



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

# Ο ρόλος του λογισμικού σε δορυφορικά δίκτυα: Μια συστηματική επισκόπηση

ΜΠΑΣΙΝΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΖΗΚΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ

ΡΑΓΑΖΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

.....Ακαδημαϊκή Υπότροφος.....

Λαμία ΙΟΥΝΙΟΣ έτος 2024



UNIVERSITY OF  
THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & TELECOMMUNICATIONS

# The role of software in satellite networks: A systematic review

BASINAS ATHANASIOS  
ZIKOS SPYRIDON

FINAL THESIS

ADVISOR

RAGAZOU VASILIKI

.....Position.....

CO ADVISOR

Lamia JUNE year 2024

«Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(1)</sup>, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάσθηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.
2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.
3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια
4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία: 6/7/2024

Οι Δηλ.  
ΜΠΑΣΙΝΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ  
ΖΗΚΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.»

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές ευχαριστίες στην Κ. Ραγαζου για την εξαιρετική καθοδήγηση και την αμέριστη υποστήριξή της. Η καθοδήγησή σας ήταν καθοριστική για να μας βοηθήσει να φτάσουμε σε αυτό το σημαντικό ορόσημο στη ζωή μας, την αποφοίτησή μας. Η αφοσίωση και η τεχνογνωσία σας όχι μόνο μας εκπαίδευσαν αλλά και μας ενέπνευσαν να προσπαθήσουμε για την αριστεία.

Καθ' όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού μας ταξιδιού, οι διορατικές συμβουλές και η ενθάρρυνσή σας ήταν ανεκτίμητες. Μας εισάγατε σε έναν πλούτο γνώσεων μέσω διαφόρων βιβλίων, ακαδημαϊκών περιοδικών και έγκριτων ιστότοπων, διευρύνοντας την κατανόησή μας και κεντρίζοντας την περιέργειά μας. Οι συστάσεις σας για αναγνωστικό υλικό και πηγές εμπλούτισαν σημαντικά τη μαθησιακή μας εμπειρία και μας παρείχαν μια σταθερή βάση για τις μελλοντικές μας προσπάθειες.

Εκτιμούμε βαθύτατα όλο το χρόνο και την προσπάθεια που επενδύσατε σε εμάς. Η δέσμευσή σας για την επιτυχία μας, τόσο μέσα όσο και έξω από την τάξη, είχε βαθύ αντίκτυπο στην ανάπτυξη και την εξέλιξή μας. Η πίστη σας στις δυνατότητές μας ήταν μια συνεχής πηγή κινήτρων.

Σας ευχαριστούμε που είστε ένας αξιοσημείωτος μέντορας και που διαδραματίσατε τόσο καθοριστικό ρόλο στα ακαδημαϊκά μας επιτεύγματα. Είμαστε απίστευτα ευγνώμονες για όλα όσα έχετε κάνει για εμάς.

Σπύρος και Θάνος.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα εργασία εξετάζει τον κρίσιμο ρόλο που διερευνά το λογισμικό στα δορυφορικά δίκτυα, με έμφαση στην πρόοδο, τις χρήσεις και τις προοπτικές αυτής της τεχνολογίας στο μέλλον. Αρχικά, γίνεται μια διεξοδική εισαγωγή των δορυφορικών δικτύων, ξεκινώντας με μια ιστορική σύνοψη που περιγράφει λεπτομερώς την ανάπτυξή τους από την αρχή μέχρι σήμερα. Στη συνέχεια, συζητούνται οι θεμελιώδεις ιδέες και ορολογίες που σχετίζονται με τα δορυφορικά δίκτυα και εξετάζονται οι διάφορες λειτουργίες και εφαρμογές αυτών των δικτύων συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης καιρού, της πλοήγησης και των τηλεπικοινωνιών. Συνεχίζει η έρευνά μας για το πρόγραμμα περιγράφοντας πρώτα την ιδέα και τη σημασία του για τις δορυφορικές επικοινωνίες. Εξετάζει, πολλούς τύπους λογισμικού που χρησιμοποιούνται σε δορυφορικά δίκτυα, συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού διαχείρισης δεδομένων και δορυφορικού ελέγχου. Στη συνέχεια, αναλαμβάνει μια εις βάθος εξέταση των διαφόρων κατηγοριών λογισμικού που χρησιμοποιούνται σε δορυφορικά δίκτυα, που αφορούν τους επίγειους σταθμούς, δορυφορικούς ελέγχους, διαχείριση ωφέλιμου φορτίου, ασφάλεια, τηλεμετρία και διοίκηση και επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Τα αποτελέσματα της έρευνας υπογραμμίζουν τη σημασία του λογισμικού για την ομαλή λειτουργία των δορυφορικών δικτύων και τον τρόπο με τον οποίο προωθεί τη δημιουργία νέων εφαρμογών. Τέλος, αναφέρει διάφορες προτάσεις για περισσότερη μελέτη και δημιουργία νέων τεχνολογιών που θα βελτιώσουν τις δυνατότητες των δορυφορικών συστημάτων, καθώς και μελλοντικές κατευθύνσεις και προβλήματα στον τομέα του λογισμικού για δορυφορικά δίκτυα. Αυτή η εργασία προσφέρει μια λεπτομερή ανάλυση της λειτουργίας του λογισμικού σε δορυφορικά δίκτυα, δίνοντας έμφαση στις μελλοντικές δυνατότητες της τεχνολογίας και στον ουσιαστικό ρόλο της στη διαχείριση και την ενίσχυση των δορυφορικών επικοινωνιών.

## ABSTRACT

---

This study examines the critical role that software is exploring in satellite networks, with a focus on the advances, uses and future prospects of this technology. First, a thorough introduction to satellite networks is provided, beginning with a historical overview detailing their development from the beginning to the present day. Next, the fundamental ideas and terminology associated with satellite networks are discussed and the various functions and applications of these networks including weather monitoring, navigation and telecommunications are reviewed. We continue our research on the project by first describing the concept and its relevance to satellite communications. It examines, many types of software used in satellite networks, including data management and satellite control software. It then undertakes an in-depth examination of the various categories of software used in satellite networks, covering ground stations, satellite controls, payload management, security, telemetry and administration, and data processing and analysis. The results of the research highlight the importance of software for the smooth operation of satellite networks and how it promotes the creation of new applications. Finally, it makes several proposals for further study and creation of new technologies that will improve the capabilities of satellite systems, as well as future directions and problems in the field of software for satellite networks. This paper provides a detailed analysis of software operation in satellite networks, emphasizing the future potential of the technology and its essential role in managing and enhancing satellite communications.

Τα τελευταία χρόνια οι τεχνολογικές εξελίξεις και το Διαδίκτυο έχουν συμβάλει στην εξέλιξη των δορυφορικών δικτύων. Αυτά τα δίκτυα δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς λογισμικό διαχείρισης δικτύου, το οποίο καθιστά δυνατή την παρακολούθηση της απόδοσης, τον εντοπισμό και τη διόρθωση σφαλμάτων και τη βελτιστοποίηση διαχείρισης πόρων. Επιπλέον, αναγνωρίστηκε ότι υπήρχαν συγκεκριμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας για την αντιμετώπιση της απώλειας πακέτων και της καθυστέρησης μετάδοσης. εκτός των πρωτοκόλλων αναδείχθηκαν, εξελιγμένα εργαλεία λογισμικού όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων που προβλέπουν τη ζήτηση και βελτιστοποιούν αυτόματα τα δίκτυα. Ωστόσο, η χρησιμότητα της τεχνητής νοημοσύνης και των αναδυόμενων τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση και το blockchain σε δορυφορικά δίκτυα, δεν ήταν πλήρως κατανοητή πριν από την έρευνα. Επιπλέον, οι οικονομικές, νομικές και τεχνολογικές δυσκολίες που σχετίζονται με την ίδρυση και τη λειτουργία τους δεν έγιναν καλά κατανοητές. Τέλος, υπήρχε αμφιβολία για την πιθανότητα ανάπτυξης δορυφορικών δικτύων στο μέλλον. Η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το λογισμικό είναι απαραίτητο για την αποτελεσματική λειτουργία και βελτιστοποίηση των δορυφορικών δικτύων. Έχει καθοριστεί ότι, ενώ οι αναδυόμενες τεχνολογίες όπως το blockchain και η μηχανική μάθηση έχουν τεράστιες δυνατότητες, απαιτείται περισσότερη έρευνα για τη σωστή υλοποίησή τους. Οι υποδεικνυόμενοι τομείς τεχνικών και περιβαλλοντικών εμποδίων, οικονομικών και νομικών ανησυχιών και μελλοντικών αναπτυξιακών προοπτικών είναι ενδεικτικοί των περιοχών που απαιτούν περισσότερη διερεύνηση για την πρόοδο της τεχνολογίας των δορυφορικών δικτύων.



**Εικόνα 1** χρονοδιάγραμμα για τη συστηματική εξέταση της λειτουργίας του λογισμικού σε δορυφορικά δίκτυα: από το αρχικό στάδιο έως και τις συμπερασματικές παρατηρήσεις.



## Table of Contents

---

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                                                               | I   |
| ABSTRACT.....                                                                                | II  |
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....                                                                                | III |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                                                    | 1   |
| ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ .....                                    | 1   |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ: ΈΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ .....                                    | 11  |
| ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ .....                                              | 13  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ .....                                                                | 18  |
| ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ:ΕΝΝΟΙΑ .....                                                           | 18  |
| ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ .....                                      | 20  |
| ΕΙΔΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ .....                                                  | 27  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΙΔΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....                                        | 28  |
| ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ (GROUND STATION SOFTWARE):.....                                   | 29  |
| ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ (SATELLITE CONTROL SOFTWARE): .....                              | 32  |
| ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (PAYLOAD SOFTWARE):.....                                          | 35  |
| ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ: SECURITY SOFTWARE: .....                                                | 37  |
| ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ (TELEMETRY): .....                                                                | 41  |
| ΕΝΤΟΛΗ (COMMANDING): .....                                                                   | 43  |
| ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA PROCESSING AND ANALYSIS SOFTWARE): ..... | 46  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                                                | 52  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ .....                                                    | 55  |
| ΓΛΩΣΣΑΡΙ .....                                                                               | 58  |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                                                           | 60  |

Η ανάπτυξη των δορυφορικών δικτύων αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και της επικοινωνίας. Αυτό το κεφάλαιο επιδιώκει να διερευνήσει τις έννοιες και τους ορισμούς που σχετίζονται με τα δορυφορικά δίκτυα, καθώς και να εξετάσει τις χρήσεις και τις εφαρμογές τους. Μέσα από αυτήν την ανάλυση, θα εξεταστεί η σημασία των δορυφορικών δικτύων σε διάφορους τομείς, όπως οι τηλεπικοινωνίες, η πλοήγηση, η μεταφορά δεδομένων και η παρακολούθηση, με έμφαση στις νέες τάσεις και τις εξελίξεις που διαμορφώνουν το μέλλον τους. Από τον παραδοσιακό ρόλο των δορυφορικών δικτύων στην επικοινωνία μέχρι τις προηγμένες εφαρμογές τους σε πεδία όπως οι έκτακτες καταστάσεις και η επιστημονική έρευνα, αυτό το κεφάλαιο θα προσφέρει μια εμβάθυνση στον κόσμο των δορυφορικών δικτύων και τις πολλαπλές διαστάσεις της σημασίας τους στη σύγχρονη κοινωνία. Η σύγχρονη κοινωνία βρίσκεται σε μια σταθερά εξελισσόμενη φάση, όπου η τεχνολογία διαδραματίζει ολοένα και μεγαλύτερο ρόλο σε κάθε πτυχή της καθημερινής μας ζωής. Στον τομέα των δορυφορικών δικτύων, παρατηρείται μια σειρά από σημαντικές εξελίξεις που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε, προηγούμεστε, μεταφέρουμε δεδομένα και παρακολουθούμε τον κόσμο γύρω μας. Μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι δορυφορικές τεχνολογίες σήμερα είναι η ανάγκη για μεγαλύτερη ευελιξία και αποδοτικότητα.

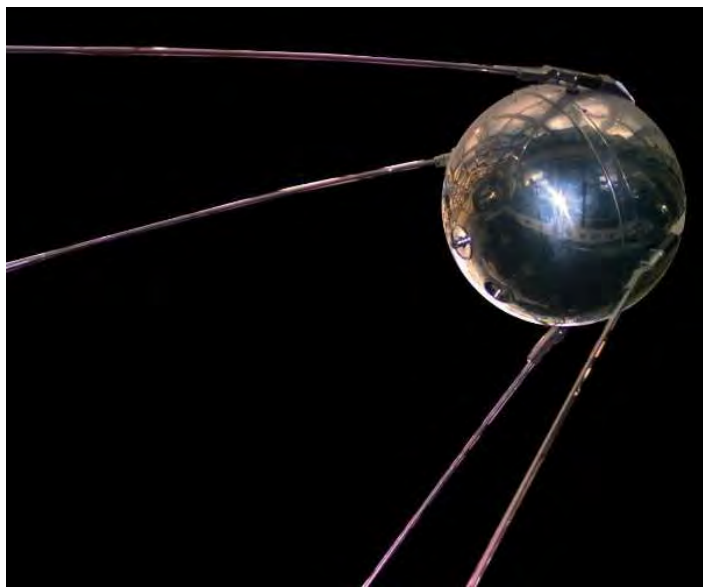
Η αύξηση της ζήτησης για υπηρεσίες δορυφορικής επικοινωνίας και πλοήγησης οδηγεί σε ανάγκη για πιο προηγμένες τεχνολογίες που να μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις με αποτελεσματικό τρόπο. Επιπλέον, οι δορυφορικές εφαρμογές έχουν αρχίσει να επεκτείνονται σε νέους τομείς, όπως η γεωπαρατήρηση και η αγροτική παρακολούθηση. Μέσω της χρήσης δορυφόρων, μπορούμε να παρακολουθούμε την κλιματική αλλαγή, την υγεία των φυτών και να προβλέπουμε αγροτικές παραγωγές με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Επίσης, η συνεχής ανάπτυξη των δορυφορικών δικτύων έχει επίσης θετική επίδραση στην ανθρώπινη ασφάλεια και τη διαχείριση κρίσεων. Η δυνατότητα παρακολούθησης από το διάστημα μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη φυσικών καταστροφών, την παρακολούθηση επικίνδυνων περιοχών και την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων. Τέλος, η συμβολή των δορυφορικών δικτύων στην επιστημονική έρευνα είναι εξίσου σημαντική. Από την παρακολούθηση του κλίματος μέχρι την εξερεύνηση του διαστήματος και των αστερών, οι δορυφορικές τεχνολογίες παρέχουν στους επιστήμονες πολύτιμα δεδομένα για την κατανόηση του πλανήτη μας και του σύμπαντος. Συνοψίζοντας, οι δορυφορικές τεχνολογίες αποτελούν θεμέλιο για την πρόοδο σε πολλούς τομείς της κοινωνίας μας, από τις τηλεπικοινωνίες έως την επιστημονική έρευνα. Με την συνεχή εξέλιξή τους, αναμένεται να διαδραματίσουν ακόμα μεγαλύτερο ρόλο στην διαμόρφωση του μέλλοντος και στην προαγωγή μιας πιο συνδεδεμένης και ασφαλούς κοινωνίας.

### Ιστορική Αναδρομή: Ανάπτυξη των Δορυφορικών Δικτύων

Η ανάπτυξη των δορυφορικών δικτύων αποτελεί μια σημαντική επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο που έχει επηρεάσει σημαντικά την ανθρώπινη κοινωνία. Από την πρώτη εμπορική χρήση δορυφορικών συστημάτων τηλεπικοινωνιών στις δεκαετίες του 1960 και 1970 έως την παγκόσμια κάλυψη και προσβασιμότητα που προσφέρουν σήμερα, η εξέλιξη αυτών των δικτύων έχει αλλάξει ριζικά τον τρόπο που επικοινωνούμε, εργαζόμαστε και διασκεδάζουμε. Σε αυτή την αναδρομική, θα εξετάσουμε την ιστορία των δορυφορικών δικτύων, από τις πρώτες πρωτοβουλίες μέχρι τις σύγχρονες εφαρμογές που διαμορφώνουν τον τομέα. Παρακάτω θα αναφερθούν οι πιο σημαντικές χρονικές στιγμές καθώς και το πως εξελίχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου.

### **Δεκαετία 1950:**

Στις 4 Οκτωβρίου 1957, ο κόσμος έγινε μάρτυρας μιας ιστορικής στιγμής, καθώς η ΕΣΣΔ εκτόξευσε τον Σπούτνικ, τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο της ανθρωπότητας. Αυτό το θαύμα των 85 κιλών, που έμοιαζε με μεταλλική σφαίρα μεγέθους μπάλας του μπάσκετ, περιστράφηκε γύρω από τη Γη με την αξιοσημείωτη ταχύτητα των 29.000 χιλιομέτρων την ώρα επί τρεις μήνες, καλύπτοντας απόσταση 70 εκατομμυρίων χιλιομέτρων. (*Sputnik Launched | October 4, 1957 | HISTORY, n.d.; This Month in Physics History, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Δορυφόρος Σπούτνικ**  
(*Sputnik | Satellites, History, & Facts | Britannica, n.d.*)

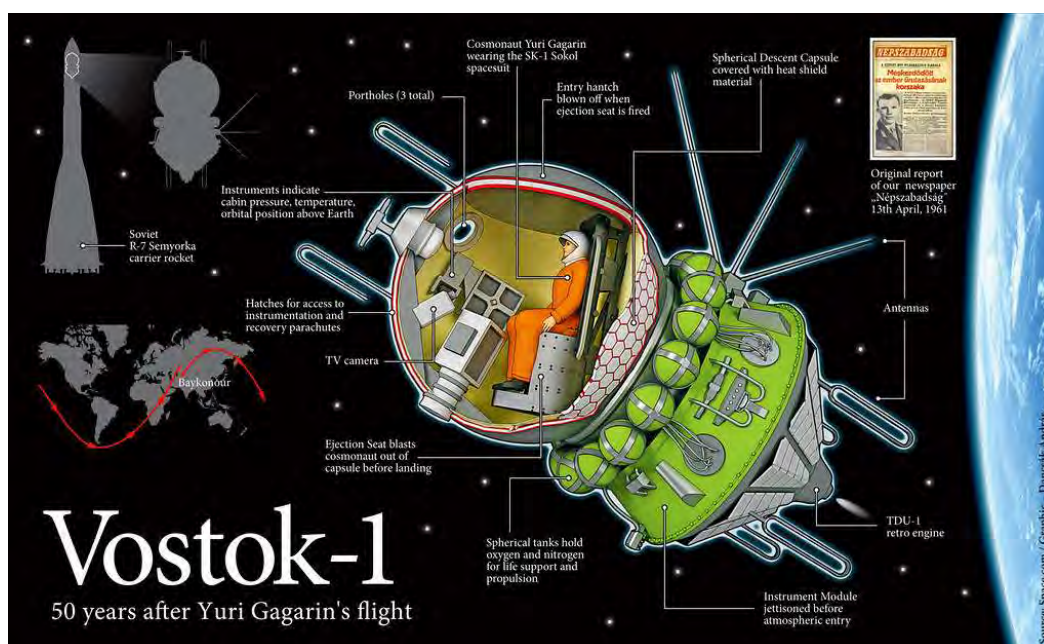
### **Δεκαετία 1960:**

Το 1960, η NASA κάνει ένα σημαντικό άλμα στη μετεωρολογία με τον επιτυχημένο εκτοξευμένο δορυφόρο Tiros-1. Αυτός ο πρωτοπόρος δορυφόρος μεταφέρει τη δυνατότητα να μεταδίδει εικόνες υπέρυθρης ακτινοβολίας του πλανητικού συστήματος της Γης, επιτρέποντας τη χαρτογράφηση των ατμοσφαιρικών φαινομένων και την παρακολούθηση των τυφώνων. Αυτή η επιτυχία ανοίγει τον δρόμο για το πρόγραμμα Tiros, που ακολούθησε τον πρωτοποριακό ρόλο του Tiros-1, και στη συνέχεια το πρόγραμμα μετεωρολογικών δορυφόρων Nimbus. (*TIROS Meteorological Satellite | National Air and Space Museum, n.d.; Weather Satellite - Wikipedia, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Δορυφόρος Tiros-1**  
(ESA - TIROS Satellite, n.d.)

Το 1961, ο Γιούρι Γκαγκάριν, ένας σοβιετικός κοσμοναύτης, έγινε ο πρώτος άνθρωπος που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη με το διαστημόπλοιο Βοστόκ 1. Το ταξίδι του Γκαγκάριν διήρκεσε 108 λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων το Vostok 1 ολοκλήρωσε μια πλήρη τροχιά γύρω από τον πλανήτη μας. Το διαστημόπλοιο, βάρους περίπου 4,73 τόνων, προωθήθηκε από έναν μονοβάθμιο πύραυλο υγρού καυσίμου. Η σφαιρική του καμπίνα, με διάμετρο μόλις 2,3 μέτρα, φιλοξενούσε τα συστήματα υποστήριξης της ζωής που ήταν απαραίτητα για την επιβίωση του Γκαγκάριν στο σκληρό περιβάλλον του διαστήματος. Εξοπλισμένο με ραδιοεπικοινωνία, όργανα επί του σκάφους και ένα ειδικά σχεδιασμένο κάθισμα εκτίναξης, το Βοστόκ 1 αποτέλεσε το αποκορύφωμα της σοβιετικής μηχανικής υπεροχής (Vostok 1 - Wikipedia, n.d.; Yuri Gagarin and Vostok 1, the First Human... | The Planetary Society, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.3 περιγραφή του Βοστόκ 1**  
(Vostok 1 "The First Manned Spacecraft in Space" USSR, Ar... | Flickr, n.d.)

Το 1962, ο κόσμος έγινε μάρτυρας ενός πρωτοποριακού άλματος στις τηλεπικοινωνίες με την εκτόξευση του Telstar 1, του πρώτου ενεργού δορυφόρου επικοινωνιών. Αναπτυγμένος από κοινού από Αμερικανούς και Βρετανούς μηχανικούς, ο Telstar 1 έφερε επανάσταση στις παγκόσμιες επικοινωνίες, επιτρέποντας ζωντανές τηλεοπτικές εκπομπές, τηλεφωνικές κλήσεις και μετάδοση δεδομένων σε όλες τις ηπείρους. Με βάρος περίπου 77 κιλά, ο Telstar 1 περιστράφηκε γύρω από τη Γη σε μια εξαιρετικά ελλειπτική τροχιά, χρησιμοποιώντας 3,600 ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή ενέργειας για τα ενσωματωμένα συστήματά του. ο Telstar 1 ανέλαβε την κομβική αποστολή να λαμβάνει σήματα από τις Ηνωμένες Πολιτείες, να τα μεγεθύνει κατά 10 δισεκατομμύρια φορές και στη συνέχεια να τα αναμεταδώσει στο ευρωπαϊκό κοινό και αντίστροφα. Ο δορυφόρος χρησίμευσε ως αγωγός για τη μετάδοση και ενίσχυση των τηλεοπτικών και τηλεφωνικών σημάτων επικοινωνίας, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική επιστροφή τους στην επιφάνεια της Γης. (*Mission Monday: Five Fast Facts about Telstar, the World's First Active Communications Satellite* - Space Center Houston, n.d.; *Telstar 1* - Nokia Bell Labs, n.d.; *TELSTAR 1: The First Satellite to Relay Signals from Earth to Satellite and Back : History of Information*, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 1.4 Δορυφόρος Telstar 1

(*Telstar 1 Communications Satellite, Illustration* - Stock Image - C055/9111 - Science Photo Library, n.d.)

### **Δεκαετία 1970:**

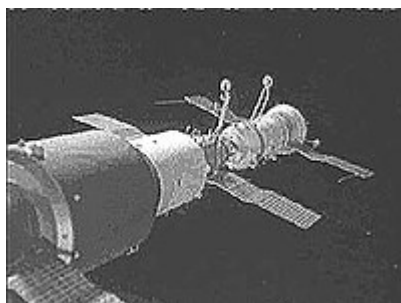
Το έτος 1970, η Κίνα σημείωσε ένα μνημειώδες επίτευγμα στην εξερεύνηση του διαστήματος με την επιτυχή εκτόξευση του πρώτου της δορυφόρου, του Dong Fang Hong 1 (East is Red 1). Ζυγίζοντας περίπου 173 κιλά, ο Dong Fang Hong 1 τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη, εκπέμποντας τον επαναστατικό ύμνο "Η Ανατολή είναι κόκκινη" σε κώδικα Μορς, συμβολίζοντας την είσοδο της Κίνας στον διαστημικό αγώνα. Ο δορυφόρος τέθηκε σε τροχιά με πύραυλο Long March 1, μια απόδειξη των αναπτυσσόμενων δυνατοτήτων της Κίνας στην πυραυλική τεχνολογία. Εξοπλισμένος με ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή ενέργειας και μια σειρά επιστημονικών οργάνων για τη συλλογή δεδομένων, ο Dong Fang Hong 1 αντιπροσώπευε τις φιλοδοξίες της Κίνας να εξερευνήσει και να αξιοποιήσει την τεράστια έκταση του διαστήματος. Αυτό το ιστορικό ορόσημο όχι μόνο ανέδειξε την

τεχνολογική υπεροχή της Κίνας, αλλά και σηματοδότησε την ανάδειξή της σε έναν τρομερό παίκτη στην παγκόσμια σκηνή της εξερεύνησης του διαστήματος.(*Chinese Space Program - Wikipedia, n.d.; Dong Fang Hong 1 - Wikipedia, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.5 Δορυφόρος Dong Fang Hong 1(East is Red 1)**  
(*DFH-1, n.d.*)

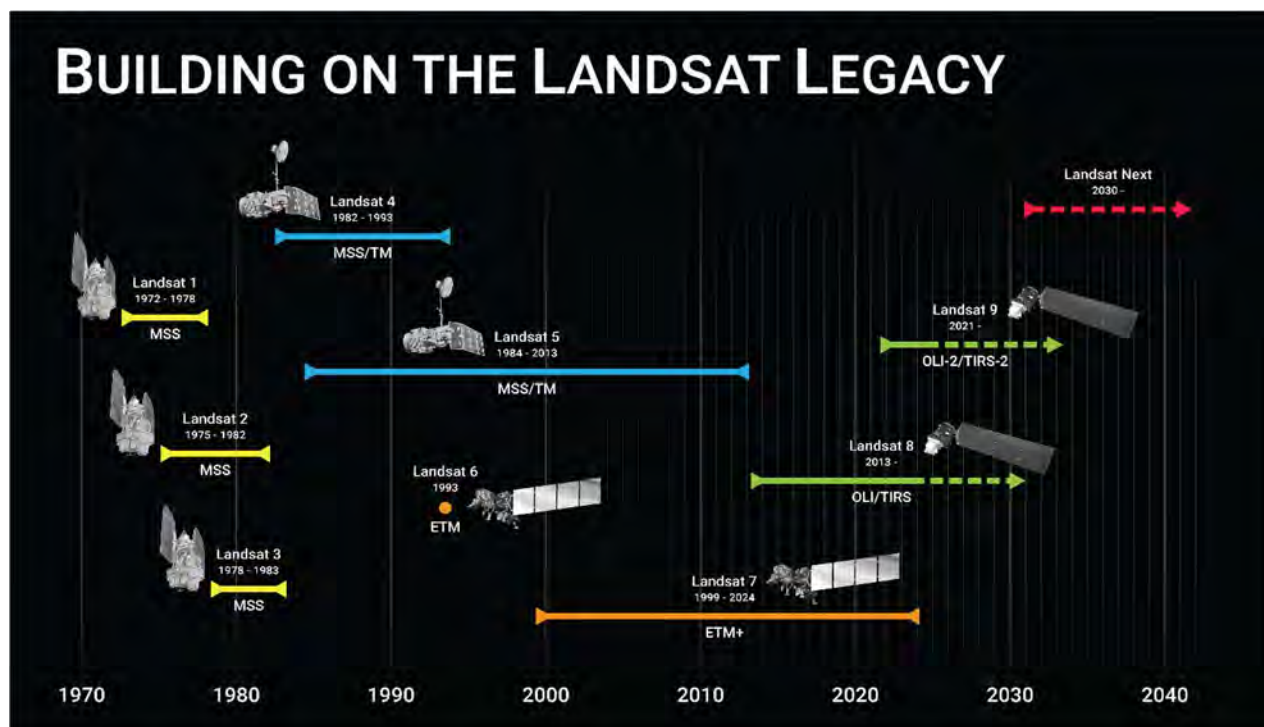
Το 1971 αναδείχθηκε ως ένα κομβικό έτος με την εκτόξευση του πρώτου διαστημικού σταθμού στον κόσμο, του Salyut 1, από τη Σοβιετική Ένωση. Με βάρος πάνω από 18 τόνους, αυτό το κυλινδρικό θαύμα τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή στις ανθρώπινες διαστημικές προσπάθειες. Ο σταθμός είχε μήκος ~20 μέτρα και διάμετρο ~4 μέτρα, στεγάζοντας πλήθος επιστημονικών οργάνων και κατοικίες για τους κοσμοναύτες. Ο Salyut 1, που τέθηκε σε τροχιά με τον ισχυρό πύραυλο Proton-K, θα λειτουργούσε ως δοκιμαστικό πεδίο για τη μακρόχρονη διαστημική κατοίκηση και διεξήγαγε μια σειρά από πρωτοποριακά πειράματα στη βιολογία, την επιστήμη των υλικών και την παρατήρηση της Γης. Εξοπλισμένο με ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή ενέργειας και ένα εξελιγμένο σύστημα υποστήριξης της ζωής, το Salyut 1 θα κατέδειχνε την ικανότητα της ανθρωπότητας να κατοικεί και να χρησιμοποιεί το διάστημα για επιστημονική εξερεύνηση και τεχνολογική πρόοδο. Άλλα αυτό δεν κατέστη εφικτό καθώς η πρώτη προσπάθεια δεν σιτεύθηκε με επιτυχία αλλά ήταν η αρχή στην συνέχεια ακολουθήσαν και άλλες πολλές προσπάθειες μέχρι να πέτυχουν αυτό τον στόχο.(*Salyut 1 - Wikipedia, n.d.-a; Space Station | The Station | Russian Space History, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.6 Διαστημικός σταθμός Salyut 1**  
(*Salyut 1 - Wikipedia, n.d.-b*)

Το 1972, η παρατήρηση της Γης ξεκίνησε με την έναρξη του προγράμματος Landsat, εγκαινιάζοντας μια εποχή πρωτοφανούς παγκόσμιας παρακολούθησης από το διάστημα. Η σειρά δορυφόρων Landsat, πρωτοπόρος της NASA, έφερε επανάσταση

στην κατανόηση της δυναμικής της γήινης επιφάνειας, των φυσικών πόρων και των περιβαλλοντικών αλλαγών. Η ναυαρχίδα του προγράμματος, ο δορυφόρος Landsat 1, εκτοξεύτηκε στις 23 Ιουλίου 1972, εξοπλισμένος με πρωτοποριακούς πολυφασματικούς αισθητήρες που μπορούν να καταγράφουν λεπτομερείς εικόνες σε διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Με χωρική ανάλυση 60 μέτρων, ο Landsat 1 παρείχε πληθώρα δεδομένων ζωτικής σημασίας για τη γεωργία, τη δασοκομία, τον αστικό σχεδιασμό και τη διαχείριση του περιβάλλοντος. Οι επόμενες αποστολές της σειράς Landsat βελτίωσαν περαιτέρω αυτές τις δυνατότητες, ενισχύοντας τη χωρική ανάλυση και τη φασματική ευαισθησία. Με την πάροδο των δεκαετιών, οι δορυφόροι Landsat συγκέντρωσαν ένα τεράστιο αρχείο εικόνων, επιτρέποντας στους επιστήμονες, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τις βιομηχανίες παγκοσμίως να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται τους πόρους της Γης με βιώσιμο τρόπο. Αυτό το πρωτοποριακό πρόγραμμα συνεχίζει να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων, από την κλιματική αλλαγή έως την υποβάθμιση της γης, διαμορφώνοντας το μέλλον της τηλεπισκόπησης και της γεωχωρικής επιστήμης. (Landsat Program - Wikipedia, n.d.)



Εικόνα 1.7 Η ιστορική εξέλιξη των δορυφόρων Landsat  
(LandSat 9 OLI - GEOGAMA NUSANTARA, n.d.)

Το έτος 1979, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ESA) έγραψε το όνομά του στα χρονικά της διαστημικής εξερεύνησης με την πρώτη του εκτόξευση. Ο δορυφόρος, με την κωδική ονομασία OTS-1 (Orbital Test Satellite), μεταφερόμενος από έναν πύραυλο Ariane 1, σηματοδότησε την αρχή των ανεξάρτητων προσπαθειών της Ευρώπης στο διάστημα. Με βάρος περίπου 1,6 τόνων, ο OTS-1 τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη, εξοπλισμένος με πειραματικά τηλεπικοινωνιακά φορτία που αποσκοπούσαν στη δοκιμή νέων τεχνολογιών δορυφορικών επικοινωνιών. Η αποστολή του δορυφόρου αποτελούσε παράδειγμα της δέσμευσης της ESA για την προώθηση των ευρωπαϊκών δυνατοτήτων στη διαστημική επιστήμη, τις

τηλεπικοινωνίες και την εξερεύνηση του διαστήματος. Αξιοποιώντας τη μηχανική αιχμής, ο OTS-1 διευκόλυνε πρωτοποριακά πειράματα στις δορυφορικές επικοινωνίες, θέτοντας τις βάσεις για την αναπτυσσόμενη διαστημική βιομηχανία της Ευρώπης. (Ariane 1, n.d.; History of ESA Rockets Ariane and Space Transportation - Max Polyakov, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 1.8 Δορυφόρος OTS-1  
(Orbital Test Satellite - Wikipedia, n.d.)

### **Δεκαετία 1980:**

Το έτος 1981 ο κόσμος έγινε μάρτυρας ενός μνημειώδους άλματος στη διαστημική εξερεύνηση με την εναρκτήρια εκτόξευση του διαστημικού λεωφορείου Columbia, που σηματοδότησε την έναρξη μιας νέας εποχής στις ανθρώπινες διαστημικές πτήσεις. Με βάρος περίπου 2.000 τόνων, το Columbia ανέβηκε στους ουρανούς πάνω σε μια πανύψηλη στοίβα που αποτελούνταν από μια εξωτερική δεξαμενή καυσίμων και δύο πυραυλοκινητήρες στερεών καυσίμων. Με τρεις κύριες μηχανές που τροφοδοτούνται με υδρογόνο, κάθε μία από τις οποίες παράγει πάνω από 375.000 λίβρες ώθησης, το λεωφορείο εκτοξεύτηκε σε τροχιά με ταχύτητα που ξεπερνούσε τα 17.000 μίλια την ώρα. Το παρθενικό ταξίδι του Columbia, με πιλότους τους αστροναύτες John Young και Robert Crippen, τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη 37 φορές, ανοίγοντας το δρόμο για μελλοντικές αποστολές για την ανάπτυξη δορυφόρων, τη διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών και τη συναρμολόγηση διαστημικών σταθμών. Εξοπλισμένο με προηγμένα συστήματα θερμικής προστασίας, ρομποτικούς βραχίονες και μια τεράστια αποθήκη ωφέλιμου φορτίου, το διαστημικό λεωφορείο αποτέλεσε ένα θαύμα μηχανικής εφευρετικότητας, επιτρέποντας την πρόσβαση ρουτίνας στο διάστημα και προωθώντας τη διεθνή

συνεργασία στη διαστημική εξερεύνηση(*Space Shuttle - Wikipedia, n.d.; STS-1 - Wikipedia, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.9 Διαστημικό λεωφορείο Columbia**

(*Τα Μυστικά Του Διαστημικού Λεωφορείου - National Geographic Για Όλους, Παντού, n.d.*)

### **Δεκαετία 1990:**

Το 1990, η εκτόξευση του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble (HST), ενός θαύματος τεχνολογικής εφευρετικότητας. Με βάρος περίπου 11 τόνων και μήκος 13,2 μέτρων, το Hubble τέθηκε σε τροχιά με το διαστημικό λεωφορείο Discovery, ανεβαίνοντας σε ύψος περίπου 569 χιλιομέτρων πάνω από την επιφάνεια της Γης. Εξοπλισμένο με ένα κύριο κάτοπτρο 2,4 μέτρων, κατασκευασμένο με εξαιρετική ακρίβεια, και μια σειρά από επιστημονικά όργανα αιχμής, το Hubble υποσχέθηκε να αποκαλύψει τα μυστήρια του σύμπαντος με πρωτοφανή σαφήνεια και βάθος. Η σουίτα των οργάνων του, συμπεριλαμβανομένων καμερών, φασματογράφων και αισθητήρων λεπτής καθοδήγησης, διευκόλυνε τις παρατηρήσεις σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, από το υπεριώδες έως το εγγύς υπέρυθρο μήκος κύματος. Οι πρωτοποριακές δυνατότητες του Hubble επέτρεψαν στους αστρονόμους να κοιτάζουν πίσω στο χρόνο, καταγράφοντας εικόνες μακρινών γαλαξιών, νεφελωμάτων και άλλων ουράνιων φαινομένων με λεπτομέρειες και ανάλυση που κόβουν την ανάσα. Παρά το αρχικό πωγύρισμα που προκλήθηκε από ένα ελάττωμα στο κύριο κάτοπτρο του, το Hubble ανακαινίστηκε τελικά κατά τη διάρκεια των ιστορικών αποστολών συντήρησης του διαστημικού λεωφορείου, αποκαθιστώντας την όρασή του σε απaráμιλλη διαύγεια και εξασφαλίζοντας τη θέση του ως ένα από τα μεγαλύτερα αστρονομικά αγαθά της ανθρωπότητας(*Hubble Space Telescope - Wikipedia, n.d.*)



**ΕΙΚΟΝΑ 1.10 Διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble (HST)**

*(25 Χρόνια Διαστημικό Τηλεσκόπιο Hubble, Στο Ευγενίδιο | Πεμπτουσία, n.d.)*

Το 1994, το παγκόσμιο τοπίο της πλοήγησης υπέστη σεισμική αλλαγή με την ανάπτυξη του πρώτου πλήρως λειτουργικού αστερισμού GPS (Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης). Αποτελούμενο από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη σε ακριβή χρονικά διαστήματα, ο αστερισμός GPS προανήγγειλε μια νέα εποχή δυνατοτήτων ακριβούς εντοπισμού θέσης και πλοήγησης σε παγκόσμια κλίμακα. Κάθε δορυφόρος GPS, βάρους περίπου 1.000 χιλιογράμμων, περιφερόταν γύρω από τη Γη σε μέση γήινη τροχιά, μεταδίδοντας σήματα ακριβούς χρονισμού και δεδομένα πλοήγησης σε χρήστες στο έδαφος. Εξοπλισμένοι με ατομικά ρολόγια συγχρονισμένα με τα πρότυπα χρόνου GPS, αυτοί οι δορυφόροι επέτρεπαν στους δέκτες να τριγωνίζουν τις θέσεις τους με εξαιρετική ακρίβεια, αξιοποιώντας τεχνικές τριγωνισμού για τον εντοπισμό θέσεων με ακρίβεια μερικών μέτρων. Η ολοκλήρωση του αστερισμού του GPS αποτέλεσε το αποκορύφωμα δεκαετιών έρευνας, ανάπτυξης και συνεργασίας μεταξύ στρατιωτικών και πολιτικών υπηρεσιών, ανοίγοντας το δρόμο για ένα πλήθος εφαρμογών, από τις μεταφορές και την τοπογραφία μέχρι τη γεωργία ακριβείας και την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών(GPS, n.d.)

Το έτος 1998, η ανθρωπότητα ξεκίνησε το ταξίδι της διεθνούς συνεργασίας και τεχνολογικής υπεροχής με την εκτόξευση της πρώτης μονάδας του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού (ISS). Αυτό το τροχιακό θαύμα, που ζύγιζε περίπου 420.000 κιλά και είχε έκταση όσο ένα γήπεδο ποδοσφαίρου, συμβόλιζε τις συλλογικές φιλοδοξίες των εθνών να εξερευνήσουν και να κατοικήσουν από κοινού το διάστημα. Ανεβασμένη σε τροχιά με ρωσικό πύραυλο Proton, η μονάδα Zarya λειτούργησε ως ο ακρογωνιαίος λίθος του ISS, παρέχοντας βασικές δυνατότητες προώθησης, διανομής ενέργειας και επικοινωνίας. Καθώς οι επόμενες μονάδες από διάφορες συνεισφέρουσες χώρες προσδένονταν στη Zarya, ο ISS εξελίχθηκε σε ένα εκτεταμένο συγκρότημα διασυνδεδεμένων εργαστηρίων, κατοικιών και θυρών πρόσδεσης, σε τροχιά γύρω από τη Γη σε ύψος περίπου 400 χιλιομέτρων. Εξοπλισμένος με υπερσύγχρονα συστήματα υποστήριξης ζωής, ηλιακές συστοιχίες και ρομποτικούς

βραχίονες, ο ISS λειτούργησε ως χωνευτήρι επιστημονικής έρευνας και τεχνολογικής καινοτομίας, επιτρέποντας πειράματα σε συνθήκες μικροβαρύτητας σε μια πληθώρα επιστημονικών κλάδων, από τη βιολογία και την επιστήμη των υλικών μέχρι την αστρονομία και την ανθρώπινη φυσιολογία. (*International Space Station — Everything You Need to Know | Space*, n.d.; *International Space Station - Wikipedia*, n.d.)

### **Δεκαετία 2000:**

Τον Μάρτιο του 2004, μια κομβική αποστολή εκτυλίσσεται καθώς η Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία εκτοξεύει το διαστημόπλοιο Rosetta από τη Γαλλική Γουιάνα. Η Rosetta, συνοδευόμενη από το προσεδάφιο Philae, ξεκινά ένα εξαιρετικό ταξίδι με στόχο να αναχαιτίσει τον κομήτη 67P μια δεκαετία αργότερα, το 2014. Αυτή η φιλόδοξη προσπάθεια σηματοδοτεί ένα σημαντικό ορόσημο στην εξερεύνηση του διαστήματος, καθώς η Rosetta στοχεύει να μελετήσει προσεκτικά και να ξεκλειδώσει τα μυστήρια ενός κομήτη, που ρίχνει φως στην προέλευση του ηλιακού μας συστήματος και στις θεμελιώδεις διαδικασίες που διαμορφώνουν τα ουράνια σώματα. (*Rosetta Spacecraft: To Catch a Comet | Space*, n.d.)

### **Δεκαετία 2010:**

Το 2014, η ανθρωπότητα πέτυχε ένα ιστορικό ορόσημο στην εξερεύνηση του διαστήματος, καθώς η αποστολή Rosetta του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος προσγείωσε με επιτυχία τον ανιχνευτή Philae στην επιφάνεια του κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko. Διανύοντας πάνω από 6,4 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα στη διάρκεια μιας δεκαετίας, η Rosetta πλοηγήθηκε σχολαστικά προς τον κομήτη πριν απελευθερώσει το Philae για να κατέβει στην επιφάνειά του. Με βάρος περίπου 100 κιλά, το Philae ήταν εξοπλισμένο με μια σειρά από επιστημονικά όργανα, όπως κάμερες, φασματόμετρα και ένα τρυπάνι, για να αναλύσει τη σύνθεση και τις ιδιότητες του κομήτη (*ESA - Touchdown! Rosetta's Philae Probe Lands on Comet*, n.d.; *Philae (Spacecraft) - Wikipedia*, n.d.)

**Δορυφορικά δίκτυα:** Δορυφορικό δίκτυο είναι ένα δίκτυο επικοινωνιών δεδομένων που χρησιμοποιεί έναν ή περισσότερους δορυφόρους στην τροχιά της Γης για τη διευκόλυνση των μεταφορών δεδομένων. Το δίκτυο αυτό διαιρείται σε δύο κύρια τμήματα: το διαστημικό και το έδαφος. Το διαστημικό τμήμα αποτελείται από το δορυφορικό υλικό και το ωφέλιμο φορτίο επικοινωνιών. Ο ενσωματωμένος εξοπλισμός επικοινωνιών προορίζεται για τη μετάδοση και λήψη σημάτων από και προς τη Γη. Εάν το δορυφορικό δίκτυο έχει περισσότερους από έναν δορυφόρους, το διαστημικό τμήμα μπορεί επίσης να περιλαμβάνει συνδέσεις δια δορυφορικής επικοινωνίας. Το επίγειο τμήμα αποτελείται από επίγειους σταθμούς, τηλεμεταφορές και κέντρα λειτουργίας δικτύου. Ένας επίγειος σταθμός έχει μια δορυφορική κεραία (συνήθως σε σχήμα πιάτου) με υλικό και λογισμικό επικοινωνιών για τη μετάδοση και λήψη πληροφοριών από τους δορυφόρους. Οι επίγειοι σταθμοί είναι επίσης η εξωτερική επαφή με τα δορυφορικά δίκτυα όταν αποτελούν μέρος δρομολογητών δικτύου και πυλών που συνδέονται με άλλα δίκτυα.

### **ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΓΗΙΝΗ ΤΡΟΧΙΑ (GEOSTATIONARY EARTH ORBIT)**

**(Υψόμετρο 36.000 χλμ):** Οι δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς (GEO) είναι συνήθως ευνοϊκοί για εφαρμογές που απαιτούν σταθερή εναέρια κάλυψη, καθώς διατηρούν σταθερή θέση πάνω από συγκεκριμένα γεωγραφικά σημεία. Η πληθώρα των δορυφόρων GEO που κινούνται σε αυτήν την τροχιά προσφέρει πλούσιες υπηρεσίες, όπως προβολή πληροφοριών και καιρού, μεταδόσεις τηλεοπτικού περιεχομένου και ακόμη και δυνατότητες επικοινωνίας δεδομένων σε χαμηλές ταχύτητες. (*Satellite Navigation - GPS - How It Works | Federal Aviation Administration, n.d.*)

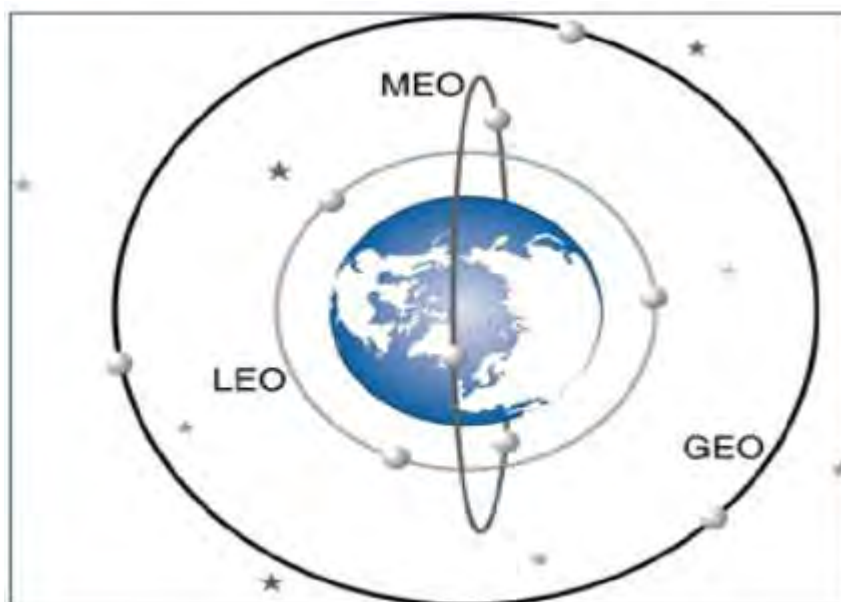
### **ΜΕΣΑΙΑ ΓΗΙΝΗ ΤΡΟΧΙΑ (MEDIUM EARTH ORBIT) (Υψόμετρο 5.000 έως 20.000 χλμ):**

Οι δορυφόροι MEO χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για GPS και άλλους σκοπούς πλοήγησης. Οι δορυφόροι MEO εξοπλισμένοι με δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας (HTS) κυκλοφόρησαν πρόσφατα για να παρέχουν συνδεσιμότητα δεδομένων χαμηλής καθυστέρησης και υψηλού εύρους ζώνης σε παρόχους υπηρεσιών, κυβερνητικούς φορείς και εμπορικές επιχειρήσεις. Οι δορυφόροι MEO προσφέρουν απόδοση παρόμοια με τις ίνες σε περιοχές όπου η εγκατάσταση ινών δεν είναι δυνατή, όπως κρουαζιερόπλοια, εμπορικά πλοία, αεροσκάφη, υπεράκτιες πλατφόρμες, δίκτυα backhaul και επιχειρήσεις ανθρωπιστικής βοήθειας. (*Satellite Navigation - GPS - How It Works | Federal Aviation Administration, n.d.*)

### **ΧΑΜΗΛΗ ΓΗΙΝΗ ΤΡΟΧΙΑ (LOW EARTH ORBIT) (Υψόμετρο 500 έως 1.200 χλμ):**

Ο αστερισμός LEO φιλοξενεί επί του παρόντος χιλιάδες επιχειρησιακούς δορυφόρους, η πλειονότητα των οποίων εξυπηρετεί επιστημονικές, απεικονιστικές ανάγκες και τηλεπικοινωνιακές ανάγκες χαμηλού εύρους ζώνης. Η επόμενη γενιά δορυφόρων HTS LEO έχει σχεδιαστεί για να απευθύνεται σε αγορές επικοινωνίας όπως το ευρυζωνικό διαδίκτυο τόσο για καταναλωτές όσο και για επιχειρήσεις. (*Satellite Navigation - GPS - How It Works | Federal Aviation Administration, n.d.*)

**Τροχιά (orbit):** Η πορεία ενός τεχνητού δορυφόρου πρέπει να είναι μια συγκεκριμένη πορεία, η οποία ακολουθείται καθώς ταξιδεύει γύρω από τη Γη. Αυτή η πορεία μπορεί να είναι ομόρρυθμη, κλιμακωτή ή πολική. Επίσης, υπάρχουν μερικά είδη όπου περιλαμβάνουν: την γεωστατική τροχιά (GEO), την μέση γήινη τροχιά (MEO) και την χαμηλή τροχιά της γης (LEO). Κάθε τύπος τροχιάς προσφέρει διαφορετικά πλεονεκτήματα και είναι κατάλληλος για συγκεκριμένες εφαρμογές. (Global Mobile Satellite System - GeeksforGeeks, n.d.; Satellite Orbits, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 1.12 Περιγραφή πως μοιάζουν οι τροχιές γύρω από την γη  
(RWI Synthetics Lifts off with Synthetic Space — RWI Synthetics, n.d.)

**IRIDIUM:** Το σύστημα Iridium επιτρέπει στους χρήστες να επικοινωνούν μέσω δορυφόρων ανεξάρτητα από την τοποθεσία τους, είτε βρίσκονται στην ξηρά είτε στη θάλασσα. Οι συνδρομητές μπορούν να χρησιμοποιούν το μόντεμ Iridium τους για να επικοινωνήσουν με οποιοδήποτε άλλο τηλέφωνο παγκοσμίως. Το διαστημικό σύστημα Iridium αποτελείται από 66 δορυφόρους που κινούνται σε τροχιά 780 χιλιομέτρων πάνω από τη Γη. Σε αντίθεση με τους γεωστατικούς τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, οι δορυφόροι του κινούνται σε χαμηλότερη τροχιά παρέχοντας ισχυρότερα σήματα και ευρύτερη κάλυψη. Είναι μικροί, ελαφριοί και συνδεδεμένοι ηλεκτρονικά μέσω ενός δικτύου για να εξασφαλίζουν συνεχή επικοινωνία παγκοσμίως. Όταν ένα μόντεμ Iridium είναι ενεργοποιημένο, ο πλησιέστερος δορυφόρος αναγνωρίζει αυτόματα την εγκυρότητα του χρήστη. (Iridium Network - an Overview | ScienceDirect Topics, n.d.)

**TELEDESIC NETWORK:** Το Teledesic Network προσφέρει μια ποικιλία υπηρεσιών μέσω ενός συστήματος δορυφόρων Ka-band σε χαμηλή τροχιά γης (LEO), συμπεριλαμβανομένων της σύσκεψης πολυμέσων, της τηλεδιάσκεψης, της βιντεοτηλεφωνίας, της απομακρυσμένης εκπαίδευσης και της φωνής. Οι δορυφορικές εξερχόμενες συνδέσεις λειτουργούν στα 30 GHz, ενώ οι εισερχόμενες στα 20 GHz. Ο αστερισμός απαρτίζεται από 924 δορυφόρους σε υψόμετρο 700 km, διατεταγμένους σε 21 τροχιακά επίπεδα με κλίση  $98,2^\circ$ . (PDF) The Teledesic Satellite System, n.d.; Sturza, 2002)

**ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΤΕΣ (SATELLITE TRANSPONDERS):** Ένας δορυφορικός μεταδότης αποτελείται από μικρά ενσωματωμένα κυκλώματα που συνδέουν τις κεραίες λήψης και εκπομπής. Αυτά τα κυκλώματα, τα οποία βρίσκονται στους δορυφόρους, παρέχουν την απαραίτητη επεξεργασία και μετάδοση σε συγκεκριμένες ραδιοσυχνότητες. Η ισχύς και το εύρος ζώνης του μεταδότη καθορίζουν την ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν και την αντίστοιχη ανάγκη εξοπλισμού εδάφους για τη λήψη. Μέσω της συμπίεσης δεδομένων και της πολυπλεξίας, πολλά κανάλια βίντεο και ήχου μπορούν να μεταδοθούν μέσω ενός μόνο μεταδότη σε έναν μόνο φορέα ευρείας ζώνης. Όταν ένας επίγειος σταθμός στέλνει ένα ραδιοφωνικό σήμα στον δορυφόρο, ο μεταδότης το λαμβάνει, το ενισχύει, αλλάζει τη συχνότητα και το στέλνει ως δορυφορική δέσμη στο έδαφος, είτε πρόκειται για ραδιοφωνικό σήμα, τηλεόραση ή περιεχόμενο δεδομένων. (*Satellite Transponders – Spacecom – Global Communication Service Provider, n.d.*)

**ΑΝΕΡΧΟΜΕΝΗ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΣΥΝΔΕΣΗ (UPLINK AND DOWNLINK):** Στη δορυφορική επικοινωνία, μια προς τα κάτω σύνδεση συνδέει έναν δορυφόρο με έναν ή περισσότερους επίγειους σταθμούς ή δέκτες, ενώ μια προς τα πάνω σύνδεση συνδέει έναν επίγειο σταθμό με έναν δορυφόρο. Ορισμένες εταιρείες παρέχουν υπηρεσίες αποστολής και λήψης σε τηλεοπτικούς σταθμούς, επιχειρήσεις και άλλους παρόχους τηλεπικοινωνιών. Μια εταιρεία μπορεί να εξειδικεύεται στην παροχή υπηρεσιών αποστολής, λήψης ή και των δύο. (*What Is Uplink and Downlink? | Definition from TechTarget, n.d.*)

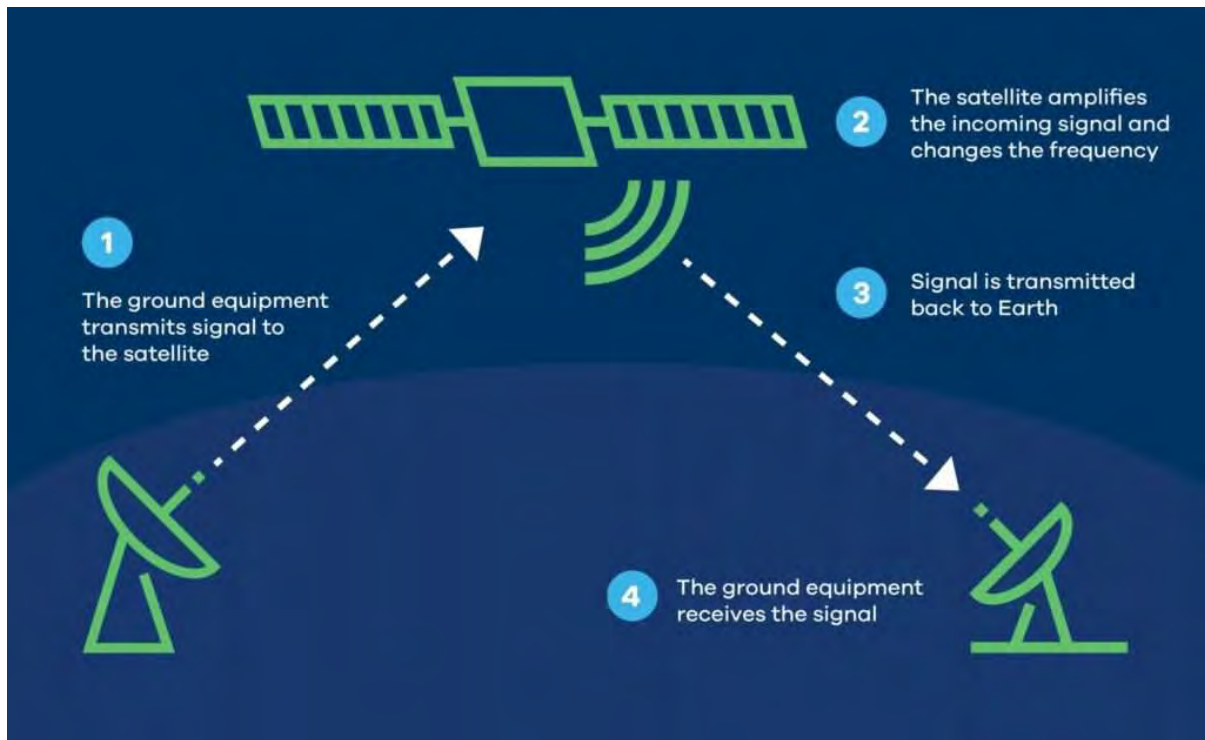
**ΔΕΣΜΗ (BEAM):** Μια δορυφορική δέσμη (beam) αναπαριστά μια συμπυκνωμένη ροή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (συχνά ραδιοκύματα) που εκπέμπεται από την κεραία ενός δορυφόρου. Το σχήμα και η διάταξη της δέσμης καθορίζονται από το σχέδιο ακτινοβολίας που προέρχεται από τις κεραίες του δορυφόρου. Το "αποτύπωμα δέσμης" αφορά την περιοχή όπου η δορυφορική δέσμη επαφίεται με την επιφάνεια της Γης. Αυτός ο όρος είναι κρίσιμος για να κατανοήσουμε την κάλυψη και την ποιότητα του σήματος από έναν δορυφόρο σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. (*ESA - Multibeam Satellite Communication System and Method, and Satellite Payload for Carrying out Such a Method, n.d.; Spot Beam - Wikipedia, n.d.*)

## ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

### **Τηλεπικοινωνίες:**

Οι δορυφορικές τηλεπικοινωνίες παρέχουν ουσιαστική συνδεσιμότητα για επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε απομακρυσμένα ή δύσκολα περιβάλλοντα, εξασφαλίζοντας συνεπή επικοινωνία με τις βάσεις και τους συνεργάτες τους σε όλο τον κόσμο. Τα δορυφορικά τηλέφωνα προσφέρουν μια σανίδα σωτηρίας, επιτρέποντας ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων ακόμη και σε απομονωμένες τοποθεσίες, ενώ οι υπηρεσίες δορυφορικού διαδικτύου επεκτείνουν τη συνδεσιμότητα σε άλλες συσκευές για την παροχή πληροφοριών εν κινήσει. Είναι σημαντικό ότι οι δορυφορικές συσκευές χρησιμεύουν ως ζωτικά εργαλεία έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια καταστροφών, προσφέροντας αξιόπιστη επικοινωνία όταν τα παραδοσιακά δίκτυα αποτυγχάνουν.

Με παγκόσμια εμβέλεια και ασφαλή κανάλια ανθεκτικά στις απειλές στον κυβερνοχώρο, η δορυφορική επικοινωνία εξασφαλίζει αδιάλειπτη λειτουργία και προστατεύει τις ευαίσθητες πληροφορίες, καθιστώντας την απαραίτητη για τις σύγχρονες επιχειρήσεις που αναζητούν αξιόπιστη και ασφαλή συνδεσιμότητα σε κάθε περίπτωση. (What Is Satellite Communication and Why Is It Important for Businesses?, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 1.13 Απεικόνιση πως είναι οι δορυφορικές τηλεπικοινωνίες  
(What's the Difference between Transceivers and Transponders?, n.d.)

### Πρόγνωση καιρού:

Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι, τους οποίους διαχειρίζεται η NOAA σε συνεργασία με τη NASA και την Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ, είναι απαραίτητα εργαλεία για την πρόγνωση του καιρού, την ανάλυση του κλίματος και την παρακολούθηση των παγκόσμιων κινδύνων. Χωρίζονται σε γεωστατικούς και πολικούς τροχιακούς τύπους, οι δορυφόροι αυτοί παρέχουν συνεχή παγκόσμια κάλυψη, προσφέροντας μοναδικές προοπτικές για τα καιρικά πρότυπα και την περιβαλλοντική δυναμική της Γης. Οι γεωστατικοί επιχειρησιακοί περιβαλλοντικοί δορυφόροι (GOES) παρακολουθούν το δυτικό ημισφαίριο, ενώ οι πολικοί επιχειρησιακοί περιβαλλοντικοί δορυφόροι (POES), σε συνεργασία με τον EUMETSAT, προσφέρουν ολοκληρωμένες παγκόσμιες απόψεις. Αυτοί οι δορυφόροι συμβάλλουν στα μοντέλα πρόβλεψης καιρού, στην κλιματική έρευνα και σε διάφορες εφαρμογές περιβαλλοντικής παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων του ύψους της επιφάνειας της θάλασσας που είναι κρίσιμες για την κατανόηση της δυναμικής των ωκεανών και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Μέσω αποστολών όπως ο OSTM/JASON-2, οι δορυφόροι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη μέτρηση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και στην πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για ένα βιώσιμο μέλλον.



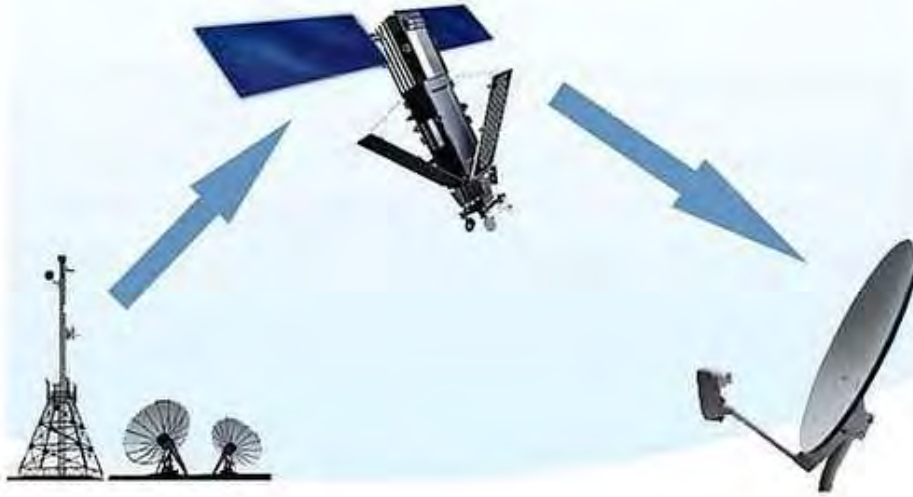
**ΕΙΚΟΝΑ 1.13 Γεωστατικός δορυφόρος πρόγνωσης καιρού**

(*Whatever the Weather – Operational Weather Forecasting for Deep-Space Communication | OPS Portal, n.d.*)

### **Τηλεοπτική μετάδοση:**

Μετά την προσελήνωση, η δορυφορική τηλεόραση έχει μεταμορφώσει την παγκόσμια ψηφιακή τηλεόραση, επιτρέποντας την ταυτόχρονη προβολή σε πολλές οικιακές συσκευές. Η τηλεόραση συνδέει πολιτισμούς και έθνη μέσω ζωντανών γεγονότων, ειδήσεων, εκπαίδευσης και ψυχαγωγίας. Οι δορυφόροι είναι ζωτικής σημασίας για τη διανομή ψηφιακών, HD και Ultra HD προγραμμάτων παγκοσμίως, χρησιμεύοντας ως το κύριο μέσο μετάδοσης. Διευκολύνουν τις υπηρεσίες Direct-to-Home (DTH) και παρέχουν αποτελεσματική και ασφαλή μετάδοση βίντεο για ειδήσεις και προγράμματα. Οι δορυφόροι διανέμουν επίσης τον προγραμματισμό σε καλωδιακές κεφαλές, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη μετάδοση σε περιφερειακά και τοπικά δίκτυα. Το Ultra HD, που προσφέρει μια άνευ προηγουμένου εμπειρία θέασης, βασίζεται στη δορυφορική μετάδοση για ευρεία διανομή σε νοικοκυριά DTH, καλωδιακής και IP TV. Η δορυφορική τεχνολογία οδηγεί τις εξελίξεις στην ψηφιακή τηλεόραση, καθιστώντας την HD το πρότυπο και ανοίγοντας το δρόμο για τη μελλοντική υιοθέτηση της Ultra HD. (*Broadcasting – GSOA – Global Satellite Operator's Association, n.d.*)

## How Does Satellite TV Works?

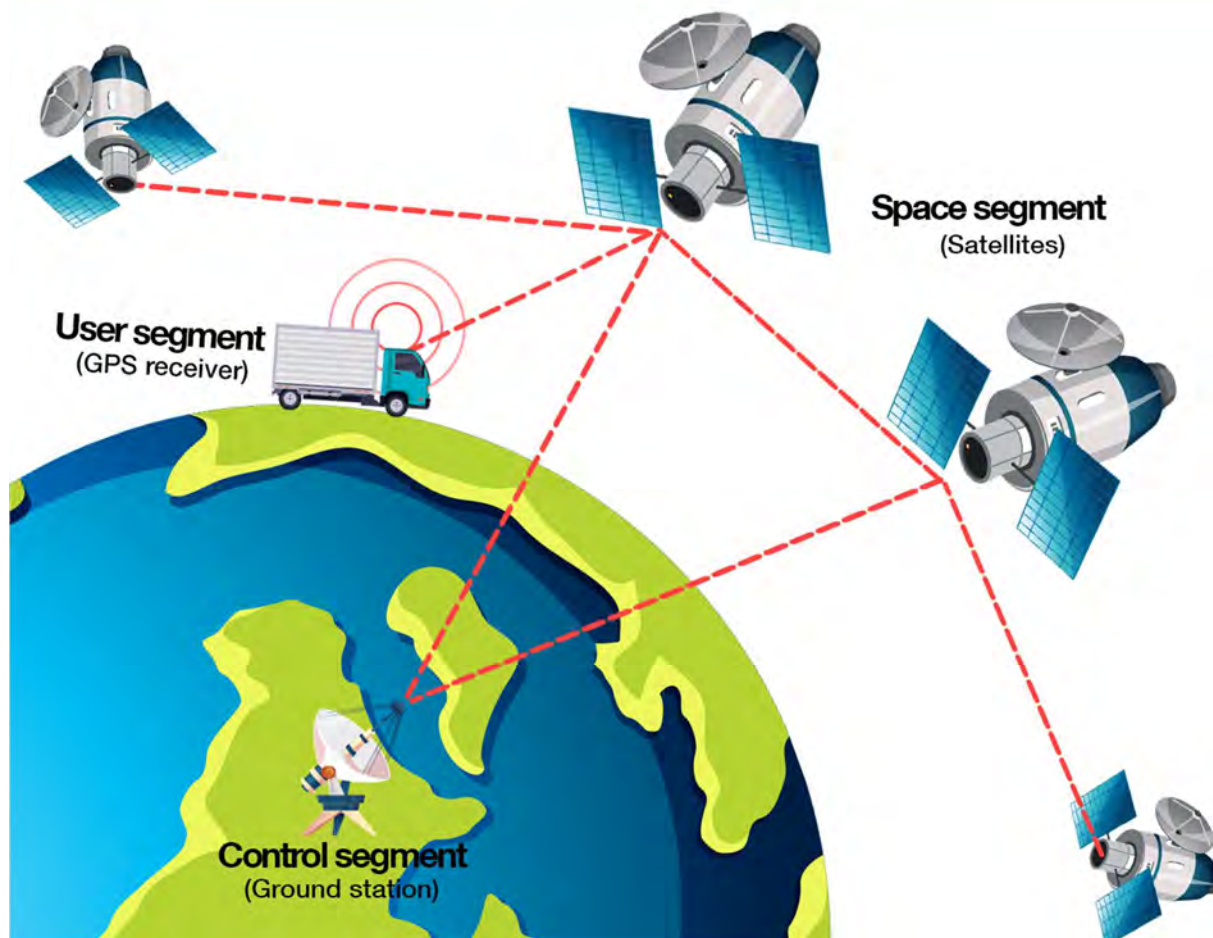


ΕΙΚΟΝΑ 1.14 Απεικόνιση της λειτουργίας της δορυφορικής τηλεοπτικής μετάδοσης  
(How Does Satellite TV Work? - Quora, n.d.)

### Πλοήγηση:

Η δορυφορική πλοήγηση βασίζεται σε ένα παγκόσμιο δίκτυο δορυφόρων που εκπέμπουν ραδιοσήματα από μεσαία γήινη τροχιά, με πιο γνωστούς τους 31 δορυφόρους του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS) που λειτουργούν οι Ηνωμένες Πολιτείες. Τρεις άλλοι αστερισμοί-GLONASS, Galileo και BeiDou-προσφέρουν επίσης παρόμοιες υπηρεσίες, σχηματίζοντας συλλογικά τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (GNSS). Όλοι οι πάροχοι προσφέρουν δωρεάν χρήση των συστημάτων τους και συμμορφώνονται με τα πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) για αεροπορική χρήση. Η βασική υπηρεσία GPS παρέχει ακρίβεια περίπου 7,0 μέτρων στο 95% του χρόνου, η οποία επιτυγχάνεται μέσω σημάτων από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους που επιτρέπουν στους δέκτες να προσδιορίζουν τη θέση και τον χρόνο. Κάθε δορυφόρος φέρει ατομικά ρολόγια για ακριβή χρονομέτρηση, ζωτικής σημασίας για τον ακριβή εντοπισμό θέσης. Οι δέκτες υπολογίζουν την τρισδιάστατη θέση τους μετρώντας τις αποστάσεις των σημάτων και λαμβάνοντας υπόψη τις καθυστερήσεις διάδοσης που προκαλούνται από την ατμόσφαιρα. Ενώ συνήθως απαιτείται ένα ατομικό ρολόι συγχρονισμένο με το GPS, οι μετρήσεις από τέσσερις δορυφόρους επιτρέπουν στους δέκτες να προσδιορίζουν το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο και την ώρα χωρίς αυτό, αναδεικνύοντας την ευρωστία και την ευελιξία των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης. (Satellite Navigation - GPS - How It Works | Federal Aviation Administration, n.d.)

## How GPS works ?



ΕΙΚΟΝΑ 1.15 Περιγραφή της λειτουργίας του GPS  
(How GPS Works and Its Application ? - Learn with Onelap, n.d.)

Η έλευση της τεχνολογίας που καθορίζεται από το λογισμικό σηματοδοτεί μια μετασχηματιστική εποχή στις δορυφορικές επικοινωνίες, αναδιαμορφώνοντας το τοπίο με αυξημένη ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Η ανακοίνωση της Intelsat για δύο νέους δορυφόρους το 2021 που αξιοποιούν το λογισμικό Airbus OneSat GEO αποτελεί παράδειγμα αυτής της αλλαγής, υποσχόμενη να φέρει επανάσταση στην ευρυζωνική συνδεσιμότητα με προσαρμόσιμα χαρακτηριστικά και νέες εφαρμογές. Οι παραδοσιακοί δορυφόροι GEO, σχεδιασμένοι για σταθερές αποστολές με διάρκεια ζωής 10 έως 20 ετών, συμπληρώνονται πλέον από δορυφόρους που καθορίζονται από λογισμικό και μπορούν να προσαρμόζουν δυναμικά τον προσανατολισμό τους, τη χωρητικότητα και την κατανομή ισχύος μέσω uplinks. Αυτή η καινοτομία είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον τομέα της κινητικότητας, παρέχοντας αξιόπιστη κάλυψη για κινούμενους στόχους όπως αεροσκάφη και πλοία και επιτρέποντας την προσωρινή κάλυψη για γεγονότα όπως οι φυσικές καταστροφές. Η εφαρμογή εξελιγμένου λογισμικού στις δορυφορικές επικοινωνίες είναι εκτεταμένη και ποικίλη. Το λογισμικό διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης (MDS), για παράδειγμα, υποστηρίζει πολλαπλά σχήματα διαμόρφωσης και προηγμένους αλγορίθμους επεξεργασίας σήματος για να εξασφαλίσει αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων. Η Εμπρόσθια Διόρθωση Σφαλμάτων (FEC) ενισχύει την αξιοπιστία της μετάδοσης διορθώνοντας αυτόνομα τα σφάλματα, βελτιώνοντας έτσι την αποδοτικότητα της επικοινωνίας και μειώνοντας την ανάγκη για επαναμεταδόσεις. Το λογισμικό κατεύθυνσης και εντοπισμού κεραιών εξασφαλίζει ακριβή έλεγχο του προσανατολισμού της κεραίας για τη διατήρηση της βέλτιστης ευθυγράμμισης του σήματος με τους δορυφόρους, ενσωματώνοντας δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικού εντοπισμού. Εκτός από αυτές τις εφαρμογές, διάφοροι τύποι λογισμικού είναι ζωτικής σημασίας στα δορυφορικά δίκτυα. Το λογισμικό επίγειου σταθμού διαχειρίζεται την παρακολούθηση του δορυφόρου, την έκδοση εντολών, τη λήψη τηλεμετρικών δεδομένων και τη μεταφορά δεδομένων. Το λογισμικό ελέγχου δορυφόρου εξασφαλίζει τη σωστή διαχείριση της τροχιάς, της στάσης και των λειτουργιών του ωφέλιμου φορτίου, ενώ το λογισμικό ωφέλιμου φορτίου διέπει συγκεκριμένες λειτουργίες και την αξιολόγηση δεδομένων για τον εξοπλισμό επί του σκάφους. Το λογισμικό ασφαλείας προστατεύει τα δορυφορικά δίκτυα από απειλές στον κυβερνοχώρο, χρησιμοποιώντας τεχνικές κρυπτογράφησης, ελέγχου ταυτότητας και ανίχνευσης εισβολών. Το Λογισμικό τηλεμετρίας και διοίκησης επιτρέπει την παρακολούθηση και τη διοίκηση των δορυφορικών λειτουργιών σε πραγματικό χρόνο, ενώ το Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων μετατρέπει τεράστιες ποσότητες συλλεγόμενων δεδομένων σε αξιοποιήσιμες γνώσεις χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως η επεξεργασία εικόνας και η μηχανική μάθηση. Αυτή η ολοκληρωμένη ενσωμάτωση λογισμικού σε διάφορες λειτουργίες υπογραμμίζει τον κρίσιμο ρόλο του λογισμικού στις σύγχρονες δορυφορικές επικοινωνίες, ανοίγοντας το δρόμο για μελλοντικές εξελίξεις και καινοτομίες στον τομέα.

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ:ΕΝΝΟΙΑ

---

Παρά τις προηγούμενες εξελίξεις που προηγήθηκαν της πρόσφατης ανακοίνωσης της Intelsat, φαίνεται ότι η αποκάλυψή της το 2021 σχετικά με τις παραγγελίες δύο νέων δορυφόρων που θα λειτουργούν με το λογισμικό Airbus OneSat GEO έχει

προωθήσει πραγματικά την εξέλιξη προς αυτή την κατεύθυνση. Οι νέοι δορυφόροι προβλέπεται να εισαγάγουν νέες εφαρμογές και να προσφέρουν μια προοπτική για το μέλλον. Το σχέδιο είναι να ολοκληρωθούν το 2023 και να παρέχουν βελτιωμένη σύνδεση για ευρυζωνικές υπηρεσίες εν πτήση, επιτρέποντας την προσαρμογή των χαρακτηριστικών ανάλογα με τις ανάγκες.

Οι παραδοσιακοί δορυφόροι GEO εκτοξεύονται για συγκεκριμένες αποστολές και έχουν σταθερό πρόγραμμα. Η διάρκειά τους κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 10 και 20 ετών, και μόλις είναι σε τροχιά, δεν είναι εφικτή η τροποποίησή τους, ακόμη και εάν υπάρχει ανάγκη. Με την εφοπλισμό ενός δορυφόρου με μια χρήσιμη φόρτωση που καθορίζεται από το λογισμικό, οι χειριστές έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζουν τον προσανατολισμό της κεραίας κατά παραγγελία. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω ενός uplink που μεταφέρει ένα νέο πρόγραμμα στον δορυφόρο. Ένας δορυφόρος που ορίζεται από λογισμικό θα πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμόζει δυναμικά τους προσανατολισμούς, την χωρητικότητα και την κατανομή ισχύος του. Η ικανότητα αυτή να αλλάζει με τον χρόνο σημαίνει ότι η αποστολή του δορυφόρου μπορεί να τροποποιείται για να αντιμετωπίσει τις εκάστοτε ανάγκες. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον τομέα της κινητικότητας, όπου ο δορυφόρος μπορεί να παρέχει κάλυψη σε κινούμενους στόχους, όπως αεροσκάφη και πλοία. Οι ρυθμίσεις μπορούν να προσαρμοστούν για να παρέχουν προσωρινή κάλυψη για γεγονότα όπως φυσικές καταστροφές ή απομακρυσμένες δραστηριότητες. Τα SDR (Λογισμικά-Ορισμένα Ραδιόφωνα) ενσωματώνονται σε δορυφόρους που ορίζονται από λογισμικό. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να ενισχύσουν την αξιοπιστία αλλάζοντας τη συχνότητα ,αντιδρώντας στον επίγειο ανταγωνισμό ή συμμορφώνοντας με τους νόμους συχνότητων σε διαφορετικά κράτη. Από την άποψη της παραγωγής, ένας δορυφόρος πολλαπλών αποστολών που ορίζεται από λογισμικό μπορεί να αντικαταστήσει δύο ή περισσότερους δορυφόρους μιας αποστολής.

Βελτιώνοντας την ευελιξία και την αποδοτικότητα των δορυφόρων που ορίζονται από λογισμικό, επιτυγχάνεται και μια πιο αποδοτική χρήση των δορυφορικών πόρων. Αυτό επιτρέπει στις εταιρείες επικοινωνιών να προσαρμόζουν τις υπηρεσίες τους σύμφωνα με τις αλλαγές στη ζήτηση ή τις νέες τεχνολογικές ανάγκες. Επιπλέον, η δυνατότητα ενημέρωσης και αναβάθμισης μέσω λογισμικού μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους συντήρησης και αντικατάστασης των δορυφόρων, καθώς επίσης να μειώσει το χρόνο λόγω αναβάθμισης.

Επιπλέον, οι δορυφόροι που ορίζονται από λογισμικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη νέων εφαρμογών, όπως οι τηλεπισκοπήσεις και οι παγκόσμιες υπηρεσίες παρακολούθησης. Αυτό μπορεί να προσφέρει πλεονεκτήματα σε διάφορους τομείς, όπως η πρόβλεψη και η παρακολούθηση φυσικών καταστροφών, η παρακολούθηση του κλίματος και η ασφάλεια των συνόρων.

Τέλος, η εισαγωγή των δορυφόρων που ορίζονται από λογισμικό μπορεί να συμβάλει στην προώθηση της ανάπτυξης και της καινοτομίας στον τομέα των επικοινωνιών. Επιτρέποντας στις εταιρείες να δοκιμάζουν νέες τεχνολογίες και υπηρεσίες με ευκολία και χαμηλότερο κόστος, οι δορυφόροι αυτοί μπορούν να δώσουν ώθηση στην καινοτομία και να ανοίξουν νέους δρόμους για την επέκταση των επικοινωνιακών δυνατοτήτων σε παγκόσμιο επίπεδο. (*Software Defined Satellites - BusinessCom Networks, n.d.*)

### **Λογισμικό διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης ( Modulation and Demodulation Software):**

Το λογισμικό διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης (MDS) είναι ένα εξελιγμένο σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση σημάτων για διάφορες εφαρμογές επικοινωνίας. Το λογισμικό υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα σχημάτων διαμόρφωσης, συμπεριλαμβανομένης της τετραγωνικής διαμόρφωσης πλάτους (QAM), της διαμόρφωσης με μετατόπιση φάσης (PSK) και της διαμόρφωσης με μετατόπιση συχνότητας (FSK), επιτρέποντας την ευέλικτη προσαρμογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα μετάδοσης. Το MDS διαθέτει προηγμένους αλγόριθμους για την επεξεργασία σήματος, συμπεριλαμβανομένης της προσαρμοστικής ισοστάθμισης, της διόρθωσης σφαλμάτων (όπως η αποκωδικοποίηση Reed-Solomon και Viterbi) και της φασματικής ανάλυσης. Είναι βελτιστοποιημένο για υψηλές επιδόσεις, ικανό για επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο με χαμηλή καθυστέρηση, ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματική μετάδοση και λήψη δεδομένων. Επιπλέον, το λογισμικό παρέχει ολοκληρωμένα εργαλεία για την ανάλυση της ακεραιότητας του σήματος, την παρακολούθηση των μετρήσεων απόδοσης και την αντιμετώπιση προβλημάτων μετάδοσης, καθιστώντας το απαραίτητο συστατικό για τα σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας. (*Modulation Methods* / *Electronics Basics* / *ROHM*, n.d.; (*PDF*) *Modulation Technique for Software Defined Radio Application*, n.d.; (*PDF*) *Modulator/Demodulator Approach for a Software Radio*, n.d.)

### **Διόρθωση σφαλμάτων και εμπρόσθια διόρθωση σφαλμάτων (Error Correction and Forward Error Correction (FEC)):**

Η προς τα εμπρός διόρθωση σφαλμάτων (FEC) ενισχύει την αξιοπιστία της μετάδοσης δεδομένων ενσωματώνοντας πλεονάζοντα δεδομένα στο αρχικό μήνυμα, επιτρέποντας στο δέκτη να ανιχνεύει και να διορθώνει σφάλματα αυτόνομα. Αυτή η τεχνική εξαλείφει την ανάγκη για αιτήσεις επαναμετάδοσης, βελτιώνοντας έτσι τη διαδικασία επικοινωνίας. Όταν χρησιμοποιείται FEC, ο δέκτης μπορεί να διορθώσει έναν περιορισμένο αριθμό σφαλμάτων- εάν τα σφάλματα υπερβούν αυτό το όριο, καθίσταται αναγκαία η επαναμετάδοση των επηρεαζόμενων πακέτων.

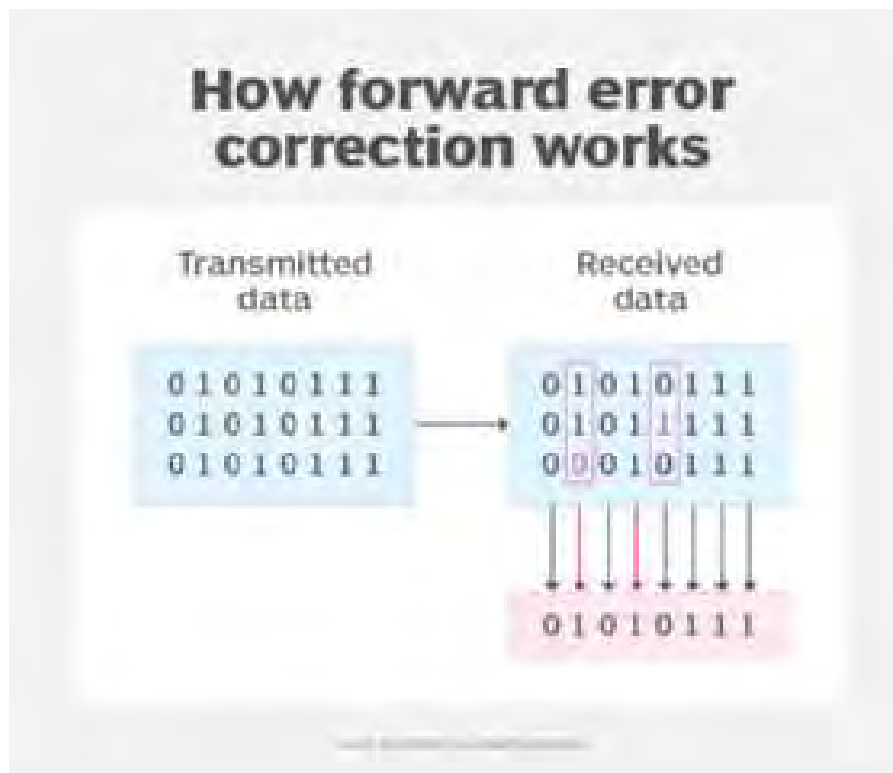
Η ανεξαρτησία του FEC από τα πρωτόκολλα χειραψίας επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων σε πολλαπλούς παραλήπτες από μία μόνο πηγή, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα. Αυτή η δυνατότητα μειώνει την ανάγκη για επαναμετάδοση, εξοικονομώντας εύρος ζώνης και ελαχιστοποιώντας τη χρήση ενέργειας.

Το FEC είναι ανεκτίμητο σε θορυβώδη ή ασταθή περιβάλλοντα επικοινωνίας, καθιστώντας το κατάλληλο τόσο για ενσύρματα όσο και για ασύρματα δίκτυα. Χρησιμοποιείται αποτελεσματικά στη ροή βίντεο, στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, στα μόντεμ, στους δρομολογητές και στις καλωδιακές και οπτικές επικοινωνίες, καθώς και στις μονόδρομες μεταδόσεις δεδομένων. Στην απλούστερη μορφή του, το FEC περιλαμβάνει τη μετάδοση κάθε χαρακτήρα πολλές φορές. Στη συνέχεια, ο δέκτης χρησιμοποιεί ένα σύστημα κανόνων πλειοψηφίας για να συγκρίνει αυτές

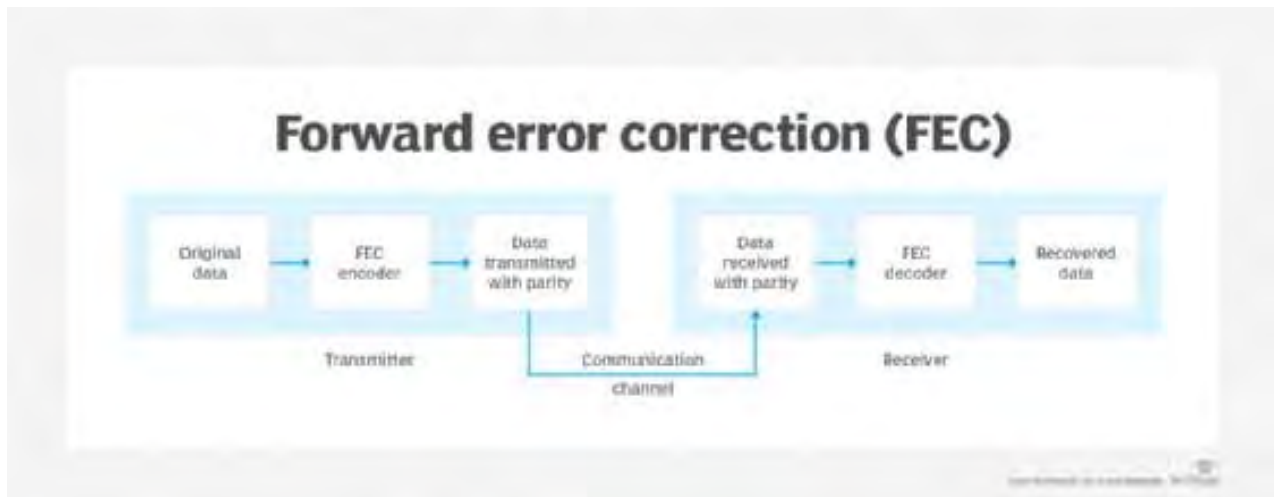
τις περιπτώσεις και να διορθώσει τυχόν αποκλίσεις. Για παράδειγμα, εάν το γράμμα «W» (δυναδικό 01010111) αποστέλλεται τρεις φορές, ο δέκτης ελέγχει την εμφάνιση κάθε bit. Εάν ένα bit είναι διαφορετικό από τα άλλα δύο, ο δέκτης υποθέτει ότι η τιμή πλειοψηφίας είναι σωστή.

Αν και οι υλοποιήσεις FEC μπορεί να ποικίλλουν, η βασική διαδικασία περιλαμβάνει την προσθήκη δεδομένων ισοτιμίας από τον πομπό μέσω ενός κωδικοποιητή και την αποκωδικοποίηση αυτών των δεδομένων από τον δέκτη για την ανάκτηση του αρχικού μηνύματος με ταυτόχρονη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων.

Οι βιομηχανίες επικοινωνιών χρησιμοποιούν διάφορους κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων για τη διόρθωση σφαλμάτων προς τα εμπρός (FEC) όπως για παράδειγμα Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH), Hamming Code, Low-Density Parity Check (LDPC), Reed-Solomon (RS) και το Turbo Code ο καθένας από αυτούς του κώδικες επιλύει διαφορετικά προβλήματα που μπορεί να προκύπτουν (*What Is Forward Error Correction (FEC)?* | Definition from TechTarget, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 2.1** Παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας FEC  
(*What Is Forward Error Correction (FEC)?* | Definition from TechTarget, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας FEC**  
(What Is Forward Error Correction (FEC)? | Definition from TechTarget, n.d.)

### **Λογισμικό εντοπισμού και παρακολούθησης κεραιών (Antenna Pointing and Tracking Software):**

Το λογισμικό Antenna Pointing and Tracking Software είναι ένα προηγμένο σύστημα που έχει σχεδιαστεί για τον ακριβή έλεγχο και την προσαρμογή του προσανατολισμού των κεραιών ώστε να διατηρείται η βέλτιστη ευθυγράμμιση του σήματος με τους δορυφόρους. Αυτό το λογισμικό χρησιμοποιεί εξελιγμένους αλγορίθμους για την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από διάφορους αισθητήρες, όπως γυροσκόπια, επιταχυνσιόμετρα, μαγνητόμετρα και μονάδες GPS, για τον υπολογισμό της ακριβούς θέσης και του προσανατολισμού της κεραίας. Υποστηρίζει τόσο τον χειροκίνητο έλεγχο όσο και την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση, επιτρέποντας απρόσκοπτες μεταβάσεις και συνεχείς προσαρμογές για την αντιστάθμιση των κινήσεων των δορυφόρων. Το λογισμικό διαθέτει δυνατότητες προβλεπτικής παρακολούθησης, χρησιμοποιώντας στοιχεία Κέπλερ και τροχιακά μοντέλα για την πρόβλεψη των τροχιών των δορυφόρων και την ανάλογη προσαρμογή της θέσης της κεραίας. Επιπλέον, ενσωματώνει μηχανισμούς διόρθωσης σφαλμάτων για τον μετριασμό των επιδράσεων περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως ο άνεμος, η θερμική διαστολή και οι μηχανικές δονήσεις. Η ενσωμάτωση με τα συστήματα ελέγχου του επίγειου σταθμού επιτρέπει την ολοκληρωμένη συλλογή τηλεμετρικών δεδομένων, την παρακολούθηση της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο και τη διάγνωση, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος κεραίας. Οι προηγμένες διεπαφές χρήστη παρέχουν στους χειριστές διαυθητικό έλεγχο και λεπτομερή απεικόνιση των κινήσεων της κεραίας, της ισχύος του σήματος και της ακρίβειας ευθυγράμμισης, βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση και την αξιοπιστία των συνδέσεων δορυφορικής επικοινωνίας. (What Are Methods for Antenna Tracking System?, n.d.)

### **Λογισμικό διαχείρισης δικτύου (Network Management Software):**

Στον τομέα των δορυφορικών επικοινωνιών, τα Συστήματα Διαχείρισης Δικτύου (NMS) διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, διαχειριζόμενα τις περίπλοκες τεχνικές λεπτομέρειες στο παρασκήνιο. Λειτουργούν ως κέντρα διοίκησης, εξασφαλίζοντας

την εύρωστη και αποτελεσματική λειτουργία των τεράστιων, διασυνδεδεμένων δικτύων που στηρίζουν την παγκόσμια υποδομή επικοινωνίας.

Ένα σύστημα διαχείρισης δικτύου είναι μια συλλογή εργαλείων που επιτρέπει στους διαχειριστές δικτύου να διαχειρίζονται, να παρακολουθούν και να συντονίζουν αποτελεσματικά τις λειτουργίες του δικτύου. Το NMS αυτοματοποιεί πολλές συνήθεις εργασίες διαχείρισης δικτύου, ελαχιστοποιεί τα ανθρώπινα λάθη και βελτιώνει τη συνολική απόδοση του δικτύου. Περιοχές (συμπεριλαμβανομένου του διαστήματος), η χειροκίνητη διαχείριση είναι ανέφικτη και επιρρεπής σε σφάλματα. Σε αυτό το σημείο μπαίνει στο παιχνίδι ένα NMS.

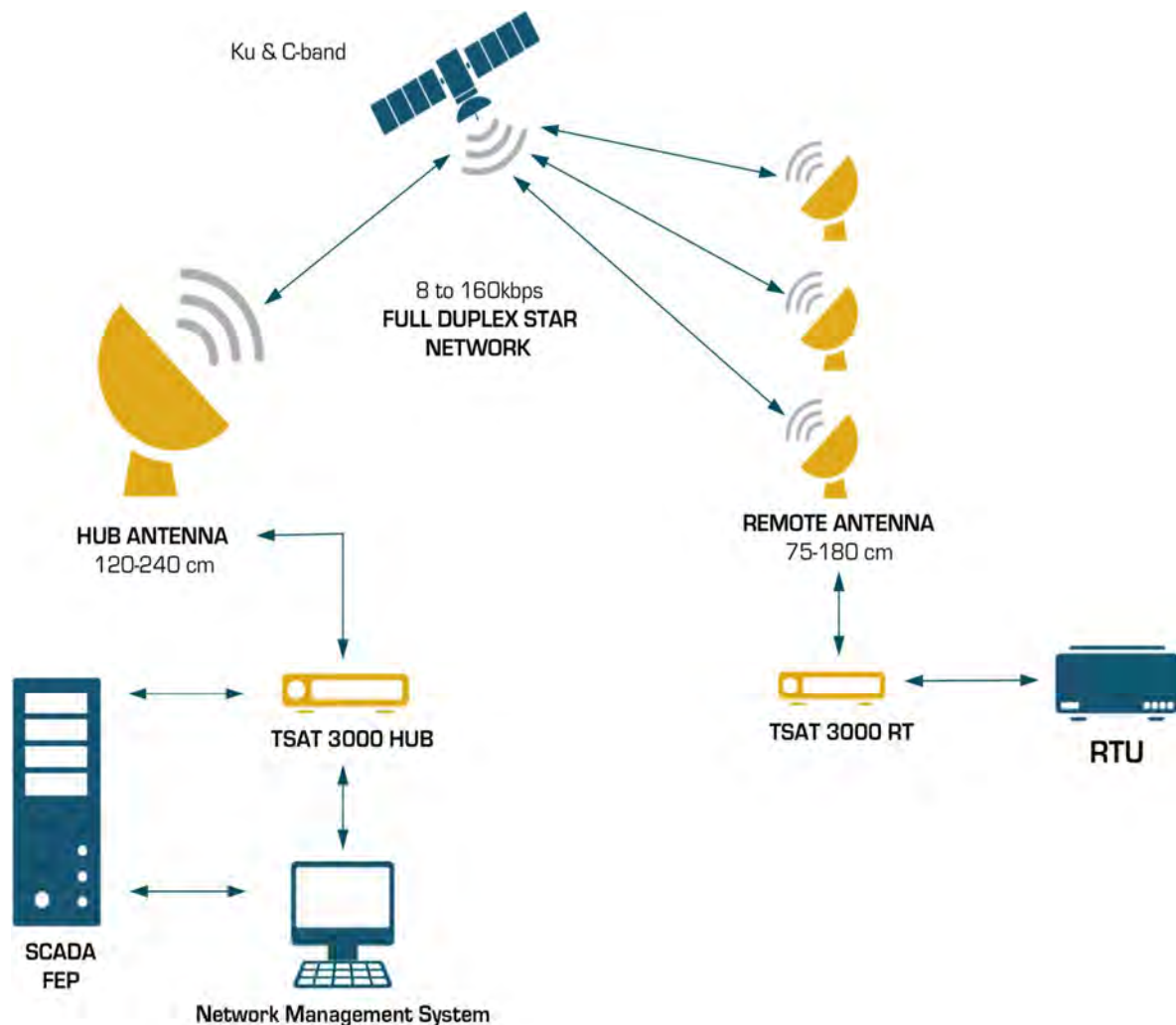
**Διαχείριση βλαβών:** Το NMS παρακολουθεί συνεχώς το δίκτυο για πιθανές βλάβες ή αποτυχίες. Περιλαμβάνει ενσωματωμένα συστήματα ειδοποιήσεων που ειδοποιούν αμέσως τους διαχειριστές του δικτύου για τυχόν προβλήματα, επιτρέποντάς τους να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα προτού επηρεάσουν τη συνολική λειτουργικότητα του δικτύου.

**Διαχείριση ρυθμίσεων:** Το NMS διατηρεί μια ενημερωμένη βάση δεδομένων ρυθμίσεων. Επιβλέπει την εγκατάσταση νέων συσκευών ή δορυφορικών τερματικών, καταγράφει τις αλλαγές και διασφαλίζει τη σωστή διαμόρφωση αυτών των συσκευών.

**Διαχείριση επιδόσεων:** Το NMS παρακολουθεί διάφορες μετρήσεις επιδόσεων δικτύου, όπως η απόδοση, η απώλεια πακέτων και η καθυστέρηση. Βοηθά τους διαχειριστές δικτύου να προβλέπουν πιθανά σημεία συμφόρησης και να διαχειρίζονται τους πόρους για βέλτιστη απόδοση.

**Διαχείριση ασφάλειας:** Το NMS προστατεύει το δίκτυο από απειλές ασφαλείας. Παρακολουθεί την κυκλοφορία, ανιχνεύει εισβολές και διαχειρίζεται τα δικαιώματα και τις άδειες των χρηστών.

**Διαχείριση λογαριασμών:** Το NMS παρακολουθεί τη χρήση του δικτύου, την κυκλοφορία δεδομένων και τη χρήση του εύρους ζώνης, βοηθώντας τους διαχειριστές στη διαχείριση και την κατανομή των πόρων. (*Network Management Software - ManageEngine OpManager*, n.d.; *Understanding Network Management Systems in Satellite Communications - SatCom Talk*, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 Παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας Network Management Software  
(TSAT 3500 - TSAT, n.d.)

**Στοιβες πρωτοκόλλων (Protocol Stacks):** Τα πρωτόκολλα δορυφορικής επικοινωνίας καθορίζουν πρότυπα για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δορυφόρων, επίγειων σταθμών και τερματικών χρηστών. Οι στοιβες πρωτοκόλλων είναι βασικά συστατικά αυτών των συστημάτων, αποτελούμενα από πολλαπλά επίπεδα λογισμικού που υλοποιούν αυτά τα πρωτόκολλα για τη διαχείριση και τη διευκόλυνση της διαδικασίας επικοινωνίας.

### **Βασικά επίπεδα και λειτουργίες:**

**Φυσικό επίπεδο:** Αυτό το επίπεδο χειρίζεται τη μετάδοση και τη λήψη ακατέργαστων ροών bit μέσω ενός φυσικού μέσου, όπως οι ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιούνται στις δορυφορικές συνδέσεις. Είναι υπεύθυνο για τη διαμόρφωση, την αποδιαμόρφωση και την κωδικοποίηση διόρθωσης σφαλμάτων, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα μεταδίδονται και λαμβάνονται με ακρίβεια παρά τις πιθανές παρεμβολές και την υποβάθμιση του σήματος.

**Στρώμα ζεύξης δεδομένων:** Το στρώμα ζεύξης δεδομένων παρέχει τη μεταφορά δεδομένων από κόμβο σε κόμβο, πλαισιώνοντας τα πακέτα δεδομένων και

εξασφαλίζοντας αξιόπιστη μετάδοση μέσω μηχανισμών ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων. Αυτό το επίπεδο διαχειρίζεται επίσης τον συγχρονισμό των πλαισίων δεδομένων και ελέγχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο μετάδοσης.

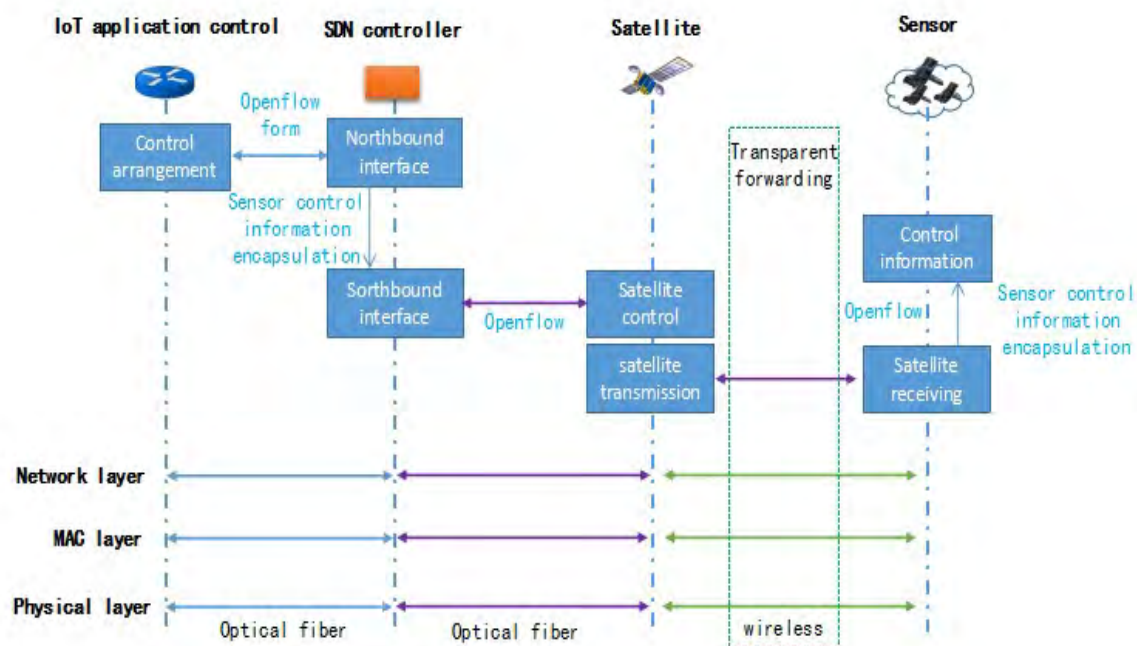
**Στρώμα δικτύου:** Το στρώμα δικτύου είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων στο δίκτυο δορυφορικών επικοινωνιών. Καθορίζει τη βέλτιστη διαδρομή των δεδομένων για να ταξιδέψουν από την πηγή στον προορισμό, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η τοπολογία του δικτύου, η συμφόρηση και οι δορυφορικές τροχιές. Αυτό το επίπεδο χειρίζεται επίσης την προώθηση πακέτων και τη διευθυνσιοδότηση.

**Στρώμα μεταφοράς:** Το στρώμα μεταφοράς εξασφαλίζει την επικοινωνία από άκρο σε άκρο μεταξύ των συσκευών. Παρέχει έλεγχο ροής, αποκατάσταση σφαλμάτων και αλληλουχία πακέτων για τη διατήρηση της ακεραιότητας και της σειράς των δεδομένων. Πρωτόκολλα όπως το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης (TCP) και το Πρωτόκολλο Δεδομένων Χρήστη (UDP) λειτουργούν σε αυτό το επίπεδο, προσφέροντας διαφορετικά επίπεδα αξιοπιστίας και ταχύτητας.

**Στρώμα συνόδου:** Αυτό το στρώμα διαχειρίζεται συνόδους ή συνδέσεις μεταξύ εφαρμογών σε διαφορετικές συσκευές. Δημιουργεί, διατηρεί και τερματίζει συνεδρίες επικοινωνίας, διασφαλίζοντας ότι η ανταλλαγή δεδομένων είναι σωστά συγχρονισμένη και οργανωμένη.

**Στρώμα παρουσίασης:** Το στρώμα παρουσίασης μεταφράζει τα δεδομένα μεταξύ του στρώματος εφαρμογής και του δικτύου. Χειρίζεται την κρυπτογράφηση δεδομένων, τη συμπίεση και τη μετατροπή μορφής, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα βρίσκονται σε κατάλληλη μορφή για μετάδοση και χρήση από τις εφαρμογές.

**Στρώμα εφαρμογών:** Το ανώτερο στρώμα της στοίβας πρωτοκόλλων, το στρώμα εφαρμογών, παρέχει υπηρεσίες δικτύου απευθείας στους τελικούς χρήστες. Αυτό περιλαμβάνει την ηλεκτρονική αλληλογραφία, τη μεταφορά αρχείων, την περιήγηση στο διαδίκτυο και άλλες υπηρεσίες επικοινωνίας που βασίζονται στα υποκείμενα στρώματα για να λειτουργήσουν σωστά.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.4** Επεξήγηση των Protocol Stacks  
 (Dynamic Layering Protocol for the Satellite IoT As Shown in Figure 3,... | Download Scientific Diagram, n.d.)

**Λογισμικό επίγειου σταθμού (Ground Station Software):** Αυτό το πρόγραμμα ελέγχει την επικοινωνία μεταξύ δορυφόρων και επίγειων σταθμών. Περιλαμβάνει λειτουργίες για την παρακολούθηση δορυφόρων, την παροχή εντολών, τη λήψη δεδομένων τηλεμετρίας και τη διαχείριση μεταφορών δεδομένων. (*Choosing a Ground Station — Copter Documentation*, n.d.)

**Λογισμικό δορυφορικού ελέγχου (Satellite Control Software):** Αυτό το πρόγραμμα ελέγχει την τροχιά, τη στάση και τις λειτουργίες ωφέλιμου φορτίου του δορυφόρου. Εγγυάται ότι ο δορυφόρος λειτουργεί εντός των προβλεπόμενων παραμέτρων και ολοκληρώνει την αποστολή του με επιτυχία.

**Λογισμικό ωφέλιμου φορτίου (Payload Software):** Τα ωφέλιμα φορτία σε δορυφόρους συχνά απαιτούν συγκεκριμένο λογισμικό για να διέπει τη λειτουργία τους και να αξιολογεί τα δεδομένα που συλλέγουν. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει λογισμικό για κάμερες, αισθητήρες, ερευνητικό εξοπλισμό ή ωφέλιμα φορτία επικοινωνίας. (*Payload Definition - What Is a Computer Payload?*, n.d.)

**Λογισμικό ασφαλείας (Security Software):** Η ασφάλεια είναι κρίσιμης σημασίας στα δορυφορικά δίκτυα για την αποτροπή ανεπιθύμητης πρόσβασης, παραβιάσεων δεδομένων και επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Το λογισμικό ασφαλείας αποτελείται από εργαλεία κρυπτογράφησης, τεχνικές ελέγχου ταυτότητας, συστήματα ανίχνευσης εισβολών και πρωτόκολλα ασφαλούς επικοινωνίας. (*What Is Security Software?* - Cisco, n.d.)

**Λογισμικό τηλεμετρίας και διοίκησης (Telemetry and Commanding Software):** Αυτό το πρόγραμμα επιτρέπει στους χειριστές να παρακολουθούν την υγεία και την κατάσταση των δορυφόρων σε πραγματικό χρόνο και να παρέχουν εντολές στον δορυφόρο όπως απαιτείται. Είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση του ελέγχου του δορυφόρου και τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν κατά τη λειτουργία. (*ESA - TT&C and PDT Systems and Techniques Section*, n.d.)

**Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων (Data Processing and Analysis Software):** Οι δορυφόροι δημιουργούν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα οποία πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία, να αξιολογηθούν και να μεταφραστούν σε χρήσιμες πληροφορίες. Η επεξεργασία εικόνας, η επεξεργασία σήματος, η γεωγραφική ανάλυση και οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης για εξόρυξη δεδομένων είναι όλα παραδείγματα προϊόντων λογισμικού επεξεργασίας δεδομένων. (*What Is Data Processing? Definition, Steps & Methods | Fullstory*, n.d.)

Ο τομέας των δορυφορικών λειτουργιών περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εξειδικευμένων συστημάτων λογισμικού που είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή διαχείριση και χρήση των δορυφόρων. Το λογισμικό επίγειου σταθμού είναι υπεύθυνο για την επίγεια επικοινωνία και τον έλεγχο των δορυφόρων, διαχειριζόμενο την παρακολούθηση, τη μετάδοση δεδομένων και την αυτοματοποίηση εργασιών ρουτίνας. Το Λογισμικό Ελέγχου Δορυφόρου εξασφαλίζει την ορθή λειτουργία των δορυφόρων σε τροχιά, επιβλέποντας τον έλεγχο της στάσης και της τροχιάς, τη διαχείριση των υποσυστημάτων, την παρακολούθηση της υγείας και την εκτέλεση εντολών. Το λογισμικό ωφέλιμου φορτίου επικεντρώνεται στη διαχείριση και λειτουργία των οργάνων και των πειραμάτων του δορυφόρου, χειριζόμενο τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και τον έλεγχο των οργάνων. Το λογισμικό ασφαλείας είναι απαραίτητο για την προστασία των συστημάτων και των δεδομένων του δορυφόρου από απειλές στον κυβερνοχώρο, εξασφαλίζοντας ασφαλείς λειτουργίες. Η τηλεμετρία περιλαμβάνει τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάσταση και την υγεία του δορυφόρου στους επίγειους σταθμούς, ενώ η διοίκηση περιλαμβάνει την αποστολή επιχειρησιακών οδηγιών στον δορυφόρο. Τέλος, το Λογισμικό Επεξεργασίας και Ανάλυσης Δεδομένων ερμηνεύει τα δεδομένα τηλεμετρίας και ωφέλιμου φορτίου που λαμβάνονται, μετατρέποντάς τα σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες και υποστηρίζοντας την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και τον σχεδιασμό της αποστολής. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα των ειδών λογισμικού και έπειτα οι αναλύσεις αυτών.



**Εικόνα 3.1** Διάγραμμα των διαφόρων ειδών λογισμικού που χρησιμοποιούνται στα δορυφορικά δίκτυα.

#### Λογισμικό επίγειων σταθμών (Ground Station Software):

Οι επίγειοι σταθμοί για διαστημική επικοινωνία αποτελούν σημαντικό στοιχείο του επίγειου τμήματος, λειτουργώντας ως επίγεια υποδομή που δημιουργεί συνδέσεις επικοινωνίας με δορυφόρους σε τροχιά ή αποστολές στο βαθύ διάστημα για να συμπληρώσουν και να υποστηρίξουν τις δραστηριότητές τους. Ένας επίγειος σταθμός χρησιμεύει ως κόμβος επικοινωνίας μεταξύ της Γης και των δορυφόρων, καθιστώντας τον ένα σημαντικό στοιχείο του επίγειου τμήματος. Ένας επίγειος σταθμός, ο οποίος είναι συχνά εξοπλισμένος με εξελιγμένες κεραίες, δέκτες και

πομπούς, χρησιμεύει ως γέφυρα, επιτρέποντας τη ροή πληροφοριών που επιτρέπει τη συλλογή δορυφορικών δεδομένων, τον έλεγχο και τη μεταφορά σημαντικών ωφέλιμων φορτίων. Κύριες λειτουργίες του τμήματος εδάφους:

Υποστήριξη του διαστημικού σκάφους και του ωφέλιμου φορτίου:

- Παρακολούθηση διαστημικού σκάφους
- Δεδομένα διεργασίας
- Υπολογισμός τροχιάς, θέσης και ταχύτητας
- Διοίκηση και έλεγχος ωφέλιμου φορτίου και διαστημικού σκάφους

Διασύνδεση με χρήστες:

- Να τους δώσει τα απαραίτητα στοιχεία
- να λαμβάνουν τυχόν αιτήματα ελέγχου

Το επίγειο σύστημα περιλαμβάνει επίγειους σταθμούς και κέντρα ελέγχου που συνεργάζονται για να υποστηρίξουν τα διαστημόπλοια και τους χρήστες.

Κατευθύνει και ελέγχει τα διαστημόπλοια ανάλογα με την ανθρώπινη συμβολή στο κέντρο ελέγχου.

- Οι **επίγειοι σταθμοί**: συλλέγουν δεδομένα από διαστημόπλοια και τα μεταδίδουν στους χρήστες, παρέχοντάς τους όλες τις απαραίτητες πληροφορίες.
- **Κέντρα ελέγχου**: κάνουν επιλογές αποστολής ελέγχοντας τόσο τη διεπαφή χρήστη όσο και την αλληλεπίδραση με το διαστημικό τμήμα.

Ο εξοπλισμός διαχείρισης δεδομένων περιλαμβάνει συνδέσεις δικτύου, εξοπλισμό πολυπλεξίας/αποπολυπλεξίας και συσκευές επεξεργασίας σήματος που διαχειρίζονται τηλεμετρία, δεδομένα αποστολής και οδηγίες. Όπως και με τους δορυφόρους GEO, πολλά σήματα σε διάφορες συχνότητες μπορεί να φτάσουν σε έναν επίγειο σταθμό ταυτόχρονα, απαιτώντας την εξαγωγή πληροφοριών για τον καθένα. Ως αποτέλεσμα, αρκετοί (και περιττοί) διαμορφωτές και αποδιαμορφωτές, μαζί με τους σχετικούς μετατροπείς άνω και κάτω, απαιτούνται για τη διαχείριση δυσλειτουργιών ή τη διαχείριση των περιπλοκών που σχετίζονται με ορισμένους

δορυφόρους. Οι μετατροπείς είναι συσκευές που μεταφράζουν τη συχνότητα ενός σήματος για να επιτρέπουν την ενίσχυση. Στη συνέχεια συγχωνεύονται σε ένα μόνο σήμα χρησιμοποιώντας έναν συγκεκριμένο συνδυαστή και ενισχύονται από έναν ενισχυτή υψηλής ισχύος πριν φτάσουν στο diplexer και, τέλος, στην κεραία, όπου αποστέλλονται. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά τη λήψη δεδομένων.

Η κύρια δουλειά ενός επίγειου σταθμού είναι να δημιουργεί και να διατηρεί επικοινωνία με δορυφόρους που κάνουν κύκλους γύρω από τη Γη ή στο βαθύ διάστημα, η οποία περιλαμβάνει παρακολούθηση των τροχιών τους, διασφάλιση ακριβούς κατάδειξης κεραίας και διόρθωση της δυναμικής φύσης της τροχιακής μηχανικής. Οι επίγειοι σταθμοί τοποθετούνται σκόπιμα για να εξασφαλίζουν συνεχή κάλυψη, επιτρέποντας την ομαλή επικοινωνία ενώ οι δορυφόροι ταξιδεύουν στον ουρανό. Επιπλέον, είναι εξοπλισμένα με σύγχρονα συστήματα παρακολούθησης και πρωτόκολλα επικοινωνίας για τη βελτίωση της λήψης και μεταφοράς σήματος.

Αυτές οι τεχνολογίες αποσκοπούν στην εξουδετέρωση ζητημάτων όπως η παρεμβολή αέρα, η υποβάθμιση του σήματος και οι επιπτώσεις της περιστροφής της Γης, με αποτέλεσμα την αξιόπιστη και υψηλής ποιότητας επικοινωνία με τους δορυφόρους. Εκτός από την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, οι επίγειοι σταθμοί είναι κρίσιμοι για τη λήψη και την παράδοση δεδομένων. Λαμβάνουν και αναλύουν πληροφορίες που αποστέλλονται από δορυφόρους, όπως τηλεμετρία, επιστημονικά δεδομένα και εικόνες. Αυτές οι πληροφορίες διανέμονται στη συνέχεια στους κατάλληλους τελικούς χρήστες, κέντρα ελέγχου αποστολής ή εγκαταστάσεις επεξεργασίας για περαιτέρω ανάλυση και χρήση.

Ανάλογα με τη διαδρομή του δορυφόρου, οι κεραίες πρέπει να είναι σωστά στραμμένες. Για να γίνει αυτό, οι κεραίες είναι εξοπλισμένες με μηχανισμούς ελέγχου ανάδρασης. Αυτά τα συστήματα υπολογίζουν τον απαιτούμενο προσανατολισμό, τον συγκρίνουν με τον υπάρχοντα προσανατολισμό και, στη συνέχεια, ενεργοποιούν τους κινητήρες για να μετακινήσουν την κεραία και να διορθώσουν λάθη, αλλάζοντας τις γωνίες ανύψωσης και αζιμουθίου. Αυτό είναι ένα

σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου, με αισθητήρες που μετρούν τον προσανατολισμό της κεραίας, μια μονάδα ελέγχου που ρυθμίζει την προβλεπόμενη θέση στιγμή προς στιγμή και ένα εξάρτημα ελέγχου με ενεργοποιητές που κινούν την κεραία. Για να προσδιοριστεί ο κατάλληλος προσανατολισμός, πρέπει πρώτα να προσδιοριστεί η θέση του δορυφόρου χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τροχιακούς αναμεταδότες μαθηματικά μοντέλα που ακολουθούν τους δορυφόρους και εκτιμούν τις θέσεις τους χρησιμοποιώντας εφημερίδες. Αυτές οι μέθοδοι υπολογίζουν την ιδανική κατάδειξη προσδιορίζοντας πότε ο δορυφόρος εισέρχεται στο οπτικό πεδίο του σταθμού. (How Does a Ground Station for Space Communication Work? Radio2Space, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 3.2** Η απεικόνιση του Ground Station Software  
(Mission Planner That Defines Path on Which Rover Moves Automatically | Download Scientific Diagram, n.d.)

### Λογισμικό ελέγχου δορυφόρων (Satellite Control Software):

Το λογισμικό ελέγχου δορυφόρου (satellite control software) είναι ένα σύνολο προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και τη διαχείριση δορυφόρων στο διάστημα. Αυτό το λογισμικό βοηθά στην εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών, όπως την παρακολούθηση της θέσης του δορυφόρου, την ρύθμιση των τροχιών του, τη μετάδοση δεδομένων, την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διαφόρων συστημάτων ενός δορυφόρου και άλλες λειτουργίες.

Αυτό το λογισμικό συνήθως περιλαμβάνει διάφορα υποσυστήματα, όπως υποσυστήματα επικοινωνίας, υποσυστήματα παρακολούθησης, υποσυστήματα ενέργειας και άλλα. Η ακριβής λειτουργία του λογισμικού αυτού είναι κρίσιμη για τη διατήρηση και την ασφάλεια των δορυφόρων στο διάστημα, καθώς και για την επίτευξη των στόχων τους, όπως η επικοινωνία ή η συλλογή δεδομένων.

Το λογισμικό ελέγχου δορυφόρου λειτουργεί συνήθως με την εναλλαγή μεταξύ διαφόρων λειτουργικών καθεστώτων ανάλογα με τις ανάγκες του δορυφόρου. Αυτά τα καθεστώτα μπορεί να περιλαμβάνουν:

**Λειτουργικός τρόπος λειτουργίας (Operational Mode)** που σχετίζονται με τα εξής: **Start-Up (SU), Sun-Safe (SS), Nominal, Survival** και θα αναλυθούν παρακάτω:

**Έναρξη λειτουργίας (Start-Up (SU)):** Αυτό αναφέρεται στην εκκίνηση του δορυφόρου και την ενεργοποίηση των βασικών λειτουργιών του. Είναι παρόμοιο με το λειτουργικό καθεστώς του λογισμικού.

**Ηλιακή ασφάλεια (Sun-Safe (SS)):** Αυτό συνήθως αναφέρεται σε μια κατάσταση ασφαλείας, όπου ο δορυφόρος τίθεται σε έναν τρόπο λειτουργίας που εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία του κατά τη διάρκεια εκτεταμένης έκθεσης σε ηλιακή ακτινοβολία ή άλλους κινδύνους.

**Nominal:** Αυτό αναφέρεται στην κανονική λειτουργία του δορυφόρου όταν δεν υπάρχουν προβλήματα ή κινδύνους και λειτουργεί σύμφωνα με τα προγραμματισμένα του σχέδια.

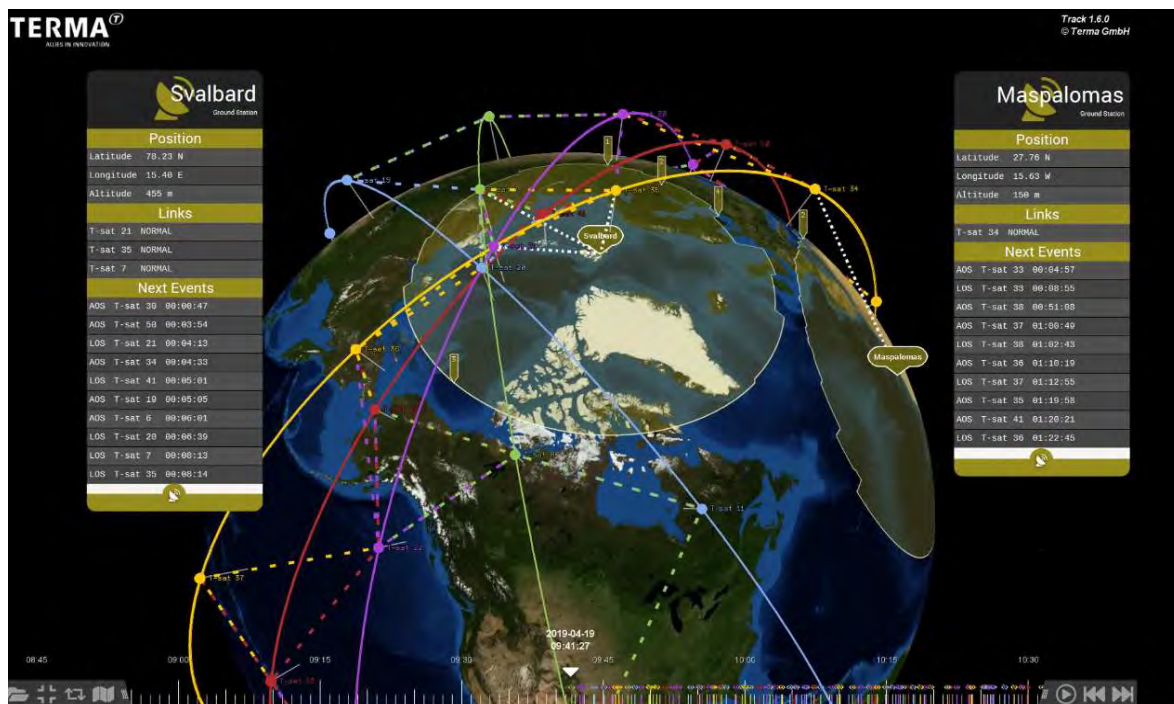
**Επιβίωση (Survival):** Αυτό αναφέρεται σε μια κατάσταση επιβίωσης ή ανάγκης, όπου ο δορυφόρος παραμένει ενεργός με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό λειτουργικών συστημάτων για να επιβιώσει μέχρι να ανακτηθεί η κανονική λειτουργία. (6. *Satellite State Diagram. The Satellites Operational Modes Are:...* / Download Scientific Diagram, n.d.-a)

**Λειτουργία ασφαλείας (Safety Mode):** Η ασφαλής λειτουργία είναι ένας τρόπος λειτουργίας διαστημικού σκάφους που διασφαλίζει την ύπαρξη του διαστημικού σκάφους σταθεροποιώντας το μετά την ανατροπή. Το σύστημα απενεργοποιεί τις περιττές λειτουργίες και χρησιμοποιεί μόνο τον πιο αξιόπιστο διαθέσιμο εξοπλισμό. Μια ασφαλής λειτουργία περιλαμβάνει γενικά τις ακόλουθες φάσεις:

- Η σταθεροποίηση του ρυθμού περιλαμβάνει τη μείωση των γωνιακών ρυθμών του διαστημικού σκάφους.
- Αναζήτηση ήλιου: Για να παράγει ενέργεια, εντοπίζει τον Ήλιο και ευθυγραμμίζει τους ηλιακούς συλλέκτες μαζί του.
- Διατήρηση διαμόρφωσης: Η ασφαλής λειτουργία θα πρέπει να μπορεί να διατηρεί μια ευεργετική διαμόρφωση για εκτεταμένη χρονική περίοδο.

Οι δορυφόροι βασίζονται σε ασφαλείς λειτουργίες για την αποφυγή αστοχιών, όπως ακατάλληλους ελιγμούς ή αστοχίες εξαρτημάτων. Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια, η ασφαλής λειτουργία θα πρέπει να είναι αξιόπιστη και να χρειάζεται λίγο εξοπλισμό. Κατά τη φάση εκτόξευσης και πρώιμης λειτουργίας (LEOP) μετά τον διαχωρισμό του εκτοξευτήρα, ο δορυφόρος εισέρχεται σε ασφαλή λειτουργία για να διασφαλίσει την ασφάλειά του από την αρχή.

**Λειτουργία αναμονής (Standby Mode):** το λειτουργικό του Standby Mode επιφέρει τη μετάβαση σε μια επιφύλαξη λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, ο δορυφόρος διατηρείται σε κατάσταση χαμηλής ενέργειας, με τα συστήματά του να είναι ενεργοποιημένα σε ελάχιστο βαθμό για τη διατήρηση της βασικής λειτουργικότητας και της θέσης του στην τροχιά. Αυτό αποτελεί ένα μέσο για την προστασία του δορυφορικού συστήματος σε περίπτωση ανωμαλιών ή προβλημάτων, ενώ παράλληλα επιτρέπει την άμεση επαναφορά στην κανονική λειτουργία μόλις οι συνθήκες επιτρέψουν. Το Standby Mode αντιπροσωπεύει ένα στρατηγικό μέσο για τη διασφάλιση της επιβίωσης και της ασφάλειας του δορυφορικού συστήματος, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει την ελάχιστη δυνατή επίπτωση στη λειτουργική απόδοση και την επίδραση των δορυφορικών εφαρμογών. (Li et al., 2023)



ΕΙΚΟΝΑ3.3 Απεικόνιση του Satellite Control Software

(6. Satellite State Diagram. The Satellites Operational Modes Are:... | Download Scientific Diagram, n.d.-b)

#### Λογισμικό ωφέλιμου φορτίου (Payload Software):

Οι ραδιοεκπομπές μικροκυμάτων χρησιμεύουν ως το θεμέλιο για την επικοινωνία μεταξύ των διαστημικών συστημάτων και της γης. Οι ραδιοεκπομπές, ενεργητικές ή παθητικές, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο τηλεπισκόπησης για επιστημονική παρατήρηση και περιβαλλοντική παρακολούθηση στην επιστήμη του διαστήματος και στις αποστολές παρατήρησης της Γης. Τα διαστημικά σήματα ραδιοπλοήγησης που επιστρέφονται στη Γη αποτελούν τη βάση ολόένα και πιο σημαντικών συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης.

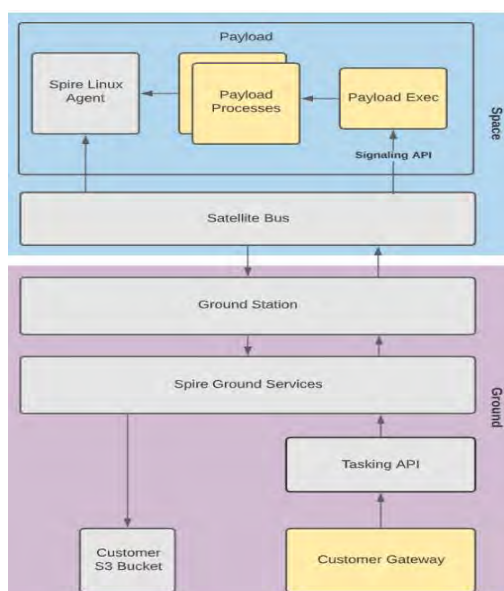
Τα συστήματα ωφέλιμου φορτίου περιλαμβάνουν όχι μόνο τις συγκεκριμένες ραδιοτεχνολογίες και συστήματα σε ένα διαστημόπλοιο που έχει ως αποστολή την επίτευξη στόχων αποστολής, αλλά και τον υποστηρικτικό εξοπλισμό εδάφους και τα συστήματα τηλεπικοινωνιών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ωφέλιμων φορτίων του διαστημικού σκάφους και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων στον έλεγχο της αποστολής.

Από την πλευρά του διαστημικού σκάφους, αυτό περιλαμβάνει την προδιαγραφή και το σχεδιασμό επιστημονικού και τηλεπισκόπησης εξοπλισμού που λειτουργεί στο ραδιοφάσμα έως συχνότητες μικροκυμάτων ή χιλιοστών κυμάτων, καθώς και ειδικά ωφέλιμα φορτία επικοινωνίας, όπως αυτά που μεταφέρονται από τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους. Περιλαμβάνει επίσης εξοπλισμό που μπορεί να στέλνει, να λαμβάνει ή να χρησιμοποιεί ραδιοσήματα από υπάρχοντα και μελλοντικά συστήματα πλοήγησης, όπως οι σημερινοί δορυφορικοί αστερισμοί GPS και GLONASS, το επίγειο σήμα επικάλυψης EGNOS της Ευρώπης και το επερχόμενο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης Galileo. Όσον αφορά το «εδάφιο τμήμα» που βασίζεται στη Γη, τα συστήματα ωφέλιμου φορτίου περιλαμβάνουν όλες τις πτυχές της τηλεμετρίας, της παρακολούθησης και της τηλεδιοίκησης (TT&C), συμπεριλαμβανομένης της κωδικοποίησης και διαμόρφωσης σήματος, του εξοπλισμού ραδιοσυχνοτήτων και των υποσυστημάτων.

Το Payload περιλαμβάνει την ανάπτυξη και μελέτη νέων τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών ιδεών για μελλοντικά ωφέλιμα φορτία τηλεπικοινωνιών, πλοήγησης και παρατήρησης της Γης. Αυτό περιλαμβάνει τη σειρά δορυφόρων επικοινωνιών Alphabus που υποστηρίζεται από την ESA, οι οποίοι έχουν βελτιωθεί η ενσωματωμένη ισχύς και ο χειρισμός δεδομένων. Η Payload είναι επίσης υπεύθυνη για το σχεδιασμό και την υλοποίηση των συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης EGNOS και Galileo της ESA. Η διαθεσιμότητα των ενσωματωμένων δεκτών ραδιοπλοήγησης έχει επηρεάσει τον σχεδιασμό πολλών αποστολών, συμπεριλαμβανομένων των διαστημικών σκαφών GOCE και LISA Pathfinder, τα οποία χρειάζονται πολύ ακριβή έλεγχο θέσης. Αυτό ισχύει και για την επόμενη αποστολή Proba-3, μια επίδειξη τεχνολογίας δύο δορυφόρων με στόχο να αποδείξει την ιδέα του εξαιρετικά ελεγχόμενου σχηματισμού που πετά στο διάστημα.

Το Payload επιτρέπει επίσης επιστημονικά όργανα, όπως οι αισθητήρες CONCERT και MIRO που βασίζονται σε ραδιόφωνο στην αποστολή Rosetta, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να επιστρέφουν πληροφορίες σχετικά με τις επιφάνειες των κομητών και τη γύρω σκόνη, και την αποστολή Planck που βασίζεται σε ραδιόμετρα, η οποία χαρτογραφεί παραλλαγές στο Cosmic Microwave Background με μεγαλύτερη

ακρίβεια από ποτέ. Επίσης υποστηρίζει την ανάπτυξη νέων οργάνων παρατήρησης της Γης για μελλοντικές αποστολές, όπως το ραδιόμετρο στην αποστολή SMOS, το οποίο μετρά τόσο την υγρασία του εδάφους στην ξηρά όσο και τα επίπεδα αλατότητας στον ωκεανό, το ατμοσφαιρικό ραντάρ και το ραδιόμετρο που πετάει στο EarthCARE και το όργανο SAR επόμενης γενιάς για τον δορυφόρο ραντάρ Sentinel-1(ESA - *About Payload Systems*, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ3.4 Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας Payload Software**  
(*User Guide for Payloads In Space – User Guide for Payloads In Space*, n.d.)

#### Λογισμικό ασφαλείας: (Security Software):

Τα δορυφορικά συστήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη επικοινωνία, την παρακολούθηση καιρού, την πλοήγηση και την εθνική ασφάλεια. Η προστασία αυτών των συστημάτων από επιθέσεις στον κυβερνοχώρο είναι κρίσιμης σημασίας για την πρόληψη της παράνομης πρόσβασης, της παραβίασης δεδομένων και πιθανών διακοπών. Τα παρακάτω συζητούν βασικούς τομείς της δορυφορικής κυβερνοασφάλειας, με έμφαση στη διαφύλαξη των διαστημικών επικοινωνιών.

Οι δορυφορικές επικοινωνίες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στις σύγχρονες παγκόσμιες υποδομές, υποστηρίζοντας ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από τηλεοπτικές εκπομπές έως υπηρεσίες διαδικτύου και πλοήγηση GPS. Ωστόσο, τα συστήματα αυτά αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις ασφαλείας που πρέπει να αντιμετωπιστούν

για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία και η ασφάλειά τους. Οι δορυφόροι είναι ευάλωτοι σε φυσικές επιθέσεις, όπως παρεμβολές, υποκλοπές και μη εξουσιοδοτημένη χειραγώγηση. Η ανεπαρκής κρυπτογράφηση και η έλλειψη ισχυρών μέτρων ελέγχου ταυτότητας μπορούν να εκθέσουν τις δορυφορικές μεταδόσεις σε υποκλοπές και μη εξουσιοδοτημένο έλεγχο. Επιπλέον, οι απειλές κακόβουλου λογισμικού αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ακεραιότητα και τη λειτουργικότητα των δορυφορικών συστημάτων.

Για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων, χρησιμοποιούνται διάφορες στρατηγικές και εργαλεία για την ενίσχυση της ασφάλειας των δορυφορικών επικοινωνιών. Η εφαρμογή ισχυρών μεθόδων κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας, η διασφάλιση των επίγειων συστημάτων και η χρήση προηγμένων τεχνικών όπως η μεταπήδηση συχνότητας και η διασπορά φάσματος μπορούν να προστατεύσουν από παρεμβολές και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Οι ασφαλείς πρακτικές ανάπτυξης λογισμικού και τα συστήματα ανίχνευσης ανωμαλιών είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των παραβιάσεων ασφαλείας. Η παγκόσμια συνεργασία και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαστημικών οργανισμών, των φορέων εκμετάλλευσης δορυφόρων και των εμπειρογνομόνων κυβερνοασφάλειας είναι ουσιώδους σημασίας για την αντιμετώπιση των αναδυόμενων απειλών και τρωτών σημείων. Διάφορα εργαλεία, όπως τα Wireshark, Snort, Nmap, Suricata και YARA, συμβάλλουν καθοριστικά στη διασφάλιση της ασφάλειας των δορυφορικών δικτύων. Τα εργαλεία αυτά βοηθούν στην παρακολούθηση και ανάλυση της κίνησης δικτύου, στην ανίχνευση και πρόληψη εισβολών, στη σάρωση για ευπάθειες και στον εντοπισμό κακόβουλου λογισμικού. Με την αξιοποίηση αυτών των εργαλείων και στρατηγικών, η ασφάλεια των δορυφορικών επικοινωνιών μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά, εξασφαλίζοντας τη συνεχή λειτουργικότητα και ασφάλεια αυτών των ζωτικών συστημάτων.

## **1. Κίνδυνοι ασφάλειας των δορυφορικών επικοινωνιών:**

- Οι δορυφόροι είναι ευάλωτοι σε φυσικές επιθέσεις όπως παρεμβολές, πλαστογράφηση και σωματική χειραγώγηση. Η σωματική ασφάλεια είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη της παράνομης εισόδου.

- Υποκλοπή και υποκλοπή σήματος: Η ασθενής κρυπτογράφηση ή έλλειψη διαδικασιών κρυπτογράφησης ενδέχεται να εκθέσουν τις δορυφορικές εκπομπές σε υποκλοπές. Για την ασφάλεια ευαίσθητων δεδομένων, οι τεχνικές κρυπτογράφησης πρέπει να είναι ισχυρές.
- Σημαντικά σημεία διοίκησης και ελέγχου: Μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των ανεπαρκώς ασφαλισμένων συστημάτων διοίκησης και ελέγχου, επιτρέποντας μη εξουσιοδοτημένο δορυφορικό έλεγχο. Η εφαρμογή ασφαλών διαδρομών επικοινωνίας για διοίκηση και έλεγχο είναι κρίσιμης σημασίας.
- Το κακόβουλο λογισμικό μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα δορυφορικά συστήματα. Απαιτούνται τακτικοί έλεγχοι ασφαλείας, έλεγχοι κώδικα και αναβαθμίσεις λογισμικού για την επίλυση ευπαθειών.

## **2.Στρατηγικές για τη διασφάλιση της ασφάλειας του δορυφορικού συστήματος:**

- Κρυπτογράφηση και έλεγχος ταυτότητας: Χρησιμοποιώντας ισχυρές τεχνολογίες κρυπτογράφησης για διαδρομές επικοινωνίας. Χρησιμοποιώντας ισχυρά μέτρα ελέγχου ταυτότητας για την διασφάλιση εγκυρότητας των τελικών σημείων επικοινωνίας
- Προστασία στα επίγεια συστήματα που συνδέονται με δορυφόρους, όπως κέντρα διοίκησης και ελέγχου. Εφαρμογή τείχων προστασίας, συστήματα ανίχνευσης εισβολών και τακτικούς ελέγχους ασφαλείας.
- Μέθοδοι αναπήδησης συχνότητας και διάχυσης φάσματος: Χρησιμοποιώντας μεθόδους μεταπήδησης συχνότητας και φάσματος εξάπλωσης για την προστασία των δορυφορικών εκπομπών από παρεμβολές και υποκλοπές.
- Μέθοδοι Ασφαλούς Ανάπτυξης Λογισμικού: Για την μείωση των σημαντικών σημείων, χρησιμοποιώντας ασφαλείς μεθόδους κωδικοποίησης, πραγματοποιώντας συχνούς ελέγχους κώδικα και δίνοντας έμφαση στην ασφάλεια του λογισμικού.

- Ανίχνευση και απόκριση ανωμαλιών: Χρησιμοποιώντας συστήματα ανίχνευσης ανωμαλιών για απροσδόκητη δραστηριότητα σε δορυφόρους. Αναπτύσσοντας μηχανισμούς απόκρισης συμβάντων για γρήγορη απόκριση σε συμβάντα ασφαλείας.
- Παγκόσμια συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών: Ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ διαστημικών υπηρεσιών, φορέων εκμετάλλευσης δορυφόρων και ειδικών στον τομέα της κυβερνοασφάλειας. Μοιράζοντας πληροφορίες για τις απειλές από αναδυόμενους κινδύνους και ευπάθειες.

### **3.Μερικά εργαλεία και συστήματα δορυφόρων για την ασφάλεια:**

**Wireshark:** Ο σκοπός αυτού του εργαλείου είναι η αξιολόγηση των πρωτοκόλλων δικτύου.

**Use Case:** Παρακολούθηση και ανάλυση κίνησης δορυφορικών επικοινωνιών για τον εντοπισμό πιθανών τρωτών σημείων και ανεπιθύμητης πρόσβασης.

**Snort:** Ο σκοπός του συστήματος είναι να εντοπίσει και να αποτρέψει την εισβολή στο δίκτυο.

**Use Case:** Ανίχνευση και αποκλεισμός κακόβουλης δραστηριότητας ή επιθέσεων σε δίκτυα δορυφορικών επικοινωνιών.

**Nmap:** Ο σκοπός αυτού του εργαλείου είναι η σάρωση δικτύων.

**Use Case:** Ανίχνευση ανοιχτών θυρών, υπηρεσιών και πιθανών τρωτών σημείων σε δίκτυα δορυφορικών συστημάτων.

**Suricata:** Ένα σύστημα ανίχνευσης και πρόληψης εισβολών ανοιχτού κώδικα.

**Use Case:** Παρακολούθηση της κυκλοφορίας του δικτύου για τον εντοπισμό μοτίβων που υποδηλώνουν επιθέσεις στον κυβερνοχώρο.

**YARA:** Ο σκοπός αυτού του προγράμματος είναι η αντιστοίχιση μοτίβων για τον εντοπισμό κακόβουλου λογισμικού.

**Use Case:** Ανίχνευση και ανάλυση δυνητικά κακόβουλων ή ύποπτων αρχείων μεταξύ στοιχείων του δορυφορικού συστήματος.(*Cybersecurity for Satellite Systems: Securing Space Communications*, n.d.-a)



**ΕΙΚΟΝΑ 3.5 Απεικόνιση του Security Software**  
(Cybersecurity for Satellite Systems: Securing Space Communications, n.d.-b)

### Τηλεμετρία (Telemetry):

Η τηλεμετρική ανάλυση έχει ασκήσει σημαντική επιρροή στον τομέα της ανάπτυξης λογισμικού. Έχει κάνει τη διαδικασία ανάπτυξης μιας καλύτερης εφαρμογής πολύ πιο απλή. Ένα πράγμα που πρέπει να έχουμε κατά νου είναι ότι επειδή δεν εγγράφονται όλοι οι χρήστες στην τηλεμετρία, τα δεδομένα που συλλέγονται είναι συχνά ανακριβή. Ωστόσο, αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι ξεπερνά όλες τις παραδοσιακές προσεγγίσεις.

Ως αποτέλεσμα, η χρήση της τηλεμετρίας έχει γίνει κρίσιμη στον τομέα της παρακολούθησης δορυφόρων. Επιτρέπει στον προγραμματιστή να μάθει από την πρώτη έκδοση και να βελτιώσει τη δεύτερη έκδοση για τους χρήστες.

Παρακάτω θα αναλυθούν μερικά βήματα όσον αφορά την λειτουργία:

**Βήμα 1: Καθορισμός μετρήσεων:** Αυτό το στάδιο συνεπάγεται τη διευθέτηση του τρόπου με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η τηλεμετρία. Οι μετρήσεις ορίζονται για την παρακολούθηση της διαδικασίας του προγραμματιστή προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοση της εφαρμογής τους. Οι προγραμματιστές πρέπει να

καταρτίσουν ένα σχέδιο δράσης για το τι θα συμβεί εάν επικυρωθεί η υποβληθείσα υπόθεση. Βοηθά στην ιεράρχηση των εργασιών.

Στη συνέχεια, ο προγραμματιστής πρέπει να υποδείξει πόσο θα διαρκέσει η τηλεμετρική εκτέλεση. Καθορίζεται από το κόστος και την απόδοση της επένδυσης για την εκτέλεση. Μόλις ορίσετε τη ζωή, θα παρέχετε τον τύπο που θα χρησιμοποιήσει η τηλεμετρία για να την υπολογίσει. Ο προγραμματιστής πρέπει να παρέχει τα βασικά σημεία δεδομένων εδώ.

**Βήμα 2: Μετάδοση δεδομένων:** Η τηλεμετρία συνεπάγεται την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του χρήστη στο πρόγραμμά. Αυτό καθιστά πολύ σημαντικό για τον προγραμματιστή να γνωρίζει τους κανόνες και τους κανονισμούς απορρήτου. Ο καλύτερος τρόπος δράσης είναι να εγγραφεί ο τελικός χρήστης για ανάλυση δεδομένων τηλεμετρίας.

Για να διατηρήσετε τη διαδικασία ασφαλή και ασφαλή, πρέπει επίσης να εγγυηθείτε ότι τα δεδομένα αποστέλλονται και αποθηκεύονται με ασφάλεια. Θα πρέπει να είναι δύσκολο για τους εισβολείς(hackers) ή τρίτους χρήστες να έχουν πρόσβαση. Όταν η συσκευή είναι συνδεδεμένη σε δίκτυο με μετρήσεις, ενδέχεται να ισχύουν χρεώσεις. Γι' αυτό είναι καλύτερο να περιμένετε έως ότου η συσκευή συνδεθεί σε ένα δίκτυο χωρίς μετρήσεις.

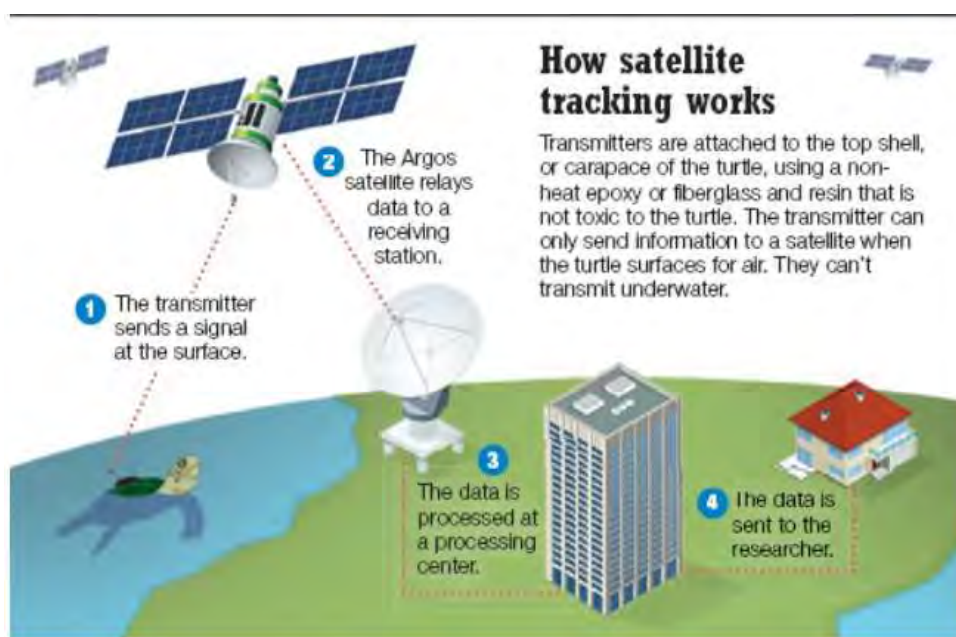
**Βήμα 3: Επεξεργασία δεδομένων:** Μόλις παραδοθούν και αποθηκευτούν τα δεδομένα, πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν. Διάφοροι μαθηματικοί τύποι χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία δεδομένων για ανάλυση. Ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις μετρήσεις που παρέχονται από τον προγραμματιστή.

Για μετρήσεις που χρησιμοποιούν έναν τύπο, η φάση είναι κυρίως η εφαρμογή των δεδομένων για την απλοποίηση των ευρημάτων. Εάν είναι απαραίτητο, τα ευρήματα συνδυάζονται με πρόσθετα σύνολα δεδομένων. Για τις διερευνητικές μετρήσεις, χρησιμοποιείται μια μέθοδος εξόρυξης δεδομένων. Σε αυτή τη στρατηγική,

χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι υπολογιστών για τον εντοπισμό κρυφών μοτίβων στα δεδομένα.

**Βήμα 4: Ανάλυση δεδομένων:** Η τελική φάση της τηλεμετρικής διαδικασίας είναι η ανάλυση των δεδομένων. Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα και ταξινομηθούν στα κατάλληλα σύνολα δεδομένων, αξιολογούνται για να προσδιοριστεί η απόδοση του λογισμικού. Σε αυτό το στάδιο, ο προγραμματιστής αναφέρει και διορθώνει όλα τα σφάλματα και τα ελαττώματα της εφαρμογής.

Μόλις ο προγραμματιστής εφαρμόσει το σχέδιο δράσης, το πρόβλημα που εντοπίστηκε αφαιρείται από την εφαρμογή. Βελτιώνει την εμπειρία χρήστη του προγράμματος, καθιστώντας το καλύτερο και ευκολότερο για τον χρήστη. (*What Is Telemetry?* | *LogicMonitor*, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 3.6 Περιγραφή λειτουργίας της Τηλεμετρίας**  
(*How Satellite Telemetry Tracks Sea Turtles - Charlotte County Florida Weekly*, n.d.)

#### Εντολή (Commanding):

Commanding είναι η διαδικασία μετάδοσης εντολών από επίγειους σταθμούς σε δορυφόρους προκειμένου να κυβερνούν και να ελέγχουν τις δραστηριότητές τους. Αυτές οι παραγγελίες μπορούν να εκτελέσουν μια ποικιλία καθηκόντων, όπως ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συστημάτων, προσαρμογή της τροχιάς του δορυφόρου, συλλογή δεδομένων και άλλες ζωτικής σημασίας λειτουργίες

λειτουργίας. Τα ακόλουθα είναι τα σημαντικά στάδια για τον έλεγχο όσον αφορά τη δορυφορική τηλεμετρία:

### 1.Ορισμός εντολών:

- **Οι μηχανικοί** δημιουργούν τις εντολές που απαιτούνται για τη λειτουργία και τον έλεγχο του δορυφόρου. Για να κατανοήσει ο δορυφόρος αυτές τις εντολές, πρέπει να είναι σαφείς, ακριβείς και κατάλληλα κωδικοποιημένες.
- **Επικύρωση και δοκιμή:** Οι εντολές ελέγχονται σε προσομοιωτές για να επαληθευτεί ότι εκτελούνται σωστά από τον δορυφόρο και ότι δεν προκαλούν προβλήματα ή δυσλειτουργίες.

### Μετάδοση εντολών:

- **Προετοιμασία μετάδοσης:** Οι οδηγίες είναι κωδικοποιημένες και έτοιμες για μετάδοση μέσω του εξοπλισμού επικοινωνιών του επίγειου σταθμού.
- **Ασφάλεια και κρυπτογράφηση:** Οι εντολές είναι κρυπτογραφημένες για να αποτρέπεται η παρακολούθηση ή η τροποποίηση κατά τη μετάδοση. Η ασφάλεια είναι κρίσιμη για την αποτροπή κακόβουλων προσπαθειών που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη λειτουργία του δορυφόρου.
- **Μετάδοση:** Οι εντολές δίνονται στον δορυφόρο όταν βρίσκεται σε επικοινωνία με τον επίγειο σταθμό. Αυτό μπορεί να συμβεί σε προκαθορισμένες περιόδους ή ως λειτουργικά απαραίτητες δυσλειτουργίες.(1963NASSP..32.1027C Page 1027, n.d.)

### Λήψη και εκτέλεση εντολών:

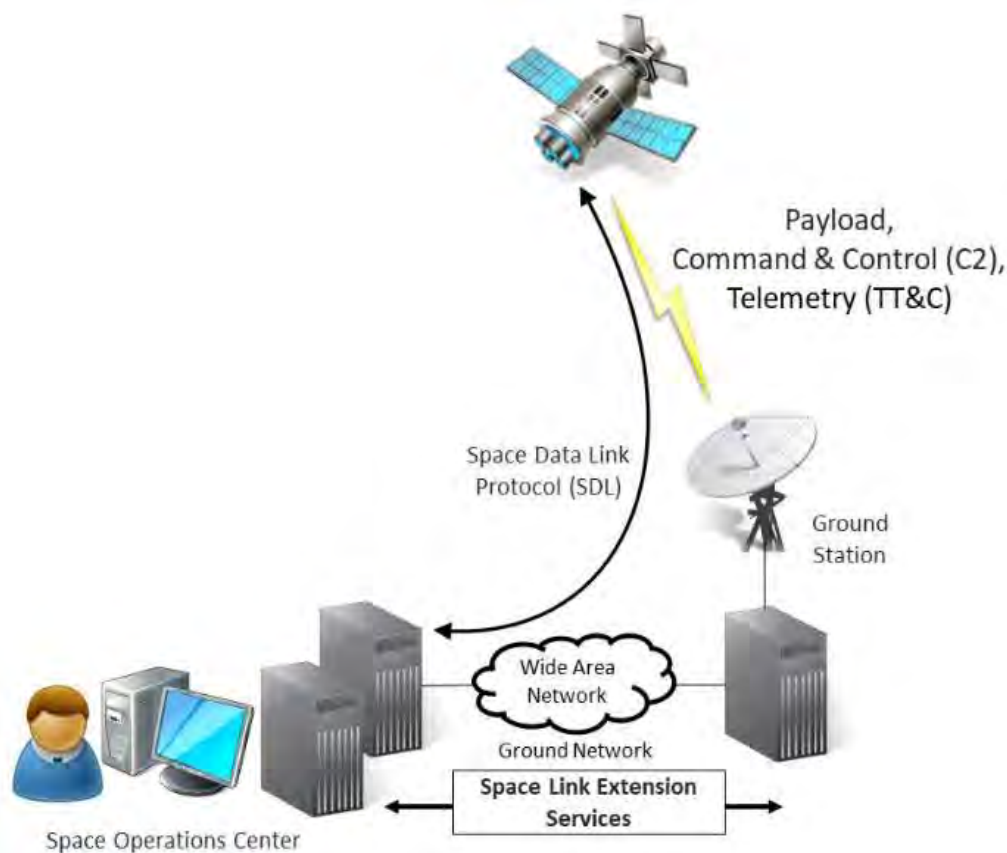
- **Λήψη εντολών:** Ο δορυφόρος λαμβάνει εντολές μέσω του συστήματος επικοινωνίας του.
- **Επεξεργασία και εκτέλεση:** Τα εσωτερικά συστήματα του δορυφόρου αποκωδικοποιούν τις εντολές και τις εκτελούν. Για να διασφαλιστεί ότι ο δορυφόρος λειτουργεί σωστά, οι εντολές πρέπει να εκτελούνται με ακρίβεια.
- **Επιβεβαίωση:** Μετά την εκτέλεση των εντολών, ο δορυφόρος μπορεί να στείλει μια επιβεβαίωση στον επίγειο σταθμό που υποδεικνύει ότι οι

εντολές εκτελέστηκαν με επιτυχία.(Quindar / *What Is Satellite Command and Control?*, n.d.)

### Παρακολούθηση και Αξιολόγηση:

- **Παρακολούθηση:** Οι τεχνικοί παρακολουθούν τις αντιδράσεις και την απόδοση του δορυφόρου μετά την εκτέλεση των εντολών για να επαληθεύσουν ότι όλα λειτουργούν καλά.
- **Αξιολόγηση:** Τα δεδομένα από την εκτέλεση εντολών εξετάζονται για να διαπιστωθεί εάν απαιτούνται περισσότερες ενέργειες ή αλλαγές σε μελλοντικές εντολές.

Το Command και το telemetry , είναι η πιο ουσιαστική μέθοδος ελέγχου και διαχείρισης δορυφόρων από τη Γη. Η τηλεμετρία παρέχει τα δεδομένα που απαιτούνται για να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με τις εντολές που θα μεταδοθούν, ενώ η εντολή λαμβάνει αυτές τις αποφάσεις για να διασφαλίσει τη σωστή λειτουργία και αποτελεσματικότητα του δορυφόρου.(*Satellite Communication - TTCM Subsystem*, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 3.7** Παρουσίαση του τρόπου που λειτουργεί η εντολή commanding  
(*Description of the Elements of a Satellite Command and Control System - Space & Cybersecurity Info*, n.d.)

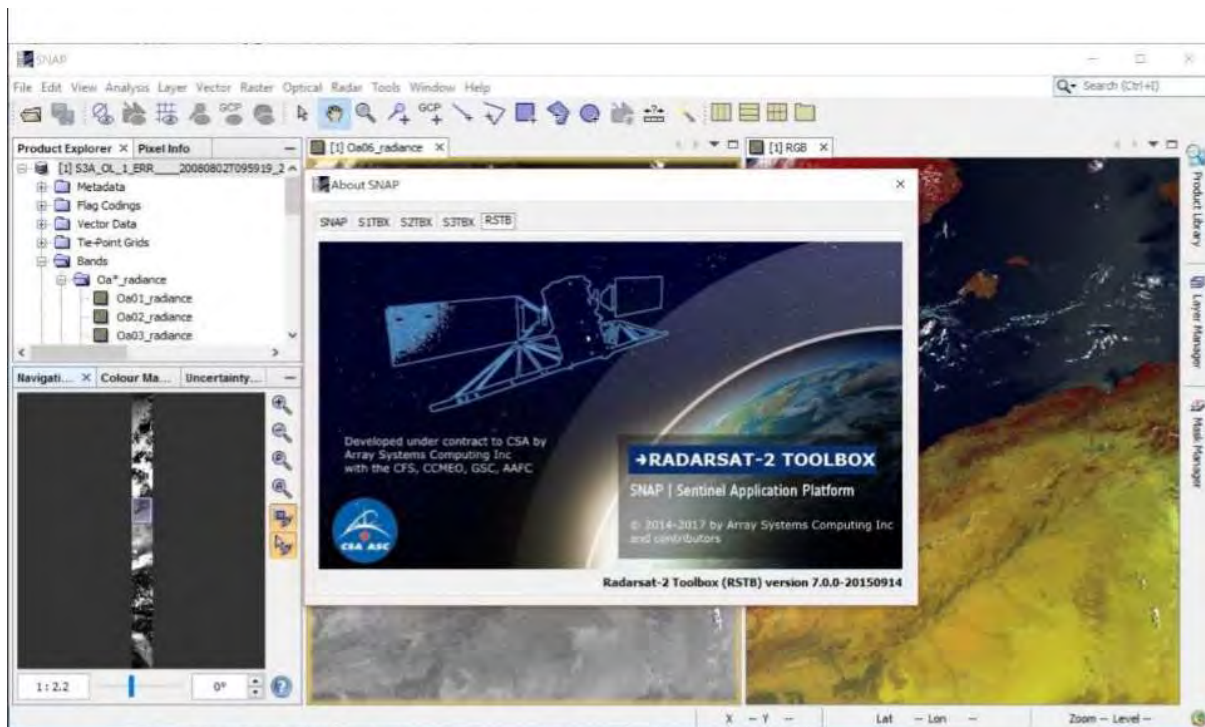
## Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων (Data Processing and Analysis Software):

Υπάρχουν διάφοροι τύποι λογισμικού επεξεργασίας και ανάλυσης δορυφορικών δεδομένων, ο καθένας με το δικό του σύνολο δυνατοτήτων και εργαλείων. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα πιο δημοφιλή:

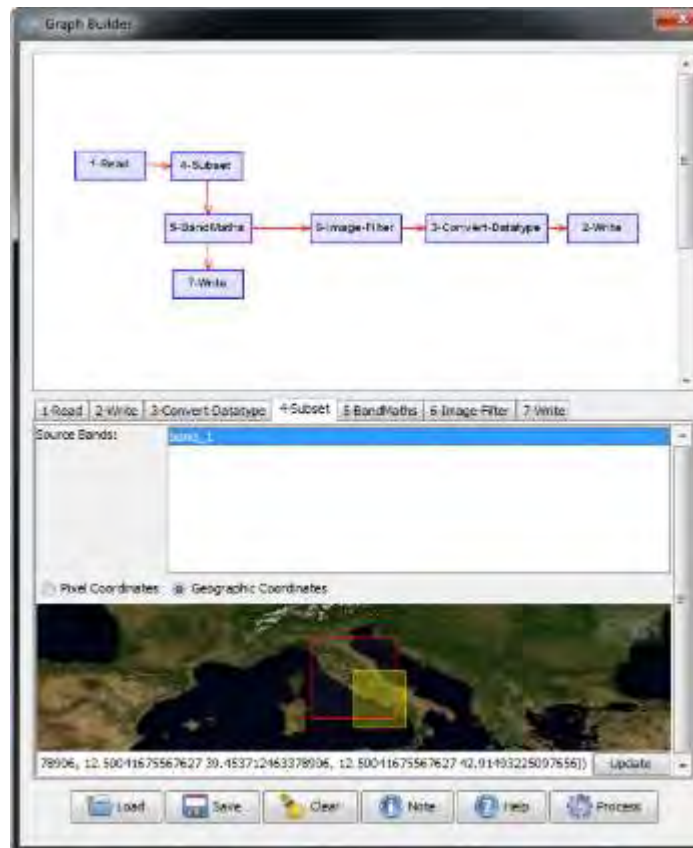
### 1. ESA Sentinel Application Platform (SNAP):

Το SNAP είναι ένα πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα που δημιουργήθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA). Προορίζεται ειδικά για τη διαχείριση δεδομένων από δορυφόρους Sentinel του Copernicus.

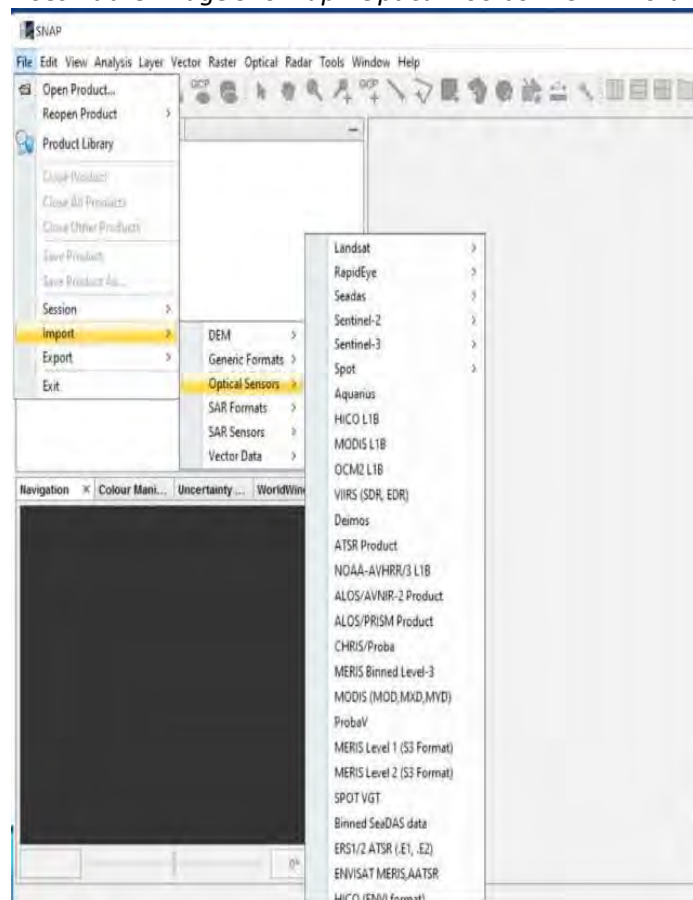
**Στις δυνατότητες περιλαμβάνονται:** η πολυφασματική επεξεργασία εικόνας, η ανάλυση δεδομένων SAR (Synthetic Aperture Radar) και μια ποικιλία εργαλείων ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων. (*Sentinel Toolbox Help*, n.d.)



Εικόνα 3.8 Snap επιφάνεια εργασίας και εργαλειοθήκες  
(*Why Doesn't the Image Show up - Optical Toolbox - STEP Forum*, n.d.)

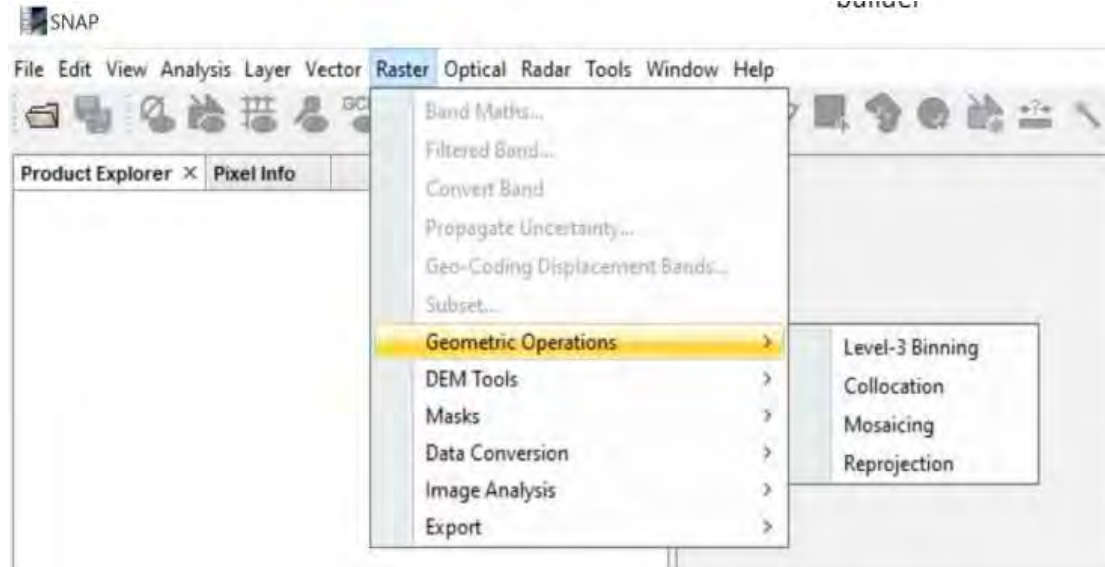


Εικόνα 2.9 Πλαίσιο Επεξεργασίας Γραφημάτων  
(Why Doesn't the Image Show up - Optical Toolbox - STEP Forum, n.d.)



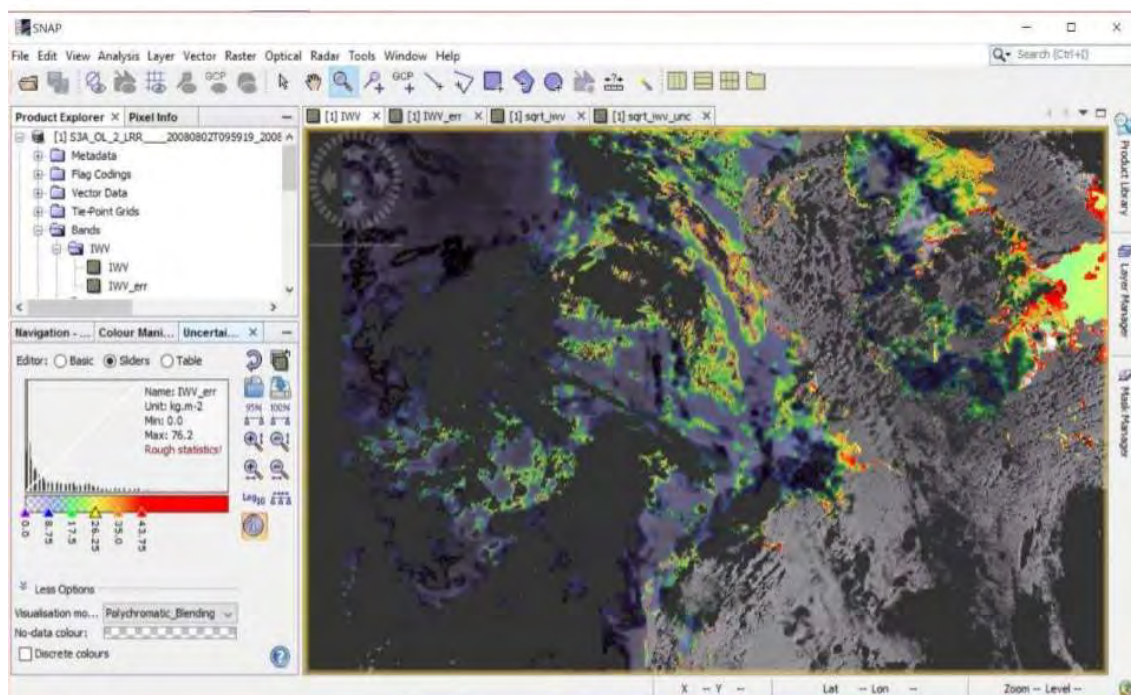
Εικόνα 3.10 Υποστήριξη πολλαπλών αισθητήρων

(Why Doesn't the Image Show up - Optical Toolbox - STEP Forum, n.d.)



Εικόνα 3.11 Γενικές Λειτουργίες και Εργαλεία

(Why Doesn't the Image Show up - Optical Toolbox - STEP Forum, n.d.)



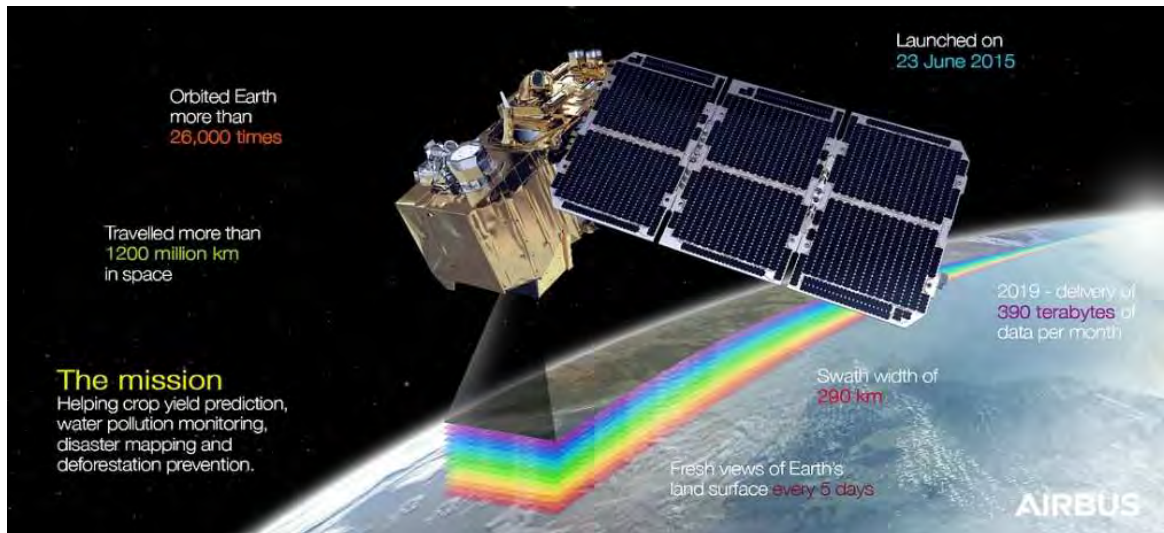
Εικόνα 3.12 Sentinel-3 Εργαλειοθήκη

(Why Doesn't the Image Show up - Optical Toolbox - STEP Forum, n.d.)

## 2. ENVI (Environment for Visualized Images):

Το ENVI είναι ένα εμπορικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται συνήθως για την ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων και δορυφορικών εικόνων.

**Το ENVI υποστηρίζει:** εργαλεία για επεξεργασία και ανάλυση εικόνας, ανίχνευση αλλαγών, κατηγοριοποίηση εικόνων και ανάπτυξη θεματικών χαρτών. Υποστηρίζει δεδομένα από μια ποικιλία δορυφόρων, συμπεριλαμβανομένων των Landsat, Sentinel και άλλων. (*Image Processing & Analysis Software | Geospatial Analysis Software | ENVI®*, n.d.)



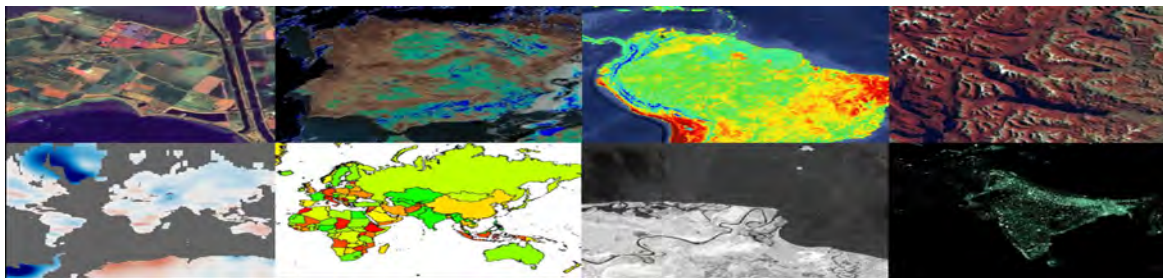
**ΕΙΚΟΝΑ 3.12**

(*Sentinel Data Analysis 101. What Is the Sentinel Program ? | by KS | Remote Sensing Tech by ELSPINA VEINZ Inc.*, n.d.)

### 3. ERDAS IMAGINE:

Το ERDAS IMAGINE είναι ένα άλλο εμπορικό προϊόν που παρέχει ισχυρές δυνατότητες για επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων.

**Χαρακτηριστικά:** Περιλαμβάνει εργαλεία για επεξεργασία εικόνας, ψηφιακή φωτογραμμετρία, πολυφασματική και υπερφασματική ανάλυση δεδομένων και ανάπτυξη τρισδιάστατης απεικόνισης. (*ERDAS IMAGINE – Remote Sensing | Hexagon*, n.d.-a)

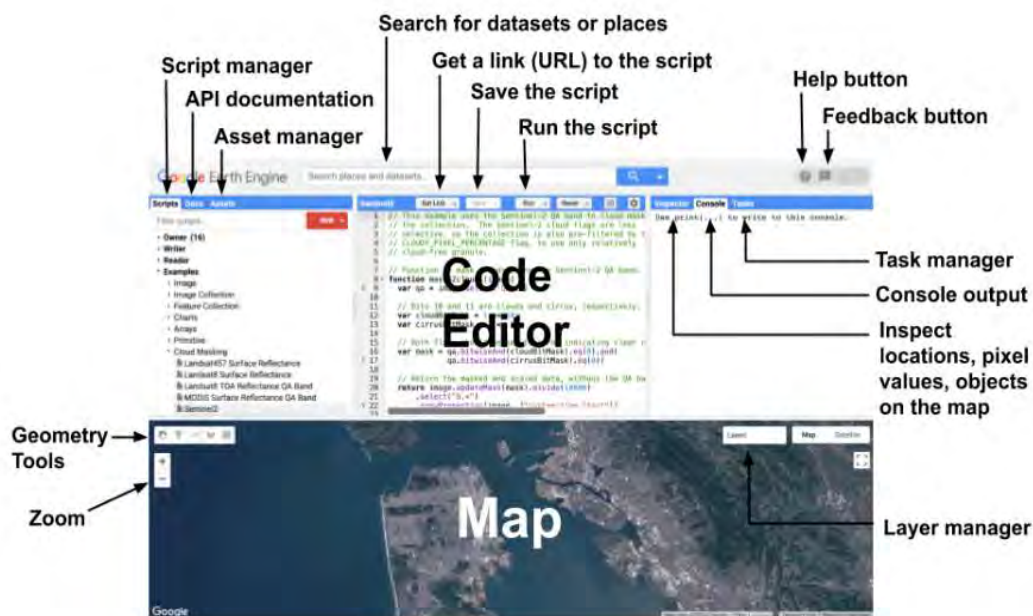


**ΕΙΚΟΝΑ 3.13** Αποτελέσματα φωτογραφιών με το λογισμικό ERDAS IMAGINE  
(*ERDAS IMAGINE – Remote Sensing | Hexagon*, n.d.-b)

### 4. Google Earth Engine:

Το Google Earth Engine είναι ένα εξελιγμένο εργαλείο για την επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων εκτεταμένων αρχείων δωρητών και άλλων γεωχωρικών δεδομένων.

**Τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:** υποστήριξη για ανάλυση μεγάλης κλίμακας, εφαρμογές τηλεόρασης και ανάλυση δεδομένων με χρήση μηχανικής εκμάθησης. Παρέχει τόσο μια διεπαφή ιστού όσο και ένα API για προγραμματιστές. (Google Earth Engine, n.d.)



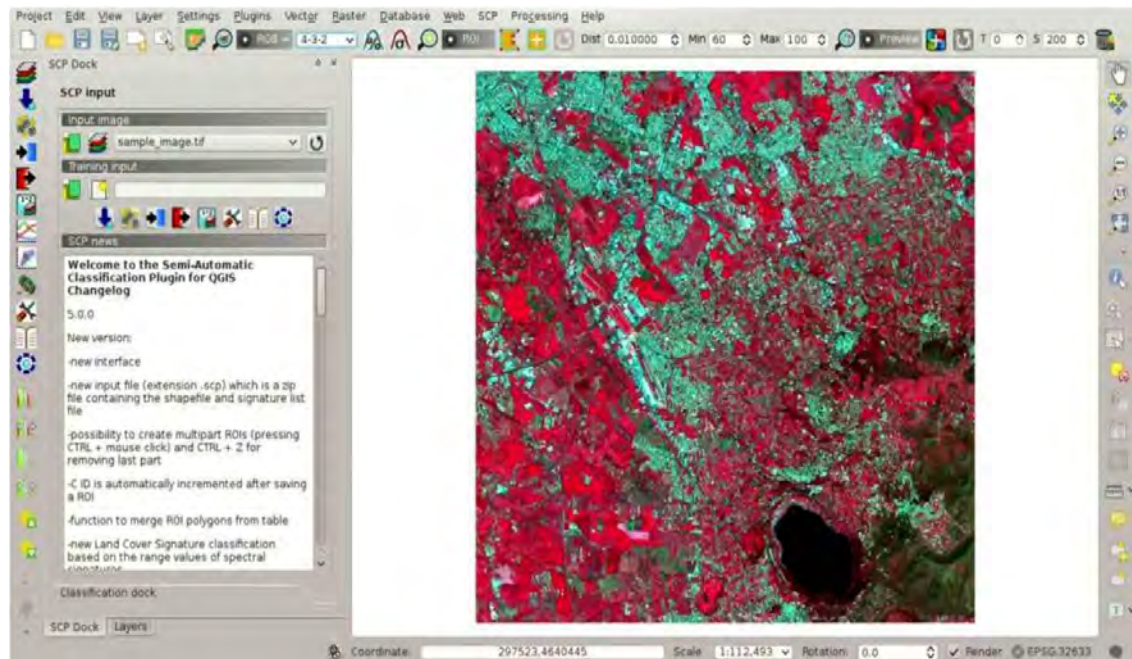
**ΕΙΚΟΝΑ 3.14** Παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του Google Earth  
(Google Earth Engine: Easier Way to Download Satellite Images • Adventure Meng, n.d.)

## 5. Πρόσθετα QGIS για δορυφορικά δεδομένα(QGIS Plugins for Satellite Data):

Το QGIS είναι ένα πρόγραμμα GIS ανοιχτού κώδικα που μπορεί να προσαρμοστεί με μια ποικιλία πρόσθετων δορυφορικής επεξεργασίας δεδομένων.

**Τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:** επεξεργασία και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, ενσωμάτωση και επεξεργασία δορυφορικών εικόνων και οπτικοποίηση δεδομένων. Είναι συμβατό με πρόσθετα όπως το Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) για ανάλυση δορυφορικών εικόνων.

Αυτοί οι τύποι λογισμικών καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων δορυφορικής επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, από βασικές έως προηγμένες. Η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού καθορίζεται από τις απαιτήσεις και τα καθήκοντα που θέλουμε να υλοποιήσουμε. (Sentinel Hub QGIS Plugin, n.d.)



**ΕΙΚΟΝΑ 3.15 Το προγραμματιστικό περιβάλλον του QGIS**  
(4.1. Tutorial 1 — Semi-Automatic Classification Plugin 5.3.6.1 Documentation, n.d.)

Το λογισμικό είναι απαραίτητο για την ευελιξία, την απόδοση, την ασφάλεια και τη διαχείριση των δορυφορικών δικτύων, όπως αποδεικνύεται από τη διεξοδική ανάλυση της λειτουργίας του σε αυτά τα δίκτυα.

Αρχικά, γνωρίζει κανείς ότι το λογισμικό αυξάνει πολύ την προσαρμοστικότητα και την ευελιξία των δορυφορικών δικτύων. Οι διαχειριστές δικτύου μπορούν να προσαρμόζουν τις λειτουργικές ρυθμίσεις σε πραγματικό χρόνο στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και στις δυναμικές περιβαλλοντικές συνθήκες χρησιμοποιώντας λογισμικό. Η καλύτερη διαχείριση των πόρων και η βέλτιστη απόδοση καθίστανται δυνατές από αυτό. Για παράδειγμα, η διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της υπηρεσίας και η πρόληψη της συμφόρησης καθίστανται δυνατές χάρη στη δυνατότητα δυναμικής τροποποίησης της δρομολόγησης δεδομένων με βάση τις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Όμως δεν είχε κατανοήσει πλήρως κανείς ότι τα δορυφορικά δίκτυα λειτουργούν πλέον καλύτερα σε πολλούς τομείς λόγω της ενοποίησης του λογισμικού. Με τη χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και τη δρομολόγηση, η καθυστέρηση έχει μειωθεί και το εύρος ζώνης είναι πλέον πιο άμεσα διαθέσιμο. Το λογισμικό καθιστά επίσης δυνατή την αυτόματη ανίχνευση και επιδιόρθωση λαθών, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου. Η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία των δορυφορικών συστημάτων αυξάνονται όταν τα προβλήματα μπορούν να προβλεφθούν και να αποφευχθούν μέσω της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης. Το λογισμικό είναι απαραίτητο για τη βελτίωση της ασφάλειας, καθώς τα δορυφορικά δίκτυα είναι πάντα ευάλωτα σε επιθέσεις ασφαλείας. Τα δίκτυα μπορούν να προστατευθούν από εισβολές και επιθέσεις χρησιμοποιώντας λογισμικό για τον εντοπισμό ανωμαλιών και την κρυπτογράφηση δεδομένων. Η ταχεία αντίδραση σε ζητήματα ασφαλείας και η μείωση του κινδύνου καθίστανται δυνατές με την ανάπτυξη λογισμικού ασφαλείας. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι απειλές συνεχίζουν να εξελίσσονται, οι μέθοδοι ασφαλείας πρέπει επίσης να προσαρμοστούν και να ενημερωθούν, πράγμα

που σημαίνει ότι το λογισμικό είναι απαραίτητο για την αντιμετώπιση νέων δυσκολιών.

Καταλήγει κανείς ότι η διαχείριση και η συντήρηση του δορυφορικού δικτύου έχουν γίνει ευκολότερες με τη βοήθεια λογισμικού. Χρησιμοποιώντας διαγνωστικά εργαλεία και αυτοματοποιημένα συστήματα παρακολούθησης, οι διαχειριστές μπορούν να εντοπίζουν προβλήματα προτού επηρεάσουν την υπηρεσία. Η προληπτική συντήρηση με τη βοήθεια λογισμικού μειώνει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και ενισχύει την απόδοση του δικτύου συνολικά. Επιπλέον, η δυνατότητα απομακρυσμένης λειτουργίας και αναβάθμισης δορυφορικών συστημάτων διευκολύνει την ταχύτερη και πιο αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία.

Το λογισμικό χρησιμοποιείται σε δορυφορικά δίκτυα, γεγονός που κατέστησε δυνατή τη δημιουργία νέων υπηρεσιών και εφαρμογών. Η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα του λογισμικού είναι επωφελής για τις δορυφορικές υπηρεσίες, οι οποίες κυμαίνονται από την υγειονομική περίθαλψη και την εξ αποστάσεως εκπαίδευση έως την περιβαλλοντική παρακολούθηση και ασφάλεια. Το λογισμικό μπορεί να ενημερώνεται συχνά, γεγονός που καθιστά δυνατή την προσθήκη νέων λειτουργιών και τη βελτίωση των ήδη υπάρχουσών υπηρεσιών. Επιπλέον, η δημιουργία εφαρμογών για την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής και της διαχείρισης καταστροφών τονίζει τη σημασία των δορυφορικών δικτύων σε ζωτικούς τομείς για τον πολιτισμό. Τα δορυφορικά δίκτυα είναι πιο οικονομικά αποδοτικά όταν χρησιμοποιείται λογισμικό. Η χρήση λογισμικού για βελτιστοποίηση της διαχείρισης πόρων ενισχύει την παραγωγικότητα και μειώνει τα λειτουργικά έξοδα. Επιπλέον, οι δαπάνες εργασίας μειώνονται επειδή απαιτείται λιγότερη ανθρώπινη συμμετοχή λόγω της αυτοματοποίησης πολλών δραστηριοτήτων συντήρησης και διαχείρισης. Η ικανότητα διάγνωσης και επίλυσης προβλημάτων εξ αποστάσεως μειώνει τους χρόνους αντίδρασης και το κόστος μεταφοράς, καθιστώντας τις δορυφορικές λειτουργίες πιο βιώσιμες οικονομικά.

Αν και το λογισμικό χρησιμοποιείται ευρέως σε δορυφορικά δίκτυα, υπάρχουν και μειονεκτήματα. Το σύνθετο λογισμικό και οι υψηλές ανάγκες επεξεργασίας

ενδέχεται να κάνουν τη διαχείριση πιο δύσκολη. Επιπλέον, απαιτείται μια καλά σχεδιασμένη προσέγγιση λόγω της απαίτησης για συνεχείς αναβαθμίσεις και ενημερώσεις λογισμικού. Η αντιμετώπιση νέων δυσκολιών απαιτεί την ανάπτυξη αποτελεσματικών και ασφαλών προτύπων για τη διαχείριση και την αποθήκευση δεδομένων. Σημαντικά στοιχεία επιτυχίας περιλαμβάνουν επίσης την εκπαίδευση και την κατάρτιση των εργαζομένων σε νέες τεχνολογίες και διαδικασίες ασφάλειας σε τακτική βάση.

Με τη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας και τις πρόσθετες λειτουργίες που παρέχει το δημιουργικό λογισμικό, το μέλλον φαίνεται λαμπρό. Ο συνδυασμός τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει ακόμη περισσότερο την ασφάλεια και την απόδοση του δορυφορικού δικτύου. Επιπλέον, η παγκόσμια συνεργασία και η δημιουργία ενιαίων προτύπων μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια των δορυφορικών επικοινωνιών παντού.

Μια διεξοδική ανάλυση της λειτουργίας του λογισμικού στα δορυφορικά δίκτυα αποκαλύπτει ότι το λογισμικό είναι απαραίτητο για τη διαχείριση, την ασφάλεια, την απόδοση και την προσαρμοστικότητα των δικτύων. Το λογισμικό συνεχώς εξελίσσεται και βελτιώνεται, γεγονός που υπόσχεται να προσθέσει ακόμη περισσότερες δυνατότητες και λύσεις και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των δορυφορικών δικτύων. Παρά τα εμπόδια αυτά, η τεχνολογία επικοινωνίας έχει πολλές συναρπαστικές προοπτικές για το μέλλον. Αυτά περιλαμβάνουν τη δυνατότητα δημιουργίας υπηρεσιών και εφαρμογών αιχμής που έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν δραστικά τον τρόπο με τον οποίο χειρίζονται τις πληροφορίες παγκοσμίως.

Εν κατακλείδι, οι εξελίξεις στο λογισμικό έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των δορυφορικών δικτύων. Το μέλλον του λογισμικού σε αυτόν τον τομέα θα καθοριστεί σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να βελτιστοποιεί την απόδοση, να βελτιώνει την ασφάλεια, να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τους πόρους, να λειτουργεί αυτόνομα και να δημιουργεί νέες υπηρεσίες. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες και να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες που παρουσιάζουν

τα δορυφορικά δίκτυα στον τομέα της παγκόσμιας επικοινωνίας και τεχνολογίας, είναι επιτακτική ανάγκη να συνεχιστεί η έρευνα και η ανάπτυξη σε αυτούς τους τομείς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

---

Η ταχεία πρόοδος των δορυφορικών δικτύων και η αυξανόμενη ανάγκη τους για μια σειρά λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης, της πλοήγησης και της επικοινωνίας, απαιτούν τη δημιουργία καινοτόμων και εφευρετικών μεθόδων για τις εφαρμογές που ενισχύουν. Είναι δυνατό να εντοπιστούν μελλοντικές προοπτικές για εφαρμογές δορυφορικών δικτύων σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης πόρων, των αυτόνομων συστημάτων, της ασφάλειας και της βελτιστοποίησης απόδοσης. Αυτές οι ενότητες αναλύονται σε βάθος παρακάτω.

### 1.Βελτιστοποίηση της Απόδοσης:

**Αλγόριθμοι βελτιστοποίησης και τεχνητή νοημοσύνη (AI):** Η απόδοση των δορυφορικών δικτύων μπορεί τώρα να βελτιωθεί λόγω των εξελίξεων στην τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση. Μεγάλοι όγκοι μπορούν να αναλυθούν σε πραγματικό χρόνο από αυτούς τους αλγόριθμους, γεγονός που επιτρέπει την αλλαγή των ρυθμίσεων δικτύου για βέλτιστη απόδοση. Η προσαρμοστική δρομολόγηση δεδομένων, για παράδειγμα, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) λαμβάνοντας υπόψη τόσο την παρούσα κατάσταση του δικτύου όσο και τη μελλοντική του κατάσταση.

**Αναγνώριση μοτίβων και προγνωστικά μοντέλα:** Είναι δυνατό να προβλεφθούν οι απαιτήσεις δικτύου και τα πιθανά ζητήματα προτού προκύψουν χρησιμοποιώντας προγνωστικά μοντέλα και αλγόριθμους αναγνώρισης προτύπων. Η προληπτική συντήρηση και η διαχείριση των πόρων καθίστανται δυνατές με τη συλλογή και εξέταση περιβαλλοντικών παραγόντων και δεδομένων κατανάλωσης από το παρελθόν.

## **2.Ασφάλεια:**

**Αυξημένη κρυπτογράφηση και ασφάλεια δεδομένων:** Τα δορυφορικά δίκτυα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ασφάλεια, καθώς είναι επιρρεπή σε πολλά είδη απειλών, συμπεριλαμβανομένων των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο και των παραβιάσεων δεδομένων. Η προστασία δεδομένων μπορεί να βελτιωθεί με την ανάπτυξη εξελιγμένων μεθόδων κρυπτογράφησης και τη χρήση μέτρων ασφαλείας όπως η Quantum Key Distribution (QKD). Επιπλέον, μπορεί να προσφερθεί επιπλέον ασφάλεια με τη χρήση τεχνολογίας blockchain για την ασφαλή και ανοιχτή καταγραφή συναλλαγών και δεδομένων.

**Ανίχνευση και άμεση απόκριση σε απειλές:** Η ασφάλεια του δορυφορικού δικτύου μπορεί να αυξηθεί με την ενσωμάτωση συστημάτων ανίχνευσης και απόκρισης εισβολής (IDRS) με συστήματα ανίχνευσης απειλών. Βλέποντας περίεργη δραστηριότητα και ενεργώντας γρήγορα, αυτά τα συστήματα μπορούν να υπερασπιστούν το δίκτυο από εισβολές.

## **3.Διαχείριση Πόρων:**

**Διαχείριση φάσματος και αποδοτική κατανομή πόρων:** Η αποτελεσματική διαχείριση του φάσματος και των πόρων είναι απαραίτητη λόγω της αύξησης της ζήτησης για δορυφορικές υπηρεσίες. Η χρήση προσεγγίσεων δυναμικής κατανομής φάσματος μπορεί να μειώσει τις παρεμβολές και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του δικτύου. Αυτές οι μέθοδοι συνεπάγονται διανομή πόρων σύμφωνα με τις συνθήκες του δικτύου και την τρέχουσα ζήτηση.

**Πολυστρωματικά δίκτυα (Multi-Layer Networks):** Η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία των δορυφορικών δικτύων μπορεί να αυξηθεί με τη δημιουργία δικτύων πολλαπλών επιπέδων, τα οποία περιλαμβάνουν δορυφόρους σε πολλές τροχιές (LEO, MEO και GEO). Για τη διαχείριση αυτών των δικτύων απαιτείται προηγμένο λογισμικό που μπορεί να συντονίσει και να βελτιστοποιήσει τη χρήση των πόρων σε διάφορα επίπεδα

#### **4.Αυτόνομη Λειτουργία και Διαχείριση:**

**Αυτόνομη λειτουργία δορυφόρων:** Με δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης (AI) και μηχανικής μάθησης, οι αυτόνομοι δορυφόροι μπορούν να κάνουν επιλογές σε πραγματικό χρόνο χωρίς ανθρώπινη βοήθεια. Αυτό καλύπτει τη διαχείριση των ενεργειακών πόρων, τις προσαρμογές παραμέτρων επικοινωνίας και τις αυτοδιορθωτικές τροχιές. Τα δορυφορικά δίκτυα μπορεί να λειτουργούν πιο κερδοφόρα και αποτελεσματικά όταν λειτουργούν αυτόνομα.

**Δικτυακή διαχείριση και αυτοματοποίηση:** Η παρακολούθηση και ο έλεγχος του δορυφορικού δικτύου μπορεί να γίνει ευκολότερος με τη χρήση λογισμικού αυτοματισμού και διαχείρισης δικτύου. Αυτά τα συστήματα έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν προβλήματα, να προγραμματίζουν τη συντήρηση και να τροποποιούν το δίκτυο ώστε να λειτουργεί με μέγιστη απόδοση. Η αυτοματοποίηση διαδικασιών καθιστά επίσης δυνατή την ανταπόκριση σε ανάγκες και καταστάσεις που αλλάζουν πιο γρήγορα.

#### **5.Καινοτόμες Εφαρμογές και Υπηρεσίες:**

**Νέες υπηρεσίες και εφαρμογές:** Η απαίτηση για εξελιγμένο λογισμικό θα αυξηθεί καθώς αναπτύσσονται νέες υπηρεσίες και εφαρμογές δορυφορικών δικτύων, όπως πρόσβαση στο Διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, πλοήγηση υψηλής ακρίβειας και παροχή υπηρεσιών ασφάλειας και επιτήρησης. Για αυτές τις εφαρμογές απαιτείται λογισμικό που μπορεί να διαχειριστεί τεράστιες ποσότητες δεδομένων, να παρέχει αξιόπιστες υπηρεσίες και να προσαρμόζεται στις μοναδικές απαιτήσεις των χρηστών.

**Συνεργασία δορυφόρων και επίγειων δικτύων:** Ένα ολοκληρωμένο και πιο αποτελεσματικό οικοσύστημα επικοινωνιών μπορεί να δημιουργηθεί με την ενοποίηση δορυφορικών δικτύων με επίγεια δίκτυα (5G, IoT). Προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών και η αξιοπιστία της επικοινωνίας, πρέπει να αναπτυχθεί λογισμικό που μπορεί να χειριστεί την ομαλή ενοποίηση και αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο τύπων δικτύων.

- **ΕΣΣΔ:** Η Ένωση Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών, υπεύθυνη για πρώιμα διαστημικά προγράμματα.
- **GPS:** Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης, δορυφορικό σύστημα πλοήγησης των ΗΠΑ.
- **NASA:** Εθνική Υπηρεσία Αεροναυπηγικής και Διαστήματος των ΗΠΑ.
- **ESA:** Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος.
- **OTS-1:** Πρώτος πειραματικός τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος της ESA.
- **HST:** Διαστημικό Τηλεσκόπιο Χαμπλ.
- **ISS:** Διεθνής Διαστημικός Σταθμός.
- **NOAA:** Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ.
- **GOES:** Γεωστατικοί Δορυφόροι Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης.
- **POES:** Πολικοί Δορυφόροι Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης.
- **LEOP:** Φάση Έναρξης και Πρόωρης Λειτουργίας δορυφόρων.
- **GLONASS:** Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικής Πλοήγησης της Ρωσίας.
- **SMOS:** Δορυφόρος Παρατήρησης Υγρασίας του Εδάφους και Αλατότητας των Θαλασσών της ESA.
- **ENVI:** Λογισμικό για ανάλυση εικόνων της γήινης επιφάνειας.
- **SNAP:** Εργαλείο ανάλυσης δεδομένων δορυφόρων της ESA.
- **QGIS:** Ανοιχτό λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).
- **GEO:** Γεωστατικοί δορυφόροι.
- **MEO:** Δορυφόροι μεσαίας τροχιάς.
- **LEO:** Δορυφόροι χαμηλής τροχιάς.
- **DTH:** Τηλεόραση απευθείας προς το σπίτι.
- **IP:** Πρωτόκολλο Διαδικτύου.
- **TV:** Τηλεόραση.
- **Ultra HD:** Υπερυψηλή ευκρίνεια.
- **HD:** Υψηλή ευκρίνεια.
- **GNSS:** Παγκόσμια Συστήματα Δορυφορικής Πλοήγησης.
- **ICAO:** Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας.
- **MDS:** Συγκέντρωση δεδομένων μέσω δορυφόρων.
- **FEC:** Διόρθωση σφαλμάτων προς τα εμπρός.

- **SDR**: Ραδιόφωνο οριζόμενο από λογισμικό.
- **QAM**: Διαμόρφωση Αμφιθέασης Κλάσης.
- **PSK**: Διαμόρφωση Φάσης.
- **FSK**: Διαμόρφωση Συχνότητας.
- **bit**: Η βασική μονάδα πληροφορίας σε υπολογιστικά συστήματα.
- **BCH**: Κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων Bose-Chaudhuri-Hocquenghem.
- **LDPC**: Κώδικες Χαμηλής Πυκνότητας Παραμετρικής Διόρθωσης Σφαλμάτων.
- **RS**: Κώδικες Reed-Solomon για διόρθωση σφαλμάτων.
- **NMS**: Σύστημα Διαχείρισης Δικτύου.
- **TCP**: Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης.
- **UDP**: Πρωτόκολλο Χρήστη για Διαγράμματα.
- **Start-Up (SU)**: Νέα επιχείρηση, συχνά καινοτόμα.
- **Sun-Safe (SS)**: Τεχνικές προστασίας δορυφόρων από ηλιακή ακτινοβολία.
- **TT&C**: Παρακολούθηση, Τηλεμετρία και Έλεγχος.
- **SAR**: Ραδιοεντοπιστικό σύστημα.
- **GIS**: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.
- **IoT**: Διαδίκτυο των Πραγμάτων.
- **AI**: Τεχνητή Νοημοσύνη.
- **IDRS**: Ενδοδιαστημική Επαφή και Αναμετάδοση Δεδομένων.
- **blockchain**: Τεχνολογία αλυσίδας μπλοκ για ασφαλή καταγραφή συναλλαγών.
- **QKD**: Κβαντική Κατανομή Κλειδιών.
- **QoS**: Ποιότητα Υπηρεσίας, μια τεχνολογία που διαχειρίζεται και διασφαλίζει την απόδοση των υπηρεσιών δικτύου, ιδίως σε δίκτυα με πολλές απαιτήσεις όπως τα δορυφορικά δίκτυα.
- **SCP**: Πρωτόκολλο Απλής Διαχείρισης, ένα πρωτόκολλο για διαχείριση και παρακολούθηση δικτύων, συχνά χρησιμοποιούμενο σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

4.1. Tutorial 1 — Semi-Automatic Classification Plugin 5.3.6.1 documentation. (n.d.).

Retrieved June 16, 2024, from [https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/tutorial\\_1.html](https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/tutorial_1.html)

6. Satellite state diagram. The satellites operational modes are:... | Download Scientific

Diagram. (n.d.-a). Retrieved May 25, 2024, from

[https://www.researchgate.net/figure/Satellite-state-diagram-The-satellites-operational-modes-are-Start-Up-SU-Sun-Safe\\_fig61\\_328202759](https://www.researchgate.net/figure/Satellite-state-diagram-The-satellites-operational-modes-are-Start-Up-SU-Sun-Safe_fig61_328202759)

6. Satellite state diagram. The satellites operational modes are:... | Download Scientific

Diagram. (n.d.-b). Retrieved June 16, 2024, from

[https://www.researchgate.net/figure/Satellite-state-diagram-The-satellites-operational-modes-are-Start-Up-SU-Sun-Safe\\_fig61\\_328202759](https://www.researchgate.net/figure/Satellite-state-diagram-The-satellites-operational-modes-are-Start-Up-SU-Sun-Safe_fig61_328202759)

25 χρόνια διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble, στο Ευγενίδιο | Πεμπτούσια. (n.d.). Retrieved

June 16, 2024, from <https://www.pemptousia.gr/2015/04/25-chronia-diastimiko-tileskopio-hubble-sto-evgenidio/>

1963NASSP..32.1027C Page 1027. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

[https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article\\_query?bibcode=1963NASSP..32.1027C&db\\_key=AST&page\\_ind=0&data\\_type=GIF&type=SCREEN\\_VIEW&classic=YES](https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?bibcode=1963NASSP..32.1027C&db_key=AST&page_ind=0&data_type=GIF&type=SCREEN_VIEW&classic=YES)

Ariane 1. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

<http://www.astronautix.com/a/ariane1.html>

Broadcasting – GSOA – Global Satellite Operator's Association. (n.d.). Retrieved April 20,

2024, from <https://gsoasatellite.com/topics/broadcasting/>

Chinese space program - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese\\_space\\_program](https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_space_program)

Choosing a Ground Station — Copter documentation. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://ardupilot.org/copter/docs/common-choosing-a-ground-station.html>

Cybersecurity for Satellite Systems: Securing Space Communications. (n.d.-a). Retrieved

May 25, 2024, from <https://www.linkedin.com/pulse/cybersecurity-satellite-systems-securing-space-communications-csera-1lo1f>

Cybersecurity for Satellite Systems: Securing Space Communications. (n.d.-b). Retrieved

June 16, 2024, from <https://www.linkedin.com/pulse/cybersecurity-satellite-systems-securing-space-communications-csera-1lo1f>

Description of the Elements of a Satellite Command and Control System - Space &

Cybersecurity Info. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

<https://www.spacesecurity.info/en/description-of-the-elements-of-a-satellite-command-and-control-system/>

DFH-1. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from <http://www.astronautix.com/d/dfh-1.html>

Dong Fang Hong 1 - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dong\\_Fang\\_Hong\\_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Dong_Fang_Hong_1)

Dynamic layering protocol for the satellite IoT As shown in Figure 3,... | Download

Scientific Diagram. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

[https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-layering-protocol-for-the-satellite-IoT-As-shown-in-Figure-3-the-core-of-our\\_fig3\\_331761285](https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-layering-protocol-for-the-satellite-IoT-As-shown-in-Figure-3-the-core-of-our_fig3_331761285)

ERDAS IMAGINE – Remote Sensing | Hexagon. (n.d.-a). Retrieved May 25, 2024, from

<https://hexagon.com/products/erdas-imagine>

ERDAS IMAGINE – Remote Sensing | Hexagon. (n.d.-b). Retrieved June 16, 2024, from

<https://hexagon.com/products/erdas-imagine>

ESA - About Payload Systems. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/About\\_Payload\\_Systems](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/About_Payload_Systems)

ESA - Multibeam satellite communication system and method, and satellite payload for carrying out such a method. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/Multibeam\\_satellite\\_communication\\_system\\_and\\_method\\_and\\_satellite\\_payload\\_for\\_carrying\\_out\\_such\\_a\\_method](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Multibeam_satellite_communication_system_and_method_and_satellite_payload_for_carrying_out_such_a_method)

ESA - TIROS satellite. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2002/01/TIROS\\_satellite](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2002/01/TIROS_satellite)

ESA - Touchdown! Rosetta's Philae probe lands on comet. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Rosetta/Touchdown!\\_Rosetta\\_s\\_Philae\\_probe\\_lands\\_on\\_comet](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta/Touchdown!_Rosetta_s_Philae_probe_lands_on_comet)

ESA - TT&C and PDT Systems and Techniques section. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/Radio\\_Frequency\\_Systems/TT\\_C\\_and\\_PDT\\_Systems\\_and\\_Techniques\\_section](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Radio_Frequency_Systems/TT_C_and_PDT_Systems_and_Techniques_section)

Global Mobile Satellite System - GeeksforGeeks. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

<https://www.geeksforgeeks.org/global-mobile-satellite-system/>

Google Earth Engine. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://earthengine.google.com/>

Google Earth Engine: Easier Way to Download Satellite Images • Adventure Meng. (n.d.).

Retrieved June 16, 2024, from <https://www.adventuremeng.com/post/google-earth-engine-easier-way-to-download-satellite-images/>

GPS. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

<https://education.nationalgeographic.org/resource/gps/>

History of ESA Rockets Ariane and Space Transportation - Max Polyakov. (n.d.). Retrieved

April 20, 2024, from <https://maxpolyakov.com/history-of-esa-rockets-ariane/>

How does a ground station for space communication work? Radio2Space. (n.d.). Retrieved

May 25, 2024, from <https://www.radio2space.com/how-does-a-ground-station-for-space-communication-work/>

How does satellite TV work? - Quora. (n.d.). Retrieved June 15, 2024, from

<https://www.quora.com/How-does-satellite-TV-work>

How GPS works and its application ? - Learn with Onelap. (n.d.). Retrieved June 15, 2024,

from <https://www.onelap.in/blog/how-gps-works/>

How satellite telemetry tracks sea turtles - Charlotte County Florida Weekly. (n.d.).

Retrieved June 16, 2024, from

<https://charlottecounty.floridaweekly.com/articles/how-satellite-telemetry-tracks-sea-turtles/>

Hubble Space Telescope - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hubble\\_Space\\_Telescope](https://en.wikipedia.org/wiki/Hubble_Space_Telescope)

Image Processing & Analysis Software | Geospatial Analysis Software | ENVI®. (n.d.).

Retrieved May 25, 2024, from

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/Products/ENVI>

International Space Station — Everything you need to know | Space. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from <https://www.space.com/16748-international-space-station.html>

International Space Station - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Space\\_Station](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station)

Iridium Network - an overview | ScienceDirect Topics. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/iridium-network>

LandSat 9 OLI - GEOGAMA NUSANTARA. (n.d.). Retrieved June 3, 2024, from [https://www.geogama.co.id/?page\\_id=240](https://www.geogama.co.id/?page_id=240)

Landsat program - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Landsat\\_program](https://en.wikipedia.org/wiki/Landsat_program)

Li, J., Yang, Y., Zhang, Y., Zhou, H., Zhang, X., Chen, W., Li, D., & Liu, S. (2023). A standby mode for space advanced technology demonstration satellite. *Journal of Physics: Conference Series*, 2569(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2569/1/012003>

Mission Monday: Five fast facts about Telstar, the world's first active communications satellite - Space Center Houston. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from <https://spacecenter.org/mission-monday-five-fast-facts-about-telstar-the-worlds-first-active-communications-satellite/>

Mission planner that defines path on which rover moves automatically | Download Scientific Diagram. (n.d.). Retrieved July 21, 2024, from [https://www.researchgate.net/figure/Mission-planner-that-defines-path-on-which-rover-moves-automatically\\_fig2\\_310665260](https://www.researchgate.net/figure/Mission-planner-that-defines-path-on-which-rover-moves-automatically_fig2_310665260)

Modulation Methods | Electronics Basics | ROHM. (n.d.). Retrieved May 23, 2024, from

<https://www.rohm.com/electronics-basics/wireless/modulation-methods>

Network Management Software - ManageEngine OpManager. (n.d.). Retrieved May 23,

2024, from [https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

[management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

[software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adp](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

[osition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

[12390641&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

[zArty0g1LMv-Y2AfFR3vLH5yd1JMcYnxvha1BuEaAvasEALw\\_wcB](https://www.manageengine.com/network-monitoring/network-management.html?network=g&device=c&keyword=network%20management%20software&campaignid=11482587775&creative=475496373748&matchtype=e&adposition=&placement=&adgroup=117854798291&targetid=kwd-12390641&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruiBhDuARIsANSZ3woqzaAj4XCME7Ez)

Orbital Test Satellite - Wikipedia. (n.d.). Retrieved June 19, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Orbital\\_Test\\_Satellite](https://en.wikipedia.org/wiki/Orbital_Test_Satellite)

Payload Definition - What is a computer payload? (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://techterms.com/definition/payload>

(PDF) Modulation technique for software defined radio application. (n.d.). Retrieved May

23, 2024, from

[https://www.researchgate.net/publication/228372425\\_Modulation\\_technique\\_for](https://www.researchgate.net/publication/228372425_Modulation_technique_for_software_defined_radio_application)

[\\_software\\_defined\\_radio\\_application](https://www.researchgate.net/publication/228372425_Modulation_technique_for_software_defined_radio_application)

(PDF) Modulator/Demodulator Approach for a Software Radio. (n.d.). Retrieved May 23,

2024, from

[https://www.researchgate.net/publication/237279161\\_ModulatorDemodulator\\_A](https://www.researchgate.net/publication/237279161_ModulatorDemodulator_Approach_for_a_Software_Radio)

[pproach\\_for\\_a\\_Software\\_Radio](https://www.researchgate.net/publication/237279161_ModulatorDemodulator_Approach_for_a_Software_Radio)

(PDF) The Teledesic satellite system. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://www.researchgate.net/publication/3574490\\_The\\_Teledesic\\_satellite\\_syste](https://www.researchgate.net/publication/3574490_The_Teledesic_satellite_system)

[m](https://www.researchgate.net/publication/3574490_The_Teledesic_satellite_system)

Philae (spacecraft) - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Philae\\_\(spacecraft\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Philae_(spacecraft))

Quindar | What is Satellite Command and Control? (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://www.quindar.space/blog-article/what-is-satellite-command-and-control>

Rosetta Spacecraft: To Catch a Comet | Space. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

<https://www.space.com/24292-rosetta-spacecraft.html>

RWI Synthetics Lifts off with Synthetic Space — RWI Synthetics. (n.d.). Retrieved June 16,

2024, from <https://rwisynthetics.com/thoughts/2021/8/11/synthetic-space>

Salyut 1 - Wikipedia. (n.d.-a). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Salyut\\_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Salyut_1)

Salyut 1 - Wikipedia. (n.d.-b). Retrieved June 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Salyut\\_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Salyut_1)

Satellite Communication - TTCM Subsystem. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

[https://www.tutorialspoint.com/satellite\\_communication/satellite\\_communication\\_ttcn\\_subsystem.htm](https://www.tutorialspoint.com/satellite_communication/satellite_communication_ttcn_subsystem.htm)

Satellite Navigation - GPS - How It Works | Federal Aviation Administration. (n.d.).

Retrieved April 20, 2024, from

[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/gps/howitworks](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/howitworks)

Satellite Orbits. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

<https://www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/>

Satellite Transponders – Spacecom – Global Communication Service Provider. (n.d.).

Retrieved April 20, 2024, from <https://www.amos-spacecom.com/satellite-transponders/>

Sentinel Data Analysis 101. What is the Sentinel Program ? | by KS | Remote Sensing Tech

by ELSPINA VEINZ Inc. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

<https://space.elspina.tech/sentinel-data-analysis-101-5f15bad35d35>

Sentinel Hub QGIS Plugin. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from [https://www.sentinel-](https://www.sentinel-hub.com/develop/integrate/desktopgis/qgis-plugin/)

[hub.com/develop/integrate/desktopgis/qgis-plugin/](https://www.sentinel-hub.com/develop/integrate/desktopgis/qgis-plugin/)

Sentinel Toolbox Help. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://seadas.gsfc.nasa.gov/help-9.0.0/general/overview/SnapOverview.html>

Software Defined Satellites - BusinessCom Networks. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://www.bcsatellite.net/blog/software-designed-satellites/>

Space Shuttle - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Space\\_Shuttle](https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle)

Space Station | The Station | Russian Space History. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

<https://www.pbs.org/spacestation/station/russian.htm>

Spot beam - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Spot\\_beam](https://en.wikipedia.org/wiki/Spot_beam)

Sputnik | Satellites, History, & Facts | Britannica. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

<https://www.britannica.com/technology/Sputnik>

Sputnik launched | October 4, 1957 | HISTORY. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

<https://www.history.com/this-day-in-history/sputnik-launched>

STS-1 - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 20, 2024, from [https://en.wikipedia.org/wiki/STS-](https://en.wikipedia.org/wiki/STS-1)

[1](https://en.wikipedia.org/wiki/STS-1)

Sturza, M. A. (2002). The Teledesic satellite system. 123–126.

<https://doi.org/10.1109/NTC.1994.316677>

Telstar 1 - Nokia Bell Labs. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from <https://www.bell-labs.com/about/history/innovation-stories/telstar-1/#gref>

Telstar 1 communications satellite, illustration - Stock Image - C055/9111 - Science Photo Library. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from <https://www.sciencephoto.com/media/1258471/view/telstar-1-communications-satellite-illustration>

TELSTAR 1: The First Satellite to Relay Signals from Earth to Satellite and Back : History of Information. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=797>

This Month in Physics History. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from <https://www.aps.org/publications/apsnews/200710/physicshistory.cfm>

TIROS Meteorological Satellite | National Air and Space Museum. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from [https://airandspace.si.edu/collection-objects/meteorological-satellite-tiros/nasm\\_A19650289000](https://airandspace.si.edu/collection-objects/meteorological-satellite-tiros/nasm_A19650289000)

TSAT 3500 - TSAT. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from <https://tsat.net/product/tsat-3500/>

Understanding Network Management Systems in Satellite Communications - SatCom Talk. (n.d.). Retrieved May 23, 2024, from <https://satcomtalk.com/understanding-network-management-systems-in-satellite-communications/>

User Guide for Payloads In Space – User Guide for Payloads In Space. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from <https://developers.spire.com/space-services-user-guide/PayloadInSpace.html#user-guide-for-payloads-in-space>

Vostok 1 " The first manned spacecraft in space " USSR, Ar... | Flickr. (n.d.). Retrieved June 16, 2024, from <https://www.flickr.com/photos/mrdanbeaumont/12310869085>

Vostok 1 - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Vostok\\_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Vostok_1)

Weather satellite - Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from

[https://en.wikipedia.org/wiki/Weather\\_satellite](https://en.wikipedia.org/wiki/Weather_satellite)

What Are Methods for Antenna Tracking System? (n.d.). Retrieved May 23, 2024, from

<http://www.antesky.com/what-are-methods-for-antenna-tracking-system/>

What is Data Processing? Definition, Steps & Methods | Fullstory. (n.d.). Retrieved May 25,

2024, from <https://www.fullstory.com/blog/what-is-data-processing/>

What is forward error correction (FEC)? | Definition from TechTarget. (n.d.). Retrieved May

23, 2024, from

<https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/forward-error-correction>

What is Satellite Communication and Why is it Important for Businesses? (n.d.). Retrieved

April 20, 2024, from [https://www.verasatglobal.com/en/what-is-satellite-](https://www.verasatglobal.com/en/what-is-satellite-communication-and-why-is-it-important-for-businesses/)

[communication-and-why-is-it-important-for-businesses/](https://www.verasatglobal.com/en/what-is-satellite-communication-and-why-is-it-important-for-businesses/)

What Is Security Software? - Cisco. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/what-is-security-software.html#~why-security-software>

What Is Telemetry? | LogicMonitor. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from

<https://www.logicmonitor.com/blog/what-is-telemetry#how>

What is Uplink and Downlink? | Definition from TechTarget. (n.d.). Retrieved April 20,

2024, from

<https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/downlink-and-uplink>

Whatever the weather – operational weather forecasting for deep-space communication |

OPS Portal. (n.d.). Retrieved July 21, 2024, from

<https://esoc.esa.int/content/whatever-weather-%E2%80%93-operational-weather-forecasting-deep-space-communication>

What's the difference between transceivers and transponders? (n.d.). Retrieved June 15,

2024, from <https://www.analogictips.com/difference-between-transceivers-and-transponders-faq/>

Why doesn't the image show up - Optical Toolbox - STEP Forum. (n.d.). Retrieved July 21,

2024, from <https://forum.step.esa.int/t/why-doesnt-the-image-show-up/8742>

Yuri Gagarin and Vostok 1, the First Human... | The Planetary Society. (n.d.). Retrieved April

16, 2024, from <https://www.planetary.org/space-missions/vostok-1>

Τα Μυστικά του Διαστημικού Λεωφορείου - National Geographic για όλους, παντού.

(n.d.). Retrieved June 16, 2024, from

<https://www.natgeotv.com/gr/shows/natgeo/space-shuttle-triumph-and-tragedy>