

# Το LAN στο φυσικό στρώμα

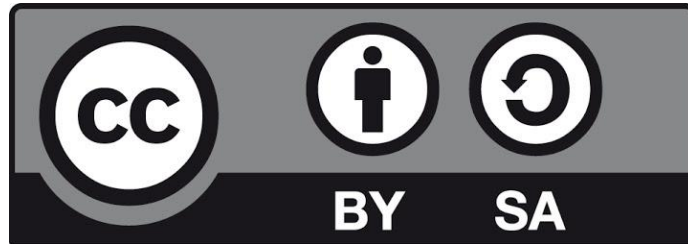
---

Εισηγητής: Χρήστος Δαλαμάγκας

[cdalamagkas@gmail.com](mailto:cdalamagkas@gmail.com)

# Άδεια χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στη διεθνή άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



# 7 Layers of the OSI Model

## Application

- End User layer
- HTTP, FTP, IRC, SSH, DNS

## Presentation

- Syntax layer
- SSL, SSH, IMAP, FTP, MPEG, JPEG

## Session

- Synch & send to port
- API's, Sockets, WinSock

## Transport

- End-to-end connections
- TCP, UDP

## Network

- Packets
- IP, ICMP, IPSec, IGMP

## Data Link

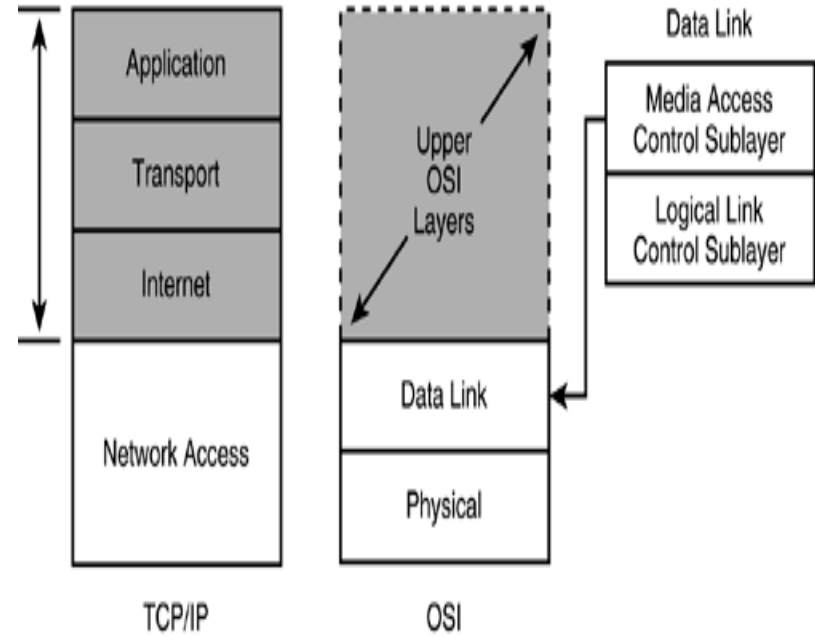
- Frames
- Ethernet, PPP, Switch, Bridge

## Physical

- Physical structure
- Coax, Fiber, Wireless, Hubs, Repeaters

# Το στρώμα πρόσβασης στο δίκτυο (network access layer)

- Το στρώμα πρόσβασης στο δίκτυο αποτελείται από δυο στρώματα κατά OSI:
  - **Φυσικό στρώμα (Layer 1 – L1)**
  - Στρώμα ζεύξης δεδομένων (Layer 2 – L2)
- Το network access layer συμπεριλαμβάνει τις αρμοδιότητες και των δυο χαμηλότερων στρωμάτων του OSI



# Η οικογένεια Ethernet

- Μεγάλη οικογένεια προτύπων και πρωτοκόλλων που είναι υπεύθυνο για τις επικοινωνίες στα στρώματα 1 και 2 του OSI (στρώμα πρόσβασης στο δίκτυο κατά TCP/IP)
- Ξεκίνησε το 1980 και τυποποιήθηκε πρώτα το 1983 με το έγγραφο IEEE 802.3
- Το Ethernet είναι η πιο διαδεδομένη οικογένεια τεχνολογιών για το στρώμα πρόσβασης στο δίκτυο κατά TCP/IP

# Ethernet στο Φυσικό στρώμα

---

# Λειτουργίες φυσικού επιπέδου (PHY)

- Κωδικοποίηση πληροφορίας σε ψηφιακό ή αναλογικό σήμα
- Αποκωδικοποίηση αναλογικού ή ψηφιακού σήματος σε πληροφορία
- Συγχρονισμός πομπού και δέκτη
- Προδιαγραφές μέσου μετάδοσης (χαρακτηριστικά)
- Φυσική τοπολογία, δηλαδή διασύνδεση συσκευών μεταξύ τους
  - Σημείο σε σημείο
  - Τοπολογία αστέρα
  - Τοπολογία αρτηρίας

# Ethernet physical layer

- Πρόκειται για το υποσύνολο προτύπων του ethernet που αφορούν προδιαγραφές σχετιζόμενες με το φυσικό μέσο
- Καλύπτεται από τη σειρά προτύπων **IEEE 802.3**
- Τα πρότυπα καθορίζουν την επικοινωνία μέσω πολλαπλών μέσων μετάδοσης, δισύρματος χαλκός, οπτική ίνα και ομοαξονικό καλώδιο
- Ανώτερου επιπέδου επικοινωνίες (πχ STP) καλύπτονται από το 802.1 (στρώμα MAC)
- Γνωστές παραλλαγές του 802.3: 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T, 10GBASE-T



# Συμβάσεις ονομασίας παραλλαγών

- Οι παραλλαγές του 802.3 (πχ **100BASE-TX**) ακολουθούν τις εξής ονοματικές συμβάσεις:
  - **10, 100, 1000, 10G**: Η ονομαστική ταχύτητα, ο ρυθμός με τον οποίο η διεπαφή τοποθετεί bit στη γραμμή
  - **BASE, BROAD, PASS**: Αν το σήμα είναι baseband, broadband ή passband
  - **-T, -S, -F**: Ορίζει το φυσικό μέσο, T για twisted pair (ζεύγος συνεστραμμένων χάλκινων καλωδίων), S για multimode fibre και F για οπτική ίνα διάφορων μηκών κύματος.
  - **X, R**: Το X σημαίνει πως χρησιμοποιούνται μόνο μερικά ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων για μετάδοση και λήψη δεδομένων, ενώ το R σημαίνει πως χρησιμοποιούνται όλα τα ζεύγη του καλωδίου.

# Κατηγοριοποίηση παραλλαγών 802.3

- **Classic Ethernet:** Χρησιμοποιεί κυρίως τοπολογία αρτηρίας, κωδικοποίηση Manchester και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 10 Mbit/s
- **Fast Ethernet:** Χρησιμοποιεί κυρίως τοπολογία αστέρα και κωδικοποίηση 4B5B
- **Gigabit Ethernet:** Μόνο τοπολογία αστέρα, κωδικοποίηση 8b/10b, αποκλειστικά full-duplex επικοινωνία
- **10 Gigabit Ethernet:** Κωδικοποίηση 64b/66b, από τις τελευταίες γενιές προτύπων που χρησιμοποιούν συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων
- **100 Gigabit Ethernet:** Ξεκίνησε το 2010 και βασίζεται αποκλειστικά σε οπτική ίνα
- **Terabit Ethernet:** Ταχύτητες που φτάνουν τα 1.6Tbit/s αναμένεται να τυποποιηθούν μετά το 2020

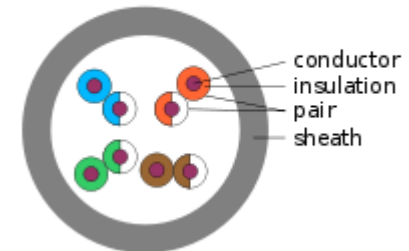
Η έκδοση προτύπων και η υιοθέτησή τους από την αγορά γίνεται σε διαφορετικές ταχύτητες!

# Συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδίων (twisted-pair)

- Εφευρέθη από τον Alexander Graham Bell
- Τα χάλκινα καλώδια συστρέφονται μεταξύ τους ώστε να μειωθούν παρεμβολές
- Κάθε ζεύγος είναι ένα κύκλωμα με θετικό και αρνητικό
- Υπάρχουν συνολικά 25 χρωματικά ζεύγη, τα οποία χωρίζονται ανά 5 ζεύγη σε 5 κατηγορίες
- Η πρώτη που φαίνεται στο σχήμα χρησιμοποιείται κοινώς στα καλώδια UTP
- Το τι δεδομένα μεταφέρει κάθε ζεύγος ορίζεται από την παραλλαγή 802.3 που χρησιμοποιείται



UTP

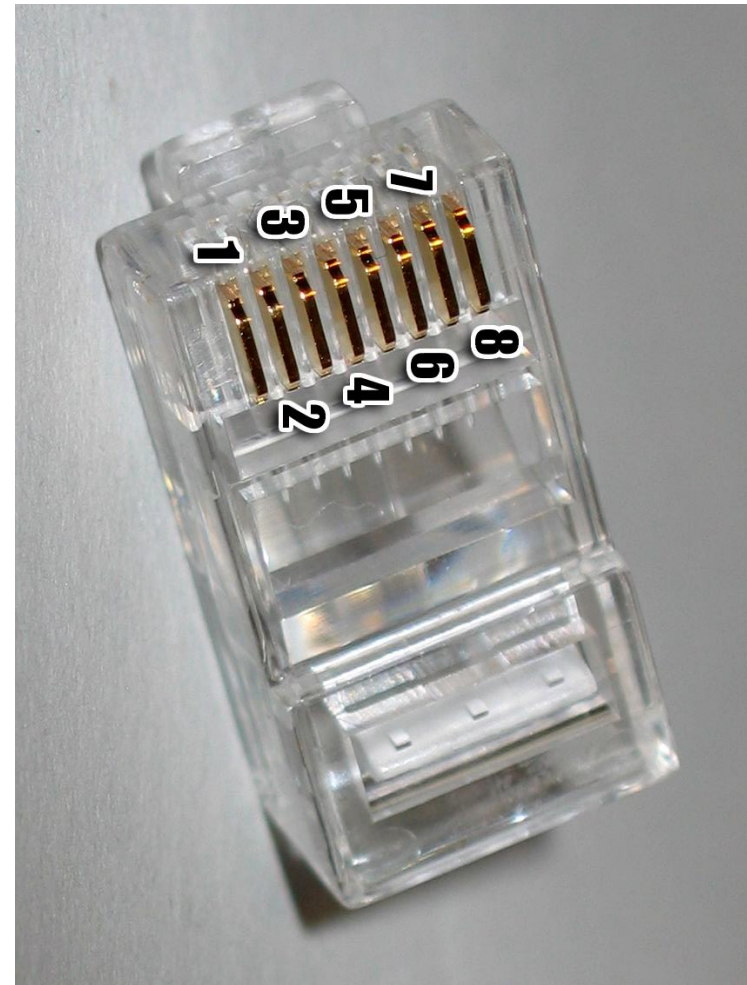


# Τυποποιήσεις καλωδίων για Ethernet (ISO/IEC 11801)

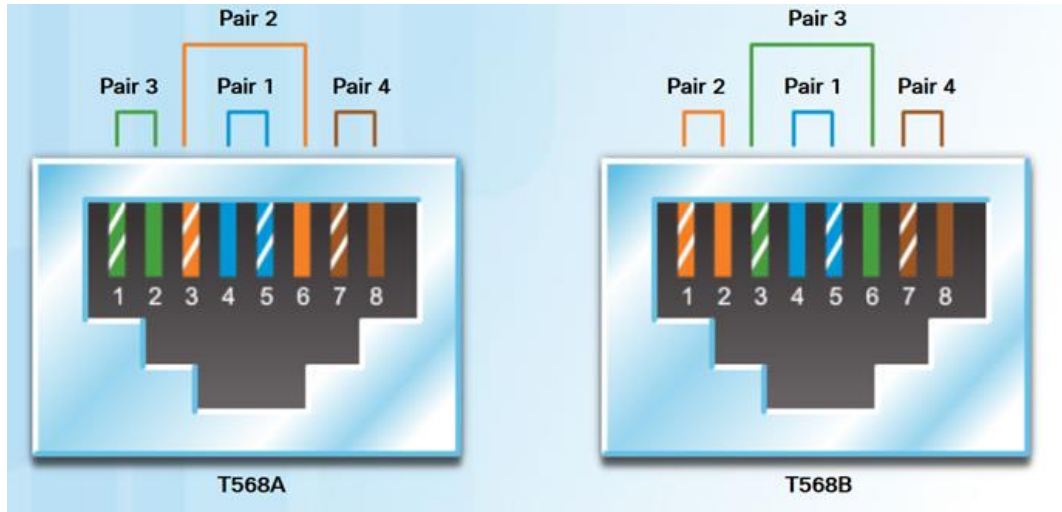
	CAT3	CAT5	CAT5e	CAT6	CAT6a	CAT8/8.1	CAT8.2
Εύρος ζώνης	16 MHz	100 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	2000 MHz	2000 MHz
Υποστηριζόμενες παραλλαγές IEEE 802.3	10BASE-T	100BASE-TX	1000BASE-T	10GBASE-T	10GBASE-T	25GBASE-T 40GBASE-T	25GBASE-T 40GBASE-T
Τύπος καλωδίου	UTP	UTP	UTP, STP	UTP, STP	UTP, F/UTP, U/FTP	F/UTP U/FTP	S/FTP, F/FTP
Εύρος κάλυψης	100 m	100 m	100 m	100m, 55m για 10GE	100m	30-36m	30-36m
Χρήσεις	Τηλεφ/κε ς γραμμές	Δικτύωση	Δικτύωση	Δικτύωση	Δικτύωση, Data centre	Data centre	Data centre

# Η σύνδεση RJ-45 (8P8C)

- Οι παραλλαγές του 802.3 για συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων χρησιμοποιούν το βύσμα RJ-45 και στις δυο άκρες των καλωδίων
- Τα pins αριθμούνται από το 1 μέχρι το 8.
- Κάθε pin «καρφώνεται» σε έναν αγωγό (conductor)
- Το ποιο καλώδιο θα βάλουμε σε ποιο pin καθορίζεται από τα πρότυπα T568A και T568B



# Τα πρότυπα T568A και T568B



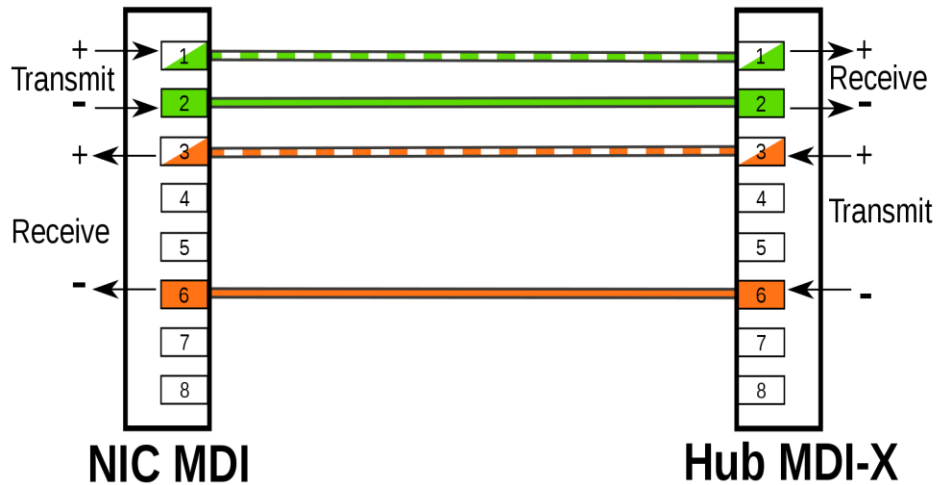
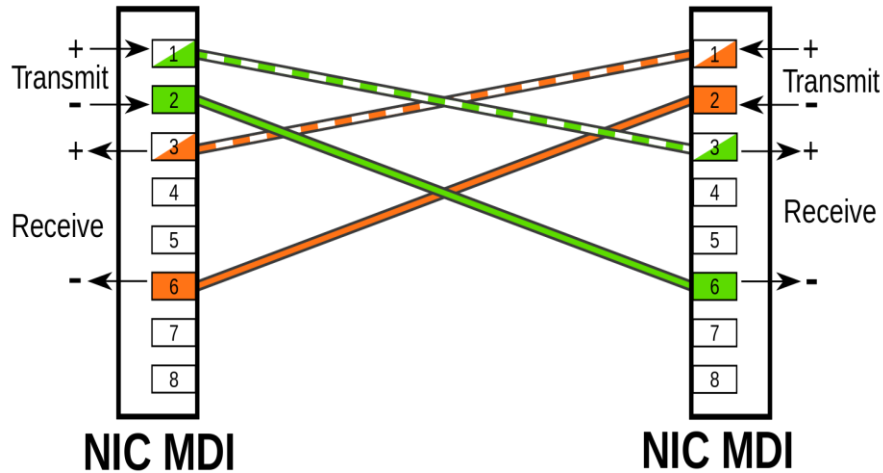
Τα πρότυπα A και B μας λένε ποιο χρώμα πηγαίνει σε ποιο pin, **όχι** ποιος είναι ο ρόλος κάθε pin (αν μεταδίδει ή αν στέλνει). Το αν κάθε pin μεταδίδει ή λαμβάνει καθορίζεται από τα είδη διεπαφών MDI και MDI-X

# Τύποι καλωδίων ethernet

Ανάλογα με το εάν τα άκρα ενός καλωδίου τερματίζουν σε T568A ή T568B, διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες καλωδίων:

Τύπος καλωδίου	Πρότυπα	Εφαρμογή
Ethernet straight-through	Και τα δυο άκρα T568A ή T568B	Συνδέει συσκευές που λειτουργούν σε διαφορετικά layer (υπολογιστή με μεταγωγέα, μεταγωγέα με δρομολογητή)
Ethernet cross-over	Το ένα άκρο τελειώνει σε T568A και το άλλο σε T568B	Συνδέει συσκευές που λειτουργούν στα ίδια layer (υπολογιστές μεταξύ τους, μεταγωγείς μεταξύ τους, δρομολογητές μεταξύ τους, υπολογιστή με δρομολογητή)

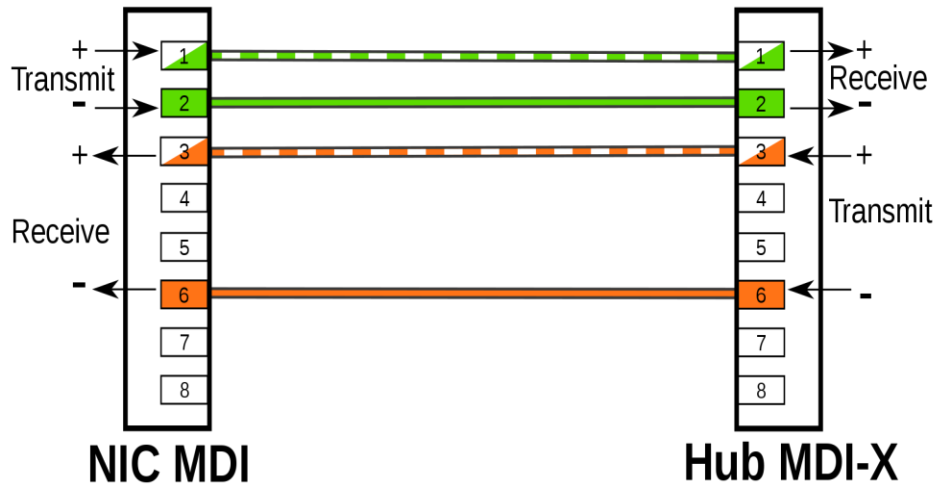
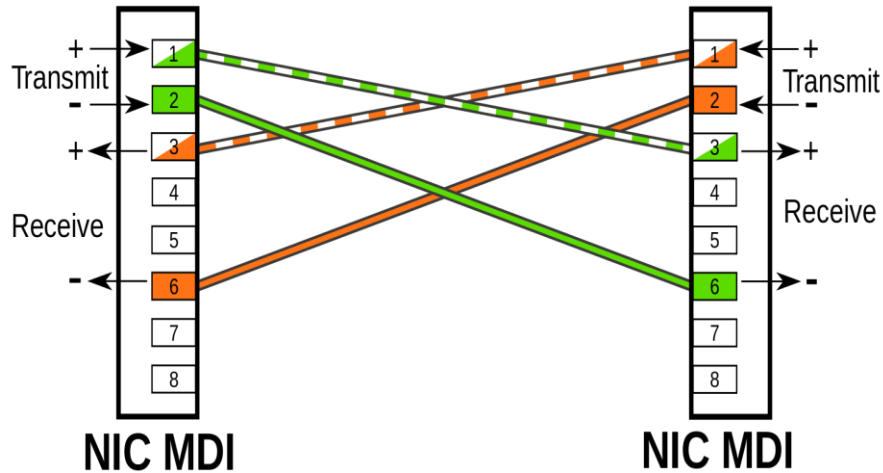
# MDI, MDI-X και Auto MDI-X



- Τα pins των βυσμάτων RJ-45 εφάπτονται σε αντίστοιχα pins που υπάρχουν στην υποδοχή ethernet μιας δικτυακής συσκευής
- Το pin 1 του βύσματος RJ-45 εφάπτεται στο pin 1 της υποδοχής ethernet της δικτυακής συσκευής, το pin 2 του βύσματος εφάπτεται στο pin 2 της υποδοχής κ.ο.κ.

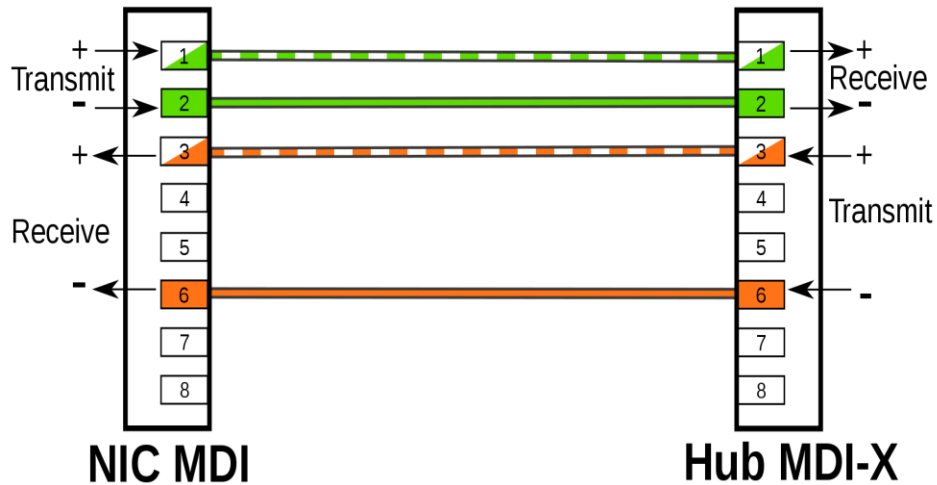
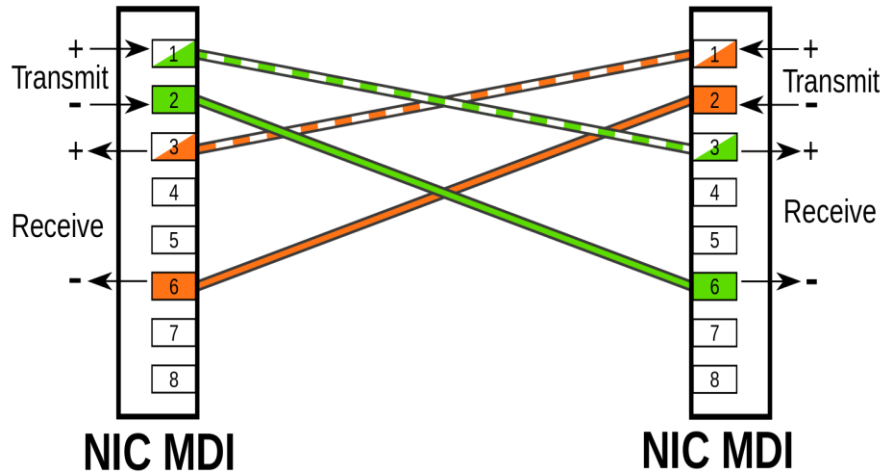


# MDI, MDI-X και Auto MDI-X



- Κάποια ζεύγη από pin μεταδίδουν δεδομένα και κάποια άλλα λαμβάνουν δεδομένα
- Ο ρόλος του κάθε pin στη διεπαφή καθορίζεται από το είδος της διεπαφής
- Οι **διεπαφές MDI** χρησιμοποιούνται από υπολογιστές και δρομολογητές, χρησιμοποιούν τα pin 1,2 για μετάδοση (Tx) και 3,6 για λήψη
- Οι **διεπαφές MDI-X** χρησιμοποιούνται από μεταγωγείς και hubs, αντιστρέφουν τους ρόλους των ζευγών, ώστε από τα pin 1,2 να γίνεται Rx και από τα pin 3,6 να γίνεται Tx

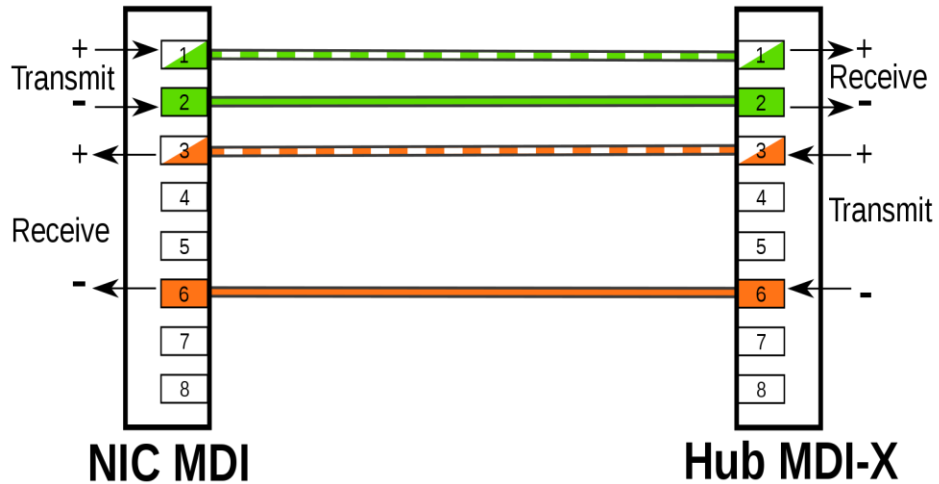
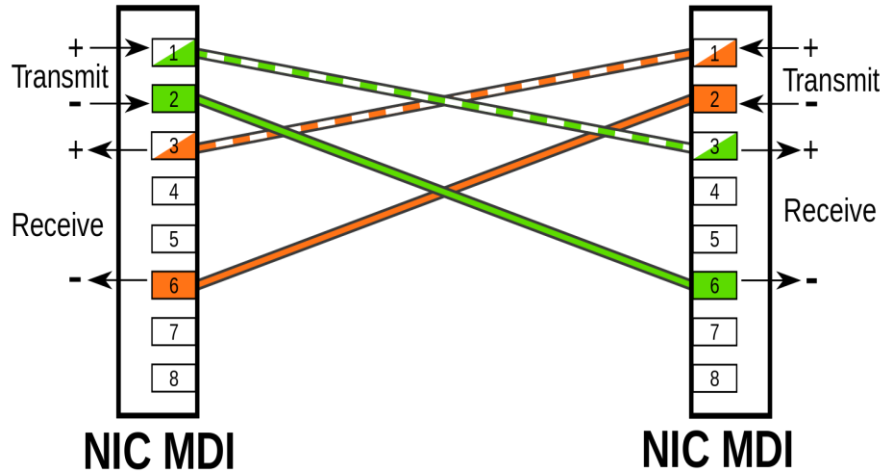
# MDI, MDI-X και Auto MDI-X



- Κάποια ζεύγη από pin μεταδίδουν δεδομένα και κάποια άλλα λαμβάνουν δεδομένα
- Ο ρόλος του κάθε pin στη διεπαφή καθορίζεται από το είδος της διεπαφής
- Οι **διεπαφές MDI** χρησιμοποιούνται από υπολογιστές και δρομολογητές, χρησιμοποιούν τα pin 1,2 για μετάδοση (Tx) και 3,6 για λήψη
- Οι **διεπαφές MDI-X** χρησιμοποιούνται από μεταγωγείς και hubs, αντιστρέφουν τους ρόλους των ζευγών, ώστε από τα pin 1,2 να γίνεται Rx και από τα pin 3,6 να γίνεται Tx

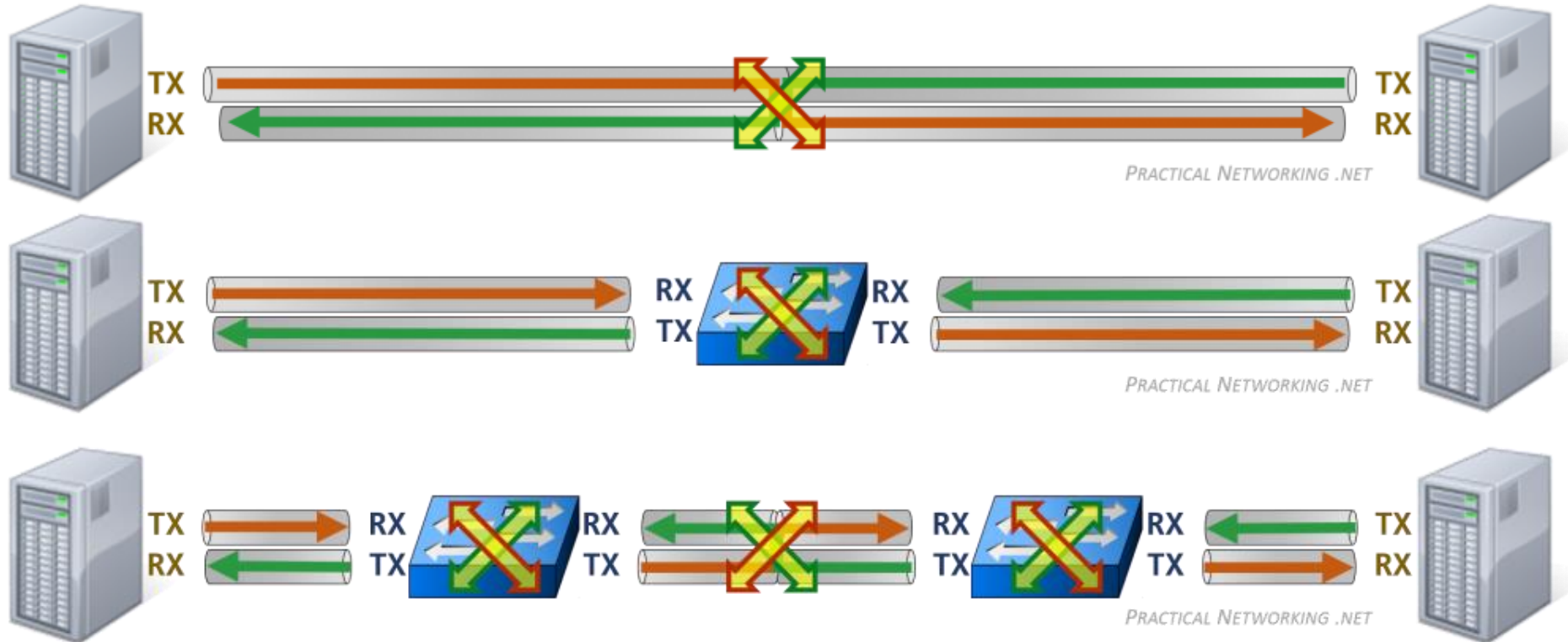
# MDI, MDI-X και Auto MDI-X

Μέχρι 100BASE-TX χρησιμοποιούνται **μόνο** τα pins 1,2,3,6 για δεδομένα! Τα υπόλοιπα είναι ανενεργά



- Με καλώδιο straight through μπορούμε εύκολα να συνδέσουμε μια διεπαφή MDI με μια MDI-X, διότι οι ρόλοι των pin 1,2 αντιστρέφονται στην απέναντι συσκευή, άρα έχουμε Tx → Rx
- Αν θέλουμε να συνδέσουμε δυο διεπαφές MDI ή MDI-X μεταξύ τους, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε καλώδιο crossover, ώστε το ίδιο καλώδιο που εφάπτεται στα pins 1,2 να καταλήγει στα 3,6 στην άλλη πλευρά
- Η λειτουργία Auto-MDIX επιτρέπει στη διεπαφή να «καταλάβει» αν έχει απέναντί της MDI ή MDIX και αν χρειάζεται να αλλάξει τον ρόλο των pin 1,2 και 3,6 από Tx σε Rx και αντίστροφα

# Σύγκριση των MDI και MDI-X (τα χρώματα είναι αδιάφορα)



# Αυτόματη διαπραγμάτευση - Autonegotiation

- Πριν δυο διεπαφές ανταλλάξουν δεδομένα, πρέπει πρώτα να συμφωνήσουν σε κάποια χαρακτηριστικά επικοινωνίας
- Η διαδικασία επικοινωνίας αποκαλείται Autonegotiation και περιλαμβάνει συμφωνία στα εξής
  - Duplexity – Αμφιδρομικότητα (full-duplex ή half-duplex)
  - MDI ή MDIX
  - Ταχύτητα μετάδοσης (10/100/1000 κλπ)

# Αμφιδρομικότητα και αυτόματη διαπραγμάτευση

- Δυο διεπαφές πρέπει να συμφωνήσουν στην αμφιδρομικότητα της επικοινωνίας
  - **Full-duplex:** Οι δυο διεπαφές μπορούν ταυτόχρονα, να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα, χρησιμοποιώντας ξεχωριστά κυκλώματα στο καλώδιο.
  - **Half-duplex:** Οι διεπαφές θεωρούν πως απέναντί τους έχουν ένα hub, άρα δεν επιτρέπουν την ταυτόχρονη χρήση των κυκλωμάτων Rx και Tx, διότι θα συμβεί σύγκρουση
- Στην περίπτωση που δυο συσκευές δεν βρίσκονται στην ίδια κατάσταση, τότε έχουμε duplex-mismatch και παρατηρούνται συγκρούσεις πλαισίων
- Για να δουλέψει το Auto-MDIX, πρέπει η αμφιδρομικότητα επίσης να είναι στο αυτόματο.

# Ταχύτητες και αυτόματη διαπραγμάτευση

- Για να επικοινωνήσουν δυο συσκευές ethernet στο φυσικό στρώμα, θα πρέπει να «συντονίζονται» στην ίδια ονομαστική ταχύτητα (10, 100, 1000, 10G κλπ)
- Μια διεπαφή μπορεί να υποστηρίζει πολλές ταχύτητες, ωστόσο η υψηλότερη δυνατή πρέπει να συμφωνηθεί μεταξύ δυο διεπαφών
- Η λειτουργία Autonegotiation υλοποιεί την αυτόματη διαπραγμάτευση για συμφωνία στη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα
- Η συμφωνία για την ταχύτητα γίνεται μαζί με το Auto-MDIX και τη ρύθμιση αμφιδρομικότητας

# Σύνοψη των παραλλαγών 802.3

	10BASE5	10BASE-T	100BASE-TX	1000BASE-T
Μέσο μετάδοσης	Ομοαξονικό καλώδιο	Συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων	Συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων	Συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων
Τοπολογία	Αρτηρία	Αρτηρία, Αστέρα	Αστέρα	Αστέρα
Κωδικοποίηση	Manchester	Manchester	4B5B MLT-3	PAM-5
Απαιτούμενο είδος καλωδίου	RG-8X	Cat-3	Cat-5	Cat-5e
Μέγιστο μήκος καλωδίου	500m	100 m	100m	100m



# Power Over Ethernet – PoE

- Τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του καλωδίου UTP
- Μπορεί να τροφοδοτήσει κάμερες, τηλέφωνα IP, POS, γενικά συσκευές με Ethernet και χαμηλή κατανάλωση ισχύος
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει τα ήδη υπάρχοντα κυκλώματα του καλωδίου που μεταδίδουν δεδομένα (Alternative A) ή τα κυκλώματα που δεν χρησιμοποιούνται μέχρι το 100BASE-TX (Alternative B) ή όλα τα κυκλώματα (4PPoE)
- Προτείνεται Cat-5e ή ανώτερο
- Το IEEE 802.3af-2003 παρέχει 12.95 - 15.4 W προς κάθε συσκευή
- Το νεότερο IEEE 802.3at-2009 (PoE+) παρέχει 25.5 - 30 W προς κάθε συσκευή



# Power-line communication (PLC)

- Εναλλακτικός τρόπος για να μεταφέρουμε σήμα Ethernet μέσω συμβατών αγωγών ηλεκτρικής ενέργειας που μεταφέρουν ρεύμα AC
- Χρησιμοποιείται διαφορετικό εύρος ζώνης για τα data
- Ορίζονται από τα πρότυπα HomePlug και IEEE 1901 (2010)
- Οι διεπαφές Ethernet των PLC μπορεί να είναι full-duplex ωστόσο η επικοινωνία μέσα στο ηλεκτρικό καλώδιο γίνεται σε half-duplex
- Τα PLC μπορούν να συνδεθούν και ασύρματα μέσω WiFi



# Συσκευές στο φυσικό μέσο και ορολογία

---

# Επαναλήπτης (Repeater)

- Λειτουργεί στο φυσικό επίπεδο
- Αναπλάθει το σήμα που λαμβάνει από μια έξοδο και το αναμεταδίδει στη δεύτερη έξοδο
- Συνδέει 2 τμήματα καλωδίου του ίδιου τύπου δικτύου
- Μεταδίδει και προς τις 2 κατευθύνσεις
- Δεν αποθηκεύει δεδομένα, δεν διαχωρίζει λογικά τα τμήματα που συνδέει, απλώς επαναλαμβάνει το σήμα που λαμβάνει
- Αν δυο σταθμοί στα δυο διαφορετικά τμήματα καλωδίου μεταδώσουν ταυτόχρονα, τότε υπάρχει σύγκρουση

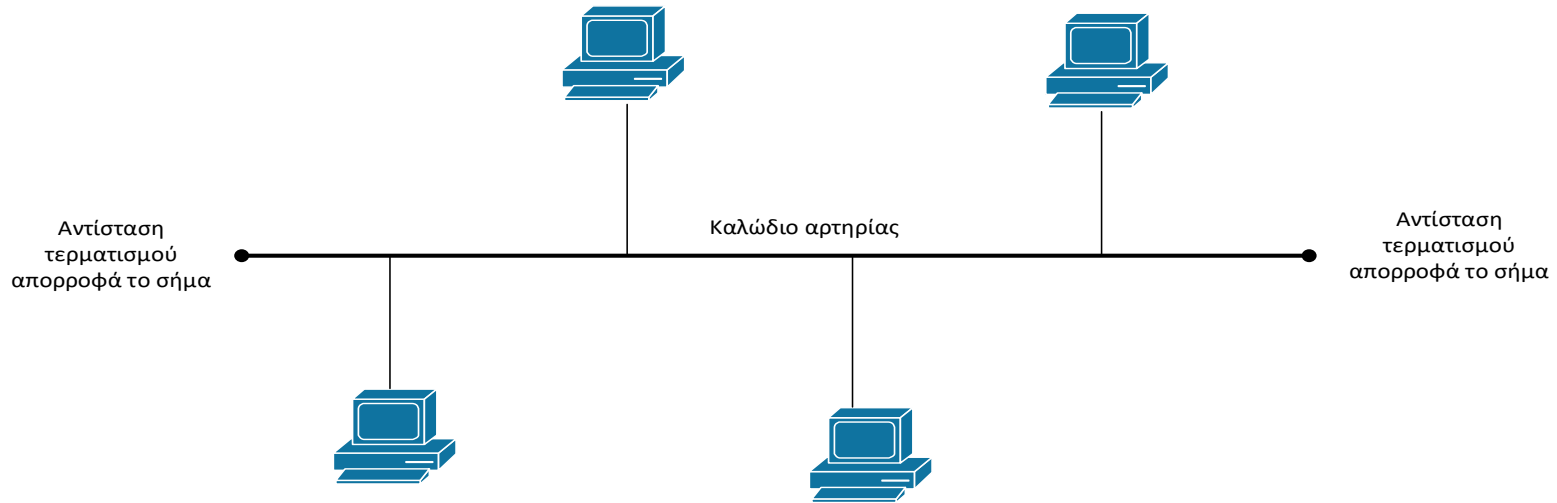


# Επαναλήπτης πολλών θυρών ή συγκεντρωτής (Hub)

- Λειτουργεί στο φυσικό επίπεδο
- Διασυνδέει πολλές συσκευές στο ίδιο καλώδιο UTP  
Φανταστείτε τη λειτουργία του σαν αυτή ενός πολύμπριζου
- Επεκτείνει το μέγεθος ενός τμήματος δικτύου (network segment) αλλά και του τομέα συγκρούσεων (collision domain)
- Μεταδίδουν τα εισερχόμενα σήματα σε όλες τις εξόδους
- Μόνο ένας σταθμός μπορεί να εκπέμψει κάθε φορά



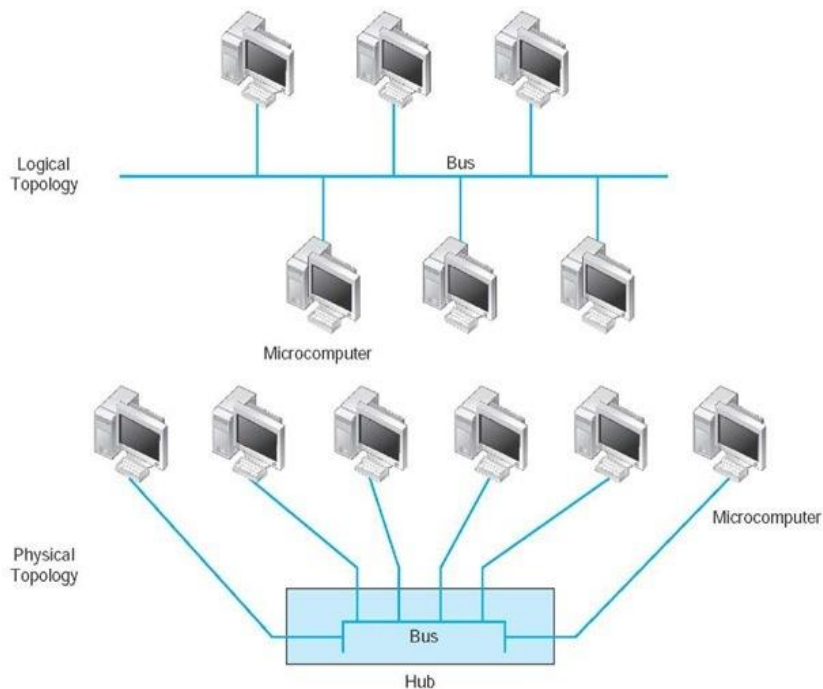
# Τοπολογία αρτηρίας



- Στο παραδοσιακό Ethernet (10BASE5 και 10BASE-T) οι υπολογιστές συνδέονταν και μοιράζονταν το ίδιο φυσικό καλώδιο
- Όταν κάποιος στέλνει ένα σήμα, τότε αυτό το λαμβάνουν και οι υπόλοιποι
- Οι συγκρούσεις πλαισίων ήταν συχνές και αναπόφευκτες

# Τοπολογία αστέρα με hub

- Για τα 10BASE-T, αλλά και νεότερα πρότυπα, είχαμε τοπολογίες αστέρα με κάποιες κεντρικές συσκευές (hub)
- Τα hub ουσιαστικά υλοποιούσαν μια συνδεσμολογία αρτηρίας μέσα τους ανάμεσα σε όλες τις διεπαφές
- Εξωτερικά μοιάζουν με switch αλλά οι λειτουργίες τους περιορίζονται στη διασύνδεση σε φυσικό επίπεδο και την αναπαραγωγή του σήματος που λαμβάνουν



# Collision domain και network segment

- **Network segment:** «Μια ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ δικτυακών συσκευών που χρησιμοποιεί κοινό μέσο μετάδοσης (shared medium)».
  - Η απευθείας σύνδεση μεταξύ δυο συσκευών είναι ένα network segment
  - Η σύνδεση πολλών συσκευών μέσω ενός hub είναι ένα network segment
  - Ο ορισμός του network segment είναι ανεξάρτητος από το collision domain
- **Collision domain:** «Ένα network segment διασυνδεδεμένο μέσω ενός κοινού μέσου μετάδοσης ή μέσω επαναληπτών ή hub, όπου ταυτόχρονες μεταδόσεις συγκρούονται μεταξύ τους»
  - Σε επικοινωνίες half-duplex, το collision domain ταυτίζεται με το network segment
  - Σε επικοινωνίες full-duplex δεν υπάρχουν collision domain, δε σημαίνει αυτό δε πως δεν υπάρχουν network segment



# Μέθοδοι τυχαίας προσπέλασης στο μέσο

---

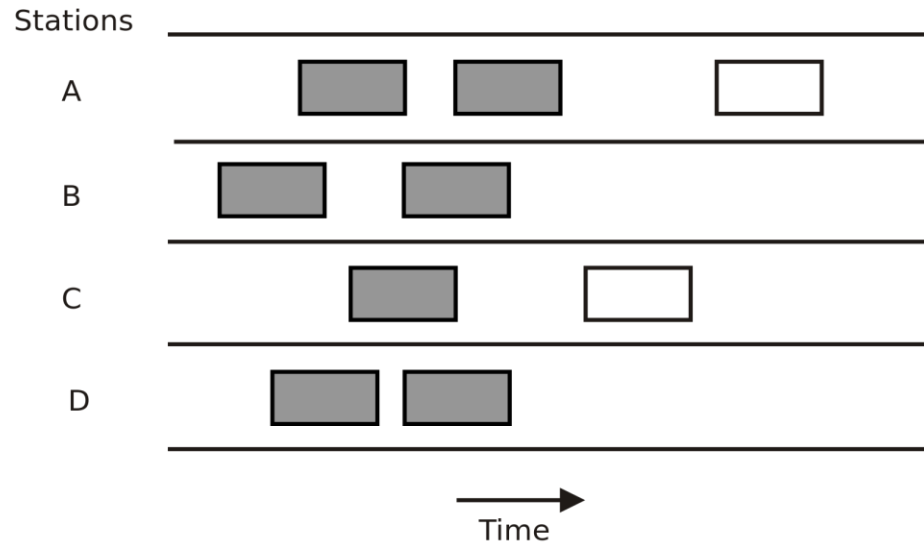
# Πολλαπλή πρόσβαση στο μέσο

- Η φύση μερικών δικτύων αναγκάζει τους κόμβους να χρησιμοποιούν το ίδιο μέσο και να ανταγωνίζονται για την πρόσβαση σε αυτό
- Σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, μια κεντρική οντότητα (πχ ο ISP ή ο σταθμός βάσης GSM) ρυθμίζει το πότε θα έχει κάποιος πρόσβαση στο δίκτυο
- Μια πιο «άναρχη» προσέγγιση είναι η τυχαία πρόσβαση στο μέσο
- Στην τυχαία πρόσβαση στο μέσο, δεν υπάρχει κεντρική οντότητα που καθορίζει το πότε θα στείλει κάποιος δεδομένα
- Στην τυχαία πρόσβαση στο μέσο, ο κάθε κόμβος στέλνει δεδομένα στο κανάλι, προαιρετικά θα μπορούσε πριν να ακούσει το κανάλι για τυχόν μεταδόσεις σε εξέλιξη

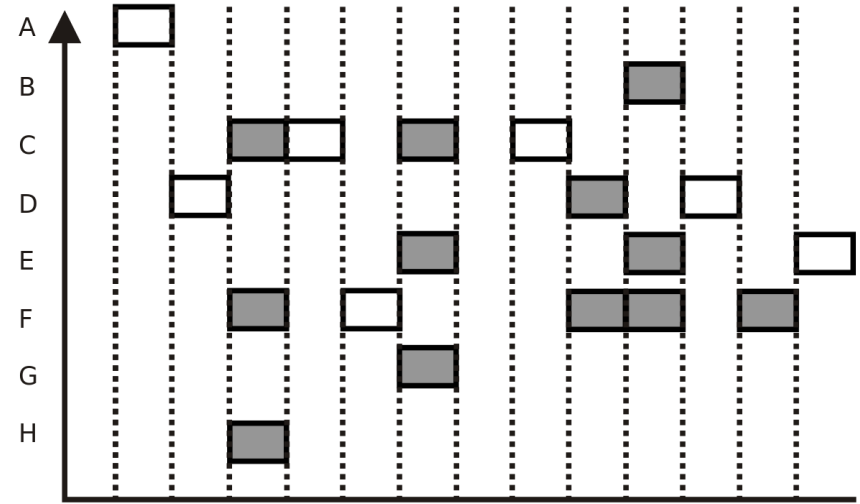
# Μέθοδοι τυχαίας πρόσβασης στο μέσο

- *Aloha*: Ο κάθε κόμβος απλώς μεταδίδει όταν έχει διαθέσιμα δεδομένα. Αν κατά τη μετάδοση ληφθούν δεδομένα, σημαίνει πως συνέβη σύγκρουση και η μετάδοση αναβάλλεται για αργότερα
- *Slotted Aloha*: Οι μεταδόσεις δε γίνονται τυχαία, αλλά στην αρχή προκαθορισμένων χρονοθυρίδων (πχ κάθε 5 ms)
- **CSMA**
  - CSMA/CD: Εντοπισμός συγκρούσεων
  - CSMA/CA: Αποφυγή συγκρούσεων με κατάλληλο συντονισμό
- Πρόσβαση με «εισιτήρια» (token): Σε ένα κοινόχρηστο μέσο, πχ δακτύλιος, οι κόμβοι μιλούν σε γύρους, εκ περιτροπής, με κάποια tokens

# Σύγκριση Aloha και Slotted Aloha



Καθαρό Aloha: Τα γκρι δείχνουν συγκρούσεις



Θυρίδωτό Aloha: Τα γκρι δείχνουν συγκρούσεις.  
Οι μεταδόσεις δε γίνονται σε τυχαίες στιγμές, αλλά  
σε προκαθορισμένες χρονοθυρίδες

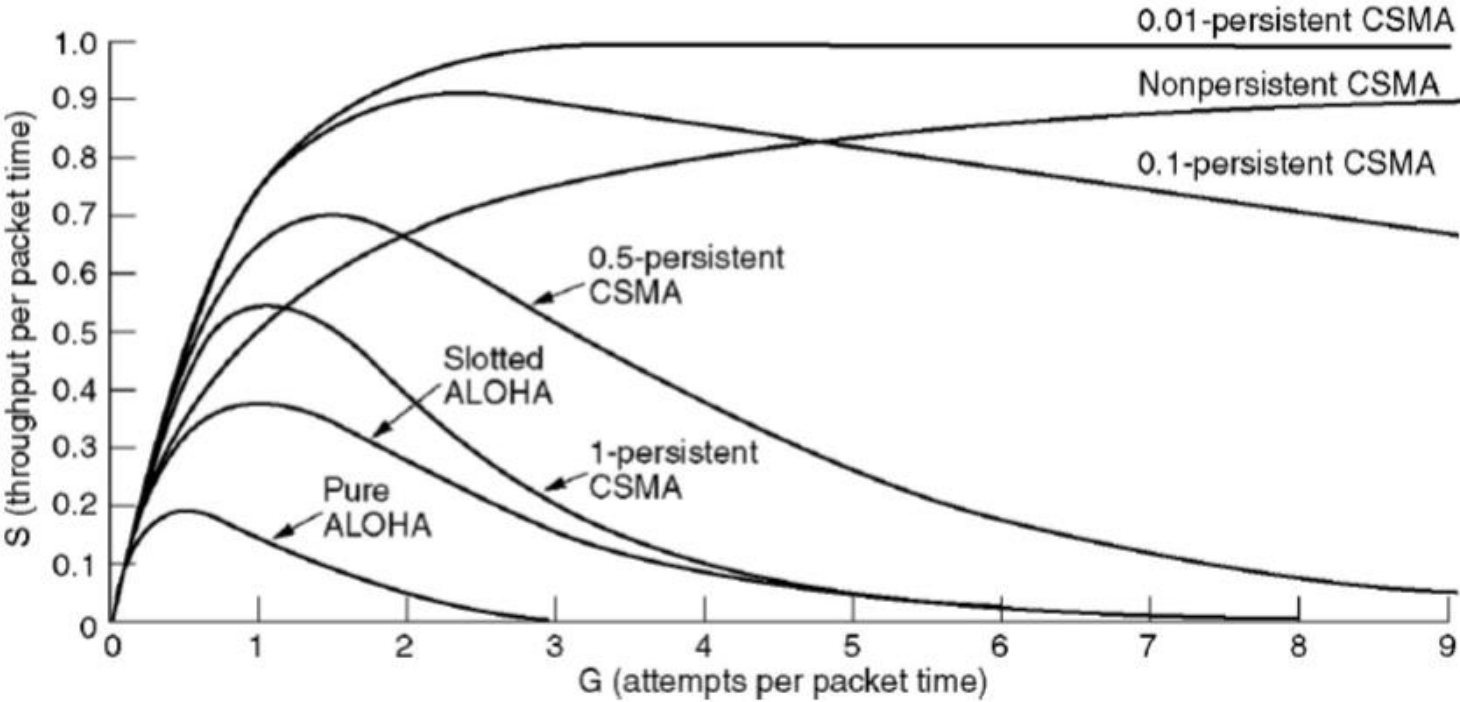
# Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

- Στα παλιά δίκτυα Ethernet, όταν οι υπολογιστές είχαν πρόσβαση στο ίδιο καλώδιο, οι συγκρούσεις ήταν συχνό φαινόμενο
- Συσκευές, όπως οι επαναλήπτες και τα hub, δέχονταν το σήμα από μια είσοδο και το αναπαρήγαγαν προς όλες τις άλλες εξόδους
- Συγκρούσεις συνέβαιναν όταν δυο ή περισσότεροι κόμβοι έκαναν ταυτόχρονα μια μετάδοση προς ένα hub ή ένα ομοαξονικό καλώδιο
- Τα σήματα αθροίζονταν μεταξύ τους ή συγκρούονταν με αποτέλεσμα την αποτυχία μιας μετάδοσης

# Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

- Το CSMA/CD ήταν μια μέθοδος ώστε να εντοπίζονται συμβάντα συγκρούσεων και να γίνεται διαχείρισή τους σε κόμβους half-duplex.
- Πριν μεταδώσει ένας σταθμός, ακροάζεται το κανάλι για να διαπιστώσει αν βρίσκονται άλλες μεταδόσεις σε εξέλιξη.
  - A. Περίπτωση A: Αν το κανάλι είναι ελεύθερο, τότε κατευθείαν θα γίνει μετάδοση. Αν το κανάλι είναι κατειλημμένο, τότε ο κόμβος μπορεί να κάνει ένα από τα εξής:
    1. Θα συνεχίσει να ακούει επίμονα το κανάλι μέχρι αυτό να απελευθερωθεί (**1 persistent CSMA**)
    2. Θα περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα (back-off time) για να το ανιχνεύσει ξανά (**non-persistent CSMA**)
  - B. Περίπτωση B: Εναλλακτικά, το κανάλι χωρίζεται σε χρονοθυρίδες και ο σταθμός μεταδίδει με πιθανότητα  $p$  όταν βρεί το κανάλι αδρανές και με πιθανότητα  $1-p$  στην επόμενη υποδοχή (**p-persistent CSMA**)
    - Αν με πιθανότητα  $p$  πάει να μεταδώσει ο σταθμός και ανιχνεύσει άλλη μετάδοση, τότε εφαρμόζει τη μέθοδο non-persistent CSMA.
- Όσο βρίσκεται η μετάδοση σε εκτέλεση, ο κόμβος ακροάζεται το κανάλι λήψης για ενδεχόμενη μετάδοση σε εξέλιξη. Αν εντοπιστεί σήμα στο Rx, τότε ακυρώνεται κατευθείαν η μετάδοση και ο κόμβος στέλνει κατευθείαν ένα σήμα JAM που ειδοποιεί για τη σύγκρουση.

# Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

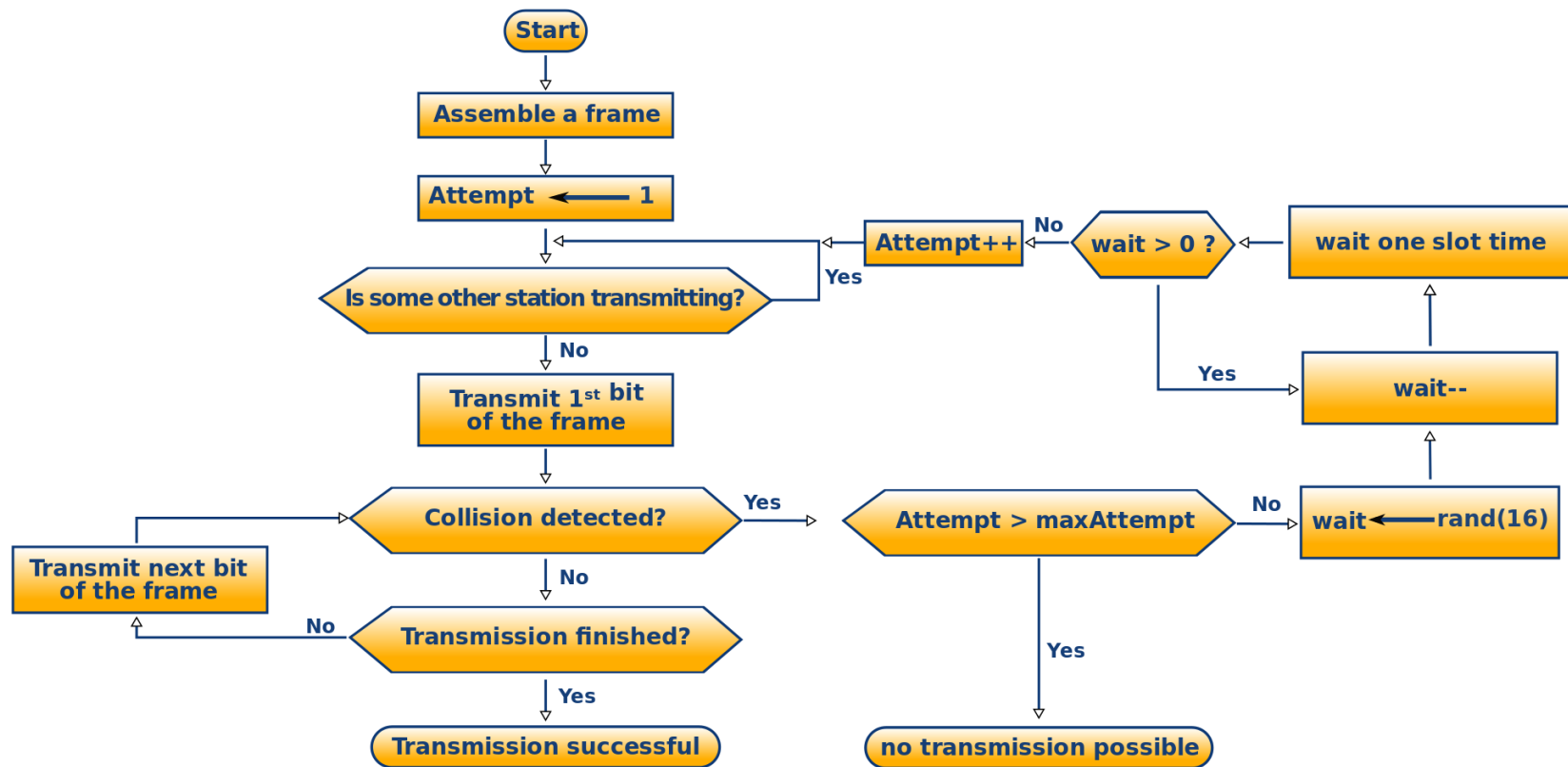


# Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

- Το CSMA/CD έχει εφαρμογή σε δίκτυα:
  - Αρτηρίας με ομοαξονικό καλώδιο ή δισύρματο χαλκό
  - Αστέρα με συσκευή hub ή επαναλήπτη
  - Αστέρα με μεταγωγέα, αν οι συσκευές είναι σε κατάσταση half-duplex
- Το CSMA/CD απενεργοποιείται και δεν έχει εφαρμογή σε επικοινωνίες full-duplex.
- Παρόλο που σε μια επικοινωνία μεταξύ μεταγωγέα και υπολογιστή χρησιμοποιείται ένα πλήρως αμφίδρομο μέσο (ξεχωριστά κυκλώματα για μετάδοση και λήψη) και ο μεταγωγέας, αν έχουμε ενεργοποιημένη τη λειτουργία half-duplex σε έναν κόμβο, τότε ο κόμβος θεωρεί πως αν λάβει από το Rx ενώ στέλνει από το Tx συμβαίνει σύγκρουση, παρόλο που στην πραγματικότητα μπορεί να μην υπάρχει τέτοιος κίνδυνος, αν έχουμε απέναντί μας ένα switch και όχι hub.



# Ο αλγόριθμος CSMA/CD



# Είδη συγκρούσεων

- **Late collision:** Είναι η σύγκρουση που παρατηρείται μετά το 512<sup>ο</sup> bit (64 byte). Αιτίες τέτοιων συγκρούσεων είναι duplex mismatch, μεγάλο μήκος καλωδίου, κακή ποιότητα καλωδίου, πολλά hub ή δυσλειτουργική διεπαφή.
- **Early collision:** Είναι η σύγκρουση που συμβαίνει πριν το 512<sup>ο</sup> bit. Είναι φυσιολογική μια τέτοια σύγκρουση σε ένα δίκτυο Ethernet με hub. Όταν συμβεί αυτή η σύγκρουση, τότε γίνεται ο,τι προβλέπεται από το CSMA/CD
  - Όταν ο κόμβος εντοπίσει μια τέτοια μετάδοση, σταματά κατευθείαν τη μετάδοση δεδομένων. Το πλαίσιο (μονάδα δεδομένων) που προκύπτει είναι μικρότερο των 64 byte και ονομάζεται **runt frame**