



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

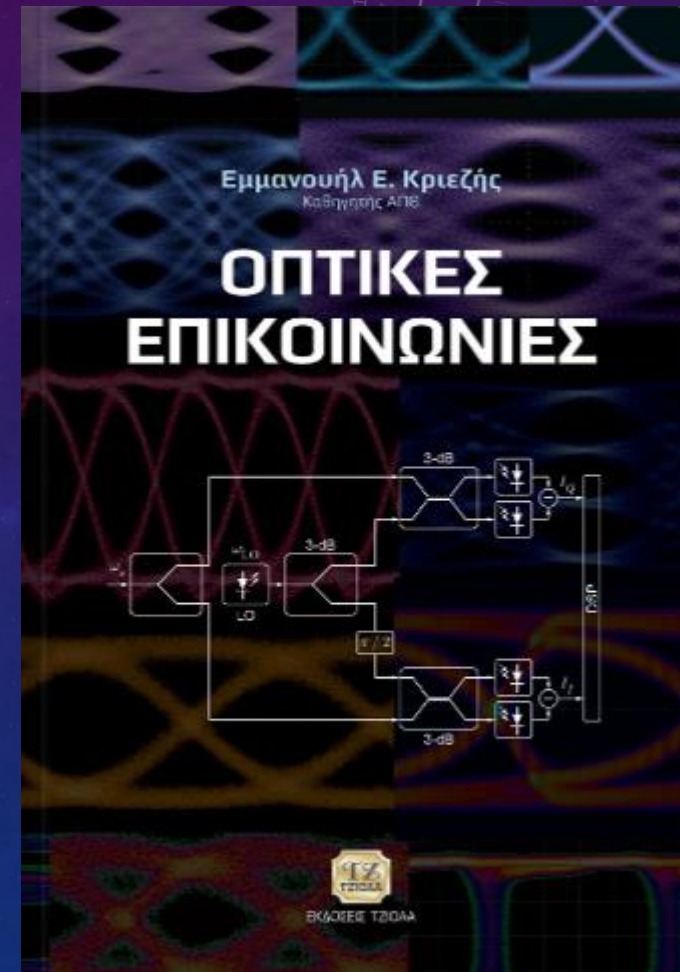
Οπτικές επικοινωνίες - κυματοδηγοί

Διδάσκων: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας

Μάθημα

- ❖ Θεωρία Πέμπτη 14:00-16:00
- ❖ Φροντιστήριο Παρασκευή 11:00-13:00
- ❖ Email επικοινωνίας atsormpa@uoi.gr
- ❖ Ώρες γραφείου 10:00-14:00

- ❖ Βιβλίο: ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, Εμμανουήλ Κριεζής, Εκδόσεις Τζιόλα



Μάθημα

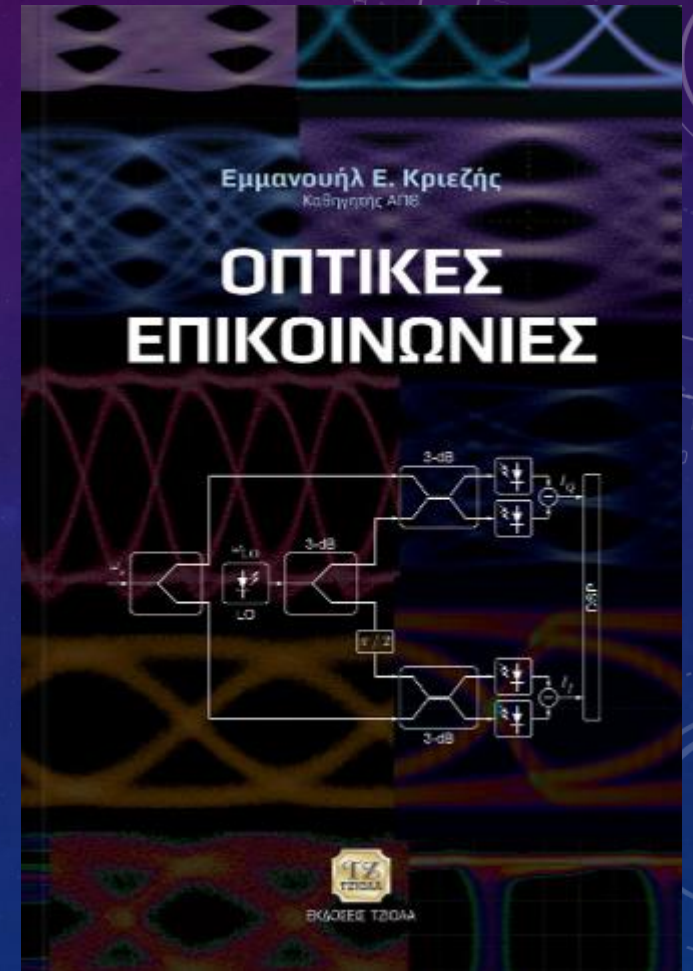
Εξέταση του μαθήματος

A. 2 προόδους

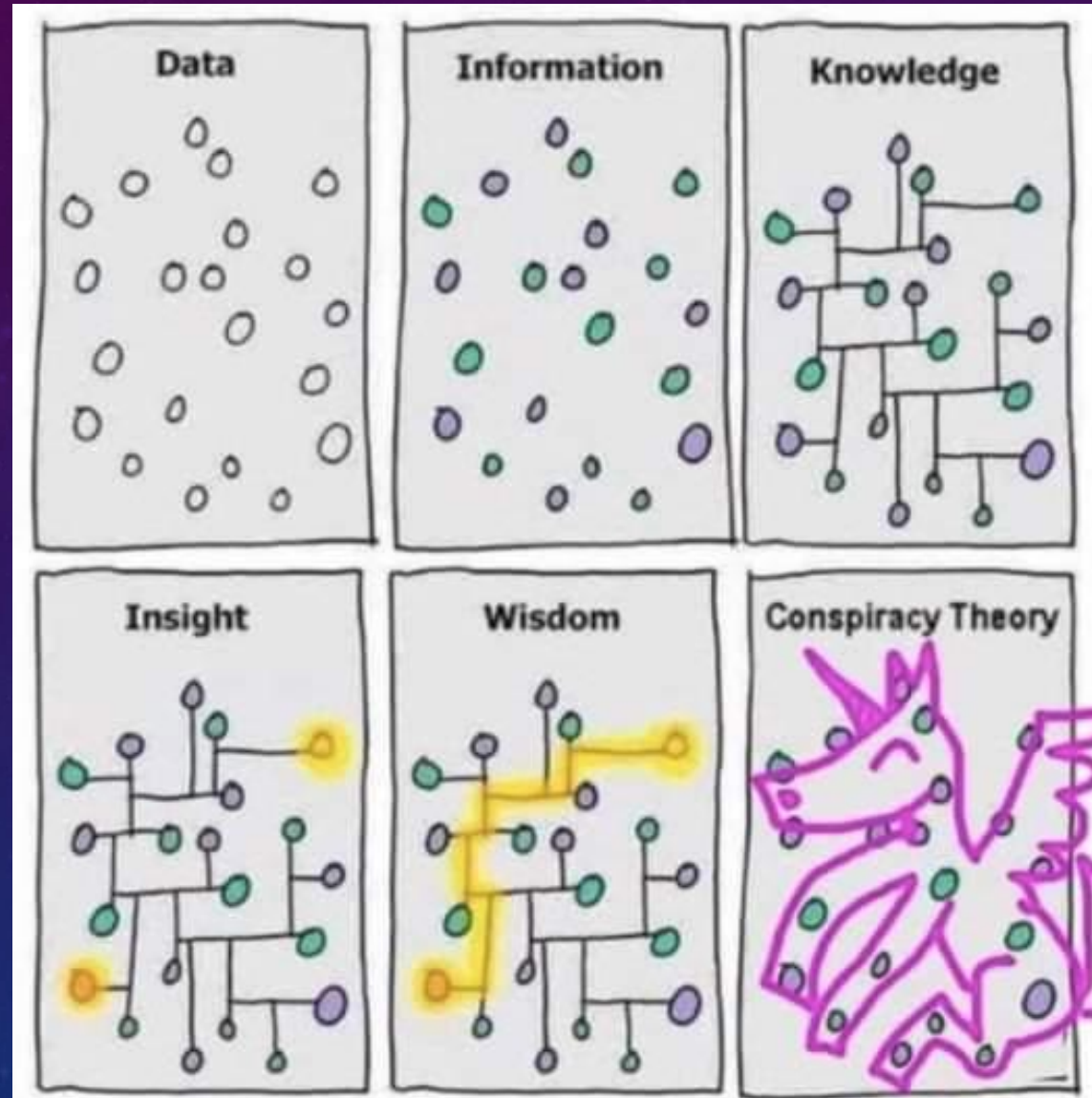
B. Εξεταστική

Έξτρα βαθμός ασκήσεων

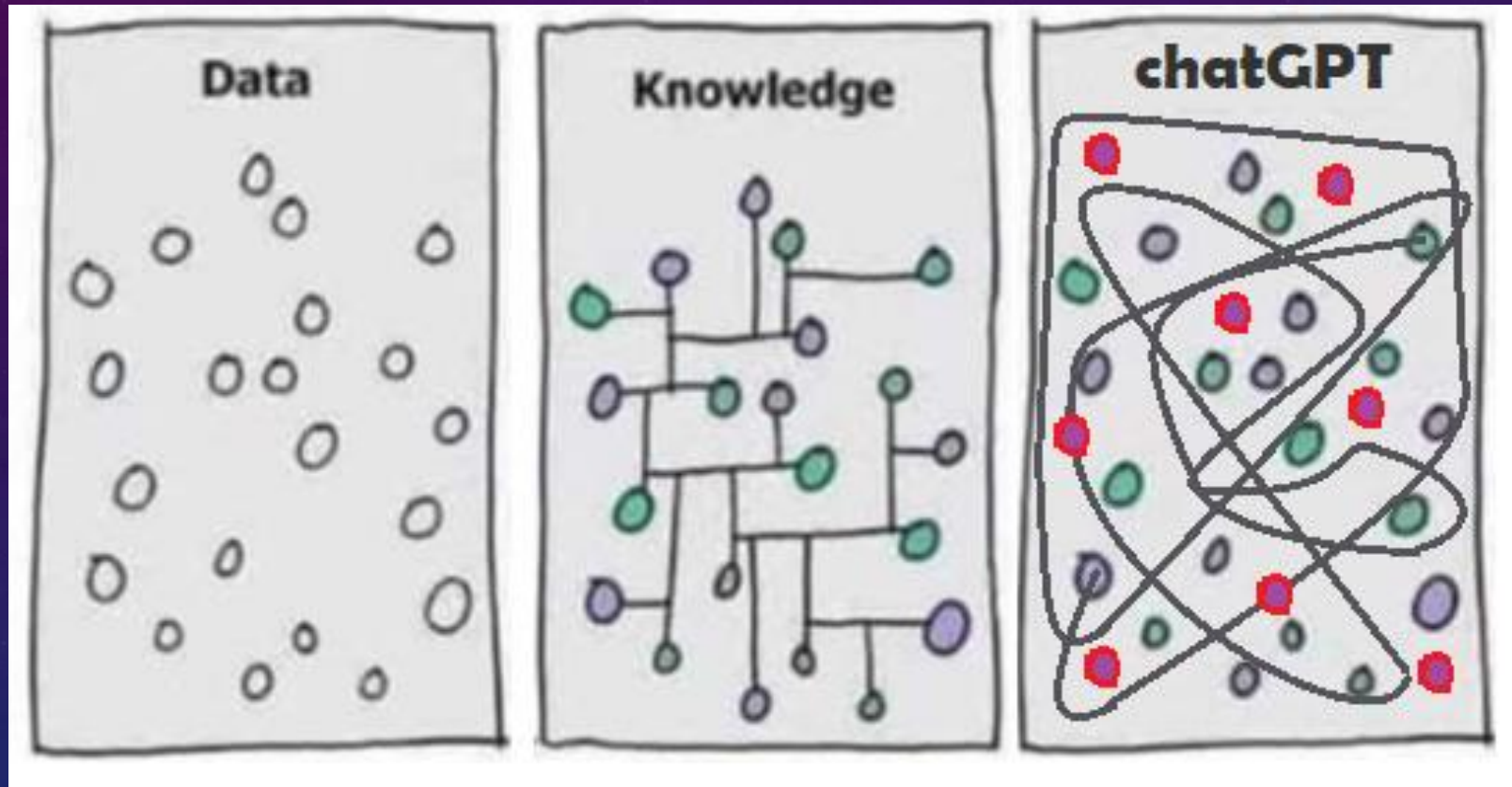
- Κάθε σωστή άσκηση που παραδίδεται παίρνει 0.2
- Θα δοθούν 8 ασκήσεις για επίλυση.
- Κάθε Παρασκευή θα δίδεται μια άσκηση και θα πρέπει να παραδοθεί μέχρι το Σάββατο το βράδυ στις 10 μ.μ.
- Σε περίπτωση που κάποιος φοιτητής αντιγράψει ή χρησιμοποιήσει chatGPT έστω και σε μια άσκηση χάνει όλες τις ασκήσεις.
- Ο έξτρα βαθμός της άσκησης μετράει μόνο αν έχει επιτύχει στην εξέταση του μαθήματος.



ChatGPT - 1



ChatGPT - 2

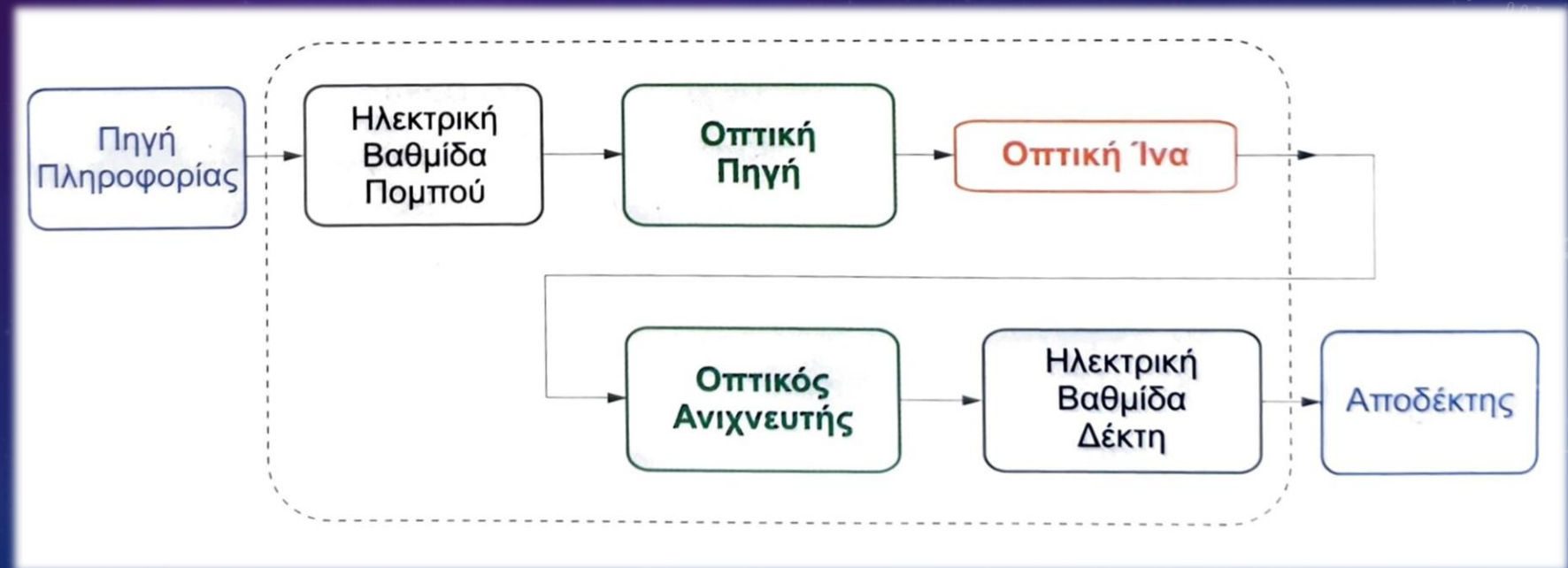


Γενικά - 1

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.)

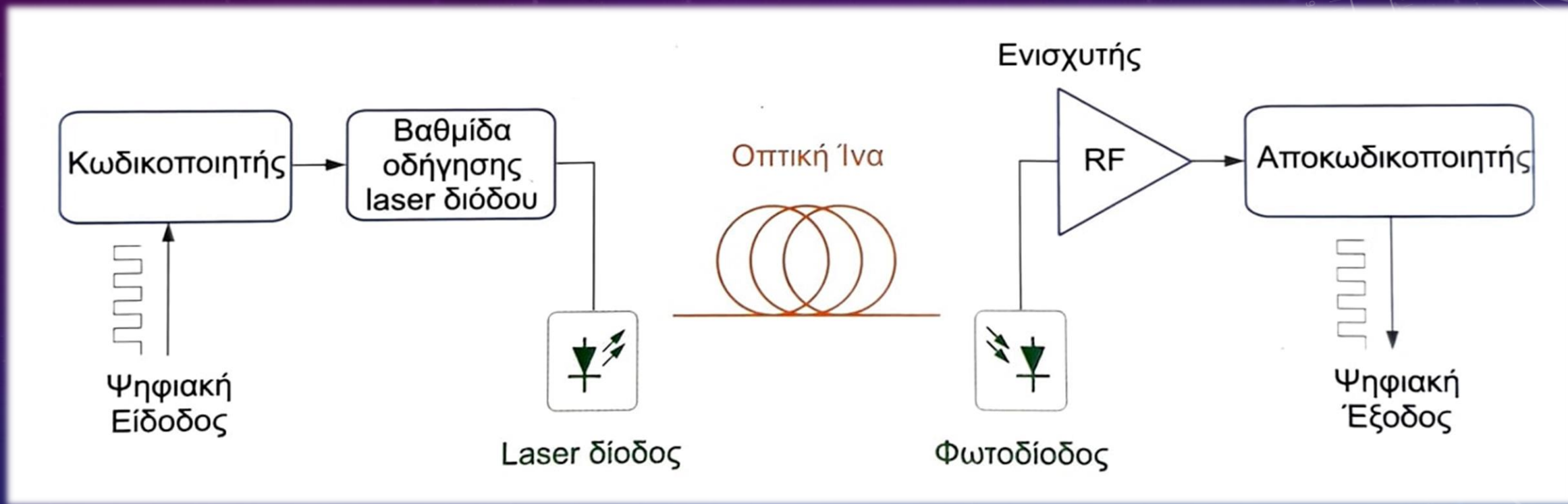
- Οπτικοί Ενισχυτές: EDFAs, Raman, SOAs κτλ
(Προαιρετικά)

- Φωρατής
(PIN, APD)

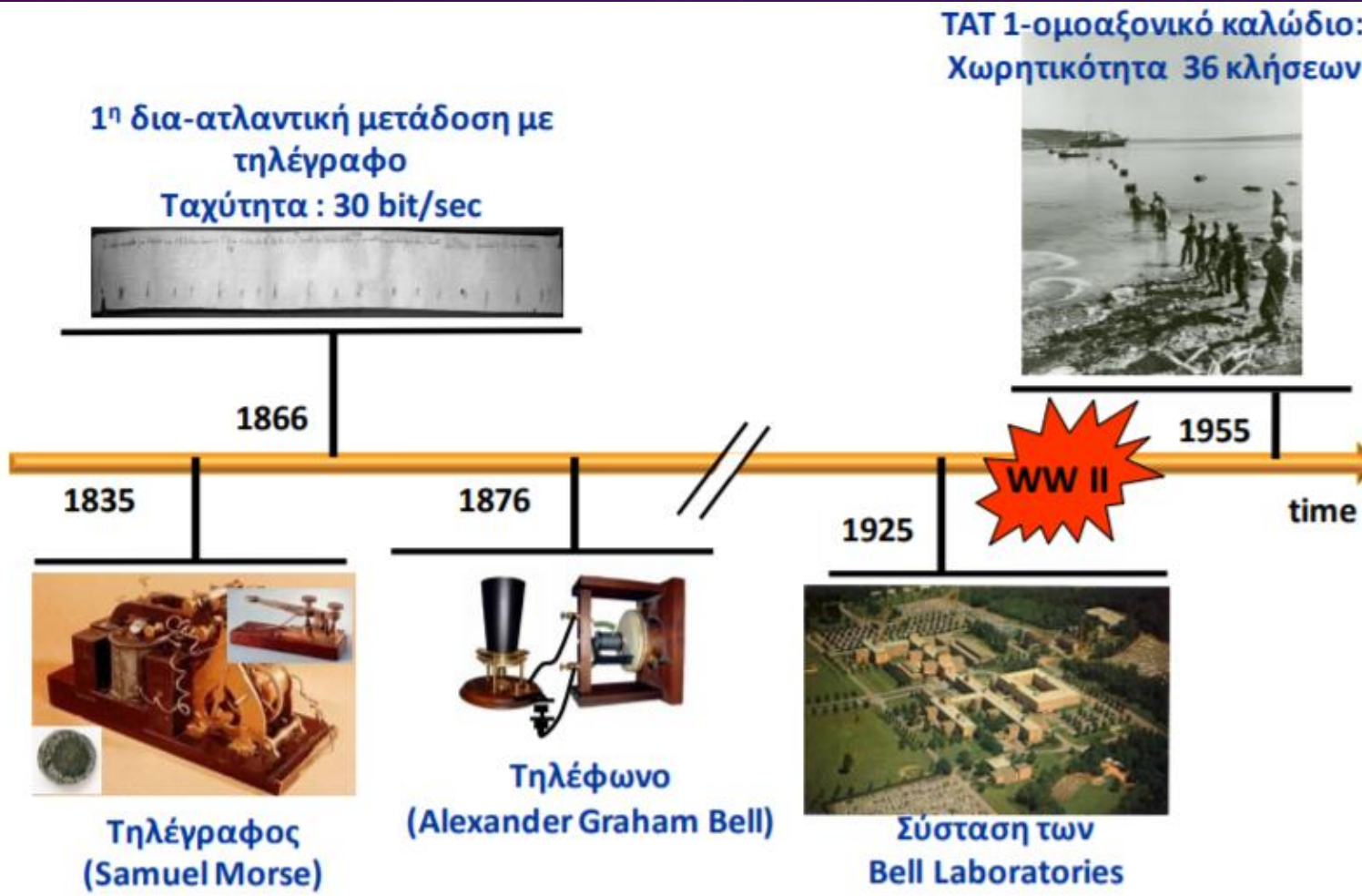
- Ηλεκτρικός ενισχυτής
(προαιρετικά)

Γενικά - 3

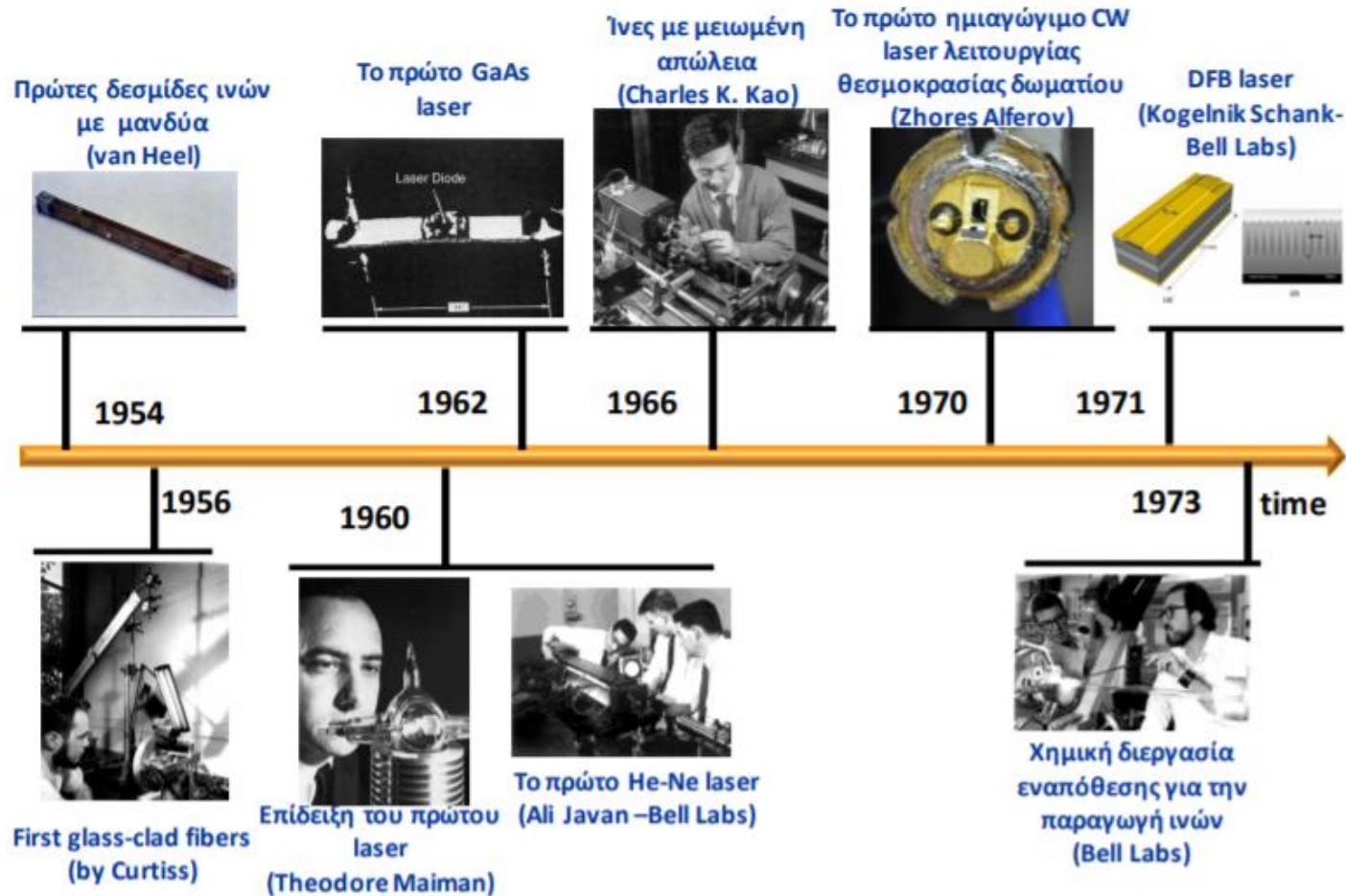
Ψηφιακό σύστημα οπτικών επικοινωνιών



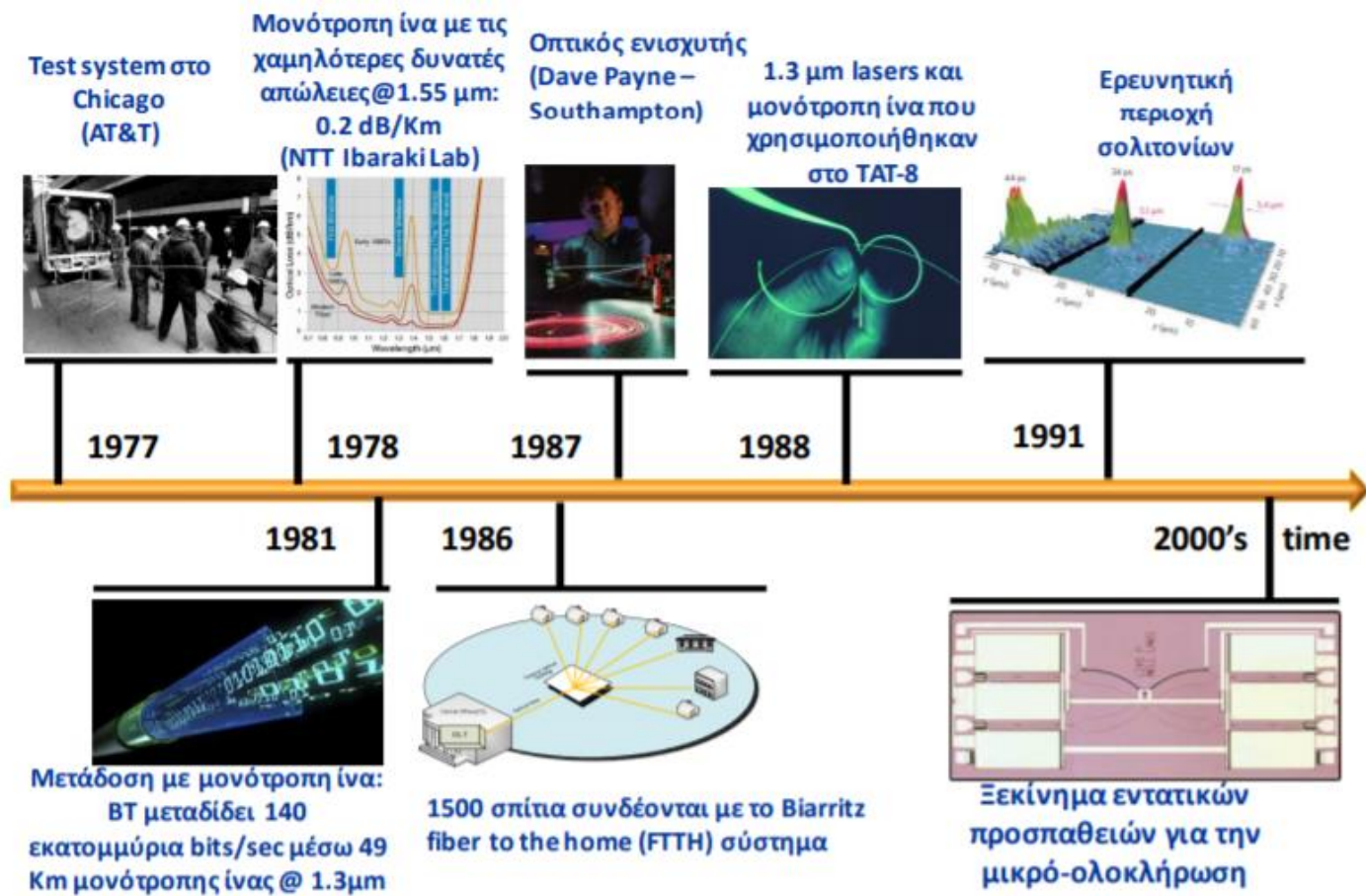
Ιστορική αναδρομή - 1



Ιστορική αναδρομή - 2



Ιστορική αναδρομή - 3

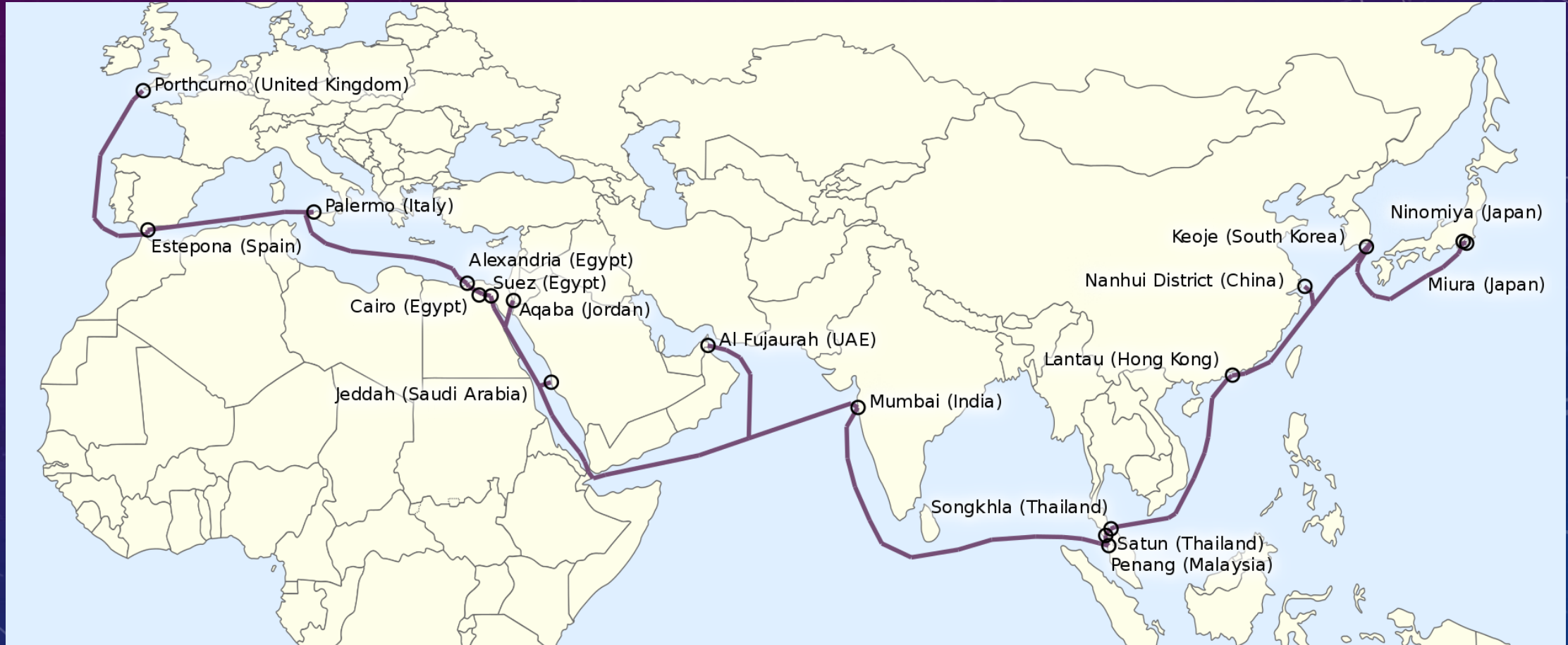


Ιστορική αναδρομή – Υπερπόντιες συνδέσεις

- ❖ 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

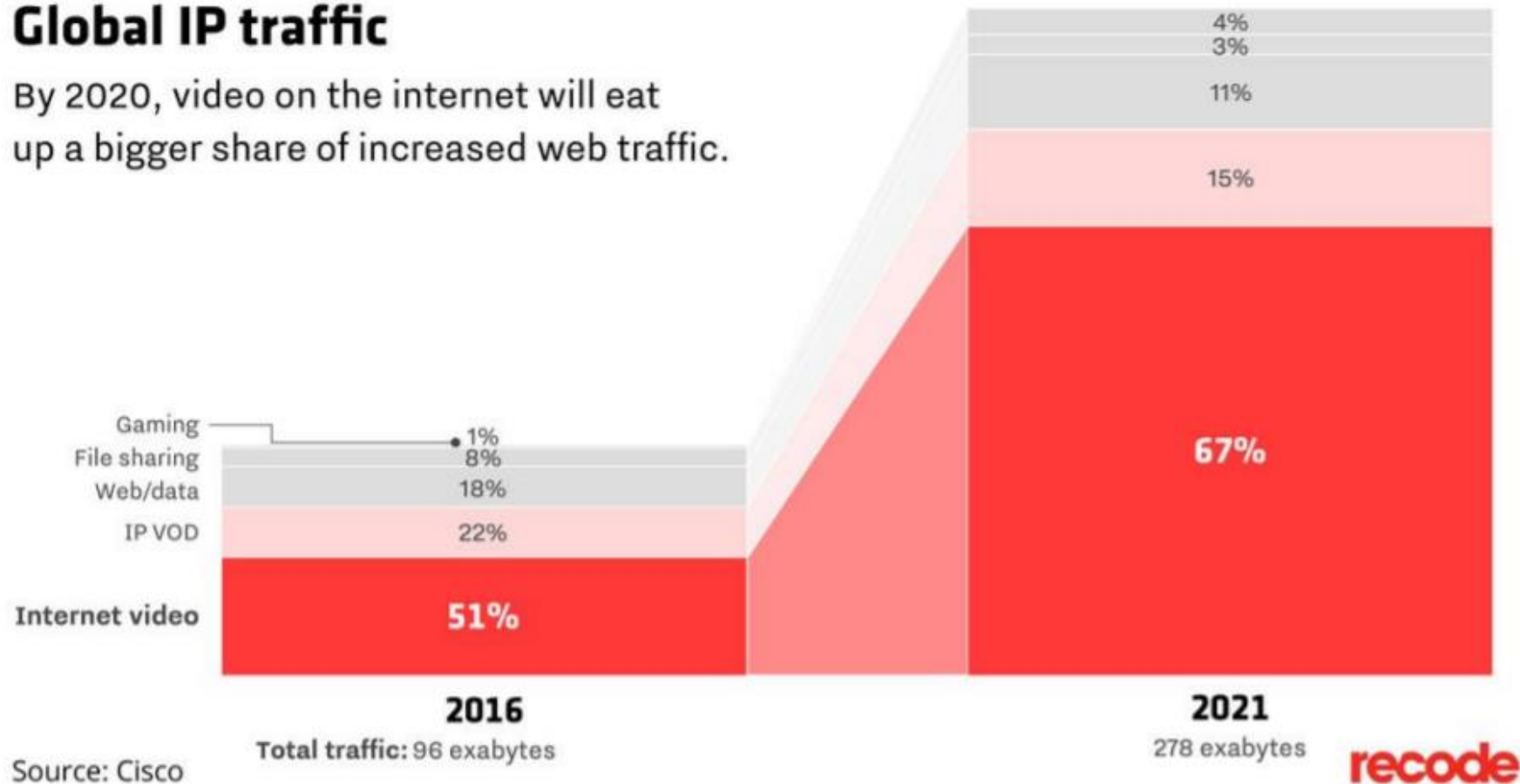


A rendering of one of SubCom's specialized Reliance-class cable ships. SUBCOM

Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 1

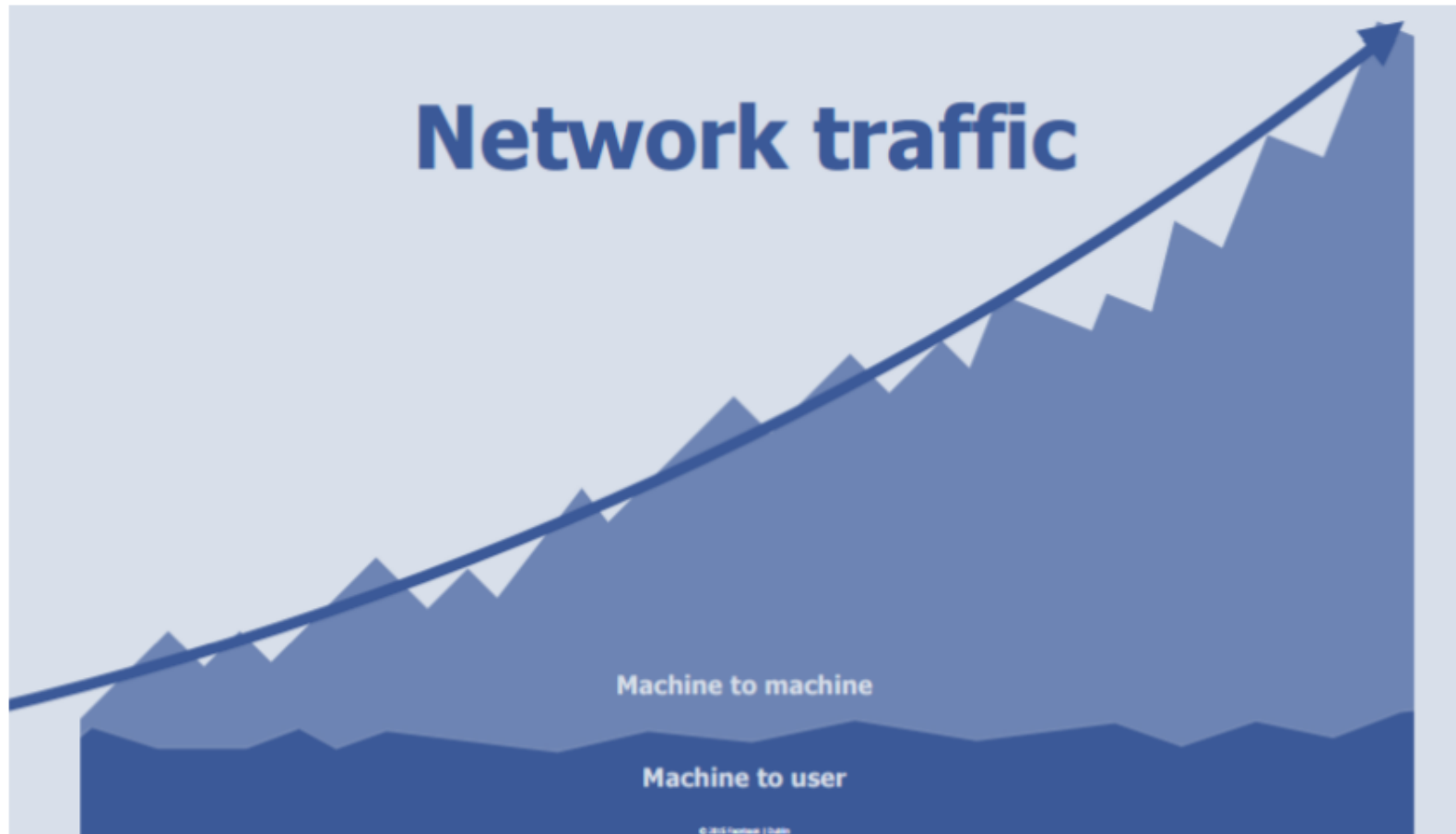
Global IP traffic

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 ~ 10^{18} bytes)
- Το 2016 η ετήσια κίνηση ήταν 1,2 ZB ή 96 EB μηνιαίως

Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 2

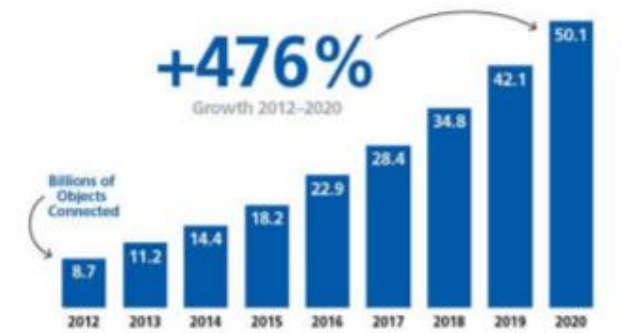


- Η κυρίαρχη μορφή κίνησης είναι μεταξύ «έξυπνων μηχανών» (Machine-to-Machine traffic, M2M)

Χαρακτηριστικά κίνησης διαδικτύου - 3



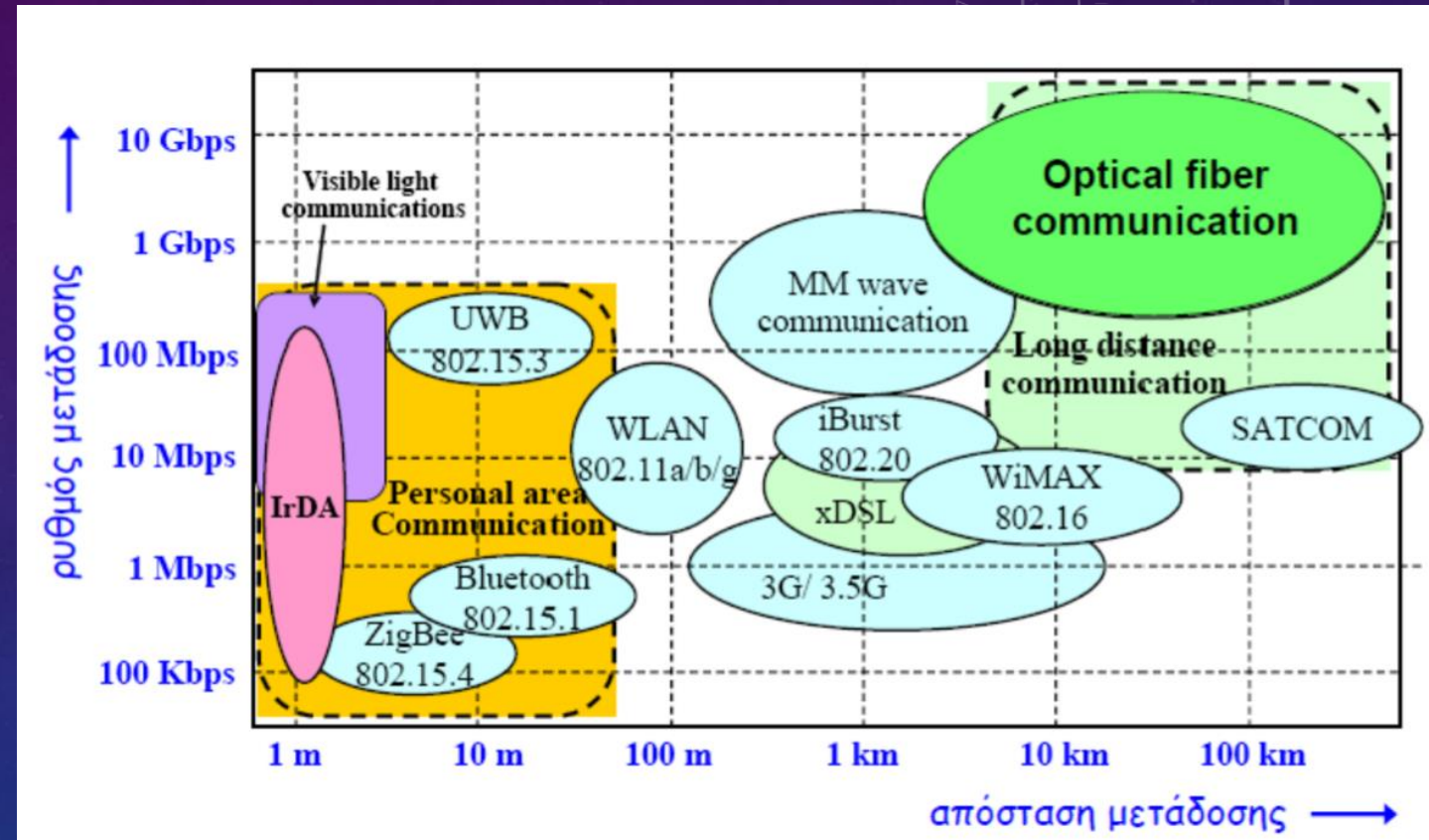
- Η εκρηκτική αύξηση του αριθμού διασυνδεδεμένων συσκευών είναι ο κυρίαρχος λόγος αύξησης της M2M IP κίνησης (και της συνολικής IP κίνησης κατ' επέκταση).



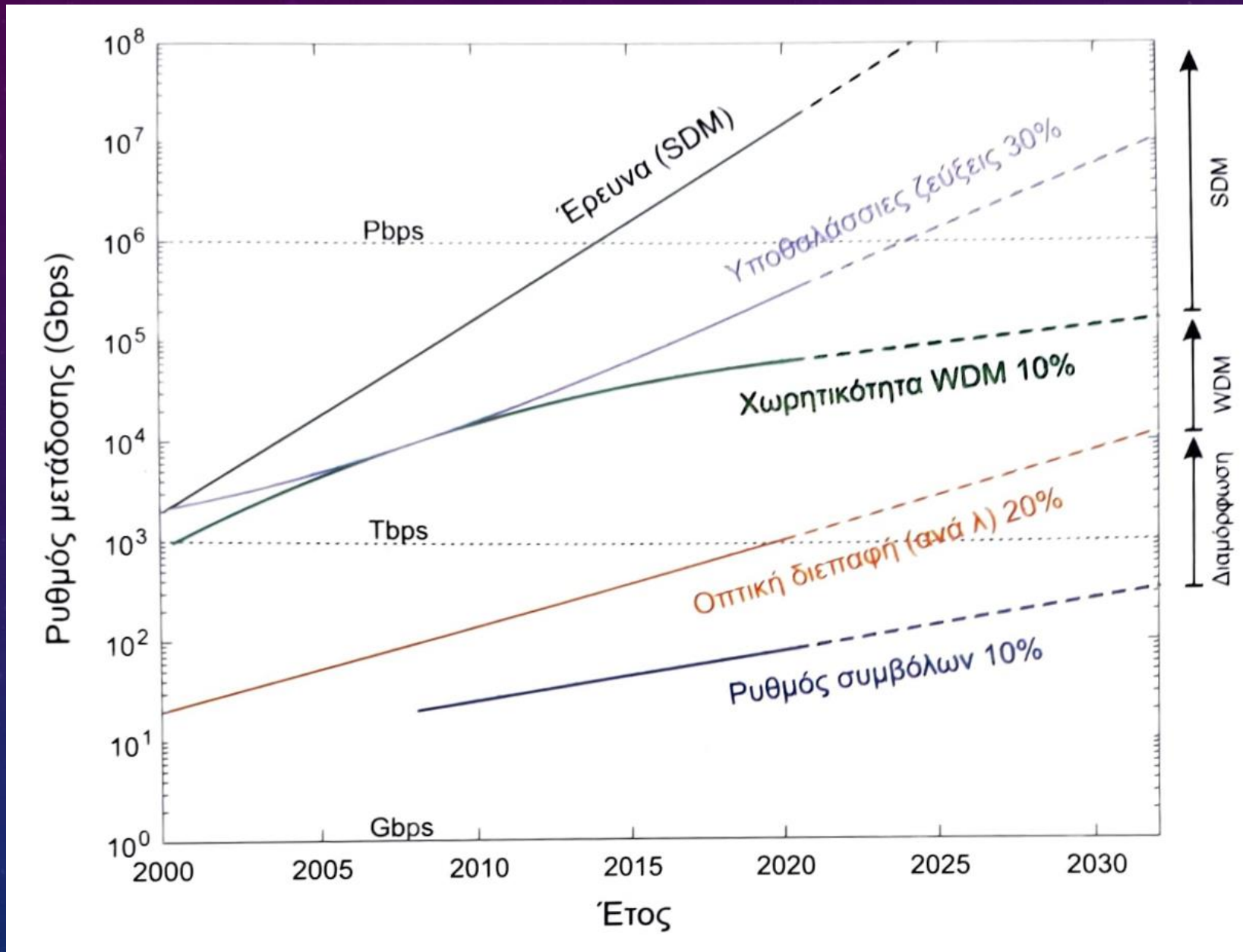
Source: Cisco projections
GRAPHIC: BLOOMBERG CUSTOM CONTENT

Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 1

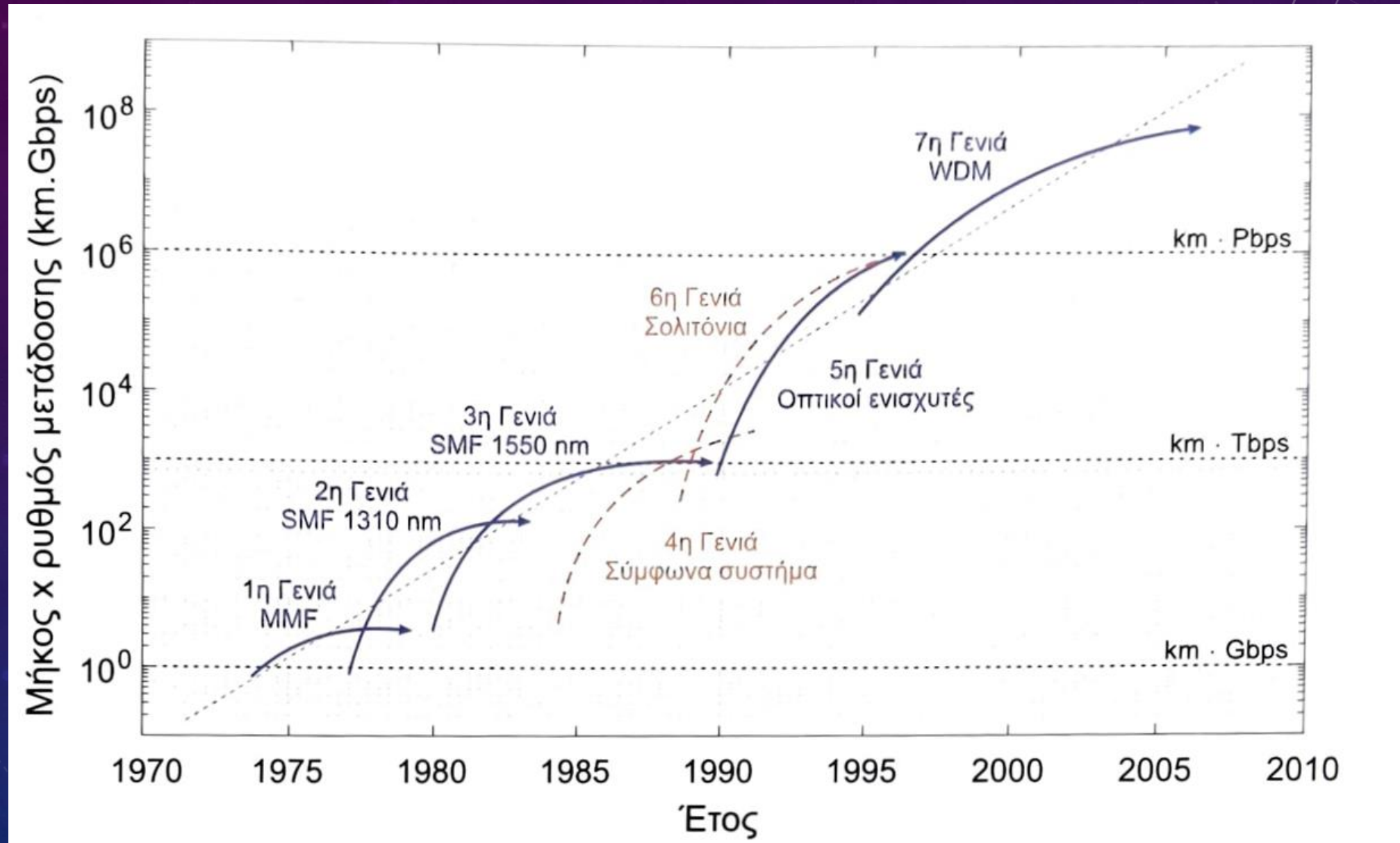
- ❖ Στα δίκτυα επικοινωνιών οι πιο σημαντικές παράμετροι επιλογής μέσων επικοινωνιών είναι ο ρυθμός μετάδοσης και η απόσταση μετάδοσης.
- ❖ Το γινόμενο «απόσταση μετάδοσης» x «ρυθμός μετάδοσης» είναι ίσως το σημαντικότερο κριτήριο για τον χαρακτηρισμό και την επιλογή χρησιμοποίησης μιας τεχνολογίας



Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 2



Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 3



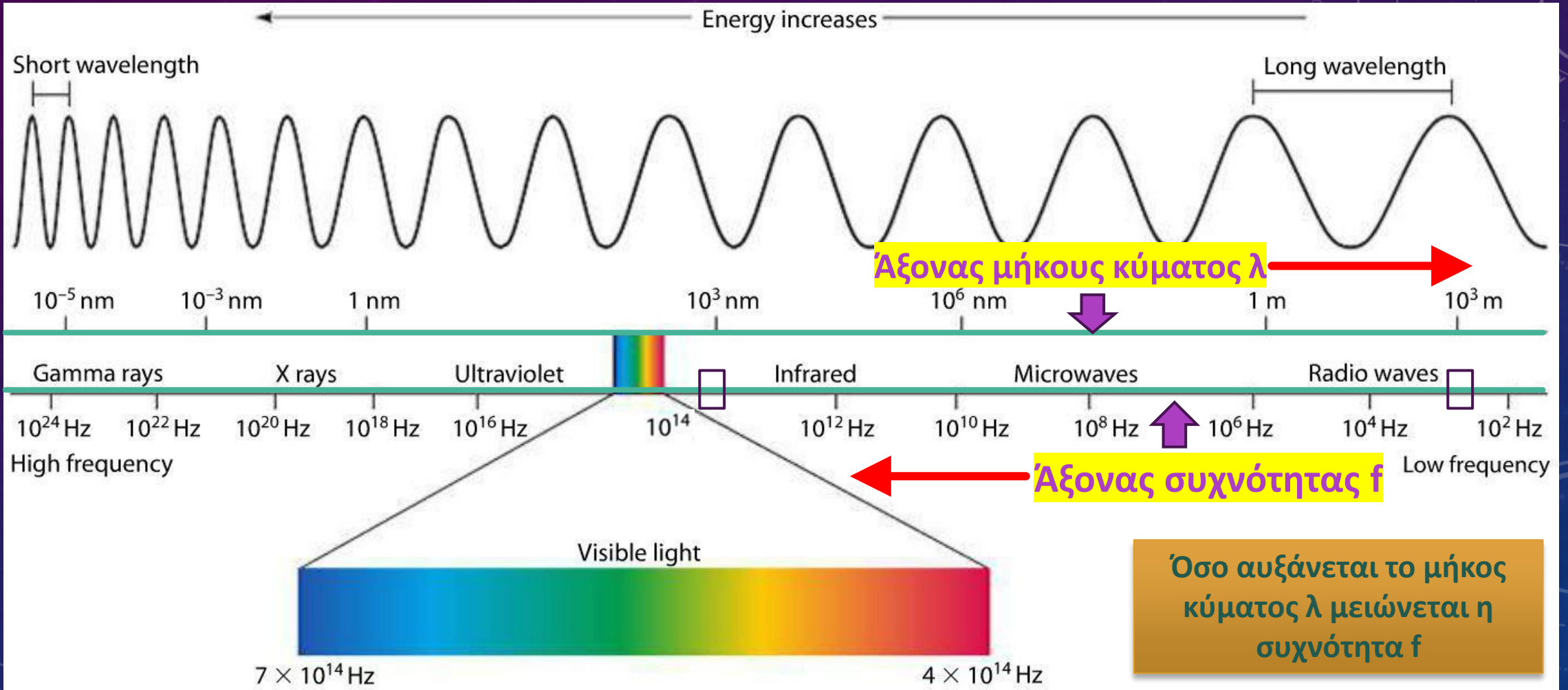
Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 4

- ❖ **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** (~ 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** ($\sim \mu\text{m}$)
- ❖ **Αναισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές**
- ❖ **Προστασία από πιθανές υποκλοπές**
- ❖ **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Οπτικές επικοινωνίες... γιατί; - 5

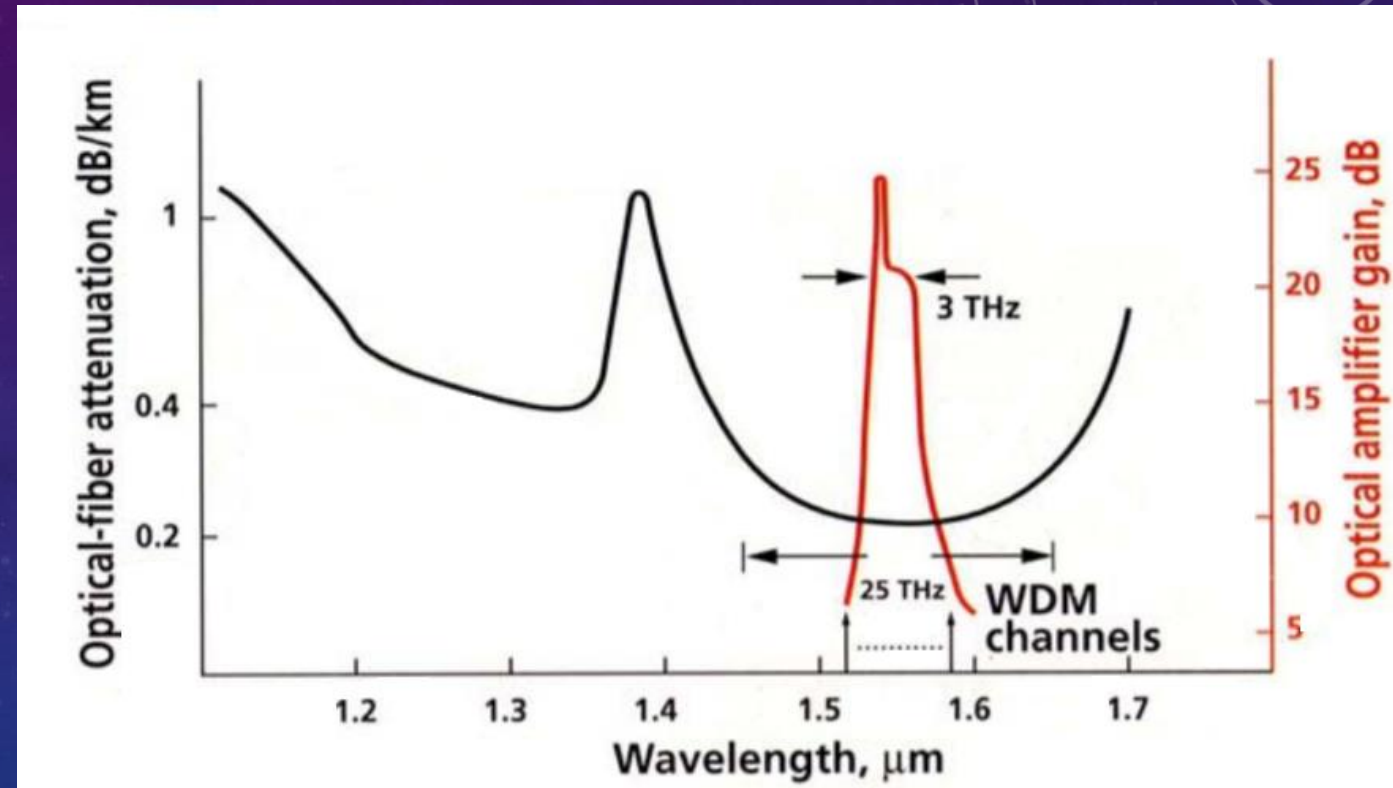
- ❑ Οι οπτικές ίνες είναι η ραχοκοκαλιά των σημερινών δικτύων επικοινωνιών: αποτελούν περισσότερο από 90% του συνολικού μήκους των καλωδίων παγκοσμίως
- ❑ Οι Οπτικές ίνες μεταφέρουν:
 - Σχεδόν όλες τις μακρινές τηλεφωνικές κλήσεις
 - Κίνηση του Internet (Dial-up, DSL or Cable)
 - Καλωδιακή τηλεόραση (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 ≥ 50 GHz φασματική απόσταση
- ❖ Ταχύτητες >10 Gbit/s ανά κανάλι



Σύγκριση φυσικών μέσων



ζεύγος καλωδίων

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



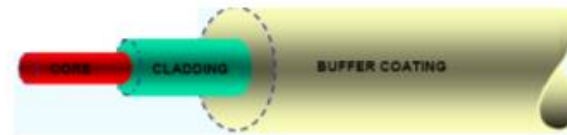
ασύρματες ψηφιακές μικροκυματικές ζεύξεις

- 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