάζει δεδομένα web-browsing να έχει όλες τις υπηρεσίες Διαδικτύου (Internet, Web Browsing, e-mail, video on demand, VoIP, Teleconferencing, Telemedicine, Telecommuting, Virtual Private Network, IP cameras κ.λ.π.). Αυτός ο τρόπος σύνδεσης λύνει τα χέρια σε εταιρείες και σε ιδιώτες σε ότι αφορά τις επίγειες τηλεφωνικές γραμμές ή γραμμές δεδομένων data.

Εδώ ο απαιτούμενος εξοπλισμός αποτελείται από το δορυφορικό modem (συγχρόνως λειτουργεί και ως IP router), ένα υπολογιστή και το δορυφορικό κάτοπτρο με διάμετρο συνήθως 90cm. Ο χρήστης αποστέλλει τα δεδομένα ενθυλακωμένα σε DVB-MPEG2 data stream. Η εκπομπή γίνεται στην ζώνη Ku (13.75-14.5GHz) με λήψη από (10.95-12.75 GHz). Η ισχύς κατά την εκπομπή είναι της τάξεως του 2-4 Watt. Η υπηρεσία έχει την δυνατότητα για ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων στο download από 512 Kbit/sec μέχρι και 45 Mbit/sec ενώ στο Upload από 128Kbit/sec μέχρι και 8Mbit/sec.

Επειδή ο δορυφόρος «βλέπει» όλη την Ευρώπη, και την λεκάνη της Μεσογείου, η Υπηρεσία που προτείνεται να ξεκινήσει εντός της επόμενης εβδομάδας η Hellas SAT μπορεί να λύσει όλα τα προβλήματα ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα. Ήδη έχουν ξεκινήσει οι εγκαταστάσεις στην πιλοτική φάση λειτουργίας της υπηρεσίας και έχουν σήμερα Internet μεγάλων ταχυτήτων από τον ουρανό ιχθυοκαλλιέργειες, εργοτάξια, απομακρυσμένα εργοστάσια, επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

Σε πρώτη φάση παρέχονται στο κοινό οι εξής υπηρεσίες:

- 512 kbps/256 kbps
- 1 Mbps /256 kbps
- 1 Mbps /512 kbps
- 2 Mbps /512 kbps

Επίλογος

Με τις δορυφορικές συνδέσεις το άτομο μπορεί να ταξιδεύει εικονικά οπουδήποτε στον κόσμο και να έχει πρόσβαση σε όλες τις επικοινωνιακές ανέσεις ασχέτως της κατάστασης που βρίσκεται η τηλεπικοινωνιακή υποδομή της χώρας του.

Η δημιουργία του Satellite Industry Force Task στην Αμερική αλλά και τα λόγια του δόκτορος John Gibbons , «οι δορυφόροι και τα δίκτυα που αυτοί θα δημιουργήσουν θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της επικοινωνίας. Αυτοί θα παράγουν ανεκτές συνδέσεις στο παγκόσμιο δίκτυο στις πιο απομακρυσμένες γωνίες του πλανήτη (κινητές επικοινωνίες) και θα συνδέσουν τα υπάρχοντα επίγεια δίκτυα» , δείχνουν μια τάση για ενσωμάτωση των δορυφορικών δικτύων στο σύνολο της παγκόσμιας δικτυακής υποδομής, αλλά και την μετεξέλιξή τους ως σημαντικού παράγοντα στις επικοινωνίες του μέλλοντος.

Τα πιο σημαντικά προβλήματα που έχει να παρουσιάσει τόσο η ασύρματη όσο και ειδικότερα η δορυφορική επικοινωνία και δικτύωση είναι:

- α.** η σύνδεση είναι υψηλά επιρρεπής σε λάθη εξαιτίας περιβαλλοντικών συνθηκών (βροχές όταν η συχνότητα του κύματος είναι 8GHz), παρεμβολών από την ηλιακή ακτινοβολία και τις εκπομπές από την ανάφλεξη των οχημάτων (καθυστερούν τα σήματα και έτσι προκαλείται καθυστέρησή τους)
- β.** η επίτευξη και δημιουργία τέτοιου υλισμικού και λογισμικού που να γίνεται άριστη διαχείριση της ενέργειας και του εύρους συχνοτήτων
- γ.** η ασφάλεια των δεδομένων κατά την μετάδοση
- δ.** η έλλειψη προτυποποίησης
- ε.** η ύπαρξη πιο γρήγορων και απλουστευμένων διαδικασιών διόρθωσης των λαθών και αντιμετώπιση της αργοπορίας στη μετάδοση

Όλα τα παραπάνω τείνει να τα αντιμετωπίσει έρευνα πάνω στα διάφορα επίπεδα της επικοινωνίας (μοντέλα OSI και TCP/IP) με βελτιστοποίηση τόσο των πρωτοκόλλων επικοινωνίας όσο και με εξέλιξη του υλισμικού.

Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι σε τοπικό επίπεδο η X εταιρία μπορεί να είναι δικτυωμένη καλωδιακά (τα διάφορα τμήματά της) αλλά για την επικοινωνία της με άλλο παράρτημα της το οποίο βρίσκεται πολύ μακριά, μπορεί να συνδέεται μέσω δορυφόρου.

Ακόμη δεν έχει επιτευχθεί (δεν είναι αρκετά οικονομικό αυτή τη στιγμή) η πλήρης δορυφορική δικτύωση όλων των μερών της εταιρίας.

Τέλος τα είδη των υπηρεσιών τα οποία μπορούν αν υποστηριχτούν μέσα από την δορυφορική δικτύωση είναι η διεπαφή μέσα από και με τα:

- World Wide Web, Intenet (email, voice mail, ftp κ.α)
- Ψηφιακές πληροφοριακές υπηρεσίες
- Τηλεπικοινωνίες, τηλεόραση (θεματική, ψηφιακή)
- Παρατήρηση - εξερεύνηση του διαστήματος
- Tele-conference, video-conference, τηλεργασία, τηλεκπαίδευση, multimedia κ.α
- Groupware
- Electronic data interchange

Στο παγκόσμιο επικοινωνιακό στερέωμα που τείνει να ικανοποιήσει οποιαδήποτε σταθερή ή κινητή ζήτηση για επικοινωνία η επίτευξη της διασυνδεσιμότητας και της συμβατότητας μεταξύ των δικτύων αλλά και η αύξηση του μεριδίου στις παγκόσμιες επικοινωνιακές εφαρμογές των αντίστοιχων δορυφορικών είναι επιτακτικές ανάγκες.

Βιβλιογραφία

Βιβλία - άρθρα – φυλλάδια

- Ansari N., Liu D., 1995, Performance evaluation of a new neural network-based traffic management scheme for a satellite communication network, *Neurocomputing*, vol. 8, issue 3, pp. 263-282
- Άρθρα: **α.** Telecommunications, **β.** Communications Satellite, **γ.** Geographic Information System, **δ.** Journalism, **ε.** Meteorology, *Microsoft® Encarta® 96 Encyclopedia*. © 1993- 1995 Microsoft Corporation. Funk & Wagnalls Corporation
- Elbert B.R, 1997, The satellite communication applications handbook, Boston, MA: Artech House
- Ενημερωτικό Δελτίο ΓΓΕΤ, Σεπτέμβριος 1996, σελ. 36-38
- Foley T., 1998, Commercial Spacefarers, *AirForce Magazine*, vol. 81, no. 12
- Laudon K.C., Laudon J.P., 1998 (5th edition), *Management information systems : new approaches to organization and technology*, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall
- Parker C.S., 1995, Πληροφορική το παρόν και το μέλλον, Αθήνα, Φλώρος
- Pipar F.J.R, Del Campo A.F., et al, 1998, Multimedia systems based on satellite technology, *Computer Network and ISDN Systems*, vol. 30, issue 16-18, pp. 1543-1549
- SS18 για το Internet των ουρανών του Bill Gates, *Περιοδικό RAM*, Μάρτιος 1997, τχ. 101, σελ. 22-23
- Tanenbaum A., 1996 (3rd edition), *Computer Networks*, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall
- G Maral, M.Bousquet, 3^η Έκδοση 2000, *Satellite Communications Systems, Systems, Techniques and Technology*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- OTE, Hellas-Sat 2 Satellite Handbook, Μάρτιος 2004.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- <http://ctd.grc.nasa.gov>
- <http://leonardo.jpl.nasa.gov>
- <http://pericles.ee.duth.gr/elect/ergastiria.htm>
- <http://satvision.gr/mainpage.html>
- <http://tcpsat.lerc.nasa.gov/tcpsat>
- <http://www.att.com/press>
- <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain>
- <http://www.cs.berkeley.edu/~randy/Courses/>
- <http://www.de.infowin.org/>
- <http://www.direcpc.com/index2.html>
- <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood>
- <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/T.Ors/atmsat>
- <http://www.europa.eu.int>
- <http://www.inmarsat.org/inmarsat>
- <http://www.intersat.gr>
- <http://www.isr.umd.edu/CSHCN/>
- <http://www.globalstar.com/>
- <http://www.nova.gr>
- <http://www.techweb.com/wire/story/TWB19980213S0014>
- http://www.aneews.gr/sat_internet.htm
- <http://www.hellas-sat.net/index>
- http://www.sdtv.gr/encyclopedia/sat_tv.asp