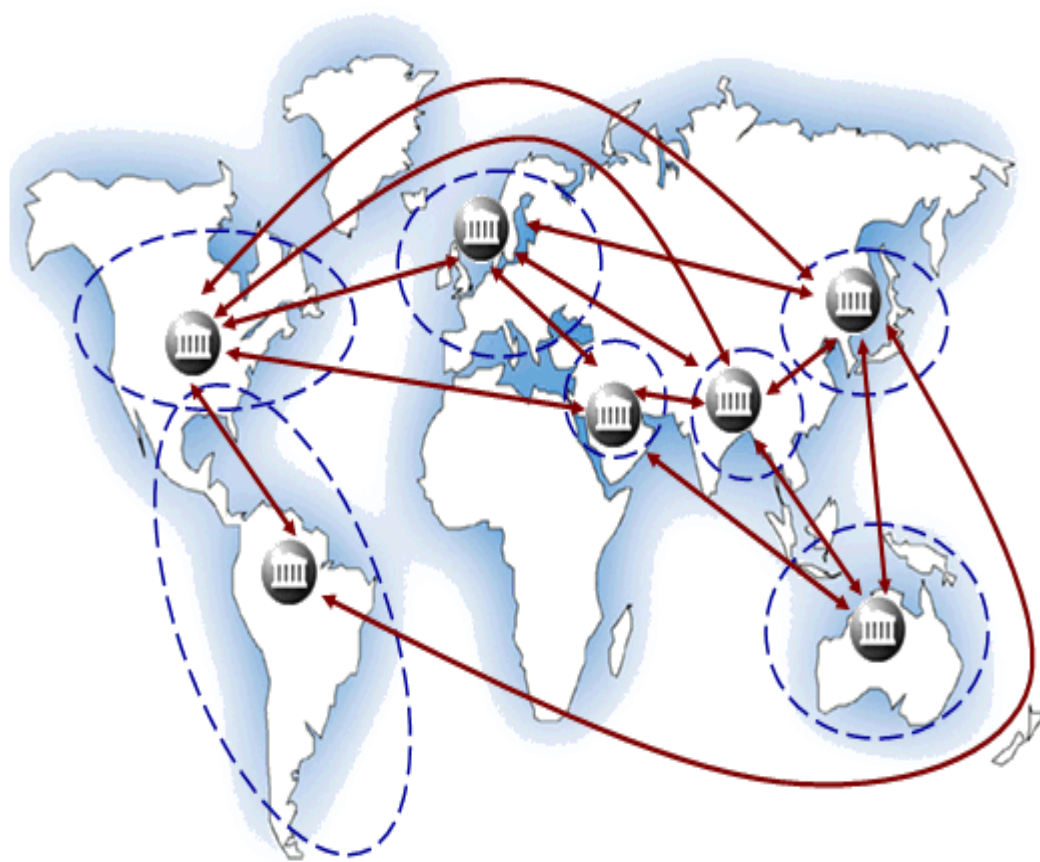


# Επικοινωνίες και Δίκτυα Η/Υ

Τεχνικός Εφαρμογών Ιατρικής Πληροφορικής

ΟΕΕΚ ΙΕΚ Ηρακλείου 2010-2011



Επιμέλεια: **Κωλέτσου Ευτυχία**

*email: [info@ekoletsou.gr](mailto:info@ekoletsou.gr)*

*web: <http://www.ekoletsou.gr>*

Μέρος Β'

Let's Networking!!



Οι σημειώσεις είναι βασισμένες στα συγγράμματα:

[1] Μάργαρης Αθ., *Μετάδοση Δεδομένων-Δίκτυα Υπολογιστών*, ΤΕΕ, Τομέας Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ, ΟΕΔΒ, Θεσσαλονίκη 2001

[2] Αρβανίτης Α., Κόλυβας Γ., Ούτσιος Σ., *Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών*, ΕΠΑΛ Β' Τάξη, Τομέας Ηλεκτρονικών, ΟΕΔΒ, Αθήνα

[3] Φούσκας Γ., *Δίκτυα Υπολογιστών I*, ΕΑΠ, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, ΠΣ Πληροφορικής, Πάτρα 2002

## Εισαγωγή στα Τοπικά Δίκτυα

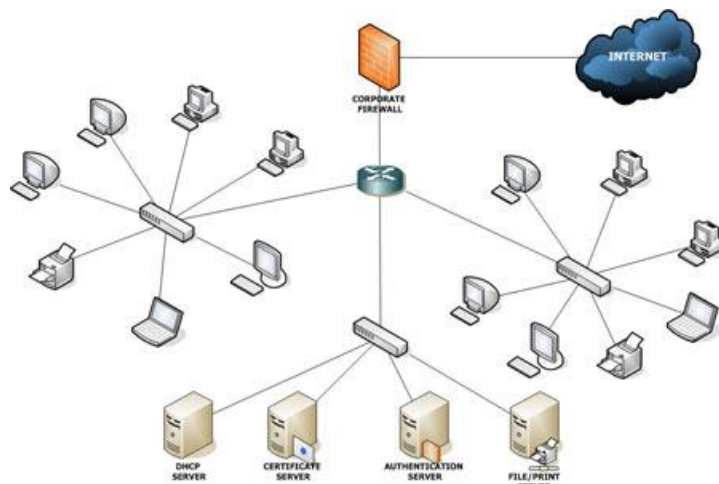
**Τ**οπικό δίκτυο υπολογιστών (*LAN: Local Area Network*) είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας του οποίου η γεωγραφική εμβέλεια δεν υπερβαίνει μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να πετύχει είναι, θεωρητικά, απεριόριστος. Αποτελείται από ένα σύνολο τερματικών, υπολογιστών και άλλων διατάξεων και χρησιμοποιεί γραμμές επικοινωνίας προκειμένου να διαμοιράσει δεδομένα, πληροφορίες, υλικό και λογισμικό. Το δίκτυο αυτό μπορεί:

- Να είναι ενσύρματο ή ασύρματο.
- Να παρέχει μετάδοση σημείου προς σημείο ή μετάδοση εκπομπής.
- Να παρέχει μικρό ρυθμό σφαλμάτων με εύρος που κυμαίνεται ανάλογα με τις δυνατότητες του μέσου μετάδοσης.
- Να είναι πλήρως ιδιόκτητο.

Αν και τεχνολογικά είναι δύσκολο, και ίσως ανώφελο, να καθοριστεί ένα συγκεκριμένο όριο όσον αφορά το μήκος της εγκατεστημένης καλωδίωσης των σημερινών ενσύρματων τοπικών δικτύων, εντούτοις αυτή δεν υπερβαίνει τα 100 km, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης αυτών των δικτύων μπορούν στην πράξη να καλύψουν το 1 Gbps. Συνήθως τα δίκτυα αυτά καλύπτουν τις ανάγκες ενός ή περισσότερων γραφείων, ακόμη και ενός οργανισμού του οποίου τα κτίρια εκτείνονται σε μία μικρή περιοχή.

### Χρήση Τοπικών Δικτύων

Οι λόγοι που επιβάλλουν την εγκατάσταση των τοπικών δικτύων υπολογιστών είναι πολλοί. Αρκεί να αναφέρουμε ότι σε όλους τους τομείς της κοινωνίας μας (οικονομία, υγεία, παιδεία, άμυνα, ψυχαγωγία κτλ.) οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν τον προσωπικό υπολογιστή ως κύριο εργαλείο. Η οικονομία, μάλιστα, όλων των βιομηχανοποιημένων χωρών βασίζεται ολοένα και περισσότερο στην ηλεκτρονική επεξεργασία και διακίνηση της πληροφορίας μέσω των δικτύων των υπολογιστών. Ειδικότερα, τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών είναι εκ των πραγμάτων οι βασικοί μηχανισμοί μέσω των οποίων ομάδες εργαζομένων μπορούν να διασυνδέονται στο πλαίσιο μιας οποιασδήποτε επιχείρησης, οργανισμού ή ερευνητικού κέντρου, προκειμένου να μοιράζονται, να μεταβιβάζουν και να αποθηκεύουν πληροφορίες.



Εικόνα 1: Ένα τοπικό δίκτυο

Σε μικρά τοπικά δίκτυα οι σταθμοί εξυπηρέτησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να λειτουργήσουν οι εφαρμογές μαζί με άλλους υπολογιστές του δικτύου. Σε μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα οι σταθμοί εξυπηρέτησης χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την παροχή υπηρεσιών δικτύου, όπως είναι ο διαμοιρασμός του υλικού, του λογισμικού, των πληροφοριών κτλ.

• **Διαμοιρασμός υλικού:** ένα τοπικό δίκτυο παρέχει στους χρήστες του τη δυνατότητα διαμοιρασμού των συσκευών που είναι φυσικά συνδεδεμένες με το δίκτυο ή με το σταθμό εργασίας κάποιου χρήστη. Τέτοιες συσκευές είναι οι εκτυπωτές, οι σχεδιογράφοι, οι συσκευές αποθήκευσης δεδομένων κτλ. Γενικότερα, στους πόρους ενός τυπικού δικτύου συμπεριλαμβάνονται όλες οι διατάξεις οι οποίες μπορούν να συνδεθούν με το δίκτυο και στις οποίες έχουν πρόσβαση οι χρήστες. Επομένως, το δίκτυο επιτρέπει σε κάθε χρήστη να έχει πρόσβαση και σε διατάξεις που θεωρούνται πολύ ακριβές, ώστε να δικαιολογούν την περιοδική χρησιμοποίησή τους από έναν και μόνο χρήστη.

- Û Διαμοιρασμός λογισμικού:** αφορά την αποθήκευση στο σκληρό δίσκο ου σταθμού εξυπηρέτησης του χρησιμοποιούμενου λογισμικού, όπως είναι προγράμματα, οι εφαρμογές και τα δεδομένα, ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτό όλοι οι χρήστες του δικτύου. Ειδικότερα, σε ένα τοπικό δίκτυο είναι δυνατή η τοποθέτηση ενός κεντρικού σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων και δεδομένων μαζί με όλους τους άλλους πόρους λογισμικού (προγράμματα, πακέτα, εφαρμογές κτλ.) κατά το πρότυπο πελάτης-σταθμός εξυπηρέτησης. Η δυνατότητα αυτή επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης λογισμικού και αφορά όλες σχεδόν τις εκδόσεις διαδικτυακού λογισμικού που προσφέρονται από τους κατασκευαστές. Όταν εγκαθίσταται σε κάποιο δίκτυο ένα λογισμικό, προβλέπονται συμφωνίες για την παραχώρηση ειδικών αδειών χρήσης με μειωμένο κόστος στον επιθυμητό αριθμό χρηστών. Σημειώνουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις εγκατάστασης διαδικτυακού λογισμικού οι διαδικασίες ασφάλειας, αναβάθμισης και δημιουργίας αντιγράφων προστασίας δεδομένων καθίστανται ευκολότερες.
- Û Διαμοιρασμός πληροφοριών:** Μία βάση δεδομένων που είναι εγκατεστημένη σε ένα τοπικό δίκτυο επιτρέπει σε όλους τους χρήστες του δικτύου να τη χρησιμοποιούν με τον ωφελιμότερο τρόπο. Το δίκτυο μπορεί να «κλειδώνει» τις εγγραφές της βάση, ώστε να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες την ταυτόχρονη πρόσβασή τους σε ένα αρχείο, χωρίς να καταστρέφονται δεδομένα. Το «κλειδωμα» εγγραφών εγγυάται ότι δεν μπορούν δύο χρήστες να τροποποιήσουν ταυτόχρονα την ίδια εγγραφή.
- Û Υπηρεσίες Διαδικτύου:** Ένα τοπικό δίκτυο παρέχει σήμερα όλες τις βασικές υπηρεσίες του Διαδικτύου, όπως είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η μεταφορά αρχείων, οι υπηρεσίες Web κτλ. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα τοπικά δίκτυα μετεξελίχθηκαν από μικρά συστήματα επικοινωνίας σε κάποια επιχείρηση, σε ένα καταναμημένο και δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον παγκόσμιου ιστού, που υποστηρίζει εταιρικές-επιχειρηματικές υπολογιστικές εφαρμογές του σχήματος πελάτης-σταθμός εξυπηρέτησης.
- Û Ομάδες συνεργασίας χρηστών:** Στο πλαίσιο των επιχειρήσεων ή των οργανισμών τα τοπικά δίκτυα δίνουν ευκαιρίες σχηματισμού ομάδων συνεργασίας χρηστών, οι οποίοι, ανεξάρτητα από το χώρο εργασίας τους στον οργανισμό, διεκπεραιώνουν από κοινού μέσω του υπολογιστή κάποιες εργασίες.
- Û Επέκτασης της εγκατεστημένης βάσης σταθμών εργασίας:** τα τοπικά δίκτυα προσφέρουν, εντός κάποιων ορίων, τη δυνατότητα επέκτασης του αριθμού των συνδεδεμένων σταθμών εργασίας με οικονομικό τρόπο. Αυτό γίνεται γιατί υπάρχει η δυνατότητα εναλλακτικών επιλογών διασύνδεσης με συγκρίσιμο κόστος προμήθειας διεπαφών και λοιπού υλικού επικοινωνίας.

## Φυσικά Μέσα Τοπικών Δικτύων

Κάθε φυσικό μέσο μετάδοσης έχει διαφορετικές δυνατότητες, οι οποίες επηρεάζουν τη μετάδοση του σήματος. Σε ένα τοπικό δίκτυο η μετάδοση μπορεί να είναι βασικής ή ευρείας ζώνης.

### Δομημένη καλωδίωση στα τοπικά δίκτυα

Στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης ανήκουν τα ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων, τα ομοαξονικά καλώδια, καθώς και τα καλώδια οπτικών ινών. Η δομημένη καλωδίωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τις μελλοντικές φυσικές επεκτάσεις του δικτύου, για τις αναδιατάξεις των δομικών στοιχείων του, καθώς και για την αναβάθμιση των προσφερόμενων υπηρεσιών του. Παρόλο το σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης, η υλοποίησή της πρέπει να υποστηρίζεται και λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων που παρέχει για υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, καθώς και για μετάδοση φωνής, δεδομένων και βίντεο από το ίδιο φυσικό μέσο. Ανεξάρτητα από το φυσικό μέσο που θα επιλεγεί, η καλωδιακή εγκατάσταση θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να διευκολύνει τη διαχείριση του δικτύου και να μπορεί να επεκταθεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όταν αυτό απαιτηθεί.

### Ασύρματα μέσα μετάδοσης

Διαφορετική είναι η θεώρηση των ασύρματων τοπικών δικτύων. Τα ασύρματα δίκτυα, πέρα από τη διευκόλυνση που προσφέρουν, ιδιαίτερα στην κινητή επικοινωνία σε θέματα πιθανού ανασχεδιασμού ή επέκτασης του δικτύου, έχουν και μειωμένο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα η μετάδοση γίνεται διαμέσου ραδιοφωνικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^4$  έως  $10^9$  Hz), των μικροκυματικών συχνοτήτων (στο εύρος των  $10^9$  έως  $10^{12}$  Hz) και των υπέρυθρων ακτινοβολιών (στο εύρος των  $10^{12}$  έως  $10^{14}$  Hz του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος συχνοτήτων).



# Αρχιτεκτονική Τοπικών Δικτύων

**Τ**οπικά και μητροπολιτικά δίκτυα (LAN/MAN) εμπεριέχουν τυποποιήσεις, οι οποίες καθορίζονται από την ομάδα εργασίας 802 της *IEEE* (Institute of Electrical and Electronics Engineers), ενός διεθνούς μη κερδοσκοπικού επαγγελματικού συλλόγου, που απαριθμεί εκατοντάδες χιλιάδες μέλη (ηλεκτρολόγους και ηλεκτρονικούς μηχανικούς) σε πάνω από 150 χώρες στον κόσμο. Η επιτροπή IEEE 802 είναι οργανωμένη σε υπο-επιτροπές κάθε μία των οποίων είναι αρμόδια να προτείνει πρότυπα για κάθε εχνολογία δικτύου.

## Τοπολογίες

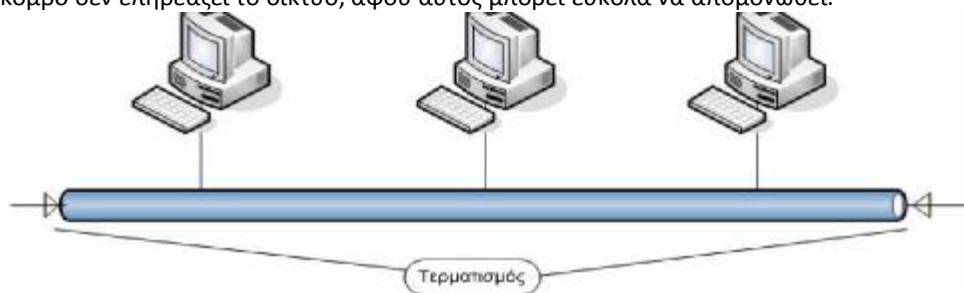
Η τοπολογία ενός δικτύου επικοινωνιών καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η φυσική σύνδεση των κόμβων του. Επομένως, η τοπολογία προσδιορίζει τους αγωγούς διέλευσης των πληροφοριών και κατά συνέπεια τους δυνατούς τρόπους διασύνδεσης των κόμβων (ένας προς έναν ή ένας προς πολλούς), καθώς και η κατηγορία του μέσου (ενσύρματο ή ασύρματο) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ταξινόμηση των τοπολογιών ενός τοπικού δικτύου.

### Τοπολογίες Ενσύρματων Τοπικών Δικτύων

Οι βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων είναι ο δίαυλος, ο δακτύλιος και το άστρο. Υπάρχουν όμως και τοπολογίες που προκύπτουν από τροποποίηση, επέκταση ή συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, όπως είναι για παράδειγμα η τοπολογία του διπλού δακτυλίου (επέκταση του δακτυλίου), του δέντρου (τροποποίηση του διαύλου), του άστρου-δακτυλίου (συνδυασμός των δύο βασικών τοπολογιών), καθώς και πιο πολύπλοκες τοπολογίες (δικτυωτά), οι οποίες δεν εντάσσονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και αφορούν κυρίως περιπτώσεις δικτύων ευρείας περιοχής. Στη συνέχεια θα εξεταστούν αναλυτικότερα οι κυριότερες τοπολογίες που αφορούν τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα, καταγράφοντας τα κύρια πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματά τους.

#### Τοπολογία διαύλου

Με την τοπολογία αυτή όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται άμεσα, χωρίς τη μεσολάβηση άλλων διατάξεων, διαμέσου του κατάλληλου προσαρμοστικού υλικού (συνδετήρες, βύσματα, τερματισμοί, κτλ.) σε μια κοινή γραμμική επικοινωνίας που λέγεται *δίαυλος* (*bus*). Τα πακέτα μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου και μπορεί να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους (Εικόνα 2). Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Επειδή οι κόμβοι βρίσκονται κοντά σε αυτόν που εκπέμπει, λαμβάνουν ισχυρότερο σήμα από αυτούς που βρίσκονται μακρύτερα, τίθεται περιορισμοί που αφορούν το υλικό του καλωδιακού μέσου, το μήκος του, τον αριθμό των συνδεδεμένων κόμβων και τα προσαρμοστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις, ώστε να μην αποδυναμώνεται η ισχύς των σημάτων. Τα δίκτυα διαύλου δεν παρουσιάζουν κατασκευαστική πολυπλοκότητα και μπορούν εύκολα να αναδιαταχθούν ή να επεκταθούν προσθέτοντας ή αφαιρώντας διατάξεις. Επίσης, βλάβη σε κάποιον κόμβο δεν επηρεάζει το δίκτυο, αφού αυτός μπορεί εύκολα να απομονωθεί.



Εικόνα 2: Τοπολογία διαύλου

Τα δίκτυα διαύλου αποτελούν καλή επιλογή όταν:

- Ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός.
- Η κυκλοφορία είναι μικρή.

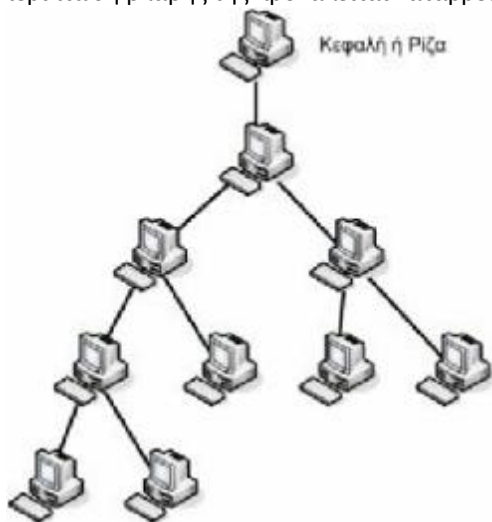
Τέλος, τα δίκτυα διαύλου παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση σε κάθε ενέργεια που προκαλεί αύξηση της κυκλοφορίας.

#### Τοπολογία δέντρου

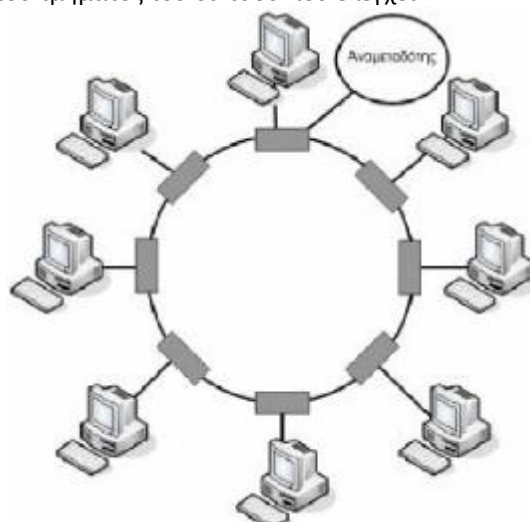
Η τοπολογία δέντρου αποτελεί τροποποίηση της τοπολογίας διαύλου. Το διάγραμμα της μοιάζει με αυτό ενός ανεστραμμένου δέντρου, στο οποίο τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά αποτελούνται από *δίκτυα διαύλου* (Εικόνα 3). Στην τοπολογία δέντρου το μέσο μετάδοσης είναι ένα διακλαδιζόμενο καλώδιο χωρίς κλειστούς βρόχους, το οποίο ξεκινάει από έναν κόμβο που λέγεται *κεφαλή* ή *ρίζα*. Η ρίζα μεταδίδει σε όλο το δίκτυο το σήμα το οποίο λαμβάνει από κάθε κόμβο που

εκπέμπει, με αποτέλεσμα ο δίαυλος που περνά από τη ρίζα να έχει συνήθως και μεγάλο φόρτο κίνησης. Κάθε δίαυλος που περνά από τη ρίζα μπορεί να έχει διακλαδώσεις, οι οποίες μπορούν με τη σειρά τους να έχουν άλλες διακλαδώσεις, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο πολύπλοκα σχεδιαγράμματα.

Η τοπολογία δένδρου παρουσιάζει τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με την τοπολογία διαύλου, αφού ουσιαστικά αποτελεί παράγωγο της. Πρόσθετο όμως μειονέκτημα αποτελεί ο καθοριστικός ρόλος της ρίζας στη μετάδοση, αφού σε περίπτωση βλάβης της προκαλείται κατάρρευση ολόκληρου του τμήματος του δικτύου που ελέγχει.



Εικόνα 3: Τοπολογία δένδρου



Εικόνα 4: Τοπολογία δακτυλίου

### Τοπολογία δακτυλίου

Στην τοπολογία δακτυλίου το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο, ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόχος (Εικόνα 4). Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο διαμέσου μιας διάταξης που λέγεται *αναμεταδότης*. Η διάταξη αυτή έχει στόχο την ενίσχυση του σήματος και την αποστολή του στον κόμβο με τον οποίο είναι συνδεδεμένη.

Οι συνδέσεις είναι μίας κατεύθυνσης, δηλαδή η ροή των πληροφοριών έχει την ίδια πάντα φορά επάνω στο δίαυλο (είτε αυτήν των δεικτών του ρολογιού είτε την αντίστροφη). Τα πακέτα μεταδίδονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς ιδιαίτερη καθυστέρηση και χωρίς επιβάρυνση του δικτύου με πληροφορίες δρομολόγησης, όπως η διεύθυνση του παραλήπτη. Κάθε κόμβος που βλέπει το μήνυμα ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Από τη στιγμή που πολλοί κόμβοι μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, απαιτείται έλεγχος προκειμένου να καθοριστεί πότε κάθε σταθμός μπορεί να μεταδώσει πακέτα. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι κεντρικός ή κατακεντρωμένος. Καταστροφή ενός κόμβου δε σημαίνει απαραίτητα και διακοπή της κυκλοφορίας, αφού υπάρχουν μέθοδοι απομόνωσής τους.

Η τοπολογία δακτυλίου αποτελεί καλή επιλογή όταν:

- Απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας στους κόμβους του δικτύου.
- Υπάρχει σε μικρές αποστάσεις μικρός αριθμός κόμβων οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- Κάθε κόμβος πρέπει να μεταδώσει οπωσδήποτε πριν από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα

Τα δίκτυα δακτυλίου παρουσιάζουν:

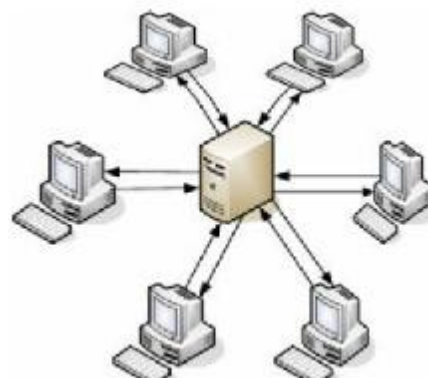
- Σημαντική μέση καθυστέρηση μετάδοσης, ακόμη και στην περίπτωση μικρών φορτίων κίνησης.
- Μη αναλογική με το φορτίο αύξηση της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.
- Σταθερή χρησιμοποίηση του καναλιού της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.

Επέκταση της τοπολογίας του δακτυλίου αποτελεί ο *διπλός δακτύλιος*, με αντίθετες κατευθύνσεις μετάδοσης σε κάθε δακτύλιο που χρησιμοποιείται στα δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

### Τοπολογία άστρου

Στην τοπολογία άστρου κάθε κόμβος συνδέεται άμεσα με έναν κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης διαμέσου δύο συνδέσεων σημείου προς σημείο, μιας ανά κατεύθυνσης μετάδοσης (Εικόνα 5). Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου, επειδή η μετάδοση κάποιου κόμβου γνωστοποιείται σε όλους τους άλλους κόμβους και επειδή μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδώσει επιτυχημένα κάθε χρονική στιγμή. Τα μηνύματα των κόμβων μεταδίδονται στον κεντρικό κόμβο, ο οποίος ενεργεί ανάλογα με τη μορφή ελέγχου που ασκείται.

Υπάρχουν τρεις μορφές ελέγχου που μπορούν να υλοποιηθούν σε μία τοπολογία άστρου. Στην πρώτη μορφή ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για



Εικόνα 5: Τοπολογία άστρου

όλες τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων. Τα μηνύματα που φθάνουν στον κεντρικό κόμβο υφίστανται επεξεργασία και αποστέλλονται σε κάποιον από τους κόμβους προκειμένου να σταλούν στον παραλήπτη. Στη δεύτερη περίπτωση ο έλεγχος ασκείται από κάποιον περιφερικό κόμβο, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σαν διακόπτης μεταγωγής (επαναλήπτης), που εγκαθιστά συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, αποστέλλοντας τα μηνύματα σε όλους τους κόμβους. Στην Τρίτη περίπτωση ο έλεγχος είναι ισοκατανεμημένος στους κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων. Η τοπολογία άστρου αποτελεί καλή επιλογή όταν:

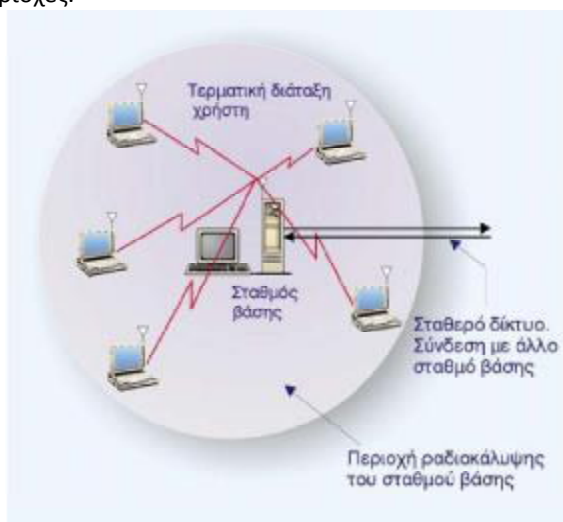
- Απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής-δεδομένων.
- Απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.

Η υλοποίηση των δικτύων άστρου είναι πολύπλοκη, αφού ορισμένοι κόμβοι μπορεί να είναι απλές περιφερειακές μονάδες και άλλοι να ασκούν έλεγχο. Σε περίπτωση κεντρικού ελέγχου ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί παρόμοια με ένα ιδιωτικό κέντρο μεταγωγής, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία. Πολλά χαρακτηριστικά του δικτύου εξαρτώνται από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η χωρητικότητα του δικτύου, η δυνατότητα επέκτασής του όσον αφορά τον αριθμό των κόμβων που μπορεί να υποστηρίξει, ο ρυθμός μεταφοράς των γραμμών επικοινωνίας, η αξιοπιστία του κτλ.

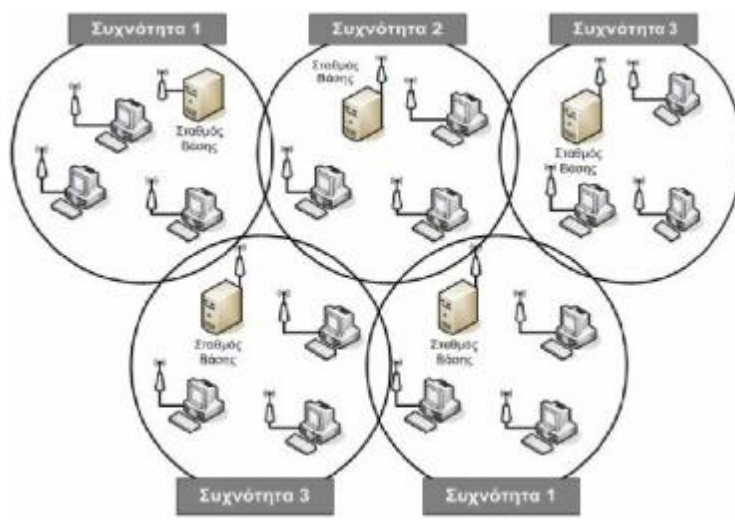
## Τοπολογίες Ασύρματων Τοπικών Δικτύων

Οι τοπολογίες των ασύρματων τοπικών δικτύων διακρίνονται ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν συνδέσεις εκπομπής ή συνδέσεις σημείου προς σημείο. Στην περίπτωση των συνδέσεων εκπομπής τρία είναι τα βασικά σχήματα τοπολογιών. Το πρώτο, που είναι και το παλαιότερο, χρησιμοποιεί χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα, στη θέση των σταθερών και ενσύρματων γραμμών επικοινωνίας, προκειμένου να συνδέσει έναν κόμβο επικοινωνίας, ο οποίος είναι γνωστός και ως *σταθμός βάσης*, με ένα μεγάλο αριθμό από τερματικούς σταθμούς κατανεμημένους συνήθως σε μια μικρή περιοχή γύρω από τη βάση (Εικόνα 6). Επικοινωνία αυτής της μορφής είναι η κινητή ραδιοτηλεφωνία, της οποίας οι εφαρμογές ανάγονται αρκετά χρόνια πριν (ραδιοταξί, υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, παράκτια επικοινωνία κτλ.), ενώ η επέκτασή της αποτελεί η ψηφιακή κινητή τηλεφωνία.

Προκειμένου οι χρήστες να μοιραστούν τη διαθέσιμη χωρητικότητα ομαδοποιούνται σε μικρές *κυψέλες*. Οι χρήστες κάθε κυψέλης επικοινωνούν με το μοναδικό κεντρικό κόμβο της κυψέλης, που λέγεται και βάση. Η βάση κάθε κυψέλης συντονίζει της μεταδόσεις των χρηστών της διαμέσου ενός σταθερού, ενσύρματου δικτύου που συνδέει όλες τις βάσεις. Οι μεταδόσεις κρατιούνται σε χαμηλά επίπεδα ισχύος, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η διακίνηση σε γειτονικές κυψέλες (Εικόνα 7). Σε φυσιολογικές συνθήκες ο ρυθμός μετάδοσης κάθε τερματικής διάταξης μέσα στην κυψέλη είναι της τάξης λίγων δεκάδων Kbps. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να επεκταθεί η γεωγραφική κάλυψη του δικτύου σε μεγαλύτερες περιοχές.



Εικόνα 6: Επίγεια ραδιοεπικοινωνία –Δομή κυψέλης



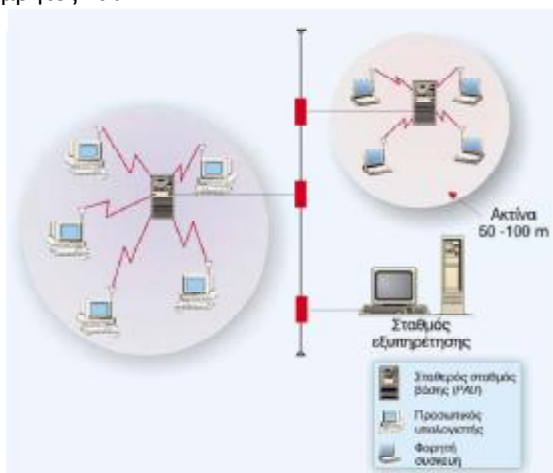
Εικόνα 7: Επίγεια ραδιοεπικοινωνία –Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Η Εικόνα 8 αφορά την περίπτωση επίγειας μικροκυματικής ή υπέρυθρης επικοινωνίας, κατά την οποία μία μονάδα πρόσβασης φορητών ή σταθερών τερματικών διατάξεων συνδέεται ασύρματα με έναν αριθμό κατανεμημένων τερματικών διατάξεων, ενώ το σύνολο συνδέεται μέσω της βάσης και με ενσύρματη γραμμή σε ένα τρίτο τοπικό δίκτυο. Οι αποστάσεις των διατάξεων από το σταθμό βάσης, εξαρτώνται από την ισχύ του σταθμού, το τυπικό εύρος του οποίου κυμαίνεται από 50 έως 100 μέτρα. Μεγάλες εγκαταστάσεις καλύπτονται από πολλές τέτοιες μονάδες, που συνδέονται σε σταθερά τοπικά δίκτυα.

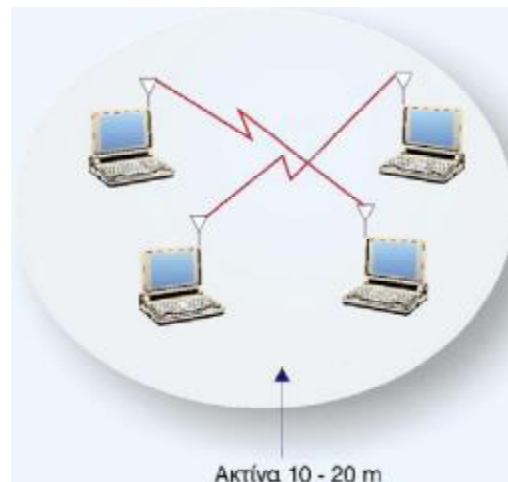
Τέλος, η τρίτη περίπτωση αφορά την άμεση σύνδεση κάποιων τερματικών διατάξεων που βρίσκονται εγκατεστημένες σε ένα μικρό χώρο, όπως είναι ένας χώρος συνεδρίων και συσκέψεων, ένα αεροδρόμιο κτλ. (Εικόνα 9). Υπενθυμίσουμε ότι όλες οι παραπάνω τοπολογίες αφορούν συνδέσεις εκπομπής.

Αν οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται στο τοπικό δίκτυο είναι σημείου προς σημείο, τότε η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων από τα οποία το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Επικοινωνίες αυτής της μορφής αφορούν κυρίως τα ραδιοκύματα ή τα μικροκύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων. Νεότερες εφαρμογές στηρίζονται τόσο στα επίγεια συστήματα οπτικών κυμάτων (laser) με οπτική επαφή (Εικόνα 10) όσα και στα επίγεια συστήματα μικροκυμάτων.

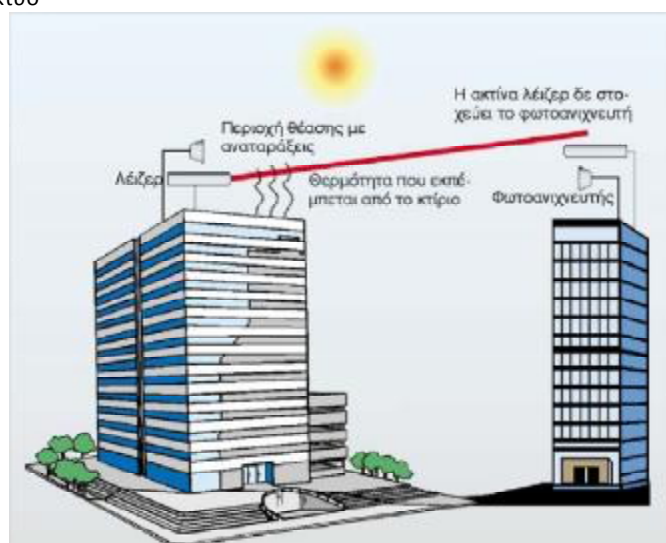
Μικροκύματα χρησιμοποιούνται και σε ορισμένες εφαρμογές της ασύρματης δικτύωσης μικρής εμβέλειας, όπως είναι το άνοιγμα θυρίδων ή θυρών ασφαλείας, τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα ενεργοποίησης ηλεκτρικών συσκευών, οι βομβητές κτλ.



Εικόνα 8: Ασύρματα τοπικά δίκτυα συνδεδεμένα σε τοπικό δίκτυο



Εικόνα 9: Ασύρματα τοπικά δίκτυα άμεσης σύνδεσης



Εικόνα 10: Ασύρματα τοπικά δίκτυα οπτικής επαφής

## Μηχανισμοί και Μέθοδοι Τοπικών Δικτύων

### Μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου

Οι σύνδεσμοι πολλαπλής πρόσβασης έχουν τον εξής λειτουργικό περιορισμό: σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή, επιτρέπουν μόνο σε έναν από τους διασυνδεδεμένους κόμβους να έχει την αποκλειστική χρήση του για τη μετάδοση δεδομένων. Έτσι, καθώς περιμένουμε να υπάρχουν περισσότεροι του ενός κόμβοι που να έχουν δεδομένα προς μετάδοση την ίδια χρονική στιγμή, τα τοπικά δίκτυα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με μηχανισμούς οι οποίοι θα ρυθμίζουν την προσπέλαση των κόμβων στο φυσικό μέσο. Τρεις είναι οι κύριοι μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου:

- η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – **CSMA/CD**),
- η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – **CSMA/CA**), και
- το Πέρασμα Κουπονιού (**token passing**).

## Ο μηχανισμός CSMA/CD

Ο μηχανισμός CSMA/CD βασίζεται σε μία ιδιότητα που πρέπει να διαθέτουν οι διασυνδεδεμένοι κόμβοι, η οποία ονομάζεται *ακρόαση φέροντος*. Αν ένας κόμβος διαθέτει αυτή την ιδιότητα, τότε μπορεί να παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης και, σε κάθε χρονική στιγμή, να αναγνωρίζει αν μεταφέρονται δεδομένα στο δίκτυο ή αυτό είναι αδρανές. Αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι μεταδώσουν δεδομένα στο δίκτυο την ίδια χρονική στιγμή (έχοντας προηγουμένως ανιχνεύσει ο καθένας ότι το φυσικό μέσο είναι ελεύθερο), τότε έχουμε το *φαινόμενο της σύγκρουσης* (collision). Στη σύγκρουση, τα δύο ή περισσότερα πλαίσια, που μεταδίδονται ταυτόχρονα, επικαλύπτονται χρονικά και το σήμα που προκύπτει είναι παραποιημένο και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω. Η σύγκρουση μπορεί να ανιχνευθεί από όλους τους κόμβους.

Όταν υλοποιείται ο μηχανισμός CSMA/CD, τότε ο κόμβος του τοπικού δικτύου, που έχει δεδομένα προς μετάδοση, ακολουθεί την ακόλουθη διαδικασία:

- 1) Περιμένει μέχρις ότου το κανάλι καταστεί αδρανές.
- 2) Όταν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι αδρανές, τότε μεταδίδει τα δεδομένα του και ταυτόχρονα παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης.
- 3) Στην περίπτωση που ανιχνεύσει σύγκρουση, τότε σταματάει τη μετάδοση δεδομένων, περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και ξεκινά πάλι από το βήμα 1.

## Ο μηχανισμός CSMA/CA

Ο μηχανισμός CSMA/CD που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο δεν μπορεί να υλοποιηθεί, όταν οι κόμβοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν και να ανιχνεύουν συγκρούσεις την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, στα ασύρματα τοπικά δίκτυα, όταν ένα κόμβος μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο, το σήμα του «πνίγει», λόγω της ισχύος του, οποιοδήποτε άλλο σήμα φτάνει σ' αυτόν τον κόμβο. Έτσι, δεν μπορεί να ακούσει τους άλλους κόμβους του δικτύου, που ενδέχεται να μεταδίδουν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις συγκρούσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός *Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων* (CSMA/CA). Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτού του μηχανισμού είναι ότι απαιτεί την επιβεβαίωση λήψης ενός πλαισίου, υλοποιώντας ένα σχήμα παύσης και αναμονής.

Στα δίκτυα CSMA/CA, όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, ελέγχει αρχικά εάν το κανάλι είναι αδρανές. Εάν είναι, τότε μεταδίδει τα δεδομένα. Εάν δεν είναι, τότε επιλέγει με τυχαίο τρόπο ένα χρόνο αναμονής και καταχωρεί την τιμή του σ' έναν απεριθμητή υποχώρησης. Όσο χρόνο το κανάλι είναι αδρανές, ο απεριθμητής υποχώρησης μειώνεται. Όσο χρόνο το κανάλι είναι απασχολημένο, η τιμή του απεριθμητή υποχώρησης δε μεταβάλλεται. Όταν μηδενιστεί η τιμή αυτού του απεριθμητή, ο κόμβος επιχειρεί ξανά τη μετάδοση των δεδομένων του. Καθώς η πιθανότητα να έχουν επιλέξει δύο διαφορετικοί κόμβοι την ίδια τιμή για τον απεριθμητή υποχώρησης είναι μικρή, η πιθανότητα εμφάνισης σύγκρουσης είναι επίσης μικρή. Όχι όμως και μηδενική. Πώς λοιπόν οι κόμβοι αναγνωρίζουν ότι υπήρξε σύγκρουση και ότι πρέπει να αναμεταδώσουν τα πλαίσιά τους; Αυτός ακριβώς ο σκοπός εξυπηρετείται με την απαίτηση της επιβεβαίωσης λήψης πλαισίων. Εάν ένας κόμβος δε λάβει την αντίστοιχη επιβεβαίωση λήψης για το πλαίσιο που μετέδωσε, τότε θεωρεί ότι αυτό είναι αποτέλεσμα σύγκρουσης και ξεκινά τη διαδικασία επανεκπομπής του.

## Το Πέρασμα Κουπονιού

Στα τοπικά δίκτυα που ελέγχουν την προσπέλαση του φυσικού μέσου με το *πέρασμα κουπονιού* (token passing), ένα ειδικό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο καλείται κουπόνι, μεταφέρεται συνεχώς από κόμβο σε κόμβο του δικτύου. Όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, τότε θα πρέπει να περιμένει να φτάσει το κουπόνι σε αυτόν. Μόλις λάβει το κουπόνι, αυτόματα σηματοδοτείται το πράσινο φως για τη μετάδοση και αποστέλλει το πλαίσιο δεδομένων στο δίκτυο. Όταν η μετάδοση του πλαισίου ολοκληρωθεί, αποδεσμεύει το κουπόνι, έτσι ώστε να μπορέσει να αξιοποιηθεί από κάποιον άλλον κόμβο του δικτύου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι το ότι μπορεί να υπολογιστεί ένα άνω όριο στο χρόνο που ένας κόμβος πρέπει να περιμένει, μέχρις ότου του δοθεί η ευκαιρία να αποστείλει τα δεδομένα του στο δίκτυο. Γι' αυτό και τα τοπικά δίκτυα που υλοποιούν τεχνικές πέρασματος κουπονιού χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου όπως π.χ. στη βιομηχανία, όπου τα διάφορα συστήματα παραγωγής πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

## Μέθοδοι μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα

Εκτός από την τυπική μετάδοση δεδομένων, όπου κάθε πλαίσιο που αποστέλλεται στο δίκτυο προορίζεται για έναν μόνο παραλήπτη, υπάρχουν και άλλοι δύο τύποι μεταδόσεων που έχουν εφαρμογή στα τοπικά δίκτυα: (α) η *πολλαπλή αποστολή* (multicasting) και (β) η *καθολική εκπομπή* (broadcasting). Στην πολλαπλή αποστολή, το πλαίσιο που μεταδίδεται δεν έχει έναν παραλήπτη, αλλά ένα υποσύνολο των διασυνδεδεμένων κόμβων του δικτύου. Αντίστοιχα, στην καθολική εκπομπή, παραλήπτες είναι όλοι οι κόμβοι του δικτύου.



Για την υλοποίηση της πολλαπλής αποστολής και της καθολικής εκπομπής έχουν οριστεί κάποιες ειδικές διευθύνσεις στο τοπικό δίκτυο, οι οποίες ονομάζονται *διευθύνσεις πολλαπλής αποστολής* και *διευθύνσεις καθολικής εκπομπής αντίστοιχα*. Αυτό που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι ο αποστολέας κόμβος μεταδίδει ένα μόνο πλαίσιο στο δίκτυο, στο οποίο έχει προσδιορίσει ως διεύθυνση παραλήπτη μία από τις ισχύουσες διευθύνσεις πολλαπλής αποστολής ή τη διεύθυνση καθολικής εκπομπής του δικτύου. Την υποχρέωση δημιουργίας των απαραίτητων αντιγράφων του πλαισίου, όπου αυτά χρειάζονται, την αναλαμβάνει το δίκτυο. Κάθε κόμβος που είναι συνδεδεμένος στο κοινό μέσο πολλαπλής πρόσβασης λαμβάνει όλα τα μεταφερόμενα πλαίσια. Εάν το πλαίσιο προορίζεται γι' αυτόν, το προωθεί για περαιτέρω επεξεργασία, αλλιώς το αγνοεί. Για να διαπιστώσει ότι προορίζεται γι' αυτόν, διαβάει τη διεύθυνση παραλήπτη που είναι προσαρτημένη στην επικεφαλίδα του πλαισίου. Αποδεκτές διευθύνσεις είναι η διεύθυνση που έχει αποκλειστικά εκχωρηθεί σ' αυτόν τον κόμβο, η διεύθυνση καθολικής εκπομπής και οι διευθύνσεις των ομάδων πολλαπλής αποστολής στις οποίες ο κόμβος έχει δηλώσει συμμετοχή.

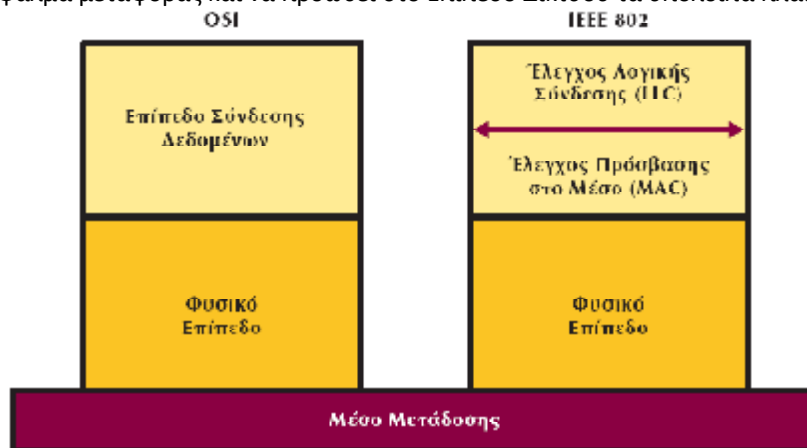
## Πρότυπα Τοπικών Δικτύων

### Τα πρωτόκολλα LAN και το μοντέλο αναφοράς OSI

Τα πρωτόκολλα τοπικού δικτύου λειτουργούν στα δύο χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI, δηλαδή στο Φυσικό Επίπεδο και στο Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων. Όπως γνωρίζουμε, τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης καθορίζονται στο Φυσικό Επίπεδο. Επίσης, το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων φροντίζει για την ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των υπολογιστών που διασυνδέονται στο ίδιο τοπικό δίκτυο. Οι υπολογιστές σε ένα τοπικό δίκτυο επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας έναν κοινό σύνδεσμο πολλαπλής πρόσβασης αντί για συνδέσμους σημείο με σημείο και αυτό το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί μία ειδοποιό διαφορά των δικτύων LAN/MAN από τα δίκτυα ευρείας περιοχής. Για τον αποδοτικό χειρισμό αυτού του χαρακτηριστικού, το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων στα τοπικά δίκτυα χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα: στον Έλεγχο Προσπέλασης Μέσων (Media Access Control – MAC) και στον Έλεγχο Λογικής Σύνδεσης (Logical Link Control – LLC) (Εικόνα 11).

Οι λειτουργίες που εκτελούνται στο υποεπίπεδο MAC ρυθμίζουν την προσπέλαση στον κοινό σύνδεσμο. Για κάθε συνομιλία μεταξύ δύο κόμβων στο τοπικό δίκτυο, ο Έλεγχος Προσπέλασης Μέσων υλοποιεί έναν ιδεατό σύνδεσμο σημείου με σημείο μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών, δίδοντάς τους έτσι την ψευδαίσθηση ότι επικοινωνούν διαμέσου απευθείας συνδέσμου και όχι διαμέσου του διαμοιραζόμενου συνδέσμου πολλαπλής πρόσβασης.

Ο Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης υλοποιεί τις υπηρεσίες μετάδοσης πλαισίων μεταξύ των κόμβων του τοπικού δικτύου. Έτσι, μπορεί να υλοποιήσει μία υπηρεσία αξιόπιστης μετάδοσης πλαισίων, ζητώντας την επανεκπομπή όλων των πλαισίων που αλλοιώθηκαν κατά τη μεταφορά τους. Επίσης, μπορεί να υλοποιήσει μία υπηρεσία κατά την οποία να απορρίπτει απλώς τα πλαίσια που υπέστησαν σφάλμα μεταφοράς και να προωθεί στο Επίπεδο Δικτύου τα υπόλοιπα πλαίσια.



Εικόνα 11: Σχέση μοντέλων αναφοράς OSI και IEEE 802.

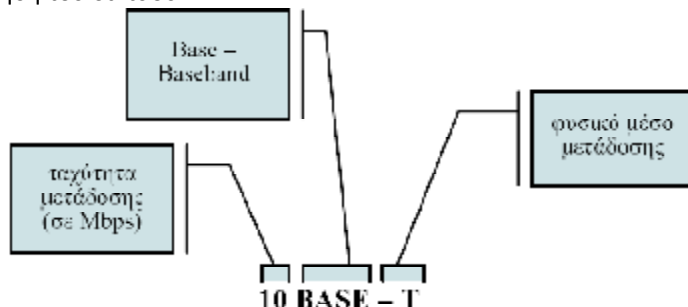
### Δίκτυα IEEE 802.3 (Ethernet)

Μεταξύ των προτύπων IEEE 802, η οικογένεια IEEE 802.3 έχει καθιερωθεί ως η επικρατέστερη τεχνολογία για την ανάπτυξη τοπικών δικτύων. Περιλαμβάνει μία μεγάλη ποικιλία πρωτοκόλλων, με ταχύτητες μετάδοσης από 10 Mbps έως 10 Gbps, τα οποία έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: χρησιμοποιούν το CSMA/CD ως τη μέθοδο προσπέλασης του φυσικού μέσου, γι' αυτό και συχνά αναφέρονται ως πρωτόκολλα CSMA/CD. Το πρότυπο 802.3 βασίστηκε στο Ethernet, ένα σύστημα CSMA/CD που ανέπτυξαν οι Metcalfe και Boggs (1976), μηχανικοί της Xerox.

Ανάλογα με την ταχύτητα μετάδοσης πλαισίων, τα τοπικά δίκτυα 802.3 χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- στα δίκτυα *Ethernet*, με ταχύτητα μετάδοσης 10 Mbps,
- στα δίκτυα *Fast Ethernet*, με ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps, και
- στα δίκτυα *Gigabit Ethernet*, με ταχύτητα μετάδοσης 1 Gbps.

Στις μέρες μας, τα δίκτυα 802.3 υλοποιούνται, είτε με καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, είτε με οπτικές ίνες. Η φυσική τοπολογία που επιλέγεται είναι του αστέρα, αν και μπορούμε να συναντήσουμε και συνδέσμους Ethernet σημείου με σημείο. Τα πρότυπα δικτύων 802.3 ονομάζονται μ' έναν ειδικό τρόπο, ο οποίος συνοψίζει τα χαρακτηριστικά του. Το όνομα ενός δικτύου αποτελείται από τρία τμήματα (Εικόνες 12-13). Το πρώτο τμήμα αντιστοιχεί στην ταχύτητα μετάδοσης, το δεύτερο στην περιοχή συχνοτήτων όπου εκτελείται η μετάδοση του σήματος και το τρίτο στο φυσικό μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δικτύου.



**Εικόνα 12:** Ο τρόπος ονομασίας των τοπικών δικτύων 802.3.

Το παράδειγμα του σχήματος αντιστοιχεί σ' ένα δίκτυο 10 Mbps που υλοποιείται με καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.

Χαρακτηριστικό	10Base - T	100Base - TX	100Base - FX	1000Base - T	1000Base - SX	1000Base - LX
Ρυθμός μετάδοσης	10 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps
Μέγιστο μήκος τμήματος (m)	100	100	2000	100	275	5000
Φυσικό μέσο	2 ζεύγη από UTP cat - 3 ή καλύτερο	2 ζεύγη από UTP cat - 5 ή καλύτερο	2 πολυτροπικές ίνες 62,5/125	4 ζεύγη από UTP cat - 5e ή καλύτερο	2 πολυτροπικές ίνες 62,5/125	2 μονοτροπικές ίνες
Κωδικοποίηση σήματος	Manchester	4B/5B	4B/5B	4B/5B	8B/10B	8B/10B
Τοπολογία υλοποίησης	Αστέρας	Αστέρας	Σημείο με σημείο	Αστέρας	Σημείο με σημείο	Σημείο με σημείο

**Εικόνα 13:** Τα χαρακτηριστικά των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων τοπικών δικτύων 802.3.

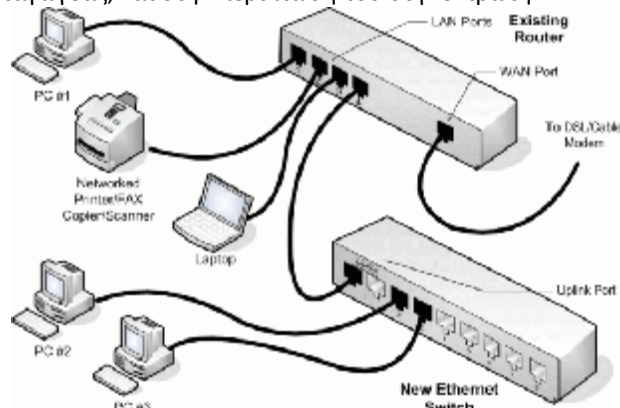
## Υλοποίηση δικτύων Ethernet με μεταγωγείς

Σύμφωνα με όσα έχουμε πει μέχρι τώρα, τα τοπικά δίκτυα Ethernet υλοποιούνται συνήθως σε τοπολογία αστέρα. Στο κέντρο του αστέρα βρίσκεται μία ειδική συσκευή, η οποία ονομάζεται *συγκεντρωτής (hub)*. Ο συγκεντρωτής είναι εξοπλισμένος με πολλές θύρες και υλοποιεί το διαμοιρασμό του μέσου πολλαπλής πρόσβασης προωθώντας το πλαίσιο που λαμβάνει από μία θύρα του σε όλες τις υπόλοιπες θύρες. Ως άμεση συνέπεια του μηχανισμού CSMA/CD, μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή.

Η απόδοση ενός δικτύου Ethernet μπορεί να βελτιωθεί, εάν υλοποιηθεί με *μεταγωγέα (switch)* αντί για συγκεντρωτή (Εικόνα 14). Ο μεταγωγέας, αντί να προωθεί ένα εισερχόμενο πλαίσιο σε όλους τους κόμβους που διασυνδέονται σ' αυτόν, το προωθεί μόνο προς τον παραλήπτη του. Συγκεκριμένα, κατά την άφιξη ενός πλαισίου σε κάποια από τις θύρες του, ο μεταγωγέας εκτελεί τα παρακάτω βήματα:

1. Διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού του πλαισίου.
2. Προσδιορίζει τον κατάλληλο εξερχόμενο σύνδεσμο.
3. Εάν ο εξερχόμενος σύνδεσμος είναι αδρανής, τότε προωθεί το πλαίσιο σ' αυτόν προς μετάδοση. Αν είναι απασχολημένος, τότε υποχωρεί και επιχειρεί τη μετάδοση του πλαισίου μετά από τυχαίο χρόνο, σύμφωνα με το CSMA/CD.

Οι μεταγωγείς Ethernet σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα πολλαπλών μεταδόσεων ανά χρονική στιγμή, αρκεί τα μεταδιδόμενα πλαίσια να εκπέμπονται από διαφορετικό σύνδεσμο. Έτσι, με αυτές τις ταυτόχρονες μεταδόσεις πλαισίων, επιτυγχάνεται η προαναφερόμενη βελτίωση στην απόδοση του δικτύου. Η απαιτούμενη καλωδίωση και η διεπαφή των υπολογιστών με το δίκτυο είναι ακριβώς οι ίδιες στα δύο σενάρια υλοποίησης του τοπικού δικτύου: και στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μεταγωγέας, και στην περίπτωση του συγκεντρωτή.



Εικόνα 14: Υλοποίηση Ethernet με μεταγωγέα (switch)

### Hubs, Switches και Routers: Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις συσκευές δικτύωσης;

Πολλές φορές οι συζητήσεις των τεχνικών μπορεί να μπερδέψουν κάποιον με μικρή εμπειρία στα δίκτυα. Οι λειτουργίες μεταξύ των δικτυακών συσκευών διαφέρουν, ακόμα και αν ενσωματώνονται στο ίδιο μηχάνημα. Ας εξετάσουμε το **hub** και το **switch** μια και αυτές οι δύο συσκευές έχουν τον ίδιο ρόλο στο δίκτυο. Καθεμιά υπηρετεί ως η κεντρική σύνδεση όλων των εξαρτημάτων του δικτύου (υπολογιστές, εκτυπωτές κ.λ.π.) και χειρίζονται δεδομένα, γνωστά ως frames (πακέτα/πλαίσια). Τα frames μεταφέρουν τα δεδομένα. Όταν λαμβάνεται ένα frame, γίνεται κάποια επεξεργασία και στη συνέχεια μεταδίδεται στην πόρτα/είσοδο του προς παραλαβή υπολογιστή. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο συσκευών είναι η μέθοδος με την οποία μεταβιβάζονται τα δεδομένα.



**Hub:** Στο hub, ένα frame μεταδίδεται ("broadcast") σε όλες τις πόρτες/εισόδους του. Δεν ενδιαφέρει ότι το frame είναι για μια πόρτα μόνο. Το hub δεν έχει τρόπο να διακρίνει σε ποια πόρτα πρέπει να σταλεί το frame. Μεταδίδοντας το σε κάθε πόρτα βεβαιώνει ότι σίγουρα θα παραληφθεί. Αυτό δημιουργεί μεγάλη κίνηση στο δίκτυο και μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις. Μεγάλες καθυστερήσεις μπορεί επιπρόσθετα να υπάρξουν όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές μεταδίδουν δεδομένα ταυτόχρονα.

**Switch:** Το switch κρατά αρχείο των διευθύνσεων MAC addresses (Media Access Control: διεύθυνση hardware-μοναδική στο δίκτυο) όλων των συσκευών του δικτύου. Με αυτές τις πληροφορίες μπορεί να αναγνωρίσει ποιος υπολογιστής είναι συνδεδεμένος με ποια πόρτα/είσοδό του. Έτσι όταν παραλαμβάνει κάποιο frame γνωρίζει επακριβώς σε ποια πόρτα να το στείλει, κάτι το οποίο βελτιώνει σημαντικά την ταχύτητα του δικτύου. Στην περίπτωση που δύο ή περισσότεροι υπολογιστές μεταδίδουν ταυτόχρονα δεδομένα, δεν υπάρχει καμία καθυστέρηση.

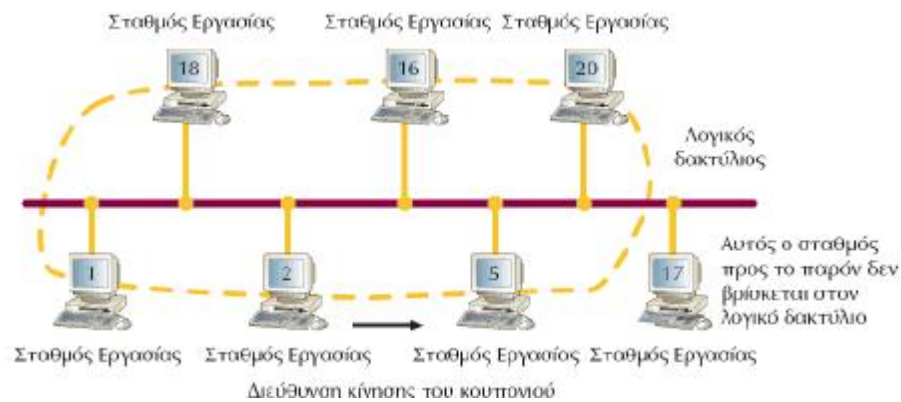
**Routers:** Οι Routers είναι τελείως διαφορετικές συσκευές. Ενώ το hub ή το switch μεταδίδει frames στο τοπικό δίκτυο, ο router's δρομολογεί πακέτα δεδομένων σε άλλα δίκτυα και παρακολουθεί την κίνηση μέχρι την παράδοση. Ένα από τα χαρακτηριστικά του πακέτου δεδομένων είναι ότι εκτός από τα δεδομένα περιέχει και την διεύθυνση του παραλήπτη. Ένας router τυπικά συνδέεται τουλάχιστον με δύο δίκτυα, κοινά δύο τοπικά δίκτυα (LANs) ή απομακρυσμένα δίκτυα (WAN) ή ενός LAN και το δίκτυο του ISP (παροχέα υπηρεσιών Internet). Οι Routers χρησιμοποιούν επικεφαλίδες και πίνακες προώθησης για να καθορίσουν την καλύτερη διαδρομή που θα επιλέξουν για να προωθήσουν το πακέτο δεδομένων. Χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως το ICMP για να επικοινωνούν μεταξύ τους και διαμορφώνουν την καλύτερη διαδρομή επικοινωνίας δύο υπολογιστικών συστημάτων.

Οι Routers σήμερα παρέχουν μια ποικιλία υπηρεσιών. Ένας router τυπικά περιλαμβάνει και 4 - 8 πόρτες Ethernet (switch ή hub) και το Network AddressTranslator (NAT). Επιπρόσθετα περιλαμβάνουν Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) server, Domain Name Service (DNS) proxy server και hardware firewall για προστασία από κακόβουλη εισβολή στο δίκτυο από το Internet. Όλοι οι routers έχουν μια είσοδο WAN Port που συνδέεται με DSL ή μισθωμένο κύκλωμα, ενώ το ενσωματωμένο switch επιτρέπει την εύκολη δημιουργία του τοπικού δικτύου LAN. Με αυτό το τρόπο όλοι οι συνδεδεμένοι υπολογιστές έχουν άμεση πρόσβαση στο Internet και στους λοιπούς πόρους του δικτύου.

**Περίληπτικά, ένα hub συνδέει ένα δίκτυο Ethernet, ένα switch κάνει το ίδιο με ποιο αποτελεσματικό τρόπο και ένας router κάνει ότι και τα δύο αυτά, συν τη δρομολόγηση πακέτων TCP/IP μεταξύ πολλών LANs ή/και WANs; και πολλά περισσότερα.**

### Δίκτυα αρτηρίας με κουπόνι (IEEE 802.4)

Το πρωτόκολλο αυτό αφορά γραμμική τοπολογία χρησιμοποιώντας ομοαξονικό καλώδιο σαν μέσο μεταφοράς και επιτρέπει σηματοδότηση για φωνή και εικόνα με ταχύτητες 1 Mb/s, 5 Mb/s και 10 Mb/s. Επίσης έχει την ικανότητα να διακρίνει διάφορες προτεραιότητες στη μετάδοση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή αναγνώριση συγκρούσεων δεν είναι απαραίτητη διότι μόνο ένα τερματικό εκπέμπει πακέτα κάθε φορά μέχρι να εξαντληθεί το απόθεμα πακέτων ή να εξαντληθεί ο χρόνος κράτησης του κουπονιού (Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Αρτηρία με κουπόνι (IEEE 802.4)

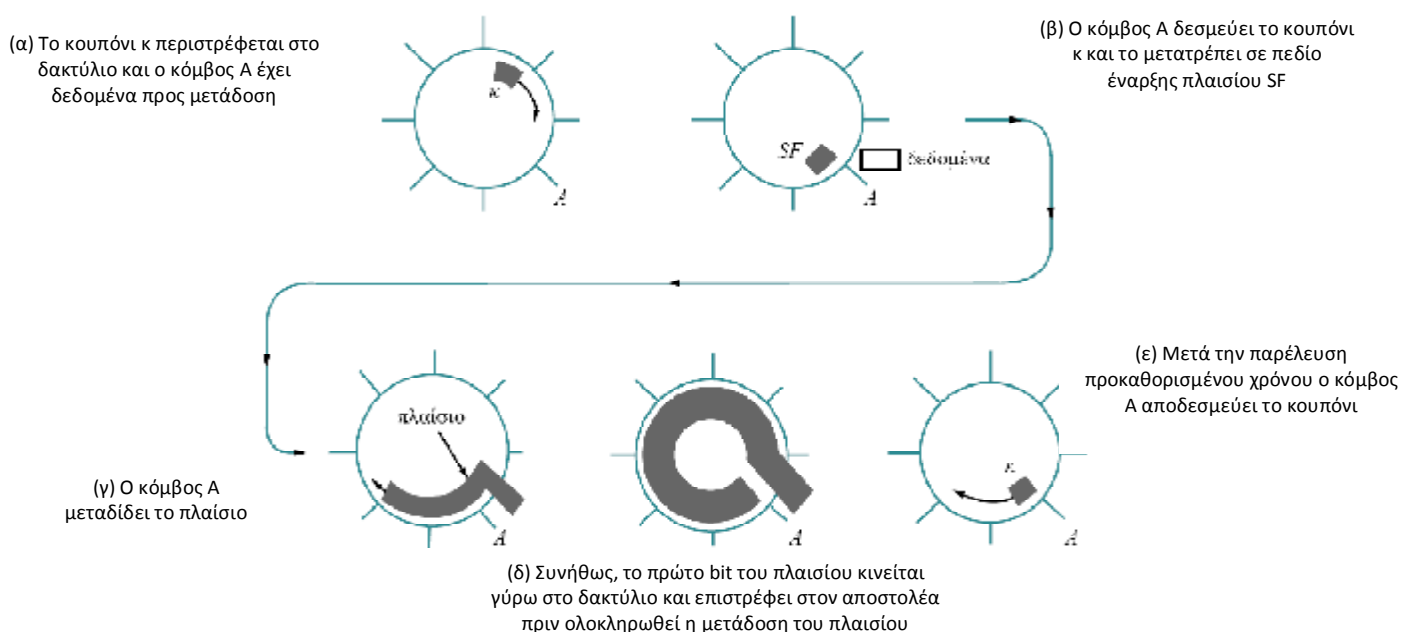
### Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι (IEEE 802.5)

Η τεχνολογία του δακτυλίου με κουπόνι (*token ring*) αναπτύχθηκε από την IBM στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και αποτελούσε μέχρι πρόσφατα την κύρια επιλογή της για τις εγκαταστάσεις τοπικών δικτύων. Η αποδοχή των δικτύων τύπου δακτυλίου με κουπόνι ήταν μεγάλη και αυτό οδήγησε την IEEE να θεσπίσει το πρότυπο 802.5, το οποίο είναι σχεδόν ταυτόσημο και συμβατό με το πρωτόκολλο της IBM. Τα δίκτυα IEEE 802.5 έχουν τη λογική τοπολογία του δακτυλίου, ενώ πλέον υλοποιούνται ως αστέρας χρησιμοποιώντας ως φυσικό μέσο καλώδια συνεστραμμένων ζευγών ή οπτικές ίνες. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στο δίκτυο μπορεί να είναι 4 Mbps ή 16 Mbps, ενώ υπάρχει ο περιορισμός των 250 κόμβων ανά δακτύλιο.

#### Τρόπος λειτουργίας

Όπως άλλωστε διαφαίνεται από το όνομά τους, στα δίκτυα τύπου δακτυλίου με κουπόνι ο έλεγχος προσπέλασης του φυσικού μέσου διενεργείται με το πέρασμα κουπονιού. Ο τρόπος λειτουργίας των δικτύων τύπου δακτυλίου με κουπόνι δίδεται παραστατικά στην Εικόνα 16. Ένα ειδικό πλαίσιο, το οποίο ονομάζεται κουπόνι, περιστρέφεται γύρω από δακτύλιο. Όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, περιμένει πότε θα φτάσει το κουπόνι σε αυτόν. Τότε, δεσμεύει το κουπόνι και το αντικαθιστά με μία άλλη ειδική ακολουθία bits που υποδηλώνει την αρχή ενός πλαισίου δεδομένων, ενώ ακολουθεί η μετάδοση του υπόλοιπου πλαισίου. Η δέσμευση και απομάκρυνση του μοναδικού κουπονιού από τον κόμβο που μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο, εξασφαλίζει τη μοναδικότητα της προσπέλασης στο φυσικό μέσο.

Εξαιτίας του μικρού μήκους του δακτυλίου και της υψηλής ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων σ' αυτόν, ένα πλαίσιο δεν εμφανίζεται ποτέ ολόκληρο στο δακτύλιο σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή. Αυτό διευκολύνει το χειρισμό των επιβεβαιώσεων λήψης σ' ένα δακτύλιο. Για παράδειγμα, ο κόμβος προορισμού μπορεί να ενσωματώσει την επιβεβαίωση λήψης στο τέλος του πλαισίου, ελέγχοντάς το «στον αέρα», δηλαδή κατά το χρόνο που διέρχεται από αυτόν.



Εικόνα 16: Ο τρόπος λειτουργίας του δακτυλίου με κουπόνι (IEEE 802.5)

## Διαχείριση του δακτυλίου

Η διαχείριση του δακτυλίου με κουπόνι δεν είναι κατανεμημένη. Αντίθετα, σε κάθε δακτύλιο υπάρχει ένας κόμβος επόπτης, ο οποίος εποπτεύει την ορθή λειτουργία του δακτυλίου. Ο κόμβος επόπτης επιβεβαιώνει την ύπαρξη του κουπονιού και την απουσία κατεστραμμένων ή «ορφανών» πλαισίων. Το ορφανό πλαίσιο εμφανίζεται στην περίπτωση που ένας κόμβος καταρρεύσει, πριν προλάβει να απορροφήσει πλήρως το πλαίσιο που μετέδωσε. Σ' αυτήν την περίπτωση, εάν δεν επέμβει ο επόπτης του δακτυλίου, το ορφανό πλαίσιο θα εκτελεί κύκλους για πάντα.

Εάν ο επόπτης εντοπίσει ένα πλαίσιο που δεν ακολουθεί την προκαθορισμένη μορφή του IEEE 802.5, τότε θεωρεί ότι το πλαίσιο αλλοιώθηκε και το απομακρύνει, εισάγοντας ένα νέο κουπόνι στο δίκτυο. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που αποδειχθεί σφάλμα μεταφοράς κατά τον έλεγχο του κώδικα κυκλικού πλεονασμού του πλαισίου.

Τα ορφανά πλαίσια εντοπίζονται με την ακόλουθη τεχνική. Όταν ένα πλαίσιο περνάει από τον επόπτη κόμβο, τότε αυτός το μαρκάρει θέτοντας μία συγκεκριμένη τιμή στην επικεφαλίδα του. Εάν περάσει από τον επόπτη ένα πλαίσιο μαρκαρισμένο ως ανωτέρω, τότε χαρακτηρίζεται ως ορφανό και ο επόπτης το απομακρύνει από το δακτύλιο και εισάγει ένα νέο κουπόνι.

Κάθε κόμβος που διασυνδέεται σ' ένα δακτύλιο με κουπόνι έχει, εκ κατασκευής, εποπτικές δυνατότητες. Ο επόπτης ενός δακτυλίου στέλνει περιοδικά κάποια ειδικά πλαίσια ελέγχου (AMP – active monitor present), τα οποία υποδηλώνουν την παρουσία επόπτη. Η απουσία πλαισίων AMP υποδηλώνει την κατάρρευση του επόπτη. Σε αυτή την περίπτωση, όλοι οι κόμβοι στέλνουν ένα άλλο ειδικό πλαίσιο ελέγχου (CT – claim token), με το οποίο δηλώνουν την επιθυμία τους να γίνουν ο επόπτης του δακτυλίου. Ένα πρωτόκολλο διαιτησίας εξασφαλίζει τη γρήγορη επιλογή του νέου επόπτη.

*There are only 10  
types of people in  
the world –those  
who understand  
binary, and those  
who don't!*

