



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

# ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

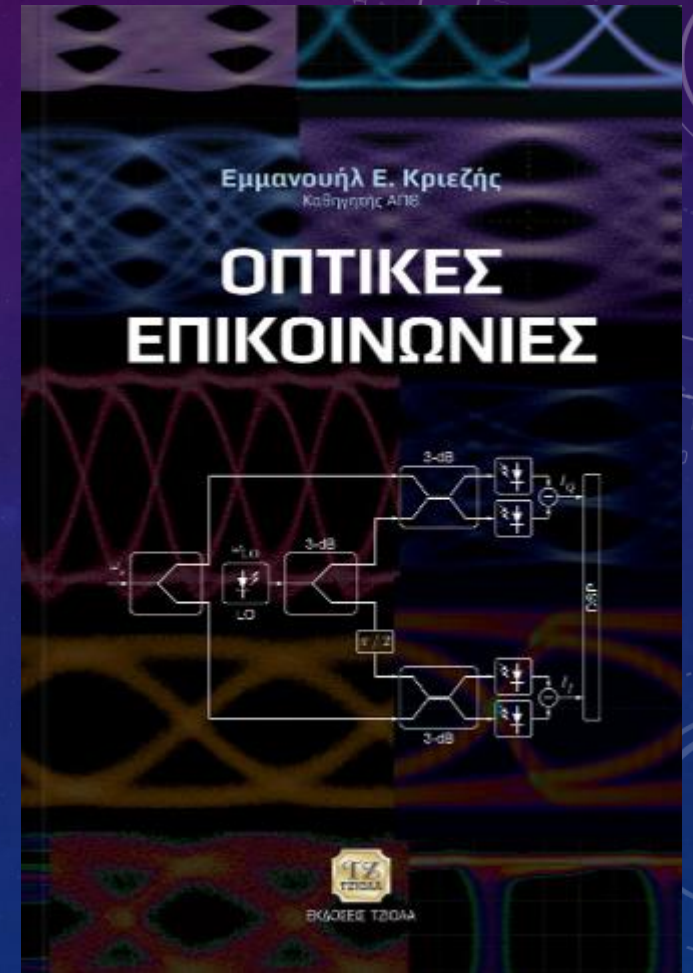
## ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ

(β' μέρος)

**Διδάσκων: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας**

# Μάθημα

- ❖ Μάθημα 18:00-... κάθε Πέμπτη δια ζώσης
- ❖ Email επικοινωνίας [atsormpa@uoi.gr](mailto:atsormpa@uoi.gr)
- ❖ Ώρες γραφείου 10:00-14:00
  
- ❖ Βιβλίο: ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, Εμμανουήλ Κριεζής, Εκδόσεις Τζιόλα

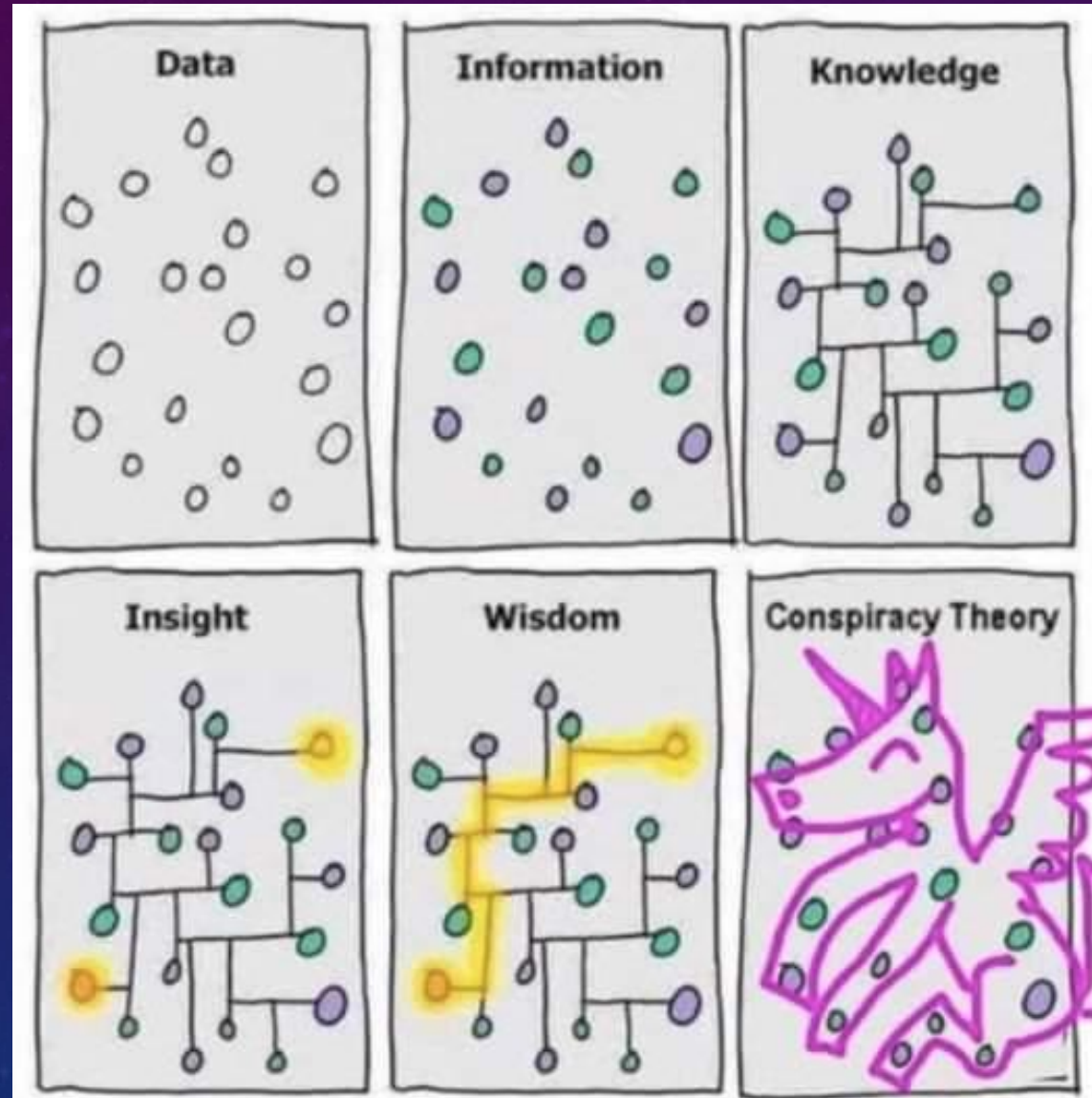


# Μάθημα

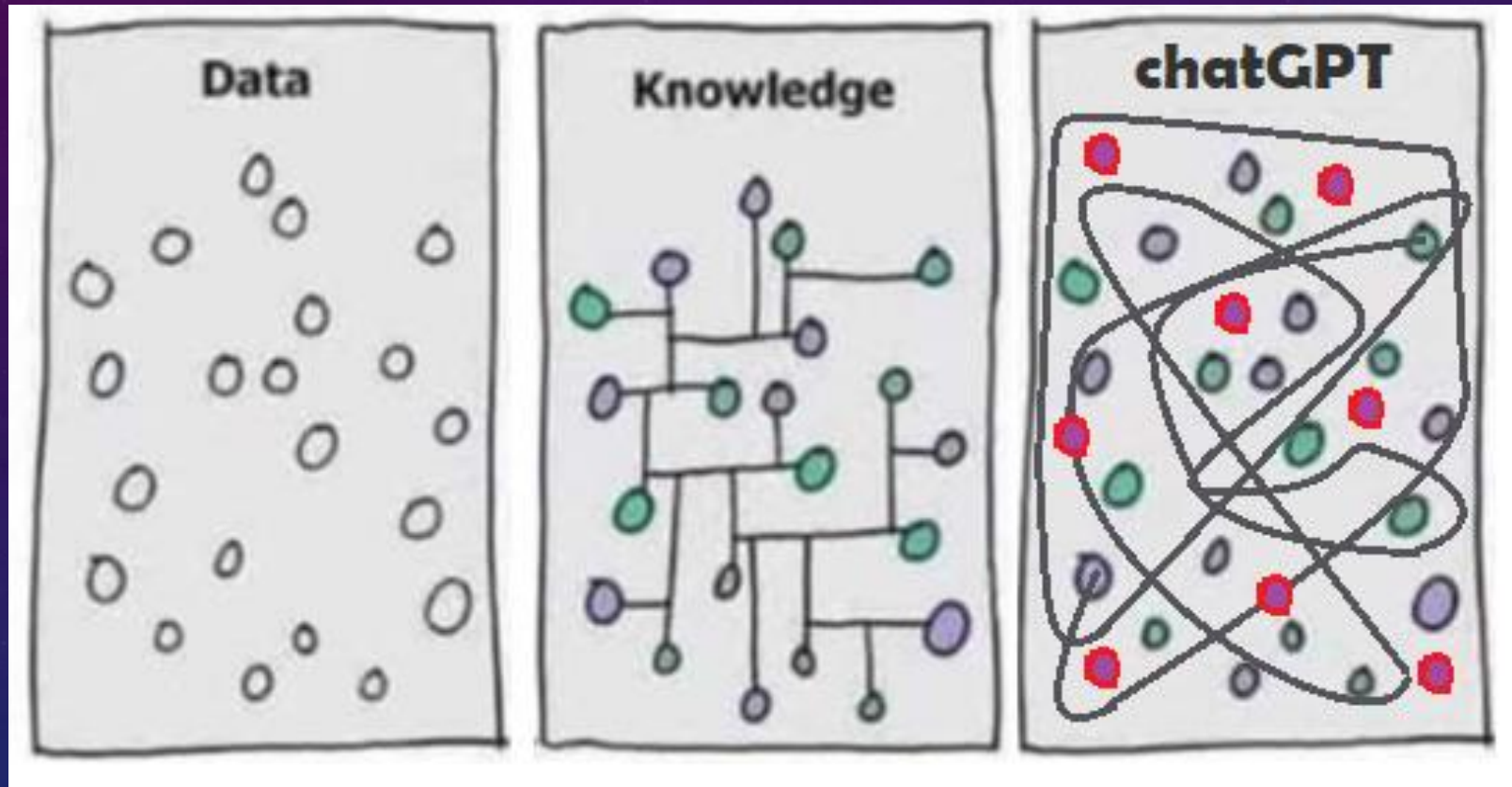
## Εξέταση του μαθήματος

- Στο τέλος των 6 μαθημάτων θα παραδοθεί μια εργασία 2000 λέξεων που θα επιλέξουν οι φοιτητές από λίστα εργασιών που θα προταθούν.
- Η εργασία μπορεί να είναι συνεργατική. Κάθε επιπλέον συμμετέχων αυξάνει το μέγεθος της εργασίας κατά 1000 λέξεις.
- Στο τέλος κάθε εργασίας οι φοιτητές θα πρέπει να περιλαμβάνουν 10 ερωτήσεις.
- Δεν θα γίνεται παρουσίαση της εργασίας αλλά οι φοιτητές θα καλούνται να απαντήσουν σε κάποιες από αυτές τις 10 ερωτήσεις.
- Οι απαντήσεις δεν μπορεί να είναι ναι/όχι, σωστό/λάθος κτλ.
- Η χρήση προγραμμάτων τεχνητής νοημοσύνης είναι ελεύθερη αλλά θα πρέπει να υποδεικνύεται πού και πώς έχουν χρησιμοποιηθεί στην εργασία.

# ChatGPT - 1



# ChatGPT - 2

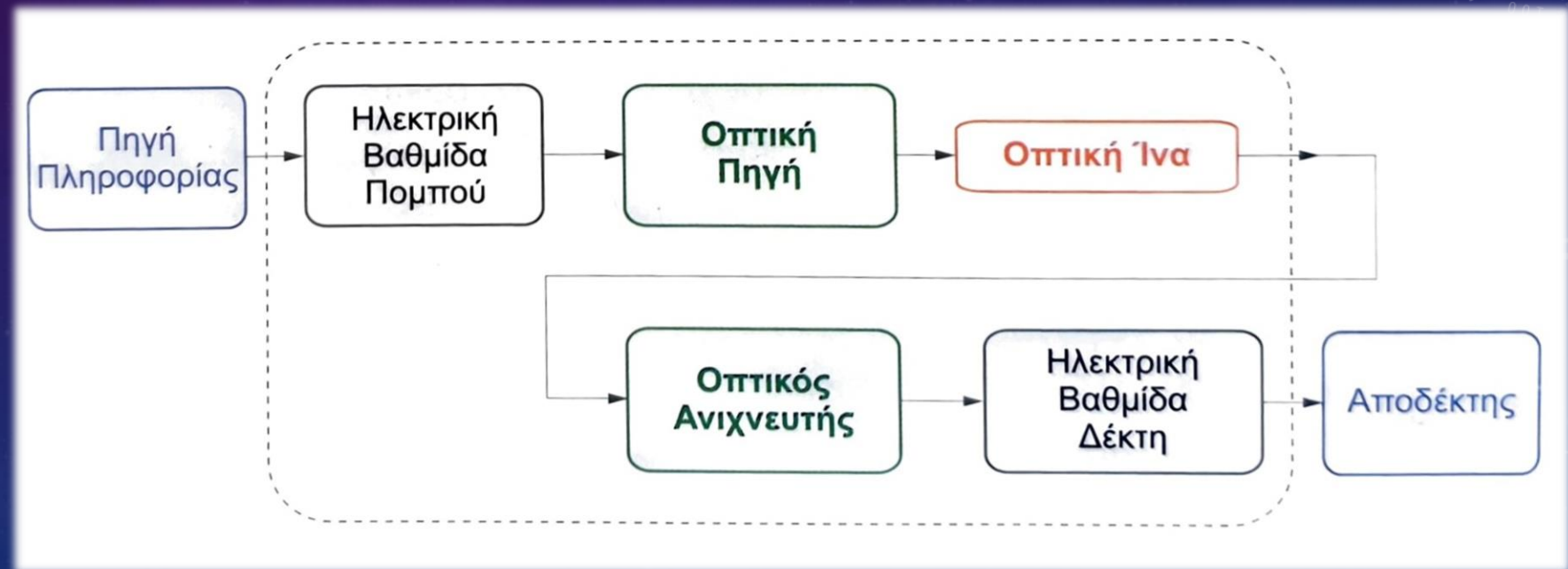


# Γενικά - 1

Ένα τηλεπικοινωνιακό  
σύστημα



Ένα σύστημα οπτικών  
επικοινωνιών



# Γενικά - 2

Τι είναι τα συστήματα οπτικών επικοινωνιών;

Οπτικό σύστημα Μετάδοσης στην απλούστερη μορφή του



- Πηγή Φωτός  
(LED, Laser, κτλ)

- Οπτικός Διαμορφωτής  
(Φάσης ή/και Πλάτους)

- Οπτική ίνα  
(Single Mode, Multi-mode, Multi-core etc.)

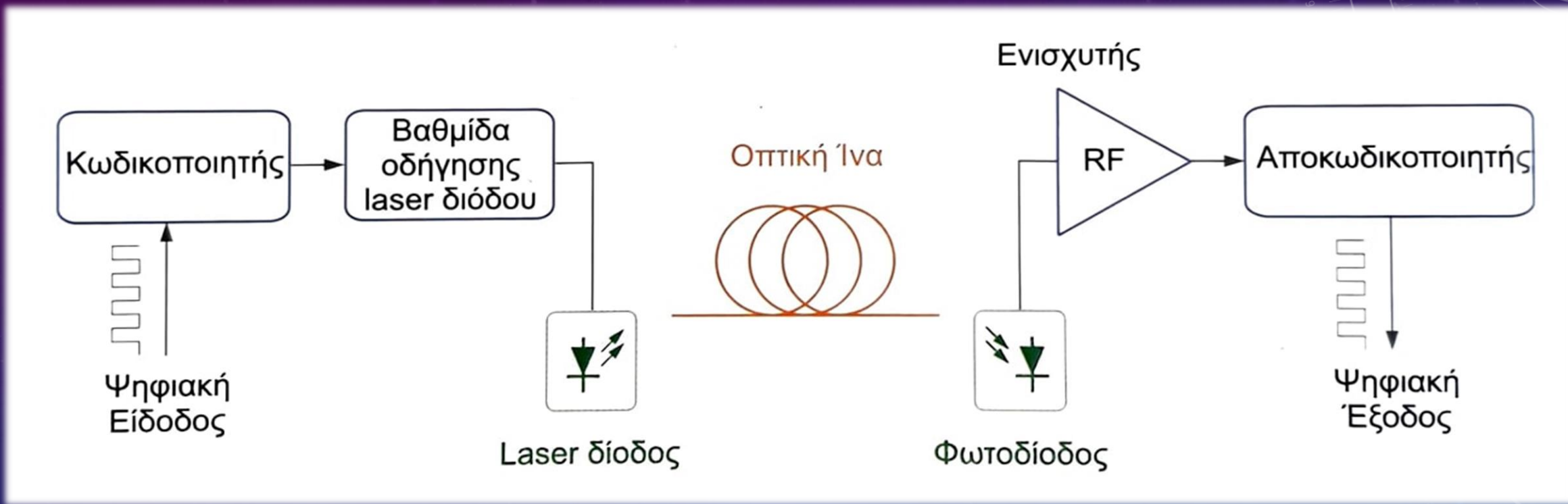
- Οπτικοί Ενισχυτές: EDFAs, Raman, SOAs κτλ  
(Προαιρετικά)

- Φωρατής  
(PIN, APD)

- Ηλεκτρικός ενισχυτής  
(προαιρετικά)

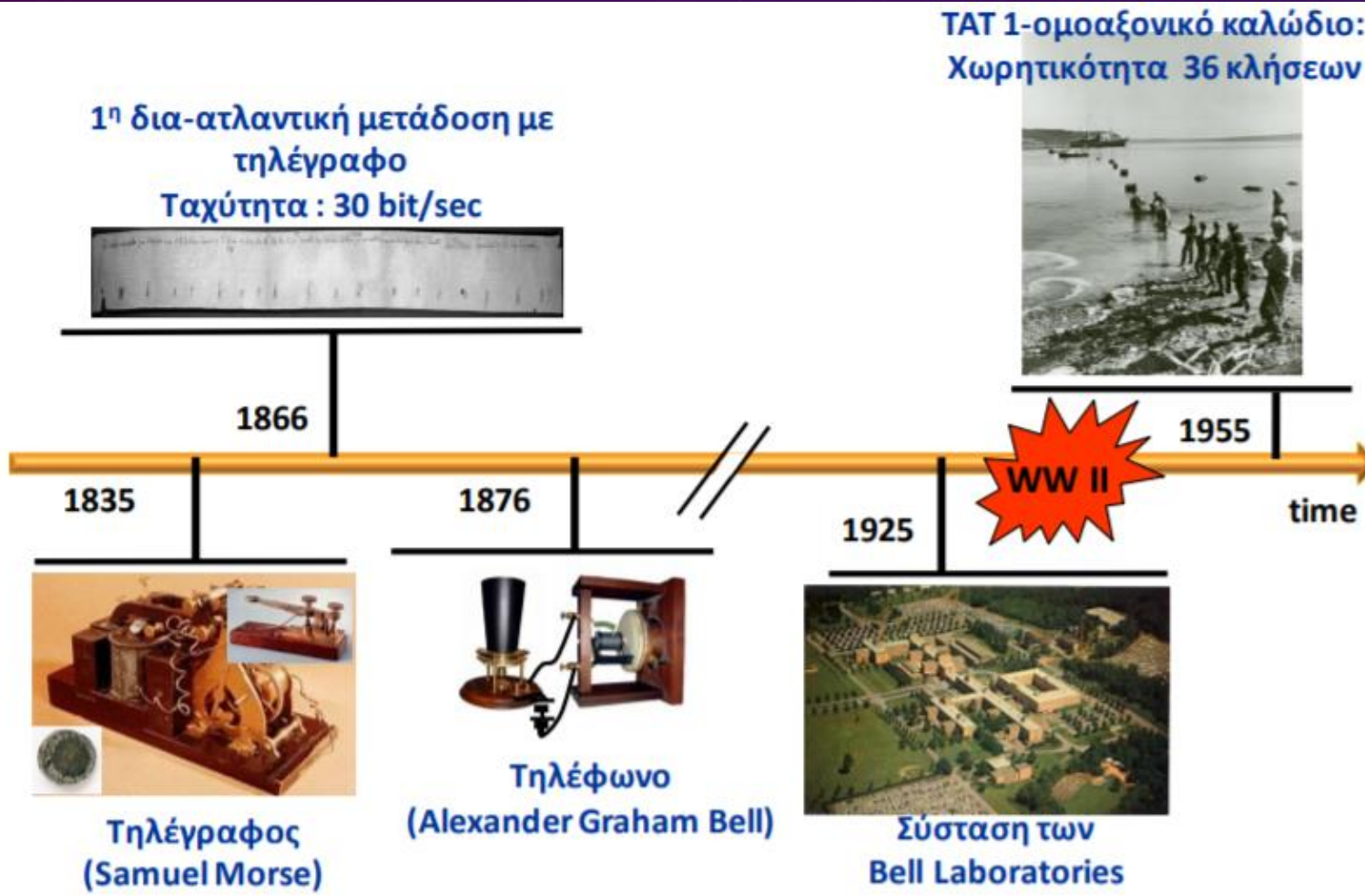
# Γενικά - 3

## Ψηφιακό σύστημα οπτικών επικοινωνιών

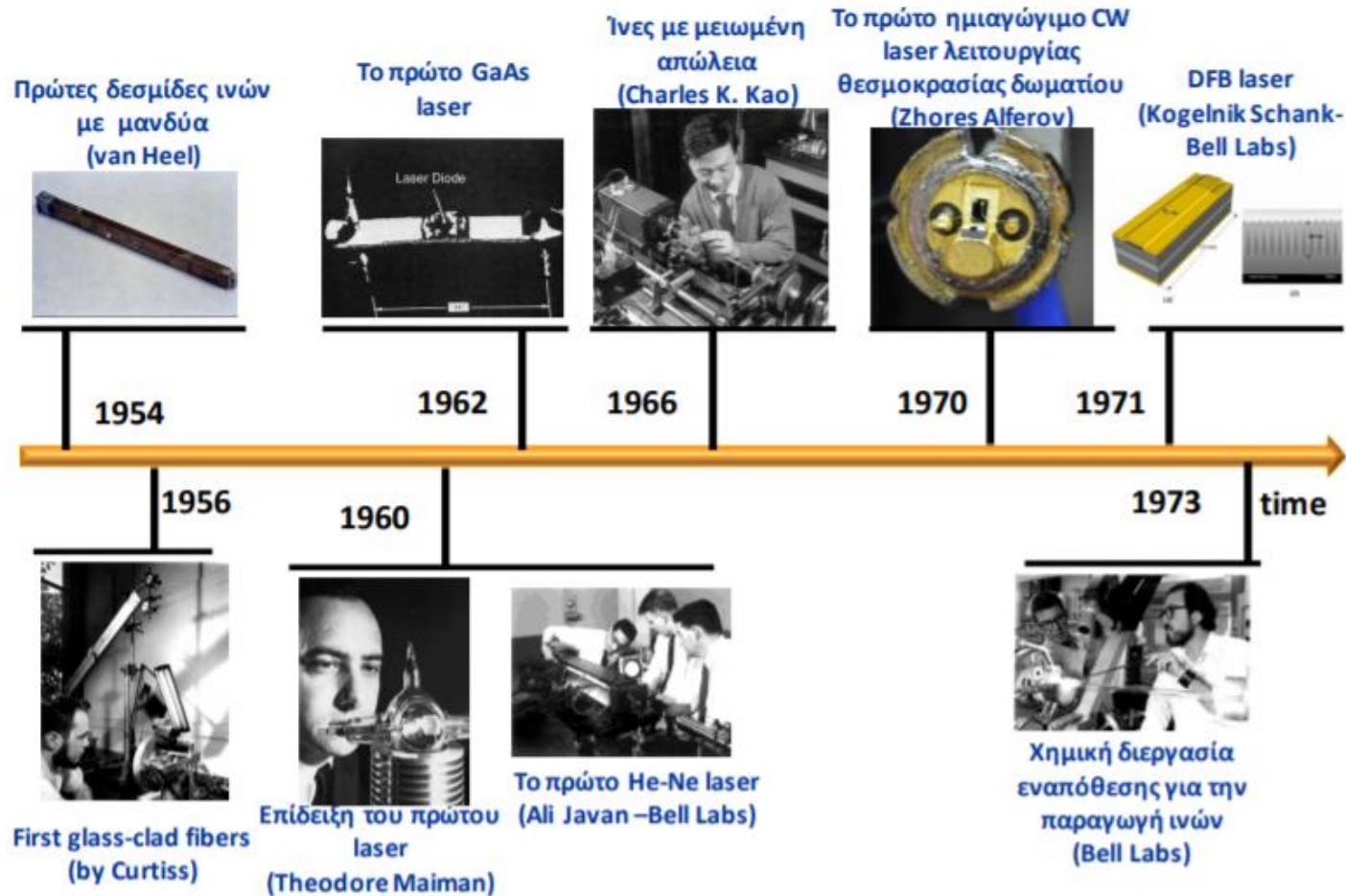




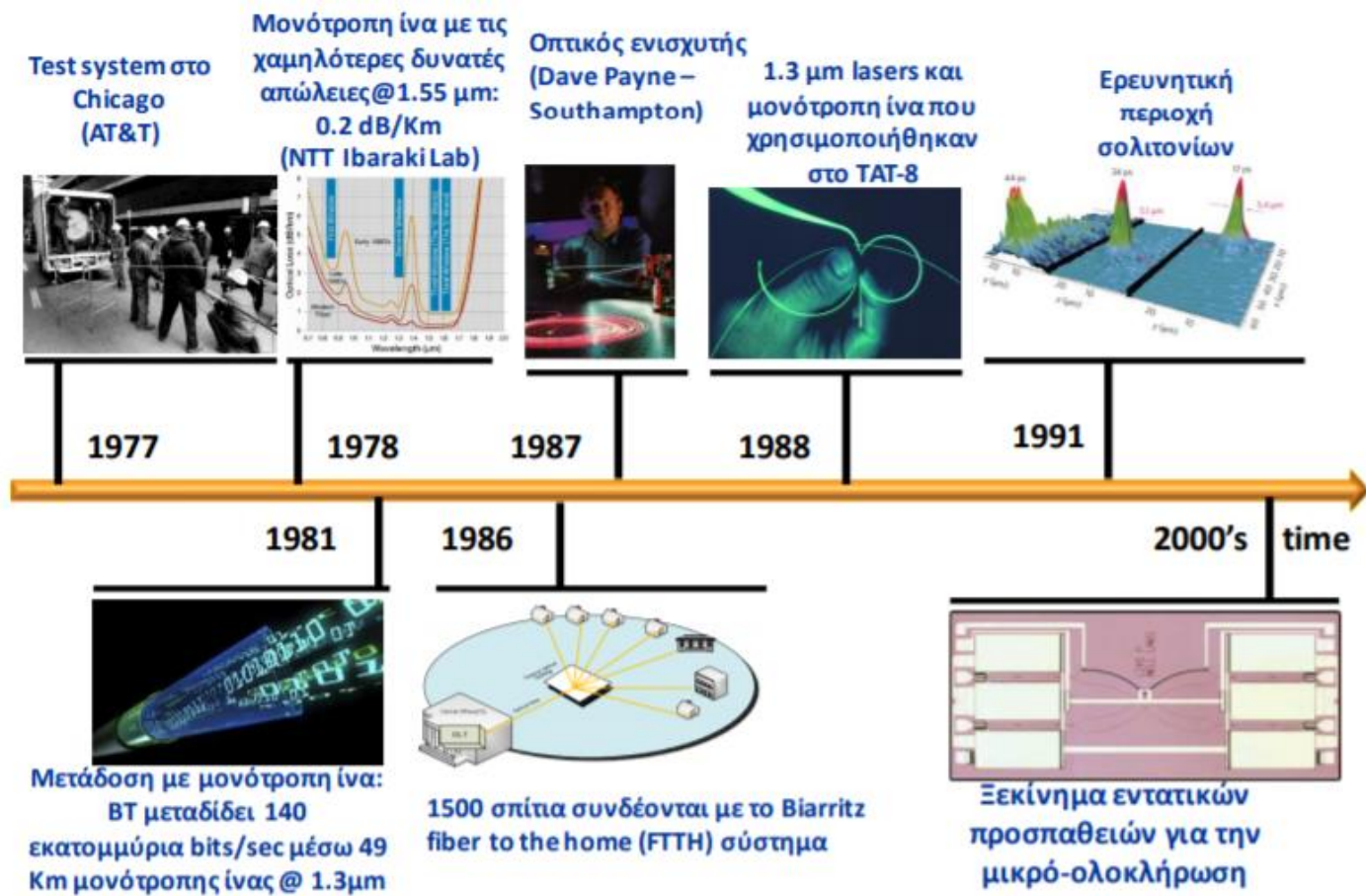
# Ιστορική αναδρομή - 1



# Ιστορική αναδρομή - 2



# Ιστορική αναδρομή - 3



# Ιστορική αναδρομή – Υπερπόντιες συνδέσεις

- ❖ 1956: Το πρώτο υπερατλαντικό τηλεφωνικό καλώδιο χαλκού μπορούσε να μεταφέρει 36 συνομιλίες ταυτόχρονα;
- ❖ 1988: Το πρώτο καλώδιο οπτικών ινών που εγκαταστάθηκε στον Ατλαντικό μπορούσε να μεταφέρει 8,000 κανάλια (64 kb/s) σε δύο ζεύγη οπτικών ινών.
- ❖ 1997: Το δίκτυο Fiber-optic Link Around the Globe (FLAG) μπορεί να μεταφέρει 120,000 κανάλια σε δύο ζεύγη οπτικών ινών. Το αρχικό πρόγραμμα FLAG όταν τελείωσε τον Σεπτέμβρη του 1997 ήταν η μακρύτερη κατασκευή στον κόσμο. Με την ολοκλήρωση του συνδέει την Αγγλία με την Ιαπωνία με ένα σύστημα υποθαλασσίων οπτικών ινών που καλύπτουν μια έκταση μεγαλύτερη από 28,000 km (περισσότερη από 2/3 της περιφέρειας της γης)
- ❖ 2001: FLAG Atlantic-1. Συνδέει ΗΠΑ, Αγγλία, Γαλλία. Ταχύτητα 2.4 TB/sec/κατεύθυνση.

# Ιστορική αναδρομή - Υπερπόντιες συνδέσεις - 2

## FLAG



# Ιστορική αναδρομή - Υπερπόντιες συνδέσεις - 3

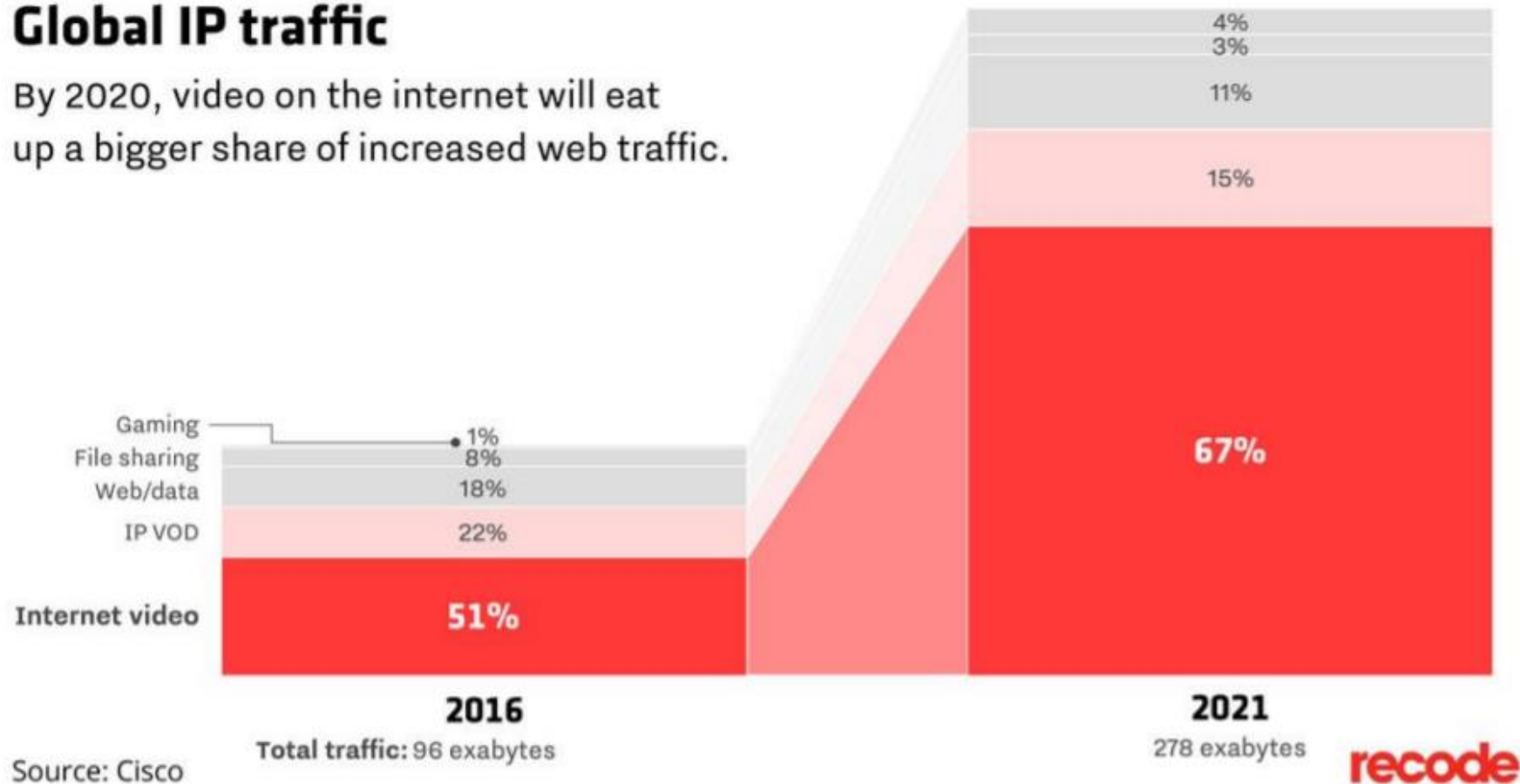


A rendering of one of SubCom's specialized Reliance-class cable ships. SUBCOM

# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 1

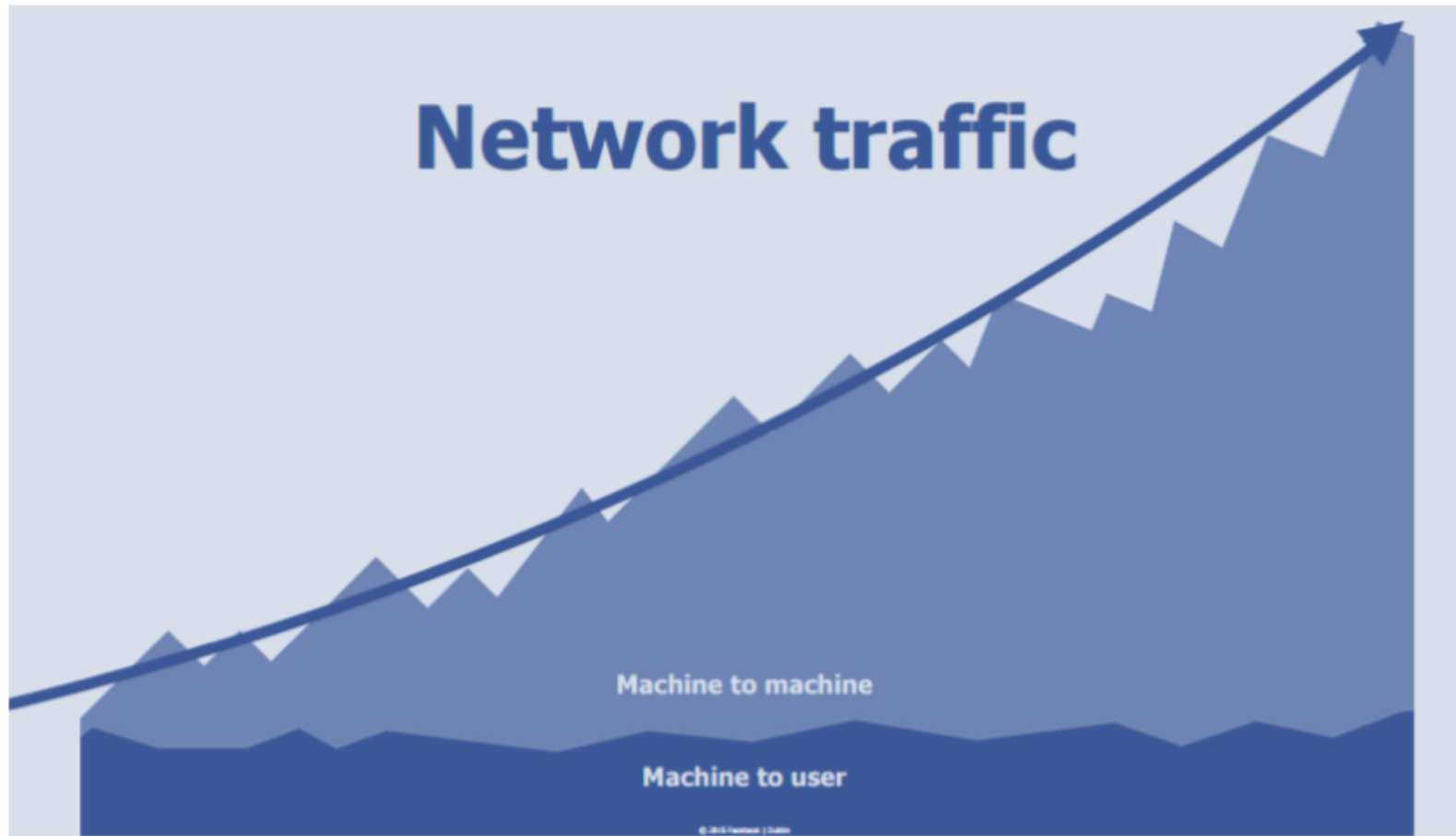
## Global IP traffic

By 2020, video on the internet will eat up a bigger share of increased web traffic.



- Η παγκόσμια κίνηση δεδομένων στο διαδίκτυο αναμένεται να φτάσει τα 3,3 ZB το 2021. (exabyte  $\sim 10^{18}$  bytes)
- Το 2016 η ετήσια κίνηση ήταν 1,2 ZB ή 96 EB μηνιαίως

# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 2



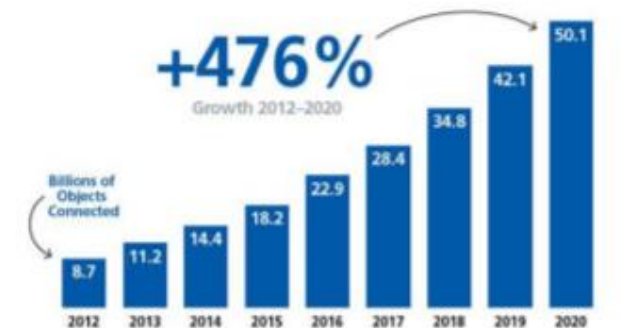
- Η κυρίαρχη μορφή κίνησης είναι μεταξύ «έξυπνων μηχανών» (Machine-to-Machine traffic, M2M)



# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 3

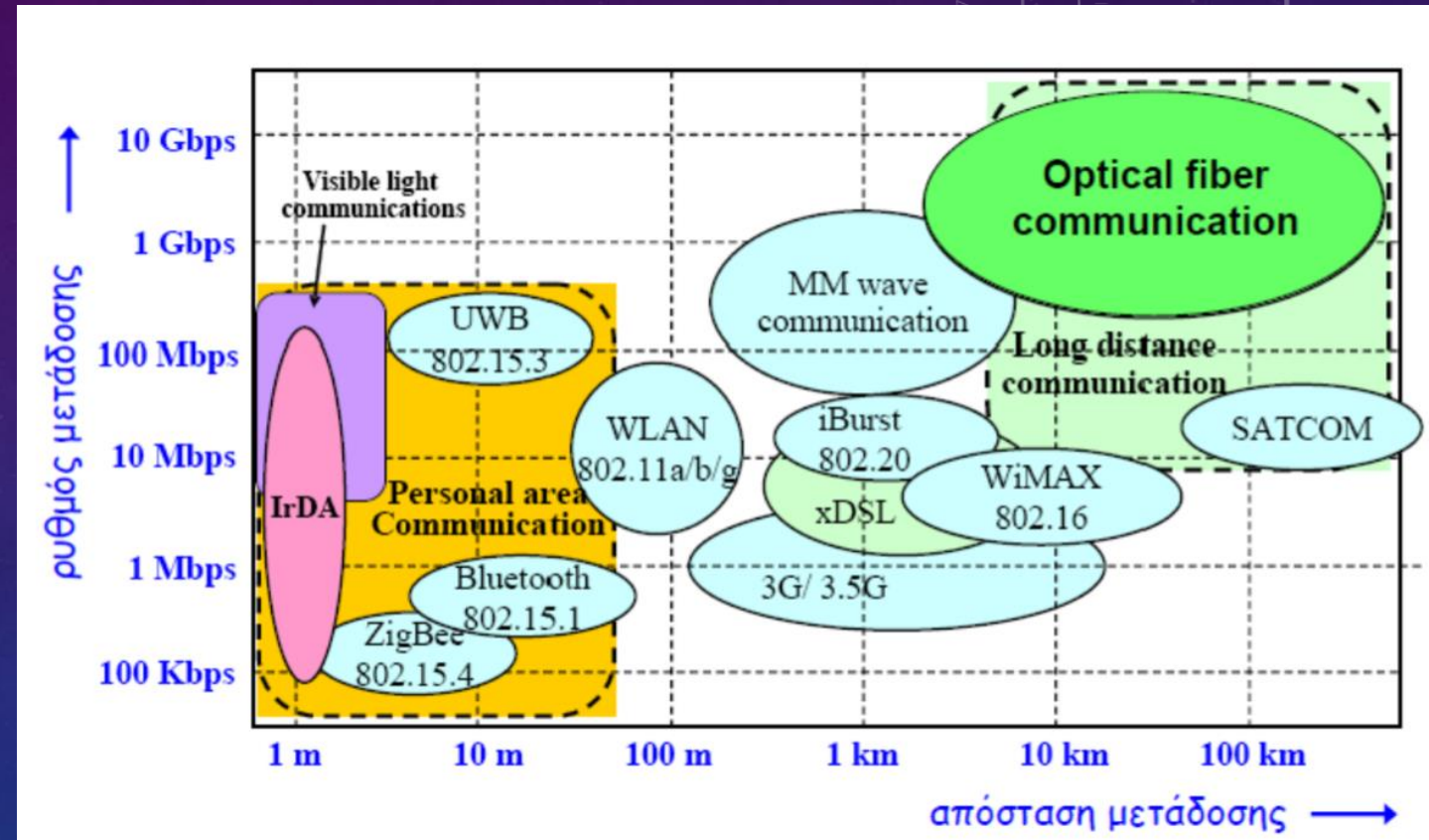


- Η εκρηκτική αύξηση του αριθμού διασυνδεδεμένων συσκευών είναι ο κυρίαρχος λόγος αύξησης της M2M IP κίνησης (και της συνολικής IP κίνησης κατ' επέκταση).

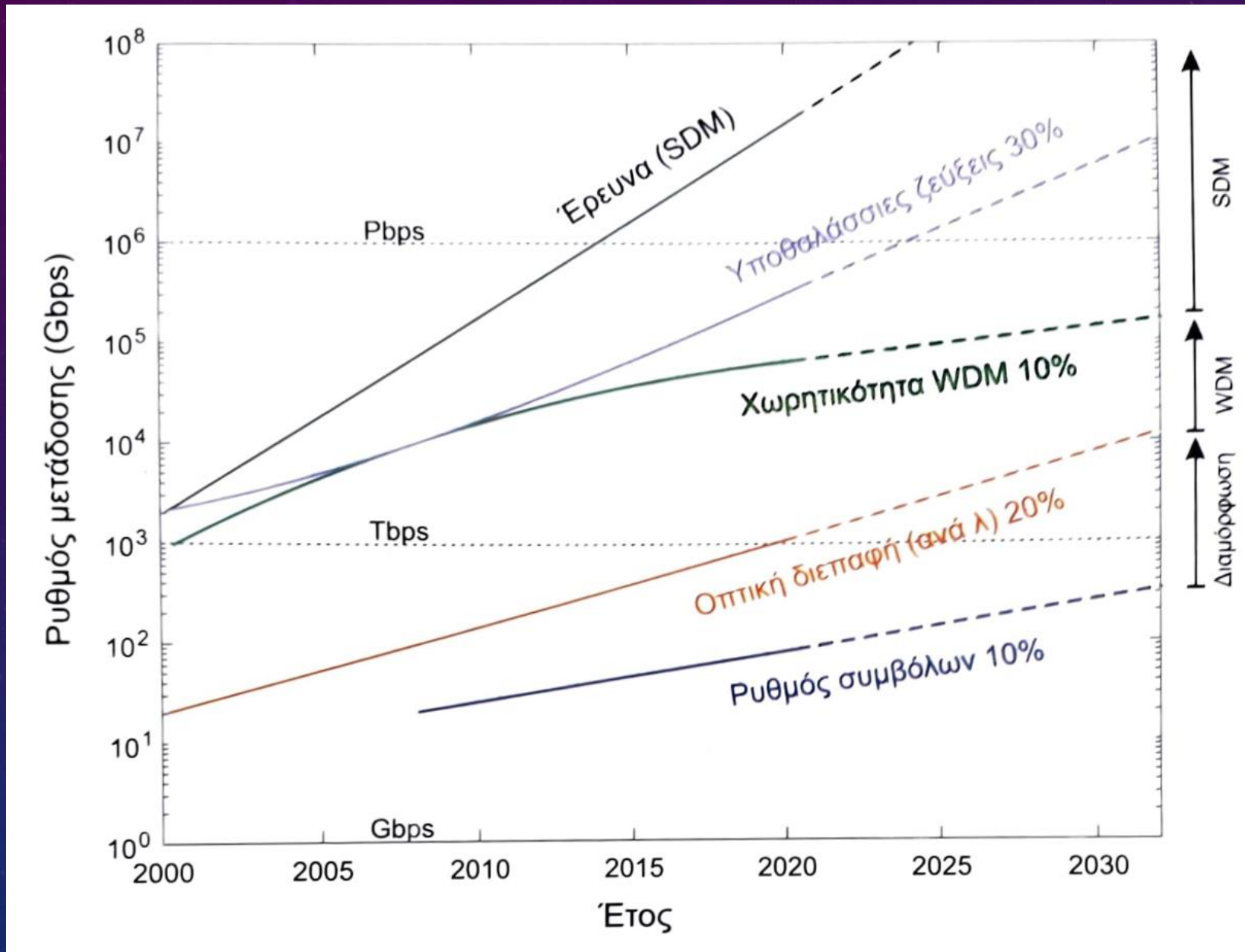


# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 1

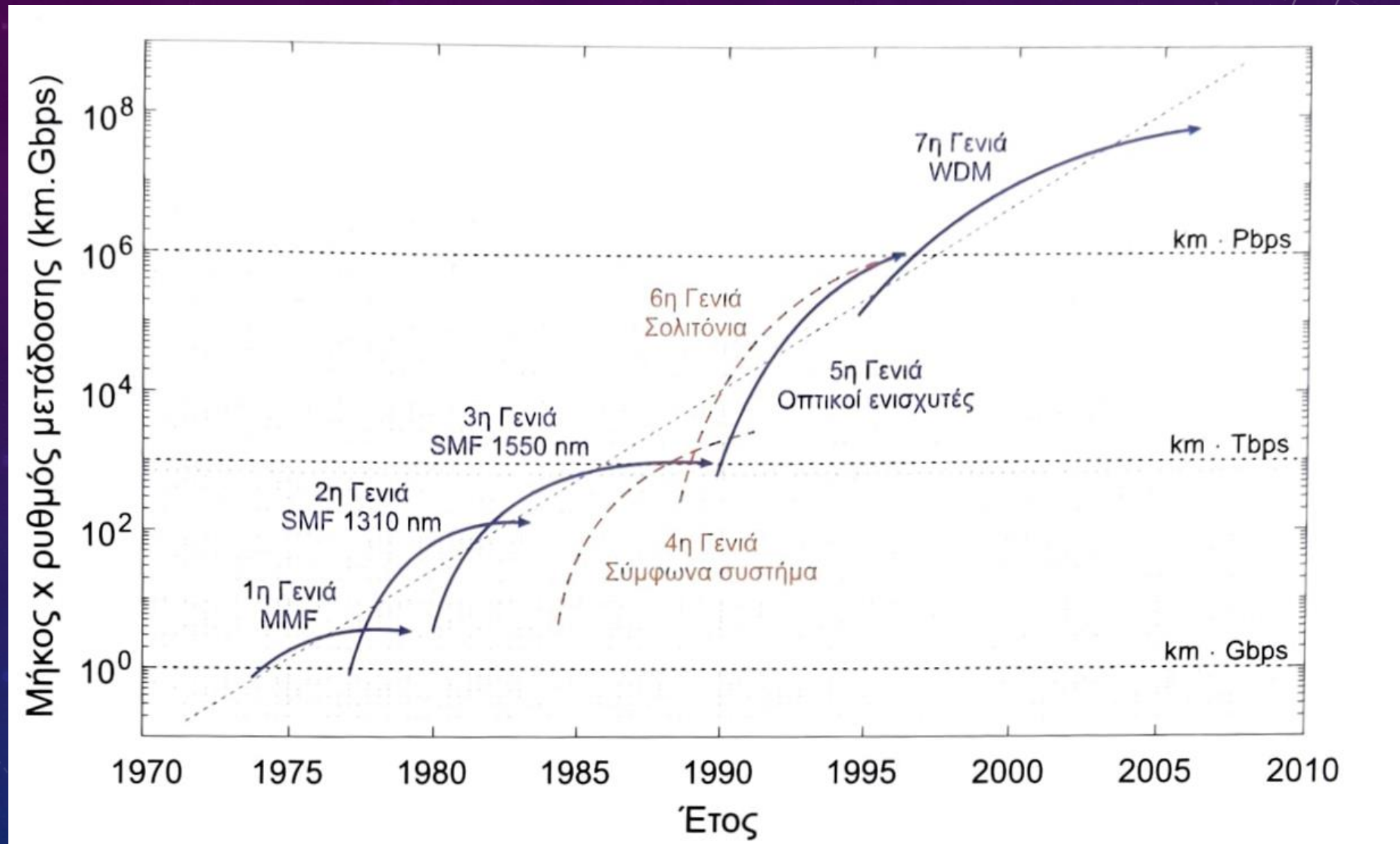
- ❖ Στα δίκτυα επικοινωνιών οι πιο σημαντικές παράμετροι επιλογής μέσων επικοινωνιών είναι ο ρυθμός μετάδοσης και η απόσταση μετάδοσης.
- ❖ Το γινόμενο «απόσταση μετάδοσης» x «ρυθμός μετάδοσης» είναι ίσως το σημαντικότερο κριτήριο για τον χαρακτηρισμό και την επιλογή χρησιμοποίησης μιας τεχνολογίας



# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 2



# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 3



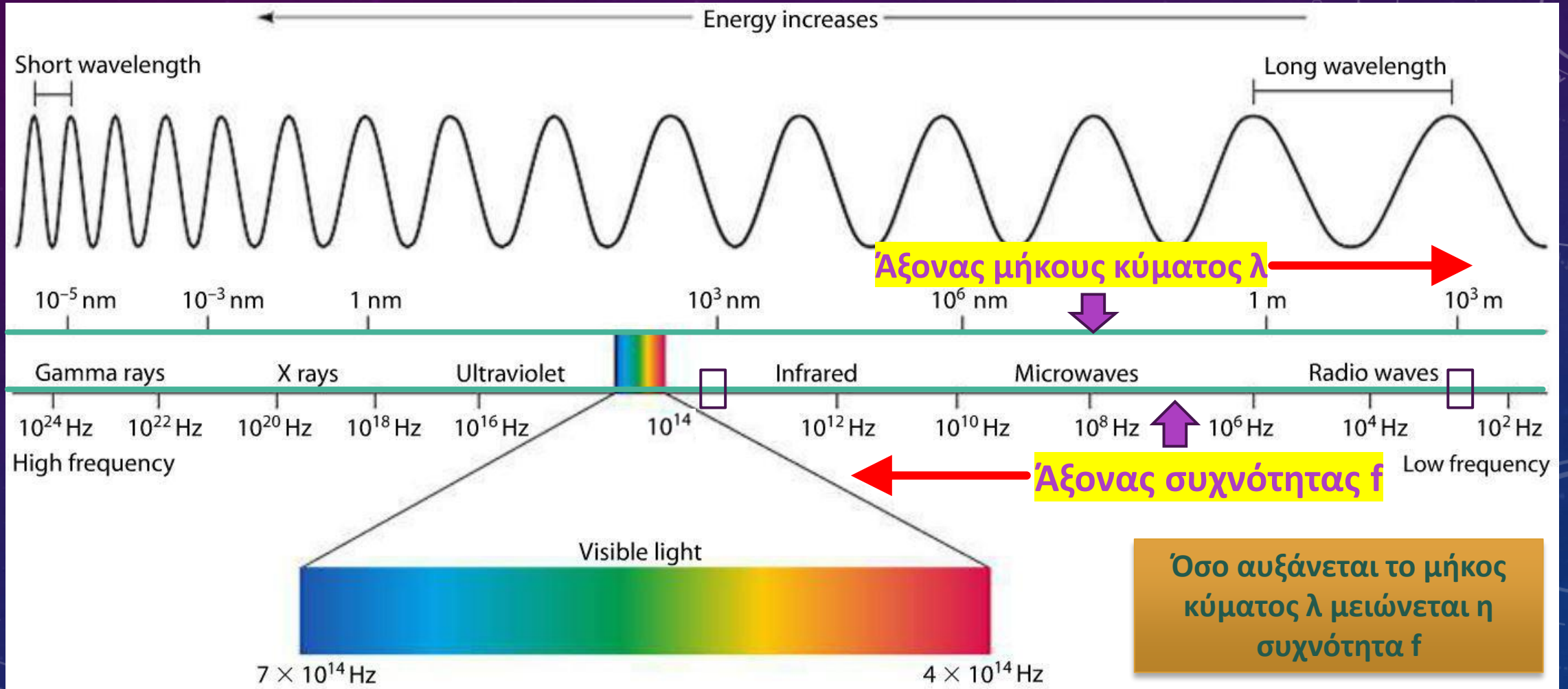
# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 4

- ❖ **Μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης 448 Gbit/s ανά κανάλι. Σε 1 sec:**
  - μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα 300 HD ταινίες (ή 4000 κανονικής ανάλυσης)
  - να λειτουργήσουν ταυτόχρονα 180000 ADSL συνδέσεων στα 20 Mbps
  - να υποστηριχθούν 2 τρις τηλεφωνικές κλήσεις
- ❖ **Μεγάλο εύρος ζώνης (~25 THz/παράθυρο στο υπέρυθρο 0.8,1.3 και 1.55 μm)**
- ❖ **Χαμηλή εξασθένιση (~0.25 dB/km στο 1.55 μm)**
- ❖ **Μικροσκοπικό πάχος των οπτικών ινών (~μm)**
- ❖ **Αναισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές**
- ❖ **Προστασία από πιθανές υποκλοπές**
- ❖ **Εξοικονόμηση ενέργειας**

# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 5

- ❑ Οι οπτικές ίνες είναι η ραχοκοκαλιά των σημερινών δικτύων επικοινωνιών: αποτελούν περισσότερο από 90% του συνολικού μήκους των καλωδίων παγκοσμίως
- ❑ Οι Οπτικές ίνες μεταφέρουν:
  - Σχεδόν όλες τις μακρινές τηλεφωνικές κλήσεις
  - Κίνηση του Internet (Dial-up, DSL or Cable)
  - Καλωδιακή τηλεόραση (Cable or DSL)
- ❑ Μια ίνα μπορεί να μεταφέρει 8.8 Tbps (εμπορικό σύστημα) ή 100 εκατομμύρια τηλεφωνικές συνομιλίες ταυτόχρονα
- ❑ Η κοινωνία της πληροφορίας δεν θα δημιουργούνταν χωρίς τις οπτικές ίνες

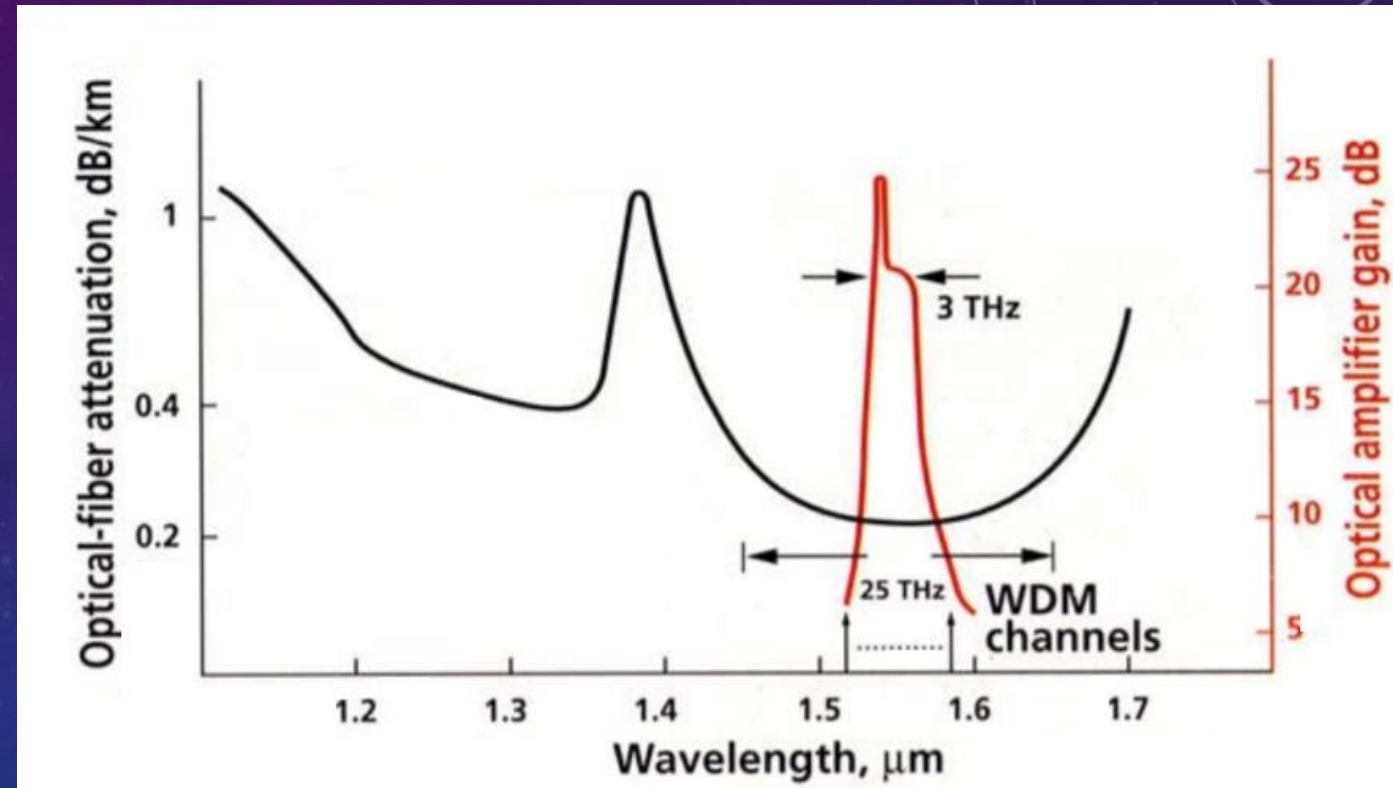
# Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Όσο αυξάνεται το μήκος κύματος  $\lambda$  μειώνεται η συχνότητα  $f$

# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 6

- ❖ Τα φασματικά παράθυρα των οπτικών ινών προσφέρουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων
- ❖ Έχουν μικρή εξασθένιση σε σύγκριση με τις υπόλοιπες φασματικές περιοχές, μόνο 0,2 dB/km απώλεια μεταξύ 1500-1600 nm
- ❖ Χρήση πολλαπλών καναλιών με  $\geq 50$  GHz φασματική απόσταση
- ❖ Ταχύτητες  $>10$  Gbit/s ανά κανάλι





# Σύγκριση φυσικών μέσων



## ζεύγος καλωδίων

- 10 Megabit/sec (Mb/s)
- 1-10 χιλιόμετρα (km)



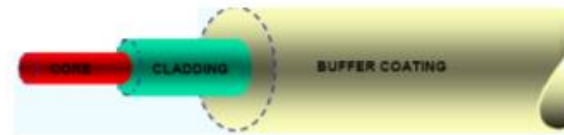
## ασύρματες ψηφιακές μικροκυματικές ζεύξεις

- 100 Megabit/sec (Mb/s)
- 10-100 χιλιόμετρα (km)



## ομοαξονικό καλώδιο

- 100 Megabit/sec (Mb/s)
- 1-10 χιλιόμετρα (km)



## ζεύξεις οπτικών ινών

- 100 Megabit/sec (Mb/s) σε πολυρυθμικές ίνες
- 10000+ Megabit/sec (Mb/s) σε μονορυθμικές ίνες
- 10-100-10000 χιλιόμετρα (km)