



Μάθημα 12.4: Πρότυπο Gigabit Ethernet

12.4.1 Εισαγωγή

Μία πολλά υποσχόμενη λύση στον τομέα των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων είναι το πρότυπο **Gigabit Ethernet**. Το πρότυπο αυτό παρέχει εύρος ζώνης της τάξης του 1 Gbps και έχει πολύ χαμηλό κόστος σε σύγκριση με τεχνολογίες ανάλογου ρυθμού μετάδοσης. Παρέχει επίσης τη δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης των παραδοσιακών συστημάτων *Ethernet* χρησιμοποιώντας τους υπάρχοντες κόμβους και τα εργαλεία διαχείρισης.

Το *Gigabit Ethernet* βασίζεται στο πρωτόκολλο *Ethernet* και, όπως και οι «πρόγονοί» του, χρησιμοποιεί το ίδιο πρωτόκολλο πρόσβασης στο φυσικό μέσο (*CSMA/CD*), την ίδια τυποποίηση πλαισίου και το ίδιο μέγεθος πλαισίου. Αυτό για την πλειονότητα των επιχειρήσεων και των οργανισμών που έχουν επενδύσει σε δικτυακή υποδομή σημαίνει ότι μπορούν να αυξήσουν το ρυθμό μετάδοσης του δικτύου τους με ένα λογικό κόστος, χωρίς να χρειάζεται να επανεκπαιδεύσουν το τεχνικό προσωπικό τους ή τους χρήστες του δικτύου σε νέους χειρισμούς και χωρίς την ανάγκη να επενδύσουν σε επιπλέον λογισμικό.

12.4.2 Περιγραφή

Το *Gigabit Ethernet* βρίσκεται σε διαδικασία τυποποίησης εδώ και καιρό. Τον Ιούλιο του 1996 η επιτροπή 802.3 του *IEEE* δημιούργησε την ομάδα 802.3z *Gigabit Ethernet*. Κύριος στόχος αυτής της ομάδας είναι η ανάπτυξη ενός προτύπου για το *Gigabit Ethernet* το οποίο:

- ✓ Θα υποστηρίζει ημίπλευρη (*half duplex*) και αμφίπλευρη (*full duplex*) λειτουργία στα 1.000 Mbps.
- ✓ Θα χρησιμοποιεί την 802.3 τυποποίηση πλαισίου *Ethernet*.
- ✓ Θα χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο *CSMA/CD* για την πρόσβαση στο φυσικό μέσο, όπου θα υποστηρίζεται ένας επαναλήπτης για κάθε πεδίο σύγκρουσης.
- ✓ Θα είναι συμβατό προς τα προηγούμενα πρότυπα όσον αφορά τη διευθυνσιοδότηση των συστημάτων *10Base-T* και *100Base-T*.

Η ομάδα εργασίας καθόρισε τρεις συγκεκριμένους στόχους όσον αφορά τις αποστάσεις των καλωδίων: ένα καλώδιο πολύτροπης οπτικής ίνας με μέγιστο επιτρεπτό μήκος τα 550 m, ένα καλώδιο μονότροπης οπτικής ίνας με μέγιστο επιτρεπτό μήκος τα 3.000 m και ένα χάλκινο καλώδιο με μέγιστο επιτρεπτό μήκος τα 25 m. Η ομάδα



διερεύνησε επίσης τεχνικές που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν αποστάσεις μέχρι 100 m χρησιμοποιώντας καλώδιο *UTP* κατηγορίας 5. Για το σκοπό αυτό αποφάσισε να προδιαγράψει ένα προαιρετικό περιβάλλον *Gigabit* με **ανεξάρτητη από το φυσικό μέσο διεπαφή** (*MMI: Media Independent Interface*). Η προδιαγραφή αυτή έγινε αντικείμενο μελέτης μιας ξεχωριστής ομάδας του *IEEE*, η οποία ονομάστηκε 802.3ab και εξέδωσε το πρότυπο **IEEE 802.3ab**. Η πρώτη πρόχειρη περιγραφή του προτύπου 802.3ab εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 1997, ενώ το τελικό πρότυπο εγκρίθηκε τον Ιούνιο του 1998.

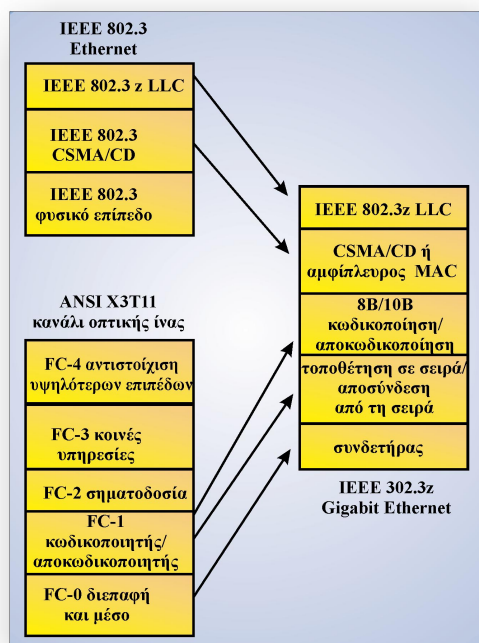
Το *Gigabit Ethernet* υποστηρίζει καινούριες καταστάσεις αμφίπλευρης λειτουργίας για συνδέσεις από μεταγωγό σε μεταγωγό και από μεταγωγό σε κόμβο, καθώς και καταστάσεις ημίπλευρης λειτουργίας για διαμοιρασμένες συνδέσεις χρησιμοποιώντας επαναλήπτες και *CSMA/CD* πρόσβαση στο φυσικό μέσο. Το *Gigabit Ethernet* χρησιμοποιεί επίσης καλώδια οπτικών ινών, αλλά υποστηρίζει και καλώδια *UTP* κατηγορίας 5.

12.4.3 Αρχιτεκτονική

Προκειμένου να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης του νέου προτύπου από τα 100 Mbps

στο 1 Gbps έγιναν αρκετές αλλαγές στο περιβάλλον διεπαφής με το φυσικό μέσο. Αποφασίστηκε επίσης ότι από το επίπεδο γραμμής δεδομένων και πάνω το *Gigabit Ethernet* θα είναι το ίδιο με το απλό *Ethernet*. Η αύξηση του ρυθμού μετάδοσης επιτεύχθηκε συνδυάζοντας δύο πρωτόκολλα, το *IEEE 802.3* και το *ANSI X3T11 Fibre Channel*. Το σχήμα 12.13 δείχνει τον τρόπο με τον οποίο θεμελιώδη στοιχεία κάθε πρωτοκόλλου συνδυάστηκαν, για να σχηματίσουν το *Gigabit Ethernet*.

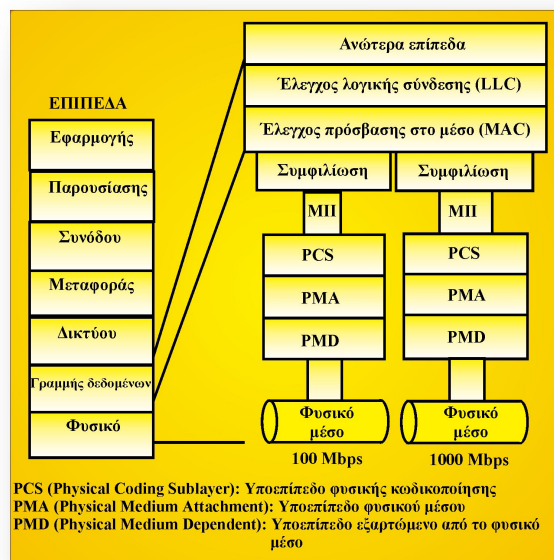
Ο συνδυασμός αυτών των δύο πρωτοκόλλων δίνει τη δυνατότητα στο πρότυπο του *Gigabit Ethernet* να αξιοποιήσει το υψηλού ρυθμού μετάδοσης περιβάλλον διεπαφής του *IEEE 802.3* και το φυσικό μέσο της τεχνολογίας *Fibre Channel* του *ANSI*. Παράλληλα το νέο πρότυπο διατηρεί τη συμβατότητά του με τα παλαιότερα πρό-



Σχήμα 12.13: Συνδυασμός των πρωτοκόλλων *IEEE 802.3* και οπτικό κανάλι του *ANSI* για τη δημιουργία του προτύπου *Gigabit Ethernet*



τυπα του *Ethernet*. Ένα μοντέλο του *Gigabit Ethernet* παρουσιάζεται στο σχήμα 12.14.



Σχήμα 12.14: Ένα μοντέλο του *Gigabit Ethernet*

12.4.3.1 Το φυσικό μέσο

Οι προδιαγραφές του *Gigabit Ethernet* ορίζουν τρεις μορφές φυσικού μέσου μετάδοσης:

- ✓ **1000Base-LX**: Ακτίνες λέιζερ των μακρών κυμάτων (*long wave*) μέσω μονότροπης και πολύτροπης οπτικής ίνας.
- ✓ **1000Base-SX**: Ακτίνες λέιζερ των βραχέων κυμάτων (*short wave*) μέσω πολύτροπης οπτικής ίνας.
- ✓ **1000Base-CX**: Μετάδοση μέσω «ισορροπημένου» θωρακισμένου καλωδίου χαλκού αντίστασης 150 Ohm.

Τέλος, η 802.3ab επιτροπή του *IEEE* εξετάζει το *1000Base-T* που χρησιμοποιεί *UTP* κατηγορίας 5.

Το υποεπίπεδο *PMA* (*Physical Media Attachment*) του *Gigabit Ethernet* είναι το ίδιο με το *PMA* του *Fibre Channel*. Υποστηρίζονται πολλά σχήματα κωδικοποίησης, αφού δεδομένα που εισέρχονται στο *PHY* πρέπει πρώτα να περάσουν από το *PMD* και να υποστηρίξουν τα κατάλληλα σχήματα κωδικοποίησης για το συγκεκριμένο φυσικό μέσο. Το σχήμα κωδικοποίησης για το *Fibre Channel* είναι το *8B/10B*, το οποίο έχει σχεδιαστεί ειδικά για μετάδοση με καλώδιο οπτικής ίνας. Το *Gigabit Ethernet* χρησιμοποιεί ένα παρόμοιο σχήμα κωδικοποίησης.



12.4.3.2 Κωδικοποίηση 8B/10B

Το επίπεδο *FC1* του *Fibre Channel* περιγράφει τη διαδικασία συγχρονισμού και το σχήμα κωδικοποίησης *8B/10B*. Το *FC1* ορίζει το πρωτόκολλο μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων της σειραϊκής κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης από και προς το φυσικό επίπεδο, των ειδικών χαρακτήρων και του ελέγχου λαθών. Το *Gigabit Ethernet* χρησιμοποιεί το ίδιο σχήμα κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης, δηλαδή το *8B/10B*, που είναι παρόμοιο με το *4B/5B* που χρησιμοποιείται στο *FDDI* (Μάθημα 12.1).

Η κωδικοποίηση των δεδομένων που μεταδίδονται με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης έχει ορισμένα πλεονεκτήματα, τα οποία είναι:

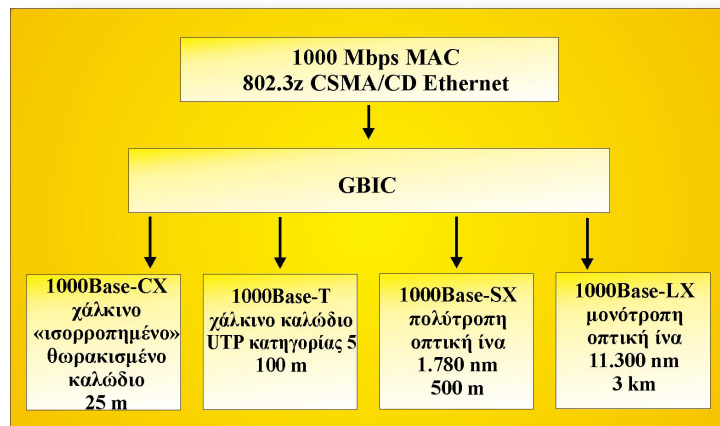
- ✓ Περιορίζει τους χαρακτήρες της μετάδοσης (για παράδειγμα, το πλήθος των 1 σε σχέση με το πλήθος των 0) που επηρεάζουν το ρυθμό σφαλμάτων.
- ✓ Βελτιώνει σημαντικά το συγχρονισμό του ρολογιού σε επίπεδο δυαδικού ψηφίου του παραλήπτη.
- ✓ Αυξάνει την πιθανότητα ο κόμβος - παραλήπτης να ανιχνεύσει και να διορθώσει λάθη στην εκπομπή ή στην παραλαβή των δεδομένων.
- ✓ Βοηθάει στο διαχωρισμό των δυαδικών ψηφίων ελέγχου από τα δυαδικά ψηφία των δεδομένων.

Στο *Gigabit Ethernet* το επίπεδο *FC1* παραλαμβάνει αποκωδικοποιημένα δεδομένα από το επίπεδο *FC2*, καθώς και 8 δυαδικά ψηφία κάθε φορά από το **υποεπίπεδο συμφιλίωσης** (*RS: Reconciliation Sublayer*), το οποίο γεφυρώνει το φυσικό περιβάλλον διεπαφής του *Fibre Channel* με τα παραπάνω επίπεδα του *IEEE 802.3*. Η κωδικοποίηση γίνεται με την αντιστοίχιση 8 δυαδικών ψηφίων σε χαρακτήρα μήκους 10 δυαδικών ψηφίων. Τα αποκωδικοποιημένα δεδομένα αποτελούνται από 8 δυαδικά ψηφία με μία μεταβλητή ελέγχου. Αυτή η πληροφορία κωδικοποιείται στη συνέχεια σε ένα χαρακτήρα των 10 δυαδικών ψηφίων.

Η κωδικοποίηση γίνεται αποδίδοντας σε κάθε χαρακτήρα μετάδοσης ένα σύμβολο που έχει τη μορφή **Zxx.y**. Το **Z** είναι η μεταβλητή ελέγχου η οποία μπορεί να πάρει δύο τιμές, **D** για δεδομένα και **K** για ειδικούς χαρακτήρες. Ο προσδιορισμός **xx** είναι η δεκαδική τιμή του δυαδικού αριθμού που συντίθεται από ένα υποσύνολο αποκωδικοποιημένων δεδομένων. Ο προσδιορισμός **y** είναι η δεκαδική τιμή του δυαδικού αριθμού των υπόλοιπων αποκωδικοποιημένων δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 256 πιθανές τιμές για δεδομένα (προσδιορισμός *D*) και 256 πιθανές τιμές για ειδικούς χαρακτήρες (προσδιορισμός *K*), από τις οποίες όμως χρησιμοποιούνται μόνο οι 12. Όταν παραληφθούν τα δεδομένα, ο χαρακτήρας μετάδοσης αποκωδικοποιείται σε έναν από τους 256*8 συνδυασμούς δυαδικών ψηφίων.

12.4.3.3 Το περιβάλλον διεπαφής

Το **περιβάλλον διεπαφής του Gigabit Ethernet** (*GBIC: GigaBit ethernet Interface Carrier*) επιτρέπει στους διαχειριστές του δικτύου να διαμορφώσουν κάθε *Gigabit* θύρα για εκπομπή λέιζερ μακρών και βραχέων κυμάτων, καθώς και για φυσικά περιβάλλοντα διεπαφής με χάλκινο καλώδιο. Αυτό το γεγονός δίνει τη δυνατότητα στις



Σχήμα 12.15: Η λειτουργία του GBIC

εταιρείες να κατασκευάσουν μεταγωγούς που είναι ανεξάρτητοι από την τοπολογία του καλωδίου οπτικής ίνας (σχήμα 12.15).

12.4.3.4 Το επίπεδο MAC

Το επίπεδο *MAC* του *Gigabit Ethernet* είναι παρόμοιο με αυτό των *Ethernet* και *100 Mbps Ethernet*. Το επίπεδο αυτό υποστηρίζει αμφίπλευρη και ημίπλευρη μετάδοση. Τα χαρακτηριστικά του *Ethernet*, όπως είναι η ανίχνευση των συγκρούσεων, το μέγιστο μήκος του δικτύου, οι κανόνες για τους επαναλήπτες, είναι τα ίδια και για το *Gigabit Ethernet*. Η υποστήριξη της ημίπλευρης μετάδοσης προσθέτει στο *Gigabit Ethernet* δύο λει-

τουργίες που δε συναντώνται στο αρχικό *Ethernet*, τον **καταιγισμό πλαισίων** (*frame bursting*) και την **επέκταση φέροντος σήματος** (*carrier extension*).

12.4.4 Ημίπλευρη μετάδοση

Στην ημίπλευρη μετάδοση χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο *CSMA/CD* προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνούν μέσω ενός καλωδίου και ότι, όταν συμβεί σύγκρουση, το δίκτυο θα ανακάμψει.

Η αναβάθμιση του *Ethernet* με ρυθμούς μετάδοσης της τάξης του *Gigabit* δημιούργησε ορισμένα προβλήματα στην υλοποίηση του *CSMA/CD*. Σε ρυθμούς μετάδοσης μεγαλύτερους των 100 Mbps τα μικρά πακέτα δεδομένων είναι μικρότερα από το μήκος των δυαδικών ψηφίων της χρονοθυρίδας (*slot-time*), με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος να μην ανιχνευτεί μια σύγκρουση σε τέτοια πακέτα. Υπενθυμίζουμε ότι χρονοθυρίδα είναι ο χρόνος που απαιτείται, ώστε το επίπεδο *MAC* του *Ethernet* να μπορεί να χειριστεί τις συγκρούσεις. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα, στις προδιαγραφές του *Ethernet* έγινε επέκταση του φέροντος σήματος που προσθέτει δυαδικά ψηφία στο πλαίσιο, μέχρι αυτό να φτάσει στον ελάχιστο αριθμό χρονοθυρίδων που απαιτούνται, ώστε να ανιχνεύονται όλες οι συγκρούσεις.

Μια ακόμη αλλαγή στις προδιαγραφές του *Ethernet* είναι η προσθήκη του καταιγισμού πλαισίων. Πρόκειται για ένα προαιρετικό χαρακτηριστικό, το οποίο δίνει τη δυνατότητα σε έναν κόμβο να μεταδώσει πολλά πλαίσια μαζί (καταιγισμός) χωρίς να παραδώσει τον έλεγχο του καναλιού. Οι υπόλοιποι κόμβοι που συνδέονται με το κανάλι δεν εκπέμπουν, μέχρι να διαπιστώσουν ότι δε μεταδίδεται τίποτα σ' αυτό. Ο σταθμός αποστολής του καταιγισμού πλαισίων γεμίζει το κενό διάστημα ανάμεσα στα πλαίσια με δυαδικά ψηφία επέκτασης, ώστε καθ' όλη τη διάρκεια του καταιγισμού οι υπόλοιποι κόμβοι να γνωρίζουν ότι το κανάλι χρησιμοποιείται.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Gigabit Ethernet, λέιζερ, πολύτροπη / μονότροπη οπτική ίνα, υποεπίπεδο συμφιλίωσης, περιβάλλον διεπαφής, καταιγισμός πλαισίων, επέκταση φέροντος σήματος.