



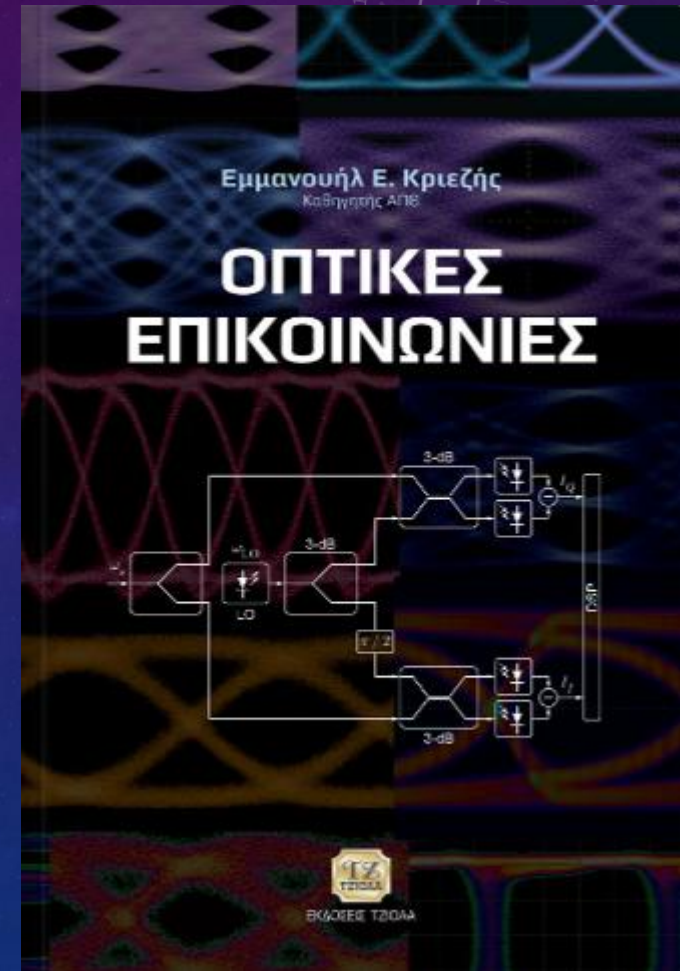
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

# Οπτικές επικοινωνίες - κυματοδηγοί

**Διδάσκων: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας**

# Μάθημα

- ❖ Θεωρία Πέμπτη 13:00-15:00 Αμφ. Γ
- ❖ Φροντιστήριο Παρασκευή 11:00-13:00 Εργ. Ε4
- ❖ Email επικοινωνίας [atsormpa@uoi.gr](mailto:atsormpa@uoi.gr)
- ❖ Ώρες γραφείου 10:00-14:00
  
- ❖ Βιβλίο: ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, Εμμανουήλ Κριεζής, Εκδόσεις Τζιόλα

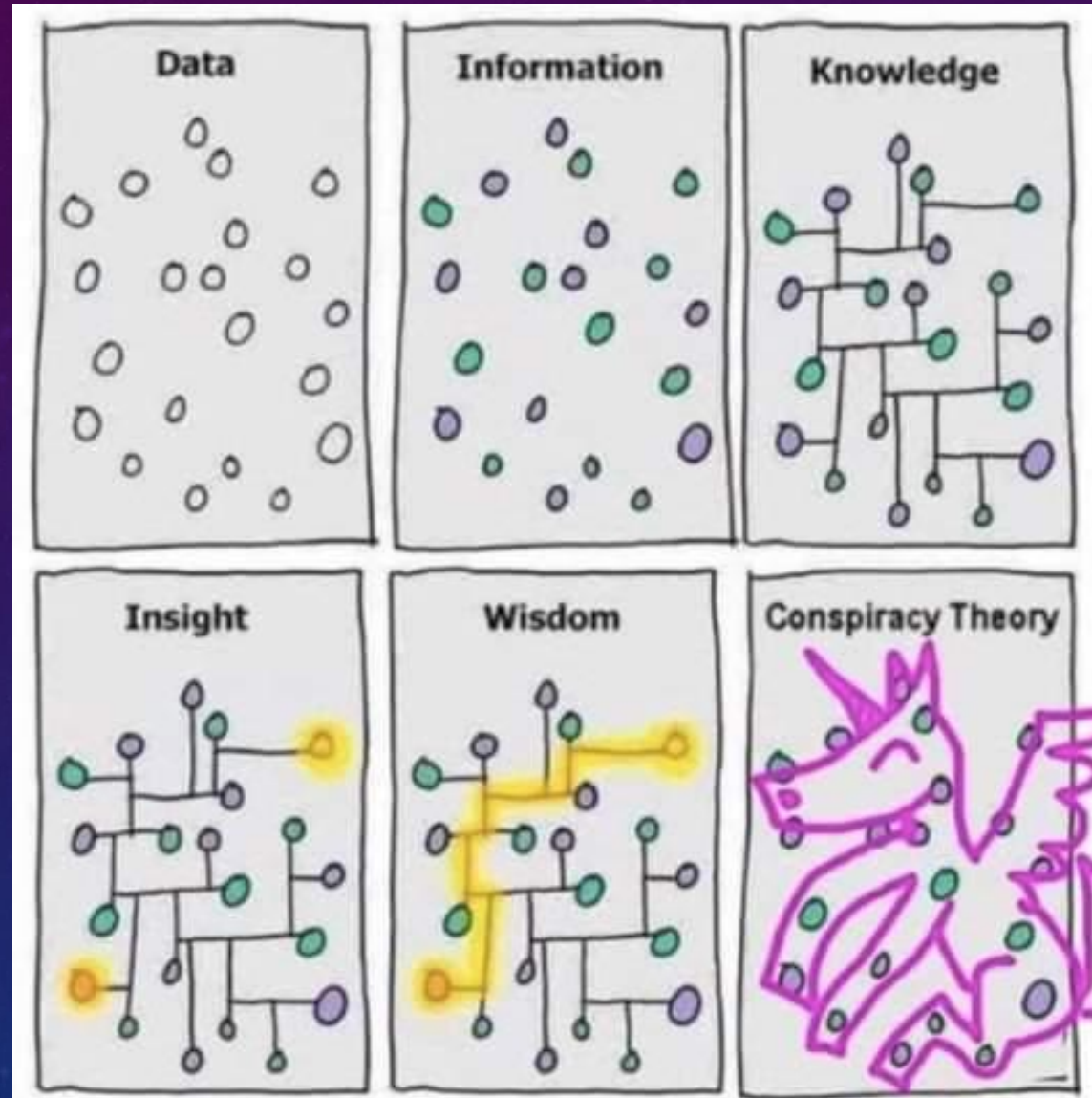


# Μάθημα

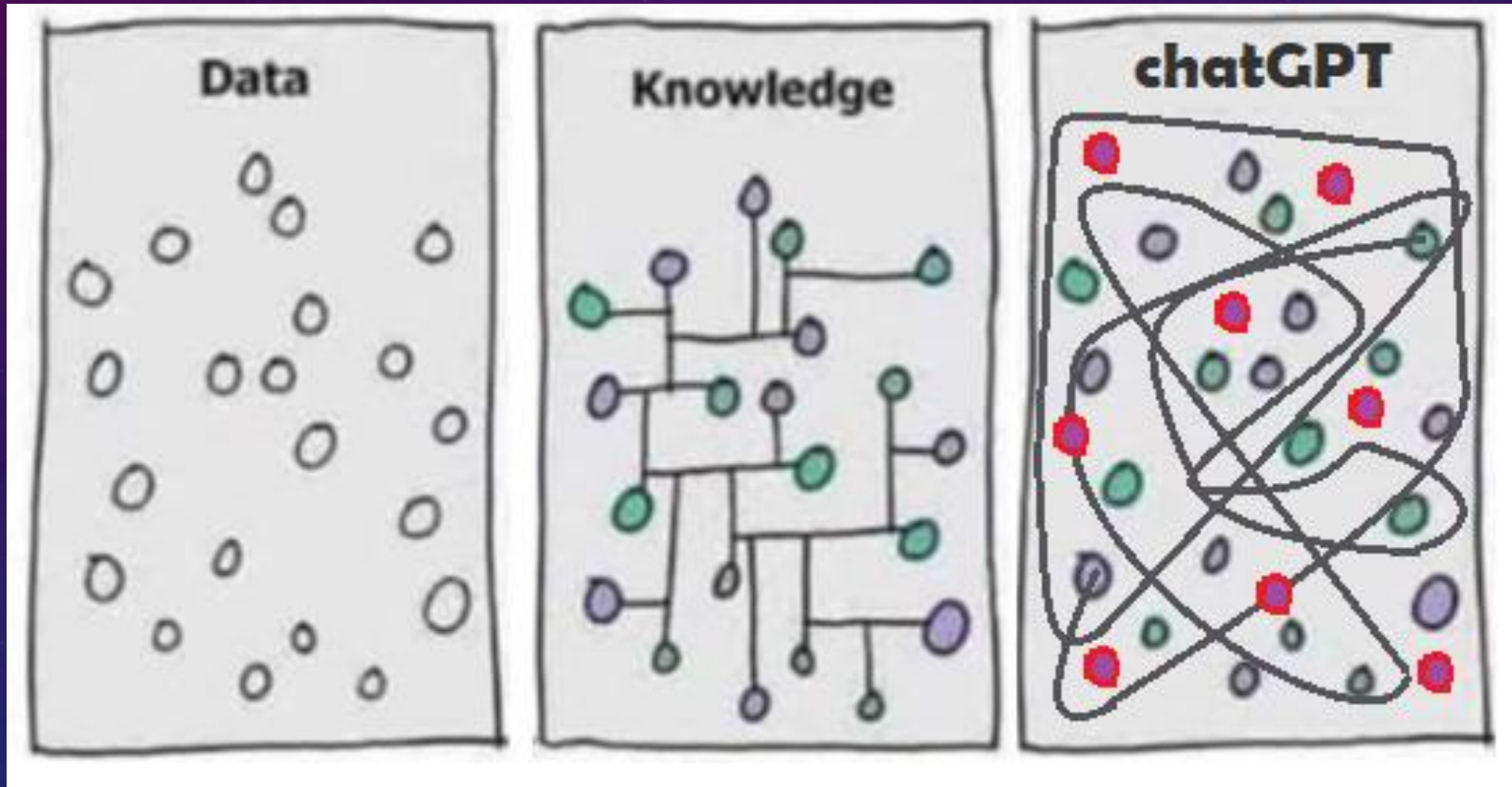
## Εξέταση του μαθήματος

- Θα δοθούν 2 πρόοδοι, στο μέσο και στο τέλος του εξαμήνου. Οι πρόοδοι είναι απαλλακτικές. Και στις 2 απαιτείται βαθμός  $\geq 5$ .
- Θα υπάρχει εξεταστική κανονικά.
- Θα δοθούν 8 ασκήσεις που η κάθε μία θα δίνει μόνους βαθμό 0.25. Το άθροισμα των βαθμών των ασκήσεων ( $\max=2$ ) προστίθεται στον τελικό βαθμό της εξέτασης (πρόοδοι ή εξεταστική).

# ChatGPT - 1



# ChatGPT - 2

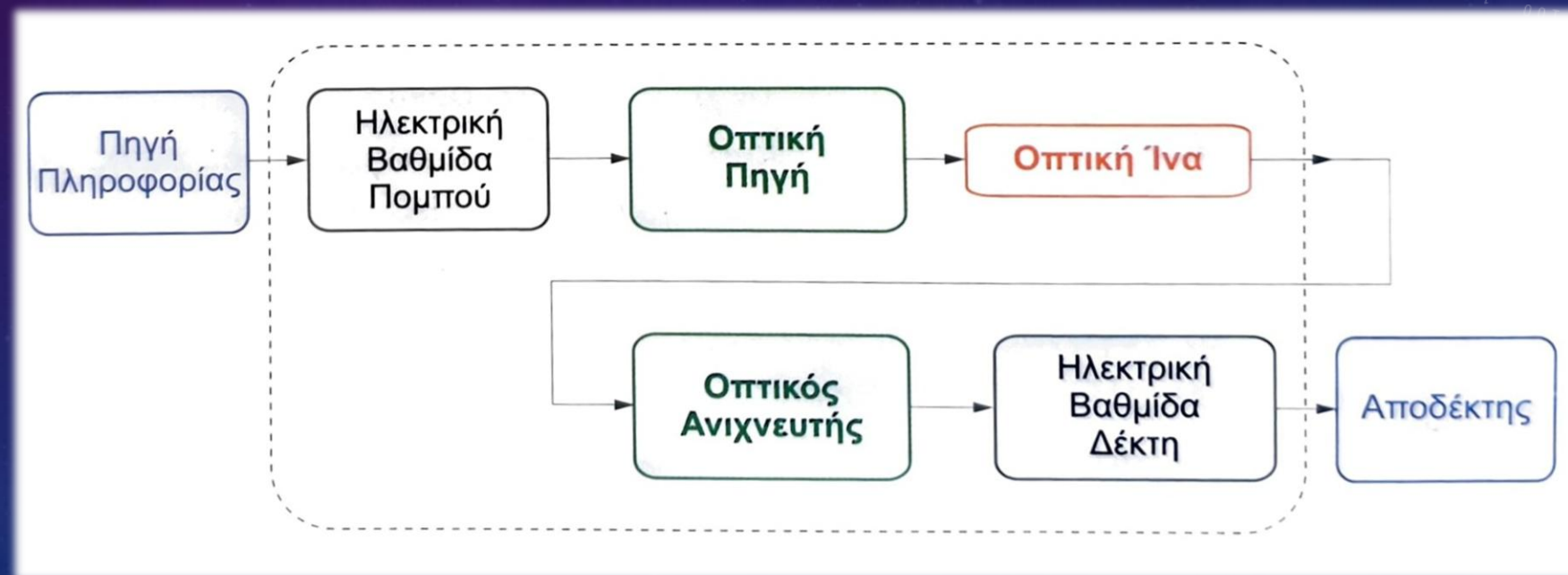


# Γενικά - 1

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.)

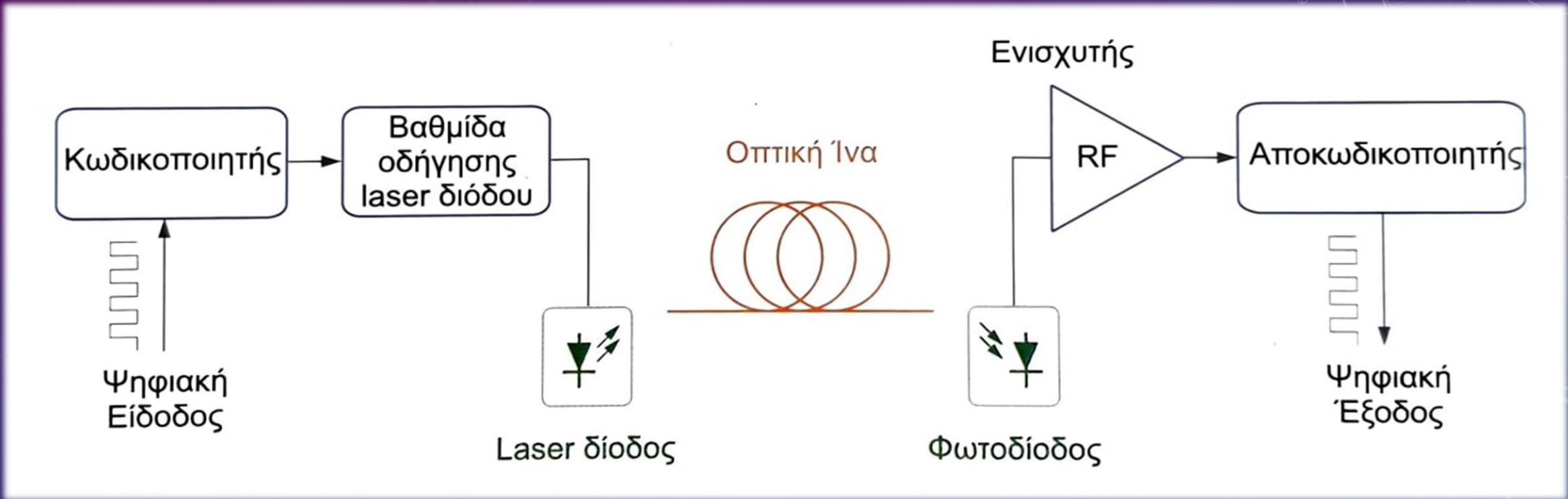
- Οπτικοί Ενισχυτές: EDFAs, Raman, SOAs κτλ  
(Προαιρετικά)

- Φωρατής  
(PIN, APD)

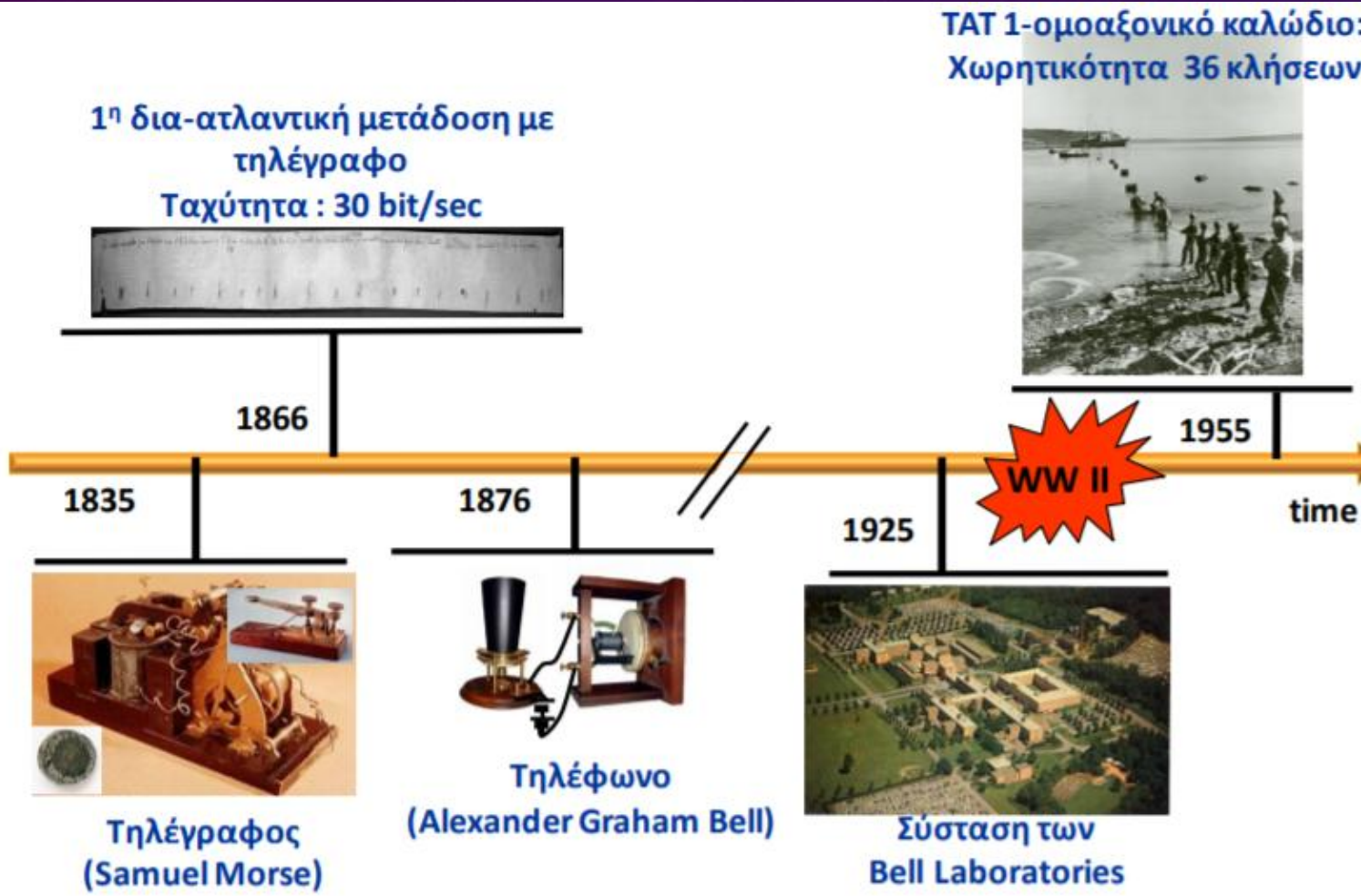
- Ηλεκτρικός ενισχυτής  
(προαιρετικά)

# Γενικά - 3

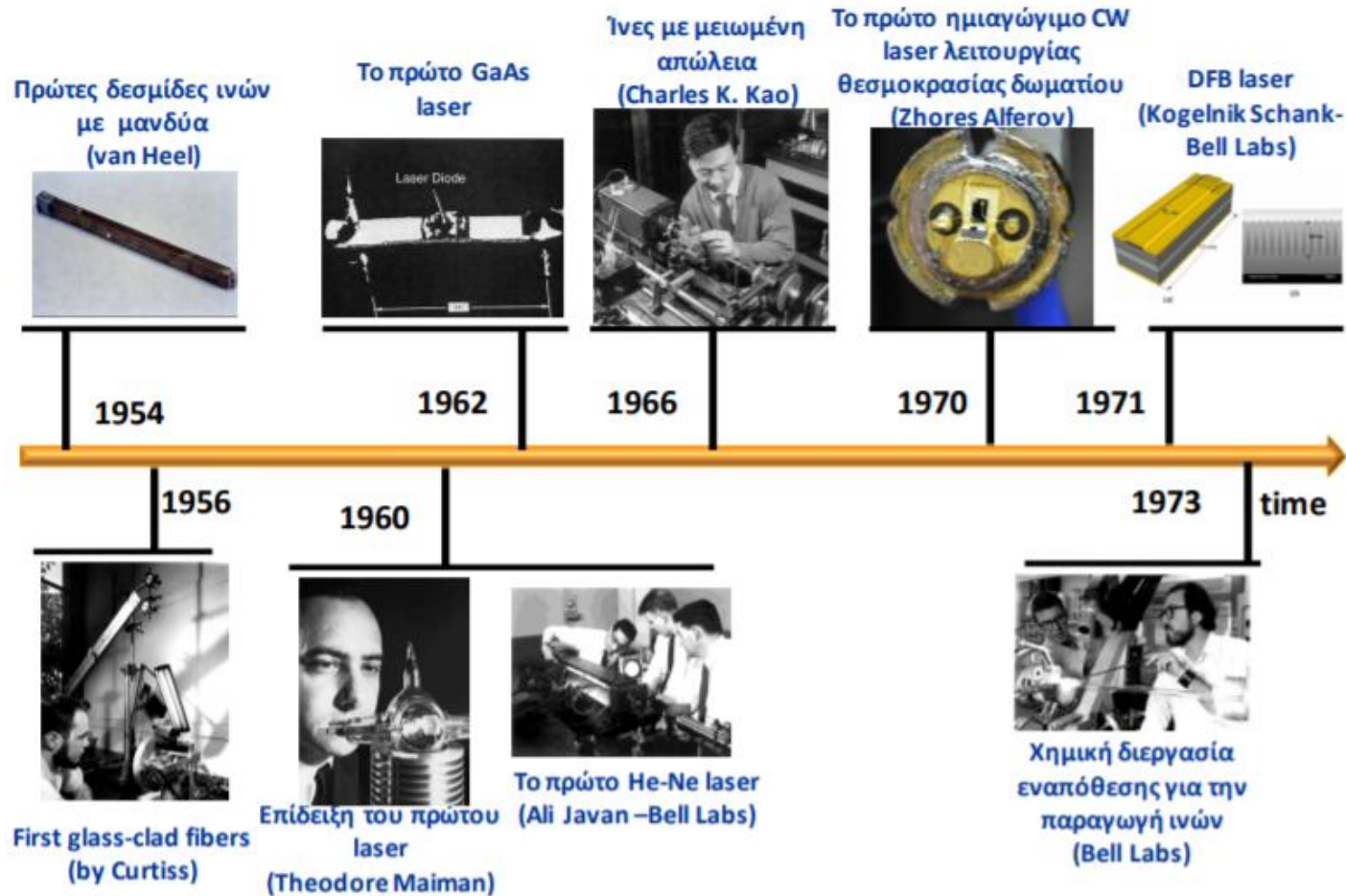
## Ψηφιακό σύστημα οπτικών επικοινωνιών



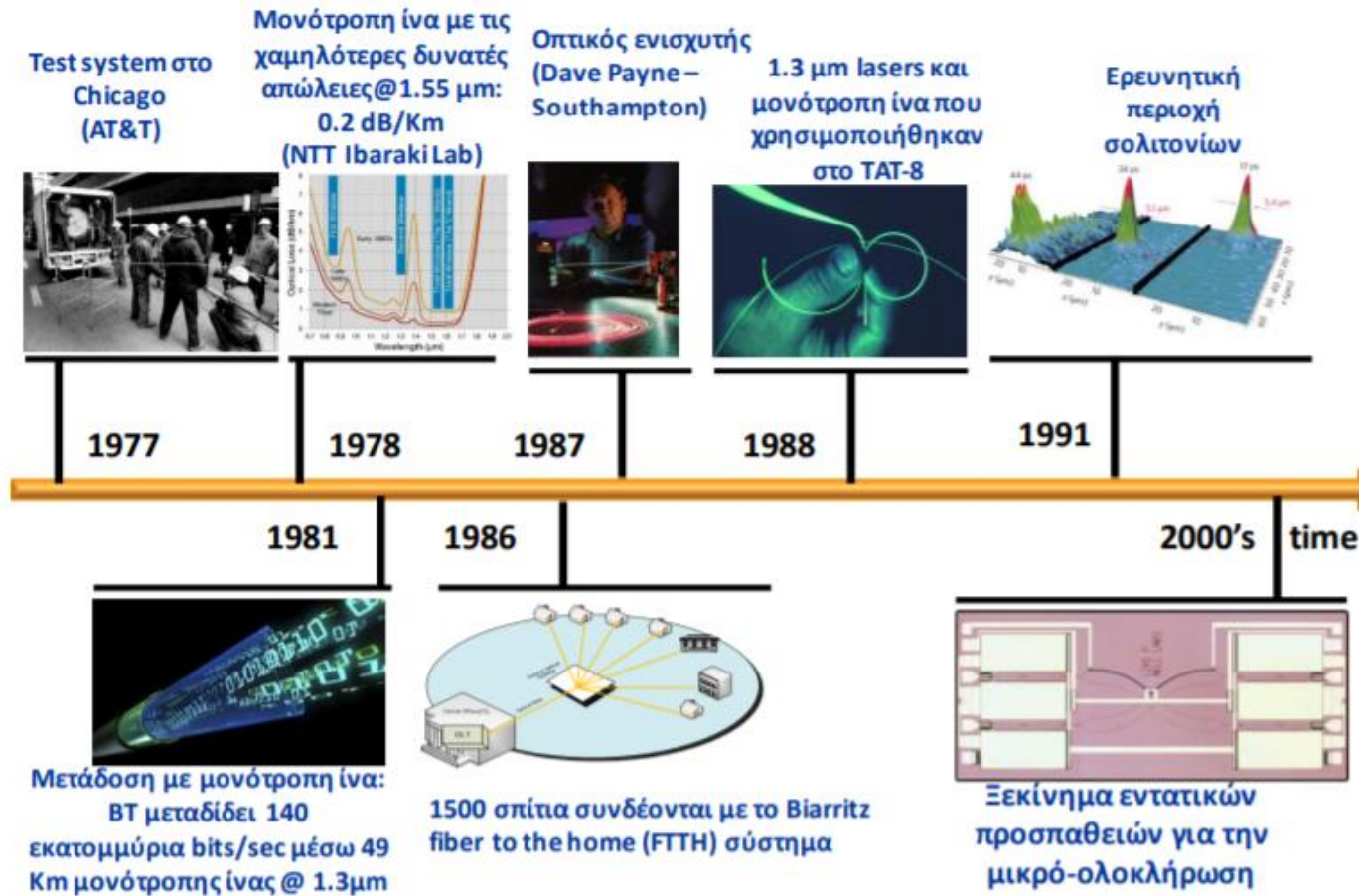
# Ιστορική αναδρομή - 1



# Ιστορική αναδρομή - 2



# Ιστορική αναδρομή - 3

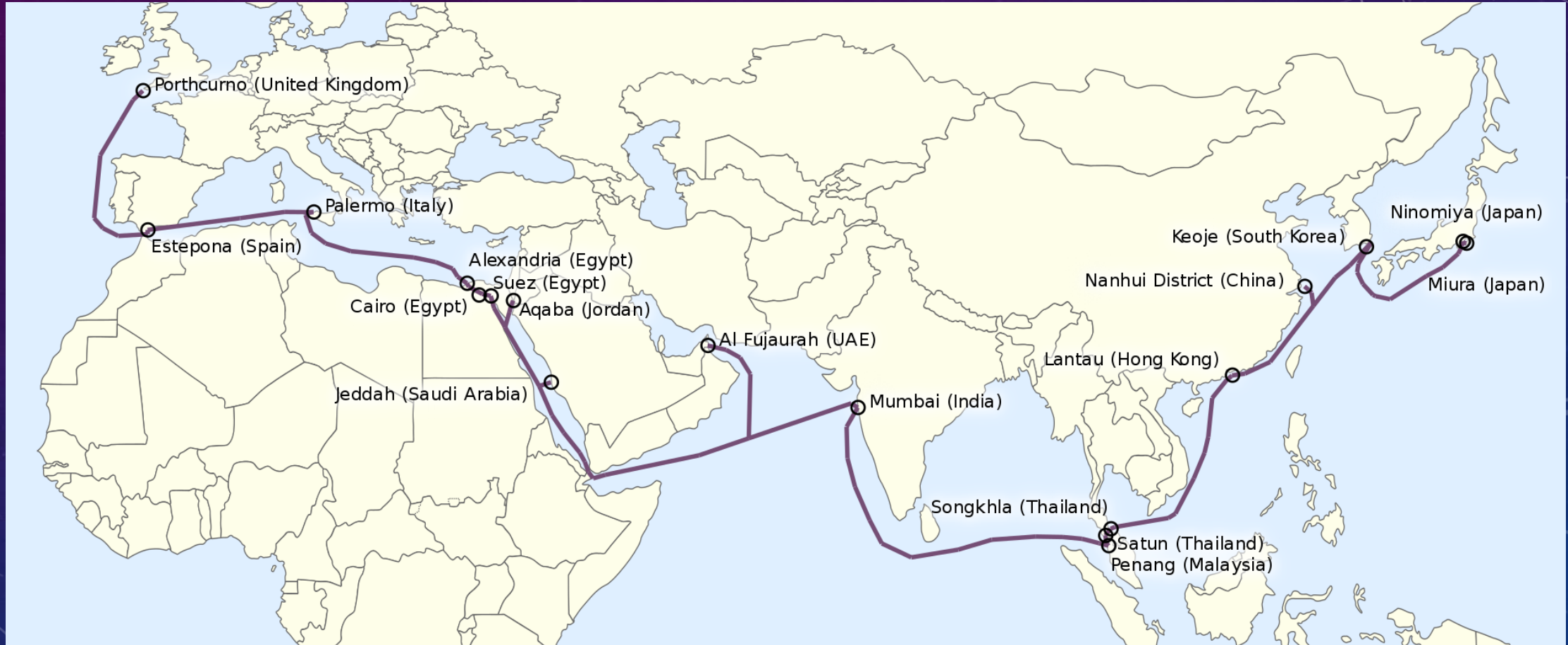


# Ιστορική αναδρομή – Υπερπόντιες συνδέσεις

- ❖ 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

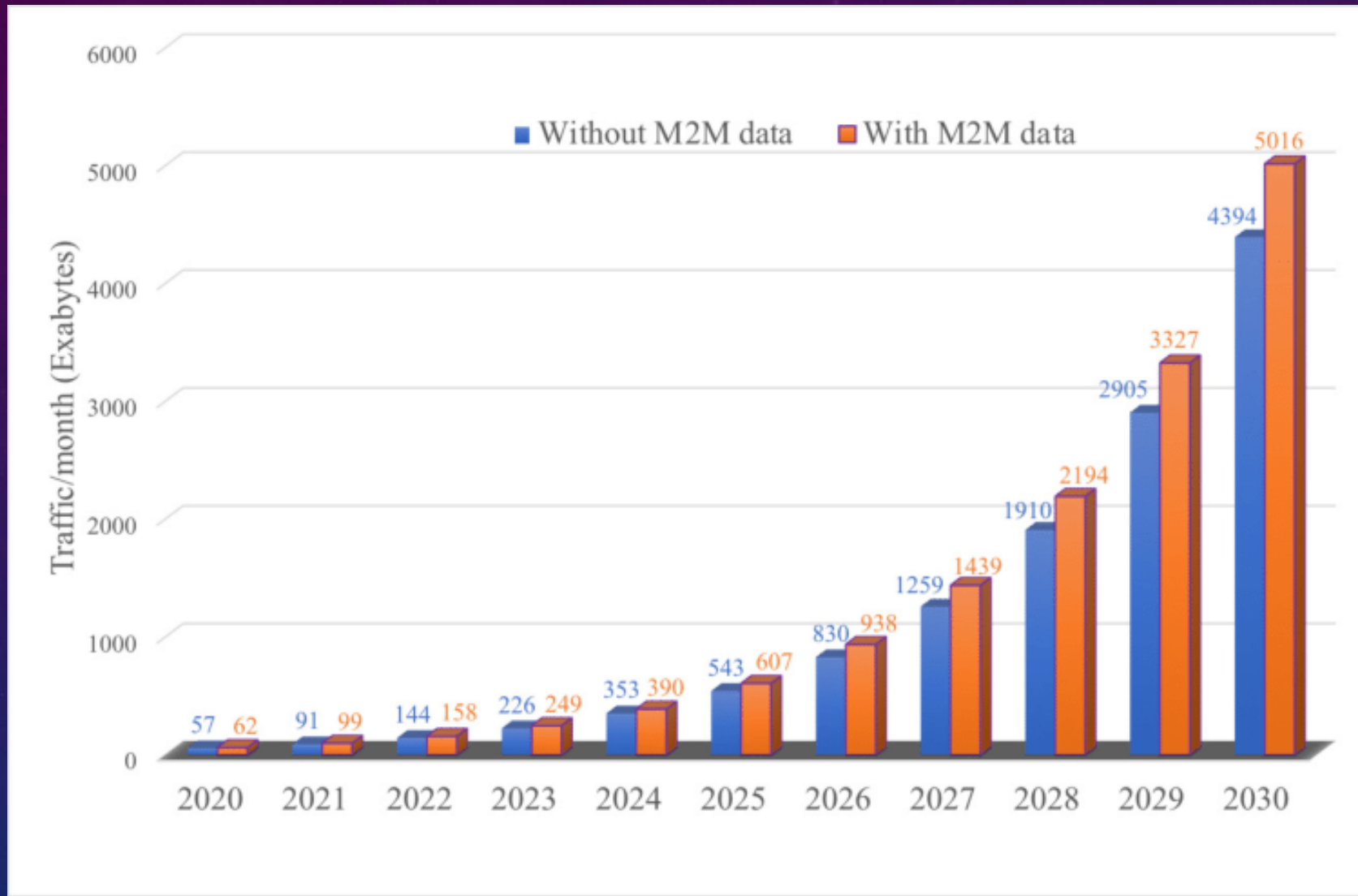


# Ιστορική αναδρομή - Υπερπόντιες συνδέσεις - 3



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

# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 1

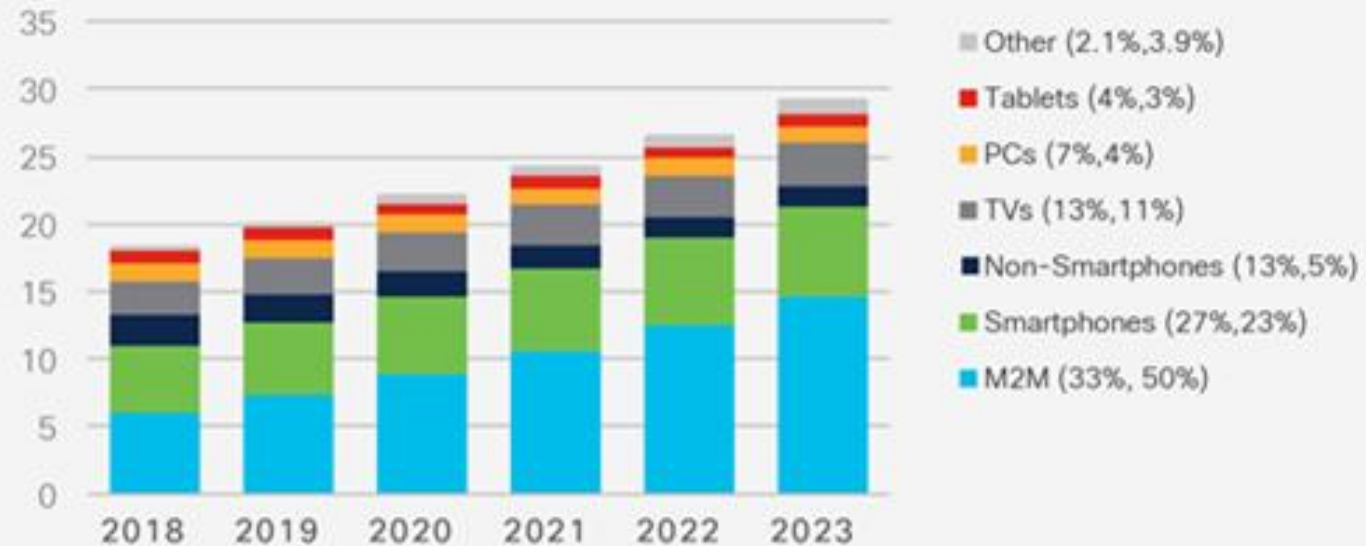


DOI:10.48550/arXiv.1902.06700

# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 2

10% CAGR  
2018-2023

Billions of  
Devices



\* Figures (n) refer to 2018, 2023 device share

<https://www.cisco.com>

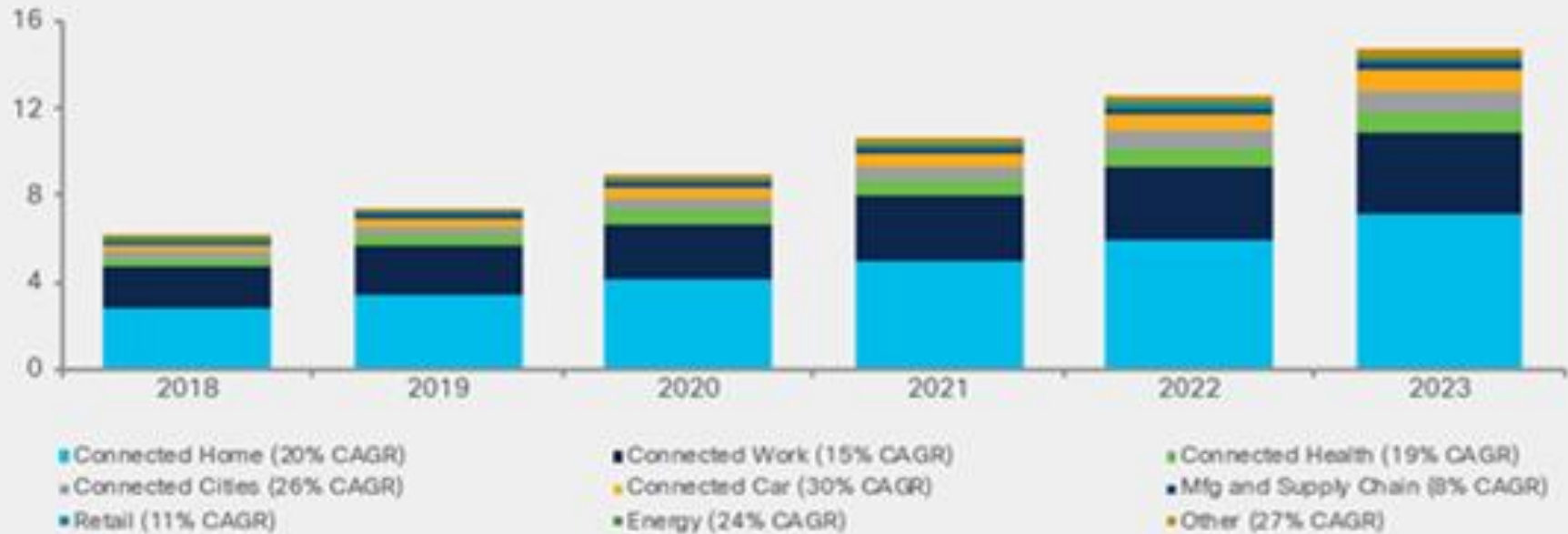
# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 3

19% CAGR  
2018-2023

## Global M2M connections/IoT growth by vertical

By 2023, connected home largest, connected car fastest growth

Billions of  
M2M  
Connections

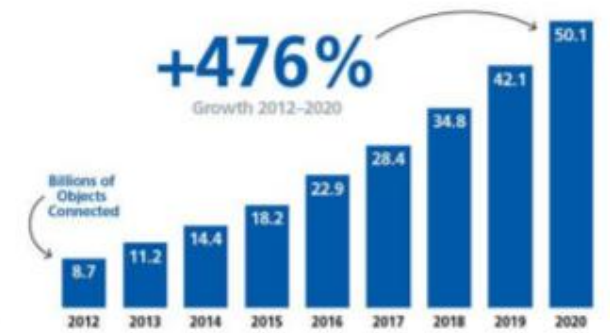


<https://www.cisco.com>

# Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 4



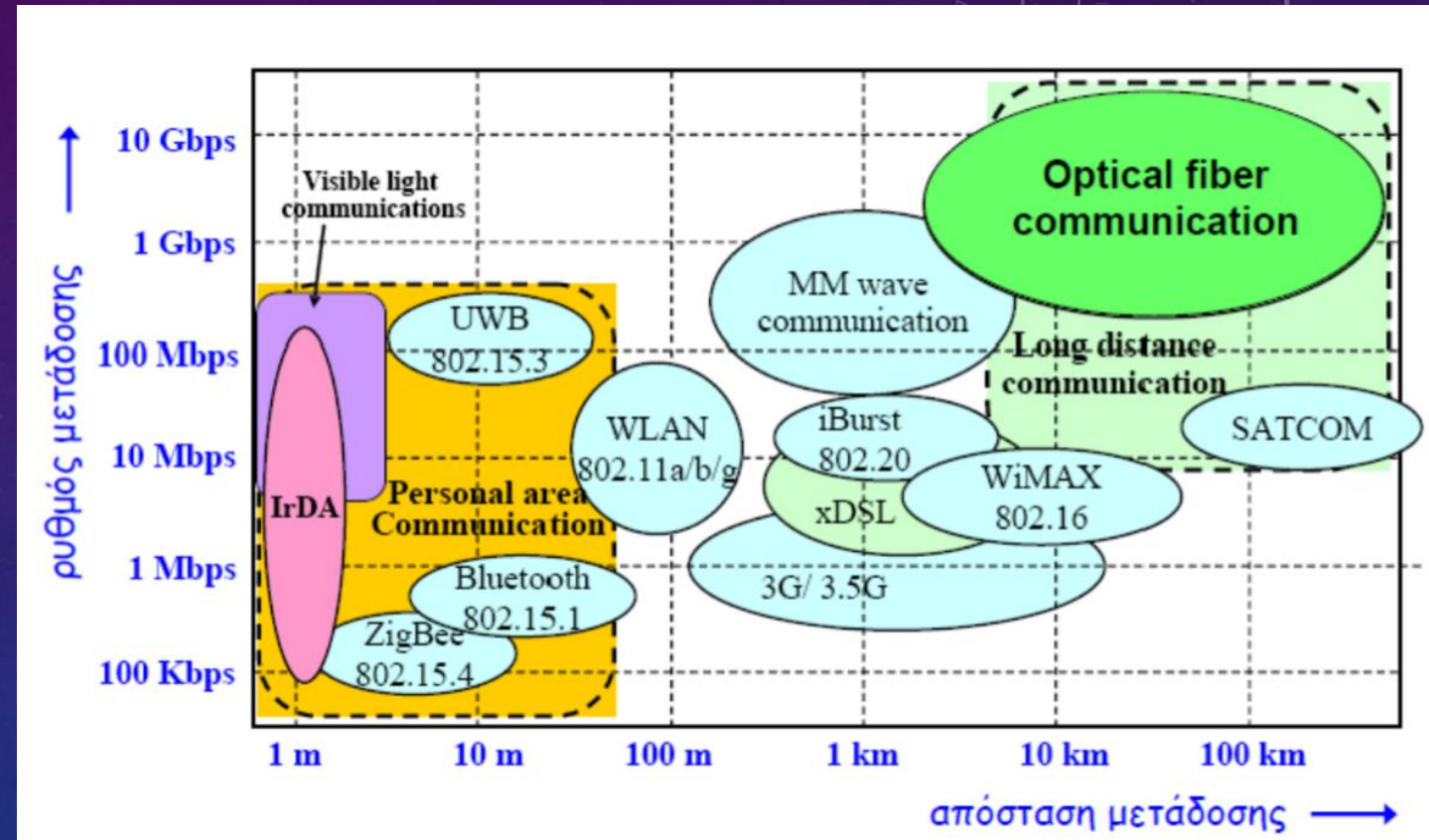
- Η εκρηκτική αύξηση του αριθμού διασυνδεδεμένων συσκευών είναι ο κυρίαρχος λόγος αύξησης της M2M IP κίνησης (και της συνολικής IP κίνησης κατ' επέκταση).



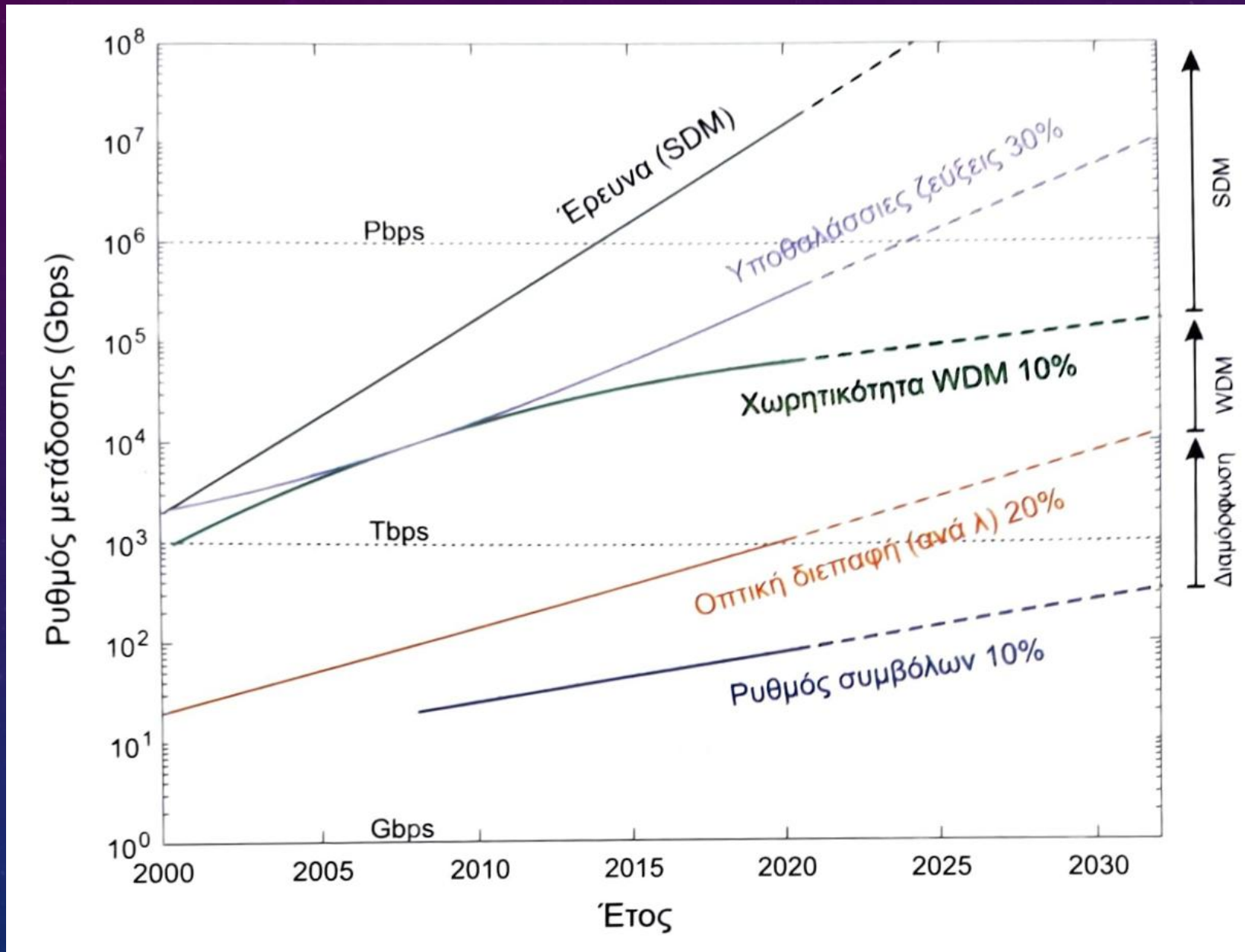
Source: Cisco projections  
GRAPHIC: BLOOMBERG CUSTOM CONTENT

# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 1

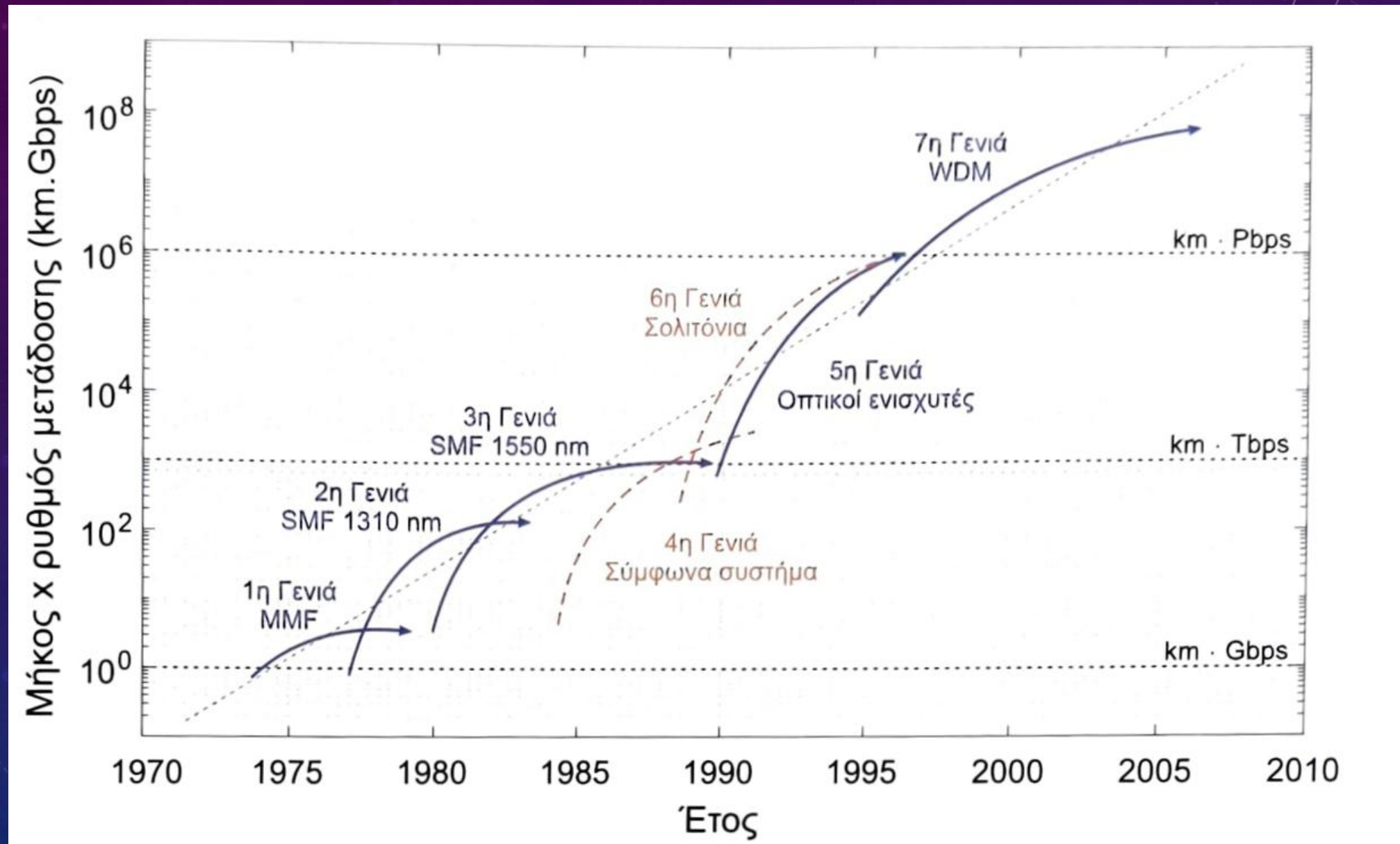
- ❖ Στα δίκτυα επικοινωνιών οι πιο σημαντικές παράμετροι επιλογής μέσων επικοινωνιών είναι ο ρυθμός μετάδοσης και η απόσταση μετάδοσης.
- ❖ Το γινόμενο «απόσταση μετάδοσης» x «ρυθμός μετάδοσης» είναι ίσως το σημαντικότερο κριτήριο για τον χαρακτηρισμό και την επιλογή χρησιμοποίησης μιας τεχνολογίας



# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 2



# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 3



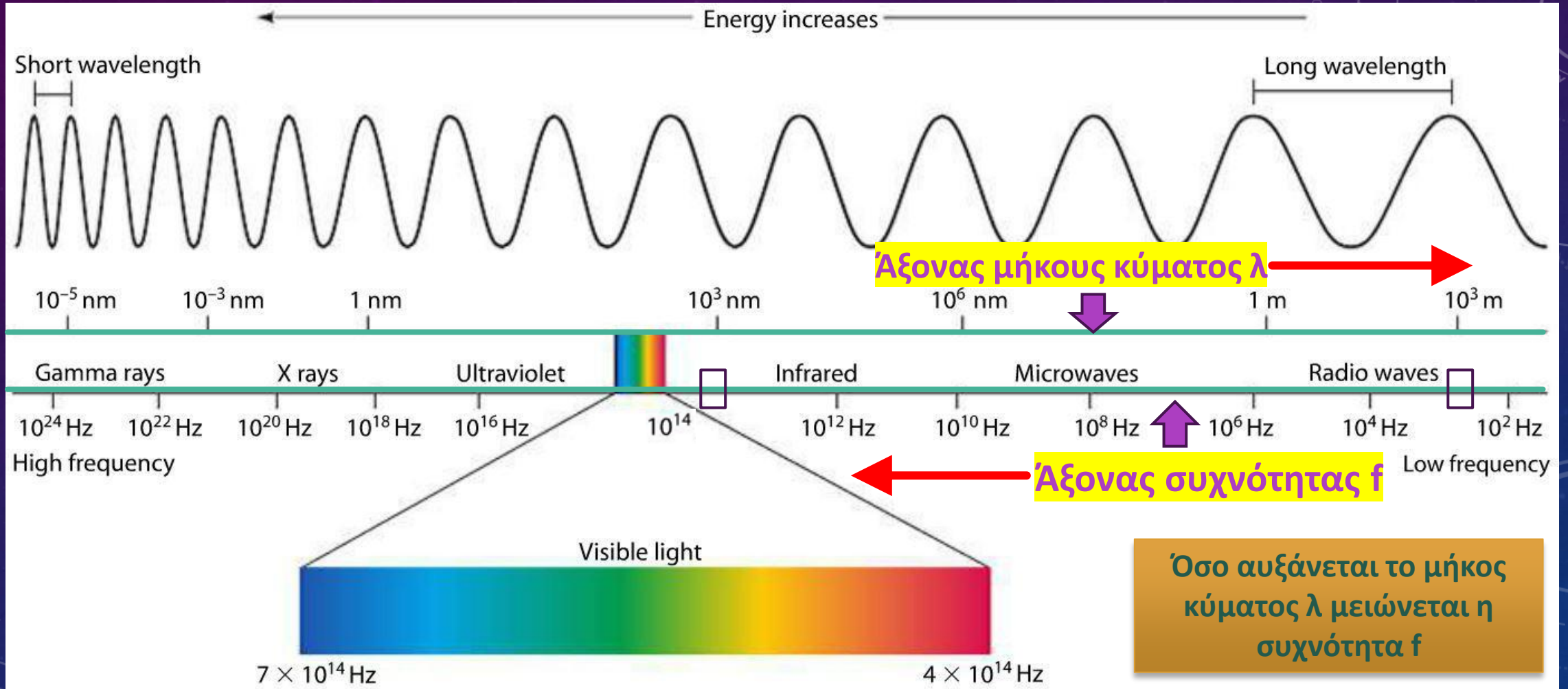
# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 4

- ❖ **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** ( $\sim 25$  THz/παράθυρο στο υπέρυθρο 0.8, 1.3 και 1.55  $\mu\text{m}$ )
- ❖ **Χαμηλή εξασθένιση** ( $\sim 0.25$  dB/km στο 1.55  $\mu\text{m}$ )
- ❖ **Μικροσκοπικό πάχος των οπτικών ινών** ( $\sim \mu\text{m}$ )
- ❖ **Αναισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές**
- ❖ **Προστασία από πιθανές υποκλοπές**
- ❖ **Εξοικονόμηση ενέργειας**

# Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 5

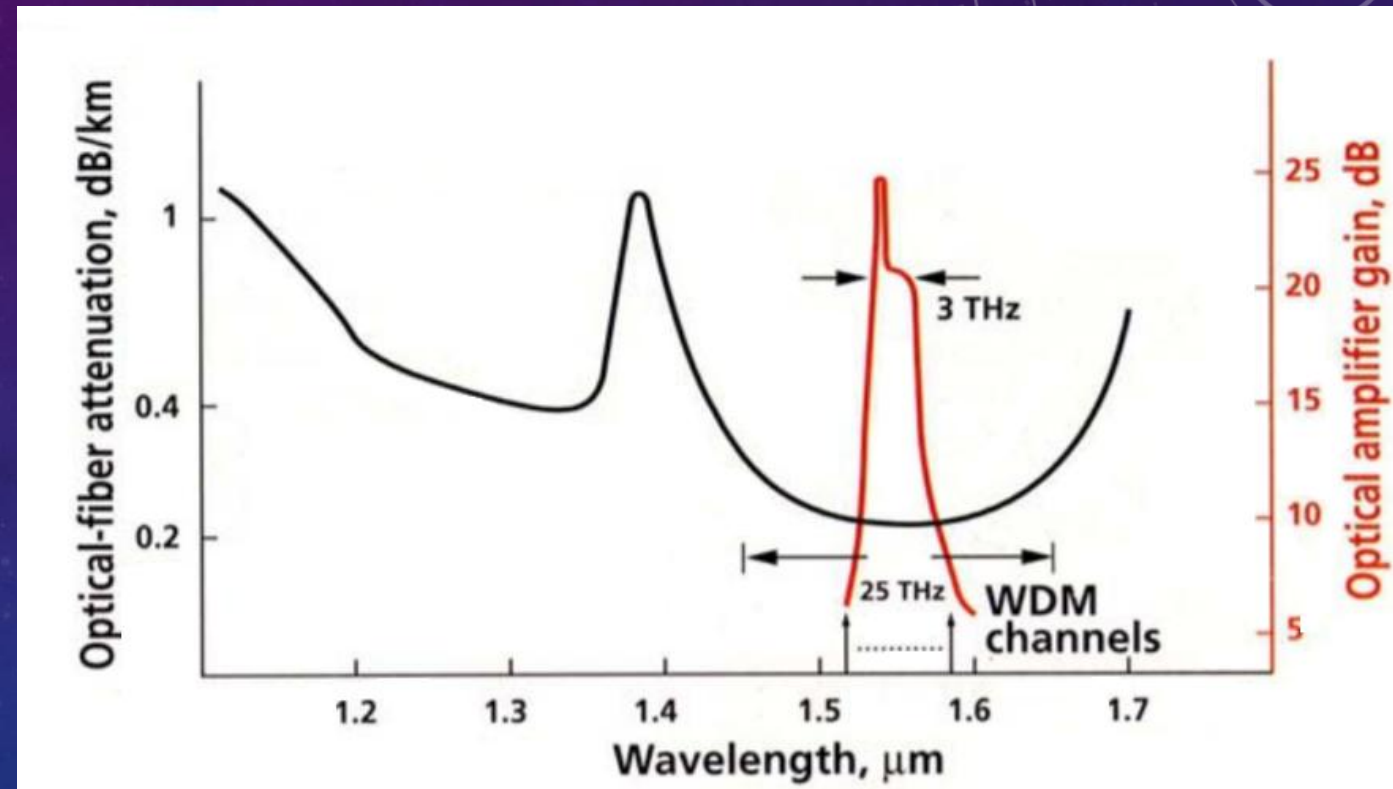
- ❑ Οι οπτικές ίνες είναι η ραχοκοκαλιά των σημερινών δικτύων επικοινωνιών: αποτελούν περισσότερο από 90% του συνολικού μήκους των καλωδίων παγκοσμίως
- ❑ Οι Οπτικές ίνες μεταφέρουν:
  - Σχεδόν όλες τις μακρινές τηλεφωνικές κλήσεις
  - Κίνηση του Internet (Dial-up, DSL or Cable)
  - Καλωδιακή τηλεόραση (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



# 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)



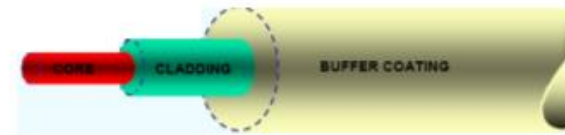
## ασύρματες ψηφιακές μικροκυματικές ζεύξεις

- 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)

# Ερωτήσεις

- Ποια μορφή διαδικτυακής κυκλοφορίας είναι πιο σημαντική;
- Ποια είναι η τάση μεταβολής των διασυνδεδεμένων συσκευών;
- Ποιες είναι οι πιο σημαντικές παράμετροι επιλογής μέσου επικοινωνίας;
- Ποιο γινόμενο είναι το βασικότερο κριτήριο για τον χαρακτηρισμό και την επιλογή χρησιμοποίησης μιας τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών
- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των οπτικών επικοινωνιών;
- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα χρήσης του φασματικού παραθύρου στις οπτικές ίνες