

Κ21 - Συστήματα Επικοινωνιών

4^ο Εξάμηνο

Τομέας Γ' / Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών
ΕΚΠΑ 2024-2025

Εισαγωγή στο μάθημα και βασικές έννοιες

Γιώργος Κανέλλος

DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS



Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
gkanellos@di.uoa.gr

Εισαγωγή στο μάθημα και βασικές έννοιες

- ⊙ Διαδικαστικά του μαθήματος
 - ⊙ Περιεχόμενο μαθήματος και διάρθρωση της ύλης
 - ⊙ Βασικές έννοιες
 - ⊙ Ιστορική αναδρομή στις επικοινωνίες
- ⊙ Bonus: απάντηση στο ερώτημα «εγώ είμαι computer scientist, δεν τα χρειάζομαι εγώ αυτά!»



© Οργάνωση μαθήματος - διαδικαστικά

Διδάσκοντες

- ◎ Υπεύθυνος μαθήματος — διαλέξεις
 - Γιώργος Κανέλλος, Επ. Καθ. ΕΚΠΑ
 - Email: gkanellos@di.uoa.gr
 - Γραφείο A53, Διαθέσιμες ώρες γραφείου μετά το μάθημα
- ◎ Φροντιστήριο — επίλυση ασκήσεων
 - Αναστασία Λυγίζου, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ), ΕΚΠΑ
 - email: lygizou@di.uoa.gr

Διδακτική μέθοδος

- ◎ Διαλέξεις θεωρίας: 3 ώρες εβδομαδιαίως
 - Πέμπτη 13:00-15:00 στο Αμφιθέατρο.
 - Παρασκευή 11:00 – 12:00 στο Αμφιθέατρο

- ◎ Φροντιστήριο: 1 ώρα εβδομαδιαίως
 - Αναλυτική επίλυση ασκήσεων (~10 φροντιστήρια).
 - Παρασκευή 12:00 – 13:00 στο Αμφιθέατρο, μετά τη Θεωρία

- ◎ Εργαστήριο : 3 ώρες εβδομαδιαίως (έναρξη από Εβδομάδα 3 → ανακοίνωση)
 - Matlab – προσομοιώσεις συστημάτων
 - Δευτέρα 15:00 – 18:00
 - Τρίτη 9:00 – 12:00

Ιστοσελίδα/ Καταγραφή

- ◎ <https://eclass.uoa.gr/courses/DI657/>
- ◎ Το υλικό του μαθήματος θα διατίθεται στο eclass σε εβδομαδιαία βάση
- ◎ Ανακοινώσεις
- ◎ Επικοινωνία με τους διδάσκοντες
- ◎ Το μάθημα θα καταγράφεται και θα ανεβαίνει στο delos με την προϋπόθεση ότι το **παρακολουθείτε δια ζώσης!**
 - Σκοπός της καταγραφής είναι να βοηθήσει όσους ασθενούν και σαν αναφορά στο τέλος
 - Σκοπός της καταγραφής δεν είναι να υποκαταστήσει την παρακολούθηση

Βιβλιογραφία



Γ. Καραγιαννίδης Γεώργιος και Κ. Παππή Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα, 4η Έκδοση 2017
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.



(διατίθεται στον Εύδοξο)



Η. Ταυβ και D. L. Schilling Αρχές Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων, 3η Έκδοση 2006
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.



Σύστημα Βαθμολόγησης και Αξιολόγησης

Τελική Εξέταση: 80%

Πιθανή πρόοδος (~8^η εβδομάδα) να προσφέρει +20% εφόσον ο τελικός βαθμός είναι >4/10

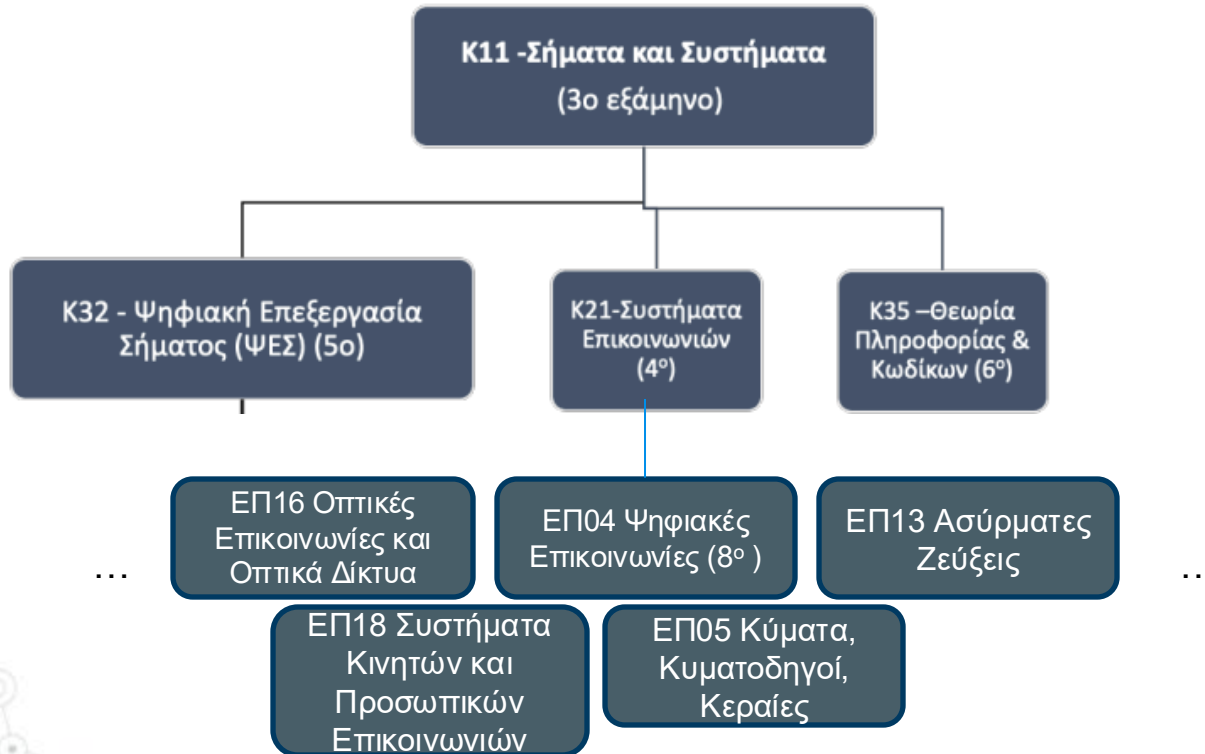
Εργαστήριο: 20%

Υποχρεωτικό για τους φοιτητές που το δίνουν πρώτη φορά

Παλαιότεροι φοιτητές:

- Αν το έχουν περάσει, με συνεννόηση με την κ. Λυγίζου για να κρατήσουν το βαθμό τους
- Αν θέλουν να το ξανακάνουν, με σειρά προτεραιότητας και διαθεσιμότητας θέσεων
- Σε κάθε άλλη περίπτωση, ο Τελικός βαθμός καθορίζεται 100% από την Τελική Εξέταση

Συναφή μαθήματα στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών



Οργάνωση Μαθήματος

Εισαγωγή

Εβδομάδα 1: Εισαγωγή στα Συστήματα Επικοινωνιών

Εβδομάδα 2: Βασικά Στοιχεία Θεωρίας Σημάτων

Εβδομάδα 3: Τυχαίες Διαδικασίες και Φάσμα

Εβδομάδα 4: Θόρυβος και Φίλτρα

AM

Εβδομάδα 5: Διαμόρφωση Πλάτους και Δέκτες

Εβδομάδα 6: Διαμόρφωση Πλάτους με Θόρυβο

Εβδομάδα 7: Ασκήσεις στη Διαμόρφωση Πλάτους

FM/PM

Εβδομάδα 8: Διαμόρφωση Γωνίας και Δέκτες

Εβδομάδα 9: Διαμόρφωση Γωνίας με Θόρυβο

Εβδομάδα 10: Ασκήσεις στη Διαμόρφωση Γωνίας

ψηφιακά

Εβδομάδα 11: Δειγματοληψία Σημάτων και Κβάντιση

Εβδομάδα 12: Στοιχεία Ψηφιακών Επικοινωνιών

Εβδομάδα 13: Επανάληψη

Σκοποί ενότητας

- ◎ Περιγραφή της έννοιας και του βασικού μοντέλου επικοινωνιών
- ◎ Περιγραφή των βασικών τμημάτων ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος
- ◎ Εισαγωγή στα Συστήματα Επικοινωνιών
- ◎ Ανασκόπηση στο φάσμα συχνοτήτων
- ◎ Σύντομη ιστορική αναδρομή των συστημάτων επικοινωνιών

Τι είναι επικοινωνία;



C. E. Shannon-W. Weaver: «Επικοινωνία είναι όλες εκείνες οι διαδικασίες που εμπλέκονται στη μεταφορά της πληροφορίας από τον αποστολέα στον παραλήπτη...».



Το επικοινωνιακό μοντέλο C. E. Shannon-W. Weaver, το οποίο συχνά ονομάζεται η “μητέρα όλων των μοντέλων”, εισάγει τις έννοιες της **πηγής πληροφορίας (information source)**, του **μηνύματος (message)**, του **πομπού (transmitter)**, του **δέκτη (receiver)**, του **καναλιού (channel)**, της **κωδικοποίησης (coding)**, της **πιθανότητας σφάλματος (probability of error)**, της **χωρητικότητας καναλιού (channel capacity)**, της **εντροπίας (entropy)**, κ.λ.π.



Claude E Shannon

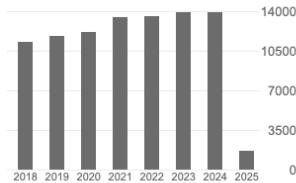
Bell Labs
No verified email - [Homepage](#)
[Information Theory](#)

[FOLLOW](#)

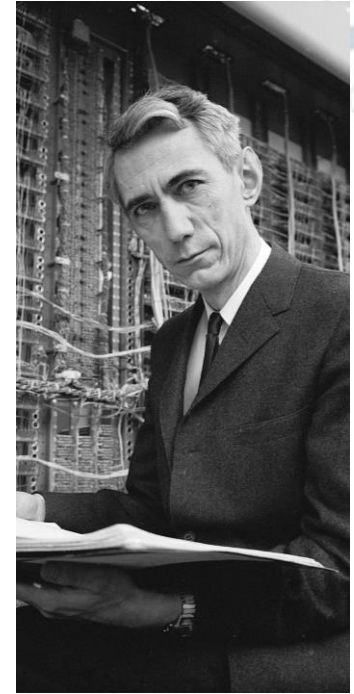
[GET MY OWN PROFILE](#)

Cited by [VIEW ALL](#)

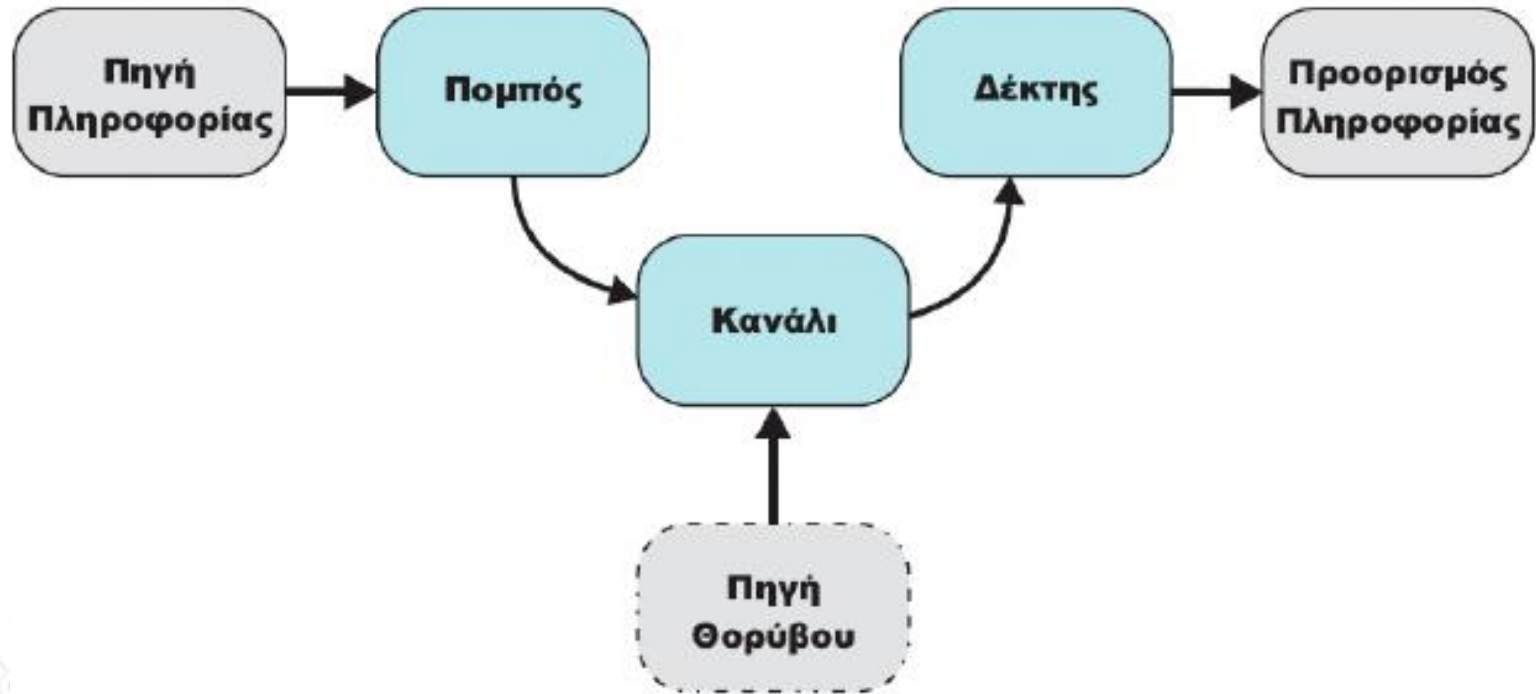
	All	Since 2020
Citations	247191	68920
h-index	67	41
i10-index	132	74



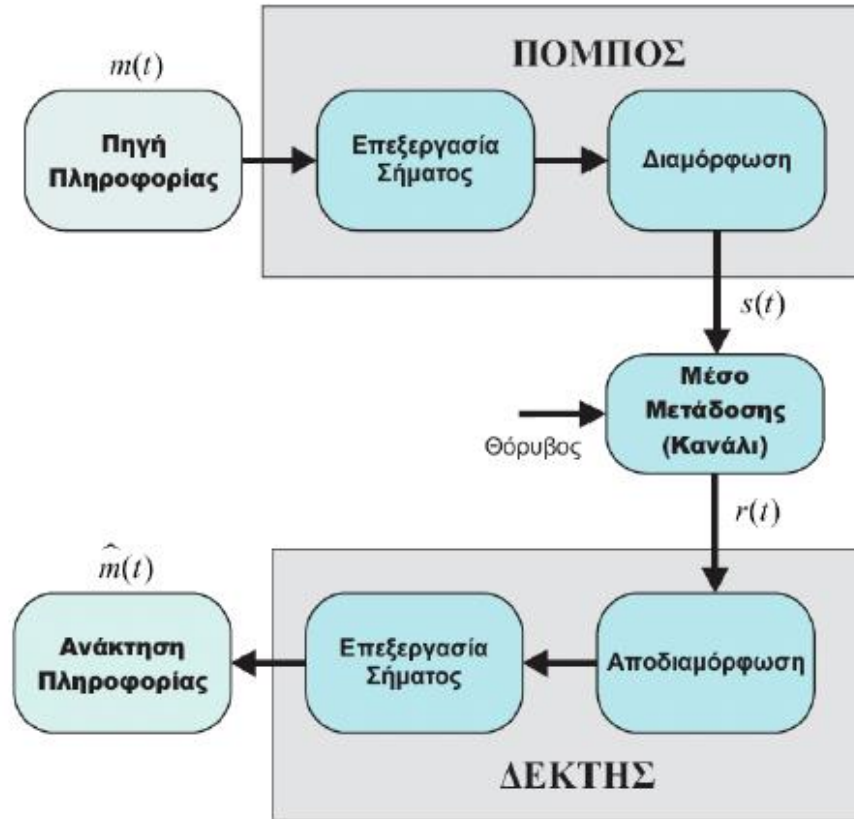
Claude Elwood Shannon



Τι είναι επικοινωνία;



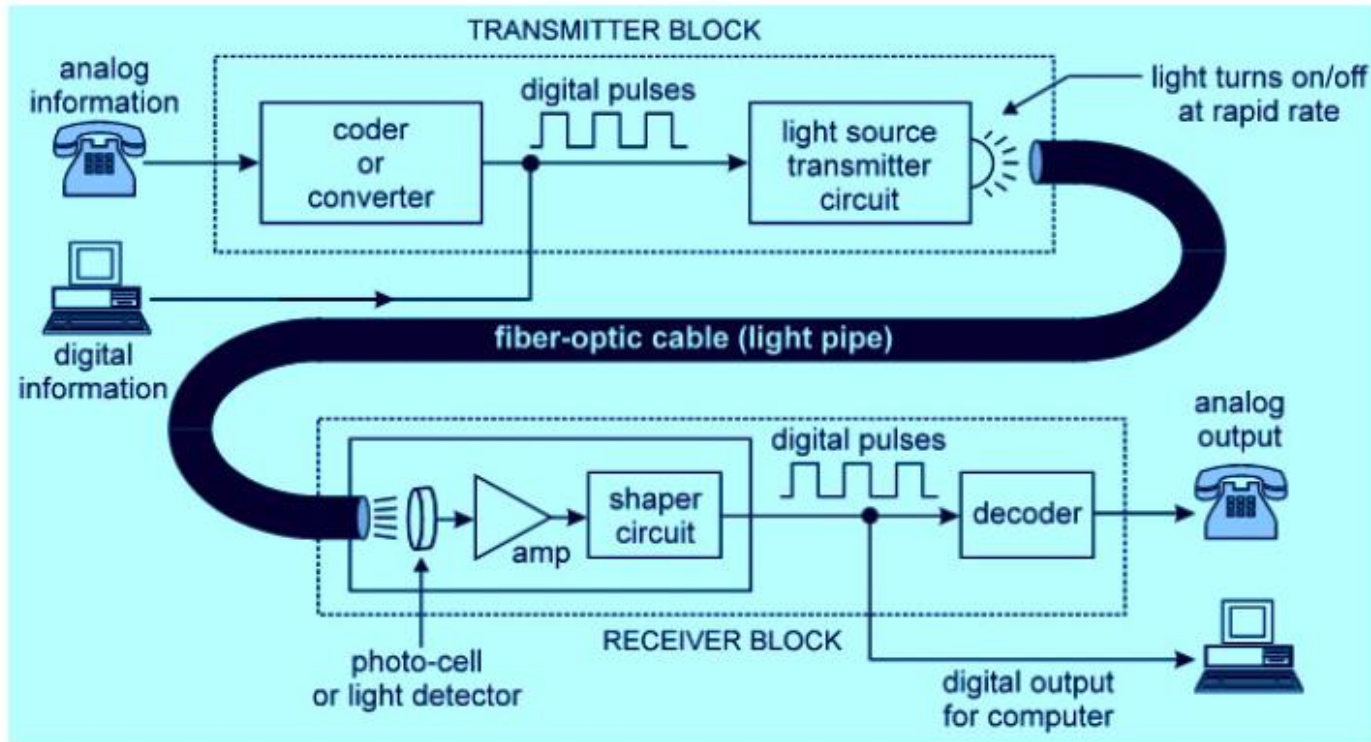
Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Βασική δομή(1/2)



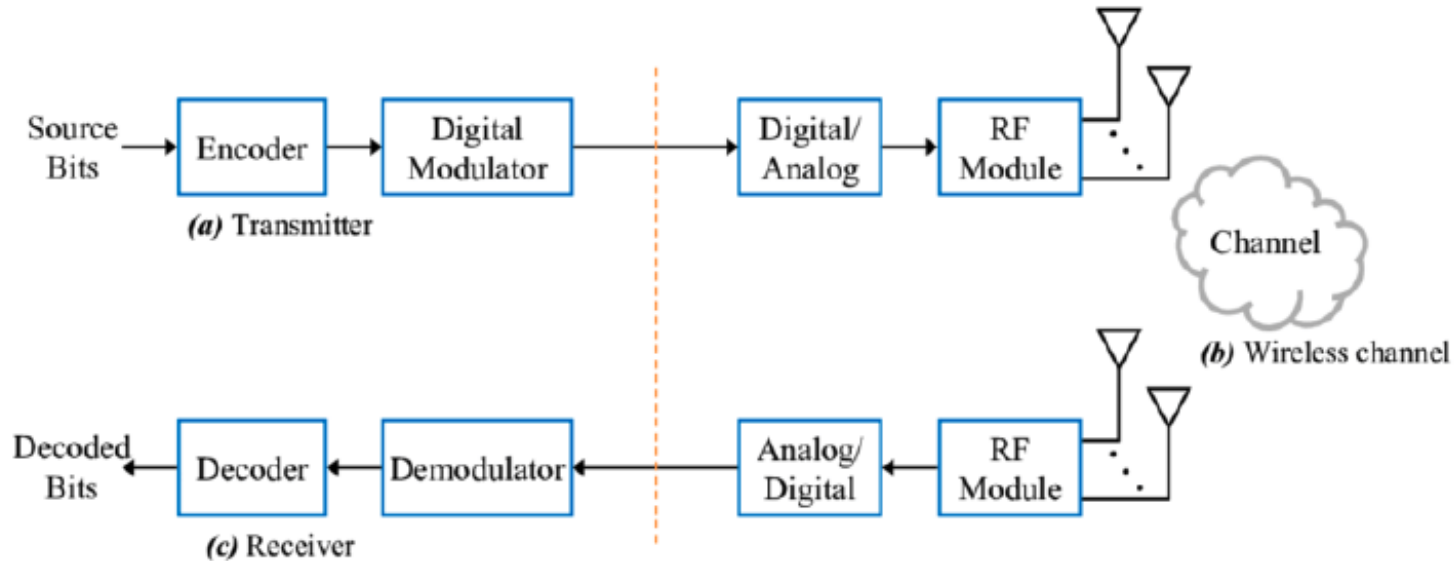
Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Βασική δομή(2/2)

- ❑ **Πομπός.** Αποτελείται από τις βαθμίδες Επεξεργασίας Σήματος και Διαμόρφωσης. Η έξοδος της πηγής πληροφορίας είναι το σήμα-πληροφορίας, $m(t)$, το οποίο μπορεί να είναι σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή και μπορεί να αντιπροσωπεύει φωνή, ήχο, εικόνα, κ.λ.π. Το φασματικό περιεχόμενο του $m(t)$ είναι συγκεντρωμένο γύρω από τη μηδενική συχνότητα και για το λόγο αυτό ονομάζεται σήμα βασικής ζώνης.
- ❑ **Η επεξεργασία σήματος** (πχ κωδικοποίηση πηγής, κρυπτογράφηση) στοχεύει στην επαρκώς αξιόπιστα μετάδοση, αποσκοπώντας στην αντιμετώπιση του θορύβου, των παρεμβολών και της εξασθένησης σήματος λόγω απόστασης.
- ❑ **Κανάλι.** Το κανάλι είναι το μέσο μετάδοσης της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη. Προκαλεί εξασθένηση και εισαγωγή θορύβου, με αποτέλεσμα στο δέκτη να φθάνει ένα αλλοιωμένο αντίγραφο του εκπεμπόμενου σήματος.
- ❑ **Δέκτης.** Σκοπός του είναι η αξιόπιστη ανάκτηση του σήματος πληροφορίας, που εκπέμπει ο πομπός.

Παράδειγμα I: Οπτικό Σύστημα επικοινωνιών

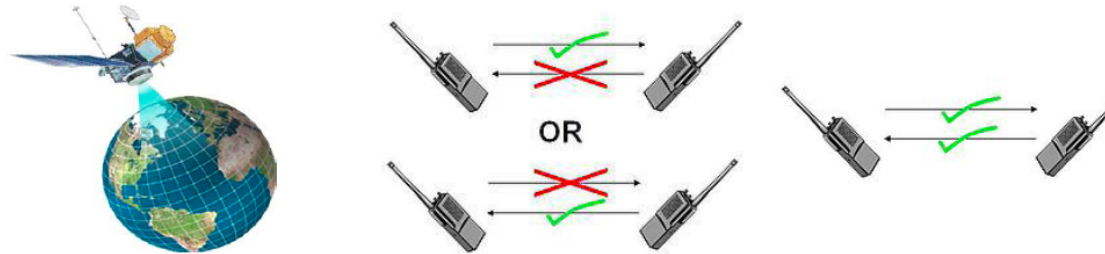


Παράδειγμα II: ασύρματο ψηφιακό σύστημα επικοινωνιών



Είδη επικοινωνίας(1/2)

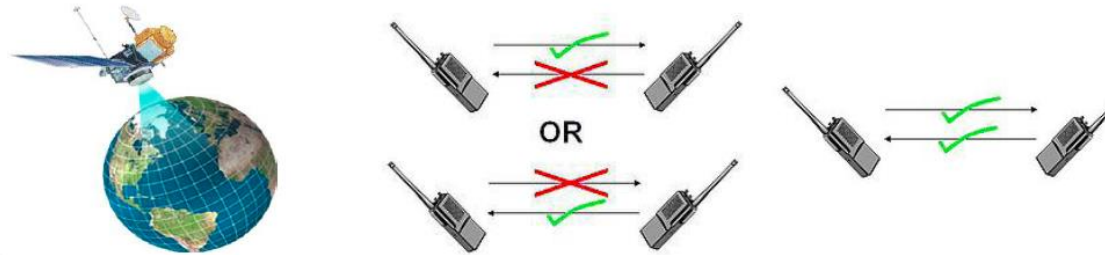
- ✓ **Μονόδρομες-Simplex.** Η πληροφορία μεταδίδεται μόνο προς μια κατεύθυνση. Παραδείγματα μονόδρομης επικοινωνίας είναι το ραδιόφωνο και η τηλεόραση, τα οποία συνήθως ονομάζονται και συστήματα *ευρυεκπομπής (broadcasting)*.
- ✓ **Ημιαμφίδρομες-Half-duplex.** Η επικοινωνία πραγματοποιείται και προς τις δύο κατευθύνσεις αλλά χωρίς να είναι ταυτόχρονη. Μια μόνο τηλεπικοινωνιακή ζεύξη χρησιμοποιείται εναλλάξ για αποστολή και λήψη πληροφοριών με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα γνωστά συστήματα Citizens Band radio (CB).



Συστήματα Επικοινωνιών – Ενότητα 1: Εισαγωγή

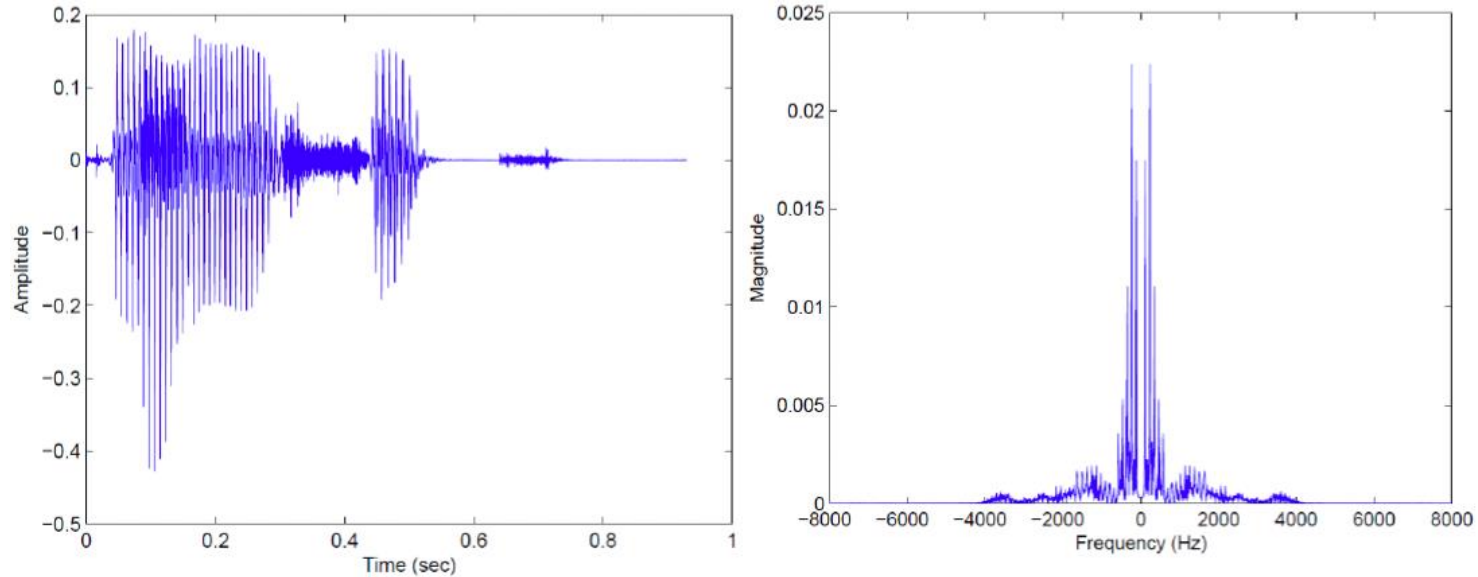
Είδη επικοινωνίας(2/2)

✓ **Αμφίδρομες-Full-duplex.** Η πληροφορία μεταδίδεται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις, όπως για παράδειγμα στο τηλεφωνικό δίκτυο, στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, κ.λ.π.



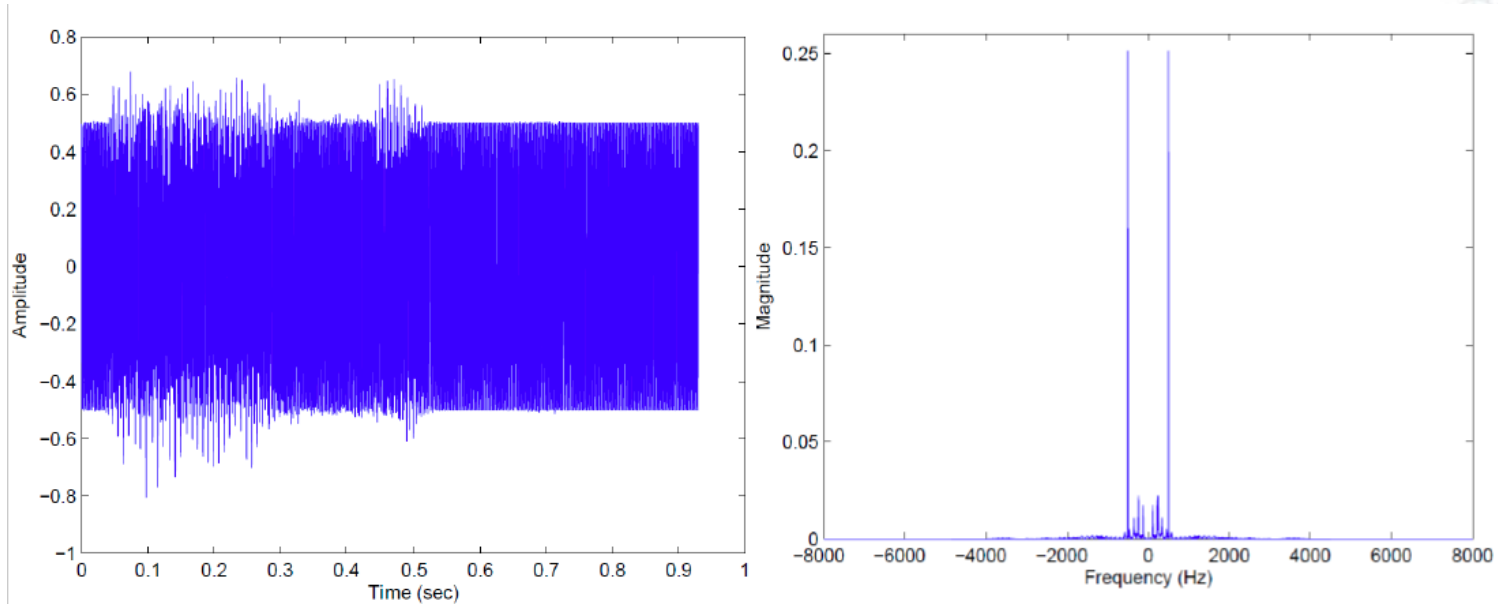
Συστήματα Επικοινωνιών – Ενότητα 1: Εισαγωγή

ΣΗΜΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 1



Σήμα ομιλίας

ΣΗΜΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 2



Σήμα ομιλίας + συνημίτονο 500 Hz

Διαμόρφωση Σήματος

- ⦿ Ως διαμόρφωση (*modulation*) ορίζεται η μετατροπή ενός προς μετάδοση σήματος βασικής ζώνης (*baseband signal*) σε ζωνοπερατό (*passband*).
- ⦿ Ουσιαστικά, το προς μετάδοση σήμα μεταφέρεται στην επιθυμητή ζώνη συχνοτήτων (συνήθως, γύρω από μια κεντρική συχνότητα f_c) στην οποία λαμβάνει χώρα η επικοινωνία.
- ⦿ Η αντίστροφη διαδικασία της διαμόρφωση ονομάζεται αποδιαμόρφωση (*demodulation*).

Κύριοι λόγοι για τη διαμόρφωση

1. Αποδοτική μετάδοση μέσω κεραίας

Οι χαμηλές συχνότητες (π.χ. ανθρώπινη ομιλία, μουσική) απαιτούν πολύ μεγάλες κεραίες για μετάδοση. Η διαμόρφωση μεταφέρει την πληροφορία σε υψηλότερες συχνότητες, όπου οι κεραίες μπορούν να είναι πρακτικά μικρότερες.

2. Μείωση των παρεμβολών και του θορύβου

Η μετάδοση σε υψηλότερες συχνότητες μειώνει τις παρεμβολές από φυσικές ή τεχνητές πηγές θορύβου, βελτιώνοντας την ποιότητα του σήματος.

3. Ταυτόχρονη μετάδοση πολλών σημάτων (Πολυπλεξία)

Μέσω διαφορετικών τεχνικών διαμόρφωσης (π.χ. συχνοτική διαίρεση – FDM), πολλά σήματα μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα χωρίς να παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

4. Αύξηση της απόστασης μετάδοσης

Τα υψηλότερης συχνότητας σήματα (π.χ. ραδιοκύματα, μικροκύματα) μπορούν να ταξιδέψουν μεγαλύτερες αποστάσεις και να μεταδοθούν με λιγότερες απώλειες.

5. Μεταφορά μέσω διαφορετικών μέσων (καλώδια, οπτικές ίνες, ασύρματα δίκτυα)

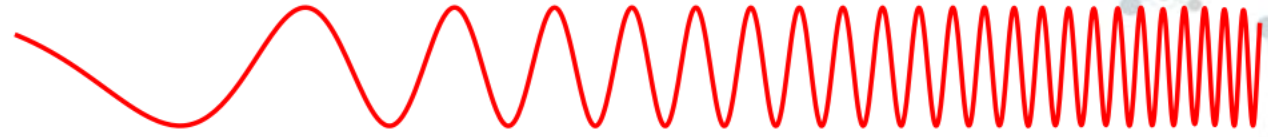
Η διαμόρφωση προσαρμόζει το σήμα ώστε να είναι συμβατό με τα διαφορετικά μέσα μετάδοσης, βελτιώνοντας την ποιότητα και την αξιοπιστία.

6. Προσαρμογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα επικοινωνίας

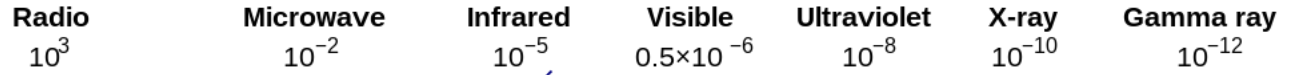
Διαφορετικές τεχνικές διαμόρφωσης χρησιμοποιούνται ανάλογα με το περιβάλλον (π.χ. AM/FM στη ραδιοφωνία, QAM στα δίκτυα Wi-Fi, PSK στα δορυφορικά συστήματα).

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

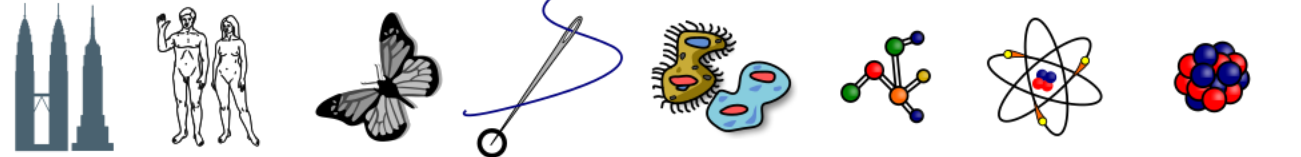
Penetrates Earth's Atmosphere?



Radiation Type
Wavelength (m)



Approximate Scale
of Wavelength

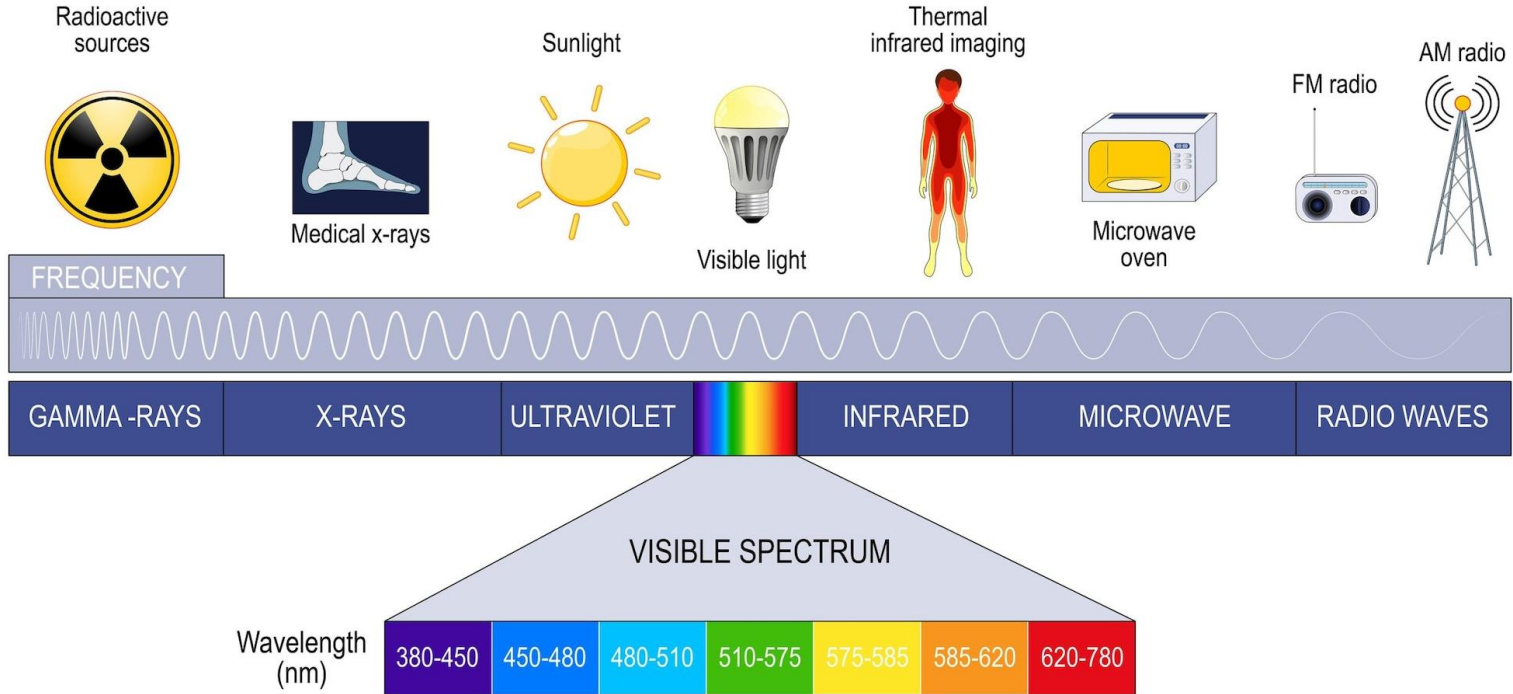


Buildings Humans Butterflies Needle Point Protozoans Molecules Atoms Atomic Nuclei

Frequency (Hz)



Εφαρμογές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος



Φάσμα Συχνοτήτων(1/2)

Αριθμός Ζώνης	Όνομα Ζώνης	Συμβολισμός	Περιοχή Συχνοτήτων
4	VLF		3 – 30 KHz
5	LF		30 – 300 KHz
6	MF		300 – 3000 KHz
7	HF		3 – 30 MHz
8	VHF		30 – 300 MHz
9	UHF		300 – 3000 MHz
		L	1 – 2 GHz
		S	2 – 4 GHz

Φάσμα Συχνοτήτων(1/2)

Όνομασία Ζώνης	Συντομογραφία	Όρια Συχνοτήτων	Τρόπος Διάδοσης	Απόσταση	Εφαρμογές
Extremely Low Frequencies	ELF	1 – 10 KHz	Στατικά Η/Μ πεδία		Γραμμές Μεταφοράς Ηλ. Ενέργειας
Very Low Frequencies	VLF	10 – 30 KHz	Επιφ. Κύματα Ιονόσφαιρα, D-στρώμα	Παγκόσμια	Ραδιοπλοήγηση, AM radio
Low Frequencies	LF	30 – 300 KHz	Κύματα εδάφους, μερική απορρόφηση στο D-στρώμα	1000 Km	Γραμμές Μεταφοράς Ηλ. Ενέργειας

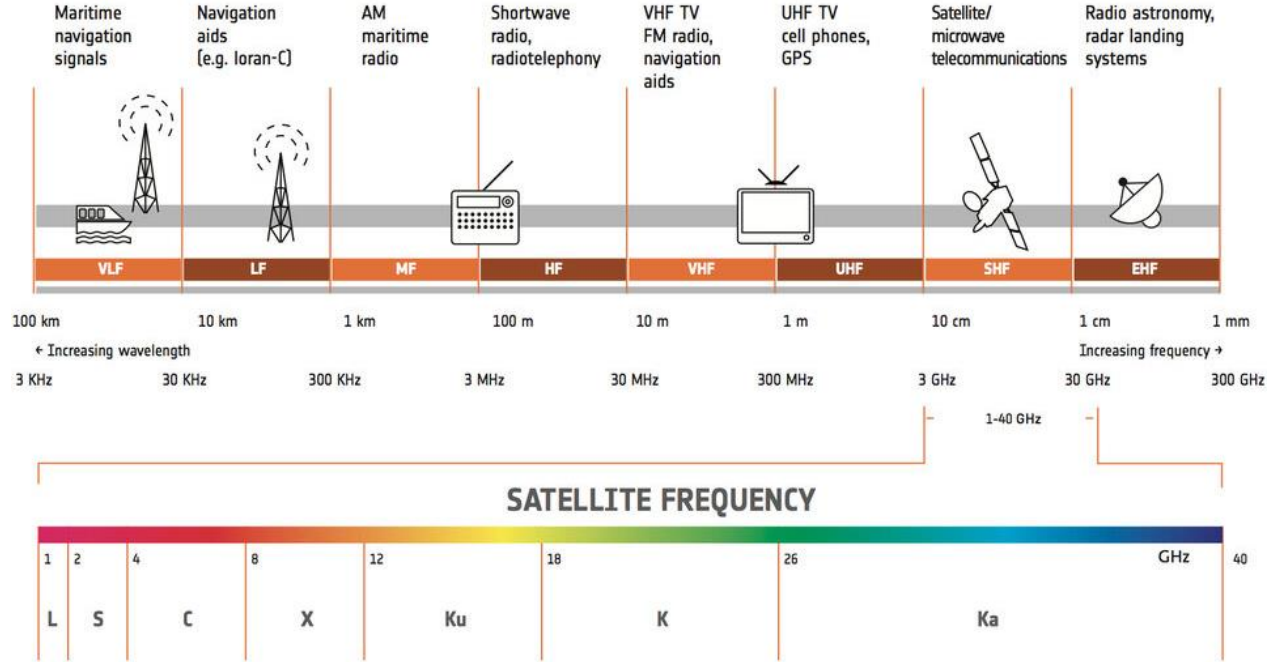
Φάσμα Συχνοτήτων(1/2)

Όνομασία Ζώνης	Συντομογραφία	Όρια Συχνοτήτων	Τρόπος Διάδοσης	Απόσταση	Εφαρμογές
Medium Frequencies	MF	300 KHz – 3 MHz	Κύμα εδάφους (μέρα), ανάκλαση στο E στρώμα (νύχτα)	100 Km (μέρα) 1000 Km (νύχτα)	AM radio
High Frequencies	HF	3 MHz – 30 MHz	Κύμα εδάφους, διάδοση στα όρια ορίζοντα, ανάκλαση στο F στρώμα	100 Km (κατευθείαν) 1000 Km (μέσω Ιονόσφαιρας)	AM radio
Very High Frequencies	VHF	30 – 300 MHz	Κατευθείαν κύμα, οπτική επαφή, ανάκλαση στην ιονόσφαιρα	50 Km (κατευθείαν) 1000 Km (μέσω Ιονόσφαιρας)	FM radio, TV, 1 st Gen. mobile networks

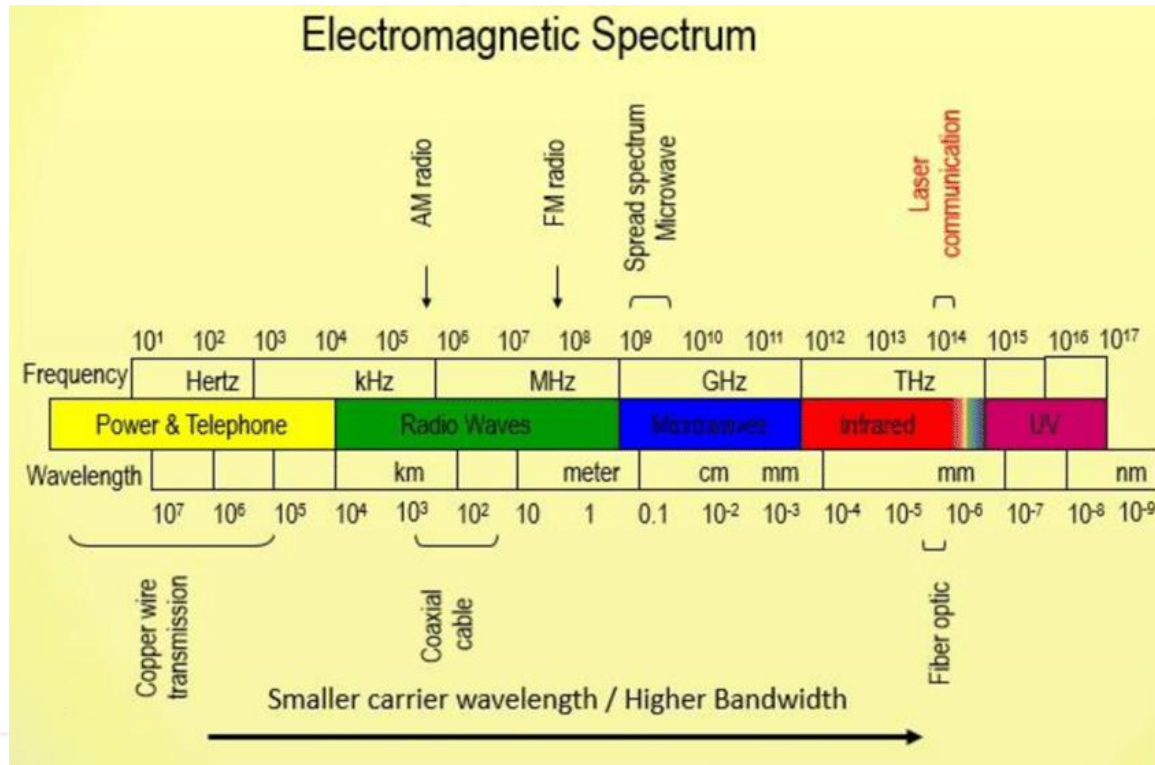
Φάσμα Συχνοτήτων(2/2)

Αριθμός Ζώνης	Όνομα Ζώνης	Συμβολισμός	Περιοχή Συχνοτήτων
10	SHF		3 – 30 GHz
		C	4 – 8 GHz
		X	8 – 12 GHz
		Ku	12 – 18 GHz
		K	18 – 27 GHz
11	EHF		30 – 300 GHz
		Ka	27 – 40 GHz
		Μιλιμετρικά	40 – 300 GHz
12		Υπομιλιμετρικά	300 – 3000 GHz

Δορυφορικές επικοινωνίες

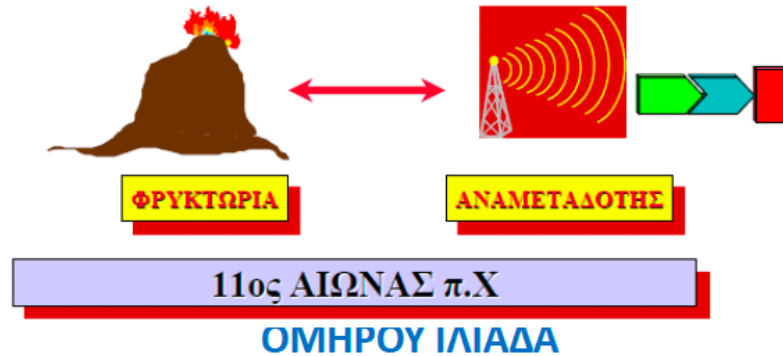


Οπτικές επικοινωνίες



Ιστορικό (πριν την εμφάνιση του ηλεκτρισμού)

- ✓ 1100 π.χ Ελλάς: Φρυκτωρίες



Φρύκτος = Δάδα

Η επιλογή της θέσης των Φρυκτωριών στην Ελλάδα συμπίπτει με τις σημερινές θέσεις των Αναμεταδοτών του ΟΤΕ

11ος Αιώνας π.Χ, ο Βασιλιάς των Μυκηνών Αγαμέμνων αναγγέλλει την πτώση της Τροίας από το Ίλιον, στην γυναίκα του Κλυταιμνήστρα που βρισκόταν στις Μυκήνες.

Ευρωπαϊκό Συνέδριο Οπτικών Επικοινωνιών (ECOC 2024)

Ancient European Optical Communications
 Agamemnon written by Aeschylous 458 BC

CLYTEMNESTRA
 At the speed of light. Hephaestus' sacred fire blazed from beacon tower to beacon tower, from Ida's top to Lemnos, and from there to Athos, that island sacred to Zeus, where they set the blaze they had kept prepared so long, and the tongues of flame leaped up in the dark night in a kind of chorus singing the victory hymn in splendid crescendo.

Leighton

- First free-space optical link transmission ~600km
- Longest span 150km
- 1 bit/night
- 5-10m wood-pile fire (tens of MegaWatts)
- Too bad if it rained!

Agamemnon written by Aeschylous 458 BC

SECOND CHORISTER
 What time of day was it when Troy was destroyed?
CLYTEMNESTRA
 Not day, but at night. Last night, in fact.
FIRST CHORISTER
 And the news has arrived already? How could that happen?
CLYTEMNESTRA
 At the speed of light. Hephaestus' sacred fire blazed from beacon tower to beacon tower, from Ida's top to Lemnos, and from there to Athos, that island sacred to Zeus, where they set the blaze they had kept prepared so long, and the tongues of flame leaped up in the dark night in a kind of chorus singing the victory hymn in splendid crescendo.



Sir David Payne, CBE, FRS, FEng
 @ ECOC 2024

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

- **1837:** Οι Cooke και Wheatstone αποκτούν την ευρεσιτεχνία για τον τηλεγράφο. Ο Morse επιδεικνύει δημόσια τον δικό του τηλεγράφο.
- **1844:** Λειτουργεί η πρώτη τηλεγραφική γραμμή με κώδικα Morse μεταξύ Washington και Baltimore.
- **1866:** Επιτυγχάνεται υπερατλαντική επικοινωνία χωρίς διακοπή, με την επιτυχή τοποθέτηση δύο υποβρυχίων καλωδίων τηλεγράφου.
- **1876:** Οι Alexander Graham Bell και Elisha Gray εφευρίσκουν ανεξάρτητα το τηλέφωνο. Ο Bell κέρδισε δικαστικά την προτεραιότητα.

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

- **1884:** Ιδρύεται η ΑΙΕΕ με πρόεδρο τον Norvin Green, πρόεδρο της Western Union.
- **1901:** Ο Guglielmo Marconi στέλνει τα πρώτα υπερατλαντικά ασύρματα σήματα.
- **1903:** Ιδρύεται η επιτροπή του ΑΙΕΕ για τον τηλεγράφο και την τηλεφωνία.
- **1912:** Ιδρύεται η IRE.
- **1952:** Σχηματίζεται η επαγγελματική ομάδα RE για συστήματα επικοινωνίας.
- **1953:** Ο John Pierce προτείνει τις επικοινωνίες βαθέως διαστήματος (deep space communications)

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

- **1954:** Το σύστημα SAGE την πολεμικής αεροπορίας της ΗΠΑ θέτει σε βάση για την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών και τη χρήση modem.
- **1955:** Το TAT-1, το πρώτο υπερατλαντικό καλώδιο παρείχε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.
- **1957:** Η Σοβιετική Ένωση εκτοξεύει τον Sputnik, τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο στις 5 Οκτωβρίου.
- **1959:** Εφεύρεση του laser.
- **1960:** Ο τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος Echo I εκτοξεύεται την 12^η Αυγούστου. Παρέχει τις πρώτες υπηρεσίες δορυφορικής τηλεόρασης το 1962.

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

- **1961:** Το AT&T εκτοξεύει τον δορυφόρο Telstar για υπηρεσίες τηλεφώνου και τηλεόρασης. Ο Leonard Kleinrock δημοσιεύει το άρθρο «Ροή πληροφορίας σε μεγάλα δίκτυα υπολογιστών», το οποίο θεωρείται το πρώτο στη θεωρία μεταγωγής πακέτων.
- **1962:** Τα AIEE και IRE συγχωνεύονται και σχηματίζεται το IEEE. Το κογκρέσο των ΗΠΑ ψηφίζει τη Δράση Δορυφορικών Επικοινωνιών.
- **1963:** Ο Paul Baran της RAND δημοσιεύει το άρθρο «Περί των κατανεμημένων τηλεπικοινωνιακών δικτύων» σχετικά με τη λειτουργία των δικτύων μεταγωγής πακέτων, ικανών να επιβιώνουν από τη διακοπή κόμβων.

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

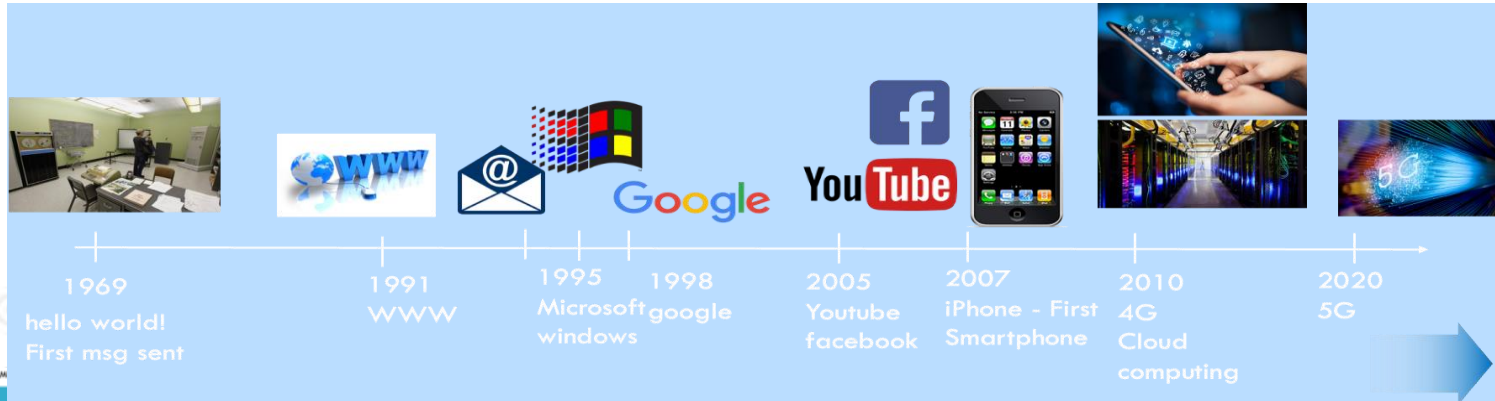
- **1964:** Ιδρύεται η ομάδα IEEE για την τεχνολογία επικοινωνιών.
- **1965:** Οι Κ. C. Kao και G. A. Hockman δημοσιεύουν σημαντικό άρθρο για τις οπτικές ίνες.
- **1966:** Ο L. G. Roberts του MIT δημοσιεύει το άρθρο «Δίκτυα συνεργασίας για υπολογιστές με κατανομή χρόνου».
- **1969:** Το ARPANET ξεκινά λειτουργία τεσσάρων κόμβων.
- **1972:** Ο Jon Postel παρουσιάζει τις προδιαγραφές του telnet.
- **1973:** Ο Robert Metcalfe εφευρίσκει το Ethernet στο Xerox PARC.

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

- **1974:** Οι Victor Cerf και Robert Kahn δημοσιεύουν το άρθρο «Πρωτόκολλο για τη διασύνδεση δικτύων πακέτων», το οποίο περιγράφει τη λειτουργία του TCP. Η Western Union εκτοξεύει τον Westar.
- **1975:** Η εταιρία Bolt, Beranek and Newton ξεκινά την λειτουργία του telnet, πρώτης δημόσιας υπηρεσίας δεδομένων πακέτων.
- **1977:** Εκτοξεύεται το διαστημόπλοιο Voyager. Στέλνει σήματα στον Δία (1979-1980), τον Κρόνο (1981), τον Ουρανό (1986) και τον Ποσειδώνα (1989)
- **1981:** Παρέχονται οι πρώτες υπηρεσίες κυψελωτής τηλεφωνίας στη Σαουδική Αραβία και στη Σκανδιναβία

Ιστορικό των Επικοινωνιών/ Σημαντικοί σταθμοί

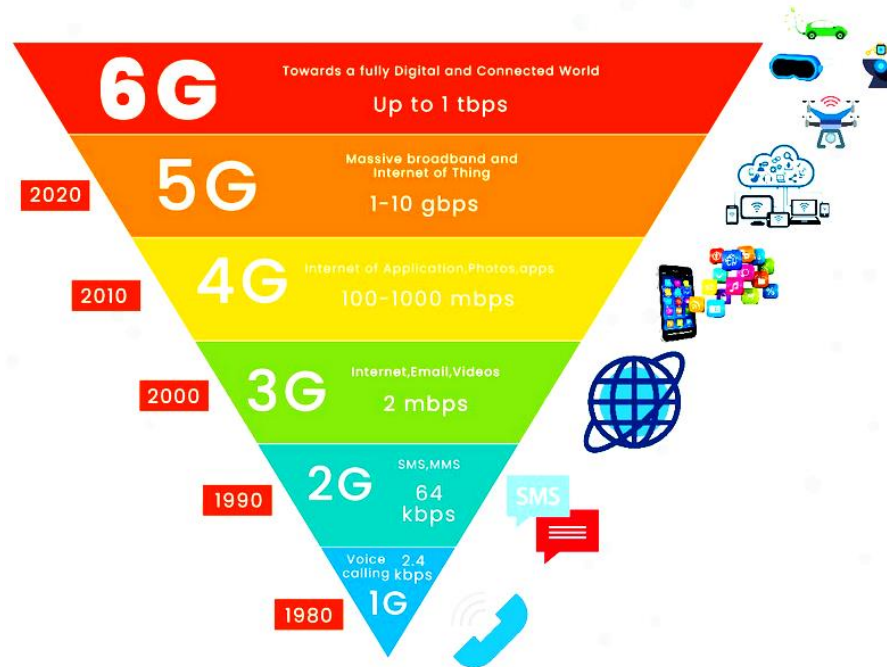
- **1991** Ο Berner Lee αναπτύσσει τον παγκόσμιο ιστό (WWW)
- **2000**: Ολοκληρώνεται το πρότυπο του 3G.
- **2010**: Παρέχονται υπηρεσίες 4G για πρώτη φορά στις ΗΠΑ.
- **2020(?)**: Ολοκλήρωση του προτύπου 5G.



© απάντηση στο ερώτημα «εγώ είμαι computer scientist,
δεν τα χρειαζομαι εγώ αυτά!»

Υπάρχει μέλλον στις τηλεπικοινωνίες?

Evolution of Telecom Industry



Υπάρχει μέλλον στις τηλεπικοινωνίες?

Overview of 6G Use cases

eMBB+

- AR,VR
- Video streaming
- Multimedia application
- Internet
- Download & Upload

AI

- Autonomous network management
- Intelligent edge computing

Sensing

- High Accuracy localization and tracking
- Mapping, Localizatio
- Augmented human sense
- Industrial IOT

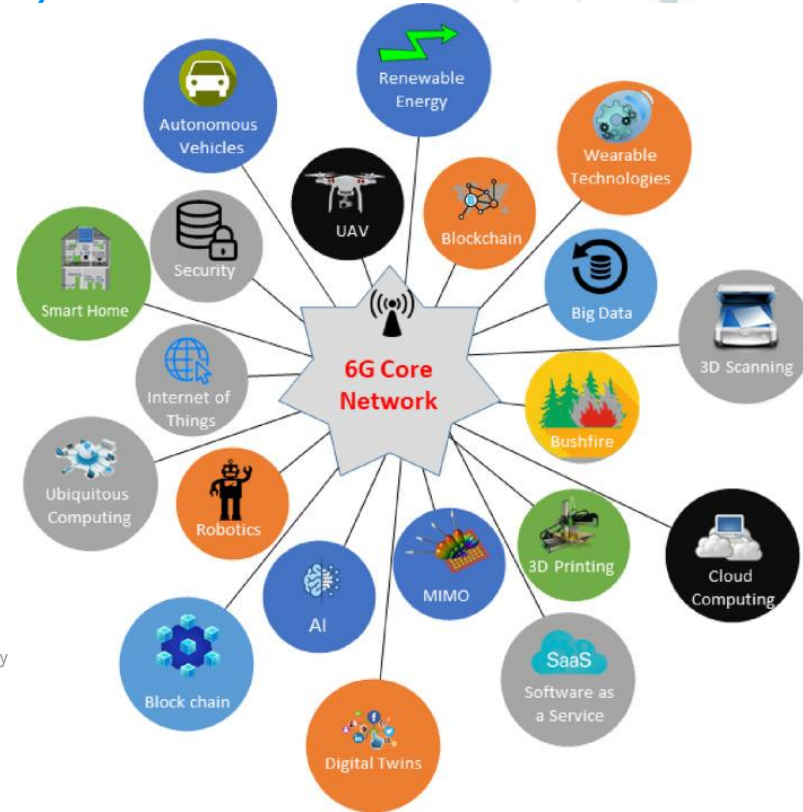


URLLC+

- Factory
- Motion Control
- Autonomous vehicles
- Intelligent robots to cyborgs
- Motion control

mMTC+

- Smart building
- Smart healthcare
- Smart services enables by UAV
- Wide range IOT services



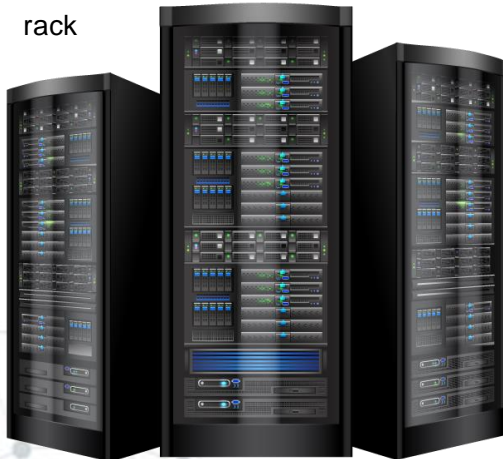
Υπάρχουν υπολογιστές χωρίς επικοινωνίες?

- ⦿ Τα κέντρα δεδομένων (DATA CENTERS)
- ⦿ Τεράστιες υπολογιστικές μονάδες

server



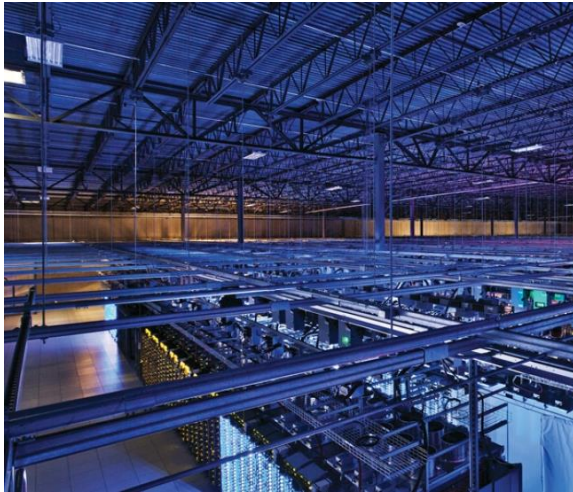
rack



cluster



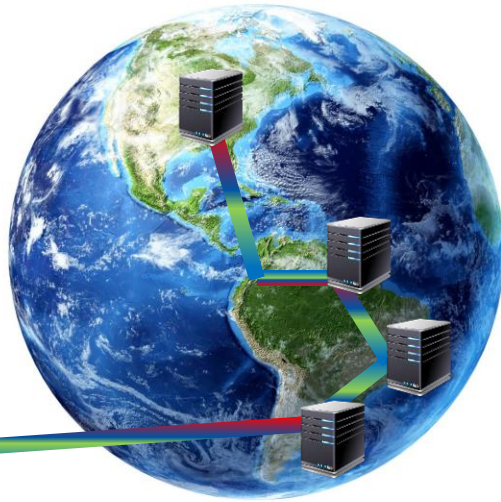
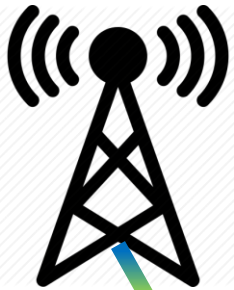
Εγκαταστάσεις κέντρων δεδομένων



- Η συγκέντρωση πολλών υπολογιστών σ' ένα σημείο βοηθά:
 - στην επεξεργασία της πληροφορίας
 - στην βελτιστοποίηση της διαχείρισής τους
 - στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας
- 18 MW / 600.000 m²

ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΕΙ το CLOUD COMPUTING

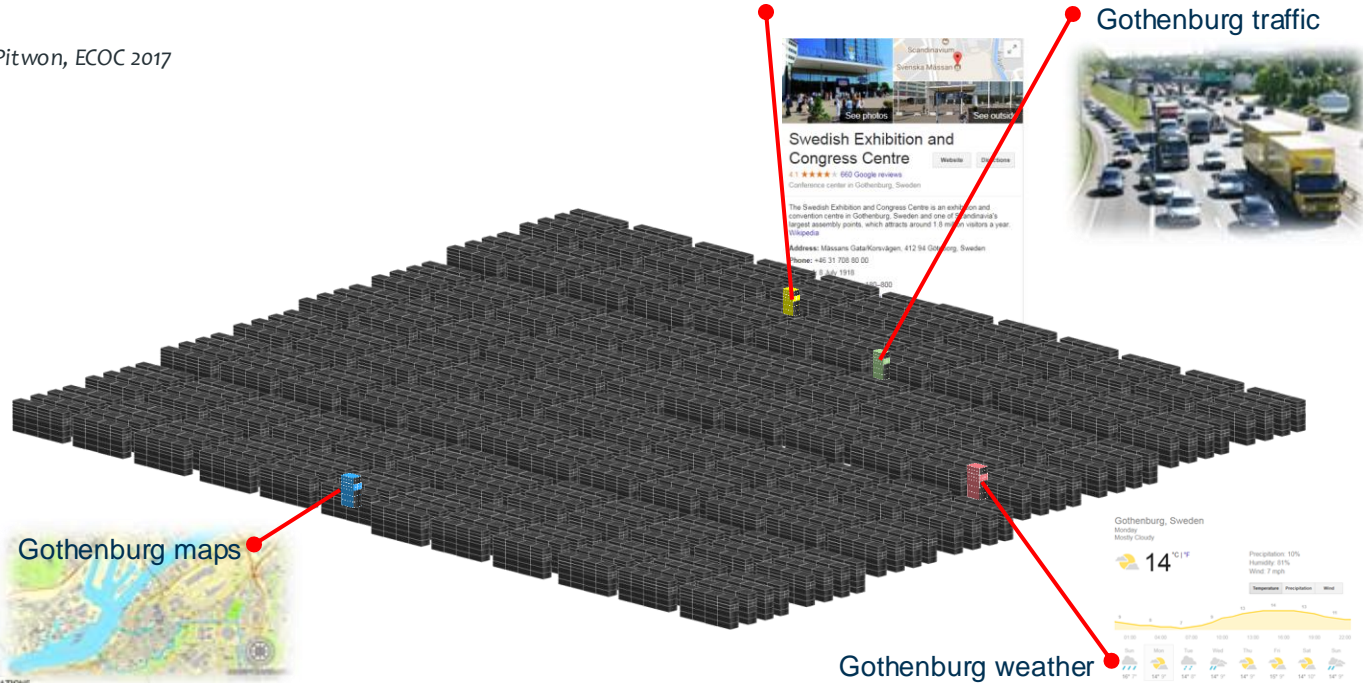
R. Pitwon, ECOC 2017



DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS

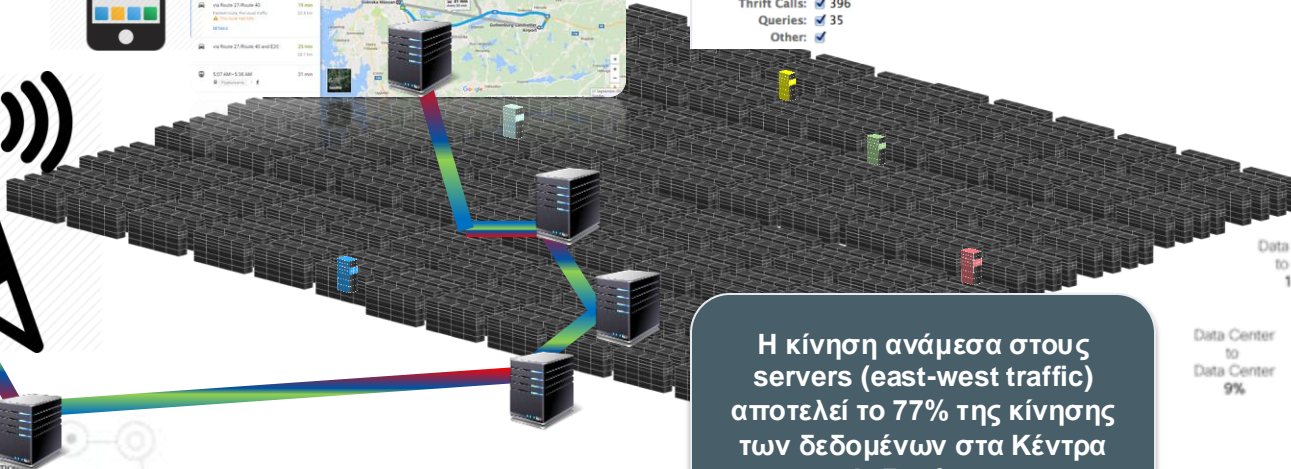
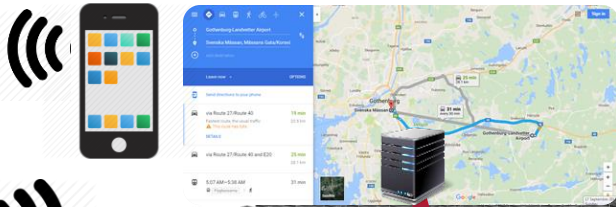
ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΕΙ το CLOUD COMPUTING

R. Pitwon, ECOC 2017



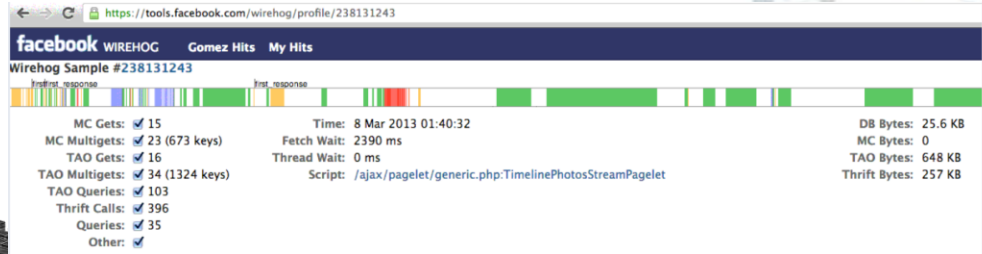
ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΕΙ το CLOUD COMPUTING

R. Pitwon, ECOC 2017

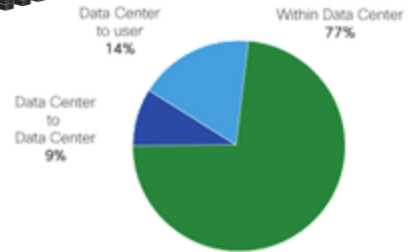


Η κίνηση ανάμεσα στους servers (east-west traffic) αποτελεί το 77% της κίνησης των δεδομένων στα Κέντρα Δεδομένων

1 KB HTTP request generated 930 KB of internal network traffic

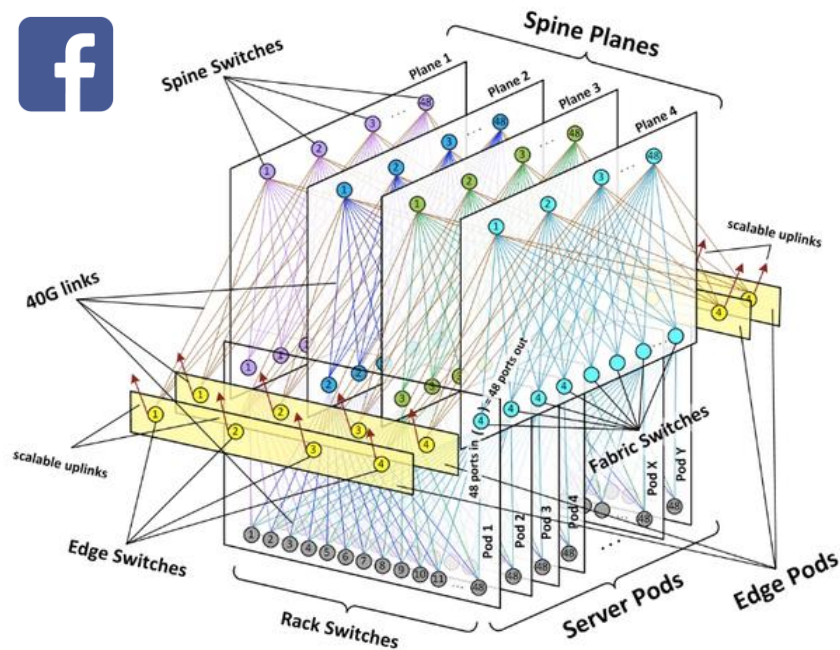
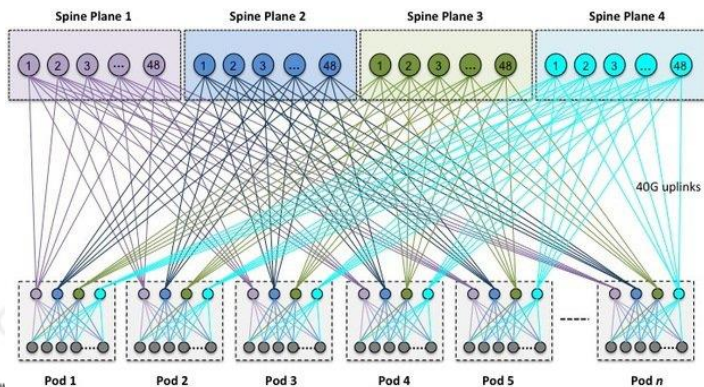


Source: Cisco Cloud Index

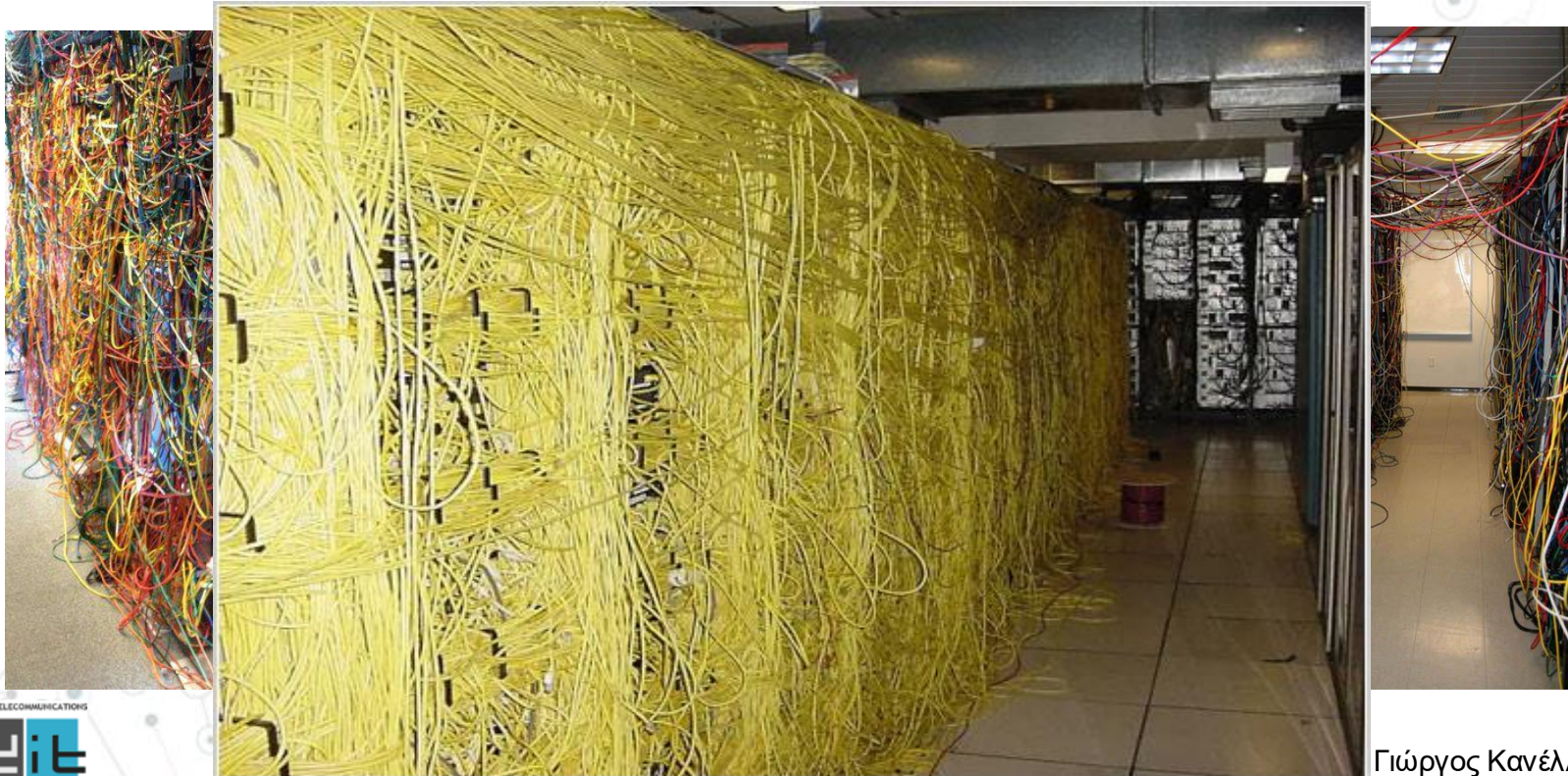


Πως συνδέει κανείς τόσους υπολογιστές?

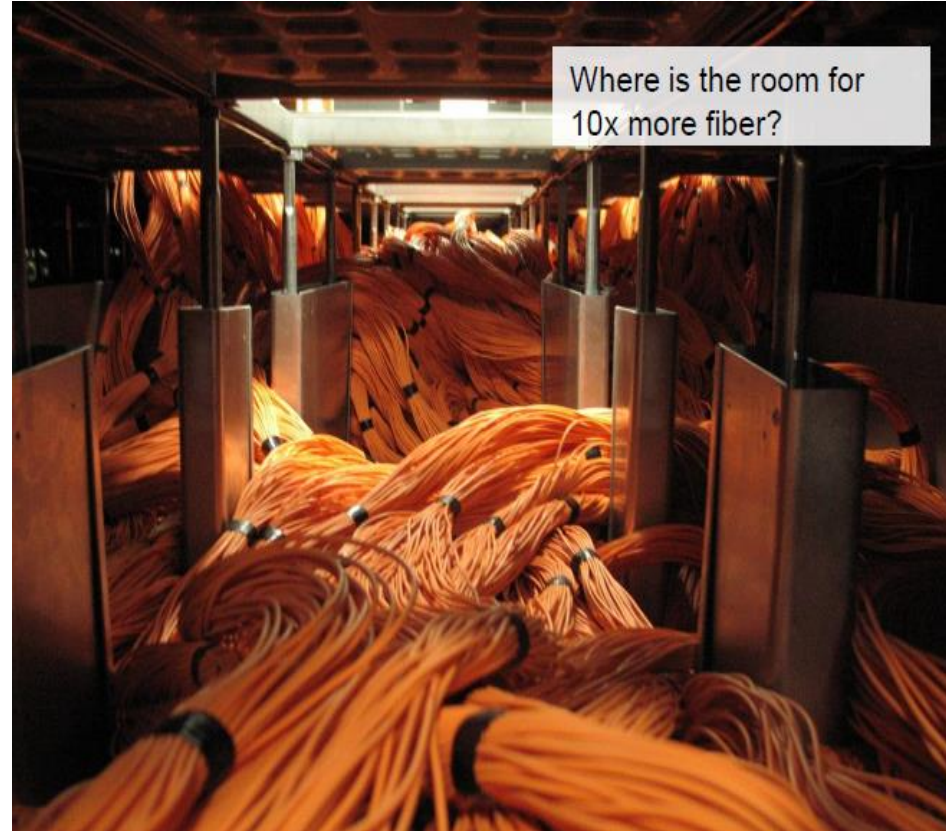
- 50k servers x 100Gb/s = 5 Pb/s !!!!!
- Δίκτυο 10 φορές το μέγεθος του ίντερνετ
- Εκατομμύρια καλώδια



Οι πρώτες απόπειρες...



ΣΗΜΕΡΑ: Λύθηκε το πρόβλημα?

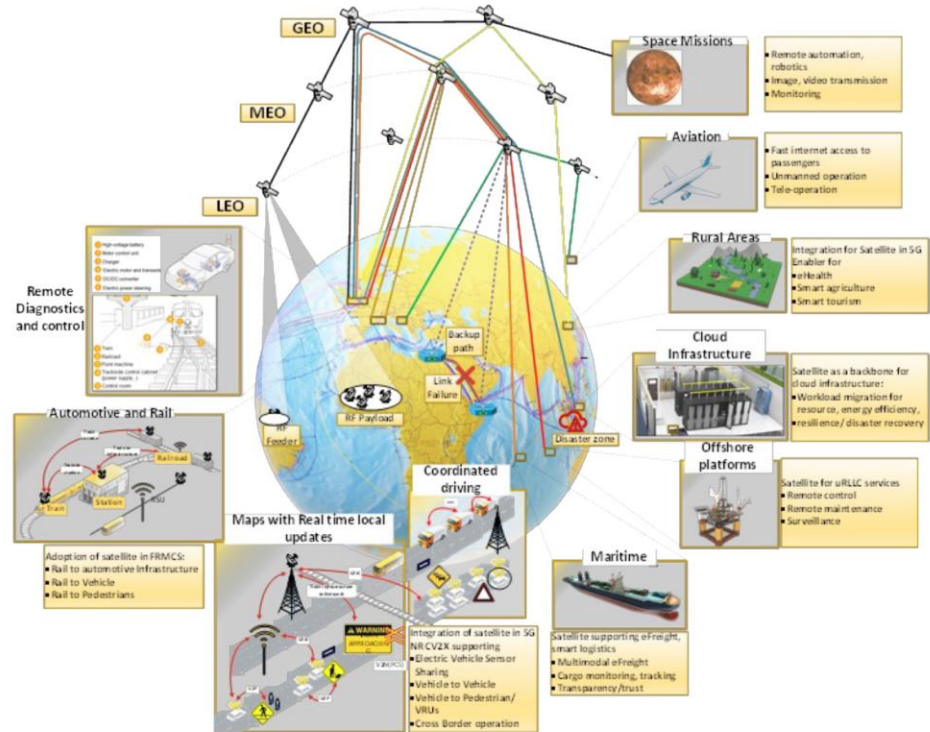


Σύνοψη μέχρι εδώ

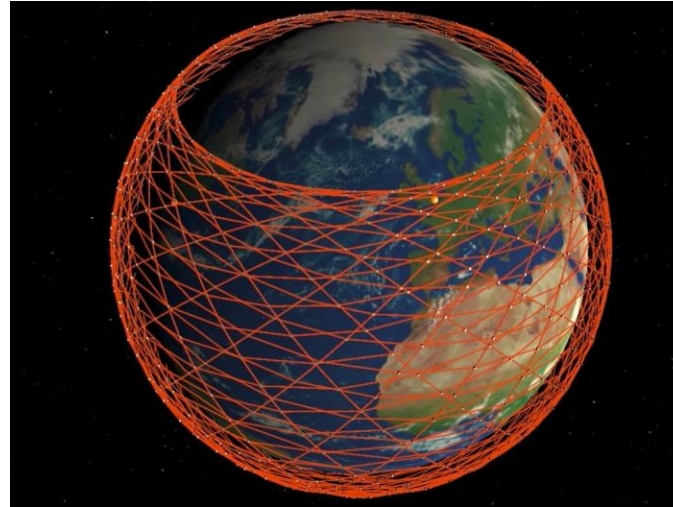
- ◎ Η Εξέλιξη των οπτικών δικτύων επέτρεψε τη δημιουργία και επέκταση του Παγκόσμιου Ιστού
 - ◎ και κατά συνέπεια τον ψηφιακό μετασχηματισμό του σύγχρονου κόσμου
- ◎ Οι επικοινωνίες βρίσκονται πίσω από κάθε μας καθημερινή ψηφιακή δραστηριότητα
- ◎ Οι επικοινωνίες είναι η βάση για όλα τα σύγχρονα καταναμημένα υπολογιστικά συστήματα (κέντρα δεδομένων, υπερυπολογιστές)
- ◎ Υποστήριξη επεξεργαστικά απαιτητικών προγραμμάτων και διεργασιών (ML, AI etc)

Ευρυζωνικό Ιντερνετ παντού!

- Παγκόσμια κάλυψη ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές
- Κάλυψη κινητών χρηστών/κόμβων (αεροπλάνα, καράβια, αυτοκίνητα)
- Επικοινωνία με το βαθύ διάστημα
- Μικρότερη χρονική υστέρηση από τις οπτικές ίνες
- Backup του χερσαίου οπτικού δικτύου σε περίπτωση φυσικών καταστροφών/ εχθροπραξιών κτλ



Space X: the Starlink project



- May 2019: a single SpaceX launched 60 test satellites
- Initial plan is 4400 LEO satellites @550km orbits
- Space X full plan is 12000 LEO sat.
- 10Gb/s laser links tested

ORDER STARLINK

Zografou 161 22, Greece

Starlink is now offering hardware rentals throughout Greece.

▶ [Learn More About Starlink Rentals](#)

OWN

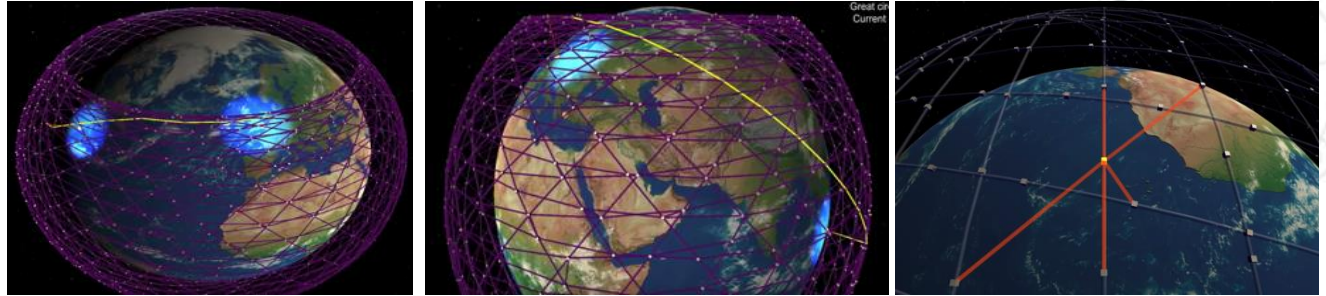
RENT

€40/mo for service and €450 for hardware.

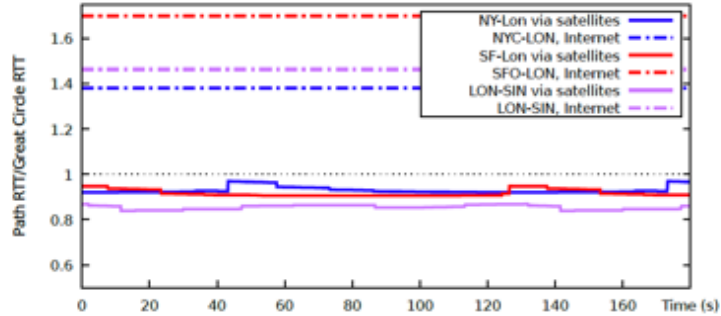
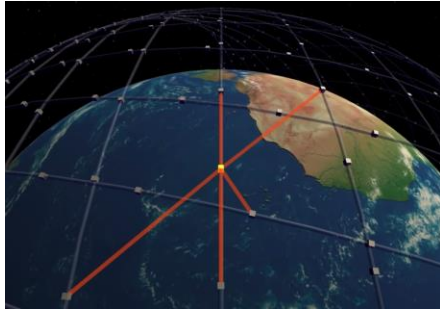
DEPARTMENT OF 60 Starlink v1.0 satellites prepare for flight. (SpaceX)

Πλεονεκτήματα αστερισμών δορυφορικών δικτύων

Starlink LEO Constellation:
Phase 1– 1600 nodes
8-hops LONDON-NEW YORK
13-hops LONDON-Singapore

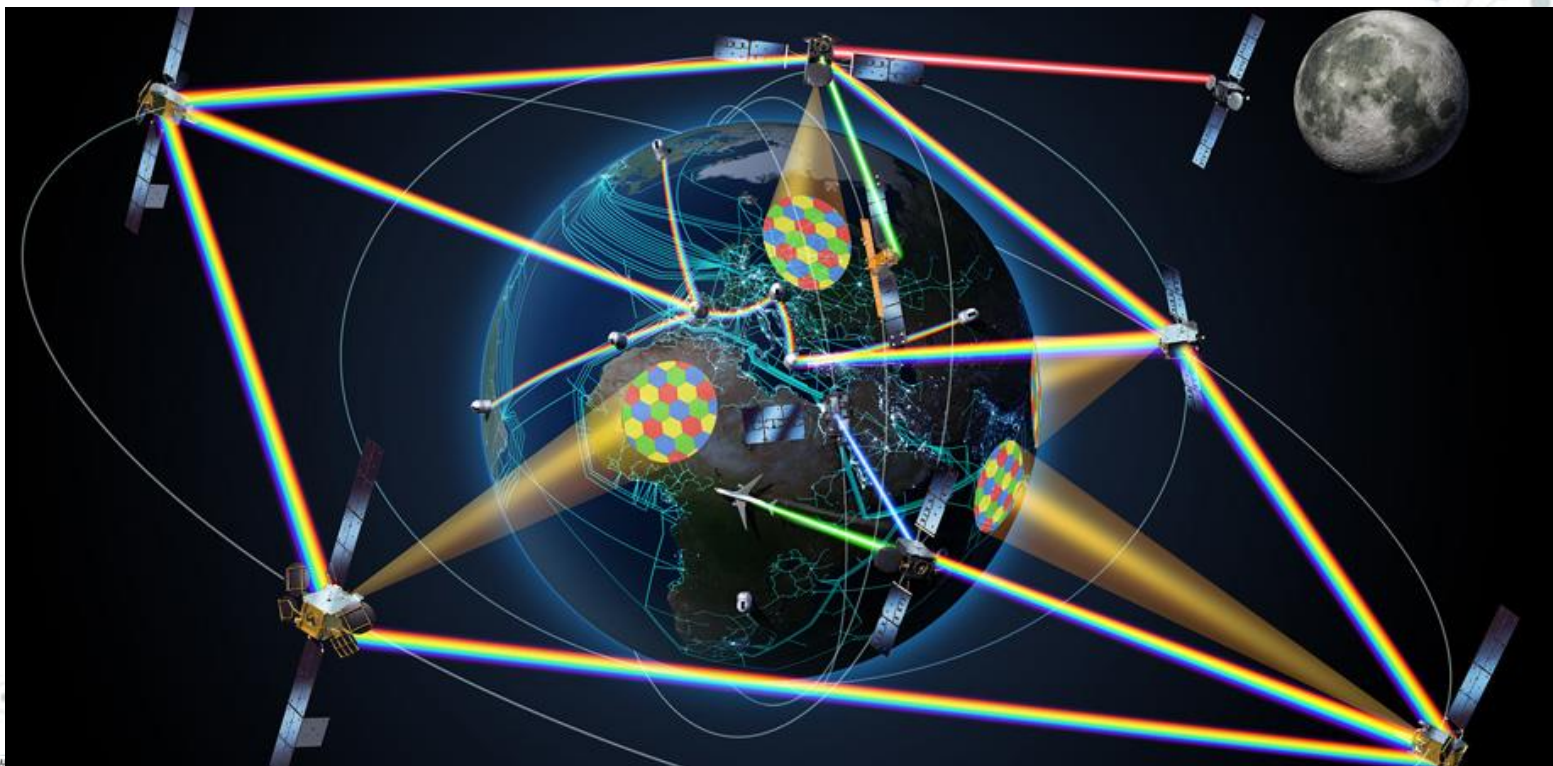


<https://www.youtube.com/watch?v=QEIUdMiCoIU>



Mark Handley, HotNets '18: Proceedings of the 17th ACM Workshop on Hot Topics in Networks November 2018
Pages 85–91

Δορυφορικές οπτικές επικοινωνίες



DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS

Τέλος μαθήματος

◎ Ερωτήσεις?