



**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών (Εδρα: Σπάρτη)
Τ.Ε.Ι ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τίτλος:Μελέτη αρχιτεκτονικής και εφαρμογές των
δικτύων δορυφορικού Internet**

Διακουμάκος Παύλος

ΑΜ:2006170

Επιβλέπων: Ανδρέας Τσαρούχας

Οκτώβριος, 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη του ανθρώπου, στις μέρες μας, να θέλει να επικοινωνεί περισσότερο ανεξάρτητα από την τοποθεσία δημιούργησε και ανέπτυξε τα δορυφορικά συστήματα, τα οποία μπορούν να ικανοποιήσουν αυτή την επιθυμία. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι έχουν την δυνατότητα να παρέχουν πολλές εφαρμογές με τις πιο σημαντικές να είναι το δορυφορικό Internet, τη μεταφορά δεδομένων, τη δορυφορική τηλεόραση και το δορυφορικό τηλέφωνο.

Η μεγάλη ανάπτυξη των δορυφορικών δικτύων δημιούργησε την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στα δορυφορικά δίκτυα.

Στη παρούσα εργασία αναφέρεται, αρχικά στο Κεφάλαιο 1 πως δημιουργήθηκαν οι δορυφόροι και πότε ξεκίνησε η διαστημική εποχή με την εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου. Δίνεται η περιγραφή και η σημαντικότητα των δορυφόρων, καθώς και οι εφαρμογές αυτών. Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2, αναλύεται η δομή του δορυφορικού συστήματος, από το επίγειο ως το διαστημικό τμήμα. Περιγράφονται οι τροχιές των δορυφόρων και με ποια κριτήρια επιλέγεται η τροχιά τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε τροχιάς αλλά και οι δορυφορικές υπηρεσίες που παρέχονται, δηλαδή το GPS, το δορυφορικό internet, το δορυφορικό τηλέφωνο και τηλεόραση και το δορυφορικό ραδιόφωνο. Το Κεφάλαιο 3, αναφέρεται στο δορυφορικό ραδιοφάσμα και το Κεφάλαιο 4 στα πλεονεκτήματα των δορυφορικών δικτύων. Στη συνέχεια, το Κεφάλαιο 5 περιγράφει το δορυφορικό σύστημα επικοινωνιών και το Κεφάλαιο 6 τον θόρυβο που δημιουργείται στα δορυφορικά συστήματα. Στο Κεφάλαιο 7, γίνεται αναφορά στον Ελληνικό-κυπριακό δορυφόρο ο οποίος εκτοξεύτηκε το 2003 και το Κεφάλαιο 8 αναφέρεται στην ασφάλεια που προσφέρουν τα δορυφορικά δίκτυα και τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τέλος, υπάρχουν τα συμπεράσματα και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία.

ABSTRACT

Nowadays, the human need to want to communicate more independently from the site created and developed satellite systems, which can satisfy this desire. Telecommunications satellites are able to provide many applications with the most important being the satellite Internet, data transfer, satellite TV and satellite phone.

The vast development of satellite networks has created the need for further research in satellite networks.

In the present study indicated in Chapter 1: the creation of the satellites and the beginning of the space age with the launch of the first satellite. Given the description and the importance of satellites and their applications. Then, in Chapter 2: analyzing the structure of the satellite system from the ground as the space segment. Describe the orbits of satellites and what are the criteria for making the selection of the orbit, the advantages and disadvantages of each orbit and satellite services, namely GPS, satellite internet, satellite TV and telephone and satellite radio. Chapter 3: refers to the satellite spectrum and Chapter 4: refers the advantages of satellite networks. Then, Chapter 5: describes the satellite communications system and Chapter 6: the noise where generated in satellite systems. In Chapter 7, refer to Greek-Cypriot satellite that was launched in 2003 and Chapter 8: refers to the safety of the satellite networks and the problems to be addressed. Finally, there are conclusions and references which were used in this work.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Ορισμός δορυφόρου.....	8
1.2 Περιγραφή δορυφόρου.....	9
1.3 Γέννηση δορυφορικών επικοινωνιών.....	13
1.4 Η αρχή της διαστημικής εποχής.....	15
1.5 Κατηγορίες δορυφόρων.....	19
1.6 Η σημαντικότητα των δορυφόρων.....	20
1.7 Η μεταφορά του δορυφόρου και η τοποθέτηση του σε τροχιά.....	21
1.8 Εφαρμογές.....	22
1.9 Δορυφορικό ραδιοφάσμα.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΟΜΗ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	26
2.1 Το διαστημικό τμήμα και το επίγειο τμήμα του δορυφορικού Συστήματος.....	28
2.2 Οι τροχιές των δορυφόρων.....	31
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τροχιών.....	34
2.4 Η επιλογή της τροχιάς.....	36
2.5 Δορυφορικές υπηρεσίες.....	39
2.5.1 GPS (Global Positioning System).....	39
2.5.2 Δορυφορικό Internet.....	42
2.5.3 Δορυφορική τηλεόραση.....	42
2.5.4 Δορυφορικό ραδιόφωνο.....	43
2.5.5 Δορυφορικό τηλέφωνο.....	45
2.6 Τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών δικτύων.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΥ INTERNET.....	50
3.1 Εισαγωγή.....	50
3.2 Internet Protocol Suite & Osi model.....	50
3.2.1 Internet Protocol Suite.....	50
3.2.2 Osi model.....	51
3.3 Πρωτόκολλο Internet & IPv4 vs IPv6.....	52
3.3.1 Κύρια χαρακτηριστικά του Internet Protocol.....	52
3.3.2 Τι είναι best effort delivery.....	52
3.3.3 Γιατί να σχεδιαστεί ένα πρωτόκολλο αναξιοπίστο.....	53
3.3.4 IPv4 vs IPv6.....	53
3.4 Πρωτόκολλα TCP,UDP και RTP.....	53
3.4.1 Πρωτόκολλο TCP.....	54
3.4.2 Πρωτόκολλο UDP.....	55
3.4.3 Γιατί υπάρχει το το UDP και τι εξυπηρετεί.....	56
3.4.4 Πρωτόκολλο RTP.....	57
3.5 Μέθοδοι δρομολόγησης (Routing Schemes).....	58
3.5.1 Unicast.....	59
3.5.2 Broadcast.....	59
3.5.3 Multicast.....	60
3.5.4 Anycast.....	61
3.6.Δίκτυα Ομότιμων Κόμβων (Peer-to-Peer Networks).....	61
3.6.1 Συγκεντρωμένα P2P δίκτυα.....	62
3.6.2 Αποκεντρωμένα P2P δίκτυα.....	62
3.6.3 P2P δίκτυα άλλης γενιάς.....	62
3.6.4 Άλλα P2P δίκτυα.....	63
3.7 Κωδικοποίηση Πολλαπλών Περιγραφών (MDC).....	63

3.7.1 Κβαντισμός.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	66
4.1 Εισαγωγή.....	66
4.1.1 Polling.....	67
4.1.2 ALOHA.....	68
4.1.3 FDMA(Frequency division multiple access).....	68
4.1.4 TDMA (Time division multiple access).....	69
4.1.5 PRMA (Packet reservation multiple access).....	71
4.1.6 CDMA (Code division multiple access).....	72
4.1.7 Έλεγχος-Διόρθωση λαθών μετάδοσης.....	73
4.1.8 Επίλογος.....	73
4.2 Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα.....	74
4.2.1 Δρομολόγηση.....	74
4.2.2 Κινητό IP.....	75
4.2.3 Διαμόρφωση χάρτη δικτύου.....	76
4.2.4 Ευρείας εκπομπής δρομολόγηση.....	76
4.2.5 Πολυδιανομή.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ INTERNET.....	79
5.1 Εισαγωγή.....	79
5.2 Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση.....	81
5.3 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. HELLAS SAT.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97

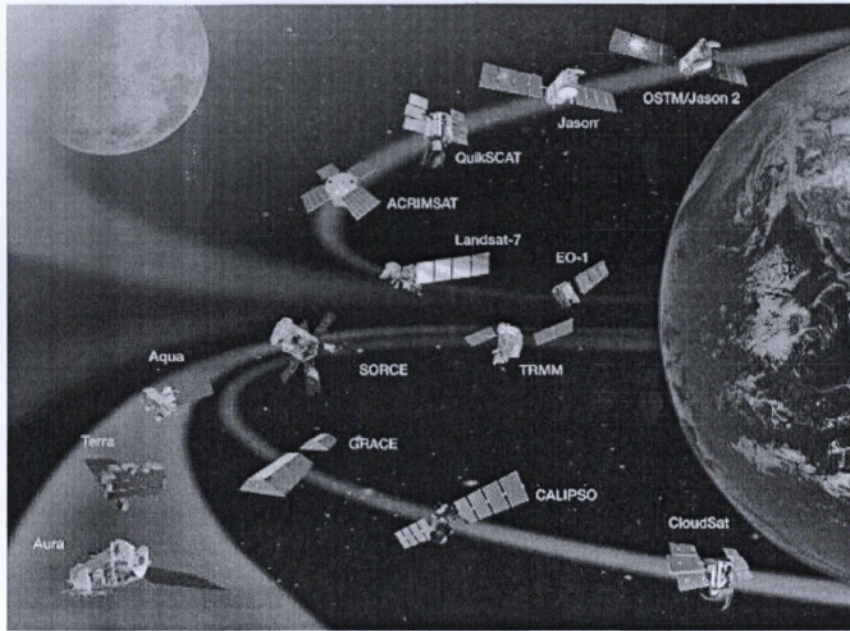
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός δορυφόρου

Δορυφόρος ονομάζεται κάθε ουράνιο σώμα που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από ένα μεγαλύτερο σώμα. Δορυφόρος είναι το φεγγάρι, ένας πλανήτης ή ένα μηχάνημα που περιστρέφεται γύρω από έναν πλανήτη ή ένα αστέρι (Rouse, 2008). Για παράδειγμα, η Γη είναι ένας δορυφόρος διότι βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον ήλιο. Ομοίως, το φεγγάρι είναι ένας δορυφόρος διότι βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Συνήθως σήμερα, όταν χρησιμοποιούμε τη λέξη δορυφόρος αναφερόμαστε σε ένα μηχάνημα, κατασκευασμένο από άνθρωπο, που βρίσκεται στο διάστημα και κινείται γύρω από τη Γη, το οποίο έχει εκτοξευθεί για κάποια χρήσιμη αποστολή.

Η Γη και το φεγγάρι είναι παραδείγματα φυσικών δορυφόρων. Χιλιάδες τεχνητοί δορυφόροι βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Μερικοί από αυτούς παίρνουν εικόνες του πλανήτη που βοηθούν τους μετεωρολόγους να προβλέπουν τον καιρό. Άλλοι παίρνουν εικόνες από άλλους πλανήτες, τον ήλιο ή μακρινούς γαλαξίες οι οποίες βοηθούν τους επιστήμονες να κατανοήσουν καλύτερα το ηλιακό σύστημα και το σύμπαν.

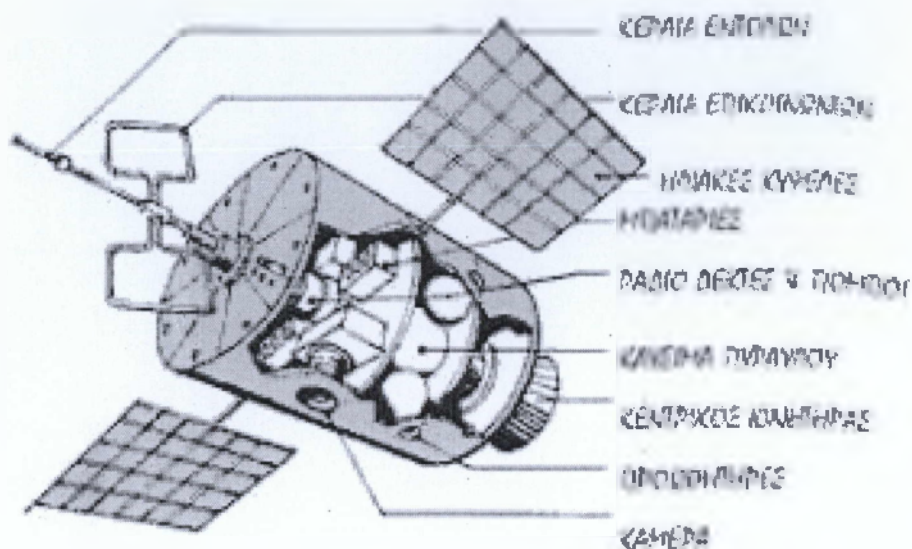
Άλλοι δορυφόροι χρησιμοποιούνται κυρίως για την επικοινωνία, ακτινοβολούν τα τηλεοπτικά σήματα και τις τηλεφωνικές κλήσεις σε όλο τον κόσμο. Μια ομάδα με περισσότερους από 20 δορυφόρους συνθέτουν το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, ή GPS. Εάν έχετε ένα δέκτη GPS, αυτοί οι δορυφόροι μπορούν να βοηθήσουν να εντοπίσετε την ακριβή θέση σας (NASA, 2014).



Εικόνα 1:1. Τεχνητοί δορυφόροι.
Πηγή: NASA, 2014

1.2 Περιγραφή ενός δορυφόρου

Το να σχεδιαστεί και να λειτουργήσει ένας δορυφόρος είναι αρκετά πολύπλοκο και από την αρχή της δημιουργίας του προκάλεσε αρκετά προβλήματα μέχρι την κατάληξη. Γενικά, απαιτείται η συνεργασία πλήθους ατόμων με διαφορετικές γνώσεις ο καθένας. Ο δορυφόρος πρέπει να είναι όσο γίνεται μικρός σε μέγεθος και ελαφρύς αλλά και να καταναλώνει όση λιγότερη ισχύ. Επίσης, θα πρέπει να έχει μεγάλη χωρητικότητα ζεύξης για να μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από μεγάλο αριθμό χρηστών. Ακόμη, ένα πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί είναι η μεγάλη απόσταση μεταξύ του δορυφόρου και του επίγειου σταθμού που έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση του σήματος.



Εικόνα 1:2. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας δορυφόρος.

Πηγή: Gulf of Main Research Institute, 2012

Ο δορυφόρος αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το ωφέλιμο φορτίο και το δεύτερο είναι η πλατφόρμα.

Το ωφέλιμο φορτίο περιλαμβάνει:

- Τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Τις κεραίες

Η πλατφόρμα περιλαμβάνει:

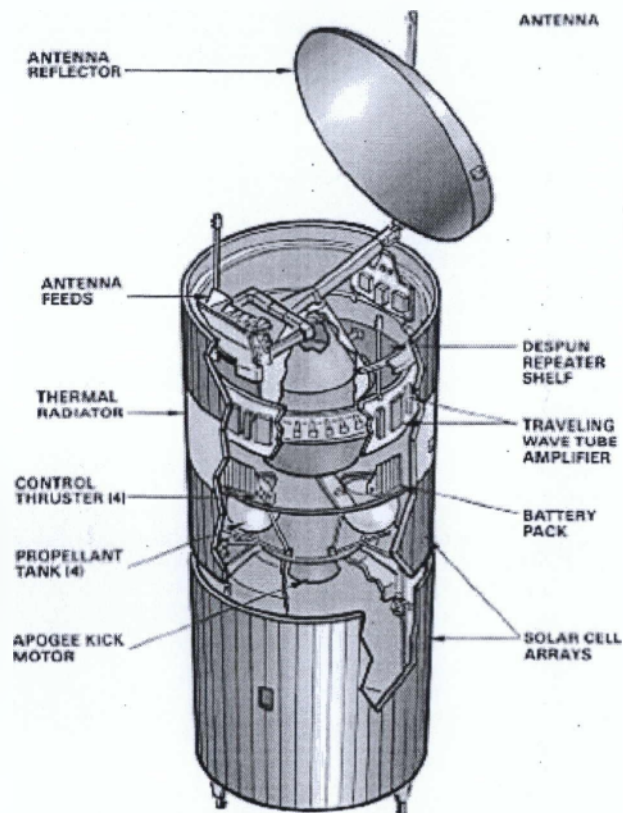
- Τη μηχανική κατασκευή: Η κατασκευή του δορυφόρου παρέχει την σταθερότητα και την ευστάθεια και είναι φτιαγμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να εμπεριέχει όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και οτιδήποτε άλλο είναι απαραίτητο. Είναι

γνωστό πως μεταφέρεται στο διάστημα, επομένως πρέπει το σώμα του δορυφόρου και ότι βρίσκεται μέσα σε αυτό να φτάσει εκεί ασφαλή.

Οι ειδικοί που κατασκευάζουν το δορυφόρο πρέπει να είναι σίγουροι για τα υλικά που χρησιμοποιούν και να υπολογίσουν τη μακροζωία των υλικών και αν αυτά ήταν λειτουργικά όταν ξαναχρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, πρέπει να υπολογιστεί το κόστος και το βάρος τους. Μεταξύ των πραγμάτων που πρέπει να υπολογιστεί είναι και το εξωτερικό στρώμα του δορυφόρου. Το εξωτερικό στρώμα προστατεύει το δορυφόρο από τις συγκρούσεις στο διάστημα. Επιπλέον, υπολογίζεται η θερμική κάλυψη για να κρατείται ο δορυφόρος σε σταθερή θερμοκρασία ώστε να λειτουργούν τα όργανα, η αντιραδιενεργός για να προστατεύεται ο δορυφόρος από τον ήλιο.

- Τη παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας-η ισχύς και η ρύθμιση της τάσης: η δύναμη που χρειάζεται ο δορυφόρος πηγάζει από μπαταρίες, την πυρηνική ενέργεια, γεννήτριες θερμότητας.
- Έλεγχος θερμοκρασίας: ρυθμίζεται η θερμοκρασία του δορυφόρου και είναι δυνατόν η απαγωγή θερμότητας.
- Έλεγχος τάσης και τροχιάς: καθορίζεται η τροχιά και σταθεροποιείται η θέση του δορυφόρου πάνω στη τροχιά.
- Εξοπλισμός πρόωσης: δίνει τις αυξήσεις στη ταχύτητα και τις κατάλληλες ωθήσεις.
- Εξοπλισμός παρακολούθησης τηλεμετρίας και ελέγχου: ανταλλάσει τα δεδομένα με τον σταθμό ελέγχου, εντοπίζει τους διαθέσιμους διαύλους και φροντίζει για την ασφάλεια των επικοινωνιών. Στην ουσία ο εξοπλισμός αυτός είναι ο εγκέφαλος του δορυφόρου και του λειτουργικού συστήματος αφού καταγράφει οποιαδήποτε κίνηση του δορυφόρου, παίρνει τις πληροφορίες από τον επίγειο σταθμό και γενικά είναι υπεύθυνος για τις συντηρήσεις που χρειάζεται ο δορυφόρος κατά καιρούς.
- Εξοπλισμός επικοινωνίας: ο εξοπλισμός αυτός είναι ο τρόπος να επικοινωνεί ο δορυφόρος με τη γη. Χρειάζεται να λαμβάνει οδηγίες από τη γη και να

αναμεταδίδει τις πληροφορίες που παίρνει από ένα σημείο σε ένα άλλο. Αυτό γίνεται με την χρήση κεραιών οι οποίες απλά αποτελούν ένα κομμάτι του εξοπλισμού που δίνουν την δυνατότητα να μεταδίδονται και να δέχονται τις πληροφορίες, που είναι με την μορφή ραδιοκυμάτων, και κινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα (Πανταζάτου, 2009).



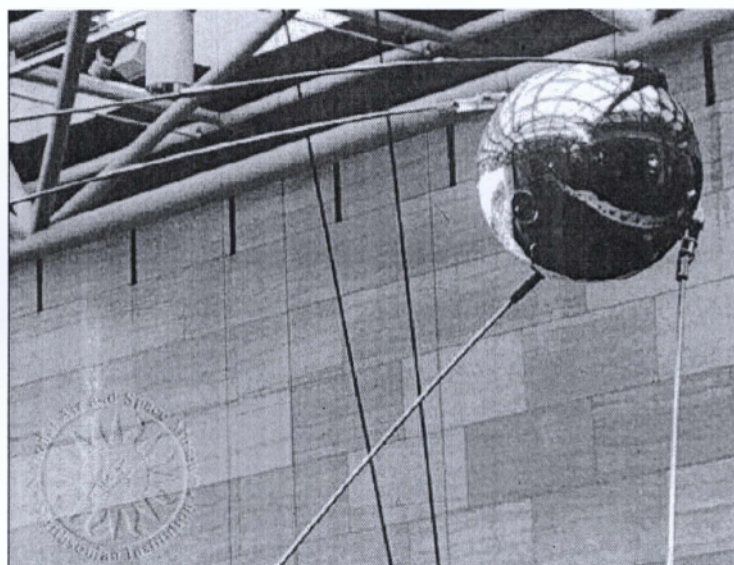
Εικόνα 1:3. Περιγραφή δορυφόρου.

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

1.3 Γέννηση Δορυφορικών Επικοινωνιών

Οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι το αποτέλεσμα της έρευνας στον τομέα των επικοινωνιών με σκοπό την επίτευξη όλο και μεγαλύτερης εμβέλειας και χωρητικότητας σε πληροφορίες με το μικρότερο κόστος.

Με τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ευνοήθηκε η ανάπτυξη των πυραύλων και των μικροκυμάτων και η γνώση που αποκτήθηκε από την χρήση αυτών των δύο τεχνολογιών οδήγησε στην εποχή των δορυφορικών επικοινωνιών. Οι δορυφορικές επικοινωνίες συμπληρώνουν τις επίγειες επικοινωνίες που παρέχονται από επίγεια δίκτυα χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα ή καλώδια (Maral & Bousquet, 2000).



Εικόνα 1.4. Εικόνα από τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο που εκτοξεύτηκε το 1957 από τη Σοβιετική Ένωση.

Πηγή: Wikipedia

Σήμερα, τα δορυφορικά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι αναπόσπαστο κομμάτι των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Η κάλυψη που παρέχουν οι

δορυφόροι αφορά μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Η τεχνολογία των δορυφορικών συστημάτων προοδεύει συνεχώς και οι δορυφορικές τηλεπικοινωνίες θα παίζουν όλο και σημαντικότερο ρόλο στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Τη δεκαετία του 1920 για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν μικροκύματα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε συστήματα επικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων. Καθώς η μικροκυματική τεχνολογία αναπτύχθηκε ραγδαία τα συστήματα αυτά έγιναν πολύ σημαντικά στις επίγειες τηλεπικοινωνίες οπτικής επαφής.



Εικόνα 1:5. Δορυφόρος Echo στο υπόστεγο του ναυτικού στο Weeksville.

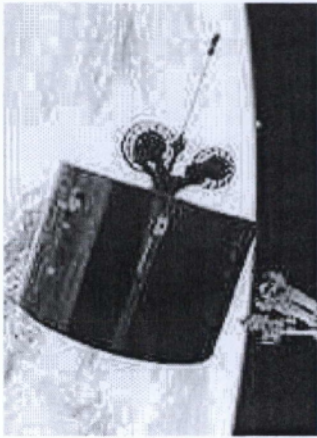
Πηγή: Wikipedia

Όλη η ιστορία των δορυφορικών επικοινωνιών ξεκίνησε τον 20^ο αιώνα όπου ο Ρώσος Konstantin Tsiolkprnsky ξεκίνησε να γνωστοποιεί τη γνώμη και τις ιδέες του για τις διαστημικές πτήσεις. Μετά από περίπου 20 χρόνια στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής άρχισαν να γίνονται προσπάθειες απογείωσης 'ρουκέτας' από τον Goddard και στη συνέχεια με επιτυχία εκτοξεύτηκε η πρώτη ρουκέτα V2 στη Γερμανία. Το 1945 δημοσιεύτηκαν οι απόψεις του Clarke για τους γεωστατικούς δορυφόρους στις παγκόσμιες τηλεπικοινωνίες. Το 1950 έγινε

γνωστό πόσα πλεονεκτήματα προσφέρει ένας δορυφόρος πάνω από τη γη στις επικοινωνίες μεταξύ επίγειων σταθμών χωρίς οπτική επαφή. Έτσι λοιπόν το 1956 εκτοξεύτηκε ο πρώτος μεγάλος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος με το όνομα Echo. Ο Echo ήταν παθητικός που σημαίνει πως δεν έκανε επεξεργασία του σήματος και το ανακλούσε προς τη γη (Καψάλης & Κωττής, 2003).

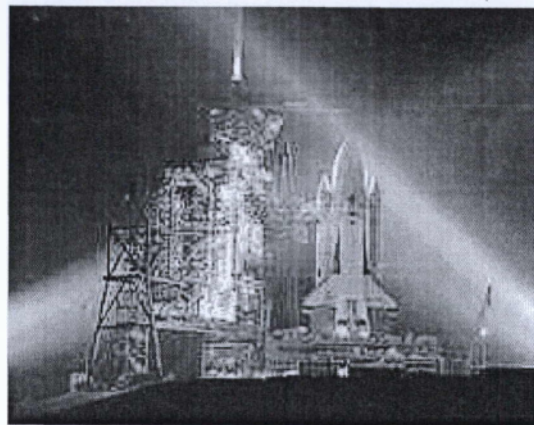
1.4 Η αρχή της διαστημικής εποχής

Το 1957 άρχισε η διαστημική εποχή. Τότε άρχισαν να γίνονται πολλά πειράματα, δηλαδή, το 1958 ο Πρόεδρος Eisenhower μετέδωσε χριστουγεννιάτικο μήνυμα μέσω του δορυφόρου SCORE, άλλο πείραμα περιελάμβανε εκπομπή με αποθήκευση και προώθηση από τον δορυφόρο COURIER το 1960, ενεργοί δορυφόροι αναμετάδοσης, το 1962, TELSTAR και RELAY, ο πρώτος γεωστατικός δορυφόρος SYNCOM το 1963. Το 1965 με τον πρώτο εμπορικό γεωστατικό δορυφόρο INTELSAT I εγκαινιάστηκε μια σειρά από δορυφόρους INTELSAT. Επιπλέον, εκτοξεύτηκε ο πρώτος επικοινωνιακός δορυφόρος της σειράς MOLNYA (Maral & Bousquet, 2000). Το πρώτο δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας για οικιακή χρήση τέθηκε σε εφαρμογή το 1972 στον Καναδά και μετά από τρία χρόνια γίνεται το πρώτο επιτυχημένο πείραμα απευθείας εκπομπών μέσω δορυφόρου μεταξύ ΗΠΑ και Ινδίας. Στη συνέχεια, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) δημιουργείται το πλάνο για δορυφορικές εκπομπές απευθείας σε χρήστες και το 1979 δημιουργήθηκε ο διεθνής οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών ναυσιπλοΐας INMARSAT (Καψάλης & Κωττής, 2003).



Εικόνα 1:6 και 1:7. 1:6) Αριστερά: Ο δορυφόρος SYNCOM 4. 1:7) Δεξιά: Ο δορυφόρος TELSTAR.

Η πρώτη διαστημική πτήση με σκάφος στην οποία ήταν δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί έγινε το 1981 και από το 1982 άρχισαν να λειτουργούν οι διεθνείς τηλεπικοινωνίες ναυσιπλοΐας και το δορυφορικό δίκτυο εκπομπών απευθείας στο χρήστη στην Ιαπωνία. Από το 1987 ξεκίνησαν επιτυχημένες ζεύξεις σε επίγειο σύστημα κινητών επικοινωνιών από τον INMARSAT και ως το 1990 το σύστημα επεκτάθηκε και σε αεροναυτικές χρήσεις. Σε σύγκριση με την αρχική εφαρμογή το εύρος ζώνης των ζεύξεων αυξήθηκε σημαντικά.



Εικόνα 1:8. Εκτόξευση το 1981.

Πηγή: Wikipedia

Οι δορυφορικές ζεύξεις είναι πολύ σημαντικές στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες. Ο τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος δεν συνδέει απλά δύο επίγειους σταθμούς που δεν έχουν οπτική επαφή αλλά είναι ένα τηλεπικοινωνιακό κανάλι υψηλής χωρητικότητας που έχει την δυνατότητα πολλαπλής εκπομπής και προσπέλασης. Συνήθως ο κάθε επίγειος σταθμός, ο οποίος είναι στην περιοχή που καλύπτει ο δορυφόρος, μεταδίδει ή λαμβάνει ραδιοκύματα από ή προς άλλο επίγειο σταθμό. Στα δορυφορικά δίκτυα σημασία έχει η αρχιτεκτονική τους που επιτρέπει τη μετάδοση και λήψη από ανεξάρτητους σταθμούς και με τις ελάχιστες παρεμβολές, επομένως η ανάπτυξη των δορυφορικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων δεν είναι μια απλή αντικατάσταση των ζεύξεων που ήδη υπάρχουν αφού ο δορυφορικός αναμεταδότης δεν είναι ένας απλός κόμβος μεταγωγής του σήματος (Καψάλης & Κωττής, 2003).

Οι πρώτοι δορυφόροι που δημιουργήθηκαν είχαν μεγάλο κόστος και πολύ μικρότερες ικανότητες σε σύγκριση με τους σημερινούς. Ένα παράδειγμα είναι ο δορυφόρος INTELSAT I ο οποίος είχε βάρος 68 kg κατά την εκτόξευση και χωρητικότητα 480 κανάλια και ετήσιο κόστος ανά κανάλι \$32500. Το κόστος αυτό είναι ο συνδυασμός του κόστους εκτόξευσης, του δορυφόρου και της μικρής διάρκειας ζωής του αλλά και της μικρής χωρητικότητας σε κανάλια. Ως αποτέλεσμα μεγάλης προσπάθειας ήταν να ελαττωθεί το κόστος και να οδηγήσει στην κατασκευή αξιόπιστων πυραύλων εκτόξευσης, οι οποίοι θέτουν σε τροχιά βαρύτερους δορυφόρους. Ακόμη, η αυξανόμενη εμπειρία στις μικροκυματικές τεχνικές έκανε δυνατή την κατασκευή κεραιών πολλαπλής δέσμης με ελεγχόμενης μορφής λοβό εκπομπής, που μπορεί να προσαρμοστεί στο περίγραμμα ηπείρων, την επαναχρησιμοποίηση της ίδιας συχνότητας σε περισσότερες από μία δέσμες εκπομπής, και την κατασκευή ενισχυτών εκπομπής με μεγαλύτερη ισχύς. Η αυξανόμενη χωρητικότητα των δορυφόρων σε κανάλια οδήγησε σε ελαττωμένο κόστος ανά τηλεφωνικό κανάλι – 22500 κανάλια στον INTELSAT VIII με ετήσιο κόστος \$3000 ανά κανάλι τη δεκαετία του 1990.

Σημαντικό είναι πως δεν ελαττώθηκε μόνο το κόστος των τηλεπικοινωνιών αλλά η ποικιλία των υπηρεσιών που παρέχουν τας δορυφορικά συστήματα. Τα δορυφορικά συστήματα σχεδιάστηκαν για επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων και η κάλυψη του δορυφόρου χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη ραδιοζεύξεων μεγάλων αποστάσεων. Ο δορυφόρος Early Bird έδωσε την δυνατότητα σύνδεσης σταθμών που βρίσκονται στις αντίθετες όχθες του Ατλαντικού. Καθώς όμως ο δορυφόρος έχει περιορισμένες δυνατότητες είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν επίγειοι σταθμοί εξοπλισμένοι με ακριβές και μεγάλες κεραιές (για σταθμό με κεραιά 30 m απαιτούνταν 10 εκατομμύρια δολάρια) Όταν όμως οι δορυφόροι αυξήθηκαν σε μέγεθος και σε ισχύ τότε ελαττώθηκε το μέγεθος των επίγειων σταθμών, επομένως και το κόστος τους. Ακόμη, οι δορυφόροι μας έδωσαν και άλλο χαρακτηριστικό, αυτό της λήψης και της εκπομπής σημάτων από και προς ένα αριθμό θέσεων. Δεν εκπέμπονται σήματα από ένα σημείο σε ένα άλλο αλλά η εκπομπή μπορεί να γίνει από ένα πομπό προς ένα μεγάλο αριθμό δεκτών που υπάρχουν σε μια μεγάλη περιοχή, ή η εκπομπή μπορεί να γίνεται από ένα μεγάλο αριθμό πομπών προς ένα κεντρικό σταθμό που αποκαλείται hub. Έτσι, αναπτύχθηκαν δίκτυα εκπομπής δεδομένων με πολλούς σταθμούς, δορυφορικά δίκτυα εκπομπής και δίκτυα συλλογής δεδομένων. Η εκπομπή μπορεί να γίνεται προς σταθμούς αναμετάδοσης ή στον ιδιώτη συνδρομητή, αυτά τα συστήματα λέγονται συστήματα απευθείας μετάδοσης μέσω δορυφόρου ή συστήματα απευθείας εκπομπής προς τα σπίτια. Αυτά τα συστήματα λειτουργούν με μικρούς επίγειους σταθμούς που έχουν κεραιά διαμέτρου 0.6 έως 3.5 m και κόστος \$500 έως \$50000 (Maral & Bousquet, 2000).

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών αναπτύχθηκε ραγδαία. Οι χρήστες είχαν όλο και περισσότερο την απαίτηση για βελτίωση. Αυτό που έχει να αντιμετωπίσει ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών είναι να καταφέρει να εξυπηρετήσει την ζήτηση για πιο μεγάλο εύρος ζώνης, κάτι το

οποίο οδηγεί στην ανάγκη να δημιουργηθούν δίκτυα μεγαλύτερης χωρητικότητας.

Πλέον, τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα παροχής υπηρεσιών χρησιμοποιούν ως αναπόσπαστο κομμάτι τα δίκτυα δορυφορικών τηλεπικοινωνιών. Η χρήση δορυφόρων οφείλεται στην ικανότητα τους να καλύπτουν ευρείες γεωγραφικές περιοχές.

Λόγω της έρευνας που έχει γίνει τα τελευταία χρόνια τα δορυφορικά συστήματα έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Οι ενεργειακές δυνατότητες των δορυφόρων έχουν αυξηθεί, οι δορυφορικές και οι επίγειες κεραιές αποδίδουν καλύτερα λόγω της χρήσης των υψηλότερων συχνοτήτων, ενώ η ζωή των διαστημικών σταθμών αυξήθηκε σε έτη λόγω βελτίωσης των χρησιμοποιούμενων υλικών και της τεχνολογίας (Καψάλης & Κωττής, 2003).

1.5 Κατηγορίες δορυφόρων

Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες δορυφόροι οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην τηλεπικοινωνία, στην πρόγνωση του καιρού, στην ναυσιπλοΐα κ.α. Έτσι οι δορυφόροι χωρίζονται σε:

1. Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι: Αυτοί οι δορυφόροι μεταδίδουν το τηλεοπτικό, ραδιοφωνικό και τηλεφωνικό σήμα σε μεγάλες αποστάσεις. Με τους τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους μπορούμε να στείλουμε και να δεχθούμε ψηφιακή πληροφορία από και προς οποιοδήποτε σημείο της γης.
2. Δορυφόροι ναυσιπλοΐας-αεροπλοΐας και εύρεσης θέσης: Αυτοί οι δορυφόροι δίνουν την δυνατότητα εντοπισμού της γεωγραφικής μας θέσης και μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την πορεία, την ταχύτητα κ.α. Κυρίως έχουν μεγάλη εφαρμογή στη ναυτιλία.
3. Μετεωρολογικοί δορυφόροι: Αυτοί οι δορυφόροι έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν την κίνηση της ατμόσφαιρας της γης και δίνουν τα στοιχεία στους επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς (Kidd et al, 2011).

4. Στρατιωτικοί δορυφόροι: Οι στρατιωτικοί δορυφόροι εξυπηρετούν μόνο στρατιωτικούς σκοπούς και είναι κυρίως κατασκοπευτικοί και καταγράφουν τις κινήσεις των στρατιωτικών μονάδων.
5. Δορυφόροι γεωφυσικών μελετών και ανίχνευσης πλουτοπαραγωγικών πηγών: Έχουν την δυνατότητα να κάνουν γεωφυσικές παρατηρήσεις και να εντοπίζουν τις πλουτοπαραγωγικές πηγές της Γης. Μπορούν να ανιχνεύσουν κοπάδια ψαριών, μας δίνουν στοιχεία για τις κινήσεις των πτηνών, εντοπίζουν πετρελαιοφόρα κοιτάσματα, κινήσεις παγόβουνων κλπ.
6. Δορυφόροι στην υπηρεσία αρχαιοτήτων: Οι δορυφόροι αυτοί διαθέτουν ειδικές κάμερες με τις οποίες μπορούν να εντοπίσουν αρχαιολογικούς τόπους στο υπέδαφος. Ακόμη, με ειδικούς σαρωτές μπορούν να εντοπίσουν αρχαία ερείπια.
7. Δορυφόροι επιστημονικών παρατηρήσεων: Συμβάλλουν σε επιστημονικές έρευνες στη βιολογία, την αστρονομία, της φυσικής και άλλων επιστημών (Μυλωνάς, 2009).

1.6 Η σημαντικότητα των δορυφόρων

Οι δορυφόροι έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν μεγάλο κομμάτι της γης την ίδια στιγμή και μπορούν να συλλέγουν πολλά περισσότερα στοιχεία λόγω του σημείου που βρίσκονται. Μπορούν να βλέπουν καλύτερα στο χώρο απ ότι τα τηλεσκόπια στη γη. Και αυτό γίνεται γιατί οι δορυφόροι πετούν πάνω από τα σύννεφα, τη σκόνη και τα μόρια της ατμόσφαιρας τα οποία μπορούν να εμποδίσουν τη θέα από το επίπεδο του εδάφους.

Πριν από τους δορυφόρους τα τηλεοπτικά σήματα δεν πήγαιναν πολύ μακριά. Ταξιδεύουν μόνο σε ευθείες γραμμές, δηλαδή δεν ακολουθούν την καμπύλη της γης και φεύγουν μακριά στο διάστημα. Μερικές φορές, τα βουνά ή τα ψηλά κτίρια τα εμποδίζουν. Ακόμη, πρόβλημα ήταν και οι τηλεφωνικές κλήσεις σε μακρινούς τόπους. Επιπλέον, είναι αρκετά δύσκολο και οικονομικά

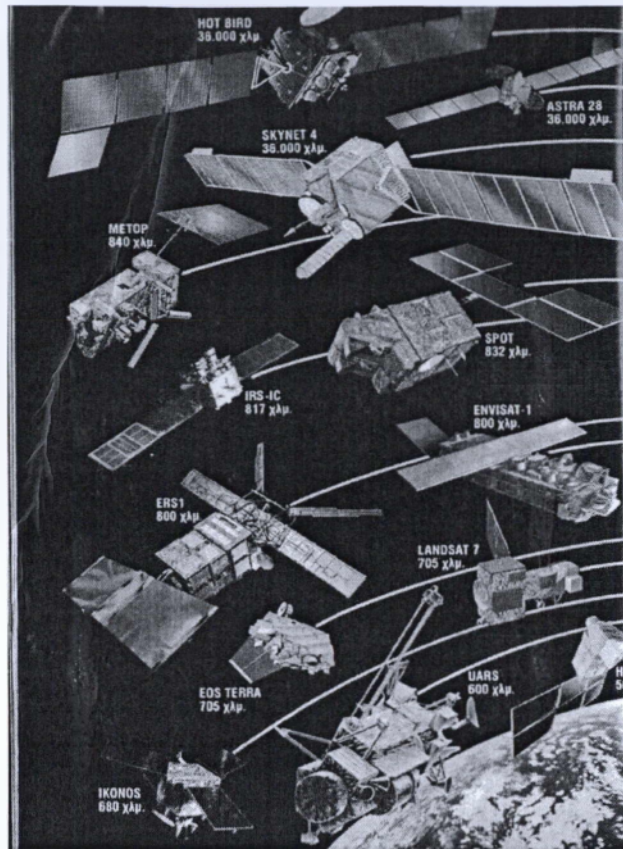
ασύμφορο η ρύθμιση τηλεφωνικών καλωδίων σε μεγάλες αποστάσεις αλλά και υποβρύχια.

Με τους δορυφόρους τα τηλεοπτικά σήματα και οι τηλεφωνικές κλήσεις στέλνονται προς τα πάνω σε ένα δορυφόρο. Στη συνέχεια, ο δορυφόρος μπορεί να τα στείλει πίσω σε διαφορετικές τοποθεσίες στη Γη (NASA, 2014).

1.7 Η μεταφορά του δορυφόρου και η τοποθέτηση του σε τροχιά

Η μεταφορά των δορυφόρων γίνεται από πυραύλους ή ειδικά λεωφορεία. Μόλις ο πύραυλος ή το λεωφορείο φτάσει στο διάστημα αποκολλάται από το δορυφόρο δίνοντας του την κατάλληλη ταχύτητα, με την οποία και θα περιφέρεται, ώστε να εξισορροπήσει η βαρυτική έλξη και η φυγόκεντρος δύναμη. Ανάλογα με την αποστολή του δορυφόρου τοποθετείται και στην ανάλογη τροχιά (Petroni et al, 2010). Οι δορυφόροι δεν καταναλώνουν ενέργεια αλλά για να καλύψουν τις ανάγκες τους χρησιμοποιούνται π.χ. πίνακες ηλιακών κυττάρων ή πυρηνικοί αντιδραστήρες με αποτέλεσμα να συνεχίζουν να περιφέρονται ακόμα και όταν η αποστολή τους τελειώσει.

Ανάλογα με το ύψος της τροχιάς ο δορυφόρος αποκτά και την ταχύτητα. Όσο πιο κοντά βρίσκεται στη γη τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει, για παράδειγμα οι μετεωρολογικοί δορυφόροι διαγράφουν βρίσκονται σε κοντινές τροχιές και κάνουν μια πλήρη περιστροφή σε λιγότερο από δύο ώρες με 27.000 χιλιόμετρα την ώρα.



Εικόνα 1:9. Ταχύτητα δορυφόρων.

Πηγή: <http://lvk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2008-2009/TeXnitoi%20Doruforoi.htm>

1.8 Εφαρμογές

Οι κινητές δορυφορικές τηλεπικοινωνίες είναι μία από τις αναπτυσσόμενες εφαρμογές και είναι σημαντική η χρήση δορυφορικών ζεύξεων, είτε είναι συμπληρωματικά με συστήματα κυψελωτής επικοινωνίας είτε αυτόνομα. Κάποιες από τις εφαρμογές είναι:

- Ζωντανά τηλεοπτικά προγράμματα σε πλοία με τη βοήθεια προχωρημένων τεχνικών συμπίεσης εικόνας
- Υπηρεσίες μηνυμάτων και φωνής σε τερματικά μεγέθους μιας μικρής 'βαλίτσας'
- Ανίχνευση θέσης στόλων φορτηγών ή μικρών πλοίων

- Παγκόσμια υπηρεσία τηλεϊδιοποίησης κλπ.

Οι περιορισμοί που λαμβάνονται υπόψη για κάλυψη τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών είναι συνήθως:

1. Το υψηλό κόστος, καθώς απαιτείται τεχνικοοικονομική μελέτη
2. Η παροχή τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας εξαρτάται από τη διάρκεια ζωής του δορυφόρου
3. Αν ο δορυφόρος είναι γεωστατικός τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη η καθυστέρηση μετάδοσης.

Η τεχνολογία που απαιτείται για τις δορυφορικές επικοινωνίες αναπτύσσεται χάρη σε παγκόσμια προσπάθεια:

- ΕΥΡΩΠΗ. Πρόγραμμα ARTES (Advanced Research in Telecommunication System), το οποίο άρχισε το 1994 από την Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία. Το πρόγραμμα αυτό υποστηρίζεται από το πρόγραμμα ASTE (Advanced System and Telecommunications Equipment). Κατά τη διάρκεια του προγράμματος ερευνήθηκαν θέματα όπως ψηφιακές δορυφορικές εκπομπές, εξοπλισμός επεξεργασίας σήματος επί του δορυφόρου, παγκόσμια συστήματα πλοήγησης, συστήματα που επικοινωνούν με δορυφόρους μη γεωστατικής τροχιάς, εξοπλισμός για δορυφορικές ζεύξεις μεταξύ δορυφόρων μετάδοσης δεδομένων.
- ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ. Πρόγραμμα ACTS (Advanced Communication Technology Satellite) για την επίδειξη της τεχνολογίας 30/20 GHz και άλλων προόδων. Επίσης, με το πρόγραμμα της Νέας Χιλιετίας (New Millennium Programme) δημιουργήθηκαν συστήματα μικροηλεκτρονικής, οι 'φουσκωτές' κεραιές, η αυτόνομη πλοήγηση, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στις δορυφορικές επικοινωνίες.
- ΚΑΝΑΔΑΣ. Η Καναδική Διαστημική Υπηρεσία είχε υπό την ευθύνη της ένα πρόγραμμα που εστίαζε σε προηγμένες δορυφορικές επικοινωνίες για πρόσβαση

στο διαδίκτυο και για ψηφιακές επικοινωνίες μέσω πρόσβασης με ασύγχρονη μετάδοση δεδομένων.

- **ΙΑΠΩΝΙΑ.** Η Ιαπωνική Διαστημική Υπηρεσία και το Εργαστήριο Έρευνας Τηλεπικοινωνιών δημιούργησαν τον πειραματικό δορυφόρο τηλεπικοινωνιών και εκπομπών προς το ευρύ κοινό που είχε στόχο να αναπτυχθεί η τεχνολογία για επικοινωνίες μεταξύ επίγειων σταθμών και δορυφόρων χαμηλής τροχιάς, να αναπτυχθεί η τεχνολογία εκπομπών για υπηρεσίες τηλεοπτικών μεταδόσεων ευρείας ζώνης και υψηλής ανάλυσης και την ανάπτυξη τεχνολογίας επικοινωνιών μεταξύ κινητών σταθμών (Καψάλης & Κωττής, 2003).

1.9 Δορυφορικό ραδιοφάσμα

Η διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών -ITU- εκχωρεί συχνότητες για κάθε τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία, σε παγκόσμια και σε τοπική βάση. Από την ένωση διακρίνονται τρεις ζώνες σε παγκόσμιο επίπεδο.

1. Ευρώπη, Αφρική, Μέση Ανατολή, Ασιατικές περιοχές της πρώην Σοβιετικής Ένωσης
2. Αμερική
3. Υπόλοιπο Ασίας και Αυστραλία

Μια ζώνη συχνοτήτων μπορεί να εκχωρείται σε μία ή περισσότερες υπηρεσίες. Η εκχώρηση συχνότητας μπορεί να είναι για μια υπηρεσία ή να μοιράζεται μεταξύ υπηρεσιών. Για να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση μια νέας δορυφορικής τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας:

- Γίνεται η επιλογή μιας ζώνης συχνότητας με βάση πάντα τα οικονομικά κριτήρια
- Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρεμβολές

- Πρέπει να ειδοποιηθεί η διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών και θα πρέπει υπάρχουν στοιχεία όπως η θέση του δορυφόρου, το είδος της υπηρεσίας, το εύρος της ζώνης που απαιτείται κ.ά.
- Αυτός που δημιουργεί τη νέα υπηρεσία πρέπει να διενεργήσει ενέργειες ώστε να επιλυθούν προβλήματα με άλλους χρήστες της ίδιας ζώνης
- Η διεθνής ένωση πρέπει να καταχωρήσει τη νέα υπηρεσία στα αρχεία της (Καψάλης και Κωττής, 2003).

Για σταθερές δορυφορικές υπηρεσίες έχουν καταχωρηθεί από την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών κύριες ζώνες συχνότητας κάτω των 30 GHz.

Πίνακας 3:1. Οι κύριες ζώνες συχνότητας.

Προς τα κάτω ζεύξη	Προς τα άνω ζεύξη
3.4-4.2 GHz	5.725-7.075 GHz
4.5-4.8 GHz	7.9-8.4 GHz
7.25-7.75 GHz	
11.7-12.2 GHz	12.75-13.25 GHz
12.5-12.75 GHz	14.0-14.5 GHz
17.7-21.2 GHz	27.5-31.0 GHz

Πηγή: Καψάλης & Κωττής, 2003

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΟΜΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

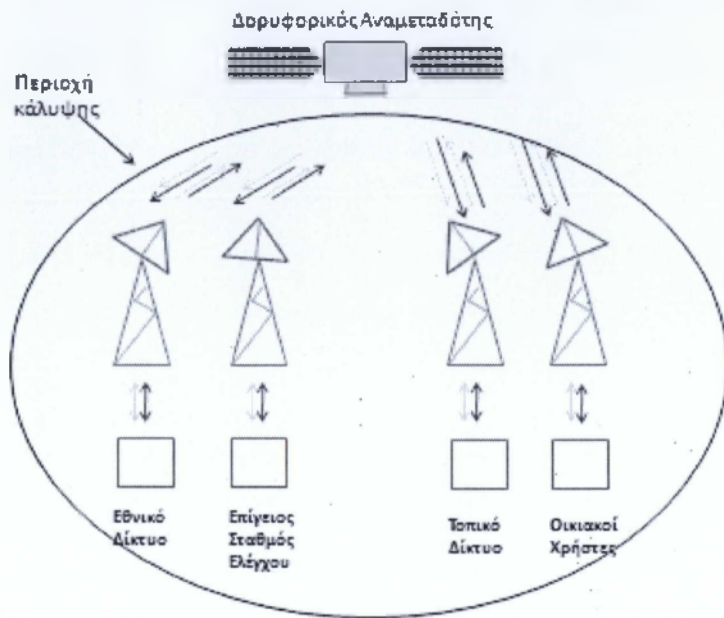
Ένα δορυφορικό σύστημα περιλαμβάνει ένα διαστημικό και ένα επίγειο τμήμα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα στοιχεία που αποτελούν ένα σύστημα επικοινωνίας μέσω δορυφόρου.



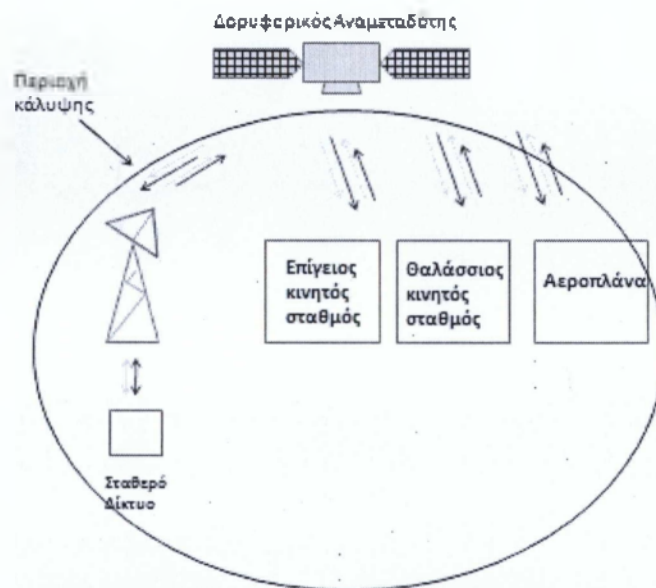
Εικόνα 2:1. Στοιχεία που αποτελούν ένα σύστημα επικοινωνίας μέσω δορυφόρου

Πηγή: Καψάλης & Κωττής, 2003

Τα χαρακτηριστικά κάθε τμήματος εξαρτώνται από το πώς πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το σύστημα, δηλαδή αν θα χρησιμοποιηθεί σε στατικές τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές ή εφαρμογές δορυφορικών κινητών τηλεπικοινωνιών (Καψάλης και Κωττής, 2003).



Εικόνα 2:2. Δορυφορικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα.
 Πηγή: Καψάλης & Κοττής, 2003



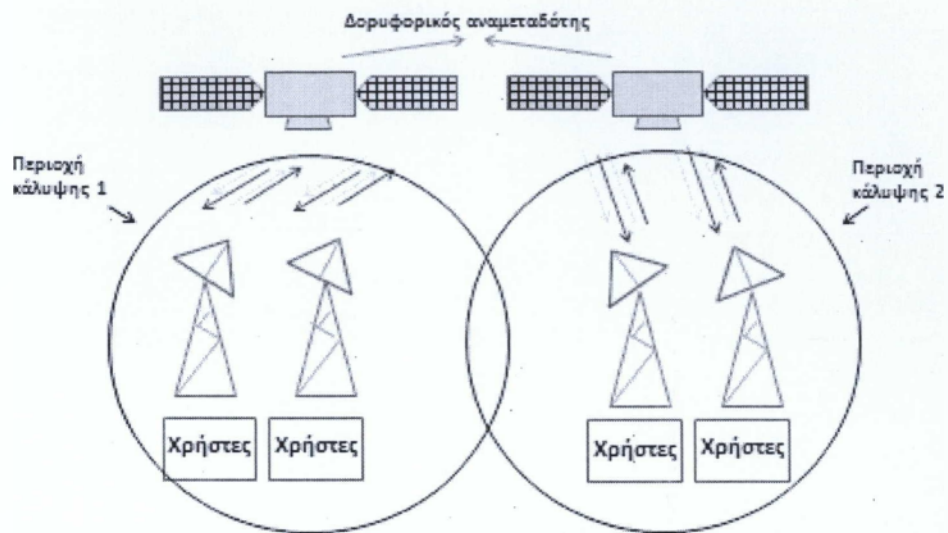
Εικόνα 2:3. Εφαρμογές δορυφορικών συστημάτων.
 Πηγή: Καψάλης & Κοττής, 2003

2.1 Το διαστημικό τμήμα και το επίγειο τμήμα του δορυφορικού συστήματος

Όταν μιλάμε για το διαστημικό τμήμα αναφερόμαστε στο δορυφόρο και όλες τις επίγειες εγκαταστάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για να ελέγχεται και να παρακολουθείται ο δορυφόρος. Δηλαδή περιλαμβάνονται οι σταθμοί παρακολούθησης , τηλεμετρίας και ελέγχου αλλά και το κέντρο ελέγχου του δορυφόρου, εκεί που γίνονται οι χειρισμοί συντήρησης και ελέγχου των ζωτικών λειτουργιών του δορυφόρου. Το επίγειο τμήμα ενός δορυφορικού συστήματος αποτελείται από τους επίγειους σταθμούς που συνδέονται με τον εξοπλισμό του τελικού χρήστη μέσω επίγειου δικτύου (Maral & Bousquet, 2000).

Ο επίγειος σταθμός στέλνει σήμα ελέγχου και ο δορυφόρος το λαμβάνει. Αυτό ονομάζεται uplink- ανοδική πορεία της ραδιοζεύξης (ζεύξη). Στη συνέχεια, ο δορυφόρος εκπέμπει προς τον επίγειο σταθμό -- downlink -καθοδική πορεία ραδιοζεύξης (Maral & Bousquet, 2000). Στη ζεύξη, που γίνεται μέσω του δορυφορικού αναμεταδότη, παίζει σημαντικό ρόλο το σήμα και ο θόρυβος που εμφανίζει. Στα αναλογικά συστήματα ενισχύεται το προς τα άνω σήμα ενώ στα ψηφιακά συστήματα ο δορυφορικός αναμεταδότης επεξεργάζεται το προς τα άνω σήμα, το απαλλάσσει από τον θόρυβο και επανεκπέμπεται προς τον επίγειο σταθμό.

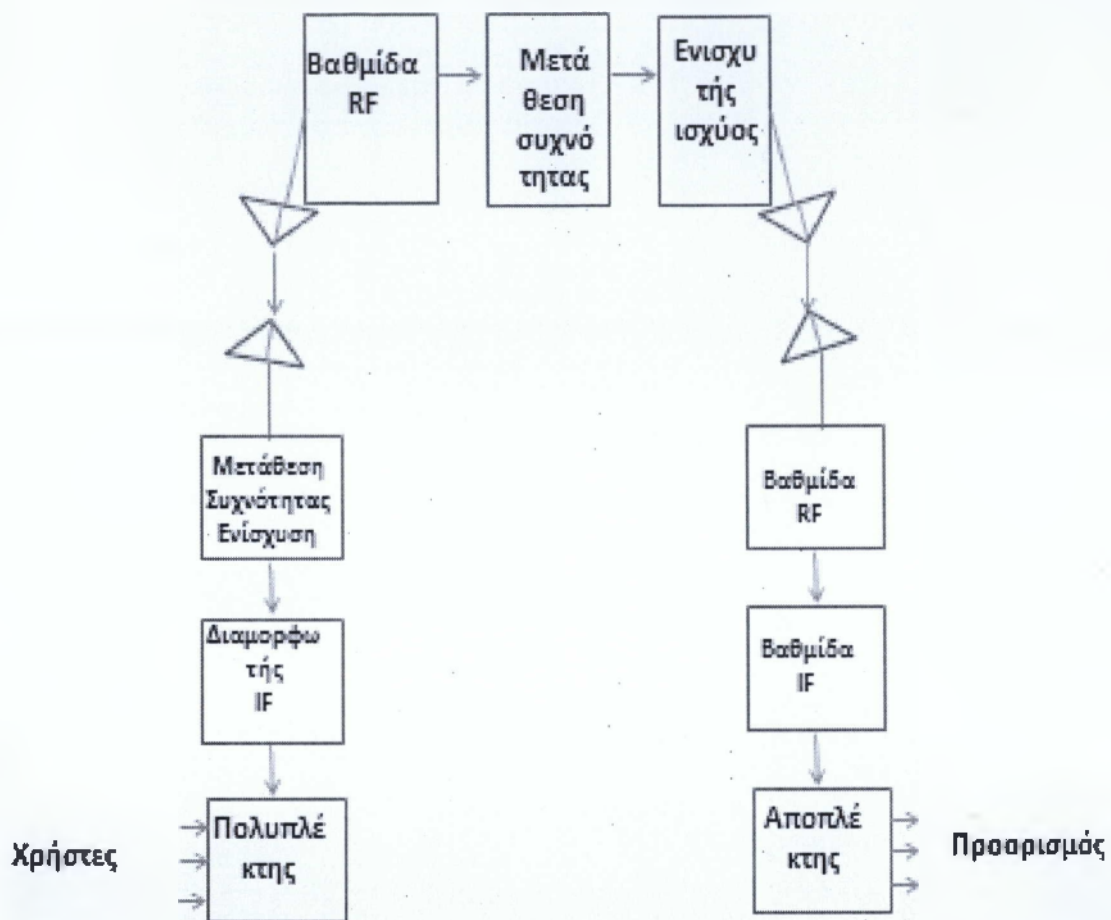
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια δορυφορική ζεύξη μεταξύ επίγειων σταθμών που δεν είναι ορατοί από τον ίδιο δορυφόρο. Όταν οι δορυφόροι τοποθετούνται στα κατάλληλα σημεία πάνω από τη γη μπορούν να πραγματοποιηθούν παγκόσμιες ζεύξεις.



Εικόνα 2:4. Δορυφορική ζεύξη μέσω δύο δορυφόρων.

Πηγή: Καψάλης & Κωττής, 2003

Κυρίως ο επίγειος σταθμός είναι πομποδέκτης ο οποίος λειτουργεί με ένα σύστημα δορυφορικής κεραίας. Οι επίγειοι σταθμοί είναι άλλοι μικροί και άλλοι μεγάλοι και αυτό εξαρτάται από την κεραία που έχουν και από την ισχύ που ακτινοβολούν (Καψάλης & Κωττής, 2003).

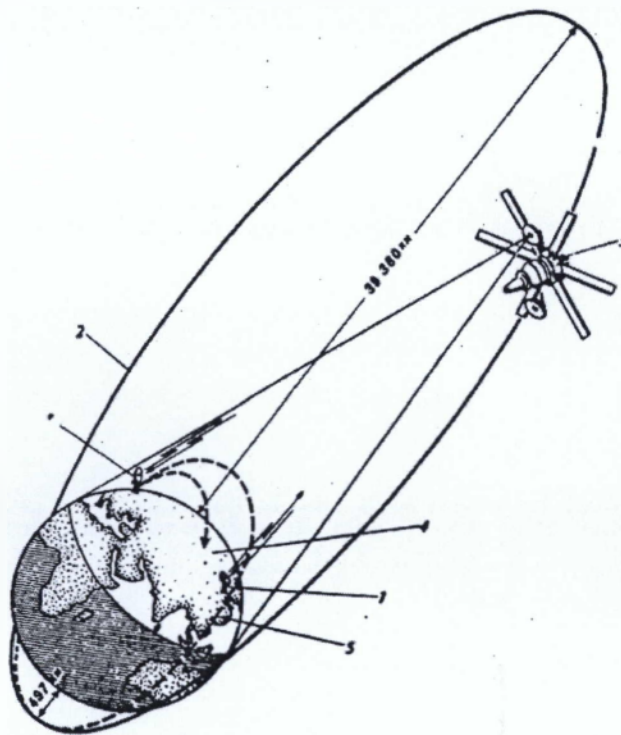


Εικόνα 2:5. Βασικές βαθμίδες Δορυφορικού Συστήματος.

Πηγή: Καψάλης και Κωττής, 2003

2.2 Οι τροχιές των δορυφόρων

Η τροχιά είναι η πορεία που ακολουθεί ένας δορυφόρος. Αυτή η πορεία έχει μορφή έλλειψης με μέγιστο άξονα στο απόγειο και ελάχιστο άξονα στο περίγειο (Maral & Bousquet, 2000). Αυτό που καθορίζει την τροχιά του δορυφόρου είναι το σχήμα, το ύψος και η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου της τροχιάς και του επιπέδου του ισημερινού (Μυλωνάς, 2009).

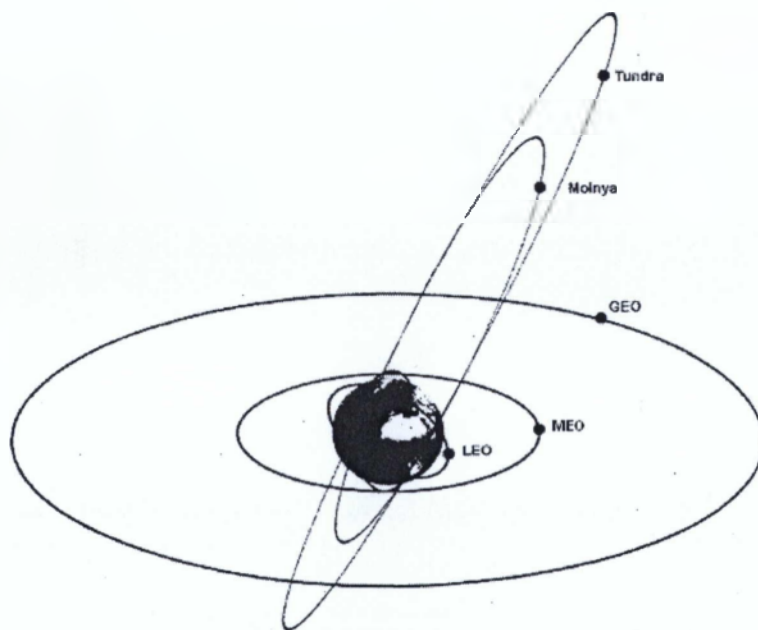


Εικόνα 2:6. Απεικόνιση δορυφορικού συστήματος

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

Ανάλογα με τον δορυφόρο ή το είδος της αποστολής επιλέγεται και η τροχιά του. Κάποιοι δορυφόροι έχουν ελλειπτικές τροχιές αλλά οι περισσότεροι

έχουν κυκλική τροχιά (Μολωνάς, 2009). Όταν η ταχύτητα τροχιάς ισούται με την ταχύτητα περιστροφής της γης τότε ο δορυφόρος ονομάζεται γεωσύγχρονος (Τσαγκλής, 2006). Όταν ένας γεωσύγχρονος δορυφόρος βρίσκεται πάνω από τον ισημερινό ονομάζεται γεωστατικό. Ο γεωστατικός δορυφόρος από την επιφάνεια της γης φαίνεται να μένει στο ίδιο σημείο όλη την ώρα, γι' αυτό η τροχιά του ονομάζεται γεωστατική (Brown & Harris, 2011). Η γεωστατική τροχιά είναι η ιδανική για τους δορυφόρους τηλεπικοινωνίας και τους μετεωρολογικούς γιατί οι επίγειες κεραιές στοχεύουν σταθερά προς τους δορυφόρους (Brown & Harris, 2011). Οι γεωστατικοί δορυφόροι έχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι πως ένα μόλις τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος που βρίσκεται σε γεωστατική τροχιά μπορεί να καλύψει το 1/3 της επιφάνειας της γης. Ακόμη, λόγω της σταθερής σκόπευσης των επίγειων κεραιών δεν απαιτείται ακριβός εξοπλισμός για να παρακολουθείται ο δορυφόρος (Gulf of Main Research Institute, 2012).



Εικόνα 2:7. Οι τροχιές των δορυφόρων.

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

Πρέπει, ακόμη, να αναφερθεί πως οι γεωστατικοί δορυφόροι παρουσιάζουν και αρκετά μειονεκτήματα με αποτέλεσμα την ανάγκη χρήσης εναλλακτικών τροχιών. Κάποιες από τις εναλλακτικές τροχιές είναι:

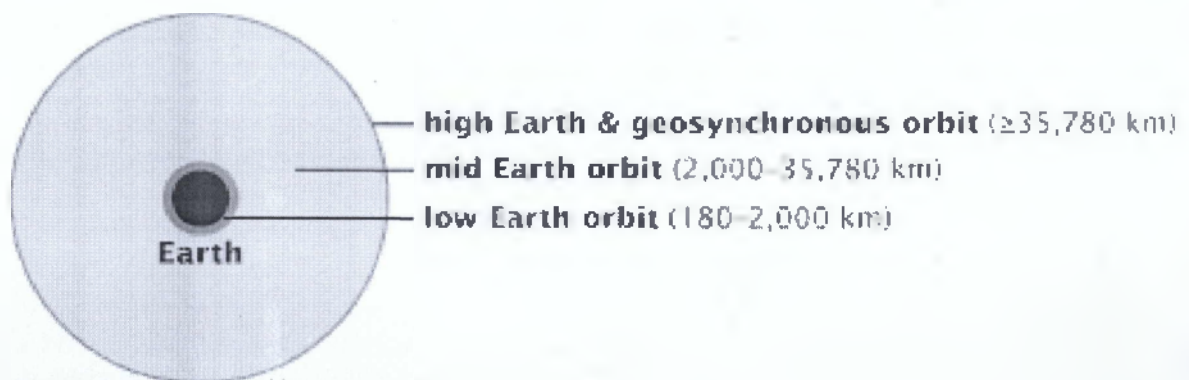
1. Χαμηλή τροχιά (Low earth orbit): Χαμηλή τροχιά έχουν οι δορυφόροι που κινούνται σε ύψος που δεν ξεπερνά τα 2000 km (180-2000km) και δεν είναι γεωστατικοί, δηλαδή δεν βρίσκονται συνέχεια πάνω από το ίδιο σημείο (Σωμαράς, 2013). Όλοι σχεδόν οι δορυφόροι αποκτούν αυτή την τροχιά αφού εκτοξευτούν. Για να πάνε σε υψηλότερη τροχιά τότε λειτουργεί πύραυλος όπου οδηγεί τον δορυφόρο στην τελική τροχιά. Οι χαμηλές τροχιές μειώνουν το κόστος της αποστολής και παρακάμπτονται οι ζώνες ακτινοβολίας Van Allen με τα επιβλαβή σωματίδια υψηλών ενεργειών. Εκεί βρίσκονται δορυφόροι που μεταφέρουν δεδομένα (data), κατασκοπευτικοί δορυφόροι, μετεωρολογικοί, επιστημονικοί κ.α. (Riebeek, 2009).
2. Μεσαία τροχιά (Medium earth orbit): Οι δορυφόροι που βρίσκονται σε αυτή την τροχιά έχουν ύψος περίπου 10.000 km και συδυάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των άλλων δορυφόρων (χαμηλής τροχιάς και των γεωστατικών). Οι δορυφόροι αυτοί είναι κυρίως τηλεπικοινωνιακοί και ναυτιλίας (Akyildiz et al, 1999).

Επιπλέον, ο Μυλωνάς (2009) αναφέρει ακόμα δύο τροχιές:

3. Ηλιοσύγχρονη τροχιά. Οι δορυφόροι που ακολουθούν αυτή την τροχιά είναι εξοπλισμένοι με συστήματα αισθητήρων που εξαρτώνται από το ηλιακό φως και από την τροχιά γύρω από τη γη. (ESA, 2000). Οι καταγραφές που πραγματοποιούνται από αυτούς τους δορυφόρους είναι την ίδια ώρα της ημέρας ώστε οι συνθήκες φωτισμού είναι οι ίδιες δηλαδή ο ήλιος βρίσκεται στο ίδιο σημείο και η δορυφορική τροχιά διατηρεί σταθερή γωνία ως προς το φως του

ήλιου (ESA, 2000) (οι ηλιοσύγχρονες τροχιές μοιάζουν με τις πολικές (Μυλωνάς, 2009).

4. Η πολική τροχιά. Πολική τροχιά ακολουθούν οι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται μεταξύ των δύο πόλων της γης, το επίπεδο της τροχιάς τους παρουσιάζει μεγάλη κλίση ως προς το επίπεδο του ισημερινού της Γης. Πολικές τροχιές ακολουθούν κυρίως επιστημονικοί δορυφόροι που παρακολουθούν τα επίπεδα του όζοντος, τα δάση και τις καλλιέργειες, μετεωρολογικοί δορυφόροι και στρατιωτικοί.



Εικόνα 2:8. Οι δορυφορικές τροχιές.

Πηγή: Riebeek, 2009

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τροχιών

Οι γεωστατικοί δορυφόροι είναι οι δημοφιλέστεροι. Υπάρχουν περίπου 200 γεωστατικοί δορυφόροι σε λειτουργία εντός του τροχιακού τόξου. Κάποια τμήματα του τροχιακού τόξου είναι συνωπισμένα όπως πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό ή πάνω από την Αμερικάνικη ήπειρο (Maral & Bousquet, 2000).

Τα Πλεονεκτήματα ενός γεωστατικού δορυφόρου είναι:

- Καλύπτει σχεδόν το 50% της επιφάνειας της γης
- Βρίσκονται συνέχεια στο ίδιο σημείο ('βλέπει' πάντα αυτό το σημείο)
- Έχει τη δυνατότητα broadcast μετάδοσης σήματος

Τα μειονεκτήματα ενός γεωστατικού δορυφόρου είναι:

- Τροχιά έχει μεγάλη περιφέρεια
- Ακριβοί σταθμοί

Οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς έχουν την πιο μικρή τροχιά σε ύψος και κάνουν τον κύκλο της τροχιάς σε 15 λεπτά (Σωμαράς, 2013).

Τα Πλεονεκτήματα των δορυφόρων χαμηλής τροχιάς είναι:

- Μικρότερο κόστος εκτόξευσης και τροχιοθέτησης
- Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
- Μικρότερη καθυστέρηση στην μετάδοση του σήματος
- Δυνατότητα λήψης του σήματος από αδύναμους πομπούς

Τα Μειονεκτήματα των δορυφόρων χαμηλής τροχιάς είναι:

- Πολύ μικρός χρόνος ζωής (λίγους μήνες)
- Ανάγκη αντικατάστασης του δορυφόρου
- Παρεμβολές στη μετάδοση σήματος

Οι δορυφόροι μεσαίας τροχιάς κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τη γη και κάνουν τον κύκλο της τροχιάς τους σε δύο με τέσσερις ώρες.

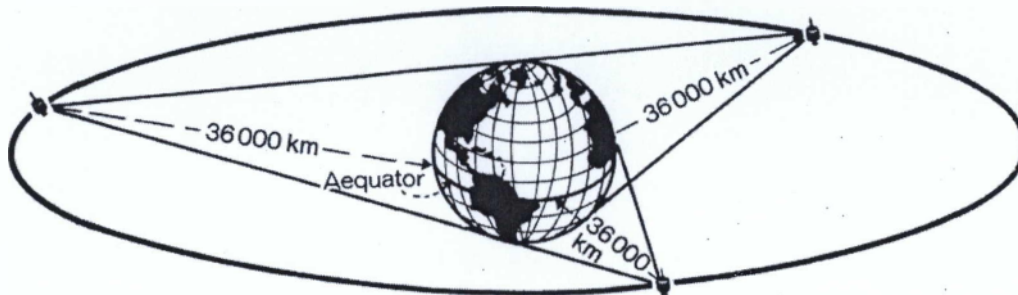
Τα πλεονεκτήματα των δορυφόρων μεσαίας τροχιάς είναι:

- Μέτριο κόστος τροχιοθέτησης

- Μεσαίες καθυστερήσεις στη μετάδοση

Τα μειονεκτήματα των δορυφόρων μεσαίας τροχιάς είναι:

- Τακτικά σφάλματα (Σωμαράς, 2013)



Εικόνα 2:9. Κάλυψη δορυφόρων.

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

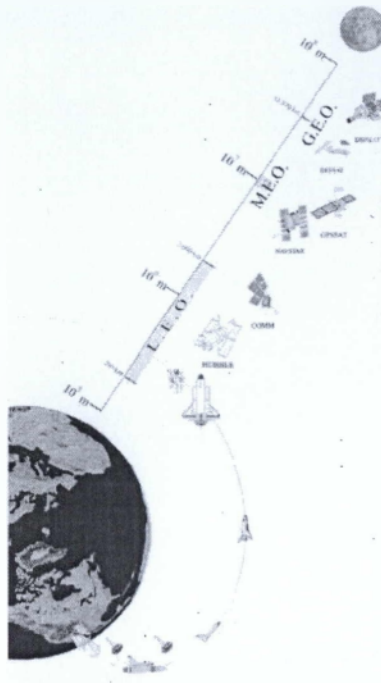
2.4 Η επιλογή της τροχιάς

Για να επιλεγεί η τροχιά σημαντικό ρόλο παίζει η φύση της αποστολής, λαμβάνεται υπόψη η αποδεκτή παρεμβολή και η απόδοση των εκτοξευτών:

- Η έκταση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που θα καλυφθεί. Το ύψος του δορυφόρου δεν είναι ο παράγοντας που καθορίζει τον οικονομικό προϋπολογισμό. Ο δορυφόρος που ακολουθεί χαμηλή τροχιά δίνει μόνο περιορισμένη κάλυψη της γήινης επιφάνειας για περιορισμένο χρόνο, μια δεδομένη στιγμή και σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Θα πρέπει στον δορυφόρο να τοποθετηθούν κεραιές μικρής απολαβής που παρέχουν πανκατευθυντική ακτινοβολία αλλιώς θα πρέπει οι επίγειοι σταθμοί να έχουν συσκευές αυτόματης σκόπευσης του δορυφόρου, κάτι που σημαίνει και αύξηση του κόστους. Σημαντικοί, λοιπόν, είναι οι γεωστατικοί δορυφόροι οι οποίοι καλύπτουν

συνεχώς εκτεταμένες περιοχές αλλά δεν επιτρέπουν την κάλυψη των πολικών περιοχών, στις οποίες έχουν πρόσβαση αυτοί οι δορυφόροι που βρίσκονται σε πολικές τροχιές αλλά και αυτοί σε κεκλιμένες ελλειπτικές τροχιές.

- Η γωνία ανύψωσης: Όταν ο δορυφόρος βρίσκεται κατακόρυφα από πάνω επιτρέπει την επικοινωνία χωρίς τα εμπόδια που δημιουργούν τα μεγάλα κτίρια. Η γωνία ανύψωσης μειώνεται με ένα γεωστατικό δορυφόρο, γιατί αυξάνεται η διαφορά στο γεωγραφικό πλάτος ή μήκος ανάμεσα στον επίγειο σταθμό και το δορυφόρο.
- Η διάρκεια και η καθυστέρηση της εκπομπής: Ένας γεωστατικός δορυφόρος δίνει την δυνατότητα της συνεχούς σύνδεσης για τους σταθμούς που βρίσκονται εντός ορατότητας, με χρόνο μετάδοσης κυμάτων από τον ένα σταθμό ως τον άλλο 25 s. Κάτι που σημαίνει πως απαιτούνται συσκευές ελέγχου της ηχούς στα τηλεφωνικά κανάλια. Ο δορυφόρος που ακολουθεί χαμηλή τροχιά δίνει ελαττωμένο χρόνο μετάδοσης. Δηλαδή, ο χρόνος μετάδοσης είναι μικρός για σταθμούς που δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους και έχουν ορατότητα προς τον δορυφόρο.
- Οι παρεμβολές: Οι γεωστατικοί δορυφόροι έχουν σταθερές θέσεις σε σχέση με τους σταθμούς που επικοινωνούν. Για να υπάρξει προστασία από τις παρεμβολές είναι σημαντικό να σχεδιαστούν οι ζώνες συχνοτήτων και οι θέσεις στη τροχιά.
- Η απόδοση των εκτοξευτών: Όσο πιο πολύ αυξάνεται το ύψος τόσο λιγότερη μάζα μπορεί να εκτοξευτεί (Maral & Bousquet, 2000).



Εικόνα 2:8. Οι τροχιές.

Πηγή: Μυλωνάς, 2009

Ο υπολογισμός της τροχιάς ενός δορυφόρου βασίζεται στην εφαρμογή των νόμων της Νευτώνειας Μηχανικής. Ορίζεται από το ύψος, το μέτρο και την κατεύθυνση της ταχύτητας που έχει ο δορυφόρος τη στιγμή που μπαίνει σε τροχιά. Η ελάχιστη οριζόντια ταχύτητα που πρέπει να αποκτήσει ένα σώμα σε ορισμένο ύψος, για να μπει σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη, ονομάζεται «πρώτη κοσμική ταχύτητα». Η ελάχιστη τιμή του μέτρου της ταχύτητας με την οποία πρέπει να εκτοξευτεί από ορισμένο ύψος ένα σώμα, ώστε να μπορέσει να κινηθεί σε άπειρη απόσταση από τη Γη, ονομάζεται «ταχύτητα διαφυγής». Όταν η εκτόξευση πραγματοποιείται από το έδαφος, η ταχύτητα αυτή καλείται «δεύτερη κοσμική ταχύτητα», θεωρώντας ότι η κίνηση του σώματος γίνεται στο κενό, η τιμή της δεύτερης κοσμικής ταχύτητας είναι 11,2 Km/s. (Γαβρίλης κ.ά, 1998).

Ο σχεδιασμός ενός δορυφόρου σχετίζεται με την πορεία που θα ακολουθήσει. Ο σχεδιασμός καθορίζεται από:

1. Την καλή επικοινωνία μεταξύ του δορυφόρου και το κέντρο ελέγχου ώστε να είναι εύκολη η ανταλλαγή οδηγιών.
2. Την προστασία του δορυφόρου από την ακτινοβολία υποβάθρου για να λειτουργούν ανεμπόδιστα τα όργανα του και να γίνονται οι αστρονομικές παρατηρήσεις.
3. Το πεδίο της παρατήρησης, το οποίο ταιριάζει με τους σκοπούς της αποστολής.
4. Το χρόνο ζωής του δορυφόρου και ταυτόχρονα και της αποστολής (Γαβρίλης κ.ά, 1998).

2.5 Δορυφορικές υπηρεσίες

2.5.1 GPS (Global Positioning System)

Το NAVSTAR/GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging/Global Positioning System) είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα για τον προσδιορισμό της θέσης, της ταχύτητας και του χρόνου για κινούμενο όχημα. Το δορυφορικό αυτό σύστημα σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1970 και είναι υπό την ευθύνη του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ. Ο αρχικός σκοπός σχεδίασης του ήταν να καλύψει τις ανάγκες της ναυσιπλοΐας και του στρατού ώστε να είναι δυνατόν ο προσδιορισμός της θέσης ενός αντικειμένου με ακρίβεια ± 15 m. Σύντομα όμως έγινε αντιληπτό πως το GPS μπορεί να καλύψει και πολιτικές ανάγκες πλοήγησης, όπως τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές, εφαρμογές πλοήγησης κ.ά. Το GPS ανήκει στο GNSS (Global Navigation Satellite System), δηλαδή στο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης.



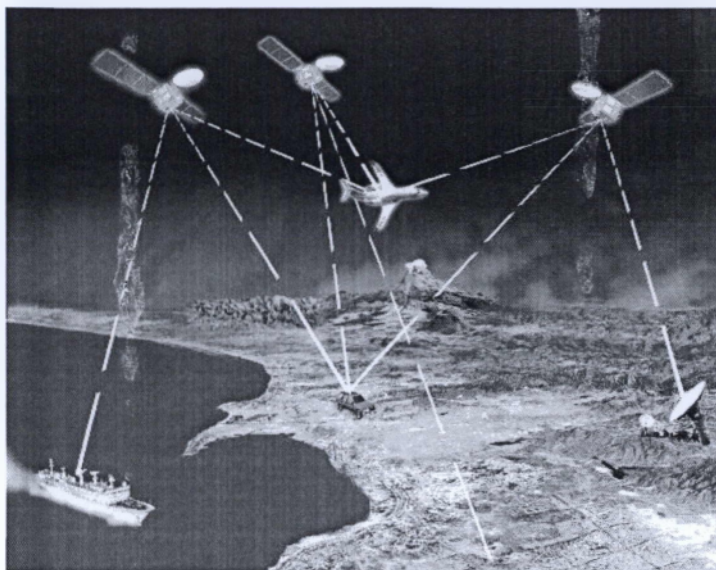
Εικόνα 2:9. GPS.

Τα πλεονεκτήματα των GPS είναι:

- Μπορεί να δώσει την ακριβή θέση ενός αντικειμένου ή ενός σημείου πάνω στη γη. Μπορούμε ανά πάσα στιγμή να δούμε την θέση μας σε συντεταγμένες.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα τις καιρικές συνθήκες
- Μπορεί να συνεργαστεί και με άλλα συστήματα
- Για να προσδιορίσει τη θέση δεν χρειάζεται ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης αλλά μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων
- Για να μας δώσει τη μέτρηση απλά χρειάζεται λίγος χρόνος και η διαδικασία είναι πολύ απλή. Η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιείται οποιαδήποτε ώρα

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Χρειάζεται ανοιχτός ορίζοντας για να υπάρχει ορατότητα με τους δορυφόρους με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολη η χρήση του στις πόλεις
- Μπορεί η ακρίβεια του συστήματος να μειωθεί και να δημιουργούνται σφάλματα από τους ΗΠΑ για λόγους στρατιωτικούς (Καρπουζά, 2008).



Εικόνα 2:10. Παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης.

Το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης κατηγοριοποιείται σε τρία τμήματα, 1) το δορυφορικό τμήμα, 2) το τμήμα ελέγχου με τους επίγειους σταθμούς που ελέγχουν και παρακολουθούν τους δορυφόρους, 3) το τμήμα χρηστών από αποτελείται από τους δέκτες GPS.

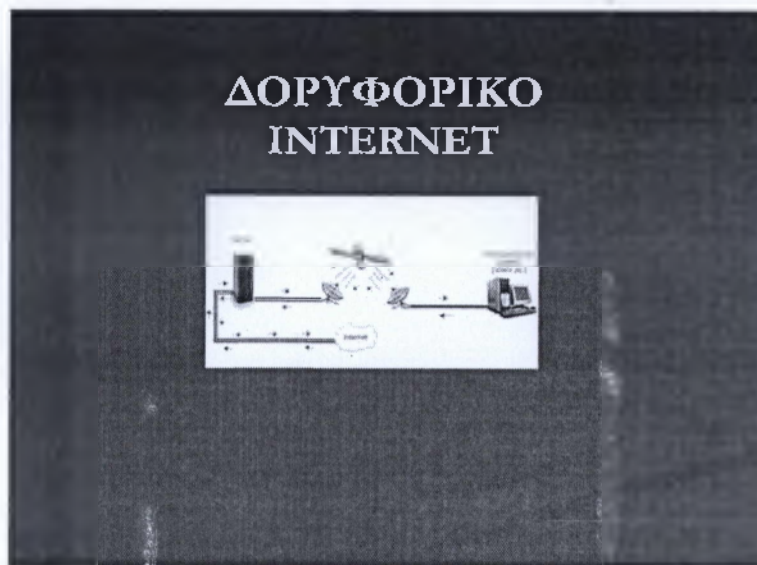
Ένα GPS περιλαμβάνει τα κανάλια ανάλυσης και επεξεργασίας του δορυφορικού σήματος, το λογισμικό (software) για τον έλεγχο των λειτουργιών και τον υπολογισμό παραμέτρων, τη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων, το χειριστήριο ελέγχου, την κεραία λήψης του σήματος. Το πιο σημαντικό είναι πως είναι μικρό σε μέγεθος και ελαφρύ, αρκετά εύκολο στη χρήση του και λειτουργεί μέρα και νύχτα.

Κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει σε δύο συχνότητες, την L1 και L2. Η L1 έχει συχνότητα 1575.42 MHz (≈ 19.05 cm μήκος κύματος) και η L2 1227.60 MHz (≈ 24.45 cm μήκος κύματος). Οι συχνότητες διαμορφώνονται από τρεις κώδικες οι οποίοι αποτελούν δυαδικές ακολουθίες από τα ψηφία (bits) 0 και 1 (γλώσσα υπολογιστών). Ο πρώτος ονομάζεται P-κώδικας (Precision code) με μήκος παλμού ≈ 30 m και διάρκειας 267 ημερών. Ο δεύτερος κώδικας ονομάζεται C/A (Coarse/acquisition code), είναι πολύ χαμηλότερης ακρίβειας από τον P (10 φορές), με μήκος παλμού 300 m και διάρκειας 1 msec (10^{-3} sec). Ο τρίτος κώδικας

(D-code) ή μήνυμα ναυσιπλοΐας(navigation message), είναι μια ακολουθία με απαραίτητη πληροφορία. Η συχνότητα L1 διαμορφώνεται και από τους τρεις κώδικες ενώ η L2 μόνον από τον P και D. Έτσι, προκύπτει ένα πολύπλοκο σύνθετο σήμα, το δορυφορικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες, αναλύεται, διαχωρίζεται στις συνιστώσες του και υπόκειται σε μετρήσεις.

2.5.2 Δορυφορικό Internet

Οι ταχύτητες του δορυφορικού internet μπορούν να φτάσουν και τα 8,8 GB το δευτερόλεπτο. Η σύνδεση με το δορυφορικό internet γίνεται με δύο τρόπους 1) η μονόδρομη σύνδεση και 2) η αμφίδρομη σύνδεση. Η μονόδρομη σύνδεση είναι στην ουσία ο συνδυασμός δορυφορικής και επίγειας σύνδεσης και μέσω αυτής γίνεται μόνο κατέβασμα αρχείων. Η αμφίδρομη σύνδεση χρησιμοποιείται από χρήστες (επαγγελματίες) που χρησιμοποιούν το Internet για να λαμβάνουν μεγάλο όγκο δεδομένων μέσω web ή email.



Εικόνα 2:11. Δορυφορικό Internet.

2.5.3 Δορυφορική τηλεόραση

Τα τηλεοπτικά κανάλια είναι η πιο γνωστή εφαρμογή της δορυφορικής τεχνολογίας. Το 1994 από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακής

Τυποποίησης δημιουργήθηκε το πρότυπο DVB (Digital Video Broadcasting) για να ελέγχονται εφαρμογές σαν αυτή. Για να μπορέσει ο χρήστης να χρησιμοποιήσει την δορυφορική τηλεόραση θα πρέπει να προμηθευτεί το δορυφορικό πιάτο, δορυφορικό καλώδιο, η κάρτα DVB-S. Θα πρέπει να σημειωθεί πως όσο μεγαλύτερο είναι το πιάτο τόσο το καλύτερο και αν ο χρήστης θέλει να πιάνει δύο δορυφόρους τότε καλό είναι να το πιάτο να είναι γύρω στα 1,20 m.



Εικόνα 2:12. Δορυφορική τηλεόραση.

2.5.4 Δορυφορικό ραδιόφωνο

Το 1992 η FCC έδωσε την έγκριση της για το δορυφορικό ραδιόφωνο. Το δορυφορικό ραδιόφωνο ονομάζεται αλλιώς και ως ψηφιακή ακουστική ραδιο-υπηρεσία (DARS).

Οι δορυφορικοί ράδιο-εκφωνητές περιλαμβάνουν δορυφορικό ραδιόφωνο Sirius, XM δορυφορικό ραδιόφωνο και WorldSpace. Το XM ράδιο χρησιμοποιεί δύο γεωστατικούς δορυφόρους ενώ το Sirius τρεις δορυφόρους που ταξιδεύουν σε ελλειπτικές τροχιές. Το WorldSpace χρησιμοποιεί δύο γεωστατικούς δορυφόρους, αλλά πιθανόν θα προστεθεί ένας τρίτος δορυφόρος με στόχο την επέκταση της υπηρεσίας στην Κεντρική και Νότια Αμερική. Το

Ράδιο Sirius και το XM ράδιο εξυπηρετούν τις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ το WorldSpace εξυπηρετεί αυτήν την περίοδο την Ασία και την Αφρική. Και στις τρεις περιπτώσεις, η κεραία του ραδιοφώνου θα πρέπει να έχει καθαρή θέα προς τον δορυφόρο. Σε περιοχές όπου παρεμβάλλονται πολλά εμπόδια μεταξύ δέκτη και δορυφόρου μπορούν να τοποθετηθούν αναμεταδότες για την ενίσχυση του σήματος. Ο κάθε πάροχος δορυφορικού ραδιοφώνου παρέχει ένα σύνολο από σταθμούς διαφόρων μουσικών επιλογών. (Πανταζάτου, 2009)



Εικόνα 2:13. Δορυφορικό ράδιο.

2.5.5 Δορυφορικό τηλέφωνο

Το δορυφορικό τηλέφωνο είναι από τα πιο σημαντικά τμήματα των δορυφορικών συστημάτων και κυρίως τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί σε όλο τον κόσμο και έχει γίνει απαραίτητο και στον πιο απλό πολίτη. Το satellite phone ή satphone όπως ονομάζεται, επικοινωνεί απευθείας με έναν δορυφόρο. Το κάθε δορυφορικό τηλέφωνο μπορεί να καλύψει μόνο κάποιες περιοχές ή αν η κατασκευή του το επιτρέπει μπορεί να υπάρχει και παγκόσμια κάλυψη. Τα κινητά αυτά είχαν μεγαλύτερη κεραία από τα υπόλοιπα κινητά και το μέγεθος τους θύμιζε τα κινητά του '90. Τελευταία μοιάζουν αρκετά με τα υπόλοιπα

κινητά και κάποια θυμίζουν τα smartphone. Τα δορυφορικά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται αρκετά από περιοχές οι οποίες δεν έχουν επικοινωνιακή κάλυψη. Το σήμα των δορυφορικών τηλεφώνων είναι καλό όταν δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο, όπως όταν βρίσκεται σε κάποιο δωμάτιο. Για καλύτερο σήμα χρησιμοποιούνται κάποιες συσκευές που δίνουν την δυνατότητα σύνδεσης του δορυφορικού τηλεφώνου με εξωτερικές κεραιές.



Εικόνα 2:14. Δορυφορικό τηλέφωνο.

Κάποια δορυφορικά τηλέφωνα επικοινωνούν με δορυφόρους που βρίσκονται σε GEO τροχιά. Τα τηλέφωνα αυτά έχουν συνεχόμενη παγκόσμια κάλυψη με τη χρήση μόνο 3-4 δορυφόρων. Παρόλα αυτά είναι μεγάλο μειονέκτημα το κόστος κατασκευής και εκτόξευσης των GEO δορυφόρων. όμως το μεγαλύτερο μειονέκτημα των τηλεφώνων που επικοινωνούν με τέτοιου είδους δορυφόρους είναι ότι σε περίπτωση παρεμβολής αντικειμένων μεταξύ δορυφόρου και τηλεφώνου, η επικοινωνία δεν είναι καλή. Για το λόγο αυτό πρέπει ο χρήστης να διαλέγει μέρη όπου δεν υπάρχουν φυσικές ή τεχνητές παρεμβολές. Στην περίπτωση των τηλεφώνων που συνδέονται με δορυφόρους που βρίσκονται σε χαμηλή προς τη Γή τροχιά (LEO) τα πλεονεκτήματα είναι η

παγκόσμια επικοινωνιακή κάλυψη χωρίς κενά. Τα νέα δορυφορικά τηλέφωνα επικοινωνούν με τέτοιους δορυφόρους. Παρέχεται τηλεφωνικό σήμα από τουλάχιστον έναν δορυφόρο σε κάθε χρονική στιγμή και έτσι, με αυτό το τρόπο, δεν υπάρχουν διακοπές στην επικοινωνία (Πανταζάτου, 2009).

Τα σημαντικότερα δορυφορικά δίκτυα που παρέχουν τηλεφωνία είναι:

1. Iridium
2. Globalstar
3. Thuraya

Iridium

Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί 66 χαμηλούς δορυφόρους γήινης τροχιάς (LEO) στις πολικές τροχιές 485 μίλια πάνω από τη θάλασσα και μερικούς άλλους, εφεδρικούς, που βρίσκονται σε τροχιά σε περίπτωση που θα προκύψει κάποια βλάβη. Οι χαμηλοί δορυφόροι γήινης τροχιάς χρησιμεύουν στην βελτίωση της ποιότητας του τηλεφωνήματος. Το δίκτυο Iridium προφέρει πλήρη σφαιρική κάλυψη και μέσω αυτού ο χρήστης μπορεί να λάβει τηλεφώνημα από οποιοδήποτε σημείο πάνω στη γη. Ο κωδικός κλήσης που χρησιμοποιείται για αυτό το δίκτυο είναι ο +881 6 και ο +881 7 (Πανταζάτου, 2009).



Εικόνα 2:15. Δίκτυο Iridium.

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

Globalstar

Το δίκτυο Globalstar χρησιμοποιεί 48 χαμηλούς δορυφόρους γήινης τροχιάς που βρίσκονται σε ύψος 876 μιλίων και γεωστατικούς δορυφόρους σε ύψος 22.369 μιλίων. Αυτό το δορυφορικό τηλεφωνικό δίκτυο παρέχει κάλυψη στα περισσότερα σημεία της Γής, δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος της Βόρειας και της Νότιας Αμερικής, της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής, της Βόρειας Ασίας και της Αυστραλίας.



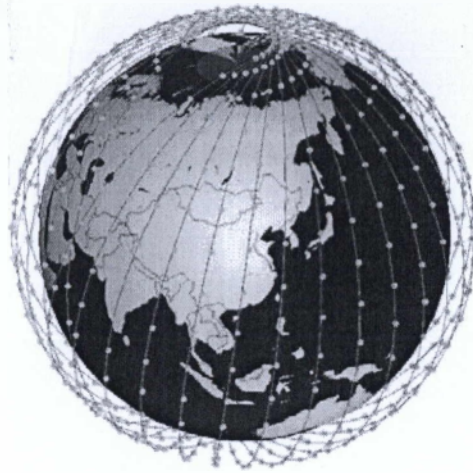
Εικόνα 2:16. Δίκτυο Globalstar (48 δορυφόροι).

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

Thuraya

Το δορυφορικό τηλεφωνικό Thuraya δίκτυο είναι βασισμένο σε GEO δορυφόρους και παρέχει κάλυψη σε 140 περιοχές της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής, στην Κεντρική και Βόρεια Αφρική και στην Κεντρική Ασία. Το Thuraya προσφέρει επίσης το σύστημα λειτουργίας GSM. Τα δορυφορικά τηλεφωνήματα καθοδηγούνται άμεσα από μια φορητή μονάδα σε άλλη, ή σε ένα

επίγειο δίκτυο. Το δίκτυο Thuraya έχει την ικανότητα για 13.750 ταυτόχρονα μεγαφωνικά κυκλώματα (πανταζάτου, 2009).



Εικόνα 2:17. Δίκτυο Thuraya.

Πηγή: Πανταζάτου, 2009

2.6 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Στο σημερινό κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών και της παγκόσμιας πρόσβασης στο διαδίκτυο, πολλοί άνθρωποι δεν έχουν ξεκαθαρίσει γιατί οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι απαραίτητες. Τα βασικά πλεονεκτήματα των δορυφορικών επικοινωνιών είναι:

- Αποτελεσματικότητα κόστους το κόστος της δορυφορικής χωρητικότητας δεν αυξάνεται με τον αριθμό των χρηστών/θέσεων λήψης ή την απόσταση μεταξύ των σημείων επικοινωνίας. Είτε διασχίζουν ηπείρους είτε παραμένουν τοπικά το κόστος της δορυφορικής σύνδεσης παραμένει το ίδιο.

- Παγκόσμια διαθεσιμότητα οι δορυφόροι καλύπτουν όλη τη χερσαία μάζα και υπάρχει αυξανόμενη ικανότητα να εξυπηρετήσει τις θαλάσσιες και αεροναυτικές αγορές.
- Αξιοπιστία οι δορυφορικές επικοινωνίες μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από την επίγεια υποδομή. Όταν οι επίγειες υποδομές υποστούν διακοπή λειτουργίας τότε οι δορυφορικές συνδέσεις παραμένουν λειτουργικές.
- Αυξημένη απόδοση οι δορυφόροι είναι ασύγκριτοι στις broadcast εφαρμογές (ραδιοτηλεοπτικές).
- Αμεσότητα και επεκτασιμότητα (Immediacy and scalability) Πρόσθετες θέσεις λήψης σε ένα δίκτυο μπορούν να προστεθούν εύκολα μέσα σε λίγη ώρα. Το μόνο που χρειάζεται είναι ο εξοπλισμός εδάφους.
- Προσαρμοστικότητα (versatility): Οι δορυφόροι στηρίζουν αποτελεσματικά όλων των ειδών επικοινωνίας σε παγκόσμια βάση. Οι δυνατότητες που παρέχουν είναι εξαιρετικά ευέλικτες. Οι δορυφόροι μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεξάρτητα ή ως μέρος ενός μεγαλύτερου δικτύου (Elbert, 2008, Telesat, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΑΡΧΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟΥ INTERNET

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιάσουμε κάποιες απαραίτητες έννοιες, σχετικές με τα δίκτυα υπολογιστών και τη μετάδοση δεδομένων σε αυτά, που θα βοηθήσουν περαιτέρω τόσο στην κατανόηση του πώς οι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους, όσο και στη λειτουργία της εφαρμογής μας. Αρχικά γίνεται μια σύντομη παρουσίαση δύο βασικών εννοιών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην επικοινωνία των υπολογιστών, της Internet Protocol Suite και του μοντέλου OSI.

3.2 Internet Protocol Suite & OSI model

3.2.1 Internet Protocol Suite

Η Internet Protocol Suite είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας που απαρτίζουν ουσιαστικά το Διαδίκτυο (Internet) και τα περισσότερα εμπορικά δίκτυα. Αποκαλείται πολλές φορές και TCP/IP Protocol Suite, παίρνοντας το όνομα αυτό από τα δύο σημαντικότερα πρωτόκολλα που περιέχει: το Transmission Control Protocol (TCP) και το Internet Protocol (IP), τα οποία ήταν τα πρώτα πρωτόκολλα που καθορίστηκαν. Η Internet Protocol Suite μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο τεσσάρων επιπέδων(layers) που το καθένα λύνει ένα σύνολο προβλημάτων που εμφανίζονται στη μετάδοση δεδομένων, και παρέχει μια, καθορισμένη με σαφήνεια, υπηρεσία στα πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου. Τα ανώτερα επίπεδα είναι πιο "κοντά" στον άνθρωπο-χρήστη, ασχολούνται με πιο αφηρημένα στοιχεία και στηρίζονται στα χαμηλότερα επίπεδα για να μετατρέψουν τα στοιχεία αυτά στις φυσικές μορφές που μπορούν τελικά να

μεταδοθούν μέσα από τα δίκτυα. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το TCP/IP Protocol Suite, όπως σχηματικά υλοποιείται στην επικοινωνία δύο υπολογιστών και ενδεικτικά κάποιες τεχνολογίες που υλοποιούνται σε κάθε επίπεδο. 10 (α) (β) (α) Internet Protocol Suite & επικοινωνία δύο υπολογιστών (β) Ενδεικτικές τεχνολογίες ανά επίπεδο

3.2.2 OSI.Model

Το OSI (Open Systems Interconnection) model δεν είναι παρά η εξέλιξη της TCP/IP suite. Αποτελείται από μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις απαιτήσεις για την επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών. Το πρότυπο καθορίστηκε από το Διεθνή Οργανισμό για την Τυποποίηση (International Organization for Standardization), στα πρότυπα του ISO 7498-1. Δημιουργήθηκε για να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών πλατφορμών που προέρχονται από διάφορους προμηθευτές. Το OSI επιτρέπει δηλαδή σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συνεργάζονται, ανεξάρτητα από ποιος τα κατασκεύασε. Κάθε επίπεδο έχει την ιδιότητα ότι χρησιμοποιεί μόνο τις λειτουργίες του αμέσως κατώτερου επιπέδου και εξάγει πληροφορία και λειτουργία μόνο προς το αμέσως ανώτερο του επίπεδο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σχέση TCP/IP model και OSI model. Όπως είναι φανερό, τα 3 ανώτερα επίπεδα του OSI model, το Application layer, το Presentation layer και το Session layer, συνήθως υλοποιούνται σε ένα μόνο επίπεδο, πάνω από το Transport layer του TCP/IP model. Παρόλο αυτά δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος μηχανισμός που να απαγορεύει στο TCP/IP model να χρησιμοποιήσει περισσότερα του ενός επιπέδου, πάνω από το Transport layer. 11 TCP/IP και OSI models Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο ένα υποσύνολο ολόκληρου του προτύπου OSI. Θεωρείται ότι ένα μεγάλο μέρος των προδιαγραφών του είναι πάρα πολύ περίπλοκο και ότι η πλήρης ενσωμάτωση και λειτουργία του θα καθυστερήσει πολύ, αν και υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που το υποστηρίζουν έντονα.

3.3 Πρωτόκολλο Internet & IPv4 vs. IPv6

Το Internet Protocol (IP) βρίσκεται στο Network layer του TCP/IP model και, όπως είπαμε, είναι ένα από τα σημαντικότερα πρωτόκολλα του. Ενσωματώνεται σε τεχνολογίες που βρίσκονται στο αμέσως από κάτω του επίπεδο, το Data Link layer, όπως για παράδειγμα το Ethernet. Είναι ένα data-oriented πρωτόκολλο, το οποίο χρησιμοποιείται για να στέλνονται δεδομένα σε μορφή πακέτων μέσα από ένα δίκτυο υπολογιστών. Τα πακέτα είναι μικρές ακολουθίες από bytes που αποτελούνται από την επικεφαλίδα (header) και το κυρίως μέρος. Η επικεφαλίδα περιγράφει τον προορισμό του πακέτου, τον οποίο χρησιμοποιούν τα routers στο Internet για να κατευθύνουν το πακέτο στον τελικό του προορισμό.

3.3.1 Κύρια χαρακτηριστικά του Internet Protocol

Το Internet Protocol έχει δύο κύρια χαρακτηριστικά: • Είναι Connectionless πρωτόκολλο Για να πάνε τα δεδομένα από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο δεν χρειάζεται κάποια προηγούμενη επικοινωνία. • Είναι αναξιόπιστο Αυτό σημαίνει ότι υλοποιεί τα λεγόμενα best effort delivery. Δεν υπάρχει εγγύηση για τα πακέτα ότι δεν θα χαθούν, αλλοιωθούν ή ότι θα φτάσουν με τη σωστή σειρά. Από πλευράς αξιοπιστίας το μόνο που κάνει το IP είναι να ελέγχει την επικεφαλίδα του πακέτου που θα στείλει ότι είναι error free, με τη χρήση checksum. Σε περίπτωση συμφόρησης δεδομένων το IP μπορεί να απορρίψει πακέτα ή ακόμα, για λόγους αποδοτικότητας, 2 συνεχόμενα πακέτα να τα στείλει από διαφορετικές διευθύνσεις.

3.3.2 Τι είναι το best effort delivery;

Ο όρος best effort delivery περιγράφει ένα network service, για το οποίο το δίκτυο δεν παρέχει εγγύηση ότι τα δεδομένα του μεταδίδονται σωστά ή ότι ο

χρήστης έχει ένα εγγυημένο QoS ή κάποια συγκεκριμένη προτεραιότητα. Σε ένα best effort δίκτυο παρέχεται σε όλους τους χρήστες best effort service, με την έννοια ότι ο καθένας έχει ένα μη καθορισμένο μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης και παράδοσης πακέτου, ανάλογα με την κίνηση στο δίκτυο την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

3.3.3. Γιατί να σχεδιαστεί ένα πρωτόκολλο αναξιόπιστο;

Ο κύριος λόγος για την έλλειψη αξιοπιστίας είναι για να μειωθεί η πολυπλοκότητα των routers. Έτσι οι routers μπορούν να διαχειριστούν όπως θέλουν αυτοί τα πακέτα που τους έρχονται, αν και στιδήποτε λιγότερο από best effort delivery οδηγεί σε "poor experience" τον τελικό χρήστη. Έτσι, αν και δεν γίνονται εγγυήσεις για τα πακέτα, όσο καλύτερη είναι η προσπάθεια του δικτύου, τόσο καλύτερο το τελικό αποτέλεσμα για τον χρήστη. Τέλος να αναφέρουμε ότι τα περισσότερα πρωτόκολλα είναι βασισμένα στην ιδέα ότι ο έλεγχος σφαλμάτων είναι καλύτερο να γίνεται στην μεριά του τελικού χρήστη, το λεγόμενο end-to-end principle.

3.3.4 IPv4 vs. IPv6

Στο σημερινό Internet το IP, όπως αυτό υλοποιείται στο Network layer, βρίσκεται στην έκδοση 4 (IPv4) από το 1981! Το IPv6 θα αντικαταστήσει κάποια στιγμή μελλοντικά το IPv4. Η κύρια διαφορά τους είναι στο χώρο των διευθύνσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Μέγεθος του χώρου διευθύνσεων σε κάθε πρωτόκολλο.

3.4 Πρωτόκολλα TCP, UDP και RTP

Ένα επίπεδο πιο πάνω από το IP, στο Transport layer, βρίσκονται το TCP & UDP. Οι software βιβλιοθήκες του TCP και του UDP, χρησιμοποιούν το Internet

Protocol (IP) και παρέχουν ένα πιο απλοποιημένο περιβάλλον για να γραφούν δικτυακές εφαρμογές. Ας δούμε το TCP & UDP αναλυτικά παρακάτω.

3.4.1 Πρωτόκολλο TCP

Τα αρχικά του TCP προέρχονται από το Transmission Control Protocol. Είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται κατεξοχήν στον Internet. Το TCP δημιουργεί μια ατελείωτη σειρά από μηνύματα (segments), τα οποία φαίνονται σαν μια συνεχής ροή δεδομένων. Αυτή η ροή είναι 2 κατευθύνσεων (αποστολέας-παραλήπτης) και ταυτόχρονα πολύ αξιόπιστη. Ας δούμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά του TCP:

- Είναι connection protocol Άρα χρησιμοποιείται μόνο μεταξύ 2 υπολογιστών. Πριν ξεκινήσει η μεταφορά δεδομένων πρέπει να γίνει ένα 3πλό handshaking (SYN, SYN-ACK, ACK) μεταξύ των 2 υπολογιστών (connection establishment) και το αντίστοιχο στον τερματισμό της αποστολής (connection termination).
- Είναι αξιόπιστο Το TCP του παραλήπτη ενημερώνει συνεχώς το TCP του αποστολέα, για το πιο είναι το επόμενο πακέτο που περιμένει, σύμφωνα με τον αύξοντα αριθμό των πακέτων που έχει ήδη λάβει και αν αντιληφθεί ότι κάποιο πακέτο χάθηκε στην πορεία, τότε επιβάλλει retransmission. Αν το πακέτο δεν μπορεί να έρθει μετά από πολλαπλά retransmissions, τότε η σύνδεση διακόπτεται (timeout).
- Εγγυάται την σωστή σειρά άφιξης των δεδομένων στην εφαρμογή του παραλήπτη Όταν τα δεδομένα έρθουν στην είσοδο του παραλήπτη με λάθος σειρά, τότε το TCP layer “κρατάει” αυτά τα δεδομένα μέχρι να έρθουν τα προηγούμενα τους. Αφού έρθουν τα διατάσσει στην σωστή σειρά και έπειτα τα παραδίδει στην εφαρμογή.
- Απόρριψη διπλών δεδομένων Αποτρέπει την αποστολή διπλότυπων, δηλαδή δύο ακριβώς ίδιων δεδομένων.
- Προσφέρει αυτοματοποιημένο έλεγχο ροής δεδομένων (flow control) Όταν ο buffer του παραλήπτη γεμίσει, τότε σταματάει προσωρινά το transmission ή ελαττώνει τον ρυθμό μετάδοσης του, μέχρις ότου αδειάσει ο buffer. Μια απαραίτητη λειτουργία σε ένα κόσμο όπου επικοινωνούν

μηχανές διαφορετικών ταχυτήτων κάτω από διαφορετικά δίκτυα. • Προσφέρει αυτοματοποιημένο έλεγχο συμφόρησης (congestion control) Το TCP χρησιμοποιεί μια πληθώρα μηχανισμών για να επιτύχει την μέγιστη απόδοση μεταφοράς δεδομένων αποφεύγοντας την συμφόρηση δεδομένων στους routers του Internet, μια κατάσταση κατά την οποία πέφτει η απόδοση του δικτύου κατά μεγάλο βαθμό. Αυτοί οι μηχανισμοί ελέγχουν τον ρυθμό με τον οποίο τα δεδομένα μπαίνουν στο δίκτυο, κρατώντας αυτό το ρυθμό κάτω από ένα ασφαλές όριο. Συγκεκριμένα, ο βασικός αλγόριθμός που χρησιμοποιεί ονομάζεται Congestion Avoidance. Αν και υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του, λειτουργεί ως εξής: Το TCP στέλνει δεδομένα στο δίκτυο αυξάνοντας σιγά σιγά ένα congestion window (χρησιμοποιείται για να ελέγχει τον ρυθμό με τον οποίο τα δεδομένα μπαίνουν στο δίκτυο). Όταν παρατηρηθεί συμφόρηση το μέγεθος του congestion window ελαττώνεται στο μισό, ώστε να αποφευχθεί η κατάρρευση του δικτύου και έπειτα από λίγο συνεχίζει να μεγαλώνει σιγά σιγά μέχρι να ξαναπαρατηρηθεί συμφόρηση, οπότε και θα μειώσει πάλι το μέγεθος του congestion window στο μισό. • Εγγυάται την ακεραιότητα του "μονοπατιού επικοινωνίας" Αυτό βέβαια δεν εμποδίζει την υποκλοπή των δεδομένων από τρίτους. Η τελευταία όμως είναι σχετικά δύσκολη, μιας και ο κακόβουλος χρήστης θα πρέπει να ακούσει όλη την ροή δεδομένων, καθώς δεν υπάρχουν συγκεκριμένου μεγέθους πακέτα. Εξαιτίας των παραπάνω χαρακτηριστικών του λοιπόν, το TCP χρησιμοποιείται και επιβάλλεται να χρησιμοποιείται, όπου η ακεραιότητα των δεδομένων είναι ύψιστης σημασίας. Δηλαδή σε web surfing, e-mails, file transfers και οποιαδήποτε άλλη μεταφορά data αρχείων ανάμεσα σε 2 υπολογιστές.

3.4.2 Πρωτόκολλο UDP

Τα αρχικά του UDP προέρχονται από το User Datagram Protocol. Είναι ένα σχεδόν μηδενικό πρωτόκολλο, με την έννοια ότι, οι μόνες υπηρεσίες που παρέχει

είναι το checksum των προς μετάδοση δεδομένων και της πολυπλεξίας των ports επικοινωνίας του υπολογιστή. Για αυτό και πολλές φορές αναφέρεται με το όνομα Unreliable Datagram Protocol! Χρησιμοποιώντας το UDP τα προγράμματα μπορούν να στείλουν μικρά μηνύματα, γνωστά ως datagrams, το ένα στο άλλο. • Είναι αναξιόπιστο (best effort delivery) Δε μπορεί να εγγυηθεί την ακεραιότητα ή τη σωστή σειρά άφιξης των δεδομένων, όπως το TCP. Τα πακέτα(datagrams) μπορούν να φτάσουν με διαφορετική σειρά, να εμφανίζονται διπλά ή να μην έρθουν και καθόλου χωρίς καμία ειδοποίηση. • Είναι γρήγορο Το παραπάνω χαρακτηριστικό του εξασφαλίζει μικρό delay και κάνει το UDP πιο γρήγορο από το TCP. • Πολλαπλή χρησιμότητα Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε Unicast όσο και σε Multicast δίκτυα, καθώς δεν είναι connection protocol. Θα αναφερθούμε σε αυτά παρακάτω. • Είναι “ελαφρύ” Λιγότερο απαιτητικό σε πόρους, σε σχέση με το TCP. Δεν δημιουργεί μεγάλο overhead στο δίκτυο, καθώς δεν ελέγχει αν όντως κάποιο πακέτο έφτασε ή όχι. 16 • Έχει μικρότερο header Το UDP έχει 8 bytes header, σε σχέση με το TCP που έχει 20 bytes header. Αυτό σημαίνει μικρότερο έξτρα overhead στο δίκτυο.

3.4.3 Γιατί υπάρχει το UDP; Τι εξυπηρετεί;

Το TCP λοιπόν, σύμφωνα με όσο αναφέραμε παραπάνω, φαντάζει σαν μια ιδανική λύση για την σωστή και αξιόπιστη κυρίως μεταφορά των δεδομένων μας. Γιατί χρησιμοποιούμε το UDP; Το UDP υπάρχει ακριβώς γιατί υπάρχουν εφαρμογές, όπου δεν μας ενδιαφέρει τόσο η ακεραιότητα των δεδομένων, όσο τα δεδομένα να φτάσουν όσο δυνατόν γρηγορότερα στον παραλήπτη, έστω και με κάποια απώλεια. Εκεί δηλαδή που το TCP είναι αργό και δεν μας εξυπηρετεί, έρχεται να πάρει τη θέση του το UDP. Μερικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν το UDP είναι οι παρακάτω: • Εφαρμογές οι οποίες μεταδίδουν real-time audio/video, όπως IPTV, VoIP. Εδώ μας ενδιαφέρει τα δεδομένα να φτάνουν

την σωστή χρονική στιγμή. Οποιαδήποτε απώλεια τους μας επηρεάζει μόνο στην ποιότητα του αναπαραγόμενου σήματος. 17 • Servers, οι οποίοι απαντάνε σε μικρά αιτήματα ενός τεράστιου αριθμού από clients, όπως στα online παιχνίδια. Οι Servers δεν απασχολούνται με το να ελέγχουν την κατάσταση του κάθε connection και των παραμέτρων του χρησιμοποιώντας UDP, και έτσι μπορούν να εξυπηρετήσουν ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών σε αντίθεση με το αν χρησιμοποιούσαν TCP. • Όπως επίσης και κάποιες πολύ σημαντικές εφαρμογές όπως το Domain Name System(DNS), Simple Network Management Protocol(SNMP), Dynamic Host Configuration Protocol(DHCP), Routing Information Protocol(RIP). Μετά από όλα αυτά, είναι φανερό ότι ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο UDP πρέπει να ασχοληθεί το ίδιο με τα προβλήματα επικοινωνίας που μπορεί να προκύψουν: την αξιόπιστη παράδοση, το packetization και την επανασυναρμολόγηση, τον έλεγχο ροής, την αποφυγή συμφόρησης, κλπ. Επίσης, δεδομένου ότι το UDP στερείται μηχανισμών αποφυγής και ελέγχου δικτυακής συμφόρησης, απαιτούνται network-based μηχανισμοί για να ελαχιστοποιηθούν τα πιθανά προβλήματα κατάρρευσης δικτύου λόγω ανεξέλεγκτα υψηλών ρυθμών αποστολής πακέτων UDP. Με άλλα λόγια, δεδομένου ότι οι αποστολές UDP δεν μπορούν να ανιχνεύσουν τη συμφόρηση, τα στοιχεία των δικτύων, όπως οι routers, πρέπει να χρησιμοποιούν τεχνικές packet queuing και απόρριψης πακέτων για να ελέγχουν την υπερβολική κίνηση πακέτων UDP στα δίκτυα. Το Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) σχεδιάζεται ως μια μερική λύση σε αυτό το πιθανό πρόβλημα προσθέτοντας TCP μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης σε ροές πακέτων UDP υψηλής ταχύτητας (π.χ. media streaming).

3.4.4 Πρωτόκολλο RTP

Το Real-time Transport Protocol (RTP) καθορίζει ένα τυποποιημένο format πακέτου για αποστολή ήχου/βίντεο μέσω του internet. Μπορεί να δουλέψει

παράλληλα με το Real-time Streaming Protocol (RTSP) το οποίο επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο ενός media server με εντολές παρόμοιες ενός βίντεο. Μερικές από τις εντολές που παρέχει το RTSP είναι το Describe, Setup, Play, Pause, Record και Teardown. Οι εντολές αυτές αφορούν την περιγραφή του αρχείου προς μετάδοση, τον έλεγχο της αναπαραγωγής και τον τερματισμό της συνόδου με τον server. Όλες αυτές οι εντολές στέλνονται με το πρωτόκολλο HTTP. Το RTP δεν έχει κάποια συγκεκριμένη TCP/UDP πόρτα από την οποία επικοινωνεί. Το μόνο στο οποίο υπακούει είναι ότι οι UDP επικοινωνίες γίνονται σε ζυγές πόρτες και η αμέσως επόμενη μονή πόρτα να χρησιμοποιείται για το RTP Control Protocol (RTCP). Το τελευταίο δίνει περιοδικά feedback για το quality of service που παρέχει το RTP. Μαζεύει στατιστικά, όπως τα πακέτα που στάλθηκαν, τα χαμένα πακέτα, το jitter και το round trip delay. Μια εφαρμογή μπορεί να τα χρησιμοποιήσει για να αυξήσει το quality of service, ίσως μειώνοντας την ροή πληροφορίας ή χρησιμοποιώντας διαφορετικό codec. 18 Το RTP λοιπόν είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί για δεδομένα με real-time χαρακτηριστικά, όπως το interactive audio και video. Επίσης το χρησιμοποιούν υπηρεσίες VoIP στις οποίες το call setup και ο τερματισμός του, γίνεται χρησιμοποιώντας άλλα 2 πρωτόκολλα είτε το SIP είτε το H.323. Οι υπηρεσίες που παρέχει το RTP είναι οι παρακάτω:

- Ένδειξη του τι είδους περιεχόμενο μεταφέρεται
- Αρίθμηση πακέτων
- Δυνατότητα υπολογισμού του jitter
- Παρακολούθηση της διαδικασίας αποστολής.
- ΔΕΝ παρέχει flow & congestion control από μόνο του. Επίσης το RTCP προσφέρει πληροφορία σχετικά με την λαμβανόμενη ποιότητα, την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει η εφαρμογή για να κάνει τοπικές αλλαγές, όπως να αποφασίσει σε περίπτωση συμφόρησης να μειώσει τον ρυθμό αποστολής.

3.5 Μέθοδοι δρομολόγησης (Routing Schemes)

Υπάρχουν 4 μέθοδοι δρομολόγησης/αποστολής ή αλλιώς Routing Schemes, το καθένα με τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά. Είναι, με τη σειρά που

παρουσιάζονται, το Unicast, το Broadcast, το Multicast και το Anycast. Οι ορολογίες αυτές αναφέρονται και στον τύπο των διευθύνσεων IP που χρησιμοποιούνται.

3.5.1 Unicast

Ο πιο συνηθισμένος τύπος για μια IP διεύθυνση είναι μια unicast διεύθυνση και είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος μετάδοσης πληροφορίας στο σημερινό Internet. Συνήθως αναφέρεται σε έναν μεμονωμένο αποστολέα ή παραλήπτη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για αποστολή όσο και παραλαβή. Συνήθως μια unicast διεύθυνση αντιστοιχίζεται με μια μόνο συσκευή, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι υπάρχει αντιστοιχία 1-1. Ορισμένοι υπολογιστές έχουν πολλές διαφορετικές unicast διευθύνσεις, η κάθε μια για την δικιά της ξεχωριστή χρήση. Στέλνοντας την ίδια πληροφορία σε διαφορετικές unicast διευθύνσεις, απαιτεί από τον αποστολέα να στείλει την ίδια πληροφορία τόσες φορές όσες και οι παραλήπτες του. Στην unicast δρομολόγηση κάθε router εξετάζει το destination address του λαμβανόμενου πακέτου και ψάχνει αυτήν την διεύθυνση σε έναν πίνακα, ώστε να προσδιορίσει ποια διασύνδεση να χρησιμοποιήσει ώστε το πακέτο να φτάσει πιο κοντά στον προορισμό του. Η source address του πακέτου δεν παίζει κανένα ρόλο.

3.5.2 Broadcast

Το broadcast, στέλνοντας την πληροφορία σε όλους τις πιθανούς προορισμούς, δίνει τη δυνατότητα στον αποστολέα, να στείλει την πληροφορία μόνο μια φορά και όλοι οι παραλήπτες να την πάρουν. Στο IP πρωτόκολλο, η διεύθυνση 255.255.255.255 παριστάνει ένα περιορισμένο τοπικό broadcast. Για παράδειγμα, το να στείλεις σε όλες τις διευθύνσεις σε ένα τοπικό δίκτυο που αρχίζουν με 192.0.2, η directed broadcast διεύθυνση είναι 192.0.2.255 (υποθέτοντας ότι το netmask είναι 255.255.255.0). Δυστυχώς δεν υπάρχει καμία μορφή internet-wide broadcast και είναι περιορισμένο σαν τεχνολογία μόνο στα τοπικά Ethernet

δίκτυα. Στο IPv6 το broadcast δεν υφίσταται σε καμία μορφή και έχει δώσει την θέση του στο multicasting. Γραφική απεικόνιση του Broadcast

3.5.3 Multicast

Μια multicast διεύθυνση αντιστοιχίζεται με ένα group από ενδιαφερόμενους χρήστες. Σύμφωνα με το RFC3171 της IANA (Internet Assigned Numbers Authority), οι διευθύνσεις 224.0.0.0 μέχρι 239.255.255.255 είναι ορισμένες ως multicast διευθύνσεις. Αυτές οι διευθύνσεις ήταν γνωστές παλαιότερα και με την ονομασία Class D. Ο αποστολέας στέλνει ένα datagram 20 UDP πακέτο από την unicast διεύθυνση του, στην multicast διεύθυνση και οι routers αναλαμβάνουν να κάνουν αντίγραφα του πακέτου μόνο όταν χρειάζεται και να το στείλουν σε όσους παραλήπτες δήλωσαν ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο πακέτο από τον συγκεκριμένο αποστολέα. Δεν απαιτείται προηγούμενη γνώση για το ποιοι ή πόσοι παραλήπτες υπάρχουν στο δίκτυο. Κάθε υπολογιστής (στην ουσία κάθε εφαρμογή του υπολογιστή) που θέλει να λάβει πληροφορία από ένα multicast group, πρέπει να χρησιμοποιήσει το IGMP για να πάρει μέρος. Τα ενδιάμεσα routers πρέπει κι αυτά να χρησιμοποιούν το IGMP για να επικοινωνήσουν. Σε αντίθεση με τη unicast δρομολόγηση που αναφέραμε παραπάνω, η source address (που είναι μια απλή unicast διεύθυνση) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την κατεύθυνση του data stream. Η πηγή του multicast traffic θεωρείται σαν upstream. Το router προσδιορίζει ποιες downstream διασυνδέσεις είναι προορισμοί για αυτό το multicast group και στέλνει το πακέτο μέσω των κατάλληλων διασυνδέσεων. Ο όρος reverse path forwarding χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτό το είδος της δρομολόγησης. Δηλαδή, το να δρομολογείς πακέτα μακριά από την πηγή, παρά κοντά προς τον προορισμό. Τέλος, όπως αναφέρει και ο Internet architect Dave Clark για το multicast: "Βάζεις πακέτα στην μια άκρη, και το δίκτυο συνωμοτεί να τα μεταφέρει σε όποιον τα ζητήσει".

Γραφική απεικόνιση του Multicast

3.5.4 Anycast

Όπως το broadcast και το multicast, έτσι και το anycast είναι μια-προς-πολλούς τοπολογία. Η διαφορά του είναι ότι η πληροφορία δεν μεταδίδεται σε όλους τους παραλήπτες, αλλά μόνο σε αυτόν που ο router θα αποφασίσει ότι είναι πιο κοντά στον αποστολέα. Δηλαδή στο anycast κάθε διεύθυνση αντιστοιχίζεται με ένα σύνολο παραληπτών, όπως στο multicast και το broadcast, αλλά μόνο ένας από αυτούς επιλέγεται σε μια δεδομένη στιγμή για να πάρει πληροφορία από τον εκάστοτε αποστολέα. Το anycast είναι πολύ χρήσιμο για να εξισορροπεί μεταβολές στον φόρτο του δικτύου. Χρησιμοποιείται κυρίως στο DNS και στο UDP. 21

3.6 Δίκτυα Ομότιμων Κόμβων (Peer-to-Peer Networks)

Ένα Peer-to-Peer (P2P) δίκτυο υπολογιστών ή ένα δίκτυο ομότιμων τερματικών χρησιμοποιεί πολλαπλή συνδεσιμότητα μεταξύ των συμμετεχόντων στο δίκτυο και το αθροιστικό τους bandwidth, σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο όπου ένας μικρός αριθμός servers παρέχει τους υπολογιστικούς του πόρους για την παροχή υπηρεσιών. Ένα τέτοιο δίκτυο μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε τόσο για μεταφορά αρχείων (file sharing) αλλά και για μεταφορά real-time data (telephony traffic). Σε ένα "καθαρό" P2P δίκτυο δεν υπάρχει η έννοια του client ή του server, παρά μόνο υπάρχουν ισοδύναμοι Peers, οι λεγόμενοι nodes, οι οποίοι συμπεριφέρονται ταυτόχρονα σαν clients και servers για τους άλλους nodes του δικτύου. Βλέπουμε τη διαφορά των δύο εννοιών γραφικά στις παρακάτω εικόνες. Τοπολογίες μοντέλων Peer-to-Peer και Server-Client 22 Σύμφωνα με τα λεγόμενα των προγραμματιστών της δημοφιλούς εφαρμογής Skype, ένα "πραγματικό" P2P σύστημα, είναι αυτό όπου όλοι οι nodes συμμετέχουν δυναμικά στη δρομολόγηση των πακέτων, την επεξεργασία τους και σε διαδικασίες που απαιτούν μεγάλο bandwidth και οι οποίες θα γίνονταν διαφορετικά σε κεντρικούς servers.

3.6.1 Συγκεντρωμένα P2P δίκτυα

Πολλοί, όταν αναφέρονται σε αυτά, χρησιμοποιούν τη φράση “πρώτης γενιάς P2P δίκτυα”. Εδώ υπάρχει ένας κεντρικός Index Server στον οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες για τα περιεχόμενα των καταλόγων που οι συμμετέχοντες επιθυμούν να μοιράζονται. Οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν στους Index Servers αυτούς τα αρχεία που ψάχνουν, χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο πρόγραμμα-πελάτη. Όταν το αρχείο βρεθεί, ανοίγει μια σύνδεση μεταξύ των δύο χρηστών για τη μεταφορά του. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν το Napster, το DC++ και το WinMX.

3.6.2 Αποκεντρωμένα P2P δίκτυα

Η φιλοσοφία εδώ είναι εντελώς διαφορετική. Κάθε σύστημα που συμμετέχει αποτελεί ταυτόχρονα client και server (ή αλλιώς servent). Μόλις κάποιος συνδεθεί μέσω ενός ανάλογου προγράμματος-πελάτη P2P, κάνει γνωστή την παρουσία του σε ένα μικρό αριθμό υπολογιστών ήδη συνδεδεμένων οι οποίοι με τη σειρά τους προωθούν τη δήλωση παρουσίας του σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο υπολογιστών κλπ. Πλέον ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει οποιαδήποτε πληροφορία μεταξύ των διαμοιραζόμενων αρχείων. Τα δίκτυα αυτά λέγονται και δεύτερης γενιάς. Η μεταφορά των αρχείων είναι όμοια με αυτή των αποκεντρωτικών P2P δικτύων. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν το Kazaa, το Gnutella και το BearShare.

3.6.3 P2P δίκτυα τρίτης γενιάς

Είναι αυτά, τα οποία διαθέτουν χαρακτηριστικά ανωνυμίας, όπως το Freenet, το I2P και το Entropy. Είναι αποκεντρωτικού τύπου και η φιλοσοφία του βασίζεται εκτός από την ανωνυμία, στην υψηλή βιωσιμότητα του, στο συνεχή διαμοιρασμό των αρχείων και στην κωδικοποίησή τους έτσι ώστε κανείς να μην μπορέσει ποτέ να αποκτήσει κανένα είδος ελέγχου πάνω σε αυτό. Τα δίκτυα αυτού του τύπου είναι υπό ανάπτυξη και έχουν χαρακτηριστεί ως μικρά παγκόσμια δίκτυα.

3.6.4 Άλλα P2P δίκτυα

Αν και αυτές που περιγράψαμε παραπάνω είναι οι 3 βασικές κατηγορίες, υπάρχουν και διάφορες άλλες. Έτσι, εκτός από τα pure P2P δίκτυα έχουμε τα υβριδικά δίκτυα, τα οποία έχουν 23 έναν κεντρικό server που κρατάει πληροφορίες για τους Peers. Οι Peers αναλαμβάνουν να πληροφορήσουν τον Server για το τι πόρους θέλουν να μοιράσουν στο δίκτυο. Από εκεί και πέρα, στην σύνδεση μεταξύ των peers, ο server δεν έχει κανέναν άλλο ρόλο. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και το δίκτυο που αναπτύξαμε για τις ανάγκες της διπλωματικής. Άλλες δυο ενδιαφέρουσες κατηγορίες τις οποίες απλώς τις αναφέρουμε ονομαστικά είναι τα structured και τα unstructured P2P δίκτυα. Η ανάλυσή τους ξεφεύγει από τα πλαίσια της διπλωματικής, γι' αυτό και γίνεται απλή αναφορά σ' αυτές για λόγους συνέπειας και ως ένσυσμα για περαιτέρω μελέτη από τον αναγνώστη.

3.7 Κωδικοποίηση Πολλαπλών Περιγραφών (MDC)

Όταν 2 υπολογιστές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP για να επικοινωνήσουν, ο παραλήπτης πρέπει να περιμένει ολόκληρη την πληροφορία να έρθει για να μπορέσει να την επεξεργαστεί. Όταν συμβεί μια απώλεια πακέτου, η ανακατασκευή του stream θα σταματήσει μέχρι να ξανάρθει το χαμένο πακέτο. Αυτό εισάγει σημαντική καθυστέρηση στην εφαρμογή του παραλήπτη, μιας και ο χρόνος που θα κάνει το χαμένο πακέτο να επανασταλεί στον παραλήπτη μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερος από τον χρόνο δυο διαδοχικών πακέτων. Έτσι, όπως έχουμε αναφέρει προτιμάται το UDP για την μεταφορά ήχου σε πραγματικό χρόνο, έστω και με κάποιες απώλειες. Θα δούμε λοιπόν μια τεχνική κωδικοποίησης η οποία χρησιμοποιείται σε δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν το UDP σαν πρωτόκολλο μεταφοράς και λέγεται Multiple Description Coding (MDC). Το MDC είναι μια τεχνική κωδικοποίησης, η οποία χωρίζει ένα media stream σε n ($n \geq 2$) ανεξάρτητα substreams. Αυτά τα substreams λέγονται descriptions. Κάθε description είναι συνήθως διαφορετικής ποιότητας από το

προηγούμενο. Έτσι υπάρχει ένα description το οποίο προσφέρει μια βασική ποιότητα και τα υπόλοιπα μια enhanced ποιότητα. Καθώς στην ουσία πρόκειται για ένα τρόπο διαχωρισμού των δεδομένων, είναι συγκρίσιμος με το layered coding που χρησιμοποιείται στο MPEG2 και MPEG4. Εκεί συνήθως υπάρχει ένα base layer το οποίο έχει την βασική ποιότητα και πολλά enhancement layers. Το base layer είναι απαραίτητο για να αποκωδικοποιηθεί σωστά το media stream, ενώ τα enhancement layers εφαρμόζονται για να βελτιωθεί η ποιότητα. Ωστόσο, αν λείπει το n layer, όλα τα n+1 layers καθίστανται άχρηστα, καθώς το καθένα εξαρτάται από το προηγούμενο του για την αποκωδικοποίησή του. Αντίθετα, στο MDC κάθε description είναι ανεξάρτητο από το άλλο με την έννοια ότι μπορεί να αποκωδικοποιηθεί και να αναπαραχθεί χωρίς την ύπαρξη των προηγούμενων ή επόμενων του descriptions. Αυτό κάνει το MDC κατάλληλο για χρήση σε δίκτυα που παρουσιάζουν packet loss ή network congestion. Μπορούμε να δρομολογήσουμε κάθε description από διαφορετικές²⁴ διαδρομές (path diversity) μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη. Σε περίπτωση που σε μια διαδρομή παρατηρηθεί congestion, η αποκωδικοποίηση του stream δεν θα σταματήσει στην πλευρά του παραλήπτη, παρά θα παρατηρηθεί μια στιγμιαία υποβάθμιση της ποιότητας. Κοινώς, η ποιότητα που θα λαμβάνει ο παραλήπτης θα είναι ανάλογη των descriptions που λαμβάνει παράλληλα. Το ίδιο το path diversity μας εξασφαλίζει ότι η πιθανότητα να έχει προκληθεί σε όλες τις διαδρομές συμφόρηση είναι πολύ μικρή. Εκτός από την ανοχή στα χαμένα πακέτα που προσφέρει, το MDC είναι μια πολύ καλή τεχνική και για αυτούς που παρέχουν το υλικό. Οι providers, λοιπόν, μπορούν να στέλνουν όλα τα descriptions ενός stream χωρίς να τους νοιάζει ο περιορισμός του download του εκάστοτε χρήστη. Οι χρήστες που δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν στον ρυθμό μετάδοσης παίρνουν ένα υποσύνολο από αυτά τα descriptions, ελευθερώνοντας τον provider από το να παρέχει επιπλέον streams σε μικρότερους ρυθμούς. Σαν γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε το παρακάτω. Μιας λοιπόν και το MDC είναι μια τεχνική κωδικοποίησης ενός stream, θα δούμε παρακάτω ορισμένες τεχνικές

με τις οποίες μπορούμε να φτιάξουμε αποτελεσματικά descriptions από αυτό. Προτού όμως προχωρήσουμε σε αυτές ας δούμε λίγα πράγματα για την διαδικασία που ονομάζουμε κβαντισμό.

3.7.1 Κβαντισμός

Στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος, ο κβαντισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία υπολογίζουμε μια συνεχή σειρά τιμών (ή ένα μεγάλο σετ από πιθανές διακριτές τιμές) από ένα σχετικά μικρό σετ διακριτών συμβόλων ή ακεραίων αριθμών. Προφανώς, ο κβαντισμός είναι μια διαδικασία εκτίμησης των τιμών και συνεπώς ένας καλός κβαντιστής είναι αυτός ο οποίος μπορεί να αναπαραστήσει το αρχικό σήμα με τον μικρότερο δυνατό θόρυβο. Μια συχνή χρήση του κβαντισμού είναι η μετατροπή ενός δειγματοληπτημένου συνεχούς σήματος σε ένα ψηφιακό, με κβαντισμό. Οι λεγόμενοι analog-to-digital converters (ADC) εφαρμόζουν κβαντισμό για να μετατρέψουν μια πηγή ήχου π.χ. σε format cd audio που είναι δειγματοληπτημένο με 44100 δείγματα/sec και κάθε δείγμα κβαντισμένο με 16bits ή 65536 πιθανές τιμές ανά δείγμα. Αυτά τα 16 bits είναι το λεγόμενο step size του κβαντιστή. Ο προσαρμοσμένος κβαντισμός, είναι μια διαδικασία κβαντισμού κατά την οποία το step size του κβαντιστή μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές του σήματος εισόδου, σε μια προσπάθεια για μια πιο αποτελεσματική συμπίεση. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι κβαντισμού. Ο απλός κβαντισμός, όπως συχνά αναφέρεται, και ο διανυσματικός. Στον απλό κβαντισμό, κάθε σύμβολο εισόδου αντιμετωπίζεται ξεχωριστά για να παραχθεί η έξοδος, ενώ στον διανυσματικό κβαντισμό τα σύμβολα εισόδου μαζεύονται μαζί σε groups, τα λεγόμενα διανύσματα, και αυτά τα διανύσματα επεξεργάζονται για να βρεθεί η έξοδος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

4.1 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 Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 16 επίλυση των διαφόρων συγκρούσεων δεδομένων γίνεται με καθυστέρηση κατά διάρκεια της μετάδοσης.

4.1.1 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

4.1.2 ALOHA

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

4.1.3 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. Σωμαράς Χρήστος Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 17 Ο διαμοιρασμός των συχνοτήτων στους επίγειους σταθμούς όταν αυτοί είναι λίγοι γίνεται στατικά. αν όμως αυτοί είναι πολλοί τότε χρειάζεται δυναμικός τρόπος όπως ο μηχανισμός SPADE που χρησιμοποιείται στους Intelsat. Κάθε transponder με εύρος ζώνης 50 Mbps μοιράζεται σε 794 απλά PCM κανάλια (ανά δύο χρησιμοποιούνται για ταυτόχρονης διπλής

κατεύθυνσης επικοινωνία) μαζί με ένα κοινό κανάλι σηματοδότησης 128Kbps (αυτό μοιράζεται σε τμήματα από 50 msec όπου το κάθε τμήμα περιέχει διατομές του ενός msec(128 bits), κάθε διατομή (σύνολο 50) την χρησιμοποιεί ένας επίγειος σταθμός). Όταν ένας σταθμός θέλει να επικοινωνήσει επιλέγει ένα διαθέσιμο κανάλι και τον αριθμό του τον γράφει στην επόμενη αυτού διατομή. Όταν το σήμα βρίσκονταν στην κατερχόμενη ζεύξη τότε το κανάλι μπορούσε να το χρησιμοποιήσει άλλος σταθμός. Αν το ίδιο κανάλι το ζητούσαν δύο σταθμοί τότε υπήρχε σύγκρουση και έπρεπε να ζητήσουν άλλο κανάλι αργότερα. Η απελευθέρωση ενός καναλιού μετά από το πέρας της επικοινωνίας την οποία ζήτησε ένας σταθμός γίνεται με σήμα από αυτόν προς του άλλους μέσα από το κοινό κανάλι στη διατομή που αντιστοιχεί σε αυτόν το σταθμό. Το πρωτόκολλο αυτό είναι πεπερασμένο αν και έχει χρησιμοποιηθεί πάρα πολύ.

4.1.4 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 εγχετιζονται με ένα σταθμό σε συγκεκριμένες συχνότητες. Οι υπόλοιποι σταθμοί παρακολουθούν τη διαδικασία αυτή ώστε να βρουν το κατάλληλο κανάλι επικοινωνίας και αναγνωρίζουν ποια σήματα αφορούν αυτούς. Αυτή η μέθοδος απαιτεί συγχρονισμό μεταξύ των επίγειων σταθμών (η οποία επιτυγχάνεται από έναν από αυτούς μέσω του δορυφόρου, Master Control Station). Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο όπως στο SALOHA. Σ' αυτή τη μέθοδο υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων και των καναλιών από εκείνους τους σταθμούς που ζητούν ακρόαση για επικοινωνία. Όπως στην FDMA, όταν ο δορυφόρος είναι να εξυπηρετήσει λίγους επίγειους σταθμούς, τότε η ρύθμιση των συχνοτήτων και των καναλιών επικοινωνίας μεταξύ σταθμών και δορυφόρου είναι στατική. Όταν όμως οι σταθμοί είναι περισσότεροι τότε χρειάζεται δυναμικός διαμορισμός 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. Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 18

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. Owner G A F E B C D Reservation subslots Group 1 G A F B B C D B A F C G B D E Group 2 G A B C D B A G B D E Group 3 G A A E B B A A G D Group 4 G A E B B B A A D D (α) (β) (γ) 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). Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 19

4.1.5 PRMA (Packet Reservation Multiple Access)

Το παραπάνω πρωτόκολλο βασίζεται στη φιλοσοφία του Roberts. Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση επικοινωνιών από κινούμενους σταθμούς και είναι συνδυασμός TDMA και SALOHA. Πρέπει να αναφέρουμε ότι τα δεδομένα μεταφέρονται σε πακέτα που καταλαμβάνουν διάφορες διατομές στο πλαίσιο το οποίο μεταφέρεται στο δορυφόρο μέσω κάποιου καναλιού με τη μορφή σήματος. Κάθε πακέτο δεδομένων έχει ένα πεδίο VCI (Virtual Circuit Identifier) το οποίο προσδιορίζει το σταθμό λήψης του. Οι σταθμοί αναγνωρίζουν τα πακέτα δεδομένων από το VCI αυτών. Η εφαρμογή του PRMA

εξαρτάται από την ποιότητα υπηρεσιών που απαιτούν οι εξυπηρετούμενες εφαρμογές από τα δορυφορικά κανάλια, το ρυθμό BER (Bit Error Rate- κομμάτι από bits συχνότητας ή μηνύματος που είναι λάθος) της σύνδεσης και την καθυστέρηση στη μετάδοση. Πάντως το PRMA είναι συμβατό για LEO δορυφόρους και υπό προϋποθέσεις για GEO. Παρακάτω η εικόνα δείχνει το διαμοιρασμό στα κανάλια επικοινωνίας δύο συνεχόμενων ζητήσεων. Εικόνα 9: Σειρά βημάτων στην PRMA διαδικασία

4.1.6 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. Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 20

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

4.1.7 Έλεγχος-διόρθωση λαθών μετάδοσης

Αναφέρθηκε σε πολλά σημεία η έννοια του θορύβου αλλά και γενικότερα η ύπαρξη λαθών κατά την μετάδοση των σημάτων. Πριν κλείσουμε το θέμα για τα πρωτόκολλα του δευτέρου επιπέδου καλό είναι για βιβλιογραφικούς και μόνο λόγους να αναφερθούμε στις τεχνικές αντιμετώπισης των λαθών που δημιουργούνται. Εν συντομία δύο τεχνικές υπάρχουν το FEC (forward error correction-όλα τα δεδομένα μετατρέπονται σε σύμβολα και χρησιμοποιούνται περισσότερα από όσα χρειάζονται τα οποία τελικά ελέγχουν την ορθότητα και ακεραιότητα) Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 21 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).

4.1.8 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.

4.2 Το επίπεδο δικτύου στα δορυφορικά δίκτυα (Network Layer)

4.2.1 Δρομολόγηση (routing task)

Η επίτευξη πρόσβασης στα δορυφορικά κανάλια από κινητούς σταθμούς δημιουργεί προβλήματα δρομολόγησης (ως κινητοί σταθμοί εννοούνται οι χρήστες που κινούνται κατά τη σύνδεση τους με το δορυφόρο οπότε αυτός πρέπει να αναλάβει να τους αναγνωρίσει που βρίσκονται και να τους διατηρεί την επικοινωνία (παραπέμποντάς τους πολλές φορές σε άλλο δορυφόρο ή δέσμη με on-board δραστηριότητες)). Βασική αρχή είναι ότι κάθε χρήστης έχει μια σταθερή διεύθυνση (home address-IP). Η αποστολή των πακέτων και η υλοποίηση της επικοινωνίας του χρήστη με το δορυφόρο γίνεται μέσω της σταθερής βάσης αυτού και η λήψη στο μέρος που αυτός βρίσκεται κινούμενος. Το σύστημα μπορεί να λειτουργεί όπως στην κυψελοειδή τηλεφωνία. Για κάθε περιοχή που καλύπτει μια δέσμη συχνοτήτων του δορυφόρου θα υπάρχει ένας home agent (ο οποίος θα βλέπει πόσοι χρήστες που το home address τους βρίσκεται σ' αυτή τη περιοχή, βρίσκονται σε άλλες), και κάποιοι foreign agents που θα δείχνουν πόσοι χρήστες υπάρχουν στη περιοχή και ζητούν επικοινωνία. Η δρομολόγηση θα γίνεται μέσω πινάκων οι οποίοι θα σχηματίζονται από τα στοιχεία των home και foreign agents. Αυτή θα γίνεται ως εξής: 1. ενημέρωση μέσω δορυφόρου με ευρεία εκπομπή (advertisements) από τους foreign agents για τον αριθμό χρηστών που ο καθένας έχει στη περιοχή του 2. κάθε χρήστης δίνει στον foreign agent της περιοχής του το home και link layer address αλλά και άλλες πληροφορίες 3. επικοινωνία μεταξύ home και foreign agents για τη δημιουργία των πινάκων Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών

δικτύων και επικοινωνιών 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. : Διαίρεση του χώρου που καλύπτει ο δορυφόρος σε περιοχές τις οποίες ελέγχει με home και foreign agents

4.2.2. 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 βρούνε ένα πεδίο και τελικά το IP. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος γίνεται η επικοινωνία. Όταν όμως ο χρήστης κινείται τότε χρειαζόμαστε το IP να αλλάζει με κάποιο τρόπο. Οι κινούμενοι χρήστες έχουν σταθερά IP τα οποία με την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου ταυτίζονται με κάποιο άλλο ανάλογα το που βρίσκεται ο χρήστης. Η διαδικασία έχει ως εξής: στέλνεται πακέτο δεδομένων από ένα χρήστη σε άλλον κινούμενο. Ο δρομολογητής εκπέμπει ένα ARP πακέτο και ψάχνει να βρει το κινητό IP του κινούμενου χρήστη. Ο home agent ο οποίος έχει υπό την δικαιοδοσία του τον κινούμενο χρήστη (είναι ο agent ο οποίος καλύπτει την περιοχή που ο κινούμενος χρήστης έχει το σταθερό του IP) απαντά στο ARP πακέτο δίδοντας τη διεύθυνση του. Ο δρομολογητής του στέλνει τα πακέτα και ο home agent τα οδηγεί (tunneling) ενσωματώνοντάς αυτά στο πεδίο του φορτίου ενός IP πακέτου στη διεύθυνση του foreign agent που ο κινούμενος χρήστης έχει εγγραφεί. Ο foreign agent τελικά τα αποστέλλει στον τελικό χρήστη. Ταυτόχρονα ο home agent δίνει στον πομπό τη διεύθυνση του foreign agent να τα λαμβάνει πλέον κατευθείαν ο χρήστης. Οι εναλλαγές του IP του κινούμενου χρήστη στο

δρομολογητή γίνονται με ένα κολπάκι το οποίο ονομάζεται πλεονάζων ARP. Στην περίπτωση που οι κινούμενοι χρήστες βρίσκονται σε κινούμενο μέσο τότε επιλέγεται η τεχνική του αναδρομικού tunneling. Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 23

4.2.3. 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).

4.2.4. 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.

4.2.5. 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). Σωμαράς Χρήστος, Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών 24 Υπάρχουν δύο είδη multicasting α. το dense-mode (τα μέλη της ομάδας είναι πυκνά κατανεμημένα στο διαδίκτυο) και β. το sparse-mode (τα μέλη της ομάδας είναι διάσπαρτα κατανεμημένα στο διαδίκτυο). Πολλά 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ INTERNET

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

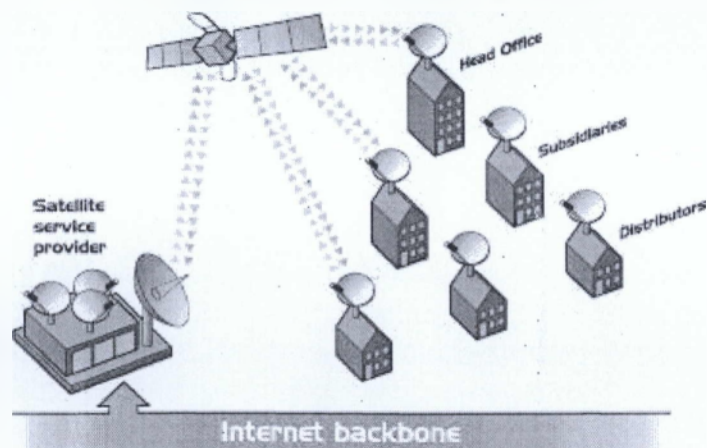
Το δορυφορικό Internet είναι η τεχνολογία που επιτρέπει την σύνδεση ενός υπολογιστή ή ενός δικτύου υπολογιστή στο Internet μέσω δορυφόρου. Η παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών (broadband) με υψηλές ταχύτητες επιτυγχάνεται σε χώρους όπου η επίγεια πρόσβαση στο Internet δεν είναι διαθέσιμη ή εφικτή και σε χώρους που η μετακίνηση είναι συχνή. Το δορυφορικό Internet μπορεί να υποστηρίξει ένα πλήθος εφαρμογών όπως είναι η τηλεκπαίδευση, VoIP, Αυτόματες Ταμειακές Μηχανές (ATM), διασύνδεση λογισμικό ERP, εγκατάσταση Wi-Fi Hot Spots κ.τ.λ. σε όλη την Ελλάδα ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών ή περιοχής. Πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω δορυφόρου είναι διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων σκαφών και των κινητών χερσαίων οχημάτων. Για να μπορεί κάποιος να συνδεθεί στο δορυφορικό Internet θα πρέπει να διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό δορυφορικής λήψης / εκπομπής και μια συνδρομή σε έναν πάροχο δορυφορικού Internet.

Κύρια χαρακτηριστικά Δορυφορικού Ιντερνέτ:

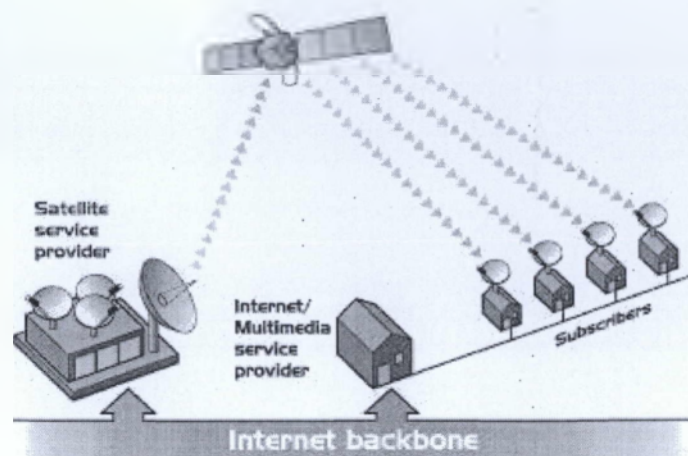
- Κάλυψη όλου του πλανήτη
- Ανεξαρτησία από παρόχους σταθερών τηλεπικοινωνιών
- Ανεξαρτησία από δίκτυα καλωδίων
- Άμεση τοποθέτηση και λειτουργία
- Εγκατάσταση σε δυσπρόσιτες περιοχές
- Μέγιστες ταχύτητες χωρίς περιορισμούς

- Δυνατότητα τηλεφωνικών συνδιαλέξεων χωρίς την ύπαρξη τηλεφώνου
- Δυνατότητα διασύνδεσης υποκαταστημάτων με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος

Το Internet υψηλής ταχύτητας (broadband) μέσω δορυφόρου παρέχεται με αμφίδρομο τρόπο (εικόνα α) ή μονόδρομο τρόπο (εικόνα β).



Εικόνα α. Αμφίδρομος τρόπος



Εικόνα β. Μονόδρομος τρόπος.

5.2 ΑΜΦΙΔΡΟΜΟ INTERNET

Ο αμφίδρομος τρόπος δορυφορικής σύνδεσης (two-way satellite Internet) με την τεχνολογία **DVB-RCS**, ανεξαρτητοποιεί τελείως το χρήστη από τα επίγεια καλώδια και τον ΟΤΕ, είναι η αμφίδρομη δορυφορική. Αυτός ο τρόπος είναι ιδανικός για εταιρείες που διαθέτουν παραγωγικές μονάδες σε τοποθεσίες απομακρυσμένες και δύσβατες.

Ο εξοπλισμός Απαιτεί έναν υπολογιστή και ένα μόντεμ εξοπλισμένο με πομπό και δέκτη. Δεν απαιτείται proxy server, καθώς η σύνδεση σε επίπεδο δικτύου δεν διαφέρει σε τίποτα από μια οποιαδήποτε σύνδεση βασισμένο σε rrr (Point to Point Protocol, πρωτόκολλο με το οποίο μπορεί κανείς να συνδεθεί στο Internet μέσω τηλεφώνου), Ethernet (διαδοσμένος τρόπος σύνδεσης Υ/Υ σε τοπικό δίκτυο) κλπ.

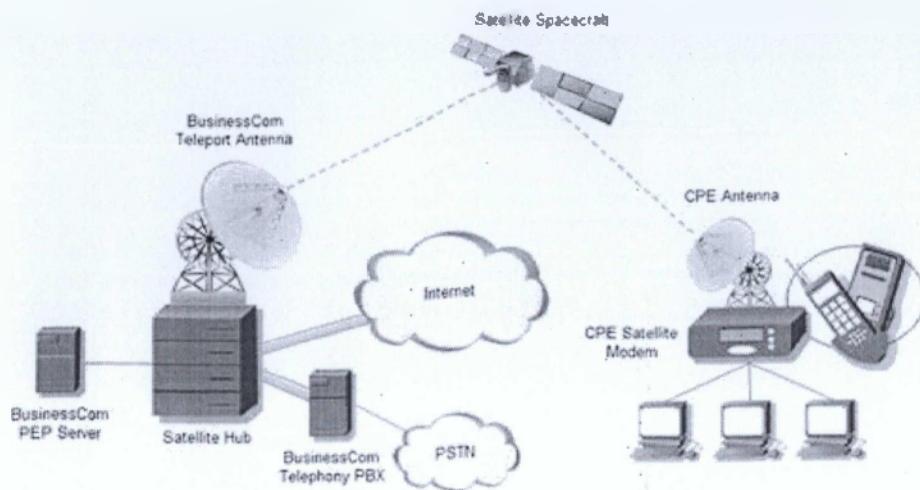
Ο χρήστης αποστέλλει τα δεδομένα ενθυλακωμένα σε **DVB MPEG-2 stream** - ένα πρωτόκολλο επικοινωνιών για ήχο, βίντεο και δεδομένα. Η εκπομπή γίνεται συνήθως στα 14,5GHz περίπου και η λήψη στα 11,5GHz, όπως

και στο μονόδρομο Internet, μόνο που στο μονόδρομο εκπέμπει μόνο ένας κεντρικός server.

Η μέγιστη ταχύτητα που προσφέρεται σε αυτές τις υπηρεσίες εξαρτάται από τον παροχέα Διαδικτύου internet service providers (ISP). Θεωρητικά μπορεί να είναι της τάξεως των εκατοντάδων Mbit. Για οικονομικούς λόγους, αλλά και εξαιτίας του προβλήματος διασύνδεσης της εταιρίας που παρέχει την υπηρεσία, οι συνδέσεις είναι συνήθως πολύ χαμηλής ταχύτητας για τα δορυφορικά δεδομένα. Ο ρυθμός μεταγωγής του uplink κυμαίνεται από 128Kbps ως και 1Mbps και για το downlink από 512Kbps ως 2Mbps. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδανική για δημιουργία Intranet. Τα δεδομένα θα εκπέμπονται από τον αποστολέα προς το δορυφόρο και η λήψη τους θα γίνεται απευθείας από τον παραλήπτη. Μια τέτοια σύνδεση δεν θα επηρεάζεται από ώρες αιχμής και από το πρόβλημα της σύνδεσης του συστήματος προς το Internet.

Η Αμφίδρομη δορυφορική υπηρεσία Διαδικτύου εμπεριέχει τόσο την αποστολή όσο και λήψη δεδομένων από το απομακρυσμένο site VSAT μέσω δορυφόρου με hub teleport, η οποία στη συνέχεια στέλνει τα αναμεταδιδόμενα δεδομένα μέσω του επίγειου Internet. Η δορυφορική κεραία σε κάθε τόπο πρέπει να σημειωθεί ακριβής για την αποφυγή παρεμβολών με άλλους δορυφόρους.

Υπάρχουν διάφορα είδη αμφίδρομης δορυφορικής υπηρεσίας Internet, συμπεριλαμβανομένης της πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης χρόνου TDMA (TDMA είναι ένας τρόπος πρόσβασης καναλιού για κοινά μέσα δίκτυα. Επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται το ίδιο κανάλι συχνότητας με τη διαίρεση του σήματος σε διαφορετικές χρονοθυρίδες. Οι χρήστες διαβιβάζουν αμέσως μετά, το ένα μετά το άλλο, κάθε φορά που χρησιμοποιούν τη δική τους χρονοθυρίδα. Αυτό επιτρέπει σε πολλούς σταθμούς, να χρησιμοποιούν το ίδιο μέσο μετάδοσης χρησιμοποιώντας μόνο ένα τμήμα της χωρητικότητας του καναλιού (Χύτας, 2009).



Εικόνα γ. Αμφίδρομη σύνδεση ιντερνέτ.

Δορυφορικό μόντεμ

Ένα δορυφορικό μόντεμ είναι ένα μόντεμ που χρησιμοποιείται για την εγκαθίδρυση ροής δεδομένων κατά τη χρήση δορυφορικών επικοινωνιών. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα δορυφορικών μόντεμ από φθηνές συσκευές για πρόσβαση στο διαδίκτυο στο σπίτι ως ακριβό λειτουργικό εξοπλισμό για χρήση σε μεγάλες επιχειρήσεις.

Το μόντεμ σημαίνει "διαμορφωτής-αποδιαμορφωτής". Η κύρια λειτουργία ενός δορυφορικού μόντεμ είναι να μετατρέπει την ροή bit σε ραδιοσυχνότητες, και αντιστρόφως. Υπάρχουν ορισμένες συσκευές που περιλαμβάνουν μόνο αποδιαμορφωτή οι οποίες αναφέρονται και ως "δορυφορικά μόντεμ". Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται για δορυφορική πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

Δορυφορική σύνδεση

Ένα δορυφορικό μόντεμ δεν είναι η μόνη συσκευή που απαιτείται για τη δημιουργία ενός καναλιού επικοινωνίας. Άλλος εξοπλισμός που είναι

απαραίτητος για τη δημιουργία μιας δορυφορικής σύνδεσης περιλαμβάνει δορυφορικές κεραιές και μετατροπείς συχνότητας.

Τα στοιχεία που πρέπει να διαβιβαστούν μεταφέρονται σε ένα μόντεμ από τον τερματικό εξοπλισμό δεδομένων (π.χ. υπολογιστή). Το μόντεμ έχει συνήθως ενδιάμεση συχνότητα (IF) output (50-200 MHz), ωστόσο, μερικές φορές το σήμα διαμορφώνεται άμεσα στην L-band. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η συχνότητα πρέπει να μετατρέπεται χρησιμοποιώντας έναν up converter πριν την ενίσχυση και μετάδοση. Διαμορφωμένο σήμα είναι μια ακολουθία από σύμβολα, τεμάχια δεδομένων αντιπροσωπεύονται από μια αντίστοιχη κατάσταση σήματος, π.χ. ένα bit ή λίγα bits, ανάλογα με την διαμόρφωση.

Ένα μήνυμα λαμβανόμενο από έναν δορυφόρο πρώτα down converted (αυτό γίνεται από έναν μπλοκ μετατροπέα χαμηλού θορύβου - LNB), μετά αναδιαμορφώνεται από ένα μόντεμ, και στο τέλος τα στοιχεία εξετάζονται από τον τερματικό εξοπλισμό. Το LNB δουλεύει συνήθως από το μόντεμ μέσω του καλωδίου σήματος με 13 ή 18 V DC. Το αμφίδρομο "iLNB" τερματικό πιάτο που χρησιμοποιείται για την ASTRA2Connect έχει 500mW πομπό και λαμβάνει ενιαία-πολικότητα LNB, όσο λειτουργεί στη ζώνη Ku (Χυτάς, 2009).

Χαρακτηριστικά

Οι βασικές λειτουργίες ενός δορυφορικού μόντεμ είναι η διαμόρφωση και η αποδιαμόρφωση. Οι δορυφορικές προδιαγραφές των δορυφορικών επικοινωνιών καθορίζουν επίσης τους κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων και τα framing format.

Δημοφιλής τύποι διαμορφώσεων που χρησιμοποιούνται για τις δορυφορικές επικοινωνίες:

- Binary phase shift keying (BPSK);
- Quadrature phase shift keying (QPSK);
- Orthogonal quadrature phase shift keying (OQPSK);

- 8PSK;
- Quadrature amplitude modulation(QAM), especially 16QAM

Οι δημοφιλείς δορυφορικοί κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων περιλαμβάνουν:

- Συνελικτικοί κώδικες:
 - με εξαναγκασμένο μήκος μικρότερο από 10, συνήθως αποκωδικοποιημένες χρησιμοποιώντας ένα αλγόριθμο Viterbi
 - με εξαναγκασμένο μήκος περισσότερο από 10, συνήθως αποκωδικοποιημένες χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο Fano
 - νέα μόντεμ υποστηρίζουν ανώτερους κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων (turbo κώδικες και κώδικες LDPC).

Framing format τα οποία υποστηρίζονται από ποικίλα δορυφορικά μόντεμ περιλαμβάνουν:

- Intelsat business service (IBS) framing
- Intermediate data rate (IDR) framing
- MPEG-2 transport framing (που χρησιμοποιούνται σε DVB)
- E1 και T1 framing

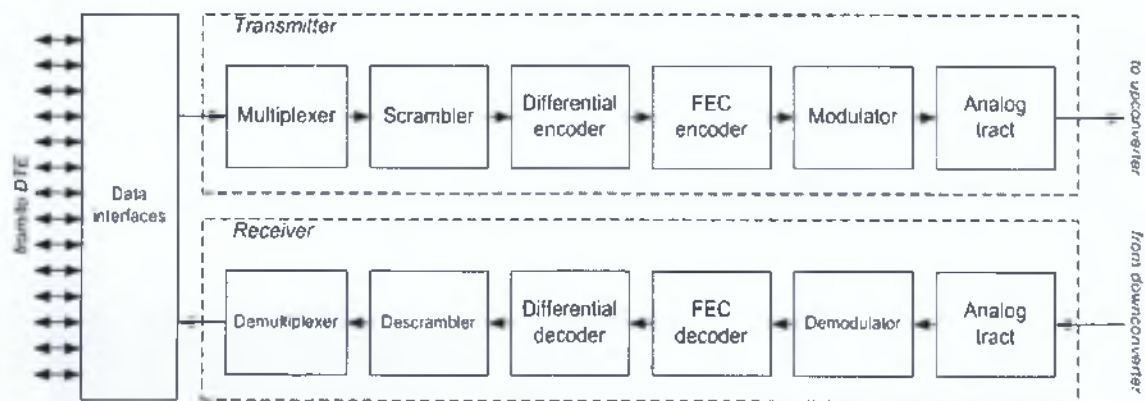
Στα High-end μόντεμ περιλαμβάνουν επίσης κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά:

- Διεπαφές πολλαπλών δεδομένων (όπως RS-232, RS-422, V.35, G.703, LVDS, Ethernet)
- Embedded Distant-end Monitor and Control (EDMAC), που επιτρέπει τον έλεγχο του μόντεμ από μακριά

- Automatic Uplink-end Power Control (AUPC), δηλαδή προσαρμόζει την παραγωγή ενέργειας να διατηρεί σταθερό σήμα προς θόρυβο έως των απομακρυσμένη κατεύθυνση

Εσωτερική διάρθρωση

Ίσως ο καλύτερος τρόπος για την κατανόηση της εργασίας ενός μόντεμ είναι να εξετάσει την εσωτερική του διάρθρωση. Ένα μπλοκ διάγραμμα ενός δορυφορικού μόντεμ εμφανίζεται στην εικόνα. Σχεδόν όλα τα μέρη είναι προαιρετικά.



Εικόνα. Δορυφορικό μόντεμ.

Αναλογικές οδοί

Μετά από μια digital-to-analog μετατροπή στο πομπό το σήμα περνά μέσα από ένα φίλτρο ανασυγκρότησης. Στη συνέχεια, τη συχνότητα μετατρέπεται, εφόσον αυτό απαιτείται. Ο σκοπός του αναλογικού συστήματος στο δέκτη είναι η μετατροπή της συχνότητας του σήματος και να προσαρμόσει την ισχύ μέσω ενός κυκλώματος αυτόματου ελέγχου της ισχύς.

Σο σήμα εισόδου για το αναλογικό σύστημα είναι στη ενδιάμεση συχνότητα ή στην L-band, στη δεύτερη περίπτωση πρέπει κατ 'αρχάς να μετατρέπεται στην IF. Στη συνέχεια, το σήμα είναι είτε δείγμα ή επεξεργασμένο από ένα four-quadrant multiplier που παράγει το περίπλοκο φάκελο στοιχείων (I, Q) μέσω του πολλαπλασιασμού του με τις υπερετερόδυνες συχνότητες.

Τέλος το σήμα περνά μέσα από ένα φίλτρο anti-aliasing και ψηφιοποιείται.

Εύρος ζώνης

Οι πελάτες του δορυφορικού Internet κομούνται από μεμονωμένους χρήστες από το σπίτι με ένα PC σε μεγάλες επιχειρηματικές απομακρυσμένες τοποθεσίες με αρκετές εκατοντάδες υπολογιστές.

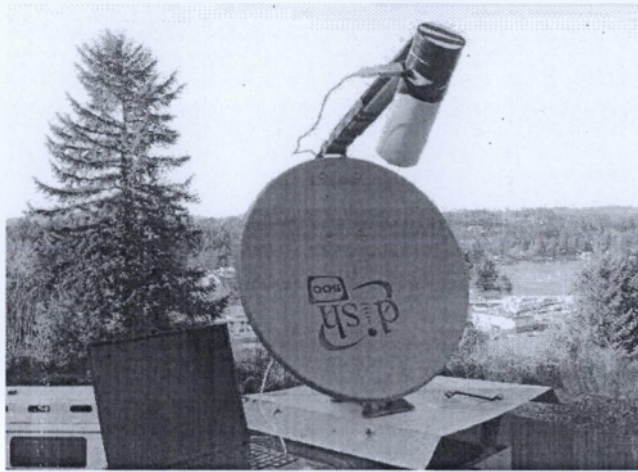
Υπάρχουν περιοριστικά μέτρα που βασίζονται συνήθως στο μέγιστο επιτρεπτό εύρος ζώνης, ώστε κάθε χρήστης να εκμεταλλεύεται ένα εύλογο μερίδιο, σύμφωνα με αυτά που πληρώνει. Όταν ο χρήστης υπερβαίνει τα επιτρεπτά Mbytes, η εταιρεία μπορεί να επιβραδύνει την πρόσβαση του και να τον επιβαρύνει για την υπέρβαση του εύρους ζώνης που χρησιμοποιείται. Για καταναλωτή δορυφορικού Internet, το επιτρεπτό όριο μπορεί να κομίνεται από 500MB έως 17GB το μήνα. Μια από κοινού λήψη, μπορεί να έχει λίγο πρόσθετο bandwidth από 1 έως 40 Mbit / s το οποίο μοιράζεται σε ποσοστό από 100 έως και 4000 τελικούς χρήστες. Σημειώστε το μέσο ρυθμό bit ανά τελικό χρήστη PC είναι μόνο 10 - 20kbit / s. Αυτό είναι επαρκές για τους περισσότερους ανθρώπους, αλλά σίγουρα δεν είναι κατάλληλο για άτομα που θέλουν να κάνουν μεγάλης κλίμακας μεταφοράς αρχείων, βίντεο ή μουσική ή να μιλάνε για μεγάλο χρονικό διάστημα με τη χρήση VoIP τηλεφώνων.

Οι επιχειρηματικοί χρήστες τείνουν να επιλέξουν υπηρεσίες εύρους ζώνης όπου κάθε συμμόρφωση είναι υπό τον δικό τους έλεγχο. Κάθε απομακρυσμένη

τοποθεσία μπορεί επίσης να είναι εξοπλισμένη με ένα τηλέφωνο-μόντεμ. Οι συνδέσεις για αυτό είναι σαν ένα συμβατικό dial-up ISP. Αμφίδρομα δορυφορικά συστήματα, μπορεί ενίοτε να χρησιμοποιούν το modem channel και στις δύο κατευθύνσεις για τα δεδομένα διότι το latency (**Latency** είναι η καθυστέρηση μεταξύ των αιτούμενων δεδομένων και τις απάντησης, ή, στην περίπτωση της μονόδρομης επικοινωνίας, μεταξύ της πραγματικής στιγμής της εκπομπής και τη στιγμή που πράγματι τα δεδομένα φτάνουν στον προορισμό) είναι πιο σημαντικό από το εύρος ζώνης, αντιθέτως στο δορυφορικό κανάλι για λήψη δεδομένων, το εύρος ζώνης είναι πιο σημαντικό από το latency, όπως στις μεταφορές αρχείων. Σο 2006, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χορήγησε το project Unic που αποβλέπει στην ανάπτυξη μίας end-to-end επιστημονικής δοκιμής για τη διανομή των νέων ευρυζωνικών διαδραστικών υπηρεσιών κεντρικών-τηλεοράσεων που παρέχουν χαμηλό κόστους αμφίδρομη δορυφορική τηλεόραση στους τελικούς χρήστες στο σπίτι. Η αρχιτεκτονική Unic χρησιμοποιεί το **DVB-S2** πρότυπο για downlink και **DVB-RCS** πρότυπο για uplink. Συνηθισμένα VSAT πιάτα (1.2-2.4m dia) χρησιμοποιούνται ευρέως για υπηρεσίες VoIP τηλεφώνου. Η φωνητική κλήση αποστέλλεται μέσα σε πακέτα μέσω δορυφόρου και διαδικτύου. Χρησιμοποιώντας τεχνικές κωδικοποίησης και συμπίεσης το ποσοστό ροής bit που απαιτείται ανά κλήση είναι μόνο 10,8 kbit / s προς κάθε κατεύθυνση.

Φορητά δορυφορικά modem

Αυτά συνήθως έρχονται με τη μορφή ενός ανεξάρτητου ορθογώνιου κουτιού που πρέπει να τοποθετηθεί στη γενική κατεύθυνση του δορυφόρου σε αντίκες με την ευθυγράμμιση VSAT, δεν χρειάζεται να είναι πολύ ακριβής, και το μόντεμ που έχει κατασκευαστεί στην ισχύ του σήματος βοηθούν τον χρήστη να ευθυγραμμίσει σωστά τη συσκευή.



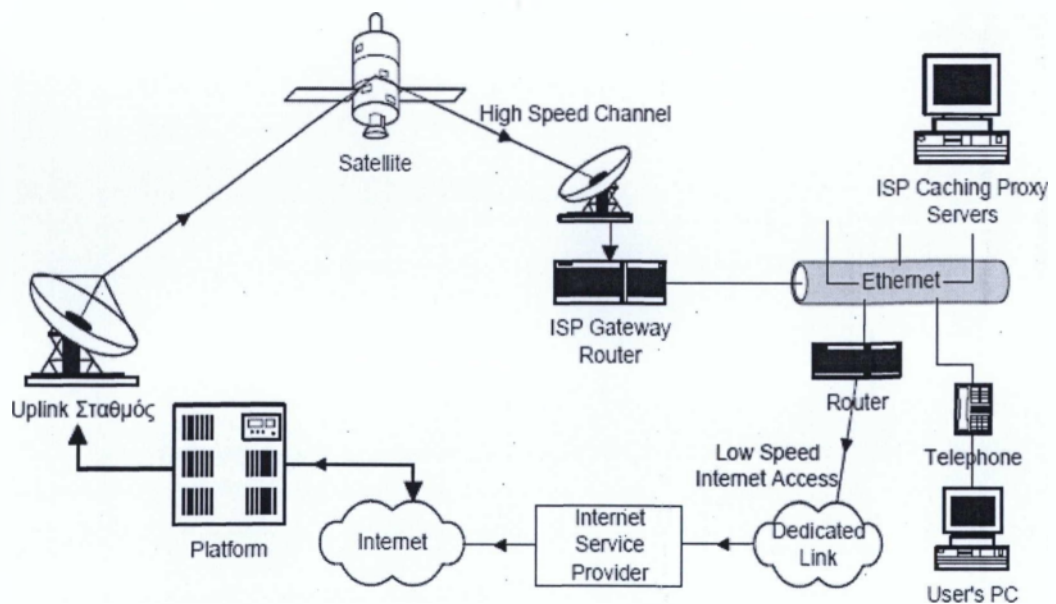
Εικόνα. Δορυφορικό modem.

Τα μόντεμ έχουν βύσματα διασύνδεσης που χρησιμοποιούνται συνήθως, όπως Ethernet ή Universal Serial Bus. Ορισμένα, επίσης, διαθέτουν ενσωματωμένο Bluetooth πομποδέκτη και διπλό σαν ένα δορυφορικό τηλέφωνο. Στα μόντεμ τείνουν επίσης να έχουν τις δικές τους μπαταρίες, έτσι ώστε να μπορεί να συνδεθεί με ένα laptop χωρίς αποστράγγιση της μπαταρίας. Τα πιο συχνά τέτοια συστήματα είναι τα INMARSAT του BGAN. Αυτά τα τερματικά έχουν περίπου το μέγεθος ενός χαρτοφύλακα και έχουν σχεδόν συμμετρική σύνδεση ταχύτητας της τάξης των 350-500 kbit / s. Μικρότερα μόντεμ υπάρχουν, όπως αυτά που προσφέρονται από **Thuraya** αλλά μόνο σύνδεση ταχύτητας 144 Kbit / s σε μια περιορισμένη περιοχή κάλυψης.

Η χρησιμοποίηση ενός τέτοιου μόντεμ είναι εξαιρετικά ακριβή με κόστος εύρους ζώνης μεταξύ \$ 5 και \$ 7 ανά megabyte. Τα μόντεμ τα ίδια είναι επίσης ακριβά, αφού κοστίζουν μεταξύ \$ 1000 και \$ 4000 (Χύτας, 2009).

5.3 ΜΟΝΟΔΡΟΜΟ INTERNET

Το μονόδρομο δορυφορικό Internet αποτελεί την ιδανική λύση για πρόσβαση ιδιαίτερα υψηλής ταχύτητας στο Internet από περιοχές στις οποίες δεν υπάρχουν επίγεια ευρυζωνικά δίκτυα. Για να μπορέσει κάποιος να συνδεθεί χρειάζεται τον εξοπλισμό δορυφορικής λήψης που επιτρέπει επιπρόσθετα την λήψη τηλεοπτικών καναλιών και ραδιοφώνου. Για να μειωθεί το κόστος, ο χρήστης κατεβάζει τα δεδομένα μέσω του δορυφόρου αλλά ανεβάζει δεδομένα μέσα από μια απλή τηλεφωνική γραμμή. Χρησιμοποιώντας το ειδικό πρόγραμμα της υπηρεσίας, γίνεται αυτόματα κλίση μέσω του μόντεμ στον επιλεγμένο ISP και ακολούθως ξεκινά η μεταφορά δεδομένων.



Εικόνα. Μονόδρομο δορυφορικό Internet

Το μονόδρομο δορυφορικό Internet χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- A) One-way receive, with terrestrial transmit
- B) One-way multicast, receive only.

A) One-way receive, with terrestrial transmit

Η σύνδεση σε μονόδρομη (unicast) δορυφορική σύνδεση που επιτρέπει μόνο downloading (κατέβασμα αρχείων). Πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό επίγειας και δορυφορικής σύνδεσης. Αρκεί ένας υπολογιστής, μια επίγεια σύνδεση στο Internet και μία κάρτα για λήψης σήματος DVB (Digital Video Broadcast), με το κατάλληλο λογισμικό για να λάβει τα δεδομένα και να τα δώσει ως IP πακέτα στο λειτουργικό σύστημα. Υπάρχουν βέβαια και ειδικά δορυφορικά modem, αλλά το κόστος τους είναι πολύ μεγαλύτερο από μια κάρτα DVB. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο επιτυγχάνεται μέσω κάποιου proxy ή socks server.

Ο χρήστης ζητά μέσω της επίγειας σύνδεσης του κάποια δεδομένα, και ο server (εξυπηρετητής) τις δορυφορικής υπηρεσίας τοποθετεί αυτά τα πακέτα στο data stream (ροή δεδομένων) που εκπέμπεται από το δορυφόρο. Η εταιρία που παρέχει την υπηρεσία νοικιάζει ένα κύκλωμα σε ένα δορυφόρο. Στο δορυφόρο εκπέμπεται ένα μεγάλο stream, μέσα στο οποίο υπάρχουν τα δεδομένα όλων των χρηστών. Ο δορυφόρος επανεκπέμπει αυτό το stream προς τη Γη και αυτολαμβάνεται από όλους τους χρήστες. Εναπόκειται στην ευχέρεια του υπολογιστή του χρήστη να φιλτράρει τα δεδομένα που απευθύνονται σε αυτόν και να τα χειριστεί κατάλληλα. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται στο μονόδρομο δορυφορικό Internet είναι της τάξεως του 1-2 Mbps. Συνήθως η ονομαστική ταχύτητα είναι 2Mbps, αλλά δεν επιτυγχάνεται πάντοτε, λόγω φόρτου στο επίγειο δίκτυο που διασύνδεει την εταιρία παροχής με το υπόλοιπο Διαδίκτυο. Ωστόσο, οι κάρτες DVB αναφέρουν στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά τα

192Mbps ως μέγιστο ρυθμό διαμεταγωγής δεδομένων. Ένας άλλος τύπος συστήματος μονόδρομου δορυφορικού Internet συνεπάγεται τη χρήση General Packet Radio Service (GPRS) για το κανάλι επιστροφής.

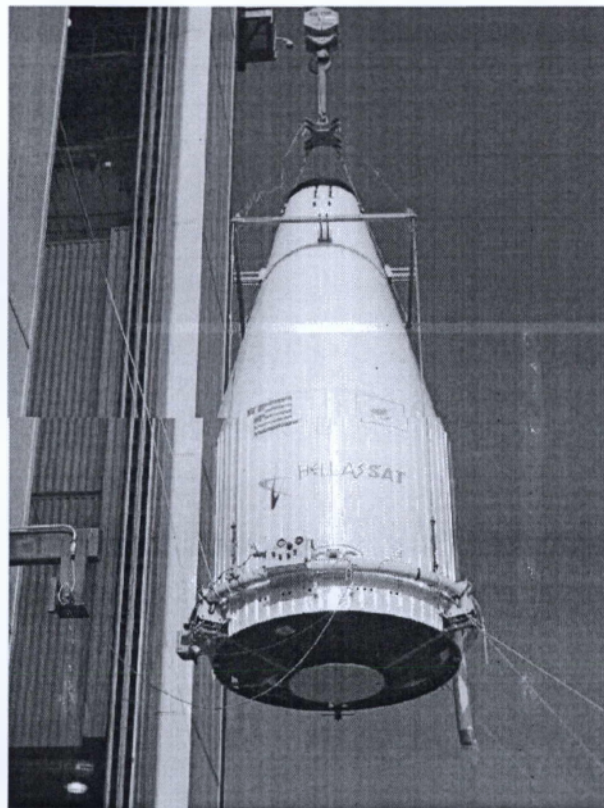
B) One-way multicast, receive only

Η δεύτερη κατηγορία της μονόδρομης είναι η multicast σύνδεση, η οποία συνήθως προσφέρεται ως επιπλέον δώρο στις συνδρομές. Η εταιρία που παρέχει τη σύνδεση στέλνει αρχεία και προγράμματα μέσω του δορυφόρου, τα οποία μπορούν να κατεβάσουν όλοι οι συνδρομητές της. Τα αρχεία αυτά μπορεί να τα επιλέγει η ίδια η εταιρία, ή μπορεί να τα ζητά ο κάθε χρήστης ξεχωριστά. Πλεονέκτημα της σύνδεσης αυτής για την εταιρία είναι ότι με ένα μόνο stream (κάτι σαν ένα τηλεοπτικό κανάλι μέσα σε ένα "μπουκέτο") εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες της, σε αντίθεση με την απλή μονόδρομη, όπου κάθε χρήστης καταλαμβάνει ένα μέρος της χωρητικότητας του αναμεταδότη. Για το λόγο αυτό, στις 96 multicast εκπομπές οι ταχύτητες είναι συνήθως πολύ υψηλές. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ο ίδιος με τη μονόδρομη σύνδεση. Εντούτοις, σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητη η επίγεια σύνδεση (όταν βέβαια τα αρχεία τα επιλέγει ο ίδιος ο πάροχος).

Συστήματα μονόδρομου multicast δορυφορικού internet χρησιμοποιούν το Internet Protocol (IP) και multicast βάση δεδομένων για την διανομή ήχου και βίντεο. Στις ΗΠΑ, η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) απαιτεί άδεια μόνο για το σταθμό uplink και δεν απαιτεί άδεια για τους χρήστες. Σημειώνεται ότι τα περισσότερα πρωτόκολλα Internet, δεν θα λειτουργήσουν σωστά πάνω από την μονόδρομη πρόσβαση, επειδή αυτά προϋποθέτουν ένα κανάλι επιστροφής. Ωστόσο, το περιεχόμενο του Internet, όπως ιστοσελίδες μπορούν ακόμη να διανεμηθεί με ένα σύστημα "pushing" με τοπική αποθήκευση σε τοποθεσίες του τελικού χρήστη, αν και η πλήρη διαδραστικότητα δεν είναι δυνατή (Χυτάς, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. HELLAS SAT

Το 2003 η Ελλάδα συνεργάστηκε με την Κύπρο και εκτόξευσαν τον τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο Hellas Sat, ο οποίος δημιουργήθηκε από μία Γαλλική εταιρεία. Το κόστος του δορυφόρου ξεπέρασε τα 170 εκατομμύρια ευρώ αλλά παρέχει μια σειρά τηλεπικοινωνιακών και τηλεοπτικών υπηρεσιών όπως δορυφορικό Internet, συλλογή και διανομή ήχου, εικόνας και δεδομένων, και ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση. Ο δορυφόρος Hellas Sat είναι εξοπλισμένος με 30 αναμεταδότες FSS και η λήψη γίνεται από κεραιές των 60 εκατοστών. Ο ΟΤΕ ελέγχει σχεδόν το 83% της κοινοπραξίας Hellas Sat (Κλιάφας, 2008).



Εικόνα 1. Ο Ελληνικό-κυπριακός δορυφόρος.
Πηγή: Κλιάφας, 2008

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Η ασφάλεια των ασύρματων επικοινωνιών αποτελεί ένα από τα σημαντικά προβλήματα (Κλιάφας, 2008) καθώς είναι βασικό στοιχείο η διαχείριση και η ασφαλή μετάδοση των δεδομένων κατά την επικοινωνιακή σύνδεση (Σωμαράς, 2013).

Υπάρχουν εφαρμογές που διαχειρίζονται και κωδικοποιούν τα δεδομένα που μεταδίδονται. Έτσι υπάρχουν πολλές τεχνικές που βασίζονται:

- σε αλγόριθμους αντικατάστασης όπου κάθε γράμμα αντικαθίσταται από ένα άλλο
- σε αλγόριθμους αλλαγής θέσης (αλλαγή θέσης των γραμμάτων σε ένα string)
- στην γνησιότητα-πιστοποίηση κ.ά (Σωμαράς, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την διπλωματική εργασία έγινε μια εκτενής αναφορά για τα δορυφορικά δίκτυα, την ιστορία τους, τη δομή και τη χρήση αυτών.

Στις μέρες μας οι δορυφορικές υπηρεσίες χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς όπως στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, στα συστήματα πλοήγησης, σε επιστημονικές και στρατιωτικές υπηρεσίες, στη παρατήρηση της Γης κ.α. και ανάλογα με την υπηρεσία χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος τύπος δορυφόρου ο οποίος τοποθετείται στην ανάλογη τροχιά. Τα δορυφορικά δίκτυα δίνουν την δυνατότητα επικοινωνίας σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στη γη και καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Επίσης, δίνουν την δυνατότητα επικοινωνίας και σε κινητούς χρήστες. Οι δορυφόροι μπορούν να παρέχουν κάλυψη και σε περιοχές όπου η εγκατάσταση καλωδίων είναι δύσκολη. Επίσης, ένα δίκτυο μπορεί να εγκατασταθεί πολύ πιο γρήγορα από ένα ενσύρματο δίκτυο. Οι δορυφόροι δίνουν την δυνατότητα της εύκολης εκπομπής μηνυμάτων προς ένα μεγάλο αριθμό επίγειων σταθμών.

Οι σημαντικότερες εφαρμογές των δορυφορικών συστημάτων επικοινωνιών είναι η τηλεφωνία, η πρόσβαση στο διαδίκτυο, το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS), η δορυφορική τηλεόραση και το ράδιο. Ένα τυπικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα αποτελείται από ένα δορυφόρο και ένα επίγειο σταθμό.

Το δορυφορικό σύστημα βασίζεται στη δορυφορική ζεύξη. Για να δημιουργηθεί και να μελετηθεί απαιτούνται οι γνώσεις γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό και τη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό. Όμως το δορυφορικό σύστημα, επειδή χρησιμοποιεί την διάδοση σημάτων στο διάστημα, αντιμετωπίζει το πρόβλημα του θορύβου και τις παρεμβολές που δημιουργούνται από όλα τα επιμέρους τμήματά του, ακόμα και από το ίδιο του το περιβάλλον.

Οι δορυφορικές υπηρεσίες έχουν την δυνατότητα να εξυπηρετήσουν χρήστες που βρίσκονται σε όλα τα σημεία της γης, παρόλα αυτά έχουν να αντιμετωπίσουν τον μεγάλο ανταγωνισμό από τις επίγειες υπηρεσίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γαβρίλης, Κ., Μεταξά, Μ., Νιάρχος, Π., Παπαμιχάλης, Κ., (1998), Στοιχεία αστρονομίας και διαστημικής, Β' Τάξη Γενικού Λυκείου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.
2. Σωμαράς, Χ., (2013), Αρχιτεκτονική και διαχείριση των δορυφορικών δικτύων και επικοινωνιών (Μεταπτυχιακή διατριβή διαθέσιμη στη σελίδα: http://conta.uom.gr/conta/ekpaidevsh/metaptychiaka/technologies_diktywn/ergasies/SatelliteNetworks.pdf).
3. Τσαγκλής, Η., (2006), Το νέο δορυφορικό πρότυπο εκπομπής DVB-S2: Θέματα ενθυλάκωσης, Σηματοδοσίας και Συμβατότητας (Διπλωματική εργασία διαθέσιμη στο Internet).
4. Καψάλης, Χ., Κωττής, Π., (2003), Δορυφορικές επικοινωνίες. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
5. Κλιάφας, Α., (2008), Satellite Networks, Interrdepartmental program of postgraduate studies in information systems.
6. Μυλωνάς, Α., (2009), Δορυφόροι, <http://astronomia.org.gr/files/arismil/arissat.pdf>
7. Πανταζάτου, Κ., (2009), Ηλεκτρομαγνητική μελέτη και υλοποίηση διαύλου επικοινωνίας δορυφορικού καναλιού (Διπλωματική εργασία διαθέσιμη στη σελίδα: [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/2580/3/Nimertis_Pantazatou\(ele\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/2580/3/Nimertis_Pantazatou(ele).pdf))
8. Παπαπαύλου, Χ., (2010), Μοντέλα διαύλου για δορυφορικά συστήματα κινητών επικοινωνιών (Διπλωματική εργασία διαθέσιμη στη σελίδα: <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/4054/1/Papapaulou.pdf>)

9. Χυτάς, Ε., (2009), Μελέτη αρχιτεκτονικής δικτύων δορυφορικού ιντερνετ, (Διπλωματική εργασία).

B. ΞΕΝΗ

10. Alkyildiz, F., I., Uzunalioglu, H., Bender, D., M., (1999), Handover management in Low Earth orbit (LEO) satellite networks, *Mobile Networks and Applications*, Vol. 4, pp. 301-310.
11. Brown, G., Harris, W., (2011), How satellites work, <http://science.howstuffworks.com/satellite6.htm>
12. Elbert, R., B., (2008), Introduction to satellite communication, Third edition, Artech House.
13. ESA- eduspace, (2000), Δορυφορικές τροχιές: Εισαγωγή http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_GR/SEMAPY4PVFG_0.html
14. Gulf of Main Research Institute, 2012, How satellite works, <http://www.gma.org/surfing/sats.html>
15. Kidd, C., Levizzani, V., Bauer, P., (2011), A review of satellite meteorology and climatology at the start the twenty - first century, *Progress in physical geography*, 35:65-86.
16. Maral, G., Bousquet, M., (2000), *Satellite communications: Systems, Technics, Technology*, (Μεταφρασμένο από Βαρδιάμπασης, Ι., Χατζαράκης, Γ., (2000), *Δορυφορικές επικοινωνίες: Συστήματα, Τεχνικές, Τεχνολογία*, Τρίτη έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη).
17. Nasa, (2013), What is a satellite, http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/what-is-a-satellite-58.html#.VDfyTPI_sg0
18. Petroni, G., Venturini, K., Santin, S., (2010), Space technology transfer policies: Learning from scientific satellite case studies, *Space Policy*, Vol. 26, pp. 39-52.

19. Riebeek, H., (2009), Catalog of earth satellite orbits, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/>
20. Rouse, M., (2008), Satellite, <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/satellite>.
21. Telesat, Advantages of satellite <http://www.telesat.com/about-us/why-satellite/advantages-satellites>