



- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ

ΔΙΚΤΥΩΝ

**ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ

A.M <235876>

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ>	- 2 -
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 2 -
1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ;.....	- 3 -
1.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	- 4 -
1.3 ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ / CONFIGURATION	- 11 -
1.3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	- 12 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 15 -
2.1 ΚΕPLER	- 15 -
2.2 ΕΙΔΗ ΤΡΟΧΙΩΝ	- 17 -
2.3 ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΡΟΧΙΩΝ	- 21 -
2.4 ΣΥΝΟΨΗ	- 23 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	- 25 -
3.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	- 25 -

3.2 ΕΙΔΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	- 26 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:INTERNET OVER SATELLITE	- 27 -
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 27 -
4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ INTERNET	- 27 -
4.3 ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ INTERNET	- 29 -
4.3.1 ΜΟΝΟΔΡΟΜΗ ΣΥΝΔΕΣΗ.....	- 32 -
4.3.2 ΑΜΦΙΔΡΟΜΗ ΣΥΝΔΕΣΗ	- 34 -
4.4 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	- 34 -
4.5 ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ QOS	- 36 -
4.6 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ	- 40 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ISP : Internet Service Provider

QoS : Quality of Service

IoS : Internet over Satellite

SCORE : Signal Communication by Orbiting Relay Equipment

NASA : National Aeronautics and Space Administration

DTH : Direct-to-Home

ΣΕΣΤ : Σύστημα ελέγχου στάσης & τροχιάς

GOCI : Geostationary Ocean Color Imager

GEO : Geostationary Earth Orbit

GSO : GeoSynchronous Orbit

HEO : High Earth Orbit

MEO : Medium Earth Orbit

LEO : Lower Earth Orbit

ICO : Intermediate Earth Orbit

SSO : Sun Synchronous Orbit

VSAT : Very Small Aperture Terminal

TDMA: Time Division Multiple Access

SCPC : Single Channel per Carrier

ADSL : Asymmetric digital subscriber line

DVB : Digital Video Broadcast

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ>

1.1 Εισαγωγή

Τα δίκτυα βασισμένα στη δορυφορική επικοινωνία αποτελούν σήμερα ένα απαραίτητο κομμάτι της πλειοψηφίας των μεγαλύτερων επικοινωνιακών συστημάτων. Οι δορυφόροι έχουν την μοναδική ιδιότητα να παρέχουν κάλυψη μεγάλων γεωγραφικών περιοχών. Η ως αποτέλεσμα (της κάλυψης μεγάλων γεωγραφικών περιοχών) διασυνδεσιμότητα μεταξύ επικοινωνιακών πηγών προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε εφαρμογές όπως τη διασύνδεση μεγάλων κόμβων κυκλοφορίας (π.χ. τηλεφωνικών ανταλλαγών), τη απευθείας προμήθεια συνδέσεων από άκρη σε άκρη στους χρήστες, κινητές τηλεπικοινωνίες, και τις αναμεταδόσεις τηλεόρασης και ήχου άμεσα στο κοινό.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει έχουν προωθήσει την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας μέσα σε μόλις τρεις (3) δεκαετίες. Μέχρι και σήμερα, τα μεγαλύτερα κέρδη στο τηλεπικοινωνιακό τομέα προέρχονται από την επικοινωνία άκρη σε άκρη σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο, την άμεση τηλεοπτική αναμετάδοση και τις κινητές τηλεπικοινωνίες. Πρόσφατα, τα συστήματα οπτικών ινών ανταγωνίζονται τα δορυφορικά επικοινωνιακά συστήματα στις επικοινωνίες από άκρη σε άκρη μεταξύ πηγών κυκλοφορίας μεγάλης συγκέντρωσης. Για τη διατήρηση ενός ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, υπήρξε αναγκαία η ανάπτυξη διαφόρων νέων τεχνικών. Συνεχίζεται έτσι η ραγδαία εξέλιξη της δορυφορικής τεχνολογίας, με επίκεντρο τους τομείς όπου μπορούν οι δορυφόροι να προσφέρουν μοναδικά πλεονεκτήματα.

Τέτοιες εφαρμογές περιλαμβάνουν την παροχή υπηρεσιών κατευθείαν στους πελάτες αξιοποιώντας επίγειους σταθμούς χαμηλού κόστους και άμεσων τηλεοπτικών / ακουστικών αναμεταδόσεων και την κατανομή / συγκέντρωση δεδομένων από ευρέως διανεμημένους ακροδέκτες. Σε πολλές εφαρμογές, όπως τη διανομή βίντεο, οι πάροχοι των υπηρεσιών συνδυάζουν τα ωφέλη των δορυφορικών επικοινωνιών με τα συστήματα οπτικών ινών για την επίτευξη της καλύτερης λύσης για τις ανάγκες των πελατών τους. Παρόμοια, έχουν εμφανιστεί συστήματα που συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των συστημάτων δορυφορικής κινητής επικοινωνίας με αυτά των

επίγειων κινητών συστημάτων για την παροχή απρόσκοπτης κάλυψης. Πρόσφατες πρόοδοι στην αρχιτεκτονική των συστημάτων επιτρέπουν την εισαγωγή των υπηρεσιών προσωπικών δορυφορικών επικοινωνιών.

1.2 Τι είναι η δορυφορική επικοινωνία ;

Για να απαντήσουμε εμπεριστατωμένα σε αυτή την ερώτηση θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε κάποιες βασικές έννοιες, όπως τι είναι ένας τεχνητός δορυφόρος, και συγκεκριμένα ένας τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος . Ένας **τεχνητός δορυφόρος** είναι οποιαδήποτε κατασκευή, που δημιουργήθηκε από τον άνθρωπο, τοποθετείται σε τροχιά γύρω από ένα ουράνιο σώμα, ενώ ειδικότερα, **τεχνητός δορυφόρος της Γης** λέγεται κάθε αντικείμενο που τοποθετείται από τον άνθρωπο σε τροχιά γύρω από αυτήν.

1. Αντιθέτως, όλα τα ουράνια σώματα που είναι μέρη του Ηλιακού Συστήματος, συμπεριλαμβανομένης και της Γης, είναι δορυφόροι είτε του Ήλιου, είτε δορυφόροι άλλων ουράνιων σωμάτων. Αυτοί οι δορυφόροι λέγονται φυσικοί δορυφόροι, προκειμένου να διακρίνονται από τους τεχνητούς.
2. Η εκτόξευση και η τοποθέτηση σε κατάλληλη τροχιά γίνεται με πυραύλους, οι οποίοι συνήθως αποτελούνται από πολλά μέρη (ορόφους). Κάθε όροφος είναι ένας ξεχωριστός πύραυλος, ο οποίος αρχίζει να λειτουργεί όταν εξαντληθούν τα καύσιμα του προηγούμενου ορόφου, ο οποίος αποσπάται και απορρίπτεται. Με τον τρόπο αυτόν το μέρος που απομένει έχει μικρότερο βάρος και συνεχίζει το ταξίδι του με ολοένα μεγαλύτερη ταχύτητα, μέχρι να φτάσει στο προβλεπόμενο ύψος και με την απαραίτητη ταχύτητα. ([contributors, Τεχνητός δορυφόρος, 2018](#))^[1]

Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος ονομάζεται ο μη επανδρωμένος τεχνητός δορυφόρος (*unmanned artificial satellite*), μέσω του οποίου παρέχονται υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, όπως τηλεοπτικής και ραδιοφωνικής μετάδοσης, τηλεφωνικών επικοινωνιών και συνδέσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών. ([Μπούρας Χ., 2017](#))^[2]

[1] https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητός_δορυφόρος

[2] http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras_site/lectures//08_Satellite.pdf?language=el

Εκτιμάται πως περίπου 2.000 τεχνητοί δορυφόροι που περιστρέφονται γύρω από τη γή αναμεταδίδουν αναλογικά και ψηφιακά σήματα που μεταφέρουν φωνή, βίντεο και δεδομένα από και προς μία ή περισσότερες τοποθεσίες παγκοσμίως.

1.2.1 Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα της επικοινωνίας μέσω ενός δορυφόρου εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη σύντομη ιστορία με τίτλο "Το τούβλινο φεγγάρι", γραμμένο από τον Αμερικανό κληρικός και τον συγγραφέα Edward Everett Hale και δημοσιεύθηκε στο *The Atlantic Monthly* το 1869-70. Η ιστορία περιγράφει την κατασκευή και την εκτόξευση σε τροχιά της Γης ενός δορυφόρου διαμέτρου 60 μέτρων και κατασκευασμένου από τούβλα. Το φεγγάρι των τούβλων βοήθησε τους ναυτικούς στη ναυσιπλοΐα, καθώς οι άνθρωποι έστειλαν κώδικα Morse πίσω στη Γη, πηδώντας πάνω και κάτω στην επιφάνεια του δορυφόρου. Η πρώτη πρακτική ιδέα της δορυφορικής επικοινωνίας προτάθηκε από τον 27χρονο αξιωματικό της Βασιλικής Πολεμικής Αεροπορίας Arthur C. Clarke σε ένα έγγραφο με τίτλο "Εξωγήινες Αναμεταδόσεις: Μπορούν Πύραυλοι να Δίνουν Παγκόσμια Ραδιοφωνική Κάλυψη;" που δημοσιεύθηκε στο τεύχος Οκτωβρίου 1945 της *Wireless World*. Ο Clarke, που αργότερα θα γίνει καταξιωμένος συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας, πρότεινε ότι ένας δορυφόρος σε υψόμετρο 35.786 χλμ (22.236 μίλια) πάνω από την επιφάνεια της Γης θα κινείται με την ίδια ταχύτητα με την περιστροφή της Γης. Σε αυτό το ύψος ο δορυφόρος θα παραμείνει σε σταθερή θέση σε σχέση με ένα σημείο στη Γη. Αυτή η τροχιά, που τώρα ονομάζεται "γεωστατική τροχιά", είναι ιδανική για δορυφορικές επικοινωνίες, καθώς μια κεραία στο έδαφος μπορεί να κατευθύνεται προς έναν δορυφόρο 24 ώρες την ημέρα χωρίς να χρειάζεται να εντοπίζει τη θέση του. Ο Clarke υπολόγισε στο έγγραφό του ότι τρεις δορυφόροι που απέχουν ισόποσα σε γεωστατική τροχιά θα είναι σε θέση να παρέχουν ραδιοφωνική κάλυψη σχεδόν παγκόσμια, με μόνη εξαίρεση μερικές από τις πολικές περιοχές.

Ο πρώτος τεχνητός δορυφόρος, *Sputnik 1*, εκτοξεύτηκε με επιτυχία από τη Σοβιετική Ένωση στις 4 Οκτωβρίου 1957. Ο *Sputnik 1* ήταν μόνο 58 εκατοστά (23 ίντσες) σε διάμετρο, με τέσσερις κεραίες να στέλνουν ραδιοφωνικά σήματα χαμηλής

συχνότητας σε τακτά χρονικά διαστήματα. Περνά γύρω από τη Γη σε μια ελλειπτική τροχιά, παίρνοντας 96,2 λεπτά για να ολοκληρώσει μια περιστροφή. Μετέδιδε σήματα μόνο για 22 ημέρες έως ότου η μπαταρία του έληξε και ήταν σε τροχιά μόνο για τρεις μήνες, αλλά η εκτόξευσή του πυροδότησε την έναρξη του διαστημικού αγώνα μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και της Σοβιετικής Ένωσης.



A model of Sputnik 1, the first artificial satellite (launched Oct. 4, 1957).

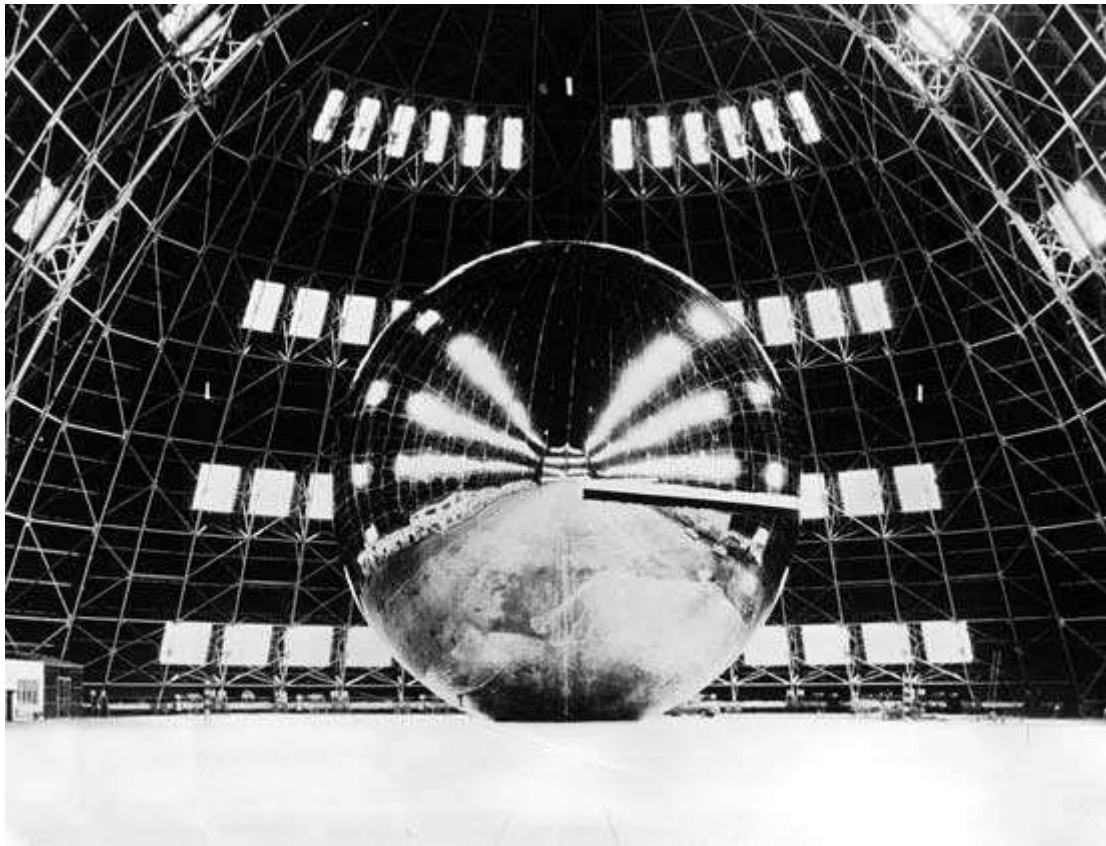
NASA History Office^[3]

Ο πρώτος δορυφόρος που επίτευξε την αναμετάδοση σήματος φωνής ξεκίνησε από το έργο της Αμερικανικής κυβέρνησης, SCORE (Επικοινωνία σήματος από εξοπλισμό αναμετάδοσης σε τροχιά) από το Cape Canaveral της Φλόριντα, στις 19 Δεκεμβρίου 1958. Αναμετάδωσε ένα μαγνητοφωνημένο μήνυμα που απέδιδε "ειρήνη στη γη και καλή θέληση προς τους άνδρες παντού" από τον τότε Πρόεδρο των Ηνωμένων Πολιτειών Dwight D. Eisenhower.

^[3] <https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>

Οι Αμερικανοί μηχανικοί John Pierce των Bell Laboratories της Αμερικανικής Εταιρείας Τηλεφ-ωνικών και Τηλεγραφικών Εταιρειών (AT & T's Bell Laboratories) και Harold Rosen της Hughes Aircraft Company ανέπτυξαν βασικές τεχνολογίες στη δεκαετία του 1950 και στη δεκαετία του '60 που κατέστησαν εφικτούς τους δορυφόρους εμπορικής επικοινωνίας. Ο Pierce περιέγραψε τις αρχές των δορυφορικών επικοινωνιών σε ένα άρθρο με τίτλο "Orbital Radio Relays" που δημοσιεύθηκε στο τεύχος του Απριλίου 1955 του Jet Propulsion. Σε αυτό υπολογίζει τις ακριβείς απαιτήσεις ισχύος για τη μετάδοση σημάτων σε δορυφόρους σε διάφορες τροχιές της Γης. Η κύρια συνεισφορά της Pierce στη δορυφορική τεχνολογία ήταν η ανάπτυξη του ενισχυτή λυχνιών ταξιδεύοντος κύματος, που επέτρεψε σε ένα δορυφόρο να δέχεται, να ενισχύει και να μεταδίδει ραδιοσήματα. Ο Rosen ανέπτυξε τεχνολογία σταθεροποίησης περιστροφής, που παρείχε σταθερότητα στους δορυφόρους σε τροχιά γύρω από το διάστημα.

Όταν η αμερικανική Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος (NASA) ιδρύθηκε το 1958, ξεκίνησε ένα πρόγραμμα ανάπτυξης δορυφορικής τεχνολογίας. Το πρώτο έργο της NASA ήταν ο δορυφόρος Echo 1 που αναπτύχθηκε σε συντονισμό με τα Bell Labs της AT & T. Ο Pierce οδήγησε μια ομάδα στο Bell Labs που ανέπτυξε το δορυφόρο Echo 1, το οποίο εκτοξεύτηκε στις 12 Αυγούστου 1960. Ο Echo 1 ήταν ένα μπαλόνι με επικάλυψη αλουμινίου 30,5 μέτρων που δεν περιείχε όργανα, αλλά ήταν σε θέση να αντανακλά τα σήματα το έδαφος. Δεδομένου ότι ο Echo 1 αντανακλούσε μόνο σήματα, θεωρήθηκε ένας παθητικός δορυφόρος. Ο Echo 2, ο οποίος διοικούταν από το Κέντρο πτήσης Goddard της NASA στο Beltsville, Maryland, εκτοξεύτηκε στις 25 Ιανουαρίου 1964. Μετά τον Echo 2, η NASA εγκατέλειψε παθητικά συστήματα επικοινωνιών υπέρ των ενεργών δορυφόρων. Οι δορυφόροι Echo 1 και Echo 2 πιστώθηκαν με τη βελτίωση της τεχνολογίας δορυφορικού εντοπισμού και επίγειων σταθμών που αποδείχθηκε απαραίτητη αργότερα για την ανάπτυξη ενεργών δορυφορικών συστημάτων.



Echo 1 communications satellite, during a test inflation in a dirigible hangar prior to launch on August 12, 1960.
NASA^[3]

Η ομάδα του Pierce στα Bell Labs ανέπτυξε επίσης το Telstar 1, τον πρώτο ενεργό δορυφόρο επικοινωνιών ικανό για αμφίδρομες επικοινωνίες. Το Telstar 1 εκτοξεύτηκε στη χαμηλή τροχιά της Γης στις 10 Ιουλίου 1962, με πυραύλους Delta. Η NASA παρείχε τις υπηρεσίες εκτόξευσης και κάποια υποστήριξη παρακολούθησης και τηλεμετρίας. Το Telstar 1 ήταν ο πρώτος δορυφόρος για τη μετάδοση ζωντανών τηλεοπτικών εικόνων μεταξύ Ευρώπης και Βόρειας Αμερικής. Το Telstar 1 επίσης έστειλε την πρώτη τηλεφωνική κλήση μέσω δορυφόρου - μια σύντομη κλήση από τον πρόεδρο της AT & T Frederick Kappel που διαβιβάστηκε από τον σταθμό εδάφους στο Andover, Maine, στον τότε Πρόεδρο των Ηνωμένων Πολιτειών Lyndon Johnson στην Ουάσιγκτον, D.C.

^[3] <https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>

Η ομάδα του Rosen στην Hughes Aircraft προσπάθησε να τοποθετήσει τον πρώτο δορυφόρο σε γεωστατική τροχιά, Syncom 1, στις 14 Φεβρουαρίου 1963. Ωστόσο, το Syncom 1 χάθηκε λίγο μετά την εκτόξευση. Το Syncom 1 ακολουθήθηκε από την επιτυχή εκτόξευση του Syncom 2, του πρώτου δορυφόρου σε μια γεωσύγχρονη τροχιά (μια τροχιά που έχει μια περίοδο 24 ωρών αλλά έχει κλίση προς τον Ισημερινό) στις 26 Ιουλίου 1963 και το Syncom 3, τον πρώτο δορυφόρο σε μια γεωστατική τροχιά, στις 19 Αυγούστου 1964. Ο Syncom 3 μετέδωσε τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 1964 από το Τόκιο της Ιαπωνίας στις Ηνωμένες Πολιτείες, το πρώτο μεγάλο αθλητικό γεγονός που μεταδίδεται μέσω δορυφόρου.

Η επιτυχημένη ανάπτυξη της δορυφορικής τεχνολογίας άνοιξε το δρόμο για μια παγκόσμια δορυφορική βιομηχανία επικοινωνιών. Οι Ηνωμένες Πολιτείες πρωταγωνίστησαν στην ανάπτυξη της βιομηχανίας δορυφορικών επικοινωνιών με τη θέσπιση του νόμου για το δορυφορικό σύστημα επικοινωνιών το 1962. Το νομοσχέδιο επέτρεψε τη δημιουργία της εταιρείας δορυφορικών επικοινωνιών Comsat, μιας ιδιωτικής εταιρείας που θα αντιπροσωπεύει τις Ηνωμένες Πολιτείες σε μια διεθνή κοινοπραξία δορυφορικών επικοινωνιών που ονομάζεται Intelsat.



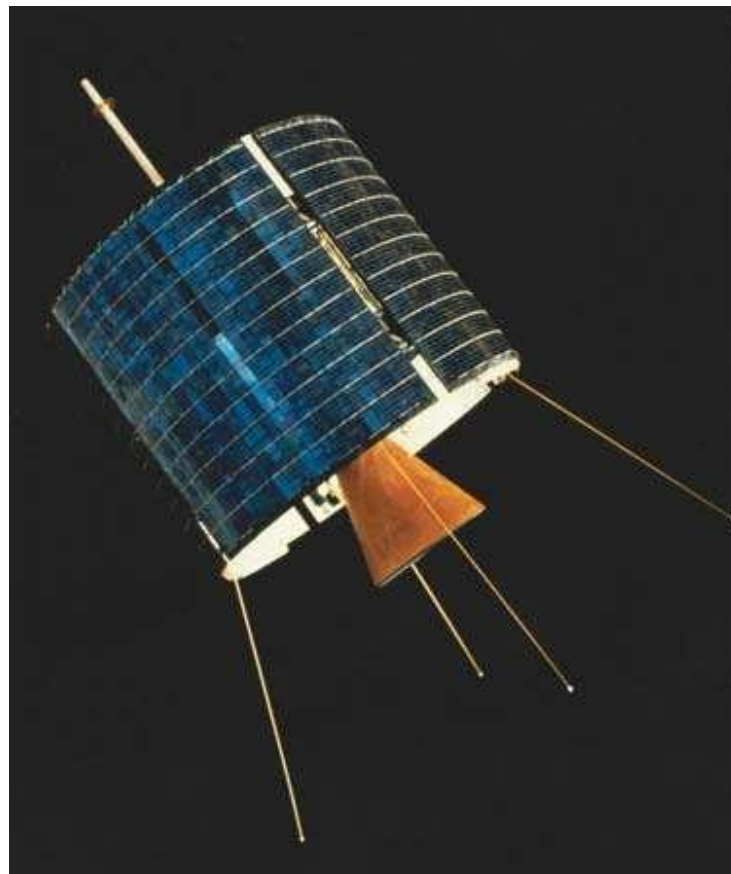
Comsat

Comsat facilities, Hortolândia, near Campinas, Braz. Renato M.E. Sabbatini^[3]

^[3] <https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>

Η Intelsat ιδρύθηκε στις 20 Αυγούστου 1964, με 11 υπογράφοντες στην προσωρινή συμφωνία. Οι αρχικοί 11 υπογράφοντες ήταν η Αυστρία, ο Καναδάς, η Ιαπωνία, οι Κάτω Χώρες, η Νορβηγία, η Ισπανία, η Ελβετία, το Ηνωμένο Βασίλειο, οι Ηνωμένες Πολιτείες, το Βατικανό και η Δυτική Γερμανία.

Στις 6 Απριλίου 1965 εκτοξεύτηκε ο πρώτος δορυφόρος Intelsat, Early Bird (ονομάζεται επίσης Intelsat 1). Σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από την ομάδα του Rosen στην εταιρεία Hughes Aircraft Company. Το Early Bird ήταν ο πρώτος επιχειρησιακός εμπορικός δορυφόρος που παρέχει τακτικές τηλεπικοινωνιακές και ραδιοτηλεοπτικές υπηρεσίες μεταξύ Βόρειας Αμερικής και Ευρώπης. Το Early Bird ακολουθήθηκε από το Intelsat 2B και 2D, το οποίο εκτοξεύτηκε το 1967 και καλύπτει την περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού και το Intelsat 3 F-3, το οποίο εκτοξεύτηκε το 1969 και καλύπτει την περιοχή του Ινδικού Ωκεανού. Οι δορυφόροι της Intelsat σε γεωστατική τροχιά παρείχαν σχεδόν παγκόσμια κάλυψη, όπως είχε οραματιστεί ο Arthur C. Clarke 24 χρόνια νωρίτερα. Δεκαεννέα ημέρες μετά την τοποθέτηση του Intelsat 3 F-3 στον Ινδικό Ωκεανό, η προσγείωση του πρώτου ανθρώπου στη Σελήνη στις 20 Ιουλίου 1969 μεταδόθηκε ζωντανά μέσω του παγκόσμιου δικτύου δορυφόρων Intelsat σε περισσότερους από 600 εκατομμύρια τηλεθεατές.



The world's first commercial communications satellite, Intelsat 1, or Early Bird, launched April 6, 1965. NASA^[3]

Η Σοβιετική Ένωση συνέχισε την ανάπτυξη της δορυφορικής τεχνολογίας με τη σειρά δορυφόρων Molniya, οι οποίες εκτοξεύθηκαν σε μια εξαιρετικά ελλειπτική τροχιά που τους επέτρεψε να φτάσουν στις άκρες βόρειες περιοχές της χώρας. Ο πρώτος δορυφόρος αυτής της σειράς Molniya 1 εκτοξεύτηκε στις 23 Απριλίου 1965. Μέχρι το 1967 έξι δορυφόροι Molniya παρείχαν κάλυψη σε ολόκληρη τη Σοβιετική Ένωση. Κατά την 50ή επέτειο της Σοβιετικής Ένωσης την 1η Οκτωβρίου 1967, η ετήσια παρέλαση στην Κόκκινη Πλατεία μεταδόθηκε σε εθνικό επίπεδο μέσω του δορυφορικού δικτύου Molniya. Το 1971 ο Διεθνής Οργανισμός Διαστημικών Επικοινωνιών του Ιντερσπούτνικ συγκροτήθηκε από αρκετές κομμουνιστικές χώρες, υπό την ηγεσία της Σοβιετικής Ένωσης.

Η πιθανή εφαρμογή των δορυφόρων για ανάπτυξη και η ικανότητά τους να φθάσουν σε απομακρυσμένες περιοχές οδήγησαν άλλες χώρες να οικοδομήσουν και να λειτουργήσουν τα δικά τους εθνικά δορυφορικά συστήματα. Ο Καναδάς ήταν η πρώτη χώρα μετά τη Σοβιετική Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες για να εκτοξεύσει τον δικό της δορυφόρο επικοινωνίας, Anik 1, στις 9 Νοεμβρίου 1972. Ακολούθησε η εκτόξευση του δορυφόρου Palapa 1 της Ινδονησίας στις 8 Ιουλίου 1976. Πολλές άλλες χώρες ακολούθησαν κοστώντας και ξεκίνησαν τους δικούς τους δορυφόρους. (Labrador, 2018)^[3]

Από το 2014, ένας αυξανόμενος αριθμός εταιρειών ανακοίνωσε ότι εργάζεται στην πρόσβαση στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας δορυφορικούς αστερισμούς σε χαμηλή τροχιά της Γης. SpaceX, OneWeb και Boeing σκοπεύουν να εκτοξεύσουν περισσότερους από 1000 δορυφόρους η κάθε μία. Η εταιρία OneWeb συγκέντρωσε μόνο 1.7 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το Φεβρουάριο του 2017 για το έργο και η SpaceX αναμένει περισσότερα από 30 δισεκατομμύρια δολάρια σε έσοδα μέχρι το 2025 από τον δορυφορικό αστερισμό του. Πολλοί προγραμματισμένοι αστερισμοί χρησιμοποιούν επικοινωνία λέιζερ για δια-δορυφορικές συνδέσεις για να δημιουργήσουν αποτελεσματικά ένα διαστημικό βασικό κορμό διαδικτύου. (contributors, Satellite Internet access - Wikipedia, 2018)^[4]

^[3] <https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>

^[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Internet_access

1.3 Βασική Δομή / Configuration

Η δορυφορική επικοινωνία έχει δύο βασικά στοιχεία: το τμήμα εδάφους, το οποίο αποτελείται από τη σταθερή ή κινητή μετάδοση, τη λήψη και τον βοηθητικό εξοπλισμό και το διαστημικό τμήμα, το οποίο είναι κυρίως ο ίδιος ο δορυφόρος. Μία τυπική δορυφορική σύνδεση περιλαμβάνει τη μετάδοση ή την ανερχόμενη ζεύξη ενός σήματος από ένα σταθμό στη Γη σε ένα δορυφόρο. Ο δορυφόρος στη συνέχεια λαμβάνει και ενισχύει το σήμα και το αναμεταδίδει πίσω στη Γη, όπου λαμβάνει και ενισχύεται ξανά από σταθμούς και τερματικούς σταθμούς. Οι δορυφορικοί δέκτες στο έδαφος περιλαμβάνουν δορυφορικό εξοπλισμό direct to home (DTH), εξοπλισμό κινητής λήψης σε αεροσκάφη, δορυφορικά τηλέφωνα και συσκευές χειρός.

Σώμα Δορυφόρου

Οι δορυφόροι επικοινωνιών περιλαμβάνουν διάφορα στοιχεία. Συνήθως ενσωματώνουν τα ακόλουθα κύρια στοιχεία:

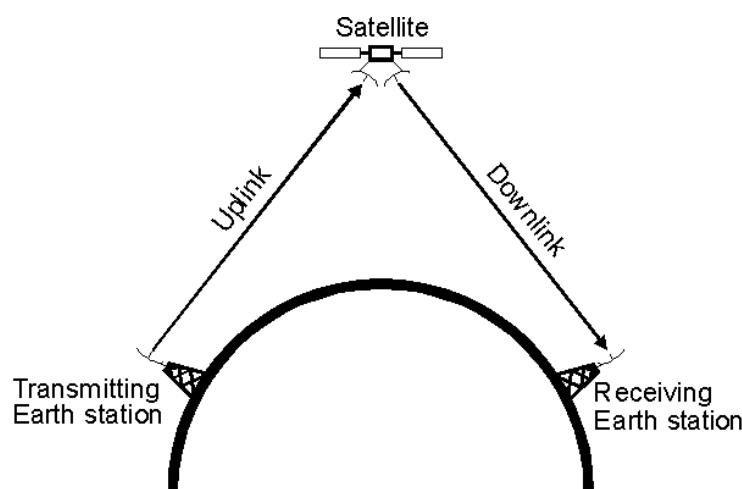
1. **Σύστημα ελέγχου στάσης & τροχιάς (ΣΕΣΤ)** χρησιμοποιείται για να κρατήσει τον δορυφόρο στη σωστή τροχιά, με τις κεραίες να κατευθύνονται προς τη σωστή κατεύθυνση και το σύστημα ισχύος του να δείχνει προς τον ήλιο.
2. **Σύστημα Ισχύος** : χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των δορυφορικών συστημάτων που συνήθως αποτελούνται από ηλιακά στοιχεία και των μπαταριών που διατηρούν ενέργεια κατά τη διάρκεια της ηλιακής έκλειψης.
3. **Σύστημα τηλεμετρίας, εντοπισμού & χειρισμού (TE & X)** διατηρεί επικοινωνίες με σταθμούς ελέγχου εδάφους. Οι επίγειοι σταθμοί ελέγχου εδάφους παρακολουθούν την δορυφορική απόδοση και ελέγχουν τη λειτουργικότητά της κατά τη διάρκεια διαφόρων φάσεων του κύκλου ζωής της.
4. **Σύστημα Επικοινωνίας** : αποτελείται συνήθως από αναμεταδότες, κεραίες και συστήματα μεταγωγής.

[\(Communication Satellite Subsystems, 2016\)^{\[5\]}](#)

^[5] <https://www.eeweb.com/quizzes/communication-satellite-subsystems>

1.3.1 Βασικά στοιχεία δορυφορικών επικοινωνιών

Όταν χρησιμοποιείται για επικοινωνίες, ένας δορυφόρος ενεργεί ως επαναλαμβάνων. Το ύψος του πάνω από τη Γη σημαίνει ότι τα σήματα μπορούν να μεταδοθούν σε αποστάσεις πολύ μεγαλύτερες από την οπτική επαφή. Ένας σταθμός εδάφους μεταδίδει το σήμα μέχρι τον δορυφόρο. Αυτό ονομάζεται up-link και μεταδίδεται σε μία συχνότητα. Ο δορυφόρος λαμβάνει το σήμα και το αναμεταδίδει σε αυτό που ονομάζεται κάτω σύνδεση που βρίσκεται σε άλλη συχνότητα.

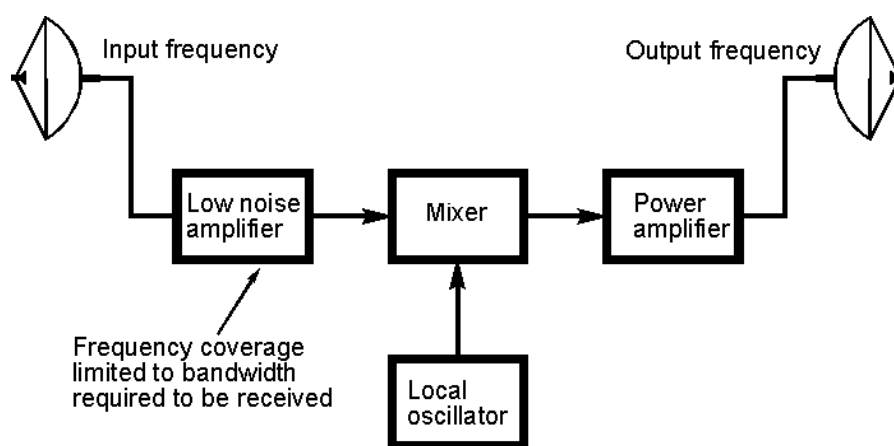


Χρησιμοποιώντας δορυφόρο για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων^[6]

Το κύκλωμα του δορυφόρου που λειτουργεί ως δέκτης, ο εναλλάκτης συχνότητας και ο πομπός ονομάζεται αναμεταδότης. Αυτό βασικά αποτελείται από έναν ενισχυτή χαμηλού θορύβου, έναν εναλλάκτη συχνότητας που αποτελείται από έναν αναμείκτη και έναν τοπικό ταλαντωτή, και στη συνέχεια έναν ενισχυτή υψηλής ισχύος. Το φίλτρο στην είσοδο χρησιμοποιείται για να βεβαιωθείτε ότι τυχόν σήματα εκτός ζώνης όπως η έξοδος αναμεταδότη μειώνονται σε αποδεκτά επίπεδα έτσι ώστε ο ενισχυτής να μην είναι υπερφορτωμένος. Ομοίως, η έξοδος από τους ενισχυτές φιλτράρεται για να διασφαλιστεί ότι τα ψευδή σήματα μειώνονται σε αποδεκτά επίπεδα. Οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται εδώ είναι οι ίδιοι με αυτούς που αναφέρθηκαν προηγουμένως και δίδονται μόνο ως παράδειγμα. Το σήμα λαμβάνεται και ενισχύεται σε κατάλληλο επίπεδο. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στον αναμείκτη για να αλλάξει τη συχνότητα με τον ίδιο τρόπο που συμβαίνει σε ένα ραδιοδέκτη

υπερεθερυνδείας. Ως αποτέλεσμα, ο δορυφόρος επικοινωνιών λαμβάνει σε μία ζώνη συχνοτήτων και μεταδίδει σε μια άλλη.

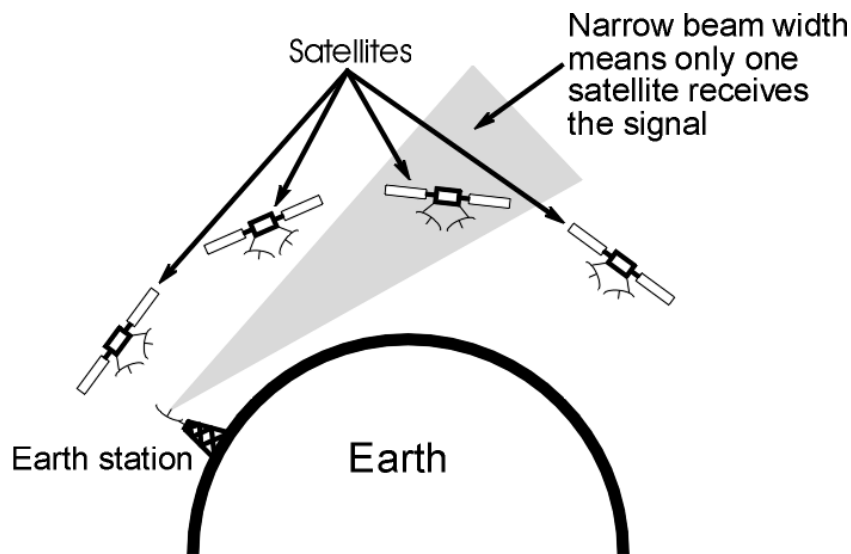
Λόγω του γεγονότος ότι ο δέκτης και ο πομπός λειτουργούν ταυτόχρονα και σε κοντινή απόσταση, πρέπει να ληφθεί μέριμνα στο σχεδιασμό του δορυφόρου, ώστε ο πομπός να μην παρεμβαίνει στον δέκτη. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε ψευδή σήματα που προκύπτουν από τον πομπό ή ο δέκτης μπορεί να γίνει ευαίσθητοποιημένος από το ισχυρό σήμα που λαμβάνεται από τον πομπό. Τα φίλτρα που έχουν ήδη αναφερθεί χρησιμοποιούνται για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων.



Δομικό διάγραμμα βασικού δορυφορικού αναμεταδότη ^[6]

Τα σήματα που μεταδίδονται σε δορυφόρους αποτελούνται συνήθως από μεγάλο αριθμό σημάτων που είναι πολυπλεγμένα σε ένα κύριο κιβώτιο ταχυτήτων. Με τον τρόπο αυτό, μια μετάδοση από το έδαφος μπορεί να μεταφέρει ένα μεγάλο αριθμό τηλεφωνικών κυκλωμάτων ή ακόμη και πολλά τηλεοπτικά σήματα. Αυτή η προσέγγιση είναι λειτουργικά πολύ πιο αποτελεσματική από τη λήψη μεγάλου αριθμού μεμονωμένων πομπών.

Προφανώς, ένας δορυφόρος δεν θα μπορεί να μεταφέρει όλη την κυκλοφορία στον Ατλαντικό. Μπορεί να επιτευχθεί περισσότερη χωρητικότητα χρησιμοποιώντας αρκετούς δορυφόρους σε διαφορετικές ζώνες ή με φυσικό διαχωρισμό μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο το εύρος δέσμης της κεραίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών δορυφόρων. Κανονικά χρησιμοποιούνται κεραίες με πολύ υψηλά κέρδη, και αυτά έχουν πολύ στενά εύρη δέσμης, επιτρέποντας στους δορυφόρους να χωρίζονται μόνο με λίγους βαθμούς.



Διαχωρισμός δορυφόρων ανά θέση^[6]

Χαρακτηριστικά δορυφορικού κανάλι επικοινωνιών

Οι συνδέσεις δορυφορικής επικοινωνίας πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν τη προσαρμογή των εγγενών χαρακτηριστικών των συνδέσεων.

- **Καθυστέρηση μετάδοσης - λανθάνουσα κατάσταση:** Λόγω του υψομέτρου πολλών δορυφόρων - εκείνων που βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά - υπάρχουν σημαντικές καθυστερήσεις διάδοσης. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τη σηματοδότηση και μπορεί να απαιτηθούν παρατεταμένα παράθυρα χρονικού ορίου για την προσαρμογή του λανθάνοντος χρόνου του συστήματος.
- **Περιορισμένο εύρος ζώνης:** Το εύρος ζώνης είναι ένα ζήτημα για όλους τους χρήστες του ραδιοφάσματος. Ορισμένοι δορυφόροι επηρεάζονται περισσότερο από άλλους. Κατά συνέπεια, πολλά συστήματα θα απαιτήσουν να χρησιμοποιήσουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης πολύ αποτελεσματικά. Συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα συμπίεσης δεδομένων.
- **Θόρυβος:** Το μήκος διαδρομής και το γεγονός ότι τα επίπεδα ισχύος είναι περιορισμένα, ειδικά στον δορυφόρο, σημαίνει ότι τα σήματα δεν λειτουργούν με μεγάλα περιθώρια. Για να ξεπεραστεί αυτό, χρησιμοποιούνται κανονικά κεραιές οδηγίας. Εντούτοις εκτός από αυτές τις ισχυρές τεχνικές διόρθωσης σφάλματος απαιτούνται κανονικά για τη μετάδοση δεδομένων.

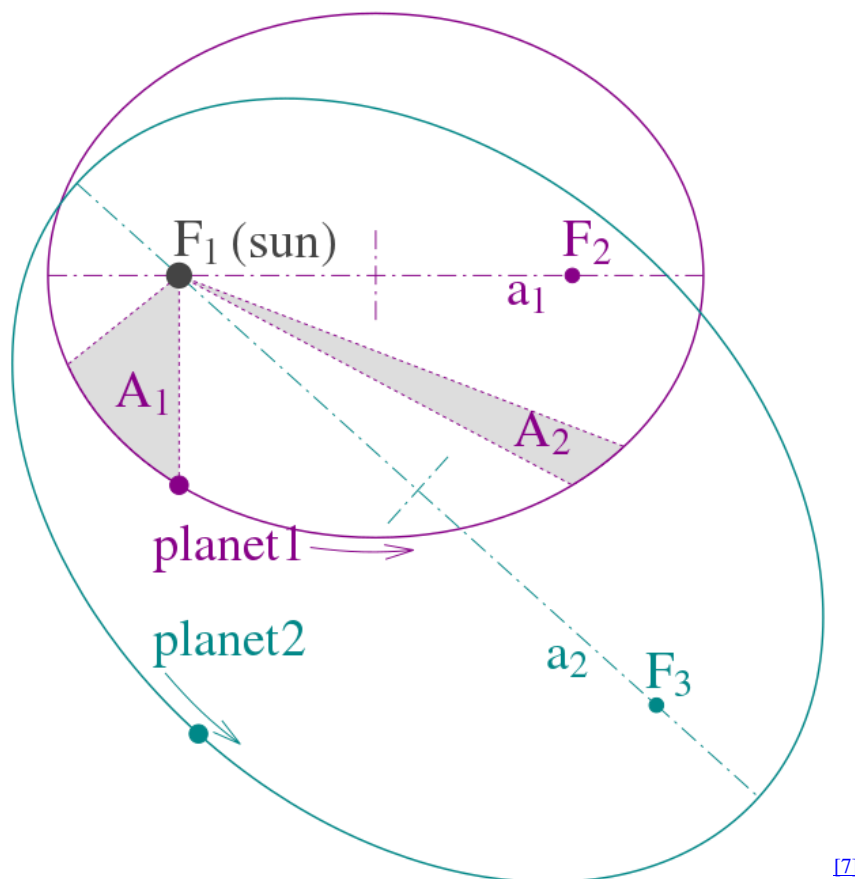
[\(Poole,2017\)^{\[6\]}](#)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

2.1 Kepler

Στην αστρονομία, οι νόμοι της πλανητικής κίνησης του Kepler είναι τρεις επιστημονικοί νόμοι που περιγράφουν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο.

Με παρόμοιο τρόπο εξετάζουμε τις κινήσεις των τεχνητών δορυφόρων μας σε σχέση με τη Γη.



1. Η τροχιά ενός πλανήτη είναι ελλειπτική με τον Ήλιο σε μία από τις δύο εστίες

2. Ένα τμήμα γραμμής που ενώνει έναν πλανήτη και ο Ήλιος σαρώνει τις ίσες περιοχές σε ίσα χρονικά διαστήματα.

3. Το τετράγωνο της τροχιάς περιόδου ενός πλανήτη είναι ανάλογο του κύβου του ημι-κύριου άξονα της τροχιάς του.

Οι περισσότερες πλανητικές τροχιές είναι σχεδόν κυκλικές και απαιτείται προσεκτική παρατήρηση και υπολογισμός για να αποδειχθεί ότι δεν είναι τέλεια κυκλικές. Οι υπολογισμοί της τροχιάς του Άρη, των οποίων οι δημοσιευμένες τιμές είναι κάπως ύποπτες, έδειξαν μια ελλειπτική τροχιά. Από αυτό, ο Johannes Kepler συνήγαγε ότι άλλα όργανα του Ηλιακού Συστήματος, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται μακρύτερα από τον Ήλιο, έχουν επίσης ελλειπτικές τροχιές.

Το έργο του Κέπλερ (που δημοσιεύτηκε μεταξύ 1609 και 1619) βελτίωσε την ηλιοκεντρική θεωρία του Νικολάου Κοπέρνικου, εξηγώντας πώς οι ταχύτητες των πλανητών ποικίλλουν και χρησιμοποιώντας ελλειπτικές τροχιές παρά κυκλικές τροχιές με επικύκλες.

Ο Isaac Newton έδειξε το 1687 ότι οι σχέσεις όπως το Kepler θα εφαρμοστούν στο ηλιακό σύστημα σε μια καλή προσέγγιση, ως συνέπεια των δικών του νόμων κίνησης και του νόμου της παγκόσμιας βαρύτητας. ([contributors, Kepler's laws of planetary motion, 2018](#))^[7]

Στην ουράνια μηχανική, μια τροχιά του Κέπλερ (ή Κλεφική τροχιά) είναι η κίνηση ενός σώματος σε σχέση με το άλλο, ως έλλειψη, παραβολή ή υπερβολή, που σχηματίζει ένα δισδιάστατο τροχιακό επίπεδο σε τρισδιάστατο χώρο. (Η τροχιά ενός Kepler μπορεί επίσης να σχηματίσει μια ευθεία γραμμή.) Θεωρεί μόνο την σημειακή βαρυτική έλξη δύο σωμάτων, παραμένοντας διαταραχές λόγω βαρυτικών αλληλεπιδράσεων με άλλα αντικείμενα, ατμοσφαιρική αντίσταση, πίεση ηλιακής ακτινοβολίας, μη σφαιρικό κεντρικό σώμα και σύντομα. Λέγεται λοιπόν ότι είναι μια λύση μιας ειδικής περίπτωσης του προβλήματος δύο σωμάτων, γνωστό ως το πρόβλημα Kepler. Ως θεωρία στην κλασσική μηχανική, δεν λαμβάνει επίσης υπόψη τα αποτελέσματα της γενικής σχετικότητας. Οι κεφαλικές τροχιές μπορούν να παραμετροποιηθούν σε έξι τροχιακά στοιχεία με διάφορους τρόπους.

[7] https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler%27s_laws_of_planetary_motion

Στις περισσότερες εφαρμογές, υπάρχει ένα μεγάλο κεντρικό σώμα, το κέντρο της μάζας του οποίου θεωρείται ότι αποτελεί το κέντρο μάζας ολόκληρου του συστήματος. Με την αποσύνθεση, οι τροχιές δύο αντικειμένων παρόμοιας μάζας μπορούν να περιγραφούν ως περιστροφές του Κέπλερ γύρω από το κοινό κέντρο μάζας τους, το κέντρο του σώματος τους. [\(contributors, Kepler orbit, 2018\)^{\[8\]}](#)

2.2 Είδη Τροχιών

- Κυκλικές

–Μέση (MEO)

Η τροχιά της Μεσαίας Γης (MEO), που μερικές φορές ονομάζεται ενδιάμεση κυκλική τροχιά (ICO), είναι η περιοχή του χώρου γύρω από τη Γη πάνω από τη χαμηλή τροχιά της Γης (υψόμετρο 2.000 χλμ. πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας) και κάτω από τη γεωστατική τροχιά (υψόμετρο 35.786 χλμ. 22,236 μίλια) πάνω από τη στάθμη της θάλασσας).

Η πιο συνηθισμένη χρήση για δορυφόρους στην περιοχή αυτή είναι για την πλοήγηση, την επικοινωνία και τη γεωδαιτική / διαστημική επιστήμη περιβάλλοντος. Το συνηθέστερο υψόμετρο είναι περίπου 20.200 χιλιόμετρα (12.552 μίλια), το οποίο αποδίδει μια τροχιακή περίοδο 12 ωρών, όπως χρησιμοποιείται για παράδειγμα από το Global Positioning System (GPS). Άλλοι δορυφόροι στη μέση γήινη τροχιά περιλαμβάνουν το Glonass (με υψόμετρο 19.100 χιλιομέτρων (11.868 μίλια) και Galileo (με υψόμετρο 23.222 χιλιόμετρα (14.429 μίλια) αστερισμούς. Οι επικοινωνιακοί δορυφόροι που καλύπτουν τον Βόρειο και τον Νότιο Πόλο τοποθετούνται επίσης στο MEO.

Οι περιόδους τροχιάς των δορυφόρων MEO κυμαίνονται από περίπου 2 έως περίπου 24 ώρες. Το Telstar 1, ένας πειραματικός δορυφόρος που ξεκίνησε το 1962, περιστρέφεται γύρω από το MEO.

Η τροχιά αυτή φιλοξενεί ορισμένους τεχνητούς δορυφόρους. [\(contributors, Medium Earth orbit, 2018\)^{\[9\]}](#)

[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler_orbit

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit

–Χαμηλές (LEO)

Μια χαμηλή τροχιά της Γης (LEO) ορίζεται από το Space-Track.org ως τροχιά με επίκεντρο τη Γη με τουλάχιστον 11,25 περιόδους ανά ημέρα (περίοδο τροχιάς 128 λεπτά ή λιγότερο) και εκκεντρότητα μικρότερη από 0,25. Τα περισσότερα από τα ανθρωπογενή αντικείμενα στο διάστημα είναι σε τροχιές LEO. Ένα ιστόγραμμα της μέσης κίνησης των καταλογωγραφημένων αντικειμένων δείχνει ότι ο αριθμός των αντικειμένων μειώνεται σημαντικά πέραν του 11,25.

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από άλλες πηγές που ορίζουν LEO από άποψη υψομέτρου. Το ύψος ενός αντικειμένου σε μια ελλειπτική τροχιά μπορεί να διαφέρει σημαντικά κατά μήκος της τροχιάς. Ακόμα και για τις κυκλικές τροχιές, το υψόμετρο πάνω από το έδαφος μπορεί να κυμαίνεται έως και 30 χλμ. (Ειδικά για τις πολικές τροχιές) λόγω της ακαμψίας της σφαιροειδούς μορφής της Γης και της τοπικής τοπογραφίας. Ενώ οι ορισμοί ως προς το υψόμετρο είναι εγγενώς διαφορετικοί, οι περισσότεροι από αυτούς εμπίπτουν στην περιοχή που καθορίζεται από μια περίοδο τροχιάς 128 λεπτών, διότι, σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Kepler, αυτό αντιστοιχεί σε ημι-κύριο άξονα 8,413 χλμ. (5.228 μίλια). Για κυκλικές τροχιές, αυτό με τη σειρά του αντιστοιχεί σε υψόμετρο 2.042 χλμ. (1.269 μίλια) πάνω από τη μέση ακτίνα της Γης, το οποίο είναι σύμφωνο με ορισμένα από τα ανώτερα όρια των ορισμών LEO ως προς το ύψος.

Η περιοχή LEO ορίζεται από ορισμένες πηγές ως η περιοχή στο διάστημα που καταλαμβάνουν οι τροχιές του LEO. Κάποιες πολύ ελλειπτικές τροχιές μπορεί να περάσουν από την περιοχή LEO κοντά στο χαμηλότερο υψόμετρο (ή perigee), αλλά δεν βρίσκονται σε LEO Orbit επειδή το υψηλότερο υψόμετρο (ή apogee) τους υπερβαίνει τα 2.000 χλμ. (1.200 μίλια). Υπο-τροχιακά αντικείμενα μπορούν επίσης να φτάσουν στην περιοχή LEO αλλά δεν βρίσκονται σε τροχιά LEO επειδή εισέρχονται ξανά στην ατμόσφαιρα. Η διάκριση μεταξύ των τροχιών του LEO και της περιοχής LEO είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάλυση πιθανών συγκρούσεων μεταξύ αντικειμένων τα οποία μπορεί να μην είναι τα ίδια στο LEO αλλά θα μπορούσαν να συγκρουστούν με δορυφόρους ή συντρίμια σε τροχιές LEO.

Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός διεξάγει επιχειρήσεις στο LEO. Όλοι οι διαστημικοί σταθμοί πληρώματος μέχρι σήμερα, όπως και η πλειοψηφία των

δορυφόρων, βρίσκονται στο LEO. Η εγγραφή για το ύψος των ανθρώπινων διαστημικών πτήσεων στο LEO ήταν το Gemini 11 με απόψυξη 1.374,1 km (853,8 μίλια). Το Apollo 8 ήταν η πρώτη αποστολή που μεταφέρει τους ανθρώπους πέρα από το LEO στις 21-27 Δεκεμβρίου 1968. Το πρόγραμμα Apollo συνεχίστηκε κατά τη διάρκεια της τετραετούς περιόδου από το 1968 έως το 1972 με 24 αστροναύτες που πέταξαν σεληνιακές πτήσεις αλλά έκτοτε δεν υπήρξαν ανθρώπινα διαστημικά φτερά ΛΕΩΝ. ([contributors, Low Earth orbit, 2018](#))^[10]

- Ελλειπτικές

– Γεωστατική (GEO)

Η ιδέα μιας γεωστατικής τροχιάς έχει διατυπωθεί εδώ και πολλά χρόνια. Ένας από τους πιθανούς δημιουργούς της βασικής ιδέας ήταν ένας Ρώσος θεωρητικός και συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας Κωνσταντίνος Τσιολκόφσκι. Ωστόσο, ήταν ο Herman Oberth και ο Herman Potocnik που έγραψαν σχετικά με τους σταθμούς που βρίσκονται σε τροχιά σε υψόμετρο 35.900 χλμ. Πάνω από τη Γη, η οποία είχε περιστροφική περίοδο 24 ωρών, γεγονός που καθιστά εμφανές ότι αιωρείται πάνω από ένα σταθερό σημείο στον ισημερινό. (Geostationary Satellite Orbit, GEO, 2018)^[11]

Μια γεωστατική τροχιά, συχνά αναφερόμενη ως γεωσύγχρονη ισημερινή τροχιά (GEO), είναι μια κυκλική γεωσύγχρονη τροχιά 35.786 χλμ. (22.236 μίλια) πάνω από τον ισημερινό της Γης και ακολουθώντας την κατεύθυνση της γήινης περιστροφής. Ένα αντικείμενο σε μια τέτοια τροχιά φαίνεται ακίνητο, σε σταθερή θέση στον ουρανό, στους παρατηρητές εδάφους. Οι δορυφόροι επικοινωνίας και οι δορυφόροι καιρού συχνά τοποθετούνται σε γεωστατικές τροχιές, έτσι ώστε οι δορυφορικές κεραιές (που βρίσκονται στη Γη) που επικοινωνούν μαζί τους να μην χρειάζεται να περιστρέφονται για να τις εντοπίσουν, αλλά μπορούν να επισημανθούν μόνιμα στη θέση στον ουρανό όπου οι δορυφόροι είναι που βρίσκεται. Με τη χρήση αυτού του χαρακτηριστικού, οι δορυφόροι παρακολούθησης των ωκεάνιων χρωμάτων με αισθητήρες ορατού φωτός και υπέρυθρου φωτός (π.χ. GOCI) μπορούν

[10] https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit

[11] https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit#Communications

επίσης να λειτουργούν σε γεωστατική τροχιά, προκειμένου να παρακολουθούν ευαίσθητες μεταβολές των ωκεάνιων περιβαλλόντων.

Μια γεωστατική τροχιά είναι ένας ιδιαίτερος τύπος γεωσύγχρονης τροχιάς, ο οποίος έχει μια τροχιακή περίοδο ίση με την περιστροφική περίοδο της Γης ή μία μέση ημέρα (23 ώρες, 56 λεπτά, 4 δευτερόλεπτα). Έτσι, η διάκριση είναι ότι, ενώ ένα αντικείμενο σε γεωσύγχρονη τροχιά επιστρέφει στο ίδιο σημείο στον ουρανό την ίδια ώρα κάθε μέρα, ένα αντικείμενο σε μια γεωστατική τροχιά δεν αφήνει ποτέ αυτή τη θέση. Οι γεωσυγχρονικές τροχιές κινούνται γύρω από ένα σημείο στην επιφάνεια της Γης επειδή, ενώ οι γεωστατικές τροχιές έχουν κλίση 0° σε σχέση με τον Ισημερινό, οι γεωσύγχρονες τροχιές έχουν διαφορετικές κλίσεις και εκκεντρότητες.

Οι δορυφόροι σε γεωστατικές τροχιές είναι αρκετά μακριά από τη Γη, ώστε η καθυστέρηση της επικοινωνίας καθίσταται σημαντική - περίπου το ένα τέταρτο του δευτερολέπτου για ένα ταξίδι από έναν πομπό εδάφους στον δορυφόρο και πίσω σε έναν άλλο πομπό εδάφους. σχεδόν μισό δευτερόλεπτο για μια επικοινωνία στρογγυλής εκδρομής από ένα σταθμό γη σε άλλο και στη συνέχεια πίσω στην πρώτη. ([Contributors, Geostationary orbit, 2018](#))^[12]

Αξιοσημείωτη και η Γεωσύγχρονη Τροχιά στην οποία δεν θα αναφερθούμε ιδιαίτερα στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

–Πολικές

Μια πολική τροχιά είναι αυτή στην οποία ένας δορυφόρος περνά πάνω ή σχεδόν πάνω από τους δύο πόλους του σώματος που είναι σε τροχιά (συνήθως ένας πλανήτης όπως η Γη, αλλά ενδεχομένως ένα άλλο σώμα όπως η Σελήνη ή ο Ήλιος) σε κάθε περιστροφή.

Χαρακτηριστικά, ένας δορυφόρος σε μια τέτοια τροχιά κινείται σε ένα σχεδόν κύκλο περίπου 1000 χιλιομέτρων (600 μίλια) πάνω από το έδαφος (μερικά πηγαίνουν πιο κάτω αλλά δεν διαρκούν για πολύ, λόγω της τριβής του αέρα) και κάθε τροχιά διαρκεί περίπου 100 λεπτά. Πολλά διαστημικά σκάφη χρησιμοποιούν τέτοιες τροχιές, π.χ. τους δορυφόρους επιτήρησης της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ της σειράς DMSP ή τη σειρά των γαλλικών διαστημικών σκαφών SPOT. ([Stern, 2001](#))^[13]

[12] <https://www-spf.gsfc.nasa.gov/Education/wlopolar.html>

[13] <https://www.radio-electronics.com/info/satellite/satellite-orbits/geostationary-earth-orbit.php>

Επομένως ένας τέτοιος δορυφόρος έχει κλίση (ή πολύ κοντά στις) 90 μοίρες στον ισημερινό του σώματος. Ένας δορυφόρος σε πολική τροχιά θα περάσει πάνω από τον ισημερινό σε διαφορετικό γεωγραφικό μήκος σε κάθε τροχιά του. ([contributors, Polar Orbit, 2018](#))^[14]

- Συγχρονισμένες με τον ήλιο

Μια σύγχρονη τροχιά ηλίου (SSO, επίσης αποκαλούμενη Ηλιό σύγχρονη τροχιά) είναι μια σχεδόν πολική τροχιά γύρω από έναν πλανήτη, στον οποίο ο δορυφόρος διέρχεται πάνω από οποιοδήποτε δεδομένο σημείο της επιφάνειας του πλανήτη στον ίδιο τοπικό ηλιακό χρόνο. Πιο τεχνικά, είναι μια τροχιά τοποθετημένη έτσι ώστε να προετοιμάζεται μέσα από μια πλήρη περιστροφή κάθε χρόνο, έτσι ώστε να διατηρεί πάντα την ίδια σχέση με τον Ήλιο.

2.3 Διαταραχές Τροχιών

Ίσως το μεγαλύτερο εμπόδιο – διαταραχή μιας δορυφορικής τροχιάς, αυτών που αναφέραμε, είναι η ατμοσφαιρική αντίσταση. Χωρίς να εμβαθύνουμε ιδιαίτερα στη φυσική και μαθηματική ερμηνεία αυτού του φαινομένου θα παρουσιάσουμε τις βασικές επιπτώσεις και αποτελέσματα που αυτές αποφέρουν.

Οι δορυφορικές τροχιές της Γης που διαταράσσονται από την ατμοσφαιρική οπισθέλκουσα είναι πιο περίπλοκες από τις τροχιές που διαταράσσονται από τις διαταραχές της βαρύτητας πολλών σωμάτων εξαιτίας της μη συντηρητικής ιδιοκτησίας της δύναμης (Brouwer & Clemence 1961, Chobotov 1991, Boccaletti & Pucacco 2001). Η σειρά της ατμοσφαιρικής οπισθέλκουσας που δρουν σε ένα δορυφόρο εξαρτάται από το ύψος του δορυφόρου. Η τροχιακή συμπεριφορά ενός δορυφόρου χαμηλού δορυφόρου (LEO) θα μπορούσε να επηρεαστεί έντονα από την ατμοσφαιρική έλξη (King-Hele 1964, Van Kamp 1967, Battin 1999) και επομένως επηρεάζει την ποιότητα της τηλεπισκόπησης του δορυφόρου (Herrick 1972, Valladoc 2007). ([Guochang Xu, 2011](#))^[15]

[14] https://en.wikipedia.org/wiki/Polar_orbit

[15] <https://watermark.silverchair.com/mnras0410-0654.pdf>

Για τα ανθρωπογενή διαστημόπλοια που περιστρέφονται γύρω από τη Γη σε σχετικά χαμηλά υψόμετρα, οι αποκλίσεις από την τροχιά του Κέπλερ είναι πολύ μεγαλύτερες από ό, τι για τη Σελήνη. Η προσέγγιση της βαρυτικής δύναμης της Γης είναι αυτή μιας ομοιογενούς σφαίρας επιδεινώνεται όσο πιο κοντά φτάνει στην επιφάνεια της Γης και η πλειονότητα των τεχνητών δορυφόρων της Γης βρίσκονται σε τροχιές που είναι μόνο μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Επιπλέον, (σε αντίθεση με τη Σελήνη) επηρεάζονται σημαντικά από την πίεση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της μεγάλης αναλογίας διατομής προς μάζα. αυτό ισχύει ιδιαίτερα για σταθεροποιημένο διαστημικό σκάφος με 3 άξονες με μεγάλες ηλιακές συστοιχίες και επιτρέπεται στον υπολογισμό των τροχιών του νεκροταφείου. Επιπλέον, επηρεάζονται σημαντικά από τον σπάνιο αέρα κάτω από τα 800-1000 km. Η αντίσταση αέρα σε μεγάλα υψόμετρα εξαρτάται επίσης από την ηλιακή δραστηριότητα. ([contributors, Orbital perturbation analysis, 2018](#))^[16]

Αξιοσημείωτος εξωτερικός παράγοντας στην διαταραχή τροχιάς αποτελεί επίσης και η μαγνητική ροπή μεταξύ της Γης και ενός δορυφόρου.

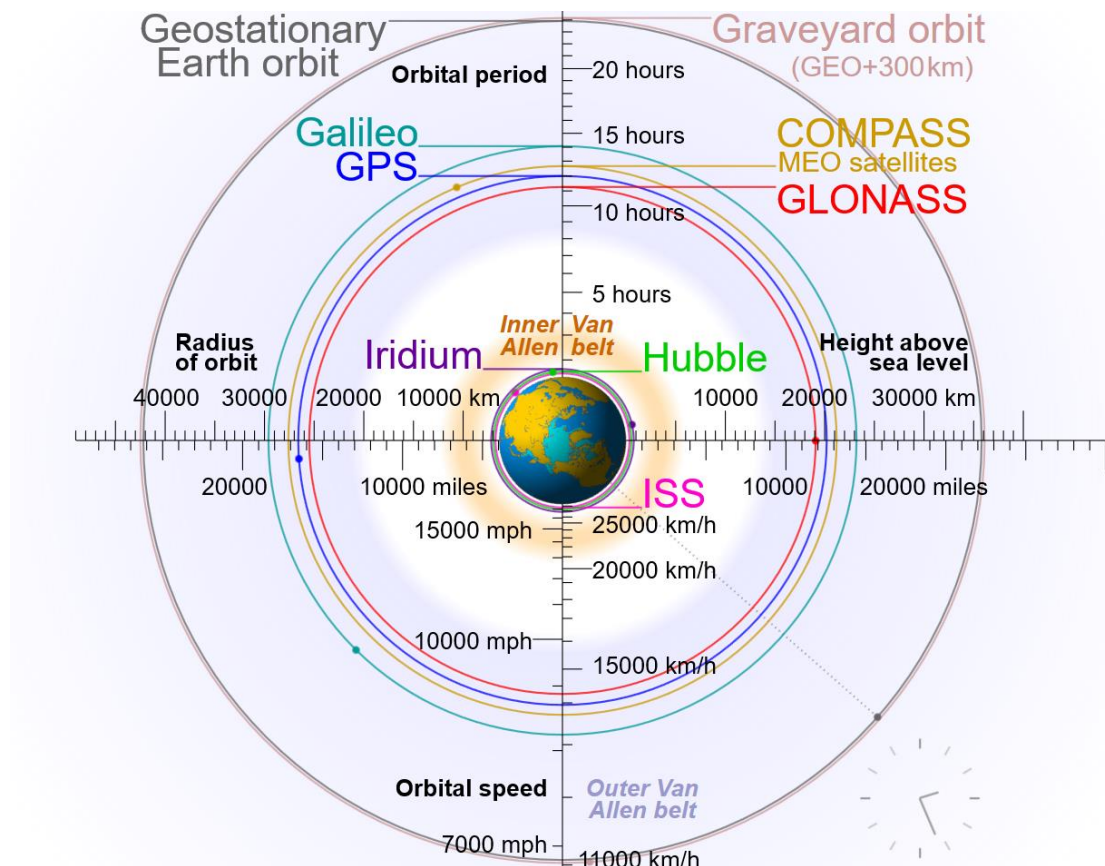
Όσον αφορά στους εσωτερικούς παράγοντες κάθε δορυφόρου θα αναφερθούμε ονομαστικά : στην εσωτερική ορμή, την αποβολή μάζας, και την εκπομπή ακτινοβολίας. ([Zagórski, 2012](#))^[17]

Στην αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων γίνεται καθημερινά παγκόσμια έρευνα, προσπάθεια και εντυπωσιακές εξελίξεις από πληθώρα πηγών.

[16] https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Orbital_perturbation_analysis&oldid=855265110

[17] http://www.par.pl/2012/PAR_05_2012_Zagorski_98_103.pdf

2.4 Σύνοψη



Εικ.2.5.1 : Η σύγκριση της γεωστατικής τροχιάς της Γης με το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης GPS, GLONASS, Galileo και Compass (μεσαία γήινη τροχιά) περιβάλλει τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, το Διαστημικό Τηλεσκόπιο Χαμπλ και τις τροχιές του αστερισμού Iridium και το ονομαστικό μέγεθος της Γης. είναι περίπου 9 φορές μεγαλύτερο (σε ακτίνα και μήκος) από την γεωστατική τροχιά.

Μπορούμε επομένως να κατηγοριοποιήσουμε τις πιο σημαντικές, ως προς τον τομέα των Τηλεπικοινωνιών, τροχιές με βάση το υψόμετρο τους καθώς και την περίοδο περιστροφής της κάθε μίας, όπως παρατηρούμε και στην εικόνα 2.5.1.

- Χαμηλή Τροχιά Γης LEO 200 – 1200 (km πάνω από την επιφάνεια της Γης)
- Μεσαία Τροχιά Γης MEO 1200 – 35790 (km πάνω από την επιφάνεια της Γης)
- Γεωσύγχρονη Τροχιά GSO 35790 (km πάνω από την επιφάνεια της Γης)

Ολοκληρώνει την τροχιά μια φορά την ημέρα, αλλά όχι απαραίτητα στην ίδια κατεύθυνση με την περιστροφή της Γης - όχι κάτ. 'ανάγκη ακίνητο

- Γεωστατική Τροχιά GEO 35790 (km πάνω από την επιφάνεια της Γης)
 Ολοκληρώνει την τροχιά μια φορά την ημέρα και κινείται προς την ίδια κατεύθυνση με τη Γη και ως εκ τούτου φαίνεται στάσιμο πάνω από το ίδιο σημείο στην επιφάνεια της Γης. Μπορεί να είναι μόνο πάνω από τον Ισημερινό.
- Υψηλή Τροχιά Γης HEO Πάνω από 35790 (km πάνω από την επιφάνεια της Γης)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 Αρχιτεκτονικές Δορυφορικών Δικτύων

•Ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα

–Διαφορετικές χωρητικότητες στους προς τα εμπρός και επιστρεφόμενους συνδέσμους

•Δορυφορικός σύνδεσμος «last hope» :

–Χρησιμοποιούν το δορυφορικό σύνδεσμο σαν ένα μοιραζόμενο υψηλής ταχύτητας σύνδεσμο προς πολλούς χρήστες με χαμηλότερη ταχύτητα και

–Οι μη διαμοιραζόμενοι επίγειοι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται για αιτήσεις και επιβεβαιώσεις

•Υβριδικά δορυφορικά δίκτυα

–Συνδυάζονται και με επίγεια δίκτυα

•Σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα

–Πρόκειται για ιδιωτικά δίκτυα οπότε μπορούν να εφαρμοσθούν μερικές βελτιωτικές αλλαγές που δεν είναι κατάλληλες για διαμοιραζόμενα δίκτυα

3.2 Είδη Τοπολογιών Δορυφορικών Δικτύων

- **Σημείο προς σημείο**

Αποτελεί ένα κλασικό δίκτυο καθώς διαθέτει μόνιμες συνδέσεις. Μοιάζει αρκετά με την τοπολογία αστέρα. Τα μειονέκτημά του είναι ότι δεν έχει τη δυνατότητα για απευθείας σύνδεση μεταξύ δυο χρηστών και ότι κατάρρευση του κεντρικού κόμβου οδηγεί σε κατάρρευση του δικτύου. Ωστόσο έχει μικρό κόστος και απλή λειτουργία.

- **Switched**

Η τοπολογία αυτή μοιάζει αρκετά με την τοπολογία πλέγματος. Έχει τα εξής πλεονεκτήματα : Διαθέτει ασφάλεια υψηλού επιπέδου, η κατάρρευση μιας γραμμής δεν συνεπάγεται κατάρρευση του συστήματος και υπάρχει εύκολη ανίχνευση λαθών. Ωστόσο, το κόστος δημιουργίας ενός τέτοιου δικτύου είναι απαγορευτικό και οι χρήστες μοιράζονται τη σύνδεση.

- **TDMA**

Στην τοπολογία αυτή οι συνδέσεις μπορούν να γίνουν με όποιο τρόπο και αν ζητηθούν. Είναι η κατάλληλη τοπολογία για εφαρμογές που έχουν πολλή κίνηση στο δίκτυο. Οι χρήστες πάλι μοιράζονται την σύνδεση όμως με χρήση των IP διευθύνσεων του καθενός οι συνδέσεις γίνονται πολύ πιο γρήγορα.

- **Υβριδικά Δορυφορικά Δίκτυα**

Ο δορυφορικός σύνδεσμος μπορεί να είναι οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται η τοπολογία αστέρα για καλύτερο έλεγχο της κίνησης του δικτύου. Ο κόμβος hub χρησιμοποιείται για να υπάρχει σύνδεση με πολλαπλές κοινότητες εκτός του δικτύου. Η σωστή εκμετάλλευση των IP διευθύνσεων των χρηστών του δικτύου οδηγεί στη καλύτερη λειτουργία του. [\[Γιαννοπουλος, 2010\]](http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4875/877.pdf?sequence=1)^[18]

[18] <http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4875/877.pdf?sequence=1>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: INTERNET OVER SATELLITE

4.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η μεγάλη ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών, έκανε αρκετές επιχειρήσεις παροχής Internet να επενδύσουν στο δορυφορικό Internet (Internet over Satellite), στοχεύοντας στην παροχή υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης και Quality of Service με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Ο συνδυασμός δορυφορικών και επίγειων δικτύων παρουσιάζεται αρκετά υποσχόμενος αφού συγκεντρώνει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- **Είδος τοπολογίας:** οι τοπολογίες των δορυφορικών δικτύων ταιριάζουν με την τοπολογία αστεριού με αποτέλεσμα την υποστήριξη multicast & broadcast μετάδοσης δεδομένων.

- **Μεγάλο διαθέσιμο εύρος ζώνης:** μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων, που φθάνουν τα αρκετά Mbps παρέχονται απευθείας στους τελικούς χρήστες.

- **Πολλαπλή κάλυψη χρηστών:** η δυνατότητα κάλυψης απομακρυσμένων χρηστών που δεν έχουν πρόσβαση σε κάποιο δίκτυο υπολογιστών.

4.2 Τρόπος Λειτουργίας Δορυφορικού Internet

Πριν εξηγήσουμε πως καθίσταται εφικτή η σύνδεση αυτή που αποκαλούμε δορυφορικό Internet, πρέπει να αναφέρουμε πρώτα τον απαραίτητο εξοπλισμό :

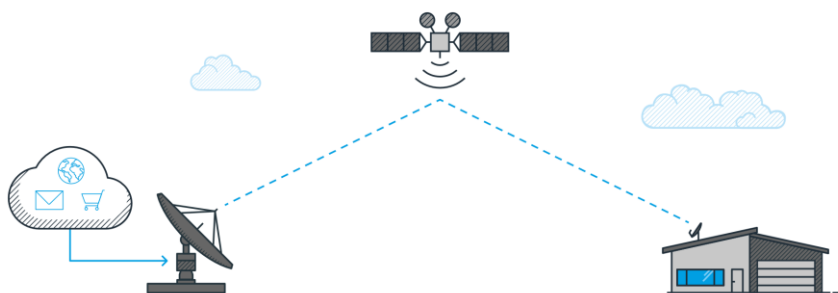
Ο εξοπλισμός δορυφορικού internet αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: έναν γεωστατικό δορυφόρο στο διάστημα, ένα δορυφορικό πιάτο τοποθετημένο στο σπίτι σας και ένα μόντεμ που μεταδίδει σήματα διαδικτύου από το πιάτο στον υπολογιστή σας.

Η αγορά του δορυφορικού διαδικτύου γίνεται μέσω κάποιας δορυφορικής ευρυζωνικής υπηρεσίας. Υπάρχουν μόνο λίγοι από αυτούς τους παρόχους στην αγορά και διαφέρουν ως προς την τιμολόγηση, τις ταχύτητες σύνδεσης και τα

πακέτα υπηρεσιών που προσφέρουν. Όταν εγγραφείτε για υπηρεσία, θα λάβετε το δορυφορικό πιάτο και το απαιτούμενο μόντεμ. Ορισμένες υπηρεσίες καλύπτουν το κόστος αυτού του εξοπλισμού και την τοποθέτησή του από έναν επαγγελματία παροχής υπηρεσιών όταν υπογράφετε ένα συμβόλαιο δύο ετών, ενώ άλλοι χρεώνουν επιπλέον χρέωση ενεργοποίησης και εγκατάστασης.

Πως λειτουργεί ?

Το δορυφορικό διαδίκτυο χρησιμοποιεί γεωστατικούς δορυφόρους, αντί τηλεφωνικών γραμμών ή καλωδιακών συστημάτων, για την παράδοση σήματος διαδικτύου απευθείας στο σπίτι σας. Με τον γεωστατικό τρόπο, ο δορυφόρος παραμένει σε σταθερή θέση σε σχέση με ένα σημείο της Γης, προσαρμόζοντας την ταχύτητα περιστροφής του καθώς ο δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τον πλανήτη. Ο δορυφόρος παρέχει αμφίδρομες επικοινωνίες δεδομένων μεταξύ ενός δορυφορικού πιάτου τοποθετημένου στο εξωτερικό του σπιτιού σας και του κόμβου του παρόχου δορυφορικού internet. Όταν αποκτάτε πρόσβαση σε μια ιστοσελίδα, το αίτημα αποστέλλεται από τον υπολογιστή σας στον δορυφόρο. Στη συνέχεια ο δορυφόρος μεταδίδει το σήμα στον κόμβο της δορυφορικής υπηρεσίας διαδικτύου, όπου βρίσκεται ο συγκεκριμένος ιστότοπος που ζητήσατε και αναβιβάζει πίσω στον δορυφόρο. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αποστέλλονται στο πιάτο σας και ο ιστότοπος φορτώνεται στον υπολογιστή σας μέσω ενός μόντεμ συνδεδεμένου στο πιάτο. Ενώ το σήμα διαδικτύου ταξιδεύει σε μια καταπληκτική απόσταση εμπρός και πίσω, χρειάζεται μόνο μια χούφτα δευτερόλεπτα για να συμβεί αυτή η όλη διαδικασία. Με δορυφορικό Internet, μπορείτε να συνδέσετε στον υπολογιστή σας όλους τους υπολογιστές και συσκευές με δυνατότητα Internet στο σπίτι σας.



[19]

Εκτός από τον απαραίτητο εξοπλισμό, πρέπει να έχετε μια καθαρή θέα στον νότιο ουρανό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δορυφορικό πιάτο απαιτεί μια σαφή οπτική επαφή με τον γεωστατικό δορυφόρο. Σε σπάνιες περιπτώσεις, ακραίες καιρικές συνθήκες μπορεί να επηρεάσουν το σήμα σας.

Μπορεί να μην είναι η ταχύτερη σύνδεση στο διαδίκτυο στον κόσμο, αλλά με ταχύτητες περίπου δέκα φορές πιο γρήγορα από dial-up, το δορυφορικό διαδίκτυο συνδέει τα πιο αγροτικά μέρη της χώρας με τον Παγκόσμιο Ιστό. (Nielsen)^[19]

4.3 Είδη Συνδέσεων Δορυφορικού Internet

Μπορούμε να διακρίνουμε 3 διαφορετικές μορφές σύνδεσης στο Internet over Satellite. Στη πρώτη περίπτωση ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας μέσω ενός ιδιωτικού συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων με το δορυφόρο. Στη δεύτερη περίπτωση η δορυφορική σύνδεση προσφέρεται στον τελικό χρήστη μέσω ενός Internet Service Provider (ISP) ο οποίος έχει τη δική του δορυφορική σύνδεση, ενώ στην τρίτη περίπτωση ο Internet Service Provider (ISP), δε διαθέτει απευθείας δορυφορική σύνδεση αλλά συνδέεται με κάποια εταιρεία η οποία διαθέτει δορυφορική σύνδεση με κάποιο δορυφόρο (είτε ιδιωτικό είτε μισθωμένο).

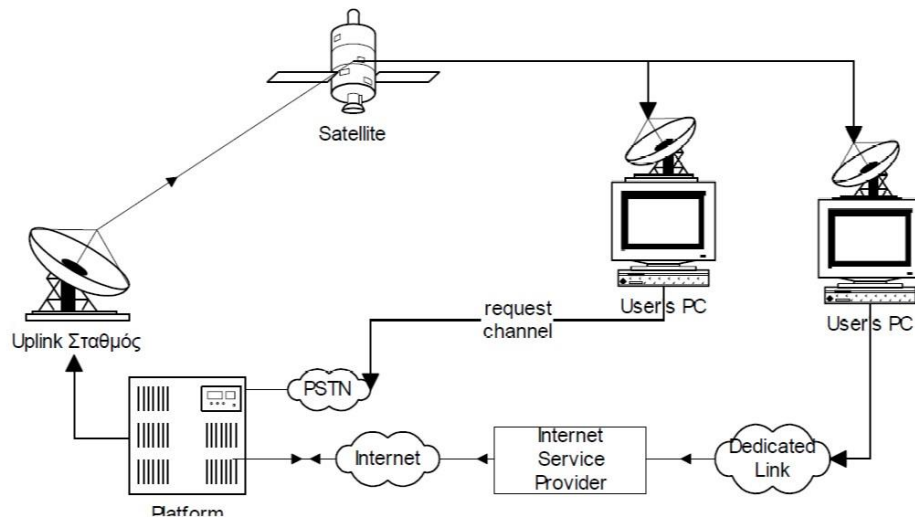
Και στις τρεις μορφές σύνδεσης η απαιτούμενη κοινή υποδομή περιλαμβάνει:

- Έναν uplink σταθμό μετάδοσης δεδομένων προς το δορυφόρο.
- Μια πλατφόρμα προγραμμάτων δορυφορικής λήψης πολυμεσικών δεδομένων.
- Μια ή περισσότερες δορυφορικές συνδέσεις.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε μιας από αυτές τις συνδέσεις θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη

Σε αυτή την περίπτωση (Εικόνα 4.3.1), ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας σε μια δορυφορική σύνδεση διαθέτοντας μια κάρτα δορυφορικής λήψης και ένα δορυφορικό δέκτη. Το κόστος ενός τέτοιου δικτύου, σε απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, είναι αρκετά υψηλό κάνοντας τέτοιες συνδέσεις απαγορευτικές προς το παρόν.



Εικ.4.3.1: Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη^[20]

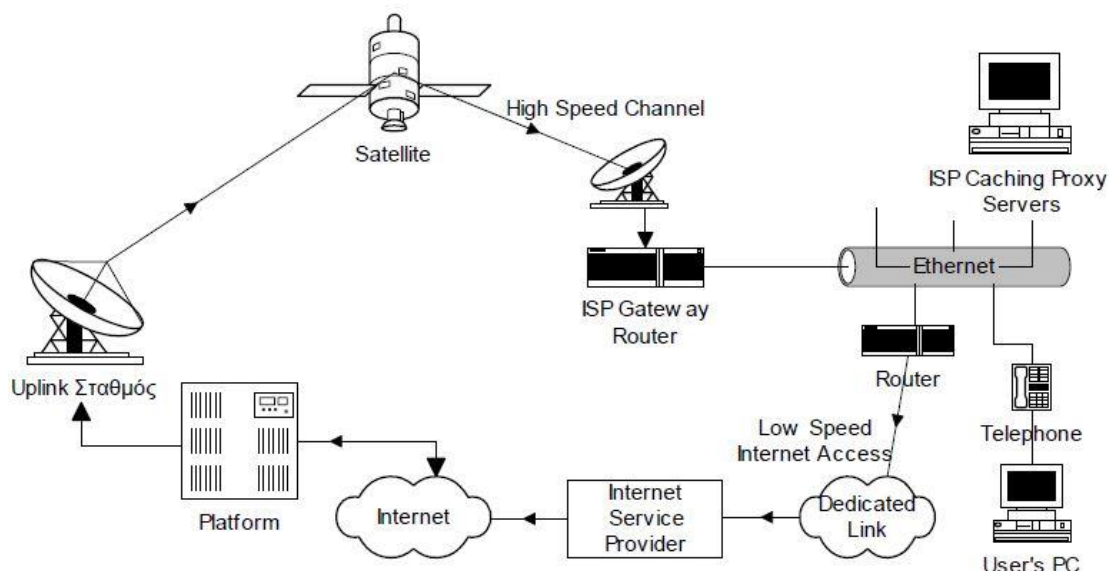
Σύγχρονα προϊόντα που απευθύνονται σε τελικούς χρήστες ενσωματώνουν το απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, προσφέροντας οικονομικότερες ολοκληρωμένες λύσεις τόσο για τη λήψη πολυμεσικών δεδομένων αλλά και υπηρεσιών όπως Video on Demand. Η λήψη των δεδομένων γίνεται μέσω της δορυφορικής σύνδεσης, ενώ η αποστολή των δεδομένων συνεχίζει να γίνεται μέσω μιας παραδοσιακής σύνδεσης στο Internet. Γι' αυτό το λόγο αν και αυξάνεται ο ρυθμός λήψης δεδομένων αγγίζοντας τα 45Mbps, η ταχύτητα αποστολής των δεδομένων παραμένει χαμηλή.

Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.

Σε αυτή την περίπτωση (Εικόνα 4.3.2) ο ISP διαθέτει ένα δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον

[19] <https://www.toptenreviews.com/services/articles/satellite-internet-101-how-does-it-work/>

Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο δορυφόρο. Μόλις τα δεδομένα που ο χρήστης αναζητά συγκεντρωθούν αποστέλλονται στον υπολογιστή του χρήστη.



Εικ.4.3.2 : Σχηματικό άμεσης δορυφορικής σύνδεσης μέσω ISP.^[20]

Παρατηρούμε λοιπόν ότι σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε μια καθαρά δορυφορική σύνδεση αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων με αποτέλεσμα η απόδοση της σύνδεσης να επηρεάζεται από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων (όπως για παράδειγμα ταχύτητες που ο επιλεγμένος ISP προσφέρει και κίνηση στο Διαδίκτυο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή). Φυσικά η απόδοση της σύνδεσης εξαρτάται και από τις ταχύτητες uplink & downlink που ο κάθε ISP μπορεί να προσφέρει. Οι ταχύτητες αυτές μπορούν να φθάνουν έως και τα 5Mbps για uplink, ενώ αγγίζουν τα 45Mbps για downlink. Η συνολική ταχύτητα μπορεί να προσδιοριστεί ως ένας μέσος όρος των ενδιάμεσων ταχυτήτων που παρατηρούνται και φυσικά αναφέρονται σε ιδανικές συνθήκες. Η ζήτηση σε δορυφορικό Internet τα προσεχή χρόνια θα παίξει μεγάλο ρόλο στη δημιουργία ανταγωνισμού ανάμεσα στους ISP σανόλογα βέβαια με τις απαιτήσεις των χρηστών και τη δυνατότητά τους να πληρώνουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες.

Έμμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.

Σε αυτή την περίπτωση ο ISP δε διαθέτει δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο αλλά συνδέεται είτε δορυφορικά είτε επίγεια με κάποια εταιρεία που διαθέτει απευθείας σύνδεση με κάποιο δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο διακομιστή της εταιρείας που παρέχει το δορυφόρο. Εκεί γίνεται εκ νέου ένας έλεγχος για το αν τα ζητούμενα δεδομένα βρίσκονται αποθηκευμένα στον εκεί διακομιστή. Αν ναι τότε συλλέγονται και μεταδίδονται στον υπολογιστή του χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη προωθείται για εξυπηρέτηση στο δορυφόρο. Η επιστροφή των δεδομένων μπορεί να γίνει και απευθείας μέσω του δορυφόρου στο χρήστη αν αυτός διαθέτει δορυφορική κεραία, διαφορετικά επιστρέφονται μέσα από επίγειες συνδέσεις. Παρατηρούμε λοιπόν ότι και σε αυτή την περίπτωση έχουμε μια υβριδική σύνδεση επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων με αποτέλεσμα η απόδοση της σύνδεσης να επηρεάζεται τόσο από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων όσο και από τα χαρακτηριστικά της δορυφορικής σύνδεσης της εταιρείας. Από τις δύο παραπάνω συνδέσεις σίγουρα καλύτερη και ταχύτερη εμφανίζεται η πρώτη αφού μειώνει τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των χρησιμοποιούμενων συνδέσεων.

4.3.1 Μονόδρομη Σύνδεση

Τα συστήματα δορυφορικής διαδικτυακής εκπομπής μονής κατεύθυνσης χρησιμοποιούνται για δεδομένα που βασίζονται σε εκπομπή Internet Protocol (IP), για τη διανομή ήχου και εικόνας. Στις ΗΠΑ απαιτείται άδεια χρήσης της FCC (Federal Communications Commission) μόνο για το σταθμό ανερχόμενης ζεύξης και δεν απαιτείται άδεια χρήσης για τους χρήστες. Σημειώστε ότι τα περισσότερα πρωτόκολλα Διαδικτύου δεν θα λειτουργήσουν σωστά κατά τη μονόδρομη πρόσβαση, καθώς απαιτούν ένα κανάλι επιστροφής. Ωστόσο, το περιεχόμενο στο Διαδίκτυο, όπως οι ιστοσελίδες, μπορεί να διανεμηθεί μέσω ενός συστήματος μονής κατεύθυνσης, μεταφέροντας τα σε τοπικό αποθηκευτικό χώρο σε τελικούς χρήστες, αν και δεν είναι δυνατή η πλήρης διαδραστικότητα. Αυτό μοιάζει πολύ με

περιεχόμενο τηλεόρασης ή ραδιοφώνου το οποίο προσφέρει μικρή διασύνδεση χρήστη.

Ο μηχανισμός εκπομπής μπορεί να περιλαμβάνει τη συμπίεση και τη διόρθωση σφαλμάτων για να διασφαλιστεί ότι η εκπομπή μονής κατεύθυνσης λαμβάνεται σωστά. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να αναμεταδίδονται περιοδικά, έτσι ώστε οι δέκτες που δεν κατάφεραν προηγουμένως να έχουν πρόσθετες πιθανότητες να δοκιμάσουν ξανά τη λήψη.

Τα δεδομένα μπορεί επίσης να είναι κρυπτογραφημένα, έτσι ώστε ενώ κάποιος μπορεί να λάβει τα δεδομένα, μόνο ορισμένοι προορισμοί είναι σε θέση να αποκωδικοποιήσουν και να χρησιμοποιήσουν πραγματικά τα δεδομένα μετάδοσης. Οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες πρέπει να κατέχουν είτε ένα σύντομο κλειδί αποκρυπτογράφησης είτε μια συσκευή αυτόματου κυλιόμενου κώδικα που χρησιμοποιεί τον δικό του ιδιαίτερα ακριβή ανεξάρτητο μηχανισμό χρονισμού για την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων.

Συστατικά υλικού συστήματος

Παρόμοια με την απλή επίγεια επιστροφή, η δορυφορική πρόσβαση στο Διαδίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει διεπαφές με το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής για εφαρμογές κουτιού. Δεν απαιτείται σύνδεση στο Internet, αλλά πολλές εφαρμογές περιλαμβάνουν διακομιστή πρωτοκόλλου μεταφοράς αρχείων (FTP) στην ουρά δεδομένων για μετάδοση.

Εξαρτήματα λογισμικού συστήματος

Οι περισσότερες εφαρμογές εκπομπής μιας διαδρομής απαιτούν προσαρμοσμένο προγραμματισμό σε απομακρυσμένες περιοχές. Το λογισμικό στην απομακρυσμένη τοποθεσία πρέπει να φιλτράρει, να αποθηκεύει, να παρουσιάζει μια διεπαφή επιλογής και να εμφανίζει τα δεδομένα. Το λογισμικό στο σταθμό μετάδοσης πρέπει να παρέχει έλεγχο πρόσβασης, ουρά προτεραιότητας, αποστολή και ενθυλάκωση των δεδομένων.

Υπηρεσίες

Οι αναδυόμενες εμπορικές υπηρεσίες σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν:

Outernet - Δορυφορική τεχνολογία αστερισμού

4.3.2 Αμφίδρομη Σύνδεση

Η υπηρεσία δορυφορικής αμφίδρομης δορυφορικής διαδικτυακής ή οικιακής χρήσης περιλαμβάνει την αποστολή και τη λήψη δεδομένων από ένα απομακρυσμένο τερματικό πολύ μικρού διαφράγματος (VSAT) μέσω δορυφόρου σε μια θύρα τηλεπικοινωνιών (teleport), η οποία στη συνέχεια μεταδίδει δεδομένα μέσω του επίγειου διαδικτύου. Το δορυφορικό πιάτο σε κάθε θέση πρέπει να δείχνεται με ακρίβεια ώστε να αποφεύγεται η παρεμβολή σε άλλους δορυφόρους. Σε κάθε τοποθεσία VSAT η συχνότητα ανερχόμενης ζεύξης, ο ρυθμός bit και η ισχύς πρέπει να ρυθμιστούν με ακρίβεια, υπό τον έλεγχο του κόμβου του φορέα παροχής υπηρεσιών.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υπηρεσιών δορυφορικών υπηρεσιών μέσω δύο δρόμων, μεταξύ των οποίων η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (TDMA) και ένα κανάλι ανά φορέα (SCPC). Τα αμφίδρομα συστήματα μπορούν να είναι απλά τερματικά VSAT με τρυβλίο 60-100 cm και ισχύ εξόδου μόνο μερικών watt που προορίζονται για καταναλωτές και μικρές επιχειρήσεις ή μεγαλύτερα συστήματα που παρέχουν περισσότερο εύρος ζώνης. Τέτοια συστήματα διατίθενται συχνά στο εμπόριο ως "δορυφορικές ευρυζωνικές συνδέσεις" και μπορούν να κοστίζουν δύο έως τρεις φορές περισσότερο ανά μήνα με τα χειρσαία συστήματα όπως το ADSL. Τα μόντεμ που απαιτούνται για αυτήν την υπηρεσία είναι συχνά ιδιοκτησιακά, αλλά ορισμένα είναι συμβατά με διάφορους διαφορετικούς παρόχους. Είναι επίσης ακριβό, κοστίζοντας από \$ 600 έως \$ 2000.

Σε αυτή την κατηγορία μπορεί να ανήκει επίσης το φορητό δορυφορικό ίντερνετ, με τη διαφοροποίηση από τη μεριά του χρήστη ως προς στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Φορητό Δορυφορικό Μόντεμ ή Internet μέσω δορυφορικού τηλεφώνου.

4.4 Απαιτούμενος Εξοπλισμός

Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι δορυφόροι στο Internet over Satellite είναι γεωστατικής τροχιάς (GEO). Αν και το κόστος τοποθέτησης τέτοιων δορυφόρων σε τροχιά γύρω από τη γη είναι μεγάλο ο συνδυασμός με χαμηλού κόστους σταθμούς λήψης αποτελεί μια ανταγωνιστική πρόταση σε σχέση με τις προσφερόμενες επίγειες λύσεις των Ασυμμετρικών Ψηφιακών Συνδρομητικών Γραμμών (ADSL- Asymmetric Digital Subscriber Line), δεδομένου ότι αυτές δεν

παρέχουν multicast & broadcast μετάδοση δεδομένων. Η τοποθέτηση αυτών των γραμμών προϋποθέτει φυσικά τη δυνατότητα των τελικών χρηστών να μπορούν να πληρώσουν την εγκατάστασή τους.

Όπως προηγουμένως περιγράψαμε στα είδη συνδέσεων, δεν έχουμε καθαρά δορυφορικές συνδέσεις αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών δικτύων. Αυτό σημαίνει ότι ο τελικός χρήστης διατηρεί τον εξοπλισμό που ήδη έχει, μόντεμ και σύνδεση στο δίκτυο (μέσω ISP ή μισθωμένων γραμμών), προκειμένου να μπορεί να στέλνει δεδομένα προς το δορυφόρο, αφού οι σημερινές συνδέσεις είναι μονόδρομες . Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα αφού δεν απαιτείται πλήρης αλλαγή των σημερινών χρησιμοποιούμενων συνδέσεων.

Το κόστος ανάπτυξης επομένως μπορεί να χωριστεί στο κόστος εξοπλισμού και προσφοράς υπηρεσιών επίγειων συνδέσεων (για παράδειγμα, περιλαμβάνει σύνδεση με κάποιον ISP και modem), και σε κόστος εξοπλισμού και προσφοράς δορυφορικών υπηρεσιών (για παράδειγμα, περιλαμβάνει σύνδεση με κάποια εταιρεία και δορυφορικό δέκτη).

Στα προηγούμενα σχήματα είδαμε την ύπαρξη μιας πλατφόρμας διαχείρισης πολυμεσικών δεδομένων για μετάδοση σε δορυφορικά κανάλια. Η πλατφόρμα αυτή είναι η Digital Video Broadcast (DVB), η οποία διαχειρίζεται αμφίδρομες υπηρεσίες Internet και άλλες υπηρεσίες, όπως εκπομπή MPEG2 DVB ροών πληροφορίας. Η πλατφόρμα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για εφαρμογές τήλε-εκπαίδευσης, τήλε-ενημέρωσης και γενικά υπηρεσιών που απαιτούν προσφορά εικόνας και ήχου υψηλής ποιότητας στους τελικούς χρήστες.^[20]

4.5 Ταχύτητες, Ασφάλεια και QoS

TACHYTHTES

Οι ταχύτητες που το Internet over Satellite υπόσχεται είναι αρκετά δελεαστικές, με αποτέλεσμα αρκετοί ISPs να επενδύουν σε αναπτυσσόμενες δορυφορικές λύσεις. Όμως δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι οι ταχύτητες αυτές χαρακτηρίζουν ιδανικές συνθήκες μεταφοράς δεδομένων, όπου δεν παρατηρείται συμφόρηση ή απώλεια πακέτων. Φυσικά είναι πολύ νωρίς να μιλάμε για συμφόρηση στα δορυφορικά δίκτυα με τη δεδομένη ζήτηση και χρήση αλλά δεν ξέρουμε τι θα γίνει τα επόμενα χρόνια. Οι απαιτήσεις των τελικών χρηστών για τις προσφερόμενες υπηρεσίες είναι αυτές που θα διαμορφώσουν τις συνθήκες. Στις μέρες μας οι ταχύτητες λήψης δεδομένων από ένα δορυφόρο στον υπολογιστή του τελικού χρήστη φθάνουν τα 45Mbps, ενώ οι ταχύτητες αποστολής δεδομένων από έναν σταθμό στο δορυφόρο περιορίζονται στα 5Mbps. Φυσικά η συνολική ταχύτητα επηρεάζεται από τη μορφή της σύνδεσης και μπορεί να εκφραστεί ως ο μέσος όρος των ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων σε όλες τις ενδιάμεσες συνδέσεις.

Δυο τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της καθυστέρησης μεταφοράς δεδομένων στα δορυφορικά δίκτυα είναι:

α) η τεχνική της αποθήκευσης συχνά χρησιμοποιούμενων πακέτων δεδομένων στους διακομιστές (Intelligent Caching) και

β) η αποστολή πακέτων χωρίς να είναι πάντα απαραίτητα η λήψη επιβεβαιώσεων, μειώνοντας το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην αποστολή διαδοχικών πακέτων.

Μια επίσης παράμετρος που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν είναι ότι αν και μιλάμε για άπειρο εύρος ζώνης στην πραγματικότητα αυτό υπόκειται σε μια πολιτική χορήγησης αδειών για συγκεκριμένες συχνότητες καθώς ορισμένες είναι ήδη δεσμευμένες για ερευνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.^[20]

ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Σημαντικό θέμα προβληματισμού αποτελεί η εξασφάλιση της ασφάλειας των μεταδιδόμενων δεδομένων πάνω από δορυφορικά δίκτυα. Η ασύρματη φύση μετάδοσης των δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση ενός καναλιού επικοινωνίας χωρίς να είναι δυνατή η ανίχνευση.

Μια προτεινόμενη λύση είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων από τον πομπό και η αποκρυπτογράφηση από το δέκτη, είτε με δημόσια είτε με ιδιωτικά κλειδιά, η οποία εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση των δεδομένων και αποφυγή υποκλοπών.

Μέσα στην προσπάθεια πρωτοτυποποίησης των πρωτοκόλλων για δορυφορικά δίκτυα εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου ασφάλειας.^[19]

Qos στο Internet over Satellite

Η δυνατότητα των δορυφορικών δικτύων να καλύπτουν μεγάλες περιοχές, καθώς και χρήστες οι οποίοι βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένα σημεία, οδηγεί στην ανάπτυξη του Internet over Satellite. Αρκετοί επιστήμονες ασχολούνται με την επέκταση και βελτίωση του TCP πρωτοκόλλου ώστε να είναι δυνατή η αποδοτική χρήση του σε δορυφορικές συνδέσεις.

Το αυξημένο εύρος ζώνης που προσφέρουν τα δορυφορικά δίκτυα, θα οδηγήσει στη διέλευση μεγάλου αριθμού δεδομένων του Internet μέσω δορυφορικών κόμβων στα επόμενα χρόνια. Το μεγάλο γινόμενο καθυστέρησης ανάδρασης x εύρος ζώνης και η απώλεια πακέτων, που εμφανίζονται στις δορυφορικές συνδέσεις επηρεάζουν το Quality of Service (QoS) στο Internet over Satellite.

Η ανάπτυξη μηχανισμών που θα προσφέρουν QoS σε ένα πλήθος εφαρμογών αλλά και συνόλου χρηστών του Internet over Satellite αποτελεί αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνητών. Οι μηχανισμοί που θα αναπτυχθούν θα πρέπει να ικανοποιούν τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του Quality of Service:

- **Ταχύτητα μετάδοσης.** Ο ελάχιστος αποτελεσματικός ρυθμός δεδομένων που πρέπει να παρέχεται μαζί με ένα ανεκτό ανώτατο όριο.

- **Όρια στην καθυστέρηση και διακύμανσή της.** Η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή που επιτρέπεται, ειδικά για video και άλλα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου.

- **Throughput.** Το ποσό των δεδομένων τα οποία μεταδίδονται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο.

- **Schedule.** Οι χρόνοι έναρξης και λήξης για μια αιτούμενη υπηρεσία.

- **Loss rate.** Ο μέγιστος αναμενόμενος ρυθμός απώλειας πακέτων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (ειδικά στις δορυφορικές συνδέσεις στις οποίες η απώλεια πακέτων μπορεί να οφείλεται είτε στη συμφόρηση είτε στη δημιουργία λαθών ή στις προβληματικές συνδέσεις).

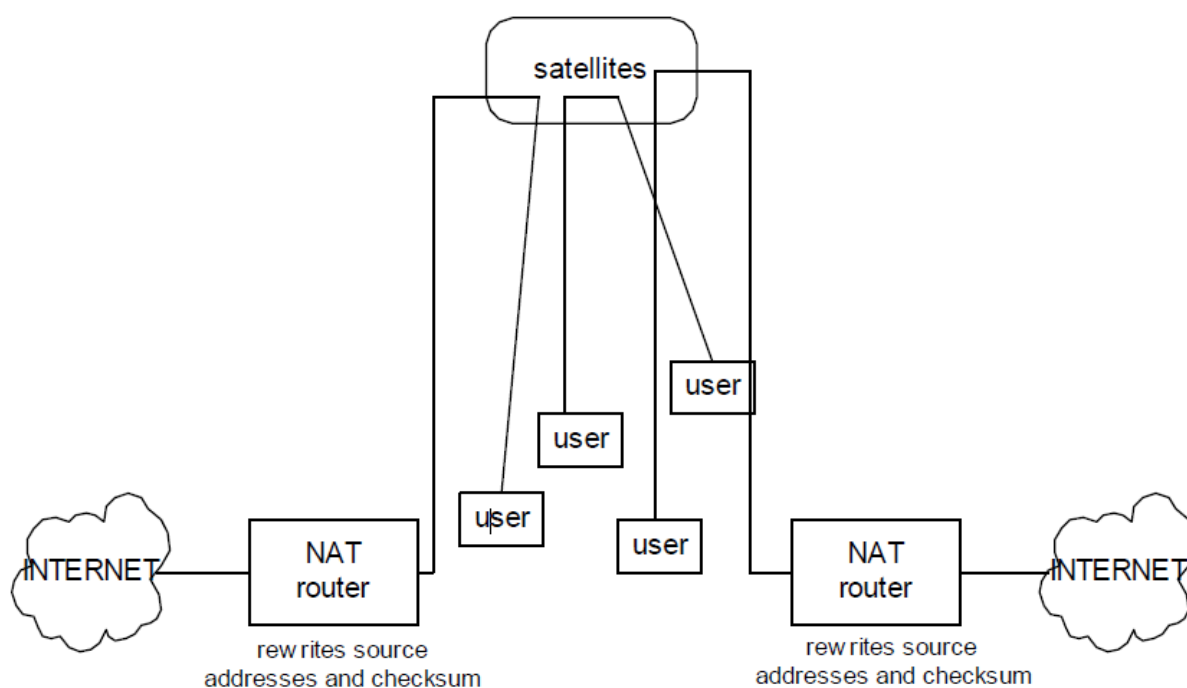
Η απαίτηση για υψηλό QoS αυξάνει και το κόστος παροχής υπηρεσιών, το οποίο πρέπει να είναι ξεκάθαρο στους χρήστες, ώστε αυτοί να μην απαιτούν υψηλότερο επίπεδο υπηρεσιών από ότι πραγματικά χρειάζονται. Αυτό αυτόματα διαχωρίζει τους χρήστες σε ένα σύνολο διαφορετικών κλάσεων.

Κάθε κλάση χαρακτηρίζεται από ένα ανώτατο όριο στην καθυστέρηση μετάδοσης των δεδομένων, έναν ανώτατο όριο απώλειας πακέτων και ένα διαθέσιμο εύρος ζώνης για τις αιτούμενες υπηρεσίες, το οποίο μοιράζεται με έναν ιεραρχικό τρόπο ανάμεσα στους χρήστες της κλάσης.

Εξαιτίας της καθυστέρησης στη λήψη επιβεβαιώσεων στις δορυφορικές συνδέσεις, η ιεραρχική σύνδεση των χρηστών που ανήκουν σε μια κλάση, επιτρέπει τη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης που ένας χρήστης δε χρησιμοποιεί για κάποιο χρονικό διάστημα, από τους άλλους χρήστες με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του TCP πρωτοκόλλου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αλγορίθμων που αποδίδουν «δίκαια» τους πόρους του δικτύου. Σημαντικό θέμα έρευνας στο Internet over Satellite, αποτελεί και η δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων. Οι δορυφόροι που δε βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά αλλάζουν δυναμικά τις τοπολογίες των δορυφορικών δικτύων με αποτέλεσμα να χρειάζονται συχνή αλλαγή και οι πίνακες δρομολόγησης (routing tables). Η διατήρηση των πινάκων δρομολόγησης μέσα στους δορυφόρους δεν είναι συμφέρουσα καθώς δεν είναι εύκολη η ανανέωση και ενημέρωσή τους όταν οι δορυφόροι βρίσκονται σε τροχιά.

Μια καλή λύση είναι η χρησιμοποίηση ενός ιδιαίτερου τρόπου δρομολόγησης, όπως το Network Address Translation (NAT). Σε αυτή την τεχνική η αναγκαία πληροφορία για τη δρομολόγηση προέρχεται από το ίδιο το δίκτυο. Ο NAT router λαμβάνει τα δεδομένα και υπολογίζει κάθε φορά τις διευθύνσεις λήψης αλλά και προορισμού των πακέτων.

Η διαδικασία είναι αμφίδρομη και παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.5.1.



Εικόνα 4.5.1 : Σχηματικό διάγραμμα της NAT τεχνικής.^[20]

Αν και η NAT τεχνική λύνει το πρόβλημα δρομολόγησης στα δορυφορικά δίκτυα (καθώς και σε ιδιωτικά κινητά δίκτυα) το μόνο μειονέκτημα είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα των υπολογισμών που εμπλέκονται σε αυτή. Λύση σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να προσφέρει η ενσωμάτωση μηχανισμών για switching & routing μέσα στους ίδιους τους δορυφόρους, που θα χειρίζεται τη μεταξύ τους επικοινωνία και μεταφορά πακέτων δεδομένων. Αυτό ήδη αποτελεί ερευνητικό στόχο των επιστημόνων για τα επόμενα χρόνια. (Μπούρας Χ. Ι., 2008)^[20]

4.6 Μελλοντικά

Η NASA αναπτύσσει μια μακρόχρονη τεχνολογική επίδειξη για το τι θα μπορούσε να γίνει το διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας του ουρανού.

Η επίδειξη αναμετάδοσης επικοινωνιών λέιζερ (LCRD) θα βοηθήσει την NASA να καταλάβει τους καλύτερους τρόπους λειτουργίας των συστημάτων επικοινωνίας λέιζερ. Θα μπορούσαν να επιτρέψουν πολύ υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων για συνδέσεις μεταξύ διαστημικού οχήματος και Γης, όπως οι επικοινωνίες καθοδικής ζεύξης επιστημονικών δεδομένων και οι επικοινωνίες αστροναυτών.

"Το LCRD είναι το επόμενο βήμα για την εφαρμογή του οράματος της NASA για τη χρήση οπτικών επικοινωνιών τόσο για αποστολές κοντά σε γείωση όσο και για αποστολές στο βαθύ διάστημα", δήλωσε ο Steve Jurczyk, διευθύνων σύμβουλος της Διεύθυνσης αποστολής διαστημικών τεχνολογιών της NASA. "Αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στις διαστημικές επικοινωνίες και είμαστε ενθουσιασμένοι να συνεργαστούμε με το γραφείο του προγράμματος διαστημικών επικοινωνιών και πλοήγησης της Διεύθυνσης Αποστολών Ανθρώπινου Δυναμικού και Πλοήγησης, του MIT Lincoln Labs και της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ για αυτή την προσπάθεια".

"Το LCRD έχει σχεδιαστεί για να λειτουργήσει εδώ και πολλά χρόνια και θα επιτρέψει στη NASA να μάθει πώς να αξιοποιήσει με τον καλύτερο τρόπο αυτή τη νέα τεχνολογία", δήλωσε ο Don Cornwell, διευθυντής του τμήματος προηγμένης επικοινωνίας και πλοήγησης του γραφείου του Space Communications and Navigation στο κεντρικό γραφείο της NASA. καθοδηγεί την ανάπτυξη του μέσου. "Σχεδιάζουμε επίσης ένα τερματικό με λέιζερ για τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό που θα χρησιμοποιήσει το LCRD για να αναμεταδώσει δεδομένα από το σταθμό στο έδαφος με ρυθμούς δεδομένων Gigabit ανά δευτερόλεπτο. Σχεδιάζουμε να πετάξουμε αυτό το νέο τερματικό σταθμό το 2021 και εμείς δοκιμάσαμε ελπίζοντας ότι πολλές άλλες αποστολές της NASA σε τροχιά γύρω από τη Γη θα πετάξουν και αντίγραφα του, για να αναμεταδώσουν τα δεδομένα τους μέσω του LCRD στο έδαφος ».

Η αποστολή βασίζεται στην επίδειξη Lunar Laser Communications (LLCD), μια πολύ επιτυχημένη αποστολή που ξεπέρασε το Lunar Atmosphere Dust and Environment Explorer το 2013. Ενώ η LLCD ήταν η πρώτη που παρουσίασε επικοινωνίες λέιζερ υψηλής ταχύτητας δεδομένων πέρα από τη χαμηλή τροχιά της Γης, Το LCRD θα επιδείξει τη λειτουργική μακροζωία και αξιοπιστία της τεχνολογίας. Η αποστολή θα δοκιμάσει επίσης τις ικανότητες του LCRD σε πολλές διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και επιχειρησιακά σενάρια.

"Έχουμε μάθει πάρα πολλά χρόνια για τις επικοινωνίες ραδιοσυχνοτήτων και πώς λειτουργεί για να αξιοποιήσει στο έπακρο την τεχνολογία", δήλωσε ο Dave Israel, κύριος ερευνητής της LCRD, σχετικά με το σημερινό σύστημα επικοινωνιών. "Με το LCRD, θα έχουμε την ευκαιρία να τοποθετήσουμε τις επικοινωνίες λέιζερ μέσω των βημάτων για να ελέγξουμε την απόδοση σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες και ώρες της ημέρας για να αποκτήσουμε αυτή την εμπειρία".

Το LCRD είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί μεταξύ δύο και πέντε ετών. Δύο τερματικοί σταθμοί εξοπλισμένοι με μόντεμ λέιζερ που βρίσκονται στο Table Mountain της Καλιφόρνια και στη Χαβάη θα επιδείξουν ικανότητα επικοινωνίας προς και από το LCRD, το οποίο θα βρίσκεται σε μια τροχιά που αντιστοιχεί στην περιστροφή της Γης, που ονομάζεται γεωσύγχρονη τροχιά, μεταξύ των δύο σταθμών.

Το ωφέλιμο φορτίο LCRD αποτελείται από δύο πανομοιότυπα οπτικά τερματικά συνδεδεμένα με ένα στοιχείο που ονομάζεται μονάδα μεταγωγής χώρου, το οποίο λειτουργεί ως δρομολογητής δεδομένων. Η μονάδα μεταγωγής χώρου είναι επίσης συνδεδεμένη σε μια κατερχόμενη ζεύξη ραδιοσυχνοτήτων.

Τα μόντεμ μεταφέρουν ψηφιακά δεδομένα σε σήματα λέιζερ ή ραδιοσυχνότητας και ξανά. Μόλις μετατρέψουν τα δεδομένα σε φως λέιζερ, η οπτική μονάδα θα εκπέμψει τα δεδομένα στη Γη. Για να γίνει αυτό, η ενότητα πρέπει να είναι ιδανική για να λαμβάνει και να μεταδίδει τα δεδομένα. Η μονάδα ηλεκτρονικών ελεγκτών (CE) ενεργοποιεί τους ενεργοποιητές για να βοηθήσει στο σημείο και να σταθεροποιήσει το τηλεσκόπιο παρά οποιαδήποτε κίνηση ή δονήσεις στο διαστημικό σκάφος.

Το LCRD πέτυχε πρόσφατα μια επιτυχημένη αναθεώρηση σημείων αποφάσεων και προχώρησε στο στάδιο ολοκλήρωσης και εξέτασης της εξέλιξης, κατά τη διάρκεια της οποίας οι μηχανικοί θα εξασφαλίσουν ότι κάθε συστατικό θα

συμπεριφερθεί όπως προβλέπεται μετά την εκτόξευση του οργάνου. Η εκτόξευση προγραμματίζεται να πραγματοποιηθεί το καλοκαίρι του 2019.

Η ομάδα LCRD διευθύνεται από το κέντρο πτήσεων Goddard Space Flight της NASA στο Greenbelt, Maryland. Οι συνεργάτες περιλαμβάνουν το Εργαστήριο Jet Propulsion της NASA στην Pasadena της Καλιφόρνια και το εργαστήριο Lincoln του MIT.

Το LCRD είναι ένα έργο στο πλαίσιο της αποστολής επίδειξης τεχνολογίας της Διεύθυνσης Αποστολής Διαστημικών Τεχνολογιών της NASA, η οποία εκτελεί επίδειξη οριζόντιων τεχνολογιών και δυνατοτήτων σε επίπεδο συστήματος και γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ επιστημονικών και μηχανικών προκλήσεων και τεχνολογικών καινοτομιών που απαιτούνται για την αντιμετώπισή τους επιτρέποντας δυνατές νέες διαστημικές αποστολές όπως το [LCRD.\(Hume, 2017\)](#)^[21]

^[21]<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-taking-first-steps-toward-high-speed-space-internet>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

URLs:

<https://www.eeweb.com/quizzes/communication-satellite-subsystems>

<https://www.radio-electronics.com/info/satellite/satellite-orbits/geostationary-earth-orbit.php>

https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit#Communications

https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler_orbit

https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler%27s_laws_of_planetary_motion

https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit

https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Orbital_perturbation_analysis&oldid=855265110

https://en.wikipedia.org/wiki/Polar_orbit

https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Internet_access

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-taking-first-steps-toward-high-speed-space-internet>

https://www.radio-electronics.com/info/satellite/communications_satellite/communications-satellite-technology.php

<https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>

<https://www-spf.gsfc.nasa.gov/Education/wlopolar.html>

https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητός_δορυφόρος

<http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4875/877.pdf?sequence=1>

<https://www.toptenreviews.com/services/articles/satellite-internet-101-how-does-it-work/>

Αναφορές:

1. contributors, W. (2018, Νοεμβρίου 16). *Τεχνητός δορυφόρος*. Ανάκτηση Νοέμβριος 16, 2018, από Βικιπαίδεια , Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια: https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητός_δορυφόρος
2. Μπούρας, Χ. (2017, Σεπτεμβρίου 17). Ενότητα #8: Δορυφορικές Επικοινωνίες. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ. http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras_site/lectures//08_Satellite.pdf?language=el
3. Labrador, V. (2018 , 12 1). *How satellites work*. Ανάκτηση 2018, από Encyclopedia Britannica | Britannica.com: <https://www.britannica.com/technology/satellite-communication>
4. contributors, W. (2018, 12 1). *Satellite Internet access - Wikipedia*. Ανάκτηση από Wikipedia, the free encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Internet_access
5. *Communication Satellite Subsystems*. (2016, May 16). Ανάκτηση 12 1, 2018, από EEWeb: <https://www.eeweb.com/quizzes/communication-satellite-subsystems>
6. Poole, I. (2017). *Communications Satellites Technology*. Ανάκτηση 11 1, 2018, από Radio-Electronics.com: https://www.radio-electronics.com/info/satellite/communications_satellite/communications-satellite-technology.php
7. contributors, W. (2018, 12 2). *Kepler's laws of planetary motion*. Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia the free Encyclopedia : https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler%27s_laws_of_planetary_motion

8. contributors, W. (2018, 12 2). *Kepler orbit*. Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia the free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler_orbit
9. contributors, W. (2018, 12 2). *Medium Earth orbit*. Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia , the free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit
10. contributors, W. (2018, 12 2). *Low Earth orbit*. Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia the free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit
11. contributors, W. (2018, 12 2). *Geostationary orbit*. Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia , the free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit#Communications
12. Stern, D. D. (2001, Νοεμβριου 25). *Polar Orbiting Satellites*. Ανάκτηση 12 4, 2018, από Nasa: <https://www-spf.gsfc.nasa.gov/Education/wlopolar.html>
13. *Geostationary Satellite Orbit, GEO* . (2018). Ανάκτηση 12 2, 2018, από Radio-Electronics.com: <https://www.radio-electronics.com/info/satellite/satellite-orbits/geostationary-earth-orbit.php>
14. contributors, W. (2018, 12 2). *Polar Orbit* . Ανάκτηση 12 2, 2018, από Wikipedia the free Encyclopedia : https://en.wikipedia.org/wiki/Polar_orbit
15. Guochang Xu, X. T.-K. (2011, January 1). Analytical solution of a satellite orbit disturbed by atmospheric drag. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, σσ. 654-662. <https://watermark.silverchair.com/mnras0410-0654.pdf>
16. contributors, W. (2018, Αυγουστος 17). *Orbital perturbation analysis*. Ανάκτηση December 4, 2018, από Wikipedia, The Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Orbital_perturbation_analysis&oldid=855265110
17. Zagórski, P. (2012, 5 1). Modeling disturbances influencing an Earth-orbiting satellite. *Pomiarowy automatyka Robotyk*, σσ. 98-103. http://www.par.pl/2012/PAR_05_2012_Zagorski_98_103.pdf
18. Γιαννοπουλος, Κ. (2010, 1 1). *Δορυφορικό Internet*. Ανάκτηση 12 5, 2018, από Ιδρυματικό Αποθετήριο ΤΕΙ Ηπείρου:

<http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4875/877.pdf?sequence=1>

19. Nielsen, K. (χ.χ.). *Satellite Internet 101: How Does it Work?* Ανάκτηση 12 5, 2018, από Top Ten Reviews:
<https://www.toptenreviews.com/services/articles/satellite-internet-101-how-does-it-work/>
20. Μπούρας, Χ. Ι. (2008). Είδη Συνδέσεων. Στο Χ. Μπούρας, *ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ Πανεπιστημιακές Σημειώσεις* (σσ. 215-221).
21. Hume, A. (2017, August 7). *NASA Taking First Steps Toward High-speed Space 'Internet'*. Ανάκτηση 12 5, 2018, από NASA:
<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-taking-first-steps-toward-high-speed-space-internet>

Πρότυπα: APA