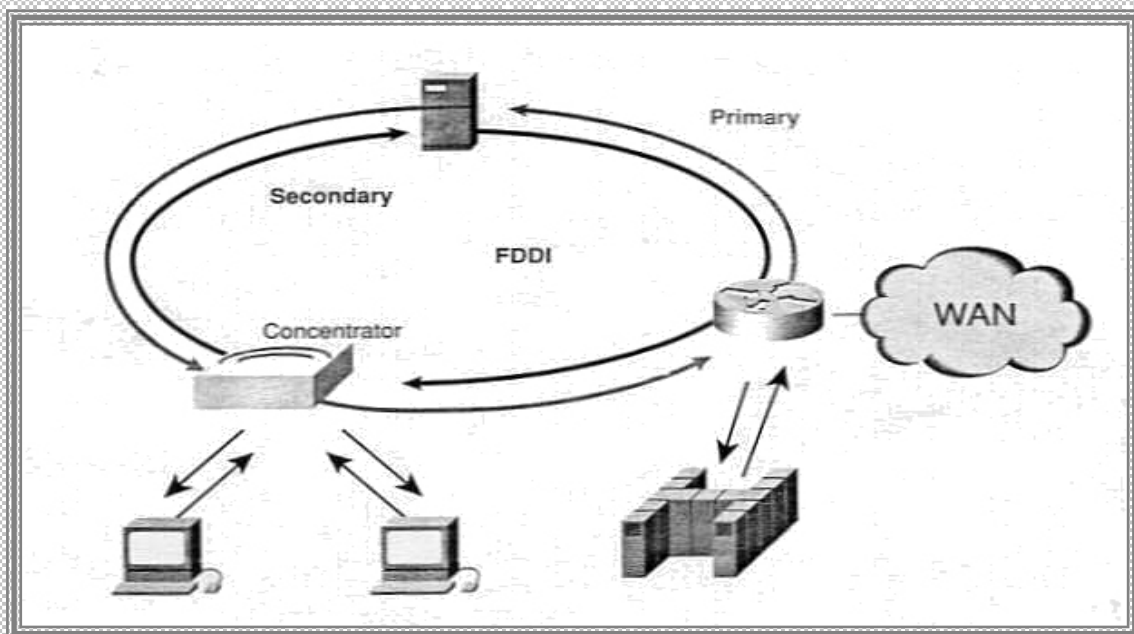


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: **Fiber Distributed Data Interface**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: **ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝ/ΝΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘ/ΤΗΣ: **ΤΣΙΑΝΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ**

Fiber Distributed Data Interface

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° : ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... 1

- 1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ*
- 1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ FDDI*
- 1.3 ΠΡΟΤΥΠΑ FDDI*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ FDDI.....13

- 2.1 PHYSICAL MEDIUM DEPENDENT*
 - 2.1.1 ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ*
 - 2.1.2 PHYSICAL MEDIUM SPECIFICATION*
- 2.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ*
 - 2.2.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ*
- 2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟ*
- 2.4 LOGICAL LINK CONTROL*
- 2.5 STATION MANAGEMENT*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FDDI..... 47

- 3.1 DUAL COUNTER-ROTATION RING*
- 3.2 RING OPERATION*
 - 3.2.1 CONNECTION ESTABLISHMENT*
 - 3.2.2 RING INITIALIZATION*
 - 3.2.3 STEADY-STATE OPERATION*
 - 3.2.4 RING MAINTENANCE*

3.3 STATION AND FDDI NETWORK CONFIGURATION	
3.3.1 ΤΥΠΟΙ ΣΤΑΘΜΩΝ	
3.4 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	
3.4.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΚΔΙΚΗΣΗΣ ΚΟΥΠΟΝΙΟΥ	
3.4.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ	
3.4.3 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ	
3.5 OPTICAL BYPASS SWITCH	
3.6 DUAL HOMING	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : FDDI NETWORK TOPOLOGIES and CONFIGURATIONS.....	71
--	-----------

4.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΕΝΟΣ CONCENTRATOR	
4.2 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	
4.3 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΕΝΔΡΟΥ ΑΠΟ CONCENTRATORS	
4.4 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ ΜΕ ΔΕΝΔΡΑ	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ FDDI.....	79
--	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ FDDI ΜΕ ATM NETWORKS ΚΑΙ GIGABIT ETHERNET.....	82
--	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° : FDDI II, SDDI, CDDI.....	87
---	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

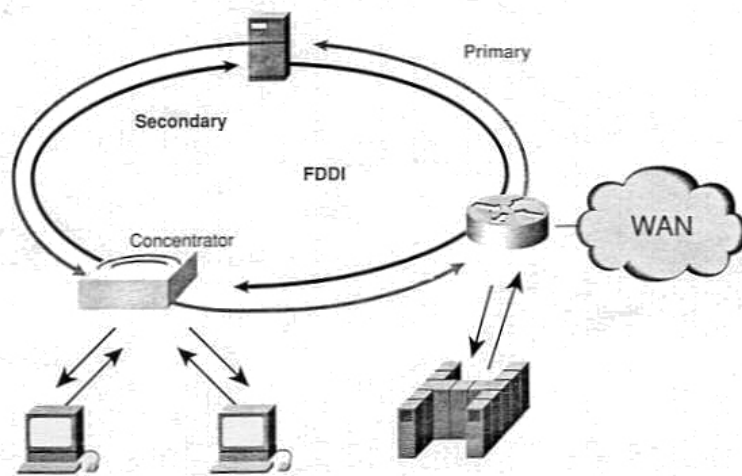
1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σημερινή εποχή των υψηλών απαιτήσεων, η γρήγορη πρόσβαση και διανομή πληροφορίας είναι πολύ σημαντικές λειτουργίες για κάθε οργανισμό. Τα δίκτυα διαδραματίζουν έναν όλο και αυξανόμενο σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. Η επιλογή του κατάλληλου δικτύου δεν είναι πάντα μια απλή υπόθεση. Πολλοί παράγοντες πρέπει να εκτιμηθούν. Το FDDI αποτελεί μια αξιόλογη και το κυριότερο μια αξιόπιστη λύση.

Το Fiber Distributed Data Interface (Προσαρμοστής Κατανεμημένων Δεδομένων με Οπτική Ίνα), ή πιο γνωστό ως FDDI, είναι ένα σύνολο από πρότυπα για τοπικά δίκτυα υπολογιστών, ανεπτυγμένα υπό τη προστασία του οργανισμού ANSI (American National Standards Institute) και εγκεκριμένα για διεθνή χρήση από τον οργανισμό ISO (International Standards Organization). Έχοντας κατά νου τα παραπάνω, εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι το FDDI είναι, σε αντίθεση με άλλα συστήματα τοπικών δικτύων, τα οποία πολύ συχνά σχετίζονται με συγκεκριμένους κατασκευαστές, ευρέως αποδεκτό και υποστηριζόμενο στη βιομηχανία ως το διεθνές πρότυπο επόμενης γενιάς για διασυνδέσεις δικτύων με υψηλές ταχύτητες.

Το FDDI περιγράφει ένα token-passing διπλό δακτύλιο LAN των 100 Mbps που χρησιμοποιεί καλώδιο οπτικής ίνας. Η ίνα έχει υψηλό εύρος ζώνης, είναι λεπτή και μικρού βάρους, δεν επηρεάζεται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές που προκαλούνται από βαριά μηχανήματα, από τις αιχμές του ηλεκτρικού ρεύματος ή από τις αστραπές και παρέχει εξαιρετική ασφάλεια διότι είναι σχεδόν αδύνατη η υποκλοπή χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό.

Το FDDI χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική (dual ring) διπλού-δακτυλίου με τη ροή των δεδομένων να ρέει σε αντίθετες κατευθύνσεις σε κάθε δακτύλιο (αυτό ονομάζονται counter-rotating). Ο διπλός δακτύλιος αποτελείται από ένα primary (βασικό) και ένα secondary ring (δευτερεύοντα δακτύλιο). Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, ο βασικός δακτύλιος χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων, και ο δευτερεύων παραμένει αδρανής. Ο πρωταρχικός σκοπός των διπλών δακτυλίων, όπως θα αναλυθεί πιο κάτω, είναι να παρέχουν αυξημένη αξιοπιστία και ευελιξία. Στο *σχήμα 1.1* παρουσιάζεται το counter-rotating του πρωτεύοντα και δευτερεύοντα δακτυλίου FDDI (primary and secondary ring).

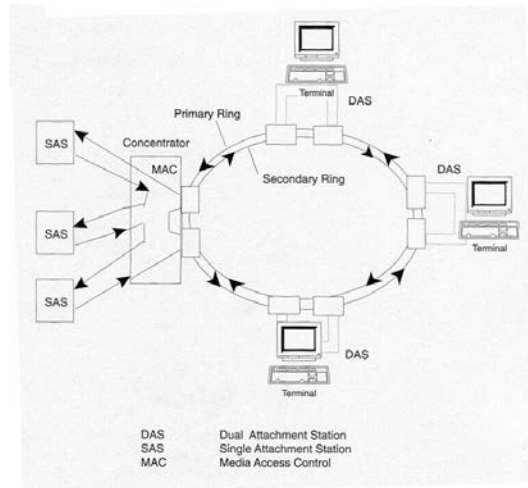


Σχήμα 1.1

1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ FDDI:

Το FDDI είναι μια τεχνολογία περάσματος κουπονιού σε τοπικά δίκτυα. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο χρονικά ρυθμιζόμενου κουπονιού. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο εγγυάται ότι οι σταθμοί μπορεί να πετύχουν πρόσβαση στο δακτύλιο εντός μιας περιόδου χρόνου την οποία διαπραγματεύονται μεταξύ τους κάθε φορά που ένας νέος σταθμός συνδέεται στο δακτύλιο. (σχήμα 1.2 : τοπολογία FDDI)

Το FDDI χτίζεται από κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδέσμων για να σχηματίσουν ένα δακτύλιο. Οι κόμβοι αυτοί μπορεί να είναι δύο τύπων : Dual Attachment Stations - DAS (κόμβοι διπλής σύνδεσης) ή Single Attachment Stations – SAS (κόμβοι μονής σύνδεσης). Ένας ιδιαίτερος τύπος κόμβου είναι ο Concentrator (συγκεντρωτής), ο οποίος επιτρέπει σύνδεση των σταθμών εντός του δακτυλίου και παρέχει μια μεγαλύτερη ανοχή σε λάθη απ' ότι η βασική αρχιτεκτονική δακτυλίου. Ένα από τα βασικά γνωρίσματα του FDDI είναι η χρήση του διπλού δακτυλίου. Οι δύο δακτύλιοι παραμένουν ανεξάρτητοι μέχρι να συμβεί κάποιο βλάβη (π.χ. σπάσιμο καλωδίου), οπότε σε μια τέτοια περίπτωση οι δυο δακτύλιοι ενώνονται μεταξύ τους για να ένα καινούριο δακτύλιο και να επαναφέρουν το σύστημα του δικτύου σε κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 1.2 Ring Configuration

Όπως έχει αναφερθεί το FDDI βασίζεται στη χρήση τεχνολογίας οπτικής ίνας, η οποία επιτρέπει την κατασκευή δακτυλίων με συνολικό μήκος ίνας έως 200 km. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων, που επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιείται πολύτροπη ίνα, είναι 2 km. Αντίθετα, η απόσταση μεταξύ δύο τέτοιων κόμβων, όταν χρησιμοποιείται μονότροπη ίνα, μπορεί να υπερβεί τα 20 km.

Τα τελευταία χρόνια το πρότυπο FDDI έχει εμπλουτιστεί έτσι ώστε να επιτρέπεται η χρήση φθηνότερων οπτικών ινών για αποστάσεις μικρότερες των 500m, μεταξύ 2 διαδοχικών κόμβων, και συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών για αποστάσεις όχι μεγαλύτερες των 100m.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του FDDI συνοψίζονται ως εξής:

- Κάνει χρήση διπλών δακτυλίων
- Κάνει χρήση ενός MAC σχήματος περάσματος κουπονιού που βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.5 το οποίο έχει τοπολογία δακτυλίου και χρησιμοποιεί τη μέθοδο πρόσβασης “περάσματος κουπονιού” (token ring)
- Παρουσιάζει συμβατότητα με όλα τα IEEE 802 τοπικά δίκτυα. Το πετυχαίνει αυτό χρησιμοποιώντας το πρότυπο IEEE 802.2 (LLC) το οποίο προσφέρει τον έλεγχο της λογικής σύνδεσης.
- Έχει την ικανότητα να χρησιμοποιεί πολύτροπες και μονότροπες οπτικές ίνες
- Λειτουργεί με ρυθμούς δεδομένων 100Mbps
- Ένας πολύ μεγάλος αριθμός σταθμός μπορεί να συνδεθεί σ’ αυτό. (Τα πρότυπα αξιώνουν όχι περισσότερες από 1000 φυσικές συνδεθεί)
- Συνολικό μήκος οπτικής ίνας 200 km
- Έχει τη δυνατότητα για δυναμική δέσμευση του εύρους ζώνης, έτσι ώστε υπηρεσίες ασύγχρονων και σύγχρονων δεδομένων να μπορούν να παρέχονται ταυτόχρονα.

1.3 ΠΡΟΤΥΠΑ FDDI:

Τα συστήματα δικτύωσης είναι σχεδιασμένα σε επίπεδα. Κάθε επίπεδο διενεργεί ένα συγκεκριμένο σύνολο λειτουργιών και υπηρεσιών. Όταν συνδυαστούν όλα τα επίπεδα μαζί, δημιουργείται μια αρχιτεκτονική. Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου είναι πολύ σημαντική επειδή ταξινομεί τις διαδικασίες επικοινωνίας σε λογικές ομάδες (επίπεδα) ώστε να λειτουργούν πάντα με μια peer-to-peer ιεραρχική σχέση.

Κάθε επίπεδο έχει το δικό του σύνολο από κανόνες και διαδικασίες που καλούνται πρωτόκολλα. Τα πρωτόκολλα ρυθμίζουν τη δραστηριότητα σε κάθε επίπεδο. Ρυθμίζουν επίσης την επικοινωνία και τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ επιπέδων και μέσω συνδέσεων μεταξύ κόμβων. Τα επίπεδα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, δηλαδή αλλαγές σε ένα από αυτά δεν επηρεάζουν τα γειτονικά. Για παράδειγμα, αλλάζοντας το φυσικό μέσο μετάδοσης δεν αλλάζει ο τύπος της σύνδεσης δεδομένων. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνουμε τα παρακάτω:

- 1. Η σχεδίαση και υλοποίηση δικτύων είναι ευκολότερη.***
- 2. Τα δίκτυα μπορούν να παρέχουν στους χρήστες ένα ευρύτερο φάσμα δυνατοτήτων όπως κατανεμημένες βάσεις δεδομένων και εφαρμογές.***
- 3. Οι αναβαθμίσεις είναι πολύ πιο εύκολα πραγματοποιήσιμες.***

Το μοντέλο το οποίο αποτελεί το πρότυπο για όλα τα συστήματα δικτύωσης είναι το OSI (Open Systems Interconnection), ανεπτυγμένο από τον οργανισμό ISO. Το συγκεκριμένο μοντέλο παρέχει ένα σκελετό για την ανάπτυξη διεθνών προτύπων για επικοινωνίες υπολογιστών. Με αυτό το τρόπο προσφέρεται η βάση για την ανεξαρτητοποίηση από πλατφόρμες. Στο σημείο αυτό δε θα αναφερθούμε περισσότερο στο μοντέλο OSI, αλλά θα αρκεστούμε να αναφέρουμε τα επίπεδα από τα οποία αποτελείται :

1. ***Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)***
2. ***Το Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer)***
3. ***Το Επίπεδο Δικτύου (Network Layer)***
4. ***Το Επίπεδο Μεταφοράς Δεδομένων (Transport Layer)***
5. ***Το Επίπεδο Συνόδου (Session Layer)***
6. ***Το Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation Layer)***
7. ***Το Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer)***

Η εργασία πάνω στα FDDI πρότυπα ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 80 και συνεχίζει να εμπλουτίζει την αντίστοιχη τεχνολογία με σκοπό να ικανοποιήσει τις γρήγορα μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των πελατών. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα βασικά πρότυπα του FDDI.

Τα πρότυπα αυτά στρέφουν την προσοχή τους στις απαιτήσεις των δύο πρώτων επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI (φυσικό και σύνδεσης δεδομένων) όπως δεικνύετε στο σχήμα 3.1. Τα FDDI (***Physical Medium Dependent PMD, PHYSical PHY, Medium Access Control MAC και Station Management SMT***) πρότυπα μαζί με τα IEEE 802.2 LLC πρότυπα παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες δικτύου σε όσες συσκευές είναι συνδεδεμένες σ' ένα FDDI δίκτυο. Τα PMD και PHY είναι δύο υποεπίπεδα, τα οποία ορίζονται από τα FDDI πρότυπα με κατάλληλη υποδιαίρεση του φυσικού επιπέδου του OSI.

Πιο συγκεκριμένα το :

- **PMD** είναι το χαμηλότερο υποεπίπεδο (του φυσικού επιπέδου) και περιλαμβάνει προδιαγραφές για θέματα που αφορούν :
 1. τους πομπούς και τους δέκτες οπτικών ινών,
 2. τους επιτρεπόμενους ρυθμούς λαθών σε δυαδικά ψηφία,
 3. jittery requirements – αστάθεια του σήματος
 4. τους διάφορους συνδετήρες που απαιτούνται,
 5. τις μονάδες προσαρμογής στο μέσο,
 6. το ίδιο το μέσο μετάδοσης κ.λ.π.

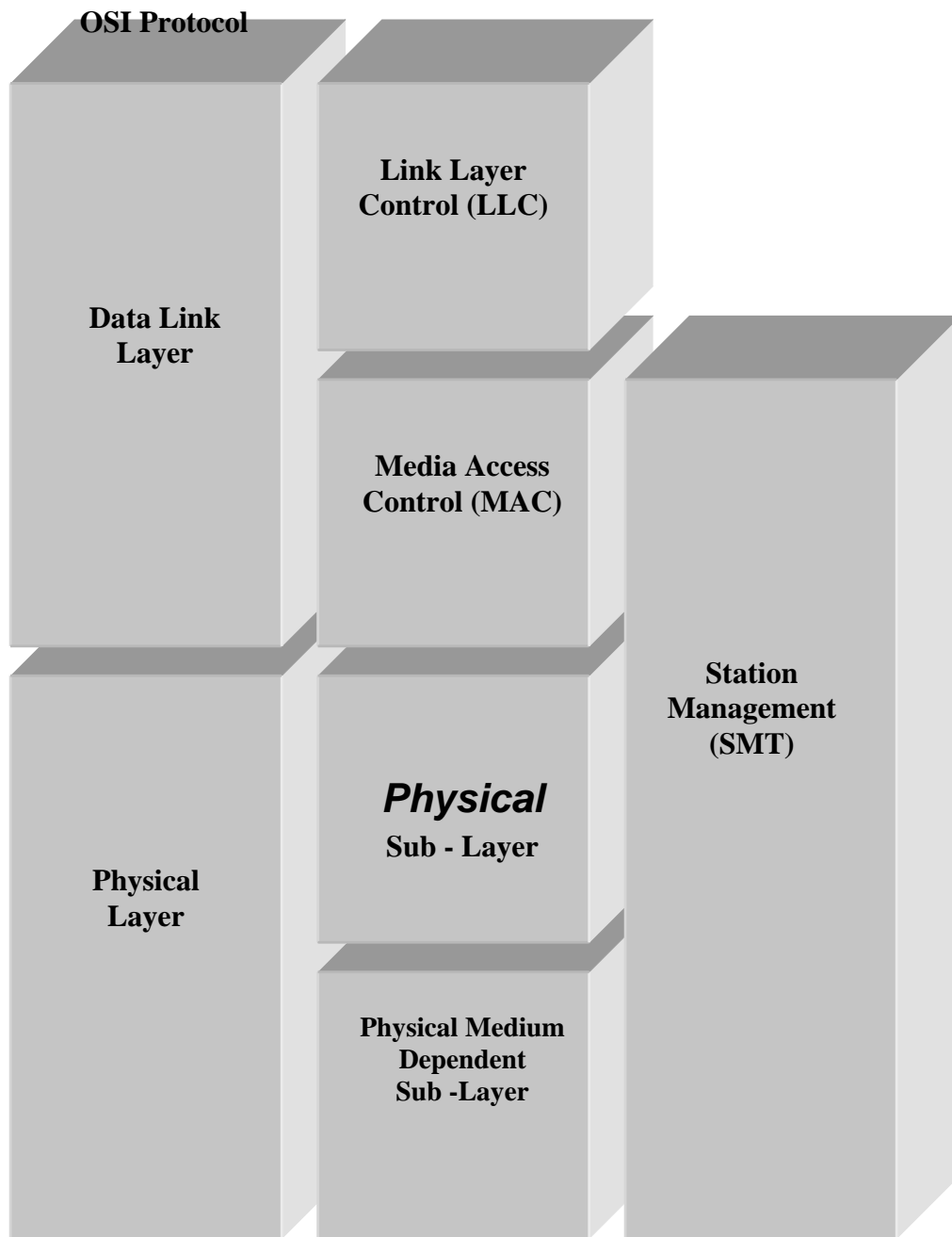
- **PHY** είναι το ανώτερο επίπεδο (του φυσικού επιπέδου του OSI). Δεν εξαρτάται από το μέσο μετάδοσης. Ασχολείται με θέματα όπως :
 1. η κωδικοποίηση των ψηφιακών δεδομένων,
 2. ο συγχρονισμός των ρολογιών και
 3. η πλαισίωση των δεδομένων.

- **MAC** είναι το χαμηλότερο υποεπίπεδο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του OSI, το οποίο ορίζει :
 1. κανόνες προσπέλασης στο μέσο,
 2. διευθυνσιοδότηση,
 3. δομή των πλαισίων,
 4. έλεγχο λαθών, και
 5. διαχείριση κουπονιού.

- **SMT** είναι το πρότυπο διαχείρισης σταθμών το οποίο προδιαγράφει τις εφαρμογές διαχείρισης του συστήματος για κάθε ένα από τα επίπεδα του FDDI πρωτοκόλλου. Συγκεκριμένα λαμβάνει υπόψη τον έλεγχο που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των σταθμών ενός FDDI δικτύου.

Το *Σχήμα 1.3* που παρουσιάζεται πιο κάτω απεικονίζει το συνολικό FDDI πρωτόκολλο αρχιτεκτονικής το οποίο κάτω από το Link Layer Control (LLC) επίπεδο αποτελείται από 4 μέρη.

1. Medium Access Control (MAC). Έλεγχος πρόσβασης στο μέσο όπως και στο πρότυπο 802 το FDDI MAC επίπεδο είναι μέρος του Data Link Layer (Επίπεδο γραμμής δεδομένων) το οποίο ρυθμίζει την πρόσβαση στο LAN.
2. Physical (PHY). Αυτό είναι το μέρος του Physical layer (φυσικού επιπέδου) το οποίο είναι ανεξάρτητο του μέσου και περιλαμβάνει την κωδικοποίηση ψηφιακών δεδομένων.
3. Physical Medium Dependant (PMD). Μέρος του φυσικού επιπέδου εξαρτώμενο από το μέσο. Χαρακτηρίζει τις παραμέτρους οι οποίες επηρεάζονται, εξαρτώνται από το μέσο του Physical Layer.
4. Station Management (SMT). Έλεγχος σταθμού, παρέχει τον απαραίτητο έλεγχο στο επίπεδο του σταθμού ούτως ώστε να διευθύνει τις διεργασίες που εκτυλίσσονται στα διάφορα FDDI επίπεδα



Σχήμα 1.3 Πρότυπα του πρωτοκόλλου FDDI και η σχέση τους με το OSI

Τα FDDI πρότυπα περιλαμβάνουν αρκετά ξεχωριστά έγγραφα. Προτού προχωρήσουμε, καλό είναι να καταλάβουμε την ανάπτυξη αυτών των

προτύπων στο χρόνο. Η αρχική ιδέα της ανάπτυξης ενός νέου προσαρμοστή για δεδομένα υψηλών ταχυτήτων χρονολογείται τον Οκτώβρη του 1982. Η υποεπιτροπή ANSI X3T12 ήδη προωθούσε ένα παρόμοιο δίκτυο για επικοινωνίες δεδομένων υψηλών ταχυτήτων με χρήση ομοαξονικού καλωδίου. Το δίκτυο αυτό ονομαζόταν local distributed data interface (προσαρμοστής κατανεμημένων δεδομένων για τοπικά δίκτυα). Η υποεπιτροπή ανέπτυξε μια ειδική ομάδα υλοποίησης που είχε αποστολή να εξετάσει εις βάθος τις βασικές σκέψεις που βασίζονταν πάνω στην ίνα. Προτάθηκε τότε, όπως η πιο πάνω ομάδα αρχίσει να εργάζεται μεθοδικά για την ανάπτυξη προτύπων του FDDI για τα επίπεδα φυσικό, σύνδεσης δεδομένων και δικτύου.

Οι αρχικές προτάσεις για το MAC και το φυσικό επίπεδο διατυπώθηκαν το 1983. Το MAC επίπεδο αντιστοιχεί στο χαμηλότερο μισό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του OSI. (Data Link Layer) Η ομάδα υλοποίησης αποφάσισε να αναπτύξει το FDDI MAC με τρόπο που να λειτουργεί κάτω από το πρότυπο IEEE 802.2 (LLC) το οποίο επίσης βρισκόταν υπό ανάπτυξη την συγκεκριμένη περίοδο. Το Logical Link Control αντιστοιχεί στο άνω μισό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του OSI (DLL), και όλα τα MAC σχήματα των προτύπων IEEE 802 είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν κάτω από αυτό. Το FDDI MAC πρωτόκολλο υιοθετήθηκε επίσημα ως ANSI πρότυπο το 1987.

Το 1984, η υποεπιτροπή αναγνώρισε ότι η τεχνολογία ίνας άλλαζε ραγδαία και καθιστούσε σχεδόν αδύνατη την έγκυρη ολοκλήρωση του προτύπου για το φυσικό επίπεδο. Έτσι η επιτροπή αποφάσισε να διαιρέσει το φυσικό επίπεδο σε δύο υποεπίπεδα πρωτοκόλλων. Το PHY αντιστοιχεί στο άνω μισό του φυσικού επιπέδου του OSI και περιγράφει εκείνα τα θέματα του φυσικού επιπέδου που είναι ανεξάρτητα από το μέσο μετάδοσης. Η ανάπτυξη του προτύπου PHY συνεχίστηκε παράλληλα με το MAC πρότυπο για να υιοθετηθεί τελικά από την ANSI το 1988.

Το δεύτερο επίπεδο, το PMD υποεπίπεδο, αντιστοιχεί στο κάτω μισό του φυσικού επιπέδου του OSI, και διαπραγματεύεται θέματα που έχουν να κάνουν με το μέσο μετάδοσης. Το αρχικό πρότυπο γράφτηκε για πολύτροπη οπτική ίνα (multimode fiber) και υιοθετήθηκε το 1990. Στο μεταξύ, το 1987, η ομάδα υλοποίησης αντιλήφθηκε ότι τα όρια στην απόσταση που εισάγει η

πολύτροπη ίνα είναι πολύ περιοριστικά, γι' αυτό άρχισε να εργάζεται πάνω σε ένα μονότροπης οπτικής ίνας PMD (Single Mode Fiber PMD – SMF-PMD).

Αρκετοί χρήστες του FDDI σίγουρα δεν επιθυμούν να υφίστανται τα έξοδα της αγοράς, εγκατάστασης και διαχείρισης των υπηρεσιών του συστήματός τους για μετάδοση της κίνησης με οπτική ίνα. Αντίθετα, θα προτιμούσαν να κάνουν χρήση κάποιων υψηλής ταχύτητας υπηρεσιών μετάδοσης που διατίθενται από προμηθευτές του δημοσίου δικτύου (public network providers). Έτσι, το 1989, η ομάδα υλοποίησης αναγνωρίζοντας ότι το FDDI είχε εφαρμογές που χρησιμοποιούσαν υπηρεσίες του δημοσίου δικτύου, δημιούργησε ένα προσαρμοστή ανάμεσα στο πρωτόκολλο PHY και τα ανερχόμενα από την αφάνεια πρότυπα Synchronous Optical Networks (SONET). Το νέο πρότυπο ήταν εναλλακτικό των υπαρχόντων PMD προτύπων, και επέτρεπε την απευθείας αντιστοίχιση των FDDI μεταδόσεων σε SONET δίκτυα. Ολοκληρώθηκε το 1992.

Το 1984, η επιτροπή αναγνώρισε επίσης τη ανάγκη για ένα ξεχωριστό πρότυπο που θα περιέγραφε θέματα διαχείρισης των σταθμών. Το πρότυπο αυτό όφειλε να εναρμονιστεί με την ήδη εξελισσόμενη δουλειά των IEEE 802.1 και ISO για διαχείριση σταθμών και δικτύων. Με την ανάπτυξη των δικτύων ενοποιημένων υπηρεσιών φωνής και δεδομένων, και συγκεκριμένα το ISDN, η επιτροπή προέβλεψε την ανάγκη για ένα νέο τύπο δικτύου που θα μπορούσε να μεταφέρει αυτό το συνδυασμό δεδομένων κινήσεων. Για το σκοπό αυτό άρχισε να αναπτύσσει σχέδια για ένα δεύτερης γενιάς FDDI, ικανό να μεταφέρει φωνή, εικόνα και video σαν επιπρόσθετες υπηρεσίες στην ήδη υπάρχουσα υπηρεσία δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Αυτό το δεύτερης γενιάς FDDI είναι κοινώς γνωστό ως FDDI II.

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί ότι σχετικά πρόσφατα, κάποιά νέα τεχνολογία που ονομάζεται Copper Distributed Data Interface CDDI (Προσαρμοστής Κατανεμημένων Δεδομένων με Χάλκινο καλώδιο) έχει εμφανισθεί και χρησιμοποιεί χάλκινα καλώδια. Το CDDI παρέχει ταχύτητες της τάξης των 100-Mbps και είναι η υλοποίηση του πρωτοκόλλου FDDI με χάλκινο Unshielded Twisted Pair-UTP (αθωράκιστο συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: FDDI Network Topologies and Configurations

Όπως ακριβώς και στα άλλα δίκτυα , τα δίκτυα FDDI μπορούν να περιγραφούν με όρους από τις φυσικές και λογικές τοπολογίες τους. Οι φυσικές τοπολογίες αναφέρονται σε φυσικούς ορισμούς των σταθμών και της φυσικής τους διασύνδεσης. Η λογική τοπολογία αναφέρεται στο μονοπάτι μεταξύ των οντοτήτων τύπου MAC μέσω των οποίων οι πληροφορίες (τα δεδομένα) περνούν.

Τα δίκτυα FDDI μπορούν να διαχωριστούν με πολλούς τρόπους. Μια configuration ενός δικτύου με σταθμούς διπλής διασύνδεσης μόνο καταλήγει σε ένα φυσικό και λογικό δακτύλιο. Το FDDI επιτρέπει, για περισσότερη προσαρμοστικότητα από αυτή. Για παράδειγμα, όταν προστίθενται concentrators (συγκεντρωτές) στο δίκτυο, δημιουργείται μια διακλαδωμένη τοπολογία δένδρου.

Το FDDI μπορεί να υλοποιηθεί με τις εξής πιο κάτω τοπολογίες:

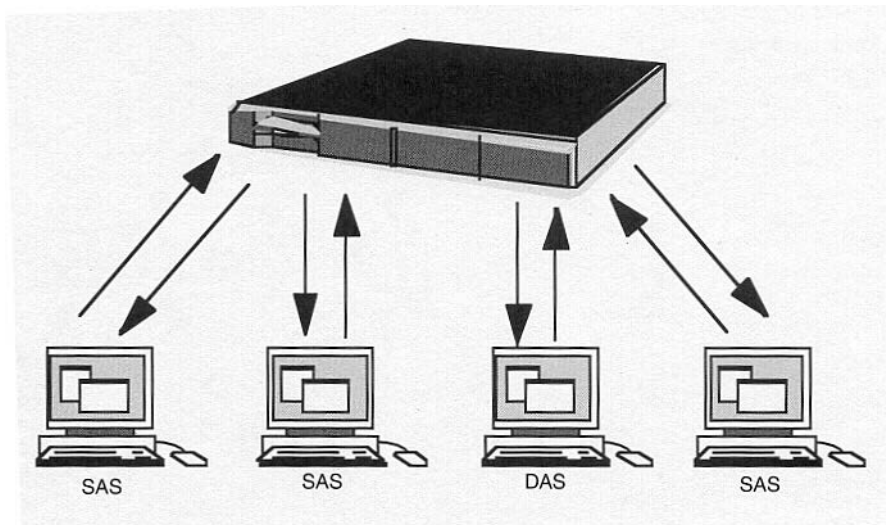
- Ένα backbone υψηλής ταχύτητας που συνδέει, LANs μετρίων ταχυτήτων, όπως αυτά των προτύπων IEEE 802.3 (Ethernet) και IEEE 802.5 (Token Ring).
- Ένα υψηλής ταχύτητας workgroup LAN (δίκτυο εργασίας μίας ομάδας) που διασυνδέει workstations (σταθμούς εργασίας) ή servers (εξυπηρετητές).
- Μία υψηλής ταχύτητας σύνδεση μεταξύ host computers ή host computers με περιφερειακό εξοπλισμό, όμοιο μ' αυτό που υπάρχει σε κέντρα δεδομένων.

Τα πρότυπα του FDDI επιτρέπουν ένα αριθμό από τοπολογίες. Οι πλέον σημαντικές από όλες τις δυνατές τοπολογίες είναι οι πιο κάτω:

- Ένας concentrator (συγκεντρωτής) με συνδεδεμένους σταθμούς (Standalone concentrator with attached stations)
- Διπλός δακτύλιος (dual ring of trees topology)
- Δένδρο από concentrators (tree of concentrators topology)
- Διπλός δακτύλιος από δένδρα (dual ring of trees topology)

4.1 Τοπολογία ενός concentrator (Standalone concentrator with attached stations)

Η τοπολογία ενός concentrator αποτελείται από ένα concentrator και τους συνδεδεμένους πάνω σ' αυτόν σταθμούς (σχήμα 4.1). Οι σταθμοί μπορεί να είναι είτε single-attachment stations (σταθμοί μονής σύνδεσης) είτε dual-attachment stations (σταθμοί διπλής σύνδεσης). Για παράδειγμα, ο concentrator μπορεί να συνδέει πολλές συσκευές (σταθμούς), υψηλών αποδόσεων σε ένα workgroup. Το σχήμα 4.1 παρουσιάζει την τοπολογία ενός ανεξάρτητου workgroup η οποία χρησιμοποιεί την προϋπάρχουσα δομημένη καλωδίωση, έτσι μ' αυτό τον τρόπο αποφεύγονται τα επιπλέον έξοδα εγκατάστασης αφού γίνεται χρήση της ήδη υπάρχουσας καλωδίωσης. Ο λογικός δακτύλιος σχηματίζεται από τους σταθμούς και τον concentrator όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 .Ο δακτύλιος και κατ' επέκταση το token path σχηματίζεται αν ακολουθήσουμε την φορά των βελών στο σχήμα.

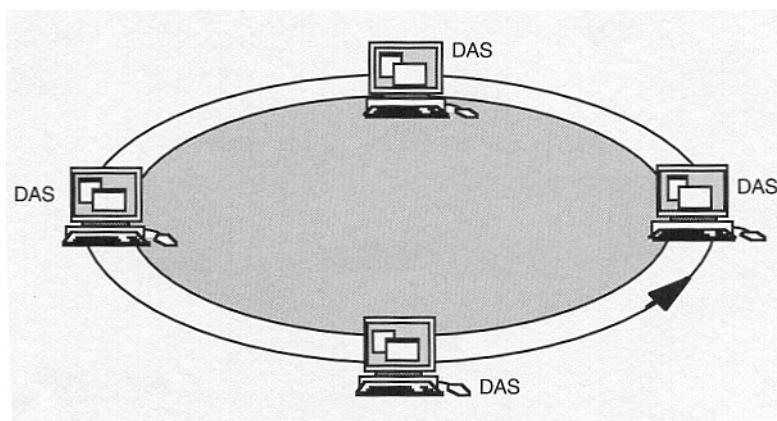


Σχήμα 4.1

4.2 Τοπολογία διπλού δακτυλίου (Dual Ring Topology)

Η τοπολογία του διπλού δακτυλίου αποτελείται από dual-attachment stations (σταθμούς διπλής σύνδεσης) συνδεδεμένους απ' ευθείας στο διπλό δακτύλιο. Η τοπολογία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν υπάρχει ένας σημαντικά μικρός αριθμός από σταθμούς, αυτό φαίνεται και στο *σχήμα 4.2*. Όμως σε ένα διπλό δακτύλιο με DAS (dual-attachment stations – σταθμούς διπλής σύνδεσης) δεν είναι εύκολο να προσθέσουμε, να αφαιρέσουμε ή να αλλάξουμε τη θέση των διαφόρων devices (σταθμών ή άλλων συσκευών). Εφόσον κάθε σταθμός είναι ένα ενεργό κομμάτι των εγκαταστάσεων backbone η συμπεριφορά του κάθε χρήστη, σταθμού στην προκειμένη περίπτωση, είναι κρίσιμη όσο αφορά τη λειτουργία του δακτυλίου. Για παράδειγμα μία απλή πράξη, όπως η αποσύνδεση ενός σταθμού DAS από το δακτύλιο μπορεί να προκαλέσει την διάσπαση του δακτυλίου.

Στη περίπτωση που θα συμβεί μια απλή βλάβη, όπως π.χ. ένας σταθμός δεν λειτουργεί κανονικά, ο διπλός δακτύλιος παρέχει από μόνος του ένα μηχανισμό ο οποίος αποκαθιστά την βλάβη. Ο μηχανισμός αυτός ενώνει τον primary (πρωτεύον) και τον secondary (δευτερεύον) δακτύλιο και έτσι σχηματίζεται ένας καινούριος λογικός δακτύλιος ο οποίος αποκαθιστά την επικοινωνία μεταξύ όλων των σταθμών που παραμένουν σε λειτουργία. Πολλαπλές βλάβες όμως έχουν σαν αποτέλεσμα να καταλήξουμε σε δύο ή και περισσότερους τμηματικούς λογικούς δακτυλίου. Ο κάθε ένας από αυτούς είναι πλήρως λειτουργικός μόνο για του σταθμούς που περιλαμβάνει αλλά ο κάθε ένας από αυτούς δεν μπορεί να επικοινωνήσει με κανένα από τους άλλους τμηματικούς δακτυλίου. Έτσι σε περίπτωση διπλής βλάβης, σε αυτή τη συγκεκριμένη τοπολογία, το πιθανότερο είναι ότι όλοι οι σταθμοί δεν θα μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, ο διπλός δακτύλιος πρέπει να χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μικρή πιθανότητα να υπάρχουν βλάβες στις συνδέσεις του δικτύου.



Σχήμα 4.2

4.3 Τοπολογία δένδρου από concentrators (Tree of concentrators topology)

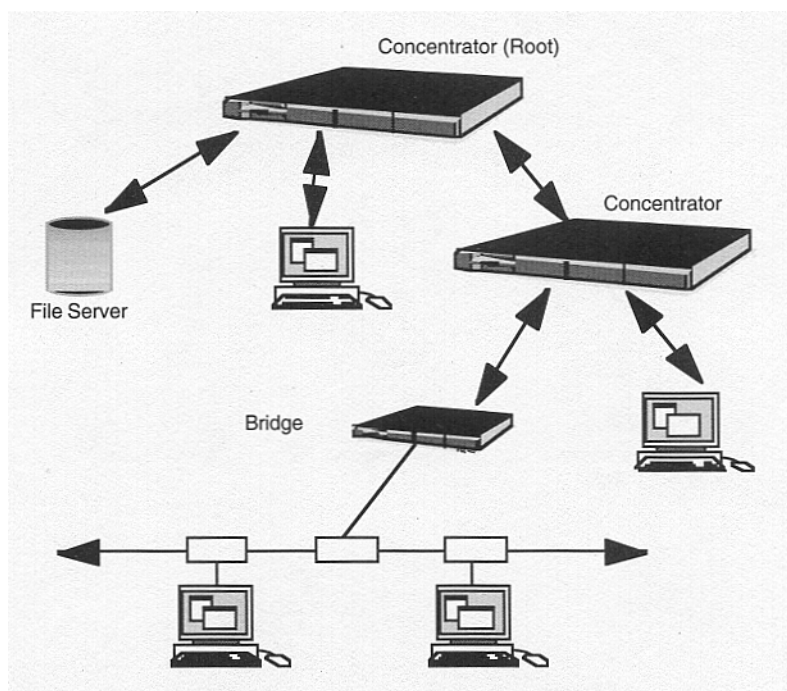
Η τοπολογία δένδρου concentrators χρησιμοποιείται ευρέως ιδιαίτερα όταν πρέπει να συνδέσουμε μεγάλες ομάδες από διάφορες συσκευές χρηστών (σταθμούς, διάφορους εξυπηρετητές, περιφερειακά, δικτυακές συσκευές, κ.α.). Οι concentrators διασυνδέονται σε τοπολογία ιεραρχικού αστέρα, με ένα concentrator να λειτουργεί σαν ρίζα (root) στο ιεραρχικό δένδρο. Στην υλοποίηση (configuration-συνδεσμολογία) αυτή, ένας FDDI concentrator λειτουργεί σαν root, όπως στο *σχήμα 4.3*. Από τον root concentrator φεύγουν καλώδια τα οποία φτάνουν στους SAS (single-attachment stations – σταθμούς μονής σύνδεσης), στους DAS (dual-attachment stations – σταθμούς διπλής σύνδεσης) και στους άλλους concentrators. Η τοπολογία αυτή παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία όσο αφορά λειτουργίες όπως την πρόσθεση ή αφαίρεση concentrators ή σταθμών στο δίκτυο, ή ακόμα και μετακινήσεις τέτοιων συσκευών χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου FDDI.

Επιπρόσθετοι concentrators μπορούν να συνδεθούν στο δεύτερο επίπεδο των concentrators, αν αυτό είναι απαραίτητο, για να μπορούν να εξυπηρετηθούν περισσότεροι χρήστες. Η τοπολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδεθούν όλοι οι σταθμοί και οι συσκευές σε ένα κτίριο ή ένας μεγάλος αριθμός σταθμών και συσκευών σε ένα όροφο ενός κτιρίου.

Η τοπολογία δένδρου με concentrators μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ιδιαίτερη επιτυχία κάπου που ήδη υπάρχουν δομημένα συστήματα καλωδίωσης. Επίσης η τοπολογία αυτή επιτρέπει στους διαχειριστές των δικτύων να ελέγχουν αποδοτικότερα και πιο εύκολα την πρόσβαση των τελικών χρηστών στο δίκτυο. Χαρακτηριστικό της τοπολογίας αυτής είναι ότι τυχών βλάβες που παρουσιάζονται σε διάφορα συστήματα, μπορούν εύκολα

να αποκατασταθούν, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του δικτύου, απλά αποσυνδέοντας την συσκευή που παρουσίασε βλάβη από τον concentrator.

Ο διαχειριστής δικτύου μπορεί επίσης να έχει πρόσβαση στον concentrator απομακρυσμένο σημείο (remote access) και να παρακάμψει (bypass) την συσκευή που παρουσίασε βλάβη, αυτό γίνεται καθαρά μέσω λογισμικού.

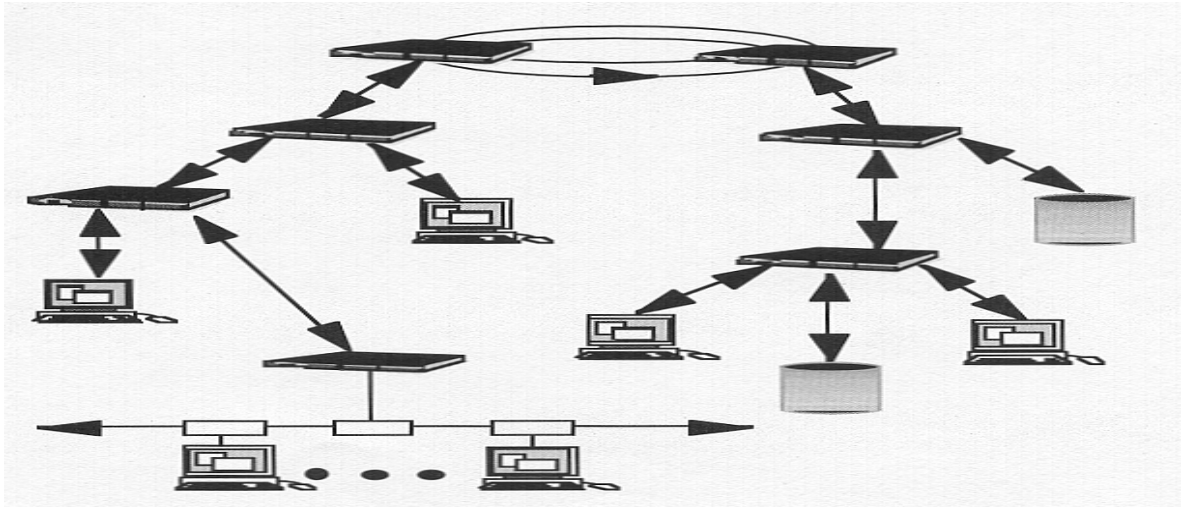


Σχήμα 4.3

4.4 Τοπολογία διπλού δακτυλίου με δένδρα (Dual ring of trees topology)

Η τέταρτη τοπολογία η οποία περιγράφεται στα πρότυπα του FDDI είναι αυτή του dual ring of trees (διπλός δακτύλιος με δένδρα). Στη τοπολογία αυτή, κάποιοι concentrators ξεχωρίζονται από τους άλλους και αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία από concentrators, αυτοί συνδέονται σε ένα διπλό δακτύλιο, όπως φαίνεται στο *σχήμα 4.4*. Όταν σχεδιάζουμε ένα FDDI LAN και χρησιμοποιούμε αυτή τη τοπολογία φροντίζουμε να τοποθετούμε τον διπλό δακτύλιο όπου χρειάζεται περισσότερο (δηλαδή εκεί που θα είναι πιο αποδοτικός και πιο χρήσιμος από όλες τις απόψεις). Συνήθως ο διπλός δακτύλιος χρησιμοποιείται σαν backbone του όλου του δικτύου.

Σε σχέση με όλες τις προηγούμενες προτεινόμενες τοπολογίες, η τοπολογία του διπλού δακτυλίου με δένδρα είναι η ενδεικνυόμενη τοπολογία για δίκτυα FDDI. Παρέχει μεγάλο βαθμό ανοχή σε βλάβες (fault-tolerance) και αυξάνει χρησιμότητα του backbone δακτυλίου. Επίσης η τοπολογία του dual ring of trees είναι και η πιο ευέλικτη τοπολογία. Τα δένδρα διακλαδίζονται απλά προσθέτοντας concentrators οι οποίοι συνδέονται με τον δακτύλιο διάμεσο των concentrators του υψηλότερου επιπέδου που είναι ήδη συνδεδεμένοι στον δακτύλιο. Οι διακλαδώσεις μπορούν να επεκταθούν όσο χρειάζεται εφόσον όμως δεν υπερβαίνουμε τον μέγιστο αριθμό των σταθμών που επιτρέπονται ή δεν υπερβαίνουμε το μέγιστο επιτρεπτό όριο μεταξύ δύο γειτονικών συσκευών στο δακτύλιο. Οι σταθμοί που συνδέονται στους concentrators του διπλού δακτυλίου ή οι σταθμοί που συνδέονται στην τοπολογία δένδρου μπορούν να αφαιρεθούν από το δίκτυο FDDI απλά και με εύκολο τρόπο.



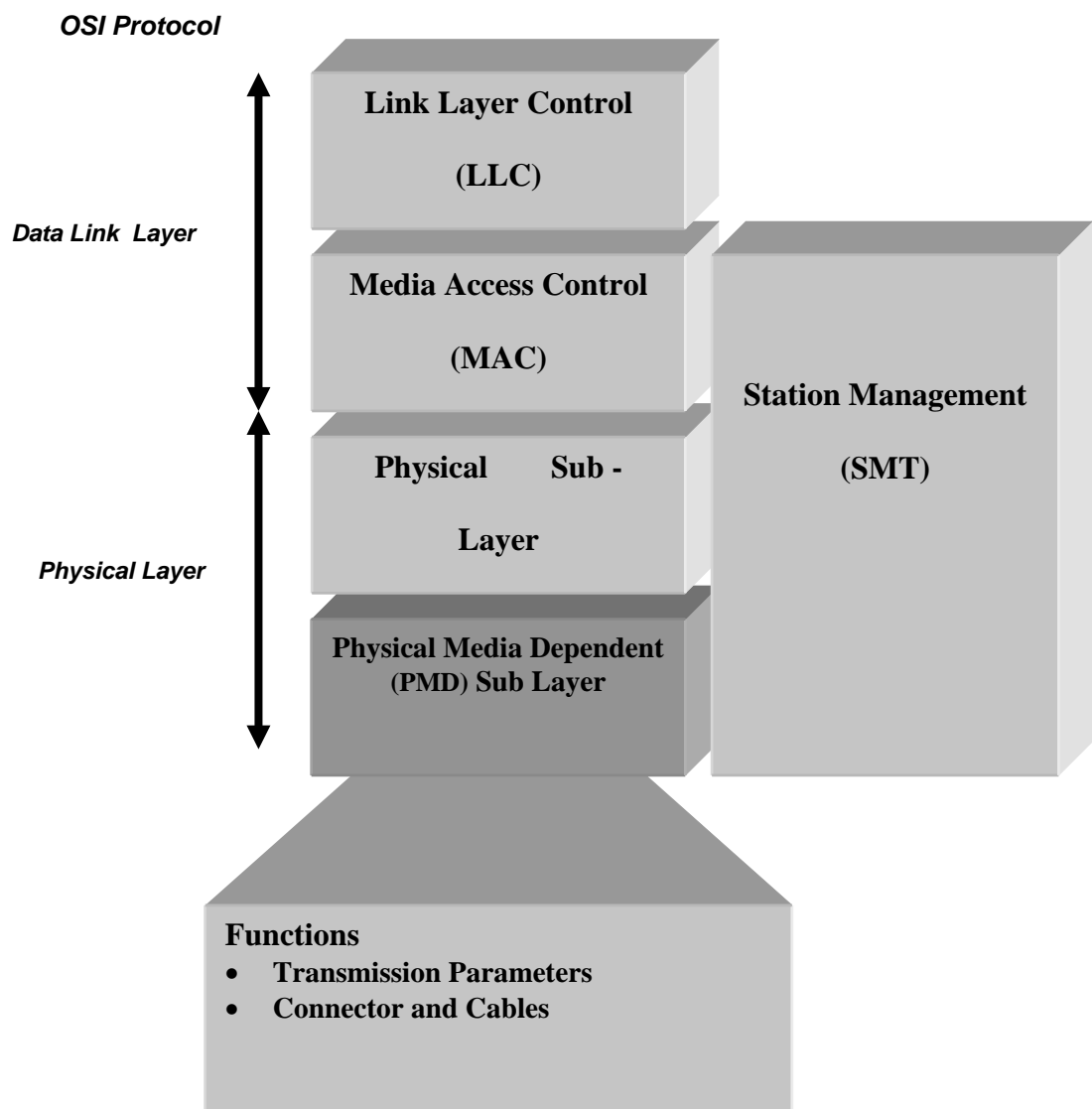
Σχήμα 4.4

Οι concentrators μπορούν εύκολα να παρακάμψουν ανενεργούς σταθμούς ή τους σταθμούς που έχουν βλάβη ή η λειτουργία τους δεν είναι επιθυμητή, χωρίς να επηρεάσουν τη λειτουργία και τη απόδοση του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

FDDI

Η προηγούμενη ενότητα εισήγαγε το μοντέλο του πρωτοκόλλου FDDI. Εδώ, θα διερευνήσουμε τις διαφορετικές συνιστώσες του FDDI καθώς και τις υπηρεσίες τους (**PMD**, **PHY**, **MAC** και **SMT**). Όπως έχει ήδη αναφερθεί το χαμηλότερο επίπεδο του OSI μοντέλου αναφοράς είναι το φυσικό. Το επίπεδο αυτό ορίζει τη μετάδοση των bits στο φυσικό μέσο. Τα πρότυπα του FDDI υποδιαιρούν αυτό το φυσικό επίπεδο στα εξής δύο υποεπίπεδα : PMD και PHY. Με τη σειρά τους, αυτά τα δύο υποεπίπεδα διαχωρίζουν τις λεπτομέρειες που αφορούν το φυσικό μέσο και τη μετάδοση σε δύο ξεχωριστά τμήματα.



Σχήμα 2.1.1 Physical Medium Functions

2.1 Physical Layer Medium Dependent (Τμήμα φυσικού επιπέδου που εξαρτάται από το μέσο)

Το FDDI έχει προτυποποιήσει δύο PMDs. Όπως φαίνεται στο *σχήμα 2.1.1* τα πρότυπα αυτά καθορίζουν τους τρόπους με τους οποίους α) οι κόμβοι (σταθμοί) συνδέονται φυσικά στο δακτύλιο του FDDI και β) οι σταθμοί διασυνδέονται φυσικά στο δίκτυο με χρήση κάποιου μέσου (π.χ. οπτική ίνα ή καλώδιο χαλκού).

Οι τέσσερις τύποι PMDs είναι οι ακόλουθοι:

- **PMD**. Χρησιμοποιεί πολύτροπες ίνες και πηγές φωτός διόδους φωτοεκπομπής (**LED's**). Είναι ο πρώτος τύπος που αναπτύχθηκε από την ANSI.
- **SMF-PMD** (Single Mode Fiber - PMD). Χρησιμοποιεί μονότροπες ίνες και διόδους laser. Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση σταθμών που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής (2km) που επιβάλλει το PMD.
- **LCF-PMD** (Low Cost Fiber PMD). Είναι υπό ανάπτυξη. Χρησιμοποιεί πολύτροπες ίνες και LEDs. Είναι ικανός να διασυνδέσει σταθμούς που βρίσκονται σε απόσταση 500m. Θεωρείται ότι θα προσφέρει μια εναλλακτική λύση χαμηλότερου κόστους έναντι του PMD.
- **TP-PMD** (Twisted Pair PMD). Είναι υπό ανάπτυξη. Θα μπορεί να λειτουργήσει πάνω από μέσα χάλκινων καλωδίων – θωρακισμένα συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών (shielded twisted pair), και μερικές κατηγορίες αθωράκιστων συνεστραμμένων ζευγών (unshielded twisted pair). Αναμένεται όπως η απόσταση μετάδοσης των σταθμών θα έχει άνω όριο τα 100m.

Για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών, αρχικά μετατρέπονται τα bits δεδομένων σε σήματα, και στη συνέχεια τα σήματα αυτά μεταδίδονται

μέσο του καλωδίου που συνδέει τους σταθμούς. Τα πρότυπα PMD καθορίζουν όλα τα θέματα που έχουν να κάνουν με τη φυσική μετάδοση τη δεδομένων :

- Οπτικοί και ηλεκτρικοί πομποί και δέκτες
- Οπτική ίνα ή χάλκινο καλώδιο
- Media Interface Connector (Συνδετήρες προσαρμογής στο μέσο)
- Optical bypass relay (Οπτική αναμετάδοση σταθμών με παρακάμψεις).

2.1.1 Μέσα μετάδοσης

Το FDDI χρησιμοποιεί ως πρωτεύον μέσο μετάδοσης οπτική ίνα αλλά είναι επίσης δυνατό να υλοποιηθεί με χάλκινη καλωδίωση. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, το FDDI με χάλκινη καλωδίωση αναφέρεται ως Copper-Distributed Data Interface (CDDI). Η οπτική ίνα έχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα χάλκινα καλώδια. Συγκεκριμένα, η οπτική ίνα εξασφαλίζει ασφάλεια, αξιοπιστία, και απόδοση επειδή στην οπτική ίνα δεν εκπέμπονται ηλεκτρικά σήματα. Ένα φυσικό μέσο στο οποίο εκπέμπονται ηλεκτρικά σήματα (χαλκός) θα μπορούσε να μεταλλάξει τα ηλεκτρικά σήματα και επομένως θα μπορούσε να επιτρέψει μη – εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στα δεδομένα που διακινούνται στο μέσο. Επιπρόσθετα, την οπτική ίνα δεν την επηρεάζουν ηλεκτρικά σήματα από παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων (RFI) και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI) Η οπτική ίνα από παλιά έχει υποστηρίξει πολύ υψηλότερο εύρος ζώνης συγκριτικά με το χάλκινο καλώδιο, παρόλο που πρόσφατες τεχνολογικές πρόοδοι έχουν καταστήσει το χαλκό ικανό να μεταδώσει στα 100 Mbps. Τέλος, το FDDI επιτρέπει μέγιστη δυνατή απόσταση δύο χιλιομέτρων μεταξύ σταθμών χρησιμοποιώντας multi-mode optic fiber (πολύτροπη οπτική ίνα), και ακόμη πιο μεγάλες αποστάσεις (20 km) χρησιμοποιώντας single-mode optic fiber (μονότροπη οπτική ίνα).

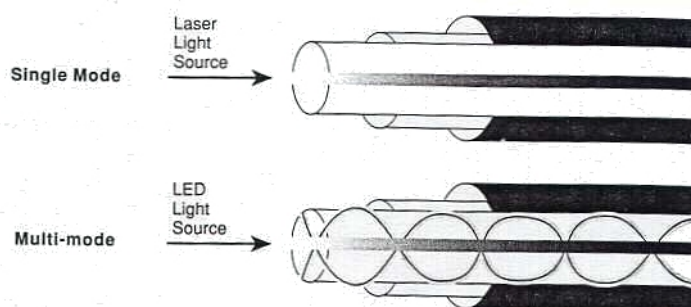
Το FDDI καθορίζει δύο τύπους οπτικής ίνας : single-mode and multi-mode. Το mode καθορίζει τον τρόπο και το είδος της ακτίνας φωτός η οποία εισέρχεται στην ίνα υπό συγκεκριμένη γωνία. Η multi-mode ίνα χρησιμοποιεί LEDs ως το μηχανισμό παραγωγής φωτός, ενώ η single-mode ίνα γενικά χρησιμοποιεί Laser .

Η multi-mode οπτική ίνα επιτρέπει πολλαπλά modes (μήκη κύματος) φωτός να διαδοθούν διαμέσου της ίνας. Επειδή αυτά τα modes φωτός εισέρχονται στην οπτική ίνα υπό διαφορετικές γωνίες, θα φτάσουν στο τέρμα

της οπτικής ίνας σε διαφορετικό χρόνο. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι γνωστό ως modal dispersion. Το modal dispersion περιορίζει το εύρος ζώνης και τις αποστάσεις μεταξύ των σταθμών που μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση multi-mode οπτικών ινών. Για αυτό το λόγο, η multi-mode οπτική ίνα χρησιμοποιείται γενικά για σύνδεση μέσα σε ένα κτίριο ή μέσα σε ένα σχετικά περιορισμένο γεωγραφικά περιβάλλον.

Η single-mode οπτική ίνα επιτρέπει μόνο ένα mode (μήκος κύματος) φωτός να διαδοθεί διαμέσου της οπτικής ίνας. Επειδή χρησιμοποιείται μόνο ένα single-mode φωτός, το modal dispersion δεν συμβαίνει στη single-mode οπτική ίνα. Για αυτό το λόγο, το single-mode είναι ικανό να επιτύχει αρκετά υψηλότερη απόδοση σύνδεσης και για πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, πράγμα το οποίο εξηγεί γιατί χρησιμοποιείται γενικά για τη σύνδεση μεταξύ κτιρίων και μέσα σε περιβάλλοντα τα οποία είναι πολύ διασκορπισμένα γεωγραφικά.

Το *σχήμα 2.1.2* απεικονίζει τη single-mode οπτική ίνα χρησιμοποιώντας μια πηγή φωτός laser και τη multi-mode ίνα χρησιμοποιώντας a light-emitting diode (LED) πηγή φωτός.



Σχήμα 2.1.2

2.1.2 Physical Medium Specification (Προδιαγραφές φυσικού μέσου)

Το πρότυπο του FDDI καθορίζει ένα δακτύλιο οπτικής ίνας με ρυθμό δεδομένων τον 100Mbps, χρησιμοποιώντας ένα σχήμα **NRZI 4B/5B** κωδικοποίησης όπως περιγράψαμε προηγουμένως. Το μήκος κύματος που καθορίζεται για μετάδοση δεδομένων είναι 1300 nm .Η προδιαγραφή υποδεικνύει τη χρήση multimode οπτικής ίνας για μετάδοση, παρ' όλο που τα σημερινά δίκτυα μεγάλων αποστάσεων εξαρτώνται κυρίως από single-mode οπτική ίνα η οποία απαιτεί γενικά τη χρήση laser σαν πηγές φωτός, σε αντίθεση με τα πιο φθηνά και λιγότερο ισχυρά διόδους εκπομπής φωτός (LED's) που είναι ικανοποιητικά για τις απαιτήσεις του FDDI. Οι διαστάσεις τις οπτικής ίνας καθορίζονται σε σχέση με τη διάμετρο του πυρήνα της ίνας και την εξωτερική διάμετρο, δηλ. την επιφάνεια επικάλυψης η οποία περικλείει τον πυρήνα. Ο συνδυασμός που καθορίζεται στο πρότυπο είναι 62.5/125μm .Τα εναλλακτικά που προτείνονται είναι 50/125, 82/125 και 100/140μm. Γενικά μικρότερες διαστάσεις προσφέρουν την δυνατότητα μεγαλύτερου bandwidth αλλά και μεγαλύτερες απώλειες στους συνδέσμους.

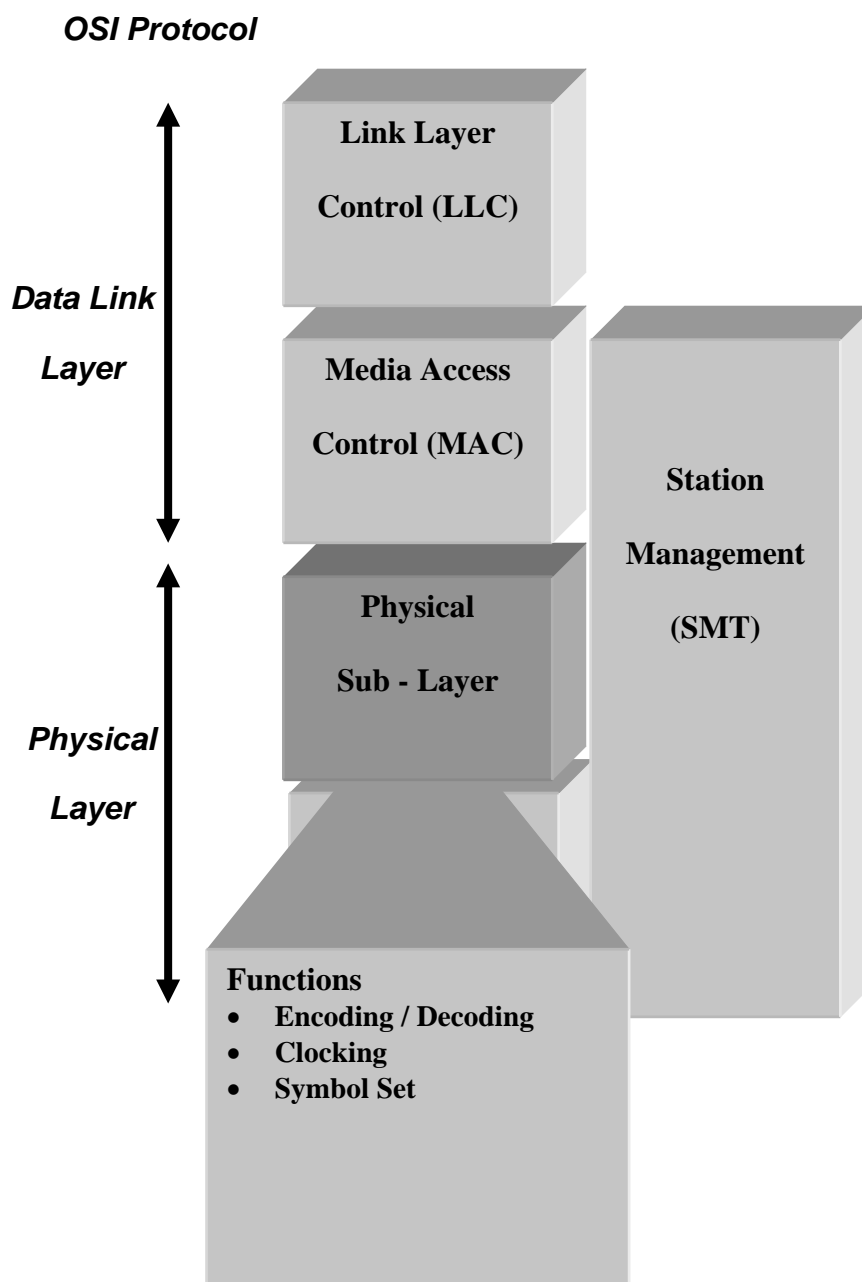
2.2 PHY - Physical Layer (Πρωτόκολλο φυσικού επιπέδου)

Το πρότυπο PHY (βλέπε σχήμα 2.2.1) καθορίζει τα μέρη του φυσικού επιπέδου που είναι ανεξάρτητα από το μέσο. Έτσι καινούρια μέσα, όπως τα συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς αλλαγή των παραμέτρων του PHY.

Το πρωτόκολλο του φυσικού επιπέδου παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες :

- Ανάκτηση ρολογιού και δεδομένων : Ανακτά το σήμα ρολογιού από τα εισερχόμενα δεδομένα.
- Διαδικασία κωδικοποίησης / αποκωδικοποίησης : Μετατρέπει τα δεδομένα από το MAC υποεπίπεδο σε μια ειδική φόρμα για μετάδοση στον FDDI δακτύλιο.

- Σύμβολα : Είναι οι μικρότερες οντότητες σήματος που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών. Κάθε σύμβολο κωδικοποιείται με 5 bits.
- Ελαστικός καταχωρητής : Είναι υπεύθυνο για την ανεκτικότητα του ρολογιού μεταξύ των σταθμών.
- Συνάρτηση ομαλοποίησης : Προλαβαίνει το χάσιμο των πλαισίων που οφείλεται σε σμίκρυνση των preambles (για τα preambles βλ. δομή πλαισίων στο παράρτημα Α)
- Φίλτρο επανεκπομπής : Εμποδίζει τη διάδοση καταστραμμένων κωδικών και άκυρων καταστάσεων γραμμής



Σχήμα 2.2.1 Physical sub layer functions

2.2.1 Προδιαγραφές φυσικού επιπέδου (*Physical Layer Specifications*)

Οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου για FDDI περιλαμβάνουν ένα μέρος που είναι ανεξάρτητο του μέσου (φορέα) και ένα μέρος το οποίο εξαρτάται από το μέσο .

Στο μέρος που είναι ανεξάρτητο του μέσου γίνεται αναφορά στην κωδικοποίηση των δεδομένων (data encoding) και την απόκλιση-ταραχή (jitter) χρονισμού.

Εξετάζουμε αυτά τα δυο σημεία:

◆ **Data Encoding (Κωδικοποίηση δεδομένων).**

Τα ψηφιακά δεδομένα ως γνωστό πρέπει να κωδικοποιηθούν σε μια μορφή για μετάδοση ως σήμα. Ο τύπος της κωδικοποίησης θα εξαρτηθεί από τη φύση του μέσου μετάδοσης, τον αριθμό δεδομένων και άλλους περιορισμούς όπως το κόστος. Η οπτική ίνα είναι στην ουσία αναλογικό μέσο .Σήματα μπορεί να μεταδοθούν μόνο στο πεδίο της συχνότητας του φωτός. Γι' αυτό το λόγο θα αναμέναμε τη χρήση μιας από τις γνωστές τεχνικές κωδικοποίησης ψηφιακό σε αναλογικό (ASK, FSK, PDSK). Το FSK και PSK είναι δύσκολο να υλοποιηθούν σε ψηλούς ρυθμούς δεδομένων και τα οπτικό-ηλεκτρικά μηχανήματα θα ήταν πολύ ακριβά και αναξιόπιστα.

Με amplitude – shift – keying (ASK) γίνεται χρήση σήματος σταθερής συχνότητας και 2 διαφορετικά επίπεδα σήματος χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν δυο δυαδικές τιμές 0,1. Στην απλή περίπτωση μια τιμή παριστάνεται με την απουσία του φορέα (σήματος) και η άλλη τιμή με την παρουσία του, σε σταθερό πλάτος. Αυτή η τεχνική αποκαλείται συχνά intensity modulation (διαμόρφωση έντασης). Η διαμόρφωση έντασης προσφέρει ένα απλό μέσο για κωδικοποίηση ψηφιακών δεδομένων προς μετάδοση μέσω οπτικής ίνας. Ένα δυαδικό 1 μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα καταιγισμό ή από ένα παλμό από φως και ένα δυαδικό 0 με την απουσία οπτικής ενέργειας. Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι η έλλειψη συγχρονισμού. Επειδή η μετάβαση στην ίνα είναι απρόβλεπτη δεν υπάρχει τρόπος να συγχρονίσει ο παραλήπτης το χρονιστή του με αυτό του αποστολέα. Η λύση σ' αυτό το πρόβλημα είναι να κωδικοποιούμε πρώτα τα

δυναμικά δεδομένα για να εξασφαλιστεί η παρουσία μετάβασης και μετά να διοχετεύσουμε τα κωδικοποιημένα δεδομένα στο οπτικό μέσο για μετάδοση. Για παράδειγμα τα δεδομένα θα μπορούσαν πρώτα να κωδικοποιηθούν χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση Manchester, οι υψηλοί και χαμηλοί κώδικες θα μπορούσαν να μεταδοθούν σαν παρουσία και απουσία φωτός αντίστοιχα. Αυτό είναι στη πραγματικότητα ένας γενικός τρόπος τεχνικής σήμανσης η οποία χρησιμοποιείται για μετάδοση σε οπτική ίνα, για παράδειγμα χρησιμοποιείται στις προδιαγραφές **IEEE 802.4** για οπτική ίνα. Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι η αποδοτικότητα είναι μόνο 50%. Αυτό γιατί μπορεί να υπάρχουν το πολύ δυο μεταδώσεις αν bit time ,ένας ρυθμός σήμανσης της τάξης των 200 εκατομμυρίων στοιχείων σήματος το δευτερόλεπτο (200 Mbaud) απαιτείται για να επιτευχθεί ρυθμός δεδομένων 100Mbps. Στο ψηλό ρυθμό δεδομένων του FDDI αυτό αποτελεί αχρείαστο κόστος και μια τεχνική επιβάρυνση στο σχεδιασμό.

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη αποδοτικότητα το πρότυπο του FDDI καθορίζει τη χρήση ενός κώδικα που αναφέρεται σαν 4B/5B .Σ' αυτό το σχήμα η κωδικοποίηση γίνεται ανά 4 bits κάθε φορά, κάθε 4 bits δεδομένων κωδικοποιούνται σε ένα σύμβολο με 5 cells τέτοιο ώστε κάθε cell να περιέχει ένα μοναδικό στοιχείο σήματος (παρουσία η απουσία φωτός). Για να επιτευχθεί αυτό κάθε ομάδα των 4 bits κωδικοποιείται σε 5 bits .Η αποδοτικότητα τότε ανεβαίνει στο 80% : 100Mbps επιτυγχάνεται με 125Mbaud.

Δεκαδική Τιμή	Κώδικας	Σύμβολο
---------------	---------	---------

Σύμβολα Κατάστασης Γραμμής

00	00000	<i>Q</i>	<i>Quiet</i>
31	11111	<i>I</i>	<i>Idle</i>
04	00100	<i>H</i>	<i>Halt</i>

Οριοθέτης Αρχής

24	11000	<i>J</i>	
17	10001	<i>K</i>	

Σύμβολα Δεδομένων

Δεκαδικό	Δυαδικό			
30	11110	0	0	0000
09	01001	1	1	0001
20	10100	2	2	0010
21	10101	3	3	0011
10	01010	4	4	0100
11	01011	5	5	0101
14	01110	6	6	0110
15	01111	7	7	0111
18	10010	8	8	1000
19	10011	9	9	1001
22	10110	A	A	1010
23	10111	B	B	1011
26	11010	C	C	1100
27	11011	D	D	1101
28	11100	E	E	1110
29	11101	F	F	1111

Οριοθέτης Τέλους

13	01101	Ta	
----	-------	----	--

Ενδείκτες Ελέγχου

07	00111	R	
25	11001	S	









Μη Έγκυρες λέξεις Κώδικα (*)


















01	00001	V ή H	Οι κωδικές αυτές λέξεις δεν πρέπει να μεταδίδονται. Εάν πάντως ληφθούν, οι κώδικες 01, 02, 08 και 16 ερμηνεύονται σαν 'αναστολή' (HALT)
02	00010	V ή H	
03	00011	V	
05	00101	V	
06	00110	V	
08	01000	V ή H	
12	01100	V	
16	10000	V ή H	



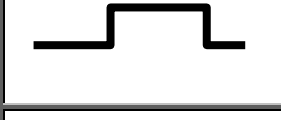




Πίνακας 2.2.1

Για να γίνει κατανοητό πως η κωδικοποίηση 4B/5B επιτυγχάνει συγχρονισμό πρέπει να γνωρίζουμε ότι υπάρχει και δεύτερο στάδιο κωδικοποίησης : κάθε cell της συνεχής ροής μεταχειρίζεται σαν δυαδική τιμή και κωδικοποιείται χρησιμοποιώντας **Non Return to Zero Inverted (NRZI)** (Μη επιστροφής στο μηδέν με αναστροφή στις μονάδες) όπως στο *πίνακα 4.2.1*.

Σ' αυτό τον κώδικα ένα δυαδικό 1 απεικονίζεται με μια μετάβαση στην αρχή του bit διαστήματος και δυαδικό 0 απεικονίζεται χωρίς μετάβαση στην αρχή του bit διαστήματος, δεν υπάρχουν άλλες μεταβάσεις. Το πλεονέκτημα του NRZI είναι ότι εφαρμόζει διαφορετική κωδικοποίηση : δηλ. το σήμα αποκωδικοποιείται συγκρίνοντας την πολικότητα του σήματος αντί της απόλυτης τιμής του σήματος. Ένα πλεονέκτημα αυτού του σχήματος είναι ότι είναι γενικά πιο αξιόπιστο να εντοπίζεις μια μετάβαση στην παρουσία θορύβου και παραμορφώσεων παρά να συγκρίνεις μια τιμή με ένα κατώφλι. Αυτό βοηθά στη βασική αποκωδικοποίηση του σήματος αφού έχει μετατραπεί πίσω από οπτικό σε ηλεκτρικό σήμα .

Code Group	NRZI Pattern	Symbol	Assignment
00000		Q	Quiet
11111		I	Idle
00100		H	Halt
11000		J	1 st of sequential SD
10001		K	2 nd of sequential SD
11110		0	0000
01001		1	0001
10100		2	0010

10101		3	0011
01010		4	0100
01011		5	0101
01110		6	0110
01111		7	0111
10010		8	1000
10011		9	1001
10110		A	1010
10111		B	1011
11010		C	1100
11011		D	1101
11100		E	1110
11101		F	1111
01101		T	Used to terminate data stream
00111		R	Denoting logical ZERO (reset)
11001		S	Denoting logical ONE (set)
00001		V or H	Violation or Halt

00010		V or H	Violation or Halt
00011		V	Violation
00101		V	Violation
00110		V	Violation
01000		V or H	Violation or Halt
01100		V	Violation
10000		V or H	Violation or Halt

Πίνακας 2.2.2

Τώρα είμαστε σε θέση να περιγράψουμε τη 4B/5B κωδικοποίηση και να κατανοήσουμε τις επιλογές που είχαν γίνει. Ο πίνακας 2.2.2 δείχνει κωδικοποίηση συμβόλων που χρησιμοποιείται στο FDDI.

Κάθε δυνατή μορφή των cell περιγράφεται, σε συνδυασμό με το NRZI. Αφού κωδικοποιούμε 4 bits με ένα μοτίβο των 5 bits, μόνο 16 από τις 32 δυνατές μορφές χρειάζονται για κωδικοποίηση δεδομένων. Οι κώδικες που επιλέχθηκαν για να συμβολίζουν τα 16 4-bit μπλοκ δεδομένων είναι τέτοια ώστε μια μετάβαση παρουσιάζεται τουλάχιστον 2 φορές για κάθε 5 cell κωδικό. Δοθέντος μιας NRZI δομής δεν επιτρέπονται περισσότερα από 3 μηδενικά ανά γραμμή.

Το σχήμα κωδικοποίησης του FDDI μπορεί να συνοψιστεί ως εξής :

1. Απορρίπτεται η κωδικοποίηση με απλή διαμόρφωση έντασης γιατί δεν υπάρχει συγχρονισμός, μια σειρά από μηδέν και άσους δεν θα είχαν μεταβάσεις.

2. Τα δεδομένα τα οποία θα μεταδοθούν πρέπει πρώτα να κωδικοποιηθούν ώστε να εξασφαλίζεται η μετάβαση. Η 4B/5B κωδικοποίηση επιλέγεται αντί του Manchester γιατί είναι πιο αποτελεσματικός .
3. Η 4B/5B κωδικοποίηση κωδικοποιείται επί πλέον (ξανά) χρησιμοποιώντας NRZI (Μη επιστροφής στο μηδέν με αναστροφή στις μονάδες) έτσι ώστε προκύπτουν διαφορικό σήμα να βελτιώσει την αξιοπιστία λήψης.
4. Τα συγκεκριμένα δείγματα των 5-bit που επιλέχθηκαν για την κωδικοποίηση των 16 4-bit (τετρά μπιτων) δεδομένων έγινε για να εγγυηθεί ότι δεν θα υπάρχουν περισσότερα από 3 μηδενικά σε μια σειρά και να εξασφαλιστεί επαρκής συγχρονισμός .

Μόνο 16 από τις 32 δυνατές μορφές των 5-cells χρειάζονται για να εκφράζουν τα δεδομένα εισόδου. Οι υπόλοιπες δυνατές μορφές των cells είτε δηλώνονται άκυρα (Invalid) ή τους προσδιορίζεται μια ειδική έννοια σαν σύμβολα ελέγχου. Αυτές οι αναθέσεις σαν ειδικά σύμβολα ελέγχου καταγράφονται στον *πίνακα 2.2.2*.

Τα σύμβολα μη δεδομένων (Non data) χωρίζονται στις εξής κατηγορίες

- **Line State Symbols** (Σύμβολα κατάστασης γραμμής) : Το Q δηλώνει την απουσία οποιασδήποτε μετάβασης και την απώλεια ικανότητας ανάκτησης χρονισμού. Το Halt υποδεικνύει μια αναγκαστική λογική διακοπή σε ενεργή κατάσταση καθώς διατηρείται η DC ισορροπία και δυνατότητα χρονισμού. Το I σύμβολο χρησιμοποιείται στην απορρόφηση πλαισίων. Όταν ένα πλαίσιο επιστρέψει στο δημιουργό σταθμό ο σταθμός του αφαιρεί τα δεδομένα (του πλαισίου) με τη μετάδοση I 's αμέσως μετά το πεδίο αναγνώρισης του (δηλ. μετά το πεδίο που περιέχει τη διεύθυνση της πηγής) αντί να επαναλάβει το πλαίσιο. Με παρόμοιο τρόπο απορροφάτε ένα κουπόνι από ένα σταθμό με τη μετάδοση I 's μετά την διαπίστωση ότι το εισερχόμενο πλαίσιο είναι κουπόνι .
- **Starting Delimiter** (Χαρακτήρας Αρχής) : Το πεδίο του χαρακτήρα αρχής αποτελείται από ζεύγος συμβόλων J και K τα οποία καθορίζουν την αρχή ενός πλαισίου .
- **Ending Delimiter** (Χαρακτήρας τέλους) : Το πεδίο του χαρακτήρα τέλους αποτελείται από ένα ή δυο T σύμβολα τα οποία καθορίζουν το τέλος του πλαισίου εκτός αν υπάρχει frame status πεδίο.

- **Control Indicators** (Δείκτες ελέγχου) : Τα R και S σύμβολα χρησιμοποιούνται στο πεδίο του frame status για να καθορίσουν την παρουσία ή την απουσία μιας συνθήκης.
- **Invalid Code Assignments** : Τα υπόλοιπα σύμβολα ορίζονται σαν violation (V) (σύμβολα παραβίασης), μερικά από τα οποία μπορεί να αναγνωριστούν σαν εκτός σειράς H σύμβολα.

◆ **Timing Jitter (Απόκλιση χρονισμού).**

Ορίζεται σαν η απόκλιση στο συγχρονισμό το οποίο μπορεί να προκύψει όταν ο παραλήπτης επιχειρεί να ανακτήσει τον χρονισμό και τα δεδομένα από το σήμα που έλαβε. Η ανάκτηση χρονισμού θα αποκλίνει, με ένα τυχαίο τρόπο, από το χρονισμό του αποστολέα λόγω εξασθένησης του σήματος στη μετάδοση και λόγου του ότι μπορεί να υπάρχουν ατέλειες στα κυκλώματα του παραλήπτη. Αν δεν ληφθούν μέτρα προς αντιμετώπιση αυτού η απόκλιση αυξάνεται κατά μήκος του δακτυλίου. Στο πρότυπο IEEE 802.5 καθορίζεται ότι μόνο ένας χρονιστής θα χρησιμοποιείται στο δακτύλιο και ότι ο σταθμός με το χρονιστή είναι υπεύθυνο για εξάλειψη της απόκλισης με μέσο ένα ελαστικό buffer. Αν όλος ο δακτύλιος είναι μπροστά ή πίσω από το master clock (κεντρικό ρολόι) το ελαστικό buffer διαστέλλεται ή συστέλλεται αναλόγως. Ακόμα και μ' αυτή την τεχνική η απορρόφηση της απόκλισης θέτει ένα περιορισμό στο μέγεθος του δακτυλίου. Αυτή η κεντροποίηση του χρονιστή είναι ακατάλληλη για ένα 100Mbps οπτικό δακτύλιο. Στα 100Mbps το bit time είναι μόνο 10ns, σε σχέση με bit time 250ns στα 4Mbps. Γι' αυτό το λόγο οι επιπτώσεις της απόκλισης είναι πιο κρίσιμες και ένα σχήμα κεντροποιημένου χρονισμού θα υπέβαλε πολύ σκληρές και ως εκ τούτου ακριβές, απαιτήσεις στο συντονιστή χρονισμού σε κάθε κόμβο. Συνεπώς τα πρότυπα του FDDI καθορίζουν την χρήση ενός καταμεμημένου σχήματος χρονισμού. Κάθε σταθμός χρησιμοποιεί το δικό του αυτόνομο χρονιστή για τη μετάδοση bits από το MAC επίπεδο του στο δακτύλιο.

Για την επανάληψη εισερχόμενων δεδομένων ένα buffer επιβάλλεται μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη. Τα δεδομένα εισέρχονται στο Buffer με χρονισμό που ανακτάται από την εισερχόμενη ροή, αλλά εξέρχονται από το buffer με το χρονισμό του σταθμού παραλήπτη. Το buffer έχει μια χωρητικότητα μεγέθους 10 bits και διαστέλλεται ή συστέλλεται αναλόγως. Οποιαδήποτε στιγμή το buffer περιέχει ορισμένο αριθμό από bits. Καθώς εισέρχονται bits τοποθετούνται στο buffer και στη συνέχεια υπόκεινται σε μια καθυστέρηση ίση με το χρόνο που απαιτείται για να μεταδοθούν τα bits που βρίσκονται μπροστά από αυτά στο buffer. Αν το λαμβανόμενο σήμα είναι ελάχιστα πιο γρήγορο από το χρονιστή του επαναλήπτη (repeater) το buffer θα διασταλεί για να αποφύγει την απώλεια bits. Αν το λαμβανόμενο σήμα είναι αργό το buffer θα συσταλθεί για να αποφύγει την προσθήκη bits στην εξαγόμενη ροή bits.

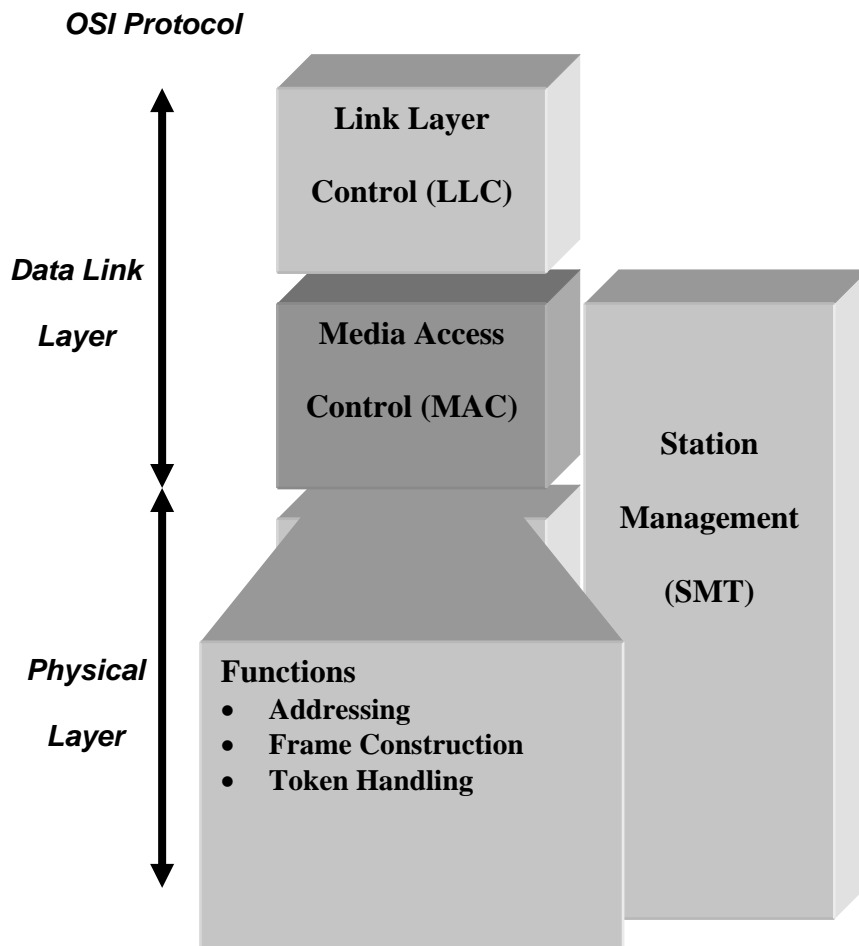
Το buffer σε κάθε repeater αρχικοποιείται στην κεντρική του θέση κάθε φορά που αρχίζει να λαμβάνει ένα πλαίσιο κατά τη διάρκεια του preamble, από το οποίο αρχίζει κάθε πλαίσιο. Αυτό αυξάνει ή μειώνει το μήκος του preamble το οποίο αρχικά μεταδίδεται σαν 16 σύμβολα ($16 \times 4\text{bit} = 64\text{bit}$), καθώς προχωρά γύρω από το δακτύλιο. Επειδή η σταθερότητα του χρονιστή του αποστολέα καθορίζεται στο 0.005%, ένα buffer των 10bits επιτρέπει μεταδώσεις από πλαίσια των 4500 octets σε μήκος χωρίς να υπερβαίνει το πάνω και κάτω όριο του buffer.

2.3 Έλεγχος πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control- MAC).

Το δεύτερο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI είναι το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Όπως φαίνεται στο *σχήμα 2.3.1* το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων διαιρείται σε δύο υποεπίπεδα: το MAC και το LLC.

Το πρωτόκολλο MAC καθορίζει τις ακόλουθες λειτουργίες :

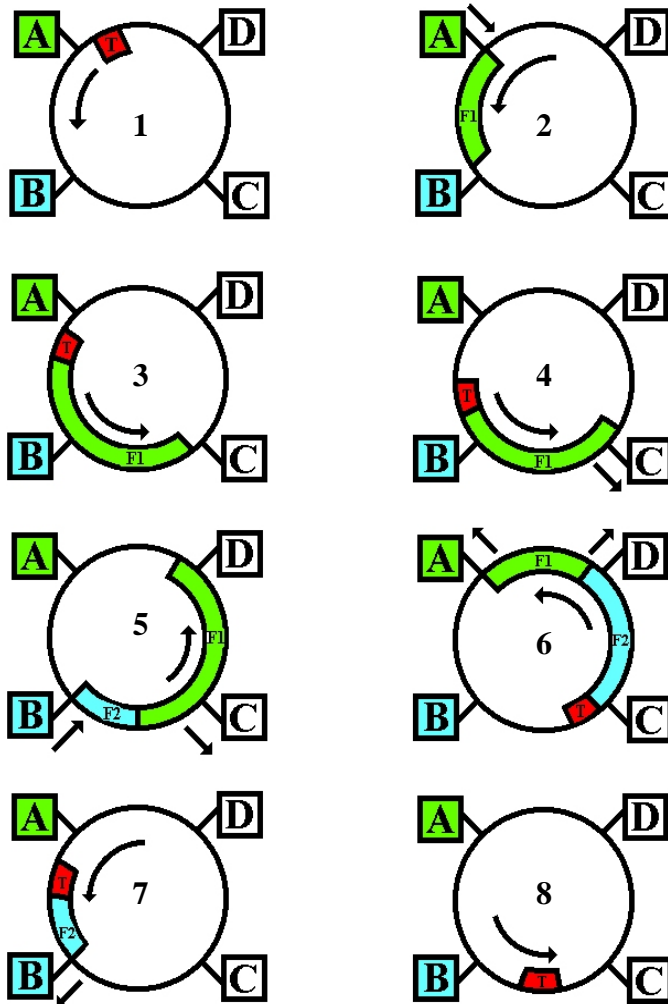
- Δίκαιη και ίση προσπέλαση στο δακτύλιο με τη χρήση ενός πρωτοκόλλου χρονικά ρυθμιζόμενου κουπονιού
- Επικοινωνία μεταξύ των προσαρτημένων συσκευών με χρήση πλαισίων και κουπονιών.
- Μετάδοση, παραλαβή, επανεκπομπή και απορρόφηση πλαισίων και κουπονιών από το δακτύλιο
- Ποικίλοι μηχανισμοί ανίχνευσης λαθών
- Αρχικοποίηση δακτυλίου και απομόνωση των λαθών του δακτυλίου



Σχήμα 2.3.1 Physical Sub Layer functions

Το θεμελιώδες FDDI MAC πρωτόκολλο είναι βασικά το ίδιο με το πρότυπο IEEE 802.5. Υπάρχουν 2 βασικές διαφορές :

1. Στο FDDI ένας σταθμός ο οποίος αναμένει ένα κουπόνι όταν αυτό φτάσει στο σταθμό το δεσμεύει απορροφώντας το (χωρίς να το επαναμεταδώσει) μόλις το πλαίσιο κουπονιού αναγνωρισθεί .Αφού παραληφθεί όλο το κουπόνι ο σταθμός αρχίζει να μεταδίδει ένα ή περισσότερα πλαίσια δεδομένων .Η τεχνική του 802.5 όπου με την αντιστροφή ενός bit στο πλαίσιο κουπονιού είχαμε αυτόματα την αρχή ενός πλαισίου δεδομένων, θεωρήθηκε αναποτελεσματικό λόγω του μεγάλου ρυθμού δεδομένων του FDDI . Γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται στο FDDI.
2. Στο FDDI ένας σταθμός ο οποίος μετέδιδε πλαίσια δεδομένων ελευθερώνει ένα νέο κουπόνι μόλις ολοκληρώσει τη μετάδοση πλαισίων δεδομένων ακόμα και αν δεν έχει αρχίσει να λαμβάνει τη δική του μετάδοση. Και πάλι λόγω του ψηλού ρυθμού δεδομένων θα ήταν αναποτελεσματικό να απαιτείται από τον σταθμό να περιμένει για να αρχίσει να λαμβάνει τη δική του μετάδοση όπως και το 802.5



- | |
|---|
| 1. Ο σταθμός A αναμένει το κουπόνι |
| 2. Ο A απορροφά το κουπόνι, και αρχίζει να μεταδίδει το πλαίσιο F1 το οποίο απευθύνεται στο C |
| 3. Ο σταθμός A μεταδίδει το κουπόνι μετά τη μετάδοση του πλαισίου F1 |
| 4. Ο σταθμός C αντιγράφει το πλαίσιο F1 καθώς περνά από αυτόν |
| 5. Ο σταθμός C συνεχίζει να αντιγράφει το πλαίσιο F1, ο σταθμός B απορροφά το κουπόνι και μεταδίδει το πλαίσιο F2 το οποίο απευθύνεται στο σταθμό D |
| 6. Ο σταθμός B μεταδίδει το κουπόνι, ο D αντιγράφει το πλαίσιο F2 και ο σταθμός A απορροφά το F1. |
| 7. Ο σταθμός A αφήνει το F2 και το κουπόνι να περάσουν. Ο B απορροφά το F2. |
| 8. Ο σταθμός B αφήνει το κουπόνι να περάσει . |

Σχήμα 2.3.2 Παράδειγμα λειτουργίας περάσματος κουπονιού στο FDDI

Το σχήμα 2.3.2 δίνει ένα παράδειγμα μιας λειτουργίας δακτυλίου .Αφού παραλάβει το κουπόνι ο σταθμός A αρχίζει να μεταδίδει το πλαίσιο F1 και αμέσως μετά μεταδίδει ένα νέο κουπόνι. Το F1 διευθυνσιοδοτείται στο σταθμό C το οποίο αντιγράφει την F1 καθώς περιστρέφεται από το σημείο του σταθμού C. Το πλαίσιο τελικά επιστρέφει στο σταθμό A ο οποίος το απορροφά. Εν τω μεταξύ το B δεσμεύει το κουπόνι το οποίο εκδόθηκε από το A και μεταδίδει την F2, το οποίο ακολουθείται από ένα κουπόνι. Αυτή η ενέργεια μπορεί να επαναληφθεί οσοδήποτε φορές, έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή μπορεί να έχουμε πολλά πλαίσια να περιστρέφονται στο δακτύλιο. Κάθε σταθμός ευθύνεται για την απορρόφηση του δικού του πλαισίου το οποίο αναγνωρίζεται από το πεδίο που καθορίζει την διεύθυνση της πηγής που εξέπεμψε το πλαίσιο .

- **Capacity Allocation** : Κατανομή χωρητικότητας. Το σχήμα προτεραιότητας που χρησιμοποιείται στο IEEE 802.5 δεν μπορεί να λειτουργήσει στο FDDI και αυτό γιατί ένας σταθμός εκδίδει συχνά ένα κουπόνι πριν ακόμα παραλάβει (επιστρέψουν) τα δικά του μεταδιδόμενα πλαίσια. Γι αυτό το λόγο δεν είναι αποτελεσματική η χρήση ενός πλαισίου κράτησης. Το πρότυπο του FDDI έχει σκοπό να προσφέρει καλύτερο έλεγχο στη χωρητικότητα του πλαισίου απ' ότι το IEEE 802.5 ούτως ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των high – speed LAN.

Συγκεκριμένα το σχήμα κατανομής χωρητικότητας του FDDI αναζητεί το συμβιβασμό των ακόλουθων απαιτήσεων

1. Υποστήριξη ενός συνδυασμού συνεχόμενης ροής καθώς και καταιγισμού στην κίνηση του δικτύου .
2. Υποστήριξη συνδιαλλαγής πολλαπλών πλαισίων .

Σε σχέση με την πρώτη απαίτηση ένα LAN μεγάλης χωρητικότητας θα αναμέναμε να υποστηρίξει ένα μεγάλο αριθμό συσκευών ή να συμπεριφερθεί σαν ο κορμός (σπονδυλική στήλη) για ένα αριθμό από άλλα LAN's .Και στις δύο περιπτώσεις θα αναμέναμε από το LAN να υποστηρίξει ένα εύρος διαφορετικών κινήσεων. Για παράδειγμα κάποιοι σταθμοί θα μπορούσαν να δημιουργήσουν μικρού μήκους καταιγισμούς με μια μέτρια απαίτηση throughput με την ανάγκη μικρής καθυστέρησης εφόσον αρχίσει η μετάδοση.

Σε σχέση με τη δεύτερη απαίτηση μπορεί ορισμένες φορές να υπάρχει ανάγκη να αφιερωθεί σταθερό μέρος της χωρητικότητας ή και ολόκληρη η χωρητικότητα του LAN σε μια και μόνο εφαρμογή. Αυτό επιτρέπει μια μεγάλη ακολουθία πλαισίων δεδομένων και βεβαιώσεων λήψης (acknowledgements) να εναλλαχθούν. Ένα παράδειγμα της χρησιμότητας αυτού του χαρακτηριστικού είναι η ανάγνωση ή εγγραφή σε δίσκο υψηλών επιδόσεων. Χωρίς τη δυνατότητα να διατηρηθεί ένας υψηλός ρυθμός ροής δεδομένων μέσω του LAN μόνο ένα μέρος του δίσκου θα μπορούσε να προσπελαστεί σε κάθε περιστροφή, μια απαραίτητη απόδοση .

Για να συμβιβάσουμε τις απαιτήσεις για υποστήριξη ενός συνδυασμού της συνεχούς ροής και του καταιγισμού κινήσεων το FDDI καθορίζει δύο ειδών

κινήσεων: σύγχρονη και ασύγχρονη κίνηση. Κατανέμεται σε κάθε σταθμό μέρος της συνολικής χωρητικότητας (το οποίο μπορεί να είναι μηδέν).

Τα πλαίσια τα οποία μεταδίδει ο σταθμός σ' αυτό το διάστημα αναφέρονται σαν **σύγχρονα** πλαίσια. Οποιοδήποτε μέρος της χωρητικότητας το οποίο δεν έχει κατανεμηθεί ή έχει κατανεμηθεί και δεν χρησιμοποιείται είναι διαθέσιμο για τη μετάδοση επιπλέον πλαισίων τα οποία αναφέρονται σαν **ασύγχρονα** πλαίσια.

Το σχήμα λειτουργεί ως εξής :

- **TTRT (Target Token Rotation Time)** : Χρόνος περιστροφής κουπονιού στον προορισμό. Κάθε σταθμός αποθηκεύει την ίδια τιμή για το TTRT. Μερικοί ή όλοι οι σταθμοί μπορεί να τους έχει χορηγηθεί σύγχρονη κατανομή (SAi) η οποία μπορεί να διαφέρει από σταθμό σε σταθμό .

Η κατανομή πρέπει να γίνει έτσι ώστε :

$$\mathbf{DMAX + FMAX + Token Time + \sum SAi \leq TTRT}$$

Όπου

SAi = σύγχρονη κατανομή για σταθμό i

DMAX = propagation time (καθυστέρηση διάδοσης) Για μια πλήρη περιστροφή του δακτυλίου.

FMAX = Χρόνος που απαιτείται για μετάδοση ενός μέγιστου σε μήκος πλαισίου (4500 octets)

Token Time = Χρόνος που απαιτείται για μετάδοση ενός κουπονιού

Η ανάθεση τιμών για το SAi απευθύνεται στο πρωτόκολλο διαχείρισης του σταθμού το οποίο περιλαμβάνει την ανταλλαγή πλαισίων ελέγχου. Το πρωτόκολλο εγγυάται την ικανοποίηση της πιο πάνω συνάρτησης .

Αρχικά κάθε σταθμός έχει μηδενική κατανομή (δηλ. δεν τους έχει δοθεί χωρητικότητα) και πρέπει να αιτηθούν μια αλλαγή στην κατανομή. Η υποστήριξη για σύγχρονη κατανομή είναι προαιρετική, ένας σταθμός ο οποίος δεν υποστηρίζει σύγχρονη κατανομή μπορεί να μεταδώσει μόνο ασύγχρονη κίνηση. Όλοι οι σταθμοί έχουν την ίδια τιμή για TTRT και ξεχωριστά προσδιορισμένη τιμή για SAi. Επιπλέον αρκετές μεταβλητές οι οποίες απαιτούνται για την λειτουργία του αλγορίθμου κατανομής χωρητικότητας διατηρούνται σε κάθε σταθμό.

- **Token Rotation Timer (TRT)** : Μετρητής χρόνου περιστροφής
- **Token Holding Timer (THT)** : Μετρητής χρόνου κράτησης
- **Late Counter (LC)** : Μετρητής καθυστέρησης

Κάθε σταθμός αρχικοποιείται με TRT ίσον με το TTRT και LC ίσον με μηδέν. Όταν ο μετρητής ενεργοποιείται το TRT αρχίζει να μετρά προς τα κάτω. Αν παραληφθεί ένα κουπόνι πριν τη λήξη του TRT το TRT ξανά αρχικοποιείται στο TTRT. Αν το TRT μετρήσει προς το μηδέν πριν παραληφθεί το κουπόνι τότε το LC αυξάνεται στο 1 και TRT ξαναγίνεται TTRT και αρχίζει ξανά να μετρά προς τα κάτω. Αν το TRT λήξει και δεύτερη φορά πριν παραληφθεί το κουπόνι το LC αυξάνεται στο 2 και τότε θεωρείται ότι το κουπόνι έχει χαθεί και μια διεργασία διεκδίκησης ξεκινάει. Γι' αυτό το λόγο το LC καταγράφει πόσες φορές το TRT έχει λήξει από την τελευταία φορά που είχε παραληφθεί το κουπόνι από τον συγκεκριμένο σταθμό.

Το κουπόνι θεωρείται ότι καταφθάνει πρώιμα αν το TRT δεν έχει λήξει την ώρα της άφιξης δηλ. αν $LC = 0$, $TRT > 0$ και παραληφθεί κουπόνι .

Όταν ένας σταθμός παραλάβει το κουπόνι οι ενέργειες του σταθμού θα εξαρτηθούν από το κατά πόσο το κουπόνι παραλήφθηκε πιο γρήγορα ή πιο αργά απ' ό,τι έπρεπε. Αν το κουπόνι είναι πρώιμο ο σταθμός αποθηκεύει τον υπόλοιπο χρόνο από το TRT στο THT, αρχικοποιεί το TRT και στη συνέχεια ενεργοποιεί το TRT .

THT <- TRT

TRT <- TTRT

Enable TRT

Ο σταθμός μπορεί τώρα να μεταδώσει σύμφωνα με τους ακόλουθους κανόνες

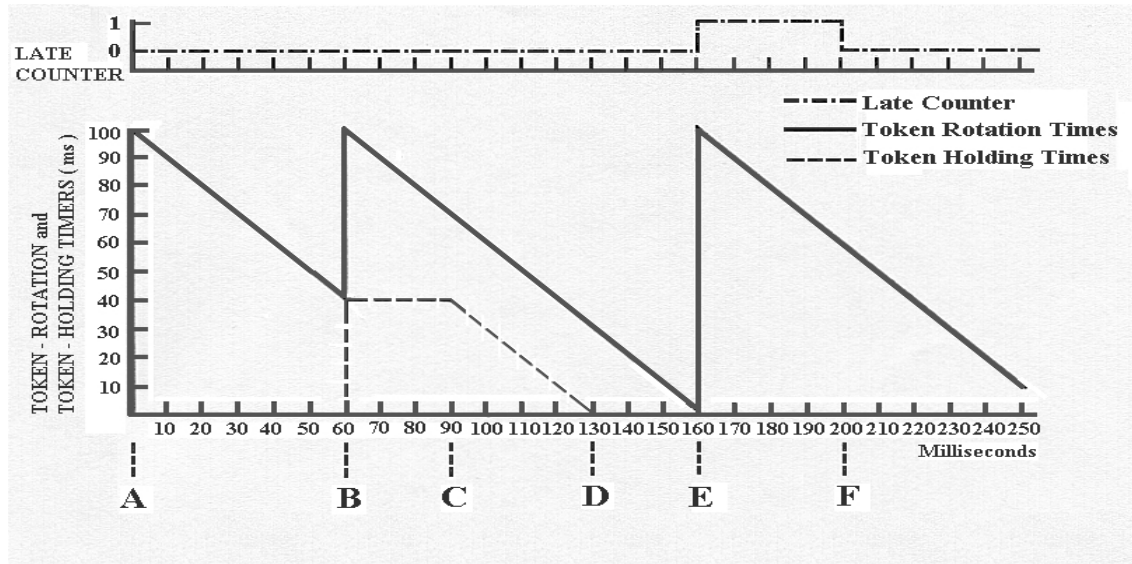
1. Μπορεί να μεταδώσει σύγχρονα πλαίσια για χρόνο SAi
2. Αφού μεταδώσει σύγχρονα πλαίσια ή αν δεν υπήρχαν σύγχρονα πλαίσια προς μετάδοση ενεργοποιείται το THT. Ο σταθμός μπορεί να μεταδώσει ασύγχρονα πλαίσια εφόσον το $THT > 0$.

Αν ένας σταθμός λάβει ένα κουπόνι και το κουπόνι έχει αργήσει τότε το LC τίθεται στο μηδέν και το TRT συνεχίζει να μειώνεται. Ο σταθμός τότε μπορεί να μεταδώσει σύγχρονα πλαίσια για χρόνο SAi αλλά δεν μπορεί να μεταδώσει ασύγχρονα πλαίσια .

Αυτό το σχήμα έχει σχεδιαστεί για διασφαλίσει ότι ο χρόνος μεταξύ επιτυχών εμφανίσεων του κουπονιού είναι τις τάξης του TTRT ή λιγότερο. Απ' αυτό το χρόνο μια ορισμένη ποσότητα είναι πάντα διαθέσιμη για σύγχρονη μεταφορά και οποιαδήποτε επιπλέον χωρητικότητα είναι διαθέσιμη για ασύγχρονη μεταφορά .Λόγο τυχαίων αποτυχιών στην κίνηση ο πραγματικός χρόνος περιστροφής του κουπονιού μπορεί να υπερβεί το TTRT όπως φαίνεται και στην πιο κάτω περιγραφή.

Ο αλγόριθμος FDDI είναι όμοιος με αυτό του IEEE 802.4 (token bus) αλγορίθμου με 2 μόνο κλάσης δεδομένων : 6 και 4. Η σύγχρονη μεταφορά αντιστοιχεί στη κλάση 6 και η τιμή του SAi στο FDDI αντιστοιχεί στο χρόνο κράτησης του κουπονιού στο 802.4. Το TTRT αντιστοιχεί στο TRT4.

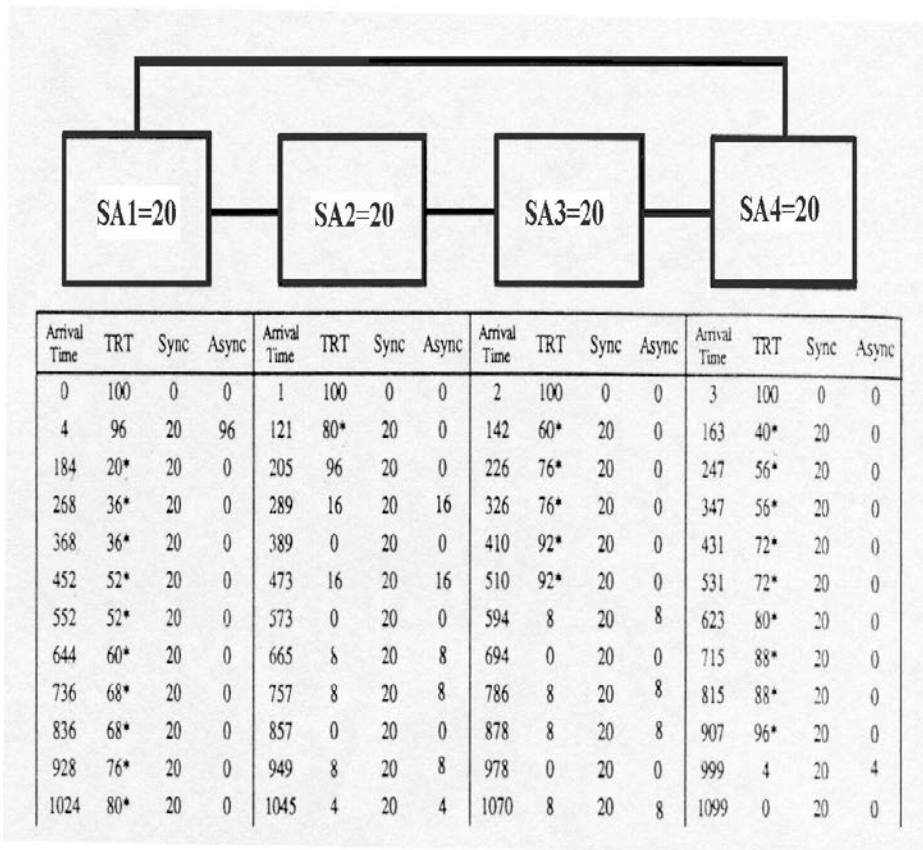
Αφού το άθροισμα του SAi (όλες οι σύγχρονες κατανομές) πρέπει να είναι λιγότερο ή ίσο με το TTRT. Το *σχήμα 2.3.3* διευκρινίζει την χρήση των μεταβλητών σε σταθμούς στο FDDI με την εμφάνιση των τιμών του TRT, THT και LC για ένα συγκεκριμένο σταθμό. Σ' αυτό το παράδειγμα το TTRT είναι 100 millisecond (ms). Η χωρητικότητα της σύγχρονης κατανομής του σταθμού είναι SAi 30ms.



Σχήμα 4.3.3 Παράδειγμα κατανομής χωρητικότητας στο FDDI

Τα ακόλουθα γεγονότα προκύπτουν.

- A. Ένα κουπόνι καταφθάνει πρώιμα. Ο σταθμός δεν έχει πλαίσια για μετάδοση. Το **TRT** τίθεται στο **TTRT** (100ms) και αρχίζει την αντίστροφη μέτρηση. Ο σταθμός αφήνει το κουπόνι να περάσει.
- B. Το κουπόνι επιστρέφει 60ms αργότερα. Τότε το $TRT=40$ και $LC=0$. Το κουπόνι είναι πρώιμο. Ο σταθμός θέτει $THT \leftarrow TRT$ έτσι ώστε $THT =40$ και $TRT =100$. Το **TRT** ενεργοποιείται αμέσως. Ο σταθμός έχει σύγχρονα δεδομένα προς μετάδοση και αρχίζει να μεταδίδει .
- C. Μετά από 30ms ο σταθμός έχει καταναλώσει τη σύγχρονη κατανομή του. Έχει ασύγχρονα δεδομένα για μετάδοση, γι' αυτό ενεργοποιεί το **THT** και αρχίζει να μεταδίδει.
- D. Το **THT** εκπνέει και ο σταθμός πρέπει να διακόψει τη μετάδοση ασύγχρονων πλαισίων. Ο σταθμός εκδίδει κουπόνι.
- E. Το **TRT** εκπνέει. Ο σταθμός αυξάνει το **LC** στο 1 και αρχικοποιεί (επαναφέρει) το **TRT** στο 100.
- F. Το κουπόνι φθάνει στο σταθμό. Αφού το **LC** είναι 1 το κουπόνι έχει αργήσει και έτσι δεν επιτρέπεται ασύγχρονη μετάδοση. Σ' αυτό το σημείο ο σταθμός δεν έχει ούτε σύγχρονα δεδομένα προς μετάδοση. Το **LC** επαναφέρεται στο 0 και το κουπόνι επιτρέπεται να περάσει.



Σχήμα 2.3.4 Λειτουργία σχήματος κατανομής χωρητικότητας στο FDDI

Το σχήμα 2.3.4 δίνει ένα απλουστευμένο παράδειγμα μιας τοπολογίας δακτυλίου με 4 σταθμούς. Υποθέτουμε ότι η κίνηση αποτελείται από σταθερού μήκους πλαίσια και ότι το TTRT=100 μονάδες χρόνου για μετάδοση 100 πλαισίων, $SA_i = 20$ μονάδες χρόνου για μετάδοση 20 πλαισίων για όλους τους σταθμούς. Επίσης υποθέτουμε ότι η συνολική επιβάρυνση (overhead) κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής κουπονιού είναι 4 μονάδες χρόνου. Μια γραμμή του πίνακα αντιστοιχεί σε μια περιστροφή του κουπονιού. Για κάθε σταθμό ο χρόνος άφιξης αναγράφεται στον πίνακα, ακολουθούμενο από την τιμή του TRT τη στιγμή της άφιξης και στη συνέχεια έχουμε τον αριθμό των σύγχρονων και ασύγχρονων πλαισίων που μεταδίδονται όσο ο σταθμός είναι κάτοχος του κουπονιού.

Το παράδειγμα αρχίζει μετά από μια περίοδο κατά την οποία δεν έχουν μεταδοθεί πλαίσια δεδομένων, έτσι ώστε το κουπόνι να έχει περιστραφεί όσο το δυνατό ταχύτερα (4 πλαίσια χρόνου). Μ' αυτό τον τρόπο όταν ο σταθμός 1 λάβει το κουπόνι μετράει χρόνο περιστροφής μεγέθους 4 (TRT γίνεται 96). Επομένως μπορεί να μεταδώσει επιπλέον από τα σύγχρονα πλαίσια και 96 ασύγχρονα πλαίσια. Θυμηθείτε ότι το THT ενεργοποιείται εφόσον ο σταθμός έχει μεταδώσει τα σύγχρονα πλαίσια. Ο σταθμός 2 υπόκειται σε μια αναμονή περιστροφής μεγέθους 120 (20 πλαίσια σύγχρονα + 96 ασύγχρονα + 4 overhead frames) παρ' όλα αυτά έχει το δικαίωμα να μεταδώσει τα 20 του σύγχρονα πλαίσια μετά την αναμονή.

Να σημειώσουμε ότι αν κάθε σταθμός συνεχίσει να μεταδίδει το μέγιστο επιτρεπτό αριθμό σύγχρονων πλαισίων τότε ο χρόνος περιστροφής ανεβαίνει στα 180 (184-4) τη στιγμή 184 αλλά σύντομα σταθεροποιείται στα 100.

Με ένα συνολικό utilization=80 για σύγχρονη μεταφορά και ένα Overhead με 4 πλαίσια χρόνου υπάρχει μια μέση χωρητικότητα για 16 πλαίσια χρόνου διαθέσιμα για ασύγχρονη μετάδοση. Αν όλοι οι σταθμοί έχουν πάντα ένα μέγιστο απόθεμα για ασύγχρονη μετάδοση η ευκαιρία για μετάδοση ασύγχρονων πλαισίων κατανέμεται μεταξύ των σταθμών .

Αυτό το παράδειγμα μας δείχνει ότι η σύγχρονη κατανομή δεν παρέχει πάντα ένα εγγυημένο μέρος της χωρητικότητας $SA_i / TTRT$. Το μέρος της χωρητικότητας που είναι διαθέσιμο για ένα σταθμό για σύγχρονη μετάδοση κατά τη διάρκεια περιστροφής κουπονιού δίνεται καλύτερα από SA_i / r όπου r είναι ο πραγματικός χρόνος περιστροφής. Όπως έχουμε δει το r μπορεί να υπερβεί το TTRT. Μπορεί να αποδειχθεί ότι το r τείνει σε σταθερή κατάσταση στο TTRT και έχει ένα άνω όριο το $2 \times TTRT$.

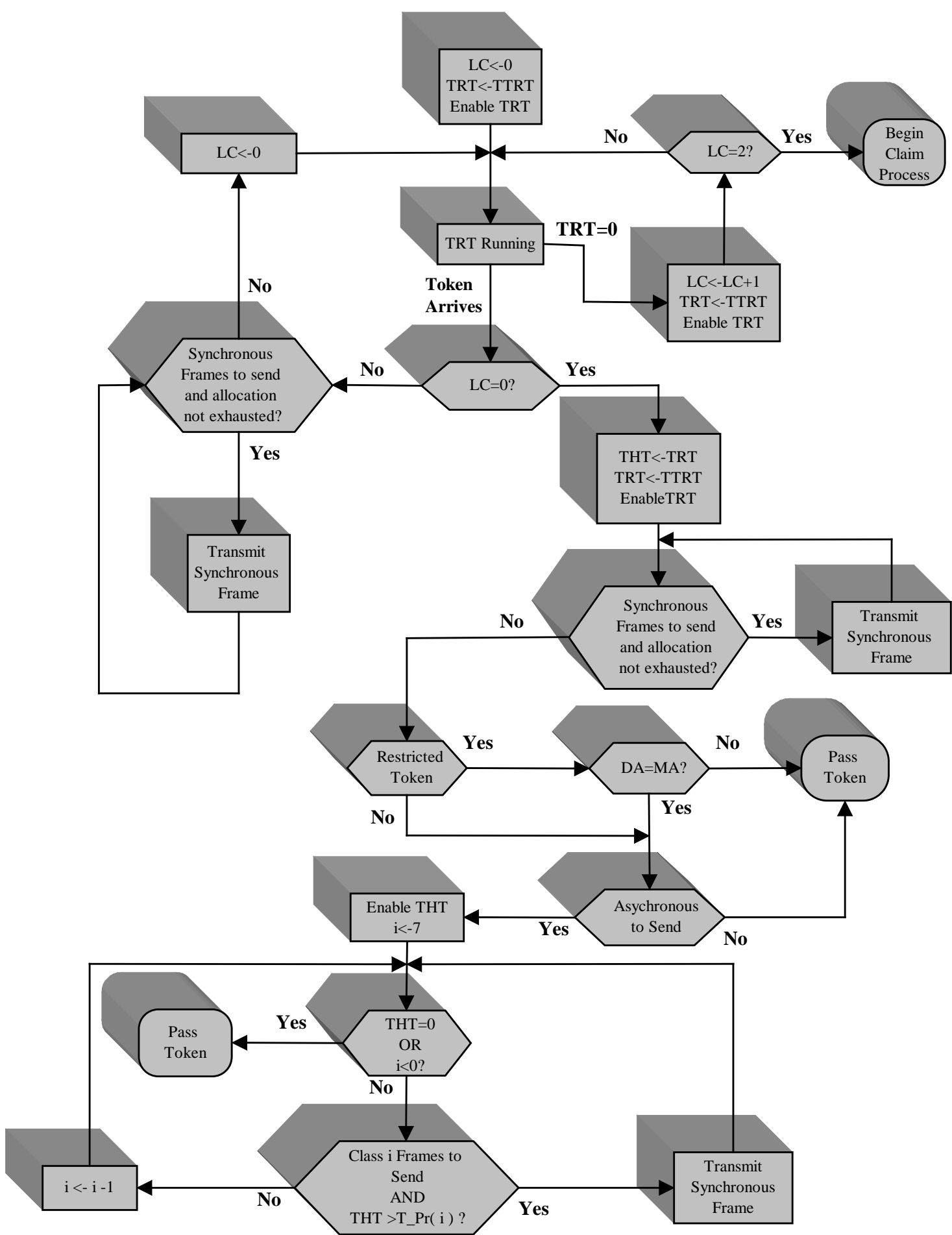
Η ασύγχρονη κίνηση μπορεί επιπλέον να υποδιαιρεθεί σε 8 επίπεδα προτεραιότητας. Κάθε σταθμός έχει ένα σύνολο από 8 τιμές κατωφλιού. $T_{Pr(1)}, \dots, T_{Pr(8)}$ τέτοια ώστε $T_{Pr(i)}$ = μέγιστο χρόνο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα κουπόνι για να περιστραφεί και να επιτρέπεται ακόμη σε πλαίσια προτεραιότητας i να μεταδοθούν .

Ο δεύτερος κανόνας πιο πάνω (προηγουμένως με THT) αναθεωρείται ως εξής:

Αφού μεταδοθούν σύγχρονα πλαίσια ή αν δεν υπήρχαν σύγχρονα πλαίσια προς μετάδοση το THT ενεργοποιείται από μια αρχική τιμή και αρχίζει να μετράει προς τα κάτω .Ο σταθμός μπορεί να μεταδώσει ασύγχρονα δεδομένα προτεραιότητας i μόνο όσο το $THT > T_{Pr}(i)$. Η μέγιστη τιμή για οποιοδήποτε από τα $T_{Pr}(i)$ δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από TTRT.

Αυτό το σχήμα χρησιμοποιείται στην ουσία στο πρότυπο IEEE 802.4 Token Bus ‘τοπικό δίκτυο αρτηρίας με πέρασμα κουπονιού ‘

Οι πιο πάνω κανόνες ικανοποιούν την απαίτηση για υποστήριξη συνεχής ροής και καταιγισμό κινήσεων ακόμα και με τη χρήση προτεραιοτήτων δίνοντας ένα αυξημένο βαθμό ευελιξίας. Επιπλέον το FDDI παρέχει ένα μηχανισμό το οποίο ικανοποιεί τις απαιτήσεις και για κινήσεις πολλαπλών πλαισίων όπως είχαμε αναφέρει προηγουμένως.



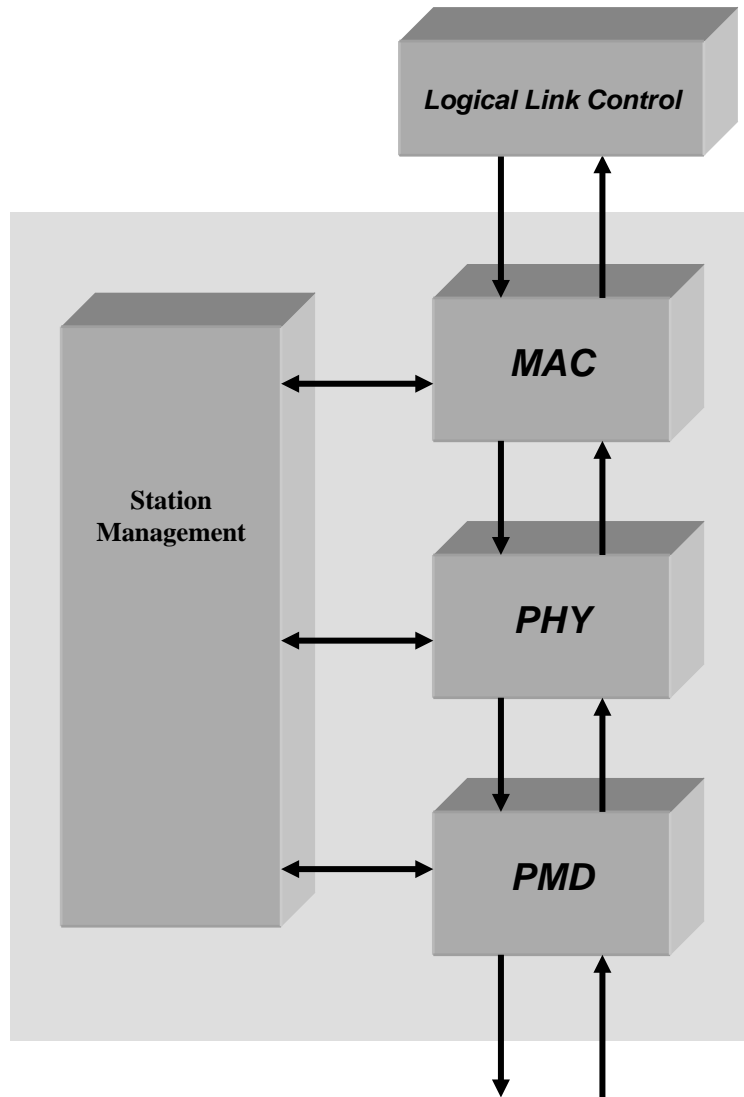
Σχήμα 2.3.5 Κατανομή χωρητικότητας στο FDDI

Όταν ένας σταθμός επιθυμεί να εισέλθει σε ένα εκτεταμένο διάλογο (με άλλο σταθμό) μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο όλου του μη κατανεμημένου (του ασύγχρονου δηλ.) μέρους της χωρητικότητας στο δακτύλιο με τη χρήση ενός περιοριστικού κουπονιού. Οι δυο σταθμοί μπορεί τότε να ανταλλάξουν πλαίσια δεδομένων (ασύγχρονα) και περιοριστικά κουπόνια για ένα παρατεταμένο διάστημα κατά το οποίο κανένας άλλος σταθμός δεν μπορεί να μεταδώσει ασύγχρονα πλαίσια.

Το πρότυπο υποθέτει ότι η περιοριστική μετάδοση (restricted mode) προκαθορίζεται με στόχο να μην παραβιάσει τον περιορισμό του TTRT και δεν κάνει έλεγχο του THT σε αυτή την κατάσταση (restricted mode). Σύγχρονα πλαίσια μπορεί να μεταδοθούν από οποιοδήποτε σταθμό από τη στιγμή της λήψης ενός εκ των δυο κουπονιών, είτε του κανονικού κουπονιού είτε του περιοριστικού κουπονιού. Το *σχήμα 2.3.5* περιγράφει ολόκληρο το FDDI σχήμα κατανομής χωρητικότητας

2.4 Logical Link Control

Παρά το ότι το LLC δεν είναι μέρος του προτύπου FDDI, το FDDI χρειάζεται το LLC για τη σωστή λειτουργία του δακτυλίου και για τη μετάδοση των δεδομένων του χρήστη. Ο έλεγχος λογικής σύνδεσης (LLC) καθορίζει τις υπηρεσίες του επιπέδου σύνδεσης που επιτρέπουν τη μετάδοση ενός πλαισίου πληροφορίας μεταξύ δύο σταθμών. Το *σχήμα 2.4.1* δείχνει τη σχέση του LLC με το FDDI. Το FDDI υποθέτει υλοποίηση του IEEE 802.2 LLC προτύπου. Εδώ τα πλαίσια χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας μεταξύ των MAC επιπέδων εντός του FDDI.



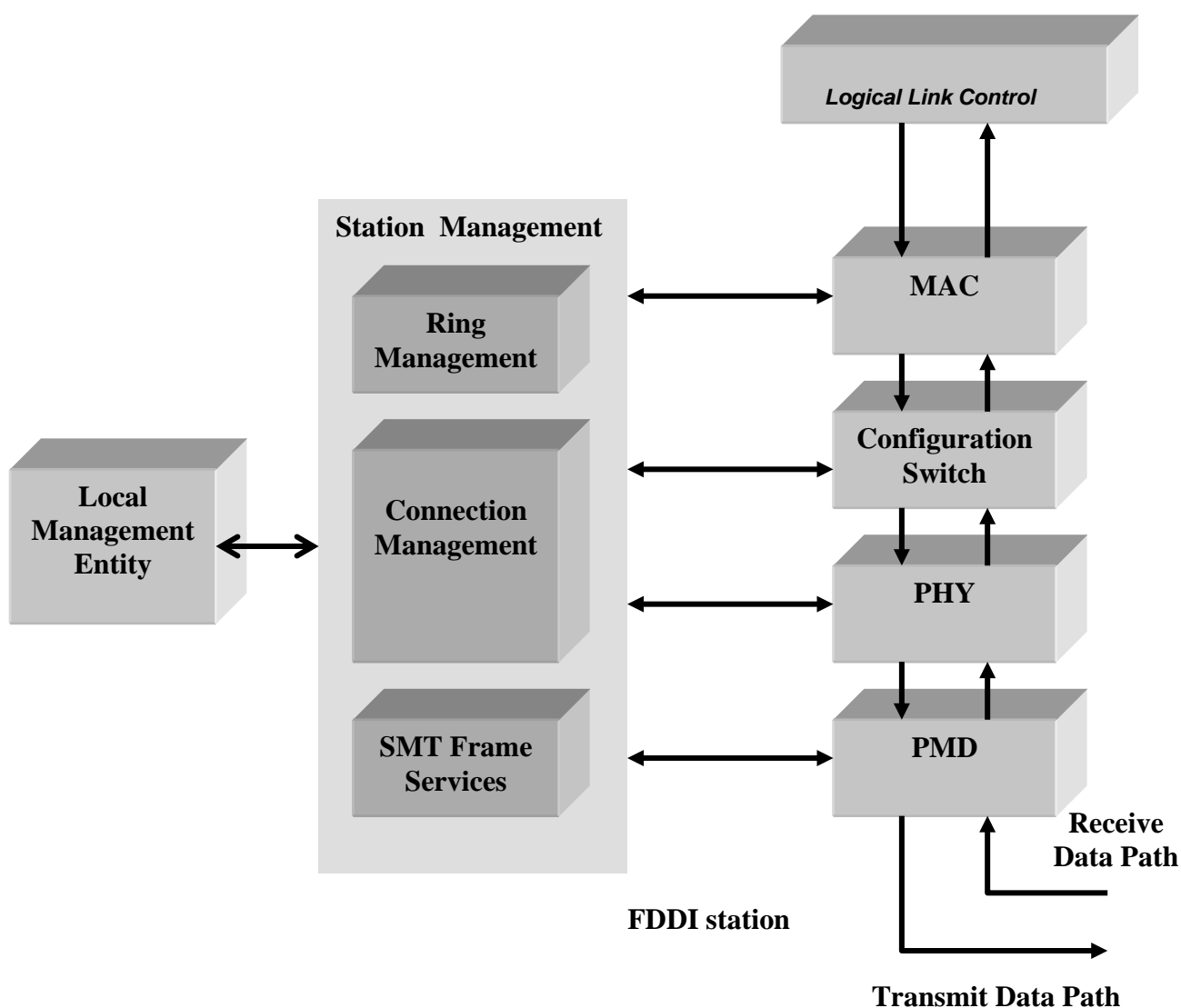
Σχήμα 2.4.1 Σχέση μεταξύ των LLC και FDDI

Το FDDI ορίζει τρεις διαφορετικούς τύπους πλαισίων :

- Τα MAC πλαίσια που μεταφέρουν MAC δεδομένα ελέγχου
- Τα SMT πλαίσια που μεταφέρουν πληροφορία ειδικής διαχείρισης μεταξύ των σταθμών
- Τα LLC πλαίσια που μεταφέρουν πληροφορία του ελέγχου λογικής σύνδεσης.

2.5 Station Management - SMT (Διαχείριση σταθμών).

Το SMT πρότυπο παρέχει τις απαραίτητες υπηρεσίες σε επίπεδο σταθμού για επίβλεψη και έλεγχο ενός σταθμού του FDDI. Επίσης το SMT επιτρέπει την αρμονική συνεργασία των σταθμών ενός δακτυλίου και διαβεβαιώνει για τη σωστή λειτουργία τους. Οι FDDI σταθμοί μπορούν να έχουν πολλαπλά δείγματα των οντοτήτων PMD, PHY και MAC. Ωστόσο μόνο μια SMT οντότητα μπορεί να έχει ο κάθε σταθμός.



Σχήμα 2.5.1 Σχέση των SMT components στο FDDI

Η διαχείριση των σταθμών περιλαμβάνει τρεις βασικές συνιστώσες :

1. Connection Management – CMT (Διαχείριση συνδέσεων)

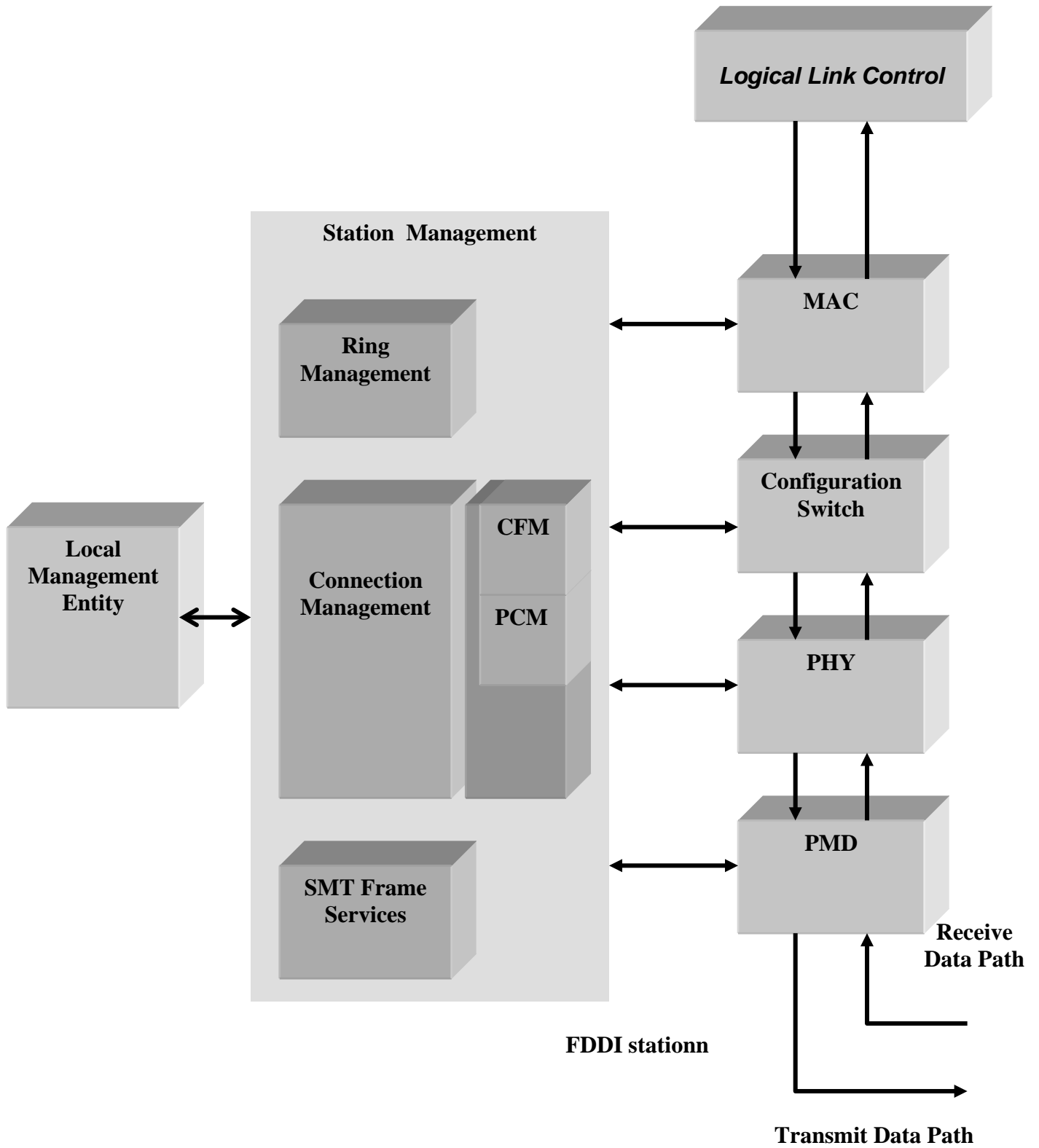
2. Ring Management – RMT (Διαχείριση δακτυλίου)

3.Υπηρεσίες πλαισίων του πρωτοκόλλου διαχείρισης των σταθμών

Το *σχήμα 2.5.1* δείχνει πώς αυτές οι τρεις συνιστώσες ενσωματώνονται μέσα στην αρχιτεκτονική του FDDI.

1.Connection Management – CMT (Διαχείριση συνδέσεων).

Το CMT είναι το μέρος εκείνο της διαχείρισης των σταθμών που εκτελεί - σε φυσικό επίπεδο -εισαγωγές και εξαγωγές σταθμών σε ένα FDDI δίκτυο. Υπενθυμίζεται ότι οι σταθμοί ενός FDDI δικτύου μπορούν να έχουν πολλαπλά PHYs και MACs. Έτσι μια από τις υπηρεσίες του CMT, είναι να διαχειρίζεται τη σύνθεση των τμημάτων μεταγωγής (manage the switch configuration), τα οποία συνδέουν τα **PHY's** με **MAC's** και με άλλα **PHY's** εντός ενός σταθμού.



Σχήμα 2.5.2 Τμήμα διαχείρισης των σταθμών : Διαχείριση των συνδέσεων

Οι υπηρεσίες διαχείρισης των συνδέσεων περιλαμβάνουν :

- Σύνδεση ενός **PHY** με το γειτονικό του **PHY**
- Σύνδεση των **PHY's** και **MAC's** μέσω ενός configuration switch
- Χρήση **διαγνωστικών ελέγχων** για τον προσδιορισμό και την απομόνωση συνιστωσών λάθους

Όπως φαίνεται στο *σχήμα 2.5.2* το CMT περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες :

- **Physical Connection Management PCM** (Φυσική διαχείριση συνδέσεων). Παρέχεται για τη διαχείριση της φυσικής σύνδεσης μεταξύ γειτονικών PHYs συμπεριλαμβανομένων της εγκατάστασης της σύνδεσης, του ελέγχου που γίνεται πριν την εγκατάσταση της σύνδεσης για την ποιότητα του συνδέσμου (link confidence testing), και της συνεχούς παρακολούθησης του ρυθμού λαθών μόλις ο δακτύλιος μπει σε κατάσταση λειτουργίας (link error monitoring).
- **Configuration Management – CFM** (Διαχείριση ρυθμίσεων). Παρέχεται για τη ρύθμιση των οντοτήτων PHY και MAC που βρίσκονται μέσα σ' ένα σταθμό.
- **Coordination Management – ECM** (Διαχείριση συντονισμού). Παρέχεται για α) τον έλεγχο των bypass relays (αναμετάδοση μέσω παρακάμψεων), β) την αποστολή κατάλληλων σημάτων στο PCM με σκοπό να το πληροφορήσει ότι το μέσο μετάδοσης είναι διαθέσιμο, και γ) τον συντονισμό των trace functions (υπηρεσίες ιχνηλάτισης, βλ.πιο κάτω).

2. Ring Management –RMT (Διαχείριση δακτυλίου).

Το RMT είναι το μέρος εκείνο του SMT που λαμβάνει πληροφορίες κατάστασης από τα MAC και SMT. Στη συνέχεια αναφέρει αυτές τις πληροφορίες στο SMT και σε διαδικασίες υψηλότερου επιπέδου. Οι υπηρεσίες που παρέχονται από το RMT είναι οι ακόλουθες :

- Ανίχνευση **Stuck-beacon**. Είναι η διαδικασία με την οποία ένα ειδικό πλαίσιο που καλείται beacon χρησιμοποιείται από το MAC για να ανακοινώσει στους άλλους σταθμούς ότι ο δακτύλιος είναι σπασμένος. Ένα beacon δηλώνει ότι δεν μπορεί να αποφασίσει για την κατάσταση λάθους που ανιχνεύει στο μονοπάτι λήψης του.
- **Tracing process** (διαδικασία ιχνηλάτισης). Είναι μια διαδικασία που παρέχει ένα μηχανισμό ανάκαμψης από μια κατάσταση beacon.
- Απόφαση για τη **διαθεσιμότητα** ενός MAC για μετάδοση.
- Ανίχνευση **διπλότυπων διευθύνσεων**, που εμποδίζουν την σωστή λειτουργία του δακτυλίου, ακόμα και όταν ο δακτύλιος φαίνεται να λειτουργεί κανονικά

3. SMT Frame Services (Υπηρεσίες Πλαισίου SMT).

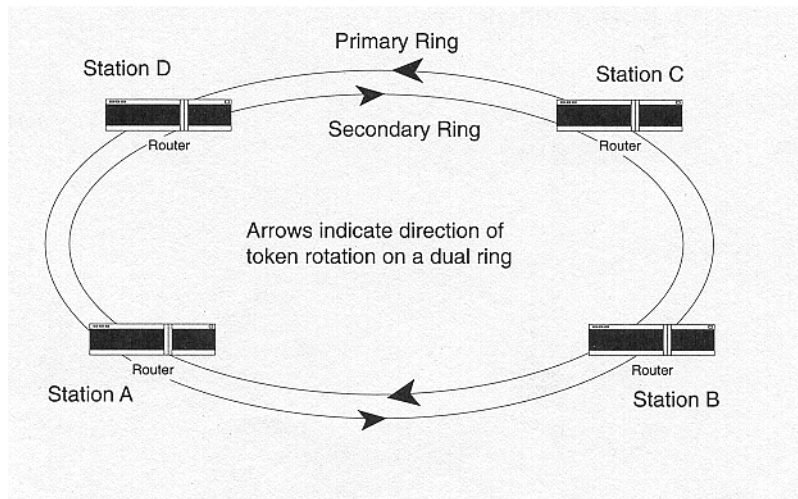
Το πλαίσιο του SMT παρέχει υπηρεσίες στα τμήματα του SMT που ελέγχουν και παρατηρούν τους σταθμούς που βρίσκονται μέσα στο δίκτυο FDDI. Για την υλοποίηση αυτών των υπηρεσιών υπάρχουν διαφορετικοί τύποι και κλάσεις SMT πλαισίων. Μια κλάση πλαισίου καθορίζει την υπηρεσία που υλοποιεί το πλαίσιο, όπως για παράδειγμα το neighborhood information frame - NIF, το status information frame - SIF, το parameter management frame - PMF, και το status report frame - SRF. Απ' την άλλη, ένας τύπος πλαισίου δείχνει ότι το πλαίσιο είναι μια ανακοίνωση, μια αίτηση, ή μια απάντηση σε αίτηση. Πιο κάτω περιγράφονται οι αναφερθείσες κλάσεις πλαισίων:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FDDI

Στο FDDI, τα πρότυπα καθορίζουν τις υπηρεσίες που ελέγχουν την λειτουργία και συντήρηση του δακτυλίου, ενώ η τεχνολογία προσπαθεί να παρέχει ικανότητα αυτοδιόρθωσης σε περιπτώσεις βλάβης ή λάθους. Όταν ένας ενεργός σταθμός λάβει ένα κουπόνι, μεταδίδει ένα πλαίσιο - το οποίο είναι μια ακολουθία συμβόλων - στον επόμενο ενεργό σταθμό του δακτυλίου. Όσο ένας σταθμός λαμβάνει τέτοια σύμβολα, τα επαναδημιουργεί και επαναμεταδίδει στον αμέσως επόμενο του ενεργό σταθμό. Όταν ένα πλαίσιο επιστρέφει τελικά στον γεννήτορα σταθμό του, ο τελευταίος το αποσύρει από το δακτύλιο.

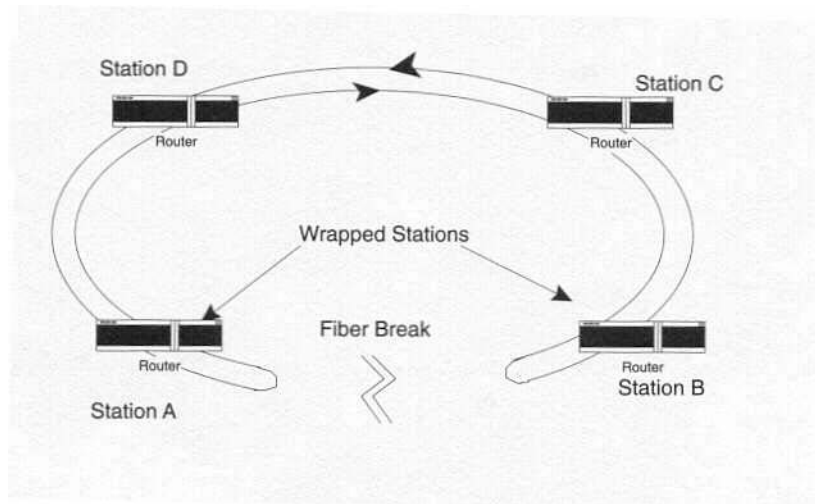
3.1 DUAL COUNTER-ROTATING RING

Ο Dual Counter-rotating δακτύλιος είναι μια από τις βασικές αρχές των FDDI προτύπων. Αποτελείται από δύο δακτυλίους : το πρωτεύον και το δευτερεύον. Και οι δύο δακτύλιοι μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα. Όπως φαίνεται στο *σχήμα 3.1* τα δεδομένα ρέουν σε αντίθετες κατευθύνσεις στους δύο δακτυλίους. Στις περισσότερες περιπτώσεις και ιδιαίτερα σε εφαρμογές μεγάλου εύρους ζώνης είναι καλύτερα να χρησιμοποιείται ο πρωτεύον δακτύλιος για μετάδοση δεδομένων και ο δευτερεύον να χρησιμοποιείται σαν backup (εφεδρικός). Αυτή η κατευθυντήρια οδηγία είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν ο FDDI δακτύλιος υποβάλλεται στη διαδικασία αυτοδιόρθωσης του κατά τη διάρκεια μιας κατάστασης λάθους (π.χ. σπάσιμο δακτυλίου). Η πολυπλοκότητα των σχετικών ρυθμίσεων και συνεπώς το κόστος του FDDI αυξάνει όταν και οι δύο δακτύλιοι χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων.



Σχήμα 3.1 Τοπολογία Διπλού Δακτυλίου

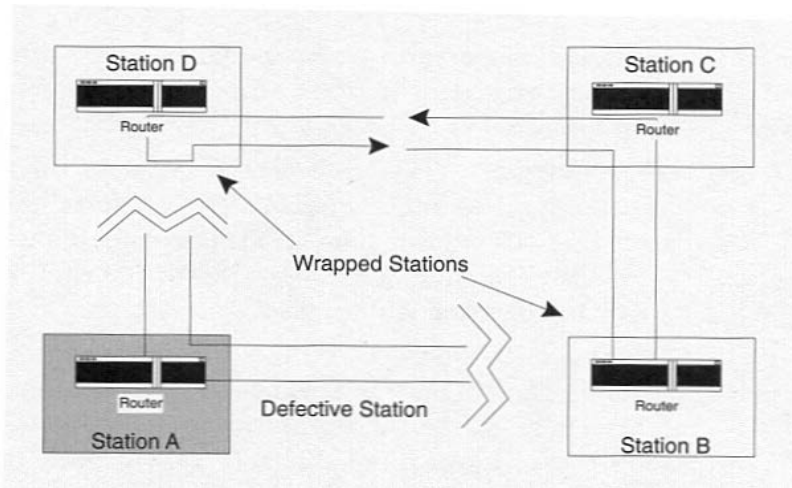
Το FDDI βάζει άνω όριο στο συνολικό μήκος της ίνας τα 200km. Επειδή όμως η τοπολογία του διπλού δακτυλίου διπλασιάζει το μήκος του μέσου στην περίπτωση μιας κατάστασης λάθους, το ακριβές μήκος του κάθε δακτυλίου ορίζεται να είναι 100km. Ο διπλός counterrotating δακτύλιος είναι σχεδιασμένος με την ικανότητα να επανακτά τη λειτουργία του όταν μια συσκευή αποτυγχάνει ή όταν συμβαίνει σφάλμα σε κάποιο καλώδιο. Ο δακτύλιος αποκαθίσταται ενώνοντας τον πρωτεύον δακτύλιο στο δευτερεύον. Αυτός ο πλεονασμός στο σχεδιασμό του δακτυλίου παρέχει ένα βαθμό ανεκτικότητας λαθών που δεν υπάρχει σε κανένα άλλο δικτυακό πρότυπο. Σ' ένα FDDI δακτύλιο όταν συμβεί αποτυχία καλωδίου, οι σταθμοί που βρίσκονται και στις δύο μεριές του λάθους επαναρυθμίζονται μόνοι τους. Ενώνουν τον πρωτεύον δακτύλιο στο δευτερεύον απομονώνοντας αποτελεσματικά το λάθος, επαναφέροντας τη συνέχεια στο δακτύλιο, και επιτρέποντας έτσι τη συνέχιση της κανονικής λειτουργίας. Το *σχήμα 3.2* δείχνει τη τεχνική απομόνωσης του λάθους.



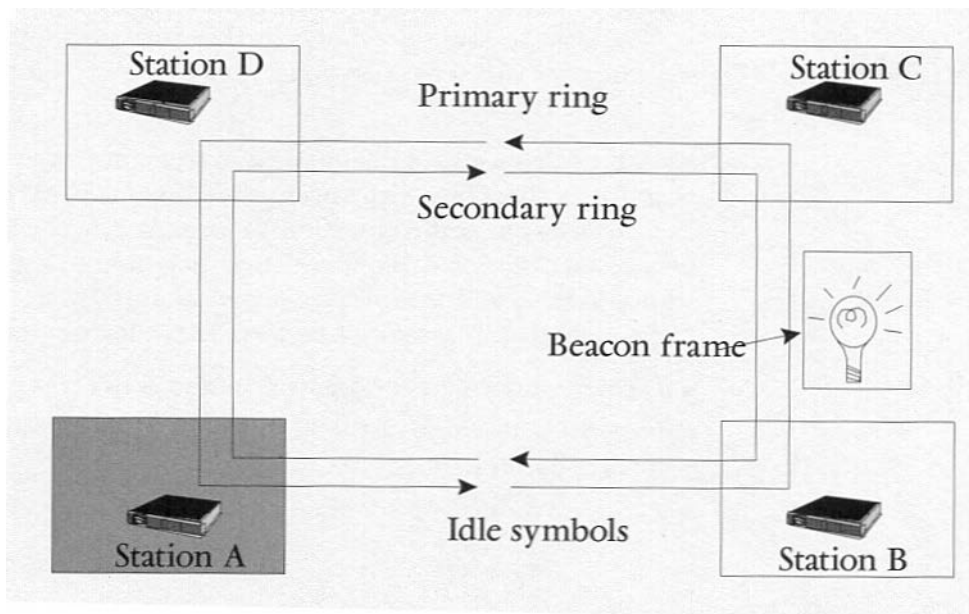
Σχήμα 3.2 Διπλός δακτύλιος με κομμένη την οπτική ίνα

Όταν συμβεί ένα wrap, η τοπολογία του διπλού δακτυλίου αλλάζει σε τοπολογία μονού δακτυλίου. Όταν δε το σφάλμα διορθωθεί, η τοπολογία παίρνει την αρχική της μορφή - αυτή του διπλού δακτυλίου. Στην σπάνια περίπτωση που συμβούν πολλαπλά λάθη, ο δακτύλιος τεμαχίζεται σε πολλούς ανεξάρτητους δακτυλίους. Τότε (στην περίπτωση δηλαδή που υπάρχουν περισσότερα από ένα λάθη) δεν είναι εφικτή η επικοινωνία ανάμεσα σε όλους τους σταθμούς. Ωστόσο επικοινωνία μπορεί να υπάρχει εντός ενός τμήματος του δακτυλίου.

Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι όταν αποτύχει ένας προσαρτημένος σταθμός, οι συσκευές που βρίσκονται σε κάθε πλευρά του, επαναρυθμίζονται για να απομονώσουν το σταθμό από το δακτύλιο. Το *σχήμα 3.3* δείχνει αυτή την απομόνωση του σφάλματος. Εδώ ο σταθμός A απομονώνεται από το δακτύλιο ο οποίος παραμένει λειτουργικός χάρη στο wrapping των δύο δακτυλίων στους σταθμούς B και D. Οι δακτύλιοι παραμένουν wrapped μέχρι να διορθωθεί το λάθος, το οποίο ανιχνεύεται με τη μετάδοση ενός πλαισίου beacon όπως φαίνεται στο *σχήμα 3.4*



Σχήμα 3.3 Απομόνωση σταθμού



Σχήμα 3.4 Ανίχνευση μη αποτελεσματικού σταθμού με χρήση Beacon frame

3.2 RING OPERATION (ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ)

Το FDDI ring operation περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια.

1. Connection Establishment (Εγκατάσταση συνδέσεων)
2. Ring Initialization (Αρχικοποίηση δακτυλίου)
3. Steady - state operation (Λειτουργία σταθερούς κατάστασης)
4. Ring maintenance (Συντήρηση Δακτυλίου)

Κάθε ένα από αυτά τα στάδια επιβλέπεται από timers που ρυθμίζουν τις λειτουργίες του δακτυλίου. Συγκεκριμένα κάθε FDDI σταθμός χρησιμοποιεί τρεις timers που εκτελούν την υπηρεσία συντονισμού των λειτουργιών του δακτυλίου :

•***Token Rotation Timer - TRT (μετρητής περιστροφής κουπονιού) :***

Ο TRT μετρά τη διάρκεια των λειτουργιών ενός σταθμού. Αυτός ο μετρητής είναι κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχή λειτουργία του FDDI δικτύου. Ελέγχει το ring scheduling κατά τη διάρκεια της ομαλής λειτουργίας, και κατά τη διάρκεια ανάκαμψης από λάθη όταν ο δακτύλιος δεν είναι λειτουργικός. Ο μετρητής περιστροφής κουπονιού αρχικοποιείται σε διάφορες τιμές, ανάλογα με την κατάσταση του δακτυλίου. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας σταθερούς κατάστασης (steady state) το TRT μηδενίζεται όταν υπερβεί το target token rotation timer (TTRT). Οι σταθμοί διαπραγματεύονται τη τιμή του TTRT μέσω της claim process (διαδικασία διεκδίκησης).

•***Token Holding Timer - THT (μετρητής κράτησης κουπονιού):***

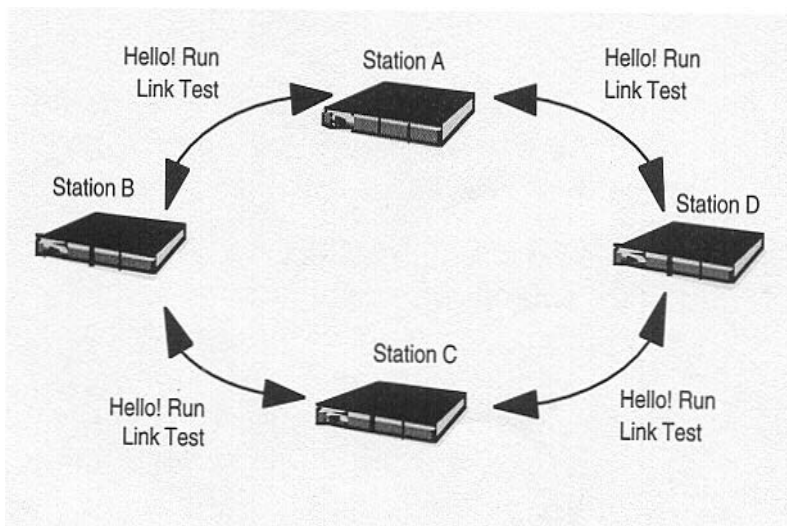
Ο THT ελέγχει το μήκος του χρόνου που ένας σταθμός μπορεί να στέλνει ασύγχρονα πλαίσια. Ο σταθμός που κρατά το κουπόνι μπορεί να αρχίσει την ασύγχρονη μετάδοση, εάν και μόνο εάν ο THT δεν έχει ακόμα εκπνεύσει. Ο THT αρχικοποιείται με τη τιμή που αντιστοιχεί στη διαφορά ανάμεσα στην άφιξη του κουπονιού και το TTRT.

•**Valid Transmission Timer - TVX (μετρητής έγκυρης μετάδοσης):**

Ο TVX μετρά την περίοδο ανάμεσα σε έγκυρες μεταδόσεις πάνω στο δακτύλιο. Ανιχνεύει τον υπερβολικό θόρυβο, την απώλεια κουπονιού καθώς και άλλα λάθη. Όταν ο σταθμός λαμβάνει ένα έγκυρο πλαίσιο ή κουπόνι, ο TVX επανακτά την αρχική τιμή του. Όταν εκπνέει, ο σταθμός ξεκινά το ring initialization (αρχικοποίηση δακτυλίου) έτσι ώστε ο δακτύλιος να επανέρθει στην κανονική του λειτουργία. Τώρα που είδαμε τους timers που χρησιμοποιούνται στη λειτουργία του FDDI, μπορούμε να επικεντρώσουμε στις διάφορες λειτουργίες.

A) Connection Establishment (Εγκατάσταση της σύνδεσης).

Για να σχηματιστεί τελικά ο δακτύλιος, πρέπει οι σταθμοί να εγκαταστήσουν συνδέσεις με τους γείτονές τους. Το connection management (διαχείριση συνδέσεων) είναι το μέρος εκείνο του station management (διαχείριση σταθμών) που ελέγχει αυτή τη διαδικασία της φυσικής σύνδεσης. Κατά το power-up ή την επανασύνδεση, οι σταθμοί αναγνωρίζουν τους γείτονές τους μεταδίδοντας και αναγνωρίζοντας μια καθορισμένη ακολουθία κατάστασης γραμμής όπως φαίνεται στο *σχήμα 3.5*



Σχήμα 3.5 Ring Power Up

Για την εγκατάσταση ενός συνδέσμου, οι σταθμοί εκτελούν τις παρακάτω λειτουργίες.

- Ανταλλαγή πληροφορίας σύμφωνα με τον τύπο της θύρας και τους κανόνες σύνδεσης
- Διαπραγμάτευση του μήκους του συνδέσμου, το οποίο ελέγχει την ποιότητα των συνδέσμων μεταξύ των σταθμών
- Ανταλλαγή αποτελεσμάτων και καταστάσεων όσον αφορά συνδέσμους και συνδέσεις

Όταν ο τύπος σύνδεσης είναι set up, οι σταθμοί μπορούν να ολοκληρώσουν την φυσική σύνδεσή τους μεταδίδοντας ακόμα μια καθορισμένη κατάσταση γραμμής. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται από όλους τους σταθμούς για κάθε σύνδεσμο του διπλού δακτυλίου. Τελικά όλοι οι σταθμοί συνενώνονται στο δακτύλιο.

B) Ring Initialization (Αρχικοποίηση δακτυλίου).

Μόλις εγκατασταθεί η σύνδεση, το FDDI πρωτόκολλο απαιτεί όπως οι σταθμοί προσπαθήσουν για το δικαίωμα αρχικοποίησης του δακτυλίου (δηλ. έκδοση του κουπονιού), διαπραγματευόμενοι για το TTRT και διαβεβαιώνοντας ότι με αυτό οι σταθμοί θα παρέχονται εγγυημένο χρόνο εξυπηρέτησης. Ο χρόνος TTRT παίρνει τελικά μια τιμή που βασίζεται :

- Στον αριθμό των προσαρτημένων σταθμών
- Στο μήκος του δακτυλίου
- Στο χρόνο που απαιτείται από ένα σταθμό για να μεταδώσει δεδομένα σε όλο το δακτύλιο
- Εξισορρόπηση χαμηλού latency και επαρκούς bandwidth

Κατά τη διάρκεια αρχικοποίησης του δακτυλίου, οι σταθμοί διαπραγματεύονται μεταξύ τους για να δουν τελικά ποιος σταθμός θα εκδώσει το κουπόνι. Αυτή η διαδικασία διαπραγμάτευσης καλείται claim process (διαδικασία διεκδίκησης). Η διεκδίκηση καθορίζει τον σταθμό που πρέπει να αρχικοποιήσει το δακτύλιο. Η claim process ξεκινά με μια MAC οντότητα ενός

ή περισσότερων σταθμών να μπαίνει στην claim state (κατάσταση διεκδίκησης). Σ' αυτή την κατάσταση το MAC κάθε σταθμού μεταδίδει συνεχώς claim frames (πλαίσια διεκδίκησης). Κάθε ένα claim frame περιέχει τη διεύθυνση του σταθμού και την τιμή που προσφέρει για το TTRT. Οι σταθμοί συγκρίνουν τα εισερχόμενα claim frames με τη δική τους προτεινόμενη τιμή για το TTRT. Στην περίπτωση που το claim frame έχει μικρότερη τιμή, τότε ο σταθμός επαναμεταδίδει το claim frame (που μόλις έφθασε), σταματώντας να στέλνει τα δικά του (claim frames). Αντίθετα, αν το εισερχόμενο claim frame έχει μεγαλύτερο χρόνο για την προτεινόμενη τιμή, ο σταθμός το αποσύρει και συνεχίζει να στέλνει πλαίσια με τη δική του τιμή για το TTRT.

Όταν ένας σταθμός λαμβάνει ένα δικό του claim frame (προφανώς το συγκεκριμένο πλαίσιο έκανε ένα πλήρη κύκλο), τότε κερδίζει το δικαίωμα αρχικοποίησης του δακτυλίου. Αν δύο ή περισσότεροι σταθμοί προτείνουν ίδιες τιμές, τότε ο σταθμός που κερδίζει τη διεκδίκηση είναι αυτός με τη μεγαλύτερη (σε μήκος και αριθμό) διεύθυνση. Ο νικητής σταθμός αρχικοποιεί το δακτύλιο εκδίδοντας ένα κουπόνι, το οποίο δεν συλλαμβάνεται από κανένα σταθμό κατά την πρώτη του περιστροφή γύρω από το δακτύλιο. Σ' αυτή την περιστροφή κάθε σταθμός αρχικοποιεί τη δική του τιμή για το TTRT έτσι ώστε αυτή να είναι ίση με εκείνη του νικητή σταθμού. Κατά τη δεύτερη περιστροφή του κουπονιού, οι σταθμοί μπορούν να στείλουν σύγχρονη κίνηση. Κατά την τρίτη του περιστροφή οι σταθμοί μπορούν να μεταδώσουν ασύγχρονα δεδομένα.

Το *σχήμα 3.6* δείχνει ένα παράδειγμα μιας υπό εξέλιξη claim process. Οι σταθμοί διαπραγματεύονται το δικαίωμα αρχικοποίησης του δακτυλίου. Σ' αυτό το παράδειγμα οι σταθμοί A και C εκδίδουν μικρότερες τιμές από τους σταθμούς B και D. Επίσης ο σταθμός C εκδίδει μικρότερη τιμή από τον σταθμό A.

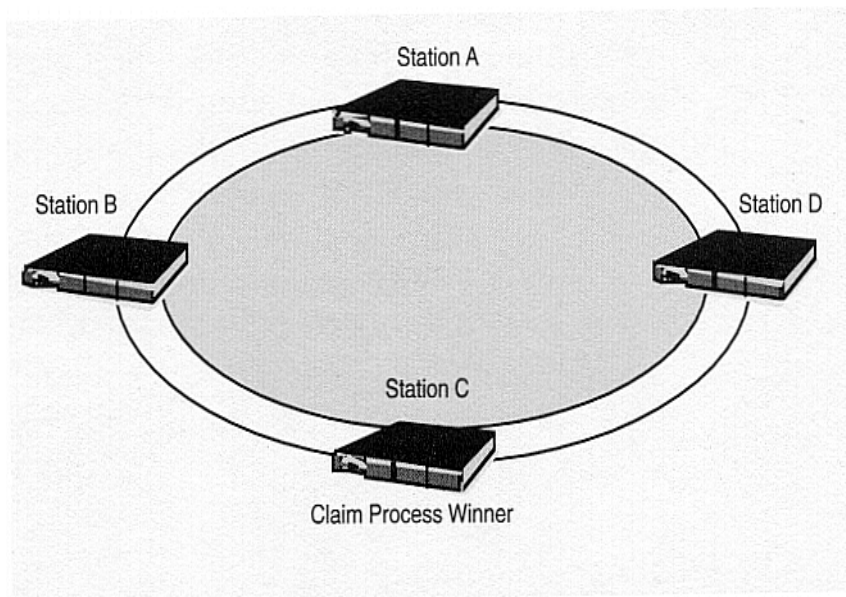
Η διαδικασία διαπραγμάτευσης έχει ως ακολούθως :

1. Όλοι οι ενεργοί σταθμοί αρχίζουν να εκδίδουν claim frames.
2. Ο σταθμός D λαμβάνει ένα μικρότερο claim (μια μικρότερη τιμή) από τον σταθμό C, σταματά να στέλνει τα δικά του claim, και επαναμεταδίδει στον A το μικρότερο claim που του έστειλε ο C.

Παράλληλα :

- Ο σταθμός B λαμβάνει ένα μικρότερο claim από τον σταθμό A, σταματά να στέλνει τα δικά του claim, και επαναμεταδίδει στον C το μικρότερο claim που του έστειλε ο A.
 - Ο σταθμός C λαμβάνει ένα claim από τον σταθμό A, αλλά συνεχίζει να στέλνει το δικό του claim frame που είναι μικρότερο.
3. Ο σταθμός A λαμβάνει το claim του C το οποίο παίρνει από τον D, σταματά να στέλνει το δικό του claim, και επαναμεταδίδει το claim του C στον B.
 4. Ο σταθμός B λαμβάνει το claim του C το οποίο παίρνει από τον A και επαναμεταδίδει το claim του C στον C.
 5. Ο σταθμός C λαμβάνει το δικό του claim το οποίο παίρνει από τον B. Θέτει το TTRT και εκδίδει ένα κουπόνι για την αρχικοποίηση του δακτυλίου.

Έτσι η διαδικασία διαπραγμάτευσης επιτελείται με την επιβεβαίωση ότι υπάρχει δίκαιη προσπέλαση στο δακτύλιο.



Σχήμα 3.6 Station negotiation process

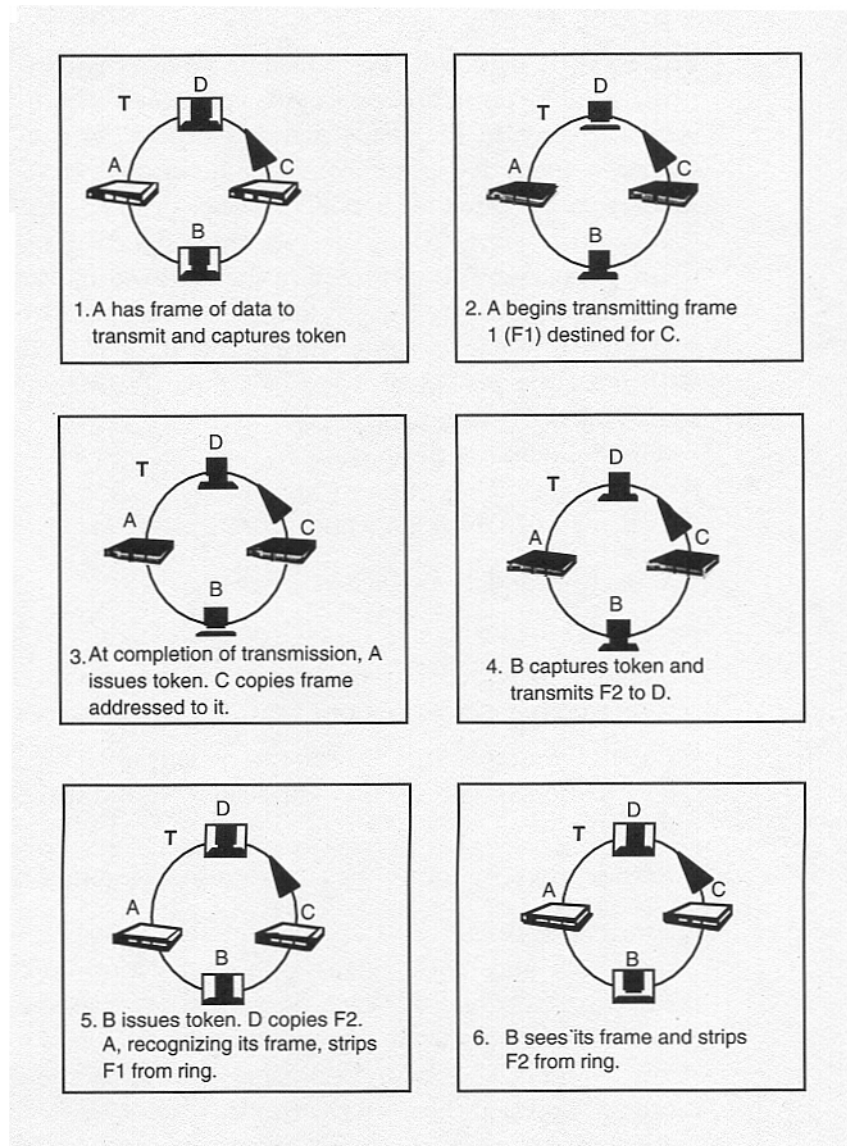
Γ) Steady-state operation (Λειτουργία σταθερής κατάστασης).

Μόλις αρχικοποιηθεί ο δακτύλιος, το FDDI εισέρχεται στη λειτουργία σταθερούς κατάστασης. Όσο οι σταθμοί βρίσκονται σε steady-state, ανταλλάζουν πλαίσια χρησιμοποιώντας το timed-token protocol (πρωτόκολλο χρονικά ρυθμιζόμενου κουπονιού). Η σχετική διαδικασία περιγράφεται στο σχήμα 5.7. Ο δακτύλιος παραμένει σε steady state μέχρι την αρχικοποίηση μιας καινούριας claim process, που μπορεί να συμβεί με την εισαγωγή ενός νέου σταθμού στο δακτύλιο. Κατά την σταθερή κατάσταση, το FDDI παρέχει βασικά δύο τύπους υπηρεσιών : τις σύγχρονες και τις ασύγχρονες. Οι ασύγχρονες υπηρεσίες είναι σχεδιασμένες για μη απαιτητικές (bandwidth insensitive applications) εφαρμογές σε εύρος ζώνης, όπως για παράδειγμα οι datagram κινήσεις. Τα ασύγχρονα πλαίσια είναι σχεδιασμένα με τρόπο που να μεταδίδονται ακόμα και όταν ο σταθμός δεν απαιτεί εύρος ζώνης, ενώ αντίθετα τα σύγχρονα πλαίσια στέλνονται οποιαδήποτε στιγμή και για όσο χρόνο είναι διαθέσιμο το διαπραγματευόμενο εύρος ζώνης. Αυτή η υπηρεσία είναι χρήσιμη για τα πλαίσια που πρέπει να έχουν εγγυημένη παράδοση εντός μιας περιόδου χρόνου ίσης με $2 \times \text{TTRT}$. Τέτοια πλαίσια μπορούν ανάμεσα σε άλλα να περιλαμβάνουν ήχο και εικόνα.

Πιο κάτω περιγράφεται η διαδικασία με την οποία ένας FDDI σταθμός μεταδίδει ένα πλαίσιο χρησιμοποιώντας το timed-token protocol.

Όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει ένα πλαίσιο :

1. Περιμένει μέχρι να ανιχνεύσει το κουπόνι
2. Λαμβάνει το κουπόνι
3. Σταματά τη διαδικασία επαναμετάδοσης του κουπονιού (για να εμποδίσει τους άλλους σταθμούς από το να εκπέμπουν δεδομένα στο δακτύλιο)
4. Αρχίζει να στέλνει πλαίσια (και σταματά όταν στείλει όλα τα δεδομένα του ή όταν οι κανόνες κράτησης του κουπονιού απαιτούν όπως αυτό παραδοθεί στους υπόλοιπους σταθμούς).
5. Απελευθερώνει το κουπόνι στο δακτύλιο για να χρησιμοποιηθεί από κάποιο άλλο σταθμό



Σχήμα 3.7 Frame transmission process

Μόλις όλοι οι σταθμοί, εκτός από αυτόν που στέλνει, σε ένα FDDI δίκτυο παραλάβουν και επαναστείλουν (repeat) κάθε πλαίσιο, κάθε σταθμός στον δακτύλιο συγκρίνει τη διεύθυνση του προορισμού στο κάθε πλαίσιο με τη δική του και ελέγχει για τυχόν λάθη στο πλαίσιο. Αν η διεύθυνση του προορισμού στο πλαίσιο ταιριάζει με τη δική του διεύθυνση, τότε αντιγράφει το πλαίσιο και θέτει τα status symbols (control indicators – τα σύμβολα στο πεδίο ελέγχου) στο πλαίσιο ώστε να δείχνουν ότι το πλαίσιο αυτό έχει ληφθεί από αυτόν που έπρεπε να το παραλάβει.

Όλοι σταθμοί εκτός από τον αποστολέα και τον παραλήπτη, (οι repeating stations), ελέγχουν για λάθη και επανεκπέμπουν το πλαίσιο στον επόμενο σταθμό. Αν κάποιος σταθμός επισημάνει ένα λάθος, τότε θέτει ένα ενδείκτη λάθους μέσα στο πλαίσιο. Όταν το πλαίσιο διαγράψει μία πλήρη κυκλική διαδρομή μέσα στο δακτύλιο, ο σταθμός που το έστειλε το απομακρύνει (strips) από το δακτύλιο. Η απομάκρυνση του frame (stripping) μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία τμηματικών πλαισίων (partial fragments) τα οποία παραμένουν στο δακτύλιο. Έτσι όλοι οι FDDI σταθμοί πρέπει να διασφαλίσουν ότι τα τμήματα του πλαισίου που παραμένουν στο δακτύλιο δεν θα επηρεάσουν ή να υποβαθμίσουν τη λειτουργία του δακτυλίου. Τα τμήματα αυτά απομακρύνονται είτε μεταδίδοντας είτε εκτελώντας ένα φίλτρο επανάληψης (repeat filter) στο επίπεδο PHY κάθε σταθμού.

Κάθε φορά που μία συσκευή προστίθεται ή αφαιρείται από τον δακτύλιο, τότε αυτός ρυθμίζεται ξανά (reconfigures) από μόνος του. Όταν γίνει μία αλλαγή στη τοπολογία είναι πιθανό να εισέλθουν στη τοπολογία που προκύπτει πλαίσια χωρίς προορισμό ή χωρίς αποστολέα (stray frames). Αυτά μπορεί να δημιουργηθούν από ένα σταθμό ή μια συσκευή που δεν είναι πια συνδεδεμένη στον δακτύλιο. Τα πλαίσια αυτά δεν μπορούν να αναγνωριστούν ότι ανήκουν σε κάποιο σταθμό ή συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο. Για να απομακρυνθούν τα stray frames, ένας σταθμός στέλνει μια σειρά από ανενεργά (idle) σύμβολα στον δακτύλιο. Ταυτόχρονα το επίπεδο MAC απομακρύνει (strips) από τον δακτύλιο τα πλαίσια και τα κουπόνια (tokens), η διαδικασία αυτή λέγεται scrubbing. Όταν η διαδικασία αυτή ολοκληρωθεί οι ενεργοί (στο δίκτυο) σταθμοί μπαίνουν στη διαδικασία δήλωσης (claim process). Ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνει scrubbed ο δακτύλιος εγγυάται ότι όλα τα πλαίσια στο δακτύλιο έχουν δημιουργηθεί μετά την επαναρύθμιση (reconfiguration) και επίσης εμποδίζει τα παλιά πλαίσια από το να ανακυκλώνονται συνεχώς στο δακτύλιο και να μην απομακρύνονται από αυτόν.

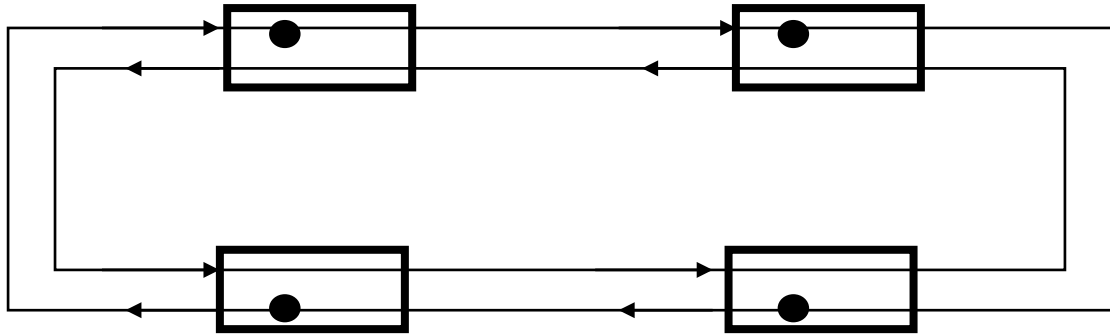
Δ) Ring Maintenance.

Η ευθύνη της παρακολούθησης του δακτυλίου κατανέμεται σε όλους τους σταθμούς που συνδέονται στον δακτύλιο. Κάθε σταθμός επιβλέπει το δακτύλιο και παρακολουθεί για καταστάσεις που απαιτούν αρχικοποίηση του δακτυλίου, όπως για παράδειγμα αδράνεια του δακτυλίου για περισσότερο χρόνο από τον επιτρεπόμενο χρόνο για μετάδοση ή μία φυσική ή λογική βλάβη του δακτυλίου.

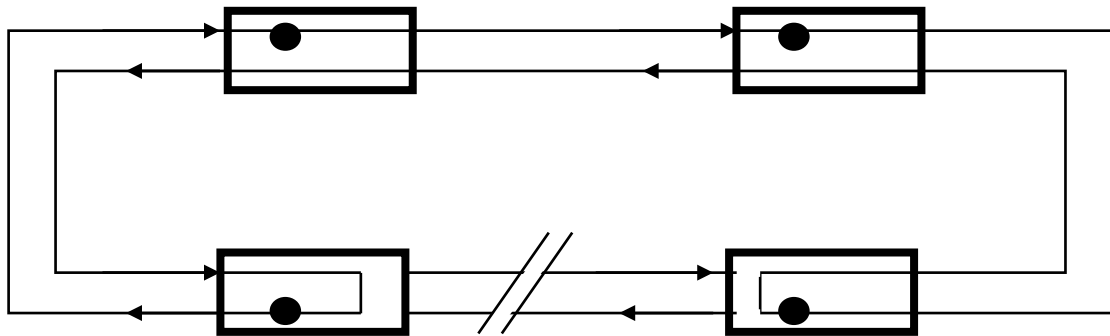
3.3 Station and FDDI Network Configurations (Διαμόρφωση των σταθμών και του Δικτύου FDDI)

Κάθε σταθμός FDDI αποτελείται από λογικές οντότητες οι οποίες συμμορφώνονται με τα πρότυπα του FDDI .Ο ρόλος κάθε σταθμού εξαρτάται από τον αριθμό των οντοτήτων που έχει. Δίκτυα με διαφορετικές φυσικές τοπολογίες μπορούν να κατασκευαστούν, βασισμένα στο είδος των σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν.

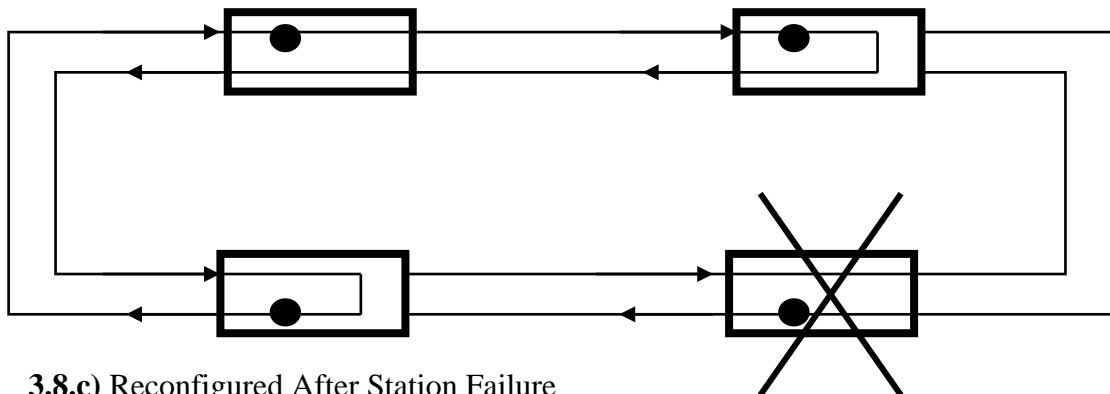
- Dual Ring (Διπλός Δακτύλιος) Για να ενισχυθεί η αξιοπιστία ενός FDDI δακτυλίου το πρότυπο ορίζει τη κατασκευή ενός dual ring (διπλού δακτυλίου) όπως επεξηγείτε στο *σχήμα 3.8*



3.8.a) Normal Operation



3.8.b) Reconfigured After Link Failure



3.8.c) Reconfigured After Station Failure

● = MAC Entity

Σχήμα 3.8 Λειτουργία Διπλού Δακτυλίου

Σταθμοί που συμμετέχουν σε ένα διπλό δακτύλιο συνδέονται στους γείτονες τους μέσω δυο συνδέσεων οι οποίες μεταδίδονται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό δημιουργεί 2 δακτυλίους : ένα (primary ring) βασικό δακτύλιο και ένα (secondary ring) δευτερεύον δακτύλιο πάνω στα οποία τα δεδομένα μπορούν να περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις .Κάτω από κανονικές συνθήκες ο δευτερεύον δακτύλιος είναι αδρανής (idle).Όταν προκύψει μια ανεπάρκεια σύνδεσης οι σταθμοί και στις δυο άκρες της σύνδεσης ανασχηματίζονται όπως στο σχήμα 3.8b απομονώνοντας την ελαττωματική σύνδεση και αποκαθιστώντας ένα κλειστό δακτύλιο. Σ' αυτό το σχήμα η σκούρα κουκίδα παριστάνει μια MAC σύνδεση εντός του σταθμού. Έτσι στην αντίθετη κατεύθυνση σήματα μπορούν να επαναλαμβάνονται μερικώς, εφόσον το MAC πρωτόκολλο εμπλέκεται μόνο στην κύρια κατεύθυνση .Μια επιλογή θα ήταν ο σταθμός να περιέχει δυο οντότητες MAC και έτσι να εκτελεί το MAC πρωτόκολλο και στις δυο κατευθύνσεις .

Αν κάποιος σταθμός λόγω βλάβης σταματήσει να λειτουργεί όπως στο σχήμα 5.8c τότε οι σταθμοί στα δυο άκρα αναδιαρθρώνονται για να αποκλείσουν το σταθμό με τη βλάβη και τις δυο συνδέσεις προς το σταθμό αυτό.

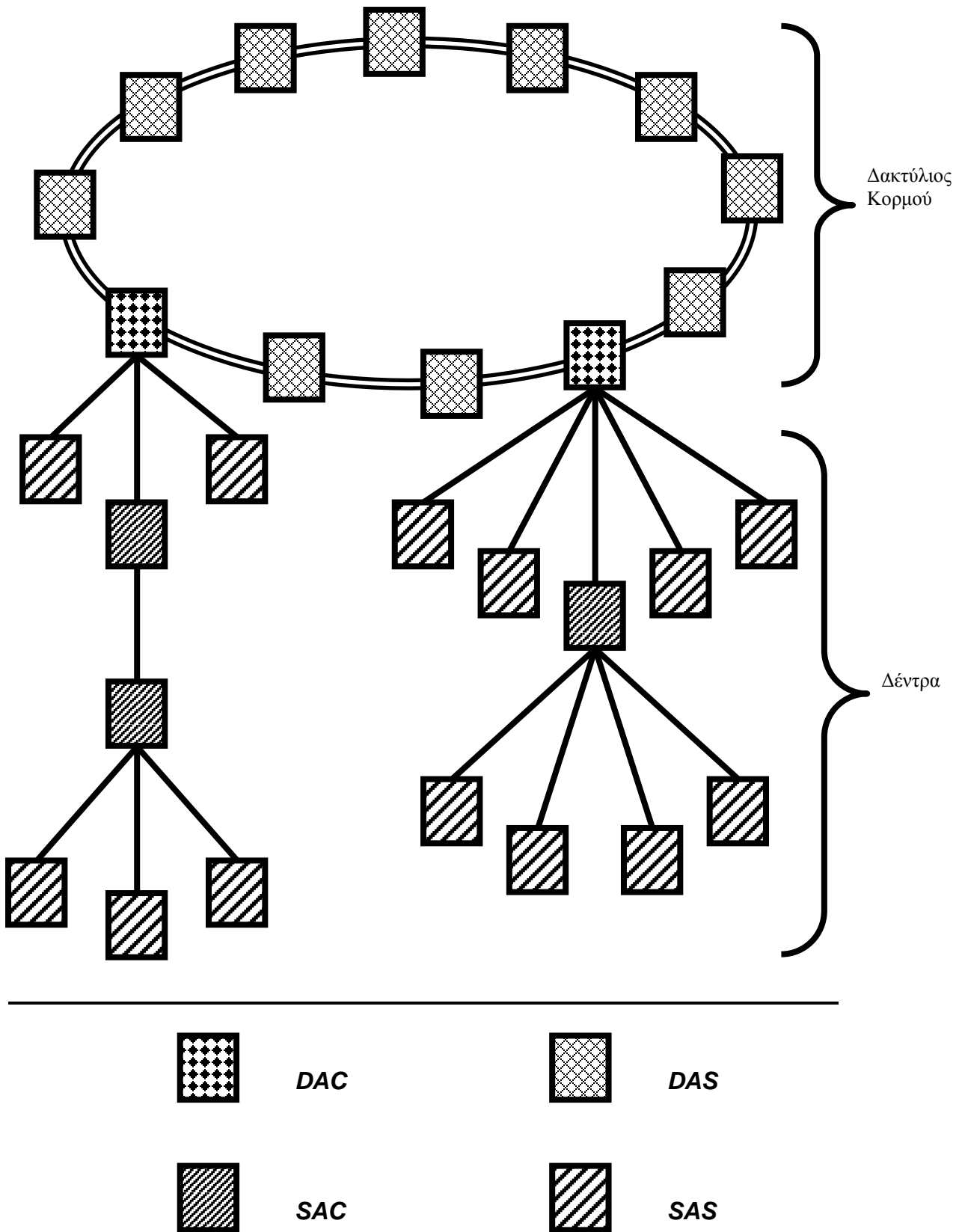
•Τύποι Σταθμών (Station Types)

Ο τύπος σταθμού που μόλις περιγράφηκε είναι μόνο ένα από τα 4 είδη σταθμών ορισμένα στο πρότυπο FDDI (Πίνακα 5.1)

Τύπος Σταθμού	Ορισμός	Συνδέεται σε :
Dual Attachment Station DAS	Έχει 2 ζευγάρια από PHY και PMD και μια ή περισσότερες MAC οντότητες. Συμμετέχει στον κορμό του διπλού δακτυλίου.	DAS, DAC
Dual Attachment Concentrator DAC	Είναι ένα DAS με επιπλέον PHY και PMD οντότητες εκτός από αυτές που απαιτούνται για την σύνδεση στο διπλό δακτύλιο. Οι επιπλέον οντότητες επιτρέπουν τη σύνδεση επιπλέον σταθμών τα οποία λογικά είναι μέρος του δακτυλίου αλλά είναι απομονωμένα από το φυσικό κορμό του δακτυλίου.	DAS, DAC, SAC, SAS
Single Attachment Station SAS	Έχει από μία οντότητα PHY, PMD, και MAC οπότεν δεν μπορεί να συνδεθεί στο κορμό του δακτυλίου, αλλά μπορεί να συνδεθεί μόνο μέσω ενός συγκεντρωτή	DAC, SAC
Single Attachment Concentrator SAC	Είναι ένα SAS με επιπλέον PHY οντότητες εκτός από αυτές που απαιτούνται για σύνδεση με ένα συγκεντρωτή. Οι επιπλέον οντότητες επιτρέπουν σύνδεση επιπλέον σταθμών σε μια δομή δέντρου	DAC, SAC, SAS

Πίνακας 5.1 Τύποι Σταθμών στο FDDI

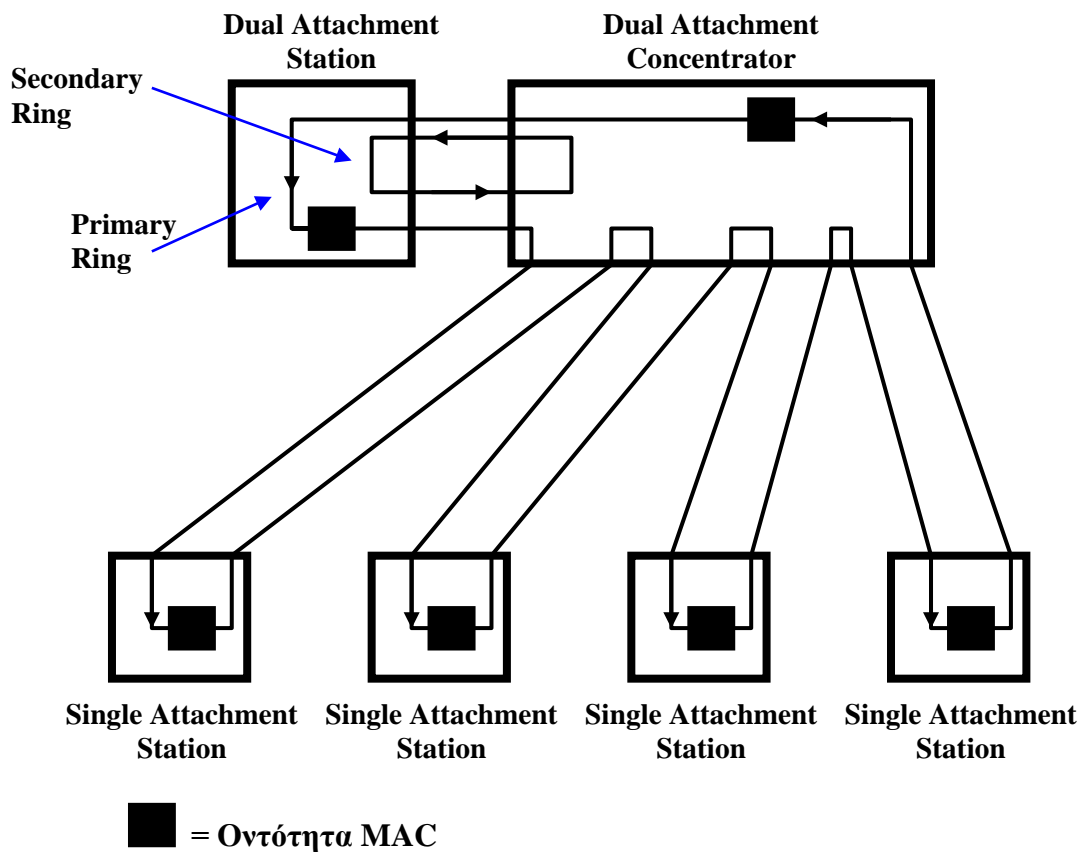
Η χρήση 4 διαφορετικών τύπων σταθμών επιτρέπει τη δημιουργία πολύπλοκων τοπολογιών και για διατάξεις με ψηλό επίπεδο αξιοπιστίας. Ένας DAS (Dual Attachment Station) Σταθμός διπλής σύνδεσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία ενός διπλού δακτυλίου. Σε μερικές περιπτώσεις αυτός ο διπλός δακτύλιος θα αποτελεί ολόκληρο το FDDI LAN. Σε άλλες περιπτώσεις ο διπλός δακτύλιος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δακτύλιος κορμού για μια πιο πολύπλοκη τοπολογία. Στη πιο γενική του μορφή η τοπολογία η οποία μπορεί να δημιουργηθεί με FDDI αναφέρεται σαν dual ring of trees (διπλός δακτύλιος από δέντρα)



Σχήμα 3.9 Γενική Τοπολογία FDDI

Το *σχήμα 3.9* είναι ένα παράδειγμα το οποίο δείχνει τη χρήση και των 4 τύπων σταθμών. Ο κύριος κορμός είναι ένας διπλός δακτύλιος που αποτελείται μόνο από σταθμούς ικανούς να υποστηρίξουν και τους δυο δακτυλίους. Μερικοί απ' αυτούς τους σταθμούς είναι DAS's των οποίων η λειτουργία είναι να παρέχουν ένα σημείο πρόσβασης για σταθμούς τελικών χρηστών (end user station) .Άλλοι σταθμοί είναι DAC's (Dual Attachment Concentrators) συγκεντρωτές διπλής σύνδεσης, οι οποίοι συμμετέχουν στο διπλό δακτύλιο και μπορούν να υποστηρίξουν ένα σταθμό τελικού χρήστη. Επιπλέον κάθε DAC μπορεί να υποστηρίξει σταθμούς οι οποίοι συνδέονται σε ένα μόνο δακτύλιο. Κάθε DAC συνεπώς υπηρετεί σαν ρίζα ενός δέντρου. SAS's (Single Attachment Station) σταθμοί μονής σύνδεσης, μπορεί να συνδεθούν στο DAC με την έννοια ενός μονού δακτυλίου .Η σύνδεση SAS δεν προσφέρει την αξιοπιστία μιας διάταξης διπλού δακτυλίου η οποία υπάρχει στο DAS.

Ωστόσο το FDDI περιορίζει την τοπολογία έτσι ώστε ένα SAS να πρέπει να συνδεθεί σε ένα συγκεντρωτή (Concentrator) .Στην περίπτωση μιας δυσλειτουργίας του SAS ή της σύνδεσης του στο συγκεντρωτή, ο συγκεντρωτής μπορεί να απομονώσει το SAS. Επομένως η αξιοπιστία του διπλού δακτυλίου διατηρείται .Για να επιτευχθεί η δημιουργία ενός δέντρου βάθους μεγαλύτερο του 2 μπορεί να χρησιμοποιηθούν concentrators μονής σύνδεσης SAC's (Single Attachment Concentrators) .Ένας SAC μπορεί να συνδεθεί σε ένα DAC ή σε ένα άλλο SAC και μπορεί να υποστηρίξει 1 ή περισσότερα SAS's .



Σχήμα 3.10 Δακτύλιος Τύπου Αστέρα

Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι ακόμα και με μια περίπλοκη δομή δέντρου μια διαμόρφωση FDDI διατηρεί ακόμα την τοπολογία δακτυλίου. Το σχήμα 3.10 δείχνει το μονοπάτι περιστροφής για μια απλή διάταξη ενός διπλού δακτυλίου των 2 σταθμών εκ των οποίων ο ένας είναι DAC. Παρατηρείστε ότι οι 6 σταθμοί σχηματίζουν ένα μονό δακτύλιο κατά μήκος του οποίου θα περιστραφεί ένα μοναδικό κουπόνι. Επίσης ένας δευτερεύον δακτύλιος ο οποίος περιλαμβάνει το DAS και DAC είναι διαθέσιμος για αξιοπιστία.

3.4 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ (RING MONITORING).

Η ευθύνη για τη παρακολούθηση της λειτουργίας του αλγορίθμου 'δακτύλιου με κουπόνι' κατανέμεται σε όλους τους σταθμούς που βρίσκονται στο δακτύλιο. Κάθε σταθμός παρακολουθεί το δακτύλιο για μη έγκυρες καταστάσεις οι οποίες απαιτούν αρχικοποίηση δακτυλίου. Μη έγκυρες καταστάσεις συμπεριλαμβάνουν μια εκτεταμένη περίοδο αδρανής ή ανακριβής δραστηριότητας. (π.χ. επίμονο πλαίσιο δεδομένων). Για ανίχνευση του τελευταίου, κάθε σταθμός κρατάει ένα ίχνος για το πόσο χρόνο έχει να δει ένα έγκυρο κουπόνι. Αν αυτός ο χρόνος υπερβεί το TTRT τότε συμπεραίνεται ότι έχουμε κατάσταση σφάλματος .

Τρεις διεργασίες εμπλέκονται στην ανίχνευση και διόρθωση σφάλματος οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια :

A) Claim Token Process (Διεργασία διεκδίκηση κουπονιού)

B) Initialization Process (Διεργασία αρχικοποίησης)

Γ) Beacon Process (Διεργασία καθοδήγησης)

Χρησιμοποιούνται και 2 πλαίσια ελέγχου MAC : το πλαίσιο καθοδήγησης (beacon frame) και το πλαίσιο διεκδίκησης (claim frame)

A) Διεργασία διεκδίκηση κουπονιού:

Ένας σταθμός θα αντιληφθεί την ανάγκη για αρχικοποίηση του δακτυλίου με τη παρατήρηση απουσίας κουπονιού όπως εξηγήθηκε πιο πάνω .Αυτό συμβαίνει όταν ο σταθμός θέσει το LC στο 2. Οποιοσδήποτε σταθμός ανιχνεύσει απώλεια κουπονιού εγκαινιάζει τη διεργασία διεκδίκησης κουπονιού με την έκδοση μιας σειράς από πλαίσια διεκδίκησης .Ο σκοπός της διεργασίας διεκδίκησης κουπονιού είναι να διαπραγματευθεί η τιμή που πρέπει να ανατεθεί στο TTRT και να διαλύσει τον ανταγωνισμό μεταξύ σταθμών που προσπαθούν να αρχικοποιήσουν το δακτύλιο. Κάθε σταθμός που διεκδικεί να αρχικοποιήσει το δακτύλιο στέλνει μια συνεχή ροή από

πλαίσια διεκδίκησης. Το πεδίο πληροφοριών του πλαισίου διεκδίκησης περιέχει την τιμή που θέλει ο σταθμός για το TTRT. Κάθε σταθμός διεκδίκησης ελέγχει τα εισερχόμενα πλαίσια διεκδίκησης και είτε αναβάλλει (παύει δηλ. να μεταδίδει τα δικά του πλαίσια διεκδίκησης και απλώς επαναλαμβάνει τα εισερχόμενα πλαίσια) ή συνεχίζει να μεταδίδει τα δικά του πλαίσια διεκδίκησης και απορροφά όλα τα εισερχόμενα πλαίσια σύμφωνα με τον ακόλουθο ιεραρχικό κανόνα διαιτησίας :

- Το πλαίσιο με το χαμηλότερο TTRT έχει προτεραιότητα
- Δοθέντος ίσον τιμών για TTRT ένα πλαίσιο με 48 – bit διεύθυνση έχει προτεραιότητα σε σχέση με πλαίσιο με 16 – bit διεύθυνση.
- Δοθέντος ίσον τιμών για TTRT και ίσα μήκη διευθύνσεων, το πλαίσιο με την διεύθυνση μεγαλύτερης αριθμητικής αξίας έχει προτεραιότητα.

Η διεργασία ολοκληρώνεται όταν ένας σταθμός λάβει το δικό του πλαίσιο διεκδίκησης το οποίο έχει κάνει μια πλήρη περιστροφή του δακτυλίου χωρίς να έχει αντικατασταθεί. Σ' αυτό το σημείο ο δακτύλιος έχει γεμίσει με πλαίσια διεκδίκησης αυτού του σταθμού και όλοι οι άλλοι σταθμοί έχουν υποχωρήσει.

Όλοι οι σταθμοί αποθηκεύουν την τιμή του TTRT που περιείχε το τελευταίο πλαίσιο διεκδίκησης που έλαβαν. Το αποτέλεσμα είναι ότι η μικρότερη αιτούμενη τιμή για το TTRT αποθηκεύεται απ' όλους τους σταθμούς και θα χρησιμοποιηθεί για την κατανομή της χωρητικότητας .

Το κίνητρο για να δοθεί προτεραιότητα στη μικρότερη τιμή για TTRT είναι για να κάνει το LAN να ανταποκρίνεται καλύτερα σε εφαρμογές ευαίσθητα στο χρόνο. Αν ορίζουμε σαν διάστημα αντίδρασης του δακτυλίου Ring Latency RL σαν τη συνολική επιβάρυνση για μια πλήρης περιστροφή

TTRT-RL

TTRT

κουπονιού στο δακτύλιο τότε η εκμετάλλευση (utilization) του δακτυλίου μπορεί να εκφραστεί σαν

Χαμηλές τιμές για το TTRT θα εξασφαλίζει ένα εγγυημένο μικρό response time και συνεπώς θα υποστηρίζει εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Υψηλές τιμές για το TTRT θα επιτρέπουν μεγάλη χρήση του δακτυλίου ακόμα και κάτω από μεγάλο φόρτο.

B) Διεργασία αρχικοποίησης:

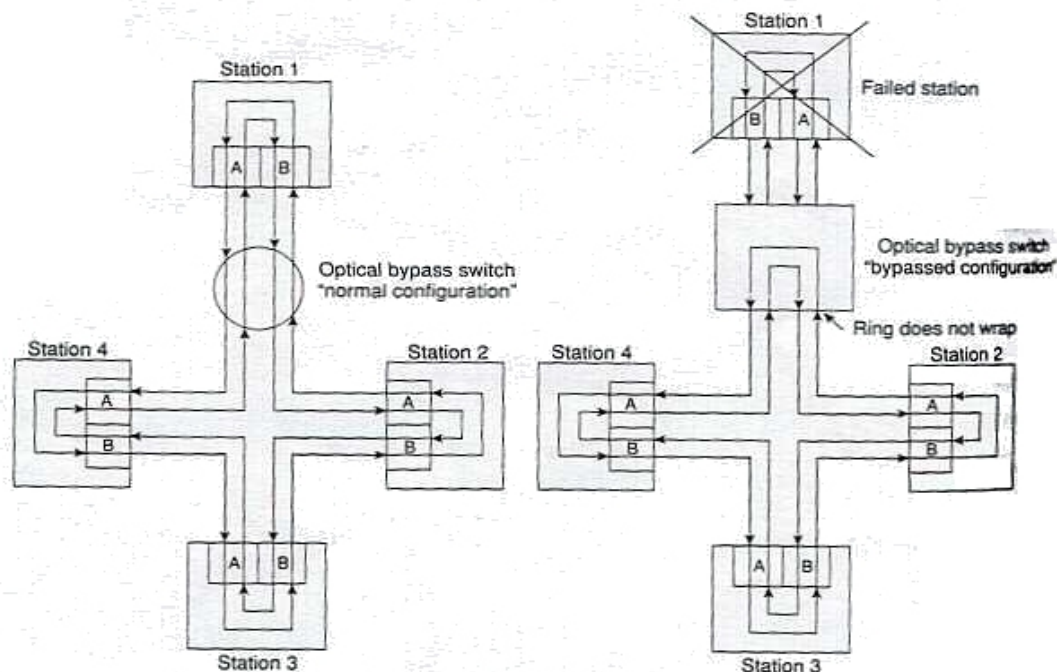
Ο σταθμός ο οποίος έχει κερδίσει στη διεργασία διεκδίκησης κουπονιού είναι υπεύθυνο για αρχικοποίηση του δακτύλιου. Όλοι οι σταθμοί στο δακτύλιο αναγνωρίζουν την διεργασία αρχικοποίησης σαν αποτέλεσμα της αναγνώρισης ενός ή περισσότερων πλαισίων διεκδίκησης. Ο σταθμός αρχικοποίησης εκδίδει ένα μη περιοριστικό κουπόνι. Στην πρώτη περιστροφή του κουπονιού μπορεί να μην το παραλάβει κανένας σταθμός. Ο κάθε σταθμός χρησιμοποιεί την εμφάνιση του κουπονιού για μετάβαση από μια κατάσταση αρχικοποίησης σε κατάσταση λειτουργίας και για να επαναφέρει το TRT (να το κάνει reset)

Γ) Διεργασία καθοδήγησης:

Το πλαίσιο καθοδήγησης χρησιμοποιείται για να απομονώσει μια σοβαρή ανεπάρκεια /βλάβη λειτουργίας στο δακτύλιο όπως μια διακοπή σε κάποιο σημείο του. Για παράδειγμα όταν ένας σταθμός εφαρμόζει την διεργασία διεκδίκησης κουπονιού θα τερματίσει τελικά αν δεν φθάσει σε μια απόφαση (νίκης ή αποτυχίας) και θα εισέλθει στη διεργασία καθοδήγησης. Με την έναρξη της διεργασίας καθοδήγησης ένας σταθμός μεταδίδει συνεχώς πλαίσια καθοδήγησης (beacon frames) Ένας σταθμός (αυτός που είναι πιο κάτω από τον σταθμό που εκδίδει beacon frames) πάντα ανταποκρίνεται σε ένα πλαίσιο καθοδήγησης .Συνεπώς αν η βλάβη λειτουργίας συνεχίζει τα πλαίσια του σταθμού που εκπέμπει beacon frames φυσιολογικά θα διαδοθούν εν τέλει από τον επόμενο σταθμό (κατά σειρά μετά τον σταθμό που εκπέμπει beacon frames) αφού αποκατασταθεί η βλάβη. Αν ένας σταθμός που εκτελεί τη διεργασία καθοδήγησης παραλάβει τα δικά του πλαίσια καθοδήγησης (τα οποία εκπέμπει) υποθέτει ότι ο δακτύλιος έχει αποκατασταθεί και εγκαινιάζει τη διεργασία διεκδίκησης κουπονιού.

3.5 OPTICAL BYPASS SWITCH

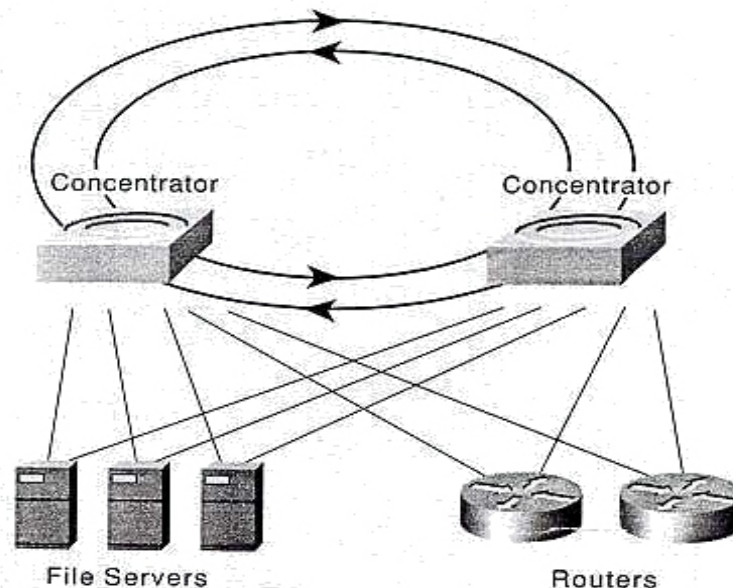
Το optical bypass switch παρέχει συνεχή λειτουργία του διπλού δακτυλίου όταν ένα device πάνω στο διπλό δακτύλιο παρουσιάσει βλάβη. Αυτό χρησιμοποιείται τόσο για να προλάβει κατάρτηση του δακτυλίου και για να εξαλείψει κατεστραμμένους σταθμούς ή σταθμούς με βλάβες από το δακτύλιο. Το optical bypass switch εκτελεί αυτή τη λειτουργία με τη χρήση οπτικών καθρεπτών οι οποίοι μεταφέρουν φως από το δακτύλιο απευθείας στο DAS μηχανισμό κατά τη διάρκεια συνηθισμένης λειτουργίας. Στην περίπτωση αποτυχίας του DAS μηχανισμού, όπως ένα power-off, το optical bypass switch θα μεταφέρει το φως διαμέσου του εαυτού του χρησιμοποιώντας εσωτερικούς καθρέπτες και έτσι διατηρεί την ακεραιότητα του δακτυλίου. Το όφελος από αυτή τη δυνατότητα είναι ότι ο δακτύλιος δε θα εισέλθει σε wrapped condition στην περίπτωση μηχανικής βλάβης. Το *σχήμα 3.11* δείχνει τη λειτουργικότητα ενός optical bypass switch σε ένα FDDI network.



Σχήμα 3.11

3.6 DUAL HOMING

Συσκευές που η σημασία τους είναι μεγάλη και η λειτουργία στους μπορεί να θεωρηθεί κρίσιμη, όπως routers and mainframe hosts, μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια fault-tolerant τεχνική που ονομάζεται Dual Homing για να εξασφαλίσουν επιπρόσθετη παροχή αξιοπιστίας και για να βοηθήσουν την λειτουργία του δικτύου. Σε dual-homing καταστάσεις, η κρίσιμη συσκευή συνδέεται με δύο concentrators (συγκεντρωτές). Το σχήμα 3.12 δείχνει ένα dual-homed configuration για συσκευές όπως file servers and routers.



Σχήμα 3.12

Ένα ζεύγος συνδέσεων δύο concentrator δηλώνεται σαν active link το άλλο ζεύγος δηλώνεται σαν passive link. Το passive link παραμένει στο backup mode μέχρι το primary link που είναι συνδεδεμένο στον concentrator, να εμφανίσει βλάβη. Όταν συμβεί αυτό, το passive link ενεργοποιείται αυτόματα και αποκαθίσταται η βλάβη. Έτσι έχουμε ένα σύνθετο και ταυτόχρονα ευέλικτο μηχανισμό ο οποίος αυξάνει το fail-tolerance και εξασφαλίζει την χρήση των κρίσιμων συσκευών στο δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ FDDI

Το FDDI είχε σχεδιαστεί για να λειτουργεί σαν ένα backbone δίκτυο το οποίο να συνδέει μικρότερα LANs (τοπικά δίκτυα), μέσα σε ένα κτίριο ή σε μία πανεπιστημιούπολη (με πολλά κτίρια που συνδέονται μεταξύ τους). Συνήθως στο FDDI συνδέονται δίκτυα του τύπου Ethernet ή Token Ring, τα οποία έχουν διαφορετικές ταχύτητες, όπως 4, 10 και 16 Mbps. Στη συνηθέστερη περίπτωση ένα FDDI backbone έχει ταχύτητες της τάξης των 100 Mbps. Η αποτελεσματικότητα του FDDI (το throughput) κυμαίνεται γύρω στα 30 Mbps και εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των σταθμών που συνδέονται σ' αυτό. Παρόλο που το FDDI II έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει ισόχρονου είδους πληροφορία (κυρίως φωνή), η οποία απαιτεί υψηλό bandwidth, στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται για μεταφορά data μόνο. Αυτό γιατί στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται το FDDI, τέτοιου είδους πληροφορία μεταφέρεται από το συμβατικό δίκτυο τηλεφωνίας.

Εδώ θα δούμε επιγραμματικά μερικές υλοποιήσεις του FDDI στην Ελλάδα. Το FDDI συναντάται συνήθως σε πανεπιστήμια όπου διασυνδέει το χώρο του campus, αποτελεί το backbone του δικτύου. Για τους χώρους αυτούς φαίνεται να είναι ιδανικό, γιατί καλύπτει σχετικά τις μέχρι σήμερα ανάγκες σε bandwidth και επίσης οι προδιαγραφές του είναι τέτοιες που επιτρέπουν την διασύνδεση σταθμών που απέχουν πολύ ο ένας από τον άλλο. Όμως τώρα τελευταία παρατηρείται μια στροφή προς το ATM. Αυτό γιατί το FDDI είναι κάπως ξεπερασμένο, από πλευράς απόδοσης και σε συνδυασμό με την αύξηση των αναγκών επιβάλλεται η αλλαγή στη τεχνολογία.

1. Στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο

Υπάρχει ένας διπλός δακτύλιος FDDI ο οποίος διασυνδέει τους κύριους routers και τα FOIRL hubs. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ακολουθείται η τοπολογία *Dual Ring of trees*, που έχουμε δει στο σχετικό κεφάλαιο. Ο δακτύλιος FDDI αποτελεί ουσιαστικά το backbone του όλου δικτύου. Το προσφερόμενο bandwidth είναι 100 Mbps και καλύπτει όλη την πολυτεχνειούπολη στη περιοχή Ζωγράφου. Η πρόσβαση στο δακτύλιο γίνεται μέσω τεσσάρων concentrators που συνδέονται σαν DAS σταθμοί σ' αυτό. Κάθε ένας από αυτούς είναι συνδεδεμένος σε ένα υψηλής απόδοσης router με SAS σύνδεση. Κάθε router είναι συνδεδεμένος με δύο concentrators ούτως ώστε να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη αξιοπιστία στο δίκτυο σε περίπτωση βλάβης κάποιου concentrator. Οι routers με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένοι με ένα αρκετά μεγάλο αριθμό από Ethernet hubs. Στο σχήμα B.1 φαίνεται πώς καλύπτονται οι περιοχές και τα διάφορα κτίρια από τους routers, επίσης φαίνεται πως γίνεται η διακλάδωση του δικτύου.

Οι concentrators είναι μοντέλα της εταιρείας DEC (DEC concentrator model 500), οι routers είναι μοντέλα της CISCO (δύο routers είναι μοντέλο CS 7000 και οι άλλοι δύο, μοντέλο AGS+/4). Ο ένας router (CS 7000) χρησιμοποιείται σαν κύρια gateway προς το Internet μέσω απ' ευθείας σύνδεσης με τα δίκτυα ARIADNE-T και DANTE.

Η καλωδίωση του backbone (του δακτυλίου FDDI) αποτελείται από 16 οπτικές ίνες, 12 εκ των οποίων είναι multi-mode και 4 single-mode. Οι multi-mode είναι συμβατές τύπου FG6 (graded index, 62.5 μm/125 μm) και οι single-mode είναι συμβατές τύπου FGD (depressed cladding 9 μm/125 μm). Επίσης για την σύνδεση των καλωδίων οπτικής ίνας χρησιμοποιούνται οι ST-II fiber connectors σε όλο το δίκτυο.

Υπάρχουν 37 Ethernet hubs τα οποία έχουν πρόσβαση στους routers και έτσι καλύπτουν γύρω στα 70 κτίρια.

Επίσης το υπολογιστικό κέντρο του ΕΜΠ έχει ένα μικρό, από πλευράς απόστασης την οποία καλύπτει, δακτύλιο FDDI αποκλείστηκε για τις δικές του ανάγκες. Στο δακτύλιο αυτό έχουν πρόσβαση δύο Power Graphics Silicon Graphics servers και ένας Silicon Graphics Challenge XL. Στο δίκτυο αυτό υπάρχουν επίσης και 16 σταθμοί εργασίας Iris R4000 Indigo. Στο Ε.Μ.Π λειτουργεί επίσης πιλοτικά ATM δίκτυο.

2. Στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

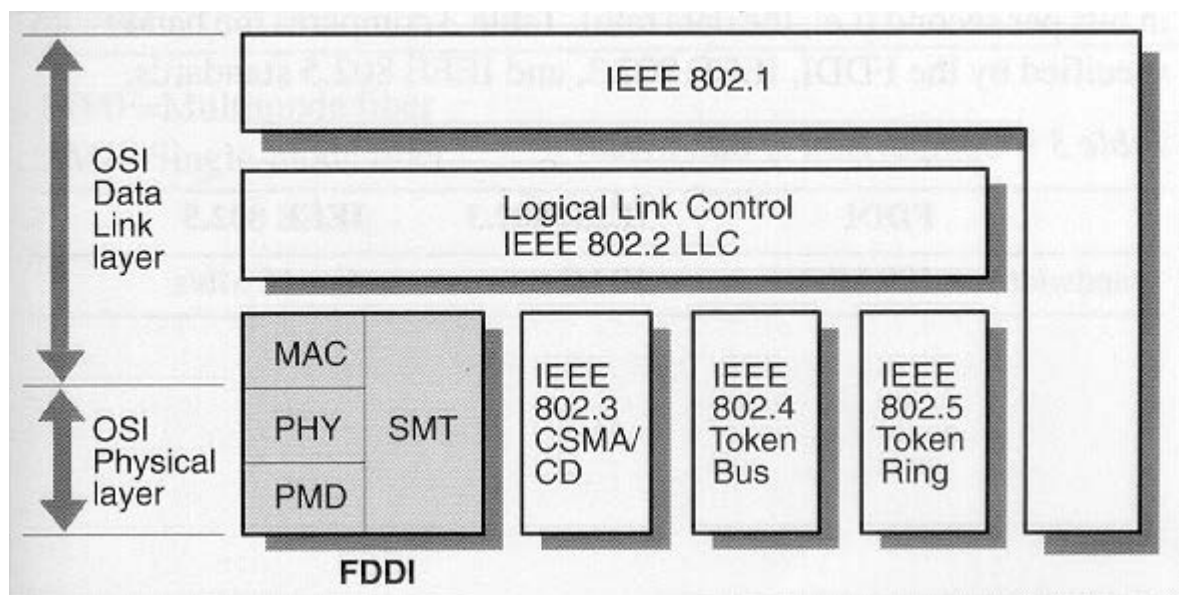
Στο σημερινό δικτυακό κορμό FDDI του Α.Π.Θ. χρησιμοποιείται η τοπολογία Dual Ring of trees. Ο δακτύλιος προσφέρει ένα bandwidth της τάξης των 100 Mbps και έχει 10 concentrators οι οποίοι συνδέονται με routers που διακλαδώνουν το δίκτυο στα διάφορα κτίρια όπου υπάρχουν hubs. Επίσης στο Α.Π.Θ. λειτουργεί και ATM υποδίκτυο το οποίο συνεργάζεται με το δακτύλιο FDDI και προσφέρει bandwidth της τάξης των 155 Mbps.

3. Πανεπιστήμιο Πατρών

Στο Πανεπιστήμιο Πατρών υπάρχει ένας FDDI δακτύλιος που και εδώ λειτουργεί σαν backbone του πανεπιστημιακού δικτύου. Καλύπτει μεγάλη απόσταση και εξυπηρετεί τις ανάγκες του πανεπιστημίου και του νοσοκομείου στο Ρίο. Έχει τρεις DAS concentrators που είναι συνδεδεμένοι με τους κατά τόπους routers. Οι συνδέσεις των concentrators και μερικών routers που θεωρούνται σημαντικοί γίνονται με Dual Homing για αυξημένη αξιοπιστία. Οι τρεις concentrators βρίσκονται στα κτίρια Β (Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής και ΙΤΥ), κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και στο νότιο κτίριο Χημείας. Από τους routers που συνδέονται στους concentrators διακλαδώνεται το δίκτυο προς τα άλλα κτίρια του πανεπιστημίου. Επίσης το κτίριο Β με το κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών συνδέονται και με ATM.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ FDDI με ΠΡΟΤΥΠΑ ETHERNET και TOKEN RING

Τα πρότυπα Ethernet, Token Ring και FDDI είναι τα πιο διαδεδομένα αυτή τη στιγμή στο χώρο των τοπικών δικτύων (LANs). Το Ethernet πρότυπο IEEE 802.3 ορίζει ως τοπολογία ένα λογικό κοινό δίαυλο χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) για πρόσβαση στο δίκτυο. Το Token Ring πρότυπο IEEE 802.5 ορίζει μια αρχιτεκτονική δακτυλίου με σκυτάλη (token), η οποία μπορεί να λειτουργήσει τόσο στα 4 Mbps όσο και στα 16 Mbps. Το FDDI πρότυπο, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ορίζει ένα δακτύλιο των 100 Mbps με σκυτάλη που βασίζεται σε timed token πρωτόκολλο. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη σχέση που συνδέει τα πρότυπα αυτά μεταξύ τους αλλά και με το OSI πρότυπο:



Εικόνα 6.1 : Η σχέση που συνδέει το FDDI και τα άλλα LAN πρότυπα

Έχει πρακτικά πολύ μεγάλο ενδιαφέρον να εξετάσουμε τις βασικές διαφορές του FDDI με άλλα LAN standards, όπως το IEEE 802.3 (Ethernet) και το IEEE 802.5 (Token Ring), κάτι που γίνεται στη συνέχεια:

Bandwidth – Εύρος Ζώνης :

Είναι το μέγιστο φορτίο κίνησης που μπορεί να διοχετευτεί μέσω του δικτύου σε συγκεκριμένο χρόνο. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τη σύγκριση μεταξύ των standards.

	FDDI	IEE 802.3	IEE 802.5
Bandwidth	100 Mb/s	10 Mb/s	4 ή 16 Mb/s

Μέγιστος αριθμός σταθμών και μέγιστη απόσταση :

Όταν τα LAN αρχίζουν και μεγαλώνουν τότε τίθεται και το θέμα του μέγιστου αριθμού κόμβων, της μέγιστης απόστασης μεταξύ σταθμών και του μέγιστου μήκους του δικτύου.

	FDDI	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Μέγιστος αριθμός κόμβων	500	1024	250
Μέγιστη απόσταση μεταξύ κόμβων	2 km (1.2 mi) για πολυτροπική ή >20 km (12.4 mi) για μονοτροπική	2.8 km (1.7 mi)	300 m (4 Mb/s ring) – Προτείνεται, όμως, απόσταση 100 μέτρων για 4 και 16 MB/s
Μέγιστο συνολικό μήκος δικτύου	100 km (62 mi)	2.8 km (1.7 mi)	Ποικίλει ανάλογα με το configuration

□ **Τοπολογία δικτύου :**

Η τοπολογία του κάθε δικτύου έχει δύο συνιστώσες : την φυσική τοπολογία και τη λογική τοπολογία. Η φυσική τοπολογία ορίζει τη μορφή της καλωδίωσης. Η λογική τοπολογία περιγράφει την εικόνα του δικτύου όπως φαίνεται από την μέθοδο πρόσβασης του σταθμού.

	FDDI	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Λογική τοπολογία	Διπλός δακτύλιος, Διπλός δακτύλιος από δέντρα	Κοινός δίαυλος (Bus)	Απλός δακτύλιος
Φυσική τοπολογία	Δακτύλιος, Αστέρας, Ιεραρχικός αστέρας	Αστέρας, Δίαυλος, Ιεραρχικός αστέρας	Δακτύλιος, Αστέρας, Ιεραρχικός αστέρας

□ **Υποστηριζόμενα μέσα μετάδοσης :**

Είναι το μέσο το οποίο μπορεί να συνδέει δύο σταθμούς σε κάθε ένα από τα πρωτόκολλα, όπως για παράδειγμα οπτική ίνα ή twisted pair καλώδιο.

	FDDI	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Μέσο μετάδοσης	Οπτική ίνα	Οπτική ίνα, twisted-pair, ομοαξονικό καλώδιο	Οπτική ίνα, twisted-pair

□ Έλεγχος πρόσβασης στο κανάλι :

Σε κάθε ένα από τα standards καθορίζεται με ποιο τρόπο θα ελέγχεται κάθε χρονική στιγμή αν ο κάθε σταθμός έχει δικαίωμα να εκπέμψει στο κανάλι, πάνω στο οποίο βρίσκονται οι άλλοι σταθμοί, και ποια είναι η διαδικασία με την οποία γίνεται αυτό.

	FDDI	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Μέθοδος πρόσβασης	Timed-token passing	CSMA/CD	Token passing
Ανάκτηση της σκυτάλης (token)	Δέσμευση της σκυτάλης	-	Θέτοντας ένα status bit, μετατρέπεται η σκυτάλη (token) σε frame
Αποδέσμευση της σκυτάλης (token)	Μετά τη μετάδοση	-	Μετά το stripping (4) Μετά τη μετάδοση (16)
Frames στο δίκτυο	Πολλαπλά	Ένα	Ένα (4 Mb/s) Πολλαπλά (16Mb/s)
Πόσα frames μεταδίδονται ανά πρόσβαση	Πολλαπλά	Ένα	Ένα

□ **Μέγιστο μέγεθος frame :**

Είναι το μέγιστο μέγεθος δεδομένων που μπορεί να μεταδώσει ένας σταθμός με μια μόνο μετάδοση.

	FDDI	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Μέγιστο μέγεθος frame	4,500 bytes	1,518 bytes	4,500 bytes (4) 17,800 bytes (16)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: FDDI II, CDDI, SDDI

Το FDDI-II αποτελεί εξέλιξη του FDDI καθώς πέραν των κινήσεων πακέτου προσθέτει την ικανότητα για υποστήριξη κινήσεων μεταγωγής κυκλώματος. Ωστόσο παρουσιάζει ασυμβατότητα με το αρχικό FDDI και είναι πιο πολύπλοκο.

Υπενθυμίζεται ότι στο FDDI, όλα τα δεδομένα μεταδίδονται με πλαίσια μεταβλητού μήκους. Κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει οριοθέτες που σημειώνουν την αρχή και το τέλος του, και πεδία διευθύνσεων που προσδιορίζουν τους σταθμούς αποστολής και λήψης. Το FDDI δεν μπορεί να υποστηρίξει μια συνεχή σύνδεση σταθερού ρυθμού δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών. Ακόμα και η αποκαλούμενη σύγχρονη κίνηση του FDDI εγγυάται ένα ελάχιστο σταθερό ρυθμό δεδομένων, εφόσον δεν μπορεί να παρέχει μια ομοιόμορφη ροή δεδομένων χωρίς διακυμάνσεις. Μια τέτοια συνεχής και σταθερή ροή δεδομένων συναντάται σε εφαρμογές μεταγωγής κυκλώματος, όπως το ψηφιακό video και η ψηφιακή φωνή.

Το FDDI-II παρέχει μια υπηρεσία μεταγωγής κυκλώματος διατηρώντας ταυτόχρονα την αντίστοιχη υπηρεσία μεταγωγής πακέτου -ελεγχόμενης με κουπόνι- του FDDI. Με το FDDI-II παρέχεται η δυνατότητα για εγκατάσταση και διατήρηση μιας σύνδεσης σταθερού ρυθμού δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών. Η εγκατάσταση μιας σύνδεσης δεν γίνεται πια με χρήση ενσωματωμένων διευθύνσεων, αλλά στη βάση μιας εκ των προτέρων συμφωνίας που οι εμπλεκόμενοι σταθμοί είτε έχουν διαπραγματευτεί με μηνύματα πακέτου, είτε έχουν συμφωνήσει με μια κατάλληλη σύμβαση (γνωστή μόνο σ' αυτούς).

Η τεχνική που χρησιμοποιείται στο FDDI-II για παροχή υπηρεσιών μεταγωγής κυκλώματος επιβάλλει στο δακτύλιο μια δομή πλαισίου των 125μs. Μια σύνδεση μεταγωγής κυκλώματος αποτελείται από τακτικά και επαναλαμβανόμενα time slots που υπάρχουν μέσα στο πλαίσιο. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης αναφέρεται μερικές φορές και ως ισόχρονος.

Η ικανότητα υποστήριξης ισόχρονης κίνησης στο FDDI-II στηρίζεται στη χρήση των time slots. Ένα αρκετά πολύπλοκο σχήμα σηματοδότησης και διαχείρισης χειρίζεται δυναμικά το εύρος ζώνης ανάμεσα σε ασύγχρονα, σύγχρονα και ισόχρονα δεδομένα. Η τακτική αυτή επιτρέπει την υποστήριξη κίνησης σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων, παρέχοντας ισόχρονα κανάλια χαμηλής καθυστέρησης. Επίσης προσφέρεται η δυνατότητα πολλαπλής αποστολής. Γενικά το FDDI-II υποστηρίζει ευρυζωνικές εφαρμογές. Σαν βασικά μειονεκτήματα του θεωρούνται η ασυμβατότητα με το αρχικό FDDI και η πολυπλοκότητα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εμφάνιση της τεχνολογίας ATM μάλλον Δε δίνει στο FDDI-II μεγάλες πιθανότητες εμπορικής επιτυχίας.

Το FDDI έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα. Το κόστος του είναι απαγορευτικό για μικρές εγκαταστάσεις. Όμως το χαρακτηριστικό του να δέχεται τοπολογία αστέρα, δηλαδή ανεξάρτητοι σταθμοί να συνδέονται στο FDDI μέσω συγκεντρωτή γραμμών, έδωσε την ιδέα στους κατασκευαστές, να αντικαταστήσουν την οπτική ίνα από τον συγκεντρωτή μέχρι τον κάθε σταθμό με συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων (STP, UTP). Υπάρχουν διάφορες προτάσεις για την υλοποίηση αυτού του εγχειρήματος. Από τα τέλη του 1990 μια ομάδα από τις AT& T, Apple, Crescendo, και Fibronics, άρχισε να ασχολείται με την τεχνολογία των 100Mbps σε UTP καλώδιο.

Το Copper-Distributed Data Interface (CDDI) είναι η υλοποίηση του πρωτοκόλλου FDDI με συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων. Όπως το FDDI, και το CDDI παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 100-Mbps και χρησιμοποιεί την αρχιτεκτονική του διπλού δακτυλίου για να υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία και ανοχή σε περίπτωση βλάβης. Στο CDDI η μέγιστη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο σταθμών ή μεταξύ σταθμού και συγκεντρωτή (concentrator) είναι γύρω στα 100 μέτρα.

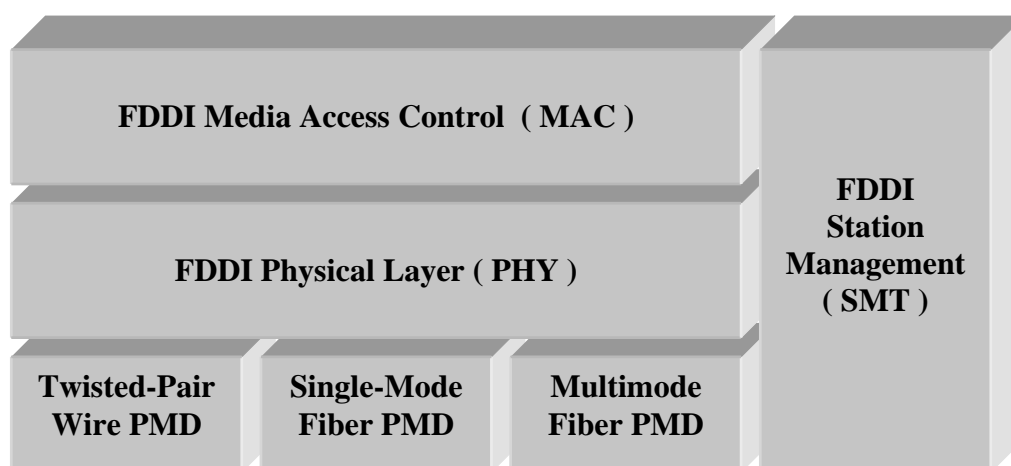
Το CDDI καθορίζεται από την επιτροπή X3T9.5 της ANSI. Το πρότυπο CDDI επισήμως ονομάζεται **Twisted-Pair Physical Medium Dependent** (TP-PMD), (πρότυπο που το φυσικό μέσο από το οποίο εξαρτάται είναι το συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων). Επίσης αναφέρεται και σαν **Twisted-Pair Distributed Data Interface** (TP-DDI) (Προσαρμοστής

Κατανεμημένων Δεδομένων με Συνεστραμμένο Ζεύγος), ομοίως με τον όρο Fiber Distributed Data Interface (FDDI).

Το CDDI όσο αφορά το επίπεδο φυσικού μέσου (physical layer) και το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC layer) καθορίζονται πλήρως από τα πρότυπα της ANSI.

Τα πρότυπα της ANSI καθορίζουν μόνο δύο τύπους χάλκινων καλωδίων για το CDDI, το Shielded Twisted Pair (STP), (Θωρακισμένο Συνεστραμμένο Ζεύγος) και το Unshielded Twisted Pair (UTP), (Μη θωρακισμένο Συνεστραμμένο Ζεύγος). Η καλωδίωση STP έχει 150-ohm σύνθετη αντίσταση και συμφωνεί με το πρότυπο EIA/TIA 568 (IBM Type 1). Ενώ η UTP καλωδίωση είναι data-grade (Category 5) και αποτελείται από τέσσερα unshielded (μη θωρακισμένα) συνεστραμμένα ζεύγη, ανά ζεύγος και ειδικά μονωμένα με πλαστικό κάλυμμα. Το UTP είναι φτιαγμένο σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA 567B.

Ο πίνακας 7.1 δείχνει τις προδιαγραφές του CDDI TP-PMD σε σχέση με το γνωστό FDDI πρότυπο.



Πίνακας 7.1

Το Μάιο του 1991 μια άλλη ομάδα από τις AMD, Chipcom, DEC, Motorola και Synoptics, πρότεινε ένα δίκτυο στα 100Mbps χρησιμοποιώντας καλώδιο STP. Η πρόταση αυτή ονομάστηκε Greenbook, όμως απέτυχε να τυποποιηθεί από την επιτροπή ANSI λόγω της μεγάλης αντίδρασης σχετικά με το ακριβότερο STP. Μετά την αρχική αποτυχία με την βοήθεια και των IBM, Madge Networks, NSC και NPI, δημιουργήθηκε μια νέα βελτιωμένη πρόταση με την ονομασία SDDI (Shielded Distributed Data Interface), πάλι για καλώδιο STP. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι πώς επιτρέπει ακόμα και την σύνδεση δύο υπολογιστών μεταξύ τους χωρίς να απαιτεί συγκεντρωτή, πάντα με τον περιορισμό των 100 μέτρων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Martin A.W. Nemzow, *FDDI Networking: Planning, Installation and Management* (MCGRAW - Hill Series on Computer)
2. Hot Lava, *MCSE PREP: Token Ring/FDDI*, Software, Inc
3. Shah, *FDDI: A High Speed Network*
4. Andrew Mills, *Understanding FDDI*
5. Bernhard Albert and Anupa P, *FDDI and FDDI-II: Architecture, Protocols and Performance*
6. [www. cisco.com/](http://www.cisco.com/)
7. [www. webopedia.com](http://www.webopedia.com)
8. www.medialab.ntua.gr
9. [www.rhyshaden. com](http://www.rhyshaden.com)