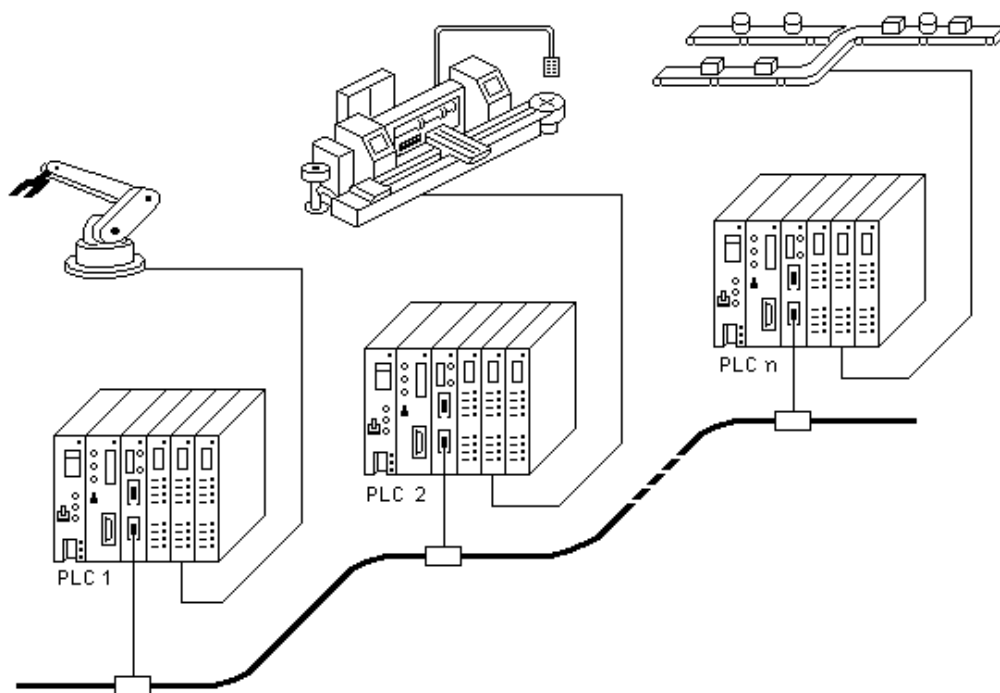


ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ

Σταμ. Α. Μάνεση



ΠΑΤΡΑ 2003

Σ.Α.ΜΑΝΕΣΗ

“ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ”

Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LANs	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	9
1.3 ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩ- ΝΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	11
1.4 ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	13
1.5 ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ LANs	15
1.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ LANs	18
1.7 ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs	27
1.8 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs	31
1.9 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΥΛΟ ΤΩΝ LANs	33
1.10 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ISO/OSI	39
1.11 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	44
1.12 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
2.2 ΔΙΚΤΥΟ AS-I	63
2.3 ΔΙΚΤΥΟ PROFIBUS	71
2.4 ΔΙΚΤΥΟ FOUNDATION FIELDBUS	89
2.5 ΔΙΚΤΥΟ INTERBUS	93
2.6 ΔΙΚΤΥΟ CAN	107
2.7 ΔΙΚΤΥΟ ARCNET	113
2.8 ΔΙΚΤΥΟ DEVICE NET	121
2.9 ΔΙΚΤΥΟ P-NET FIELDBUS	127
2.10 ΔΙΚΤΥΟ WORLDFIP	137

2.11 ΔΙΚΤΥΟ BITBUS	145
2.12 ΔΙΚΤΥΟ MODBUS	151
2.13 ΔΙΚΤΥΟ SERCOS	157
2.14 ΔΙΚΤΥΟ HART	165
2.15 ΔΙΚΤΥΟ MEASUREMENT BUS	173
2.16 ΔΙΚΤΥΟ SDS	181
2.17 ΔΙΚΤΥΟ LONWORKS	185
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	187

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Ελληνική Βιομηχανία έχει αρχίσει να υιοθετεί και να εγκαθιστά σύγχρονα συστήματα ελέγχου. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές - που αποτελούν σήμερα το κορυφαίο αυτόνομο εργαλείο ελέγχου - έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν στα Ελληνικά εργοστάσια τα συμβατικά συστήματα αυτοματισμού με τα γνωστά βοηθητικά ρελέ και τους χρονοδιακόπτες. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές μπορούν να διασυνδέονται μεταξύ τους, προς ανταλλαγή δεδομένων, πληροφοριών και διαταγών ελέγχου. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών σε μία εκτεταμένη Βιομηχανική Διαδικασία προσφέρουν ευελιξία, διαφάνεια και αποτελεσματικό συντονισμό όλων των τμημάτων αυτής. Στην περιοχή των Βιομηχανικών Δικτύων για διασύνδεση προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών και/ή βιομηχανικών υπολογιστών, έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια πολλά συναφή προϊόντα από τις Ευρωπαϊκές και Αμερικανικές Εταιρίες Αυτοματισμού. Το βιβλίο αυτό αποτελεί μία καταγραφή των προϊόντων Βιομηχανικής επικοινωνίας, κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτική, προκειμένου οι φοιτητές του τομέα Συστημάτων και Αυτομάτου Ελέγχου να ενημερωθούν για την κατάσταση που επικρατεί στο χώρο των Βιομηχανικών Επικοινωνιακών Συστημάτων.

Λόγω της φύσης του γνωστικού αντικειμένου, η χρονική εμβέλεια του βιβλίου είναι περιορισμένη δεδομένου ότι τα υπάρχοντα επικοινωνιακά προϊόντα είναι φυσικό ή να τροποποιηθούν ή να εξοπλισθούν με νέες δυνατότητες ή γενικώς να αντικατασταθούν με νέα προϊόντα, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης που παρουσιάζει η επικοινωνιακή τεχνολογία. Ελπίζω σε μία περιοδική ενημέρωση του περιεχομένου τα επόμενα χρόνια.

Σταμ. Μάνεσης

Κεφάλαιο 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LANs

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο απλός κόσμος γνωρίζει, όσο και ο τεχνικός κόσμος, τη Τεχνολογική επανάσταση που συνέβη τις τελευταίες δεκαετίες, αφού τη διαπίστωνε καθημερινά με τον κατακλυσμό νέων προϊόντων όπως π.χ. τηλεόραση, video, ψηφιακό και κινητό τηλέφωνο, φούρνος μικροκυμάτων, αυτοκίνητο με ηλεκτρονικό έλεγχο, διαστημικά οχήματα, προσωπικός υπολογιστής, δίκτυα υπολογιστών και πολλά άλλα τα οποία επηρέασαν δραστικά τον πολιτισμό μας. Ξεκινώντας από την κατασκευή των μεγάλων μηχανικών συστημάτων με τα τεράστια γρανάζια, τους ογκώδεις άξονες και την ατμομηχανή του Watt ως πηγή κίνησης, τα οποία άρχισαν να αντικαθιστούν την ανθρώπινη εργασία, περάσαμε στην ανακάλυψη νέων πηγών ενεργείας όπως το πετρέλαιο και η ηλεκτρική ενέργεια, για να φτάσουμε τον εικοστό αιώνα στην ανακάλυψη του τρανζίστορ και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που επέτρεψαν τη μεγάλη ανάπτυξη της Ηλεκτρονικής. Η κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών, η δυνατότητα ταχύτατης εκτέλεσης μεγάλου όγκου υπολογισμών και η δυνατότητα συνεργασίας δύο ή περισσότερων ηλεκτρονικών υπολογιστών μας οδήγησε στο σημερινό κόσμο της πληροφορικής. Οργανισμοί, δημόσιες υπηρεσίες και ιδιωτικές επιχειρήσεις μπορούν πλέον να έχουν άμεση πληροφόρηση της κατάστασης που επικρατεί στα εκατοντάδες, γεωγραφικά διασκορπισμένα, γραφεία τους, με το πάτημα μερικών κουμπιών. Ακόμη, η διοίκηση μιας Βιομηχανίας μπορεί να έχει

άμεση ενημέρωση της κατάστασης λειτουργίας σε κάθε παραγωγικό τμήμα αυτής, ή άμεση εποπτεία και επέμβαση, μέσω αποστολής εντολών, σε κάθε "υπεύθυνο" της παραγωγής. Ο Τεχνολογικός κόσμος, με διαθέσιμα πλέον τα προς τούτο απαιτούμενα εργαλεία, προσπαθεί να βελτιώσει τις μεθόδους συγκέντρωσης, επεξεργασίας και κατανομής της πληροφορίας. Τα πρώτα υπολογιστικά συστήματα είχαν συγκεντρωμένη δομή, υπό τη μορφή μιας ισχυρής κεντρικής μηχανής η οποία περιστοιχιζόταν από σταθμούς απλής πληκτρολόγησης με τη βοήθεια των οποίων οι προσερχόμενοι χρήστες διεκπεραιώναν το υπολογιστικό τους έργο. Το αρχικό αυτό μοντέλο χαρακτηριζόταν από υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης λειτουργίας, πράγμα που είχε σαν αποτέλεσμα μόνο μεγάλες Βιομηχανικές Εταιρίες ή Ερευνητικά Ινστιτούτα ή Πανεπιστήμια να έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν υπολογιστικά συστήματα. Η σκέψη να έχει ένας κοινός άνθρωπος μία υπολογιστική μηχανή στο σπίτι του ή στο γραφείο του ήταν πέραν κάθε φαντασίας. Με τη ραγδαία όμως ανάπτυξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων αυτό έγινε πραγματικότητα. Σε λίγα χρόνια φτάσαμε σε μαζική παραγωγή εκατομμυρίων μικροϋπολογιστών με ισχυρή υπολογιστική δύναμη και απίστευτα μικρό μέγεθος. Ο προσωπικός υπολογιστής, οι σταθμοί εργασίας, τα εξελιγμένα λειτουργικά συστήματα και οι οθόνες υψηλής ανάλυσης διαδόθηκαν ταχύτατα σε όλο τον κόσμο. Η εξέλιξη αυτή ισοδυναμούσε ουσιαστικά με αλλαγή του συγκεντρωμένου μοντέλου σε κατανεμημένο, που σημαίνει με άλλα λόγια "προσφορά υπολογιστικής μηχανής σε κάθε χρήστη". Η διαμορφωθείσα κατάσταση όπου κάθε χρήστης είχε το δικό του υπολογιστή δημιούργησε μια νέα ανάγκη, αυτήν της διασύνδεσης πολλών υπολογιστών. Η παράλληλη ανάπτυξη και βελτίωση των τεχνικών επικοινωνίας επέτρεψε και αυτή την υλοποίηση, δηλαδή την τοπική ή εκτεταμένη διασύνδεση πολλών ξεχωριστών υπολογιστών. Τα συστήματα διασύνδεσης υπολογιστών ονομάζονται δίκτυα επικοινωνίας. Με τον όρο "δίκτυο επικοινωνίας" εννοούμε τόσο το "υλικό" διασύνδεσης αυτόνομων υπολογιστικών μηχανών οι οποίες ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες, όσο και το "λογισμικό" που είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε πολύ σύντομα στις βασικές έννοιες της θεωρίας των τοπικών δικτύων επικοινωνίας (LANs), έτσι ώστε ο αναγνώστης να είναι οικείος με την ορολογία που θα συναντήσει στο κεφάλαιο των Εμπορικών Βιομηχανικών Δικτύων. Άλλωστε το βιβλίο αυτό δεν φιλοδοξεί να διδάξει στον αναγνώστη τη θεωρία των τοπικών δικτύων επικοινωνίας αλλά να παρουσιάσει την κατάσταση που επικρατεί στην αγορά από πλευράς δικτύων επικοινωνίας Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLCs) και άλλων συσκευών ελέγχου. Επειδή οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές αποτελούν σήμερα το κορυφαίο "εργαλείο" ελέγχου Βιομηχανικών Διαδικασιών, θα προηγηθεί μία αναδρομή στην ιστορία του Βιομηχανικού Αυτοματισμού, από

τις πρώτες του μορφές έως τις σημερινές.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η Βιομηχανία αναπτύχθηκε παράλληλα με τα διάφορα τεχνολογικά επιτεύγματα, στις αρχές του περασμένου αιώνα, όταν η ανθρώπινη εργασία αντικαταστάθηκε σε μεγάλο βαθμό από τις μηχανές. Οι παραγωγικές διαδικασίες είχαν αρχικά διακεκομμένη μορφή με χειροκίνητες επεμβάσεις μεταξύ των διαφόρων τμημάτων τους. Σύντομα η ανάγκη για συνεχή παραγωγή γινόταν όλο και πιο επιτακτική. Αυτή η τάση ενισχύθηκε ακόμη περισσότερο από το γεγονός ότι η παραγωγή ήταν βασισμένη κυρίως σε συνεχείς ροές πρώτων υλών. Ο τύπος αυτός της βιομηχανικής παραγωγής απαιτούσε την εφαρμογή μεθόδων αυτοματισμού και έτσι συνδέθηκε άμεσα η λειτουργία των βιομηχανικών διαδικασιών συνεχούς λειτουργίας με την πρόοδο της τεχνολογίας του βιομηχανικού αυτοματισμού. Από τα πρώτα στάδια, ο έλεγχος και η εποπτεία της παραγωγής ήταν στην πλήρη αρμοδιότητα των ανθρώπων. Με την ανάπτυξη νέου εξοπλισμού, μερικές λειτουργίες ελέγχου και εποπτείας σταδιακά αυτοματοποιήθηκαν. Παράλληλα παρατηρείται άνθηση στη βιομηχανία παραγωγής οργάνων και συσκευών ελέγχου. Ο αυτοματισμός από τα αρχικά του βήματα περιλαμβάνει τους εξής τρεις βασικούς παράγοντες:

- α) τα αισθητήρια που συγκεντρώνουν πληροφορίες από το περιβάλλον παραγωγής
- β) τους ενεργοποιητές που επιτρέπουν την υλοποίηση των αποφάσεων ελέγχου και
- γ) τα συστήματα αποφάσεων που αποφασίζουν, προγραμματίζουν και κατευθύνουν τις ενέργειες ελέγχου.

Τα πρώτα χρόνια της βιομηχανικής εποχής, οι παράγοντες αυτοί ήταν τα μάτια, τα χέρια, και το μυαλό των υπευθύνων χειριστών αντίστοιχα. Στη συνέχεια, στα πρώτα συστήματα ελέγχου, που είχαν αρκετά πρωτόγονη μορφή, οι λειτουργίες ελέγχου είχαν ενσωματωμένες τις λειτουργίες αισθητήρων και ενεργοποιητών. Προς τα μέσα της δεκαετίας του είκοσι υπάρχει ευρεία χρήση του διακοπτικού ελέγχου ενώ προς το τέλος της ίδιας δεκαετίας άρχισε να εφαρμόζεται η χρήση αντισταθμητών P. Στη δεκαετία τέλος του τριάντα αρχίζει η ευρεία χρήση των αντισταθμητών PID. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη διάρκεια του δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου είχαν σημαντική επίδραση στον τομέα του βιομηχανικού ελέγχου. Στις αρχές της δεκαετίας του πενήντα είναι πλέον δεδομένη η χρήση

ηλεκτρονικών οργάνων στον έλεγχο με παράλληλη καθιέρωση της τυποποίησης στη μετάδοση σημάτων. Το σύστημα ελέγχου έγινε περισσότερο ευέλικτο και αποκεντρωμένο, αποτελούμενο από αισθητήρες, ρυθμιστές, ενεργοποιητές, και καταγραφικά όργανα. Αυτό διευκόλυνε ιδιαίτερα το σχεδιασμό, την εγκατάσταση, τη λειτουργία, την επέκταση και τη συντήρηση του εξοπλισμού ελέγχου. Με τη καθιέρωση της τυποποίησης απλοποιήθηκε η διαδικασία συνδυασμού του εξοπλισμού από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η γενική αντιμετώπιση στο πρόβλημα του αυτοματισμού ήταν η χρήση αισθητήρων και ενεργοποιητών σε τοπικό επίπεδο, ενώ σε κεντρικό θάλαμο ελέγχου υπήρχαν ελεγκτές PID για τη λήψη των αποφάσεων ελέγχου. Τα τυποποιημένα συστήματα ελέγχου χρησιμοποιούσαν έλεγχο ονομαστικών τιμών, δηλαδή διατήρηση της τιμής μιας μεταβλητής όσο γίνεται πιο κοντά σε μια επιλεγμένη, από πριν, τιμή. Λόγω του γεγονότος ότι οι βρόχοι ελέγχου ήταν αυτόνομα σχεδιασμένοι, δεν ελάμβαναν υπόψη τους αλληλεπιδράσεις από άλλες μεταβλητές. Αυτό πολλές φορές δημιουργούσε αρκετά σημαντικά προβλήματα. Προβλήματα επίσης παρουσιάζονταν κατά τη συνεργασία συστημάτων ελέγχου και ηλεκτρονόμων (τηλεχειριζόμενων διακοπών ή κοινώς ρελέ). Η χρήση των υπολογιστών άρχισε από τα μέσα της δεκαετίας του εξήντα, αλλά σε πολύ περιορισμένη κλίμακα λόγω του μεγάλου όγκου τους και της χαμηλής ταχύτητας επεξεργασίας. Η πραγματική τομή στην τεχνολογία των υπολογιστών ήρθε με την ανάπτυξη των μικροϋπολογιστών στις αρχές της δεκαετίας του εβδομήντα. Το μικρό μέγεθος, το χαμηλό κόστος και η υψηλή ταχύτητα του νέου τύπου υπολογιστή κατέστησαν την υπόθεση του αυτομάτου ελέγχου προσιτή για οποιοδήποτε είδος εφαρμογής. Με τη χρήση των μικροϋπολογιστών ήταν επίσης δυνατή η αλλαγή τεχνολογίας σε λειτουργίες ελέγχου που πραγματοποιούντο ήδη με κλασικά συστήματα ηλεκτρονόμων. Έτσι κάνει την εμφάνισή του το PLC. Η τεχνολογία των μικροϋπολογιστών έφερε μια επανάσταση στα ψηφιακά ηλεκτρονικά και το PLC, προϊόν αυτής της επανάστασης, εισήλθε στην βιομηχανία σαν βασικό κύτταρο αυτοματισμού. Το αναλογικό υλικό αντικαθίσταται γρήγορα από μικροϋπολογιστές ακόμη και για τον έλεγχο απλών βρόχων, ενώ εγκαθίστανται "αφοσιωμένα" μικροϋπολογιστικά συστήματα για άμεσο ψηφιακό έλεγχο. Παράλληλα τα συστήματα τηλεχειρισμού που προσφέρονται στους χειριστές στο θάλαμο ελέγχου, έχουν βελτιωθεί και χρησιμοποιούν έγχρωμες οθόνες για την παρουσίαση των πληροφοριών. Παράλληλα αρχίζει η ανάπτυξη ιεραρχικών συστημάτων ελέγχου που περιέχουν μεγάλο αριθμό μικροϋπολογιστών. Τα PLCs έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά και κυριαρχούν στη βιομηχανία σαν συσκευές ελέγχου. Οι βιομηχανικές εφαρμογές έδειξαν ότι η συνύπαρξη υπολογιστών και PLCs στο ίδιο σύστημα έχουν μεγάλα πλεονεκτήματα. Η σημερινή μορφή αυτοματισμού των περισσότερων εκσυγχρονισμένων βιομηχανιών έχει σαν βάση τα συστήματα ιεραρχικού ελέγχου που υλοποιούνται με συνδυασμό υπολογιστών

και PLCs. Για τη καλή λειτουργία των ιεραρχικών συστημάτων μεγάλη συμβολή έχουν και τα τοπικά δίκτυα επικοινωνίας τα οποία κάνουν εφικτή την πλήρη αξιοποίησή τους. Τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν είναι τεράστια, όπως έχει αποδειχθεί στην πράξη, από πλευράς αύξησης της ποιότητας, μείωσης του κόστους παραγωγής και ευελιξίας καθώς και αξιοπιστίας της βιομηχανικής παραγωγής.

1.3 ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.

Για να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούμε δίκτυα επικοινωνίας σε βιομηχανικό περιβάλλον αλλά και τα πλεονεκτήματα που αποκομίζουμε από τη χρήση αυτών, θα αναφέρουμε στη συνέχεια ένα παράδειγμα. Ας φανταστούμε μια οποιαδήποτε βιομηχανία τροφίμων. Σε αυτό το είδος της βιομηχανίας, οι πρώτες ύλες αρχικά επεξεργάζονται και στη συνέχεια μετατρέπονται στο τελικό προϊόν με διαδικασίες ανάμιξης και ψησίματος. Το τελικό προϊόν στη συνέχεια πακετάρεται και διανέμεται στους καταναλωτές. Αυτή η διαδικασία, που παρουσιάστηκε στη γενική της μορφή, μπορεί να βελτιωθεί με ορθολογική οργάνωση της παραγωγής. Το γεγονός ότι είναι πάντα αδύνατο να λαμβάνει χώρα η διαδικασία αυτή σε ένα μόνο δωμάτιο ή κτίριο σημαίνει ότι πάντα έχουμε προβλήματα συντονισμού των διαφόρων τμημάτων της. Αρχικά, πολύς χρόνος σπαταλιόταν και το εργατικό κόστος ήταν υψηλό λόγω της ανάγκης να στέλνονται μηνύματα σε όλο το μήκος της διαδικασίας, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη λειτουργία και αξιοποίηση αυτής. Το πρώτο βήμα για την αναίρεση των προβλημάτων λόγω μη καλού συντονισμού ήταν η εισαγωγή κεντρικών σταθμών ελέγχου της διαδικασίας παραγωγής. Παρόλα αυτά, η διαχείριση και ο έλεγχος της διαδικασίας είναι αποτελεσματικά μόνο αν λαμβάνουμε πληροφορία από κάθε σημείο αυτής. Για κάθε όμως μονάδα πληροφορίας που αποστέλλεται στον κεντρικό σταθμό θέλουμε και ένα αγωγό, δηλαδή με την αύξηση του όγκου της πληροφορίας που διακινείται αυξάνεται ταυτόχρονα και ο όγκος των απαιτούμενων καλωδιώσεων. Συνεπώς η πολυπλοκότητα του προβλήματος διασύνδεσης αυξάνει με την πολυπλοκότητα της διαδικασίας που επιτηρείται και ελέγχεται. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι για να εγκαταστήσουμε ένα κεντρικό σταθμό για τον έλεγχο μιας βιομηχανικής διαδικασίας όπως η παραπάνω, χρειαζόμαστε πολλές και μεγάλες δεσμίδες από καλώδια πράγμα που έχει σαν συνέπεια την σημαντική αύξηση του κόστους του αυτοματισμού. Σε αυτό ακριβώς το σημείο υπεισέρχεται η ιδέα της χρήσης τοπικών δικτύων επικοινωνίας. Με τη βοήθεια των δικτύων όλες οι δεσμίδες των καλωδίων αντικαθίστανται από ένα και μόνο καλώδιο, το οποίο περιέχει από δύο

έως τέσσερις αγωγούς αντί των χιλιάδων που είχαμε πριν. Οι συσκευές που συνδέονται μέσω του δικτύου μπορούν να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα τόσο μεταξύ τους όσο και με κάποιο κεντρικό σταθμό. Τα δεδομένα που π.χ. λαμβάνει μία συσκευή μπορούν να αφορούν είτε "πληροφορία" απαραίτητη για τη λήψη των δικών της αποφάσεων ελέγχου, είτε "εντολές" του συντονιστή για συγκεκριμένες ενέργειες ελέγχου άμεσα εκτελέσιμες. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι ένας από τους σκοπούς της χρήσης δικτύων επικοινωνίας σε βιομηχανικό περιβάλλον είναι η μείωση του τεράστιου αριθμού καλωδιώσεων που απαιτούνται στην αντίθετη περίπτωση. Το ουσιαστικό αποτέλεσμα είναι η σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης, του κόστους των αγωγών, και του κόστους συντήρησης των καλωδιώσεων. Τα οικονομικά οφέλη δεν είναι όμως το μόνο κέρδος που έχουμε. Με τη χρήση τοπικών δικτύων έχουμε τη δυνατότητα απόκτησης και επεξεργασίας σένα κεντρικό σταθμό οποιωνδήποτε δεδομένων θέλουμε. Αυτό, εκτός πολλών άλλων, σημαίνει ταχύτερο και πιο ακριβή σχεδιασμό της παραγωγής όπως επίσης ταχύτερη βελτιστοποίηση και ρύθμιση της διαδικασίας με βάση τιμές αναφοράς που προέρχονται από τον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Δηλαδή, με τη χρήση των τοπικών δικτύων έχουμε οικονομικά αλλά και υπηρεσιακά οφέλη για μια Βιομηχανία. Με τη χρήση δικτύων επικοινωνίας έχουμε επίσης αύξηση της λειτουργικής αξιοπιστίας. Τα σφάλματα ανιχνεύονται σε πρόωρο στάδιο, ενώ η πηγή τους μπορεί πολύ εύκολα να εντοπισθεί χρησιμοποιώντας υπάρχοντα δεδομένα της διαδικασίας. Η χρήση των δικτύων έχει επίσης σαν συνέπεια την αύξηση της παραγωγικότητας της Βιομηχανίας. Με βάση την κατανομημένη λογική, επιμέρους διαδικασίες μπορούν να ελεγχθούν αυτόνομα και να λαμβάνουν χώρα παράλληλα. Αυτό έχει σαν συνέπεια η όλη βιομηχανική διαδικασία να ελέγχεται αποκεντρωμένα και με υψηλή ταχύτητα από ένα κεντρικό σταθμό συντονισμού, παρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων. Συνοψίζοντας, τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση βιομηχανικών τοπικών δικτύων επικοινωνίας, είναι τα εξής:

- Αισθητή μείωση του κόστους καλωδίωσης.
- Μείωση του όγκου των ταμπλό χειρισμού λόγω αποκέντρωσης και χρήσης οθονών.
- Μείωση των επιπρόσθετων εξαρτημάτων διασύνδεσης.
- Μείωση του κόστους εγκατάστασης.
- Μείωση του κόστους συντήρησης.
- Κεντρική επεξεργασία και συγκέντρωση δεδομένων.
- Μεγαλύτερη λειτουργική αξιοπιστία και παραγωγικότητα.

1.4 ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Σήμερα, αν και τυπικά υπάρχουν διάφορες κατηγορίες υπολογιστών, ουσιαστικά

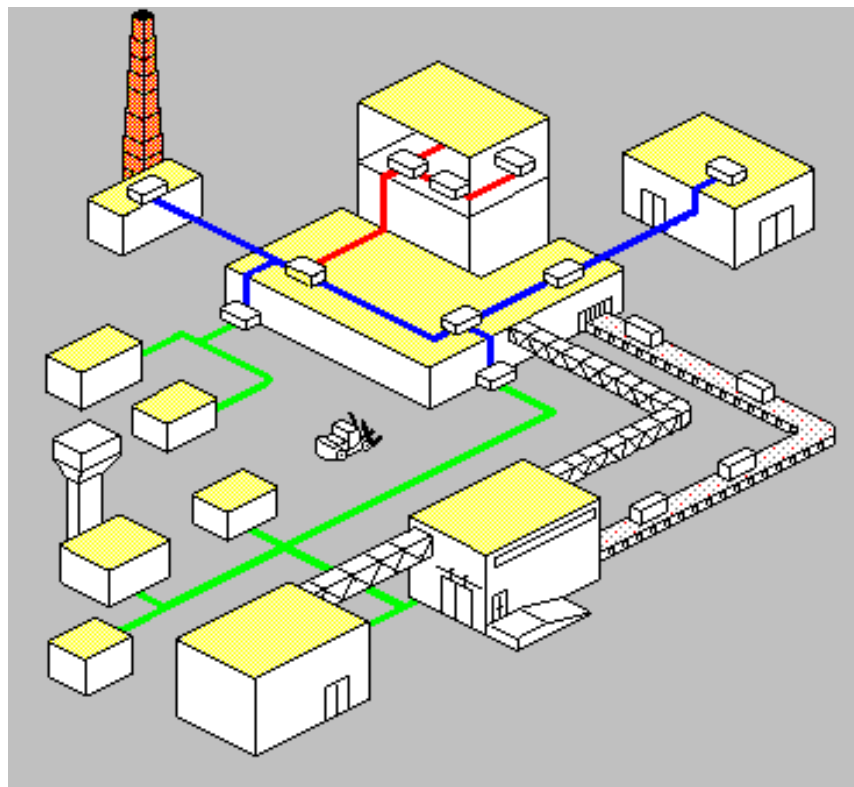
έχει πάψει η διάκριση μεταξύ τους αφού συνεχώς παράγεται νέο "υλικό" και "λογισμικό" που τους καθιστά συμβατούς. Η Ολοκληρωμένη Παραγωγή με Υπολογιστές (CIM) αποτελεί τη νέα ιεραρχική δομή ελέγχου των παραγωγικών μονάδων. Με τη δομή αυτή, εργασίες όπως η συλλογή πληροφοριών, η λειτουργία συστημάτων ψηφιακού αυτομάτου ελέγχου, η επιτήρηση και ο προγραμματισμός της παραγωγής γίνονται από αντίστοιχα υπολογιστικά συστήματα με συγκεκριμένους βαθμούς ευθύνης όπου οι αποφάσεις των υψηλότερων επιπέδων μεταδίδονται για εκτέλεση στις κατώτερες βαθμίδες υπολογιστικών συστημάτων. Η τεχνολογία CIM είναι βέβαιο ότι θα φέρει επαναστατικές αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία των μικρών και μεγάλων Βιομηχανιών, τις επόμενες δεκαετίες. Συνεχώς αναπτύσσονται νέοι υπολογιστές, νέοι τύποι επικοινωνιακών συσκευών, λογισμικά εργαλεία και συστήματα CAD/CAM που θα ενσωματώσουν όλες τις δυνατότητες της παραγωγής σε ένα πολύπλοκο σύστημα πληροφορικής. Το σύστημα αυτό θα αλλάξει τις δραστηριότητες σχεδιασμού, προγραμματισμού, πρόβλεψης, ποιοτικού ελέγχου, πωλήσεων και συντήρησης των διεργασιών. Η υλοποίηση μιας στρατηγικής CIM απαιτεί αυστηρή διαίρεση στα ιεραρχικά επίπεδα οργάνωσης, εποπτείας και ελέγχου, όπως φαίνεται στο Σχ.1.1. Το επίπεδο της οργάνωσης παράγει αποφάσεις που έχουν σχέση με τη διαχείριση της παραγωγής. Το επίπεδο της



Σχ.1.1. Ιεραρχική δομή μιας στρατηγικής CIM.

εποπτείας είναι δέκτης των αποφάσεων αυτών και δρομολογεί τη στρατηγική ελέγχου βασισμένο κυρίως στις ποιοτικές απαιτήσεις της παραγωγής. Το επίπεδο του ελέγχου υλοποιεί τις προηγούμενες αποφάσεις έχοντας στενή φυσική

σύνδεση με τις διεργασίες και εξασφαλίζει τη λειτουργική ευστάθεια των διεργασιών. Τα τρία επίπεδα έχουν αυτονομία μεταξύ τους και τυχόν βλάβη που θα παρουσιαστεί σε κάποιο επίπεδο δεν εμποδίζει τη λειτουργία των υπολοίπων. Το ιεραρχικό σύστημα του Σχ.1.1 έχει την ιδιότητα ότι καθώς πάμε από τη βάση προς την κορυφή της ιεραρχίας έχουμε συνεχή αύξηση της σοβαρότητας των αποφάσεων που λαμβάνονται, αλλά ταυτόχρονα μείωση του ρυθμού των αποφάσεων. Επίσης, καθώς πάμε από τη βάση στην κορυφή της ιεραρχίας έχουμε συνεχή αύξηση του όγκου της πληροφορίας προς επεξεργασία. Στο Σχ.1.2 φαίνεται μια γραμμή παραγωγής που διαιρείται σε τρία επίπεδα. Στο κατώτατο επίπεδο λαμβάνει χώρα η παραγωγική διαδικασία, η οποία διαιρείται σε άλλες



Σχ.1.2. Ολοκληρωμένο Βιομηχανικό Δίκτυο επικοινωνίας.

υποδιαδικασίες. Όλη η "πληροφορία" των υποδιαδικασιών μεταφέρεται στο επόμενο επίπεδο μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας. Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται οι κεντρικοί σταθμοί ελέγχου μέσω των οποίων συντονίζονται οι υποδιαδικασίες του προηγούμενου επιπέδου και επιβλέπεται η λειτουργία της διαδικασίας σαν σύνολο. Το δεύτερο επίπεδο επικοινωνεί με το πρώτο, επίσης μέσω δικτύου επικοινωνίας, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή παραγωγή και προμήθεια πρώτων υλών. Όπως είναι φανερό, τα τοπικά δίκτυα επικοινωνίας αποτελούν πολύ σημαντικό κομμάτι για την πλήρη επίτευξη του CIM μοντέλου,

λόγω του γεγονότος ότι με τη βοήθειά τους διασυνδέονται μεταξύ τους όλα τα επίπεδα καθώς επίσης και οι συσκευές που υπάρχουν σε κάθε επίπεδο. Βέβαια, λόγω του γεγονότος ότι ο εξοπλισμός μιας Βιομηχανίας δεν προέρχεται από ένα μόνο κατασκευαστή, είναι επιτακτική η ανάγκη για ανάπτυξη πρωτοκόλλων δικτύων τα οποία θα επιτρέπουν τη διασύνδεση (μέσω δικτύου) συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών.

Στο Σχ.1.3 φαίνεται παραστατικά και με σαφήνεια πως μπορούμε να ελέγχουμε κάθε είδος βιομηχανικής διαδικασίας με τη βοήθεια των τοπικών δικτύων επικοινωνίας, ιεραρχημένων κατά το CIM μοντέλο. Οι απαιτήσεις που έχουμε από ένα Βιομηχανικό Πληροφορικό Σύστημα σαν αυτό του Σχ.1.3 είναι οι εξής:

- Ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική επικοινωνίας
- Κεντρική οργάνωση και επίβλεψη
- Κατανεμημένο και ιεραρχικό έλεγχο
- Συνύπαρξη συσκευών-μηχανών κάθε είδους
- Ανοικτές και διαφανείς επικοινωνίες
- Διάλογο μεταξύ ανθρώπου και συστήματος

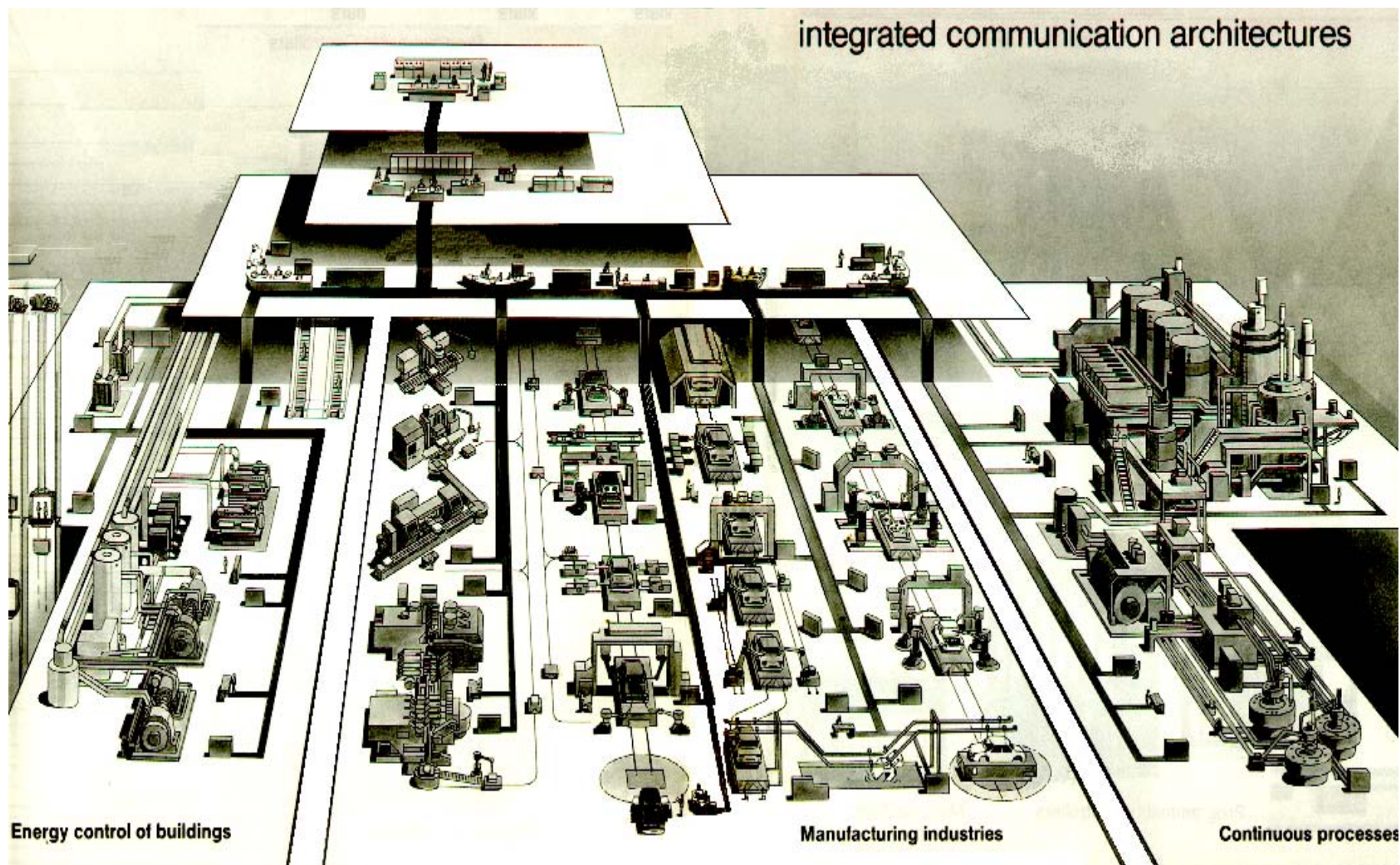
Σε ένα σύστημα τέτοιου είδους τα PLCs δίνουν λύσεις, από πλευράς αυτοματισμού, στα δύο κατώτερα επίπεδα. Στο ανώτατο επίπεδο έχουμε ισχυρούς υπολογιστές για τη λήψη των απαραίτητων αποφάσεων.

1.5 ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ LANs

Η επικοινωνία στα LANs επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή μηνυμάτων. Οι τρεις δυνατοί τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται μια τέτοια ανταλλαγή σε μια διασύνδεση LAN είναι:

- α) Μεταγωγή κυκλωμάτων
- β) Μεταγωγή με μηνύματα
- γ) Μεταγωγή με πακέτα

Σύμφωνα με την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος, ένας δρόμος αποκαθίσταται μεταξύ των σταθμών (που επιθυμούν να επικοινωνήσουν), πριν αρχίσει η επικοινωνία. Η δημιουργία αυτού του δρόμου γίνεται αυτόματα σύμφωνα με πληροφορία που μεταφέρουν τα προς μετάδοση δεδομένα. Ο δρόμος που διατιθε-



Σχ.1.3. Τυπική εικόνα μιας βιομηχανίας με ολοκληρωμένο δίκτυο επικοινωνίας, (φωτογραφία της εταιρίας TELEMECANIQUE).

ται για την επικοινωνία των δύο σταθμών χρησιμοποιείται αποκλειστικά απ' αυτούς όσο διαρκεί η επικοινωνία.

Σύμφωνα με την τεχνική της μεταγωγής με μηνύματα, ένα μήνυμα μεταδίδεται από κόμβο σε κόμβο του LAN, μέχρι να φθάσει στον προορισμό του, σύμφωνα με οδηγίες που το ίδιο μεταφέρει. Για να γίνει η μετάδοση από έναν κόμβο σε έναν άλλο κόμβο θα πρέπει ο κόμβος λήψης να μπορεί να αποθηκεύσει ολόκληρο το μήνυμα ή τα δεδομένα. Στη συνέχεια ο κόμβος λήψης αφού εξετάσει το μήνυμα για τυχόν λάθη το προωθεί στον επόμενο κόμβο μεταγωγής. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι το μήνυμα να φθάσει στον κόμβο προορισμού.

Η τεχνική της μεταγωγής με πακέτα, που χρησιμοποιείται στα βιομηχανικά LANs, είναι η νεότερη τεχνική μεταγωγής με ιστορία 25 ετών περίπου. Το μήνυμα χωρίζεται σε τμήματα που ονομάζονται πακέτα. Το κάθε πακέτο έχει συγκεκριμένη δομή και συγκεκριμένο μήκος, καθορισμένα εξ αρχής. Το κάθε πακέτο αποτελείται από την **Κεφαλή**, το **Σώμα** και την **Ουρά**. Στη Κεφαλή περιέχονται πληροφορίες για το μήνυμα στο οποίο ανήκει το πακέτο, τον αριθμό των πακέτων που χωρίστηκε το μήνυμα, τον αύξοντα αριθμό πακέτου, το μήκος πακέτου, τον τύπο πακέτου κ.λ.π. Στο Σώμα περιέχονται τα προς μετάδοση δεδομένα. Η Ουρά τέλος περιέχει πληροφορίες για έλεγχο λαθών κατά τη μεταφορά του πακέτου. Μέσω πολυπλόκων διαδικασιών και με τη βοήθεια μετρήσεων της κυκλοφορίας στις γραμμές του δικτύου, κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα από τα άλλα πακέτα του ίδιου μηνύματος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη φόρτιση του δικτύου. Η μεταγωγή κάθε πακέτου γίνεται με την τεχνική της αποθήκευσης και προώθησης. Εάν κάποιο πακέτο δεν ληφθεί σωστά σε κάποιο κόμβο, ζητείται η επανάληψη της μετάδοσης από τον κόμβο πηγή. Όταν ο κόμβος προορισμού λάβει όλα τα πακέτα χωρίς λάθος, ανακοινώνει την ορθή λήψη του μηνύματος, στέλνοντας ένα ειδικά κωδικοποιημένο μήνυμα μήκους ενός πακέτου. Στην περίπτωση που μέσα σε ένα καθορισμένο διάστημα δεν ληφθούν όλα τα πακέτα, ο κόμβος προορισμού ζητά την επανάληψη της μετάδοσης των πακέτων που δεν έχει λάβει θεωρώντας ότι τα πακέτα της πρώτης μετάδοσης χάθηκαν εξαιτίας βλάβης ή θορύβου. Η τεχνική της μεταγωγής με πακέτα, δρομολογώντας τα πακέτα το ένα ανεξάρτητα από το άλλο και χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγορίθμους για την εκλογή εναλλακτικών δρόμων για τη δρομολόγηση, δίνει στο δίκτυο τη δυνατότητα να προσαρμόζεται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες κυκλοφοριακές συνθήκες. Για τους ίδιους λόγους η διαθεσιμότητα του δικτύου είναι πολύ υψηλή. Το μικρό μέγεθος των πακέτων ελαχιστοποιεί τις ουρές αναμονής και επομένως μειώνει τις απαιτήσεις για αποθήκευση στους κόμβους. Τα προηγούμενα πλεονεκτήματα της τεχνικής μεταγωγής με πακέτα συντελούν στη μείωση του κόστους λειτουργίας του δικτύου επιτυγχάνονται όμως με τίμημα την προσθήκη Κεφαλής σε κάθε μεταδιδόμενο πακέτο.

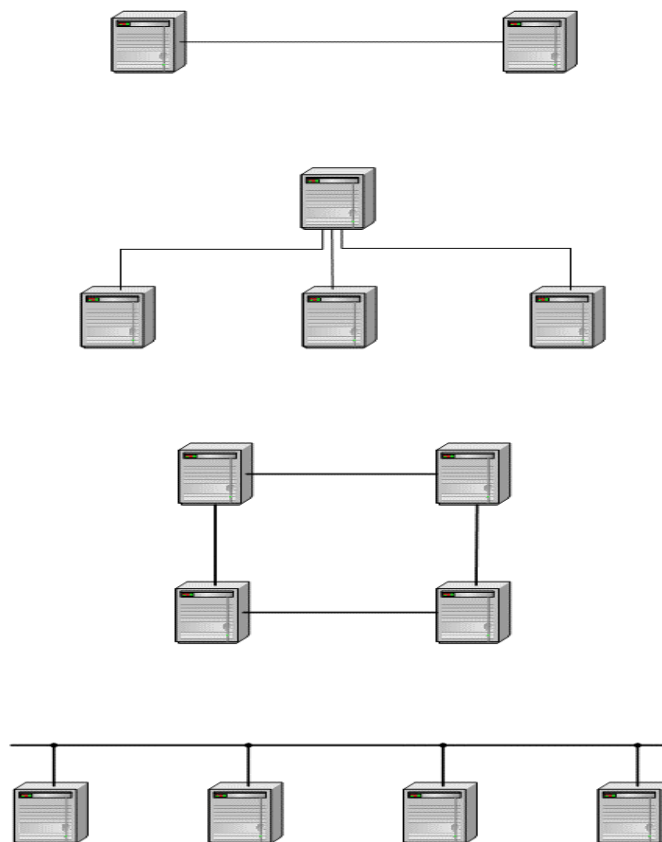
1.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ LANs

Ο όρος "τοπολογία", στην περίπτωση των LANs, αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ενώνονται οι σταθμοί ενός δικτύου. Βασικό κριτήριο για την επιλογή της τοπολογίας του δικτύου αποτελεί ο επιθυμητός τρόπος ελέγχου της ροής των πληροφοριών μέσω του δικτύου. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι συγκεντρωμένος ή καταναμημένος.

- Στο συγκεντρωτικό έλεγχο, η πρόσβαση των κόμβων στο δίκτυο και η κατανομή των διαύλων επικοινωνίας στους κόμβους καθορίζονται από ένα κεντρικό κόμβο που ονομάζεται κόμβος ελέγχου.
- Στο καταναμημένο έλεγχο, όλοι οι κόμβοι του δικτύου διαθέτουν τα ίδια προνόμια αποστολής και παραλαβής μηνυμάτων. Έτσι, δεν χρειάζεται να περιμένουν την κατά σειρά χορήγηση των προνομίων σ' αυτούς από κάποιο κόμβο ελέγχου.

Οι τοπολογίες των δικτύων απορρέουν από δύο βασικούς τρόπους διασύνδεσης των κόμβων τους:

- 1) τη διασύνδεση σημείο-προς-σημείο
- 2) τη διασύνδεση πολλαπλών σημείων



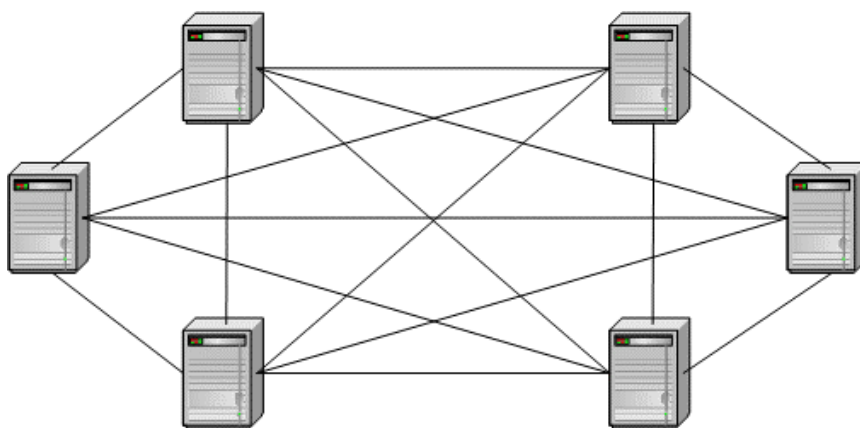
Σχ.1.4. Διασύνδεση σημείο-προς-σημείο και πολλαπλή.

Η πρώτη αποτελείται από ένα κύκλωμα που συνδέει δύο οποιουσδήποτε κόμβους του δικτύου χωρίς την παρεμβολή κάποιου ενδιάμεσου κόμβου, ενώ η δεύτερη αποτελείται από μια γραμμή επικοινωνίας η οποία διαμοιράζεται μεταξύ περισσότερων από δύο κόμβων του δικτύου. Διάφορες μορφές διασυνδέσεων σημείο-προς-σημείο και πολλαπλών σημείων φαίνονται στο Σχ.1.4. Γενικά, οι τοπολογίες των δικτύων έχουν διάφορες μορφές αναφορικά με το φυσικό τρόπο διασύνδεσης των κόμβων τους. Κυριότερες είναι οι τοπολογίες Πλήρους Επικοινωνίας, Δακτυλίου, Διαδρόμου, Αστεροειδής, Ιεραρχική και συνδυασμού αυτών.

1.6.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Στα δίκτυα πλήρους επικοινωνίας κάθε κόμβος συνδέεται με κάθε άλλο κόμβο με τον οποίο είναι επιθυμητό να επικοινωνεί. Από άποψη σχεδιασμού, το πιο απλό δίκτυο αυτής της τοπολογίας είναι εκείνο που παρέχει σύνδεση μεταξύ όλων των κόμβων του. Από οικονομική άποψη όμως, η πλήρης διασύνδεση των κόμβων ενός δικτύου μεταξύ τους είναι ασύμφορη για σχετικά μεγάλο αριθμό κόμβων, δεδομένου ότι για την πλήρη διασύνδεση N κόμβων απαιτούνται $N(N-1)/2$ γραμμές άμεσης επικοινωνίας.

Στην πιο συνήθη τοπολογία πλήρους επικοινωνίας δεν υπάρχει απευθείας διασύνδεση όλων των κόμβων του δικτύου, αλλά εγκαθίστανται μόνο οι απαιτούμενες γραμμές επικοινωνίας. Αυτές προσδιορίζονται με τη βοήθεια διαφόρων μαθηματικών ή άλλων μοντέλων διακίνησης των μηνυμάτων μέσω μιας



Σχ.1.5. Μη δρομολογούν δίκτυο.

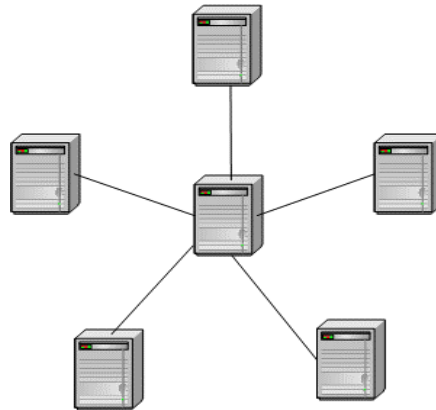
του δικτύου. Η υλοποίηση τέτοιας τοπολογίας απαιτεί την εισαγωγή δυνατοτήτων

δρομολόγησης και προώθησης των μηνυμάτων σε επιλεγμένους κόμβους του δικτύου. Οι κόμβοι αυτοί προωθούν τα μηνύματα που στέλνονται από τον κόμβο αποστολής προς τον κόμβο προορισμού, εφόσον δεν προορίζονται γι' αυτούς. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται δρομολογούντα, σε αντίθεση με τα δίκτυα πλήρους διασύνδεσης των κόμβων που ονομάζονται μη δρομολογούντα. Όταν εισάγονται δυνατότητες δρομολόγησης, σε ορισμένους κόμβους του δικτύου, τότε μειώνονται οι αρχικές γραμμές επικοινωνίας. Συνήθως, η απόδοση ενός δικτύου πλήρους επικοινωνίας είναι αρκετά ικανοποιητική σε περίπτωση ανταλλαγών μεγάλου όγκου πληροφοριών, λόγω της ύπαρξης απευθείας συνδέσεων μεταξύ των κόμβων. Επίσης, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του δικτύου μπορεί να μειωθεί με την εισαγωγή δυνατοτήτων δρομολόγησης στους κατάλληλους κόμβους. Η επεκτασιμότητα ενός δικτύου πλήρους επικοινωνίας ποικίλλει ανάλογα με τη θέση στην οποία τοποθετείται ένας νέος κόμβος. Σε μη δρομολογούντα δίκτυα, για να γίνει μια επέκταση μπορεί να απαιτείται μεγάλη δαπάνη και πολύς χρόνος διότι ο νέος κόμβος πρέπει να συνδεθεί με όλους τους άλλους. Σε δρομολογούντα δίκτυα, για την προσθήκη ενός νέου κόμβου μπορεί να απαιτείται επανασύνθεση του δικτύου ανάλογα με τον επιθυμητό τρόπο διασύνδεσης των κόμβων του νέου δικτύου. Οι επιπτώσεις που μπορεί να δημιουργήσει η βλάβη ενός κόμβου στη λειτουργία ενός δικτύου πλήρους επικοινωνίας, εξαρτάται από τη σύνθεση του. Σε μερικές περιπτώσεις εγκαθίστανται εναλλακτικές γραμμές επικοινωνίας μεταξύ "κύριων" κόμβων ώστε να αυξάνεται η διαθεσιμότητα του δικτύου. Στα δίκτυα πλήρους επικοινωνίας ο έλεγχος της ροής των πληροφοριών κατανέμεται σε όλους τους κόμβους.

1.6.2 ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

Στα αστεροειδή δίκτυα, η σύνδεση μεταξύ διαφόρων σταθμών γίνεται μέσω ενός κεντρικού σταθμού ο οποίος δέχεται τα μηνύματα από τους κόμβους αποστολής και τα προωθεί στους κόμβους προορισμού εφόσον δεν προορίζονται γι' αυτόν. Στο Σχ.1.6 φαίνεται μια αστεροειδής τοπολογία σταθμών. Η αστεροειδής τοπολογία ενός δικτύου έχει το πλεονέκτημα ότι η σύνδεση δύο οποιωνδήποτε κόμβων του απαιτεί το πολύ δύο γραμμές επικοινωνίας. Έτσι, ο χρόνος που απαιτείται από την αποστολή μέχρι την παραλαβή ενός μηνύματος μπορεί να είναι πολύ μικρός. Από την άλλη πλευρά όμως, το γεγονός ότι ο κεντρικός σταθμός υπεισέρχεται στη διαδικασία διεκπεραίωσης κάθε μηνύματος που στέλνεται μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις συνωστισμού με τις συνακόλουθες καθυστερήσεις στη διακίνηση των μηνυμάτων. Η κατάσταση αυτή οξύνεται ακόμη περισσότερο όταν ο κεντρικός σταθμός εκτελεί και άλλες λειτουργίες

εκτός της διεκπεραίωσης μηνυμάτων. Για παράδειγμα, αν ο κεντρικός σταθμός είναι και το κεντρικό σύστημα επεξεργασίας, όπως συμβαίνει συχνά, οι υπολογιστικές απαιτήσεις υψηλής προτεραιότητας μπορεί να καταστήσουν προσωρινά αδύνατη τη διεκπεραίωση των διαδικασιών επικοινωνίας. Αυτό είναι πιο πιθανό να συμβεί σε συστήματα επεξεργασίας που διαθέτουν ένα μόνο επεξεργαστή παρά σε εκείνα που διαθέτουν πολλούς, μεταξύ των οποίων



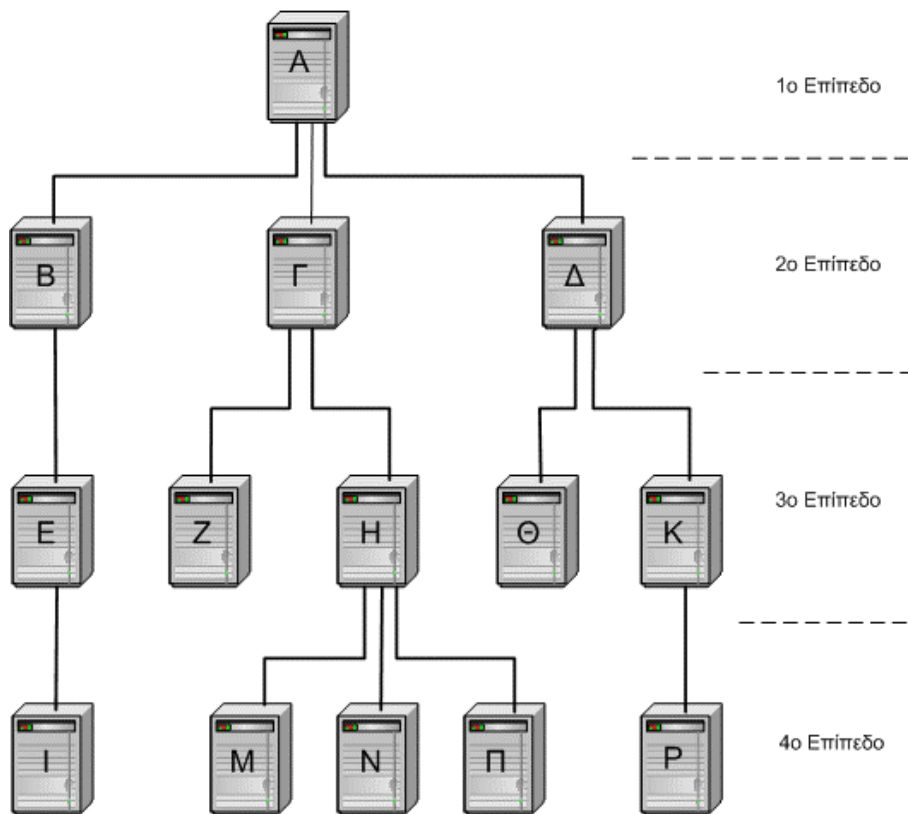
Σχ.1.6. Τοπολογία αστέρα.

μπορεί να συμπεριλαμβάνονται και ένας ή περισσότεροι επεξεργαστές επικοινωνίας. Η επέκταση ενός αστεροειδούς δικτύου είναι αρκετά εύκολη διότι οι μόνοι κόμβοι που υπεισέρχονται σε αυτή είναι ο νέος και ο κεντρικός. Για να επιτευχθεί η επέκταση του δικτύου πρέπει να εγκατασταθεί η νέα γραμμή επικοινωνίας, να συνδεθούν οι δύο κόμβοι και να ενημερωθούν οι πίνακες δρομολόγησης του δικτύου που υπάρχουν στους άλλους κόμβους για την προσθήκη του νέου κόμβου. Τα αστεροειδή δίκτυα έχουν σχετικά μικρή αξιοπιστία. Τυχόν βλάβη του κεντρικού κόμβου έχει σαν αποτέλεσμα την παύση της λειτουργίας ολοκλήρου του δικτύου, ενώ τυχόν βλάβη ενός οποιουδήποτε άλλου κόμβου δεν έχει σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία του δικτύου. Προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία του δικτύου, μια λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε στη θέση του κεντρικού κόμβου ένα υπολογιστικό σύστημα ειδικής αρχιτεκτονικής, για σχεδόν αδιάλειπτη λειτουργία. Για εκτεταμένα δίκτυα η αστεροειδής τοπολογία αποτελεί συνήθως πιο δαπανηρή λύση απ' ό τι ένα δρομολογούν δίκτυο πλήρους επικοινωνίας.

1.6.3 ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

Τα δίκτυα ιεραρχικής τοπολογίας μπορούν να θεωρηθούν ως πολλαπλά

αστεροειδή δίκτυα τα οποία έχουν διαταχθεί σε δενδροειδή μορφή, όπως φαίνεται στο Σχ.1.7. Ο έλεγχος ολοκλήρου του δικτύου γίνεται από τον αρχικό κόμβο που ονομάζεται κόμβος-ρίζα. Στον κόμβο αυτό συνδέονται απευθείας διάφοροι άλλοι κόμβοι του δευτέρου επιπέδου ιεραρχίας. Κάθε ένας από τους κόμβους δευτέρου επιπέδου μπορεί να συνδέεται απευθείας με έναν ή περισσότερους κόμβους του τρίτου επιπέδου ιεραρχίας, κ.ο.κ. Κατ' αυτό το τρόπο σχηματίζεται μια ιεραρχική δομή γονικών και απογονικών κόμβων. Στα δίκτυα ιεραρχικής τοπολογίας το κόστος χρήσης των γραμμών επικοινωνίας είναι συνήθως μικρότερο αυτού των αστεροειδών δικτύων, υπό την προϋπόθεση ότι οι κόμβοι των κατωτέρων επιπέδων βρίσκονται πλησιέστερα προς τους κόμβους των αμέσως ανωτέρων επιπέδων τους απ' ότι προς τον κόμβο-ρίζα. Ο αριθμός όμως των κόμβων που



Σχ.1.7. Ιεραρχική τοπολογία.

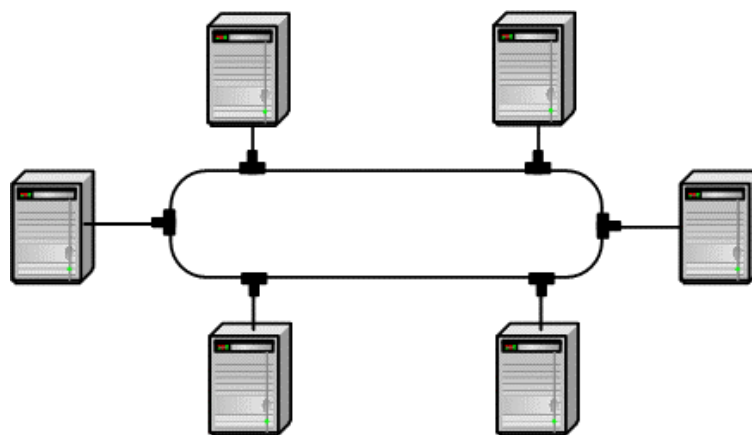
μεσολαβούν για τη μεταβίβαση του μηνύματος από τον κόμβο αποστολής στον κόμβο προορισμού, μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος. Αυτό συμβαίνει διότι η ροή των πληροφοριών πρέπει να ακολουθεί τους δρόμους της ιεραρχίας. Για παράδειγμα στο Σχ.1.7 αν ο κόμβος K στείλει ένα μήνυμα προς τον κόμβο M, το μήνυμα θα πρέπει να διακινηθεί μέσω έξι κόμβων (K-Δ-A-Γ-H-M). Στα ιεραρχικά δίκτυα ο αριθμός των περιπτώσεων στις οποίες απαιτούνται μακρές

διακινήσεις πληροφοριών είναι, συνήθως, αρκετά μικρότερος του αριθμού των περιπτώσεων όπου η διακίνηση γίνεται τοπικά εντός του επί μέρους τμήματος της ιεραρχίας (π.χ. στο τμήμα Μ-Η-Π του Σχ.1.7). Επίσης, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν προβλήματα συνωστισμού στο κόμβο-ρίζα ή σε άλλους κόμβους που διαθέτουν απογονικούς.

Η επέκταση και επανασύνθεση ενός ιεραρχικού δικτύου μπορεί να αποδειχθεί ένα αρκετά δύσκολο πρόβλημα. Για παράδειγμα, στο Σχ.1.7 η διάσπαση του κόμβου Η στους κόμβους Η και Σ, με τους κόμβους Μ και Ν κάτω από τον Η και τον κόμβο Π κάτω από τον Σ, απαιτεί μεγαλύτερη διαδικασία απ' ότι σε αστεροειδή τοπολογία. Ο κόμβος Σ θα πρέπει να συνδεθεί με το κόμβο Γ και ο κόμβος Π θα πρέπει να αποσυνδεθεί από τον Η και να συνδεθεί στο Σ. Αν και η διαδικασία αυτή είναι φαινομενικά απλή, στην πράξη απαιτεί αρκετό χρόνο και κόστος για τη μεταφορά των γραμμών επικοινωνίας από τόπο σε τόπο. Όπως συμβαίνει συνήθως σε επανασυνθέσεις δικτύων, πρέπει ακόμη να ενημερωθούν οι πίνακες δρομολόγησης του δικτύου για την αλλαγή της σύνθεσης του. Αν και η λειτουργία ενός ιεραρχικού δικτύου δεν διακόπτεται εντελώς σε περίπτωση βλάβης του κόμβου-ρίζα (όπως στην περίπτωση των αστεροειδών δικτύων), εν τούτοις υπάρχει σημαντικό πρόβλημα αξιοπιστίας. Τυχόν βλάβη οποιουδήποτε κόμβου που διαθέτει απογονικούς, καθιστά αδύνατη την επικοινωνία όχι μόνο με αυτόν αλλά και με τους απογονικούς του κόμβους.

1.6.4 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

Στα δίκτυα τοπολογίας δακτυλίου, όλοι οι κόμβοι συνδέονται σημείο-προς-σημείο σχηματίζοντας ένα συνεχές δακτύλιο, όπως φαίνεται στο Σχ.1.8. Κάθε μήνυμα που μεταδίδεται από έναν κόμβο αποστολής περιέχει τη διεύθυνση του



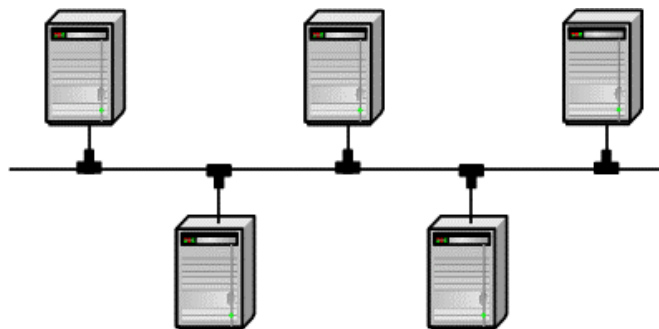
Σχ.1.8. Τοπολογία δακτυλίου.

κόμβου προορισμού, κινείται από κόμβο σε κόμβο κατά την κατεύθυνση του

δακτυλίου, παραλαμβάνεται από τον κόμβο που αναγνωρίζει την διεύθυνση του και αναμεταδίδεται προς τον κόμβο αποστολής. Ο κόμβος παραλαβής πριν αναμεταδώσει το μήνυμα μπορεί να σημειώσει ότι αυτό διαβάστηκε, ώστε όταν το μήνυμα επιστρέψει στον κόμβο αποστολής να γίνει αντιληπτό ότι παραλήφθηκε σωστά. Κάθε κόμβος των δικτύων τοπολογίας δακτυλίου χρησιμοποιείται ως ενεργός αναμεταδότης που ενισχύει και αναμεταδίδει τα μηνύματα προς τον παράπλευρό του κόμβο. Επίσης, όλοι οι κόμβοι διαθέτουν συνήθως τα ίδια προνόμια αποστολής και παραλαβής μηνυμάτων οπότε ο έλεγχος της ροής των πληροφοριών στο δίκτυο είναι κατανεμημένος. Σένα δίκτυο δακτυλίου με N κόμβους, ο μέσος αριθμός των κόμβων που πρέπει να διασχίσει ένα μήνυμα πριν φθάσει στον κόμβο προορισμού του είναι $N/2$. Τα δίκτυα τοπολογίας δακτυλίου διαθέτουν υψηλή αξιοπιστία. Σε περίπτωση βλάβης ενός κόμβου, τα μηνύματα οδηγούνται στον παράπλευρό του κόμβο ώστε ο δακτύλιος να παραμένει αδιάσπαστος. Έτσι, αν ένας κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας, όλοι οι άλλοι κόμβοι εξακολουθούν να επικοινωνούν κανονικά. Η επέκταση ενός δικτύου τοπολογίας δακτυλίου επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα διότι οι μόνοι κόμβοι που επηρεάζονται από την προσθήκη ενός νέου κόμβου είναι οι παράπλευροί του.

1.6.5 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ

Στα δίκτυα τοπολογίας διαδρόμου όλοι οι κόμβοι συνδέονται σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας πολλαπλών σημείων που αποτελείται από ένα μέσο μεταφοράς μηνυμάτων με ανοικτά άκρα, όπως φαίνεται στο Σχ.1.9. Η κοινή αυτή



Σχ.1.9. Τοπολογία διαδρόμου.

γραμμή ονομάζεται διάδρομος και αποτελεί το μοναδικό δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο διάδρομο διαθέτουν τα ίδια προνόμια μεταφοράς μηνυμάτων, οπότε ο έλεγχος του δικτύου είναι κατανεμημένος. Όμως, κάθε στιγμή μόνο ένας κόμβος μπορεί να

στείλει κάποιο μήνυμα μέσω του κοινού διαύλου επικοινωνίας. Το μήνυμα μαζί με τη διεύθυνση του κόμβου προορισμού, κινείται στο διάδρομο μέχρι να παραληφθεί από το κόμβο προορισμού μόλις αυτός αναγνωρίσει τη διεύθυνσή του. Η τοπολογία διαδρόμου είναι οικονομικά συμφέρουσα επειδή δεν απαιτούνται ούτε πολλαπλές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων του δικτύου ούτε ενέργειες δρομολόγησης στους διάφορους κόμβους. Αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους για τον οποίο η τοπολογία διαδρόμου χρησιμοποιείται πολύ συχνά για συνθέσεις τοπικών δικτύων επικοινωνίας.

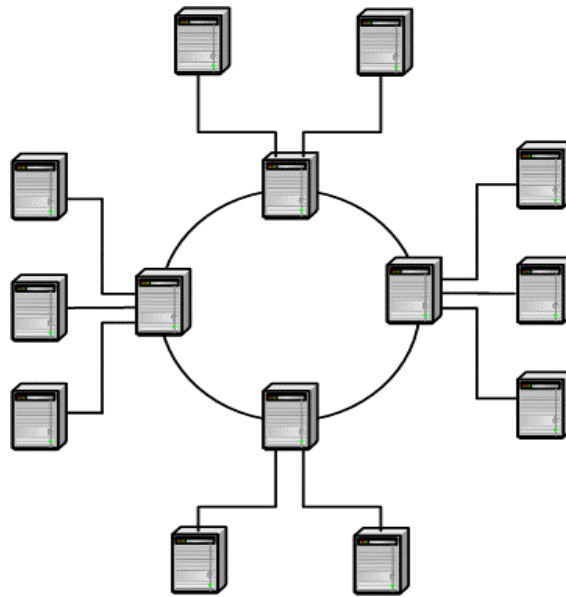
Η αξιοπιστία των δικτύων διαδρόμου είναι αρκετά ικανοποιητική. Η μόνη περίπτωση κατά την οποία μπορεί να παύσει η λειτουργία ολοκλήρου του δικτύου είναι όταν τεθεί εκτός λειτουργίας ο κοινός δίαυλος επικοινωνίας, κάτι που είναι πολύ σπάνιο. Τυχόν βλάβη σε κάποιο κόμβο δεν έχει καμία επίπτωση στη λειτουργία των άλλων κόμβων, εκτός του ότι δεν μπορούν να επικοινωνήσουν με τον κόμβο που δεν λειτουργεί.

Η επεκτασιμότητα των δικτύων διαδρόμου είναι άριστη. Η προσθήκη νέων κόμβων γίνεται πολύ εύκολα και χωρίς να παρακωλύεται η λειτουργία του δικτύου. Οι κόμβοι που ενσωματώνονται στο δίκτυο μπορούν να λειτουργήσουν σχεδόν αμέσως. Γενικά, η ικανότητα προσθήκης νέων κόμβων όπου και όποτε χρειασθεί, με αμελητέους περιορισμούς, και η σχετικά εύκολη επανασύνθεση του δικτύου αποτελούν δύο από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαδρόμου.

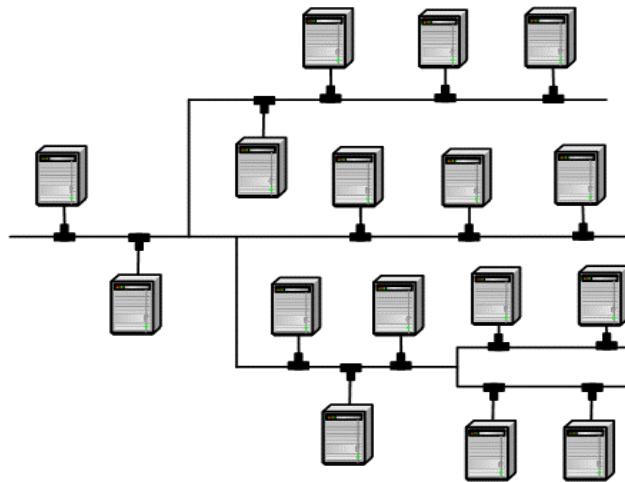
1.6.6 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ

Ένα δίκτυο της κατηγορίας αυτής αποτελείται από συνδυασμό υποδικτύων με μερικές από τις παραπάνω τοπολογίες. Για παράδειγμα ένα ολοκληρωμένο δίκτυο μπορεί να αποτελείται από διάφορα αστεροειδή δίκτυα οι κεντρικοί κόμβοι των οποίων συνδέονται κατά την τοπολογία δακτυλίου, όπως φαίνεται στο Σχ.1.10. Οι κόμβοι του υποδικτύου τοπολογίας δακτυλίου μπορεί να ασχολούνται μόνο με τη μεταφορά μηνυμάτων, ενώ οι υπόλοιποι κόμβοι χρησιμοποιούνται για επεξεργασία και ανταλλαγή δεδομένων.

Μια άλλη υβριδική τοπολογία είναι η δενδρική τοπολογία η οποία αποτελεί τη συνένωση ανεξαρτήτων τοπολογιών διαδρόμου μέσω δικτύου επίσης τοπολογίας διαδρόμου, όπως φαίνεται στο Σχ.1.11. Οι υβριδικές τοπολογίες δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως με στόχο την επίτευξη των πλεονεκτημάτων των συνιστωσών τοπολογιών. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων αυτών περιλαμβάνονται η αύξηση της αξιοπιστίας, η μείωση του αριθμού των κόμβων που πρέπει να διασχίσει ένα μήνυμα πριν φθάσει στον κόμβο προορισμού και η μείωση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας του ολοκληρωμένου δικτύου.



Σχ.1.10. Υβριδική τοπολογία.



Σχ.1.11. Δενδρική τοπολογία διαδρόμων.

1.6.7 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ

Ο σχεδιασμός ενός δικτύου αποτελεί ένα επίπονο και πολύπλοκο έργο, ιδιαίτερα όταν απαιτείται η διασύνδεση μεγάλου αριθμού κόμβων γεωγραφικά κατανομημένων σε διάφορα σημεία. Για την αποτελεσματική εκτέλεση του έργου αυτού, σε ότι αφορά την επιλογή της κατάλληλης τοπολογίας, χρειάζεται να δοθούν σωστές απαντήσεις σε μια σειρά από ερωτήματα. Μερικά από αυτά είναι:

- Ποιο είναι το μοντέλο επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων; Θα υπάρχει

σχετικά ισοκατανεμημένη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων ή ο μεγαλύτερος όγκος των πληροφοριών θα προορίζεται επιλεκτικά προς ορισμένους μόνο κόμβους;

- Πόσο σημαντικό είναι να υπάρχει απευθείας επικοινωνία κάθε κόμβου με κάθε άλλο κόμβο; Είναι σημαντικός ο παράγων χρόνος;
- Ποιο είναι το μέγεθος του δικτύου; Πόσο προβλέπεται να αυξηθεί; Με ποια συχνότητα προβλέπεται να γίνεται η προσθήκη νέων κόμβων;

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά αποτελούν αποφασιστικό κριτήριο για την επιλογή της κατάλληλης τοπολογίας του δικτύου επικοινωνίας.

1.7 ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs

1.7.1 ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟ ΖΕΥΓΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Το πιο απλό μέσο μετάδοσης είναι το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων. Αποτελείται από δύο μονωμένους χάλκινους αγωγούς στριμμένους ο ένας γύρω από τον άλλο. Η συστροφή γίνεται για να αποφεύγονται οι ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο ή περισσοτέρων συνεστραμμένων ζευγών όταν βρίσκονται κοντά. Όταν πολλά ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων οδεύουν παράλληλα σε μεγάλη απόσταση, τότε αυτά συγκεντρώνονται σε δεσμίδες με εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα. Τα ζεύγη στις δεσμίδες αυτές θα δημιουργούσαν παρεμβολές μεταξύ τους, εάν δεν ήσαν συνεστραμμένα. Η μετάδοση σημάτων με συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων είναι αρκετά ικανοποιητική (δεν απαιτείται ενίσχυση) γι αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων. Για πολύ μεγάλες όμως αποστάσεις απαιτούνται αναμεταδότες. Μέσω ενός συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων μπορεί να γίνει μετάδοση τόσο αναλογικών όσο και ψηφιακών σημάτων. Το εύρος ζώνης εξαρτάται από το πάχος των αγωγών και την απόσταση μετάδοσης. Σε αρκετές περιπτώσεις μπορούν να επιτευχθούν αρκετά Mbits/sec για αποστάσεις λίγων χιλιομέτρων. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και η ευκολία τοποθέτησής τους. Τα κύρια μειονεκτήματά τους είναι η ευαισθησία τους στο θόρυβο και η μικρή ταχύτητα μετάδοσης. Τα μειονεκτήματα τους μπορούν να μειωθούν με προσθήκη θωράκισης, πράγμα που ανεβάζει το κόστος.

1.7.2 ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

Το ομοαξονικό καλώδιο (βλ. Σχ. 1.12) αποτελείται από ένα δύσκαμπτο χάλκινο αγωγό (πυρήνας) ο οποίος περιβάλλεται από ένα μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό καλύπτεται από ένα κυλινδρικό αγωγό με μορφή πυκνού πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός (πλέγμα) καλύπτεται από ένα προστατευτικό πλαστικό κάλυμμα. Υπάρχουν δύο είδη ομοαξονικών καλωδίων, το καλώδιο 50-Ohm που χρησιμοποιείται για ψηφιακή μετάδοση (βασική ζώνη) και το καλώδιο 75-Ohm που χρησιμοποιείται για αναλογική μετάδοση (ευρεία ζώνη). Το ομοαξονικό



Σχ.1.12. Ομοαξονικό καλώδιο.

καλώδιο χαρακτηρίζεται από υψηλό εύρος ζώνης και ικανοποιητική ανοχή σε θόρυβο. Το εύρος ζώνης κυμαίνεται ανάλογα με το μήκος του καλωδίου. Για καλώδια μήκους ενός χιλιομέτρου ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων μπορεί να φθάσει τα 10 Mbps. Σε μικρότερες/μεγαλύτερες αποστάσεις οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων είναι αντίστοιχα υψηλότεροι/μικρότεροι. Όπως θα δούμε, στα εμπορικά βιομηχανικά δίκτυα για διασύνδεση PLCs τα ομοαξονικά καλώδια χρησιμοποιούνται από πολλές εταιρίες.

Λόγω της κατασκευής του, το ομοαξονικό καλώδιο απαιτεί ιδιαίτερη αντιμετώπιση προκειμένου να διακλαδωθεί προς ένα σταθμό. Υπάρχουν δύο τρόποι για τη δημιουργία διακλάδωσης σένα ομοαξονικό καλώδιο. Ο πρώτος τρόπος, που είναι και ο απλούστερος, συνίσταται στο κόψιμο του καλωδίου και στην παρεμβολή ενός συνδέσμου με μορφή T, ο οποίος αφενός επανασυνδέει τα δύο τμήματα του ομοαξονικού καλωδίου αφετέρου παρέχει ένα τρίτο καλώδιο για τη σύνδεση του σταθμού. Ο δεύτερος τρόπος είναι γνωστός ως "**διακλάδωση του βρικόλακα**", και συνίσταται στο άνοιγμα μιας τρύπας μεγάλης ακριβείας ως προς το βάθος και το πλάτος, από την επιφάνεια του καλωδίου μέχρι τον πυρήνα. Στη τρύπα αυτή βιδώνεται ένας ειδικός συνδετήρας που φέρνει το καλώδιο διακλάδωσης σε επαφή με τον πυρήνα του ομοαξονικού καλωδίου, χωρίς το τελευταίο να κόβεται στο σημείο διακλάδωσης.

Κάθε μέθοδος διακλάδωσης έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η παρεμβολή ενός συνδέσμου T απαιτεί το κόψιμο του καλωδίου πράγμα που ισοδυναμεί με "πτώση" του δικτύου για λίγα λεπτά. Αυτό μπορεί να

είναι αυστηρώς απαγορευτικό σε μεγάλες βιομηχανικές διαδικασίες συνεχούς παραγωγής. Ακόμη, όσους περισσότερους συνδέσμους T έχει ένα καλώδιο, τόσο πιθανότερο είναι ένας απαντούς να έχει κάποια ατέλεια και να προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου. Οι διακλαδώσεις τύπου "βρικόλακα" δεν παρουσιάζουν τέτοια προβλήματα, πρέπει όμως να εγκαθίστανται πολύ προσεκτικά. Εάν η τρύπα ανοιχτεί πολύ βαθιά μπορεί να σπάσει τον πυρήνα σε δύο ασύνδετα μεταξύ τους κομμάτια. Εάν δεν φθάσει αρκετά βαθιά, η χαλαρή σύνδεση μπορεί να προκαλεί σφάλματα. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τις διακλαδώσεις τύπου "βρικόλακα" είναι πιο χοντρά και περισσότερο ακριβά απαντά που χρησιμοποιούνται για τις ενώσεις T.

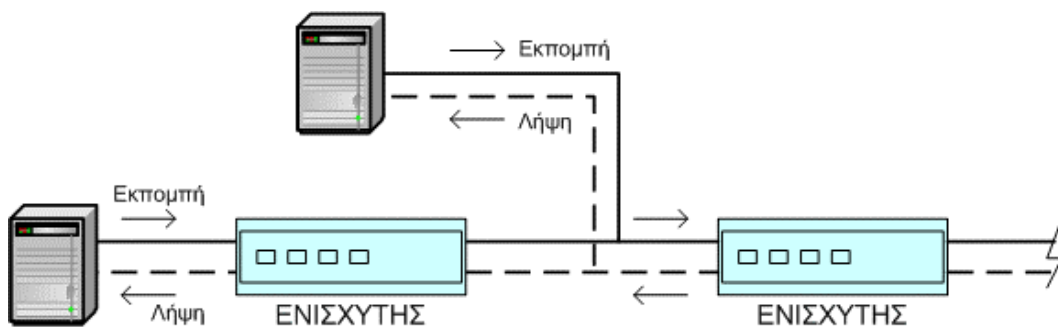
1.7.3 ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

Το ομοαξονικό καλώδιο 75-Ohm μέσω του οποίου γίνεται αναλογική μετάδοση σημάτων, ονομάζεται καλώδιο ευρείας ζώνης και χρησιμοποιείται κυρίως στα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης για μετάδοση εικόνας, φωνής και δεδομένων. Χαρακτηρίζεται από υψηλό εύρος ζώνης και μεγάλη απόσταση μετάδοσης. Στα συστήματα μετάδοσης ευρείας ζώνης έχουμε διαίρεση σε πολλά κανάλια, συνήθως σε κανάλια των 6 Mhz, που χρησιμοποιούνται για τηλεοπτική εκπομπή. Κάθε κανάλι μπορεί να μεταδώσει σήματα αναλογικής τηλεόρασης, ακουστικά σήματα και ψηφιακές παλμοσειρές, ανεξάρτητα από τα άλλα κανάλια. Τηλεοπτική εικόνα και δεδομένα μπορούν να αναμειχθούν στο ίδιο καλώδιο.

Για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων σένα αναλογικό δίκτυο, κάθε σύνδεση ψηφιακής συσκευής πρέπει να εξοπλίζεται με ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία θα μετατρέπουν τον εξερχόμενο συρμό από bits σένα αναλογικό σήμα και το εισερχόμενο αναλογικό σήμα σένα συρμό από bits. Μια βασική διαφορά ανάμεσα στη βασική και την ευρεία ζώνη είναι ότι τα συστήματα ευρείας ζώνης χρειάζονται αναλογικούς ενισχυτές για να ενισχύουν περιοδικά το σήμα. Οι ενισχυτές αυτοί μπορούν να μεταδίδουν σήματα μόνο σε μια κατεύθυνση. Έτσι, ένας σταθμός που στέλνει ένα πακέτο, δεν θα μπορεί να φθάσει σταθμούς που βρίσκονται πριν απ' αυτόν κατά την κατεύθυνση της μετάδοσης, αν μεταξύ τους βρίσκεται ένας ενισχυτής. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, έχουν αναπτυχθεί δύο είδη συστημάτων ευρείας ζώνης, τα συστήματα διπλών καλωδίων και μονών καλωδίων.

Στο σύστημα διπλών καλωδίων, το ένα καλώδιο χρησιμοποιείται απ' όλους τους σταθμούς για εκπομπή και το άλλο για λήψη σημάτων όπως φαίνεται στο Σχ.1.13. Στο σύστημα μονού καλωδίου η εκπομπή και η λήψη σημάτων κατανέμεται σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων. Η ζώνη χαμηλών συχνοτήτων χρησιμοποιείται για επικοινωνία των σταθμών απαντούς προς το "κέντρο", το

οποίο στη συνέχεια ολισθαίνει τα σήματα στη ζώνη υψηλών συχνοτήτων και τα επανεκπέμπει προς τους σταθμούς προορισμού. Επειδή για τα περισσότερα δίκτυα επικοινωνίας που εξυπηρετούν μόνο ανταλλαγή δεδομένων, το σύστημα βασικής ζώνης είναι απόλυτα ικανοποιητικό, δεν θα επεκταθούμε περισσότερο στο σύστημα ευρείας ζώνης. Για περισσότερες λεπτομέρειες μπορείτε να ανατρέξετε στο βιβλίο "Δίκτυα Υπολογιστών", A.S.Tanenbaum. Συμπερασματικά μόνο, μπορούμε να επισημάνουμε ότι το σύστημα βασικής ζώνης είναι απλό με φθηνές διασυνδέσεις, χαμηλό κόστος εγκατάστασης και ικανοποιητικό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Αντίθετα, το σύστημα ευρείας ζώνης έχει μεγαλύτερο κόστος και απαιτεί συντήρηση λειτουργίας και εμπειρία στη σχεδίαση και εγκατάσταση.



Σχ.1.13. Σύστημα μετάδοσης δύο καλωδίων.

1.7.4 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Η μετάδοση ψηφιακών δεδομένων μέσω οπτικών ινών μπορεί πλέον να θεωρηθεί κλασική. Πολλές εταιρίες κατασκευής PLCs έχουν υιοθετήσει τις οπτικές ίνες ως μέσο μετάδοσης στα αντίστοιχα δίκτυα που προσφέρουν στην αγορά. Είναι γνωστό ότι ένας παλμός φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραστήσει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ η απουσία ενός παλμού το δυαδικό ψηφίο 0. Για να πραγματοποιηθεί μία οπτική μετάδοση απαιτούνται η πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και ο ανιχνευτής. Το μέσο μετάδοσης είναι μία πάρα πολύ λεπτή ίνα από γυαλί ή τηγμένο διοξείδιο του πυριτίου. Η πηγή φωτός είναι είτε μία LED είτε μία δίοδος LASER. Και οι δύο εκπέμπουν παλμούς φωτός, όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση. Ο ανιχνευτής είναι μία φωτοδίοδος η οποία παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα, όταν πέσει φως πάνω της. Συνδέοντας μία LED ή μία δίοδο LASER στο ένα άκρο μιας οπτικής ίνας και μια φωτοδίοδο στο άλλο, έχουμε ένα μονόδρομο σύστημα μετάδοσης δεδομένων που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει και το μεταδίδει με παλμούς φωτός, και μετά επαναμετατρέπει την έξοδο σ ένα ηλεκτρικό σήμα στο άλλο άκρο λήψης. Η τεχνολογία των οπτικών

ινών και της ψηφιακής μετάδοσης μέσω αυτών, είναι περίπλοκη και εκτεταμένη. Συνεπώς, εκτός του ότι ξεφεύγει από τους σκοπούς μας, δεν είναι δυνατόν να παρατεθεί εδώ. Στα βιομηχανικά δίκτυα διασύνδεσης PLCs τα οποία χρησιμοποιούν οπτικές ίνες ως μέσο μετάδοσης (Κεφάλαιο 3), θα αναφέρουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών αλλά για τη βαθύτερη τεχνική μετάδοσης θα πρέπει κανείς να ανατρέξει σε αντίστοιχα βιβλία.

Μια γενική σύγκριση ομοαξονικών καλωδίων και οπτικών ινών δεν οδηγεί σε σαφή κριτήρια επιλογής. Οι οπτικές ίνες παρέχουν υπερβολικά μεγάλο εύρος ζώνης με μικρή απώλεια ισχύος και συνεπώς μπορούν να καλύψουν μεγαλύτερες αποστάσεις ανάμεσα στους επαναλήπτες. Επίσης, δεν επηρεάζονται από απότομες μεταβολές της τάσης του δικτύου, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και χημικά διαβρωτικά. Είναι οι πλέον κατάλληλες για χρήση σε σκληρό βιομηχανικό περιβάλλον όπου τα ομοαξονικά καλώδια μπορεί να αποδειχθούν ακατάλληλα. Στα μειονεκτήματα των οπτικών ινών εντάσσονται το υψηλό κόστος και η δύσκολη τεχνική συγκόλλησης και διακλάδωσης αυτών.

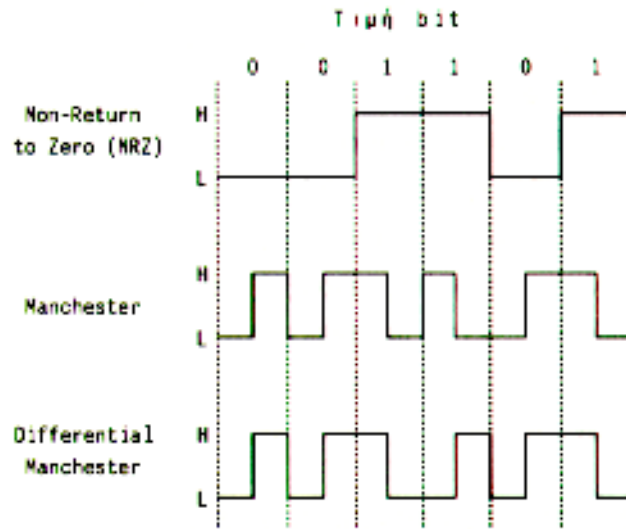
1.8 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, το φυσικό μέσο μετάδοσης του LAN καθορίζει εν μέρει τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων. Στην πράξη χρησιμοποιούνται δύο τρόποι μετάδοσης, οι της βασικής και διευρυμένης συχνότητας. Οι δύο αυτοί τρόποι λαμβάνουν χώρα στο πεδίο της συχνότητας και για το ποιος θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το αν θα έχουμε αναλογική ή ψηφιακή μετάδοση των δεδομένων.

1.8.1 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Στη μετάδοση βασικής συχνότητας τα ψηφιακά δεδομένα διακινούνται με ψηφιακή μορφή στο φυσικό μέσο του LAN. Δηλαδή η επικοινωνία γίνεται μέσω σημάτων που αντιστοιχούν σε μία συγκεκριμένη τιμή ηλεκτρικής τάσης. Η εναλλαγή της τάσης μεταξύ των δύο δυνατών τιμών της δείχνει ένα bit στη μονάδα του χρόνου. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται αυτός ο τρόπος μετάδοσης το φυσικό μέσο του LAN είναι το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων ή το ομοαξονικό καλώδιο των 50 Ohm. Στο Σχ.1.14 φαίνονται οι σημαντικότερες μέθοδοι κωδικοποίησης ψηφιακών σημάτων που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο μετάδοσης βασικής συχνότητας. Στην πράξη χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση Manchester λόγω του ότι το ίδιο το σήμα μεταφέρει και πληροφορίες συγχρονισμού πομπού και δέκτη, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει στην

κωδικοποίηση NRZ στην οποία πομπός και δέκτης πρέπει να συγχρονίζονται με κάποιο άλλο τρόπο.

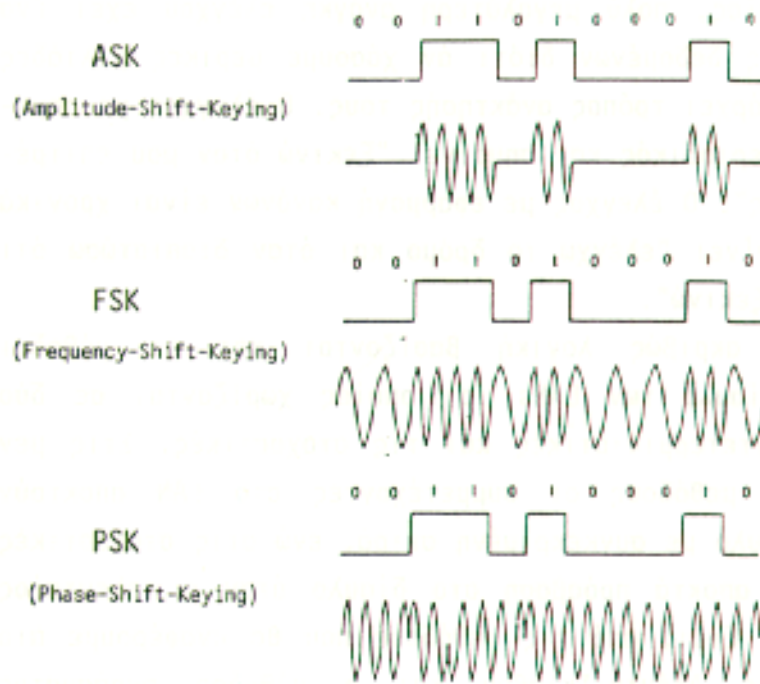


Σχ.1.14. Κωδικοποίηση στη μετάδοση βασικής συχνότητας.

1.8.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Στη μετάδοση διευρυμένης συχνότητας, τα δεδομένα πρώτα διαμορφώνονται σε αναλογικά σήματα και μετά διοχετεύονται στο φυσικό μέσο του LAN. Ο δέκτης πρέπει να αποδιαμορφώσει τα αναλογικά σήματα προκειμένου να λάβει τα πραγματικά ψηφιακά δεδομένα. Αν χωρίσουμε το εύρος ζώνης του φυσικού μέσου σε πολλά κομμάτια, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, είναι δυνατό να μεταδίδονται περισσότερα από ένα σήματα την ίδια χρονική στιγμή. Τα διαφορετικά αυτά σήματα αναφέρονται και σαν κανάλια εκπομπής. Το είδος αυτό της μετάδοσης χρησιμοποιεί σαν φυσικό μέσο το ομοαξονικό καλώδιο των 75 Ohm. Στο Σχ.1.15 φαίνονται οι σημαντικότερες μέθοδοι διαμόρφωσης ψηφιακών σημάτων που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση διευρυμένης συχνότητας.

Και στις τρεις μεθόδους έχουμε ένα φέρον σήμα το οποίο διαμορφώνεται βάσει των προς μετάδοση ψηφιακών δεδομένων, στην πρώτη περίπτωση κατά πλάτος (ASK), στη δεύτερη κατά συχνότητα (FSK), και στην τρίτη κατά φάση (PSK). Σε κάθε περίπτωση ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διαμόρφωση δείχνει και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μετατροπή των δυαδικών τιμών του ψηφιακού σήματος σε αντίστοιχα αναλογικά.



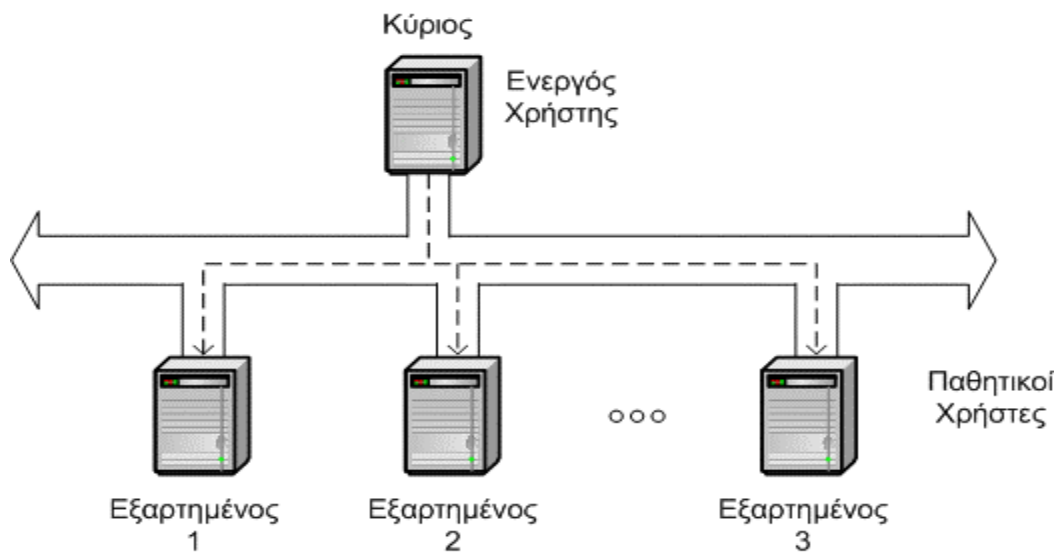
Σχ.1.15. Διαμορφώσεις στη μετάδοση διευρυμένης συχνότητας.

1.9 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΥΛΟ ΤΩΝ LANs

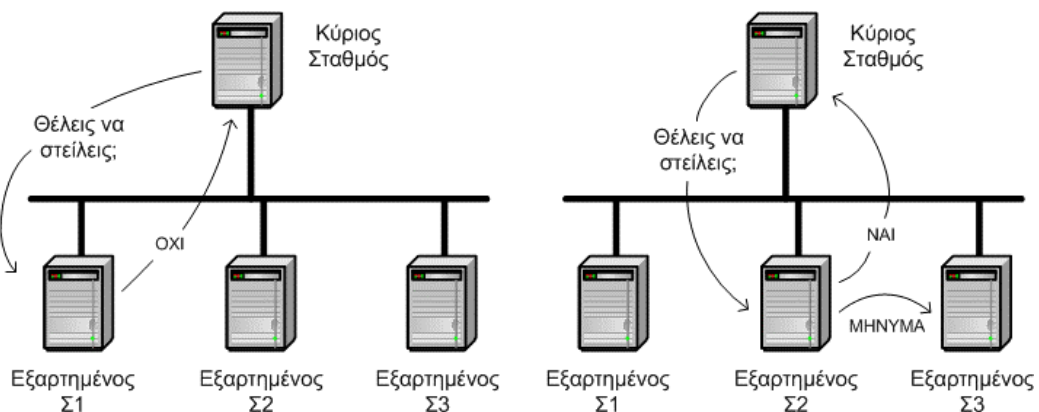
Η εφαρμογή μεθόδων ελέγχου της ροής της πληροφορίας στα LANs (όπως και σε κάθε δίκτυο), είναι αναπόφευκτη διότι σε αντίθετη περίπτωση επικρατεί χάος στο δίαυλο επικοινωνίας με επακόλουθο την καταστροφή μεγάλου μέρους της πληροφορίας που διακινείται. Όπως ακριβώς ένα οδικό αστικό δίκτυο έχει ανάγκη ρύθμισης της κυκλοφορίας είτε με σηματοδότηση είτε με εφαρμογή κανόνων κυκλοφορίας, πολύ μεγαλύτερη ανάγκη ελέγχου έχει ένα δίκτυο διακίνησης δεδομένων διότι αν χάσουμε μερικές χιλιάδες bits τότε δεν υπάρχει τρόπος ανάκτησής τους. Ο έλεγχος με σηματοδότηση είναι περιοδικός και σημαίνει "ξεκινώ όταν μου επιτρέψει ο σηματοδότης". Ο έλεγχος με εφαρμογή κανόνων είναι χρονικά τυχαίος και σημαίνει "ελέγχω το δρόμο και όταν διαπιστώσω ότι είναι ελεύθερος ξεκινώ". Στην ίδια ακριβώς λογική βασίζονται και οι μέθοδοι πρόσβασης στο δίαυλο των LANs, οι οποίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις ντετερμινιστικές και τις στοχαστικές. Στις μεν ντετερμινιστικές μεθόδους οι συμμετέχοντες στο LAN αποκτούν πρόσβαση στο δίαυλο με συγκεκριμένη σειρά, ενώ στις στοχαστικές κάθε συμμετέχων αποκτά πρόσβαση στο δίαυλο όταν ο τελευταίος είναι ελεύθερος. Έτσι, από τις μεθόδους που θα αναφέρουμε πιο κάτω, η μέθοδος Αφέντη/Σκλάβου και η μέθοδος περάσματος κουπονιού ανήκουν στις ντετερμινιστικές, ενώ η μέθοδος ανίχνευσης διαύλου με έλεγχο συγκρούσεων ανήκει στις στοχαστικές μεθόδους.

1.9.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΦΕΝΤΗ/ΣΚΛΑΒΟΥ

Σε αυτή τη μέθοδο, Σχ.1.16, ένας σταθμός του δικτύου καθορίζεται να είναι ο αφέντης (κύριος σταθμός), οπότε όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί γίνονται σκλάβοι (εξαρτημένοι σταθμοί). Ο σταθμός που ορίζεται σαν αφέντης ελέγχει εξ ολοκλήρου την κυκλοφορία του διαύλου. Ο αφέντης με μία προκαθορισμένη σειρά δίνει τον έλεγχο του διαύλου σε κάθε σκλάβο, ο οποίος αποκτά την αποκλειστική χρήση του δικτύου για ορισμένο χρονικό διάστημα και διακινεί τις πληροφορίες που θέλει προς οποιονδήποτε άλλο σταθμό.



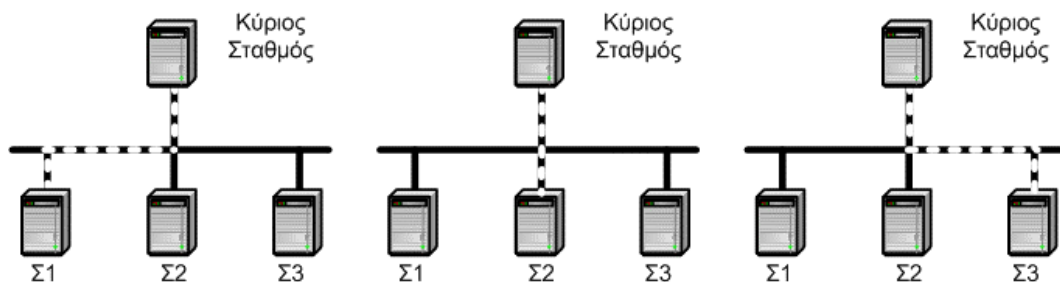
Σχ.1.16. Δίκτυο με ένα αφέντη και πολλούς σκλάβους.



Σχ.1.17. Ερωταπαντήσεις αφέντη και σκλάβων.

Πιο συγκεκριμένα, στο παράδειγμα του Σχ.1.17, ακολουθείται η εξής διαδικασία. Έστω ότι από τους τρεις σκλάβους ο Σ2 θέλει να στείλει δεδομένα στον Σ3. Αρχικά, ο αφέντης ρωτά τον Σ1 αν θέλει τον έλεγχο του διαύλου. Ο Σ1 απαντά

πως δεν θέλει τον έλεγχο του διαύλου, γιατί δεν έχει δεδομένα να στείλει. Στη συνέχεια ο αφέντης ρωτά τον επόμενο σκλάβο Σ2. Ο Σ2 απαντά ότι θέλει τον έλεγχο του διαύλου, γιατί έχει να στείλει δεδομένα. Τότε ο αφέντης του παραχωρεί το δίαυλο και ο Σ2 στέλνει τα δεδομένα που έχει στον Σ3. Μετά ο αφέντης ρωτά τον Σ3 κ.ο.κ. Μία παρόμοια διαδικασία φαίνεται στο Σχ.1.18 όπου έχουμε τρεις σκλάβους Σ1, Σ2 και Σ3 οι οποίοι ανταλλάσσουν πληροφορίες μόνο με τον αφέντη και με σειρά ελέγχου του διαύλου Σ1, Σ2, Σ3, Σ1. Το πλεονέκτημα

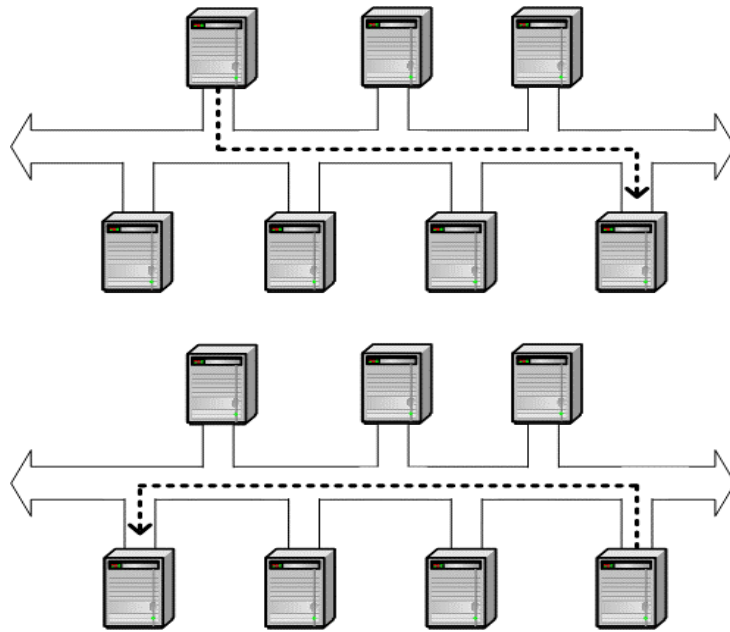


Σχ.1.18. Επικοινωνία αφέντη με σκλάβους.

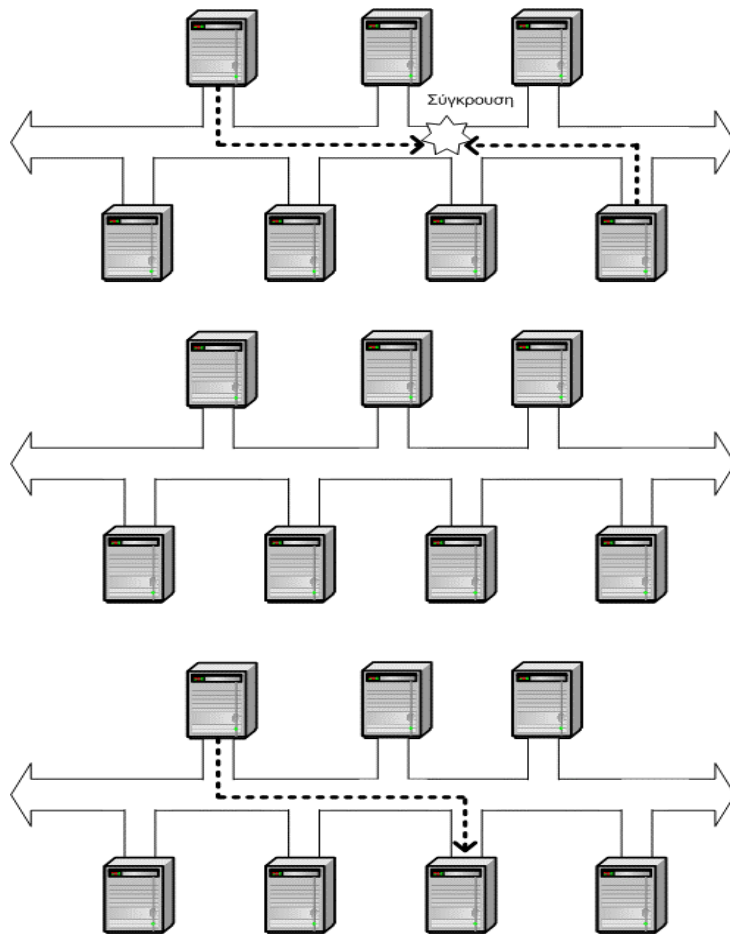
της μεθόδου Αφέντη/Σκλάβου είναι ότι μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο απόκρισης του δικτύου. Το μειονέκτημα είναι ότι αν οι σταθμοί είναι πολλοί και κάποιος σταθμός έχει επείγοντα δεδομένα για εκπομπή δεν μπορεί να τα στείλει αμέσως αλλά πρέπει να περιμένει τη σειρά του.

1.9.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΔΙΑΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ

Με τη μέθοδο αυτή όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει δεδομένα "ακούει" πρώτα το δίαυλο. Εάν ο δίαυλος είναι απασχολημένος ο σταθμός περιμένει έως ότου ελευθερωθεί, διαφορετικά μεταδίδει αμέσως. Εάν δύο ή περισσότεροι σταθμοί αρχίσουν να μεταδίδουν συγχρόνως σένα ελεύθερο δίαυλο, θα συγκρουστούν. Τότε, όλοι οι συγκρουόμενοι σταθμοί τερματίζουν τη μετάδοσή τους, περιμένουν ένα χρονικό διάστημα και επαναλαμβάνουν ολόκληρη τη διαδικασία ξανά από την αρχή. Στο Σχ.1.19 έχουμε δύο περιπτώσεις όπου ένας σταθμός εκπέμπει χωρίς να υπάρχει σύγκρουση, αφού αρχικά βεβαιώθηκε ότι ο δίαυλος είναι ελεύθερος. Στο Σχ.1.20 έχουμε την περίπτωση όπου δύο σταθμοί προσπαθούν να εκπέμψουν ταυτόχρονα οπότε έχουμε σύγκρουση. Όταν έχουμε σύγκρουση, ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την επόμενη προσπάθεια μετάδοσης



Σχ.1.19. Διακίνηση χωρίς σύγκρουση.



Σχ.1.20. Διακίνηση με σύγκρουση.

μπορεί να είναι σταθερός ή μεταβαλλόμενος όπως στην περίπτωση του προτύπου

IEEE 802.3. Στη μέθοδο αυτή τίθεται επίσης όριο στον αριθμό των προσπαθειών που κάνει ένας σταθμός μετά από κάποια σύγκρουση. Έτσι, αν το όριο αυτό ξεπεραστεί, ο συγκεκριμένος σταθμός εγκαταλείπει κάθε προσπάθεια για μετάδοση δεδομένων. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι θεωρητικά δεν υπάρχει ανώτερο όριο του χρόνου τον οποίο ένας σταθμός πρέπει να περιμένει προκειμένου να στείλει ένα μήνυμα. Γι αυτό το λόγο ο υπολογισμός της απόδοσης του LAN είναι πολύ δύσκολος και πολλές φορές αδύνατος. Αυτό το μειονέκτημα είναι ο κύριος λόγος που η μέθοδος δεν χρησιμοποιείται στην περίπτωση που απαιτείται έλεγχος πραγματικού χρόνου όπως κατά κανόνα συμβαίνει στις βιομηχανικές διαδικασίες.

1.9.3 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ ΠΕΡΑΣΜΑ ΚΟΥΠΟΝΙΟΥ

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ένας σταθμός παίρνει το κουπόνι, που ισοδυναμεί με άδεια μετάδοσης δεδομένων, και μεταφέρει τα δεδομένα στο σταθμό που επιθυμεί. Στη συνέχεια, το κουπόνι περνά στον επόμενο σταθμό και ακολουθείται η προηγούμενη διαδικασία. Το κουπόνι είναι μια ορισμένη εξ αρχής σειρά από bits. Ανάλογα με την τοπολογία του δικτύου έχουμε το πέρασμα κουπονιού σε δακτύλιο και το πέρασμα κουπονιού σε διάδρομο.

ΠΕΡΑΣΜΑ ΚΟΥΠΟΝΙΟΥ ΣΕ ΔΑΚΤΥΛΙΟ

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν το LAN έχει τοπολογία δακτυλίου όπως φαίνεται στο Σχ.1.21. Το κουπόνι περιστρέφεται γύρω-γύρω στο δακτύλιο όταν όλοι οι σταθμοί είναι αδρανείς. Όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει δεδομένα πρώτα αφαιρεί το κουπόνι από το δακτύλιο, έτσι ώστε να μην μπορεί άλλος σταθμός να μεταδώσει δεδομένα, και στη συνέχεια εισάγει τα δεδομένα στο δακτύλιο. Ο σταθμός που έχει το κουπόνι είναι ο μόνος που μπορεί να διακινήσει



Σχ.1.21. Πέρασμα κουπονιού σε δακτύλιο.

δεδομένα στο δίαυλο. Κάθε σταθμός εξετάζει αν τα δεδομένα προορίζονται γι'

αυτόν. Αν ναι, τότε τα λαμβάνει χωρίς να τα αφαιρεί από το δακτύλιο, αλλιώς τα προωθεί απλώς στον επόμενο σταθμό. Τα δεδομένα αφαιρούνται τελικά από το δακτύλιο από το σταθμό που τα μετέδωσε, ο οποίος στη συνέχεια περνά το κουπόνι στον επόμενο σταθμό του δακτυλίου.

ΠΕΡΑΣΜΑ ΚΟΥΠΟΝΙΟΥ ΣΕ ΔΙΑΔΡΟΜΟ

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στην περίπτωση που έχουμε τοπολογία διαδρόμου ή δενδρική όπως φαίνεται στο Σχ.1.22. Το κουπόνι περνά από ορισμένους μόνο σταθμούς του δικτύου, με προκαθορισμένη από πριν σειρά, δημιουργώντας κατ' αυτό το τρόπο ένα λογικό δακτύλιο. Κάθε σταθμός του δακτυλίου γνωρίζει ποιος σταθμός είναι πριν και μετά απ' αυτόν. Όταν πρωτοδημιουργείται ο λογικός



Σχ.1.22. Πέρασμα κουπονιού σε διάδρομο.

δακτύλιος ο σταθμός που παίρνει πρώτος το κουπόνι μεταδίδει τα δεδομένα που έχει, και αφού γίνει αυτό περνά το κουπόνι στον επόμενο στη σειρά σταθμό. Στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται κυκλικά. Ο σταθμός που έχει το κουπόνι είναι ο μόνος που μπορεί να διακινήσει δεδομένα στο δίαυλο. Σε αυτή τη μέθοδο τα δεδομένα δεν περνούν από όλους τους σταθμούς, όπως στην περίπτωση του δακτυλίου, αλλά διακινούνται απευθείας από το σταθμό πομπό στο σταθμό δέκτη.

1.9.4 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η πιο γνωστή υβριδική μέθοδος είναι του πολλαπλού αφέντη, η οποία συνδυάζει χαρακτηριστικά της μεθόδου περάσματος κουπονιού σε διάδρομο και της μεθόδου Αφέντη/Σκλάβου. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση των πλεονεκτημάτων κάθε μεθόδου και την αναίρεση των μειονεκτημάτων τους. Οι σταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους ενεργούς

και παθητικούς. Οι ενεργοί σταθμοί λειτουργούν σύμφωνα με τη μέθοδο περάσματος κουπονιού σε διάδρομο, και μπορούν να είναι και αφέντες και σκλάβοι ταυτόχρονα. Οι παθητικοί σταθμοί δρουν μόνο σαν σκλάβοι και δεν συμμετέχουν στο λογικό δακτύλιο, αλλά εξυπηρετούν τις απαιτήσεις του εκάστοτε αφέντη.

1.10 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ISO/OSI

Στο χώρο των δικτύων επικοινωνίας υπήρχε αρχικά πλήρης ασυμβατότητα μεταξύ των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Δύο υπολογιστές ή PLCs διαφορετικών κατασκευαστών ήταν αδύνατο να συνδεθούν σένα κοινό δίκτυο. Σήμερα γίνονται σημαντικές προσπάθειες για τυποποίηση και μέχρι αυτή να επιτευχθεί σε ευρεία κλίμακα, οι ίδιοι οι κατασκευαστές των PLCs προσφέρουν "υλικό" που επιτρέπει την προσαρμογή των συσκευών τους σε διεθνώς αποδεκτά δίκτυα. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) ανέπτυξε το Ανοικτό Μοντέλο Διασύνδεσης (Open Systems Interconnection, OSI), προκειμένου να περιγράψει την επικοινωνιακή διαδικασία στο χώρο των δικτύων. Το μοντέλο έχει βασικό χαρακτηριστικό την ιεραρχική διαστρωμάτωση. Κάθε στρώμα είναι άμεσα συνδεδεμένο με το προηγούμενο και διαθέτει ένα καθορισμένο τρόπο για τη διασύνδεσή του με τα υπόλοιπα. Η διασύνδεση αυτή είναι τόσο ευέλικτη ώστε κάθε κατασκευαστής να δημιουργεί το δικό του πρωτόκολλο επικοινωνίας και να συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο πρότυπο OSI. Το μοντέλο ISO/OSI, όπως φαίνεται στο Σχ.1.23, αποτελείται από επτά επίπεδα τα οποία ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες:

- **Επίπεδα μεταφοράς:** 1 έως 4
- **Επίπεδα εφαρμογών:** 5 έως 7

Στη συνέχεια θα περιγραφούν πολύ σύντομα οι λειτουργίες κάθε επιπέδου του μοντέλου ISO/OSI.

1.10.1 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

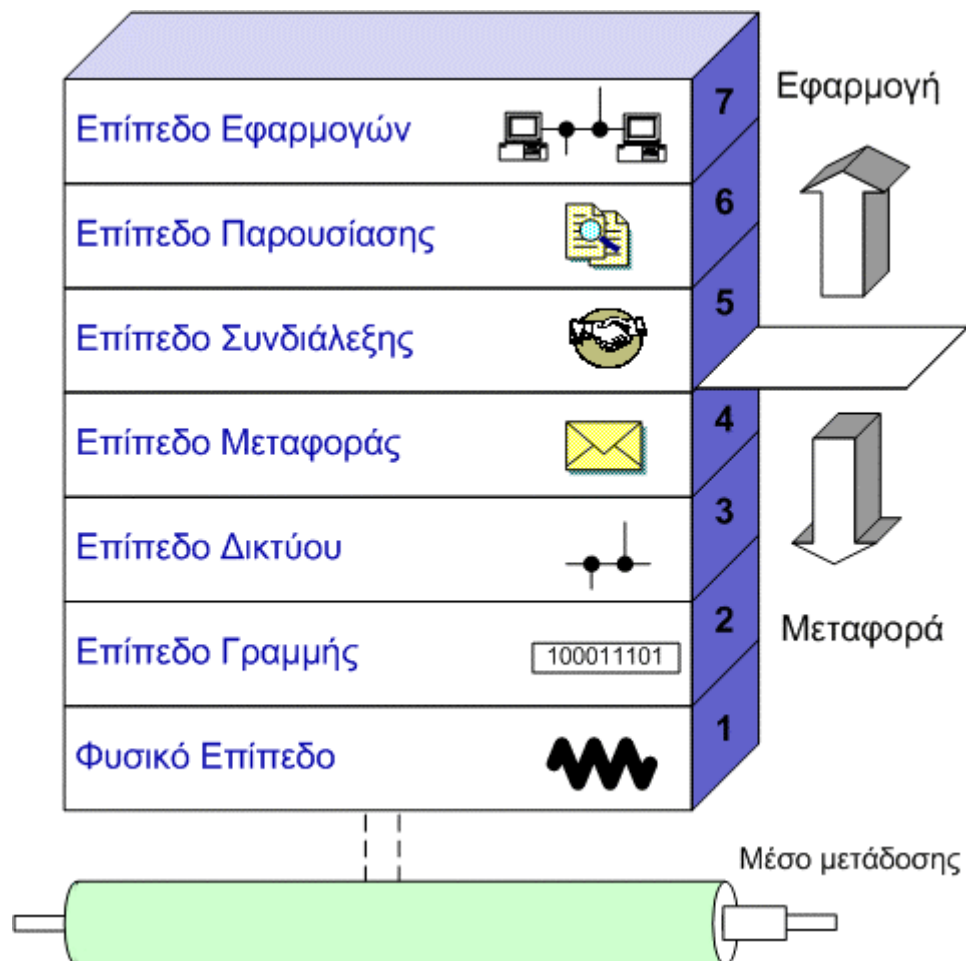
Ασχολείται με τις ηλεκτρολογικές λεπτομέρειες της μετάδοσης των bits που αποτελούν την πληροφορία, μέσα από ένα τηλεπικοινωνιακό κανάλι. Καθορίζει π.χ. πόσα Volts θα παριστάνουν το δυαδικό ψηφίο 1 και πόσα το δυαδικό ψηφίο 0, πόσο διαρκεί το κάθε bit, αν η μετάδοση θα είναι απλής ή διπλής κατεύθυνσης, πόσα καλώδια θα χρειαστούν, πως θα γίνει η αρχική σύνδεση, ποιες τεχνικές

μετάδοσης θα χρησιμοποιηθούν, κλπ.

1.10.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΡΑΜΜΗΣ

Εδώ οργανώνεται η ασφαλής και αποδοτική επικοινωνία είτε μεταξύ δύο κόμβων είτε μεταξύ ενός ακραίου κόμβου και ενός σταθμού. Τα πρωτόκολλα του επιπέδου γραμμής αντιμετωπίζουν προβλήματα που έχουν σαν αιτίες τους:

- Λάθη μετάδοσης που οφείλονται στο θόρυβο.
- Περιορισμένο ρυθμό μετάδοσης, με τις καθυστερήσεις που αυτός προκαλεί.
- Περιορισμένο χώρο για την αποθήκευση πληροφοριών στους κόμβους και στους σταθμούς.



Σχ.1.23. Μοντέλο ISO/OSI.

Πιο συγκεκριμένα, το μήνυμα κομματιάζεται σε καθορισμένου μήκους ακολουθίες από bits πληροφορίας. Κάθε τέτοια ακολουθία γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας σύμφωνα με κάποιο κώδικα ανίχνευσης ή διόρθωσης λαθών, οπότε

επιβαρύνεται με παραπάνω bits που ελέγχουν την ορθότητά του. Επί πλέον, περιστοιχίζεται από χαρακτήρες, που προσδιορίζουν την αρχή και το τέλος του, καθώς και από άλλους τυχόν χαρακτήρες ελέγχου. Το μπλοκ αυτό εκπέμπεται προς τον κόμβο προορισμού και εκεί γίνεται η αντίστροφη επεξεργασία. Αφαιρούνται οι χαρακτήρες αρχής, τέλους, ελέγχου, κλπ., και κατόπιν ελέγχεται η ορθότητα του περιεχομένου σύμφωνα με τον κώδικα. Στην περίπτωση λάθους υπάρχουν δύο τρόποι αντιμετώπισής τους :

- Να έχει προβλεφθεί κώδικας με δυνατότητα διόρθωσης των λαθών
- Να ζητηθεί από τον αποστολέα αναμετάδοση όλου του μπλοκ.

Συνδυασμός των δύο μεθόδων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί. Πάντως, και οι δύο προκαλούν καθυστερήσεις, είτε εξαιτίας των αναμεταδόσεων, είτε εξαιτίας του γεγονότος ότι οι πιο αποτελεσματικοί κώδικες απαιτούν και πιο πολλά bits για την επαλήθευση του μπλοκ.

1.10.3 ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στο επίπεδο αυτό ρυθμίζονται οι σχέσεις μεταξύ των ακραίων σταθμών αφενός και του υποδικτύου επικοινωνίας αφετέρου, καθορίζονται οι διαδρομές που ακολουθούν τα πακέτα και λαμβάνεται πρόνοια ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις συμφόρησης. Πιο αναλυτικά, υπάρχουν δυο τύποι δικτύων επικοινωνίας που διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατανομή ευθυνών μεταξύ του υποδικτύου επικοινωνίας και των ακραίων σταθμών. Στον ένα τύπο δικτύων επικοινωνίας, το υποδίκτυο αναλαμβάνει πλήρως τη σωστή σειριακή μετάδοση των πληροφοριών, δίνει αριθμούς ταυτότητας στα πακέτα, ελέγχει αν φτάνουν με τη σωστή σειρά στον παραλήπτη, και κάνει έλεγχο ροής. Αντίθετα, στον άλλο τύπο όλη την ευθύνη διεκπεραίωσης του έργου έχουν οι ακραίοι σταθμοί. Το σημαντικό θέμα της δρομολόγησης σε δίκτυο μεταγωγής πακέτου, είναι βασικό αντικείμενο αυτού του επιπέδου. Σκοπός τής δρομολόγησης είναι η κατάλληλη επιλογή διαδρομών, μέσα από τις οποίες τα πακέτα θα φτάσουν στον προορισμό τους έτσι ώστε να ικανοποιείται κάποιο κριτήριο απόδοσης του δικτύου. Δύο τέτοια κριτήρια είναι η απαίτηση για ελάχιστη μέση καθυστέρηση των πακέτων και η απαίτηση για μέγιστο βαθμό χρησιμοποίησης των γραμμών που εκφράζεται από το λόγο της ροής μέσα στη γραμμή προς τη χωρητικότητα της γραμμής. Οι τεχνικές δρομολόγησης χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο υλοποίησής τους. Οι κυριότερες είναι:

- Στατιστική δρομολόγηση, όπου οι επιλογές των διαδρομών βασίζονται μεν σε κάποια αρχική μελέτη κυκλοφορίας, είναι όμως

- σταθερές όσο λειτουργεί το δίκτυο.
- Προσαρμοσμένη δρομολόγηση, όπου λαμβάνεται υπόψη η τρέχουσα κυκλοφοριακή κατάσταση του δικτύου.
 - Συγκεντρωτική δρομολόγηση, όπου ο καθορισμός των διαδρομών γίνεται από ένα μόνο κεντρικό κόμβο.
 - Αποκεντρωμένη δρομολόγηση, όπου κάθε κόμβος καθορίζει τις διαδρομές.
 - Σφαιρική δρομολόγηση, όταν βασίζεται σε πληροφορίες για την κατάσταση ολοκλήρου του δικτύου.
 - Τοπική δρομολόγηση, αν μόνο η τοπική κατάσταση του δικτύου είναι γνωστή.
 - Δρομολόγηση που ελαχιστοποιεί τη μέση πιθανότητα καθυστέρησης για όλα τα πακέτα.
 - Δρομολόγηση που ελαχιστοποιεί ξεχωριστά την καθυστέρηση των πακέτων κάθε συνομιλίας μεταξύ δυο ακραίων σταθμών.

Ακόμη τα πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου ασχολούνται με τον έλεγχο ροής και τον έλεγχο καθυστέρησης. Ο πρώτος έχει σαν σκοπό να εξομαλύνει τους πιθανούς εκρηκτικούς ρυθμούς με τους οποίους νέα πακέτα μπαίνουν στο δίκτυο. Συνήθως, ο αποστολέας-κόμβος δεν στέλνει αμέσως όλο το μήνυμα, αλλά καθοδηγείται από τον παραλήπτη στη διατήρηση κάποιου ρυθμού κατάλληλου και για τους δύο. Ο έλεγχος συμφόρησης είναι απαραίτητος όταν οι δυνατότητες αποθήκευσης του δικτύου φθάνουν σε οριακές καταστάσεις. Μία τακτική ελέγχου συνίσταται στην απαγόρευση εισόδου νέων πακέτων πέρα από κάποιο καθορισμένο αριθμό. Επιπλέον, λαμβάνεται πρόνοια για να αποφεύγονται αδιέξοδα όπως αυτό που δημιουργείται όταν δύο κόμβοι έχουν το χώρο αποθήκευσής τους γεμάτο με πακέτα που θέλουν να ανταλλάξουν. Όμως κανείς από τους δύο δεν μπορεί να λάβει πακέτα γιατί είναι πλήρεις.

1.10.4 ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η βασική αποστολή αυτού του επιπέδου είναι να εξασφαλίσει τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ δύο ακραίων σταθμών. Εδώ δεν πρόκειται για επικοινωνία μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων, αλλά μεταξύ της πηγής του μηνύματος και του τελικού του προορισμού. Πιο συγκεκριμένα παραλαμβάνονται δεδομένα από το αμέσως ανώτερο επίπεδο και κόβονται σε κομμάτια κατάλληλου μήκους, τα οποία οδηγούνται στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Το επίπεδο μεταφοράς έχει την ευθύνη να μεταβιβάσει όλα τα κομμάτια, με τη σωστή σειρά, στο σταθμό-παραλήπτη. Επίσης, πρέπει να φροντίσει να δοθεί στο ανώτερο επίπεδο η

εντύπωση, ότι υπάρχει ένα υποθετικά αφιερωμένο κανάλι ανάμεσα στα δύο συνδιαλεγόμενα άκρα, άσχετα με τον πραγματικό τρόπο που θα το επιτύχει. Μπορεί π.χ. να ζητήσει από το δίκτυο περισσότερες από μία διαδρομές και να μοιράσει σε αυτές το συνολικό αριθμό πακέτων μιας συνδιάλεξης. Επίσης, μπορεί να ασκεί έλεγχο ροής μεταξύ των δύο άκρων της συνδιάλεξης (σε αντίθεση με τον έλεγχο ροής του επιπέδου δικτύου, που ασκείται ανάμεσα σε γειτονικούς κόμβους). Τέλος, αρμοδιότητα του επιπέδου μεταφοράς είναι να αποκαθιστά και να καταστρέφει τις διαδρομές μεταξύ των δύο άκρων.

1.10.5 ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΙΑΛΕΞΗΣ

Πρόκειται ουσιαστικά για το επίπεδο στο οποίο ο χρήστης διαπραγματεύεται την επικοινωνία του με έναν άλλο ακραίο σταθμό του δικτύου. "Συνδιάλεξη" ονομάζεται η σύνδεση μεταξύ των δύο χρηστών. Για να πραγματοποιηθεί, ο ένας από τους δύο δίνει στο μηχανισμό του επιπέδου, τη διεύθυνση του χρήστη με τον οποίο επιθυμεί να επικοινωνήσει. Το επίπεδο συνδιάλεξης φροντίζει να αναγνωρίσει σωστά τους χρήστες οι οποίοι μπορούν να διαλέξουν διάφορους τρόπους συνομιλίας. Άλλη βασική αρμοδιότητα αυτού του επιπέδου είναι η διατήρηση της συνδιάλεξης, και η αντιμετώπιση καταστάσεων βλάβης σε κόμβους του δικτύου οπότε ακολουθούν διαδικασίες ανάκαμψης. Μάλιστα, όταν οι χρήστες το απαιτήσουν, μπορεί να δώσει το μήνυμα στον παραλήπτη μόνο αν ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάκαμψης, ώστε να αποφευχθούν τυχόν κίνδυνοι από την ατελή του μετάδοση.

1.10.6 ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η παροχή υπηρεσιών ειδικής μορφής, που συνήθως αποτελούν κοινή απαίτηση πολλών χρηστών. Πραγματοποιούνται με τη μορφή βιβλιοθήκης, την οποία οποιοσδήποτε μπορεί να επικαλεστεί. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η μεταφορά αρχείων, η κρυπτογραφία, η συμπίεση, ο χειρισμός τερματικών κλπ. Η κρυπτογραφία αποτελεί ουσιαστικό μέσο προστασίας των πληροφοριών από την παραβίαση του περιεχομένου τους από ανεπιθύμητους τρίτους. Πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο (συνήθως στο επίπεδο γραμμής), αλλά τότε είναι πιθανό η μέθοδος που ακολουθεί το δίκτυο να μην ανταποκρίνεται στις επιθυμίες των χρηστών. Γι αυτό πολλές φορές είναι προτιμότερο να παρέχεται σαν προαιρετική υπηρεσία στους χρήστες, οι οποίοι θα μπορούν τότε να διαλέξουν όποια μέθοδο τους ταιριάζει. Το επίπεδο αυτό είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να συμβιβάσει

σταθμούς, τερματικά, κ.α. με διαφορετικές προδιαγραφές.

1.10.7 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Πρόκειται για την ιδιαίτερη περιοχή ευθύνης του κάθε χρήστη, όπου ο καθένας χρησιμοποιεί όποια προγράμματα, αρχεία και πρωτόκολλα επιθυμεί. Ωστόσο, όταν απαιτείται η συνεργασία των σταθμών ενός δικτύου για συγκεκριμένες εφαρμογές, εμφανίζονται προβλήματα που μερικές φορές είναι δυνατό να λυθούν πιο αποδοτικά αν στο λειτουργικό τους σύστημα υπερτεθεί ένα είδος λειτουργικού συστήματος που παρέχει το δίκτυο. Το σύστημα αυτό μπορεί π.χ. να δημιουργεί μια κοινή γλώσσα εντολών και να διαχειρίζεται ένα σύστημα αρχείων κοινό για όλο το δίκτυο. Πολλά προβλήματα άλλωστε τίθενται εξαιτίας της χρήσης κατανεμημένων βάσεων δεδομένων, όπως το που να τοποθετηθούν τα δεδομένα και τυχόν αντίγραφά τους, πως αντιμετωπίζεται η ταυτόχρονη προσπέλασή τους από περισσότερους του ενός σταθμούς, πως και που γίνεται η ανανέωση των δεδομένων τους, κτλ. Άλλα προβλήματα εμφανίζονται όταν εκτελούνται κατανεμημένοι αλγόριθμοι ή όταν πρέπει να μοιρασθεί υπολογιστικό φορτίο κάποιας εφαρμογής. Σαυτές τις περιπτώσεις η υπέρθεση ενός υπευθύνου για τα παραπάνω καθήκοντα επιπέδου εφαρμογών μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά.

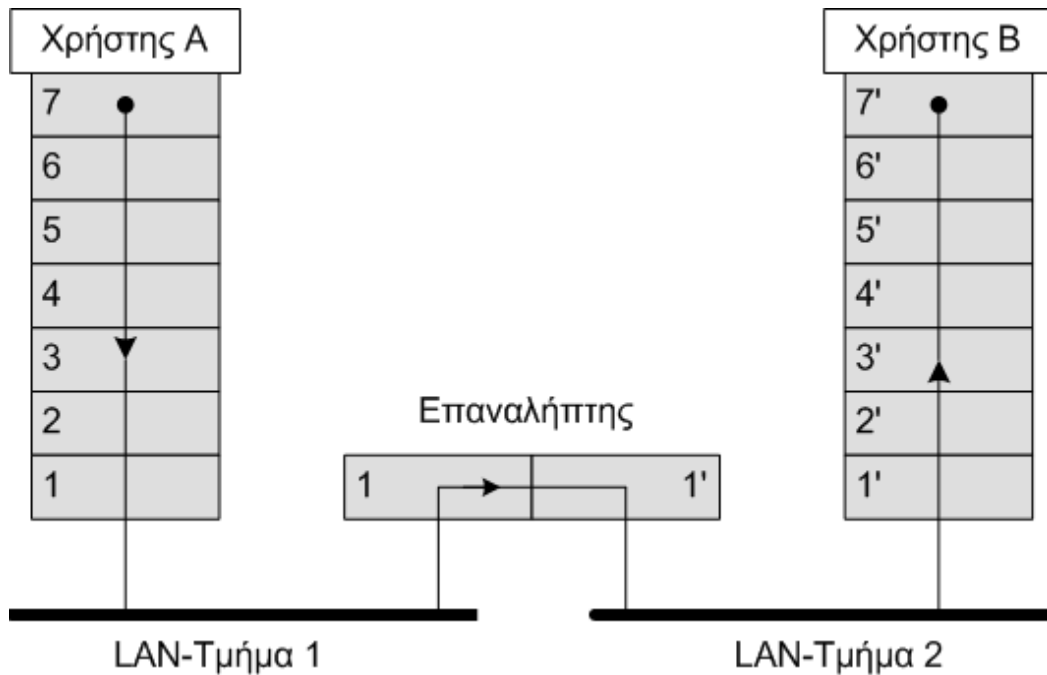
1.11 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Λόγω διαφόρων παραγόντων τα LANs έχουν περιορισμένη δυνατότητα τόσο ως προς τον αριθμό των διασυνδεδεμένων σταθμών όσο και ως προς το μέγιστο μήκος του καλωδίου. Έτσι, πολλές φορές δημιουργούνται προβλήματα όταν είναι αναγκαία η επέκταση ενός LAN ή η διασύνδεση ενός υπάρχοντος LAN μένα άλλο. Για να ξεπερνάμε αυτούς τους περιορισμούς χρησιμοποιούμε τέσσερις συσκευές τον **Επαναλήπτη**, τη **Γέφυρα**, το **Δρομολογητή** και την **Πύλη**. Με τη βοήθεια αυτών των συσκευών γίνεται δυνατή η επέκταση ενός LAN τόσο από πλευράς αριθμού σταθμών όσο και από πλευράς γεωγραφικής έκτασης. Επίσης, με την βοήθεια αυτών των συσκευών είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ ετερογενών LANs.

1.11.1 ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΗΣ

Ο επαναλήπτης χρησιμοποιείται μόνο σε ομογενή δίκτυα, δηλαδή σε δίκτυα που ακολουθούν το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ο επαναλήπτης, όπως φαίνεται στο Σχ.1.24, απλώς ενισχύει και προωθεί bits από το ένα δίκτυο στο άλλο,

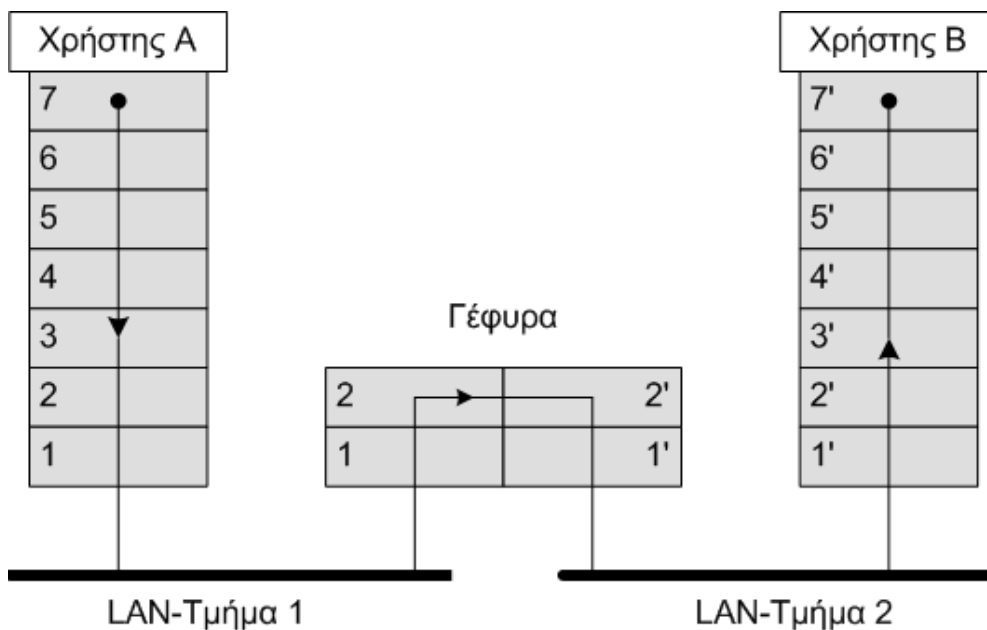
κάνοντας τα δύο δίκτυα να φαίνονται λογικά σαν ένα. Μεγάλες αποστάσεις καλύπτονται με συνένωση δύο ή περισσότερων τμημάτων LAN μέσω επαναληπτών. Οι επαναλήπτες δεν χρειάζονται λογισμικό για να δουλέψουν επειδή απλώς αντιγράφουν bits στα τυφλά, χωρίς να αντιλαμβάνονται τι σημαίνουν.



Σχ.1.24. Επαναλήπτης σε σχέση με τα επίπεδα OSI.

1.11.2 ΓΕΦΥΡΑ

Η γέφυρα, όπως φαίνεται στο Σχ.1.25, καλύπτει, σε σχέση με τον επαναλήπτη, ένα επί πλέον επίπεδο του μοντέλου OSI. Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση δύο δικτύων στο επίπεδο γραμμής. Προκειμένου δηλαδή να συνδέσουμε δύο δίκτυα τα οποία έχουν διαφορετικά επίπεδα γραμμής (data frames με διαφορετική δομή) αλλά το ίδιο επίπεδο δικτύου πρέπει να χρησιμοποιήσουμε γέφυρα, όπως για παράδειγμα στη διασύνδεση ενός δικτύου Ethernet και ενός δικτύου με κουπόνι. Τα δεδομένα, με τη μορφή που έχουν στο ένα δίκτυο, φτάνουν στη γέφυρα όπου μετατρέπονται σε μορφή κατανοητή από το δεύτερο δίκτυο. Οι γέφυρες, σε αντίθεση με τους επαναλήπτες, χρησιμοποιούν λογισμικό για τη λειτουργία τους. Προγραμματίζονται για την ανταλλαγή ορισμένων δεδομένων μεταξύ των υποδικτύων και γενικά για την εκτέλεση των αναγκαίων τροποποιήσεων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Από πλευράς επιπέδων του μοντέλου OSI, η γέφυρα ενώνει δύο δίκτυα που διαφέρουν στα δύο κατώτερα επίπεδα.



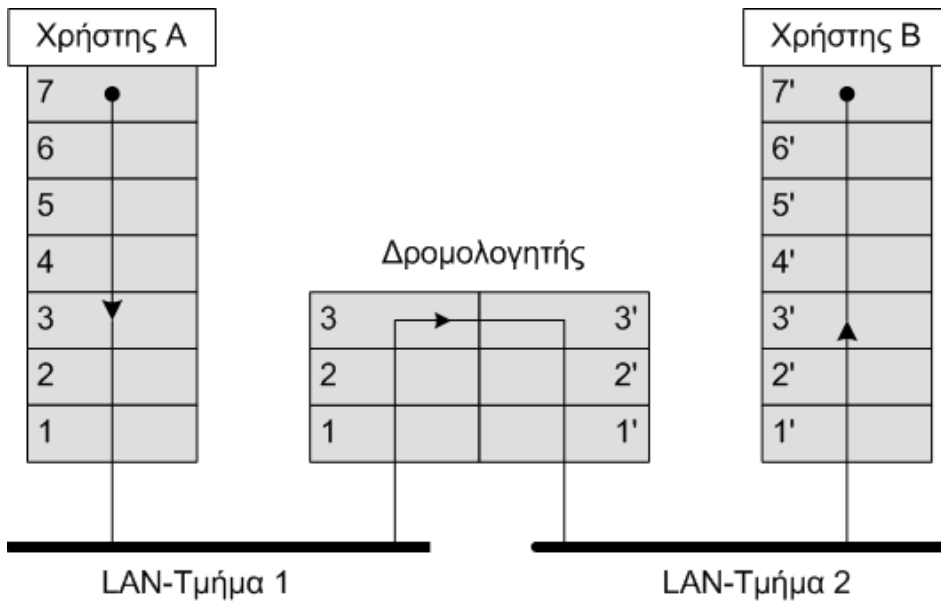
Σχ.1.25. Γέφυρα σε σχέση με τα επίπεδα OSI.

1.11.3 ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ

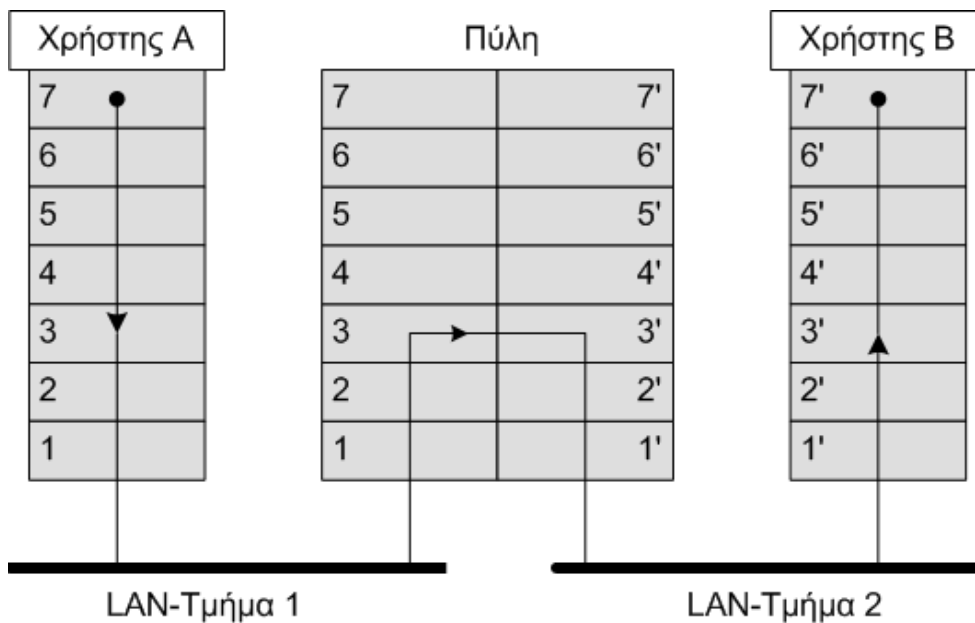
Ο δρομολογητής, όπως φαίνεται στο Σχ.1.26, χρησιμοποιείται όταν δύο δίκτυα έχουν το ίδιο επίπεδο μεταφοράς αλλά διαφορετικά επίπεδα δικτύου. Για παράδειγμα η σύνδεση μεταξύ ενός δικτύου με κουπόνι και ενός δικτύου CSMA/CD απαιτεί ένα δρομολογητή, για τη μετατροπή των πλαισίων δεδομένων του ενός στη μορφή του άλλου και αντίστροφα. Ο δρομολογητής, σε αντίθεση με τη γέφυρα, έχει τη δική του διεύθυνση μέσα στο δίκτυο. Από πλευράς επιπέδων μοντέλου OSI, ο δρομολογητής ενώνει δύο δίκτυα που διαφέρουν στα τρία κατώτερα επίπεδα.

1.11.4 ΠΥΛΗ

Η πύλη, όπως φαίνεται στο Σχ.1.27, είναι ο πιο γενικός τύπος συσκευής για τη διασύνδεση ετερογενών δικτύων. Μπορεί να διασυνδέσει δίκτυα εντελώς διαφορετικά από άποψη πρωτοκόλλων, δηλαδή ακόμη και δίκτυα που διαφέρουν και στα επτά επίπεδα του μοντέλου OSI. Η πύλη χρησιμοποιείται επίσης και για τη διασύνδεση δικτύων που δεν ακολουθούν το μοντέλο OSI.



Σχ.1.26. Δρομολογητής.



Σχ.1.27. Πύλη σε σχέση με τα επίπεδα OSI.

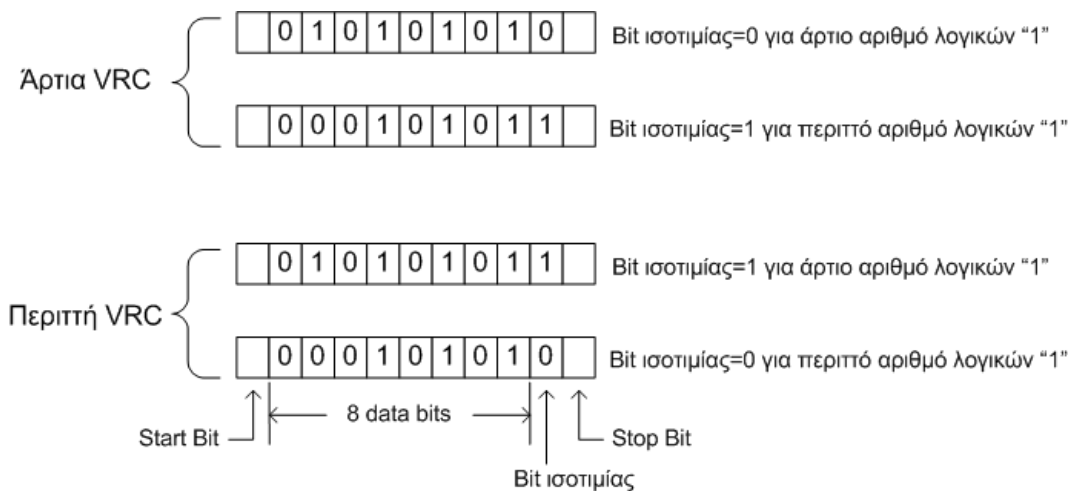
1.12 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ LANs

Σφάλματα μπορούν να δημιουργηθούν οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διακίνηση δεδομένων. Τα σφάλματα μπορεί να οφείλονται σε βλάβη του αγωγού, σε θόρυβο, σε παρασιτικές χωρητικότητες, σε υπερτάσεις, σε μαγνητικά πεδία, κτλ. Επειδή τα σφάλματα έχουν σαν συνέπεια την αλλοίωση των διακινουμένων

δεδομένων, για να έχουμε αξιόπιστη λειτουργία του LAN από πλευράς διακίνησης δεδομένων, πρέπει να τα εξαλείψουμε ή να τα διορθώνουμε όταν εμφανίζονται. Στο τέλος των πακέτων δεδομένων που διακινούνται μέσω του LAN, προστίθενται ειδικοί χαρακτήρες για την ανίχνευση σφαλμάτων. Αυτοί οι χαρακτήρες επιτρέπουν στο δέκτη του μηνύματος να αποφασίσει για το αν το μήνυμα έχει φθάσει σωστά ή όχι. Επειδή ο δέκτης δεν μπορεί να διορθώσει τα λάθη, ζητά την επανάληψη εκπομπής όλου του πακέτου που έχει λάθη. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τις τέσσερις σημαντικότερες μεθόδους ανίχνευσης λαθών κατά τη διακίνηση δεδομένων που είναι ο κατακόρυφος έλεγχος πλεονασμού, ο διαμήκης έλεγχος πλεονασμού, η διασταυρούμενη μέθοδος και ο κυκλικός έλεγχος πλεονασμού.

1.12.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΥ - VRC

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος ελέγχου σφαλμάτων είναι η VRC (Vertical Redundancy Check). Διακρίνεται σε άρτια και περιττή. Και στις δυο περιπτώσεις, προστίθεται στα δεδομένα ένα bit ισοτιμίας. Το άθροισμα των λογικών "1" στο χαρακτήρα που προκύπτει με την προσθήκη του bit ισοτιμίας, πρέπει να είναι άρτιος αριθμός για άρτια VRC και περιττός για περιττή VRC. Στο Σχ.1.28 φαίνεται ένα παράδειγμα άρτιας VRC και ένα παράδειγμα περιττής VRC.



Σχ.1.28. Bit ισοτιμίας κατά VRC.

1.12.2 ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΥ - LRC

Η μέθοδος ελέγχου σφαλμάτων LRC (Longitudinal Redundancy Check) είναι παρόμοια με τη VRC. Η διαφορά είναι ότι στην LRC το αποτέλεσμα ελέγχου δεν

παράγεται με την έννοια του χαρακτήρα, όπως στην VRC, αλλά με την έννοια της θέσης των ίδιων bits σένα αριθμό χαρακτήρων του πακέτου. Αυτό σημαίνει ότι παράγονται τόσα bits ισοτιμίας όσοι και οι χαρακτήρες του πακέτου και όλα αυτά τα bits ισοτιμίας συνδυάζονται σένα χαρακτήρα. Αυτός ο χαρακτήρας ελέγχου είναι γνωστός και σαν LRC χαρακτήρας ή FRC (ακολουθία ελέγχου πακέτου). Και στη μέθοδο LRC έχουμε διάκριση σε άρτια και περιττή.

1.12.3 ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - CCM

Η μέθοδος CCM είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων μεθόδων VRC και LRC. Εφαρμόζονται δηλαδή ταυτόχρονα και οι δύο μέθοδοι ελέγχου πλεονασμού. Με άλλα λόγια, ένα bit ισοτιμίας παράγεται για κάθε χαρακτήρα και ένας χαρακτήρας ελέγχου για όλο το πακέτο.

1.12.4 ΚΥΚΛΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΥ - CRC

Η μέθοδος ελέγχου σφαλμάτων CRC (Cyclic Redundancy Check) παράγει ένα χαρακτήρα ελέγχου για όλο το πακέτο. Το πακέτο θεωρείται σαν μία μεγάλη συνεχής λέξη η οποία διαιρείται από ένα πολυώνυμο που έχει καθορισμένη μορφή. Το υπόλοιπο της διαίρεσης προστίθεται στο πακέτο σαν λέξη ελέγχου. Η μέθοδος CRC είναι πιο περίπλοκη σε σχέση με τις προηγούμενες αλλά είναι πολύ πιο ακριβής από πλευράς ελέγχου λαθών. Η μέθοδος CRC χρησιμοποιείται κυρίως σε πρωτόκολλα που βασίζονται σε bits, ενώ οι άλλες μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε πρωτόκολλα που βασίζονται σε χαρακτήρες. Αν εξαιρέσουμε τη μέθοδο CRC, η μέθοδος CCM προσφέρει την καλύτερη ασφάλεια. Συμφέρει από πλευράς κόστους και είναι μια απλή και αποτελεσματική μέθοδος ανίχνευσης λαθών.

