



ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΓΓΡΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΛΙΑΠΕΡΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ

: ΝΑΣΕΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

**ΘΕΜΑ: “Μελέτη και προσομοίωση δορυφορικής ζεύξης
πολλαπλών αλμάτων (multihop) ”**



Ευχαριστώ τον κ. Λιαπέρδο από την αρχή έως και το τέλος της πτυχιακής μου εργασίας για την βοήθεια του και υποστήριξη του ως επιβλέπων καθηγητής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη

1. Εισαγωγή

- 1.1. Γενική περιγραφή
- 1.2. Ιστορική αναδρομή

2. Αρχιτεκτονική

- 2.1. Τρόπος επικοινωνίας - χαρακτηριστικά
- 2.2. Τροχιές δορυφόρων
 - 2.2.1. Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO)
 - 2.2.2. Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO)
 - 2.2.3. Γεωσυνγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)
 - 2.2.4. Δορυφόροι υψηλής ελλειπτικής περί τη γη τροχιάς (HEO)
- 2.3. Συστοιχίες δορυφόρων
- 2.4. ATM σε δορυφορικά δίκτυα
- 2.5. Πρωτόκολλα για δορυφορική επικοινωνία στο DLL (Data Link Layer)
 - 2.5.1. Εισαγωγή
 - 2.5.2. Polling
 - 2.5.3. ALOHA
 - 2.5.4. FDMA (Frequency Division Multiple Access)
 - 2.5.5. TDMA (Time Division Multiple Access)
 - 2.5.6. PRMA (Packet Reservation Multiple Access)
 - 2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access)
 - 2.5.8. Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσης
 - 2.5.9. Επίλογος
- 2.6. Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα (Network Layer)
 - 2.6.1. Δρομολόγηση (routing task)
 - 2.6.2. Κινητό IP (mobile IP)
 - 2.6.3. Διαμόρφωση χάρτη δικτύου (map configuration task)
 - 2.6.4. Ευρείας εκπομπής δρομολόγηση (broadcast routing)
 - 2.6.5. Πολυδιανομή (multicasting)

3. Διαχείριση

- 3.1 *Εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυα*
 - 3.1.1. *Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική*
 - 3.1.2. *Αεροναυτική*
 - 3.1.3. *Telemammography*
 - 3.1.4. *Ποιοτικές υπηρεσίες*
- 3.2. *MPEG-2 Advanced Audio Coding*
- 3.3. *Πρωτόκολλα διαχείρισης (στα επίπεδα 4 και πάνω του OSI)*
 - 3.3.1. *Ανάπτυξη πρωτοκόλλων TCP*
 - 3.3.2. *Ανάπτυξη πρωτοκόλλων HTTP*
 - 3.3.3. *Εξομοίωση-προσομοίωση δικτύου*
- 3.4. *Ασφάλεια δικτύου*

4. Εσωτερικές διαδικασίες δορυφορικών δικτύων

5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα

- 5.1. *Υβριδικά δίκτυα*
 - 5.1.1. *Δίκτυα VSAT*
 - 5.1.2. *Δίκτυα SATIN*
- 5.2. *Δορυφορικά δίκτυα με ATM*
- 5.3. *Μελλοντικές εξελίξεις*

6. Δορυφορικές υπηρεσίες

- 6.1 *Δορυφορικό Internet*
- 6.2 *GPS (Global Positioning System)*
- 6.3 *Δορυφορική τηλεόραση*
- 6.4 *Δορυφορικό τηλέφωνο*
- 6.5 *Δορυφορικό ραδιόφωνο*

7. Πρακτική εμπειρία χρήσης δορυφορικών δικτύων

- 7.1. *Διεθνής εμπειρία*
- 7.2. *Ελληνική εμπειρία*
 - 7.2.1. *Δημόσιοι Φορείς*
 - 7.2.2. *Παροχή πακέτων δορυφορικών υπηρεσιών*
 - 7.2.3. *Παροχή Internet μέσω δορυφόρου*

8. Hellas Sat Net

- 8.1 *Δορυφορικές υπηρεσίες*
- 8.2 *Τεχνολογία DVB-RCS*
- 8.3 *Απαιτούμενος εξοπλισμός*

9. Προσομοίωση δορυφορικής ζεύξης πολλαπλών αλμάτων με χρήση S.T.K

10. Επίλογος

11. Βιβλιογραφία

12. Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Περίληψη

Είναι γεγονός ότι η εξέλιξη των κοινωνιών του μέλλοντος θα περάσει μέσα από τα δίκτυα και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Όλοι μας έχουμε ακούσει για το Internet II αλλά και για τις ερευνητικές προσπάθειες (που αφορούν όλα τα επίπεδα του OSI) για την βελτιστοποίηση των επικοινωνιών και της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των χρηστών του παγκόσμιου διαδικτύου.

Στις προσπάθειες αυτές εντάσσεται και η δραστηριότητα ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιών μέσω δορυφορικών συνδέσεων και δικτύων. Ήδη από την εκτόξευση του πρώτου ενεργού επικοινωνιακού δορυφόρου του Score το 1958 από τις ΗΠΑ (Microsoft Encarta 96 Encyclopedia) έχουν περάσει πολλά χρόνια, και σήμερα σημαντικό κομμάτι της έρευνας γίνεται στις δορυφορικές επικοινωνίες, αφού οι ανάγκες για την μεταδιδόμενη πληροφορία απαιτούν μεγαλύτερες ταχύτητες και μεγαλύτερο εύρος ζώνης συχνοτήτων (η χρήση δορυφόρων το αντιμετωπίζει αυτό).

Έτσι παρακάτω γίνεται μια ανάλυση των εξελίξεων στο πεδίο της δικτύωσης των δορυφόρων και της επικοινωνίας μέσω αυτών (εφαρμογές).

Στο πρώτο τμήμα της εργασίας αναλύεται η τεχνολογία και ο τρόπος λειτουργίας των δορυφόρων. Γίνεται επίσης αναφορά σε κάποια ιστορικά στοιχεία και στις σημερινές πραγματικότητες.

Στο δεύτερο τμήμα αναλύεται η αρχιτεκτονική που διέπει τους δορυφόρους και το δορυφορικό δίκτυο, τόσο σε επίπεδο τροχιάς (LEO, GEO, MEO), συστοιχιών αλλά και σε επίπεδο πρωτοκόλλων επικοινωνίας των δεδομένων (PRMA, CDMA κ.α.) αλλά και της δρομολόγησης αυτών (κινητό IP, multitasking κ.α.).

Στο τρίτο τμήμα της εργασίας αναφέρονται οι ποιοτικές υπηρεσίες που η σύγχρονη εποχή απαιτεί (τηλε-ιατρική, τηλε-εκπαίδευση, βιντεοεπικοινωνία, telemammography κ.α) και τις οποίες οι δορυφόροι προσφέρουν ή ενδέχεται να προσφέρουν. Ακόμη αναλύεται το ενδεδειγμένο πρωτόκολλο μεταφοράς TCP για τις δορυφορικές επικοινωνίες αλλά και άλλα που διευκολύνουν τις εφαρμογές και τους τελικούς χρήστες για την επίτευξη της επικοινωνίας.

Στο τέταρτο μέρος γίνεται αναφορά στους ελέγχους που πρέπει να υπάρχουν και οι οποίοι υφίστανται με την παρουσία στα διάφορα επίπεδα του OSI εφαρμογών και αλγορίθμων, ώστε η επικοινωνία και η μετάδοση δεδομένων να γίνεται με αξιόπιστο τρόπο.

Στο πέμπτο μέρος υπάρχει αναφορά στα σύγχρονα υβριδικά και μη δορυφορικά δίκτυα (VSAT, SATIN και ATM) τα οποία δίνουν άλλη διάσταση στις επικοινωνίες του μέλλοντος αλλά και παρατίθενται κάποιες απόψεις για το μέλλον των δορυφορικών συνδέσεων και

επικοινωνιών.

Στο έκτο τμήμα της εργασίας γίνεται μια αναφορά για τις υπηρεσίες που προσφέρει ο δορυφόρος και πώς τις χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας.

Στο έβδομο τμήμα αυτής της εργασίας παραδείγματα εταιριών ελληνικών και ξένων που χρησιμοποιούν ή παρέχουν πρόσβαση σε δορυφορικά δίκτυα.

Στο όγδοο τμήμα αναφέρομαι για τον ελληνικό δορυφόρο Hellas Sat Net για τον εξοπλισμό του, τις πληροφορίες κ διάφορα άλλα στοιχεία

Τέλος παρατίθενται στο ένατο τμήμα μια προσομοίωση δορυφορικής ζεύξης πολλαπλών αλμάτων με τη χρήση S.T.K .

1. Εισαγωγή

1.1. Γενική περιγραφή

Από το παρελθόν, όταν υπήρχε μόνο το τηλεφωνικό δίκτυο μέχρι σήμερα, που η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών είναι αλματώδης υπήρχε η ανάγκη για σύνδεση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων διαφορετικών χωρών. Ένας από τους τρόπους επίτευξης αυτής της σύνδεσης είναι τα δορυφορικά δίκτυα, που αποτελούν δίκτυα εκπομπής ευρείας περιοχής. Η χρήση των δορυφόρων στην μετάδοση πακέτων δεδομένων σήμερα βρίσκεται σε άνθιση και χρησιμοποιούνται συνήθως στα δίκτυα WAN (Wide Area Networks) παρέχοντας το βασικό κορμό (backbone) στη σύνδεση μεταξύ γεωγραφικά απομακρυσμένων LAN's (Local Area Networks) και MAN's (Metropolitan Area Networks). Ένα δορυφορικό σύστημα αποτελείται από δορυφόρους και από γήινους σταθμούς μετάδοσης σημάτων. Ο γήινος σταθμός αποτελείται από σταθμούς εξόδου (gateway center, GSs), ένα κέντρο ελέγχου δικτύου (Network Control Center, NCC) και κέντρα ελέγχου λειτουργιών (Operation Control Centers, OCCs). Τα κέντρα NCC και OCCs χειρίζονται τη συνολική δίοικση των πηγών του δικτύου, τη λειτουργία των δορυφόρων και τον έλεγχο των τροχιών. Οι σταθμοί εξόδου (GSs) λειτουργούν ως διεπαφή δικτύου μεταξύ διαφόρων εξωτερικών δικτύων και του δορυφορικού δικτύου. Επίσης εκτελούν μετατροπές πρωτοκόλλων, διευθύνσεων και μορφοποιήσεων. Ο δορυφόρος επικοινωνιών λειτουργεί ως ένας εναέριος, ασύρματος σταθμός-επαναλήπτης, που παρέχει έναν επικοινωνιακό σύνδεσμο μικροκυμάτων μεταξύ δύο περιοχών γεωγραφικά απομακρυσμένων. Λόγω του μεγάλου υψομέτρου στο οποίο βρίσκονται η μετάδοση των δορυφόρων μπορεί να καλύψει μια μεγάλη περιοχή της επιφάνειας της γης. Οι δορυφόροι επικοινωνιών γενικά διαθέτουν μια δεκάδα και παραπάνω αναμεταδότες (transponders). Κάθε αναμεταδότης διαθέτει μια δέσμη η οποία καλύπτει ένα τμήμα της γής κάτω από αυτόν. Οι σταθμοί μπορούν να στέλνουν στο δορυφόρο πλαίσια με τη συχνότητα της γραμμής ανόδου ή ανερχόμενη ζεύξη. Η ανερχόμενη ζεύξη είναι μια κατευθυνόμενη σύνδεση σημείο με σημείο. Οι περισσότεροι δορυφόροι απλά αντανακλούν σε συγκεκριμένη κατεύθυνση πλαίσια που δέχονται (bent pipes) αλλά με διαφορετική συχνότητα (στη συχνότητα της γραμμής καθόδου ή κατερχόμενη ζεύξη). Η κατερχόμενη ζεύξη μπορεί να καλύπτει μια μεγάλη περιοχή της γής ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια δέσμη για την εστίαση σε μια μικρή περιοχή, απαιτώντας φθηνότερους και

μικρότερους γήινους σταθμούς. Ωστόσο, κάποιοι δορυφόροι μπορούν δυναμικά να ξανακατευθύνουν τη δέσμη τους και έτσι να αλλάξουν περιοχή κάλυψης. Για την ανοδική και την καθοδική ζεύξη χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες, έτσι ώστε τα ανερχόμενα και κατερχόμενα πλαίσια να μην παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

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 μικροκύματα 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.

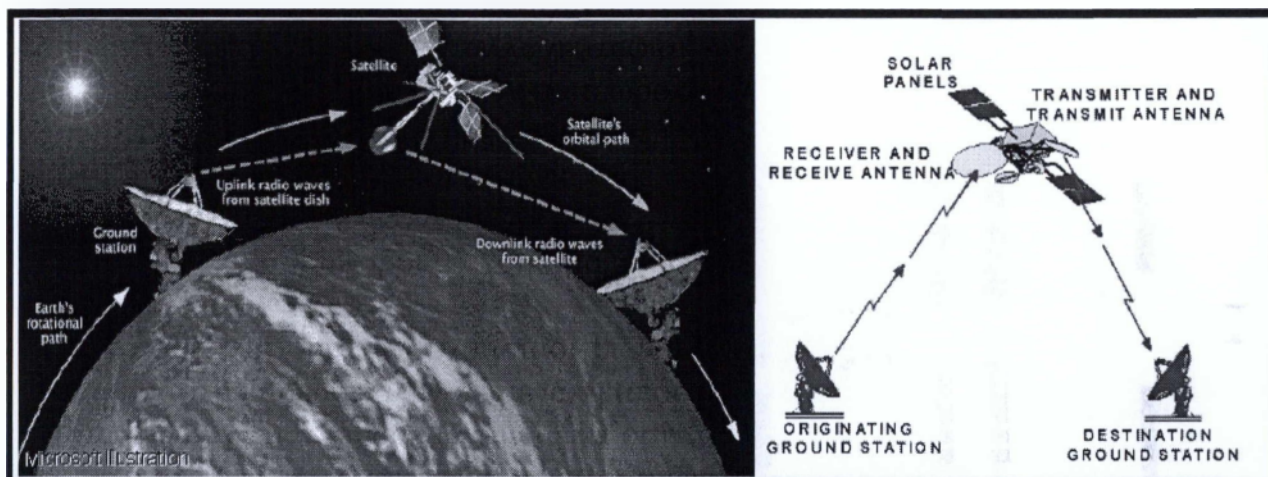
Ο κύριος ρόλος του δορυφόρου είναι να αντανακλά σε συγκεκριμένη διεύθυνση τα ηλεκτρονικά-μικροκυματικά σήματα (αυτό συμβαίνει κυρίως με την τηλεοπτική μετάδοση- δορυφόροι bent-pipes).

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 αισθητήρες-ανιχνευτήρες, γεωγραφική παρατήρηση, GPS), και η επικοινωνία ενός σταθμού με πολλούς (τηλεοπτικό - ραδιοφωνικό σήμα).

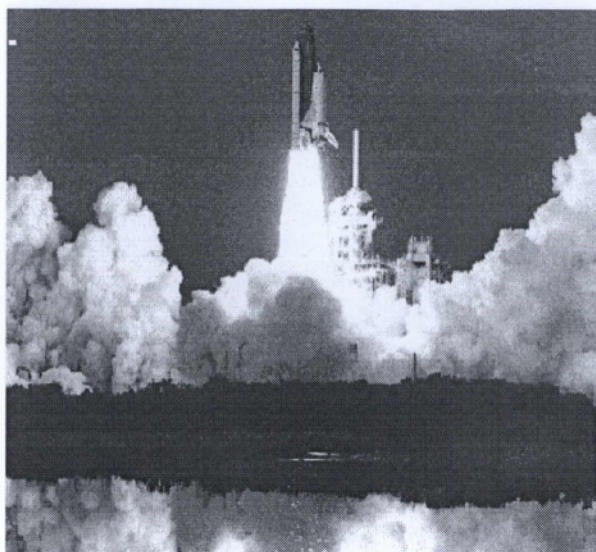
Στο μέλλον οι δορυφόροι θα χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση του διαστήματος.

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 η συστοιχίες των δορυφόρων. Σε αυτά όμως θα υπάρξει αναφορά παρακάτω (παρ. 2.2., 2.3.)

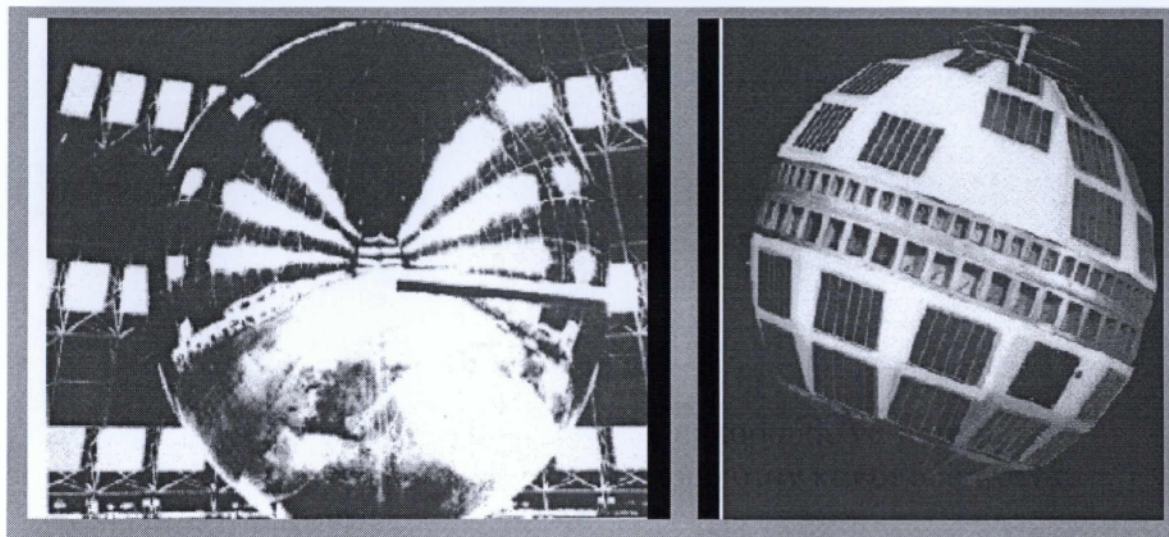
Τέλος, οι πιο ισχυροί αμερικάνικοι κατασκευαστές δορυφόρων είναι οι Hughes Electronics, Loral Space & Communications και Lockheed Martin.

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 εμβέλειας του.



Εικόνα 4: Δορυφόροι Echo και Telstar

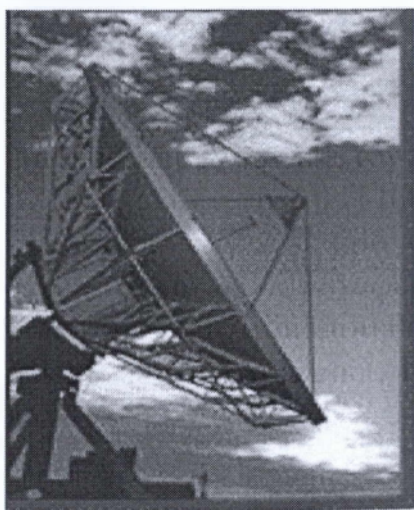
Εμπεριστατωμένη έρευνα και οργανωμένες αποστολές δορυφόρων άρχισαν να υπάρχουν μετά το 1963 οπότε δημιουργήθηκε η COMSAT (Communications Satellite Corporation) και ένα χρόνο αργότερα ο INTELSAT (International Telecommunications Satellite Organization). Στον τομέα χρήσιμες υπηρεσίες έχει προσφέρει ο INMARSAT (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.

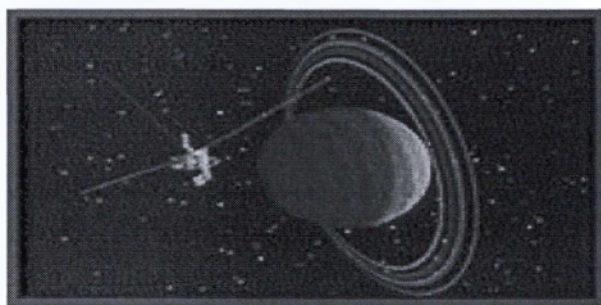
Η σειρά 5 (πρώτη εκτόξευση 1980, 12000 κυκλώματα) έδωσε βάρος στην εξυπηρέτηση μικρότερων περιοχών και πιο ασθενών μηνυμάτων (από γήινους σταθμούς με μικρότερης διατομής κεραίες).

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).

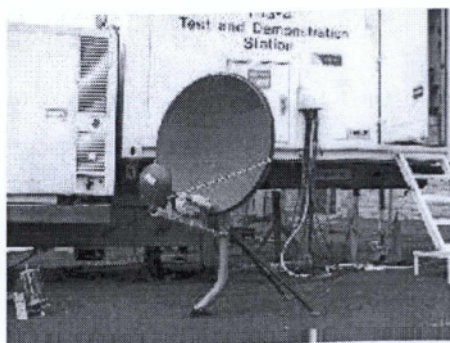
Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες ενεργοί δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη. Η Intelsat έχει τουλάχιστον 15 δορυφόρους σε τροχιά οι οποίοι περιλαμβάνουν τουλάχιστον 100.000 (ο καθένας) κυκλώματα τα οποία μεταφέρουν ψηφιακά δεδομένα. Στο χώρο έχουν δραστηριοποιηθεί και άλλες εταιρίες-οργανισμοί όπως ο Eutelsat, Telstar, Spacenet, Telecom, Galaxy κ.α.



Γήινος σταθμός



Επικοινωνιακός
Δορυφόρος



Τερματικό επιστροφής συνδέσμου
(Return Link Terminal)

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 πρώτη γενιά 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)

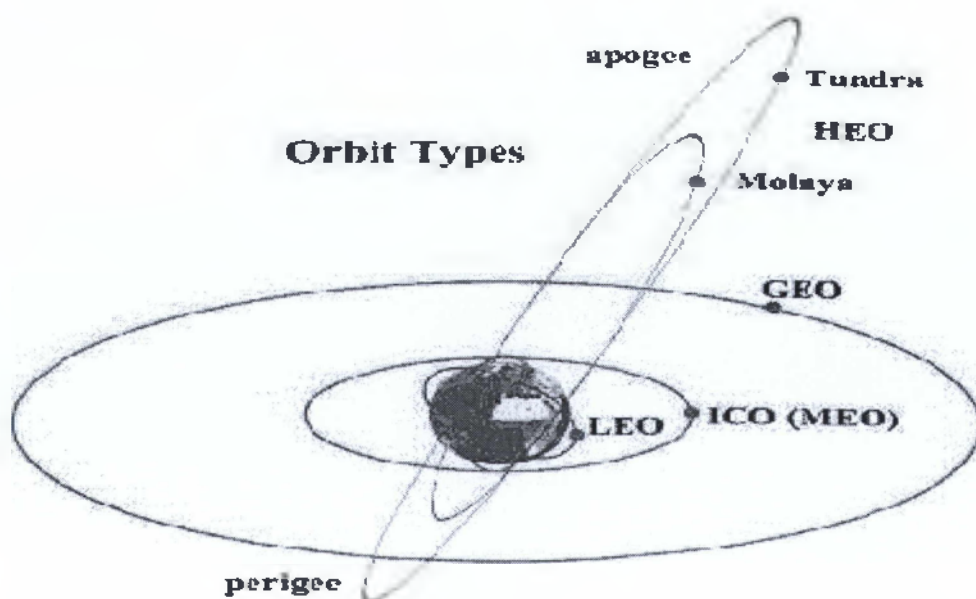
Σήμερα κάθε δορυφόρος μπορεί να επικοινωνήσει (να βλέπει) λιγότερο από το μισό της περιφέρειας της γης (αυτό είναι το “footprint” του δορυφόρου) οπότε για να υπάρχει πλήρης σε παγκόσμια κλίμακα κάλυψη από ένα δίκτυο δορυφόρων, απαιτούνται τουλάχιστον τρεις δορυφόροι (αναφέρεται στους GEO).

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



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.

2.2.1. Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO)

Ένας τυπικός LEO (Low Earth Orbit) δορυφόρος μπορεί να πραγματοποιήσει δύο ειδών τροχιές, είτε κυκλικές είτε πολικές. Κυκλικές τροχιές μικρού ύψους (700-1000Km), και περίοδο περίπου 1,5 ώρες. Τροχιακό επίπεδο με κλίση ως προς τον ισημερινό.

Πολικές τροχιές όταν η κλίση περίπου 90ο, π.χ. ο δορυφόρος παρατήρησης SPOT, 98,7 περίοδο 101 λεπτά και 830Km ύψος. Οι πολικές εγγυώνται ότι ο δορυφόρος θα περάσει πάνω από κάθε περιοχή της γης.

Αστερισμοί δορυφόρων (π.χ. 11 τροχιακά επίπεδα με 6 δορυφόρους ανά επίπεδο στο Iridium, ή 8 επίπεδα με 8 ανά επίπεδο στο Globalstar) παρέχουν παγκόσμια κάλυψη.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Το υψόμετρο των δορυφόρων είναι μικρό και άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πιο μικρούς και πιο φθηνούς δορυφόρους αφού η απαιτούμενη ισχύς για επιτυχή ζεύξη είναι μικρότερη.
- Το μικρό μέγεθος των δορυφόρων και η μικρή απόσταση διευκολύνουν την εκτόξευση και περιορίζουν τα αντίστοιχα έξοδα.
- Οι καθυστερήσεις διάδοσης είναι μικρές της τάξης των 10-20msec και έτσι δίνεται η δυνατότητα για πολλαπλές μεταπομπές του σήματος από δορυφόρο σε δορυφόρο.

Τα μειονεκτήματα είναι τα εξής :

- Λόγω του μεγάλου αριθμού των δορυφόρων (66 στο Iridium) που απαιτείται, η διαδικασία σύνταξης του όλου συστήματος είναι χρονοβόρα και πολυέξοδη.

- Επιπλέον απαιτείται πλήρης ανάπτυξη του συστήματος για να εξασφαλιστεί συνεχής κάλυψη οπουδήποτε.
- Το σύστημα ελέγχου του διαστημικού μέρους είναι πολύπλοκο.
- Απαιτούνται συχνές μεταπομπές (κάθε 10 λεπτά περίπου μεταξύ δορυφόρων και κάθε 1 ή 2 μεταξύ κυψελών), λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων στον ουρανό.
- Τα φαινόμενα Doppler είναι πολύ ισχυρά λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων (δεκάδες KHz).
- Οι συνθήκες διάδοσης είναι μεταβλητές λόγω της μεταβολής της γωνίας ανύψωσης.
- Λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων έχουμε αυξημένο πρόβλημα εστίασης στις κεραίες.
- Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων είναι μικρή (υπολογίζεται περίπου 5 χρόνια με την υπάρχουσα τεχνολογία).

2.2.2. Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO)

Ένας MEO (Medium Earth Orbit) δορυφόρος έχει περίοδο περιστροφής μερικές ώρες και ύψος μεταξύ 5000 και 12000 km και κλίση τροχιακού επιπέδου 50°. Ονομάζονται και ICO (Intermediate Circular Orbits). Με 2 τροχιακά επίπεδα και 6 δορυφόρους ανά επίπεδο επιτυγχάνεται παγκόσμια κάλυψη.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Ένας αριθμός από τέτοιου είδους δορυφόρων, σωστά ρυθμισμένων, μπορούν να επιτύχουν παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή κάλυψη.
- Λόγω της κοντινής τους απόστασης από τη Γή οι MEO δορυφόροι απαιτούν λίγη ενέργεια για την λειτουργία τους και περιέχουν μικρότερες κεραίες από τους GEO δορυφόρους.
- Το συνολικό εμβαδόν στην επιφάνεια της Γής που καλύπτει ένας τέτοιος δορυφόρος είναι αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο που καλύπτει ένας LEO. Γιαυτό και για την παγκόσμια κάλυψη απαιτούνται λιγότεροι δορυφόροι με τεχνολογία MEO σε σχέση με τους LEO.

2.2.3. Γεωσύγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)

Οι δορυφόροι GEO (Geostationary Earth Orbit) βρίσκονται σε ύψος 35.786 km και κινούνται από τα δυτικά προς τα ανατολικά σε κυκλικές τροχιές με μηδενική κλίση (ισημερινές τροχιές). Ένα αντικείμενο με μια τέτοια τροχιά, έχει περίοδο περιστροφής 24 ώρες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να φαίνεται ως ακίνητο από έναν παρατηρητή πάνω στη γη. Παρέχεται συνεχής κάλυψη της περιοχής ορατότητάς του (42,4% της επιφάνειας της γης). Τρεις τέτοιοι δορυφόροι τοποθετημένοι σε τόξα των 120 μοιρών γύρω από τη γη μπορούν να παρέχουν πλήρη τηλεπικοινωνιακή κάλυψη.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Απλό διαστημικό σύστημα.
- Καλή δομή ανάπτυξης του συστήματος (ένας δορυφόρος για να καλύψει κάποιες περιοχές, 3 ή 4 για παγκόσμια κάλυψη).
- Δεν χρειάζεται καμιά διαδικασία μεταπομπής από δορυφόρο σε δορυφόρο μια και κάθε χρήστης επικοινωνεί συνεχώς με τον ίδιο δορυφόρο
- Το σύστημα ελέγχου των δορυφόρων είναι απλό και δοκιμασμένο.
- Δεν απαιτείται σύστημα ανίχνευσης και εντοπισμού του δορυφόρου στα επίγεια τερματικά.
- Δεν υπάρχει μεταβολή στην καθυστέρηση διάδοσης και στη γωνία ανύψωσης.
- Τα φαινόμενα Doppler είναι αμελητέα.
- Υπάρχει μεγάλη περιοχή πρόσβασης, από τη στιγμή που οι δορυφόροι βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και καθένας παρέχει ορατότητα σε μεγάλο μέρος του κόσμου.

Από την άλλη πλευρά τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι :

- Η μεγάλη απόσταση δορυφόρου-χρήστη επηρεάζει τόσο την εκπεμπόμενη ισχύ όσο και το μέγεθος των κεραιών στο δορυφόρο ιδίως αν χρησιμοποιηθούν συσκευές χειρός. Έτσι η πολυπλοκότητα του τηλεπικοινωνιακού μέρους του δορυφόρου έχει σαν αποτέλεσμα τόσο την αύξηση του απαιτούμενου χρόνου κατασκευής του (π.χ. ο INTELSAT VI χρειάστηκε 7 χρόνια), όσο και του κόστους που απαιτείται για την εκτόξευσή του.
- Έχουμε μεγάλες καθυστερήσεις διάδοσης, λόγω της μεγάλης απόστασης, που μπορεί να φθάσουν τα 700 msec για μια αμφίδρομη επικοινωνία.

- Οι γωνίες ανύψωσης είναι χαμηλές (10 μοίρες) σε περιοχές με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος ή πολλά βουνά και αυτό αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις κινητές επικοινωνίες.

2.2.4. Δορυφόροι υψηλής ελλειπτικής περί τη γη τροχιάς (HEO)

Ελλειπτικές τροχιές με γωνία κλίσης περίπου 64 μοίρες ως προς το ισημερινό επίπεδο. Οι δορυφόροι HEO ενδείκνυνται για την κάλυψη περιοχών με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος στο απόγειο (apogee). Παρουσιάζουν μεγάλο κλάσμα της περιόδου περιστροφής στο απόγειο π.χ. MOLNYA με 8 από τις 12 ώρες της περιόδου. Παγκόσμια κάλυψη παρέχεται χρησιμοποιώντας 3 δορυφόρους σε 3 τροχιές και με διαφορά φάσης.

Πλεονεκτήματα :

- Μεγάλες γωνίες ανύψωσης (55ο-60ο) λόγω της τροχιακής θέσης του απόγειου.
- Δυνατότητα περικοπής του συστήματος για την κάλυψη κάποιων περιοχών με το μικρότερο αριθμό δορυφόρων.

Μειονεκτήματα δορυφόρων HEO:

- Πολύ μεγάλο υψόμετρο των δορυφόρων (στο απόγειο) που συνεπάγεται προβληματικές ζεύξεις.
- Μεγάλο μέγεθος κεραιών (6m) ιδίως για την περίπτωση της L ζώνης συχνοτήτων (1.5 GHz).
- Μεγάλες καθυστερήσεις διάδοσης.
- Μεγάλες ολισθήσεις Doppler λόγω της γρήγορης κίνησης.
- Περιορισμένη διάρκεια ζωής των δορυφόρων λόγω της κίνησής τους μέσα από ζώνες υψηλής ακτινοβολίας.
- Σημαντικό πρόβλημα με την εστίαση των κεραιών λόγω της μεγάλης και γρήγορης μεταβολής του υψόμετρου κατά τη διάρκεια μιας περιόδου.

Τύπος	LEO	MEO	GEO
Περιγραφή	Low Earth Orbit	Medium Earth Orbit	Geostationary Earth Orbit
Ύψος	100-300 μίλια	6000-12000 μίλια	22,282 μίλια
Απώλεια Χρόνου	15 λεπτά	2-4 ώρες	24 ώρες

Τύπος	LEO	MEO	GEO
Πλεονεκτήματα	1. Χαμηλότερο κόστος εκτόξευσης. 2. Πολύ μικρές καθυστερήσεις κατά την πραγματοποίηση του κύκλου της τροχιάς τους. 3. Χαμηλή απώλεια μονοπατιού. 4. Μεγαλύτερη διαθεσιμότητα	1. Συγκρατημένο κόστος εκτόξευσης. 2. Μικρές καθυστερήσεις κατά την πραγματοποίηση του κύκλου της τροχιάς τους.	1. Καλύπτει το 42.2% της επιφάνειας της γης. 2. Σταθερή κάλυψη 3. Δεν υπάρχουν προβλήματα εξαιτίας του Doppler.
Μειονεκτήματα	1. Πολύ μικρός κύκλος ζωής, 1-3 μήνες 2. Συναντά ζώνες ραδιενέργειας	1. Μεγαλύτερες καθυστερήσεις 2. Μεγαλύτερη απώλεια μονοπατιού (path loss).	1. Πολύ μεγάλες καθυστερήσεις κατά την πραγματοποίηση του κύκλου της τροχιάς τους (τυπικές καθυστερήσεις είναι 250-280 ms). 2. Ακριβοί δορυφόροι και γήινοι σταθμοί εξαιτίας του αδύναμου σήματος.

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).

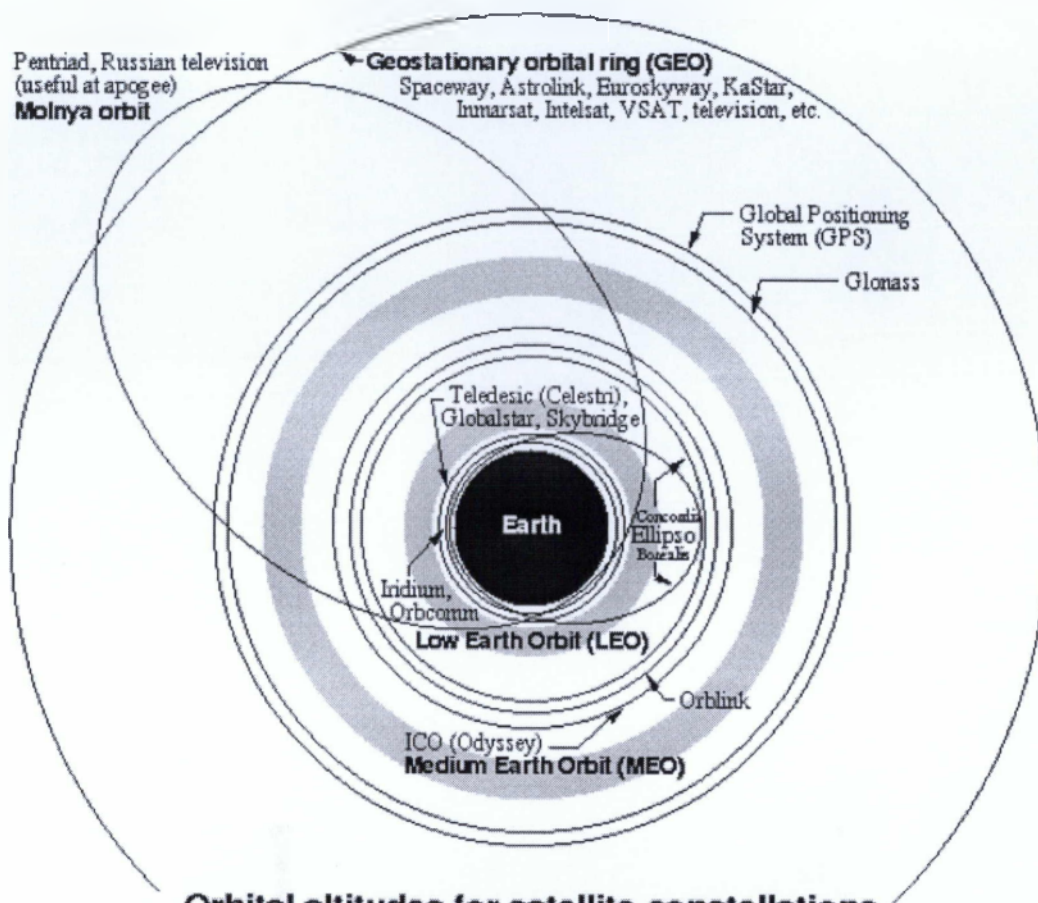
Στόχοι των συστοιχιών δορυφόρων είναι η εξυπηρέτηση των παρακάτω δραστηριοτήτων:

- Τηλεπικοινωνίες, σ' αυτό το τομέα υπάρχουν δίκτυα σαν το Iridium (που έχειτο 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 γεσύγχρονων 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.

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι πολλά από τα παραπάνω projects είναι στα χαρτιά και ορισμένα έχουν εγκαταλειφθεί ή επαναπρογραμματισθεί με άλλα ονόματα (βλ. <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood>).



Orbital altitudes for satellite constellations

■ peak radiation bands of the Van Allen belts (high-energy protons)

orbits are not shown at actual inclination; this is a guide to altitude only

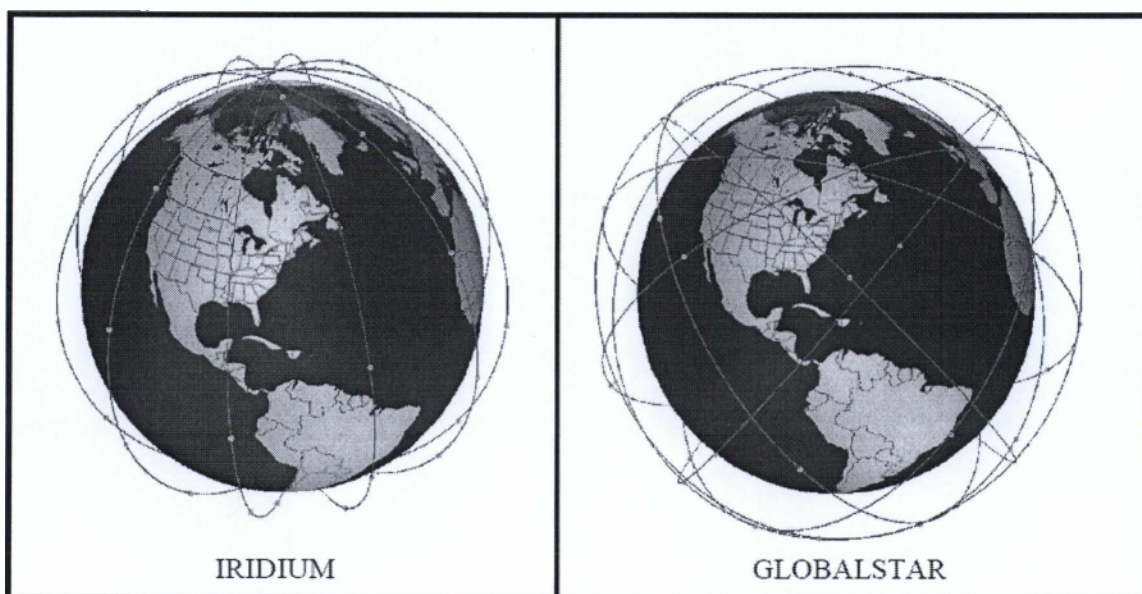
from Lloyd's satellite constellations: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/V.L.Wood/constellations/>

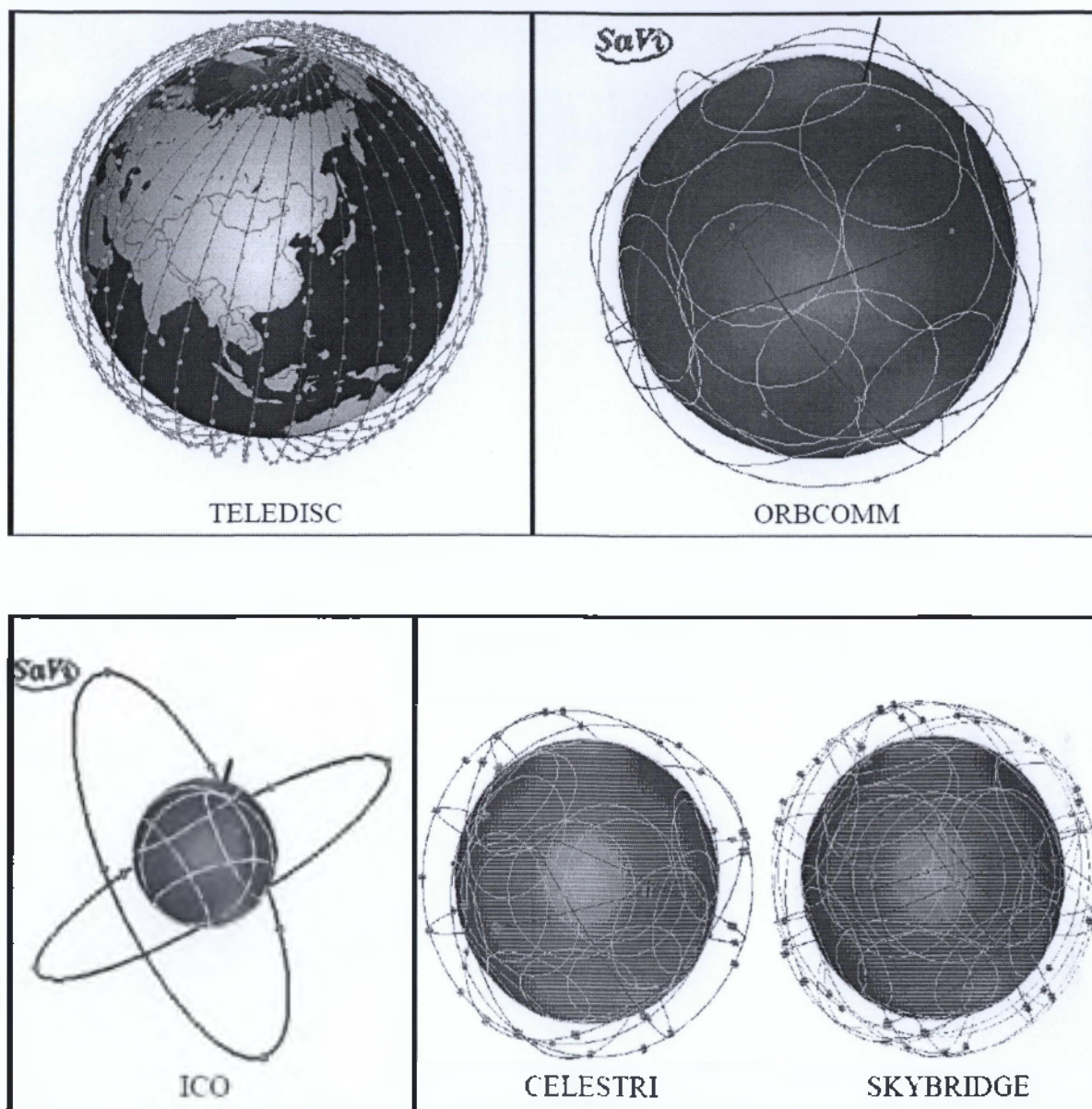
Εικόνα 6: Τροχιές δορυφόρων (και συστοιχίες)

Παραδείγματα συστημάτων δορυφόρων και χαρακτηριστικά αυτών

Συστοίχια	Ιδιοκτήτης	Αριθμός	Υψος - απ. τροχίων	Τύπος	MAC πρωτόκολλο	RTD*	Έτος	Υπηρεσίες
IRIDIUM	Motorola (18%)	66	900km. 6	big LEO	FDMA, TDMA	10 ms	1998	ομιλία, δεδομένα (2.4Kbps), fax, GPS
GLOBALSTAR	Loaral Qualcomm	48 (8)	1400km. κυρτή τροχιά	big LEO	CDMA	10 ms	1997	ομιλία, δεδομένα (9.6Kbps), fax, GPS
TELEDISC	Gates, McCaw	840	700km	small LEO	ATDMA, FDMA, SDMA	8 ms	2002	ομιλία, δεδομένα (up to 2 Mbps)
ICO	INMARSAT Hughes	10 (2)	8-10000km	MEO	TDMA	200 ms	2000	ομιλία, δεδομένα (2.4Kbps), fax, GPS
ODYSSEY	TRW	12	10370km	MEO	CDMA	120 ms	1999	ομιλία, δεδομένα (9.6Kbps), fax, GPS
INMARSAT	Comsat	6-20	36000km	GEO	FDMA	500 ms	1993	ομιλία, δεδομένα (2.4Kbps), fax, telex
SKYBRIDGE	Akatel	64	1475km	LEO	Various		2002	ομιλία, δεδομένα (up to 60Mbps)
CELESTRI	Motorola	63 (1)	1400km	LEO-GEO	Various		2002	ομιλία, δεδομένα (up to 2Mbps)

*Round trip delay. (x) εφεδρικοί δορυφόροι





Εικόνα 7: Συστοιχίες δορυφόρων διαφόρων εταιριών-φορέων

GLOBALSTAR

Είναι μια κοινοπραξία (consortium) από κορυφαίες εταιρίες τηλεπικοινωνιών, που αρχικά ιδρύθηκε το 1991, για την παροχή δορυφορικών τηλεφωνικών υπηρεσιών μέσω δικτύου. Είναι σχεδιασμένο να παρέχει δορυφορικές τηλεφωνικές υπηρεσίες υψηλού επιπέδου σε μια ευρεία κλίμακα χρηστών όπως χρήστες κινητών τηλεφώνων που επιχειρούν περιαγωγή (roaming) εκτός περιοχής κάλυψης, ανθρώπους που εργάζονται σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχουν επίγεια συστήματα επικοινωνιών, κατοίκους υποβαθμισμένων αγορών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σύστημα σαν υπηρεσία βασικής τηλεφωνίας και διεθνείς ταξιδιώτες που χρειάζεται να βρίσκονται σε συχνή επικοινωνία. Πρόκειται για

σύστημα που ανήκει στα “Big-LEO” δορυφορικά συστήματα και χρησιμοποιεί την τεχνική CDMA. Αποτελείται από 48 δορυφόρους σε οκτώ κεκλιμένες (κατά 52 μοίρες) τροχιές LEO, σε απόσταση 1.414 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης.

Το πέλμα κάθε δορυφόρου Globalstar διαιρείται σε 16 κυψέλες από 6 κε-ραίες σημειακής δέσμης (spot-beam) για λήψη ή αποστολή μηνυμάτων από και προς φορητές συσκευές ή επίγειους επικοινωνιακούς σταθμούς.

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί το υπάρχον δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN). Οι κλήσεις δρομολογούνται προς τους δορυφόρους μόνο εφόσον δεν είναι δυνατή η προσπέλαση στο επίγειο δίκτυο. Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μπορεί να προσπελαστεί μέσω διόδων (gateways) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για με-γάλης απόστασης συνδέσεις, συμπεριλαμβανομένων και υπερατλαντικών κλήσε-ων. Το Globalstar αποστέλλει κλήσεις από ασύρματο τηλέφωνο ή από σταθμό σταθερής τηλεφωνίας σε μια επίγεια δίοδο, απ’ όπου αυτές δρομολογούνται σε δί-κτυα σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας σε περισσότερες από 100 χώρες σε όλο τον κόσμο.

Η επικοινωνία στο σύστημα Globalstar υλοποιείται με την κάλυψη των γήι-νων περιοχών με κινούμενα πέλματα (footprints) από καθένα από τους 48 δορυ-φόρους. Κάθε δορυφόρος επικοινωνεί με έναν επίγειο σταθμό ή δίοδο (gateway) που βρίσκεται εντός του πέλματος. Ένας μεμονωμένος χρήστης μπορεί να αποκα-ταστήσει επικοινωνία με τον αντίστοιχο δορυφόρο, που “βλέπει” την περιοχή εντός του πέλματος της οποίας βρίσκεται.

Τα σήματα μεταδίδονται στην επίγεια γραμμή επικοινωνίας (terrestrial line) μέσω των επίγειων σταθμών, για να φθάσουν και πάλι σε κάποιο άλλο δορυφόρο που καλύπτει με το πέλμα του την περιοχή του αποδέκτη του μηνύματος (η αρχι-τεκτονική αυτή είναι γνωστή ως bent-pipe).

Το σύστημα Globalstar προσφέρει πληθώρα υπηρεσιών όπως:

- Η ίδια συσκευή τόσο για δορυφορικές όσο και για κλήσεις κινητού.
- Εντοπισμός θέσης (Position Location) με ακρίβεια 10 χλμ.
- Φωνητικές κλήσεις.
- Φωνητικό ταχυδρομείο (voicemail).
- Υπηρεσίες RDSS (Radio Determination Satellite Services).
- Υπηρεσία αποστολής μηνυμάτων (SMS).
- Υπηρεσία παγκόσμιας περιαγωγής (Global Roaming).
- Υπηρεσία Φαξ.
- Αποστολή δεδομένων.

IRIDIUM

Το σύστημα Iridium, είναι ένα “Big-LEO” δορυφορικό σύστημα που προσφέρει παγκόσμια κάλυψη και ποικιλία υπηρεσιών. Χρησιμοποιεί 66 δορυφόρους (συν έξι εφεδρικούς σε τροχιά) σε έξι τροχιακά επίπεδα με κλίση 86,4 μοίρες (δηλαδή near- polar), σε τροχιακό ύψος 780 χιλιομέτρων και με τροχιακή περίοδο 100 λεπτών και 28 δευτερολέπτων. Η παγκόσμια κάλυψη με αυτό το σύστημα φθάνει τα 5,9 εκατομμύρια τετραγωνικά μίλια ανά δορυφόρο. Κάθε δορυφόρος του συστήματος διαθέτει τρεις L-Band κεραίες, οι οποίες προβάλλουν 48 σημειακές δέσμες (spot beams) στην επιφάνεια της γης, σχηματίζοντας 48 κυψέλες (cells) στο πέλμα (footprint) του κάθε δορυφόρου. Έτσι σχηματίζονται συνολικά 3.168 κυψέλες από τους οποίες αρκεί να είναι ενεργές μόνο οι 2.150 για την πλήρη επικοινωνιακή κάλυψη της γήινης επιφάνειας. Κάθε δορυφόρος Iridium έχει μάζα βάρους 689 κιλών και χρόνο ζωής στο διάστημα 7-9 έτη.

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του Iridium είναι η σχεδόν πλήρης συνεργασία του με τους υπάρχουσες επίγειες επικοινωνίες. Έτσι ένα φορητό dual- mode τηλέφωνο Iridium θα προσπαθήσει να προσπελάσει το τοπικό δίκτυο κινη- τής τηλεφωνίας, πριν επιχειρήσει να χρησιμοποιήσει το δορυφορικό σύστημα. Αν δεν καταστεί δυνατή η σύνδεση με το επίγειο σύστημα, λόγω π.χ. μεγάλης από- στασης ή υπερφόρτωσης του δικτύου, τότε η συσκευή θα αλλάξει αυτόματα τους το δορυφορικό δίκτυο.

Η Motorola έχει προτείνει λειτουργία διπλής κατεύθυνσης στο κανάλι L (1616-1626,5 MHz), δηλαδή χρησιμοποίηση των ίδιων συχνοτήτων τόσο για τις ανερχόμενες ζεύξεις (uplinks) όσο και για τις κατερχόμενες (downlinks), με τη χρήση της τεχνικής του χρονομερισμού (TDMA). Ένα μήνυμα λοιπόν από κάποιο τηλέφωνο- αποστολέα προς κάποιο τηλέφωνο-αποδέκτη θα μεταδοθεί αρχικά προς το δορυφόρο και έπειτα από αυτόν προς κάποιον άλλο, χρησιμοποιώντας το κα- νάλι Ka (23,18-23,38 GHz). Είναι δυνατό το μήνυμα να μεταδίδεται από δορυφό- ρο σε δορυφόρο μέχρι να φθάσει τελικά στον δορυφόρο εκείνο που “βλέπει” το τηλέφωνο-αποδέκτη. Το σύστημα μπορεί εξάλλου να χρησιμοποιήσει τις συχνότη- τες της ζώνης Ka στα 19,4-19,6 GHz για downlinks και στα 29,1-29,3 GHz για uplinks προκειμένου να επιτευχθούν και άλλες συνδέσεις π.χ. πυλών (gateways), τηλεμετρίας (telemetry) κλπ.

Το Iridium χρησιμοποιεί τις τεχνικές FDMA/TDMA και μπορεί να επιτύχει ταχύτητες μεταφοράς φωνής στα 2,4 Kbps. Προσφέρει υπηρεσίες αποστολής και λήψης φωνής, μηνυμάτων και δεδομένων από και προς κάθε περιοχή της γης, α- νεξάρτητα από την επικρατούσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή. Οι εφαρμογές του συστήματος χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, δηλαδή σταθερές (fixed), φορητές

(portable) και επί οχημάτων (vehicle).

Οι σταθερές περιλαμβάνουν δυνατότητες επικοινωνίας με φωνή, μηνύματα ή e-mail ή voice-mail, πρόσβασης στο διαδίκτυο, λήψης back-up, μεταφοράς αρ- χείων και προώθησης κλήσεων που πραγματοποιούνται από και τους συσκευές Iridium που είναι εγκατεστημένες σε γραφεία μέσα σε κτίρια ή ακόμη και στην ύπαιθρο (στρατιωτικές εγκαταστάσεις). Οι φορητές τους και οι επί οχημάτων πα- ρέχουν τις παραπάνω δυνατότητες πλην της λήψης back-up και επιτρέπουν επι- κοινωνία από φορητό τους φορητό ή αντίστοιχα από όχημα σε όχημα, με σταθερές χρεώσεις, χωρίς επιπλέον επιβαρύνσεις λόγω υπεραστικών κλήσεων ή περιαγωγής (roaming).

TELEDISC

Ένας από τους πιο ισχυρούς ανταγωνιστές της Iridium είναι η Teledisc. Και δεν είναι τυχαίο αφού συνιδρυτής της είναι ο διάσημος Bill Gates της Microsoft (από πίσω κρύβονται πολλοί πρίγκιπες της Σαουδικής Αραβίας). Το έτος 2001 έχει ως στόχο να τροchioθετήσει 840 LEO δορυφόρους οι οποίοι θα εξυπηρετούν υπηρεσίες ομιλίας, δεδομένων, βίντεο κ.α. όπως η Iridium έτσι και η Teledisc εκμεταλλεύεται την δυνατότητα των LEO δορυφόρων οι οποίοι προσφέρουν αξιόπιστη σύνδεση με μικρότερη ισχύ εκπομπής (λίγο μεγαλύτερη από αυτή των κινητών αλλά πολύ μικρότερη από τα 100-200W των γεωστατικών). Το κόστος των 840 δορυφόρων θα είναι περίπου 9 δισεκατομμύρια δολάρια και το κόστος εκτόξευσης του καθενός θα υπερβαίνει τα 15 εκατομμύρια δολάρια. Προς το παρόν το αρχικό σχέδιο περιλαμβάνει χρησιμοποίηση 288 δορυφόρων σε 12 δακτυλιοειδής τροχιές (24 δορυφόροι ανά τροχιά).

Τέλος, η Motorola ανέλαβε την υλοποίηση του δορυφορικού δικτύου για την Teledesic, το οποίο θα παρέχει υψηλής ταχύτητας συνδέσεις σε επιχειρήσεις, ινστιτούτα και απλούς χρήστες.

Το τελευταίο καιρό υπάρχουν πληροφορίες για συγχώνευση της Teledisc με την Celestri. Ο ακριβής αριθμός δορυφόρων δεν είναι γνωστός. Πάντως τα προβλήματα της Iridium, οι αποτυχημένες τροchioθετήσεις δορυφόρων όπως της GlobalStar, αλλά και οι κινήσεις συγχώνευσης των Teledisc και Celestri δείχνουν ότι η δημιουργία ισχυρών δυνάμεων και η μείωση του αριθμού των εταιριών θα είναι η μελλοντική εξέλιξη στον συγκεκριμένο τομέα.

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτω τις κύριες εταιρίες που προσφέρουν πρόσβαση σε δορυφορικά συστήματα

ΕΤΑΙΡΙΕΣ	IRRIDIUM	INMARSAT M	GLOBALSTAR	TELEDESIC	ODYSSEY	ICO
ΚΑΤΟΧΟΙ	Motorola	Comsat etc.	Loaral, Qualcomm	Bill Gates, Craig McCaw	TRW	INMARSAT, Hughes
ΠΛΗΘΟΣ ΔΟΡ.	66, 11/orbit	6-20	48	840	12	10
ΤΡΟΧΙΕΣ	900 km, 6 polar orbits	36000 km	14000 km	700 km	10370 km	8-10000 km
ΤΥΠΟΙ ΔΟΡ.	Big LEO	GEO	Big LEO	Small LEO	MEO	MEO
ΜΑC ΜΕΘΟΔΟ	FDMA/TDMA	FDMA	CDMA	ATDMA, FDMA, SDMA	CDMA	TDMA
ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ	10 ms	500 ms	10 ms	8 ms	120 ms	200 ms
ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ	1998	1993	1997	2002	1999	2000
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	Voice, Data(2.4 Kbps), FAX, GPS	Voice, Data(2.4 Kbps), FAX, Telex	Voice, Data(9.6 Kbps), FAX, Location services	Voice, Data up to 2Mbps	Voice, Data(2.4 Kbps), FAX, GPS	Voice, Data(2.4 Kbps), FAX, GPS
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ	http://www.sat-net.com/L.Wood/constellations/iridium.html		http://www.globalstar.com/	http://www.sat-net.com/L.Wood/constellations/teledesic.html	http://leonardo.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/odysseyQL.html	

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 οποίο 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 διαφορών 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 μέσο ευρείας μετάδοσης (εκπομπής σε πολλούς σταθμούς) επιτυγχάνει συγχρονισμό αυτών χρησιμοποιώντας τμήματα ισόχρονα για τη λήψη και μετάδοση των σημάτων. Το S-ALOHA αποδοτικό όταν εξυπηρετούνται από ένα δορυφόρο λίγοι και σταθεροί επίγειοι σταθμοί.

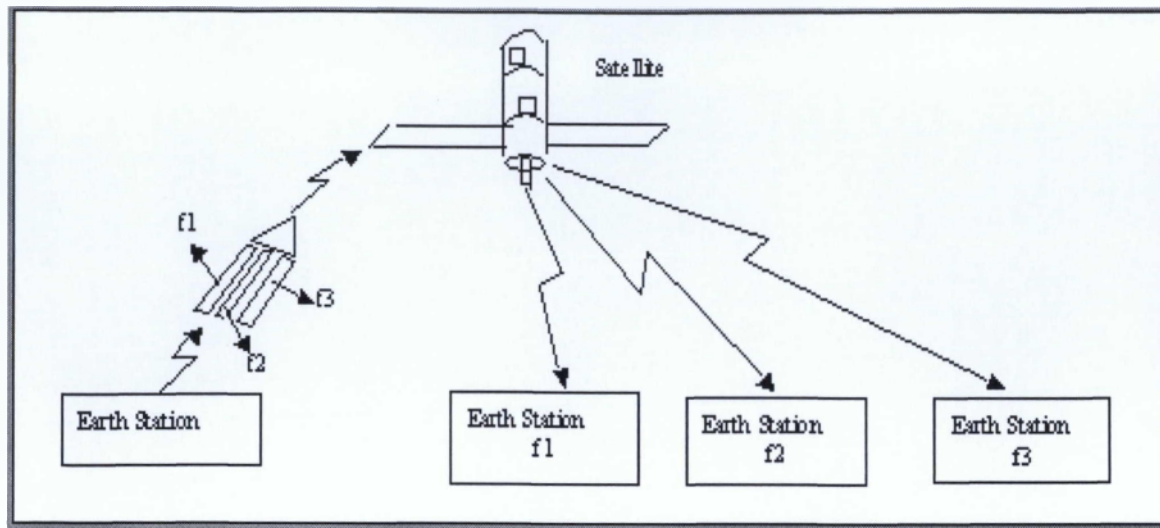
2.5.4. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

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.



Εικόνα : FDMA

2.5.5. TDMA (Time Division Multiple Access)

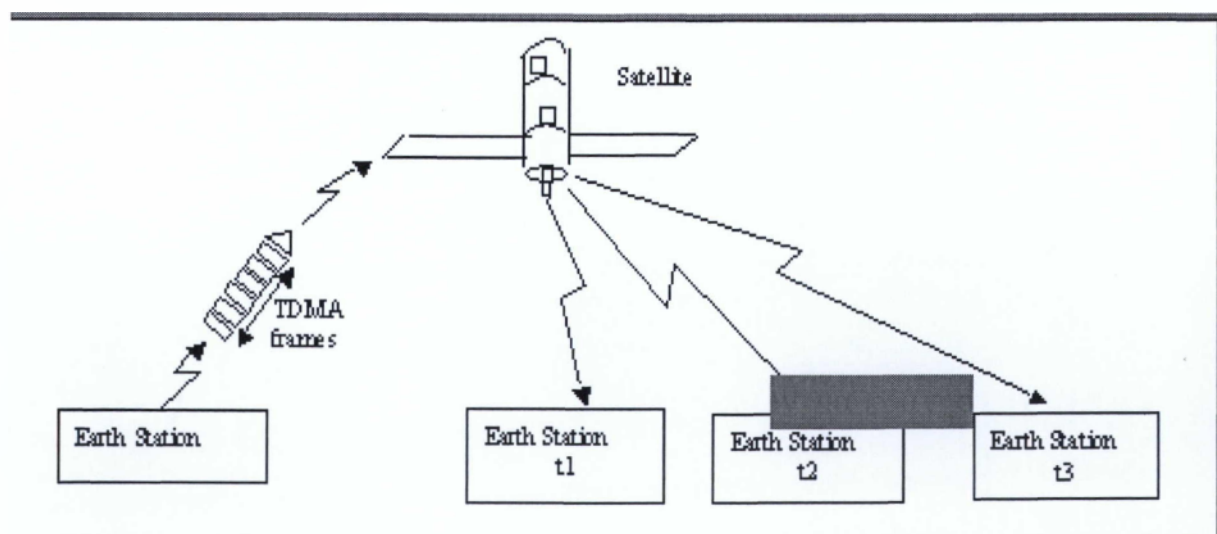
Σ' αυτή τη μέθοδο τα κανάλια διαχειρίζονται με χρονική πολυπλεξία. Κάθε επίγειος σταθμός μεταδίδει σε ένα προκαθορισμένο χρόνο. Περισσότερες της μιας διατομές μπορούν να σχετίζονται με ένα σταθμό σε συγκεκριμένες συχνότητες. Οι υπόλοιποι σταθμοί παρακολουθούν τη διαδικασία αυτή ώστε να βρουν το κατάλληλο 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 SALOMA. 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.

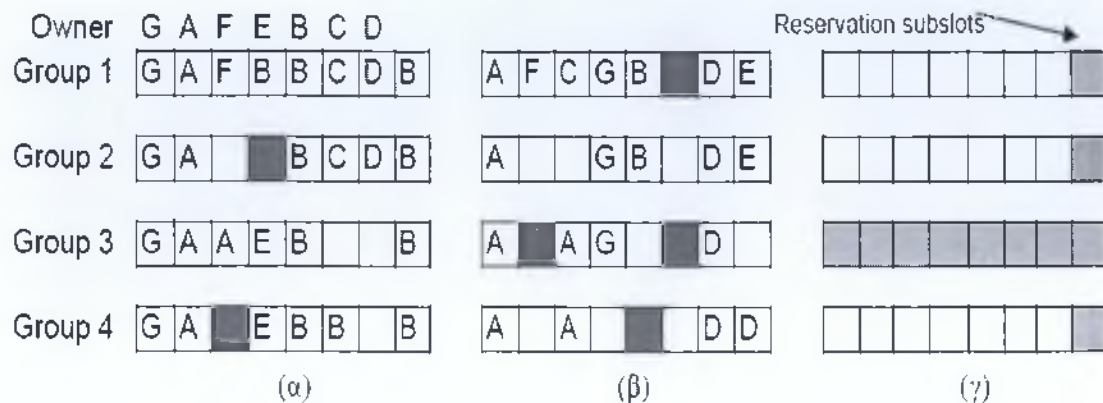
Στην πρώτη διάταξη (Binder) υπάρχουν περισσότερες διατομές από σταθμούς. Κάθε σταθμός κατέχει μια. Αν ο ιδιοκτήτης μιας διατομής κατά ένα πλαίσιο μετάδοσης δε θέλει να στείλει σήμα η διατομή του φεύγει κενή και ταυτόχρονα μ' αυτό το γεγονός ενημερώνονται οι υπόλοιποι σταθμοί ότι υπάρχει διαθέσιμη η προηγούμενη 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 το 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 : TDMA



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)

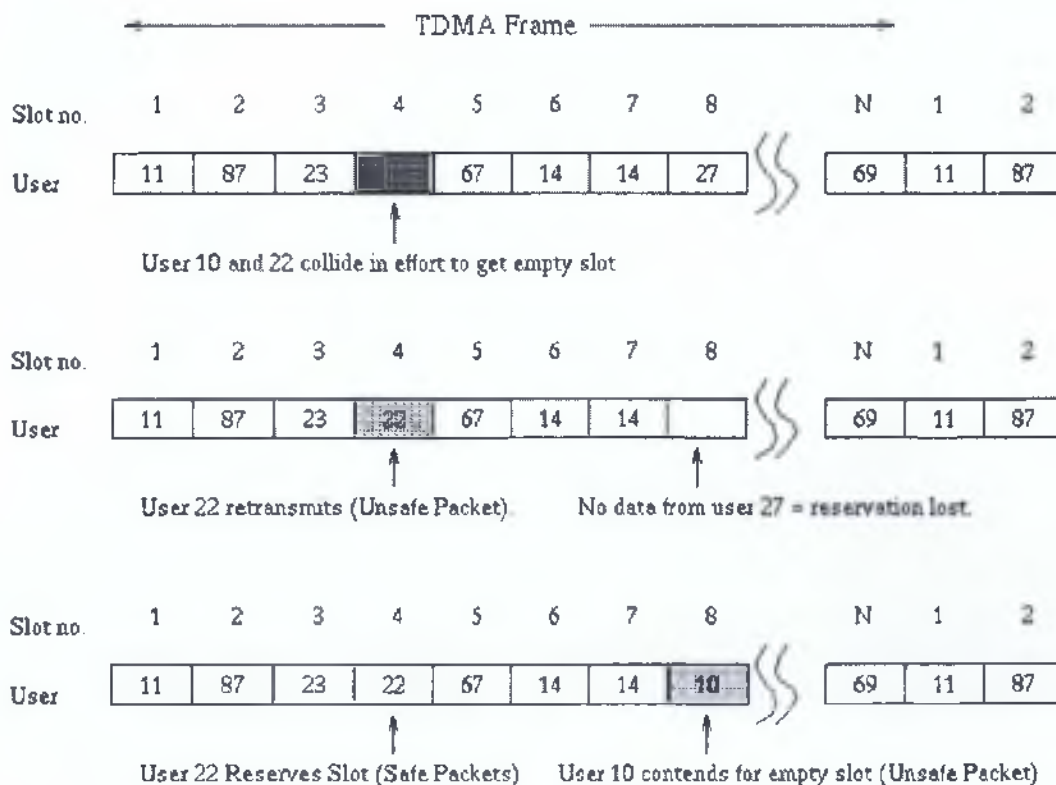
Το παραπάνω πρωτόκολλο βασίζεται στη φιλοσοφία του Roberts. Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση επικοινωνιών από κινούμενους σταθμούς και είναι συνδυασμός TDMA και SALOHA.

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.

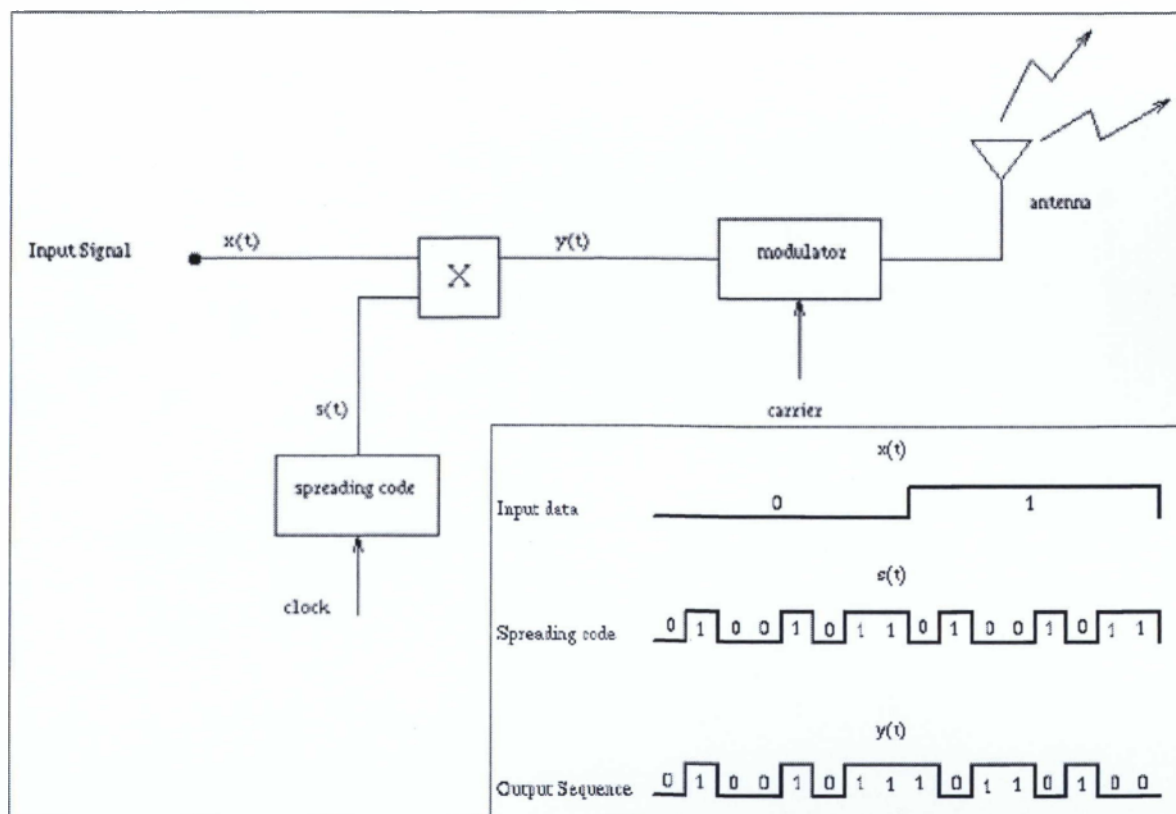
Πάντως το PRMA είναι συμβατό για LEO δορυφόρους και υπό προϋποθέσεις για GEO.

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



2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access)

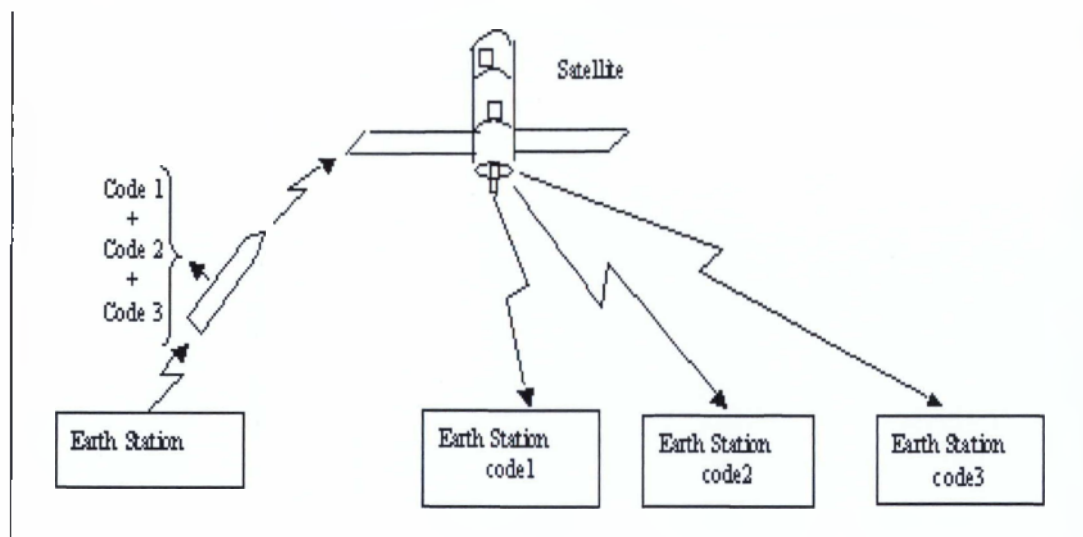
Είναι μια διασταύρωση πολυπλεξίας χρόνου/συχνότητας και είναι μια μορφή εκτεταμένου φάσματος επικοινωνίας. Προσφέρει αποκεντρωμένη παροχή καναλιών για επικοινωνία στην υπάρχουσα γι' αυτή ζήτηση χωρίς χρονικό συγχρονισμό. Είναι μια μέθοδος η οποία τελευταία αρχίζει να χρησιμοποιείται. Κάθε χρήστης έχει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



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.



Εικόνα : CDMA

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 είναι για βιβλιογραφικούς και μόνο λόγους 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, ίνα, 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)).

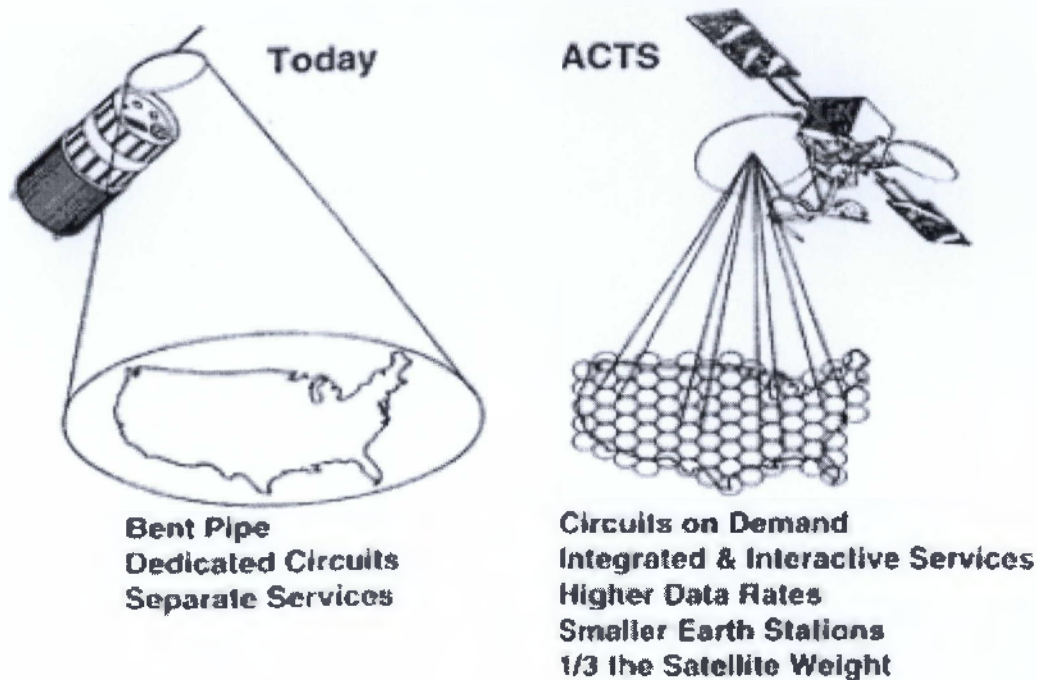
Βασική αρχή είναι ότι κάθε χρήστης έχει μια σταθερή διεύθυνση (home address-IP). Η αποστολή των πακέτων και η υλοποίηση της επικοινωνίας του χρήστη με το δορυφόρο γίνεται μέσω της σταθερής βάσης αυτού και η λήψη στο μέρος που αυτός βρίσκεται κινούμενος. Το σύστημα μπορεί να λειτουργεί όπως στην κυψελοειδή 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 αλλάξει περιοχή πρέπει να κάνει ξανά εγγραφή. Η διεύθυνση που φαίνεται να έχει ο κινούμενος χρήστης είναι αυτή του foreign agent που έχει αυτός εγγραφεί.

Satellite Systems Comparison



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:

- επιλογή του κατάλληλου χάρτη (υπόδειγμα) που περιγράφει το δίκτυο για να γίνει η δρομολόγηση
- ανάλυση της ανακολουθίας του υποδείγματος με την υπάρχουσα κατάσταση του δικτύου και προσαρμογή του υποδείγματος σ' αυτή
- 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)

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

Πολλά 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 υποστηρίζουν IP multicast.

Πάντως τα παραδείγματα εταιριών που θέλουν να κάνουν πολυδιαανομή δεν έχουν ενσωματώσει την προηγούμενη λογική. Οπότε η πολυδιαανομή 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:

- μεγέθους εικόνας
- εύρους συχνοτήτων
- διατήρησης - αποθήκευσης εικόνων σε αρχεία
- λογισμικού διαχείρισης του δικτύου και των αρχείων

- αντιμετώπισης καθυστερήσεων στη μετάδοση
- αποδοχής των παραπάνω τεχνικών και του αποτελέσματος της μετάδοσης από την επιστημονική κοινότητα
- 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).

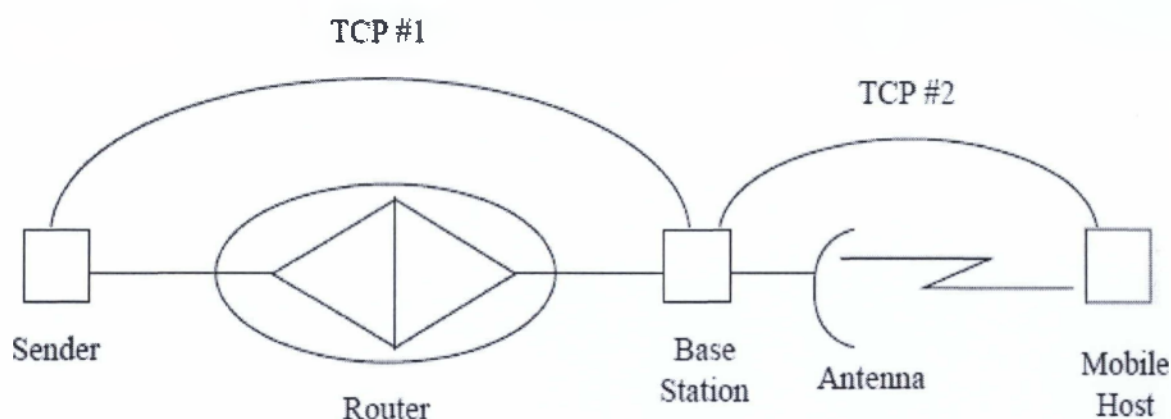
Όταν υπάρχει σύγκρουση στο TCP υπάρχει εσκεμμένη καθυστέρηση στη μετάδοση αλλά όχι απώλεια των πακέτων (σε μέσο ενσύρματο ή ίνα). Άρα για να αντιμετωπισθεί αυτό καλή είναι η μείωση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και άρα του φόρτου του δικτύου.

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.



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 H/Y 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.

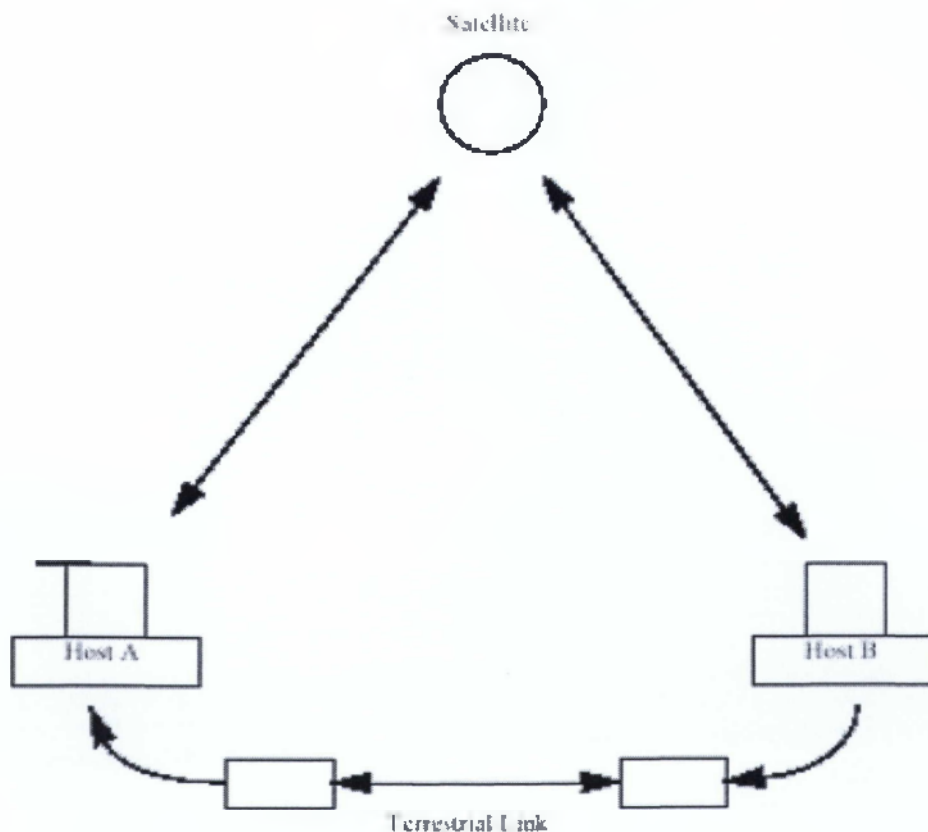
5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα

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.

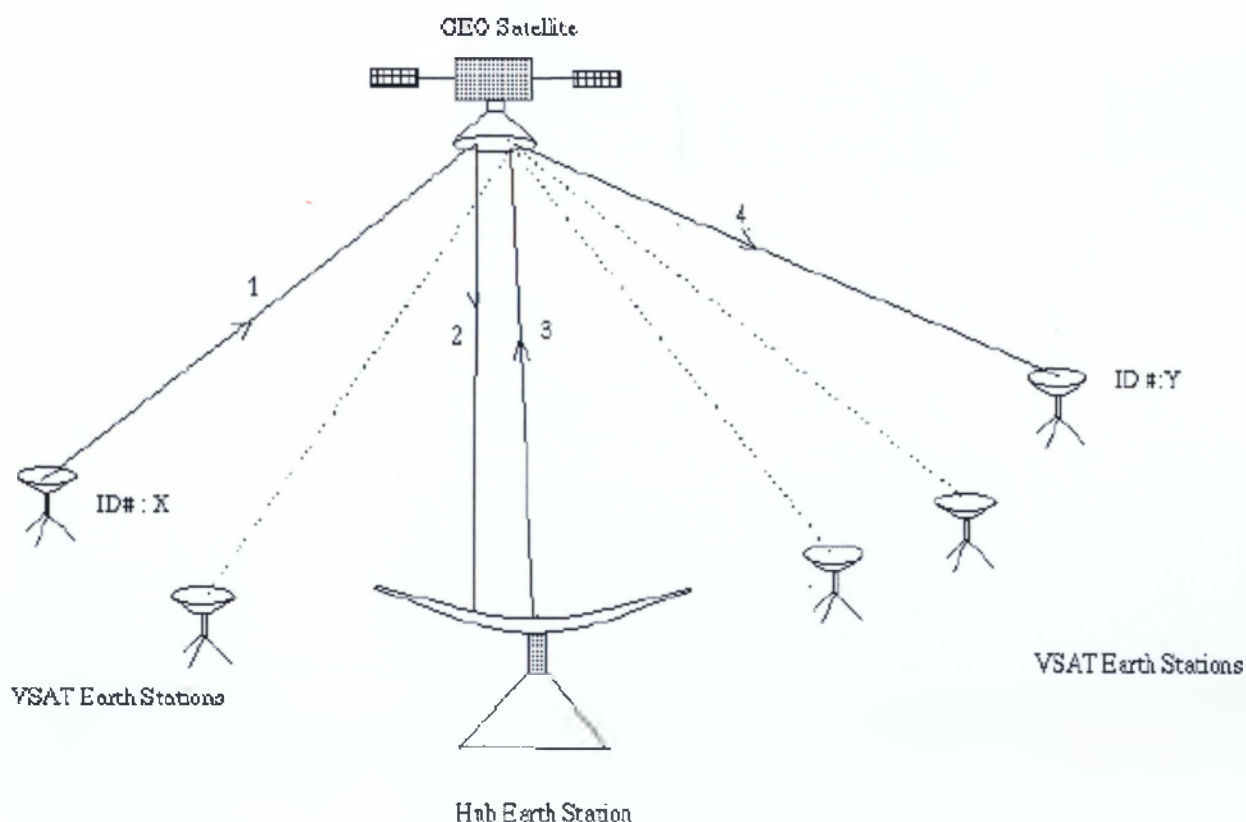
Σ' αυτού του είδους τα δίκτυα η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω δορυφόρου ενώ η ανταλλαγή μηνυμάτων από τα ενσύρματα εδαφικά μέσα. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι ένας Η/Υ, ένα modem και σύνδεση σε ISP (παροχέας Internet), μια δορυφορική κεραία και μια κάρτα ISA όπου θα συνδέεται η κεραία στον υπολογιστή. 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.



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 ενισχύσει 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.



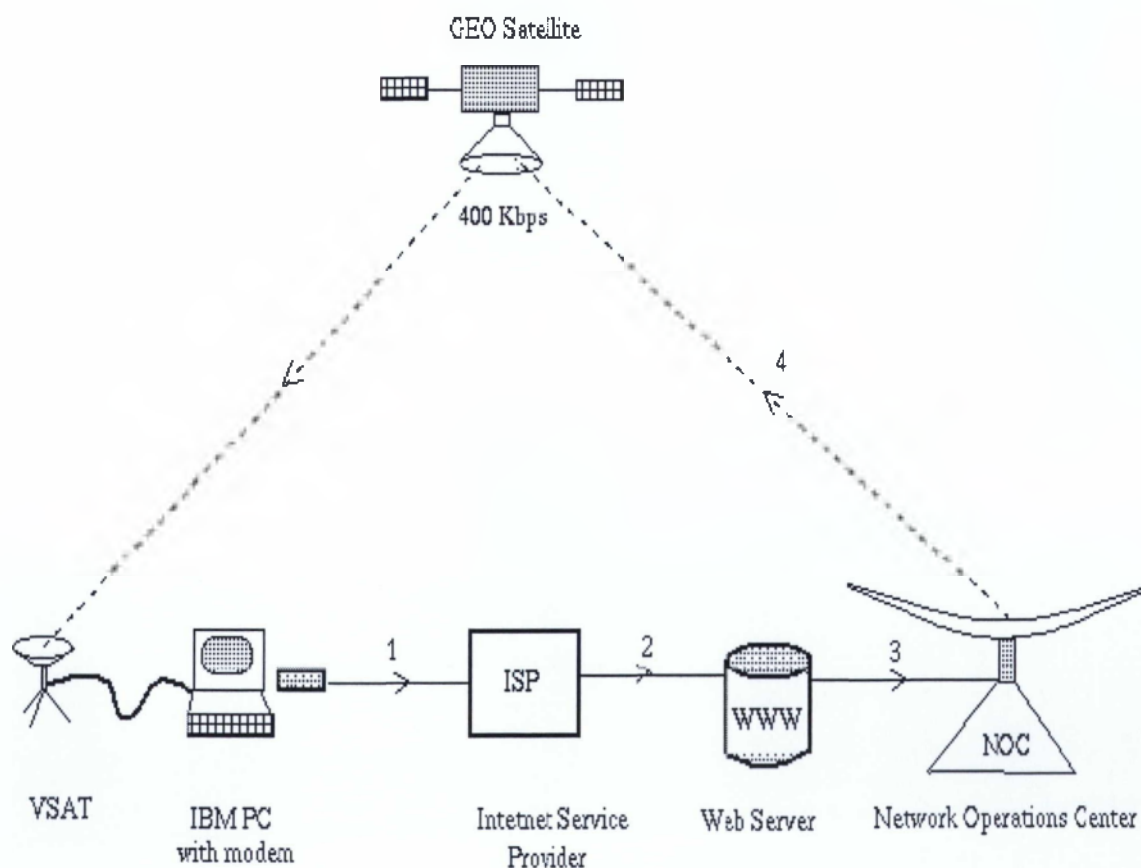
Στο υποεπίπεδο MAC επικρατούν τα S-ALOHA και TDMA ενώ στο LLC χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο με στρατηγική ARQ (Automatic

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.

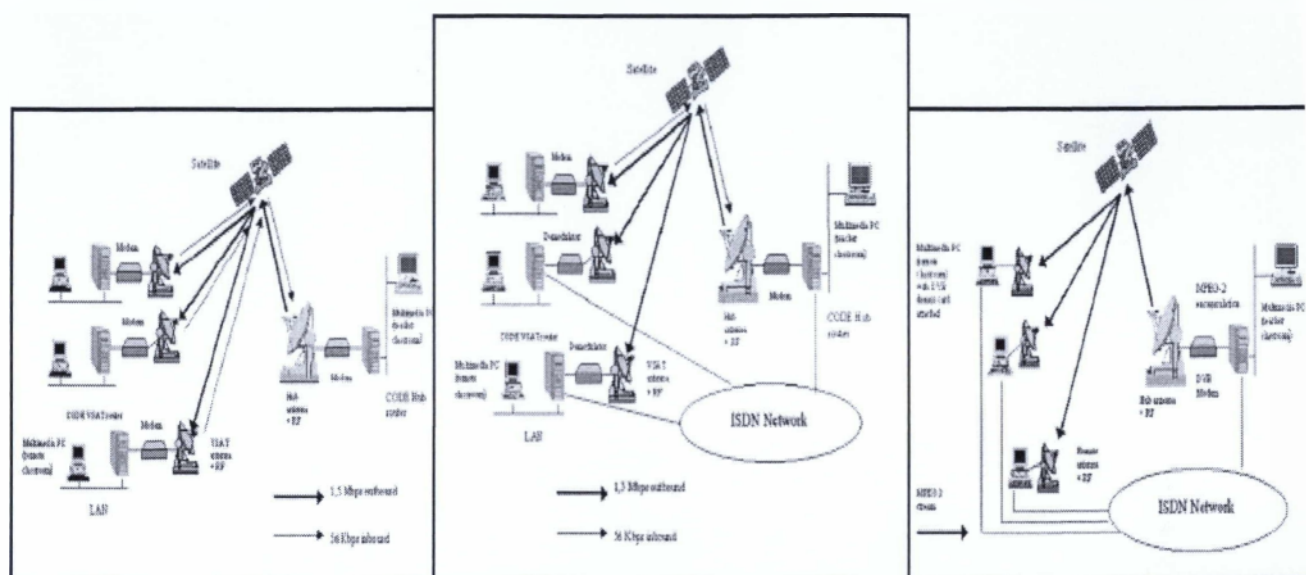
Οι υπηρεσίες που παράσχουν περιγράφονται με τον όρο DirecPc services και παρατίθενται αναλυτικά στη παράγραφο 5. Πολύ σύντομα μπορούμε να πούμε ότι είναι δύο ειδών. *Μεταφορά ψηφιακών πακέτων* (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 12Mbps) και *Internet υψηλής ταχύτητας* (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 400Kbps).

Η σύνδεση γίνεται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Πρέπει να συμπληρώσουμε ότι παραδείγματα VSAT δικτύων τα οποία εξυπηρετούν broadcast δραστηριότητες (multimedia, tele-education,

Παρακάτω φαίνεται η υλοποίηση κάποιων από αυτά.



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 εφύιας
- προσωπικών επικοινωνιακών υπηρεσιών

τα οποία είναι ελέγξιμα από το χρήστη όχι όπως το ΑΤΜ 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).

5.3. Μελλοντικές εξελίξεις

Στο μέλλον οι δορυφόροι δε θα αναμεταδίδουν απλά τα σήματα τα οποία θα περιέχουν κάποιου είδους πληροφορία αλλά θα έχουν τη δυνατότητα μέσω των πρωτοκόλλων και των εφαρμογών που αναπτύσσονται και θα αναπτυχθούν να κάνουν αλλαγή καναλιού ή συχνότητας του σήματος, data buffering, αλλαγή δέσμης και επεξεργασία του σήματος.

Το μέλλον στον τομέα της δικτύωσης των δορυφόρων είναι οι τρίτης γενιάς δορυφόροι οι οποίοι θα εξυπηρετούν τον τελικό χρήστη με μικρό κόστος (φθηνός εξοπλισμός) και βέλτιστη απόδοση στις δορυφορικές συνδέσεις (mobile satellite services).

Απαιτήσεις γι' αυτού του είδους την υπηρεσία αποτελούν:

- η χαμηλή ισχύς και η ύπαρξη απλών τερματικών
- η διασυνδεσιμότητα των δορυφόρων με το επίγειο κυψελοειδές και ενσύρματο (PSTN) δίκτυο
- η παγκόσμια κάλυψη από τις συστοιχίες δορυφόρων
- η εσωτερική μέσα στο δορυφόρο δυνατότητα ενίσχυσης, αλλαγής και επεξεργασίας του σήματος
- η ύπαρξη συνδέσμων επικοινωνίας μεταξύ των LEO δορυφόρων
- η ασφάλεια δεδομένων και η πιστοποίηση

- δυναμική πρόσβαση στα κανάλια επικοινωνίας και δημιουργία εφαρμογών και πρωτοκόλλων στα μεγαλύτερα επίπεδα του OSI και TCP/IP.

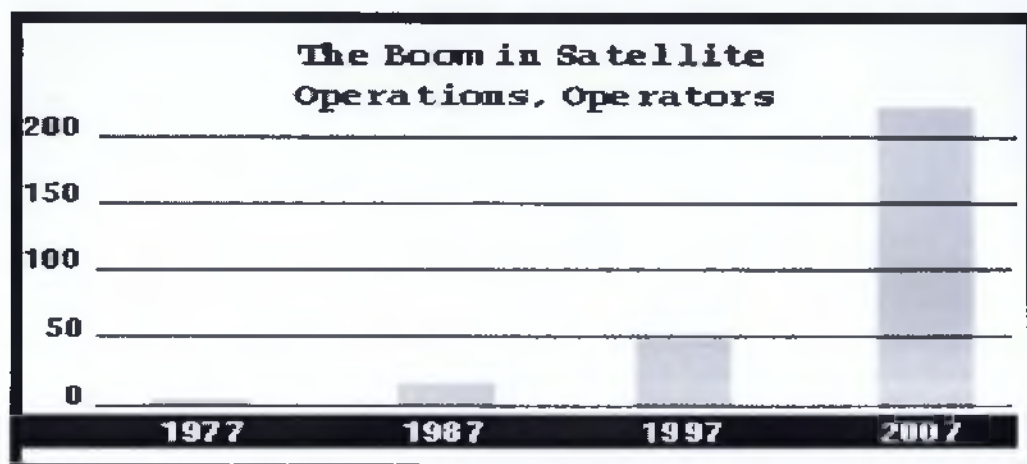
Η εφαρμογή στο τομέα της μετάδοσης προς τον δορυφόρο των σημάτων με δέσμες Laser η οποία έχει μελετηθεί τα τελευταία 10 χρόνια χρόνια είναι ελπιδοφόρα παρά τα προβλήματα απορρόφησης και διάχυσης στην ατμόσφαιρα, οπότε είναι μια εξέλιξη που πρέπει να περιμένουμε.

Αν και η επιλογή τον τελευταίο καιρό από τις διάφορες εταιρίες δημιουργίας δορυφορικών δικτύων είναι η υλοποίηση LEO συστοιχιών (λόγω των πλεονεκτημάτων τους) υπάρχουν πολλά προβλήματα στην επίτευξη των παραπάνω. Οι GEO συστοιχίες παρόλα τα μειονεκτήματά συναντούν τις παραπάνω απαιτήσεις και μπορούν πιο εύκολα να συμβάλλουν στην ικανοποίησή τους.

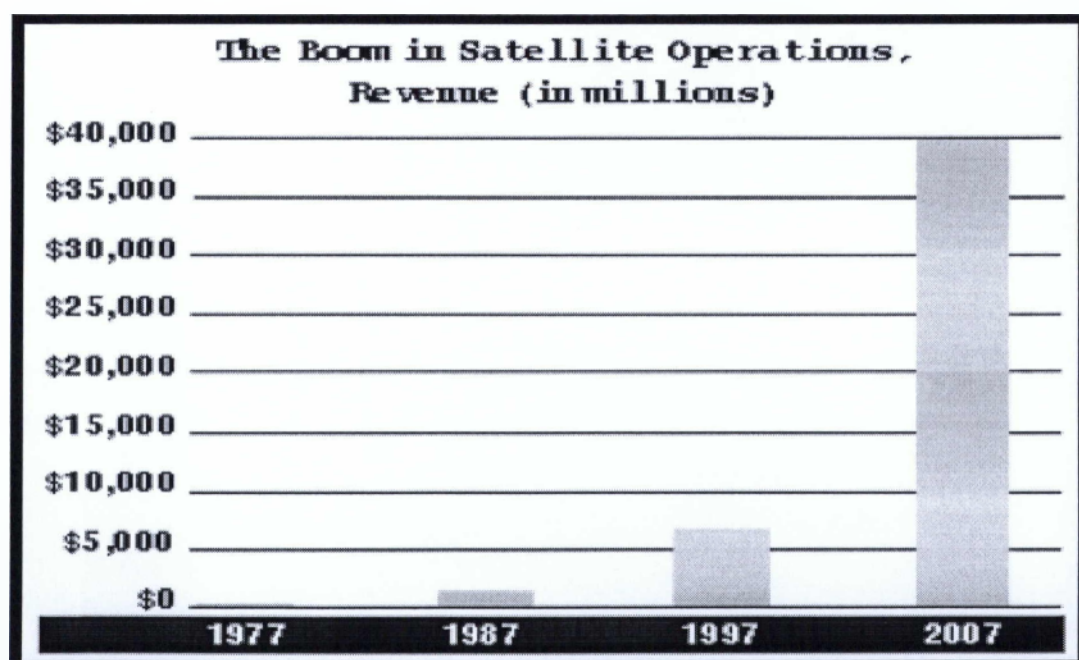
Βέβαια κάποιες προσπάθειες τελευταία συνδυάζουν κατά επίπεδα GEO και LEO δορυφόρους. Τέτοιες λύσεις μάλλον θα είναι οι ιδανικότερες. Στον τομέα των πρωτοκόλλων και ιδιαίτερα του MAC υποεπιπέδου του μοντέλου OSI τα TDMA και CDMA είναι αξιόπιστα παρά τα προβλήματά τους.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι πλέον οι επενδύσεις αλλά και η χρησιμοποίηση των δορυφορικών δικτύων θα γίνονται με όλο και αυξανόμενους ρυθμούς. Από τα τέλη του 2000 οι διάφοροι αναλυτές υπολογίζουν ότι το ποσό για κατασκευή και υλοποίηση δορυφορικών δικτύων για την αμερικάνικη οικονομία θα ανέλθει στα 121 εκατομμύρια δολάρια για κάθε έτος. Την δεκαετία από το 1998 και έπειτα θα τροchioθετηθούν 1017 δορυφόροι κόστους (50 εκατομμυρίων δολαρίων). Σε ποσοστά το 44% από το σύνολο του προηγούμενου αριθμού δορυφόρων θα είναι τηλεπικοινωνιακοί ενώ το 38% θα παρέχουν υπηρεσίες ευρείας παροχής multimedia (Teal Group). Η αύξηση των εκτοξεύσεων θα είναι της τάξεως του 357% (Euroconsult).

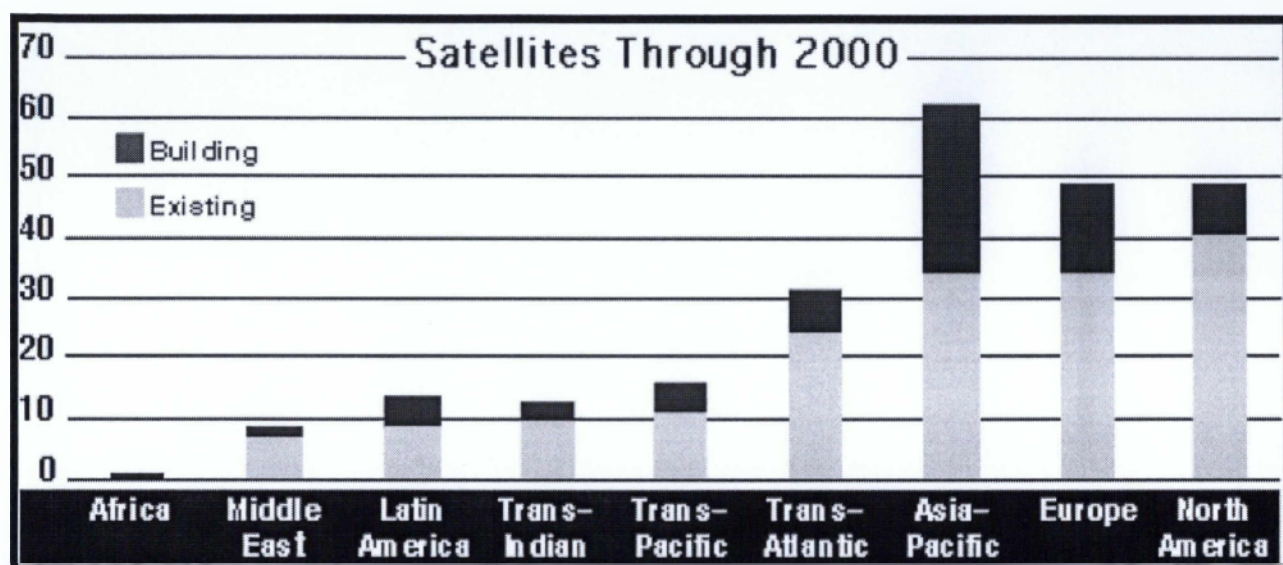
Οι τρεις βασικές υπηρεσίες που ήδη άρχισαν να υποστηρίζονται αλλά και που θα συνεχίσουν με μεγαλύτερη ένταση είναι οι κινητές επικοινωνίες, η παροχή Internet και η Direct to Home TV. Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται ο αριθμός των φορέων που θα στήσουν δορυφορικά δίκτυα, και τα κέρδη τους. Είναι, λοιπόν γεγονός ότι οι δορυφορικές επικοινωνίες θα ανταγωνισθούν τις άλλες ασύρματες αλλά και αυτές μέσω οπτικής ίνας. Ο τελικός κερδισμένος πιθανολογείται ότι θα είναι ο απλός χρήστης με την επίτευξη των (Universal Personal Telecommunications).



Διάγραμμα 1: Φορείς που θα υλοποιήσουν δορυφορικά δίκτυα



Διάγραμμα 2: Κέρδη



Διάγραμμα 3: Υπάρχοντες και υπό κατασκευή δορυφόροι

6. Δορυφορικές υπηρεσίες

6.1 Δορυφορικό Internet

Η έλευση του ADSL υπόσχεται μεγάλες ταχύτητες, πολλοί όμως χρήστες δεν αρκούνται σε αυτές τις συνδέσεις και έτσι επιλέγουν το δορυφορικό Internet, με ταχύτητες που θεωρητικά μπορούν να φθάσουν ακόμη και τα 8,8 GB το δευτερόλεπτο.

Υπάρχουν δύο τρόποι για την σύνδεση του δορυφορικού Internet. Η μονόδρομη σύνδεση και η αμφίδρομη.

Η Μονόδρομη σύνδεση επιτρέπει μόνο downloading (κατέβασμα αρχείων). Πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό επίγειας και δορυφορικής σύνδεσης. Αρκεί ένας υπολογιστής, μια επίγεια σύνδεση στο Internet και μία κάρτα για λήψη σήματος DVB (Digital Video Broadcast), με το κατάλληλο λογισμικό για να λάβει τα δεδομένα και να τα δώσει ως IP πακέτα στο λειτουργικό σύστημα. Υπάρχουν βέβαια και ειδικά δορυφορικά modem, αλλά το κόστος τους είναι πολύ μεγαλύτερο από μια κάρτα DVB.

Η σύνδεση στο Διαδίκτυο επιτυγχάνεται μέσω κάποιου proxy ή socks server. Ο χρήστης ζητά μέσω της επίγειας σύνδεσής του κάποια δεδομένα, και ο server (εξυπηρετητής) τις δορυφορικής υπηρεσίας τοποθετεί αυτά τα πακέτα στο data stream (ροή δεδομένων) που εκπέμπεται από το δορυφόρο. Η εταιρία που παρέχει την υπηρεσία ενοικιάζει συνήθως ένα κύκλωμα σε ένα δορυφόρο. Στο δορυφόρο εκπέμπεται ένα μεγάλο stream, μέσα στο οποίο υπάρχουν τα δεδομένα όλων των χρηστών. Ο δορυφόρος επανεκπέμπει αυτό το stream προς τη Γη και αυτό λαμβάνεται από όλους τους χρήστες. Εναπόκειται στην ευχέρεια του υπολογιστή του χρήστη να φιλτράρει τα δεδομένα που απευθύνονται σε αυτόν και να τα χειριστεί κατάλληλα.

Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται στο μονόδρομο δορυφορικό Internet είναι της τάξεως του 1-2 Mbps. Συνήθως η ονομαστική ταχύτητα είναι 2Mbps, αλλά δεν επιτυγχάνεται πάντοτε, λόγω φόρτου στο επίγειο δίκτυο που διασυνδέει την εταιρία παροχής με το υπόλοιπο Διαδίκτυο. Ωστόσο, οι κάρτες DVB αναφέρουν στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά τα 192Mbps ως μέγιστο ρυθμό διαμεταγωγής δεδομένων.

Η Αμφίδρομη σύνδεση είναι ο δεύτερος τρόπος δορυφορικής σύνδεσης, ο οποίος ανεξαρτητοποιεί εντελώς το χρήστη από τα επίγεια καλώδια και τον ΟΤΕ, είναι η αμφίδρομη δορυφορική (two-way satellite Internet). Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης λύνει κυριολεκτικά τα χέρια σε εταιρίες (και σε όσους ιδιώτες "αντέχουν" το κόστος), που προκρίνουν την ανεξαρτησία τους σε ό,τι αφορά τις επίγειες τηλεφωνικές γραμμές ή γραμμές δεδομένων (data).

Εδώ ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι αρκετά διαφορετικός από την

μονόδρομη σύνδεση.. Απαιτείται ένας υπολογιστής και ένα modem εξοπλισμένο με πομπό και δέκτη. Δεν απαιτείται proxy server, καθώς η σύνδεση σε επίπεδο δικτύου δεν διαφέρει σε τίποτα από μια οποιαδήποτε σύνδεση βασισμένη σε rpp (Point to Point Protocol). Ο χρήστης αποστέλλει τα δεδομένα ενθυλακωμένα σε DVB MPEG-2 stream. Η εκπομπή γίνεται συνήθως στα 14,5GHz περίπου και η λήψη στα 11,5GHz, όπως δηλαδή και στο μονόδρομο Internet, μόνο που στη μονόδρομη σύνδεση εκπέμπει μόνο ένας κεντρικός server. Η ισχύς της εκπομπής είναι συνήθως γύρω στο 1 Watt. Κάποιος άλλος χρήστης, λοιπόν, μπορεί να λάβει αυτά τα δεδομένα και χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνικές όπως παραπάνω να τα επεξεργαστεί.

Η μέγιστη ταχύτητα που προσφέρεται σε αυτές τις υπηρεσίες εξαρτάται από τον παροχέα Διαδικτύου (ISP). Θεωρητικά μπορεί να είναι της τάξεως των εκατοντάδων Mbit. Παρ' όλα αυτά, για οικονομικούς κυρίως λόγους, αλλά και εξαιτίας του προβλήματος διασύνδεσης της εταιρίας που παρέχει την υπηρεσία, οι συνδέσεις είναι συνήθως πολύ χαμηλής ταχύτητας για τα δορυφορικά δεδομένα. Ο ρυθμός διαμεταγωγής του uplink κυμαίνεται από 128Kbps έως και 1Mbps και για το downlink από 512Kbps έως 2Mbps.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι λόγω του μεγάλου εύρους κάλυψης που έχουν οι δορυφόροι, επιτρέπουν τη σύνδεση απομακρυσμένων σημείων, με υψηλές ταχύτητες, ακόμα και όταν δεν υπάρχει επίγεια ενσύρματη υποδομή, λαμβάνοντας υπόψη ότι η δημιουργία επίγειας υποδομής θα κόστιζε αρκετά. Για παράδειγμα, για τη σύνδεση πολλών μη αστικών περιοχών με ένα κέντρο, είναι απαραίτητο να εγκατασταθούν επίγεια τηλεπικοινωνιακά κανάλια που θα φθάνουν σε καθεμία ξεχωριστά από αυτές τις περιοχές, ενώ η μίσθωση ενός κυκλώματος σε δορυφόρο θα ήταν οικονομικότερη και θα κάλυπτε όλες αυτές τις περιοχές ταυτόχρονα.

Ένας άλλος λόγος που καθιστά τους δορυφόρους ιδανική λύση είναι ότι, λόγω της φύσης των δορυφορικών συστημάτων, είναι πολύ ευκολότερο να στείλει κανείς το ίδιο μήνυμα σε πολλούς χρήστες. Αυτό είναι απαραίτητο σε multicast υπηρεσίες, όπου οι δορυφόροι είναι πολύ πιο αποτελεσματικοί σε σχέση με τα επίγεια συστήματα μετάδοσης. Τα μειονεκτήματα είναι η χρονική καθυστέρηση που παρατηρείται από την εκπομπή έως τη λήψη, λόγω των μεγάλων αποστάσεων, κάτι που δρα ανασταλτικά σε αμφίδρομες εφαρμογές, όπως το VoIP και το Video Conference.

Η αστάθεια στην ποιότητα των συνδέσεων είναι ένα ακόμη σοβαρό μειονέκτημα, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται ως συνδέσεις κορμού ή για τη διασύνδεση εταιρικών χρηστών, όπου η διαθεσιμότητα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο.

Η δορυφορική επικοινωνία είναι επίσης ευάλωτη από πλευράς ασφάλειας

δεδομένων. Είναι σχετικά εύκολο για κάποιον να υποκλέψει τα δεδομένα που διακινούνται, καθώς εκπέμπονται ελεύθερα στον αέρα. Έτσι γίνεται απαραίτητη η κρυπτογράφηση και η χρήση άλλων τεχνικών ασφαλείας. Τέλος, είναι υψηλό το κόστος εκτόξευσης και συντήρησης των τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων, το οποίο συνεπάγεται και αυξημένο κόστος ενοικίασης των κυκλωμάτων τους. Το κόστος της σύνδεσης διαφέρει από πάροχο σε πάροχο. Ενίοτε υπάρχει ογκοχρέωση (ανά Gigabyte που "κατεβαίνει" μέσω δορυφόρου).

6.2 GPS (Global Positioning System)

Το σύστημα NAVSTAR/GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging / Global Positioning System) αποτελεί ένα δορυφορικό σύστημα για τον προσδιορισμό θέσης (συντεταγμένες) ή και του χρόνου και της ταχύτητας για κινούμενο όχημα. Πρωτοσχεδιάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '70, αναπτύχθηκε σταδιακά και λειτουργεί πάντα με ευθύνη του υπουργείου άμυνας των Η.Π.Α. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 αξιοποιείται σε πολιτικές εφαρμογές οι οποίες σήμερα αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό εκμετάλλευσης του συστήματος. Το όλο σύστημα μπορεί να διακριθεί σε τρία επιμέρους μεγάλα τμήματα: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρηστών. Το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου με τους επίγειους σταθμούς ελέγχου και παρακολούθησης των δορυφόρων και το τμήμα χρηστών που αποτελείται από τους δέκτες GPS οι οποίοι λαμβάνουν το δορυφορικό σήμα, εκτελούν και καταγράφουν τις παρατηρήσεις και τελικά μετά από κατάλληλη επεξεργασία που γίνεται κατά περίπτωση στον δέκτη ή στο γραφείο προσδιορίζονται οι θέσεις των σημείων, δηλαδή οι συντεταγμένες τους.

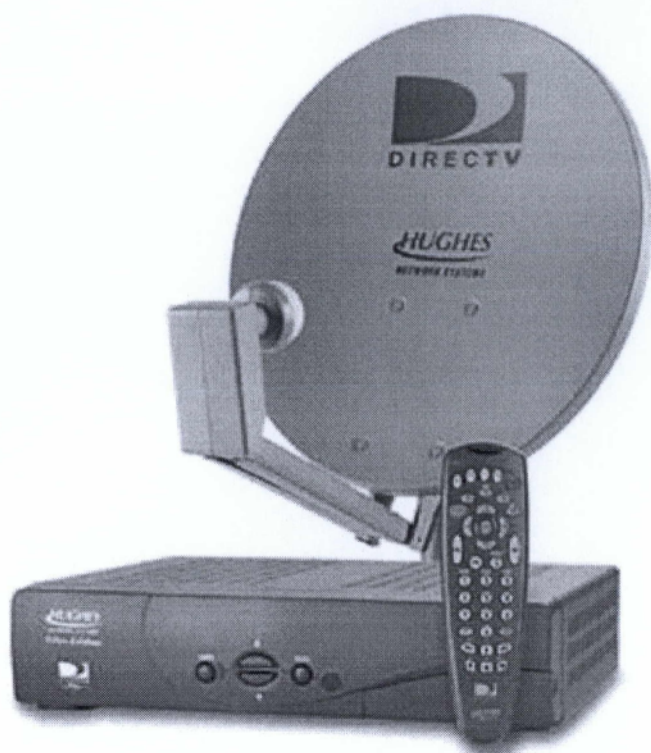
Σήμερα περιστρέφονται γύρω από τη γη 24 δορυφόροι σε ύψος περίπου 20200 km, κατανεμημένοι ομοιόμορφα σε 6 τροχιακά επίπεδα ώστε να εξασφαλίζει ορατότητα προς 4 τουλάχιστον δορυφόρους από κάθε σημείο της γης. Η περίοδος περιστροφής του κάθε δορυφόρου είναι 12 ώρες σε αστρικό χρόνο. Βασικός σκοπός των σταθμών ελέγχου είναι να κάνουν πρόβλεψη για τις δορυφορικές θέσεις και να υπολογίζουν τις διορθώσεις των δορυφορικών χρονομέτρων, στοιχεία που μαζί με άλλες πληροφορίες μεταδίδονται στους δορυφόρους και εκπέμπονται στη συνέχεια με το δορυφορικό σήμα προς τους δέκτες.

Ένας δέκτης GPS, αποτελείται κυρίως από τα κανάλια ανάλυσης και επεξεργασίας του δορυφορικού σήματος, το λογισμικό(software) για τον έλεγχο των λειτουργιών και τον υπολογισμό παραμέτρων, το ρολόι (ταλαντωτής), τη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων, το χειριστήριο ελέγχου την κεραία λήψης του σήματος. Είναι μικρών διαστάσεων και βάρους, εύχρηστος για την εκτέλεση των μετρήσεων, λειτουργεί σχεδόν σε όλες τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, μέρα και νύχτα, και μπορεί να κεντρώνεται όπως ένα απλό θεοδόλιχο. Δεν απαιτείται ορατότητα μεταξύ των προς προσδιορισμό σημείων και το γεγονός αυτό αποτελεί από μόνο του ένα τεράστιο πλεονέκτημα σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους. Όμως, απαιτείται ορατότητα μεταξύ δέκτη και δορυφόρων για τη λήψη του σήματος, δηλαδή απαιτείται ικανοποιητικός ορίζοντας για τη λήψη τουλάχιστον 4 δορυφόρων όπως θα εξηγηθεί παρακάτω. Οι ακρίβειες που επιτυγχάνονται με το GPS, ανάλογα με τις δυνατότητες του δέκτη τη μεθοδολογία μέτρησης κυμαίνονται από μερικές δεκάδες μέτρα έως και μερικά χιλιοστά του μέτρου.

6.3 Δορυφορική τηλεόραση

Αναμφίβολα, η πιο γνωστή εφαρμογή της δορυφορικής τεχνολογίας είναι η εκπομπή τηλεοπτικών καναλιών (TV broadcasting). Για τον έλεγχο και τη διεκπεραίωση εφαρμογών αυτού του τύπου έχει προταθεί το πρότυπο DVB (Digital Video Broadcasting) που εισήχθη το 1994 από τον Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακής Τυποποίησης (ETSI). Ο εξοπλισμός που χρειαζόμαστε για να βάλουμε δορυφορική τηλεόραση στον υπολογιστή μας είναι ο εξής :

- Μία κάρτα (pci ή usb) DVB-S
- 1 Δορυφορικό πιάτο (Εδώ πρέπει να πούμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πιάτο τόσο το καλύτερο)
- 1 ή περισσότερα Lnb χαμηλού θορύβου 0.3 d
- Δορυφορικό καλώδιο (συνδέση lnb με την κάρτα DVB-S)
- Βάση για την τοποθέτηση του πιάτου (βάσης, τοίχου κτλ)



6.4 Δορυφορικό τηλέφωνο

Στα αγγλικά το δορυφορικό τηλέφωνο ορίζεται ως satellite phone ή satphone. Το τηλέφωνο αυτό είναι ένα τηλέφωνο κινητής τεχνολογίας το οποίο επικοινωνεί απευθείας με κάποιον δορυφόρο. Ανάλογα με την αρχιτεκτονική κατασκευής του εκάστοτε δορυφορικού τηλεφώνου, η κάλυψη μπορεί να είναι είτε παγκόσμια είτε συγκεκριμένων περιοχών. Η τηλεφωνική συσκευή σαν μέγεθος και βάρος συγκρίνεται με τα κινητά τηλέφωνα των αρχών του 1990 με βασική διαφορά την μεγαλύτερη κεραία που φέρουν. Το δορυφορικό τηλέφωνο χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σε περιοχές όπου τα δίκτυα της επίγειας κινητής τηλεφωνίας δεν έχουν επικοινωνιακή κάλυψη. Το σήμα των συγκεκριμένων τηλεφώνων μειώνεται αρκετά σε περιπτώσεις που είμαστε σε κάποιο δωμάτιο. Καλή ποιότητα σήματος έχουμε όταν είμαστε κοντά στα παράθυρα ή στην ταράτσα ενός κτηρίου. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και ειδικές συσκευές στις οποίες συνδέεται το τηλέφωνο με εξωτερικές κεραίες οι οποίες είναι συνήθως εγκατεστημένες σε κτίρια.

Ορισμένα δορυφορικά τηλέφωνα επικοινωνούν με δορυφόρους που έχουν τεθεί σε GEO τροχιά. Τα τηλέφωνα αυτά επιτυγχάνουν σχεδόν συνεχόμενη παγκόσμια κάλυψη με την βοήθεια μόνο 3-4 δορυφόρων. Μειονέκτημα ωστόσο αποτελεί το κόστος κατασκευής και εκτόξευσης των GEO δορυφόρων. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των τηλεφώνων που επικοινωνούν με τέτοιου είδους δορυφόρους είναι ότι σε περίπτωση παρεμβολής αντικειμένων μεταξύ δορυφόρου και τηλεφώνου, η επικοινωνία δεν είναι καλή. Για το λόγο αυτό απαιτείται ο χρήστης να επιλέγει σημεία στα οποία δεν υπάρχουν φυσικές ή τεχνητες παρεμβολές. Στην περίπτωση των τηλεφώνων που συνδέονται με δορυφόρους που βρίσκονται σε χαμηλή προς τη Γή τροχιά (LEO) τα πλεονεκτήματα είναι η παγκόσμια επικοινωνιακή κάλυψη χωρίς κενά. Τα νέα δορυφορικά τηλέφωνα επικοινωνούν με τέτοιους δορυφόρους. Παρέχεται τηλεφωνικό σήμα από τουλάχιστον έναν δορυφόρο σε κάθε χρονική στιγμή και έτσι με αυτό το τρόπο δεν υπάρχουν διακοπές στην επικοινωνία. Τα σημαντικότερα δορυφορικά δίκτυα που παρέχουν τηλεφωνία τέτοιου είδους είναι τα εξής:

- Iridium
- Globalstar
- Thuraya



6.5 Δορυφορικό ραδιόφωνο

Το δορυφορικό ραδιόφωνο (satellite radio) είναι υπηρεσία μουσικής ραδιοφωνικής μετάδοσης που εγκρίθηκε από τη FCC το 1992. Η FCC χορήγησε τις πρώτες άδειες σε αυτό το διάστημα το 1997. Το δορυφορικό ραδιόφωνο είναι τεχνικά γνωστό ως ψηφιακή ακουστική ράδιο υπηρεσία (DARS). Οι δορυφορικοί ράδιο εκφωνητές περιλαμβάνουν αυτήν την περίοδο δορυφορικό ραδιόφωνο Sirius, XM δορυφορικό ραδιόφωνο και WorldSpace. Το XM ράδιο χρησιμοποιεί δύο γεωστατικούς δορυφόρους ενώ το Sirius τρεις δορυφόρους που ταξιδεύουν σε ελλειπτικές τροχιές. Το WorldSpace χρησιμοποιεί αυτήν την περίοδο δύο γεωστατικούς δορυφόρους, αλλά αναμένεται να προσθέσει ένας τρίτος δορυφόρος με στόχο την επέκταση της υπηρεσίας στην Κεντρική και Νότια Αμερική. Το Ράδιο Sirius και το XM ράδιο εξυπηρετούν τις Ηνωμένες Πολιτείες ενώ το WorldSpace εξυπηρετεί αυτήν την περίοδο την Ασία και την Αφρική. Και στις τρεις περιπτώσεις η κεραία του ραδιοφώνου θα πρέπει να έχει καθαρή θέα προς τον δορυφόρο. Σε περιοχές όπου παρεμβάλλονται πολλά εμπόδια μεταξύ δέκτη και δορυφόρου μπορούν να τοποθετηθούν αναμεταδότες για την ενίσχυση του σήματος. Ο κάθε πάροχος δορυφορικού ραδιοφώνου παρέχει ένα σύνολο από σταθμούς διαφόρων μουσικών επιλογών.



7. Πρακτική εμπειρία χρήσης δορυφορικών δικτύων

Η χρήση των επικοινωνιακών δορυφόρων εξυπηρετεί περισσότερο ευρείας διασποράς δίκτυα. Είναι, λοιπόν, πολύ χρήσιμη η οργάνωση των δικτύων μιας εταιρίας η οποία είναι διάσπαρτη σε πολλά γεωγραφικά σημεία να περιλαμβάνει δορυφόρους, γιατί έτσι επιτυγχάνεται, με συμφέρον κόστος, η επικοινωνία μεταξύ των μερών της.

7.1. Διεθνής εμπειρία

Παράδειγμα χρήσεως δορυφορικού δικτύου για τις ενδοεπικοινωνίες σε μια εταιρία είναι αυτό της *Rite Aid* (Laudon, 1998) η οποία είναι αλυσίδα παροχής φαρμάκων. Η συγκεκριμένη εταιρία έχει οργανώσει το δίκτυό της ως εξής:

Έχει στο κάθε παράρτημα της ένα εξυπηρετητή (με δεδομένα και προγράμματα) στον οποίο καλωδιακά συνδέονται τα διάφορα τερματικά των επιμέρους τμημάτων, οι ταμιακές μηχανές, οι Η/Υ διαχείρισης των αποθεμάτων της αποθήκης, και τα τερματικά των διευθυντών των τμημάτων αλλά και του γενικού σε κάθε παράρτημα. Ο κάθε εξυπηρετητής μέσω δορυφόρου επικοινωνεί με το κεντρικό mainframe στα κεντρικά γραφεία της εταιρείας και τα ενημερώνει (τη κεντρική βάση δεδομένων) για τις πωλήσεις και τις εντολές που είναι να εκτελεσθούν.

Άλλο παράδειγμα είναι αυτό της *WatMart* (Parker, 1995) η οποία είναι αλυσίδα 1550 καταστημάτων πώλησης πολλών ειδών προϊόντων (πολυκαταστήματα). Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού καταλαβαίνουμε ότι αυτά είναι διάσπαρτα σε όλα τα μήκη και τα πλάτη των ΗΠΑ. Έτσι η σύνδεσή τους γίνεται μέσω δορυφορικού δικτύου (οι διάφοροι Η/Υ, τερματικά, ταμιακές μηχανές κ.α συνδέονται από το κάθε κατάστημα μέσω δορυφορικού πιάτου σε δορυφόρο και από εκεί στα κεντρικά γραφεία) με σκοπό να γνωρίζει η εταιρεία τα προϊόντα που κάνουν ικανοποιητικές πωλήσεις και να εξετάσει τις προτιμήσεις των πελατών. Μάλιστα αυτού του είδους η επικοινωνία περιγράφεται από τη εταιρία με τον όρο Ηλεκτρονικό δίκτυο ανταλλαγής πληροφοριών.

7.2. Ελληνική εμπειρία

Το δίκτυο επικοινωνίας μέσω δορυφόρων στην Ελλάδα βασίζονταν στο δορυφορικό δίκτυο INMARSAT C (από το 1985, για την επικοινωνία με Μεσόγειο, Ινδικό). Η εξυπηρέτηση γινόταν με επίγειους δορυφορικού σταθμούς.

Όσον αφορά την επικοινωνία με την Ευρώπη αυτή γινόταν με τον INTELSAT (3 κεραίες). Μέσω του προγράμματος STAR προβλέπεται η εγκατάσταση δύο δορυφορικών σταθμών για επικοινωνία με το σύστημα δορυφόρων EUTELSAT-SMS (κυρίως για τηλεπικοινωνία με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (ταχύτητα από 64 Kbps έως 2Mbps) . Σήμερα μέσω των ευρωπαϊκών προγραμμάτων (CRASH, ESPRIT, RACE, STAR κ.α.) υπάρχει δραστηριοποίηση στο τομέα των τηλεπικοινωνιών και των δορυφορικών δικτύων

7.2.1. Δημόσιοι Φορείς

Η πρώτη προσπάθεια του δημόσιου τομέα για χρησιμοποίηση των δορυφορικών συνδέσεων προς χάριν αντιμετώπισης προβλημάτων για επικοινωνία με σημεία σε μακρινές αποστάσεις είναι το *Πανελλήνιο Δίκτυο για την Εκπαίδευση* (EDUnet). Αυτό έχει ως στόχο να συνδέσει για αρχή 1000 εκπαιδευτικές και διοικητικές μονάδες επί του συνόλου των 4000 με το υπουργείο παιδείας για καλύτερη επικοινωνία και διοίκηση αυτών. Πέρα από τις συμβατικές αναλογικές συνδέσεις θα περιλαμβάνει και εναλλακτικές ασύρματες συνδέσεις όπως επίσης και δορυφορικές. Στην αρχή θα εκμεταλλευτεί την υποδομή του ΕΔΕΤ.

Επίσης πολλά *εργαστήρια πανεπιστημιακών ιδρυμάτων* όπως αυτό του Τομέα Τηλεπικοινωνιών και Διαστημικής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης έχουν αναπτύξει έρευνα στους τομείς των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών (δορυφορική τηλεπισκόπηση, δορυφορικά συστήματα δεδομένων με microcontrollers κ.α.).

7.2.2. Παροχή πακέτων δορυφορικών υπηρεσιών INTERSAT A.E.

Η INTERSAT A.E. είναι μια αναπτυσσόμενη ελληνική εταιρία στον τομέα παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και δικτύων και στον τομέα της ψηφιακής μεταφοράς ήχου και εικόνας. Δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη και εκμετάλλευση πολυμορφικών προηγμένων δικτύων τηλεπικοινωνιών για τη μεταφορά κάθε είδους δεδομένων data, εικόνας και φωνής (αρχικά μόνο σε κλειστές ομάδες χρηστών, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία), καθώς επίσης και υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας σε όλο το φάσμα των τηλεπικοινωνιών, μέσω επίγειων αλλά και σε μεγάλο βαθμό ασύρματων και δορυφορικών συνδέσεων.

Η υποδομή για τη παροχή των υπηρεσιών αυτών θα αποτελείται από δίκτυα προηγμένης τεχνολογίας χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μορφές δικτύωσης, όπως δορυφορικές συνδέσεις, συνδεσμολογίες με Internet Protocol (IP), κ.α.

Στόχος της είναι να παρέχει προσιτές και αξιόπιστες υπηρεσίες τηλεφωνίας (αρχικά μόνο σε κλειστές ομάδες χρηστών), συνδέσεις υπολογιστών, ιδιωτικά δίκτυα επικοινωνιών και πολυμέσων, δορυφορικές και επίγειες επικοινωνίες.

Επίσης στους σκοπούς της είναι η διάθεση πρόσβασης στο διαδίκτυο Internet, και σε όλες τις υψηλών προδιαγραφών υπηρεσίες που προσφέρονται μέσω αυτού, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η τηλεδιδασκαλία, η τηλε-Ιατρική, η τηλε-εργασία, την ηλεκτρονική τράπεζα και γενικά κάθε υπηρεσία επικοινωνίας και ψυχαγωγίας με προστιθέμενη αξία. Η παροχή των παραπάνω υπηρεσιών προβλέπεται να γίνεται για ακόμη καλύτερη και γρηγορότερη πρόσβαση και μέσω δορυφορικής σύνδεσης.

Στο πλαίσιο της πολιτικής δραστηριοποίησης της στα δορυφορικά δίκτυα (και μέσω της θυγατρικής της INTERACTIVE A.E.) έχει προγραμματίσει να:

- αναπτύξει δορυφορικά δίκτυα παροχής πολυμέσων με στόχο την αποτύπωση τηλεγεωμετρικών στοιχείων για περιβαλλοντικές, οικολογικές, κτηματολογικές και στρατιωτικές εφαρμογές, την εκμετάλλευση εφαρμογών πλοήγησης και την παροχή υπηρεσιών επικοινωνίας για ειδικές ανάγκες (όπως επικοινωνία αεροδρομίων, διασύνδεση κόμβων τηλεπικοινωνιακού δικτύου, κατασκευή ιδιωτικών δικτύων μέσω δορυφορικών συνδέσεων σε μορφές Star, δισημειακή σύνδεση, Meshed, σημείο-πολυσημειακή σύνδεση, κ.ά.)
- παράσχει δορυφορικά συνδρομητικά τηλεοπτικά προγράμματα (θεματική - εναλλακτική τηλεόραση)
- παράσχει δορυφορικό Internet, (δυνατότητα μέσω της πολυμορφικής τηλεόρασης) και κάρπωση των υπηρεσιών αυτού,

όπως και υπηρεσίες υπερταχείας πρόσβασης στο Internet μέσω του μισθωμένου δορυφορικού αναμεταδότη / ενισχυτή του δορυφόρου W3 του Eutelsat

- καθιερώνει δορυφορικές υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων (τηλεαγορές, ψηφιακό δισκοπωλείο, βιβλιοπωλείο)
- καθιερώνει δορυφορικές επικοινωνίες και βιντεοεπικοινωνίες
- διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό (δορυφορικές κεραίες, κωδικοποιητές /αποκωδικοποιητές, υπολογιστές, δρομολογητές κ.α)

NOVA

Η παρούσα εταιρία είναι παροχέας ιδίων υπηρεσιών όπως η Intersat A.E. Απλά προς το παρόν δραστηριοποιείται στην παροχή μπουκέτου δορυφορικών καναλιών. Χρησιμοποιεί τους δορυφόρους UTELSAT 2F1 HOT BIRD 2-3 (13E). Αυτοί βρίσκονται σε γεωγραφικό μήκος 13 από το Greenwich και είναι γεωστατικοί. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία DTH (οικιακή λήψη μέσω δορυφορικής κεραίας ή δίσκου απευθείας από τον δορυφόρο). Σε ύστερο στάδιο υπάρχει το IRD (ολοκληρωμένος δέκτης, αποκωδικοποιητής). Ο αποκωδικοποιητής συνδυάζει το δορυφορικό δέκτη υψηλής ποιότητας που είναι συμβατός με τα πρότυπα MPEG-2 και DVB και τον τεχνολογικά αναβαθμισμένο αποκωδικοποιητή σε μία ολοκληρωμένη μονάδα. Ο αποκωδικοποιητής παρέχει όλες τις δυνατότητες, ώστε να υπάρχει πρόσβαση σε όλες τις δορυφορικές υπηρεσίες (λήψη προσωπικών μηνυμάτων και teletext - προς το παρόν).

7.2.3. Παροχή Internet μέσω δορυφόρου

Οι εταιρίες Logo Web, Sat Elite και η Sat Vision δραστηριοποιούνται στην παροχή Internet μέσω δορυφόρου. Πως γίνεται αυτό; Χρειάζεται μια σύνδεση μέσω κάποιου παροχέα Internet (με modem - dial-up σύνδεση, μισθωμένη γραμμή, ISDN), ύπαρξη δορυφορικού πιάτου ή κεραίας, και αγορά κάρτας δορυφορικής λήψης (πρότυπο DVB). Το πιάτο πρέπει να έχει κλίση προς κάποιον δορυφόρο (π.χ Astra 19E, 13ο East). Επίσης απαραίτητος είναι ένας LNB (Low Noise Block Downconverter), ο οποίος είναι ένας συνδυασμός ενός ενισχυτή και ενός μετατροπέα που αποτελούν μια συσκευή. Για σύνδεση μέσω τηλεόρασης χρειάζεται αντί για σύνδεση μέσω ενός παροχέα Internet, ένα Set-Top Box.

Η *Sat Elite* δίνει τη δυνατότητα μέσω δορυφορικής σύνδεσης να λαμβάνει ο χρήστης μεγάλου εύρους ζώνης video, μουσικού υλικού, παιχνιδιών σε λίγα δευτερόλεπτα μέσω H/Y ή τηλεόρασης.

Η *Sat Vision* προσφέρει σε συμφέρον κόστος το βασικό κορμό ενός δικτύου (δορυφορική “ραχοκοκαλιά”) και υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας τόσο σε παροχές υπηρεσιών όσο και σε επιχειρήσεις. Η εταιρία βλέπει ως λύση την εκτροπή της κυκλοφορίας των δεδομένων μέσω των δορυφόρων γιατί η μετάδοση μέσω των ενσύρματων μέσων προκαλεί πολλά προβλήματα μιας και οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης είναι πολύ μεγάλες πλέον.

Η τεχνολογία DVB (Digital Video Broadcast) δίνει τη δυνατότητα στους παροχείς Internet να μεταδίδουν την πληροφορία που δέχονται εξυπηρετώντας τη ζήτηση ενός χρήστη, σε όλους του χρήστες (πρότυπο για άμεση μετάδοση στο σπίτι για όλες τις περιοχές). Η παραπάνω τεχνολογία καθορίζει ανάλογα με τη ζήτηση σε εύρος ζώνης, το εύρος ζώνης για την κάθε σύνδεση (για κάθε χρήστη ξεχωριστή). Τα προϊόντα που προσφέρει είναι :

- σύνδεση του δορυφόρου με ένα τηλε-σταθμό (oneway ή two-way σύνδεση)
- υπηρεσία σύνδεσης σε πολλαπλές ιστοσελίδες

Στην ουσία εμπεριέχεται ένα είδος συνδυασμού δορυφορικών δικτύων και ενσύρματων ή οπτικής ίνας.

Ακόμη προσφέρει:

- Bandwidth on demand
- Multicast value added services (Νέα, Εκμάθηση από απόσταση, ροή βίντεο, διανομή αρχείων κ.α).
- Διαχείριση της δρομολόγησης, διόρθωση λαθών, έλεγχος της συνδεσιμότητας
- Asymmetric traffic with flexible data rates (καθορισμός του bandwidth του καναλιού ανάλογα με τη κυκλοφορία)
- Load Balancing

Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων μέσω δορυφόρου φτάνει τα 2Mbps πολύ μεγάλη σε σύγκριση με τα 56Kbps των σημερινών modem. Τέλος η εταιρία προσφέρει και τον εξοπλισμό για τη σύνδεση (δορυφορικές κεραίες, πομποδέκτες, δορυφορικά modem, συστήματα simplex-full duplex μετάδοσης, δισημειακά και σημείο-πολυσημειακά συστήματα, ακόμη κάρτες (IDR, IBS, SMS) που συνδέουν τοπικούς σταθμούς επιχειρήσεων κ.α.

8. Hellas Sat Net

Η εταιρεία Hellas Sat A.E διαχειρίζεται και εκμεταλλεύεται εμπορικά τον Ελληνικό Δορυφόρο Hellas Sat2. Ο ελληνικός δορυφόρος είναι γεωστατικός δορυφόρος και χρησιμοποιείται καθαρά για την παροχή τηλεοπτικών και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η εκτόξευση του πραγματοποιήθηκε στις 13-5-2003 από την εταιρεία ILS στο ακρωτήριο Cape Canaveral και η τροχιακή του θέση είναι στις 39ο Ανατολικά. Πρόκειται για έναν από τους πλέον σύγχρονους τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, τύπου Eurostar E2000+, που κατασκεύασε η γαλλική εταιρεία Astrium, και επιτρέπει την παροχή μιας σειράς τηλεπικοινωνιακών και τηλεοπτικών υπηρεσιών, όπως δορυφορικό Internet, υπηρεσίες διανομής ήχου και εικόνας, ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση, αλλά και διαδραστικών υπηρεσιών. Ο δορυφόρος έχει ύψος 4,9 μέτρα, μήκος 1,7 μέτρα και πλάτος 2,5 μέτρα, ενώ το άνοιγμα των ηλίουσπλινκτών του είναι 32 μέτρα. Όσον αφορά το ωφέλιμο φορτίο (payload), η ισχύς ανέρχεται σε 5.600W, οι ζώνες συχνοτήτων είναι 13,75-14,50 GHz uplink και 10,95-12,75 GHz downlink. Ο HELLAS SAT2 έχει 30 αναμεταδότες με χωρητικότητα 36MHz., ενώ διαθέτει 8 εφεδρικούς σε περίπτωση που θα υπάρξει κάποια βλάβη.

Διαθέτει 4 δέσμες, 2 σταθερές και δύο κινητές. Η ισχύ εκπομπής είναι 55dbw στο κέντρο της γεωγραφικής κάλυψης των σταθερών και 52 dbw στο κέντρο της γεωγραφικής κάλυψης των κινητών. Η ζώνη συχνοτήτων είναι σε Ku band και Ku extended. Η σταθερή F1 η οποία έχει 12 αναμεταδότες καλύπτει όλη την Ευρώπη, παράλια της Τουρκίας και εκπέμπει σε συχνότητες στο up link 13.75-14,00GHz και στο down link 12.50-12,75GHz.

Αντίστοιχα η F2 έχει 6 αναμεταδότες και την ίδια περιοχή κάλυψη με την F1. Διαφοροποιείται ως προς τις συχνότητες καθώς το uplink είναι στα 14,00-14,25 GHz και το downlink είναι 10,95-11,2 GHz . Η S1 καλύπτει την περιοχή της Νοτίου Αφρικής διαθέτει 12 αναμεταδότες και το up link είναι από 13,75-14,00GHz, ενώ το downlink είναι 12,50-12,75GHz. Η κινητή S2 έχει 6 αναμεταδότες καλύπτει κομμάτι της Ευρώπης αλλά κυρίως εξυπηρετεί τη Μ. Ανατολή και το uplink είναι από 14.25-14.50 GHz ενώ το down link από 11.45-11.70 GHz.

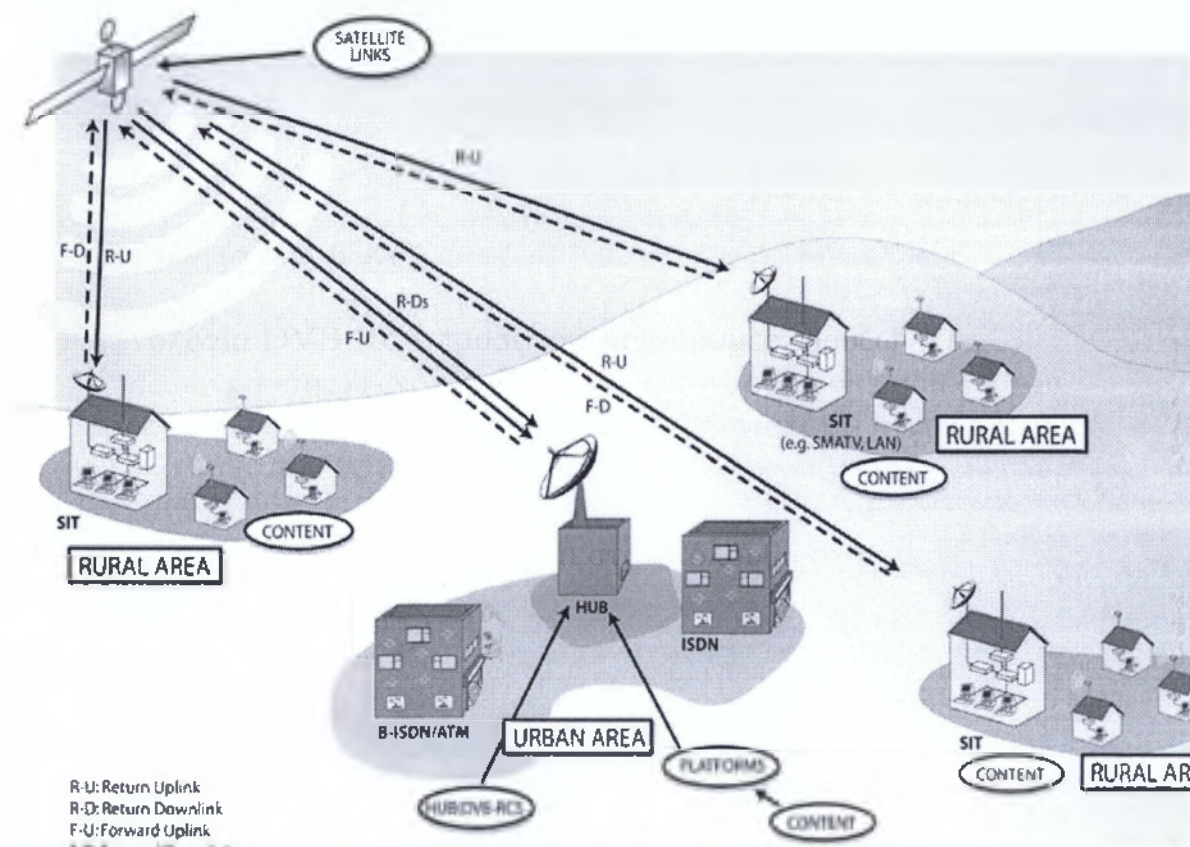
8.1 Δορυφορικές υπηρεσίες

Επιγραμματικά οι δορυφορικές υπηρεσίες μέσω του Hellas Sat2 μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής :

- Υπηρεσίες Ενοικίασης Χωρητικότητας (Capacity Leasing) : Το φάσμα του δορυφόρου μπορεί να εκχωρηθεί απευθείας για χρήση. Συνήθως οι μισθώσεις γίνονται με χρονοχρέωση
- Υπηρεσίες Video : Οι υπηρεσίες video που μπορεί να παρέχει ο δορυφόρος αφορούν την μετάδοση video streams, σε κατάλληλες ψηφιακές πλατφόρμες. Υπηρεσίες όπως Satellite News Gathering, κατά την οποία συγκεντρώνονται ειδήσεις οι οποίες εκπέμπονται με την μορφή streams, και επίσης πλήθος από άλλες καθημερινές χρήσεις όπως μετάδοση αγώνων, ειδησεογραφικές αποστολές σε απομακρυσμένες περιοχές κλπ. Το φάσμα που εκχωρείται είναι ανάλογο με την εφαρμογή και το περιεχόμενο της σε πληροφορία κίνησης.
- Υπηρεσίες SNG (Satellite News Gathering): Δορυφορική συλλογή ειδήσεων
- Υπηρεσίες μετάδοσης Τηλεόρασης & Ραδιοφώνου : Η μετάδοση υπηρεσιών ψυχαγωγίας και ενημέρωσης μέσω της δορυφορικής τηλεόρασης και του δορυφορικού ραδιοφώνου γίνεται πλέον πιο προσιτή. Δημιουργούνται νέες πλατφόρμες, κανάλια συνδρομητικά και μη, ενώ παράλληλα με αυτές τις υπηρεσίες αναπτύσσεται και μια νέα υπηρεσία η High Definition Television(Τηλεόραση Υπέρ-Υψηλής Ευκρίνειας). Η HDTV αφορά τηλεοπτικές υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται σε αρκετά μεγάλη ανάλυση, και είναι κατάλληλες για διανομές ταινιών, διαδραστικές-interactive υπηρεσίες προς τον τελικό χρήστη, και γενικά αποτελεί ένα εξελικτικό βήμα στην επόμενη γενιά υπηρεσιών τηλεόρασης.
- Ευρυζωνικές Υπηρεσίες και Υπηρεσίες IP : Τα τερματικά DVB-RCS μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες δικτύου, παρέχοντας αμφίδρομες δορυφορικές ζεύξεις. Οι ζεύξεις αυτές πραγματοποιούνται με την διαμεσολάβηση του Κομβικού Σταθμού Εδάφους (Hub). Το σήμα εκπέμπεται προς τον δορυφόρο από ένα τερματικό DVB-RCS και παραλαμβάνεται από ένα άλλο τερματικό, επίσης DVB-RCS. Με δεδομένη την υποστήριξη του πρωτοκόλλου IP, είναι φανερό ότι το πλήθος των υπηρεσιών που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορούν πλέον να τρέξουν και δορυφορικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε υποστήριξη HTTP, FTP, E-Mail, DNS, LDAP κλπ.

8.2 Τεχνολογία DVB-RCS

Η τεχνολογία DVB-RCS προσφέρει αμφίδρομες ευρυζωνικές υπηρεσίες μετάδοσης φωνής, δεδομένων, εικόνας και video μέσω του δορυφόρου Hellas Sat 2. Το δίκτυο, το οποίο συνίσταται από το δορυφόρο Hellas Sat 2, τον Κομβικό Σταθμό Εδάφους (HUB) και τα τερματικά των χρηστών (σταθερών και κινητών), διατάσσονται σε τοπολογία αστέρα και απεικονίζονται στο ακόλουθο σχήμα:



Για τη μετάδοση της κίνησης υφίστανται δύο οδεύσεις οι οποίες είναι:

- το προωπτικό κανάλι (forward channel) από τον Κεντρικό Δορυφορικό Σταθμό Εδάφους στο δορυφόρο και στη συνέχεια προς το τερματικό
- το κανάλι επιστροφής (return channel) από το τερματικό προς το δορυφόρο και έπειτα στον Κεντρικό Δορυφορικό Σταθμό Εδάφους

Το σύστημα DVB-RCS το οποίο υποβλήθηκε στην τελική τυποποίηση από το ETSI το 2000, περιλαμβάνει το σύστημα δεδομένων DVB/MPEG-2 για την προωστική σύνδεση καθώς και το πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης MF-TDMA για τη σύνδεση επιστροφής.

Το στάνταρ DVB-RCS υποστηρίζει αμφίδρομη δορυφορική ευρυζωνική επικοινωνία, επιτρέποντας την εγκατάσταση και ανάπτυξη υπηρεσιών υπέρ-υψηλής ταχύτητας πρόσβασης στο διαδίκτυο, δημιουργίας τοπικών intranet, δικτύων VPN για ασφαλείς συνδέσεις, και πλήθος εφαρμογών που μπορούν να τρέξουν σε πραγματικό χρόνο και προς πολλούς τελικούς αποδέκτες.

Η τεχνολογία DVB-RCS παρουσιάζεται ως η πλέον κατάλληλη για την παροχή τέτοιου είδους υπηρεσιών. Οι λόγοι που κάνουν την τεχνολογία αυτή ελκυστική στο ευρύ κοινό είναι η αποτελεσματικότερη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης καθώς και το χαμηλό κόστος των τερματικών των χρηστών σε σχέση τα τερματικά VSAT. Αναλυτικότερα οι λόγοι που κάνουν ελκυστική την τεχνολογία DVB RCS φαίνονται παρακάτω:

- Οι σταθμοί VSAT που μέχρι σήμερα ήταν διαθέσιμοι βρήκαν ανταπόκριση από ένα πολύ μικρό μερίδιο της αγοράς. Ο λόγος ήταν το υψηλό κόστος των τερματικών των χρηστών και η έλλειψη συμβατότητας με άλλα συστήματα
- Η τεχνολογία DVB-RCS αναπτύχθηκε υπό την επίβλεψη του DVB forum, με τελευταία έκδοση επικυρωμένη από το ETSI στα τέλη του 2002. Το γεγονός αυτό έχει ωθήσει αρκετούς κατασκευαστές στην υλοποίηση εξοπλισμού προς εμπορική χρήση.
- Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος έχει δημιουργήσει μία ομάδα με την επωνυμία Satlabs με στόχο την επίτευξη της αλληλοδραστικότητας μεταξύ τερματικών και κομβικών σταθμών διαφορετικών κατασκευαστών.
- Η τεχνολογία DVB-RCS μέσω της αμφίδρομης λύσης που προσφέρει μπορεί να υποστηρίξει μία μεγάλη ποικιλία πολυμεσικών εφαρμογών και νέων υπηρεσιών που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP με σκοπό και στόχο την επίτευξη ορίων ταχύτητας μετάδοσης / λήψης δεδομένων στα όρια της ευριζωνικότητας.

8.3 Απαιτούμενος εξοπλισμός

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τα άκρα του δικτύου συνίσταται από την:

Εξωτερική μονάδα (ODU)

Η εξωτερική μονάδα αποτελείται από μία κεραία που μπορεί να λειτουργεί στην Ku μπάντα συχνοτήτων. Η εξωτερική μονάδα τοποθετείται σε εξωτερικούς χώρους

Εσωτερική μονάδα (IDU)

Είναι ουσιαστικά ένα δορυφορικό modem. Η εσωτερική μονάδα (κατασκευής EMS) κάνει χρήση της τελευταίας λέξης τεχνολογίας διαμορφωτή χρησιμοποιώντας Reed-Solomon και Turbo Coding.

Υποστηρίζει αποτελεσματικά VoIP υπηρεσίες, VPN intranet πρόσβαση, IP υπηρεσίες και video-conference, έχει ένα μεγάλο αριθμό χαρακτηριστικών στο Physical και MAC Layer και προσφέρει IP και TCP/IP δυνατότητες σε επίπεδο δικτύου.

Η HELLAS SAT θα παρέχει αρχικά σε οικιακούς και εταιρικούς χρήστες την υπηρεσία σύνδεσης Hellas SAT net! με τους ακόλουθους ρυθμούς μετάδοσης:

Service	Service Class Outbound/Inbound Kbps
Hellas SAT net! 500	512/256
Hellas SAT net! 1000	1M/256
Hellas SAT net! 1000+	1M/512
Hellas SAT net! 2000	2M/512

Η υπηρεσία αποτελεί το ιδανικό μέσο διασύνδεσης και παροχής ευρυζωνικών εφαρμογών για απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές για περιοχές όπου δεν υπάρχει επίγεια υποδομή .

Παράλληλα το σύστημα DVB-RCS μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες όπως WI-FI , WIMAX. Είναι η κατάλληλη τεχνολογία για να παρέχει υπηρεσίες VoIP ,τηλε-εκπαίδευσης, τηλε ιατρικής, τηλε-εργασία, εφαρμογές e-commerce, e-government, πυρανίχνευσης και μια σειρά real time εφαρμογών.

9. Προσομοίωση δορυφορικής ζεύξης πολλαπλών αλμάτων με χρήση S.T.K

Σκοπός της παρακάτω εφαρμογής είναι η κατάστρωση και η προσομοίωση σεναρίου τηλεπικοινωνιακής ζεύξης πολλαπλών αλμάτων (multihop). Για την προσομοίωση θα χρησιμοποιήσουμε το πακέτο S.T.K (Satellite Tool Kit) της AGI.

Δημιουργούμε ένα νέο σενάριο και το ονομάζουμε “Multihop” Μετά προσθέτουμε έναν σταθερό σταθμό εδάφους με τις προρυθμισμένες παραμέτρους και τον ονομάζουμε “Gnd_NE”. Εφοδιάζουμε τον πιο πάνω σταθμό με έναν αισθητήρα. Ονομάζουμε τον αισθητήρα “Gnd_NE_sen”.

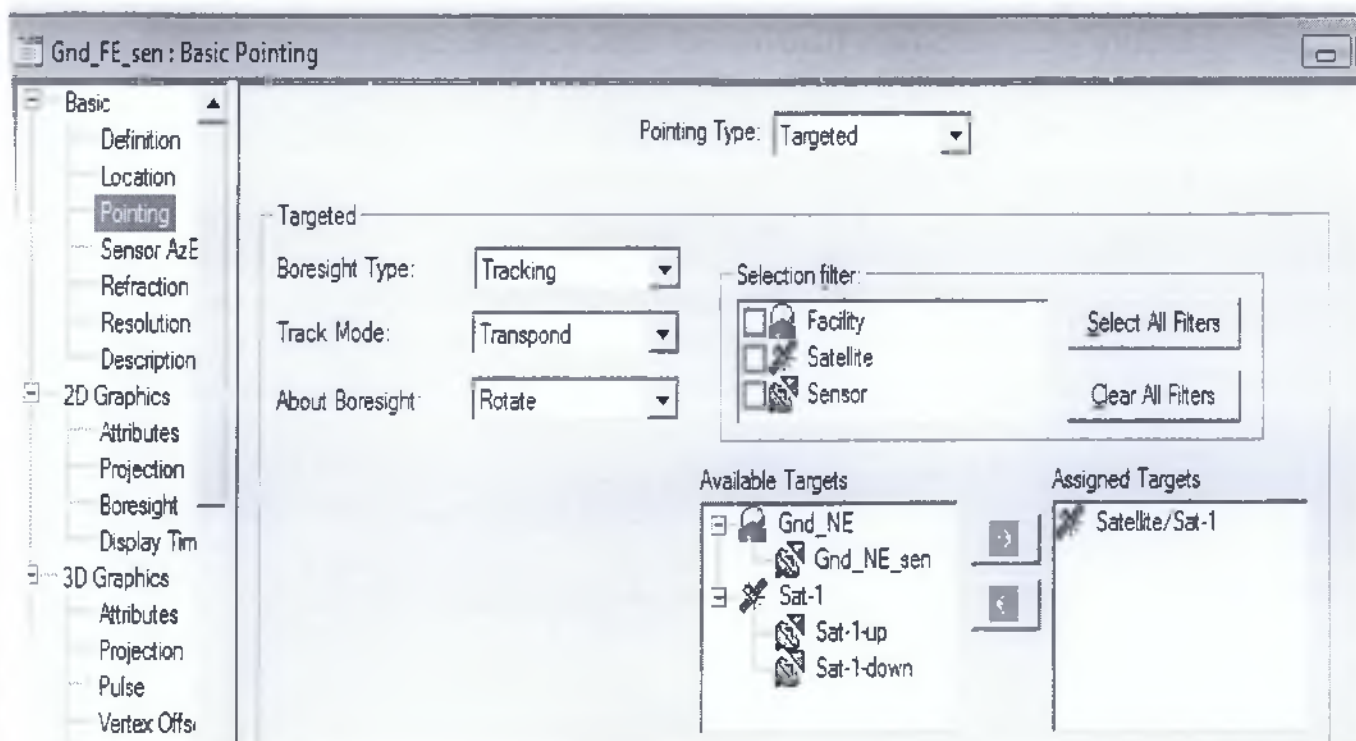
Επιπλέον προσθέτουμε στο σενάριο έναν γεωστατικό δορυφόρο με τις προρυθμισμένες παραμέτρους στο γεωγραφικό μήκος των -30° και τον λέμε “Sat-1”.

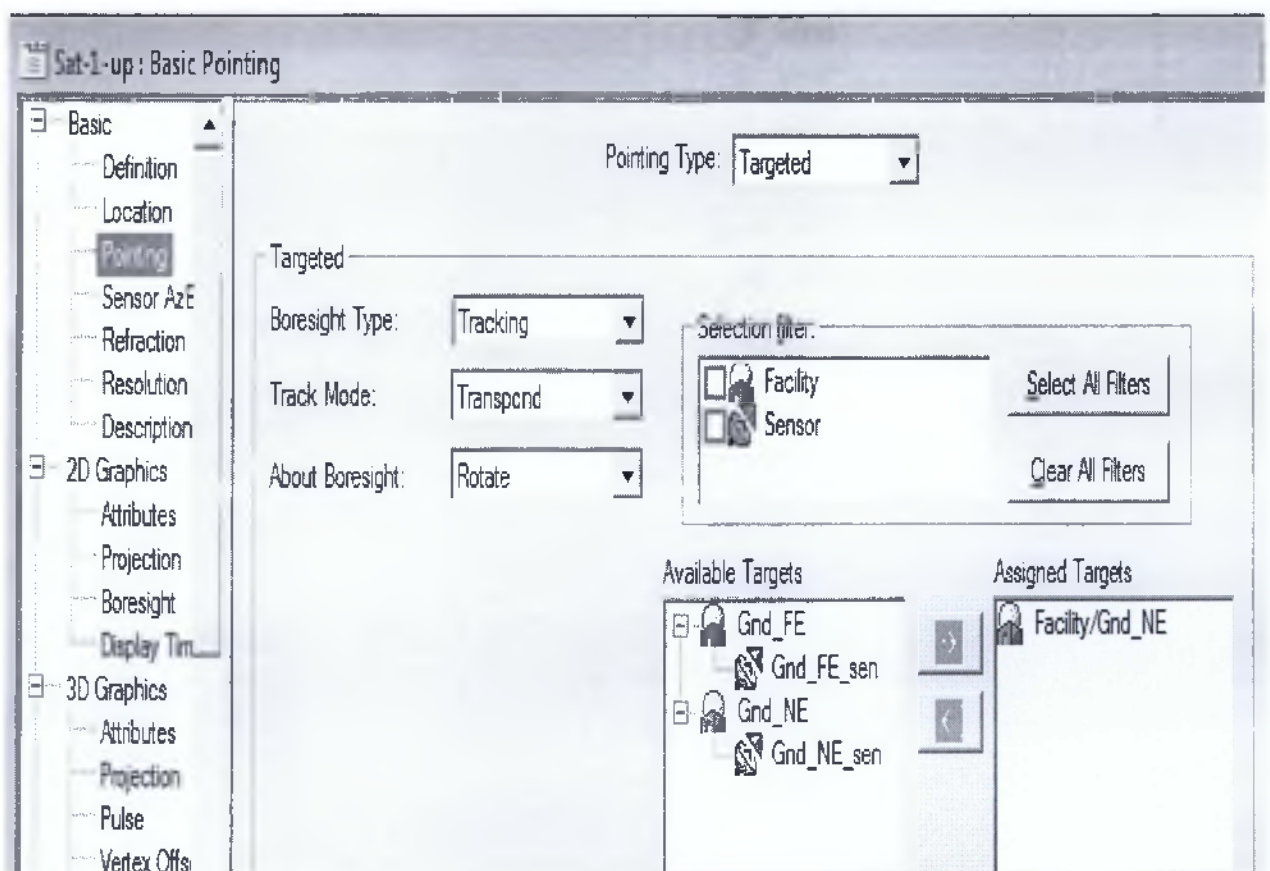
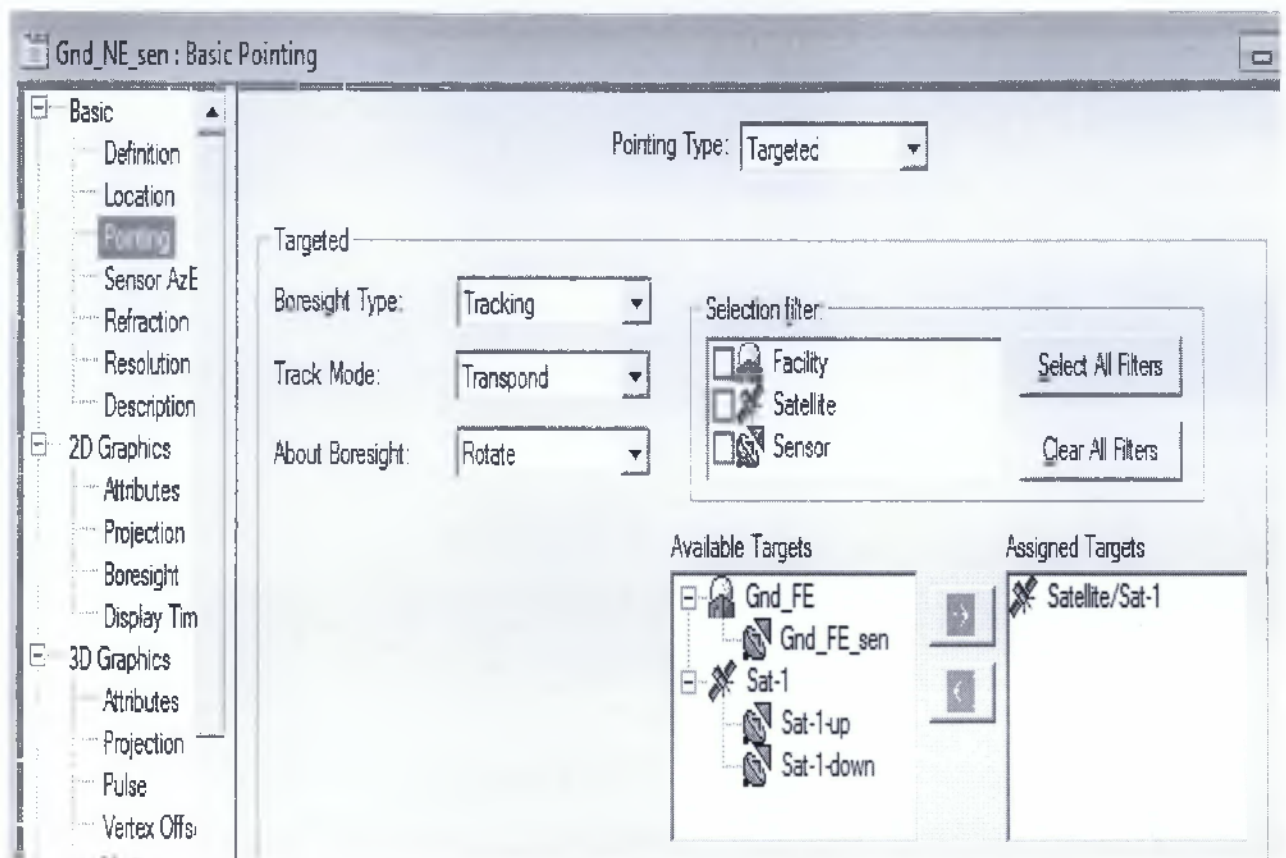
Στη συνέχεια εφοδιάζουμε τον παραπάνω δορυφόρο με δύο αισθητήρες και τους δίνουμε τις εξής ονομασίες “Sat-1-up” και “Sat-1-down”, αντίστοιχα.

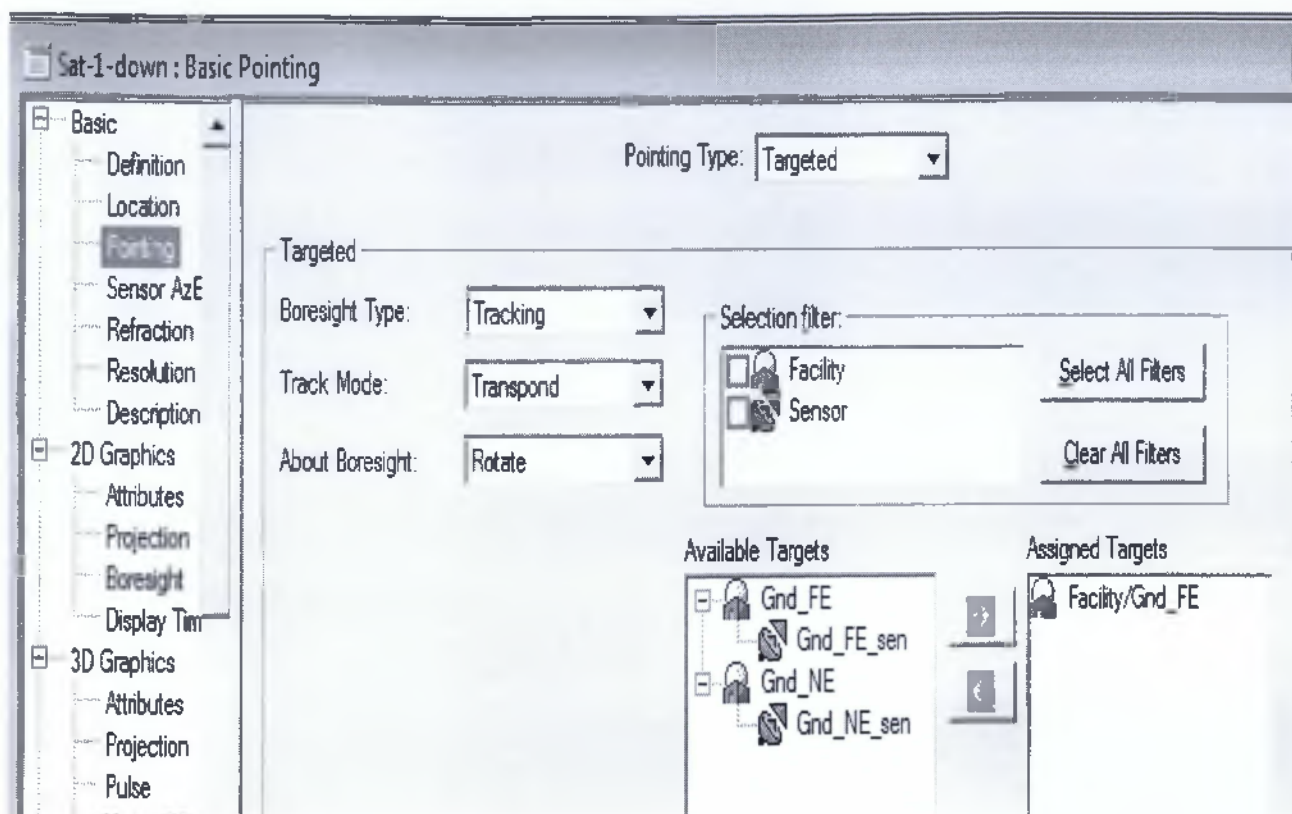
Προσθέτουμε έναν ακόμη σταθερό σταθμό εδάφους στην ανατολική Αυστραλία ($150^\circ, -30^\circ$) και τον ονομάζουμε “Gnd_FE”.

Μετά εφοδιάζουμε τον πιο πάνω σταθμό με αισθητήρα και τον ονομάζουμε “Gnd_FE_sen”.

Τέλος προσανατολίζουμε κατάλληλα τους αισθητήρες ώστε να εξασφαλίζεται η ακόλουθη ζεύξη $Gnd_NE_sen \rightarrow Sat-1-up \rightarrow Sat-1-down \rightarrow Gnd_FE_sen$ όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:

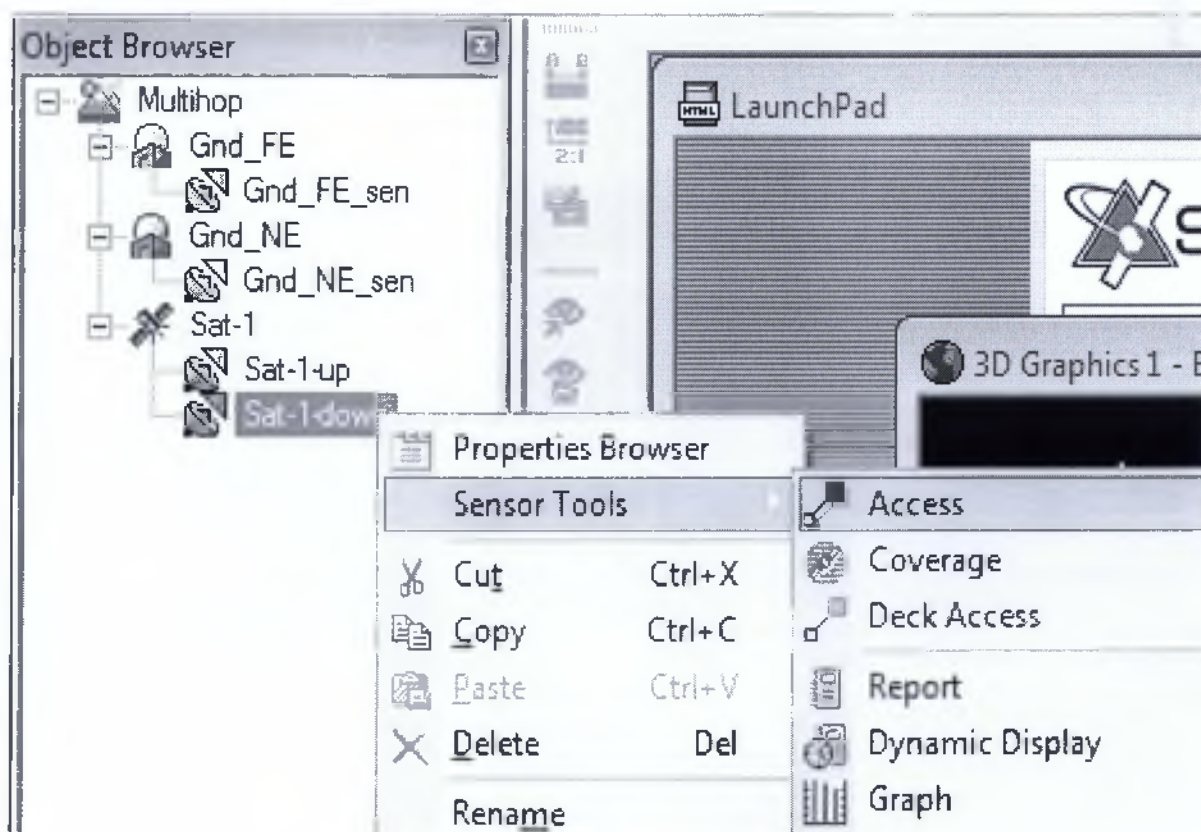
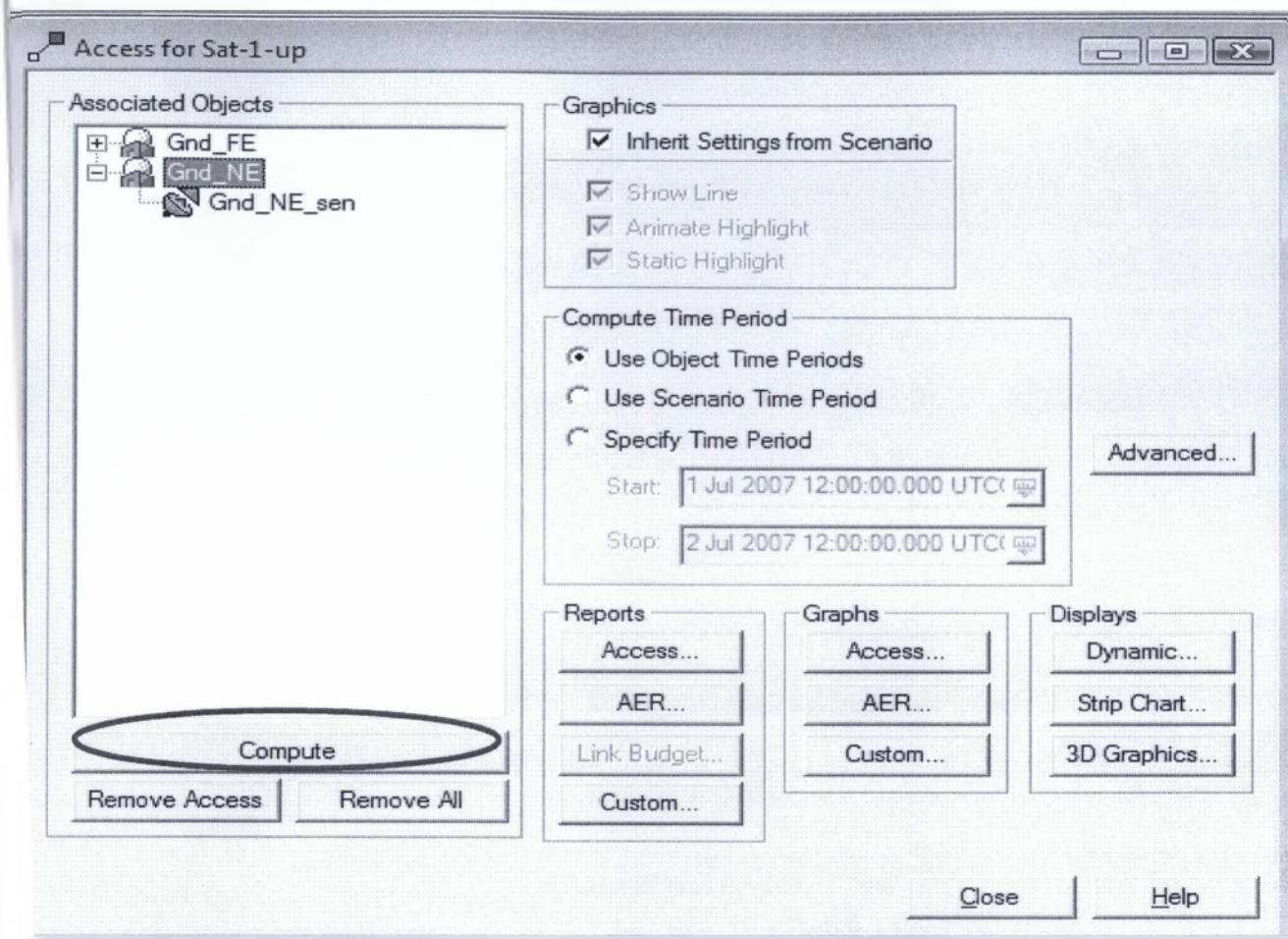


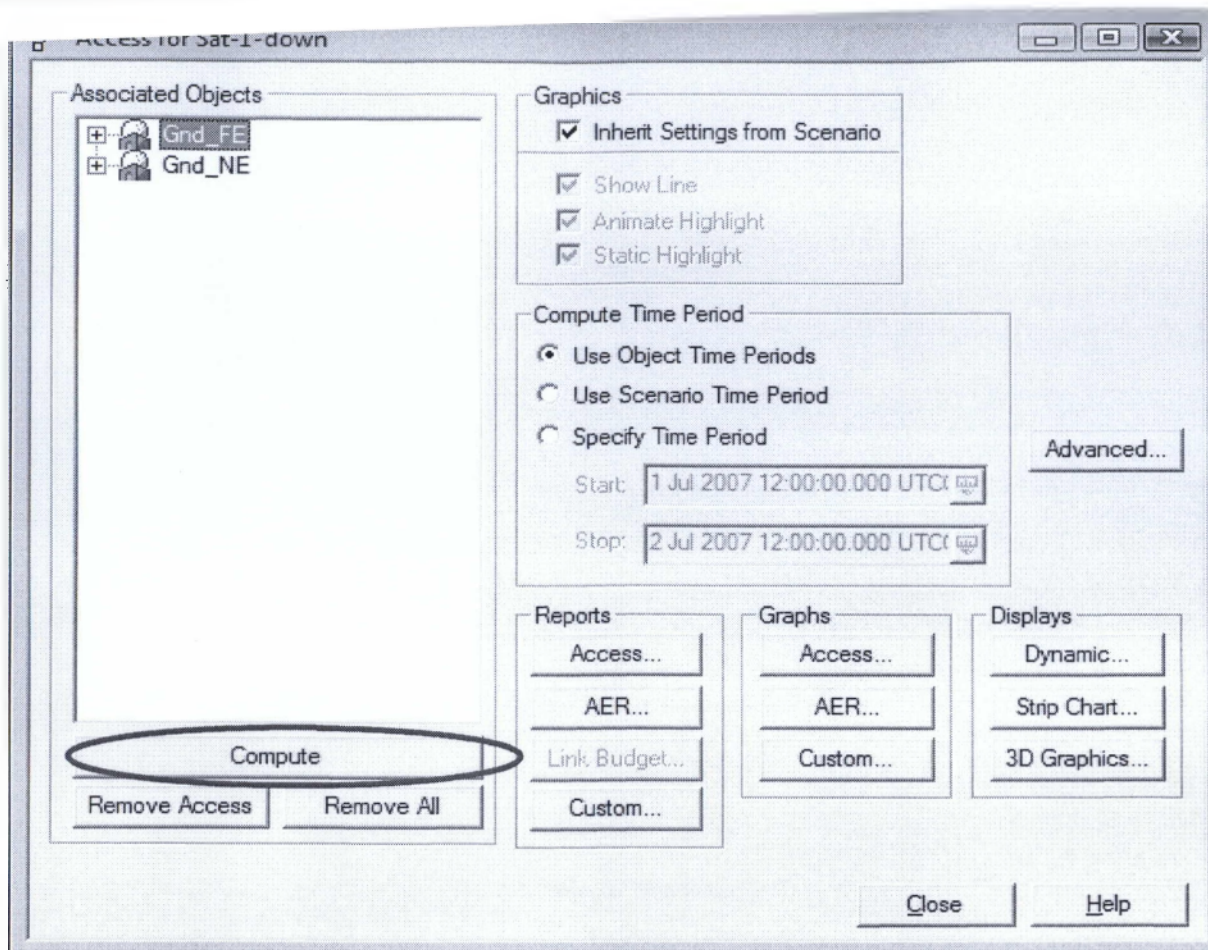




Στη συνέχεια προχωρούμε στον υπολογισμό της πρόσβασης ως εξής:







Κατόπιν προσθέτουμε στο σενάριο άλλον έναν επίγειο σταθερό δορυφορικό σταθμό στον Ελληνικό χώρο (π.χ. $(22^{\circ}, 37^{\circ})$) και τον ονομάζουμε "Gnd_M".

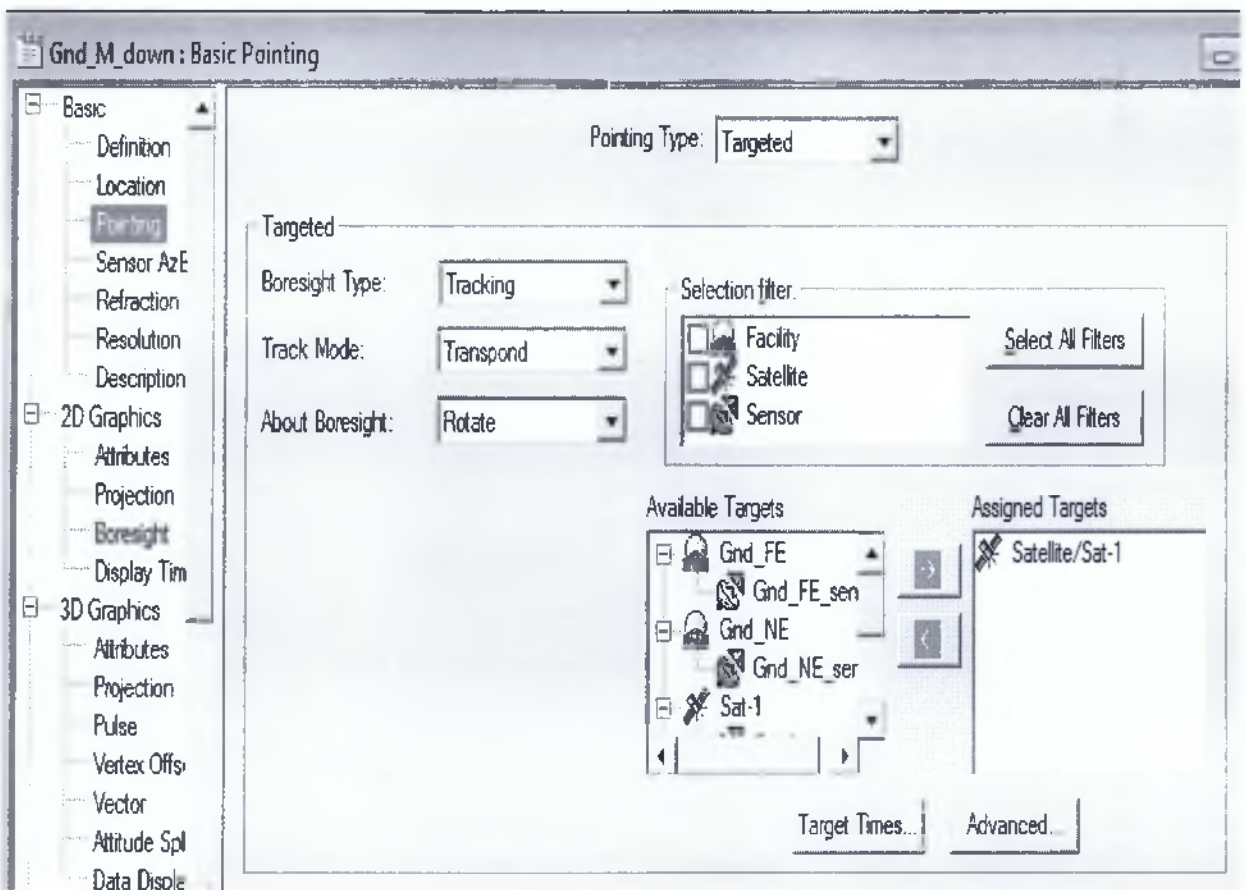
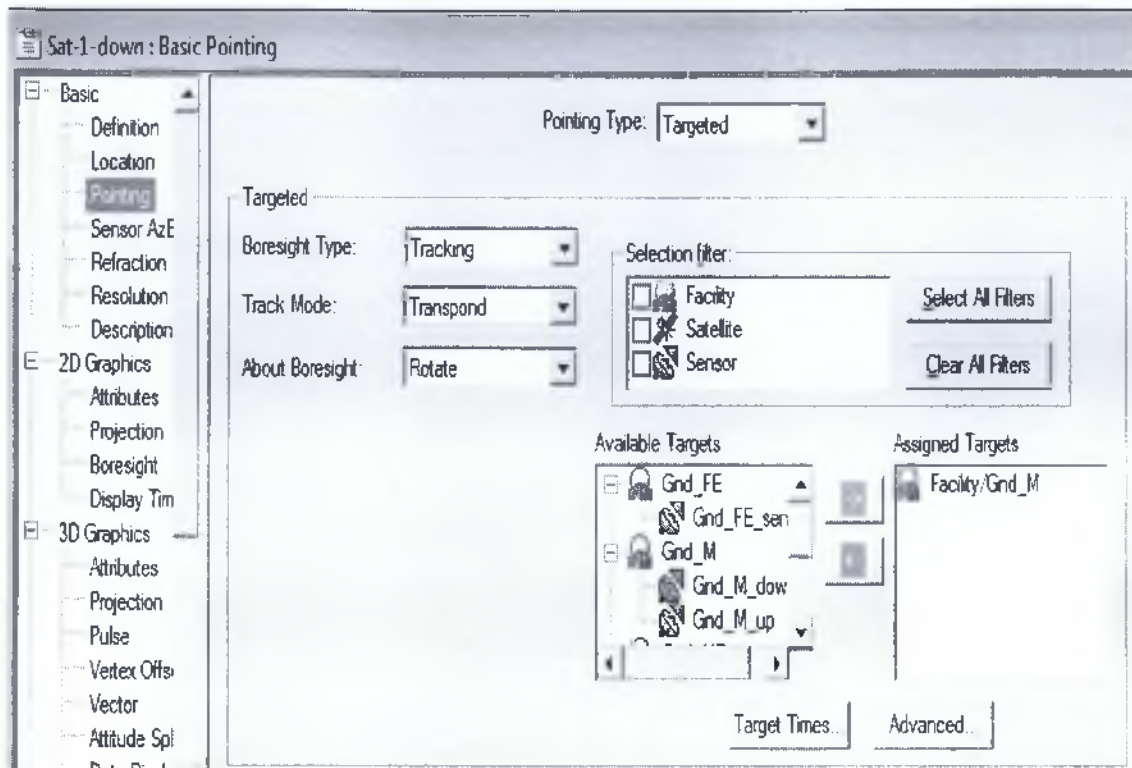
Εφοδιάζουμε τον πιο πάνω σταθμό με δύο αισθητήρες και τους ονομάζουμε "Gnd_M_down" και "Gnd_M_up".

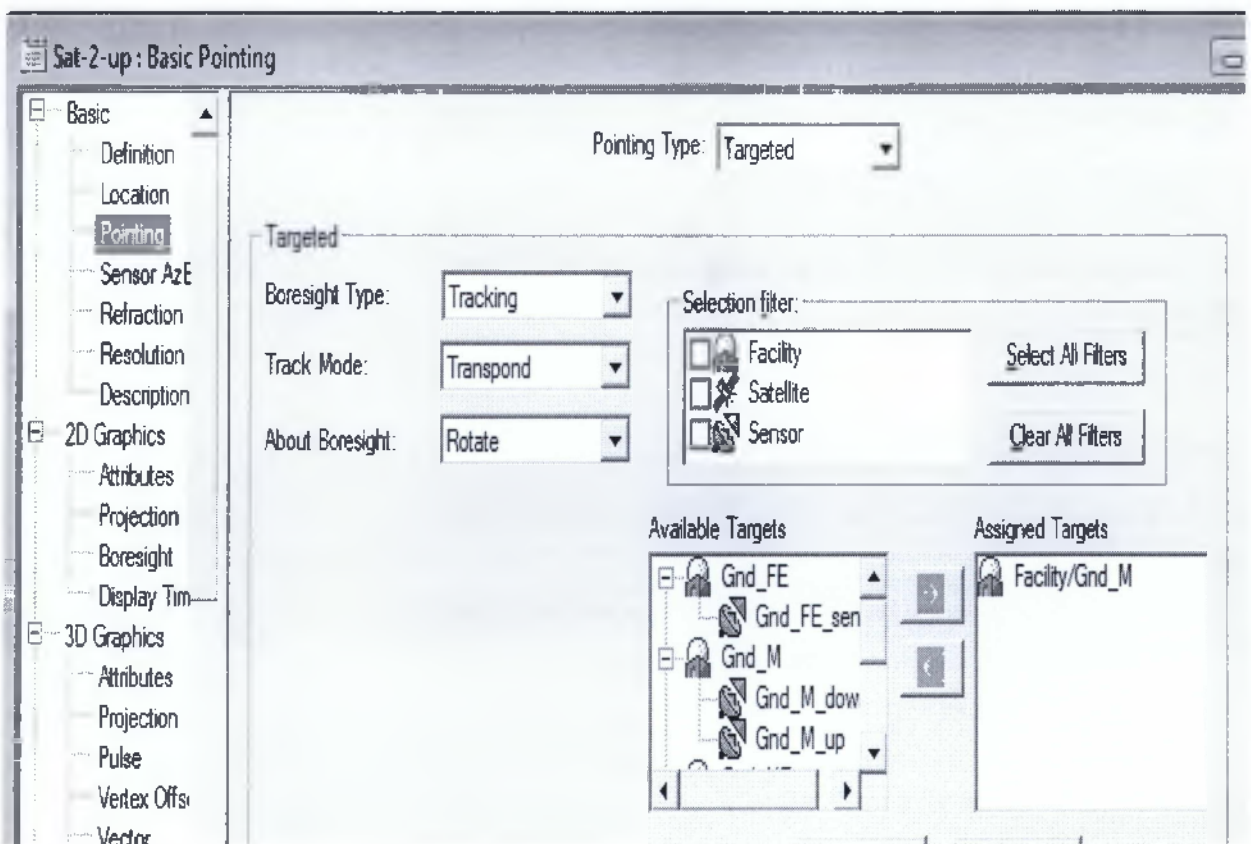
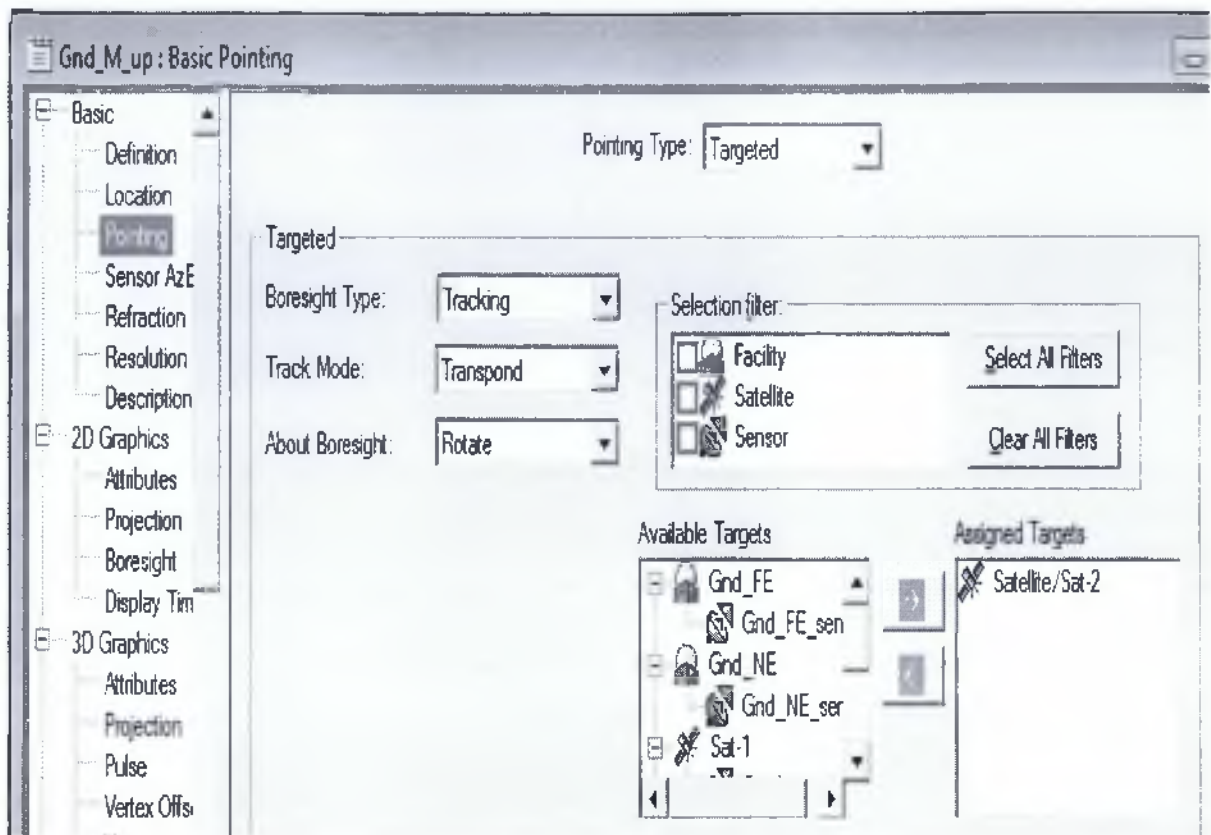
Επιπλέον προσθέτουμε στο σενάριο έναν ακόμη γεωστατικό δορυφόρο πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό (90°) και ονομάζουμε "Sat-2".

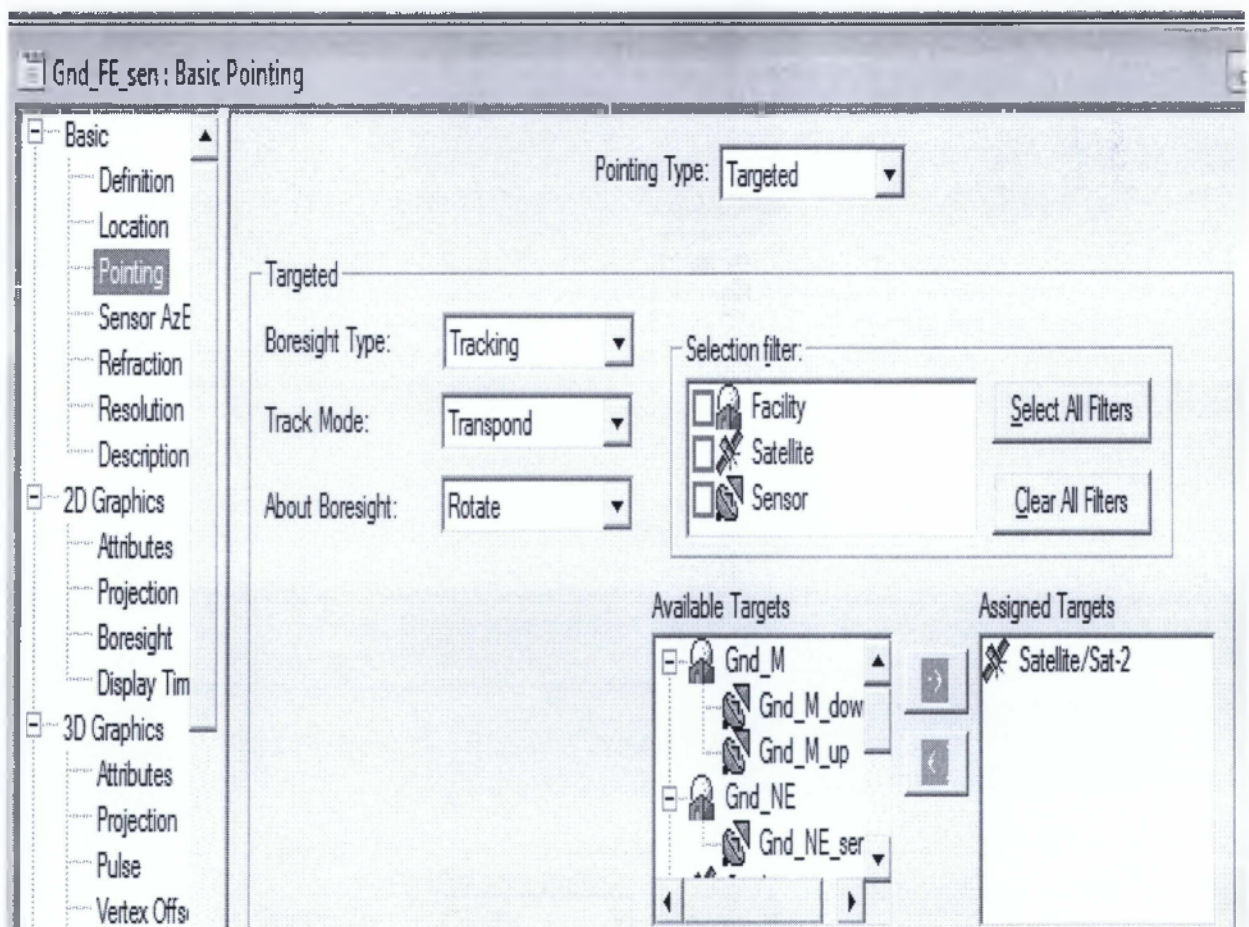
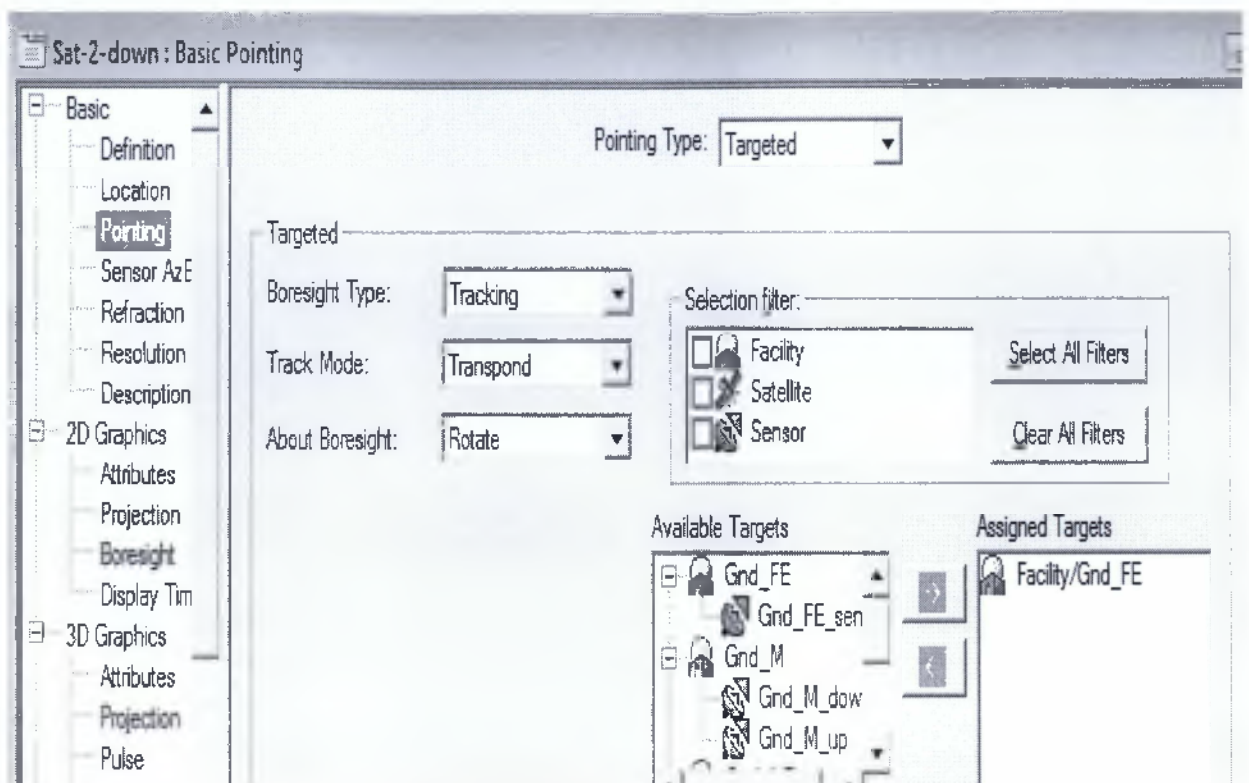
Εφοδιάζουμε και αυτόν τον δορυφόρο με δύο αισθητήρες και τους "Sat-2-up" και "Sat-2-down", αντίστοιχα.

Τέλος προσανατολίζουμε κατάλληλα τους αισθητήρες ώστε να εξασφαλίζεται η ακόλουθη ζεύξη

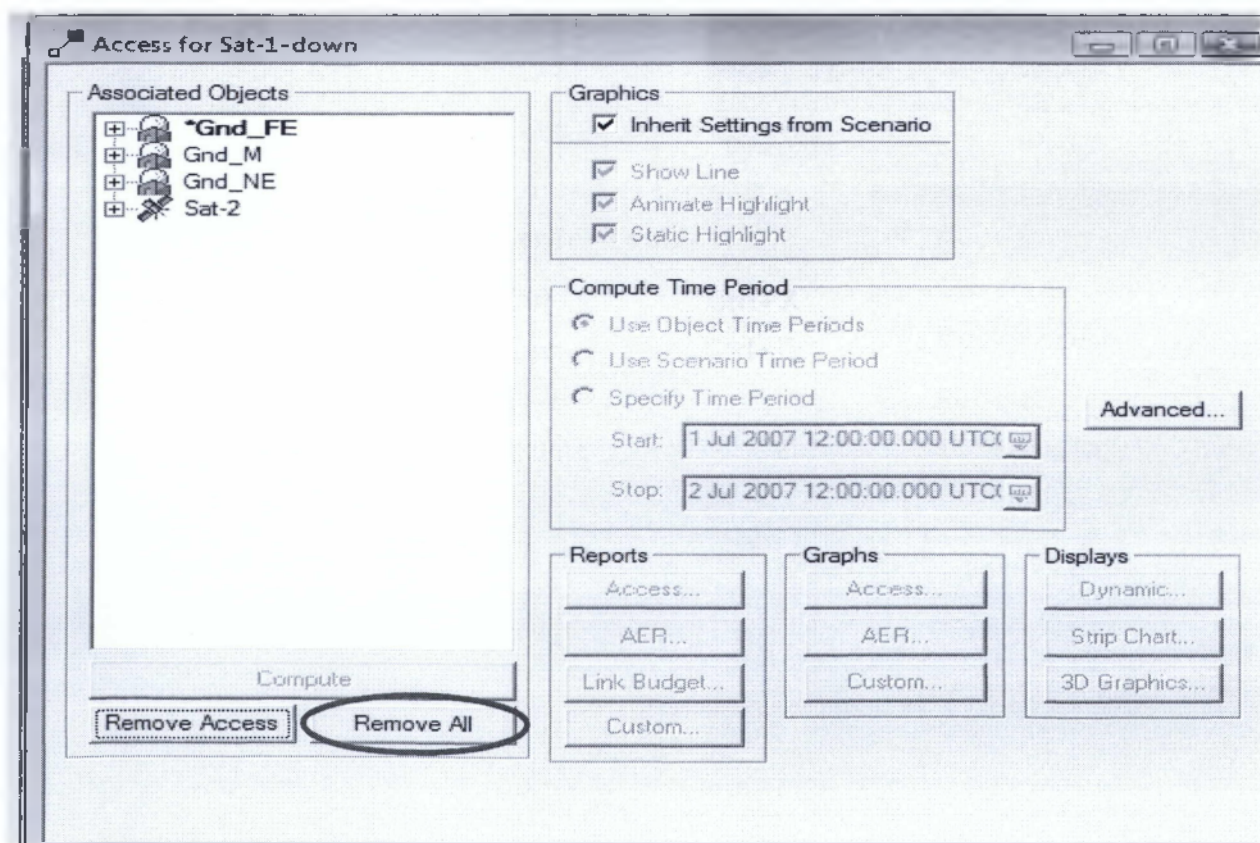
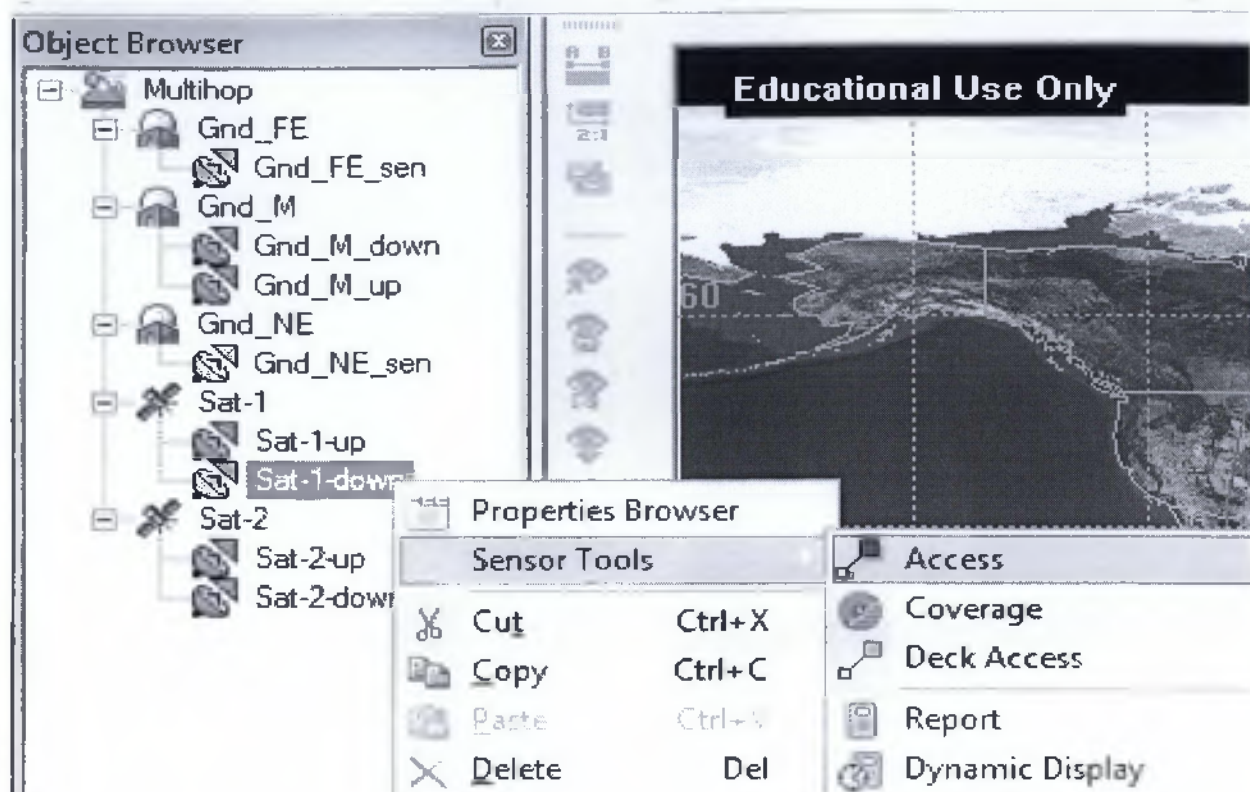
Gnd_NE_sen $\rightarrow$ Sat-1-up $\rightarrow$ Sat-1-down $\rightarrow$ Gnd_M_down $\rightarrow$
 Gnd_M_up $\rightarrow$ $\rightarrow$ Sat-1-up $\rightarrow$ Sat-1-down $\rightarrow$ Gnd_FE_sen

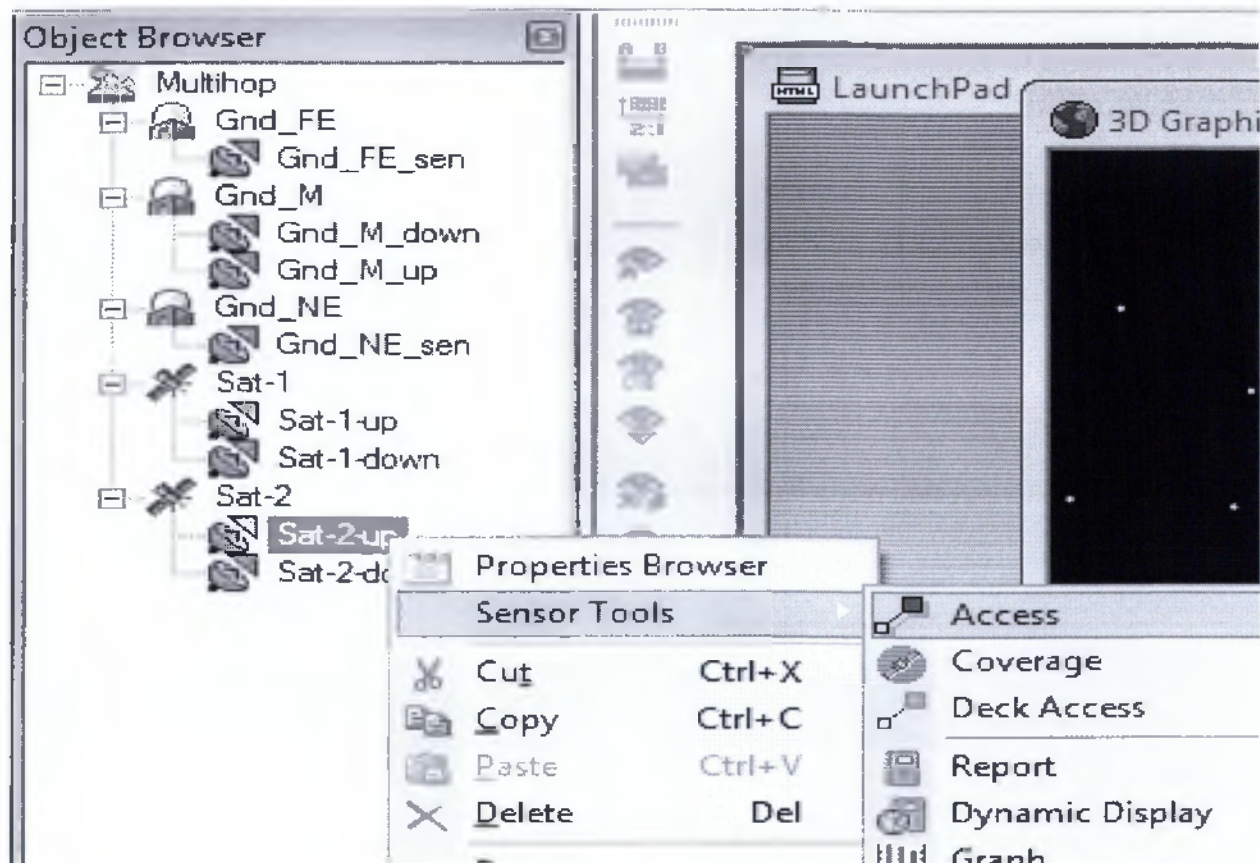
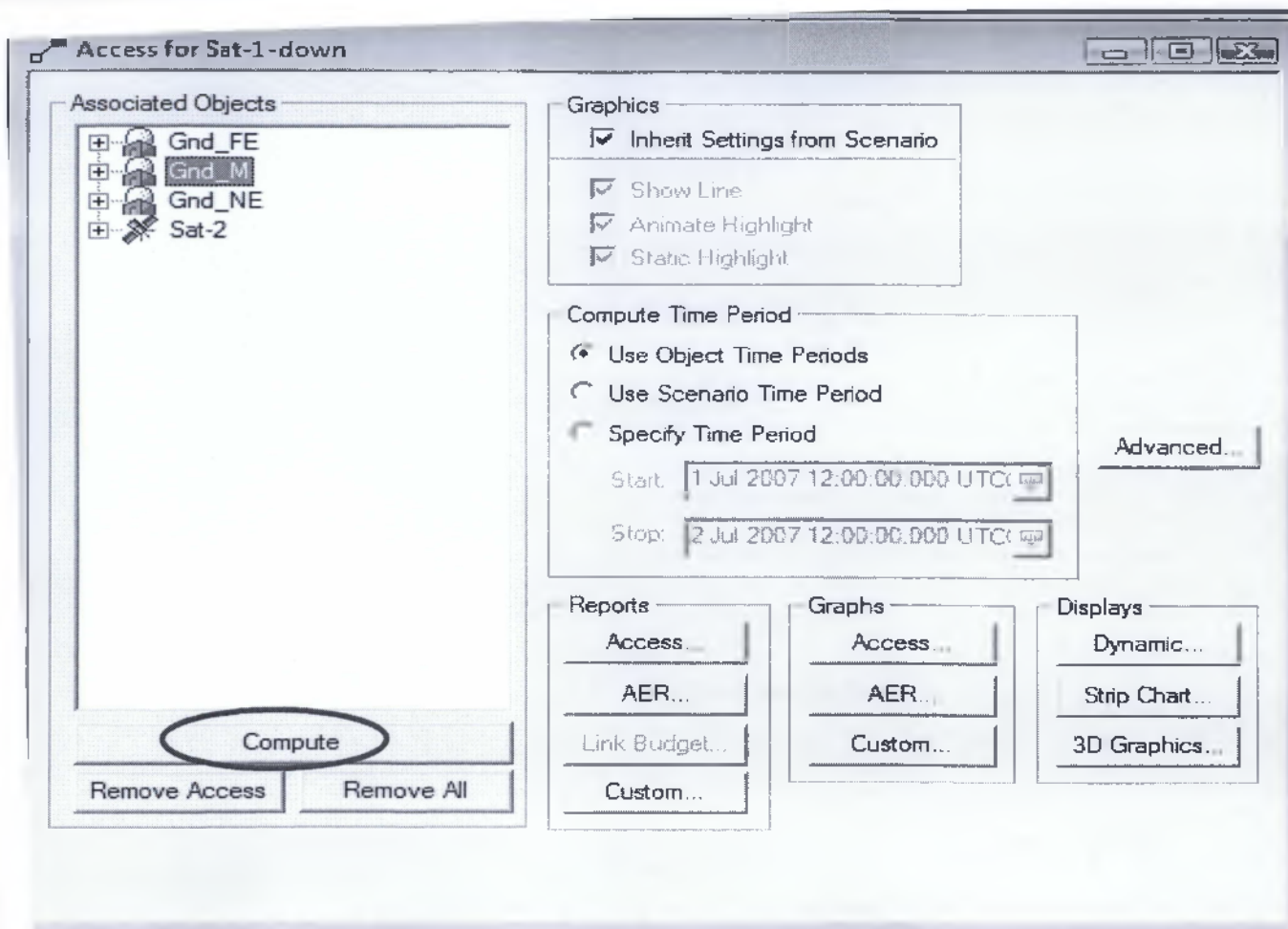


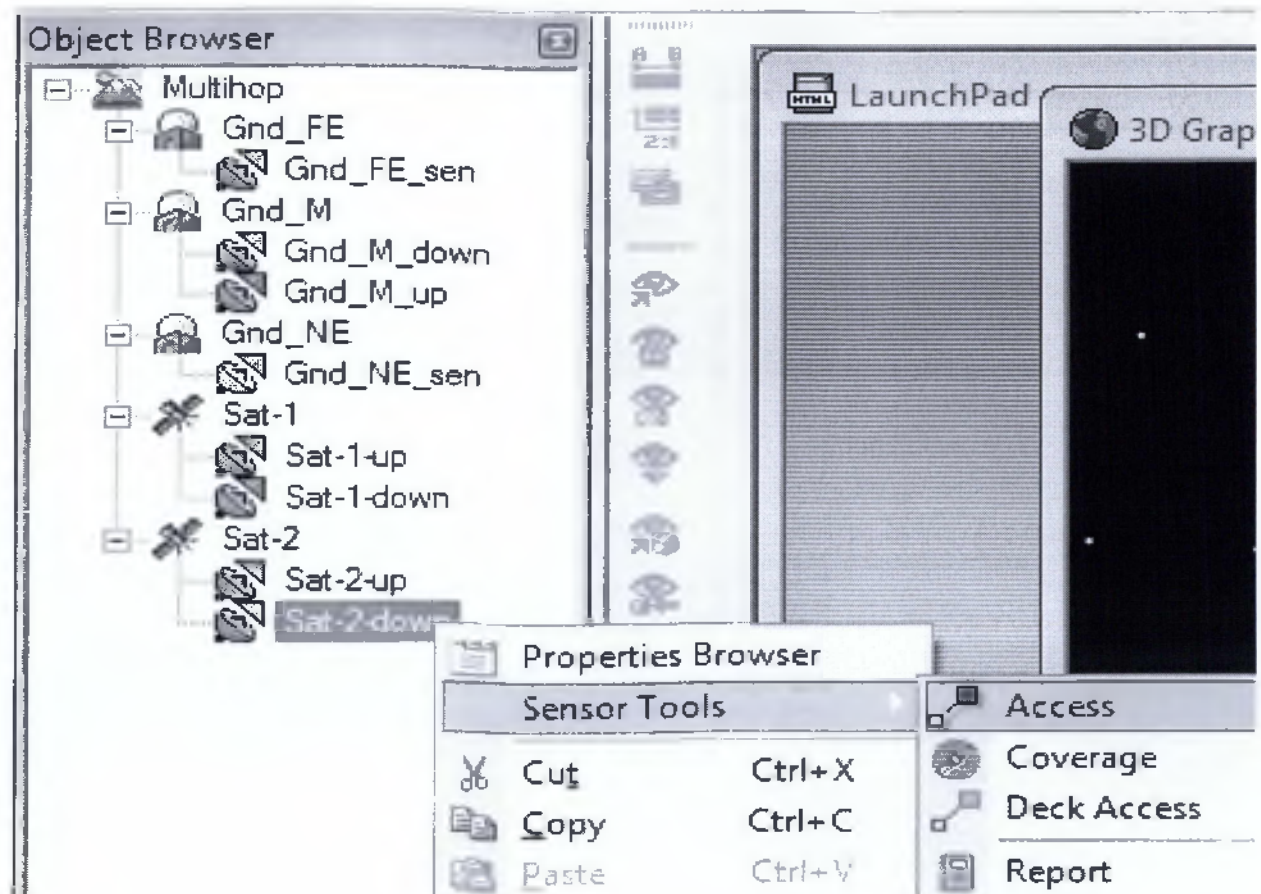
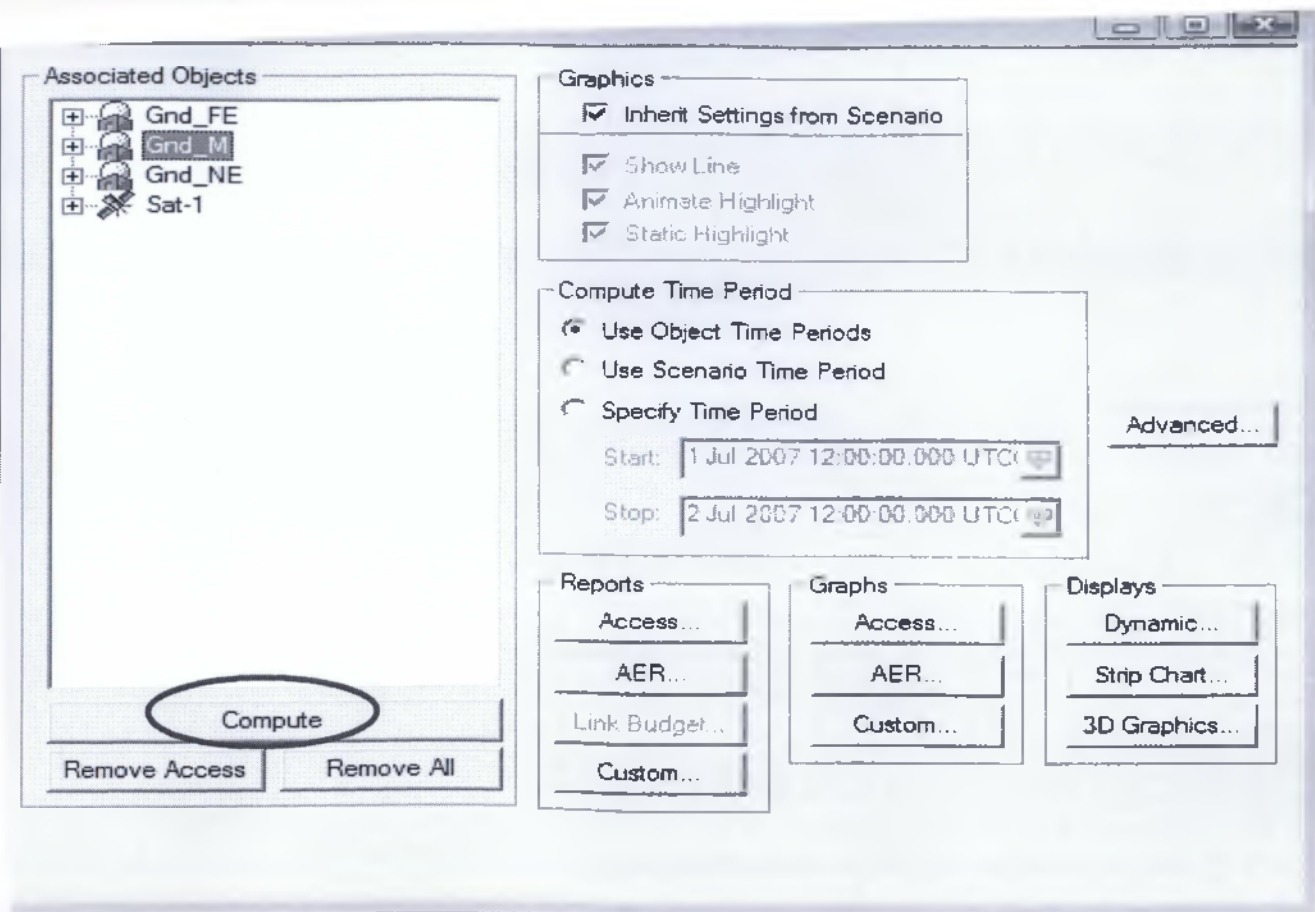


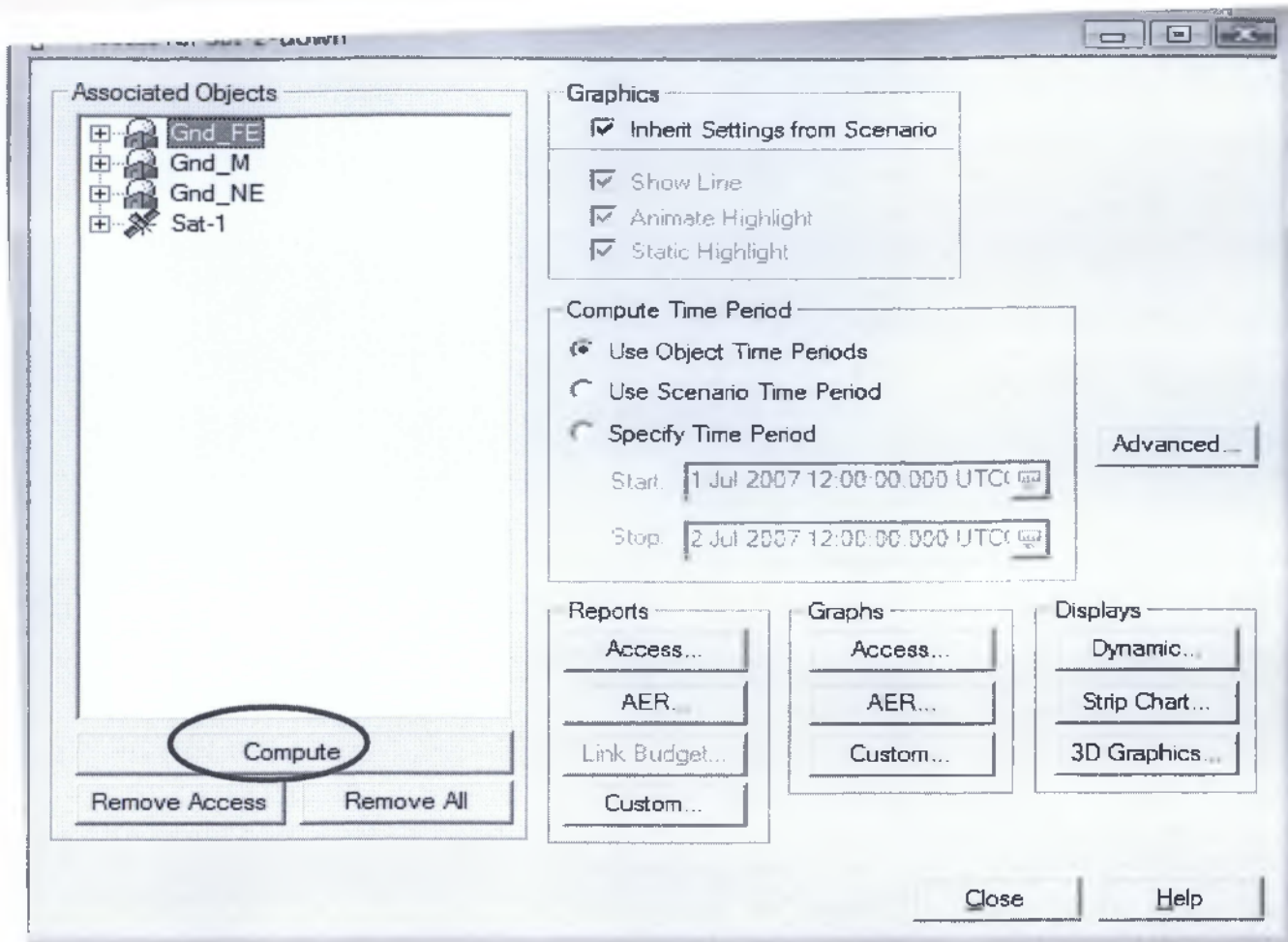


Προχωρούμε στον υπολογισμό της πρόσβασης ως εξής:









Τώρα ανανεώνουμε την οθόνη δισδιάστατης αναπαράστασης .

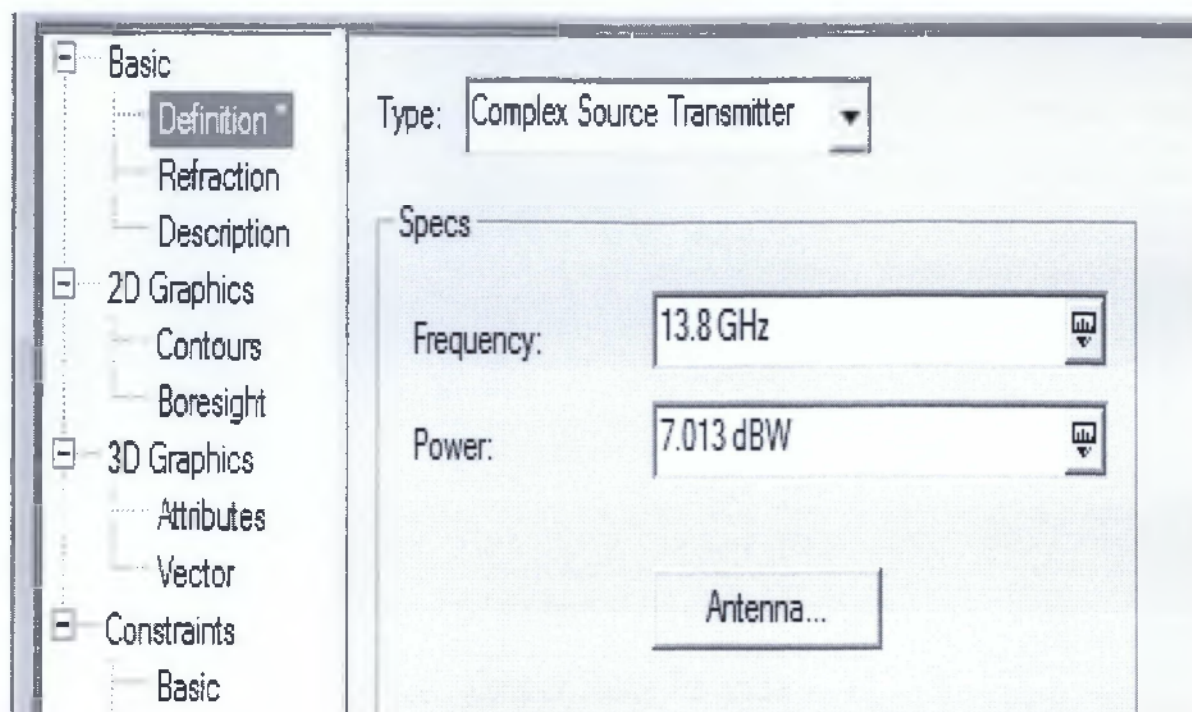
Από την οθόνη δισδιάστατης ή/και τρισδιάστατης αναπαράστασης εξετάζουμε αν επιτυγχάνεται η επιθυμητή επικοινωνία των δύο τερματικών επίγειων σταθμών (Gnd_NE και Gnd_FE).

Είναι η κατάλληλη στιγμή να εφοδιάσουμε τους δορυφόρους και επίγειους σταθμούς με τους απαραίτητους πομποδέκτες (Οι δορυφορικοί αναμεταδότες ας θεωρηθούν ψηφιακοί).

Έτσι έχουμε τα ακόλουθα βήματα παρακάτω.

Αρχικά προσθέτουμε στον αισθητήρα Gnd_NE_sen έναν πομπό τύπου “Complex Source Transmitter”, με EIRP 15 dBW (οι υπόλοιπες ρυθμίσεις όμοιες με τις προρρυθμισμένες) και τον ονομάζουμε “Tx_NE”.

Εφοδιάζουμε τον αισθητήρα “Sat-1-down” του δορυφόρου με έναν πομπό με παραμέτρους όπως πιο κάτω και τον ονομάζουμε “Sat-1-Tx”.



Στη συνέχεια εφοδιάζουμε τον αισθητήρα “Sat-1-up” τα ου δορυφόρου με έναν δέκτη τύπου «Complex Receiver» με τις προρρυθμισμένες παραμέτρους και τον λέμε “Sat-1-Rx”.

Προσθέτουμε στον αισθητήρα “Gnd_M_down” έναν δέκτη τύπου “Complex Receiver” με τις προρρυθμισμένες παραμέτρους και τον ονομάζουμε “Rx_M”.

Προσθέτουμε στον αισθητήρα “Gnd_M_up” έναν πομπό τύπου “Complex Source Transmitter”, με EIRP = 25 dBW και συχνότητα φέροντος 30GHz και τον ονομάζουμε “Tx_M”

Επιπλέον εφοδιάζουμε τον αισθητήρα “Sat-2-down” του δορυφόρου με έναν πομπό τύπου “Complex Source Transmitter” συχνότητας φέροντος 20GHz και ισχύος 7 dBW και τον ονομάζουμε “Sat-2-Tx”.

Επίσης εφοδιάζουμε και τον αισθητήρα “Sat-2-up” του δορυφόρου με έναν δέκτη τύπου «Complex Receiver» με τις προρρυθμισμένες παραμέτρους και τον λέμε “Sat-2-Rx”.

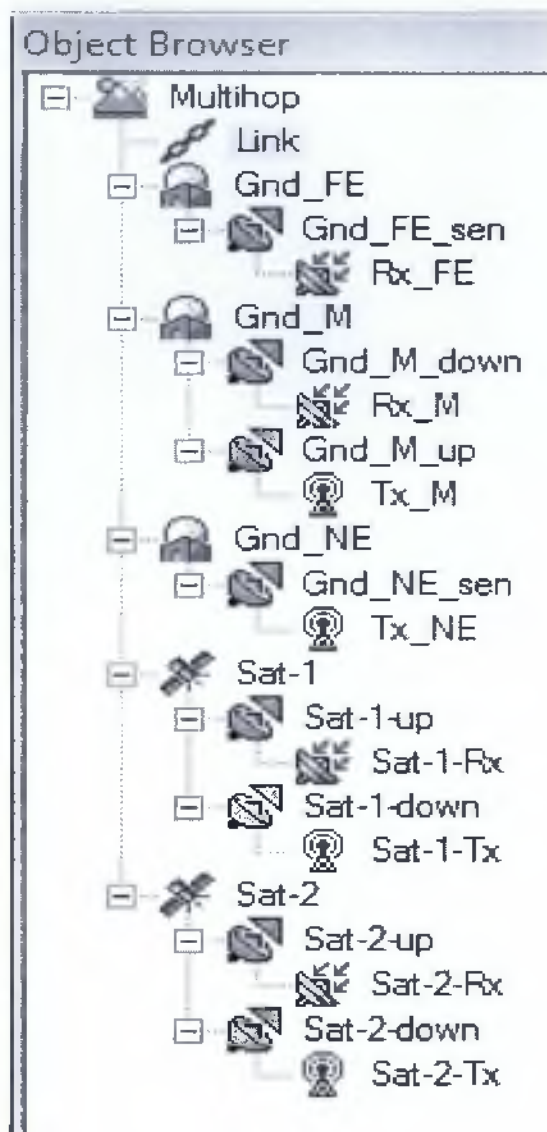
Εντωμεταξύ στον αισθητήρα “Gnd_FE_sen” προσθέτουμε έναν δέκτη τύπου “Complex Receiver” με τις προρρυθμισμένες παραμέτρους και τον ονομάζουμε “Rx_FE”.

Τέλος Προσθέτουμε στο σενάριο μια Αλυσίδα (Chain):

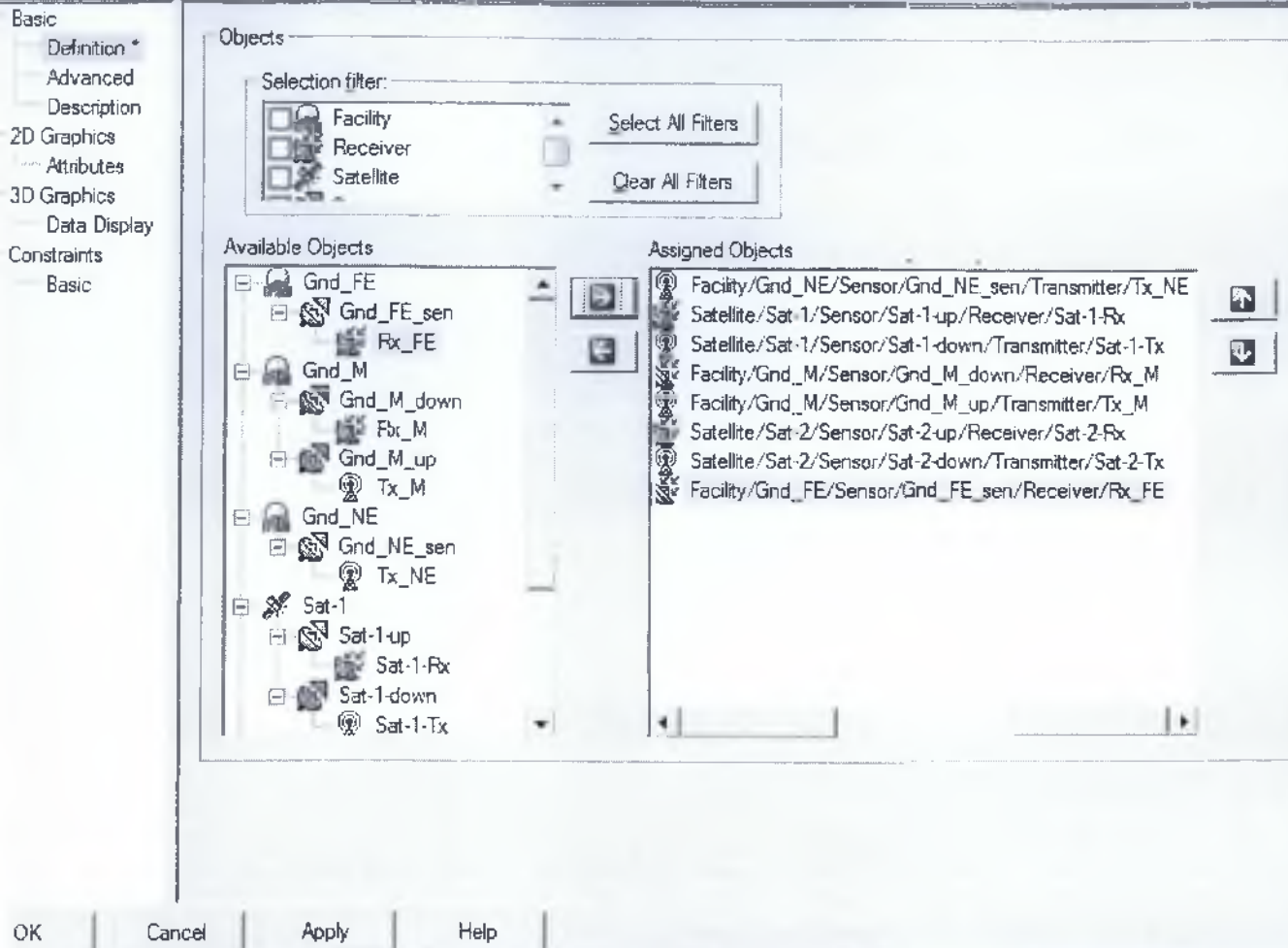
Insert > New > Chain

και ονομάστε την “Link”.

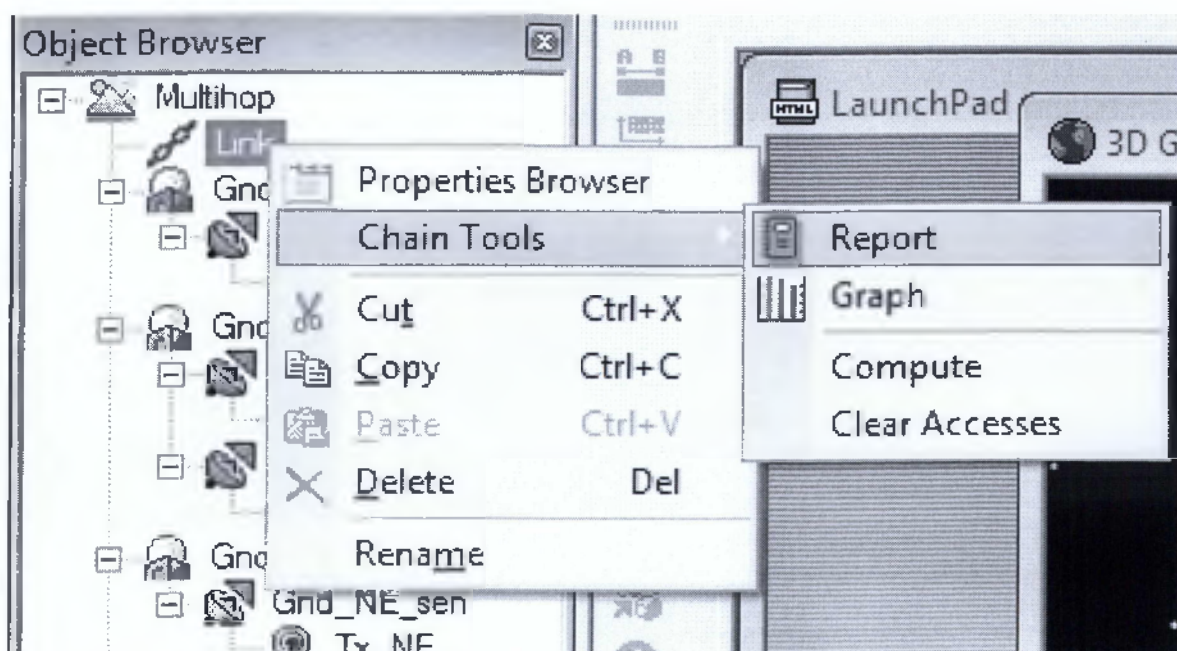
Στο σημείο αυτό, το σενάριό μας θα έχει ως εξής:

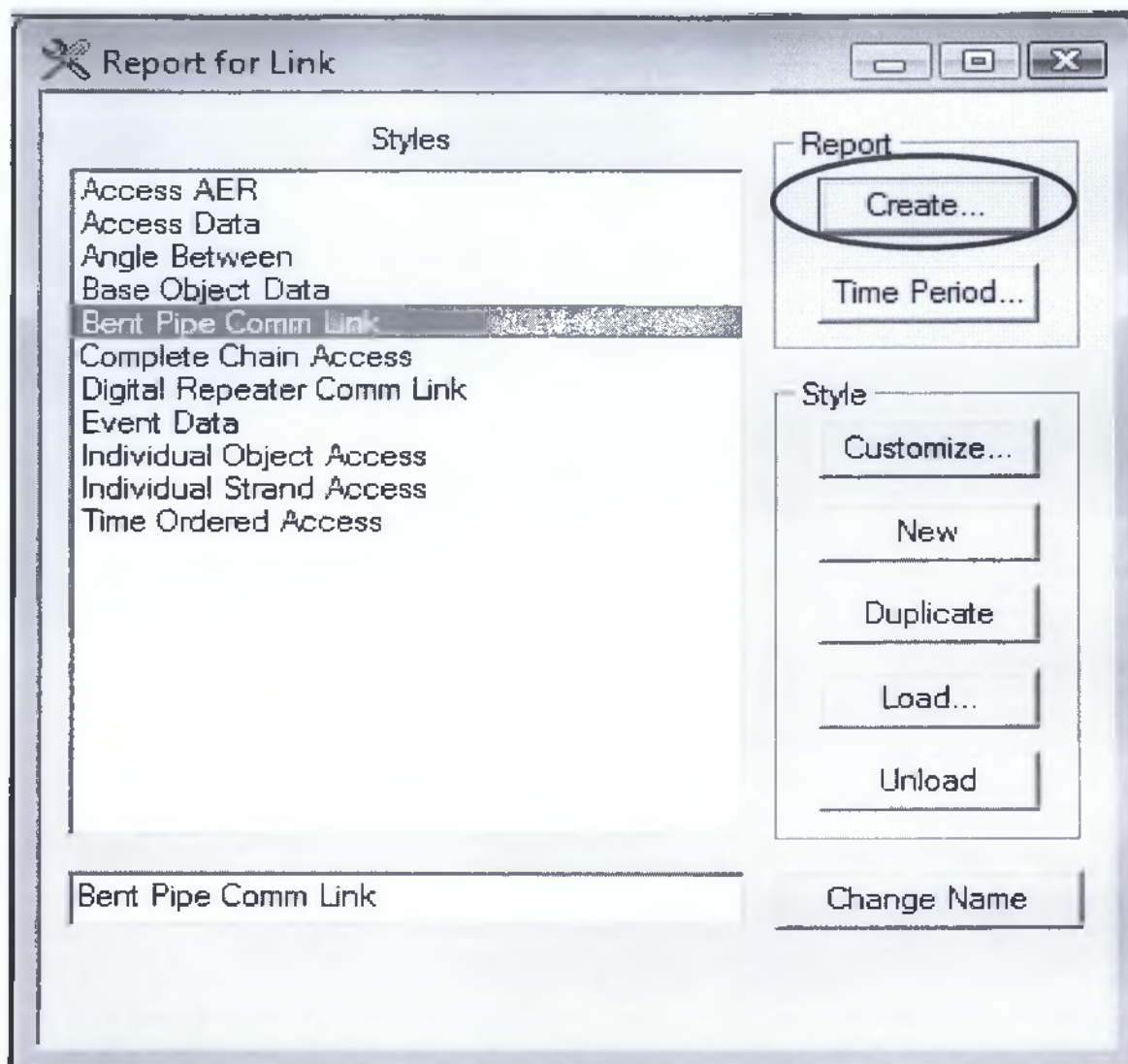


Τροποποιώντας τις παραμέτρους της αλυσίδας ορίζουμε τα μέλη της ζεύξης ως εξής:



Προχωρούμε στην παραγωγή αναφοράς για τη ζεύξη που σχεδιάσαμε, ως εξής:





Προκειμένου να πάρουμε τις αναφορές για τα επιμέρους σκέλη της ζεύξης δημιουργούμε τις ακόλουθες αλυσίδες

“NE-M”:

Tx_NE → Sat-1-Rx → Sat-1-Tx → Rx_M

“M-FE”:

Tx_M → Sat-2-Rx → Sat-2-Tx → Rx_FE

10. 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 Gibbons⁵, 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:

- 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)
- η επίτευξη και δημιουργία τέτοιου υλισμικού και λογισμικού που να γίνεται άριστη διαχείριση της ενέργειας και του εύρους συχνοτήτων
- η ασφάλεια των δεδομένων κατά την μετάδοση
- η έλλειψη προτυποποίησης
- 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 Χ 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, τηλεεκπαίδευση, 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.

11. 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
- Ivancic W.D., Brooks D., et al, 1999, NASA's broadband satellite networking research, *IEEE Communications Magazine*, vol. 37, Issue 7, pp. 40-47
- 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
- Σκάγιαννης Π.Δ., 1994, Πολιτική προγραμματισμού των υποδομών, Αθήνα-Πειραιάς, Σταμούλης
- SS18 για το Internet των ουρανών του Bill Gates, *Περιοδικό RAM*, Μάρτιος 1997, τχ. 101, σελ. 22-23
- Στόχοι και Αρχιτεκτονική Edunet (πανελληνίου δικτύου για την εκπαίδευση): Το ελληνικό σχολείο στην κοινωνία της πληροφορίας, 1999, ΕΚΠΑ, ΙΤΥ, ΕΠΙΣΕΥ, ΥΠΕΠΘ
- Tanenbaum A., 1996 (3rd edition), Computer Networks, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

<http://ctd.grc.nasa.gov/5610/5610.html>

(γενικά χαρακτηριστικά για τους τομείς δραστηριοποίησης, εφαρμογές, πρωτόκολλα, μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα των δορυφορικών επικοινωνιών και projects του Glenn Research Center αλλά και του τμήματος Satellite Networks & Architectures Branch της NASA)

<http://leonardo.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/odysseyQL.html>
(η επίσημη ιστοσελίδα του project ODYSSEY)

<http://pericles.ee.duth.gr/elect/ergastiria.htm>
(τομείς έρευνας σχετικοί με την δικτύωση των δορυφόρων για διάφορες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές του τομέα Τηλεπικοινωνιών και Διαστημικής του τμήματος Ηλεκτρολόγων μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης)

<http://satvision.gr/mainpage.html>
(στοιχεία για τους τομείς δραστηριοποίησης της εταιρίας αλλά και για την αντιμετώπιση της παροχής πρόσβασης στο Internet μέσω δορυφόρων. Εξοπλισμός, χαρακτηριστικά της σύνδεσης, ανάλυση των βασικών σημείων)

<http://tcpsat.lerc.nasa.gov/tcpsat>
(περιλαμβάνει άρθρα για τις ενέργειες του IETF TCP over Satellite Working Group, επίσης υπάρχουν επιστημονικά άρθρα και παρεμβάσεις σε θέματα εφαρμογών και επικοινωνίας των δεδομένων με τη χρήση TCP)

<http://www.att.com/press>
(ενημερωτικά άρθρα για την ειδησεογραφία γύρω από τις συστοιχίες δορυφόρων. Ειδικότερα για τις εξελίξεις σε Teledisc, Iridium, Skybridge, Globalstar και Motorola. Εκτοξεύσεις δορυφόρων, προβλήματα, ανταγωνιστικές κινήσεις κ.α)
<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain>
(ερευνητικά προγράμματα και εργασίες πάνω στα δορυφορικά δίκτυα, και στις δορυφορικές επικοινωνίες, αξιολόγηση και ανάλυση μέσα από διαλέξεις και εργασίες θεμάτων που άπτονται των πεπραγμένων και των μελλοντικών τάσεων στο χώρο των δικτύων)

<http://www.cs.berkeley.edu/~randy/Courses/>
(μαθήματα γύρω από τους Mobile Satellites, τα χαρακτηριστικά τους (τεχνικά, τροχιές κ.α), τις σύγχρονες εξελίξεις κ.α)

<http://www.de.infowin.org/>
(αναφορά στο σύστημα ACTS της NASA τροχιά, υπηρεσίες εκτοξεύσεις κ.α)

<http://www.direcpc.com/index2.html>
(αναφορά στις υπηρεσίες DirecPC, γενική ανάλυση παραδείγματα κ.α)

<http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood>

(ιστιακός τόπος με πολύτιμες πληροφορίες για οτιδήποτε σχετίζεται με δορυφόρους, νέα εταιριών του συγκεκριμένου τομέα, εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυα, συστοιχίες δορυφόρων, επιστημονικά άρθρα, και χρήσιμα links σε άλλους τόπους)

<http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/T.Ors/atmsat>

(γίνεται ανάλυση για το ATM over Satellite και αναλύονται οι διαδικασίες, υπάρχουν άρθρα τα οποία αναφέρονται στα διάφορα προβλήματα)

<http://www.europa.eu.int>

(προγράμματα ευρωπαϊκής ένωσης τα οποία έχουν ως στόχο την παρέμβαση σε τομείς της τεχνολογίας, καινοτομιών και δορυφορικών δικτύων κ.α)

<http://www.inmarsat.org/inmarsat>

(ο επίσημος ιστιακός τόπος του INMARSAT με πληροφορίες για τις εξελίξεις και τις δορυφορικές επικοινωνίες που αυτός παρέχει)

<http://www.intersat.gr>

(αναλυτικές πληροφορίες για το προφίλ, τους στόχους και τους τομείς δραστηριοποίησης της συγκεκριμένης εταιρίας. Η όλη δραστηριότητα της σχετίζεται με την εκμετάλλευση των δορυφορικών επικοινωνιών και δικτύων αλλά και την ενεργοποίηση της μέσω αυτών)

<http://www.isr.umd.edu/CSHCN/>

(ο εστιακός τόπος του «The Center for Satellite and Hybrid Communication Networks» με πληροφορίες για τα υβριδικά δίκτυα και τις υπηρεσίες που αυτά παρέχουν)

<http://www.globalstar.com/>

(ο επίσημος ιστιακός τόπος της GLOBALSTAR με πληροφορίες για την συστοιχία δορυφόρων της)

<http://www.iridium.com/>:

(πρόκειται για τον επίσημο δικτυακό τόπο του Iridium στον οποίο αναφέρονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος, η δομή του, ο τρόπος λειτουργίας του, καθώς και οι προσφερόμενες από το σύστημα υπηρεσίες)

<http://www.nova.gr>

(αναλυτικές πληροφορίες για το προφίλ, τους στόχους και τους τομείς δραστηριοποίησης της συγκεκριμένης εταιρίας. Η όλη δραστηριότητα της σχετίζεται με την εκμετάλλευση των δορυφορικών επικοινωνιών και δικτύων αλλά και την ενεργοποίηση της μέσω αυτών)

<http://www.techweb.com/wire/news/0116novum.htm>

(άρθρο σχετικό με τη χρήση των MSS το οποίο αναλύει την υπάρχουσα κατάσταση και τις μελλοντικές εξελίξεις σ' αυτό τον τομέα. Συγκρίνει τις υπάρχουσες τεχνολογίες για τις δορυφορικές επικοινωνίες και αναλύει τον προβληματισμό του ειδικά για τις MSS)

<http://www.techweb.com/wire/story/TWB19980213S0014>

(άρθρο σχετικό με τη χρήση συμπίεσης MPEG-2 κατά την μετάδοση ψηφιακής εικόνας και ήχου το οποίο αναλύει την υπάρχουσα κατάσταση και τις εξελίξεις στην Ιαπωνία. Επίσης επισημαίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του είδη ανεπτυγμένου λογισμικού για την επίτευξη και άλλου είδους επικοινωνιών δεδομένων μέσω δορυφόρου)

12. Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

<http://plainfield.bypass.com/~gzaret/hiband.html> (High Bandwidth Web Page)

<http://sulu.lerc.nasa.gov/dglover/network.html> (Satellite Communications Network Technology και Links)

http://tolley.etri.re.kr/nskim/web/satellite_com.html (Satellite Communications Web Site)

<http://tolley.etri.re.kr/nspark/www/project/satellite.htm> (Satellite Communication)

<http://www.analysys.com/vlib/satellit.htm> (Analysis: Telecoms Virtual Library)

http://www.cs.colorado.edu/homes/batman/public_html/meyertr/actsappl.html (ACTS Applications)

<http://www.dbsdish.com/> (DBS DISH Satellite News and Information)

<http://www.ee.surrey.ac.uk:80/EE/CSER/> (Centre for Satellite Engineering Research)

<http://www.hughes.com/speeches/century21.html> (Satellite Communications in the 21st Century)

http://www.isoc.org/isoc/whatis/conferences/inet/96/proceedings/g1/g1_1.htm (Low Earth Orbiting Satellites and Internet-Based Messaging Services)

<http://www.isoquantic.com/pr/ATMsatellites-1.html> (Supporting ATM on a Low-Earth Orbit Satellite System)

<http://www.sat-net.com/L.Wood/constellations/> (Lloyd's satellite constellations)

http://www.specialty.com/hiband/satellite_index.html (High Bandwidth Web Page)

Βιβλία - άρθρα

- Adamson S.(Editor), et al, 1995, Advanced Satellite Communications : Potential Markets
- Ananasso F., Delli Pricoli F., 1995, The Role of Satellites in Personal Communications Services, IEEE Journal on Selected Areas in Communications" vol 13, no 2, , pp.180-195.
- Bruce R. Elbert, "The Satellite Communication applications handbook", Artech House, Inc, MA.
- Calcutt D., Tetley L., 1994, Satellite Communications : Principles and Applications
- Cochetti R., 1995, The Mobile Satellite Communications Handbook
- Edelson B.I., Pelton J.N., 1995, Satellite Communications Systems and Technology: Europe-Japan-Russia
- Feldman P.M., 1996, An overview and comparison of demand assignment multiple access (DAMA) concepts for satellite communications networks, Santa Monica, CA: RAND
- Gordon G.D., Morgan W.L., 1993, Principles of Communications Satellites
- Guntzsch A., 1996, Analysis of the ATDMA/PRMA++ Protocol in a Mobile Satellite Environment, In Proceedings 46th IEEE Vehicular Technology Conference '96, Atlanta, U.S.A, pp. 1225-1229
- Hadjithiodosiou M.H., Coakley F.P., Evans B.G., Multiaccess Protocols for a Multiservice VSAT Network, Center for Satellite Engineering Research, University of Surrey, Guildford, UK.
- Jamalipour A., 1998, Low Earth Orbital Satellites for Personal Communication Networks, Artech House, 450 pp.
- Logsdon T., 1995, Mobile Communication Satellites
- Maral G., Bousquet M., 1998, Satellite Communications Systems, Techniques and Technology, Wiley,

- Miller M.J., et al, 1993, *Satellite Communications : Mobile and Fixed Services*, Kluwer
- Ohmori S., et al, *Mobile Satellite Communications*, Artech House, 1997
- Pascall S.C., Withers D.J., 1997, *Commercial Satellite Communication*
- Pattan B., 1997, *Satellite-Based Global Cellular Communications*
- Pelton J.N., 1995, *Wireless and Satellite Telecommunications : The Technology, the Market & the Regulations*, Prentice Hall
- Pritchard W.L., et al, 1993, *Satellite Communication Systems Engineering*
- Richharia M., 1995, *Satellite Communications Systems : Design Principles*
- Roddy D.J., 1995, *Satellite Communications*
- Schwartz, R., 1996, *Wireless Communications in Developing Countries : Cellular and Satellite* Siemens Aktiengesellschaft, 1993, *Digital Telecommunication, Part 4 : Radio Relay and Satellite Communication Systems*, Artech House
- Tirro S., (Editor), 1993, *Satellite Communication Systems Design*
- Wood J., 1994, *Satellite Communications Pocket Book*