

# Κεφάλαιο 12

## Πρότυπα

---

**Μάθημα 12.1:** Πρότυπα FDDI-I και FDDI-II

**Μάθημα 12.2:** Πρότυπο 100 Mbps Ethernet

**Μάθημα 12.3:** Πρότυπο 100Base-VGAnyLAN

**Μάθημα 12.4:** Πρότυπο Gigabit Ethernet

**Μάθημα 12.5:** Πρότυπο LATM

**Ανακεφαλαίωση**

**Ερωτήσεις**



## Κεφάλαιο 12: Πρότυπα

### Σκοπός

Σκοπός του Κεφαλαίου 12 είναι να γνωρίσει ο μαθητής τις πιο διαδεδομένες τυποποιήσεις (πρότυπα) που αφορούν τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να γνωρίζει τις ομοιότητες και τις διαφορές των προτύπων *FDDI-I* και *FDDI-II*.
- ✓ Να γνωρίζει τις ομοιότητες και τις διαφορές των προτύπων *100 Mbps Ethernet* και *Gigabit Ethernet*.
- ✓ Να αναγνωρίζει το πρότυπο που αφορά το τοπικό δίκτυο *ATM*.
- ✓ Να αναγνωρίζει τις διάφορες δικτυακές συσκευές και τις λειτουργίες τους.

### Προερωτήσεις

1. Τι γνωρίζεις για το *Ethernet*;
2. Έχεις ακούσει κάτι σχετικό για το *ATM*;
3. Ποια φυσικά μέσα χρησιμοποιούμε στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων;



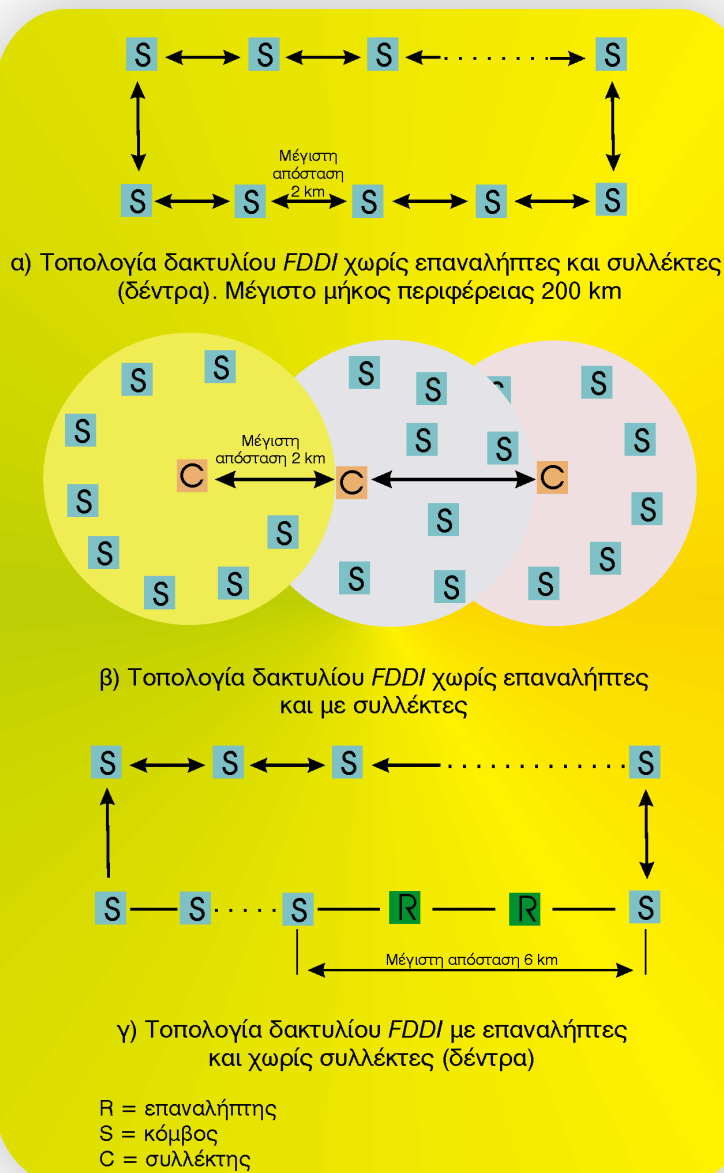
## Μάθημα 12.1: Πρότυπα FDDI-I και FDDI-II

### 12.1.1 Εισαγωγή

Το **δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων (FDDI: Fiber Distributed Data Interface**, γνωστό και ως *FDDI-I*) αναπτύχθηκε από την επιτροπή προτύπων του Εθνικού Αμερικανικού Ινστιτούτου Προτύπων (ANSI) στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Ήταν η εποχή που οι σταθμοί εργασίας είχαν εξαντλήσει το εύρος ζώνης των υπάρχοντων τοπικών δικτύων που βασιζόταν στο *Ethernet* και στο δακτύλιο με κουπόνι διέλευσης (*Token Ring*). Προέκυψε έτσι η ανάγκη δημιουργίας ενός καινούριου μέσου, που θα μπορούσε εύκολα να υποστηρίξει αυτούς τους σταθμούς εργασίας και τις νέες κατανεμημένες εφαρμογές τους. Ταυτόχρονα η αξιοπιστία του δικτύου έπαιζε όλο και πιο σημαντικό ρόλο, καθώς οι διαχειριστές συστημάτων εκτελούσαν πλέον κρίσιμες δικτυακές εφαρμογές (κατανεμημένα συστήματα), αποστασιοποιούμενοι από τη λογική του ενός ισχυρού υπολογιστικού συστήματος που εκτελεί μόνο του όλη την εργασία. Το *FDDI* αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει αυτές τις ανάγκες. Σημειώνεται ότι το *ANSI*, αφού ολοκλήρωσε τον καθορισμό του *FDDI*, το υπέβαλε στο Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (*ISO*), ο οποίος δημιούργησε μια διεθνή έκδοση του *FDDI* που είναι απολύτως συμβατή με την έκδοση του *ANSI*.

### 12.1.2 Τοπολογία - φυσικό μέσο μετάδοσης

Το *FDDI* είναι ένα υψηλών επιδόσεων τοπικό δίκτυο που χρησιμοποιεί ως φυσικό μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες (*multi-mode*) οπτικές ίνες, τοπολογία διπλού δακτυλίου (Μάθημα 7.3) και μέθοδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο το κουπόνι διέλευσης (*Token Passing*). Η ικανότητα μετάδοσης δεδομένων φτάνει τα 100 Mbps (ορισμένοι κατασκευαστές προσφέρουν μέχρι και 200 Mbps). Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων (επαναληπτών) του δικτύου είναι 2 km. Το πρότυπο μπορεί να επιτρέψει τη σύνδεση μέχρι και 1.000 κόμβων σε μια μέγιστη απόσταση 200 km (σχήμα 12.1). Εξαιτίας του υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων που διαθέτει χρησιμοποιείται συνήθως ως κορμός διασύνδεσης άλλων τοπικών δικτύων με μικρότερη ικανότητα μετάδοσης. Το *FDDI* χρησιμοποιεί, αντί για λείζερ, πηγές φωτός με διόδους φωτοεκπομπής (*LEDs*) λόγω του χαμηλότερου κόστους τους (Μάθημα 11.2). Τα χαρακτηριστικά σχεδίασης του *FDDI* απαιτούν λιγότερο από ένα σφάλμα στα  $2,5 \cdot 10^{10}$  bits. Λειτουργεί με αποδεκτή απώλεια ισχύος 11 dB μεταξύ δύο κόμβων, γεγονός που σημαίνει ότι το 92% περίπου της ισχύος του σήματος μπορεί να χαθεί ανάμεσα σε δύο κόμβους. Το σήμα αναπαράγεται μερικώς στον πομποδέκτη (*transceiver*) κάθε κόμβου.



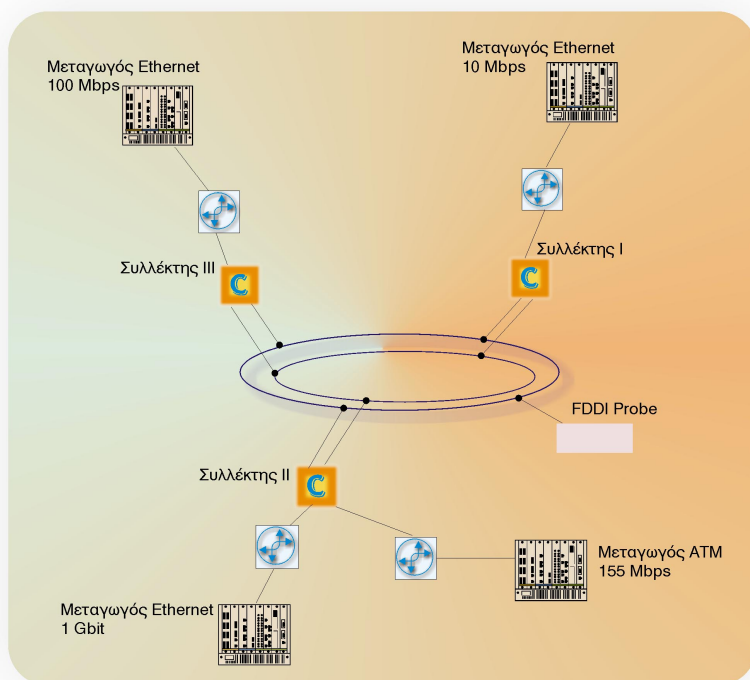
Σχήμα 12.1: Σε τοπολογία δακτυλίου χωρίς συλλέκτες ένας κόμβος απέχει από τον επόμενο του 2 km το πολύ, με αποτέλεσμα ο πρώτος να απέχει, για παράδειγμα, από τον πέμπτο 10 km. Σε τοπολογία δακτυλίου με συλλέκτες όσοι κόμβοι δε βρίσκονται επάνω στον κύριο δακτύλιο θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους απόσταση 2 km.

λίου και προφανώς αποτελούν οικονομικότερη λύση. Για την εγκατάσταση ενός δικτύου μπορούν να επιλεγούν κόμβοι από την κλάση Α ή τη Β ή και από τις δύο κλάσεις, ανάλογα με το πόσο σημαντική είναι η ανοχή σφαλμάτων για το συγκεκριμένο δίκτυο.

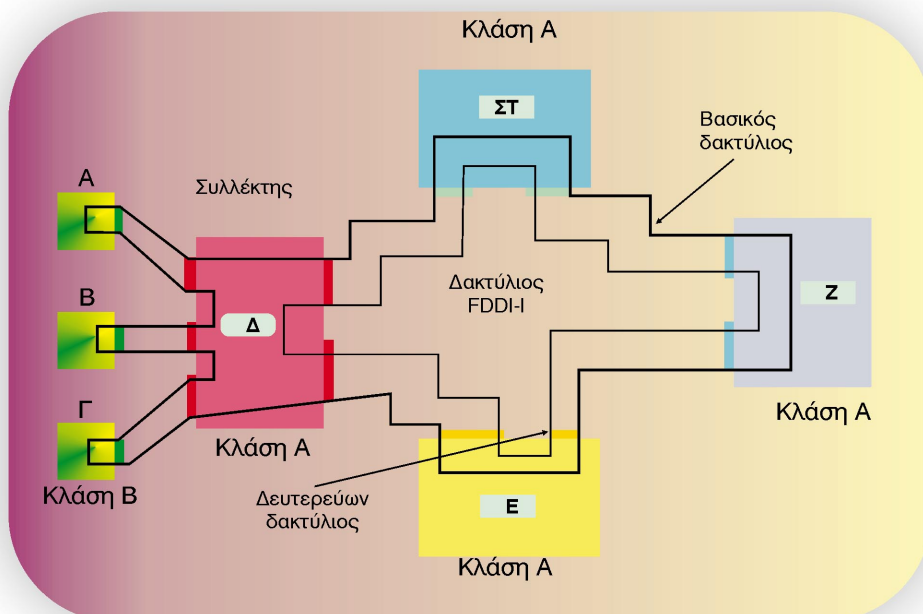
Τα πλεονεκτήματα του *FDDI* μπορούν να επεκταθούν και σε σταθμούς εργασίας διαμέσου ενός ή περισσότερων συλλεκτών (*concentrators*) οι οποίοι επιτυγχάνουν τη διαδικασία της φωτολεκτρικής μετατροπής για πολλές προσαρτημένες συσκευές. Η σύνδεση του συλλέκτη με τους σταθμούς εργασίας επιτυγχάνεται μέσω καλωδίωσης *UTP* για αποστάσεις μικρότερες από 100 m και βασίζεται στο πρότυπο που γενικά είναι γνωστό ως **CDDI** (*Cable Distributed Data Interface*) ή **TPDDI** (*Twisted-Pair Distributed Data Interface*). Η παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας του *FDDI* γίνεται με τη βοήθεια μιας διάταξης που λέγεται *FDDI Probe* (σχήμα 12.2).

Η καλωδίωση του *FDDI* αποτελείται από δύο δακτυλίους οπτικών ινών. Ο ένας από αυτούς λέγεται **βασικός δακτύλιος** (*primary ring*) και μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (αριστερόστροφα), ενώ ο άλλος λέγεται **δευτερεύων δακτύλιος** (*secondary ring*) και μεταδίδει αντίστροφα (δεξιόστροφα). Στην περίπτωση που κάποιος από τους δύο δακτυλίους σπάσει, ο δευτερεύων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφεδρικός, ενώ στην περίπτωση που σπάσουν και οι δύο στο ίδιο περίπου σημείο, μπορούν να ενωθούν σχηματίζοντας ένα νέο δακτύλιο διπλάσιου σχεδόν μήκους. Κάθε κόμβος έχει διακόπτες οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ένωση των δύο δακτυλίων ή ακόμη και για την παράκαμψη του κόμβου ο οποίος θα παρουσιάσει προβλήματα. Ένα τυπικό δίκτυο *FDDI* φαίνεται στο σχήμα 12.3.

Στο *FDDI* υπάρχουν δύο κατηγορίες κόμβων, οι κόμβοι **κλάσης Α** και οι κόμβοι **κλάσης Β**. Οι κόμβοι που ανήκουν στην κλάση Α έχουν δύο φυσικές συνδέσεις (*DAS: Dual Attach Station*) και συνδέονται και με τους δύο δακτυλίους, ενώ οι κόμβοι που ανήκουν στην κλάση Β έχουν μία φυσική σύνδεση (*SAS: Single Attach Station*), συνδέονται μόνο με τον έναν από τους δύο δακτυ-



Σχήμα 12.2: Τυπική διάταξη δακτυλίου FDDI-I σε δίκτυο κορμού, συνδεδεμένων με διάφορα υποδίκτυα Ethernet (10, 100, 1.000 Mbps) και ATM



Σχήμα 12.3: Τα στοιχεία ενός δικτύου FDDI-I



### 12.1.3 Προδιαγραφές του FDDI-I

Το *FDDI-I* έχει σχέση με εκείνα τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI* που αφορούν το φυσικό μέσο και τον τρόπο πρόσβασης σ' αυτό. Το *FDDI-I* είναι στην πραγματικότητα μια συλλογή από τέσσερις διαφορετικές προδιαγραφές –καθεμία με συγκεκριμένη λειτουργία– οι οποίες, όταν συνδυαστούν, παρέχουν συνδέσεις υψηλού ρυθμού μετάδοσης μεταξύ των πρωτοκόλλων των ανώτερων επιπέδων (όπως το *TCP/IP* και το *IPX*) και μέσων (όπως η οπτική ίνα).

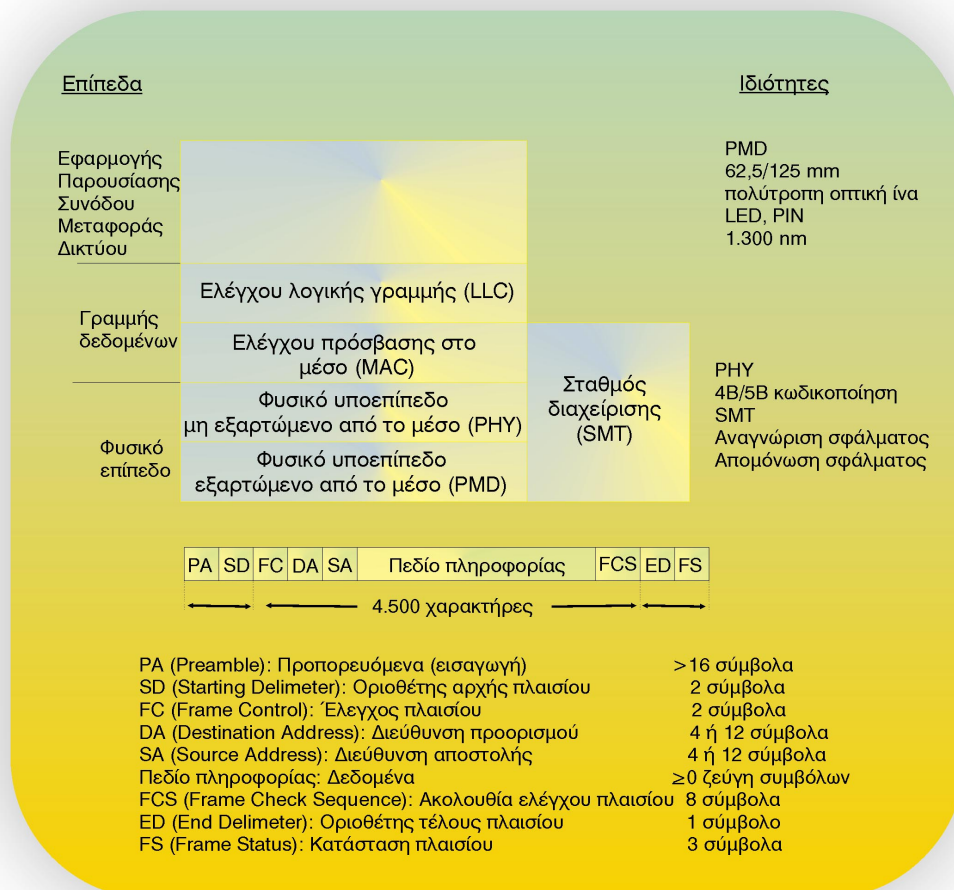
Οι τέσσερις προδιαγραφές του *FDDI-I* καθορίζουν τις λειτουργίες τμημάτων του επιπέδου γραμμής δεδομένων και του φυσικού επιπέδου ως ακολούθως:

- ✓ Προδιαγραφή του **υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*MAC: Media Access Control sublayer*). Το υποεπίπεδο *MAC* αποτελεί τμήμα του επιπέδου γραμμής δεδομένων. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου *MAC* καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο, την τυποποίηση του πλαισίου, το χειρισμό του κουπονιού, τη διευθυνσιοδότηση, τους αλγορίθμους για τον υπολογισμό της τιμής του **CRC** (*Cyclic Redundancy Check*) και το μηχανισμό ανάκαμψης από λάθη.
- ✓ Προδιαγραφή του **φυσικού υποεπιπέδου που είναι ανεξάρτητο από το μέσο** (*PHY: PHYSical sublayer medium independent*). Το υποεπίπεδο *PHY* αποτελεί τμήμα του φυσικού επιπέδου. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου *PHY* καθορίζει τις διαδικασίες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης των δεδομένων, τις απαιτήσεις χρονισμού και τη λειτουργία **δημιουργίας πλαισίων** (*framing*).
- ✓ Προδιαγραφή του **φυσικού υποεπιπέδου που είναι εξαρτώμενο από το μέσο** (*PMD: Physical sublayer Medium Dependent*). Το υποεπίπεδο *PMD* αποτελεί τμήμα του φυσικού επιπέδου. Η προδιαγραφή του υποεπιπέδου *PMD* καθορίζει τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης – συμπεριλαμβανομένων των συνδέσμων των οπτικών ινών – τα επίπεδα ισχύος, το ρυθμό λαθών (*bit-error*), τα οπτικά στοιχεία και τους συνδέσμους.
- ✓ Προδιαγραφή του **σταθμού διαχείρισης** (*SMT: Station Management*). Η προδιαγραφή *SMT* καθορίζει τη διαμόρφωση ενός σταθμού *FDDI-I*, τη διαμόρφωση και τα χαρακτηριστικά ελέγχου του δακτυλίου – συμπεριλαμβανομένων της εισαγωγής και της αφαίρεσης ενός σταθμού – την καταχώριση, την απομόνωση λάθους και την ανάκαμψη, τη δρομολόγηση και τη συλλογή στατιστικών στοιχείων.

Ο κύριος σκοπός του *FDDI-I* είναι να παρέχει σύνδεση μεταξύ των πρωτοκόλλων των υψηλότερων επιπέδων του *OSI* και του μέσου που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών του δικτύου. Στο σχήμα 12.4 απεικονίζονται οι τέσσερις προδιαγραφές του *FDDI-I*, οι μεταξύ τους σχέσεις, καθώς και η σχέση τους με το υποεπίπεδο *LLC* (*Logical Link Control*) του *IEEE*. Το υποεπίπεδο *LLC* είναι συστατικό του δεύτερου επιπέδου, δηλαδή του *MAC*, στο μοντέλο αναφοράς *OSI*.



Τα πλεονεκτήματα του *FDDI* είναι δυνατόν να επεκταθούν σε σταθμούς εργασίας διαμέσου ενός ή περισσότερων **συλλεκτών** (*concentrators*), οι οποίοι εκτελούν τη διαδικασία φωτοηλεκτρικής μετατροπής για πολλές προσαρτημένες συσκευές. Η σύνδεση του συλλέκτη με τους σταθμούς εργασίας επιτυγχάνεται μέσω καλωδίωσης *UTP* (για αποστάσεις μικρότερες από 100 m) και βασίζεται στο πρότυπο που γενικά είναι γνωστό ως **CDDI** (*Cable Distributed Data Interface*) ή **TPDDI** (*Twisted-Pair Distributed Data Interface*). Η παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας του *FDDI* γίνεται με τη βοήθεια μιας διάταξης που λέγεται *FDDI Probe*.



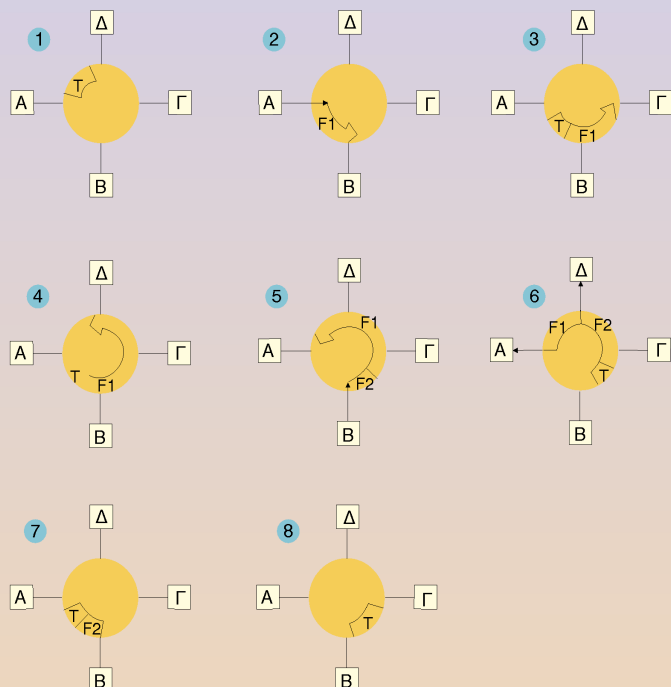
Σχήμα 12.4: Αρχιτεκτονική του FDDI-I

### 12.1.4 Λειτουργία του FDDI-I

Στο φυσικό επίπεδο δε χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση *Manchester* (Μάθημα 1.6), αφού για τα 100 Mbps απαιτεί 200 megabaud, κάτι που είναι πολύ δαπανηρό. Αντί γι' αυτή χρησιμοποιείται η **κωδικοποίηση τέσσερα από τα πέντε** (*4B/5B: four out of five*), σύμφωνα με την οποία κάθε ομάδα από 4 σύμβολα του MAC (τα 0, 1, καθώς και ορισμένα σύμβολα που δεν παριστάνουν δεδομένα, όπως για παράδειγμα η έναρξη πλαισίου) κωδικοποιείται (παριστάνεται) με ένα σύμβολο που αποτελείται από πέντε κυψελίδες. Κάθε κυψελίδα περιέχει ένα στοιχείο σήματος (παρουσία ή απουσία φωτός). Με τον τρόπο αυτό η απόδοση ανεβαίνει στο 80%. Από τους 32 συνδυασμούς ( $2^5=32$ ) που μπορούν να γίνουν, η κωδικοποίηση των συμβόλων περιλαμβάνει 16 συνδυασμούς για τα δεδομένα, 3 για τους οριοθέτες, 2 για τον έλεγχο, 3 για τη σηματοδότηση του υλικού, ενώ 8 παραμένουν αχρησιμοποίητοι. Το σχήμα αυτό εξασφαλί-

Εάν όλοι οι κόμβοι στο δακτύλιο είναι κόμβοι *FDDI-II*, τότε ο δακτύλιος μπορεί να επιτελέσει και την υβριδική λειτουργία, η οποία παρέχει και ισόχρονη υπηρεσία εκτός από τις υπηρεσίες που προσφέρει η βασική λειτουργία. Στη βασική λειτουργία του *FDDI-II* το συγχρονισμένο και το ασυγχρόνιστο φορτίο μεταδίδονται όπως και στο *FDDI-I*.





1. Ο κόμβος Α αναμένει την άφιξη του κουπονιού.
2. Ο κόμβος Α δεσμεύει το κουπόνι και αρχίζει τη μετάδοση του πλαισίου F1 που απευθύνεται στον κόμβο Γ.
3. Ο κόμβος Α προσθέτει το κουπόνι στο τέλος του πλαισίου F1.
4. Ο κόμβος Γ αντιγράφει το πλαίσιο F1 που απευθύνεται σ' αυτόν.
5. Ενώ ο κόμβος Γ συνεχίζει να αντιγράφει το πλαίσιο F1, ο κόμβος Β δεσμεύει το κουπόνι από το δακτύλιο και αρχίζει τη μετάδοση του πλαισίου F2 που απευθύνεται στον κόμβο Δ.
6. Ο κόμβος Β αποδεσμεύει το κουπόνι. Ο κόμβος Δ αντιγράφει το πλαίσιο F2 το οποίο απευθύνεται σ' αυτόν και ο κόμβος Α αποσύρει από το δακτύλιο το πλαίσιο F1 που έστειλε.
7. Ο κόμβος Α αποσύρει πλήρως το πλαίσιο F1 και αφήνει να περάσει το πλαίσιο F2 που δεν απευθύνεται σ' αυτόν, καθώς και το κουπόνι, αφού δεν έχει πλαίσιο για μετάδοση.
8. Ο κόμβος Β αποσύρει πλήρως το πλαίσιο F2 που έστειλε και αφήνει το κουπόνι να περάσει, αφού δεν έχει άλλο πλαίσιο για μετάδοση.

Σχήμα 12.5: Κυκλοφορία του κουπονιού σύμφωνα με το πρότυπο FDDI-I

το πλαίσιο του να κάνει το γύρο του δακτυλίου και να επιστρέψει. Σε ένα FDDI-I με 1.000 κόμβους και 200 km καλωδίωσης οπτικής ίνας ο χρόνος που χάνεται περιμένοντας το πλαίσιο να κάνει το γύρο του δακτυλίου είναι σημαντικός. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να επιτρέπεται στον κόμβο να βάλει ξανά ένα νέο κουπόνι επάνω στο δακτύλιο, μόλις μεταδώσει τα πλαίσιά του. Επομένως, αν ο δακτύλιος είναι μεγάλος, μπορούν να υπάρχουν ταυτόχρονα πολλά πλαίσια επάνω του (σχήμα 12.5).

Το FDDI-I επιτρέπει τη μετάδοση πλαισίων παρόμοιων με αυτά του προτύπου IEEE 802.5, τα οποία συμπεριλαμβάνουν τα δυαδικά ψηφία επιβεβαίωσης λήψης στο πεδίο κατάστασης πλαισίου. Επίσης επιτρέπει σε ειδικά συγχρονισμένα πλαίσια δεδομένων PCM (Pulse Code Modulation) να μεταδίδονται με κυκλώματα ή δεδομένα ISDN (Integrated Services Digital Network). Τα συγχρονισμένα πλαίσια δημιουργούνται κάθε

ζει τη δυνατότητα συγχρονισμού και την αύξηση της αξιοπιστίας στη λήψη.

Το πλεονέκτημα αυτού του σχήματος είναι η εξοικονόμηση εύρους ζώνης, ενώ το μειονέκτημα είναι η απώλεια της δυνατότητας του αυτο-χρονισμού της κωδικοποίησης Manchester. Για την αναπλήρωση αυτής της δυνατότητας χρησιμοποιείται μια μεγάλη σειρά δυαδικών ψηφίων η οποία συγχρονίζει το ρολόι του δέκτη με το ρολόι του πομπού. Επιπλέον όλα τα ρολόγια πρέπει να έχουν απόκλιση το πολύ 0,005%, ώστε πλαίσια 4.500 χαρακτήρων, το πολύ, να μπορούν να σταλούν –χωρίς κίνδυνο μετατόπισης του ρολογιού του δέκτη– μακριά από το συγχρονισμό μετάδοσης της σειράς δεδομένων.

Το FDDI-I βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.5. Για τη μετάδοση ενός πλαισίου δεδομένων ένας κόμβος πρέπει πρώτα να πάρει στην κατοχή του το κουπόνι, το οποίο απομακρύνει από το δίκτυο, όταν αυτό ολοκληρώσει τον κύκλο του μέσα στο δακτύλιο. Μία διαφορά ανάμεσα στο IEEE 802.5 και στο FDDI-I είναι ότι στο IEEE 802.5 ένας κόμβος μπορεί να μη δημιουργήσει ένα νέο κουπόνι, μέχρι





125 msec από έναν κύριο κόμβο, για να δώσουν 8.000 δείγματα ανά δευτερόλεπτο τα οποία απαιτούνται από τα συστήματα *PCM*. Καθένα από αυτά τα πλαίσια έχει μία επικεφαλίδα, δεδομένα των 16 χαρακτήρων που δε χρησιμοποιούν μεταγωγή κυκλώματος, καθώς και δεδομένα 96 χαρακτήρων, το πολύ, που χρησιμοποιούν μεταγωγή κυκλώματος, δηλαδή 96, το πολύ, κανάλια *PCM* ανά πλαίσιο.

Ένας κόμβος μπορεί να αποκτήσει μία ή περισσότερες χρονοθυρίδες σε ένα συγχρονισμένο πλαίσιο, οι οποίες φυλάσσονται σ' αυτό, μέχρι να αποδεσμευτούν με συγκεκριμένη εντολή. Το συνολικό εύρος ζώνης που δε χρησιμοποιείται από τα συγχρονισμένα πλαίσια κατανέμεται ανάλογα με τη ζήτηση. Οι χρονοθυρίδες που είναι διαθέσιμες να εκχωρηθούν σε κάθε πλαίσιο είναι διακριτές μέσω μιας **μάσκας** (*mask*) δυαδικών ψηφίων του ίδιου του πλαισίου. Η ασυγχρόνιστη κυκλοφορία διαιρείται σε κατηγορίες προτεραιοτήτων, με την υψηλότερη προτεραιότητα να έχει τον πρώτο λόγο στο εύρος ζώνης που απομένει.

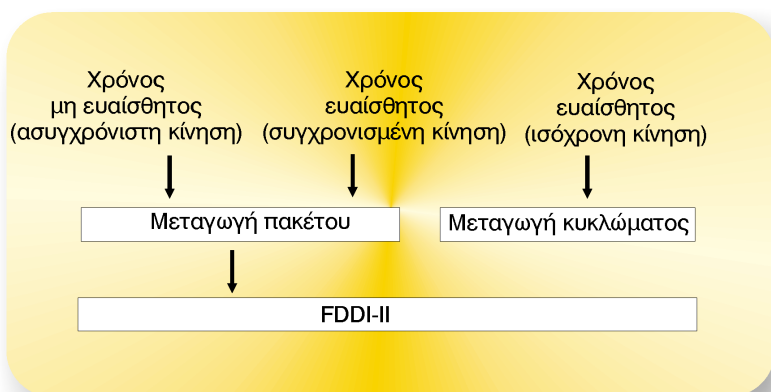
Το πρωτόκολλο *MAC* απαιτεί κάθε κόμβος να έχει ένα μετρητή χρόνου για την περιφορά του κουπονιού, ώστε να κρατάει στοιχεία σχετικά με το χρόνο που πέρασε από την τελευταία εμφάνισή του. Ένας αλγόριθμος προτεραιότητας, παρόμοιος με αυτόν του *IEEE 802.4*, χρησιμοποιείται για να καθορίζει ποιες κατηγορίες προτεραιοτήτων μπορούν να μεταδοθούν σε ένα συγκεκριμένο πέρασμα του κουπονιού. Εάν το κουπόνι προπορεύεται του προγραμματισμένου χρόνου, μπορούν να μεταδοθούν όλες οι προτεραιότητες, εάν όμως βρίσκεται πίσω από τον προγραμματισμένο χρόνο, μπορεί να μεταδοθεί μόνο η υψηλότερη προτεραιότητα.



Ο αριθμός 96 προτιμήθηκε, διότι επιτρέπει 4 κανάλια *T 1* ( $4 * 24$ ) στα 1,544 Mbps (Αμερικής) ή 3 κανάλια *E 1* ( $3 * 32$ ) στα 2,048 Mbps (Ευρώπης) να ταιριάζουν σε ένα πλαίσιο, κάνοντάς το έτσι κατάλληλο για χρήση σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Ένα συγχρονισμένο πλαίσιο δεσμεύει ανά 125 msec 6,144 Mbps εύρους ζώνης για τα 96 κανάλια που μεταδίδονται με κυκλώματα. Επομένως 16, το πολύ, συγχρονισμένα πλαίσια ανά 125 msec χρησιμοποιούν μέχρι 1.536 κανάλια *PCM* που δεσμεύουν μέχρι 98,3 Mbps.

## 12.1.5 Περιγραφή του FDDI-II

Ένας κόμβος *FDDI-II* λειτουργεί είτε στη βασική είτε στην υβριδική μορφή, ανάλογα με την παρουσία ισόχρονης κίνησης, δηλαδή κίνησης σταθερού ρυθμού μετάδοσης (Μάθημα 11.1). Η βασική μορφή λειτουργεί όπως και στην περίπτωση του *FDDI-I*. Όταν ο χρήστης ζητάει από τον *SMT* να μεταδώσει ισόχρονη κίνηση μέσω κατάλληλης σηματοδότησης, ο *SMT* μεταφέρει το δακτύλιο στην υβριδική μορφή. Επομένως το *FDDI-II*, εκτός από τις συγχρονισμένες και τις ασυγχρόνιστες υπηρεσίες που παρέχει — υπηρεσίες που παρέχονται με τον ίδιο τρόπο και από το *FDDI-I* — παρέχει και ισόχρονες υπηρεσίες (*GBR* κωδικοποίηση) σε κυκλώματα μεταγωγής για φωνή και βίντεο (κυκλώματα με σύνδεση). Επίσης σημειώνεται ότι το *FDDI-II* επιτρέπει στα πρωτόκολλα να εφαρμόζουν μηχανισμούς που δίνουν τη δυνατότητα σε μια σύνδεσή του να παρέχει ισόχρονη υπηρεσία μετάδοσης δεδομένων σε κυκλώματα μεταγωγής. Μ' αυτό τον τρόπο το *FDDI-II* έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τη φωνή, το βίντεο, καθώς και τα δεδομένα (σχήμα 12.6).



Σχήμα 12.6: Υπηρεσίες παρεχόμενες από το *FDDI-II*



Οποιαδήποτε εφαρμογή χρησιμοποιεί για τη μετάδοση των δεδομένων της μόνιμο κύκλωμα μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της υβριδικής λειτουργίας του *FDDI-II*, αρκεί να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για το εύρος ζώνης.

## 12.1.6 Προδιαγραφές του FDDI-II

Στο σχήμα 12.7 παρουσιάζονται τα στοιχεία των πρωτοκόλλων του *FDDI-II*. Στο φυσικό επίπεδο η διαχείριση του σταθμού εργασίας γίνεται όπως και στο απλό *FDDI-I*. Στο επίπεδο *MAC* προστέθηκαν δύο νέα στοιχεία, τα *I-MAC* και *H-MUX*. Το *I-MAC* (*Isochronous Media Access Control*) καθορίζει τους κανόνες διαμοιρασμού των καναλιών που δεσμεύονται για μεταγωγή κυκλώματος. Το *H-MUX* (*Hybrid MULTipleXer*) συνδυάζει το φορτίο μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου από το σταθμό εκπομπής στο φυσικό μέσο. Οι προδιαγραφές για τα *H-MUX* και *I-MAC* συνδυάζονται σε ένα πρότυπο που ονομάζεται **HRC** (*Hybrid Ring Control*).

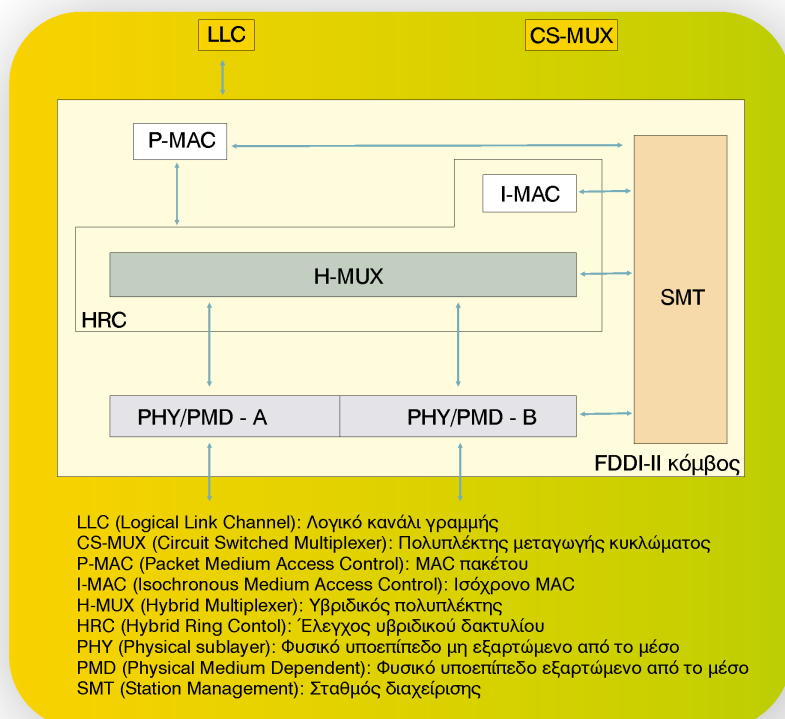
## 12.1.7 Λειτουργία του FDDI-II

Ένα δίκτυο *FDDI-II* αρχίζει τυπικά τη λειτουργία του από τη βασική μορφή, θέτοντας αρχικές τιμές στα ρολόγια και στις παραμέτρους που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του πρωτοκόλλου χρονικού κουπονιού, και κατόπιν μεταπίπτει στην υβριδική λειτουργία.

Προκειμένου να επιτευχθεί η μεταγωγή κυκλώματος και επομένως να διευθετηθεί η ισόχρονη μετάδοση, το *FDDI-II* αναπτύσσει ένα ειδικό πλαίσιο που ονομάζεται κύριος

κύκλος (σχήμα 12.8). Ο κύριος κύκλος είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία μη κύριων κύκλων με ρυθμό 8 KHz (125 μsec), καθώς και για την καθυστέρηση που είναι απαραίτητη προκειμένου να διατηρείται ακέραιο το πλήθος τους μέσα στο δακτύλιο. Στα 100 Mbps μπορούν να μεταδοθούν 1262,5 χαρακτήρες σε 125 μsec. Οι χαρακτήρες των κύκλων ανατίθενται εκ των προτέρων σε διάφορα κανάλια του δακτυλίου, με αποτέλεσμα οι 1.560 χαρακτήρες κάθε κύκλου να μοιράζονται σε 16 κανάλια ευρείας ζώνης (*WBCs: Wide Band Channels*), τα οποία μπορούν να χειριστούν φορτίο μεταγωγής πακέτου ή μεταγωγής κυκλώματος (σχήμα 12.7). Όλα τα κανάλια μεταγωγής πακέτου ενώνονται, για να σχηματίσουν ένα κανάλι το οποίο διαχειρίζεται το **πρωτόκολλο χρονικού κουπονιού** (*timed token protocol*).

Όταν ένας κύκλος ολοκληρώσει την περιφορά του στο δακτύλιο, διαγράφεται από τον κύριο κύκλο. Το υποεπίπεδο *I-MAC*, σε συνεργασία με το *HRC*, ελέγχει τα κανάλια ευρείας ζώνης (*WBCs*) που χρησιμοποιού-



Σχήμα 12.7: Αρχιτεκτονική του FDDI-II

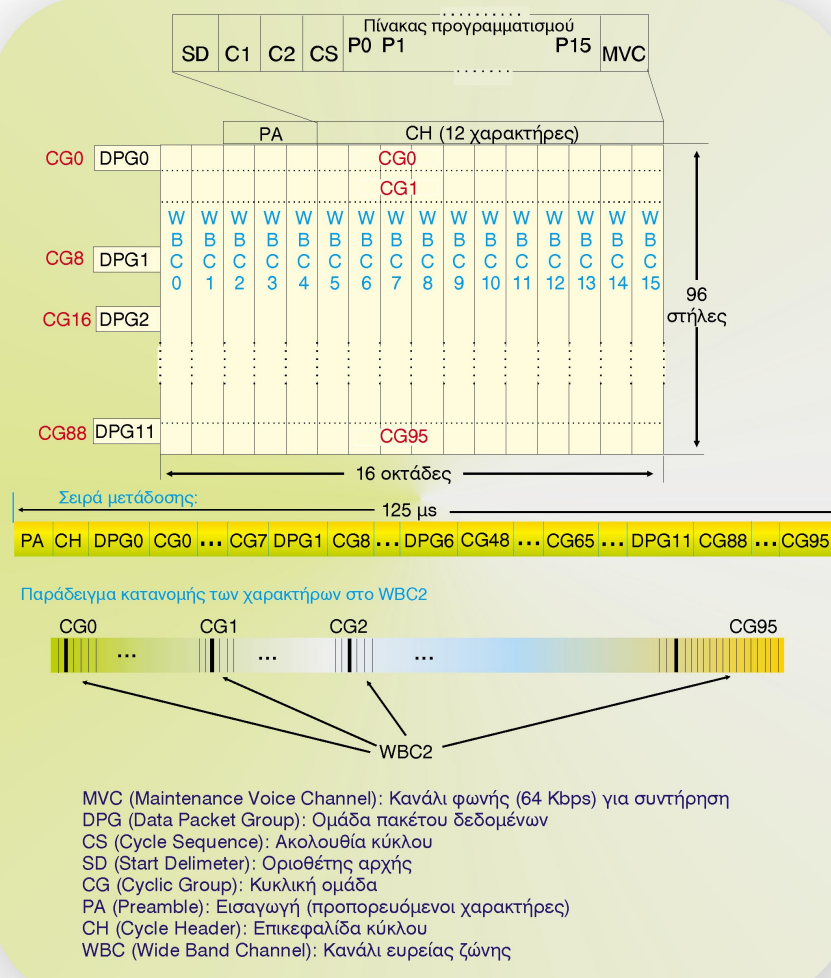


νται για μεταγωγή κυκλώματος. Κάθε WBC μπορεί να υποστηρίξει ένα ισόχρονο κανάλι. Εναλλακτικά, ένα WBC μπορεί να υποδιαιρεθεί από το I-MAC σε έναν αριθμό από υποκανάλια. Αυτά τα ξεχωριστά υποκανάλια επιτρέπουν ταυτόχρονη, ανεξάρτητη και ισόχρονη επικοινωνία ανάμεσα σε διαφορετικά ζεύγη σταθμών FDDI-II.

Κατά την κανονική λειτουργία (βασική μορφή) ενός δικτύου FDDI-II δραστηριοποιείται μια ακολουθία από κύκλους που δημιουργούνται από τον κύριο κύκλο. Οι σταθμοί επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μεταγωγής κυκλώματος κάνοντας από κοινού χρήση ενός μόνιμου ισόχρονου καναλιού. Επίσης οι σταθμοί επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μεταγωγής πακέτου κάνοντας χρήση του καναλιού πακέτων δεδομένων.

Τα πρότυπα του FDDI-II παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 12.1. Τα υποεπίπεδα του FDDI-II ονομάζονται MAC-2, PHY-2 και SMT-2.

Σχήμα 12.8: Η τυποποίηση του κύκλου για το FDDI-II



	Μοντέλο αναφοράς ANSI	Μοντέλο αναφοράς ISO/IEC
HRC	ANSI dpANS X3.229-199x	ISO/IEC DIS 9314-5
MAC-2	ANSI X3.239-199x	ISO/IEC WD 9314-8
PHY-2	ANSI X3.231-199x	ISO/IEC WD 9314-7
SMT-2-PS	ASC X3T9.5/92-297	Δεν υπάρχει
SMT-2-IS	ASC X3T9.5/92-298	Δεν υπάρχει
SMT-2-CS	ASC X3T9.5/92-299	Δεν υπάρχει

Πίνακας 12.1: Τα πρότυπα του FDDI-II (από τον Οκτώβριο του 1993)

### Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Οπτικές ίνες, κουπόνι διέλευσης, πρωτόκολλο 802.5, MAC, PHY, PMD, SMT, ισόχρονη μετάδοση, μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή πακέτου, τυποποιήσεις FDDI.

