



# ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 5: Τεχνολογίες Ethernet

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο  
Πατρών

email: [bouras@cti.gr](mailto:bouras@cti.gr), site: <http://ru6.cti.gr/ru6/bouras>

# Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με τις τεχνολογίες Ethernet
- Κατανόηση των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας
- Επεξήγηση των σημαντικότερων πλεονεκτημάτων της
- Παρουσίαση εξελιγμένων προτύπων της τεχνολογίας



# Περιεχόμενα ενότητας

- Γενικά στοιχεία
- Ιστορική Αναδρομή
- Συστάσεις
- Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχιτεκτονική
- Πλεονεκτήματα
- Απόδοση
- 10-Gigabit Ethernet
- Metro Ethernet
- 40 και 100 Gigabit Ethernet



# Τεχνολογίες Ethernet

# Γενικά στοιχεία (1/2)

- Το Ethernet είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο ενσύρματης τοπικής δικτύωσης υπολογιστών
- Οι προδιαγραφές που ορίζει το Ethernet αφορούν το φυσικό επίπεδο και το υπεπίπεδο MAC του επιπέδου ζεύξης δεδομένων στο μοντέλο OSI, όπως καθορίζεται από το IEEE 802 standard



# Γενικά στοιχεία (2/2)

- Τα συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται στο Ethernet διαιρούν μια ροή δεδομένων σε μικρότερα κομμάτια που ονομάζονται πλαίσια (frames)
- Κάθε πλαίσιο περιέχει διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού και δεδομένα για τον έλεγχο σφαλμάτων, ώστε λάθος δεδομένα να ανιχνευτούν και να μεταδοθούν εκ νέου



# Ιστορική Αναδρομή (1/2)

- Ξεκίνησε στο Πανεπιστήμιο της Χαβάης στα τέλη της δεκαετίας του '60 με την ονομασία ALOHA
- Το 1972 το ALOHA αναβαθμίστηκε στο slotted ALOHA, μια αλλαγή που διπλασίαζε την αποδοτικότητα του
- Το Ethernet όπως το γνωρίζούμε σήμερα, ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1972 από τον Bob Metcalfe με την ονομασία ALTO ALOHA
- Το 1973 το όνομα του δικτύου άλλαξε και από ALTO ALOHA ονομάστηκε Ethernet
- Το 1977 εισήχθηκε στο Ethernet η τεχνολογία CSMA/CD



# Ιστορική Αναδρομή (2/2)

- Το 1984 το Ethernet υιοθετήθηκε ως επίσημο standard από την IEEE
- Το 1985 διαπιστώθηκε ότι το Ethernet μπορεί να τρέχει και πάνω από οπτική ίνα
- Το 1993 έφερε άλλη μια καινοτομία: full-duplex Ethernet
- Τον Μάιο του 1996, οι εταιρείες της Fast Ethernet Alliance μαζί με κάποιες νέες, οργάνωσαν την Gigabit Ethernet Alliance (GEA)
- Το 1997 η IEEE επικύρωσε το 802.3x full-duplex/flow-control standard



# Συστάσεις (1/2)

- Half-duplex και full-duplex λειτουργία σε ταχύτητες της τάξης των 1000Mbps
- Χρήση του ήδη υπάρχοντος 802.3 προτύπου για πλαίσια Ethernet
- Χρήση της μεθόδου CSMA/CD με υποστήριξη ενός repeater ανά πεδίο σύγκρουσης (collision domain)
- Προς τα πίσω συμβατότητα με τα πρότυπα 10BASE-T (Ethernet) και 100BASE-T (Fast Ethernet)



# Συστάσεις (2/2)

- Ως προς την τεχνολογία των συνδέσεων, τέθηκε ως στόχος η λειτουργία του προτύπου μεταξύ άλλων πάνω σε:
  - πολύτροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 550 μέτρων (1000BASE-SX), αν και στην πράξη μπορεί να υποστηρίξει μεγαλύτερες αποστάσεις
  - μονότροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 3 χιλιομέτρων που αργότερα επεκτάθηκε στα 5 (1000BASE-LX)
  - χάλκινο (short-haul copper) καλώδιο μέγιστου μήκους 25 μέτρων (1000BASE-CX)



# Αρχιτεκτονική

- Ακολουθεί τον συνδυασμό 2 τεχνολογιών:
  - IEEE 802.3 Ethernet
  - ANSI X3T11 FibreChannel
- Τα πλεονεκτήματα της επιλογής αυτής:
  - Το πρότυπο μπορεί να εκμεταλλευτεί την ήδη υπάρχουσα, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο φυσικό μέσο (τεχνολογία του FibreChannel)
  - Διατηρείται το πρότυπο πλαισίου του Ethernet και η προς τα πίσω συμβατότητα με την ήδη εγκατεστημένη βάση συστημάτων



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο

- Στο φυσικό επίπεδο υπάρχουν οι εξής διαχωρισμοί:
  - 802.3z: Gigabit Ethernet πάνω από οπτική ίνα
  - 802.3ab: Gigabit Ethernet πάνω από αθωράκιστο συνεστραμμένο ζεύγος (UTP)



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (1/3)

- Δύο laser πρότυπα υποστηρίζονται πάνω σε πολύτροπη οπτική ίνα: το 1000Base-SX (short-wave laser) και το 1000Base-LX (long-wave laser).
- Με μονότροπη οπτική ίνα χρησιμοποιείται long-wave laser
- Το υπεπίπεδο πρόσδεσης φυσικού μέσου (physical media attachment sublayer - PMA) στο Gigabit Ethernet είναι όμοιο με το PMA του FibreChannel



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (2/3)

- Η υποστήριξη πολλαπλών σχημάτων κωδικοποίησης και η παρουσίασή τους στα ανώτερα επίπεδα είναι ευθύνη του serializer/deserializer
- Χρήση κωδικοποίησης 8B/10B. Το υποεπίπεδο προσαρμογής (reconciliation sublayer) στέλνει δεδομένα σε ομάδες των 8 bits στο υποεπίπεδο PCS, το οποίο αναλαμβάνει την κωδικοποίηση τους σε ομάδες των 10 bits με πρόσθεση bits ελέγχου



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (3/3)

- Το GMII (Gigabit Media Independent Interface) είναι μια σειρά προδιαγραφών που καθορίζουν τη σύνδεση του MAC με το φυσικό επίπεδο
- Σκοπός των προδιαγραφών αυτών είναι η ανεξάρτητη, από το είδος του φυσικού μέσου, λειτουργία από το υπό επίπεδο MAC και πάνω



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (1/5)

- Η μετάδοση σε ρυθμούς 1000Mb/s πάνω στο UTP 5 παρουσιάζει τις εξής δυσκολίες:
  - ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
  - εξασθένηση του σήματος
  - απώλεια επιστροφής (return loss)
  - ηχώ (echo). Η ηχώ είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας σε full-duplex και παράγεται όταν το παραμένον σήμα μετάδοσης (residual transmit signal) και η απώλεια επιστροφής του καλωδίου συνδυάζονται



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (2/5)

- Το crosstalk είναι ανεπιθύμητα σήματα που παράγονται από την αλληλεπίδραση των σημάτων μεταξύ δύο ζευγών
- Εφόσον το 1000Base-T χρησιμοποιεί και τα 4 ζεύγη του UTP 5, κάθε ζεύγος μπορεί να επηρεαστεί από καθένα από τα αλλά 3 ζεύγη



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (3/5)

- Το crosstalk σε σχέση με τον πομπό χαρακτηρίζεται ως:
  - Near-end crosstalk (NEXT): δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απόληξη του πομπού
  - Far-end crosstalk (FEXT): δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απομακρυσμένη απόληξη του καλωδίου που ξεκινά από τον πομπό
  - Equal level far-end crosstalk (ELFEXT), όμοια με το FEXT από το οποίο όμως αφαιρείται το μέγεθος της εξασθένησης του σήματος (attenuation)



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (4/5)

- Για τη λειτουργία του 1000Base-T:
  - Χρησιμοποιείται καλωδίωση που συμβαδίζει με το πρότυπο ANSI/TIA/EIA-568-A (1995) για Category 5 UTP
  - Γίνεται dual duplex χρήση και των 4 ζευγαριών καλωδίων για να επιτυγχάνεται ρυθμός συμβόλων 125Mbaud
  - Γίνεται χρήση της κωδικοποίησης PAM-5 που επιτρέπει την αποστολή περισσότερης πληροφορίας με κάθε σύμβολο
  - Γίνεται χρήση της 4D 8-state Trellis Forward Error Correction κωδικοποίησης για να αντισταθμιστεί η επίδραση του θορύβου και του crosstalk



# Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (5/5)

- Χρησιμοποιούνται τεχνικές διαμόρφωσης παλμού που προετοιμάζουν το προς μετάδοση σήμα
- Χρησιμοποιούνται υψηλής τεχνολογίας DSP τεχνικές εξισορρόπησης (equalize) του σήματος για την αντιμετώπιση του θορύβου, της ηχούς και του crosstalk καθώς και για την επίτευξη bit error rate 10-10
- Χρησιμοποιείται scrambling



# Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων

- Το υποεπίδεδο MAC του Gigabit Ethernet είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το αντίστοιχο MAC των Ethernet και Fast Ethernet
- Χρησιμοποιεί τη μορφή πλαισίων που ορίζει το πρότυπο 802.3
- Έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει είτε σε half-duplex (με τη χρήση της μεθόδου CSMA/CD) είτε σε full-duplex



# Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Carrier Extension

- Το Carrier Extension χρησιμοποιείται ώστε να μειωθεί η απόσταση μεταξύ σταθμών από τα 2 χιλιόμετρα του Ethernet στα 200 μέτρα του Gigabit
- Όταν ένα πλαίσιο είναι μικρότερο των 512bytes τότε το MAC στέλνει ένα ειδικό σήμα που διαρκεί τόσο ώστε το πλαίσιο να φαίνεται στους άλλους σταθμούς ως πλαίσιο των 512bytes, οπότε παρέχεται ο απαιτούμενος χρόνος για να ανιχνευθεί τυχόν σύγκρουση



# Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Frame bursting

- Μειονέκτημα carrier extension: η προέκταση δεν χρησιμοποιείται για δεδομένα ενώ καταναλώνει bandwidth
- Στην περίπτωση που η κυκλοφορία αποτελείται αποκλειστικά από πλαίσια των 64bytes τότε ο ρυθμός μετάδοσης πέφτει έως και 90%
- Δεδομένου πως στα περισσότερα δίκτυα Ethernet τα πλαίσια έχουν μέγεθος 200-500 bytes, η απόδοση κινείται αρκετά χαμηλότερα από το 1Gbps
- Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έγινε μια ακόμα αλλαγή στο MAC που ονομάστηκε frame bursting. Το frame bursting είναι η μετάδοση πολλών μικρών (<512bytes) πλαισίων μαζί, συνολικού μεγέθους το πολύ 8192bytes



# Τεχνολογία στο επ. ζεύξης δεδομένων

## - 802.3x full-duplex/flow control

- Ο έλεγχος ροής (flow control) είναι απαραίτητος σε ένα δίκτυο, ειδικά όταν αναμιγνύονται τεχνολογίες που λειτουργούν σε διαφορετικές ταχύτητες
- Η μέθοδος CSMA/CD προσφέρει έναν εγγενή τρόπο αντιμετώπισης παρόμοιων καταστάσεων αφού οι συγκρούσεις που δημιουργούνται εμποδίζουν την υπερφόρτωση
- Σε full-duplex η CSMA/CD απενεργοποιείται οπότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη μέθοδος ελέγχου ροής



# Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - 802.1p, 802.1Q, 802.3ad

- 802.1p - ορίζει μια μέθοδο που επιτρέπει στους σταθμούς να ζητούν προτεραιότητα και επιτρέπει στα switches να μεταφέρουν τις αιτήσεις αυτές στον προορισμό τους
- 802.1Q - ορίζει μια τυποποίηση για εικονικά δίκτυα (Virtual LANs – VLANs)
- 802.3ad - ορίζει μια τυποποίηση για link aggregation (η δυνατότητα ύπαρξης πολλαπλών παράλληλων point-to-point, switch/switch ή switch/server συνδέσεων)



# Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Full-Duplex repeater

- Εκτελεί τις λειτουργίες ενός repeater, προσφέρει όμως ταυτόχρονα και μερικά από τα πλεονεκτήματα των switches
- Το μεγάλο πλεονέκτημα των full-duplex repeaters είναι ότι προσφέρουν απόδοση και λειτουργικότητα που πλησιάζει τα switches, ενώ το κόστος τους κυμαίνεται στα επίπεδα των απλών repeaters



# Τεχνολογία στο επίπεδο δικτύου

- Το Gigabit Ethernet δεν παρέχει μηχανισμούς Quality of Service (QoS), μπορεί όμως να παράσχει Class of Service (CoS - ή αλλιώς best-effort QoS)
- Δέχεται αιτήσεις QoS χωρίς όμως να εγγυάται 100% την ικανοποίηση τους
- Η υποστήριξη CoS παρέχεται στο Gigabit Ethernet μέσω προτύπων όπως τα 802.1p, 802.1Q και κυρίως μέσω του Resource reSerVation Protocol (RSVP)



# Πλεονεκτήματα (1/3)

- Εύκολη και άμεση μετάβαση σε επίπεδα υψηλότερης απόδοσης χωρίς διάσπαση του δικτύου
  - Διατηρείται η μορφή πλαισίου 802.3
  - Full- και Half-Duplex λειτουργία
  - Παρέχει πρωτόκολλα διαχείρισης όπως το SNMP
- Χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας-  
συμπεριλαμβανομένου του κόστους αγοράς  
και υποστήριξης



# Πλεονεκτήματα (2/3)

- Ικανότητα υποστήριξης νέων εφαρμογών και τύπων δεδομένων χάρη στα παρακάτω:
  - Αυξημένο bandwidth που παρέχεται από Fast Ethernet και Gigabit Ethernet, βελτιωμένο από LAN switching
  - Την εμφάνιση νέων πρωτοκόλλων όπως το RSVP που παρέχουν εξασφάλιση bandwidth
  - Την εμφάνιση νέων standards όπως το 802.1Q και 802.1p που θα παρέχουν εικονικά LAN (VLAN) και πληροφορίες προτεραιότητας για τα πακέτα
  - Την ευρεία χρήση προχωρημένων τεχνικών συμπίεσης video



# Πλεονεκτήματα (3/3)

- Ευέλικτος σχεδιασμός δικτύου
  - Ευέλικτο Internetworking: Οι τρέχουσες τεχνολογίες internetworking, καθώς και τεχνολογίες όπως IP-specific switching και Layer 3 switching, είναι πλήρως συμβατά με το Gigabit Ethernet, όπως ακριβώς είναι με το Ethernet και το Fast Ethernet



# Απόδοση

- Πειράματα της AMD δείχνουν ότι σε μια τοπολογία half-duplex με συγκρούσεις, ένα δίκτυο Gigabit Ethernet πετυχαίνει ρυθμαπόδοση άνω των 720 Mbps σε συνθήκες προσφερόμενου φορτίου 100%
- Πειράματα για την απόδοση ενός port ενός Gigabit Ethernet multi-port switch, με διαφορετικά μεγέθη πακέτων: 64 bytes, 128 bytes, ..., 1518 bytes δείχνουν ότι η αποδοτικότητα φτάνει το 100%



# 10 Gigabit Ethernet

- Πρότυπο IEEE 802.3ae 2002
- Δουλεύει πάνω από οπτική ίνα και λειτουργεί μόνο με πλήρως αμφίδρομο τρόπο (full duplex)
- Κατά αυτό τον τρόπο τα πρωτόκολλα ανίχνευσης-συγκρούσεων δεν είναι απαραίτητα (CSMA/CD)
- Παρέχει μία σημαντική αύξηση του εύρους ζώνης ενώ παράλληλα διατηρεί μέγιστη συμβατότητα με τις ήδη εγκαταστημένες 802.3 διεπαφές



# Εφαρμογές του 10 Gigabit Ethernet

- Εφαρμογή σε LAN
- Εφαρμογή σε MAN
- Εφαρμογή σε WAN
- Το 10 GE επεκτείνει τη διασύνδεση και την απόσταση λειτουργίας στα 40km



# Εφαρμογή σε LAN (1/2)

- Κίνητρο για τη χρήση της τεχνολογίας 10 Gigabit Ethernet στα LAN:
  - η αυξανόμενη ανάγκη για περισσότερο bandwidth
  - το κόστος
- Στόχος: 10 Gigabit Ethernet συνδεσιμότητα με 3 ή 4 φορές το κόστος του Gigabit Ethernet



# Εφαρμογή σε LAN (2/2)

- Εφαρμογές:
  - ομαδοποίηση πολλαπλών Gigabit ροών, σε ένα μοναδικό 10 Gigabit Ethernet σύνδεσμο
  - LAN δίκτυο ραχοκοκαλιάς (Backbone), για τη σύνδεση πολλών περιοχών σε ένα κέντρο δεδομένων
  - η διασύνδεση εξυπηρετητών με την έννοια της συστάδας εξυπηρετητών



# Εφαρμογή σε MAN

- Η τεχνολογία 10 Gigabit Ethernet μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δικτυακή σύνδεση ανάμεσα σε απομακρυσμένες γεωγραφικά περιοχές
- Το SONET/SDH έχει επικρατήσει ως πρωτόκολλο μεταφοράς στο MAN backbone δίκτυο
- Κύρια προβλήματα:
  - Μεγάλος αριθμός στοιχείων του δικτύου
  - Μεγάλο και πολύπλοκο δίκτυο
  - Περισσότερα επίπεδα πρωτοκόλλου



# Εφαρμογή σε WAN

- Το SONET/SDH είναι το κυρίαρχο πρωτόκολλο μεταφοράς στα WAN δίκτυα ραχοκοκαλιάς (ταχύτητες των 9.58 Gbps)
- Το πρότυπο IEEE 802.3ae ορίζει δύο τύπους PHY. Αυτοί είναι το LAN και WAN PHY
- Το WAN φυσικό επίπεδο διαφέρει από αυτό του LAN
- Το WAN PHY είναι ένα PHY που κάνει SONET πλαισιοποίηση χρησιμοποιώντας SONET/SDH
- Δε χρειάζεται μετατροπή πρωτοκόλλου στο επίπεδο 3. Η μετατροπή και η ενθυλάκωση γίνονται στο PHY στο επίπεδο 1
- Λιγότερα στοιχεία στο δίκτυο → μείωση κόστους του δικτύου



# Metro Ethernet

- Εισάγει την χρήση Ethernet σε μητροπολιτικά δίκτυα πάνω από υποδομή οπτικών ινών
- Υλοποιούνται οπτικά δίκτυα σε μητροπολιτικές περιοχές και σε αυτά εισάγεται εξοπλισμός τεχνολογίας ethernet στο δίκτυο (από τον provider) και στους τελικούς χρήστες σαν τερματικός εξοπλισμός



# Τύποι υπηρεσιών Metro Ethernet

- E-Line γνωστό και ως Virtual Leased Line (VLL), Point-to-Point ή Ethernet Private Wire Service (EPWS)
- E-LAN γνωστό και ως Virtual Private LAN Services (VPLS), Transparent LAN Services και MultiPoint-to-MultiPoint
- E-TREE γνωστό και ως Point-to-MultiPoint



# Τεχνολογίες Metro Ethernet

- Ethernet over SONET/SDH
- Resilient Packet Ring
- Ethernet Transport
- Ethernet MANs βασισμένα σε MPLS



# 40 και 100 Gigabit Ethernet (1/2)

- IEEE 802.3ba
- Δημιουργήθηκε για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες
- Επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2010 και αξιοποιεί την υπάρχουσα τεχνολογία 10 Gb/s, και τη βελτιώνει
- Παρέχει ρυθμούς δεδομένων 40 και 100 Gbit/s



# 40 και 100 Gigabit Ethernet (2/2)

- Χρησιμοποιεί την τυποποίηση Ethernet για το στρώμα MAC και τη μορφή του πλαισίου
- Η κοινή αρχιτεκτονική για 40 Gb/s and 100 Gb/s Ethernet είναι ευέλικτη και μπορεί να κλιμακωθεί
- Παρέχει κατάλληλη υποστήριξη για Optical Transport Networks
- Παρέχει προδιαγραφές στο φυσικό επίπεδο για μετάδοση πάνω από μονοτροπική και πολυτροπική ίνα, καλώδια χαλκού και backplane



# Μελλοντική εξέλιξη

- Οι οργανισμοί προτυποίησης ήδη δουλεύουν πάνω σε νέα πρότυπα Ethernet, ικανά να παρέχουν ρυθμούς δεδομένων 400 Gbit/s and 1 Tbit/s
- Οι προβλέψεις τοποθετούν την ολοκλήρωση της διαδικασίας για το 400 Gigabit Ethernet στο 2018
- Προβλέψεις για ρυθμούς δεδομένων της τάξης του Terabit/s τοποθετούνται μετά το 2020



# To ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (1/3)

- Τελευταίο μίλι (Last Mile): το κομμάτι του τηλεπικοινωνιακού δικτύου που διασυνδέει τον τελευταίο κόμβο του παρόχου με τις εγκαταστάσεις του πελάτη
- Πρώτο μίλι (First Mile): ακριβώς το ίδιο πράγμα, από την οπτική γωνία όμως του πελάτη
- Το πρότυπο 802.3ah δεν αποτελεί βελτίωση ή αντικατάσταση του Ethernet, αλλά παρέχει επιπλέον προδιαγραφές για να καταστεί δυνατή η λειτουργία του Ethernet πάνω από μέσα που προηγουμένως δεν υποστηρίζονταν



# To Ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (2/3)

- Θέτει τις αρχές και τους κανόνες διαλειτουργικότητας για την ανάπτυξη της πρόσβασης Ethernet σε:
  - Συνδέσεις Point to Point (P2P) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων για συνδέσεις Fast και Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων
  - Συνδέσεις Point to Multipoint (P2MP) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων (PMD) για Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων αυτών



# To Ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (3/3)

- Παρέχει:
  - Επισήμανση σφάλματος σύνδεσης (Link fault detection)
  - Dying gasp: σηματοδοσία προς τον link partner για τοπική μη αναστρέψιμη βλάβη
  - Άλλα critical events
  - Δυνατότητα Link loopback



# Σύντομη ανασκόπηση

- Γενικά στοιχεία
- Ιστορική Αναδρομή
- Συστάσεις
- Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχιτεκτονική
- Πλεονεκτήματα
- Απόδοση
- 10-Gigabit Ethernet
- Metro Ethernet
- 40 και 100 Gigabit Ethernet



# Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 3)
- Βιβλία:
  - Data and Computer Communications, William Stallings
  - Gigabit Ethernet for Metro Area Networks, Bedell P.
  - Switched, Fast and Gigabit Ethernet, Robert Breyer, Sean Riley



# Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
  - <http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>  
(Δικτυακός τόπος μαθήματος)
  - <http://www.ieee802.org/3/> (IEEE 802.3 Ethernet Working Group)
  - <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>  
(IEEE Standard for Ethernet)
  - [http://www.comsocscv.org/docs/Workshop\\_101310\\_StdArch.pdf](http://www.comsocscv.org/docs/Workshop_101310_StdArch.pdf) (IEEE 802.3ba40 and 100 Gigabit Ethernet Architecture)



# Ερωτήσεις



# Τέλος Ενότητας



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην παιδεία της μέλους*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **2.0**.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Τεχνολογίες Ethernet». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.