



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Ασύρματα Δίκτυα Επικοινωνιών

Δορυφορικά Δίκτυα Επικοινωνιών

Δημοσθένης Βουγιούκας (dnougiou@aegean.gr)

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τεχνολογίες Δορυφόρων

	IRIDIUM	GLOBALSTAR	NEW ICO	CONSTELLATION	ELLIPSO
Orbit altitude (km)	780	1414	10 390	2000	Bore: 7605, Conc.: 8050
Type	LEO	LEO	MEO	LEO	Hybrid LEO/HEO
Launch mass (kg)	689	450	2750	500	650
Number of satellites	66	48	10	11	Bore: 10, Conc.: 7
Satellites/plane	11	6	5	11	Bore: 5, Conc.: 7
ISL	Yes, 23.18–23.38 GHz	No	No	No	No
OBP	Yes	No	No	No	No
No. of spot-beams	48	16		24	61
Trans. Rate	2.4 kbit/s	0.6–9.6 bit/s (voice) 2.4 kbit/s (data)	4.8 kbit/s (voice) 2.4–9.6 kbit/s (hand-held data) 8.0–38.4 kbit/s vehicular/ semi-fixed data)	4 kbit/s (voice) 2.4, 4.8 and 9.6 kbit/s (data)	2.4 kbit/s (voice), up to 28.8 kbit/s (data)
Services	Voice, fax, data	Voice, fax, data, SMS	Voice, bi-directional SMS, fax, Internet access, high speed circuit switched data	Voice, data, fax	Voice, e-mail, Internet access, fax, data, push-to- talk, global positioning
Mobile (MHz)	↑ 1616–1626.5	1610–1626.5	1985–2015	2483.5–2500	1610–1626.5
Mobile (MHz)	↓ 1616–1626.5	2483.5–2500	2170–2200	1610–1626.5	2483.5–2500
Feeder (GHz)	↑ 29.1–29.3	5.091–5.250	5.150–5.250	5.091–5.250	15.45–15.65
Feeder (GHz)	↓ 19.4–19.6	6.875–7.055	6.975–7.075	6.924–7.075	6.875–7.075
Multiple access	FDMA/TDMA	CDMA	FDMA/TDMA	CDMA	W-CDMA
Modulation	QPSK	QPSK	GMSK uplink, BPSK/QPSK downlink	QPSK outbound, O- QPSK inbound	Not available

Αρχιτεκτονικές Δορυφορικών Δικτύων

- ◆ **Ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα:**
 - Διαφορετικές φυσικές χωρητικότητες στους προς τα εμπρός και επιστρεφόμενους συνδέσμους
- ◆ **Δορυφορικός σύνδεσμος ‘last hope’:**
 - Χρησιμοποιούν το δορυφορικό σύνδεσμο σαν ένα μοιραζόμενο υψηλής ταχύτητας σύνδεσμο προς πολλούς χρήστες με χαμηλότερη ταχύτητα, και μη διαμοιραζόμενους επίγειους συνδέσμους που χρησιμοποιούνται σαν επιστρεφόμενοι σύνδεσμοι για αιτήσεις και επιβεβαιώσεις.

Αρχιτεκτονικές Δορυφορικών Δικτύων

- ◆ **Υβριδικά δορυφορικά δίκτυα:**
 - Συνδυάζονται και με επίγεια δίκτυα
- ◆ **Σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα:**
 - Πρόκειται για ιδιωτικά δίκτυα οπότε μερικές βελτιωτικές αλλαγές που δεν είναι κατάλληλες για διαμοιραζόμενα δίκτυα μπορούν να θεωρηθούν.

Το Δορυφορικό Κανάλι

◆ Θόρυβος:

- Η ισχύς ενός ραδιοσήματος μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει. Η απόσταση για μια δορυφορική σύνδεση είναι μεγάλη και έτσι το σήμα εξασθενεί πριν φτάσει στον προορισμό του.
- Αυτό έχει ως συνέπεια χαμηλό λόγο σήματος-θορύβου.

◆ Εύρος Ζώνης:

- Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι ένας πεπερασμένος φυσικός πόρος, οπότε υπάρχει ένα περιορισμένο ποσό εύρους ζώνης διαθέσιμο για δορυφορικά συστήματα που ελέγχεται τυπικά με άδειες.

Το Δορυφορικό Κανάλι

- ◆ **Μεγάλη καθυστέρηση ανάδρασης:**
 - Λόγω της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης (π.χ. Περίπου 250 ms για ένα γεωστατικό δορυφόρο) απαιτείται πολύς χρόνος από τον TCP αποστολέα για να καθορίσει αν ένα πακέτο λήφθηκε επιτυχώς από τον τελικό προορισμό. Αυτή η καθυστέρηση ζημιώνει τις αλληλεπιδραστικές εφαρμογές.
- ◆ **Μεγάλο γινόμενο καθυστέρησης*bandwidth:**
 - Επειδή η καθυστέρηση σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα είναι μεγάλη, το TCP αναγκάζεται να κρατήσει ένα μεγάλο αριθμό πακέτων «στον αέρα» (σταλμένα, αλλά όχι επιβεβαιωμένα).

Το Δορυφορικό Κανάλι

♦ Λάθη εκπομπής:

- Τα δορυφορικά κανάλια παρουσιάζουν ένα υψηλότερο ρυθμό λαθών bit (BER) από τα τυπικά επίγεια δίκτυα. Το TCP αντιμετωπίζει τις απορρίψεις πακέτων ως ενδείξεις συμφόρησης του δικτύου και μειώνει το μέγεθος του παραθύρου σε μια προσπάθεια να μειώσει τη συμφόρηση.

♦ Ασυμμετρική χρήση:

- Προβλήματα που δημιουργούνται λόγω της ασυμμετρικής τοπολογίας των περισσότερων δορυφορικών δικτύων.

Το Δορυφορικό Κανάλι

- ◆ **Μεγάλοι χρόνοι Round Trip:**
 - Σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα, όπως αυτό των σχηματισμών χαμηλής τροχιάς (LEO), η καθυστέρηση διάδοσης προς και από το δορυφόρο διαφέρει με το χρόνο
- ◆ **Διακοπτόμενη συνδεσιμότητα:**
 - Λόγω της κίνησης των δορυφόρων (όχι GEO) δεν είναι δυνατή πάντα η επίτευξη δορυφορικής ζεύξης.

Ζώνες Δορυφορικών Συχνοτήτων

Ζώνη	Μπάντα συχνοτήτων	Άνω ζεύξη GHz	Κάτω ζεύξη GHz	Εύρος ζώνης MHz
C	4/6	5.925 – 6.425	3.7 – 4.2	500
X	7/8	7.9 – 8.4	7.25 – 7.75	500
Ku	12/14	14 – 14.5	11.7 – 12.2	500
Ka	20/30	27.5 – 31	17.7 – 21.2	3 500

- ♦ Η ζώνη συχνοτήτων 4/6 GHz χρησιμοποιείται και σε επίγεια συστήματα επικοινωνίας.
- ♦ Η ζώνη X χρησιμοποιείται για κυβερνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.
- ♦ Οι ζώνες Ku και Ka χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε δορυφορικές επικοινωνίες

Πλεονεκτήματα Δορυφορικών Ζεύξεων

- ◆ Δυνατότητα ευρείας αναμετάδοσης.
- ◆ Παράκαμψη των Επίγειων Δικτύων.
- ◆ Δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης νέων κυκλωμάτων.
- ◆ Δυνατότητα ελέγχου του ιδιωτικού δικτύου από τον χρήστη.
- ◆ Παροχή υπηρεσιών σε περιοχές που τα επίγεια αδυνατούν (π.χ. πλοία, αεροπλάνα).

Πλεονεκτήματα Δορυφορικών Ζεύξεων

- ◆ Παροχή υπηρεσιών σε περιοχές με περιορισμένη ή χωρίς επίγεια υποδομή.
- ◆ Παροχή παγκόσμιας κάλυψης.
- ◆ Παροχή Κινητών Υπηρεσιών συμπληρωματικά ως προς τα επίγεια.
- ◆ Παροχή υπηρεσιών σε περιπτώσεις αδυναμίας λειτουργίας των επίγειων δικτύων (πόλεμοι, καταστροφές).

Μειονεκτήματα Δορυφορικών Ζεύξεων

- ◆ Μεγάλο αρχικό κόστος για την τοποθέτηση και λειτουργία τους.
- ◆ Διάδοση και Παρεμβολές.
- ◆ Συμφόρηση στις χρησιμοποιούμενες συχνότητες.
- ◆ Συμφόρηση στη γεωστατική τροχιά.

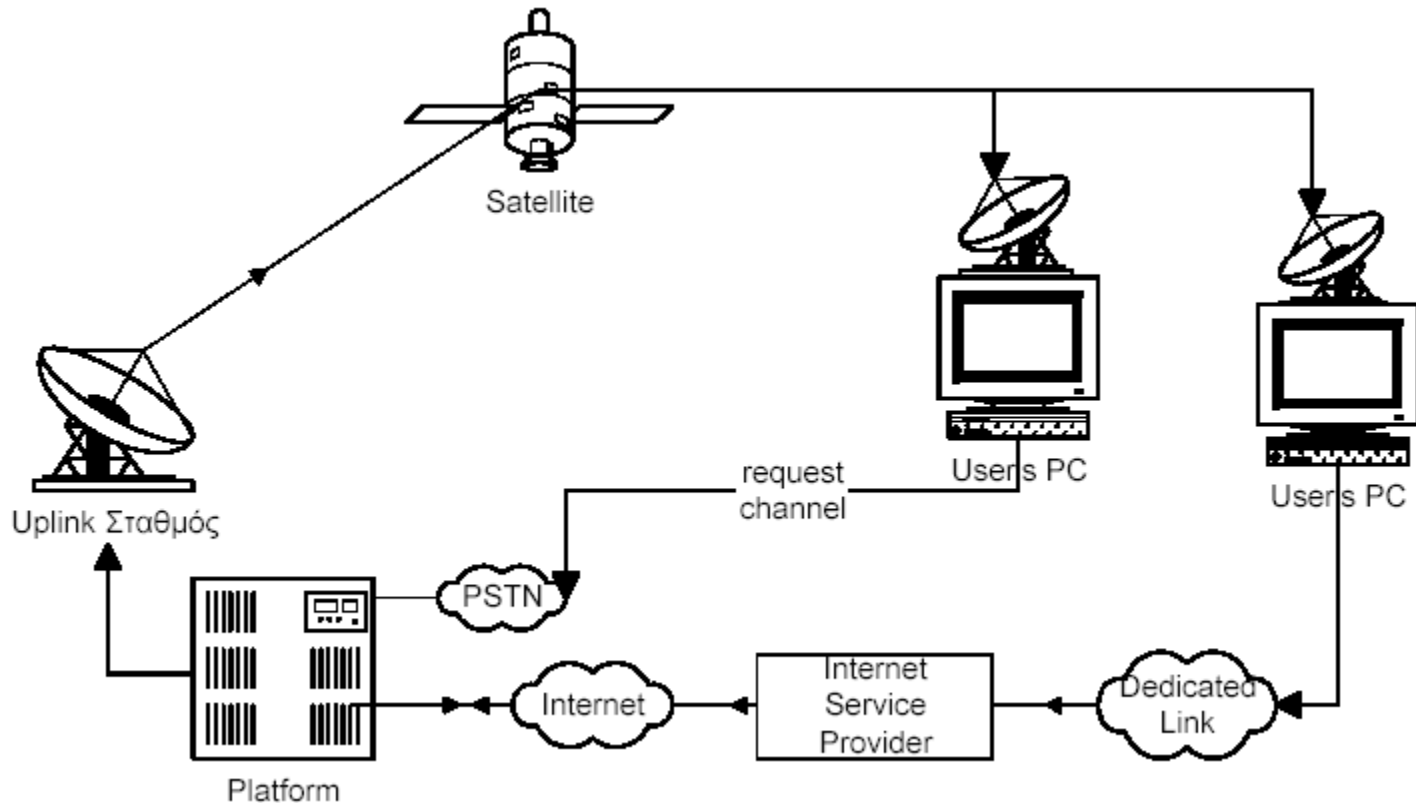
Δορυφορικό Internet

- ◆ Το Δορυφορικό Internet (Internet over Satellite), στοχεύει:
 - Στην παροχή υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης για τους χρήστες του.
 - Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service) με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.
 - Σύνδεση anytime/anywhere.
- ◆ Είδη Συνδέσεων:
 - Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη.
 - Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.
 - Έμμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.

Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη

- ◆ Ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας σε μια δορυφορική σύνδεση διαθέτοντας μια κάρτα δορυφορικής λήψης και ένα δορυφορικό δέκτη.
- ◆ Το κόστος ενός τέτοιου δικτύου, σε απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, είναι αρκετά υψηλό κάνοντας τέτοιες συνδέσεις απαγορευτικές προς το παρόν.
- ◆ Η λήψη των δεδομένων γίνεται μέσω της δορυφορικής σύνδεσης, ενώ η αποστολή των δεδομένων συνεχίζει να γίνεται μέσω μιας παραδοσιακής σύνδεσης στο Internet. Γι' αυτό το λόγο αν και αυξάνεται ο ρυθμός λήψης δεδομένων αγγίζοντας τα 45Mbps, η ταχύτητα αποστολής των δεδομένων παραμένει χαμηλή.

Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη



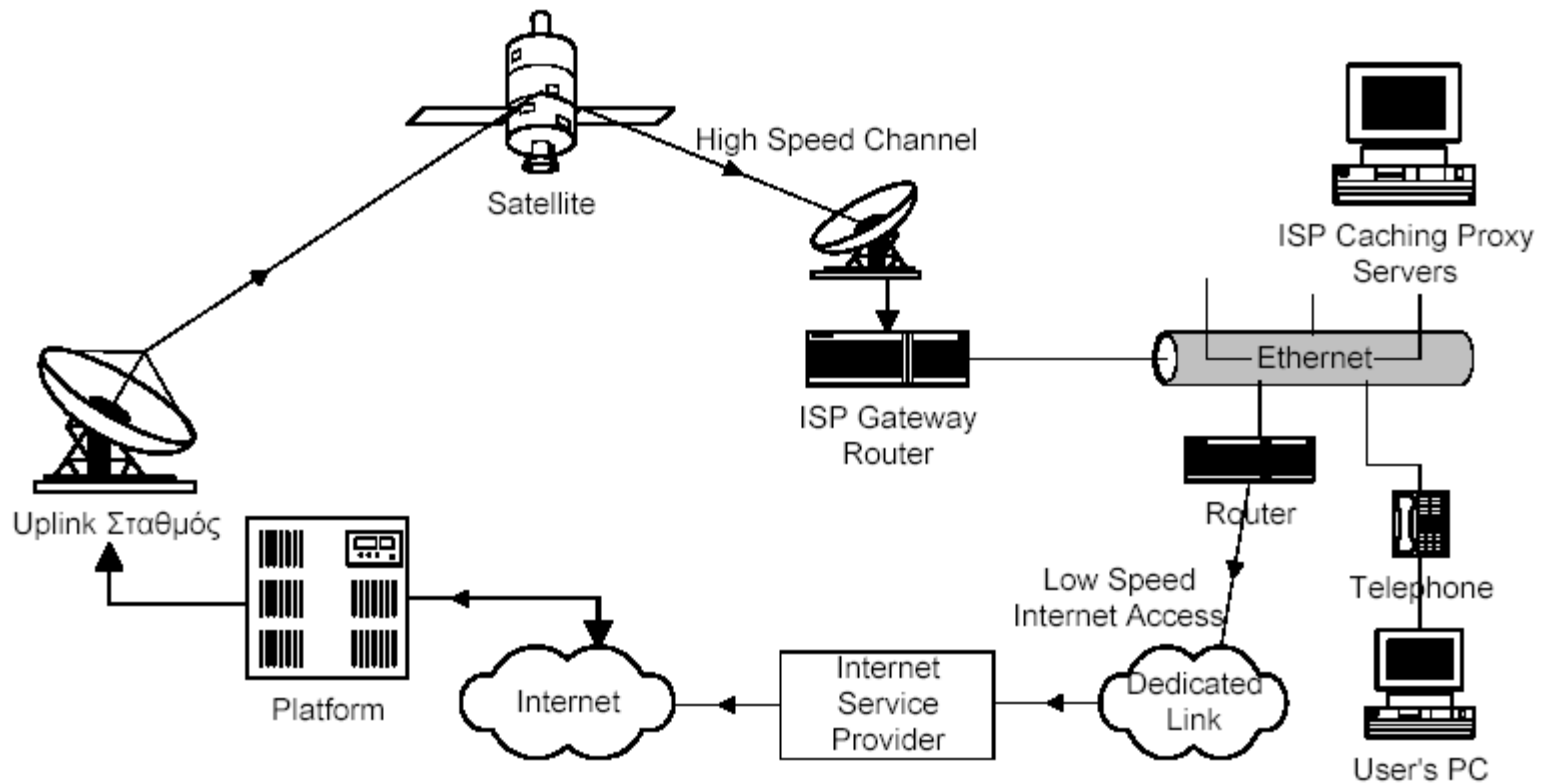
Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP

- ◆ Ο ISP διαθέτει ένα δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο.
- ◆ Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP.
- ◆ Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο δορυφόρο.

Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP

- ◆ Σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε μια καθαρά δορυφορική σύνδεση αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων.
- ◆ Η απόδοση της σύνδεσης επηρεάζεται από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων (όπως για παράδειγμα ταχύτητες που ο επιλεγμένος ISP προσφέρει και κίνηση στο Διαδίκτυο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή).
- ◆ Η απόδοση της σύνδεσης εξαρτάται και από τις ταχύτητες uplink & downlink που ο κάθε ISP μπορεί να προσφέρει. Οι ταχύτητες αυτές μπορούν να φθάνουν έως και τα 5Mbps για uplink, ενώ αγγίζουν τα 45Mbps για downlink.

Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP



Έμμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP

- ◆ Ο ISP δε διαθέτει δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο αλλά συνδέεται είτε δορυφορικά είτε επίγεια με κάποια εταιρεία που διαθέτει απευθείας σύνδεση με κάποιο δορυφόρο.
- ◆ Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP.
- ◆ Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο διακομιστή της εταιρείας που παρέχει το δορυφόρο.

Βασική Απαιτούμενη Υποδομή

- ◆ Και στις τρεις μορφές σύνδεσης η απαιτούμενη κοινή υποδομή περιλαμβάνει:
 - Έναν uplink σταθμό μετάδοσης δεδομένων προς το δορυφόρο.
 - Μια πλατφόρμα προγραμμάτων δορυφορικής λήψης πολυμεσικών δεδομένων.
 - Μια ή περισσότερες δορυφορικές συνδέσεις.
- ◆ Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι δορυφόροι στο Internet over Satellite είναι γεωστατικής τροχιάς (GEO).

Ταχύτητες – Τεχνικές Βελτίωσης Συνδέσεων

- ◆ Από ένα δορυφόρο στον υπολογιστή του τελικού χρήστη οι ταχύτητες αγγίζουν τα 45Mbps.
- ◆ Οι ταχύτητες αποστολής δεδομένων από έναν σταθμό στο δορυφόρο περιορίζονται στα 5Mbps.
- ◆ Τεχνικές για την αύξηση της ταχύτητας και την βελτίωση της ποιότητας της σύνδεσης:
 - Τεχνική της αποθήκευσης συχνά χρησιμοποιούμενων πακέτων δεδομένων στους διακομιστές (Intelligent Caching).
 - Αποστολή πακέτων χωρίς να είναι πάντα απαραίτητα η λήψη επιβεβαιώσεων, μειώνοντας το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην αποστολή διαδοχικών πακέτων.

Ασφάλεια

- ◆ Η ασφάλεια αποτελεί γενικότερο πρόβλημα των ασύρματων επικοινωνιών λόγω της φύσης του ασύρματου καναλιού.
- ◆ Μια προτεινόμενη λύση είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων από τον πομπό και η αποκρυπτογράφηση από το δέκτη, είτε με δημόσια είτε με ιδιωτικά κλειδιά, η οποία εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση των δεδομένων και αποφυγή υποκλοπών.
- ◆ Τα τελευταία χρόνια μέσα στην προσπάθεια προτυποποίησης των πρωτοκόλλων για δορυφορικά δίκτυα εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου ασφάλειας.

Ποιότητα Υπηρεσίας

- ◆ Η ανάπτυξη μηχανισμών που θα προσφέρουν QoS στο IoS αποτελεί αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνητών.
- ◆ Οι μηχανισμοί που θα αναπτυχθούν θα πρέπει να ικανοποιούν τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του Quality of Service:
 - Ταχύτητα μετάδοσης. Ο ελάχιστος ρυθμός δεδομένων που πρέπει να παρέχεται μαζί με ένα ανεκτό ανώτατο όριο.
 - Όρια στην καθυστέρηση και διακύμανσή της. Η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή που επιτρέπεται, ειδικά για video και άλλα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου.
 - Throughput. Το ποσό των δεδομένων τα οποία μεταδίδονται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο.
 - Schedule. Οι χρόνοι έναρξης και λήξης για μια αιτούμενη υπηρεσία.
 - Loss rate. Ο μέγιστος αναμενόμενος ρυθμός απώλειας πακέτων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (ειδικά στις δορυφορικές συνδέσεις στις οποίες η απώλεια πακέτων μπορεί να οφείλεται είτε στη συμφόρηση είτε στη δημιουργία λαθών ή στις προβληματικές συνδέσεις).

Ευρυζωνικές Δορυφορικές Επικοινωνίες

- ◆ Οι Ευρυζωνικές Δορυφορικές Επικοινωνίες μπορούν βασικά να εξυπηρετήσουν τρεις ρόλους:
 - Τεχνολογία πρόσβασης.
 - Διανομή περιεχομένων
 - Διασύνδεση με άλλα δίκτυα
- ◆ Σε κάθε περίπτωση αντιμετωπίζουν δυνατό ανταγωνισμό:
 - Από εναλλακτικές τεχνολογίες last-mile (x-DSL, cable, fixed wireless κ.α.) στην πρώτη περίπτωση.
 - Από οπτικές ίνες, στις άλλες δύο περιπτώσεις.

Απαιτήσεις

- ◆ Ενοποίηση όλων των ευρυζωνικών δορυφορικών δικτύων σε μία παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή υποδομή όσο πιο ομαλά γίνεται.
- ◆ Άμεση επίδραση σε:
 - Παρεχόμενες υπηρεσίες από το σύστημα
 - Ο χρήστης πρέπει να έχει την ίδια εμπειρία σε θέματα τύπων υπηρεσιών και επίδοσης.
 - Δικτύωση
 - Τα συστήματα πρέπει να βελτιστοποιηθούν για να υποστηρίξουν την οικογένεια πρωτοκόλλων IP.
 - Ραδιοεπαφή (Σχέδια πρόσβασης και σχεδιασμός φυσικού στρώματος)
 - Πρέπει να είναι ευέλικτη με σκοπό να υιοθετήσει τις ανάγκες των διαφορετικών εφαρμογών, εφόσον αντιμετωπίζει τις προκλήσεις των ραδιο-συνδέσεων.

Δικτύωση

- ◆ IP είναι το ουσιαστικό πρωτόκολλο δικτύωσης
- ◆ Τα ευρυζωνικά δορυφορικά συστήματα πρέπει να χειριστούν μερικά βασικά θέματα:
 - Multicast support (routing, group management, reliability)
 - Βασική απαίτηση: resource efficiency/scalability
 - IP security support
 - Βασική απαίτηση: συμβατότητα με τα πρότυπα του Internet και scalability
 - IP QoS support
 - Βασική απαίτηση: ευπροσάρμοστο για να υποστηρίξει μια σειρά από IP πλαίσια εργασίας.

Ραδιοεπαφή

- ◆ Βασίζεται στο πρότυπο DVB/MPEG-2
 - Μονόδρομα συστήματα (π.χ., DVB-S/DVB-S2, DBS)
 - Με κανάλι ανάδρασης
 - Επίγειο κανάλι επιστροφής (υβριδικό)
 - Με αμφίδρομο δορυφορικό κανάλι επιστροφής (π.χ., DVB-RCS)
- ◆ Πρωτογενή IP (τα περισσότερα είναι ιδιοκτησιακά)
 - Hughes' IPoS air interface
 - Alcatel' s dedicated-IP air interface
 - Satellite DOCSIS : μία μετατροπή του καλωδιακού προτύπου modem σε δορυφορικό περιβάλλον (Wildblue)
 - Το IP-Star air interface

DVB-S

- ◆ Είναι το παλιότερο και το πιο διαδεδομένο από την οικογένεια προτύπων DVB αφού η χρήση του ξεκίνησε από το 1995.
- ◆ Σχεδιάστηκε για να εκμεταλλεύεται πλήρως το εύρος ζώνης των δορυφορικών τηλεοπτικών αναμεταδοτών και οι υπηρεσίες που το χρησιμοποιούν εκτείνονται σε 6 ηπείρους.
- ◆ Χρησιμοποιεί ρυθμό μεταφοράς των 54 Mbps με διαμόρφωση QPSK σε συνδυασμό με ένα ισχυρό σχήμα διπλής κωδικοποίησης και διασποράς (coding / interleaving).
- ◆ Το DVB-S χαίρει αδιαμφισβήτητα παγκόσμιας αποδοχής όσον αφορά την παροχή υπηρεσιών ψηφιακής δορυφορικής τηλεόρασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο αυτό έχει διεισδύσει στην ελληνική αγορά και έχει τύχει εμπορικής εφαρμογής στη χώρα μας.

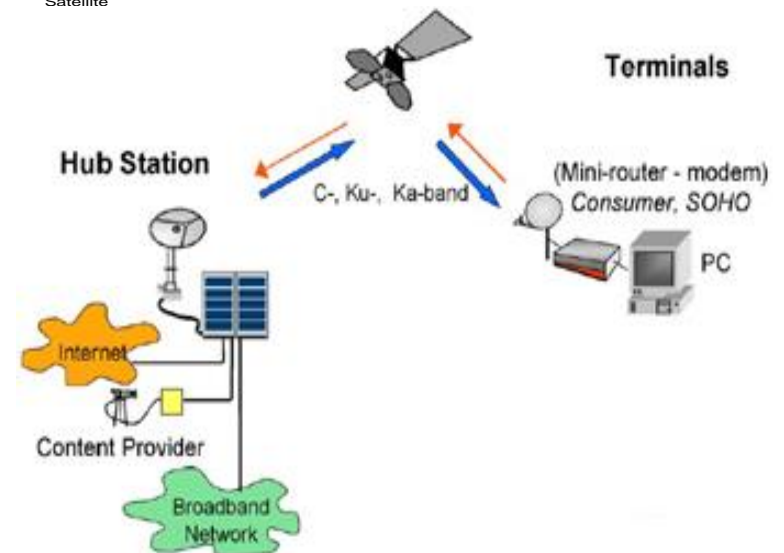
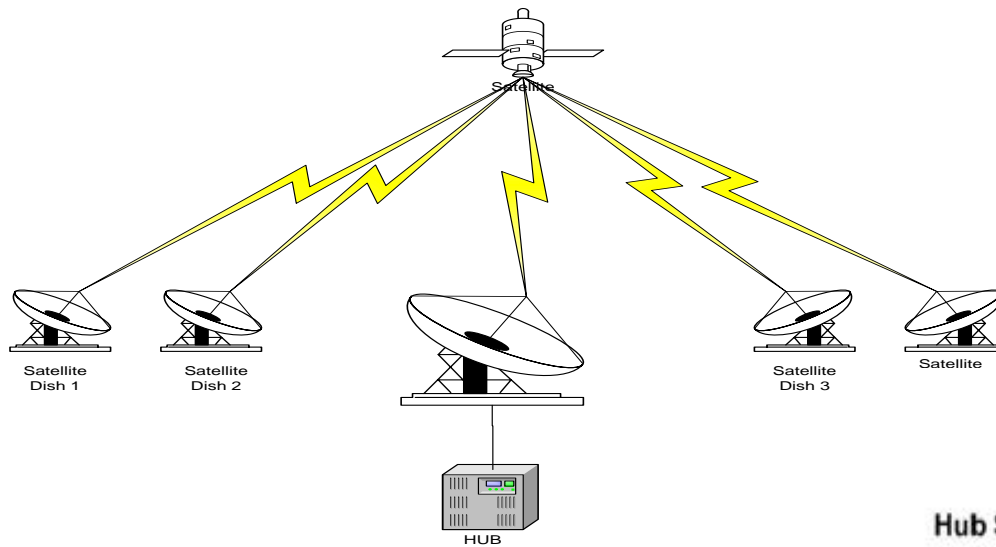
DVB-S(S2)/RCS

- ◆ Το DVB-S ξεκίνησε ως ένα πρότυπο για τη μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης.
- ◆ Η προσθήκη του αμφίδρομου καναλιού, πρώτα του επίγειου και μετά του δορυφορικού (RCS), αφήνει το σύστημα να επωφεληθεί από τους πολλούς διαφορετικούς τύπους δεκτών και να βελτιώσει τις προσφορές.
- ◆ Βελτιώσεις προς διάφορες κατευθύνσεις
 - Βελτίωση του forward broadcast link physical layer (DVB-S2)
 - Η συσκευή γίνεται πιο αποδοτική στο IP datagram ενσωματώνοντας διατάξεις για μετάδοση πάνω από MPEG2
 - Επέκταση του προτύπου για την προσαρμογή του στα συστήματα με with αναγεννητικά (regenerative), on-board switching συστήματα
- ◆ Υποστηρίζονται στην Ευρώπη (ESA RSAT group, ESA Satlabs, Amerhis system)

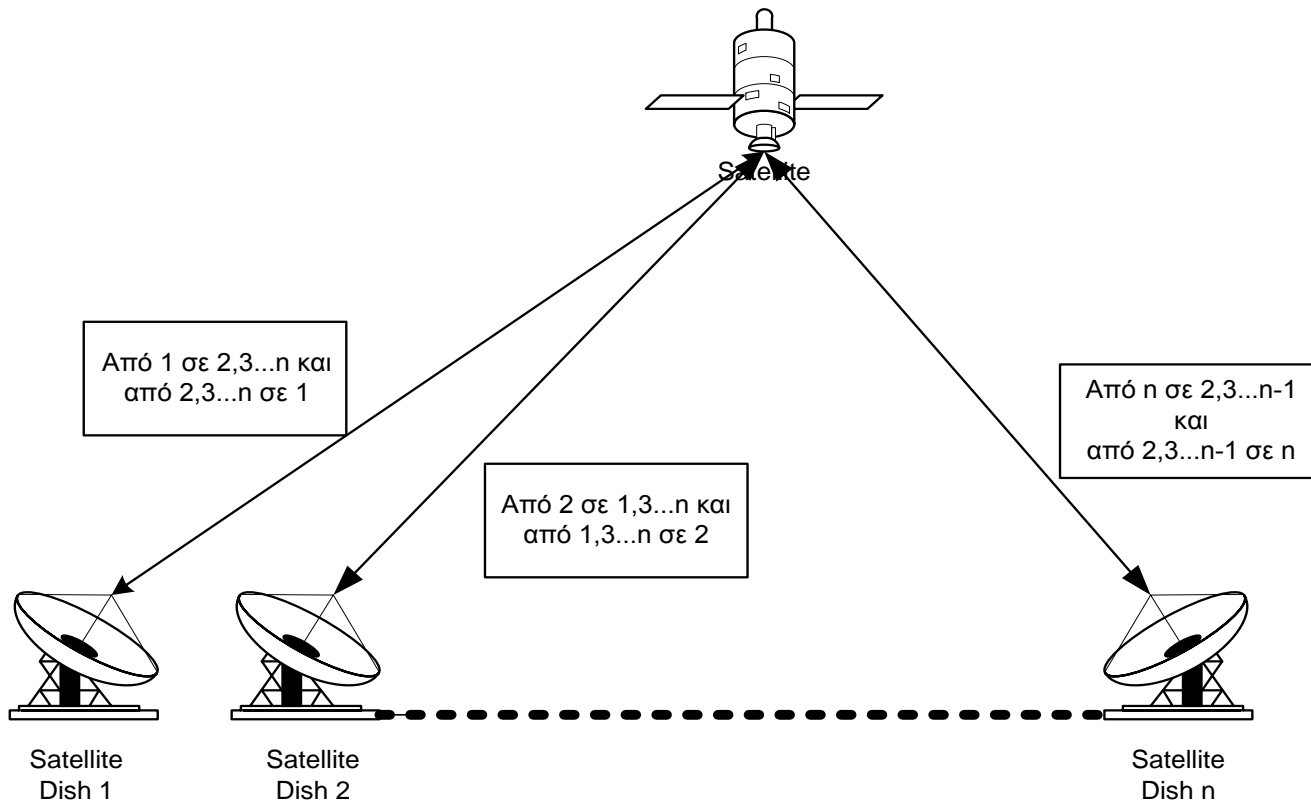
Δικτυακή τοπολογία DVB-S για χρήση πολλών τερματικών

- ◆ **Τοπολογία Αστέρα (Star topology)**
 - Στην διάταξη του Αστέρα βασικό ρόλο παίζει η χρήση ενός σταθμού HUB ο οποίος δέχεται όλα τα σήματα των διάφορων τερματικών και τα δρομολογεί στο δορυφόρο ανάλογα με τις απαιτήσεις.
 - Η κύρια χρήση αυτής της μεθόδου είναι η Ψηφιακή Μετάδοση Σήματος όπως είναι το DVB, που χρησιμοποιείται για Video streaming, Conferencing και Business to Business (B2B) eCommerce (τηλε-εμπόριο).
 - Η χρήση του ενδείκνυται για μεγάλο αριθμό τερματικών έναντι της τοπολογίας Βρόγχου, όπου είναι πιο οικονομική για μικρότερο αριθμό τερματικών.
 - Για να μπορεί να υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των τερματικών και του δορυφόρου, χρησιμοποιείται η πλατφόρμα DVB-RCS.
 - Δηλαδή, για αιτήματα που μπορεί να πραγματοποιούνται από τους δέκτες (Satellite Dish 1..n), όπως π.χ. ισχύει για Interactive TV, υπάρχει το DVB-RCS (Digital Video Broadcasting Return Channel over Satellite).
- ◆ **Τοπολογία Βρόγχου (Mesh topology)**
 - Πολλά μικρά τερματικά (κυρίως VSAT) επικοινωνούν μέσω δορυφόρου μεταξύ τους χωρίς να παρεμβάλλεται κανένας ενδιάμεσος σταθμός (gateway ή hub).
 - Η χρήση της Mesh τοπολογίας απευθύνεται κυρίως σε μικρό αριθμό τερματικών, αφού το κόστος του κάθε τερματικού είναι αρκετά μεγάλο και είναι αρκετά πιο γρήγορο από ό,τι η διάταξη αστέρα.

Τοπολογία Αστέρα



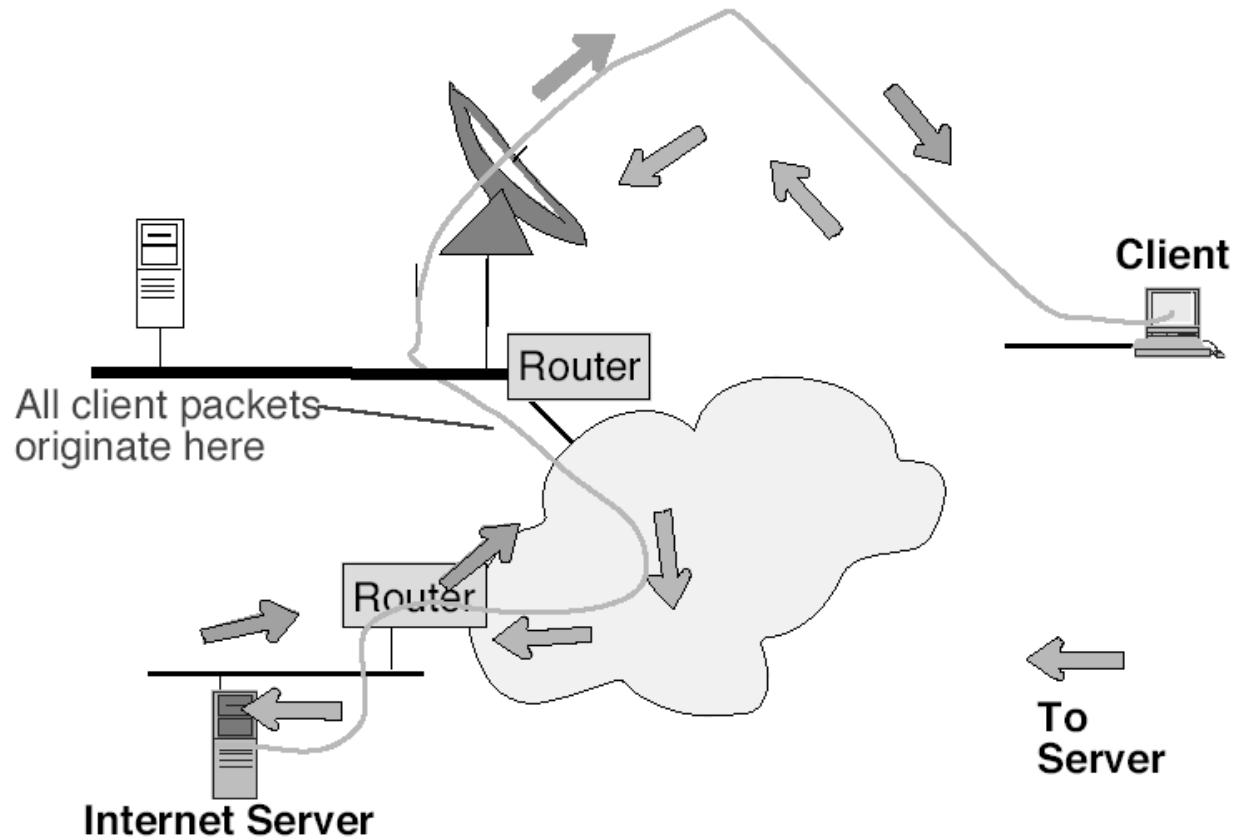
Τοπολογία Βρόγχου



Πρότυπο DVB-RCS

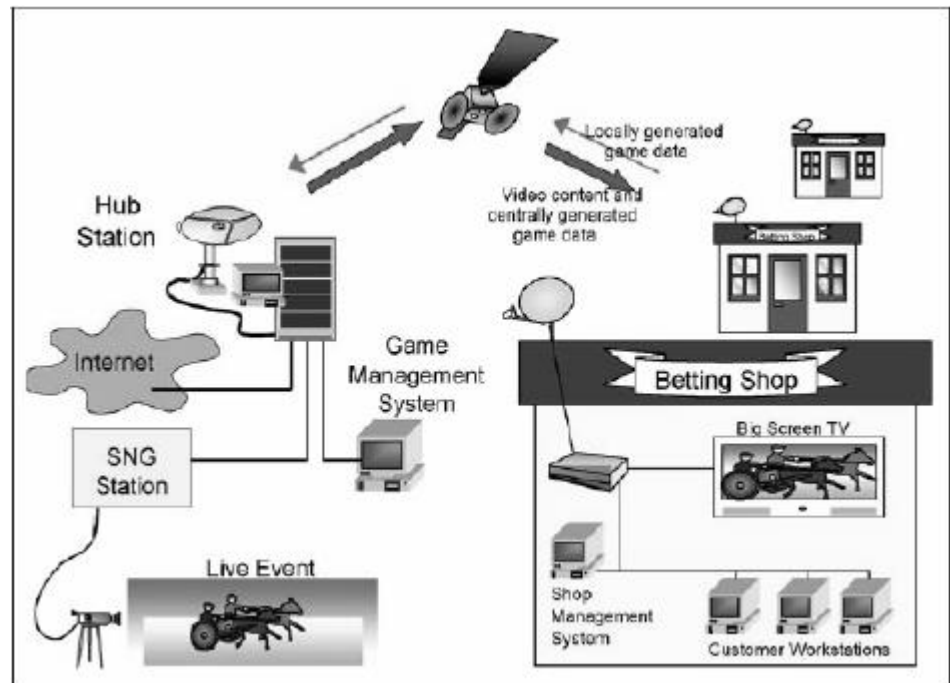
- ◆ Ευρωπαϊκό πρότυπο για αμφίδρομη δορυφορική επικοινωνία
- ◆ Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης
 - Έως 45 Mbps outbound (Hub to terminal)
 - Έως 8 Mbps inbound (terminal to Hub)
- ◆ Air interface
 - DVB-S (outbound)
 - DVB-RCS (inbound)
- ◆ Multiple access scheme
 - TDM (outbound)
 - MF-TDMA (inbound)

Δρομολόγηση DVB-RCS

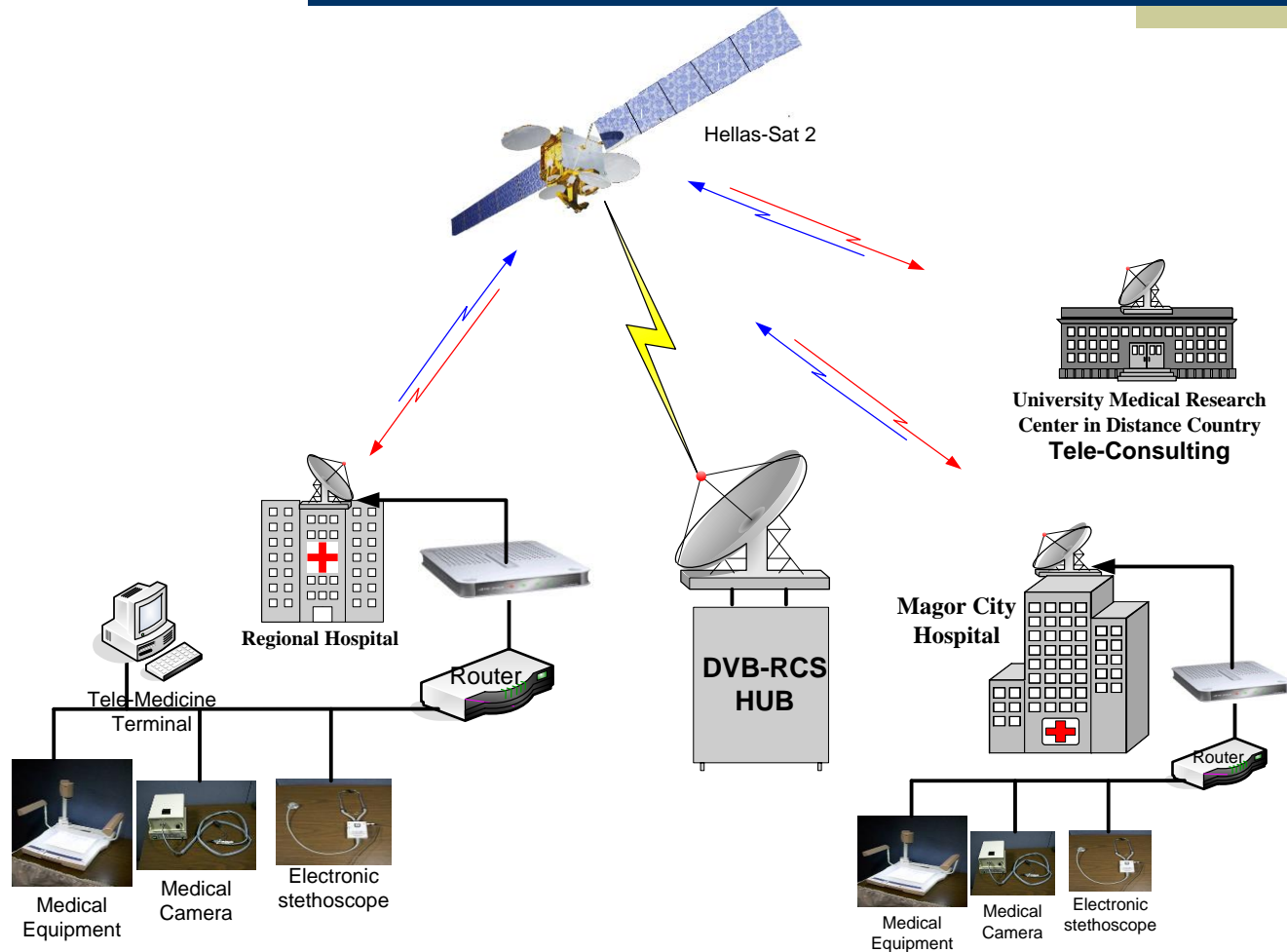


Υπηρεσίες και Εφαρμογές του DVB-RCS

- ◆ Για κυβερνητικές, εκπαιδευτικές και οικονομικές εφαρμογές:
 - Real-Time services and applications
 - VoIP and Videoconferencing
 - CoLo: Co-location for web servers
 - Finance and stock market services
 - Banking and financial services
 - LAN Interconnection: VPNs
 - Distance learning
 - Video, text, voice
 - Tele-medicine
 - Interactive TV broadcasting
 - Distributed TV Broadcast
 - IP Multicast and IP Streaming
 - Near Video on Demand (NVoD)
 - Push Services
 - Interactive Gaming



Παράδειγμα Τηλε-Ιατρικής



HAPs

- ◆ High Altitude Platforms (HAPs)
- ◆ Τοποθετημένες στα 17-22 km
- ◆ Ηλιακή ενέργεια
- ◆ Μη επανδρωμένο
- ◆ Γεμισμένο με ήλιο
- ◆ Άκαμπτο
- ◆ Αρκετά μεγάλο
- ◆ Διάρκεια ζωής έως μερικά χρόνια

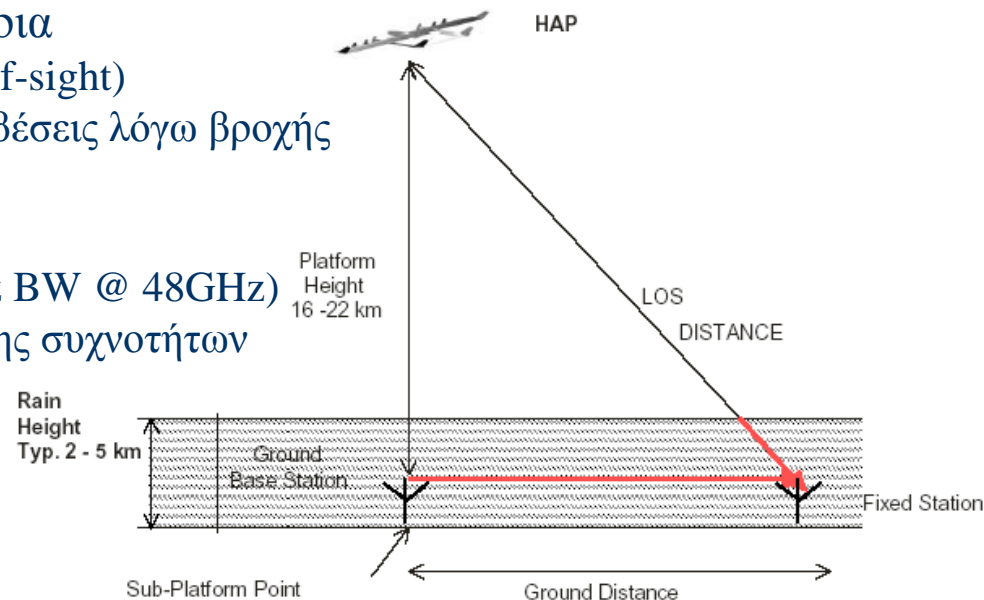


LINDSTRAND HAP
Artist's impression
© Milk Design

Πλεονεκτήματα των HAPs:

(i) συγκρινόμενα με τις επίγειες υπηρεσίες

- ◆ Αντικατάσταση των εκτεταμένων επίγειων υποδομών
 - 1 HAP μπορεί να παρέχει πολυ-κυψελωτές υπηρεσίες σε μια περιοχή ακτίνας $> 200\text{km}$
 - Εξαλείφει κόστος, ρίσκο, προβλήματα ανάκτησης, επίδραση του περιβάλλοντος, έξοδα εγκατάστασης/συντήρησης
 - Δε χρειάζεται τοπικό επίγειο δίκτυο κορμού
 - Παρέχεται backhaul όπου υπάρχει οπτική ίνα
- ◆ Καλύτερη διάδοση σε πολλά σενάρια
 - Διαδρομές οπτικής επαφής (line-of-sight)
 - Λιγότερο επηρεασμένη από αποσβέσεις λόγω βροχής σε μεγάλες περιοχές
- ◆ Μεγάλη χωρητικότητα, μέσω:
 - Χρήσης mm-bands (π.χ. 600 MHz BW @ 48GHz)
 - Εκτεταμένης επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων
 - Ελαστικής κατανομής πόρων
- ◆ Ταχεία ανάπτυξη



Πλεονεκτήματα των HAPs:

(ii) συγκρινόμενα με τις δορυφορικές υπηρεσίες

- ◆ Μεγαλύτερη χωρητικότητα
 - Μικρά spot beams (cells) προσिता χωρίς ιδιαίτερης κατασκευής κεραίες
 - Πολύ καλύτερα από GEO και LEO
- ◆ Μικρή απόσταση → καλό link-budget
 - Τυπικά ~34dB πλεονέκτημα σε σχέση με LEO και ~66dB σε σχέση με GEO
- ◆ Μικρή απόσταση → μικρή καθυστέρηση
 - Χωρίς προβλήματα με τα πρωτόκολλα (TCP/IP) του GEO δορυφόρου
- ◆ Χαμηλότερο κόστος
 - Δε χρειάζεται εκτόξευση
 - Λιγότερο απαιτητικό απ' ότι τα διαστημικά συστήματα
- ◆ Ταχεία ανάπτυξη
 - Μικρότερος χρόνος υλοποίησης απ' ότι οι δορυφόροι (χρόνια)
 - Εύκολη αναβάθμιση και συντήρηση
- ◆ Σταδιακή και αυξανόμενη ανάπτυξη
 - Μπορεί να παρέχει υπηρεσία με μόνο 1 HAP: δε χρειάζεται ολόκληρος αστερισμός
- ◆ Φιλικό προς το περιβάλλον
 - Δε χρειάζεται εκτόξευση πυραύλων/οχήματος
 - Τροφοδοτούμενο με ηλιακή ενέργεια



Μειονεκτήματα των HAPs

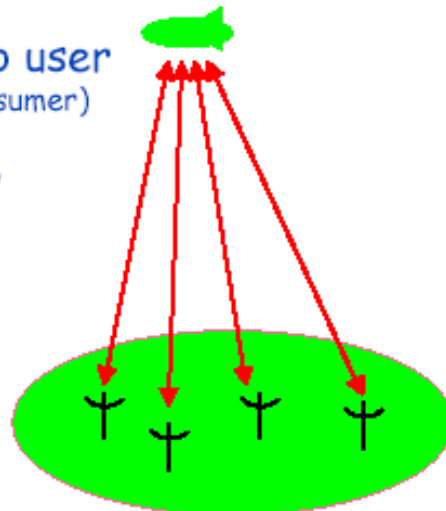
- ◆ Η θέση της πλατφόρμας πρέπει να διατηρηθεί εντός μίας συγκεκριμένης περιοχής, για να υπάρχει μία καθορισμένη επίγεια ραδιοκάλυψη.
- ◆ Πρέπει να υπάρχουν μέσα διατήρησης αυτής της θέσης λόγω των ισχυρών ανέμων.
- ◆ Οι μη επανδρωμένες πλατφόρμες χρειάζονται συντήρηση, δηλαδή επιστροφή στη γη σε περιοδικά διαστήματα για αναβαθμίσεις, ανεφοδιασμούς κλπ.
- ◆ Λόγω της τοπολογίας τους, υπάρχουν σοβαρά ζητήματα παρεμβολών μεταξύ δορυφορικών και επίγειων συστημάτων.

Τοπολογίες και Υπηρεσίες των HAPs

- Can replace virtually any satellite services
- DVB format can encapsulate IP
- IP can handle speech etc.
- Can be asymmetric (low data rate inbound)

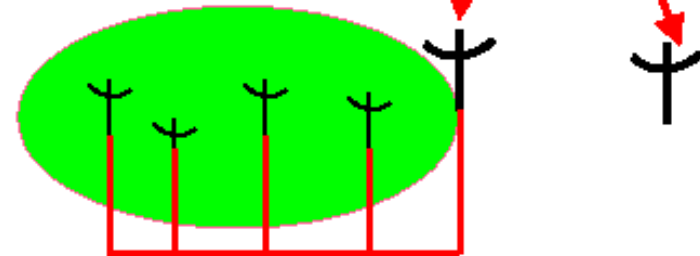
- Direct to user
(e.g. SoHo, Consumer)

- "Last mile"
solution



- Needs only small
fixed terminal antenna

- LAN interconnect,
- Corporate service
- Village?



LAN (wire or wireless)

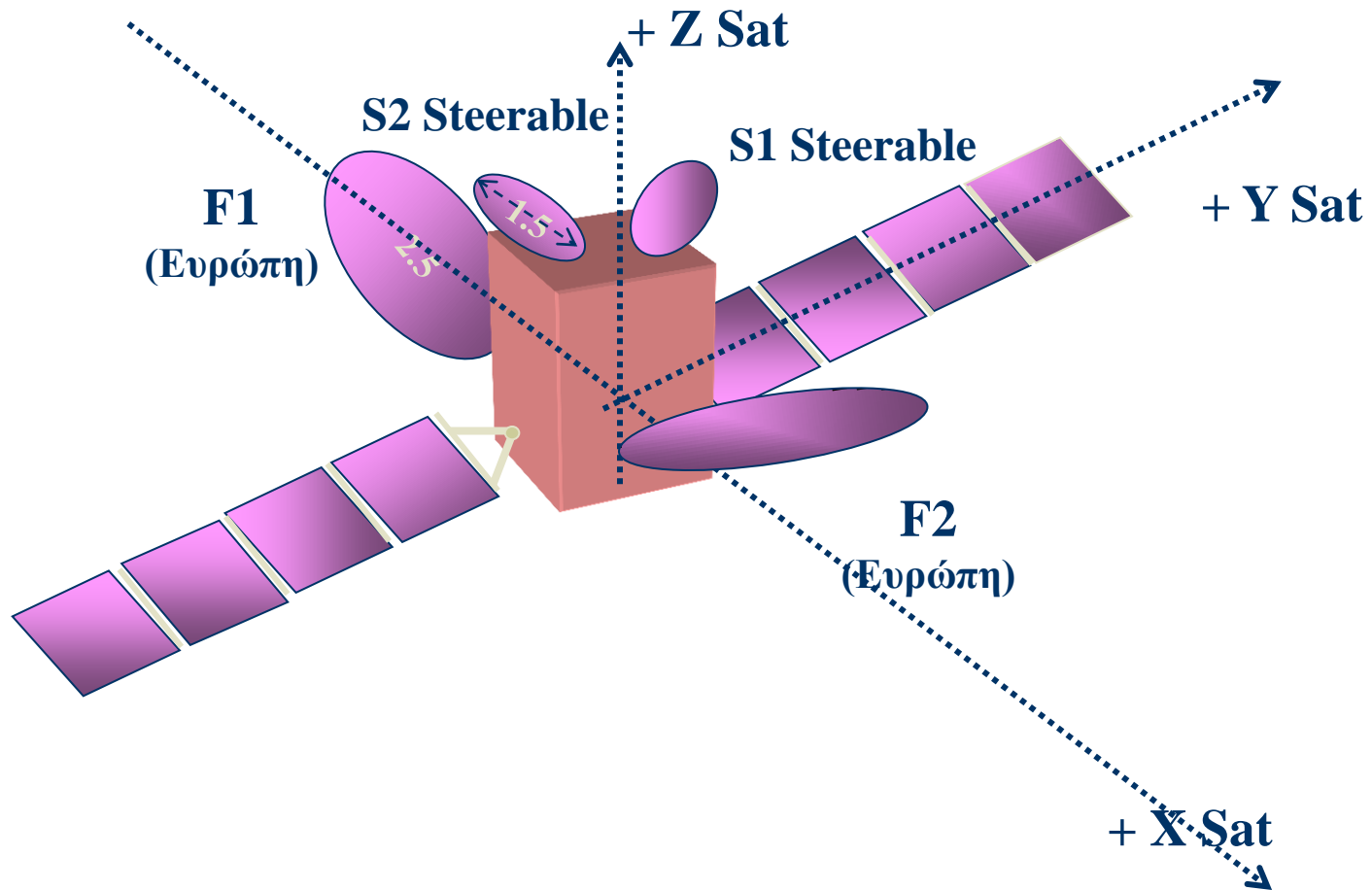
Σύγκριση μεταξύ ευρυζωνικών επίγειων και δορυφορικών συστημάτων

	Terrestrial (e.g. FWA)	HAP	Satellite (e.g. Teledesic)
Station Coverage (diameter, typical)	< 1 km	Up to 200 km	> 500 km
Cell Size (diameter)	0.1-1 km	1-10 km	50 km
Total Service Area	Spot Service	National / Regional	Global
Max Tx Rate	30 Mbits/s?	25-155 Mbits/s	< 2 Mbits/s
Mobility	Fixed	Vehicular → Fixed	Vehicular → Fixed
System Deployment	Several BS before use	Flexible	Many satellites before use
Cost of Infrastructure	?	\$50 million → \$1 billion ??	\$9 billion ?
In Service Date	2001 ?	2002-2005 ?	2002 ?

Σύγκριση μεταξύ ευρυζωνικών επίγειων και δορυφορικών συστημάτων

	Terrestrial (e.g. FWA)	HAP	Satellite (e.g. Teledesic)
Station Coverage (diameter, typical)	< 1 km	Up to 200 km	> 500 km
Cell Size (diameter)	0.1-1 km	1-10 km	50 km
Total Service Area	Spot Service	National / Regional	Global
Max Tx Rate	30 Mbits/s?	25-155 Mbits/s	< 2 Mbits/s
Mobility	Fixed	Vehicular → Fixed	Vehicular → Fixed
System Deployment	Several BS before use	Flexible	Many satellites before use
Cost of Infrastructure	?	\$50 million → \$1 billion ??	\$9 billion ?
In Service Date	2001 ?	2002-2005 ?	2002 ?

Ελληνο-Κυπριακός Δορυφόρος Hellas-Sat



Hellas-Sat 2 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά

<i>DESCRIPTION</i>	<i>Multi-region geostationary satellite system</i>
<i>ORBITAL POSITION</i>	<i>39 ° East</i>
<i>PAYLOAD</i>	<i>30 x 36 MHz transponders, onboard plus 8 x 36 MHz redundant, up to 12 on fixed beam F1 up to 6 on fixed beam F2, up to 12 on beam S1, up to 6 on beam S2</i>
<i>FOOTPRINTS</i>	<i>Fixed over Europe, Steerable over Southern Africa, Middle East, Indian subcontinent, South East Asia</i>
<i>DOWNLINK EIRP</i>	<i>55 dBW at beam center for fixed >52 dBW at beam center for steerable</i>
<i>UPLINK G/T</i>	<i>+11 dB/K at beam center for fixed +5 dB/K at beam center for steerable</i>
<i>FREQUENCIES</i>	<i>Ku-band Downlink 10.95-11.2 GHz/ 11.45-11.70 GHz/12.50-12.75 GHz Uplink 13.75-14.0 GHz/ 14.0-14.5 GHz Beacon 11.4515 GHz Vertical</i>

Hellas-Sat 2 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά

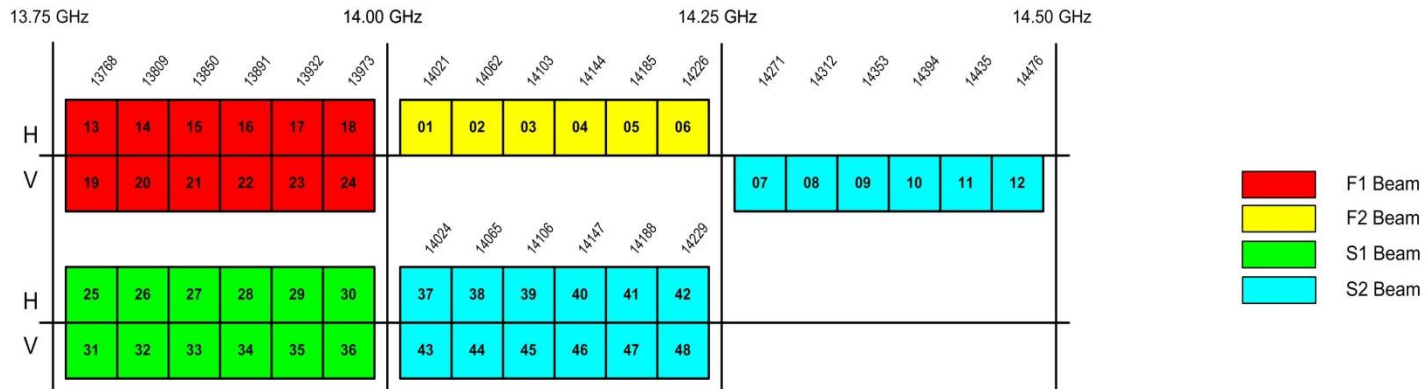
<i>POLARISATION</i> <i>SFD AT 0dB ATTN, G/T=0</i> <i>CHANNEL ATTENUATOR RANGE</i> <i>TRANSPONDER CONFIG. MODE</i> <i>STATION KEEPING</i> <i>LAUNCH DATE</i> <i>DESIGN LIFETIME</i> <i>MANUFACTURER</i>	<i>Orthogonal linear (V/H)</i> <i>-92 dBW/m² for all coverage regions</i> <i>18 dB</i> <i>Fixed Gain Mode (FGM) / Automatic Level Control (ALC)</i> <i>±0.09° E/W, ±0.05° N/S</i> <i>May 2003</i> <i>15 years</i> <i>ASTRIUM</i>
<i>DRY MASS</i> <i>SPAN</i> <i>ELECTRICAL POWER</i> <i>POWER AMPLIFIERS</i> <i>AMPLIFIER REDUNDANCY</i> <i>LNA & DOWNCONVERTER</i> <i>REDUNDANCY</i>	<i>1,470 kg</i> <i>2 x 13.7m solar panels deployed in a cross configuration</i> <i>5.6 kW</i> <i>100 W TWTA</i> <i>38:30</i> <i>8:6 for F1, S1 and S2 (14.00 – 14.25 GHz only) together</i> <i>2:1 for S2 (14.25 – 14.50 GHz)</i> <i>2:1 for F2</i>

Hellas-Sat 2 – Απόδοση και Αξιοπιστία

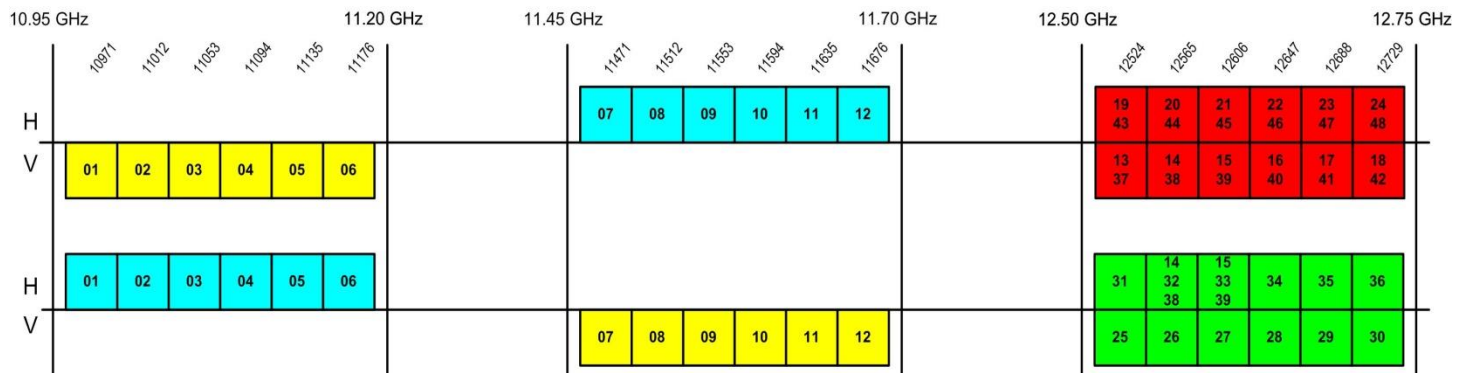
- ◆ Μια από τις πλέον πρόσφατες εκτοξεύσεις με αυξημένο χρόνο ζωής
 - Εκτόξευση στις 13 Μαΐου 2003
 - Εκτιμώμενος χρόνος ζωής 15 έτη
- ◆ Βέλτιστος συνδυασμός ισχύος-κάλυψης στην Ευρώπη
 - Άνω των 52 dBW πάνω από την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη
- ◆ Αυξημένη εφεδρεία αναμεταδοτών
 - 8 εφεδρικοί για 30 ενεργούς αναμεταδότες
- ◆ Εξαιρετική κατασκευαστική αξιοπιστία
 - ASTRIUM: 0 αστοχίες σε 11 έτη και 22 εκτοξεύσεις
- ◆ Πρόβλεψη για δεύτερο δορυφόρο στην ίδια θέση

Διάγραμμα Συχνοτήτων

Uplink Frequencies

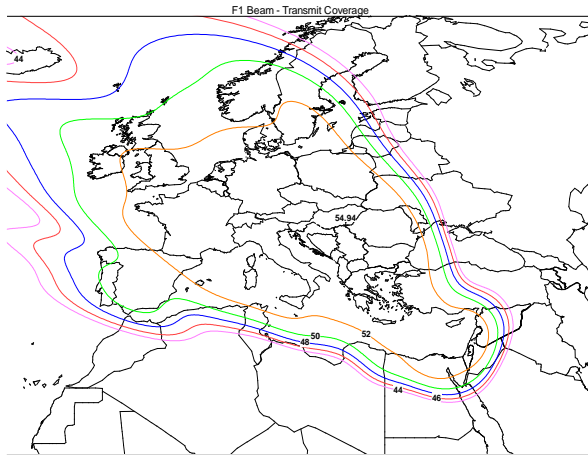


Downlink Frequencies

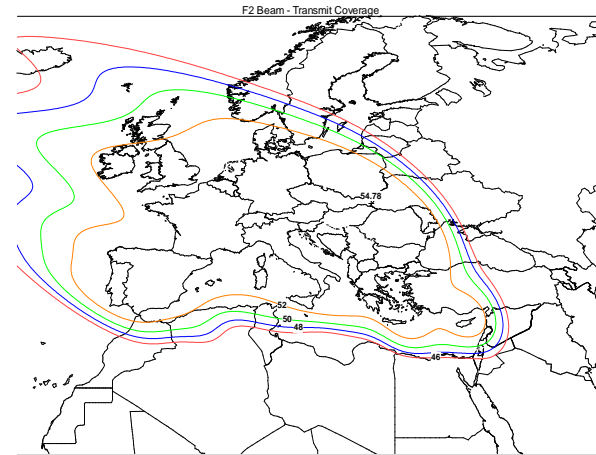


Καλύψεις Δεσμών

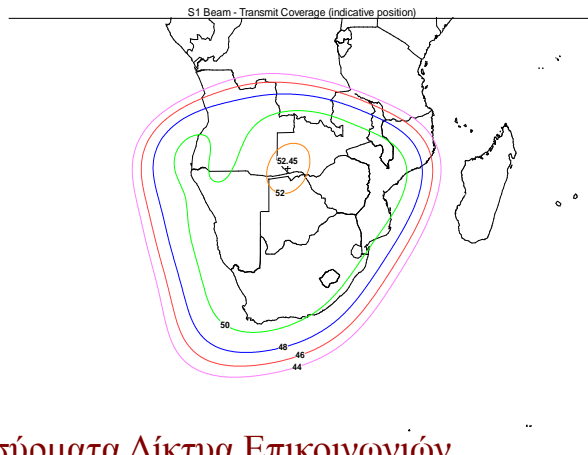
F1



F2



S1



S2

