

**Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:**

**ΣΚΟΥΡΑΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:**

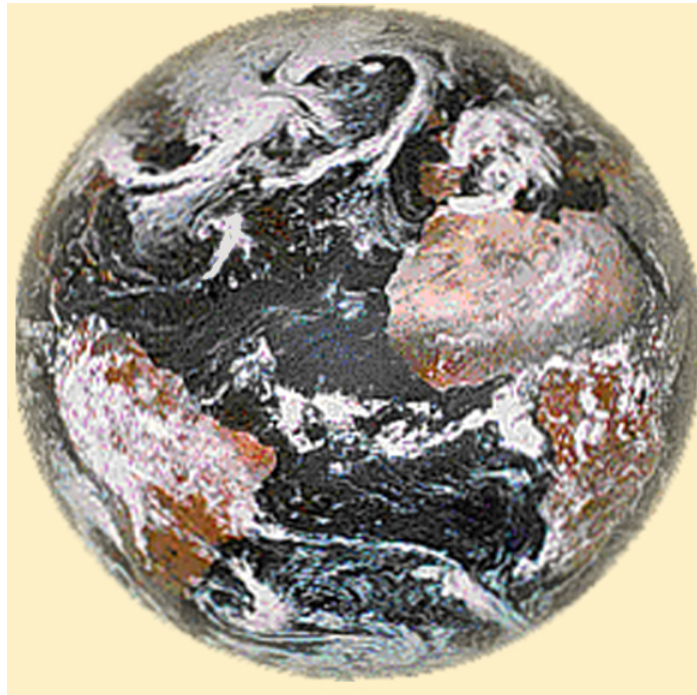
**ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ**

**ΑΡΤΑ 2003**

---

# ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ INTERNET

---



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	- 1 -
Περίληψη .....	- 3 -
Εισαγωγή.....	- 4 -
I ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	- 6 -
1. Τροχιές Δορυφόρων.....	- 6 -
1.1 Κατηγοριοποίηση τροχιών ανάλογα με την γωνία ανύψωσης .....	- 7 -
1.2 Κατηγοριοποίηση δορυφόρων ανάλογα με το ύψος της τροχιάς .....	- 8 -
1.2.1 GEO δορυφόροι.....	- 9 -
1.2.2 MEO δορυφόροι .....	- 11 -
1.2.3 LEO δορυφόροι.....	- 12 -
2. Στρατηγικές πολλαπλής προσπέλασης σε δορυφορικά δίκτυα.....	- 13 -
2.1 FAMA - Fixed assignment multiple access .....	- 14 -
2.2 DAMA – Demand assignment multiple access .....	- 15 -
2.2.1 Πρωτόκολλο κρατήσεων – Reservation Protocol.....	- 15 -
2.2.2 PRMA-Packet reservation multiple access.....	- 16 -
3. FAMA-TDMA λειτουργία σε δορυφορικά συστήματα.....	- 17 -
4. Παραδείγματα δορυφορικών τεχνολογιών .....	- 19 -
II TCP ΓΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	- 21 -
1. Ανασκόπηση του προβλήματος .....	- 21 -
2. Τρόπος με τον οποίο το TCP ανιχνεύει την συμφόρηση.....	- 22 -
3. Αντιδράσεις του TCP στην συμφόρηση .....	- 23 -
3.1 Βασικό timeout και αναμετάδοση (Basic timeout retransmission) .....	- 24 -
3.2 Αποφυγή της συμφόρησης (πραγματικός έλεγχος συμφόρησης).....	- 24 -
3.3 Αργή εκκίνηση (slow start).....	- 25 -
3.4 Γρήγορη επανεκπομπή – Γρήγορη ανάκαμψη.....	- 26 -
4. Προβλήματα σε ένα ασύρματο περιβάλλον.....	- 27 -
5. Κατηγορίες λύσεων.....	- 29 -
6. Γενικές κατευθύνσεις και πιθανές λύσεις.....	- 31 -
III ΔΟΥΦΟΡΙΚΟ ΙΝΤΕΡΝΕΤ.....	- 33 -
1. Εισαγωγή.....	- 33 -
2. Επιλογές Δορυφορικό internet.....	- 34 -
3. Τροποι σύνδεσης.....	- 36 -
3.2 Multicast .....	- 38 -
3.3 Unicast Download.....	- 39 -
3.4 Two way satellite internet.....	- 39 -
4. Πραγματοποίηση σύνδεσης .....	- 40 -
4.1 Μονόδρομη μεταφορά δεδομένων.....	- 40 -
4.2 Αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων.....	- 41 -
5. Ο απαραίτητος εξοπλισμός.....	- 42 -

---

5.1 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση .....	- 42 -
5.2 Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση .....	- 43 -
6. Υλοποίηση στην πράξη.....	- 44 -
6.1 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση .....	- 44 -
6.2 Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση .....	- 46 -
7. Ταχύτητα και παράγοντες που την επηρεάζουν.....	- 48 -
8. Το δορυφορικό Internet στην Ελλάδα .....	- 52 -
9. Συμπερασματικά .....	- 57 -
<b>IV ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΡΟΤΟΚΟΛΩΝ .....</b>	<b>- 59 -</b>
1. Περιγραφή προτύπων.....	- 59 -
1.1 SCPS-TP : .....	- 61 -
1.2 SCPS-SP : .....	- 61 -
1.3 SCPS-NP : .....	- 61 -
1.4 SCPS-FP : .....	- 62 -
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>- 63 -</b>

## Περίληψη

"Βαριές" ιστοσελίδες με γραφικά και πολύπλοκα εφέ, αριθμός τραγουδιών MP3 που διακινούνται "ελεύθερα", multiplayer παιχνίδια, εφαρμογές τηλεδιάσκεψης με εικόνα και ήχο, μετάδοση βίντεο στο Internet σε πραγματικό χρόνο, παρακολούθηση ταινιών on-line είναι μερικά από τα στοιχεία εκείνα που χαρακτηρίζουν τη σύγχρονη όψη του Internet. Για να αξιοποιηθούν, όμως, οι ανωτέρω ελκυστικές δυνατότητες που παρέχει το Δίκτυο, απαιτείται σύνδεση με μεγάλο bandwidth. Το "Internet από τα άστρα" προσφέρει ικανοποιητική απάντηση στο αίτημα των χρηστών για μεγάλες ταχύτητες με λογικό κόστος,

Στις σελίδες που ακολουθούν θα εξηγήσουμε κάποια βασικά θέματα για τους δορυφόρους που περιστρέφονται γύρω από τον πλανήτη μας έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα την λειτουργία του δορυφορικού Internet. Θα αναφερθούμε στα υπάρχοντα πρωτόκολλα και θα αναλύσουμε τα τυχόν προβλήματα που υπάρχουν καθώς και λύσεις,

Το ενδιαφέρον μας θα επικεντρωθεί στο πως λειτουργεί το δορυφορικό Internet, τι επιλογές υπάρχουν, τρόποι και πραγματοποίηση σύνδεσης, απαραίτητος εξοπλισμός που χρειάζεται, παράγοντες που το επηρεάζουν καθώς και πολλά άλλα θέματα.

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, που ακολούθησε τη ραγδαία ανάπτυξη και εξάπλωση του Διαδικτύου, οδήγησε στην εμφάνιση ασύρματων λύσεων. Σε αυτή την κατεύθυνση, ανήκουν και οι δορυφορικές επικοινωνίες, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα επικοινωνίας σε ένα σύνολο χρηστών, που βρίσκονται γεωγραφικά διασκορπισμένοι.

Οι δορυφόροι είναι τεχνητοί σταθμοί που καθώς περιστρέφονται γύρω από τη γη, δέχονται ράδιο-σήματα από σταθμούς που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης και τα αποστέλλουν σε ευρείες γεωγραφικές περιοχές. Οι σταθμοί αυτοί μπορεί να έχουν, ή να μην έχουν πλήρωμα. Επίσης, μπορεί να είναι **ενεργητικοί**, δηλαδή να δέχονται σήματα να τα επεξεργάζονται και να τα αποστέλλουν μετά πίσω στη γη, ή να είναι **παθητικοί**, δηλαδή να κάνουν απλά ανάκλαση στα σήματα προς άλλο σημείο της γης. Συνήθως είναι παθητικοί και γενικά δεν κάνουν πολύπλοκες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα ανίχνευση λαθών. Οι σύγχρονοι δορυφόροι πριν αντανακλάσουν το σήμα το ενισχύουν και πολλές φορές μάλιστα του αλλάζουν συχνότητα για να αποφευχθούν οι συγκρούσεις στους δέκτες.

Αν θέλαμε να παρομοιάσουμε τα δορυφορικά συστήματα με τα κυψελωτά, θα λέγαμε ότι ο δορυφόρος αντιστοιχεί σε ένα σταθμό βάσης και το κελί στο γεωγραφικό τμήμα που καλύπτεται από την δέσμη στην οποία εκπέμπει. Η βασική διαφορά είναι ότι στα κυψελωτά συστήματα ο κινητός χρήστης αλλάζει κυψέλη ενώ κινείται, ενώ στα δορυφορικά δεν κινείται μόνο ο χρήστης αλλά και σταθμός βάσης (δορυφόρος) με διαφορετική περίοδο από αυτή της γης. Έτσι εφόσον κινείται ο σταθμός βάσης, ο χρήστης θα αλλάζει κυψέλη ακόμη και όταν ο ίδιος δεν κινείται.

Σήμερα υπάρχουν χιλιάδες δορυφόροι που περιστρέφονται γύρω από τη γη και οι εφαρμογές τους καλύπτουν πολλές επιστήμες. Χρησιμοποιούνται στη μετεωρολογία, στη μελέτη του διαστήματος, στη γεωλογία καθώς και ο πιο βασικός λόγος ύπαρξής τους, στις τηλεπικοινωνίες. Κινητή τηλεφωνία, τηλεοπτικοί σταθμοί, μεταφορά δεδομένων και φωνής, υπηρεσίες εύρεσης θέσης και πλοήγησης, είναι μερικές εφαρμογές των δορυφόρων στην τηλεπικοινωνία.

Το γεγονός ότι οι δορυφόροι μπορούν και καλύπτουν μεγάλες περιοχές της επιφάνειας της γης, δίνει την ικανότητα επικοινωνίας σε περιοχές όπου η τεχνολογική υποδομή είναι ανεπαρκής ή οικονομικά ασύμφορη (ωκεανοί, ζούγκλα, αναπτυσσόμενες χώρες κτλ) όπως και το πλεονέκτημα σύνδεσης με κινούμενους χρήστες.

Οι δορυφόροι, ως σύνδεσμοι επικοινωνίας, μπορούν να τοποθετηθούν, σε οποιοδήποτε σημείο ενός δικτύου και σε διαφορετικές τροχιές γύρω από τη γη, διαμορφώνοντας ένα σύνολο από δικτυακές τοπολογίες.



# I

## ΔΟΥΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

---

### 1. Τροχιές Δορυφόρων

Όσο κι αν φαίνεται παράξενο, αφού ένας δορυφόρος εκτοξευθεί στο διάστημα, χρειάζεται ελάχιστη ως καθόλου ενέργεια για να συνεχίσει να κινείται. Οι δορυφόροι κινούνται σε ένα μονοπάτι γύρω από τη γη, που λέγεται τροχιά. Ένας δορυφόρος διατηρείται σε τροχιά, εξ αιτίας της ισορροπίας δύο δυνάμεων. Η τροχιά είναι ένας συνδυασμός της γραμμικής ταχύτητας του δορυφόρου και της ελκτικής δύναμης της γης πάνω του. Η βαρύτητα συγκρατεί τον δορυφόρο από το να χαθεί στο διάστημα και η ταχύτητά του επιτρέπει να κινείται γύρω από τη γη και να μην πέφτει σε αυτή.

Από τη γη ένας δορυφόρος μπορεί είτε να φαίνεται ότι κινείται πολύ αργά, είτε πολύ γρήγορά, είτε ακόμα και να μένει ακίνητος (γεωστατική τροχιά). Τα πλεονεκτήματα της τοποθέτησης ενός δορυφόρου σε μια τροχιά σε σχέση με μια άλλη, εξαρτώνται από τη γωνία ανύψωσης του δορυφόρου. Γωνία ανύψωσης είναι η γωνία που σχηματίζει η τροχιά του δορυφόρου με τον ισημερινό. Όταν λοιπόν σχεδιάζεται ο δορυφόρος και οι λειτουργίες του, η τροχιά που επιλέγεται πρέπει να εξυπηρετεί τις λειτουργίες αυτές. Αν, για παράδειγμα, ένας δορυφόρος κινείται σε πολύ υψηλή τροχιά, τότε οι παρατηρήσεις του στη γη δε θα έχουν πολύ μεγάλη ακρίβεια, σε σχέση με μια χαμηλότερη τροχιά. Παρόμοια, η ταχύτητα, η γωνία ανύψωσης, η συχνότητα περιστροφής και οι περιοχές που παρατηρεί ο δορυφόρος είναι θέματα που

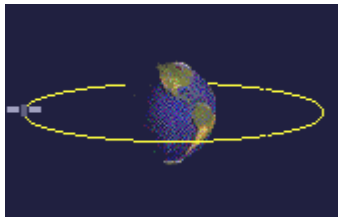


πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό. Τέλος, το σημείο εκτόξευσης παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τροχιάς.

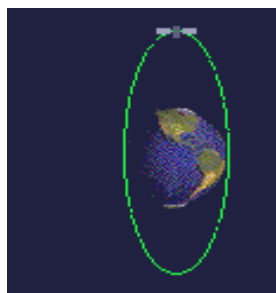
### 1.1 Κατηγοριοποίηση τροχιών ανάλογα με την γωνία ανύψωσης

Μια κατηγοριοποίηση των τροχιών, είναι σύμφωνα με τη γωνία ανύψωσης ή γωνία κλίσης. Μπορούμε να έχουμε πολικές, συγχρονισμένες με τον ήλιο, σημερινές κλπ τροχιές. Επίσης, υπάρχουν και οι ελλειπτικές τροχιές, που μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος.

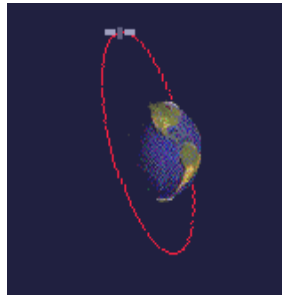
- **Ισημερινή τροχιά.** Ο δορυφόρος κινείται σε τροχιά πάνω από τον ισημερινό. Συνήθως είναι χαμηλής/μέσης τροχιάς και χρησιμοποιούνται για την παρατήρηση τροπικών καιρικών συνθηκών.



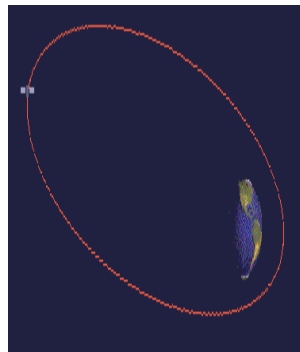
- **Πολική τροχιά** Έχει γωνία ανύψωσης  $90^\circ$  και η τροχιά διέρχεται από τους πόλους. Εκμεταλλευόμενος την κίνηση της Γης προς τα ανατολικά, ο δορυφόρος μπορεί να καλύψει όλη τη Γη σε 14 μέρες.



- **Τροχιά συγχρονισμένη με τον Ήλιο.** Είναι μια ειδική περίπτωση πολικής τροχιάς που ο δορυφόρος βρίσκεται συνεχώς στο φωτισμένο τμήμα της Γης. Ο δορυφόρος σε αυτή την τροχιά περνάει κάθε μέρα την ίδια τοπική ώρα από τον ίδιο σημείο της Γης.



- **Ελλειπτικές τροχιές.** Τροχιά σε σχήμα έλλειψης. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της τροχιάς είναι ότι η ταχύτητα αλλάζει ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου. Όταν βρίσκεται κοντά στη Γη έχει μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της δυνατότερης έλξης που δέχεται και αντίστροφα. Αυτές οι τροχιές είναι χρήσιμες στις τηλεπικοινωνίες, γιατί ένας δορυφόρος παρατηρεί μια συγκεκριμένη περιοχή για μεγάλο διάστημα της τροχιάς και από την άλλη μεριά της Γης περνάει ταχύτερα.

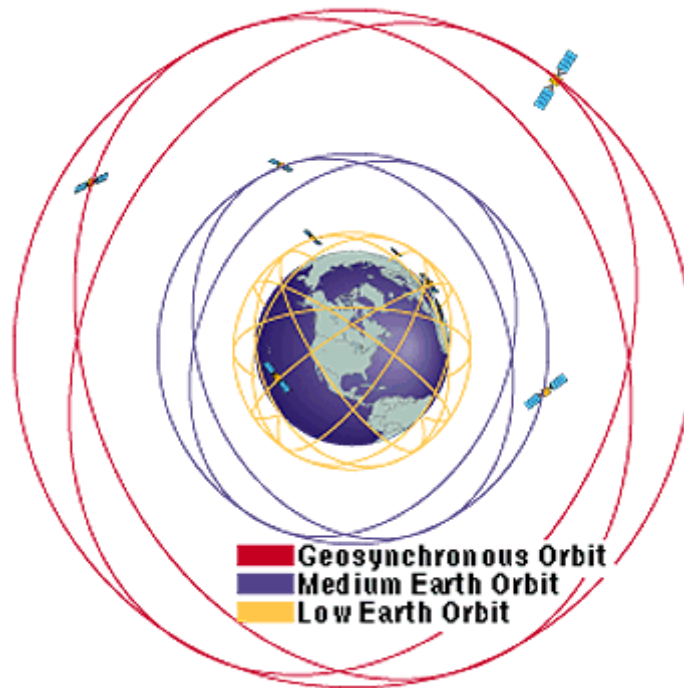


## 1.2 Κατηγοριοποίηση δορυφόρων ανάλογα με το ύψος της τροχιάς

Το πόσο μεγάλη περιοχή<sup>1</sup> καλύπτει ένας δορυφόρος εξαρτάται από την απόσταση που έχει από την γη, αλλά και από το εύρος της δέσμης του. Η απόσταση μάλιστα επηρεάζει και την περίοδο περιστροφής του δορυφόρου. Συγκεκριμένα όσο πιο μεγάλη είναι η απόσταση από την γη τόσο μεγαλύτερη είναι και η περίοδος. Ανάλογα με την απόσταση από την γη διακρίνουμε τρία είδη δορυφόρων:

1. Η περιοχή την οποία καλύπτει ένας δορυφόρος ονομάζεται και ίχνος (footprint).

1. Γεωστατικής Τροχιάς- Geosynchronous Earth Orbit (GEO)
2. Μεσαίας Τροχιάς- Medium earth Orbit (MEO)
3. Χαμηλής Τροχιάς – Low earth Orbit (LEO)



### 1.2.1 GEO δορυφόροι

Ένας δορυφόρος που κινείται στην τροχιά αυτή, γνωστή και ως υψηλή τροχιά, φαίνεται να βρίσκεται στο ίδιο σημείο πάνω από τη γη και για ένα απλό παρατηρητή να μην κινείται. Στην πραγματικότητα κινείται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα που κινείται και η γη. Το ύψος που βρίσκεται είναι 36000km και η ταχύτητά του περίπου 11000 km/h. Η περίοδος της τροχιάς του είναι περίπου ίση με την περίοδο περιστροφής της γης, δηλαδή 24 ώρες και η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται από 10 έως 15 χρόνια

#### Πλεονεκτήματα

1. Ο εντοπισμός του δορυφόρου απλοποιείται αφού αυτός παραμένει σταθερός και δεν χρειάζεται να παρακολουθείς και να αλλάζεις δορυφόρους συνέχεια.

2. Εφόσον ένας δορυφόρος αυτής της κατηγορίας κινείται σε υψηλή τροχιά, αυτό σημαίνει ότι η γεωγραφική περιοχή που καλύπτει θα είναι μεγάλη, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση συνολικά λιγότερων δορυφόρων για την κάλυψη όλων των περιοχών της γης.
3. Επειδή ο δορυφόρος μένει σε σταθερό σημείο και οι κυψέλες είναι τεράστιες, τα hand offs θα είναι σπάνια.

### Μειονεκτήματα

1. Επειδή η απόσταση ενός GEO δορυφόρου από τη γη είναι πολύ μεγάλη αυτό συνεπάγεται ότι θα έχουμε μεγάλη καθυστέρηση μετάδοσης. Η καθυστέρηση μετάδοσης είναι το ποσό του χρόνου που απαιτείται ένα σήμα να ταξιδέψει προς ένα δορυφόρο και από εκεί πίσω σε κάποιο επίγειο σταθμό. Για επικοινωνίες πραγματικού χρόνου, όσο μικρότερη είναι η καθυστέρηση μετάδοσης, τόσο καλύτερα. Έτσι μια καθυστέρηση μετάδοσης της τάξης των 0.5 sec που συναντούμε εδώ, θα δημιουργούσε για παράδειγμα μεγάλο πρόβλημα σε ένα σήμα φωνής.
2. Είναι δύσκολη η χρήση στρατηγικών για ανίχνευση λαθών και αναμετάδοση.
3. Εξαιτίας της μεγάλης απόστασης που πρέπει να διανύσει ένα σήμα μέχρι να φτάσει στον δορυφόρο από την γη ή αντίστροφα, η ισχύς με την οποία τελικά φτάνει είναι χαμηλή. Για το λόγο αυτό χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ένας μεγάλος δορυφόρος με ισχυρούς πομπούς, ευαίσθητους δέκτες και μεγάλες κεραίες κάτι όμως που συνεπάγεται υψηλό κόστος.
4. Επειδή οι δορυφόροι αυτής της κατηγορίας, συγχρονίζονται με την περιστροφή της γης, απαιτείται μεγαλύτερη συντήρηση για να διασφαλιστεί ότι θα διατηρήσουν αυτό τον συγχρονισμό.

## 1.2.2 ΜΕΟ δορυφόροι

Ένας δορυφόρος της κατηγορίας αυτής κινείται σε μεσαία τροχιά βρίσκεται σε ένα ύψος μεταξύ 5000 και 12000Km και κινείται με ταχύτητα 19000 km/h. Η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται από 10 έως 15 χρόνια και καλύπτει γεωγραφικές περιοχές με διάμετρο 10000 έως 15000Km. Η περίοδος της τροχιάς του είναι περίπου ίση με 6 ώρες γεγονός που σημαίνει ότι σε αντίθεση με έναν GEO δορυφόρο, φαίνεται να κινείται και μάλιστα μπορεί να είναι ορατός το πολύ για λίγες ώρες. Οι ΜΕΟ δορυφόροι συνδυάζουν ενδιάμεσες καταστάσεις μεταξύ των LEO και GEO. Σε σχέση με τους GEO έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

### Πλεονεκτήματα

1. Τα σήματα, που εκπέμπονται από ένα δορυφόρο ΜΕΟ ταξιδεύουν μικρότερη απόσταση, γεγονός που σημαίνει ότι τα σήματα αυτά φτάνουν ενισχυμένα στους δέκτες. Επομένως, μικρότερα και ελαφρύτερα τερματικά λήψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
2. Αφού τα σήματα ταξιδεύουν μικρότερη απόσταση από και προς τον δορυφόρο, έχουμε και μικρότερη καθυστέρηση μετάδοσης. Συγκεκριμένα είναι μικρότερη από 5ms.

### Μειονεκτήματα

1. Επειδή το ίχνος ενός ΜΕΟ δορυφόρου είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ενός GEO, απαιτούνται συνολικά περισσότεροι δορυφόροι για να καλύψουν ολόκληρη την επιφάνεια της γης. Συγκεκριμένα απαιτούνται 20 ΜΕΟ ενώ στην περίπτωση των GEO αρκούν μόνο 8.
2. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο τα hand offs στην περίπτωση των ΜΕΟ θα είναι πιο συχνά. Ωστόσο όμως επειδή η περιοχή κάλυψης είναι μεν μικρότερη, αλλά εξακολουθεί να αρκετά μεγάλη, η πιθανότητα για hand off παραμένει μικρή.

### 1.2.3 LEO δορυφόροι

Ένας LEO δορυφόρος περιστρέφεται σε μια απόσταση μεταξύ 500 και 2000 Km πάνω από την γη. Η διάρκεια ζωής του είναι περίπου 5 χρόνια και καλύπτει γεωγραφικές περιοχές με διάμετρο περίπου 8000Km. Η περίοδος της τροχιάς του κυμαίνεται από 1.5 έως 2 ώρες γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να είναι ορατός το πολύ για 20 λεπτά.

#### Πλεονεκτήματα

1. Η σχετικά μικρή απόσταση μειώνει τη καθυστέρηση μετάδοσης σε λιγότερο από 20ms για μια ολοκληρωμένη μετάδοση. Συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές πραγματικού χρόνου.
2. Επιπλέον λόγω της μικρής απόστασης από την γη, το σήμα φτάνει με μεγάλη ισχύ. Έτσι οι απαιτήσεις όσον αφορά τη απόδοση των κεραιών, των πομπών και των δεκτών είναι πολύ μικρότερες, με αποτέλεσμα το κόστος για ένα LEO δορυφόρο να είναι μικρότερο από ότι για έναν MEO ή GEO.

#### Μειονεκτήματα

1. Επειδή κινούνται σε χαμηλές τροχιές, καλύπτουν μικρές γεωγραφικές περιοχές και κατά συνέπεια απαιτούνται συνολικά πολλοί δορυφόροι για παγκόσμια κάλυψη. Ενδεικτικά χρειάζονται 48 για να καλύψουν ολόκληρη την επιφάνεια της γης.
2. Ο χρόνος ζωής τους είναι μικρός εξαιτίας των ατμοσφαιρικών πιέσεων οι οποίες επιδρούν αρνητικά στην διατήρηση της τροχιάς.
3. Τα hand-overs είναι πολύ συχνά και συγκεκριμένα θα πρέπει να γίνονται κάθε 20 λεπτά, τα οποία αντιστοιχούν στο χρονικό διάστημα που ένας LEO δορυφόρος είναι ορατός από ένα σημείο της γης.

Οι LEO δορυφόροι διακρίνονται σε **Little LEOs** και **Gig LEOs**. Οι Little LEOs εκπέμπουν σε συχνότητες κάτω από 1 GHz με εύρος ζώνης 5MHz και

ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων πάνω από 10 Kbps. Χρησιμοποιούνται κυρίως για paging, tracking και messaging χαμηλού ρυθμού. Από την άλλη πλευρά οι Gig LEOs εκπέμπουν σε συχνότητες πάνω από 1 GHz με ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι και μερικά megabits ανά δευτερόλεπτο. Προσφέρουν τις ίδιες υπηρεσίες με τους Little LEOs και επιπρόσθετα υπηρεσίες φωνής και positioning.

## 2. Στρατηγικές πολλαπλής προσπέλασης σε δορυφορικά δίκτυα

Οι δορυφόροι σαν διαμοιραζόμενος πόρος, πρέπει να χρησιμοποιούνται συνεργατικά από τους χρήστες τους. Η broadcast όμως φύση ενός δορυφορικού καναλιού, δημιουργεί πρόβλημα στην περίπτωση πολλαπλής προσπέλασης το οποίο έγκειται στο γεγονός ότι η επιτυχία μιας μετάδοσης δεν είναι πλέον ανεξάρτητη από άλλες μεταδόσεις. Για να γίνει μια μετάδοση με επιτυχία θα πρέπει να αποφευχθεί ή τουλάχιστον να ελεγχθεί η παρεμβολή.

Έτσι, για να αποφευχθούν οι παρεμβολές κατά τη διαδικασία του uplink είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα σχήματα πολλαπλής προσπέλασης. Ομοίως, μπορούν να υπάρξουν παρεμβολές και κατά τη διάρκεια του downlink από άλλους δορυφόρους ή επίγειες πηγές. Αυτές τις τυχόν παρεμβολές προσπαθούμε, συνήθως να αποτρέψουμε με τη διαφορετική χώρο-χρονική επεξεργασία των δεδομένων καθώς, επίσης, και με την καλύτερη σκόπευση των κεραιών.

Για την επίλυση του προβλήματος της πολλαπλής προσπέλασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα πρωτόκολλα, τα οποία κατανέμουν το εύρος ζώνης στατικά (static bandwidth allocation).

### 1. FDMA - Frequency division multiple access

Το φάσμα συχνοτήτων διαιρείται σε λογικά κανάλια με κάθε σταθμό να έχει την αποκλειστική κατοχή της δικής του ζώνης συχνοτήτων.

## 2. TDMA - Time division multiple access

Οι σταθμοί εξυπηρετούνται με την σειρά εκ περιτροπής, παίρνοντας ο καθένας κατά περίοδο ολόκληρο το εύρος ζώνης για ένα μικρό χρονικό διάστημα.

## 3. CDMA - Code division multiple access

Σε κάθε σταθμό παρέχεται ολόκληρο το εύρος ζώνης κάθε χρονική στιγμή. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση δειγμάτων ψεύτικου θορύβου ή αλλιώς κομμάτια κώδικα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να αλλάξουν γρήγορα τα χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου σήματος σε μια συχνότητα, συνήθως μεγαλύτερη από αυτή που αρχικά έπρεπε να χρησιμοποιηθεί.

Οι διάφορες τεχνικές πρόσβασης για uplink κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Ανάλογα με τον τρόπο, που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ξεκινήσουν μια σύνδεση μπορούν να χωριστούν σε 2 τύπους:

### 2.1 FAMA - Fixed assignment multiple access

Οι στατικές τεχνικές FDMA, TDMA και CDMA ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία. Το εύρος ζώνης διαιρείται σε σχισμές, συχνότητες ή κώδικες τα οποία στην συνέχεια εκχωρούνται με προκαθοριζόμενο (fixed) τρόπο μεταξύ των πολλαπλών σταθμών. Η εκχώρηση γίνεται μόνο μια φορά και είναι σταθερή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλή αποτελεσματικότητα αν δεν υπάρχει σταθερή κυκλοφοριακή ροή, αφού πόροι δαπανούνται σε κάποιο σταθμό, το οποίο δεν έχει πληροφορία να στείλει. Με άλλα λόγια λοιπόν επειδή στο FAMA η ανάθεση καναλιού δεν είναι προσαρμόσιμη σε αλλαγές της κυκλοφορίας, έχουμε σημαντική σπατάλη χωρητικότητας στην περίπτωση ασύμμετρης κυκλοφορίας αλλά και μη αποδοτικής αξιοποίησής της στην περίπτωση καταγωγιστικής κίνησης (πχ δεδομένων).



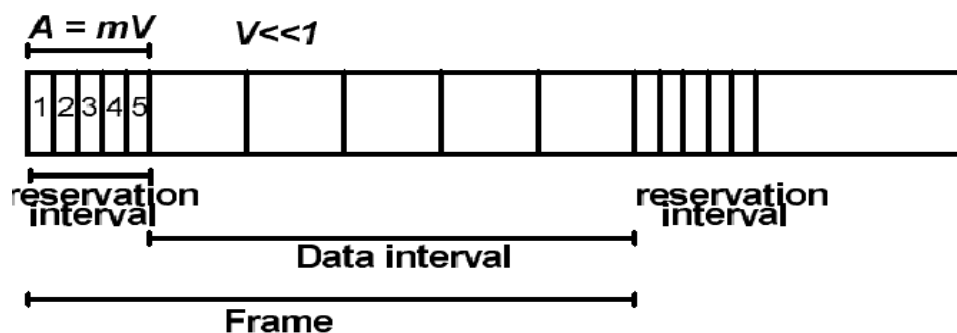
## 2.2 DAMA – Demand assignment multiple access

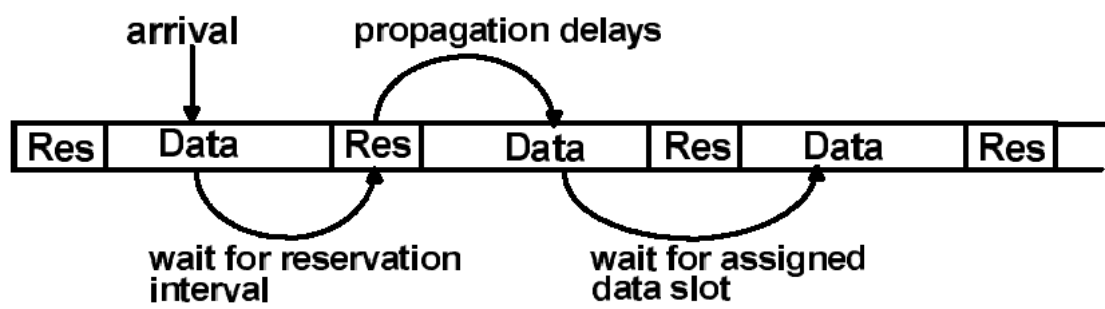
Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση η δέσμευση χωρητικότητας δεν γίνεται με fixed τρόπο αλλά δυναμικά δηλαδή κατά απαίτηση, ως απόκριση στην αίτηση ενός σταθμού για εκχώρηση χωρητικότητας. Υπάρχουν δύο ειδών πρωτόκολλα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία

### 2.2.1 Πρωτόκολλο κρατήσεων – Reservation Protocol

Ένα πλαίσιο χωρίζεται σε δύο διαστήματα: διάστημα δεδομένων (data interval) για αποστολή πακέτων στον προορισμό και διάστημα κράτησης (reservation interval) για κράτηση του καναλιού σε περίπτωση επιθυμίας αποστολής δεδομένων.

Το reservation interval έχει  $m$  σχισμές, όπου  $m$  είναι το πλήθος των επίγειων σταθμών. Ο κάθε σταθμός έχει το δικό του reservation slot. Το data interval δεν χρειάζεται να έχει σταθερό (fixed) μήκος, αν και συνήθως έχει. Όταν κάποιος σταθμός θέλει να στείλει δεδομένα, τότε στέλνει ένα reservation packet-το οποίο περιέχει πληροφορία σχετικά με το πακέτο που θέλει να στείλει- στο reservation slot που του αντιστοιχεί και του ανατίθεται σχισμή στο data interval. Το πακέτο περιμένει μέχρι να φτάσει στο data slot που του αναλογεί οπότε και γίνεται η αποστολή προς τον προορισμό. Έτσι έχουμε ένα overhead που οφείλεται στο reservation ενώ το data interval θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την καθυστέρηση διάδοσης.





Αν και το πρωτόκολλο αυτό αποτρέπει τις συγκρούσεις, ωστόσο όμως έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Το κύριο πρόβλημα είναι ότι ο αριθμός των χρηστών είναι σταθερός ( $m$  reservation slots) και κατά συνέπεια υπάρχει έλλειψη ευελιξίας στο να προστίθενται ή να αφαιρούνται χρήστες διότι στην περίπτωση αυτή απαιτείται αναθεώρηση της δομής του πρωτοκόλλου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το πρωτόκολλο αυτό να είναι ακατάλληλο για την κινητή τηλεφωνία όπου ο αριθμός των χρηστών μεταβάλλεται διαρκώς.

### 2.2.2 PRMA-Packet reservation multiple access

Εδώ κάθε πλαίσιο έχει σταθερό πλήθος από σχισμές και κάθε χρήστης μεταδίδει με κάποια πιθανότητα σε κάποια σχισμή. Αν η μετάδοση ήταν επιτυχής μεταδίδει στην ίδια σχισμή ενός ή περισσότερων, αν χρειαστεί, επόμενων πλαισίων μέχρι την πλήρη μετάδοση του μηνύματος.

Κάθε χρήστης στέλνει πολλά μικρά πακέτα. Το πρώτο πακέτο χρησιμοποιείται ως reservation. Όταν κάποια σχισμή μείνει αδρανής για μια φορά τότε μπορούν οι χρήστες να προσπαθήσουν να μεταδώσουν σε αυτή το πρώτο τους πακέτο. Άλλες παραλλαγές που μπορούμε να συναντήσουμε είναι:

1) Χρήση ενός bit στην επικεφαλίδα του πακέτου το οποίο θα υποδηλώνει αν ο χρήστης έχει τελειώσει

2) Κάθε πηγή να έχει την δική της σχισμή στο πλαίσιο. Όταν δεν χρησιμοποιείται σε ένα πλαίσιο τότε οι χρήστες μπορούν να προσπαθήσουν να μεταδώσουν σε αυτή.

Αν συμβεί μια σύγκρουση σε μια σχισμή τότε οι χρήστες απαγορεύεται να μεταδώσουν σε αυτή την σχισμή στο επόμενο πλαίσιο. Το πλεονέκτημα του πρωτοκόλλου αυτού είναι ότι ενώ ο αριθμός των σχισμών είναι σταθερός, ο αριθμός των χρηστών είναι μεταβλητός. Οι σχισμές χρησιμοποιούνται ανάλογα με την ζήτηση.

Slot 1	Slot 2	Slot 3	Slot 4	Slot 5	Slot 6	
15	idle	3	20	collision	2	Frame 1
15	7	3	idle	9	2	Frame 2
idle	7	3	collision	9	idle	Frame 3
18	7	3	collision	9	6	Frame 4
18	7	3	15	9	6	Frame 5

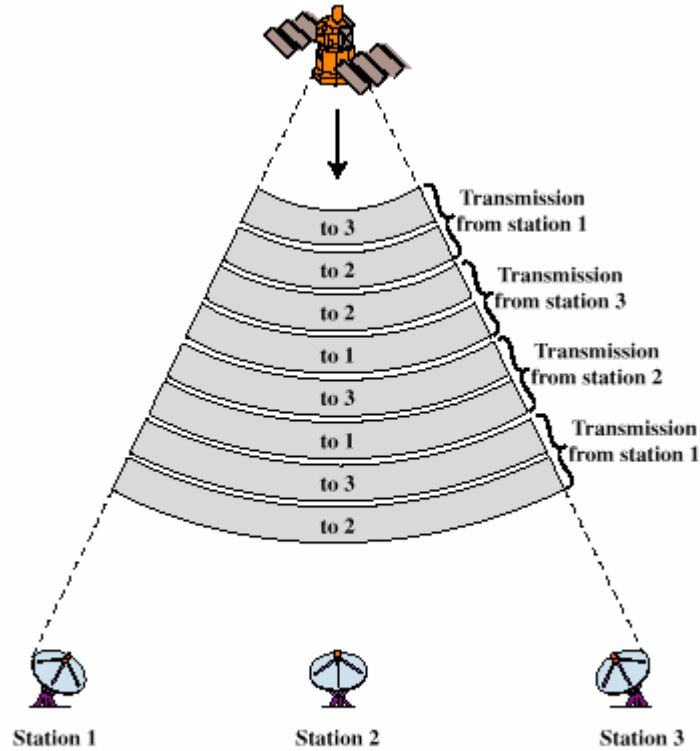
Παράδειγμα PRMA.

### 3. FAMA-TDMA λειτουργία σε δορυφορικά συστήματα

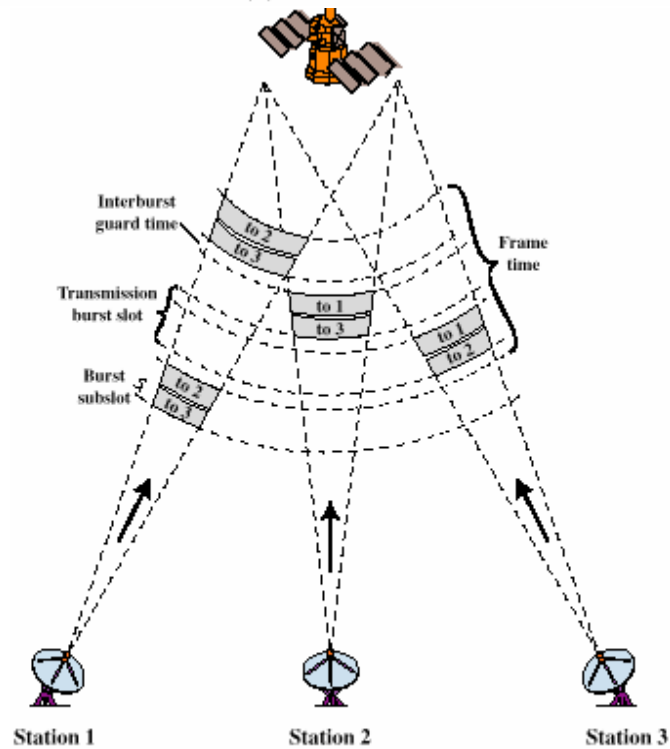
Σε ένα TDMA δορυφορικό δίκτυο ο χρόνος χωρίζεται σε πλαίσια και έτσι η μετάδοση γίνεται με την μορφή επαναληπτικών ακολουθιών από πλαίσια. Κάθε πλαίσιο, που συνήθως έχει καθορισμένη (fixed) διάρκεια, διαιρείται σε έναν αριθμό από χρονικές σχισμές. Κάθε σχισμή αφιερώνεται σε έναν συγκεκριμένο πομπό.

Όταν ένας επίγειος σταθμός θέλει να χρησιμοποιήσει το uplink κανάλι για να στείλει ένα μήνυμα σε κάποιον άλλο σταθμό, απλώς στέλνει τα δεδομένα του στην χρονική σχισμή που του έχει εκχωρηθεί. Ο δορυφόρος στην συνέχεια αντανακλά τις εισερχόμενες μεταδόσεις με την σειρά που φτάνουν σε αυτόν και

τις κάνει broadcast σε όλους τους σταθμούς. Κάθε σταθμός είναι απαραίτητο να γνωρίζει πια σχισμή να χρησιμοποιήσει για μετάδοση και πια για λήψη.



(b) Downlink



(a) Uplink

## 4. Παραδείγματα δορυφορικών τεχνολογιών

### IRIDIUM

- Αναπτύσσεται από Motorola.
- Παρέχει υπηρεσίες ψηφιακής φωνής, δεδομένων, fax και γεωγραφικό εντοπισμό σε παγκόσμια βάση.
- Ταξιδεύει γύρω από την γη σε πολικές τροχιές σε 6 επίπεδα, 11 LEO δορυφόροι ανά επίπεδο.
- Κάθε δορυφόρος αποστέλλει 48 δέσμες ραδιοσήματος οι οποίες σχηματίζουν “κελιά”. Έτσι έχουμε συνολικά  $48 \times 66 = 3168$  κελιά που καλύπτουν την γη.
- Εκτός από τα uplinks και downlinks, υποστηρίζει και cross links, links δηλαδή από δορυφόρο σε δορυφόρο.
- FDMA/TDM τεχνικές προσπέλασης.
- Υποστηρίζει handoff δορυφόρου κατά την διάρκεια κλήσεων.

### ODYSSEY

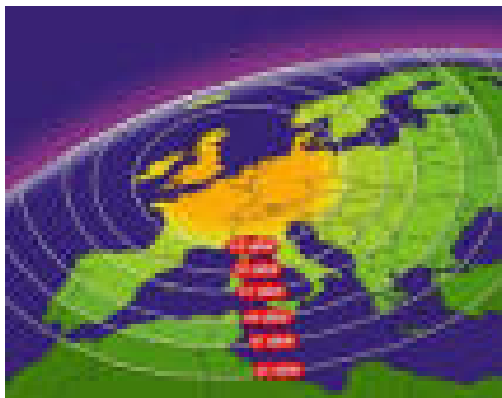
- Αναπτύσσεται από TRW.
- Παρέχει υπηρεσίες ψηφιακής φωνής, δεδομένων(9.6kbps), fax και γεωγραφικό εντοπισμό σε παγκόσμια βάση.
- Ταξιδεύει γύρω από την γη με 4 MEO δορυφόρους (10370Km) σε κάθε ένα από 3 επίπεδα τροχιών.
- CDMA τεχνικές προσπέλασης.
- Δεν υποστηρίζει handover μεταξύ των δορυφόρων εξαιτίας της μεγάλης ορατότητας ενός δορυφόρου από την γη.

### GLOBALSTAR

- Αναπτύσσεται από Loral, Qualcomm.
- Παρέχει υπηρεσίες ψηφιακής φωνής, δεδομένων(9.6kbps), fax και γεωγραφικό εντοπισμό σε παγκόσμια βάση.
- Ταξιδεύει γύρω από την γη με 48 δορυφόρους (1400Km) σε 8 επίπεδα τροχιών με γωνία ανύψωσης 52° .
- CDMA τεχνικές προσπέλασης.
- Δεν υποστηρίζει handover μεταξύ των δορυφόρων διότι οι ελλειπτικές δέσμες ραδιοσήματος εξασφαλίζουν μεγάλη κάλυψη των κινητών χρηστών.

### TELEBESIC

- Αναπτύσσεται από Bill Gates. Craig McCaw
- Παρέχει υπηρεσίες ψηφιακής φωνής και δεδομένων μέχρι και 2Mbps
- Ταξιδεύει γύρω από την γη με 40 MEO δορυφόρους (700Km) σε κάθε ένα από 21 επίπεδα κυκλικών τροχιών. Δηλαδή χρησιμοποιεί πολύ μεγάλο αριθμό δορυφόρων με αποτέλεσμα τα κελιά να είναι μικρά οπότε έχουμε μεγάλο frequency reuse factor και κατά συνέπεια μεγάλη χωρητικότητα.



## II

# TCP ΓΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

---

### 1. Ανασκόπηση του προβλήματος

Το πρωτόκολλο που κυριαρχεί σήμερα στις επικοινωνίες είναι το TCP. Αυτό είναι ένα πρωτόκολλο μετάδοσης που χρησιμοποιείται για αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων στο Internet. Είναι προσανατολισμένο στη σύνδεση, αξιόπιστο και βασίζεται στο byte stream. Οι TCP συνδέσεις είναι full duplex και κάθε φορά που ένας αποστολέας στέλνει ένα byte πληροφορίας σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση τότε αυτόματα ανατίθεται ένας μοναδικός αριθμός, τον οποίο στην συνέχεια χρησιμοποιεί ο παραλήπτης για να στείλει απάντηση ή επιβεβαίωση πίσω στον αποστολέα. Το πρωτόκολλο αυτό έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται σήμερα στο internet. Μόλις εμφανίστηκε η τεχνολογία του internet over satellite χρησιμοποιήθηκε ξανά ως το πρωτόκολλο μετάδοσης. Ωστόσο η απόδοσή του μειώθηκε σημαντικά.

Βασικό στοιχείο για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του TCP πρωτοκόλλου είναι η δυνατότητα ανίχνευσης της αιτίας απώλειας ενός πακέτου. Σε ασύρματα δίκτυα, υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις πηγές απωλειών :

**1. Bit errors and high latencies.** Το τυπικό σφάλμα σε μεταδιδόμενα bits των σύγχρονων δορυφορικών συνδέσεων φθάνει το  $10^{-7}$  (δηλαδή ένα λάθος bit ανά 10 εκατομμύρια bits).

**2. Απώλειες πακέτων λόγω handoffs and TCP/IP disconnections.**

**3. Συμφόρηση δικτύου (Congestion).**

#### 4. Αναδιάταξη (Reordering).

Ο σωστός τρόπος αντιμετώπισης σε καθένα τύπο απώλειας είναι διαφορετικός. Έχει αποδειχτεί μάλιστα πειραματικά ότι αν μπορούμε να ξεχωρίσουμε τους τύπους απωλειών και να ενεργήσουμε ανάλογα με την περίπτωση, υπάρχουν βελτιώσεις στην απόδοση του πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά, το TCP λαμβάνει κάθε απώλεια πακέτου ως λάθος που προέκυψε από συμφόρηση ή το Reordering (σπάνια) και σαν αποτέλεσμα εκτελεί τις ανάλογες ενέργειες.

## 2. Τρόπος με τον οποίο το TCP ανιχνεύει την συμφόρηση

Το TCP θεωρεί ότι τα timeouts και τα διπλά ACKs (acknowledge) αποτελούν ενδείξεις της συμφόρησης ή της αναδιάταξης των πακέτων.

Ο μηχανισμός **timeout** δείχνει ότι το πακέτο ή το ACK χάθηκε. Ο μηχανισμός αυτός είναι απλός, και λειτουργεί ως εξής : ο πομπός στέλνει κάποια δεδομένα στο δέκτη και περιμένει από αυτόν ένα ACK μέσα σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Όταν ο χρόνος αυτός ξεπεραστεί, το πακέτο υποτίθεται ότι έχει χαθεί. Ο μηχανισμός 'time out', ωστόσο μπορεί να σημαίνει μεγάλες περιόδους χωρίς δραστηριότητα και δεν μπορεί να διαπιστώσει απώλεια πακέτων λόγω αναδιάταξης.

Τα **διπλά ACKs** μπορούν να αποτελέσουν ένδειξη της αναδιάταξης των πακέτων

- ένα ACK καθορίζει το τελευταίο σωστό πακέτο που ελήφθη (αποκαλείται "cumulative- αθροιστικό" ACK).
- Η λήψη ενός διπλού ACKs σημαίνει ότι κάποια δεδομένα κυκλοφορούν ακόμα στο δίκτυο.
- Μετά από τρία διπλά ACKs, το TCP υποθέτει την απώλεια πακέτων, και όχι την αναδιάταξή τους.



Δηλαδή, εάν ένα ή περισσότερα πακέτα χαθούν, αλλά επόμενα πακέτα φθάσουν στο δέκτη, ο δέκτης δημιουργεί ένα ACK για κάθε τμήμα. Από τη στιγμή που τα ACKs καθορίζουν το τελευταίο σωστό τμήμα που ελήφθη, όλα αυτά τα ACKs θα είναι διπλά. Όταν ο πομπός δεχθεί τουλάχιστον τρία δίπλα ACKs, το TCP υποθέτει ότι κάποιο πακέτο χάθηκε. Ο μηχανισμός αυτός προσφέρει γρηγορότερη απόκριση στην απώλεια από ότι το 'time out', αλλά περιορίζεται στην αντιμετώπιση μιας απώλειας ανά παράθυρο μετάδοσης.

### 3. Αντιδράσεις του TCP στην συμφόρηση

Όταν δημιουργείται μια σύνδεση στο TCP πρωτόκολλο, τόσο ο πομπός όσο και ο δέκτης πρέπει να ρυθμίσουν το μέγεθος των δεδομένων που αποστέλλουν ώστε να μη δημιουργηθεί συμφόρηση στο δίκτυο. Το TCP υποστηρίζει τέσσερις μηχανισμούς ελέγχου:

1. Βασικό timeout και αναμετάδοση (Basic timeout and retransmission),
2. Αποφυγή της συμφόρησης (congestion avoidance),
3. Αργή εκκίνηση (slow start) και
4. Γρήγορη επαναμετάδοση – Γρήγορη ανάκαμψη (fast retransmit - fast recovery).

Ο πομπός των δεδομένων χρησιμοποιεί μια μεταβλητή κατάστασης για να ελέγχει τη συμφόρηση. Η μεταβλητή αυτή είναι το παράθυρο συμφόρησης (**cwnd**), το οποίο εκφράζει ένα άνω όριο δεδομένων που ο πομπός μπορεί να μεταδώσει πριν να λάβει κάποια επιβεβαίωση (ACK). Το παράθυρο συμφόρησης μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τα δεδομένα που υπάρχουν στο δίκτυο κάθε χρονική στιγμή.

### 3.1 Βασικό timeout και αναμετάδοση (Basic timeout retransmission)

Η λειτουργία του μηχανισμού αυτού είναι η ακόλουθη: Εάν ο πομπός δεν λάβει κανένα ACK για τα στοιχεία που στέλνονται, μέσα σε ένα χρονικό διάστημα (timeout), το TCP πρωτόκολλο θεωρεί ότι το πακέτο χάθηκε και αποφασίζει την επανεκπομπή του. Ο χρόνος επανεκπομπής (retransmission timeout-RTO) βασίζεται στην τιμή του Round Trip χρόνου. Συγκεκριμένα, η τιμή του timeout υπολογίζεται με βάση το μέσο όρο και τη διασπορά του RTT. Επίσης ο μηχανισμός αυτός οδηγεί σε εκθετικό back-off.

### 3.2 Αποφυγή της συμφόρησης (πραγματικός έλεγχος συμφόρησης)

Ο μηχανισμός αποφυγής συμφόρησης, χρησιμοποιεί το παράθυρο συμφόρησης (cwnd) στην πλευρά των πομπών για τον έλεγχο της ροής των δεδομένων. Το παράθυρο συμφόρησης δείχνει το μέγιστο ποσό δεδομένων που μπορεί να σταλεί σε μια σύνδεση χωρίς να ληφθούν ACKs, δηλαδή ο πομπός μπορεί να στείλει μέχρι το cwnd. Όταν το TCP ανιχνεύσει μια απώλεια λόγω συμφόρησης, δηλαδή αποτύχει να λάβει ένα ACK για ένα πακέτο μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ή λάβει διπλό ACK, μειώνει το παράθυρο συμφόρησης στο μισό της τιμής του. Στην περίπτωση που φτάσει στον πομπό ένα ACK για νέα δεδομένα, τότε ο πομπός αυξάνει το παράθυρο συμφόρησης με γραμμικό τρόπο, και συγκεκριμένα αυξάνει την ποσότητα cwnd κατά  $1/cwnd$ . Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται προσεγγιστικά μία αύξηση ενός πακέτου ανά χρονικό διάστημα RTT κατά την διάρκεια εκτέλεσης του συγκεκριμένου αλγορίθμου.

Ο αλγόριθμος αυτός είναι πολύ συντηρητικός όσον αφορά την απαίτηση εύρους ζώνης από το κανάλι. Στον αλγόριθμο αυτό το παράθυρο μεγαλώνει κατά ένα τμήμα (segment) κάθε round trip time. Μια απώλεια έχει σαν

αποτέλεσμα τον υποδιπλασιασμό του παραθύρου. Κάτι τέτοιο επιδρά κυρίως σε μεταφορές μεγάλου όγκου. Για τέτοιες εφαρμογές, όταν ο σύνδεσμος είναι ανενεργός, ένα μεγάλο παράθυρο είναι επιθυμητό, μιας και επιταχύνει την μεταφορά δίχως να επηρεάζει άλλους χρήστες του συνδέσμου. Όταν όμως συμβεί μια απώλεια, ενώ το παράθυρο έχει μεγαλώσει αρκετά, το παράθυρο υποδιπλασιάζεται και ο σύνδεσμος υποχρησιμοποιείται για ένα παρατεταμένο διάστημα.

### 3.3 Αργή εκκίνηση (slow start)

Ο αλγόριθμος αργής εκκίνησης χρησιμοποιείται στην έναρξη μιας σύνδεσης για να μεταβάλλει δυναμικά την ποσότητα των δεδομένων που ο πομπός μεταδίδει μέσω του δικτύου. Ο αλγόριθμος αργής εκκίνησης ξεκινά με τη μετάδοση ενός πακέτου και την αναμονή για τη λήψη επιβεβαίωσης. Για κάθε ACK που λαμβάνεται, ο πομπός αυξάνει το παράθυρο κατά ένα. Σε κάθε φάση του αλγορίθμου, ο αριθμός των πακέτων που στέλνεται είναι ίσος με τον αριθμό πακέτων που στάλθηκαν στην προηγούμενη φάση συν τον αριθμό των ACK που λήφθηκαν στην προηγούμενη φάση. Στην απλή περίπτωση όπου έχουμε ένα ACK για κάθε πακέτο σε κάθε φάση, ο αριθμός των πακέτων που στέλνονται θα διπλασιάζεται, φθάνοντας σε μια εκθετική αύξηση των μεταδιδόμενων δεδομένων. Ο αλγόριθμος τερματίζεται όταν το ποσό των μεταδιδόμενων δεδομένων γίνει ίσο με το παράθυρο δεδομένων που ο δέκτης μπορεί να λαμβάνει (advertised window), ή αν παρατηρηθεί απώλεια πακέτων. Όταν ανιχνευθεί απώλεια, λόγω timeout, τότε θεωρείται ότι η απώλεια αυτή γίνεται λόγω συμφόρησης και ο αλγόριθμος αργής εκκίνησης ξεκινά από την αρχή. Μόλις ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων γίνει ίσος με το μισό του ρυθμού μετάδοσης στον οποίο παρατηρήθηκε η συμφόρηση (δηλαδή μόλις το  $cwnd = \frac{1}{2}$  advertised window), τότε αρχίζει ο αλγόριθμος αποφυγής συμφόρησης.

Εξαιτίας όμως της μεγάλης καθυστέρησης ανάδρασης που παρατηρείται στις δορυφορικές συνδέσεις, ο αλγόριθμος αργής εκκίνησης καθυστερεί να φθάσει σε πλήρη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης και αυτό οδηγεί σε μη αποδοτική εκμετάλλευση των δορυφορικών δικτύων. Λόγω του μικρού αρχικού παραθύρου στο slow start, ένας συγκεκριμένος αριθμός round trips μπορεί να απαιτείται ώστε το παράθυρο συμφόρησης να μεγαλώσει αρκετά για να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά το εύρος ζώνης. Αυτό είναι ένα πρόβλημα σε δορυφορικά περιβάλλοντα όπου το round trip είναι μεγάλο. Οι περισσότερες μεταφορές δεδομένων πάνω από ένα δορυφορικό σύνδεσμο μπορεί να ολοκληρωθούν, χωρίς ποτέ να επιτύχουν ένα παράθυρο αρκετά μεγάλο για βέλτιστη χρήση του συνδέσμου.

### 3.4 Γρήγορη επανεκπομπή – Γρήγορη ανάκαμψη

Ο αλγόριθμος της γρήγορης επανεκπομπής αποφασίζει για το αν θα ξαναστείλει ένα πακέτο, σύμφωνα με τον αριθμό των επιβεβαιώσεων που λαμβάνει, χωρίς να περιμένει τη λήξη του RTO. Ταυτόχρονα ο αλγόριθμος γρήγορης ανάκαμψης μεταβάλλει το μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης ώστε να αποφευχθεί η συμφόρηση, όταν πολλά πακέτα χάνονται στο δίκτυο.

Ο αλγόριθμος γρήγορης αναμετάδοσης λειτουργεί ως εξής: Όταν χαθεί ένα πακέτο, το TCP για να αποφύγει να περιμένει χρόνο RTO ώστε να κάνει την αναμετάδοση, ελέγχει τα ACK που δέχεται από το δέκτη. Αν ανιχνεύσει τρία διπλά πακέτα επιβεβαίωσης, και ενώ τα δεδομένα είναι σε κυκλοφορία, τότε θεωρεί ότι πακέτο χάθηκε και το ξαναστέλνει. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται για τον ταχύτερο εντοπισμό λαθών λόγω συμφόρησης. Ωστόσο, έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει γρήγορα μόνο μία απώλεια για τα πακέτα που έχουν σταλεί σε διάστημα ενός παραθύρου δεδομένων.

Μετά τον αλγόριθμο γρήγορης αναμετάδοσης εκτελείται ο αλγόριθμος γρήγορης ανάκαμψης. Ο αλγόριθμος αυτός μεταβάλλει το παράθυρο συμφόρησης

(cwnd). Αρχικά, το παράθυρο συμφόρησης μειώνεται στο μισό του τρέχοντος cwnd συν τρία. Κάθε διπλό ACK που καταφτάνει στον πομπό δηλώνει ότι κάποιο πακέτο έφτασε στον δέκτη. Το TCP χρησιμοποιεί αυτή τη γνώση για να στείλει ένα νέο πακέτο, αυξάνοντας τεχνητά την τιμή cwnd του κατά 1. Όταν φτάσει στον δέκτη ένα κανονικό ACK για τα δεδομένα που στάλθηκαν, τότε ακολουθείται η διαδικασία αποφυγής της συμφόρησης.

Η γρήγορη αναμετάδοση και η γρήγορη ανάκαμψη χρησιμοποιούνται για να διορθώνουν με το μικρότερο δυνατό κόστος απώλειες πακέτων.

## 4. Προβλήματα σε ένα ασύρματο περιβάλλον

Το TCP πρωτόκολλο παρέχει έναν αξιόπιστο τρόπο μεταφοράς δεδομένων σε ένα δίκτυο. Επειδή όμως, έχει σχεδιαστεί με κύριο γνώμονα τις ιδιαιτερότητες των επίγειων δικτύων αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζει κάποια προβλήματα όταν εφαρμόζεται σε δίκτυα που περιέχουν δορυφορικές συνδέσεις. Τα κύρια προβλήματα που το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP αντιμετωπίζει στη χρήση του στις δορυφορικές συνδέσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- Το TCP πρωτόκολλο υποστηρίζει συνδέσεις από άκρο σε άκρο (end-to-end) και χρησιμοποιεί μηχανισμούς ελέγχου ροής και λαθών. Ο έλεγχος ροής εξαρτάται κυρίως από το παράθυρο που χρησιμοποιείται και από το round trip χρόνο. Στην τεχνολογία όμως αυτή χρησιμοποιούνται ασύρματα κανάλια με αποτέλεσμα οι χρόνοι αυτοί να είναι ιδιαίτερα μεγάλοι. Συνεπώς αυτό σημαίνει πως ο χρήστης στο ένα άκρο της σύνδεσης πρέπει να περιμένει πολύ χρόνο για τη λήψη μιας επιβεβαίωσης από το άλλο άκρο. Αυτή η καθυστέρηση ζημιώνει τις αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, όπως το telnet, καθώς και μερικούς από τους αλγορίθμους ελέγχου συμφόρησης του TCP.

- Ένας άλλος παράγοντας που μειώνει το συνολικό throughput είναι ο μεγάλος αριθμός των επιβεβαιώσεων που παράγονται και κυκλοφορούν στο δίκτυο. Είναι γνωστό ότι το γινόμενο της καθυστέρησης επί το bandwidth ορίζει το μέγεθος των δεδομένων που το δίκτυο έχει μεταδώσει αλλά δεν έχει λάβει επιβεβαίωση. Αυτό το γινόμενο φανερώνει τη δυνατότητα ενός πρωτοκόλλου να εκμεταλλευθεί πλήρως τη χωρητικότητα του χρησιμοποιούμενου καναλιού. Εξαιτίας της μεγάλης καθυστέρησης ανάδρασης που παρατηρείται στα δορυφορικά κανάλια, το μέγεθος των δεδομένων που βρίσκονται στον «αέρα», είναι αρκετά μεγάλο σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή
  
- Όπως αναφέραμε και νωρίτερα, τα λάθη εκπομπής στα δορυφορικά κανάλια είναι σημαντικά περισσότερα από ότι στα επίγεια δίκτυα . Το γεγονός αυτό δημιουργεί σε ορισμένες περιπτώσεις σημαντικά προβλήματα στο δίκτυο αφού οδηγεί σε μη σωστή και αποδοτική χρήση του. Όπως είναι γνωστό το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το TCP/IP και όταν ένα πακέτο στέλνεται με λάθη αυτό δεν μπορεί να αντιληφθεί ότι το πακέτο απορρίφθηκε λόγω λαθών αλλά θεωρεί ότι απορρίφθηκε λόγω συμφόρησης στο δίκτυο. Έτσι μειώνει την κίνηση στο δίκτυο χωρίς ουσιαστικό λόγο και οδηγούμαστε σε μη αποδοτική χρήση του.
  
- Η ισχύς ενός σήματος μειώνεται αναλογικά με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει. Στα δορυφορικά δίκτυα η απόσταση αυτή είναι τόσο μεγάλη ώστε το σήμα εξασθενεί αρκετά πριν φθάσει στον προορισμό του. Αυτό συνεπάγεται χαμηλό ποσοστό ισχύς σήματος προς θόρυβο. Ταυτόχρονα κάποιες συχνότητες μετάδοσης είναι επιρρεπείς σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα όπως η βροχή, ενώ η μετάδοση δυσχεραίνεται από την παρουσία εμποδίων

στο μονοπάτι μετάδοσης (ψηλά κτίρια ή βουνά). Το τυπικό σφάλμα σε μεταδιδόμενα bits των σύγχρονων δορυφορικών συνδέσεων φθάνει το  $10^{-7}$  (δηλαδή ένα λάθος bit ανά 10 εκατομμύρια bits). Έτσι υπάρχουν συχνά εκρήξεις των σφαλμάτων, με αποτέλεσμα να χάνονται περισσότερα από ένα πακέτα στο TCP παράθυρο. Αν πολλά πακέτα χαθούν ταυτόχρονα, οι μηχανισμοί αυτοί θα αναγνωρίσουν σωστά την πρώτη απώλεια, αλλά πρόσθετες απώλειες θα αναγνωριστούν όταν η πρώτη διορθωθεί.

- Τα περισσότερα δορυφορικά δίκτυα είναι ασυμμετρικά εξαιτίας του υψηλού κόστους των συσκευών που στέλνουν δεδομένα σε ένα δορυφόρο. Η πρώτη περίπτωση ασυμμετρικών δικτύων είναι όταν λαμβάνουμε μόνο πληροφορίες από το δορυφόρο και όταν θέλουμε να στείλουμε δεδομένα χρησιμοποιούμε ένα επίγειο δίκτυο με τη βοήθεια ενός modem και όλη η κίνηση που απευθύνεται στο δορυφόρο συγκεντρώνεται κάπου και αποστέλλεται. Στη δεύτερη περίπτωση η ασυμμετρική χρήση έγκειται στο ότι υπάρχει διαφορά bandwidth στα download και upload links. Δηλαδή έχουμε δυνατότητα αποστολής δεδομένων στο δορυφόρο αλλά οι χωρητικότητες των καναλιών είναι διαφορετικές

## 5. Κατηγορίες λύσεων

Όπως τονίστηκε παραπάνω, το TCP δεν μπορεί να διακρίνει αν οι απώλειες των πακέτων οφείλονται στη συμφόρηση του δικτύου ή σε λάθη σύνδεσης, με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης όταν χρησιμοποιείται στα ασύρματα ή δορυφορικά δίκτυα. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό υπάρχουν δύο κατηγορίες λύσεων :

- 1) Εφαρμογή ενός εξ' ολοκλήρου νέου πρωτοκόλλου μεταφοράς
- 2) Εφαρμογή του Split-Connection TCP.

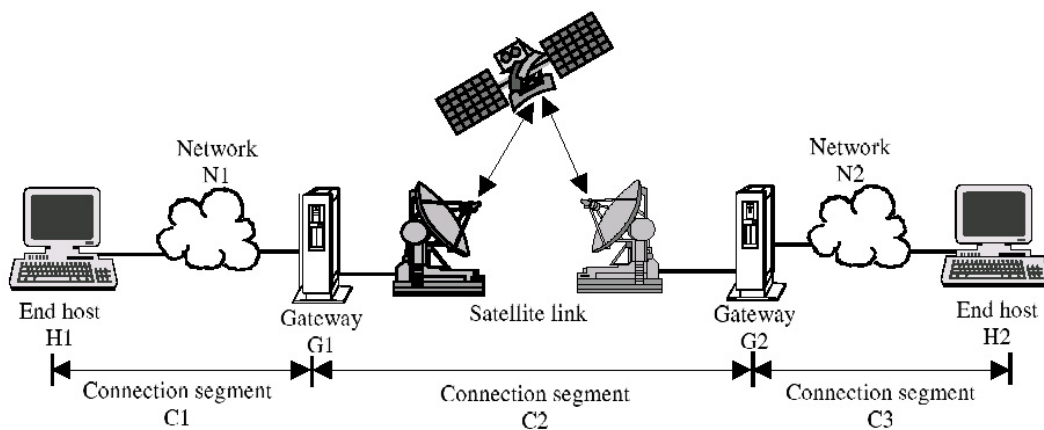
### 1) Νέο πρωτόκολλο μεταφοράς

Η εφαρμογή, ωστόσο, ενός νέου πρωτοκόλλου μεταφοράς, για τις ασύρματες επικοινωνίες, δεν συνίσταται καθώς :

- Είναι δύσκολο να επεκταθεί ευρέως,
- Το από άκρο σε άκρο (end-to-end) πρωτόκολλο πρέπει να είναι αποδοτικό και στα συνδεδεμένα με καλώδιο (wired) δίκτυα επίσης, και
- Πρέπει να υλοποιεί ένα μεγάλο μέρος του ελέγχου ροής του TCP.

## 2) Split-connection TCP

Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί 'σπάσιμο' της σύνδεσης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Ουσιαστικά, η TCP σύνδεση μεταξύ του πομπού και του δέκτη σπάει σε δύο ξεχωριστές συνδέσεις, στο όριο μεταξύ του ασύρματου και του ενσύρματου τμήματος της σύνδεσης. Αυτό το σπάσιμο είναι δυνατό στην περίπτωση που η ενδιάμεση συσκευή (π.χ σταθμός βάσης) μπορεί να διακρίνει τα δύο δίκτυα. Ο σταθμός βάσης διατηρεί δύο TCP συνδέσεις, μία κατά μήκος του ενσύρματου δικτύου (από τον πομπό στο σταθμό βάσης) και μία κατά μήκος του ασύρματου δικτύου (από το σταθμό βάσης στο δέκτη). Με τον τρόπο αυτό, ο πομπός προστατεύεται από την επίδραση των ασύρματων απωλειών.

Ωστόσο, οι split συνδέσεις παραβιάζουν την από άκρο σε άκρο (end-to-end) σημασιολογία των TCP επιβεβαιώσεων, καθώς τα ACKs για τα πακέτα μπορούν να φτάσουν στον πομπό πριν καν τα πακέτα φτάσουν στο δέκτη.



Επίσης, τα split-connections πρωτόκολλα διατηρούν ένα σημαντικό ποσό της κατάστασης κάθε TCP σύνδεσης στο σταθμό βάσης. Έτσι οι διαδικασίες handoffs τείνουν να είναι πολύπλοκες και αργές, καθώς απαιτείται κάποιος χρόνος μέχρι ο παλιός σταθμός βάσης να προωθήσει τις πληροφορίες κατάστασης κάθε TCP σύνδεσης στο νέο σταθμό βάσης. Τέλος, ο πομπός συχνά σταματά να λειτουργεί, εξαιτίας των timeouts στην ασύρματη σύνδεση, με αποτέλεσμα χαμηλή συνολικά απόδοση.

## 6. Γενικές κατευθύνσεις και πιθανές λύσεις

Ουσιαστικά αυτά που μπορούν να γίνουν, προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση του TCP πρωτοκόλλου για ασύρματα δίκτυα είναι :

- Να προστατευτεί ο πομπός από την ασύρματη φύση της σύνδεσης, έτσι ώστε να μην συμπεριφέρεται φτωχά από άποψη απόδοσης.
- Να καταστεί ο πομπός ενήμερος για τα ασύρματα προβλήματα, έτσι ώστε να μπορεί να κάνει κάτι σχετικά με αυτό.
- Να «φυλαχτεί» το παράθυρο συμφόρησης από τις συρρικνώσεις
- Να αποφευχθούν ίσως οι περιττές αναμεταδόσεις.

Έτσι λοιπόν για τη βελτίωση της απόδοσης του TCP υπάρχουν δύο προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση κρύβει κάθε απώλεια που δεν σχετίζεται με τη συμφόρηση από τον TCP πομπό, και επομένως δεν απαιτεί αλλαγές στην υλοποίηση του υπάρχοντα πομπού. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στην θεώρηση ότι, καθώς το πρόβλημα είναι τοπικό πρέπει να λυθεί τοπικά. Η δεύτερη προσέγγιση προσπαθεί να καταστήσει τον πομπό ενήμερο για την ύπαρξη των ασύρματων hops και για το γεγονός ότι μερικές απώλειες πακέτων δεν οφείλονται στη συμφόρηση. Στην περίπτωση αυτή ο πομπός πρέπει να αποφύγει την κλήση αλγορίθμων ελέγχου συμφόρησης. Με βάση τις δύο παραπάνω προσεγγίσεις, τρεις είναι οι πιθανές λύσεις :

**A) Σε επίπεδο σταθμού βάσης :**

- Αποθήκευση (Caching) των πακέτων στο σταθμό βάσης για την ασύρματη σύνδεση.
- Ανίχνευση και καταστολή των διπλών ACKs στο σταθμό βάσης. Έτσι τα διπλά ACKs δεν φτάνουν ποτέ στον πομπό, με αποτέλεσμα να μην δημιουργούν πρόβλημα σε αυτόν.
- Αναμετάδοση των χαμένων πακέτων (segments) τοπικά.

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται αλλαγές μόνο στο σταθμό βάσης.

**B) Ρητή ειδοποίηση απώλειας:**

- Χρήση μελλοντικών αθροιστικών ACKs για τις απώλειες πακέτων, οι οποίες όμως δεν οφείλονται στη συμφόρηση.
- Σε περίπτωση που ο πομπός λαμβάνει διπλά ACKs, τότε προβαίνει στην επαναμετάδοση του πακέτου, χωρίς ωστόσο να μειώσει το μέγεθος, δηλαδή δεν καλεί διαδικασίες σχετικές με συμφόρηση.

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται αλλαγές στον πομπό.

**Γ) Αναμετάδοση στο πρώτο διπλό ack και όχι στο τρίτο.** Και στην περίπτωση αυτή απαιτούνται αλλαγές στην υλοποίηση του πομπού.



## III

# ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΙΝΤΕΡΝΕΤ

---

### 1. Εισαγωγή

Υπήρχε μια εποχή που το Internet ήταν λιγότερο εντυπωσιακό απ' ό,τι σήμερα. Οι σελίδες του Web είχαν αποκλειστικά κείμενο και μικρές εικόνες και κατέβαιναν πολύ αργά με τα πρώτα modem, τα οποία δούλευαν με την ταχύτητα των 9,6 KBps (5-6 φορές μικρότερη από τη μέση σημερινή). Από τότε όμως όλα έχουν αλλάξει το Internet έγινε multimedia, «στολίστηκε» με φωτογραφίες, ήχους, μουσική, βίντεο και άρχισε να απαιτεί περισσότερη μνήμη, ταχύτερους επεξεργαστές και κάρτες γραφικών και πάνω από όλα ταχύτερη σύνδεση.

Έτσι από τις απλές αναλογικές συνδέσεις και τα 33άρια ή 56άρια modem έγινε μετάβαση στην ISDN και έπειτα στα επιχειρηματικά πρωτόκολλα όπως το T1, το T3 και η καλωδιακή (Cable) σύνδεση. Όλα αυτά όμως δεν φθάνουν. Η πρώτη λύση για τους «μποτιλιαρισμένους» του δικτύου είναι βέβαια η ISDN γραμμή, που υπόσχεται θεαματική αύξηση της ταχύτητας σύνδεσης με το Διαδίκτυο. Στην πράξη όμως οι περισσότεροι χρησιμοποιούν το ένα «κανάλι» της σύνδεσης, δηλαδή μόλις 64 KBps. Επιπρόσθετα το ADSL δεν είναι και το απόλυτο μέσο σύνδεσης, οι ασύρματες τεχνολογίες και πολύ περισσότερο οι δορυφορικές συνδέσεις δημιουργούν νέες μεγάλες προσδοκίες. Ένα παράδειγμα είναι η τεχνολογία GPRS, που έχει ήδη εμφανισθεί στην ελληνική αγορά και βελτιώνει εντυπωσιακά την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Το τελευταίο σύνορο του internet, είναι σίγουρα στο Διάστημα και στο δορυφορικό Internet. Οι ταχύτητες με τον δορυφόρο είναι εκπληκτικές: μπορούν θεωρητικά να φθάσουν ακόμα και τα 8,8 GB το δευτερόλεπτο.

## 2. Επιλογές Δορυφορικό internet

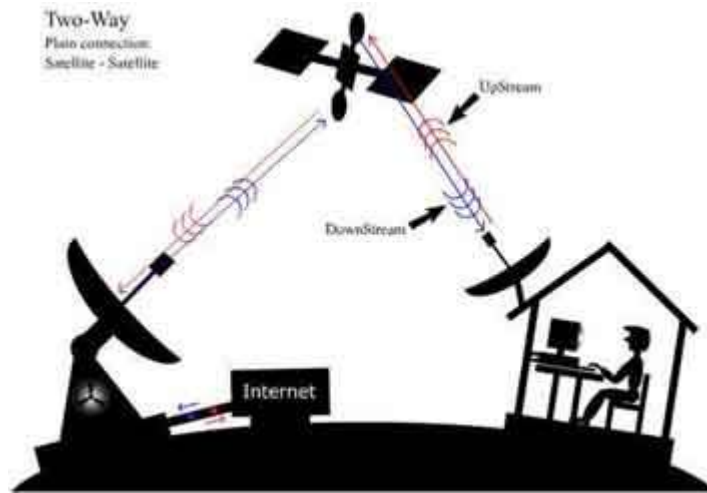
Στο δορυφορικό internet, οι εντυπωσιακές ταχύτητες downloading, δεν αφήνουν αδιάφορο κανένα χρήστη του. Πολλές εταιρίες προσφέρουν υψηλής ταχύτητας (broadband) Internet, μέσω δορυφόρου με δυο τρόπους.



Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση

Ο **πρώτος** τρόπος είναι η μονόδρομη δορυφορική σύνδεση που επιτρέπει μόνο downloading. Πρόκειται δηλαδή για έναν συνδυασμό επίγειας και δορυφορικής σύνδεσης. Ο χρήστης, ανεξάρτητα του τι επίγεια σύνδεση διαθέτει πρέπει να εφοδιασθεί με το ειδικό δορυφορικό πιάτο και την ειδική κάρτα σύνδεσης του δέκτη με τον υπολογιστή. Στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα uploading περιορίζεται στις δυνατότητες της επίγειας σύνδεσης, όμως με την χρήση του δορυφόρου η ταχύτητα downloading μπορεί να φθάσει και τα 400 Kbps και να τα ξεπεράσει σε ορισμένες περιπτώσεις. Στην πράξη αυτό σημαίνει

ότι ένα μεγάλο αρχείο, της τάξεως των 10 MB θα "κατέβει" σε τρία, περίπου, λεπτά.



Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση

Ο **δεύτερος** τρόπος δορυφορικής σύνδεσης που ανεξαρτητοποιεί εντελώς τον χρήστη από τα επίγεια καλώδια είναι η αμφίδρομη. Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης με το διαδίκτυο λύνει κυριολεκτικά τα χέρια σε συγκεκριμένες κατηγορίες εταιρειών που θέλουν την ανεξαρτησία τους σε ότι αφορά τις επίγειες τηλεφωνικές γραμμές ή γραμμές data.

Σημαντική ανάπτυξη έχει να επιδείξει ο τομέας του δορυφορικού internet, ο οποίος απευθύνεται κυρίως σε κοινό που κατοικεί σε περιοχές στις οποίες δεν έχει δυνατότητα πρόσβασης σε επίγειες γραμμές υψηλής ταχύτητας (xDSL, t1, t3 κλπ.). Είναι δε ιδανικός για εταιρείες που διαθέτουν παραγωγικές μονάδες σε δύσβατα μέρη, όπως π.χ. ιχθυοκαλλιέργειες, κτηνοτροφικές μονάδες αλλά και για εταιρείες με μεγάλη γεωγραφική διασπορά που έχουν ανάγκη από ένα αξιόπιστο intranet δίκτυο.

Το δορυφορικό Internet όχι μόνο είναι ελκυστικό για ιδιώτες και για επιχειρήσεις, αλλά και παρέχεται σήμερα σε κάθε ενδιαφερόμενο, αφού υπάρχουν στη χώρα μας αρκετές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον συγκεκριμένο χώρο. Φυσικά, ολοένα παρουσιάζονται και δοκιμάζονται νέες

τεχνολογίες που προσφέρονται να λύσουν διά παντός το πρόβλημα του εύρους ζώνης και της ταχύτητας.

### 3. Τροποι σύνδεσης

Μέσα σε λίγα χρόνια, οι απαιτήσεις των τελικών χρηστών Internet για μεγαλύτερο bandwidth γιγαντώθηκαν. Ο όγκος των πληροφοριών που διακινεί ένας τυπικός χρήστης αυξήθηκε σημαντικά, καθώς σε αυτές περιλαμβάνονται εκτός από κείμενα, ογκώδη προγράμματα και αρχεία ήχου ή video. Παράλληλα, σε εφαρμογές streaming media η χωρητικότητα του επικοινωνιακού διαύλου είναι καθοριστική. Μια τέτοια λύση αποτελεί το δορυφορικό Internet, το οποίο αξιοποιεί τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους για τη μετάδοση δεδομένων απευθείας στους υπολογιστές των τελικών χρηστών.

Τα δεδομένα που λαμβάνει ο χρήστης δορυφορικού Internet μεταδίδονται από κάποιον επίγειο σταθμό βάσης στο δορυφόρο, ο οποίος με τη σειρά του τα μεταδίδει στον τελικό προορισμό τους. Ο χρόνος που μεσολαβεί από την αρχή μέχρι το τέλος αυτής της διαδικασίας ονομάζεται "καθυστέρηση" ή αλλιώς latency. Επειδή η απόσταση που διανύει το τηλεπικοινωνιακό σήμα είναι πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα, η καθυστέρηση είναι υπολογίσιμη και μεγαλώνει όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση του δορυφόρου από τη Γη. Εντούτοις, ακόμα και στην περίπτωση των γεωστατικών δορυφόρων είναι μικρό κλάσμα του δευτερολέπτου. Τα προαναφερόμενα, όμως, αποτελούν λεπτομέρειες για τη συντριπτική πλειονότητα των χρηστών, τη στιγμή μάλιστα που αυτοί έχουν στη διάθεσή τους εκπληκτικές ταχύτητες downloading, της τάξεως των 400Kbps ή και παραπάνω!

Οι λόγοι που αναφερόμαστε σχεδόν αποκλειστικά στο downloading είναι δύο. Πρώτον, έχει παρατηρηθεί ότι ο κύριος όγκος των πληροφοριών που διακινεί κάποιος χρήστης στο Internet απαρτίζεται από πληροφορίες που λαμβάνει και όχι που αποστέλλει. Αρα, αν υπάρχει ικανοποιητικό bandwidth για

τη λήψη δεδομένων, η συνολική απόδοση επιταχύνεται σημαντικά. Ο δεύτερος λόγος αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων μέσω δορυφόρου έχει υψηλό κόστος για τον απλό χρήστη.

Τρεις είναι οι βασικές επιλογές για την απόκτηση σύνδεσης στο διαδίκτυο μέσω των ουρανών:

### **1. σύνδεση unicast**

Πλοήγηση στο internet με λήψη δεδομένων από δορυφόρο και αποστολή δεδομένων μέσω συμβατικής dialup ή Isdn σύνδεσης.

### **2. σύνδεση multicast**

Όπου ο εκάστοτε provider αποστέλλει για λήψη από ομάδα ή όλους τους συνδρομητές του συγκεκριμένων προγραμμάτων ή αρχείων χωρίς δυνατότητα real time surfing (εδώ δεν απαιτείται πάντα επίγεια αμφίδρομη σύνδεση)

### **3. σύνδεση two way satellite internet**

Όπου αποστολή και λήψη δεδομένων γίνεται αποκλειστικά μέσω δορυφόρου. Στις δύο πρώτες περιπτώσεις ο εξοπλισμός είναι σχετικά φθηνός και η εγκατάσταση απλή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο εξοπλισμός είναι πολύ ακριβός και η εγκατάσταση απαιτεί ειδικά μηχανήματα ρύθμισης.

## **3.1 Unicast**

Η πιο συνηθισμένη μορφή δορυφορικού internet. Από το δορυφόρο λαμβάνουμε μόνο δεδομένα, ενώ χρειάζεται να έχουμε υποχρεωτικά και συμβατική σύνδεση με το δίκτυο, προκειμένου να αποστείλουμε δεδομένα συμπεριλαμβανομένων των «πακέτων» αιτήσεων λήψης δορυφορικών δεδομένων). Η ταχύτητα λήψης δεδομένων μπορεί να φτάσει ή και να ξεπεράσει ακόμα και τα 2Mbps αλλά συνήθως κυμαίνεται στους περισσότερους provider από 256KBps έως 512KBps, με κανονικές τιμές. Με τη σύνδεση αυτή γίνεται real time surfing στο internet και οι σελίδες κατεβαίνουν συνήθως εν ριπή οφθαλμού,

αν και με μικρή καθυστέρηση στην πρώτη ανταπόκριση (λόγω του ότι η αίτηση στέλνεται μέσω επίγειου provider και την επεξεργάζονται μετά οι server της δορυφορικής εταιρίας, το ping είναι κάπως μεγαλύτερο από τις συνήθεις επίγειες συνδέσεις).

Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ένα δορυφορικό πιάτο στραμμένο στο δορυφόρο και ένας δορυφορικός δέκτης για ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος θα λαμβάνει τα δεδομένα. Επιτραπέζιοι δορυφορικοί δέκτες δεν κάνουν για αυτή τη σύνδεση. Στις συνδέσεις Unicast, λειτουργούν οι περισσότερες υπηρεσίες (http/web, ftp, pop3, https) αλλά όχι προγράμματα peer-to-peer (τύπου Napster ή Kazaa/Morpheus/WinMX κλπ.).

### 3.2 Multicast

Η σύνδεση αυτή είναι μια παραλλαγή της unicast και συνήθως προσφέρεται ως επιπλέον δώρο στις συνδρομές. Ο provider στέλνει αρχεία και προγράμματα μέσω του δορυφόρου, τα οποία μπορούν να τα κατεβάσουν όλοι οι συνδρομητές του (ή ομάδες συνδρομητών του). Τα αρχεία αυτά μπορεί να τα επιλέγει η ίδια η εταιρία, ή μπορεί να τα ζητά ο κάθε χρήστης ξεχωριστά. Πλεονέκτημα της σύνδεσης αυτής για την εταιρία είναι το ότι με ένα μόνο stream εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες της, σε αντίθεση με το unicast όπου κάθε χρήστης καταλαμβάνει και από ένα μέρος της χωρητικότητας του αναμεταδότη. Για το λόγο αυτό, στις multicast εκπομπές οι ταχύτητες είναι συνήθως πολύ υψηλές και φτάνουν ή ξεπερνούν τα 1 με 2 MBps! Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ο ίδιος με τη unicast σύνδεση, ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητη η επίγεια σύνδεση (όταν βέβαια τα αρχεία τα επιλέγει ο ίδιος ο provider).



### 3.3 Unicast Download

Ένας συνδυασμός unicast και multicast τον οποίο παρέχει κυρίως η εταιρία EuropeOnLine αναφέρεται στη δυνατότητα παραγγελίας αρχείων και «κατεβάσματος» αυτών στον υπολογιστή . Η εκπομπή των αρχείων δεν γίνεται αμέσως αλλά σε κάποιο χρονικό διάστημα αργότερα. Με ορισμένα προγράμματα, οι εκπομπές αυτές, αν και προστατεύονται συνήθως, μπορούν να γίνουν ορατές και από τους υπόλοιπους χρήστες και να λαμβάνουν και άλλοι τα αρχεία που ένας χρήστης έχει παραγγείλει (π.χ. ταινίες ή μουσικά κομμάτια). Για τη σύνδεση αυτή χρειάζεται ο εξοπλισμός των προηγούμενων παραδειγμάτων με υποχρεωτική την επίγεια dialup σύνδεση, μόνο για το κομμάτι της παραγγελίας των αρχείων.

### 3.4 Two way satellite internet

Ο πιο πρόσφατος τρόπος χρήσης internet μέσω δορυφόρου για το ευρύ κοινό, αποτελεί και τον ακριβότερο και πιο δύσχρηστο. Απαιτείται ειδικό πιάτο/LNB (VSAT satellite dish) και ειδική κάρτα PCI εκπομπής λήψης. Στις υπηρεσίες αυτές σπανίως συναντά κανείς flat rate ενώ η τιμή συνδρομής είναι αρκετά ακριβότερη από αυτήν του μονόδρομου δορυφορικού internet. Η υλοποίηση της δορυφορικής εγκατάστασης επίσης, πρέπει να γίνει από εξειδικευμένο προσωπικό με ειδικά όργανα προκειμένου να επιτυγχάνεται η τέλεια επικοινωνία με το δορυφόρο. Αν για κάποιο λόγο το πιάτο δεν είναι σωστά κεντραρισμένο ή υπάρχουν προβλήματα εκπομπής, τότε ο δορυφόρος λαμβάνει παράσιτα ή θόρυβο, πράγμα που είναι δυνατόν να μπλοκάρει όλους τους χρήστες που χρησιμοποιούν τον ίδιο receiver ή transponder.

## 4. Πραγματοποίηση σύνδεσης

### 4.1 Μονόδρομη μεταφορά δεδομένων

Όπως προαναφέραμε, η απλούστερη περίπτωση σύνδεσης είναι αυτή της **μονόδρομης μεταφοράς δεδομένων** (one Way Satellite Internet), κατά την οποία ο χρήστης μπορεί να κατεβάζει δεδομένα από το δορυφόρο, αλλά δεν μπορεί να στείλει δεδομένα κατευθείαν σε αυτόν. Έτσι, η αίτησή του για το άνοιγμα μιας σελίδας στο Internet, για την αποστολή και λήψη e-mail ή για τη λήψη κάποιου αρχείου πραγματοποιείται με την παραδοσιακή και απλή σύνδεση dial up, που διατηρεί σε κάποια εταιρεία παροχής υπηρεσιών Internet (ISP). Ο χρήστης λοιπόν, δεν θα αποχωριστεί τον ήχο του παραδοσιακού modem του.



Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται και στην περίπτωση της σύνδεσης μέσω δορυφόρου είναι το TCP/IP. Αυτό σημαίνει ότι οι αιτήσεις του χρήστη για το κατέβασμα ενός αρχείου ή το άνοιγμα κάποιας ιστοσελίδας χωρίζονται σε πακέτα, καθένα από τα οποία περιέχει πληροφορίες για τη διεύθυνση IP του υπολογιστή του. Ο ISP με τον οποίο επικοινωνεί μέσω modem ο χρήστης, μπορεί να διαθέτει το δικό του δορυφορικό "πιάτο" που επιτρέπει την απευθείας σύνδεση με το δορυφόρο, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο. Αν ο ISP δεν διαθέτει δορυφορική κεραία, στέλνει την κλήση του χρήστη μέσω των γραμμών μεταφοράς δεδομένων στο server της εταιρείας που έχει μισθώσει κάποιο φάσμα (κομμάτι) από το εύρος συχνοτήτων ενός δορυφόρου. Τα δεδομένα χωρίζονται

σε πακέτα, τα οποία διαθέτουν τη διεύθυνση IP του χρήστη που πραγματοποίησε την κλήση. Αν τα δεδομένα βρίσκονται ήδη στον server της εταιρείας που έχει πρόσβαση στο δορυφόρο, αποστέλλονται άμεσα στο χρήστη, ενώ στην αντίθετη περίπτωση αναζητούνται προηγουμένως στον ευρύτερο χώρο του Internet. Τα πακέτα δεδομένων που αναφέραμε προηγουμένως αποστέλλονται στο δορυφόρο και εκπέμπονται στην επιφάνεια της Γης που αυτός καλύπτει. Ο εξοπλισμός που έχει στην κατοχή του ο χρήστης ξεχωρίζει ποια πακέτα περιέχουν την προσωπική διεύθυνση IP του και ολοκληρώνει τη διαδικασία της προώθησής τους στον υπολογιστή.

Στην περίπτωση που ο ISP διαθέτει τη δική του δορυφορική κεραία αλλά τα δεδομένα που ζήτησε ο χρήστης δεν βρίσκονται στον server του, προωθεί την κλήση του χρήστη στην εταιρεία που έχει μισθώσει κάποιο κομμάτι από το εύρος συχνοτήτων του δορυφόρου και εκείνη στη συνέχεια, αφού τα εντοπίσει (ή στον server της ή στον ευρύτερο χώρο του Internet), τα αποστέλλει μέσω δορυφόρου στον υπολογιστή του χρήστη. Οπότε αν τα δεδομένα βρίσκονται στον server του ISP, εκείνος με τη σειρά του τα προωθεί απευθείας στον υπολογιστή του χρήστη μέσω της δικής του κεραίας, παρακάμπτοντας την εταιρεία που έχει "ναυλώσει" το δορυφόρο.



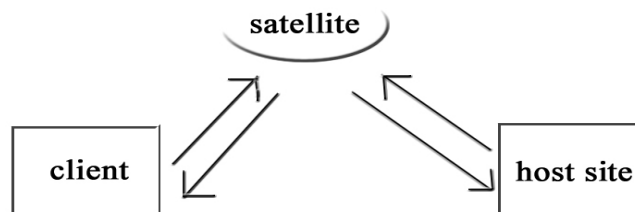
Μονοδρομη μεταφορά δεδομένων

## 4.2 Αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων

Μέσω δορυφόρου, όμως, υπάρχει η δυνατότητα και **αμφίδρομης μεταφοράς δεδομένων** (Two Way Satellite Internet). Στην περίπτωση αυτή ο

δορυφόρος χρησιμοποιείται όχι μόνο για το Downloading δεδομένων αλλά και για το Uploading, ενώ το κόστος προμήθειας του εξοπλισμού αλλά και το ύψος της μηνιαίας συνδρομής δείχνουν σαφώς ότι πρόκειται για επαγγελματικές λύσεις που απευθύνονται κατά κύριο λόγο σε επιχειρήσεις.

Στα συστήματα αμφίδρομης μεταφοράς δεδομένων δεν υπάρχει ανάγκη σύνδεσης με κάποιο "παραδοσιακό" ISP, διότι κατέχει δύο κανάλια επικοινωνίας με τον δορυφόρο, ένα για λήψη και ένα για μετάδοση. Έτσι ο χρήστης μπορεί να επικοινωνεί χωρίς μεσολαβητή στο host site που επιθυμεί (απαιτείται βέβαια να έχει και αυτό δορυφορική σύνδεση για να πετύχει μεγάλες ταχύτητες).



Αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων

## 5. Ο απαραίτητος εξοπλισμός

Σε σχέση με τις συνηθισμένες λύσεις PSTN και ISDN εξοπλισμός που απαιτείται για τη σύνδεση με το Internet μέσω δορυφόρου διαφέρει.

### 5.1 Μονόδρομη δορυφορική σύνδεση

Για τη **μονόδρομη δορυφορική σύνδεση** χρειαζόμαστε την απαραίτητη κάρτα δορυφορικής λήψης και το δορυφορικό "πίατο". Οι κάρτες αυτού του είδους χρησιμοποιούν το δίαυλο PCI για τη σύνδεσή τους με τον υπολογιστή και συνήθως διαθέτουν κύκλωμα δορυφορικής τηλεόρασης, οπότε έχουμε τη δυνατότητα παρακολούθησης όλων των διαθέσιμων δορυφορικών καναλιών που εκπέμπει ο τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος από τον οποίο θα λαμβάνει τα

δεδομένα στον υπολογιστή μας. Το δορυφορικό πιάτο, που αποτελεί το μέσο για να αποστείλουμε ή να λάβουμε σήμα από το δορυφόρο, θα πρέπει να διαθέτει διάμετρο τουλάχιστον 1,20 με 1,40 μέτρα. Αν χρησιμοποιήσουμε "πιάτο" μικρότερης διαμέτρου, υπάρχει περίπτωση να λαμβάνουμε δεδομένα με ταχύτητες που δεν θα ξεπερνούν εκείνη της σύνδεσης ISDN των 128Kbps.. Προτιμότερη και ιδιαίτερα αξιόπιστη λύση είναι ένα παραβολικό πιάτο με διάμετρο κοντά στα 1,40 μέτρα. Ακόμα και με πυκνά νέφη ή βροχή το παραβολικό "πιάτο" είναι πιο αξιόπιστο. Όπως ήδη αναφέραμε, απαραίτητη θα είναι η ύπαρξη modem και σύνδεσης με κάποια εταιρεία παροχής υπηρεσιών Internet. Πάντως, οι περισσότερες λύσεις δορυφορικού Internet παρέχονται από συγκεκριμένες εταιρείες υπό τη μορφή πακέτου που περιλαμβάνει σχεδόν όλα όσα αναφέραμε.

## 5.2 Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση

Για την **αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση** χρειαζόμαστε κάποια διαφορετικά εξαρτήματα, με αυτά που αναφέραμε παραπάνω, διότι γίνεται μια πιο πολύπλοκη διαδικασία. Το δορυφορικό πιάτο, το οποίο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1,20εκ, είναι απαραίτητο. Επάνω στην βάση του πιάτου "κοιτάζοντας το" είναι τοποθετημένη η RFU η οποία λαμβάνει και στέλνει το σήμα από και προς τον δορυφόρο. Θα πρέπει να έχουμε εξοπλιστεί και με ένα PES (Personal Earth Station) το οποίο αναλαμβάνει να γνωρίζει τις συντεταγμένες του δορυφόρου την τοποθεσία της κεραίας μας, την συχνότητα και την δύναμη του σήματος, καθώς μας δίνει και διάφορες πληροφορίες για το σήμα, όπως τον λόγο σήμα προς θόρυβο. Οπότε το PES είναι μια απαραίτητη μονάδα για την υλοποίηση της επικοινωνίας μας. Τέλος πρέπει να έχουμε ένα SPECTRUM ANALYSER για να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στην κεραία και να κεντραριστεί σωστά με τον δορυφόρο. Σε περίπτωση που δεν έχει ρυθμιστεί

σωστά η κεραία όχι μόνο έχουμε μικρότερη ταχύτητα ή και καθόλου αλλά επηρεάζουμε και τους υπόλοιπους σταθμούς.

## 6. Υλοποίηση στην πράξη

### 6.1 Μονοδρομη δορυφορική σύνδεση

Για να θέσουμε σε λειτουργία όσα προαναφέραμε και να τα δούμε στην πράξη δεν είναι δύσκολο. Χρειάζονται μόνο κάποιες βασικές γνώσεις. Στο παράδειγμα που ακολουθεί θα εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η εγκατάσταση της κάρτας DVB στον υπολογιστή, τόσο σε hardware όσο και σε software επίπεδο (σε περιβάλλον Windows 2000 Professional), και τις αναγκαίες ρυθμίσεις για την πλήρη αξιοποίηση του δορυφορικού Internet. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι μερικές εταιρείες δεν προσφέρουν κάρτα DVB αλλά εξωτερική συσκευή, η οποία συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω του διαύλου USB. Στην προκειμένη περίπτωση το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η εγκατάσταση της συσκευής και οι υπόλοιπες ρυθμίσεις στα Windows παραμένουν ίδιες.

Καταρχήν, οποιαδήποτε επέμβαση στο εσωτερικό του υπολογιστή θα πρέπει να πραγματοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή. Ο στατικός ηλεκτρισμός είναι ο μεγάλος κίνδυνος των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή τους. Ο υπολογιστής θα πρέπει να βρίσκεται εκτός λειτουργίας και αποσυνδεδεμένος με ηλεκτρικό ρεύμα για την αποφυγή ατυχημάτων. Ξεβιδώνοντας τον υπολογιστή θα πρέπει να αναζητήσουμε κάποιο ελεύθερο PCI slot για την τοποθέτηση της κάρτας DVB. Θα πρέπει η κάρτα να τοποθετηθεί σε όσο είναι δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με τις υπόλοιπες κάρτες του υπολογιστή για την αποφυγή παρεμβολών. Έπειτα στο πίσω τμήμα της κάρτας διακρίνουμε την υποδοχή στην οποία συνδέεται το καλώδιο που "έρχεται" από το δορυφορικό κάτοπτρο. Προσεκτικά τοποθετούμε

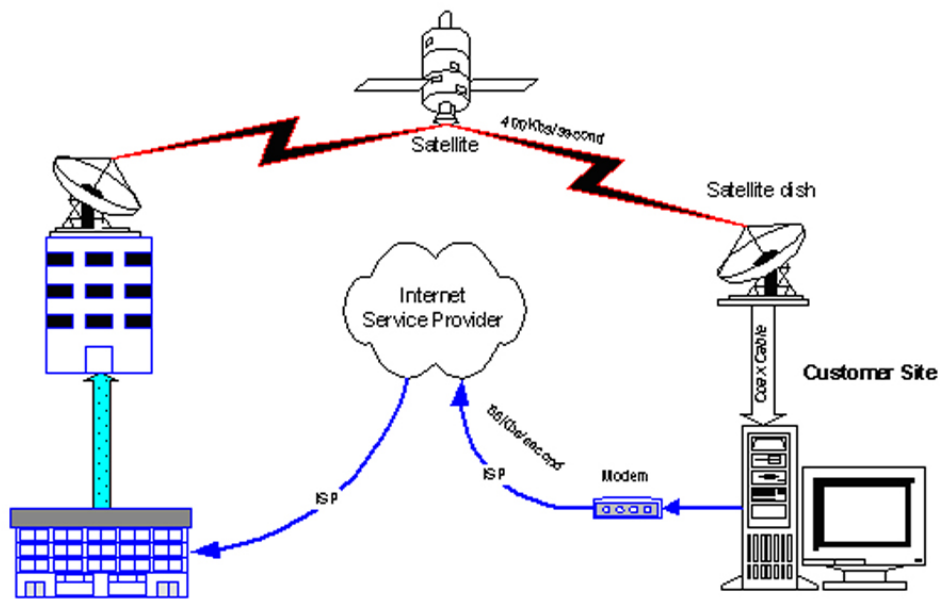
τον connector του καλωδίου στην υποδοχή της κάρτας. Με την είσοδο στο λειτουργικό σύστημα, τα Windows αντιλαμβάνονται τη νέα συσκευή και εμφανίζεται ο εύχρηστος hardware Wizard στον οποίο θα δώσουμε τη θέση του driver για την εγκατάσταση της κάρτας. Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης των drivers θα πρέπει να εγκαταστήσουμε την απαραίτητη εφαρμογή για να χρησιμοποιηθεί η κάρτα DVB ως modem client και να εισάγουμε τις αναγκαίες ρυθμίσεις. Οι τιμές τις οποίες θα πρέπει να εισάγουμε είναι το RF σήμα εισόδου, τη συχνότητα του LNB, την polarity και το φάσμα συχνοτήτων. Το επόμενο βήμα είναι η εγκατάσταση της εφαρμογής με την οποία πραγματοποιείται βελτιστοποιημένη διαχείριση του παρεχόμενου bandwidth, συμπίεση και γενικότερα καλύτερη χρήση του δορυφορικού δικτύου.

Στη συνέχεια δημιουργούμε εικονική σύνδεση (Virtual Private Network Connection) με την εταιρεία που παρέχει το δορυφορικό Internet. Επειδή αναφερόμαστε σε μονόδρομο δορυφορικό Internet, η ύπαρξη ενός modem και μίας dial-up ή ISDN σύνδεσης είναι αναγκαία. Στην VPN σύνδεση καλούμαστε να ορίσουμε τον προορισμό της, δηλαδή το όνομα (host name) ή την IP διεύθυνση του υπολογιστή ή του δικτύου με το οποίο συνδεόμαστε.

Στο επόμενο στάδιο θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε ρυθμίσεις στον browser που χρησιμοποιούμε, και να επιλέξουμε την VPN σύνδεση όπου θα της ορίσουμε τα προσωπικά στοιχεία μας (username και password), τα οποία τα γνωρίζουμε από το παροχέα δορυφορικού Internet. Στη συνέχεια καθορίζουμε τον proxy server που χρησιμοποιείται. Εισάγουμε για κάθε τύπο server (HTTP, Secure, FTP και Socks) την κατάλληλη proxy διεύθυνση και το κατάλληλο port.

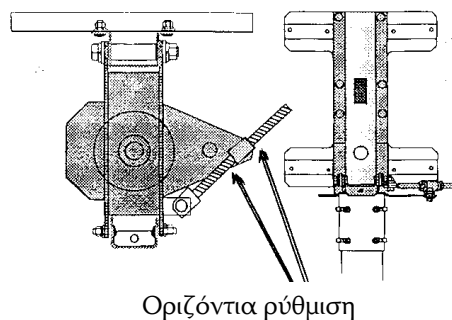
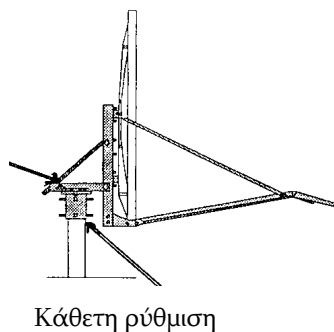
Μετά τις προαναφερόμενες ρυθμίσεις είμαστε έτοιμοι να χρησιμοποιήσουμε τη δορυφορική σύνδεσή, χωρίς όμως να αποχωριστούμε την επίγεια. Οπότε πρέπει να εκκινήσουμε την εφαρμογή την οποία χρησιμοποιεί την κάρτα ως συσκευή modem client. Η εφαρμογή ξεκινά και η κάρτα DVB επικοινωνεί με το κάτοπτρο και ξεκινά η διαπραγμάτευση του κατόπτρου με το

δορυφόρο. Όταν βρεθεί το σήμα, τότε "κλειδώνει", έχοντας επιτευχθεί ένα σημαντικό τμήμα της δορυφορικής επικοινωνίας. Στη συνέχεια θα πρέπει να συνδεθούμε επίγεια με το Internet χρησιμοποιώντας την dial-up ή ISDN σύνδεση που διαθέτουμε. Το τελευταίο βήμα είναι η επικοινωνία με τον παροχέα χρησιμοποιώντας τη σύνδεση VPN. Είμαστε πλέον έτοιμοι να απολαύσουμε το ταχύτατο downloading που προσφέρει το μονόδρομο δορυφορικό Internet.



## 6.2 Αμφίδρομη δορυφορική σύνδεση

Για την υλοποίηση της αμφίδρομης δορυφορικής σύνδεσης εγκαθιστούμε την δορυφορική κεραία (συνήθως στην ταράτσα της οικίας). Η κεραία πρέπει να είναι στραμμένη προς την μεριά του δορυφόρου.

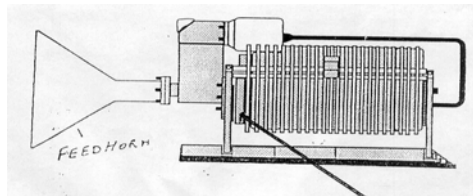




Έπειτα αφού βιδώσουμε καλά την βάση της κεραίας και την RFU φτάνουμε στο σημείο της ρύθμισης της. Χρησιμοποιώντας το spectrum analyzer ρυθμίζουμε την κεραία

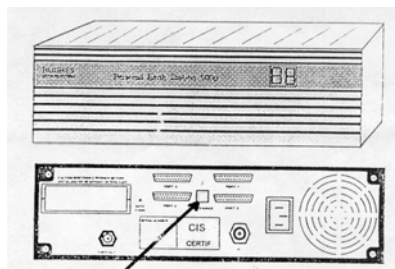
- Κατά κάθετη γωνία
- Κατά οριζόντια γωνία
- Κατά περιστροφής (της RFU)

Σε αυτό το στάδιο μπορεί να γίνει η ρύθμιση και με μια συσκευή GPS σε συνδυασμό με ένα πολύμετρο, ώστε να γνωρίζουμε τις συντεταγμένες τις κεραίας ακριβώς και να μπορούμε να περιστρέψουμε την RFU σύμφωνα με τα volt που μας δείχνει το πολύμετρο.



Test point της RFU

Καθώς περιστρέφουμε την RFU πρέπει να κοιτάμε και τις αλλαγές που γίνονται στο PES, οπός EB/no (λόγο σήματος προς θόρυβο ) ώστε να πετύχουμε τις σωστές μέτρησης, και η κεραία να είναι στραμμένη κατευθείαν στον δορυφόρο μας και στο συγκεκριμένο εύρος ζώνης που απευθύνετε σε εμάς. Βέβαια αυτός ο τρόπος δεν συνιστάτε όταν μπορούμε να έχουμε έναν spectrum analyzer. Για να μπορούμε να προγραμματίσουμε το PES και να παρακολουθούμε διάφορες χρήσιμες πληροφορίες για την σωστή σύνδεση, το συνδέουμε με έναν υπολογιστή και χρησιμοποιούμε κάποιο software.

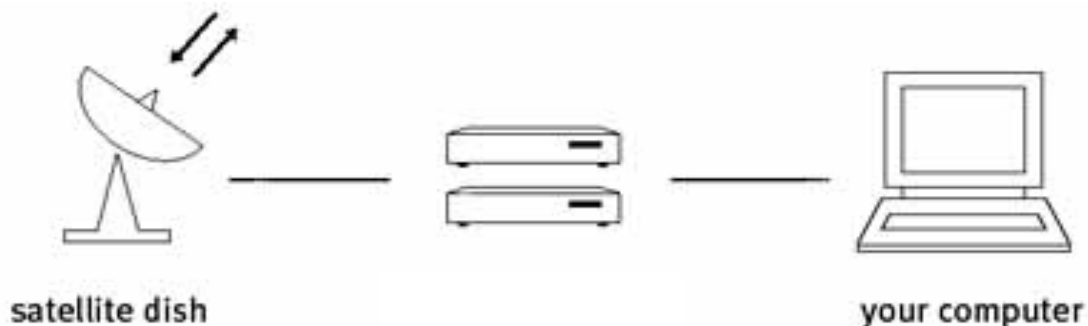


Test port του PES (Personal Earth Station)

Αφού κάναμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις στην κεραία, συνεχίζουμε με την εγκατάσταση του PES. Από την RFU 'φεύγουν' δυο καλώδια τα οποία συνδέονται στο PES, και χρησιμεύουν στην αποστολή και λήψη δεδομένων. Στο PES πρέπει να κάνουμε τις ακόλουθες ρυθμίσεις, να εισάγουμε

- Συντεταγμένες του δορυφόρου (γεωγραφικό πλάτος – γεωγραφικό μήκος)
- Συντεταγμένες βάσης της RFU
- Εύρος MSB – LSB (Most S Bit – Less S Bit)
- Συχνότητα

Στην συνέχεια συνδέουμε το PES με τον υπολογιστή και μετά από την απαραίτητη ρύθμιση του λογισμικού, είμαστε έτοιμοι να θέσουμε σε λειτουργία την επικοινωνία μας.



## 7. Ταχύτητα και παράγοντες που την επηρεάζουν.

Χρησιμοποιώντας τους δορυφόρους απολαμβάνουμε ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων που μπορούν σε ιδανικές περιπτώσεις να φθάσουν τα 400 ή ακόμα και τα 500Kbps! Οι αριθμοί μπορεί να μοιάζουν εξωπραγματικοί και ιλιγγιώδεις, αλλά είναι εφικτοί κυρίως από μεγάλες εταιρείες και χρήστες που διαθέτουν σύγχρονο και ακριβό εξοπλισμό. Οσο αφορά πάντως στον απλό χρήστη, το διαθέσιμο bandwidth μπορεί να αλλάζει από στιγμή σε στιγμή, ανάλογα με τον αριθμό των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι, αφού μοιράζεται μεταξύ τους. Άλλωστε είναι ακόμη νωρίς για να εξαγάγουμε συμπεράσματα για

τις προσφερόμενες ταχύτητες, αφού οι χρήστες που έχουν πρόσβαση στο Internet μέσω δορυφόρου δεν είναι πολλοί κι έτσι δεν μπορούμε να μιλήσουμε με σιγουριά για το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Φυσικά, κάποιο ελάχιστο bandwidth παρέχεται από την εταιρεία που προσφέρει τη πρόσβαση στο Internet, αλλά και αυτό εξαρτάται από την ίδια

Επίσης, η ταχύτητα λήψης δεδομένων από το δορυφόρο είναι άμεσα εξαρτώμενη από τις κλιματολογικές συνθήκες και τη γεωφυσική διαμόρφωση του εδάφους όπου υπάρχει ο επίγειος σταθμός, δηλαδή ο υπολογιστής του χρήστη. Για παράδειγμα, η ταχύτητα λήψης μπορεί να επηρεασθεί από την καθαρότητα του ουρανού. Έτσι, όσο πιο πυκνή συννεφιά επικρατεί πάνω από μια περιοχή τόσο ασθενέστερο είναι το σήμα που λαμβάνει ο επίγειος σταθμός της περιοχής και ανάλογα μικρότερη είναι η ταχύτητα λήψης των δεδομένων.

Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα είναι η εδαφική διαμόρφωση της περιοχής. Αν σε κάποια περιοχή υπάρχουν βουνά, το σήμα του δορυφόρου μπορεί να παρεμποδίζεται, με αποτέλεσμα να μη λαμβάνει δεδομένα ένας επίγειος σταθμός που βρίσκεται εκεί. Η εδαφική διαμόρφωση της χώρας μας ενδέχεται να παρουσιάσει αρκετά προβλήματα σε κάποιους χρήστες που κατοικούν κοντά σε βουνά.

Δυστυχώς, όταν ασχολούμαστε για ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων, δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτοι ως προς τα νούμερα που τις εκφράζουν. Ενώ μιλάμε για τεράστια διαθέσιμα μεγέθη bandwidth, η κατάσταση μπορεί να αλλάξει από μια περίοδο στην άλλη. Το bandwidth δεν είναι αποκλειστικό προνόμιο κανενός. Μοιράζεται ανάλογα με τον αριθμό των χρηστών που συνδέονται με το internet την κάθε χρονική στιγμή. Βέβαια, η εγγύηση ότι ο χρήστης θα έχει κάποιο ελάχιστο bandwidth διαθέσιμο, εξαρτάται από την εκάστοτε εταιρεία.

Μια σημαντική παράμετρος του δορυφορικού Internet είναι η λεγόμενη "καθυστέρηση" (latency), δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να

πραγματοποιηθεί η μεταφορά δεδομένων από τον επίγειο σταθμό εκπομπής στο δορυφόρο και από εκεί στον επίγειο σταθμό προορισμού. Θεωρητικά η ελάχιστη καθυστέρηση με τη διαμεσολάβηση ενός γεωστατικού δορυφόρου είναι 0,24 δευτερόλεπτα, η πραγματική όμως καθυστέρηση μπορεί να είναι και τριπλάσια. Έτσι, είναι άμεσα αντιληπτή (και ενοχλητική) σε εφαρμογές όπως η τηλεφωνία μέσω Internet και η videoconference. Αυτή όμως η καθυστέρηση αποτελεί τμήμα της συνολικής καθυστέρησης, στην οποία πρέπει να συνυπολογισθεί και ο χρόνος συλλογής των δεδομένων που περιμένει ο χρήστης. Οι εταιρείες που ασχολούνται με την παροχή υπηρεσιών Internet μέσω δορυφόρων έχουν επινοήσει διάφορους τρόπους για να ελαχιστοποιήσουν αυτήν την καθυστέρηση. Δύο από αυτούς είναι οι "**caching**" και "**spoofing**".

Η μέθοδος **caching** είναι ουσιαστικά η προσωρινή αποθήκευση δεδομένων στους servers της εταιρείας παροχής δορυφορικού Internet. Όταν ο χρήστης ζητήσει κάποια δεδομένα, όλοι οι servers της εταιρείας ελέγχουν μήπως αυτά υπάρχουν ήδη αποθηκευμένα σε αυτούς. Αν υπάρχουν ήδη, η απάντηση στο χρήστη είναι άμεση, αν όχι, τότε πραγματοποιείται αναζήτηση στον ευρύτερο χώρο του Internet. Όταν τα δεδομένα βρεθούν, αποθηκεύονται προσωρινά σε κάποιον server, ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμα σε περίπτωση που ζητηθούν από κάποιον άλλο χρήστη.

Ένα πακέτο δεδομένων, επίσης, που διαθέτει διεύθυνση IP φθάνει επιτυχώς στον προορισμό του μόνο αν το προηγούμενο πακέτο έχει ήδη φτάσει στον server επιτυχώς. Αυτό σημαίνει ότι για να παραδοθούν δύο συνεχόμενα πακέτα δεδομένων σε έναν προορισμό μεσολαβεί πάντα κάποιος απαιτούμενος χρόνος. Το **spoofing** "ξεγελάει" το σύστημα στέλνοντας ένα Ψεύτικο σήμα ότι το πρώτο πακέτο έχει ήδη φθάσει στον προορισμό του κι έτσι το δεύτερο ξεκινάει τη διαδρομή του άσχετα με την τύχη του προηγούμενου. Με τη συγκεκριμένη τεχνική ελαχιστοποιείται ο χρόνος που χρειάζεται για την αποστολή δύο ή και περισσότερων συνεχόμενων πακέτων.

Για τη βελτίωση της ταχύτητας κάποιες εταιρείες χρησιμοποιούν ειδικό λογισμικό στους διακομιστές τους, το οποίο κ:καταλαβαίνει τη γλώσσα HTML. Όταν δέχονται κάποια αίτηση για μια σελίδα, τη σκανάρουν αυτόματα, ώστε, αν υπάρχουν φωτογραφίες, η αποστολή τους ξεκινά με την αποστολή της υπόλοιπης σελίδας. Στους συμβατικούς διακομιστές ο browser είναι αυτός που ζητεί, εκ των υστέρων, την αποστολή των τυχόν ενσωματωμένων αντικειμένων.

Το θέμα της διόρθωσης λαθών είναι και αυτό ένας προβληματισμός. Οι φορείς υπηρεσιών δορυφορικής πρόσβασης το λαμβάνουν σοβαρά υπόψη και μάλιστα υποστηρίζουν ότι με τη μέθοδο spoofing που χρησιμοποιούν ελαχιστοποιούν τον αριθμό των μεταφορών από και προς το δορυφόρο, οπότε περιορίζουν ουσιαστικά την δημιουργία επιπρόσθετων λαθών .

Τέλος, αρκετά σημαντικό θέμα είναι και αυτό της ασφάλειας των δεδομένων . Το ταξίδι τους στο Διάστημα δεν εμπνέει το αίσθημα της σιγουριάς που θα έπρεπε, αφού ο καθένας που θέλει να κάνει τη ζημιά του πιθανότατα μπορεί. Βέβαια, οι εταιρείες υπηρεσιών δορυφορικού Internet μιλούν για μεθόδους κρυπτογράφησης ( encryption ), αλλά δεν είναι συγκεκριμένες. Κάτι αντίστοιχο ισχύει βέβαια και στις επίγειες. Η χρήση δορυφόρων για την πρόσβαση στο Internet δεν μπορούμε να πούμε ότι θα λύσει μια και καλή τα προβλήματα ταχύτητας που αντιμετωπίζουμε κατά τη σύνδεση μας. Υπάρχουν σημεία που μπορούν να βελτιωθούν ακόμα περισσότερο, αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το δορυφορικό Internet είναι αυτό που θα επικρατήσει τελικά. Από ότι θα φανεί και στη συνέχεια, καμιά τεχνολογία από αυτές που υπάρχουν δεν επιχειρεί να ανταγωνιστεί την άλλη. Λειτουργούν μάλλον συμπληρωματικά, αφού καθεμιά προσπαθεί με το δικό της τρόπο να δώσει λύση στο τεράστιο θέμα της ταχύτητας-πρόσβασης

## 8. Το δορυφορικό Internet στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια αρκετές εταιρείες που προσφέρουν δορυφορικές συνδέσεις έχουν εμφανιστεί και στην Ελλάδα. Οι περισσότερες από αυτές αποτελούν θυγατρικές ξένων εταιρειών, όπως η Ideal Telecom, που αποτελεί τον ελληνικό αντιπρόσωπο της Loral Orion (<http://www.loralorion.net/>). Παρόμοιες δραστηριότητες στη σχεδίαση και υλοποίηση δορυφορικών δικτύων εμφανίζουν και οι εταιρείες Space Hellas (<http://www.space.gr>) και European Dynamics (<http://www.eurodyn.gr>).

Σήμερα στην χώρα μας το δορυφορικό Internet βρίσκεται ακόμη στα πρώτα βήματά του, αλλά το μέλλον του προδιαγράφεται λαμπρό, κρίνει κανείς από τα δελεαστικά πακέτα σύνδεσης που προσφέρουν οι εταιρείες οι οποίες δραστηριοποιούνται στο συγκεκριμένο χώρο. Οι παρεχόμενες λύσεις χωρίζονται σε δύο ευδιάκριτες -από πλευράς κόστους και δυνατοτήτων- κατηγορίες, με την πρώτη αναφορά κατά κύριο λόγο στους τελικούς χρήστες και τη δεύτερη στις επιχειρήσεις. Στην πρώτη περίπτωση οι συνδέσεις είναι μονόδρομες και το κόστος τους είναι σχετικά μικρό, ενώ στη δεύτερη οι συνδέσεις είναι δικατευθυντήριες και έχουν αρκετά υψηλότερο κόστος. Αυτές, λοιπόν, οι λύσεις προωθούνται στην ελληνική αγορά από εταιρείες που παρουσιάζονται στις επόμενες γραμμές.

Η Com-ToNet S.A. είναι μία νεοσύστατη εταιρεία, η οποία έλαβε άδεια για την εγκατάσταση και λειτουργία δορυφορικού δικτύου από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) και ξεκίνησε την παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών δορυφορικής επικοινωνίας.

Η εταιρεία χρησιμοποιεί για την παροχή των υπηρεσιών αυτών την τεχνολογία **VSAT** (Very Small Aperture Terminals, τερματικά πολύ μικρού διαμετρήματος) της εταιρείας Gilat Satellite Networks. Η προαναφερόμενη τεχνολογία είναι σχεδιασμένη για αμφίδρομη επικοινωνία και χρησιμοποιείται

για αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων (data), για πρόσβαση στο Internet και για τηλεδιάσκεψη μέσω βίντεο. Ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, το οποίο υλοποιείται με αυτήν, αποτελείται από τα δορυφορικά μικροτερματικά VSAT, από τον κεντρικό κόμβο (hub) και από το διαθέσιμο εύρος συχνοτήτων στο δορυφόρο. Τα μικροτερματικά VSAT τοποθετούνται στις εγκαταστάσεις των χρηστών και το hub είναι τοποθετημένο στις εγκαταστάσεις της Com-ToNet. Το hub περιλαμβάνει όλα τα κεντρικά συστήματα μετάδοσης, μεταγωγής και ελέγχου όλων των εγκατεστημένων μικροτερματικών VSAT. Κάθε μικροτερματικό VSAT αποτελείται από την εσωτερική μονάδα, την εξωτερική μονάδα και την κεραία. Η εσωτερική μονάδα, η οποία τοποθετείται στο περιβάλλον εργασίας του πελάτη, περιλαμβάνει τα κυκλώματα τα οποία ενεργοποιούν την επικοινωνιακή σύνδεση ανάμεσα στο χρήστη και το δορυφόρο. Η εξωτερική μονάδα, η οποία περιλαμβάνει κεραία διαμέτρου 120εκ αναλαμβάνει τη λήψη και τη μετάδοση των σημάτων από και προς το δορυφόρο. Τα μικροτερματικά VSAT είναι ρυθμισμένα έτσι ώστε να επικοινωνούν μεταξύ τους στέλνοντας πληροφορίες στον δορυφορικό δέκτη σε μία ορισμένη συχνότητα. Ο δορυφόρος, αφού δεχθεί τις πληροφορίες των τερματικών, τις ενισχύει και τις ξαναστέλνει με διαφορετική συχνότητα. Το εύρος ζώνης (bandwidth) διαμοιράζεται κατά τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να παρέχεται σε κάθε τοποθεσία επαρκής μετάδοση δεδομένων και χρόνος απόκρισης.

Η e-Sat A.E. δραστηριοποιείται στο χώρο της υψηλής τεχνολογίας, με αντικείμενο την παροχή υπηρεσιών δορυφορικού Internet στην Ελλάδα, την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή. Οι δραστηριότητες της εταιρείας καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα υπηρεσιών δορυφορικού Internet που απευθύνονται τόσο στον απλό χρήστη όσο και σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Η εταιρεία συνεργάζεται με τους μεγαλύτερους οίκους τηλεπικοινωνιών του εξωτερικού, όπως η Eutelsat (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Δορυφορικών Τηλεπικοινωνιών), η Skyline (Αμερικανική εταιρεία που ειδικεύεται στην έρευνα και ανάπτυξη hardware και

software δορυφορικών συστημάτων) και η KPN Broadcast (Ολλανδικός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών), ενώ διαθέτει σύγχρονη υποδομή και τεχνολογικό εξοπλισμό για την εξασφάλιση άριστης ποιότητας υπηρεσιών.

Το δορυφορικό σύστημα της e-Sat βασίζεται σε σύνδεση με κορμό του διεθνούς Internet μέσω συμβατικής σύνδεσης με οποιονδήποτε ISP και στη λήψη των δεδομένων μέσω της δορυφορικής σύνδεσης, χρησιμοποιώντας δορυφορική κάρτα και δορυφορικό κάτοπτρο. Το πλεονέκτημα της δορυφορικής σύνδεσης e-Sat είναι, σύμφωνα με την εταιρεία, η ταχύτητα που επιτυγχάνεται, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 2Mbps και 50Mbps. Η λειτουργία του συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων της e-Sat αποτελείται από δύο στάδια. Όταν ο χρήστης ζητάει μία πληροφορία από το Internet, η αίτησή του μεταφέρεται από τον υπολογιστή του μέσω συμβατικής σύνδεσης στον ISP. Ο τελευταίος στη συνέχεια προωθεί την αίτηση του χρήστη στον server της e-Sat, ο οποίος επικοινωνεί με το δορυφόρο. Τελικά, ο δορυφόρος στέλνει την απάντηση στο χρήστη, οποίος τη λαμβάνει μέσω του δορυφορικού δέκτη που διαθέτει. Με λίγα λόγια, η συμβατική σύνδεση χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εξερχόμενη πληροφορία και η δορυφορική για την εισερχόμενη πληροφορία, η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερου όγκου. Η εταιρεία προσφέρει λύσεις στο χώρο του δορυφορικού Internet τόσο σε εταιρείες όσο και σε ιδιώτες, καλύπτοντας έτσι όλο το φάσμα των σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών αναγκών.

Επίσης η e-Sat έχει δημιουργήσει μια υπηρεσία που την ονομάζει Push FTP. Η υπηρεσία αυτή παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει αρχεία της αρεσκείας του από τον FTP server της εταιρίας και να τα κατεβάσει χωρίς να είναι συνδεδεμένος στο Internet. Συγκεκριμένα επιλέγει τα αρχεία, προγραμματίζει τη χρονική στιγμή που επιθυμεί να τα παραλάβει και κλείνει τη σύνδεσή του. Όταν έρθει η προγραμματισμένη ώρα, ο server της e-Sat θα αποστείλει τα αρχεία στο χρήστη, εκμεταλλευόμενος τη μεγάλη ταχύτητα του δορυφορικού Internet. Η e-Sat θα προσφέρει σύντομα στους συνδρομητές της



πρόσθετες υπηρεσίες, όπως λήψη ειδησεογραφικών και οικονομικών δεδομένων (CNN και NBC) , Video-On-Demand (VOD) για την επιλογή ταινιών από την ταινιοθήκη της e-Sat και την μέσω Internet για τη ζωντανή παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους ιδιώτες έχει η αναμενόμενη συνεργασία της e-Sat με εταιρείες παιχνιδιών, ώστε μελλοντικά να παρέχει στους συνδρομητές της τη δυνατότητα να κατεβάζουν παιχνίδια και να παίζουν σε πραγματικό χρόνο με άλλους συνδρομητές.

Η SMDData A.E. έχει ως σκοπό την υλοποίηση εξειδικευμένων ηλεκτρονικών εφαρμογών υψηλής τεχνολογίας. Εξειδικεύεται στην κατασκευή hardware και software για συστήματα αναγνώρισης (Identification Systems), όπως τερματικά αυτόματης ωρομέτρησης και παρουσίας προσωπικού με μαγνητικές κάρτες, συστήματα πρόσβασης και ελέγχου με touch memory. Οι εφαρμογές δικτύων υπολογιστών αποτελούν επίσης κύριο αντικείμενο ενασχόλησης της εταιρείας, ενώ μεγάλο βάρος δίνεται στη μελέτη και εγκατάσταση WANs (Wide Area Networks)/επιχειρησιακών δικτύων δεδομένων/φωνής κ.ά. Στοχεύοντας στις νέες, καινοτόμες τεχνολογίες, η SMDData ανέλαβε την αποκλειστική αντιπροσώπευση για την Ελλάδα και τα Βαλκάνια του συστήματος Starspeeder, το οποίο προσφέρει πρόσβαση στο Internet μέσω του δορυφόρου Europestar με ταχύτητα μέχρι 3,2Mbps. Το προαναφερόμενο σύστημα αποτελεί προϊόν συνεργασίας της CBL (Communication and Banking Equipment Luxembourg) και της EuropeStar. Το Starspeeder παρέχει τρεις υπηρεσίες, τις Satsurf, Satbroadcast Gold και Satleased.

- Η Satsurf παρέχει πρόσβαση στο Internet σε πραγματικό χρόνο, εκμεταλλεύομενη όλα τα διαθέσιμα πρωτόκολλα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κάθε συνήθη λογαριασμό πρόσβασης στο Internet και προσφέρει πολύ μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Η εταιρεία εγγυάται ελάχιστη ταχύτητα downloading 400Kbps, η οποία μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 3Mbps.

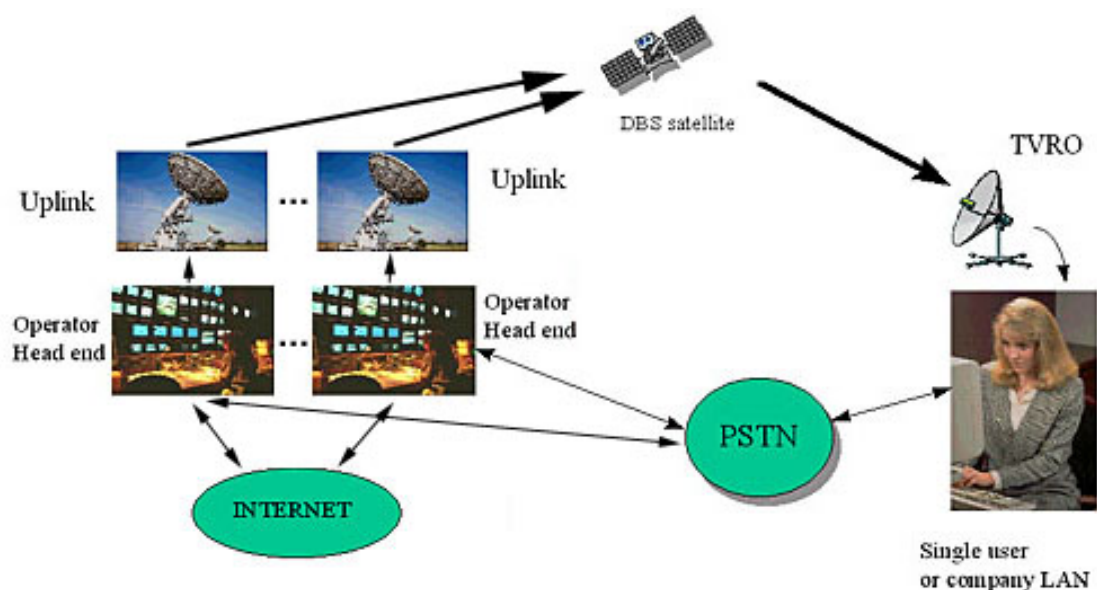
- Η Satbroadcast Gold παρέχει, εκτός από την υπηρεσία Satsurf, και

off-line σύνδεση με το δορυφόρο και το Download Center του Starspieder. Υπάρχει δυνατότητα παραγγελίας αρχείων, ενώ η ταχύτητα για κατέβασμα αρχείων αγγίζει τα 4Mbps.

- Τέλος, η Satleased προσφέρεται για εκπομπή τηλεοπτικών ή ραδιοφωνικών προγραμμάτων, καθώς και για μόνιμη αμφίδρομη σύνδεση με το δορυφόρο.

Επίσης ολοκληρωμένη λύση για Internet over Satellite, προσφέρει και το IoS που αναπτύχθηκε από την INTRACOM. Το IoS, αποτελεί μια γρήγορη, αξιόπιστη και ασφαλή μέθοδο για Unicast & Multicast μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων μέσω ενός συνδυασμού δορυφορικών αλλά και επίγειων συνδέσεων. Οι ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ανάμεσα σε δορυφόρους φθάνουν τα 31,6Mbps. Ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι: η παρουσία μηχανισμών ασφάλειας, πιστοποιημένης πρόσβασης και κρυπτογράφησης των δεδομένων, η διαχείριση των χρησιμοποιούμενων δικτύων, η παρουσία πολιτικών χρέωσης, Intelligent Caching και η συμβατότητα με υπάρχοντες δικτυακές συνδέσεις και πλατφόρμες.

Το IoS απευθύνεται σε Φορείς Παροχής Συνδρομητικών Υπηρεσιών, σε Φορείς Παροχής Υπηρεσιών Internet και σε Εταιρικά Δίκτυα τα οποία βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές. Η αρχιτεκτονική του φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



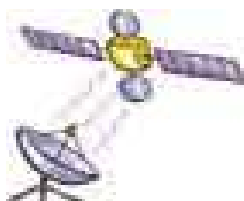
Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω σχήμα ένας ή περισσότεροι σταθμοί αποστολής δεδομένων είναι υπεύθυνοι για την επεξεργασία των αιτήσεων από τους χρήστες, την αποθήκευση συχνά χρησιμοποιούμενων δεδομένων (Caching) και την περιοδική ενημέρωσή τους, καθώς και για την επανάληψη πακέτων σε περίπτωση λάθους.

## 9. Συμπερασματικά

Το δορυφορικό Internet σήμερα αποτελεί τη μοναδική επιλογή για σύνδεση μεγάλου bandwidth στη χώρα μας.. Οι ταχύτητες που προσφέρει στον τελικό χρήστη είναι εντυπωσιακές. Η απλή σύνδεση dial-up μπορεί να προσφέρει στο χρήστη ταχύτητες ύψους 5Kbytes το δευτερόλεπτο υπό ιδανικές συνθήκες, ενώ η γραμμή ISDN 128Kbps προσφέρει ταχύτητες που μπορεί να φτάσουν τα 16Kbytes το δευτερόλεπτο. Σε αντιστάθιση η σύνδεση μέσω δορυφόρου μπορεί να προσφέρει ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (για την ακρίβεια downloading) που ξεκινούν από τα 20Kbytes ανά δευτερόλεπτο και μπορεί να αγγίξουν τα 400Kbytes ανά δευτερόλεπτο, ανάλογα με τον εξοπλισμό και την εταιρεία που προσφέρει την πρόσβαση. Φυσικά, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι, προς το παρόν, οι χρήστες του δορυφορικού Internet είναι ολιγάριθμοι και γι' αυτό καθένας τους έχει στη διάθεσή του άπλετο bandwidth. Όταν στο μέλλον ο αριθμός τους αυξηθεί σημαντικά, ενδεχομένως οι ταχύτητες να ελαττωθούν αισθητά. Για το λόγο αυτόν έχουν ιδιαίτερη αξία οι δεσμεύσεις των εταιρειών παροχής δορυφορικού Internet για την ύπαρξη μιας εγγυημένης ελάχιστης ταχύτητας downloading. Με τη δορυφορική σύνδεση μπορεί να κατεβάζει κανείς εκατοντάδες Mbytes αρχείων σε λίγα λεπτά, να παίζει απαιτητικά on-line games ή και να βλέπει με αποδεκτή ποιότητα ολόκληρες κινηματογραφικές ταινίες από sites που τις προσφέρουν στο Internet. Όσοι όμως πραγματοποιούν σημαντικό σε όγκο uploading, θα διευκολυνθούν από τη χρήση εκ παραλλήλου μιας ISDN

γραμμής. Παράλληλα με τις λύσεις μονόδρομου δορυφορικού Internet που αφορούν κυρίως στους τελικούς χρήστες, αναφερθήκαμε και σε λύσεις δικατευθυντήριου δορυφορικού Internet. Στην περίπτωση αυτή, η δορυφορική σύνδεση είναι αμφίδρομη, αν και η ταχύτητα αποστολής δεδομένων είναι αρκετά υποδιέστειρη της ταχύτητας λήψης. Οι λύσεις αυτές έχουν πολύ μεγαλύτερο κόστος εξοπλισμού και ακριβότερη μηνιαία συνδρομή. Εντούτοις, δεν πρέπει να μας διαφεύγει ότι υπάρχει δυνατότητα χρήσης της δορυφορικής σύνδεσης από περισσότερους του ενός PCs που είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο, χωρίς τη χρήση ειδικευμένων routers που θα ανέβαζαν σημαντικά το κόστος.

Εν κατακλείδι, το δορυφορικό Internet αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση για τους Έλληνες χρήστες και τις επιχειρήσεις της χώρας μας, που δεν θέλουν να περιμένουν το μέλλον, αφού ήδη το έχουν στα χέρια τους.



---

# IV

## ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ

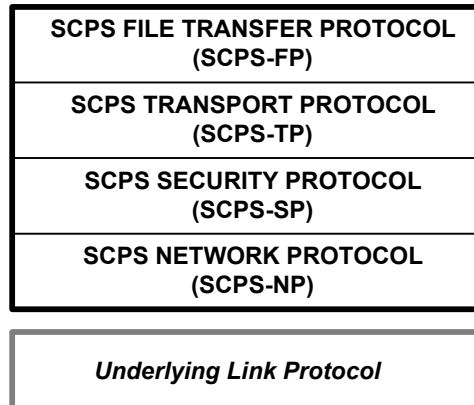
---

### 1. Περιγραφή προτύπων

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάσαμε τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών δικτύων και τις επεκτάσεις που απαιτούνται να γίνουν στο TCP πρωτόκολλο, ώστε να γίνεται αποδοτική χρησιμοποίησή του και στις δορυφορικές συνδέσεις. Αν και οι προτεινόμενες επεκτάσεις βρίσκονται στο στάδιο της πειραματικής μελέτης, είναι αναγκαία η δημιουργία ενός πρότυπου πρωτοκόλλου που να υιοθετεί τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών καναλιών. Προς αυτή την κατεύθυνση βρίσκεται η μελέτη ανάπτυξης του πρωτοκόλλου **SCPS-TP: Space Communications Protocol Standards-Transport Protocol**, το οποίο περιλαμβάνει τις επεκτάσεις του TCP για δορυφορικές επικοινωνίες.

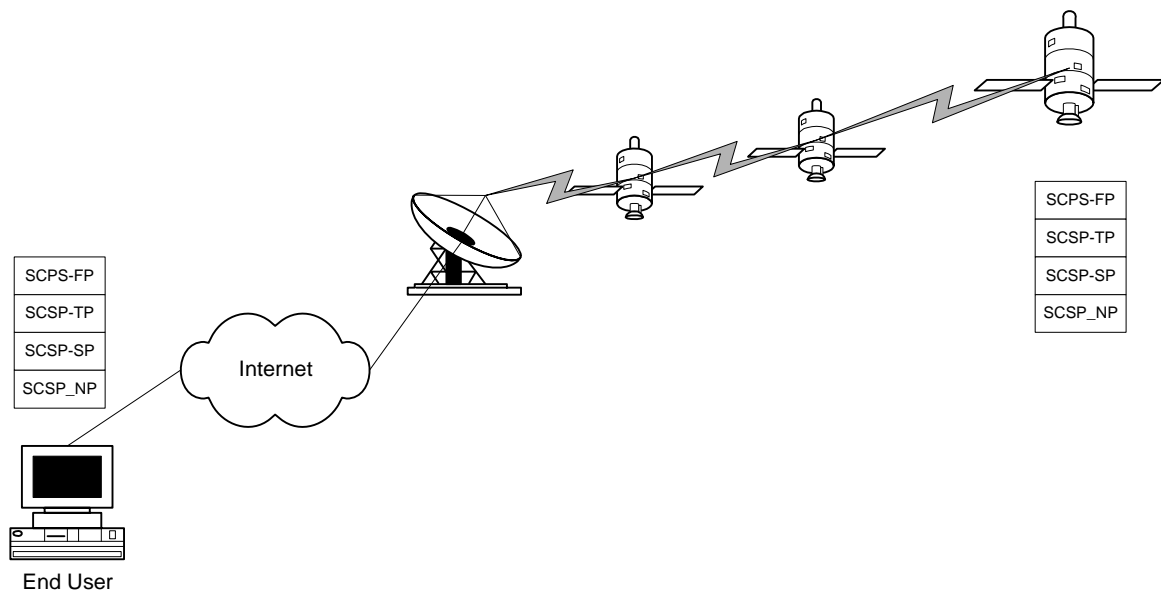
Μέσα στην προσπάθεια δημιουργίας προτύπων εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου για την ασφάλεια (**SCPS-SP : Space Communications Protocol Standards-Security Protocol**), τη δρομολόγηση (**SCPS-NP : Space Communications Protocol Standards-Network Protocol**) και την αποστολή πακέτων (**SCPS-FP : Space Communications Protocol Standards-File Transfer Protocol**) στα δορυφορικά δίκτυα.

Τα παραπάνω πρωτόκολλα εντάσσονται σε μια σουίτα ανάπτυξης πρότυπων πρωτοκόλλων που ονομάζεται SCPS (Space Communications Protocol Standards), η ιεραρχική δομή της οποίας φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Ιεραρχική δομή του SCPS πρωτοκόλλου για δορυφορικές επικοινωνίες

Στην παραπάνω δομή υποχρεωτική είναι μόνο η παρουσία του SCPS-TP πρωτοκόλλου. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά του κάθε πρωτοκόλλου, ενώ στο σχήμα φαίνεται το πρότυπο σχηματικό μιας σύνδεσης για το SCPS πρωτόκολλο.



Πιθανή σύνδεση όπου εφαρμόζεται το SCPS πρωτόκολλο.

### 1.1 SCPS-TP :

#### **Space Communications Protocol Standards-Transport Protocol**

Το **SCPS-TP** πρωτόκολλο προσφέρει αξιόπιστη σύνδεση από σημείο προς σημείο. Βασίζεται στο TCP & UDP πρωτόκολλο με επιπλέον επεκτάσεις για δορυφορικές συνδέσεις: 1) αντιμετώπιση απώλειας πακέτων εξαιτίας συμφόρησης, λαθών μετάδοσης και προβληματικών συνδέσεων, 2) συμπίεση επικεφαλίδας, 3) δυναμική μεταβολή του μεγέθους του παράθυρου επικοινωνίας.

### 1.2 SCPS-SP :

#### **Space Communications Protocol Standards-Security Protocol**

Το **SCPS-SP** πρωτόκολλο προσφέρει μια αξιόπιστη και προστατευμένη μεταφορά δεδομένων από σημείο προς σημείο, τόσο για τα δεδομένα από το χρήστη προς το δορυφόρο (εντολές χειρισμού και ελέγχου οργάνων-telecommand uplink), όσο και δεδομένων από το δορυφόρο στο χρήστη (science data downlink). Το κύριο χαρακτηριστικό της ασφαλούς μεταφοράς δεδομένων είναι ο έλεγχος πρόσβασης με τεχνικές επιβεβαίωσης της ταυτότητας ενός χρήστη (authentication techniques). Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται δεν έχουν σημασία.

### 1.3 SCPS-NP :

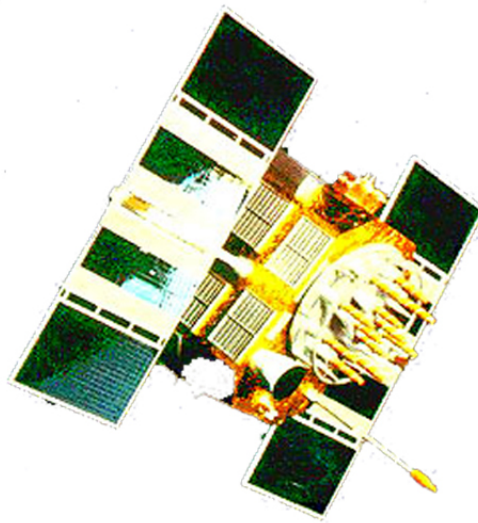
#### **Space Communications Protocol Standards-Network Protocol**

Το **SCPS-NP** πρωτόκολλο είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των αποστελλόμενων δεδομένων μέσω εναλλακτικών διαδρομών έως ότου φθάσουν στον προορισμό τους. Με αυτό τον τρόπο υποστηρίζεται η δρομολόγηση των δεδομένων σε δυναμικά δημιουργούμενες συνδέσεις (απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι κάθε ενδιαμέσος σταθμός να υποστηρίζει το SCPS-NP πρωτόκολλο).

## 1.4 SCPS-FP :

### Space Communications Protocol Standards-File Transfer Protocol

Το **SCPS-FP** πρωτόκολλο υποστηρίζει την αποδοτική μεταφορά αρχείων στις δορυφορικές συνδέσεις. Βασίζεται στο FTP πρωτόκολλο με επιπλέον επεκτάσεις για τις δορυφορικές συνδέσεις ώστε να ελέγχεται η ακεραιότητα των μεταδιδόμενων αρχείων. Τα μεταδιδόμενα αρχεία μπορεί να είναι είτε δεδομένα ελέγχου προς το δορυφόρο και λογισμικό εφαρμογών που ο δορυφόρος εκτελεί, είτε επιστημονικά δεδομένα και αρχεία που οι χρήστες μεταφέρουν από τους δορυφόρους. Το SCPS-FP πρωτόκολλο επιτρέπει μερική διαχείριση των αρχείων (rename, delete, update).





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**1** T.V. Lakshman and U. Madhow

*The performance of TCP/IP for networks with high bandwidth-delay products and random loss* June 1997.

**2** N.P. Butts, V.G. Bharadwaj, and J.S. Baras

*Internet service via broadband satellite networks* February 1999.

**3** Hari Balakrishnan, Venkat Padmanabhan, Srinivasan Seshan, and Randy H. Katz

*A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links* December 1997

**4** G. Maral

*VSAT Networks* 1995.

**5** M. Mathis, J. Mahdavi, S. Floyd and A. Romanow

*TCP Selective Acknowledgement options* October 1996.

**6** G. Maral and M. Bousquet

*Δορυφορικές Επικοινωνίες (συστήματα, τεχνικές και τεχνολογίες)*

**7** DirecPC USA <http://www.direcpc.com/index.html>

**8** DirecPC Europe <http://www.direcpceu.com/>

**9** Europe Hardware install and service <http://www.hot-tele.com>

**10** Eutelstat Europe <http://www.eutelsat.com/home.html>

**11** Hughes Network <http://www.hns.com/>

**12** <http://www.satleo.gr/>