

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	3
1. Εισαγωγή.....	4
1.1. Γενική περιγραφή.....	4
1.2. Ιστορική αναδρομή	6
2. Αρχιτεκτονική.....	7
2.1. Τρόπος επικοινωνίας - χαρακτηριστικά.....	7
2.2. Τροχιές δορυφόρων	8
2.2.1. Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO).....	8
2.2.2. Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO).....	9
2.2.3. Γεωσύγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)	9
2.3. Συστοιχίες δορυφόρων.....	10
2.4. ATM σε δορυφορικά δίκτυα	14
2.5. Πρωτόκολλα για δορυφορική επικοινωνία στο DLL (Data Link Layer).....	15
2.5.1. Εισαγωγή.....	15
2.5.2. Polling.....	16
2.5.3. ALOHA.....	16
2.5.4. FDMA (Frequency Division Multiple Access).....	16
2.5.5. TDMA (Time Division Multiple Access).....	17
2.5.6. PRMA (Packet Reservation Multiple Access).....	19
2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access).....	19
2.5.8. Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσης	20
2.5.9. Επίλογος.....	21
2.6. Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα (Network Layer)	21
2.6.1. Δρομολόγηση (routing task)	21
2.6.2. Κινητό IP (mobile IP)	22
2.6.3. Διαμόρφωση χάρτη δικτύου (map configuration task).....	23
2.6.4. Ευρείας εκπομπής δρομολόγηση (broadcast routing).....	23
2.6.5. Πολυδιανομή (multicasting)	23
3. Διαχείριση.....	24
3.1 Εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυα.....	24
3.1.1. Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική	25
3.1.2. Αεροναυτική	25
3.1.3. Telemammography	25
3.1.4. Ποιοτικές υπηρεσίες	26
3.2. MPEG-2 Advanced Audio Coding	26
3.3. Πρωτόκολλα διαχείρισης (στα επίπεδα 4 και πάνω του OSI).....	26
3.3.1. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων TCP	26
3.3.2. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων HTTP.....	27

3.3.3. Εξομοίωση-προσομοίωση δικτύου	27
3.4. Ασφάλεια δικτύου.....	27
4. Εσωτερικές διαδικασίες δορυφορικών δικτύων	28
5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα	28
5.1. Υβριδικά δίκτυα	28
5.1.1. Δίκτυα VSAT.....	29
5.1.2. Δίκτυα SATIN	31
5.2. Δορυφορικά δίκτυα με ATM.....	31
5.3. Μελλοντικές εξελίξεις	32
6. Πρακτική εμπειρία χρήσης δορυφορικών δικτύων	34
6.1. Διεθνής εμπειρία.....	34
6.2. Ελληνική εμπειρία.....	34
6.2.1. Δημόσιοι Φορείς	35
6.2.2. Παροχή πακέτων δορυφορικών υπηρεσιών.....	35
6.2.3. Παροχή Internet μέσω δορυφόρου	36
7. Επίλογος.....	37
8. Βιβλιογραφία.....	39
9. Ενδεικτική Βιβλιογραφία	41

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.

Τέλος παρατίθενται στο έκτο τμήμα αυτής της εργασίας παραδείγματα εταιριών ελληνικών και ξένων που χρησιμοποιούν ή παρέχουν πρόσβαση σε δορυφορικά δίκτυα.

1. Εισαγωγή

1.1. Γενική περιγραφή

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

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

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

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

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

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

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

Στην ουσία απλοποιημένη η διαδικασία έχει ως εξής: ο δορυφόρος δέχεται σήμα από γήινο σταθμό το ενισχύει και το αναμεταδίδει σε κάποιον άλλο γήινο σταθμό.

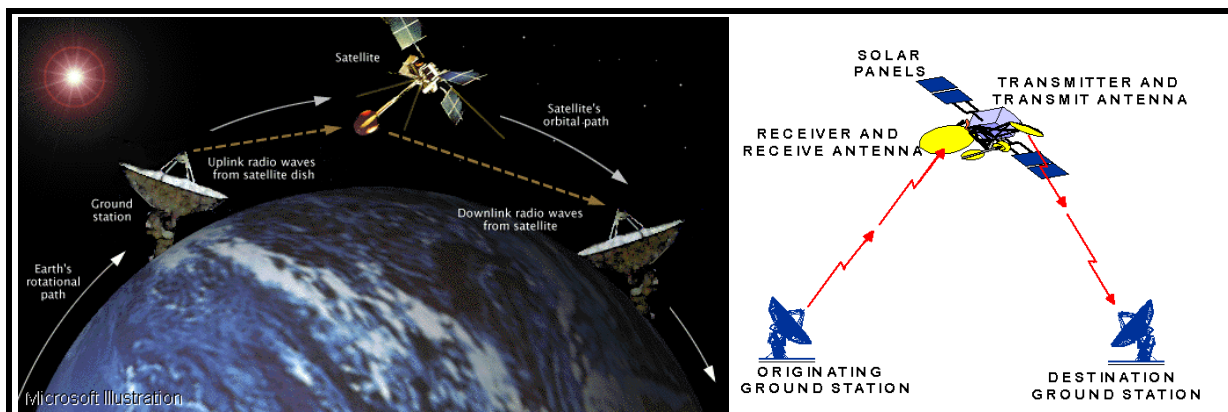
Μέσω αυτής της διαδικασίας πετυχαίνεται η επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών (τηλεπικοινωνία, ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων), η παρατήρηση κάποιων φαινομένων (μετεωρολογία-στον δορυφόρο πρέπει να υπάρχουν κάμερες ή αισθητήρες-ανιχνευτήρες,

¹ τα μικροκύματα είναι υψηλής συχνότητας ραδιοσήματα για μακρινές επικοινωνίες από σημείο σε σημείο. Η συχνότητα των κυμάτων αυτών κυμαίνεται από 10^{10} Hz ως 10^{12} Hz (βλ. Laudon, 1998) ή 10^9 Hz ως 10^{11} Hz (βλ. Tanenbaum, 1996). Αυτά ακολουθούν ευθεία γραμμή μετάδοσης όταν η συχνότητα μετάδοσής τους είναι πάνω από 100 MHz οπότε μεταδίδονται ως δέσμη (πιο ισχυρό σήμα).

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.)

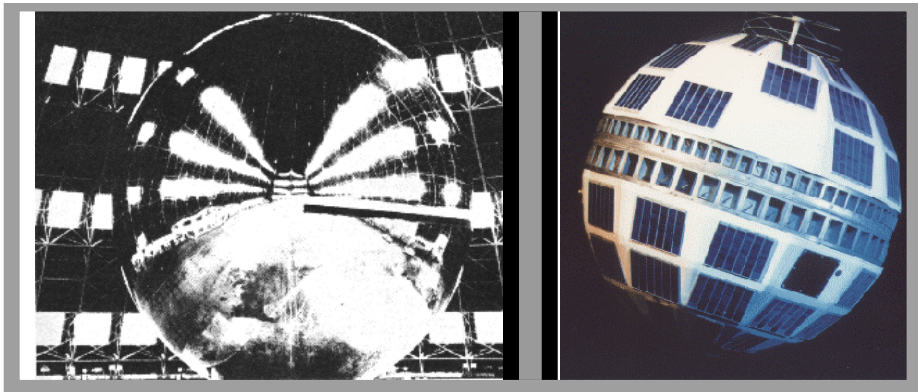
Τέλος, οι πιο ισχυροί αμερικάνικοι κατασκευαστές δορυφόρων είναι οι Hughes Electronics, Loral Space & Communications και Lockheed Martin.

1.2. Ιστορική αναδρομή

Αρχικά οι πρώτοι δορυφόροι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ήταν παθητικοί (αερόστατα ή μπαλόνια). Δηλαδή ενώ λάμβαναν το σήμα απλά το αντανακλούσαν 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 SS-TDMA, satellite switched time division multiple access).

Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες ενεργοί δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη. Η Intelsat έχει τουλάχιστον 15 δορυφόρους σε τροχιά οι οποίοι περιλαμβάνουν

τουλάχιστον 100.000 (ο καθένας) κυκλώματα τα οποία μεταφέρουν ψηφιακά δεδομένα. Στο χώρο έχουν δραστηριοποιηθεί και άλλες εταιρίες-οργανισμοί όπως ο Eutelsat, Telstar, Spacenet, Telecom, Galaxy κ.α.

2. Αρχιτεκτονική

2.1. Τρόπος επικοινωνίας - χαρακτηριστικά

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

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

Κανάλι	Ανερχόμενη ζεύξη (GHz)	Κατερχόμενη ζεύξη (GHz)	Προβλήματα - Χαρακτηριστικά
C	6 (5,925-6,425)	4 (3,7-4,2)	το χρησιμοποιούσαν η 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 πόλωσης² (polarization) σήματος οπότε δύο

² Η polarisation του σήματος είναι τεχνική σχεδίασης η οποία χρησιμοποιείται για την αύξηση της χωρητικότητας των δορυφορικών καναλιών μετάδοσης με την επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων που επικοινωνούν οι transponders. Αυτό γίνεται με μετάδοση των σημάτων με καθυστέρηση της φάσης κατά 90° (του δεύτερου από το πρώτο) έτσι ώστε στην ίδια συχνότητα να μεταδίδονται δύο σήματα χωρίς να παρεμποδίζει το ένα το άλλο. Για την αποκωδικοποίηση αυτών στους γήινους σταθμούς πρέπει να υπάρχει μια συσκευή (feedhorn) η οποία να επιλέγει και να διαχωρίζει τα σήματα με διαφορετική φάση τα οποία έπειτα τα οδηγεί στον LNA (low-noise amplifier)

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)

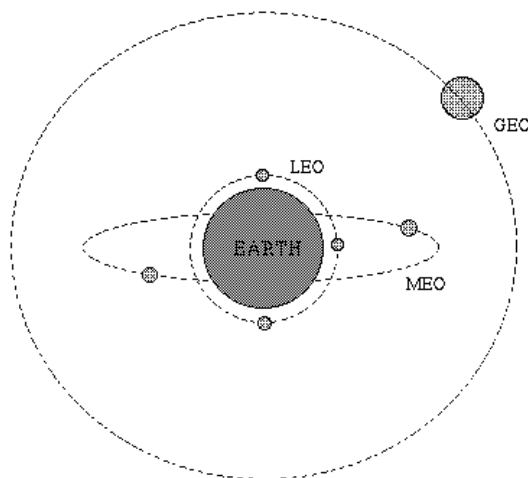
Σήμερα κάθε δορυφόρος μπορεί να επικοινωνήσει (να βλέπει) λιγότερο από το μισό της περιφέρειας της γης (αυτό είναι το “footprint” του δορυφόρου) οπότε για να υπάρχει πλήρης σε παγκόσμια κλίμακα κάλυψη από ένα δίκτυο δορυφόρων, απαιτούνται τουλάχιστον τρεις δορυφόροι (αναφέρεται στους GEO).

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



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

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

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

2.2.1. Δορυφόροι χαμηλής περί τη γη τροχιάς (LEO)

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

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

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

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

Αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι συμφέροντες για επιχειρήσεις που υπάρχουν σε διάσπαρτα τμήματα, στην περίπτωση που θέλουν να αποκτήσουν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο. Τέτοια παραδείγματα θα δούμε στην παρ. 2.3.

2.2.2. Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς (MEO)

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

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

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

2.2.3. Γεωσύγχρονης τροχιάς δορυφόροι (GEO)

Αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι οι πιο οικονομικοί για επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τα υπερπόντια καλώδια. Βρίσκονται σε τροχιά 22300 μιλίων από την επιφάνεια της γης (35800 km). Συμπληρώνουν μια τροχιά κάθε 24 ώρες (23 ώρες, 56 λεπτά και 4.09 δευτερόλεπτα, κινούνται με ταχύτητα 7,000 μίλια την ώρα από την ανατολή στη δύση) και βρίσκονται πάνω από τον Ισημερινό της γης. Επειδή κινούνται με την ίδια ταχύτητα και κατεύθυνση με τη γη φαίνονται ακίνητοι όταν παρατηρούνται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Ο πρώτος επικοινωνιακός δορυφόρος αυτού του είδους ήταν ο Syncom 2 τον οποίο έθεσε σε τροχιά η NASA (National Aeronautics and Space Administration) το 1963. Τα κύρια κανάλια συχνοτήτων που χρησιμοποιούν αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι το C-ζώνης (4-6 GHz) και το Ku-ζώνης (12-14 GHz).

Τα χαρακτηριστικά ενός γεωσύγχρονου δορυφόρου φαίνονται παρακάτω.

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

2.3. Συστοιχίες δορυφόρων

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

Στόχοι των συστοιχιών δορυφόρων είναι η εξυπηρέτηση των παρακάτω δραστηριοτήτων:

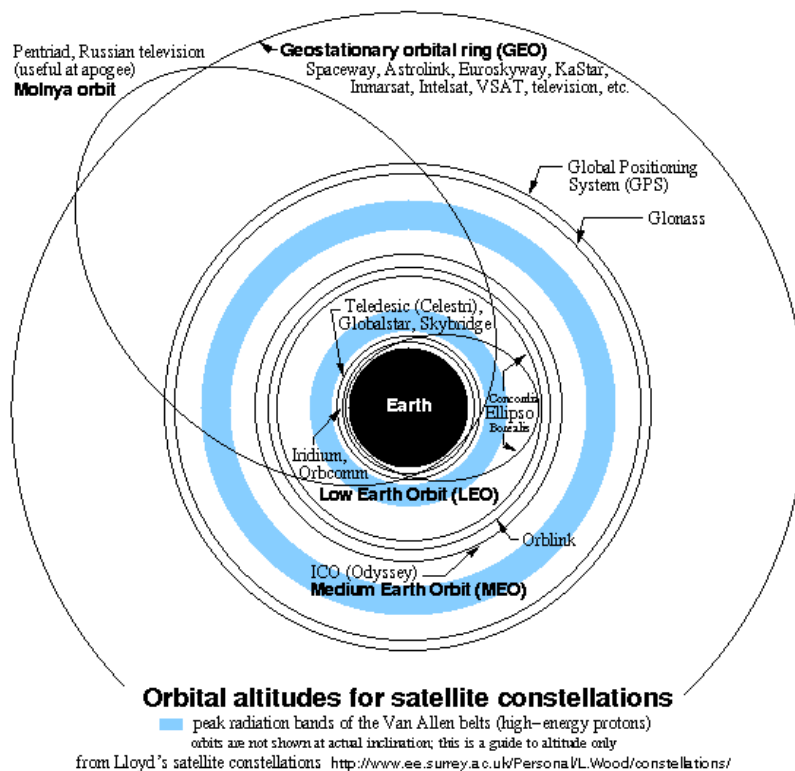
- Τηλεπικοινωνίες, σ' αυτό το τομέα υπάρχουν δίκτυα σαν το Iridium (που έχει το προβάδισμα), το Globalstar (που ξεκίνησε τις εκτοξεύσεις δορυφόρων) το ICO και πολλές άλλες. Τα δίκτυα αυτά βασίζονται σε LEO δορυφόρους. Οι υπηρεσίες που θα δίνουν αυτά τα δίκτυα θα είναι μετάδοση ομιλίας, fax, paging, και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

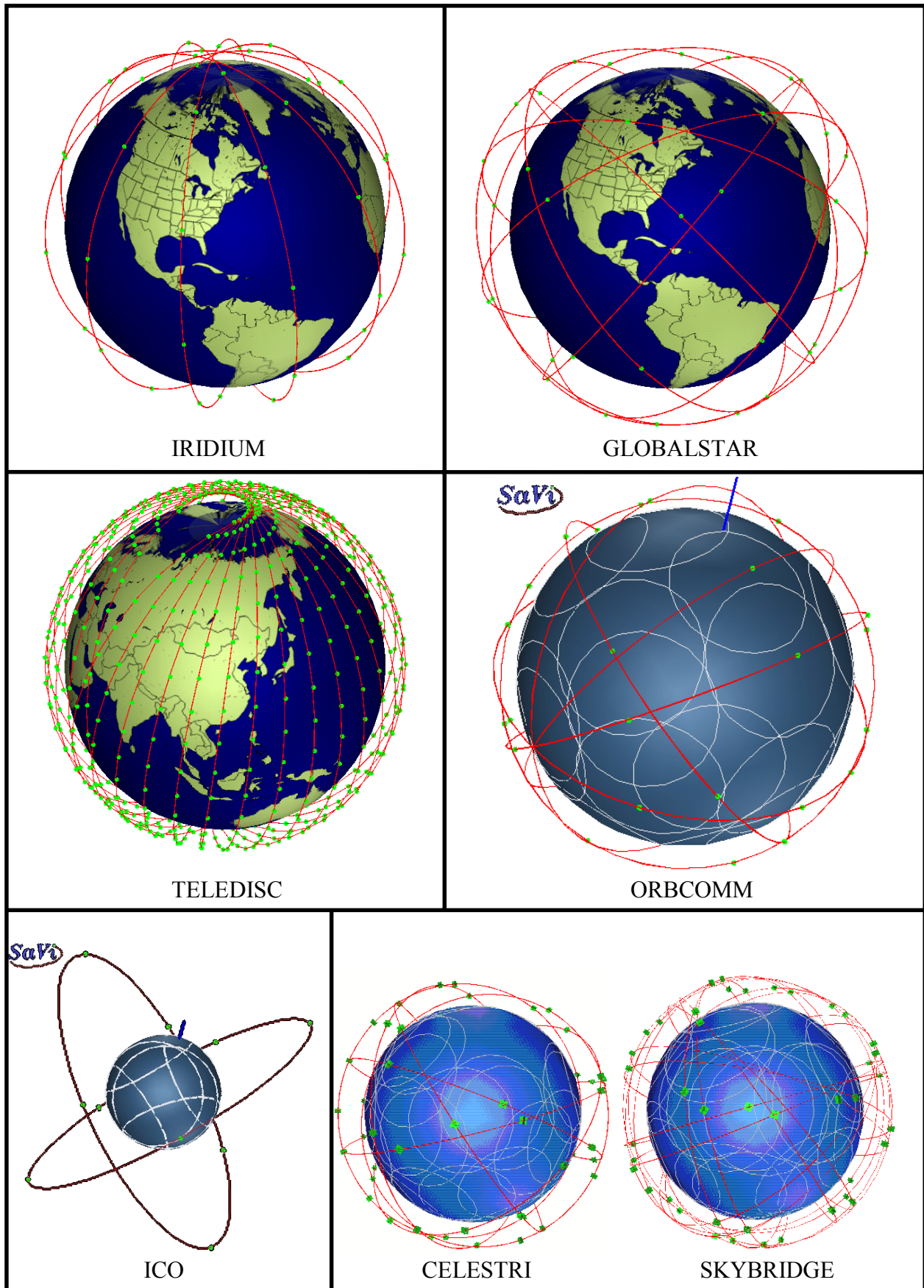


Εικόνα 6: Τροχιές δορυφόρων (και συστοιχίες)

Παραδείγματα συστοιχιών δορυφόρων και χαρακτηριστικά αυτών

Συστοιχία	Ιδιοκτήτης	Αριθμός	Ύψος - αρ.τροχιών	Τύπος	MAC πρωτόκολλα	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	Alcatel	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

IRIDIUM

Το 1990 η Motorola σχεδίασε και ζήτησε άδεια από τον FCC (Federal Communications Commission) για την τροχοθέτηση αρχικά 77 ενεργών LEO δορυφόρων (element 77). Αργότερα επανασχεδίασε το project της και κατέληξε ότι χρειάζεται 66 δορυφόρους (οπότε το project μετονομάστηκε Dysprosium (element 66)). Όταν ένας δορυφόρος θα έβγαινε εκτός τροχιάς τότε ένας νέος θα έπαιρνε τη θέση του.

Οι δορυφόροι του Iridium σχεδιάστηκαν να βρίσκονται σε έξι τροχιές (μία τροχιά κάθε 32° του γεωγραφικού πλάτους) με σύνδεση μεταξύ τους με σκοπό την παροχή επικοινωνιακών υπηρεσιών σε όλα τα σημεία και από σταθερούς ή μη σταθμούς (μετάδοση σημάτων από κινητούς πομπούς ή μη).

Η σχεδίαση του όλου project και η επίτευξη της επικοινωνίας ακολουθεί τον ίδιο τρόπο με την κυψελοειδή κάλυψη του χώρου την οποία επιτυγχάνει σήμερα η κινητή τηλεφωνία. Κάθε δορυφόρος έχει έναν αριθμό δεσμών (συχνοτήτων) μέσω των οποίων σκανάρει τη γη καθώς κινείται. Έτσι έχουμε κάλυψη της γης και διαμοιρασμό αυτής σε κάποιες κυψέλες (εξάγωνα). Καθώς κινείται ο δορυφόρος κινείται και η κυψέλη (η οποία ορίζει την περιοχή επικοινωνίας με το δορυφόρο τη κάθε χρονική στιγμή). Έτσι από μια πλειάδα συστοιχιών δορυφόρων ανά πάσα στιγμή μπορεί να υπάρξει κάλυψη όλων των ζητήσεων για επικοινωνία από όλα τα σημεία της γης. Αυτό πετυχαίνει το Iridium. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι αιτία κάλυψης δεν είναι οι σταθεροί σταθμοί όπως συμβαίνει στην κινητή τηλεφωνία αλλά οι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται.

Έτσι στο συγκεκριμένο project κάθε δορυφόρος μπορεί να έχει 48 spot beams, και η γη μοιράζεται σε 1628 κυψέλες. Κάθε κυψέλη θα έχει 174 πλήρους αμφίδρομης επικοινωνίας κανάλια τα οποία στο σύνολο της γης φτάνουν τον αριθμό των 283.272. Η κατερχόμενη ζεύξη θα γίνεται στο κανάλι L (1.6 GHz). Η επικοινωνία και η μετάδοση σημάτων μεταξύ των δορυφόρων θα γίνεται σε κανάλι Ka.

Παρόλη την καινοτομία που παρουσίασε το σύστημα βρήκε πολλούς ανταγωνιστές στο πεδίο των υπηρεσιών που θα παρείχε και οδηγήθηκε μέχρι τη χρεοκοπία (έγινε απόσυρση κονδυλίων, ασυμφωνίες μεταξύ των μετόχων, παραιτήθηκε ο διευθυντής λογιστηρίου, και ο γενικός διευθυντής και τελικά η εταιρία ετέθη σε ασφαλιστικά μέτρα από τους πιστωτές της σύμφωνα με το κεφάλαιο 11 του U.S. Bankruptcy Code τις 13 Αυγούστου αφού δεν αποπλήρωσε τα δανεισθέντα χρήματα που πήρε (1.5 δισεκατομμύριο δολάρια). Τωρινές πληροφορίες αναφέρουν ότι η Iridium LLC ζήτησε άδεια για ένα project που θα αποτελείται από 96 δορυφόρους και θα ονομαστεί MacroCell. Μάλλον το MacroCell θα μετονομαστεί σε Iridium Next ή INX.

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 τροχοθετήσει 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). Το σύστημα προβλέπεται να τεθεί σε λειτουργία το 2004.

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.

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 διαφόρων συγκρούσεων δεδομένων γίνεται με καθυστέρηση κατά διάρκεια της μετάδοσης.

2.5.2. Polling

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

Η λύση είναι η δημιουργία ενός χαμηλού εύρους δικτύου μεταξύ όλων των σταθμών με μορφή λογικού δακτυλίου όπου ένα κουπόνι θα διευθετεί ποιος σταθμός θα μπορεί να μεταδώσει σήμα μέσω της ανερχόμενης ζεύξης στον δορυφόρο. Η παραπάνω υλοποίηση με συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι ικανοποιητική όταν οι σταθμοί που συνδέονται στο δίκτυο είναι τόσοι ώστε ο χρόνος διερεύνησης από το κουπόνι της ζήτησης για επικοινωνία από τον κάθε σταθμό (ένας κύκλος) θα είναι πιο μικρός από το χρόνο μετάδοσης του σήματος από τη γη στο δορυφόρο.

2.5.3. ALOHA

Το απλό ALOHA, όπου κάθε σταθμός στέλνει όποια στιγμή θέλει, είναι εύκολο στην υλοποίηση αλλά η αποδοτικότητα του καναλιού (επίτευξη μετάδοσης των δεδομένων) φτάνει το 18%.

Χρησιμοποιώντας το S-ALOHA διπλασιάζεται η αποδοτικότητα αλλά υπάρχει πρόβλημα στο συγχρονισμό των σταθμών για το πότε μπορεί ο καθένας να "μιλήσει". Λύση σ' αυτό είναι ο ίδιος ο δορυφόρος ο οποίος όντας μέσω ευρείας μετάδοσης (εκπομπής σε πολλούς σταθμούς) επιτυγχάνει συγχρονισμό αυτών χρησιμοποιώντας τμήματα ισόχρονα για τη λήψη και μετάδοση των σημάτων.

Το S-ALOHA 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 βρίσκεται στην κατερχόμενη ζεύξη τότε το κανάλι μπορούσε να το χρησιμοποιήσει άλλος σταθμός. Αν το ίδιο κανάλι το ζητούσαν δύο σταθμοί τότε υπήρχε σύγκρουση και έπρεπε να ζητήσουν άλλο κανάλι αργότερα. Η απελευθέρωση ενός καναλιού μετά από το πέρας της επικοινωνίας την οποία ζήτησε ένας σταθμός γίνεται με σήμα από αυτόν προς του άλλους μέσα από το κοινό κανάλι στη διατομή που αντιστοιχεί σε αυτόν το σταθμό.

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

2.5.5. TDMA (Time Division Multiple Access)

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

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

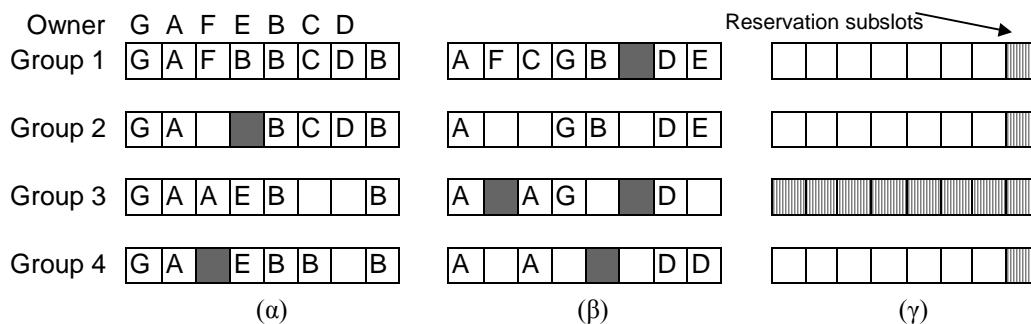
Υπάρχουν τρία είδη διατάξεων δυναμικού διαμοιρασμού των καναλιών όπου πλαίσια TDM μοιράζονται σε διατομές (η κάθε διατομή μεταφέρει πακέτα δεδομένων συγκεκριμένου χρήστη) κάθε μια των οποίων έχει έναν ιδιοκτήτη.

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

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

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

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



Εικόνα 8: Είδη διατάξεων διαμοιρασμού των πλαισίων

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

Το σημαντικό στοιχείο του ACTS είναι ότι συγκεντρώνοντας την ενέργεια του σήματος δίνει τη δυνατότητα για μετάδοση από πιο ασθενείς (σε ισχύ) γήινους σταθμούς μετάδοσης. Το ACTS τέθηκε σε τροχιά το 1992 και αποτελείται από 4 ανεξάρτητα TDMA κανάλια των 110 Mbps με δύο ανερχόμενες και δύο κατερχόμενες ζεύξεις (είναι οργανωμένο το κάθε κανάλι σε πλαίσια του 1 msec με 1728 διατομές το κάθε πλαίσιο, η κάθε διατομή μπορεί να φέρει 64 bits). Τον συγχρονισμό για την επικοινωνία των σταθμών που βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές μέσω του δορυφόρου αλλά και την αντιμετώπιση των καθυστερήσεων αλλά και του ορίου που θέτει ο dwell time πετυχαίνει ο MCS.

Η διαδικασία γίνεται σε τρία στάδια:

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

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

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

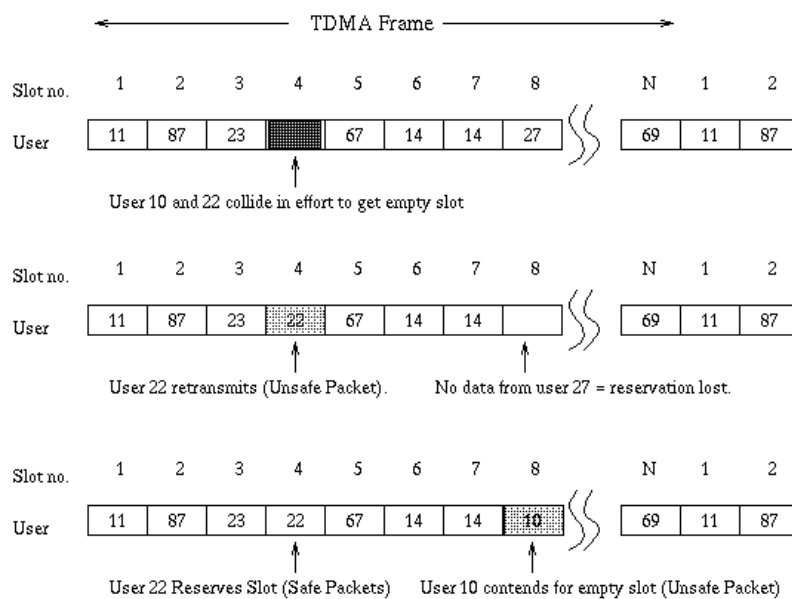
2.5.6. PRMA (Packet Reservation Multiple Access)

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

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

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

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



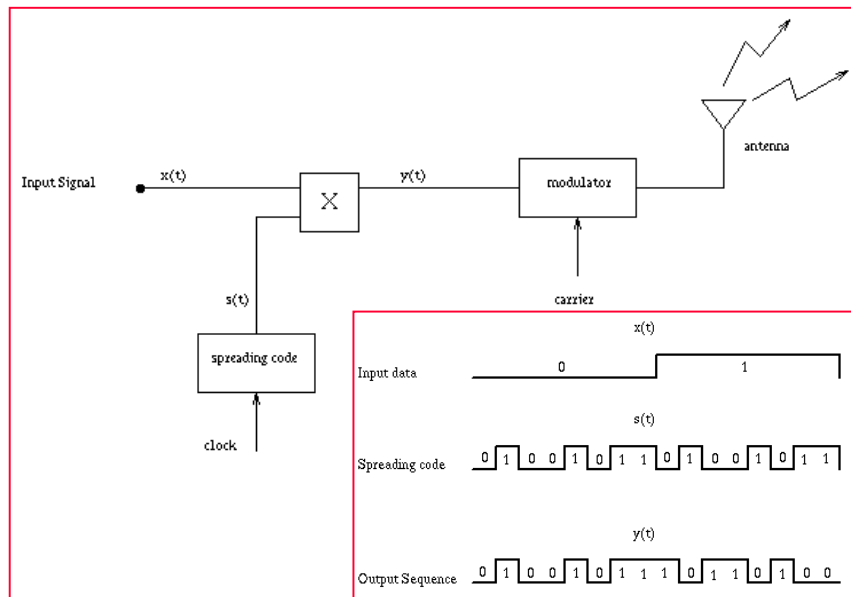
Εικόνα 9: Σειρά βημάτων στην PRMA διαδικασία

2.5.7. CDMA (Code Division Multiple Access)

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

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

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



Εικόνα 10: Απλή διαδικασία CDMA

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

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

Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης είναι τα εξής:

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

2.5.8. Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσης

Αναφέρθηκε σε πολλά σημεία η έννοια του θορύβου αλλά και γενικότερα η ύπαρξη λαθών κατά την μετάδοση των σημάτων. Πριν κλείσουμε το θέμα για τα πρωτόκολλα του δεύτερου 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.

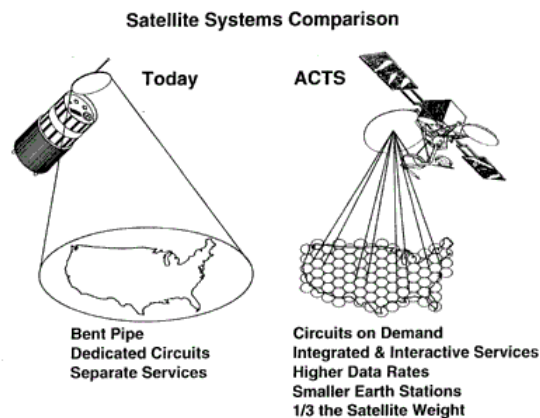
Το σύστημα μπορεί να λειτουργεί όπως στην κυψελοειδή τηλεφωνία. Για κάθε περιοχή που καλύπτει μια δέσμη συχνοτήτων του δορυφόρου θα υπάρχει ένας home agent (ο οποίος θα βλέπει πόσοι χρήστες που το home address τους βρίσκεται σ' αυτή τη περιοχή, βρίσκονται σε άλλες), και κάποιιοι foreign agents που θα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



Εικόνα 11: Διαίρεση του χώρου που καλύπτει ο δορυφόρος σε περιοχές τις οποίες ελέγχει με home και foreign agents

2.6.2. Κινητό IP (mobile IP)

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

Εξαιτίας αυτού του γεγονότος γίνεται η επικοινωνία. Όταν όμως ο χρήστης κινείται τότε χρειαζόμαστε το IP να αλλάζει με κάποιο τρόπο. Οι κινούμενοι χρήστες έχουν σταθερά IP τα οποία με την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου ταυτίζονται με κάποιο άλλο ανάλογο 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 καταναμημένα στο διαδίκτυο) και **β.** το *sparse-mode* (τα μέλη της ομάδας είναι διάσπαρτα καταναμημένα 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 πολυδιανομή δεν έχουν ενσωματώσει την προηγούμενη λογική. Οπότε η πολυδιανομή γίνεται στο επίγειο μέρος του δικτύου κάτι που απαιτεί περισσότερη διαχείριση και έλεγχο αλλά και χωρητικότητα στους δορυφόρους.

3. Διαχείριση

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

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

3.1 Εφαρμογές πάνω σε δορυφορικά δίκτυα

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

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

3.1.1. Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική

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

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

3.1.2. Αεροναυτική

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

3.1.3. Telemammography

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

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

Η εφαρμογή αυτή στην υλοποίηση της αντιμετωπίζει προβλήματα:

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

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

3.1.4. Ποιοτικές υπηρεσίες

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

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

3.2. MPEG-2 Advanced Audio Coding

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

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

Για την παροχή υπηρεσιών ευρείας μετάδοσης δεδομένων απαιτείται μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων. Έτσι υπάρχουν τρεις λύσεις για την προηγούμενη τεχνολογία είτε σε 27MHz-39Mbps, είτε 33MHz, είτε 34.5MHz-51Mbps.

Οι εταιρίες που δραστηριοποιούνται σ' αυτό τον τομέα είναι οι DirecTV και η PerfecTV.

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

3.3.1. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων TCP

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

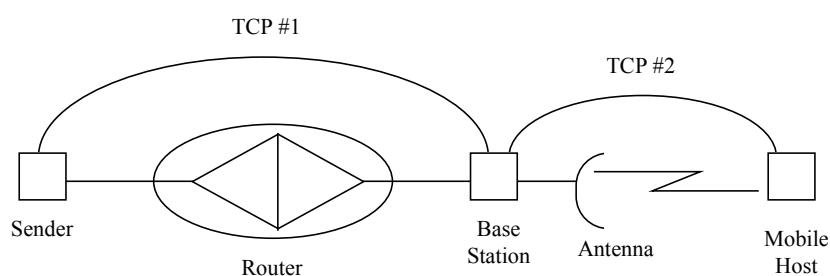
Βασικά προβλήματα που τείνουν να αντιμετωπίσουν τα TCP πρωτόκολλα σε ασύρματες ή δορυφορικές συνδέσεις είναι η σύγκρουση των πακέτων δεδομένων (με αλγόριθμους ελέγχου συγκρούσεων).

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

Όμως στις δορυφορικές επικοινωνίες υπάρχει πρόβλημα απώλειας δεδομένων οπότε και απαιτείται επαναμετάδοση αυτών. Με την εφαρμογή του TCP σε δορυφορικά δίκτυα και για την αντιμετώπιση των συγκρούσεων η μείωση του ρυθμού μετάδοσης των πακέτων δεδομένων κάνει το πρόβλημα ακόμα πιο σημαντικό. (χάσιμο πολύτιμου μέρους δεδομένων και εσκεμμένη καθυστέρηση στην μετάδοση-μη αξιόπιστο το δίκτυο).

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

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



Εικόνα 12: Διαμοιρασμός του TCP σε δύο συνδέσεις

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

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

3.3.2. Ανάπτυξη πρωτοκόλλων HTTP

Γίνεται τεστάρισμα των HTTP/1.0 και HTTP/1.1 πάνω σε ACTS (βλ. παρ. 2.5.5) κανάλια με διάφορες παραμέτρους (πολλά είδη επιλογών και μεγέθη παραθύρων).

3.3.3. Εξομοίωση-προσομοίωση δικτύου

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

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

3.4. Ασφάλεια δικτύου

Βασικό στοιχείο της διαχείρισης είναι η επίτευξη ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων κατά την επικοινωνιακή σύνδεση. Υπάρχουν εφαρμογές που διαχειρίζονται και κωδικοποιούν τα

πακέτα δεδομένων που μεταδίδονται. Έτσι υπάρχουν πολλές τεχνικές παραδοσιακές και πιο σύγχρονες που βασίζονται:

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

4. Εσωτερικές διαδικασίες δορυφορικών δικτύων

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

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

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

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

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

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

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

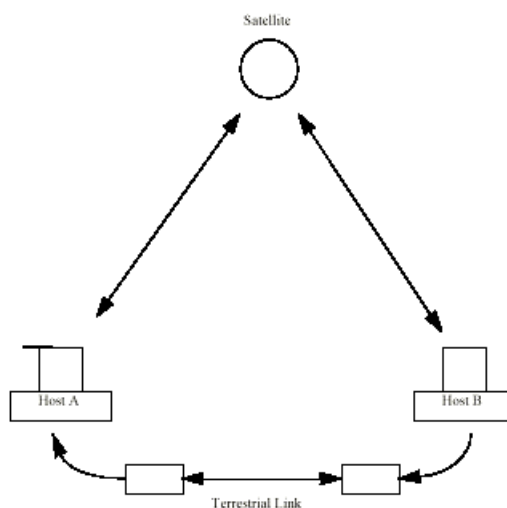
5. Σύγχρονα δορυφορικά δίκτυα

5.1. Υβριδικά δίκτυα

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

Σ' αυτού του είδους τα δίκτυα η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω δορυφόρου ενώ η ανταλλαγή μηνυμάτων από τα ενσύρματα εδαφικά μέσα. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι

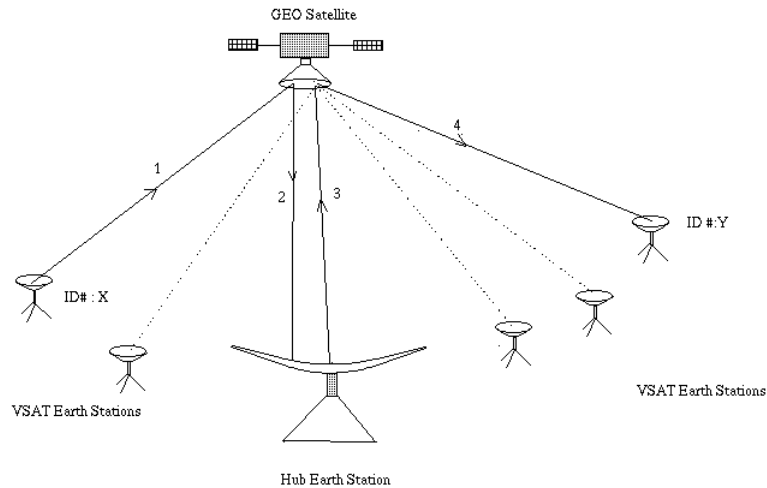
ένας Η/Υ, ένα modem και σύνδεση σε ISP (παροχέας Internet), μια δορυφορική κεραία και μια κάρτα ISA όπου θα συνδέεται η κεραία στον υπολογιστή. Η σύνδεση με δορυφόρο αλλά και αυτή με τον ISP θα αντιμετωπίζονται από κοινό περιβάλλον διεπαφής (αυτό το πετυχαίνει στο επίπεδο της εφαρμογής το TCP/IP). Παραδείγματα τέτοιων δικτύων ακολουθούν παρακάτω.



Εικόνα 13: Διαγραμματική απεικόνιση υβριδικού δικτύου

5.1.1. Δίκτυα VSAT

Τα μεγάλα κόστη και η ανάγκη για διαχείριση στους σταθερούς επίγειους σταθμούς οδήγησαν στη δημιουργία δικτύων VSAT (με πολλούς σταθμούς με κεραίες μικρής διατομής μετάδοσης-κεραία 1 m και ισχύ 1 watt) τα οποία λειτουργούν με δυνατότητα από τους σταθμούς λήψης και εκπομπής σήματος. Κάθε σταθμός συνδέεται σε τοπολογία αστέρα (μέσω κεραίας) με το δορυφόρο και το ρόλο του κεντρικού κόμβου παίζει ένας σταθμός (hub) με κεραία μεγαλύτερης διατομής. Ο δορυφόρος μπορεί να δέχεται σήματα από όλους τους σταθμούς αλλά και να εκπέμπει σε όλους. Τέτοιου είδους δίκτυα είναι χρήσιμα σε επιχειρήσεις που είναι γεωγραφικά διάσπαρτες (βλ. παρ. 6.1). 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.



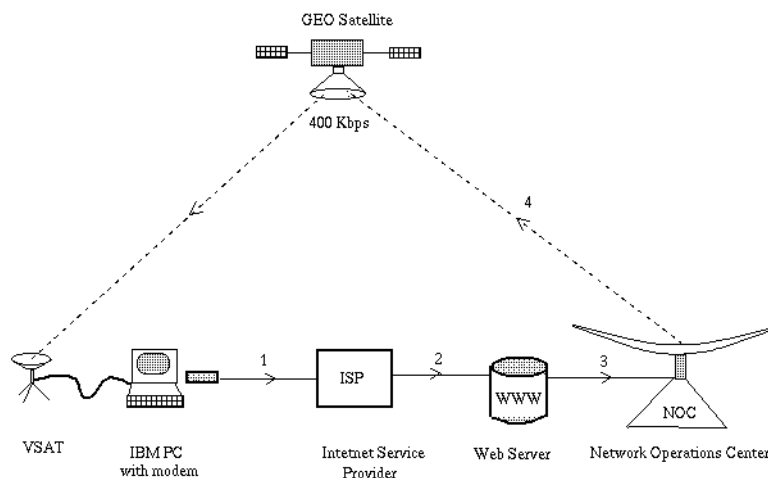
Εικόνα 14: Επικοινωνία μεταξύ VSAT τερματικών

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

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

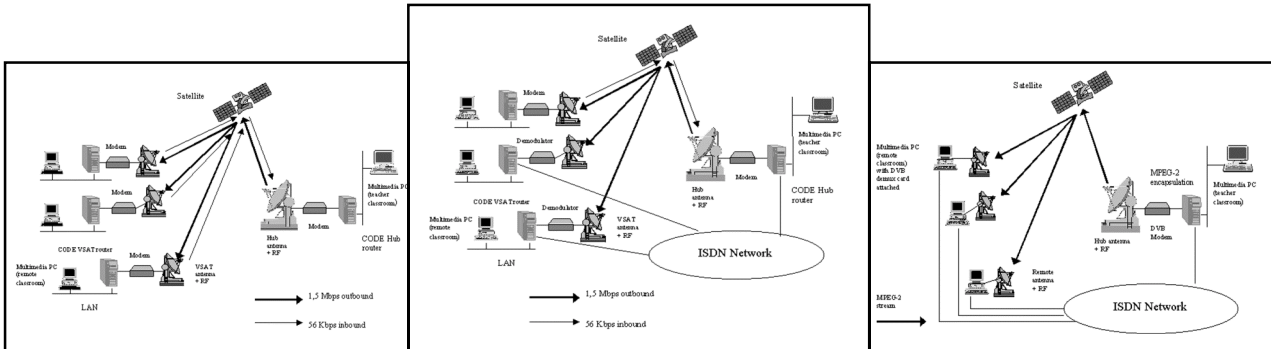
Οι υπηρεσίες που παράσχουν περιγράφονται με τον όρο DirecPc services και παρατίθενται αναλυτικά στη παράγραφο 5. Πολύ σύντομα μπορούμε να πούμε ότι είναι δύο ειδών. *Μεταφορά ψηφιακών πακέτων* (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 12Mbps) και *Internet υψηλής ταχύτητας* (ταχύτητα στο τελικό χρήστη 400Kbps).

Η σύνδεση γίνεται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 15: Υλοποίηση υπηρεσιών DirecPc

Πρέπει να συμπληρώσουμε ότι παραδείγματα VSAT δικτύων τα οποία εξυπηρετούν broadcast δραστηριότητες (multimedia, tele-education, videoconference) υπάρχουν πολλά (CODE του Technical University of Madrid και της European Space Agency), και χρησιμοποιούν επίγεια μέσα σε συνδυασμό με το δορυφόρο (βλ. Pipar, 1998). Παρακάτω φαίνεται η υλοποίηση κάποιων από αυτά.



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

5.1.2. Δίκτυα SATIN

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

- τοπικών, ευρείας περιοχής και μητροπολιτικών
- ευρυζωνικού ISDN
- ολοκληρωμένης διαχείρισης
- προχωρημένης εφύιας
- προσωπικών επικοινωνιακών υπηρεσιών

τα οποία είναι ελέγξιμα από το χρήστη όχι όπως το ATM σε δορυφόρο.

Προβλήματα για την υλοποίησή 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 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. (Elbert, 1997)

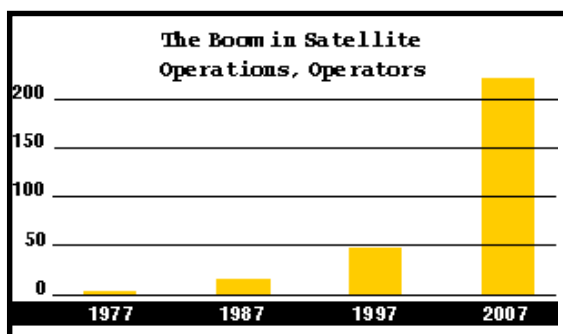
Βέβαια κάποιες προσπάθειες τελευταία συνδυάζουν κατά επίπεδα GEO και LEO δορυφόρους. Τέτοιες λύσεις μάλλον θα είναι οι ιδανικότερες.

Στον τομέα των πρωτοκόλλων και ιδιαίτερα του MAC υποεπιπέδου του μοντέλου OSI τα TDMA και CDMA είναι αξιόπιστα παρά τα προβλήματά τους.

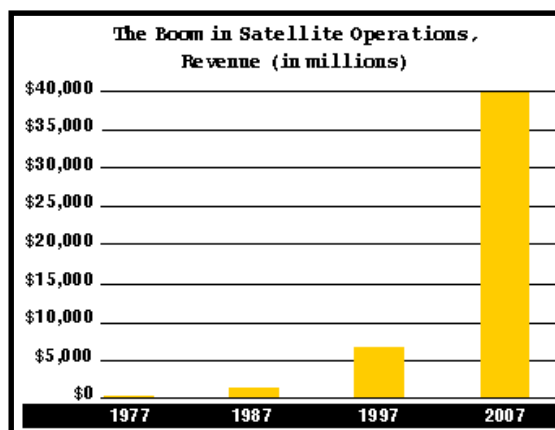
Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι πλέον οι επενδύσεις αλλά και η χρησιμοποίηση των δορυφορικών δικτύων θα γίνονται με όλο και αυξανόμενους ρυθμούς. Από τα τέλη του 2000 οι διάφοροι αναλυτές υπολογίζουν ότι το ποσό για κατασκευή και υλοποίηση δορυφορικών δικτύων για την αμερικάνικη οικονομία θα ανέλθει 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 (διαχρονικά)³.

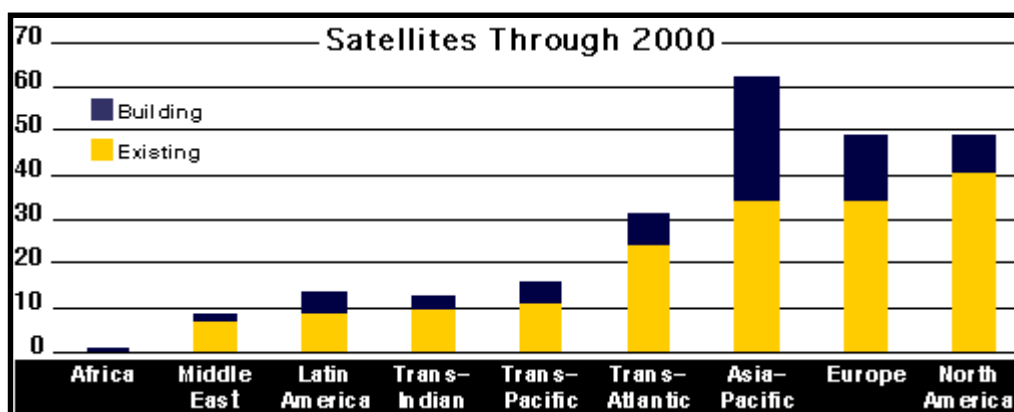
Είναι, λοιπόν γεγονός ότι οι δορυφορικές επικοινωνίες θα ανταγωνισθούν τις άλλες ασύρματες αλλά και αυτές μέσω οπτικής ίνας. Ο τελικός κερδισμένος πιθανολογείται ότι θα είναι ο απλός χρήστης με την επίτευξη των (Universal Personal Telecommunications).



Διάγραμμα 1: Φορείς που θα υλοποιήσουν δορυφορικά δίκτυα



Διάγραμμα 2: Κέρδη



Διάγραμμα 3: Υπάρχοντες και υπό κατασκευή δορυφόροι

Προβλέπεται ότι το 2002 περίπου 8 εκατομμύρια άνθρωποι θα χρησιμοποιούν κινητή επικοινωνία βασισμένη στις MSS (mobile satellite services). Παρόλα τα προβλήματα στο τεχνικό και πολιτικό επίπεδο η αγορά υπολογίζεται ότι θα καλύπτει το ποσό των 8,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων (υποδομή, εξοπλισμός, παροχή υπηρεσιών). Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές αυτών των υπηρεσιών είναι οι Κίνα, Ινδονησία, Ιαπωνία (40% του συνόλου της αγοράς), η Αμερική (ΗΠΑ και Βραζιλία- 27%) και η Δυτική Ευρώπη (13%).

Βέβαια εξαιτίας της ατεστάριστης, χαμηλού εύρους ζώνης και ασθενών σημάτων τεχνολογίας στην οποία οι παραπάνω υπηρεσίες βασίζονται θα υπάρξουν προβλήματα ανταγωνισμού από την κινητή κυψελοειδή τηλεφωνία όπως επίσης και από τις ευρυζωνικές εφαρμογές (Teledisc κ.α.). Το υψηλό κόστος στον τελικό χρήστη, η έλλειψη συχνότητας επικοινωνίας λόγω κορεσμού και η ελλιπής χρηματοδότηση (βλ. παράδειγμα Iridium) επίσης

³ Foley T., 1998

θα οδηγήσουν σε προβληματισμό τους παροχείς υπηρεσιών επικοινωνίας μέσω MSS. Η υφιστάμενη κατάσταση πάντως δείχνει ότι προς το παρόν η πορεία σ' αυτό το τομέα μάλλον θα πάει καλά.

6. 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.

Τέτοιου είδους παραδείγματα υπάρχουν πολλά, ορισμένα από αυτά αναφέρονται παρακάτω.

6.1. 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 εκτελεστούν.

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.

6.2. 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 δορυφορικούς 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 EUTELSAT⁴-SMS (κυρίως για τηλεπικοινωνία με τις

⁴ Ο Eutelsat είναι ο Ευρωπαϊκός οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών ο οποίος είναι και παροχέας διαστημικής χωρητικότητας μέσω των δορυφόρων που διαχειρίζεται.

άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (ταχύτητα από 64 Kbps έως 2Mbps) (Σκάγιαννης, 1994). Σήμερα μέσω των ευρωπαϊκών προγραμμάτων (CRASH, ESPRIT, RACE, STAR κ.α.) υπάρχει δραστηριοποίηση στο τομέα των τηλεπικοινωνιών και των δορυφορικών δικτύων (βλ. website Ευρωπαϊκής Ένωσης).

6.2.1. 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.).

6.2.2. 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
- καθιερώσει **δορυφορικές υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων** (τηλεαγορές, ψηφιακό δισκοπωλείο, βιβλιοπωλείο)
- καθιερώσει **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).

6.2.3. 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, 13° 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 (one-way 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, έλεγχο 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.

7. 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:

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

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

Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι σε τοπικό επίπεδο η X εταιρία μπορεί να είναι δικτυωμένη καλωδιακά (τα διάφορα τμήματά της) αλλά για την επικοινωνία της με άλλο παράρτημα της το οποίο βρίσκεται πολύ μακριά, μπορεί να συνδέεται μέσω δορυφόρου. Ακόμη δεν έχει επιτευχθεί (δεν είναι αρκετά οικονομικό αυτή τη στιγμή) η πλήρης δορυφορική δικτύωση όλων των μερών της εταιρίας.

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

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

⁵ «οι δορυφόροι και τα δίκτυα που αυτοί θα δημιουργήσουν θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της επικοινωνίας. Αυτοί θα παράγουν ανεκτές συνδέσεις στο παγκόσμιο δίκτυο στις πιο απομακρυσμένες γωνίες του πλανήτη (κινητές επικοινωνίες) και θα συνδέσουν τα υπάρχοντα επίγεια δίκτυα»

8. 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.direpc.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.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/0116ovum.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)

9. 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
- Guntsch 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
- Hadjitheodosiou 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