

:: ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ::

- Δίκτυο εκπομπής (broadcast network): έχει ένα μοναδικό δίκτυο επικοινωνίας που μοιράζονται όλες οι μηχανές του δικτύου. Μικρά μηνύματα (πακέτα) στέλνονται από μια μηχανή και λαμβάνονται από όλες τις υπολογιστές. Ένα πεδίο διεύθυνσης μέσα σε κάθε πακέτο καθορίζει τον παραλήπτη. Η χρήση ενός ειδικού κωδικού στο πεδίο διεύθυνσης επιτρέπει στο πακέτο να απευθύνεται σε όλους τους προορισμούς. Το πακέτο παραλαμβάνεται και υψίσταται επεξεργασία από κάθε μηχανή του δικτύου. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας ονομάζεται εκπομπή (broadcasting).
- Δίκτυο σημείο προς σημείο (point to point): απαρτίζεται από πολλές συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών μηχανών. Για να πάει ένα πακέτο τέτοιου δικτύου από την πηγή στον προορισμό του, θα χρειαστεί πιθανώς να επισκεφτεί διάφορες ενδιάμεσες μηχανές. Μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές διαδρομές διαφορετικού μήκους και, συνεπώς, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης παίζουν σημαντικό ρόλο. Μικρά και περιορισμένα δίκτυα τείνουν να χρησιμοποιούν την εκπομπή ενώ τα μεγαλύτερα είναι συνήθως σημείου προς σημείο.
- LAN: ιδιωτικό δίκτυο εκτενόμενο εντός ενός μοναδικού κτίριου ή σε εγκαταστάσεις ακτίνας μερικών χιλιόμετρων. Διακρίνεται με βάση το μέγεθος, την τεχνολογία μετάδοσης και την τοπολογία. Τα LAN χρησιμοποιούν μία τεχνολογία μετάδοσης που αποτελείται από ένα απλό καλώδιο, στο οποίο έχουν συνδεθεί όλες οι μηχανές. Στο LAN εκπομπής μπορεί να έχουμε δύο τοπολογίες : μια αρτηρία (απλό καλώδιο) όπου μόνο μια μηχανή εξουσιάζει το μέσο κάθε φορά και έχει την άδεια μετάδοσης, ή ένα δακτύλιο, όπου κάθε bit διαδίδεται μόνο του χωρίς να περιμένει το υπόλοιπο πακέτο στο οποίο ανήκει. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει διατήρηση για τις ταυτόχρονες απόπειρες προσπέλασης.
- Ethernet: είναι ένα δίκτυο εκπομπής τύπου αρτηρίας με κατανεμημένο μηχανισμό διαημιάς, το οποίο λειτουργεί σε ταχύτητες των 10 ή 100 Mbps. Οι μηχανές που είναι συνδεδεμένες στο Ethernet μπορούν να μεταδώσουν όποτε θέλουν. Άν υπάρχει σύγκρουση πακέτων, κάθε μηχανή απλώς περιμένει και ξαναπροσπαθεί μετά από προκαθορισμένο διάστημα.
- WAN: δίκτυο που καλύπτει μια ευρεία περιοχή και περιλαμβάνει μηχανές (hosts) που προορίζονται να τρέχουν προγράμματα χρηστών. Οι hosts συνδέονται μέσω ενός υποδικτύου (subnet). Έργο του υποδικτύου είναι να μεταφέρει μηνύματα από host σε host. Αποτελείται από τις γραμμές μετάδοσης (ζεύξεις) και τα στοιχεία μεταγωγής. Τα στοιχεία μεταγωγής ή δρομολογητές (routers) είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές που συνδέουν δύο ή περισσότερες γραμμές μετάδοσης. Όταν τα δεδομένα φτάνουν σε μια εισερχόμενη γραμμή, ο router πρέπει να επιλέξει μια εξερχόμενη γραμμή για να τα προωθήσει.
- Στρώμα δικτύου: κάθε δίκτυο οργανώνεται σε μια σειρά από στρώματα (layers) το καθένα από τα οποία χιτίζεται πάνω στο κατώτερό του. Σκοπός του στρώματος είναι να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες στα ανώτερα στρώματα, απομονώνοντάς τα έτσι από τις λεπτομέρειες υλοποίησης των προσφερόμενων υπηρεσιών. Το στρώμα η μιας μηχανής διεξάγει σύζτηση, μέσω ενός πρωτοκόλλου, με το στρώμα η μιας άλλης μηχανής.
- Πρωτόκολλα: σύνολο κανόνων που διέπουν τη δομή και το νόημα των πλαισίων, των πακέτων ή των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των ομοτίμων οντοτήτων του ίδιου στρώματος. Οι οντότητες χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα προκειμένου να υλοποιήσουν τις υπηρεσίες τους.

- Ομότιμες οντότητες: οι οντότητες που απαρτίζουν τα αντίστοιχα στρώματα σε διαφορετικές μηχανές αποκαλούνται ομότιμες (peers) και είναι αυτές που επικοινωνούν μέσω του πρωτοκόλλου.

- Διεπαφή (interface): υπάρχει μεταξύ κάθε ζεύγους γειτονικών στρωμάτων και καθορίζει ποιές λειτουργίες και υπηρεσίες προσφέρει το κατώτερο στρώμα στο ανώτερο.
- Υπηρεσία: αποτελείται από ένα σύνολο λειτουργιών τις οποίες ένα στρώμα παρέχει στο αμέσως ανώτερό του. Σχηματίζεται με τη διεπαφή μεταξύ δύο στρωμάτων και δεν αναφέρει την υλοποίηση των λειτουργιών που παρέχει.
- Υπηρεσία με σύνδεση (connection oriented service): λειτουργεί σαν ένας σωλήνας. Ο πομπός σπρώχνει τα bits από το ένα άκρο και ο δέκτης τα βγάζει από το σωλήνα με την ίδια σειρά στο άλλο άκρο.
- Υπηρεσία χωρίς σύνδεση (connectionless service): κάθε μήνυμα μεταφέρει την πλήρη διεύθυνση προορισμού και δρομολογείται μέσα στο δίκτυο ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα.

:: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ::

1. Μεταγωγή κυλώματος :

- Κάθε σύνδεσμος επικοινωνίας «στάσι» σε μικρότερα κομμάτια καθένα από τα οποία τίθεται αποκλειστικά σε μια συγκεκριμένη σύνδεση.
- Υπάρχει η ανάγκη να δημιουργηθεί μονοπάτι από άκρο σε άκρο προτού σταλούν οποιαδήποτε δεδομένα, το οποίο θα συνεχίσει να υπάρχει μέχρι να τερματιστεί η σύνδεση.
- Μπορεί να προκληθούν συγκρούσεις
- Μείωση ευελιξίας λόγω του ότι κάποιος κόμβος μπορεί να μένουν ανενεργί (ειδικά με τις πηγές ρηθής)
- Καθυστερήση λόγω αποκατάστασης σύνδεσης.

2. Μεταγωγή μηνύματος :

- Οι συνδέσεις διαμοιράζονται τους πόρους επικοινωνίας (συνδέσμους και καταχωρητές) δυναμικά
- Μεταβλητή καθυστέρηση όταν διαπερνάται ένας κόμβος
- Τα μηνύματα μπορεί να χάνονται λόγω υπερχειλίσης των καταχωρητών
- Δεν υπάρχει όριο στο μέγεθος της ομάδας προς μετάδοση, γι' αυτό οι δρομολογητές πρέπει να έχουν δίσκους για αποθήκευση μεγάλων ομάδων

3. Μεταγωγή πακέτου :

- Ένα μήνυμα σπάει σε πακέτα
- Αυστηρό άνω όριο στο μέγεθος των ομάδων, επιτρέποντας στα πακέτα να αποθηκευθούν στη μνήμη και όχι σε δίσκους.
- Πλεονεκτήματα : μικρότερη καθυστέρηση, καλύτερη καταχώρηση, ευελιξία στη δρομολόγηση, διαλογική κίνηση
- Μειονεκτήματα : επικεφαλίδα (overhead), προβλήματα επανασυγκόλλησης πακέτων

3. Στρώμα δικτύου: ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Παρέχει στο στρώμα μεταφοράς μια από άκρο σε άκρο μετάδοση πακέτων. Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιεί επιτελούν δρομολογήσεις και έλεγχο ροής. Το στρώμα δικτύου μπορεί επίσης να αναπαράγει τα πακέτα του (σε μερικά συστήματα μπορεί να λείπει, όπως στα επικοινωνιακά συστήματα πολλαπλής προσπέλασης).

4. Στρώμα μεταφοράς: δέχεται δεδομένα από το στρώμα συνόδου, τα τεμαχίζει σε πακέτα αν είναι απαραίτητο, τα περνά στο στρώμα δικτύου και εξασφαλίζει ότι όλα τα τμήματα θα φτάσουν σωστά στο άλλο άκρο, επανααναγκολώντας τα. Παρέχει μηνύματα στο στρώμα συνόδου. Επίσης, μπορεί να πολυπλέξει τις συνδέσεις που περνούν από τον ίδιο κόμβο, να κάνει έλεγχο ροής και λαθών, να σπάσει τις συνδέσεις υψηλής συχνότητας σε πολλαπλές.

5. Στρώμα συνόδου: επιτρέπει σε χρήστες να αποκαταστήσουν συνόδους (sessions) μεταξύ τους. Παρέχει υπηρεσίες χρέωσης, δικαιώματα προσπέλασης, συναρτήσεις εισόδου (login).

6. Στρώμα παρουσίας: ασχολείται με τη σύνταξη και τη σημασία της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Παρέχει μετατροπή του κώδικα χαρακτήρων, συμπίεση δεδομένων, απόκριση δεδομένων.

7. Στρώμα εφαρμογής: παρέχει ειδικές πληροφορίες υπηρεσιών μεταφοράς στο χρήστη (e-mail, rlogin, telnet)

∴ TCP/IP STANDARD ∴

1. Στρώμα host προς δίκτυο: ο host πρέπει να συνδεθεί με το δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο, ώστε να μπορεί να στέλνει πακέτα IP σ' αυτό. Το πρωτόκολλο αυτό ποικίλλει.

2. Στρώμα διαδικτύου: επιτρέπει στους hosts να εισάγουν τα πακέτα IP, μέσω του πρωτοκόλλου IP, σε οποιοδήποτε δίκτυο και δρομολογεί τα πακέτα ανεξάρτητα στον προορισμό τους.

3. Στρώμα μεταφοράς: παρέχει σε οριζήτες οντότητες τη δυνατότητα να διεξάγουν συζήτηση μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα TCP και UDP. Το TCP είναι ένα αξιόπιστο, με σύνδεση, πρωτόκολλο που επιτρέπει σε μια ακολουθία bytes να παραδίδεται χωρίς λάθη από μια μηχανή σε οποιαδήποτε άλλη στο διαδίκτυο. Τεμαχίζει την εισερχόμενη ακολουθία bytes σε διακριτά μηνύματα και περνά το καθένα τους στο στρώμα διαδικτύου. Στον προορισμό το TCP συναρμολογεί την ακολουθία εξόδου. Χερνίζεται επίσης τον έλεγχο ροής. Το UDP είναι ένα μη αξιόπιστο, χωρίς σύνδεση, πρωτόκολλο για εφαρμογές που δε θέλουν τον έλεγχο της ακολουθίας ή της ροής του TCP και προτιμούν να χρησιμοποιούν δικό τους. Επίσης χρησιμοποιείται σε γρήγορες εφαρμογές και ερωταποκρίσεις.

4. Στρώμα εφαρμογής: περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα ανώτερων στρωμάτων (telnet, ftp, smtp)

∴ ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ ∴

Το στρώμα ζεύξης δεδομένων τεμαχίζει συνμ bits σε διακριτά πλαίσια και υπολογίζει το άθροισμα ελέγχου για κάθε πλαίσιο. Όταν ένα πλαίσιο φτάσει στον προορισμό, άθροισμα ελέγχου υπολογίζεται ξανά. Αν το εκ νέου υπολογιζόμενο άθροισμα ελέγχου είναι διαφορετικό από αυτό

4. Διαφορές μεταγωγής κυκλώματος και πακέτου :

Χαρακτηριστικό	Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου
Αποκλειστική διαδρομή	Ναι	Όχι
Διαθέσιμο εύρος	Καθορισμένο	Δυναμικό
Αχρησιμοποίητο εύρος	Ναι	Όχι
Μεταγωγή αποθ. & προώθησης	Όχι	Ναι
Συμφόρηση	Κατά την εγκατάσταση σύνδεσης	Σε κάθε πακέτο
Χρέωση	Ανά λεπτό	Ανά πακέτο
Εγκατάσταση κλήσης	Απαιτείται	Δε χρειάζεται

Τύποι μεταγωγής αποθηκεύονται και προώθησης : όταν ο πομπός έχει μια ομάδα δεδομένων προς αποστολή, αυτή αποθηκεύεται στον πρώτο δρομολογητή και προωθείται στη συνέχεια, ένα βήμα κάθε φορά. Κάθε ομάδα λαμβάνεται ολόκληρη, εξετάζεται για λάθη και κατόπιν αναμεταδίδεται.

• Μεταγωγή πακέτου (τα μηνύματα σπάνε σε πακέτα)

1. μεταγωγή δεδομωγραφηματος (κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα). Πλεονεκτήματα : ευελξία στη δρομολόγηση.

2. μεταγωγή νοητού κυκλώματος (όλα τα πακέτα ακολουθούν το ίδιο μονοπάτι, το οποίο δημιουργείται δυναμικά όταν προκύψει η ανάγκη γ' αυτό και μετά διακόπτεται). Πλεονεκτήματα : τα πακέτα φτάνουν στη σωστή σειρά, μικρή επικεφαλίδα, λιγότερη επεξεργασία.

3. μεταγωγή cut-through (ένα πακέτο αρχίζει να μεταδίδεται από ένα κόμβο, πριν παραληφθεί ολόκληρο) : άμεση δρομολόγηση, δεν κάνει έλεγχο λαθών.

• Μεταγωγή μηνύματος (τα μηνύματα δε σπάνε σε πακέτα)

∴ OSI STANDARD ∴

1. Φυσικό στρώμα: αφορά στη μετάδοση ακατέργαστων bits μέσω ενός επικοινωνιακού υλικού. Η υπηρεσία που παρέχει στο στρώμα ζεύξης είναι ένας μη αξιόπιστος σωλήνας bits και η συνάρτηση που την υλοποιεί είναι μια κυματομορφή. Τεχνικά, υπάρχουν 3 τύποι σωλήνων (σύνχρονος, με διαλείμματα, ασύγχρονος).

2. Στρώμα ζεύξης δεδομένων: μετατρέπει το αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης σε μια γραμμή που εμφανίζεται στο υπερκείμενο στρώμα δικτύου σαν ελεύθερη από σφάλματα μετάδοσης. Παρέχει πακέτα στο στρώμα δικτύου. Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιεί επιτελούν πλαίσιαση, έλεγχο λαθών και επαναμεταδόσεις. Στο στρώμα ζεύξης τα πακέτα γίνονται δεκτά από το στρώμα δικτύου, προστίθεται επικεφαλίδα και ουρά (trailer) για να σχηματιστούν τα πλαίσια, γίνεται παροχή πλαισίων στο κατώτερο στρώμα (ή κενό γέμισμα αν πρόκειται για σύγχρονο σωλήνα bits), ανιχνεύονται λάθη και απαιτούνται επαναμεταδόσεις.

που περιέχεται στο πλαίσιο, το στρώμα ζεύξης γνωρίζει ότι έχει συμβεί λάθος και παίρνει μέτρα για να το αντιμετωπίσει. Υπάρχουν 4 μέθοδοι πλαισίωσης :

- Μέτρηση χαρακτηρισίων
- Χαρακτήρες αρχής και τέλους, με παραγέμισμα χαρακτηρισίων
- Σημάδες (flags) αρχής και τέλους, με παραγέμισμα bits
- Παραφάσεις της κωδικοποίησης του φυσικού στρώματος.

Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιεί ένα πεδίο στην επικεφαλίδα για να καθορίσει τον αριθμό των χαρακτηρισίων στο πλαίσιο. Όταν το στρώμα ζεύξης στον προορισμό δει το μετρητή, θα ξέρει πόσοι χαρακτηρισίες ακολουθούν και όρα που βρίσκεται το τέλος του πλαισίου. (πρόβλημα γιατί ο μετρητής μπορεί να αλλοιωθεί από λάθος μετάδοση)

Η δεύτερη μέθοδος βάζει τους χαρακτήρες αρχής και τέλους DLE STX και DLE ETX αντίστοιχα. Επίσης μπορεί να γίνεται παραγέμισμα χαρακτηρισίων με την προσθήκη ενός επιπλέον DLE πριν από κάθε τυχαίο χαρακτήρα DLE (για να αποφευχθούν προβλήματα δυαδικών δεδομένων). Το στρώμα ζεύξης τότε στη λήξη αφαιρεί το DLE πριν τα δεδομένα παραδοθούν στο στρώμα δικτύου.

Η τρίτη μέθοδος (bit stuffing) τοποθετεί στην αρχή και στο τέλος κάθε πλαισίου μια σημαία byte (01111110). Οποτιδήποτε το στρώμα ζεύξης του πομπό συναντά 5 διαδοχικούς 1 στα δεδομένα, αυτόματα εισάγει ένα 0 στον εξερχόμενο συμβολισμό. Όταν ο δέκτης δει 5 διαδοχικούς 1 ακολουθούμενους από ένα 0, αυτομάτως διαγράφει το 0. Εάν τα δεδομένα του χρήστη περιέχουν τη σημαία 01111110, η σημαία αυτή μεταδίδεται ως 011111010, αλλά αποθηκεύεται στη μνήμη του δέκτη ως 01111110.

Παράδειγμα : 011011111111111111110010 (αρχικά δεδομένα)

0110111111011111011111010010 (δεδομένα στη γραμμή)

Η τελευταία μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε δίκτυα όπου η κωδικοποίηση στο φυσικό μέσο περιέχει κάποιο πλεονασμό.

.: ΑΝΙΧΝΕΤΗ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΑΘΩΝ .:

Ένα πλαίσιο αποτελείται από m bits δεδομένων και r bits ελέγχου ($n = m+r$). Με δεδομένες δύο κωδικές λέξεις (πλαίσια $m + r$ bits) μπορούμε, με χρήση της XOR και μετρώντας τον αριθμό των 1 στο αποτέλεσμα, να βρούμε τον αριθμό των bits στα οποία διαφέρουν. Ο αριθμός των bits στα οποία διαφέρουν οι δύο κωδικές λέξεις ονομάζεται απόσταση Hamming. Δηλαδή αν δύο κωδικές λέξεις χωρίζονται από απόσταση Hamming d , η μετατροπή της μιας στην άλλη θα προκαλέσει d σφάλματα του ενός bit.

Η ανίχνευση d σφαλμάτων απαιτεί κωδικά απόστασης $d+1$

Η διόρθωση d σφαλμάτων απαιτεί κωδικά απόστασης $2d+1$

Καθένα από τα 2^m έγκυρα μηνύματα έχει n άκυρες κωδικές λέξεις σε απόσταση 1 από αυτό. Έτσι το κάθε έγκυρο μήνυμα απαιτεί $n+1$ συνδυασμούς από bits αφαιρεσίμωνους σ' αυτό. Εφόσον ο συνολικός αριθμός των συνδυασμών των bits είναι 2^n , πρέπει να έχουμε $(n+1)2^m = 2^n$, δηλαδή, αφού $n = m+r$, $(m+r+1)2^r = 2^m$. Με δεδομένο το m , αυτό θέτει ένα κάτω όριο στον αριθμό των bits ελέγχου που χρειάζονται για τη διόρθωση των μονών σφαλμάτων.

Μέθοδος Hamming : τα bits της κωδικής λέξης αριθμούνται διαδοχικά, με αρχή το bit 1 στο αριστερό άκρο. Τα bits που αποτελούν δύναμη του 2 είναι bits ελέγχου. Τα υπόλοιπα συμπληρώνονται από τα m bits δεδομένων. Κάθε bit ελέγχου αναγκάζει την ιστιμία μιας ομάδας από bits, συμπεριλαμβανομένου και του ίδιου, να είναι άρπα (ή περιττή). Ένα bit ελέγχεται από εκείνα ακριβώς τα bits ελέγχου που υπάρχουν στην ανάπτυξη του (π.χ. το bit 11=1+2+8, ελέγχεται από τα bits 1,2,8).

Οι κωδικές Hamming μπορούν να διορθώσουν μονά λάθη. Με την τοποθέτηση σε πίνακα μιας ακολουθίας k διαδοχικών κωδικών λέξεων με μια κωδική λέξη ανά σειρά, διορθώνονται και σφάλματα καταγισμού.

Τις περισσότερες φορές προτιμάται η ανίχνευση λαθών που ακολουθείται από επαναμετάδοση γιατί είναι πιο αποδοτική.

Κυκλικός κωδικός πλεονασμού (CRC): Ένα πλαίσιο των k bits περισταίνει τη λίστα των συντελεστών ενός πολυωνύμου με k όρους, από x^{k-1} έως x^0 (πολυώνυμο βαθμού $k-1$). Ο πομπός και ο δέκτης συμφωνούν εκ των προτέρων πάνω σε μια πολωνυμική γεννήτρια $G(x)$. Το περισσότερο και το λιγότερο σημαντικό bit της γεννήτριας πρέπει να είναι 1. Για να υπολογίσουμε το άθροισμα ελέγχου (checksum) για κάποιο πλαίσιο m bits που αντιστοιχούν στο πολυώνυμο $M(x)$, το πλαίσιο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη γεννήτρια. Η ιδέα είναι να προσαρτηθεί στο τέλος του πλαισίου ένα άθροισμα ελέγχου, έτσι ώστε το πολυώνυμο που παραστάνεται από το πλαίσιο μαζί με το άθροισμα ελέγχου να διαιρείται με $G(x)$. Ο δέκτης θα διαίρει αυτό που έλαβε με $G(x)$. Αν υπάρχει υπόλοιπο, υπάρχει λάθος μετάδοσης.

Ο αλγόριθμος υπολογισμού του αθροίσματος ελέγχου είναι :

- Αν r ο βαθμός του $G(x)$, βάλτε r μηδενικά bits στο λιγότερο σημαντικό άκρο του πλαισίου, έτσι ώστε να περιέχει τώρα $m+r$ bits και να αντιστοιχεί στο πολυώνυμο $xM(x)$.
- Διαίρεσε το $xM(x)$ με το $G(x)$ χρησιμοποιώντας διάφραση ποσάλο 2
- Αφαίρεσε το υπόλοιπο (r ή λιγότερα bits) από το $xM(x)$ χρησιμοποιώντας αφαίρεση ποσάλο 2. Το αποτέλεσμα είναι το πλαίσιο μαζί με το άθροισμα ελέγχου έτοιμο προς μετάδοση.

Κάνοντας το $x+1$ παράγοντα του $G(x)$ μπορούμε να συλλάβουμε όλα τα λάθη που αποτελούνται από περιττό αριθμό αντιστραμμένων bits.

Ένας πολωνυμικός κωδικός με r bits ελέγχου ανιχνεύει όλα τα σφάλματα καταγισμού μήκους r .

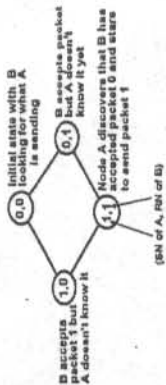
.: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΔΙΑΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .:

1. Απλό πρωτόκολλο παύσης και αναμονής: αφού στείλει ένα πακέτο, ο μεταδότης A περιμένει το σήμα ACK(acknowledge) ή NAK(negative acknowledge). Αν λαμβάνεται ACK, ο A στέλνει το επόμενο πακέτο. Αν λαμβάνεται NAK, ο A στέλνει το ίδιο πακέτο. Αν δε φτάσει κανένα από τα δύο σήματα, ο A βγαίνει εκτός χρόνου (time-out) και επαναμεταδίδει ολόκληρο το πλαίσιο.
2. Πρωτόκολλο παύσης και αναμονής: αντί για τα σήματα ACK και NAK, ο λήπτης στέλνει τον αριθμό του πακέτου που αυτή τη στιγμή περιμένει. Οι αριθμοί διαδοχής (sequence) και αίτησης (request) μπορούν να σταλούν από το λήπτη με modulo 2 (γιατί δεν μπορεί να είναι τα πακέτα n και $n+2$ ταυτόχρονα μέσα στο σύστημα).

Αριθμός διαδοχής (SN) = απαιτείται λόγω των timeouts για τα απολεσθέντα πακέτα

Αριθμός αίτησης (RN) = απαιτείται στα σήματα ACK προκειμένου να ξεχωρίζει ο μεταδότης ποιο επόμενο πακέτο του έχει ζητηθεί.

Το πρωτόκολλο δουλέει σωστά για όλους τους συνδυασμούς καθυστέρησης και timeout αν θεωρήσουμε ότι τα πακέτα ταξινομούνται ταξινομημένα, ο CRC δεν αποτυγχάνει, το σύστημα αρχικοποιείται σωστά.



3. Αρραπει ARQ: τα πακέτα αποστέλλονται σε ένα από 8 νοητά κανάλια τα οποία εξυπηρετούνται με αλγόριθμο round robin. Αν φτάσει η σειρά ενός νοητού καναλιού πριν γίνει λήψη του σήματος ACK γι' αυτό το κανάλι, το πακέτο ξαναστέλνεται.
4. Go back n: αν θεωρήσουμε ότι ο χρόνος μετάδοσης που απαιτείται για να φτάσει ένα πλαίσιο από τον πομπό στο δέκτη, σύν το χρόνο για να επιστρέψει η επαλήθευση δεν είναι αμελητέος, τότε ο μεγάλος χρόνος μετάδοσης με επιστροφή έχει επιπτώσεις στην απόδοση (πέφτει με μεγάλο χρόνο μετάβασης, υψηλή χωρητικότητα, μικρό μήκος πλαισίου). Η λύση έγκειται στο να επιτραπεί στον πομπό να στείλει αντί για ένα, μέχρι w πλαίσια πρώτου σταματήσι. Με κατάλληλη επιλογή του w ο πομπός θα μπορεί να μεταδίδει συνεχώς πλαίσια χωρίς να γεμίζει το παράθυρο.

Αυτή η μέθοδος λέγεται συνεχής διαγεύση (pipelining). Αν η χωρητικότητα του διαύλου είναι b bits/sec, το μέγεθος πλαισίου είναι k bits και ο συνολικός χρόνος μετάδοσης με επιστροφή είναι R sec, ο απαιτούμενος χρόνος για τη μετάδοση ενός μόνο πλαισίου είναι k/b sec. Μετά την αποστολή και του τελευταίου bit του πλαισίου δευτέρου, υπάρχει καθυστέρηση $R/2$ μέχρι να φτάσει αυτό το bit στο δέκτη, και μια άλλη καθυστέρηση, τουλάχιστον $R/2$, μέχρι να επιστρέψει η επαλήθευση με συνολική καθυστέρηση R . Σε πρωτόκολλα παύσης και αναμονής, η γραμμή είναι απασχολημένη για k/b sec και αδρανής για R , με αποτέλεσμα η χρήση της γραμμής να είναι $k/(k + bR)$. Αν $k \ll bR$ τότε η απόδοση θα είναι μικρότερη από 50%.

Επειδή το pipelining έχει αρκετά λάθη (π.χ. τί γίνεται όταν ένα πλαίσιο στη μέση ενός μεγάλου κυρίου καταστραφεί) χρησιμοποιούνται 2 μέθοδοι προσέγγισης των λαθών, η go back n και η selective repeat.

Στη go back n, ο μεταδότης A στέλνει πακέτα διαδοχικά. Ο δέκτης ανταποκρίνεται στέλνοντας τον αριθμό του επόμενου πακέτου που περιμένει ενώ δέχεται τα πακέτα με τη σειρά (αν $RN > SN$ τότε το πακέτο απορρίπτεται). Ο μεταδότης μπορεί να στείλει οποιοδήποτε πακέτο μέσα στα όρια του παραθύρου $[SN_{min}, SN_{min}+1]$, ($SN_{min} = \text{last RN received}$). Όταν φτάσει το τέλος του παραθύρου, ο μεταδότης A επαναμεταδίδει το πακέτο SN_{min} αφού βγει εκτός χρόνου (timeout) ή αμέσως.

Αυτή η μέθοδος μπορεί να σπταλήσει μεγάλο μέρος του εύρους ζώνης, αν ο ρυθμός εμφάνισης λαθών είναι υψηλός.

5. Selective repeat ARQ: συνίσταται στην αποθήκευση από το λήπτη όλων των σωστών πλαισίων που ακολουθούν το λαμβασμένο. Όταν ο πομπός δει ότι κάτι πάει στραβά, επαναμεταδίδει το λαμβασμένο πλαίσιο κι όχι όλα τα πλαίσια που ακολουθούν (αυτό απαιτεί μνήμη για τον λήπτη). Εδώ, ένα μοναδικό σήμα NAK μπορεί να απαιτήσει την επαναμετάδοση ακριβώς ενός πακέτου.

Για τα πρωτόκολλα go back n και selective repeat έχουμε :

p = πιθανότητα ενός πλαισίου να ληφθεί χωρίς λάθη

β = προσδοκώμενος αριθμός πλαισίων ανα διάστημα καθυστέρησης διάδοσης

n = προσδοκώμενος αριθμός πλαισίων που στέλνεται για κάθε πακέτο που γίνετα δεκτό. Τότε :
selective repeat : $n \geq 1/1-p$
go back n : $n \geq (1+pb) / 1-p$

.. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ ..

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για το ποιος έχει σειρά σε ένα διαύλο πολλαπλής προσπέλασης ανήκουν στο υπο-στρώμα ελέγχου προσπέλασης στο μέσο μετάδοσης (MAC - Medium access control) του στρώματος Ζεύξης Δεδομένων. Το MAC χρησιμοποιείται στο LAN όπου υπάρχει διαύλος πολλαπλής προσπέλασης. Αντίθετα τα WAN χρησιμοποιούν ζεύξη σημείο-σημείο εκτός των δορυφορικών δικτύων.

Στατική Εκχώρηση Διαύλου σε LAN/MAN

Ένας τρόπος εκχώρησης του διαύλου είναι η FDM δηλαδή αν υπάρχουν N χρήστες, το εύρος ζώνης χωρίζεται σε N ισομεγέθη τμήματα και σε κάθε χρήστη αντιστοιχεί ένα από αυτά. Όταν ο αριθμός των πομπών είναι μεγάλος και μεταβάλλεται συνέχεια, ή κίνηση έχει κατηγορητική μορφή, η FDM είναι προβληματική γιατί ένα μεγάλο τμήμα πολυτήμου φάσματος σταπαλείται άσκοπα.

Έστω μέση καθυστέρηση T για ένα διαύλο χωρητικότητας C bps με ρυθμό άφιξης λ πλαίσια/sec με κάθε πλαίσιο να έχει μήκος που δίνεται από εκθετική συνάρτηση με μέση τιμή $1/\mu$ bits/πλαίσιο. Τότε $T = 1/(C-\lambda)$. Διακρίνοντας τον διαύλο σε N υποδιαύλους καθένα με χωρητικότητα C/N bps θα έχουμε $T_{sub} = 1/((C/N) - (\lambda/N)) = N/(C - \lambda) = N \cdot T$. Η μέση καθυστέρηση χρησιμοποιώντας την FDM είναι N φορές χειρότερη από την περίπτωση όπου όλα τα πλαίσια είναι τοποθετημένα στη σειρά σε μια μεγάλη ουρά.

ALOHA

Υπάρχει το καθαρό και το aloha με σχισμές τα οποία διαφέρουν στο ως προς το κατά πόσο η όχι διαφέρει ο χρόνος σε διακριτές σχισμές στις οποίες πρέπει να χωρούν τα πλαίσια. Το καθαρό aloha δεν απαιτεί καθολικό συγχρονισμό ενώ το slotted τον απαιτεί. Τα πλαίσια σχεδιάζονται να έχουν το ίδιο μήκος διότι τότε η διέλευση (throughput) των συστημάτων ALOHA μεγιστοποιείται όταν το μέγεθος των πλαισίων είναι ομοίμορφο και όχι μεταβλητού μήκους.

Η πιθανότητα να δημιουργηθούν k πλαίσια μέσα σε δεδομένο χρόνο πλαισίου δίνεται από την κατανομή Poisson $Pr[k] = (G^k \cdot e^{-G}) / k!$

Οπότε η πιθανότητα να μην υπάρχουν πλαίσια είναι e^{-G} ($k=0$).

Σε διάστημα ίσο με δύο χρόνους πλαισίου ο μέσος αριθμός των παραγόμενων πλαισίων είναι $2G$. Η πιθανότητα να μην υπάρχουν πλαίσια κατά τη διάρκεια της περιόδου $2G$ είναι $P_0 = e^{-2G}$. Τότε η διέλευση είναι $(k=1) S = G \cdot e^{-G}$. Οπότε η διέλευση S μεγιστοποιείται σε $S = 1/2e$ όταν $G = 1/2$.

Στο slotted-ALOHA ο μέσος αριθμός των παραγόμενων πλαισίων είναι G (γιατί έχουμε σχισμές ίσες με 1 χρόνο πλαισίου) και συνεπώς η πιθανότητα να μην υπάρχουν πλαίσια κατά τη διάρκεια της περιόδου G είναι $P_0 = e^{-G}$. Άρα η διέλευση είναι $S = G \cdot e^{-G}$. Οπότε η διέλευση S μεγιστοποιείται σε $S = 1/e$ όταν $G = 1$.

Θεωρούμε την μετάδοση ενός πλαισίου. Η πιθανότητα να αποφύγει την σύγκρουση (άδειο slot, $k=0$) είναι e^{-G} , τότε η πιθανότητα σύγκρουσης είναι $1 - e^{-G}$. Η πιθανότητα να απαιτούνται k προσπάθειες για μετάδοση ($k-1$ συγκρούσεις, 1 επιτυχία) είναι $P = e^{-G} (1 - e^{-G})^{k-1}$.

Ο αναμενόμενος αριθμός μεταδόσεων είναι $E = e^G$.

Πρωτόκολλα πολλαπλής προσπέλασης με ανίχνευση φέροντος (CSMA)
Έτσι ονομάζονται τα πρωτόκολλα όπου οι σταθμοί αφογκραζονται για να αντιληφθούν το φέρον (πχ. μια μετάδοση) και ενεργούν ανάλογα.

I - Επίμονα: όταν ένας σταθμός έχει να στείλει δεδομένα αρχικά αφογκραζεται τον δίαυλο και αν δει ότι είναι απασχολημένος, περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί. Όταν εντοπίσει ελεύθερο δίαυλο μεταδίδει ένα πλαίσιο. Αν συμβεί σύγκρουση, ο σταθμός περιμένει για τυχαίο διάστημα και αρχίζει από την αρχή.

Mη επίμονα: προτού στείλει ένας σταθμός αφογκραζεται το δίαυλο και αν δει ότι είναι απασχολημένος περιμένει μια τυχαία χρονική περίοδο και κατόπιν επαναλαμβάνει τον αλγόριθμο. *p-επίμονα*: προτού στείλει ένας σταθμός αφογκραζεται το δίαυλο. Αν είναι ελεύθερος μεταδίδει με πιθανότητα p . Με πιθανότητα $q=1-p$ καθυστερεί μέχρι την επόμενη σχισμή. Αν αυτή είναι ελεύθερη, ο σταθμός μεταδίδει ή καθυστερεί και πάλι με πιθανότητες p, q . Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου μεταδοθεί το πλαίσιο ή αρχίσει να μεταδίδει ένας άλλος σταθμός. Αν ο σταθμός δει ότι ο δίαυλος είναι απασχολημένος περιμένει μέχρι την επόμενη σχισμή και εφαρμόζει τον πιο πάνω αλγόριθμο.

Τα επίμονα και μη επίμονα πρωτόκολλα CSMA αποτελούν βελτίωση ως προς τα ALOHA γιατί εξασφαλίζουν ότι κανένας σταθμός δεν αρχίζει να μεταδίδει όταν αντιληφθεί ότι ο δίαυλος είναι απασχολημένος.

CSMA/CD: Μία άλλη βελτίωση είναι το να εγκαταλείπουν οι σταθμοί τις μεταδόσεις τους μόλις ανιχνεύσουν σύγκρουση. Δηλ. Αν δύο σταθμοί αντιληφθούν ότι ο δίαυλος είναι ελεύθερος και αρχίσουν να μεταδίδουν συγχρόνως, τότε και οι δύο θα ανιχνεύσουν τη σύγκρουση σχεδόν αμέσως. Ο γρήγορος τερματισμός των κατεστραμμένων πλαισίων εξοικονομεί χρόνο και εύρος ζώνης. Το πρωτόκολλο CSMA/CD χρησιμοποιείται ευρέως στα LAN και συγκεκριμένα στο (ETHERNET), στο υπόστρωμα MAC.

Θεωρούμε ότι το σύστημα έχει mini χρονοαξιμίες διάρκειας β και πλήρεις χρονοαξιμίες διάρκειας 1. Τότε η μέγιστη διέλευση είναι $1/(1+3.31\beta)$ για το CSMA/CD με σχισμές και είναι άνω φραγμένη από το $1/(1+6.2\beta)$ για το CSMA/CD χωρίς σχισμές.

.. ΘΕΩΡΙΑ ΟΤΡΩΝ - ΘΕΩΡΗΜΑ LITTLE ..

M/M/1

Αποτελείται από έναν απλό σταθμό ουράς με έναν απλό server. Οι πελάτες φτάνουν σύμφωνα με την κατανομή Poisson συχνότητας λ και η πιθανοτική κατανομή του χρόνου εξυπηρέτησης είναι εκθετική με μέσο $1/\mu$ sec.

Το πρώτο γράμμα στο M/M/1 δείχνει τη φύση της διαδικασίας άφιξης (M: memoryless - Poisson διαδικασία), Το δεύτερο δείχνει την φύση της πιθανοτικής κατανομής του χρόνου εξυπηρέτησης (M: Εκθετική, G: Γενική, D: Ντετερμινιστική). Το τρίτο καταδεικνύει τον αριθμό των servers.

Από το θεώρημα του Little έχουμε: $N=\lambda T$ και $Nq=\lambda W$ μεταξύ των βασικών ποσοτήτων

N = μέσος αριθμός πελατών στο σύστημα

T = μέσος χρόνος πελάτη στο σύστημα

Nq = μέσος αριθμός πελατών στην ουρά

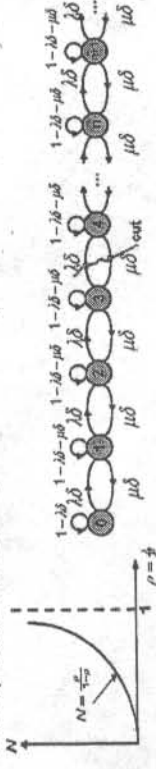
W = μέσος χρόνος αναμονής πελατών στην ουρά.

Αν p_n η πιθανότητα σταθερής κατάστασης στο σύστημα στην κατάσταση n τότε $p_n = \rho^n p_0$ ($n=1,2,\dots$), όπου $\rho=\lambda/\mu$, p_0 είναι η πιθανότητα να έχουμε 0 πελάτες στο σύστημα.

Τότε:

N	$\rho/(1-\rho)=\lambda/(\mu-\lambda)$.
T	$N/\lambda=1/(\mu-\lambda)$
W	$\rho/(\mu-\lambda)$
Nq	$\rho^2/(1-\rho)$

Όσο το ρ αυξάνεται, το N αυξάνεται και όσο το $\rho \rightarrow 1$ το $N \rightarrow \infty$ άπειρο



M/M/m

Είναι το ίδιο με το M/M/1 εκτός του ότι υπάρχουν m servers. Ένας πελάτης στην κεφαλή μιας ουράς δρομολογείται σε κάθε server που είναι διαθέσιμος.

Αν ρ η πιθανότητα σταθερής κατάστασης στο σύστημα στην κατάσταση n τότε:

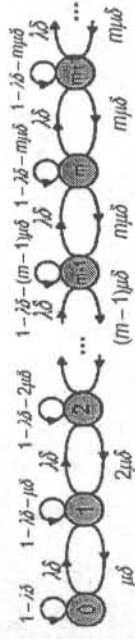
$P_n = \rho^n (m\rho)^n / n! , n \leq m$

$P_n = \rho^n (m\rho)^n / m! , n > m, \rho = \lambda/m\mu < 1$

$P_Q = \rho^n (m\rho)^m / m! (1-\rho)$

Τότε:

N	$m\rho + \rho P_Q / (1-\rho)$
T	$1/\mu + P_Q / (m\mu-\lambda)$
W	$\rho P_Q / \lambda(1-\rho)$
Nq	$\rho P_Q / (1-\rho)$



M/M/m/m

Είναι ίδιο με το M/M/m εκτός του ότι αν μια άφιξη βρει όλους τους m servers απασχολημένους, δεν εισέρχεται στο σύστημα και χάνεται. Το τελευταίο m στο M/M/m/m δείχνει το όριο στον αριθμό των πελατών στο σύστημα.

Αν p_n η πιθανότητα σταθερής κατάστασης στο σύστημα στην κατάσταση n τότε:

$P_n = \rho^n (N\mu)^n / n! , n = 1, 2, \dots, m$

Η πιθανότητα p_m ότι μια άφιξη θα βρει όλους τους m servers απασχολημένους και επομένως θα χαθεί, είναι:

$P_m = [(N\mu)^m / m!] / \sum_{n=0}^{m-1} [(N\mu)^n / n!]$

Δίκτυα Εκπομπής – σημείου

Τα δίκτυα εκπομπής έχουν ένα μοναδικό δίαυλο επικοινωνίας που τον μοιράζονται όλες οι μηχανές του δικτύου. Μικρά μηνύματα, που αποκαλούνται πακέτα σε ορισμένες περιπτώσεις, στέλνονται από μια μηχανή και λαμβάνονται από τις υπόλοιπες. Ένα πεδίο διεύθυνσης μέσα στο πακέτο καθορίζει τον παραλήπτη. Με την παραλαβή του πακέτου, κάθε μηχανή εξετάζει το πεδίο διεύθυνσης. Αν το πακέτο προορίζεται γι' αυτήν το επεξεργάζεται. Αν το πακέτο προορίζεται για κάποια άλλη μηχανή απλώς το αγνοεί. Αντίθετα τα δίκτυα σημείου προς σημείο απαρτίζονται από πολλές συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών μηχανών. Για να πάει ένα πακέτο τέτοιου δικτύου από την πηγή στον προορισμό του, θα χρειασθεί πιθανώς να επισκεφθεί διάφορες ενδιάμεσες μηχανές. Συχνά είναι πιθανό να υπάρχουν πολλαπλές διαδρομές διαφορετικού μήκους και συνεπώς οι αλγόριθμοι δρομολόγησης παίζουν εν σημαντικό ρόλο στα δίκτυα σημείου προς σημείο.

Τοπικά δίκτυα

Τα τοπικά δίκτυα συνήθως αποκαλούνται LAN, ιδιωτικά δίκτυα εκτεινόμενα εντός ενός μοναδικού κτιρίου ή σε εγκαταστάσεις ακτίνας έως μερικά χιλιόμετρα. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε γραφεία εταιριών και εργοστάσια. Τα LAN διακρίνονται από άλλα είδη δικτύων με βάση τρία χαρακτηριστικά: 1. το μέγεθος, 2. την τεχνολογία μετάδοσης και 3. την τοπολογία τους. Τα LAN είναι περιορισμένου μεγέθους που σημαίνει ότι ο χρόνος μετάδοσης στη χειρότερη περίπτωση είναι φραγμένος και γνωστός εκ των πρότερων. Η γνώση του ορίου αυτού επιτρέπει τη χρήση συγκεκριμένων τεχνικών που αλλιώς θα ήταν ανέφικτες. Επίσης απλοποιεί τη διαχείριση του δικτύου. Τα LAN χρησιμοποιούν συχνά μια τεχνολογία μετάδοσης που αποτελείται από εν απλό καλώδιο, στο οποίο έχουν συνδεθεί όλες οι μηχανές.

Μητροπολιτικά δίκτυα

Ένα μητροπολιτικό δίκτυο είναι βασικά μια μεγαλύτερη εκδοχή ενός LAN και συνήθως χρησιμοποιεί παρόμοια τεχνολογία. Μπορεί να καλύπτει ομάδα γειτονικών γραφείων μιας επιχείρησης ή μια πόλη. Το MAN μπορεί να υποστηρίζει δεδομένα καθώς και φωνή και ίσως ακόμη να σχετίζεται με την καλωδιακή τηλεόραση. Ο κύριος λόγος για να αναφέρονται τα MAN ως ειδική κατηγορία είναι ότι έχει υιοθετηθεί γι' αυτά ένα πρότυπο που τώρα υλοποιείται. Ονομάζεται **DQDB(distributes Queue Dual Bus)**. Το DQDB απαρτίζεται από δυο μονόδρομες αρτηρίες στις οποίες είναι συνδεδεμένοι όλοι οι υπολογιστές. Κάθε αρτηρία διαθέτει μια κεφαλή, δηλαδή μια συσκευή που αρχίζει τις περιόδους εκπομπής.

Δίκτυα ευρείας περιοχής

Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής ή αλλιώς WAN, καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, συχνά μια χώρα ή μια ήπειρο.. περιλαμβάνει μια συλλογή από μηχανές που προορίζονται να τρέχουν εφαρμογές. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται host. Οι host συνδέονται μέσω του υποδικτύου επικοινωνίας. Έργο του υποδικτύου είναι να μεταφέρει μηνύματα από host σε host. Διαχωρίζοντας τα καθαρά τηλεπικοινωνία θέματα του δικτύου από τα θέματα των εφαρμογών, η συνολική σχεδίαση του δικτύου απλοποιείται πολύ. Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το υποδίκτυο απαρτίζεται από δυο διακριτά στοιχεία: τις γραμμές μετάδοσης και τα στοιχεία μεταγωγής. Οι γραμμές μετάδοσης (αποκαλούμενες επίσης και ζεύξεις, κυκλώματα ή δίαυλοι) μεταφέρουν τα bit μεταξύ των μηχανών. Τα στοιχεία μεταγωγής είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές που συνδέουν δυο ή περισσότερες γραμμές μετάδοσης. Όταν τα δεδομένα φθάνουν σε μια εισερχόμενη γραμμή, το στοιχείο μεταγωγής πρέπει να επιλέξει μια εξερχόμενη γραμμή για να τα προώθησει. Στα περισσότερα WAN το δίκτυο περιλαμβάνει πολυάριθμα καλώδια καθένα από τα οποία συνδέει δυο δρομολογητές. Αν δυο δρομολογητές που δεν μοιράζονται ένα καλώδιο επιθυμούν να επικοινωνήσουν πρέπει να το κάνουν εμμέσως μέσω άλλων δρομολογητών. Όταν ένα πακέτο στέλνεται από εν δρομολογητή σε άλλον, το πακέτο παραλαμβάνεται ολόκληρο από κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή, αποθηκεύεται μέχρις ότου ελευθερωθεί η απαιτούμενη εξερχόμενη γραμμή όποτε και προωθείται. Σχεδόν όλα τα δίκτυα ευρείας περιοχής έχουν υποδίκτυο αποθήκευσης και προώθησης. Όταν τα πακέτα είναι μικρά και όλα του ίδιου μεγέθους συχνά αποκαλούνται κελιά. Μια δεύτερη δυνατότητα για ένα WAN είναι εν δορυφορικό ή ένα επίγειο ασύρματο σύστημα.. κάθε δρομολογητής διαθέτει μια κεραία μέσω της οποίας μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει.

Διαδίκτυο

Υπάρχουν πολλά δίκτυα στον κόσμο, συχνά με διαφορετικό υλικό και λογισμικό. Αυτοί που έχουν συνδεθεί σε δίκτυο συχνά θέλουν να επικοινωνήσουν με άλλους συνδεδεμένους σε ένα διαφορετικό δίκτυο. Η επιθυμία αυτή απαιτεί τη σύνδεση διαφορετικών και συχνά ασύμβατων δικτύων χρησιμοποιώντας μερικές φορές μηχανές που αποκαλούνται πύλες (gateways), για την διασύνδεση και την απαραίτητα μετάφραση, τόσο για το υλικό όσο και το λογισμικό. Ένα σύνολο διασυνδεδεμένων δικτύων ονομάζεται Διαδίκτυο. Τα υποδίκτυο, τα δίκτυα και τα διαδίκτυο συχνά συγχέονται. Το υποδίκτυο έχει κυρίως νόημα στα πλαίσια ενός δικτύου ευρείας περιοχής, όπου αναφέρεται στο σύνολο των δρομολογητών και των γραμμών επικοινωνίας. Ένα διαδίκτυο σχηματίζεται όταν συνδέονται ξεχωριστά δίκτυα. Ο συνδυασμός ενός υποδικτυου και των host σχηματίζει ένα δίκτυο.

Ιεραρχίες πρωτοκόλλων

Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα σχεδίασης τους, τα περισσότερα δίκτυα οργανώνονται σε σειρά από **στρωματά ή επίπεδα**, το καθένα από τα οποία χτίζεται πάνω στο κατώτερο του. Ο αριθμός των στρωμάτων, το όνομα κάθε στρώματος, τα περιεχόμενα και η λειτουργία του διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Το στρώμα n μιας μηχανής διεξάγει συζήτηση με το στρώμα n μιας άλλης μηχανής. Οι κανόνες και οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται στη συζήτηση συλλογικά ονομάζονται **πρωτόκολλο** στρώματος n. Στην πραγματικότητα δεν μεταφέρονται δεδομένα απ' ευθείας από το στρώμα μιας μηχανής στο στρώμα μιας άλλης. Αντίθετα κάθε στρώμα διαβιβάζει δεδομένα και πληροφορίες έλεγχου στο αμέσως κατώτερο του. Κάτω από το πρώτο στρώμα βρίσκεται το **φυσικό μέσο** μέσω του οποίου γίνεται η πραγματική επικοινωνία.

Διεπαφή

Μεταξύ κάθε ζεύγους γειτονικών στρωμάτων υπάρχει μια Διεπαφή. Η διεπαφή καθορίζει το ποιες στοιχειώδεις λειτουργίες και υπηρεσίες προσφέρει το κατώτερο στρώμα στο ανώτερο. Πέρα από την ελαχιστοποίηση της ποσότητας πληροφορίας, που πρέπει να διαβιβάζεται μεταξύ των στρωμάτων, οι ξεκάθαρες διεπαφές απλοποιούν και την αντικατάσταση της υλοποίησης ενός στρώματος με μια εντελώς διαφορετική υλοποίηση. Διότι, το μόνο που απαιτείται από τη νέα υλοποίηση είναι να προσφέρει στο αμέσως ανώτερο στρώμα ακριβώς το ίδιο σύνολο υπηρεσιών με την παλαιά.

Αρχιτεκτονική δικτύου

Ένα σύνολο από στρωματά και πρωτοκολλά αποκαλείται αρχιτεκτονική δικτύου. Οι προδιαγραφές μιας αρχιτεκτονικής δικτύου πρέπει να περιέχουν αρκετές πληροφορίες που να επιτρέπουν στον κατασκευαστή να γράψει το πρόγραμμα ή να κατασκευάσει το υλικό για κάθε στρώμα έτσι ώστε να υπακούει στο κατάλληλο πρωτόκολλο. Ούτε οι λεπτομέρειες της υλοποίησης ούτε οι προδιαγραφές των διεπαφών αποτελούν τμήμα της αρχιτεκτονικής, επειδή αυτά κρύβονται βαθιά μέσα στις μηχανές και δεν είναι ορατά απ' έξω. Μια λίστα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται από ένα συγκεκριμένο σύστημα, μ' ένα πρωτόκολλο ανά στρώμα, αποκαλείται στοίβα πρωτοκόλλων.

Μονόδρομη – αμφίδρομη επικοινωνία

Κάθε στρώμα χρειάζεται ένα μηχανισμό για τον προσδιορισμό των αποστολών και των παραληπτών. Εφόσον ένα δίκτυο υπό κανονικές συνθήκες διαθέτει πολλούς υπολογιστές, σε μερικούς από τους οποίους εκτελούνται πολλαπλές διεργασίες, είναι απαραίτητος ένας τρόπος με τον οποίο μια διεργασία σε μια μηχανή να καθορίζει με ποιον θέλει να μιλήσει. Ως συνέπεια της ύπαρξης πολλών προορισμών απαιτείται κάποιος τρόπος διευθηνσιοδότησης ώστε να καθορίζεται ένας συγκεκριμένος προορισμός. Ένα σύνολο σχεδιαστικών αποφάσεων αφορά τους κανόνες της μετάδοσης δεδομένων. Σε μερικά συστήματα τα δεδομένα οδεύουν προς μια μόνο κατεύθυνση (μονόδρομη επικοινωνία). Σε άλλα μπορεί να οδεύουν προς αμφότερες τις κατευθύνσεις ταυτόχρονα (αμφίδρομη επικοινωνία). Το πρωτόκολλο πρέπει επίσης να καθορίζει το σε ποσά λογικά κανάλια αντιστοιχεί η σύνδεση και πεις είναι οι προτεραιότητες τους. πολλά δίκτυα παρέχουν δυο λογικά κανάλια ανά σύνδεση, ένα για τα κανονικά δεδομένα κι ένα για τα επείγοντα.

Υπηρεσίες με σύνδεση και χωρίς

Μια **υπηρεσία με σύνδεση** έχει ως πρότυπο το τηλεφωνικό σύστημα. Το ουσιώδες χαρακτηριστικό μιας σύνδεσης είναι ότι αυτή λειτουργεί σαν ένας σωλήνας: ο πομπός σπρώχνει αντικείμενα από το ένα άκρο στο άλλο και ο δεκτής τα βγάζει από τον σωλήνα με τη ίδια σειρά. Αντίθετα η **υπηρεσία χωρίς σύνδεση** μπορεί να περιγράψει με βάση το ταχυδρομικό σύστημα. Κάθε μήνυμα μεταφέρει την πλήρη διεύθυνση προορισμού και δρομολογείται μέσα στο δίκτυο ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα.

Το μοντέλο αναφοράς OSI

Το μοντέλο αναφοράς OSI έχει επτά στρώματα. Οι αρχές που εφαρμόστηκαν για να προκύψουν τα επτά αυτά στρώματα είναι οι εξής:

1. ένα στρώμα πρέπει να δημιουργηθεί οπουδήποτε χρειάζεται ένα διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης
2. κάθε στρώμα πρέπει να εκτελεί μια καλά προσδιορισμένη λειτουργία
3. η λειτουργία του καθενός στρώματος πρέπει να επιλέγεται με προοπτική τον καθορισμό διεθνώς προτυποποιημένων πρωτοκόλλων
4. τα όρια των στρωμάτων πρέπει να επιλέγονται έτσι να ελαχιστοποιείται η ροή της πληροφορίας μέσω των διεπαφών
5. ο αριθμός των στρωμάτων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μη στριμώχονται διακεκριμένες λειτουργίες στο ίδιο στρώμα και αρκετά μικρός ώστε να μη γίνεται η αρχιτεκτονική δύσχρηστη.

Φυσικό στρώμα

Το φυσικό στρώμα αφορά στη μετάδοση ακατέργαστων bit μέσω ενός επικοινωνιακού καναλιού. Τα θέματα σχεδίασης σχετίζονται με τη διασφάλιση ότι όταν μια πλευρά στέλνει το bit 1, αυτό στην άλλη πλευρά λαμβάνεται ως bit 1 και όχι ως bit 0. τα προβλήματα της σχεδίασης αφορούν ως επί το πλείστον τα μηχανικά, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες στις διεπαφές καθώς και το φυσικό μέσο μετάδοσης που τοποθετείται κάτω από το φυσικό στρώμα.

Στρώμα ζεύξης δεδομένων

Το κύριο καθήκον του στρώματος ζεύξης δεδομένων είναι να μετατρέπει το αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης σε μια γραμμή που εμφανίζεται στο υπερκείμενο στρώμα δικτύου σαν ελεύθερη από σφάλματα μετάδοσης. Εκπληρώνει το καθήκον του βάζοντας τον πομπό να τεμαχίζει τα δεδομένα εισόδου σε **πλαίσια δεδομένων**, να μεταδίδει τα πλαίσια στη σειρά και να επεξεργάζεται τα **πλαίσια επαλήθευσης** που στέλνει πίσω ο δεκτής.

Στρώμα δικτύου

Το στρώμα δικτύου ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Ένα σημαντικό ζήτημα της σχεδίασης εδώ είναι ο προσδιορισμός του πως δρομολογούνται τα πακέτα από την αφετηρία στον προορισμό. Οι διαδρομές μπορεί να βασίζονται σε στατικούς πίνακες, οι οποίοι ενσωματώνονται στο δίκτυο και σπάνια αλλάζουν.

Στρώμα μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του στρώματος μεταφοράς είναι να δέχεται δεδομένα από το στρώμα συνοδού, να τα τεμαχίζει σε μικρότερες μονάδες αν είναι απαιτητό, να τα περνά στο στρώμα δικτύου και να εξασφαλίζει ότι όλα τα τμήματα φθάνουν σωστά στο άλλο άκρο. Επιπλέον όλα αυτά πρέπει να γίνονται αποδοτικά και με τέτοιο τρόπο ώστε να απομονώνονται τα ανώτερα στρώματα από τις αλλαγές στην τεχνολογία υλικού.

Στρώμα συνοδού

Το στρώμα συνοδού επιτρέπει σε χρηστές που χρησιμοποιούν διαφορετικές μηχανές να αποκαταστήσουν συνοδούς μεταξύ τους. Μια σύνοδος επιτρέπει τη συνηθισμένοι μεταφορά δεδομένων, όπως δηλαδή και το στρώμα μεταφοράς, αλλά παρέχει επίσης επιρόσθετες υπηρεσίες, χρήσιμες σε μερικές εφαρμογές. Μια σύνοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την είσοδο ενός χρηστή σ' ένα απομακρυσμένο σύστημα καταμερισμού χρόνου ή τη μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δυο μηχανών.

Στρώμα παρουσίασης

Το στρώμα παρουσίασης εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες που ζητούνται άρκεσα συχνά, ώστε να αξίζει να βρεθεί γενική λύση για αυτές αντί να αφήνεται σε κάθε χρηστή η λύση του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα σε αντίθεση με όλα τα κατώτερα στρώματα που απλώς ενδιαφέρονται να μεταφέρουν bits αξιόπιστα από το ένα σημείο στο άλλο το στρώμα παρουσίασης ασχολείται με τη σύνταξη και τη σημασία της μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Στρώμα εφαρμογής

Το στρώμα εφαρμογής περιλαμβάνει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που απαιτούνται συχνά. Μια άλλη λειτουργία του στρώματος εφαρμογής είναι η μεταφορά αρχείων. Διαφορετικά συστήματα αρχείων χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης των γραμμών κ.ο.κ Η μεταφορά ενός αρχείου απαιτεί την επίλυση αυτών και άλλων συμβατοτήτων. Η δουλειά αυτή ανήκει στο στρώμα εφαρμογής.

Δίκτυα X.25

Πολλά παλαιότερα δίκτυα κυρίως εκτός Η.Π.Α χρησιμοποιούν εν πρότυπο που ονομάζεται X.25. το πρωτόκολλο του φυσικού στρώματος αποκαλούμενο X.21, καθορίζει τη φυσική, ηλεκτρική και διαδικασιακή επαφή μεταξύ του host και του δικτύου. Το πρότυπο του στρώματος ζεύξης δεδομένων εμφανίζεται με Βαν αριθμό από παραλλαγές. Όλες έχουν σχεδιασθεί έτσι ώστε να χειρίζονται τα λάθη μετάδοσης που παρουσιάζονται στην τηλεφωνική γραμμή μεταξύ του εξοπλισμού του χρηστή και του δημόσιου δικτύου. Το πρωτόκολλο του στρώματος δικτύου ασχολείται με τη διευθηνσιοδότησης, τον έλεγχο ροής, την επαλήθευση των παραδόσεων, τις διακοπές και αλλά σχετικά θέματα. Το X.25 παρέχει υπηρεσίες με σύνδεση και υποστηρίζει και μόνιμα και επιλεγόμενα νοητά κυκλώματα. Ένα επιλεγόμενο νοητό κύκλωμα δημιουργείται όταν ένας υπολογιστής στέλνει εν πακέτο στο δίκτυο ζητώντας να γίνει μια κλήση σ'έναν απομακρυσμένο υπολογιστή. Ένα μόνιμο νοητό κύκλωμα χρησιμοποιείται όπως ένα επιλεγόμενο αλλά εγκαθίσταται προκαταβολικά.

Αναμετάδοση πλαισίων

Η αναμετάδοση πλαισίων είναι μια υπηρεσία με σύνδεση για αυτούς που θέλουν ένα απόλυτα στοιχειώδη τρόπο για να στέλνουν bit από το Α στο Β, με λογική ταχύτητα και χαμηλό κόστος. Η αναμετάδοση πλαισίων μπορεί να ειπωθεί σαν μια νοητή μισθωμένη γραμμή. Η διάφορα μεταξύ πραγματικής και νοητής μισθωμένης γραμμής είναι ότι με την πραγματική ο χρηστής μπορεί να στέλνει κίνηση όλη την ημέρα, με τη μέγιστη ταχύτητα. Με τη νοητή, οι καταγισμοί δεδομένων μπορούν να σταλούν με πλήρη ταχύτητα, αλλά μακροπρόθεσμα η μέση χρήση πρέπει να παραμένει κάτω από ένα καθορισμένο όριο.

Μεταγωγή κυκλώματος

Όταν εσείς ή ο υπολογιστής σας ξεκινά μια τηλεφωνική κλήση, ο επιλογικός εξοπλισμός του τηλεφωνικού συστήματος ψάχνει για ένα φυσικό «χάλκινο» μονοπάτι που να καλύπτει όλη την απόσταση από το τηλέφωνο σας μέχρι το τηλέφωνο του προορισμού. Η τεχνική αυτή ονομάζεται μεταγωγή κυκλώματος. Μια σπουδαία ιδιότητα της μεταγωγής κυκλώματος είναι η ανάγκη να δημιουργηθεί το μονοπάτι από άκρο σε άκρο προτού σταλούν οποιαδήποτε δεδομένα. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ του τέλους της επιλογής του αριθμού και την αρχή του κουδουνίσματος μπορεί άνετα να είναι 10 sec και μεγαλύτερος σε υπεραστικές διεθνής κλήσεις. Μια συνέπεια του χάλκινου μονοπατιού είναι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος συμφόρησης και ότι η μοναδική καθυστέρηση είναι ο χρόνος διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού σήματος.

Μεταγωγή μηνύματος

Μια εναλλακτική στρατηγική μεταγωγής είναι η μεταγωγή μηνύματος. Όταν χρησιμοποιείται αυτός ο τύπος μεταγωγής, δεν εγκαθίσταται προκαταβολικά κάποιος χάλκινο μονοπάτι μεταξύ πομπή και δεκτή. Αντ' αυτού, όταν ο πομπός έχει μια ομάδα δεδομένων προς αποστολή, αυτή αποθηκεύεται στο πρώτο κέντρο μεταγωγής και προωθείται στη συνέχεια, ένα βήμα κάθε φορά. Κάθε ομάδα λαμβάνεται ολόκληρη, εξετάζεται για λάθη και κατόπιν αναμεταδίδεται. Ένα δίκτυο που ακολουθεί αυτήν την τεχνική αποκαλείται δίκτυο αποθήκευσης και προώθησης.

Μεταγωγή πακέτου

Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου θέτουν ένα αυστηρό άνω όριο στο μέγεθος ομάδων, επιτρέποντας στα πακέτα να αποθηκευθούν προσωρινά στην κύρια μνήμη των δρομολογητών αντί του δίσκου. Με την εξασφάλιση ότι κανένας χρηστής δεν θα μπορεί να μονοπωλήσει καμία γραμμή μετάδοσης για πολύ χρόνο, τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου είναι πολύ κατάλληλα στο να χειρίζονται διαλογική κίνηση. Η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτου διαφέρουν σε αρκετά σημεία. Η βασική τους διάφορα είναι ότι η μεταγωγή κυκλώματος δεσμεύει στατικά το απαιτούμενο εύρος ζώνης εκ των πρότερων ενώ η μεταγωγή πακέτου το αποκτά και το ελευθερώνει ανάλογα με την ανάγκη. Σε αντίθεση προς τη μεταγωγή κυκλώματος όταν χρησιμοποιείται μεταγωγή πακέτου είναι πολύ εύκολο για τους δρομολογητές να παρέχουν μετατροπή ταχύτητας και αλλαγή κωδίκων. Η αναδιάταξη των πακέτων δεν μπορεί να συμβεί ποτέ στη μεταγωγή κυκλώματος. Άλλη μια διάφορα είναι ότι η μεταγωγή κυκλώματος είναι εντελώς διαφανής. Ο πομπός και ο δεκτής μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε ρυθμό bit, οποιαδήποτε δομή ή οποιαδήποτε μέθοδο πλαισίωσης επιθυμούν. Μια τελική διάφορα είναι ο αλγόριθμος χρέωσης.

Υπηρεσίες του ISDN

Ένα χαρακτηριστικό του ISDN είναι τα τηλεφωνήματα με πολλαπλά κουμπιά για άμεσες αποκαταστάσεις κλήσεων προς οποιοδήποτε τηλέφωνο, οπουδήποτε στο κόσμο. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι τα τηλεφωνήματα που απεικονίζουν σε μια οθόνη τον τηλεφωνικό αριθμό του καλούντος, το όνομα του και τη διεύθυνση του κατά τη διάρκεια του κουδουνισμού. Μια περισσότερο εξεζητημένη εκδοχή του χαρακτηριστικού αυτού επιτρέπει την ανάκληση από υπολογιστή και απεικόνιση στην οθόνη του αρχείου βάσης δεδομένων του καλούντος, καθώς η κλήση εισέρχεται. Προηγμένες υπηρεσίες χωρίς φωνή είναι η ανάγνωση μετρητών κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος από απόσταση, ιατρικοί συναγερμοί, συναγερμοί διαρρήξεων και φωτιάς, οι οποίοι αυτομάτως καλούν το νοσοκομείο την αστυνομία ή την πυροσβεστική, ώστε να επιταχύνουν την απόκριση.

Αρχιτεκτονική του ISDN

Η ιδέα κλειδί πίσω από την έννοια του ISDN είναι αυτή ενός ψηφιακού αγωγού, ενός νοητού αγωγού μεταξύ του πελάτη και της τηλεφωνικής εταιρίας, μέσω του οποίου ρέουν bits. ο ψηφιακός αγωγός bit μπορεί και συνήθως το κάνει, να υποστηρίξει πολλαπλούς ανεξάρτητους δίαυλους, με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου του συρμού bit. Η ακριβής δομή του συρμού bit και η πολυπλεξία του είναι ένα προσεκτικά καθορισμένο μέρος των προδιαγραφών της διεπαφή του ψηφιακού αγωγού bit. Έχουν αναπτυχθεί δυο βασικά πρότυπα του αγωγού bit, ένα πρότυπο χαμηλού εύρους ζώνης για οικιακή χρήση και πρότυπο υψηλότερου εύρους ζώνης για επιχειρηματική χρήση το οποίο υποστηρίζει πολλαπλούς δίαυλους, που είναι ίδιοι με τον δίαυλο οικιακής χρήσης.

N – ISDN

Το N – ISDN ήταν μια μαζική προσπάθεια να αντικατασταθεί το αναλογικό τηλεφωνικό σύστημα με ψηφιακό που είναι κατάλληλο για εξυπηρέτηση κίνησης, τόσο με φωνή όσο και χωρίς φωνή. Η επίτευξη μιας παγκόσμιας συμφωνίας, ως προς το πρότυπο της διεπαφή για τον βασικό ρυθμό, υποτίθεται ότι θα οδηγούσε σε μεγάλη ζήτηση για εξοπλισμό ISDN, οδηγώντας σε μαζική παραγωγή, οικονομία κλίμακας και φθηνά ολοκληρωμένα κυκλώματα VLSI για ISDN. Δυστυχώς η διαδικασία τυποποίηση πήρε χρόνια και η τεχνολογία στον τομέα αυτό κινήθηκε γρήγορα με αποτέλεσμα όταν πλέον επιτεύχθηκε συμφωνία ως προς το πρότυπο αυτό να είναι ξεπερασμένο.

ISDN ευρείας ζώνης

Το ISDN ευρείας ζώνης είναι ένα νοητό ψηφιακό κύκλωμα που μετακινεί πακέτα καθορισμένου μεγέθους (κελιά), από την πηγή στον προορισμό, στα 155Mbps. Το ISDN ευρείας ζώνης βασίζεται στην τεχνολογία ATM, η οποία είναι πρωταρχικά μια τεχνολογία μεταγωγής πακέτου και όχι μια τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος όπως τα PSTN και ISDN στενής ζώνης. Μια τεραστία τεχνική εμπειρία στη μεταγωγή κυκλώματος θα απαξιωθεί με την άλγη αυτή. Η μετάβαση στη μεταγωγή πακέτου αποτελεί μια πραγματική άλγη νοοτροπίας.

Νοητά κυκλώματα

Η βασική υπηρεσία του ISDN ευρείας ζώνης είναι ο συμβιβασμός μεταξύ της καθαρής μεταγωγής κυκλώματος και της καθαρής μεταγωγής πακέτου. Η πραγματική υπηρεσία που προσφέρεται είναι με σύνδεση, αλλά υλοποιείται εσωτερικά με μεταγωγή πακέτου και όχι με μεταγωγή κυκλώματος. Προσφέρονται δυο είδη συνδέσεων: **μόνιμα νοητά κυκλώματα και μεταγόμενα νοητά κυκλώματα**. Τα μόνιμα νοητά κύκλωμα ζητούνται από τους πελάτες χειροκίνητα και γενικά διατηρούνται επί μήνες ή χρόνια. Τα μεταγόμενα νοητά κύκλωμα είναι σαν τις τηλεφωνικές κλήσεις: δημιουργούνται δυναμικά όταν προκύψει η ανάγκη τους και διακόπτονται αμέσως μετά.

Μεταγωγείς ATM

Οι μεταγωγείς ATM είναι γενικά σύγχρονοι, με την έννοια ότι κατά τη διάρκεια ενός κύκλου, λαμβάνεται ένα κελί από κάθε γραμμή εισόδου, περνάει στην εσωτερική μήτρα μεταγωγής και τελικά, μεταδίδεται στη κατάλληλη γραμμή. Οι μεταγωγείς μπορεί να είναι συνεχείς ροής που σημαίνει ότι μπορεί να χρειασθούν αρκετοί κύκλοι μέχρι ένα εισερχόμενο κελί εμφανισθεί στη γραμμή εξόδου. Όλοι οι ATM μεταγωγείς έχουν δυο κοινούς στόχους: 1) να μετάγουν όλα τα κελιά με όσο το δυνατό μικρότερο ρυθμό απόρριψης, 2) να μην αναδιατάσσουν ποτέ τα κελιά σ'ένα νοητό κύκλωμα. Ένα **πρόβλημα** που απαντάται σ'όλους τους μεταγωγείς ATM είναι το τι να κάνουν εάν τα κελιά που φθάνουν σε δυο διαφορετικές εισόδους θέλουν να κατευθυνθούν προς την ίδια θύρα εξόδου στον ίδιο κύκλο. Η λύση του προβλήματος είναι ένα άπατα θέματα κλειδιά της σχεδίασης όλων των μεταγωγών ATM.

Υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα δικτύου

Τρεις πιθανές υπηρεσίες που συνήθως παρέχονται είναι:

1. η υπηρεσία χωρίς σύνδεση και χωρίς επαλήθευση
2. η υπηρεσία χωρίς σύνδεση και με επαλήθευση
3. η υπηρεσία με σύνδεση και με επαλήθευση

Η υπηρεσία χωρίς σύνδεση και χωρίς επαλήθευση συνίσταται στην αποστολή ανεξάρτητων πλαισίων από τη μηχανή πηγής προς τη μηχανή προορισμού χωρίς να απαιτείται η επαλήθευση τους από τη μηχανή προορισμού. Δεν εγκαθίσταται καμία σύνδεση από πριν ούτε απολύεται μετά. Εάν κάποιο πλαίσιο χαθεί λόγω θορύβου, δεν γίνεται προσπάθεια ανάκτηση του στο στρώμα ζεύξης δεδομένων. **Το επόμενο βήμα σε σχέση με την αξιοπιστία είναι η υπηρεσία χωρίς σύνδεση και με επαλήθευση.** Όταν προσφέρεται αυτή η υπηρεσία, πάλι δεν χρησιμοποιούνται συνδέσεις, αλλά κάθε πλαίσιο που στέλνεται επαληθεύεται ξεχωριστά. Με τον τρόπο αυτό, ο πομπός γνωρίζει το κατά πόσον εν πλαίσιο έφτασε σωστά. Η υπηρεσία είναι χρήσιμη για μη αξιόπιστους δίαυλους, όπως τα ασύρματα συστήματα. **Η πλέον εξελιγμένη υπηρεσία που μπορεί να παρέχει το στρώμα ζεύξης δεδομένων είναι η υπηρεσία με σύνδεση.** Με την υπηρεσία αυτή, οι μηχανές πηγής και προορισμού εγκαθιστούν μια σύνεση πριν μεταφερθούν οποιαδήποτε δεδομένα. Κάθε πλαίσιο που στέλνεται είναι αριθμημένο και το στρώμα ζεύξης δεδομένων εγγυάται ότι οποιοδήποτε πλαίσιο λαμβάνεται ακριβώς μια φορά και ότι όλα τα πλαίσια λαμβάνονται με τη σωστή σειρά.

Πλαισίωση

Για να είναι σε θέση να εξυπηρετεί το στρώμα δικτύου, το στρώμα ζεύξης δεδομένων πρέπει να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες που παρέχομαι σ' αυτό από το φυσικό στρώμα. Αυτό που κάνει το φυσικό στρώμα είναι να δέχεται έναν ακατέργαστο συρμό bit και να αποπειράται να τον παραδώσει στον προορισμό. Δεν παρέχεται καμία εγγύηση ότι ο συρμός Bit θα είναι ελεύθερος λαθών. Ο αριθμός των λαμβανόμενων bit μπορεί να είναι μικρότερος, ίσο ή και μεγαλύτερος από τον αριθμό των μεταδοθέντων bit και αυτά να έχουν διαφορετικές τιμές. Η συνήθης προσέγγιση είναι το στρώμα ζεύξης να τεμαχίζει τον συρμό bit σε διακριτά πλαίσια και να υπολογίζει το άθροισμα έλεγχου για κάθε πλαίσιο. Επειδή είναι υπερβολικά ρισκοκίνδυνο να στηριχθεί κανείς στον χρονοισμό για να σημαδέψει την αρχή και το τέλος κάθε πλαισίου, έχουν επινοηθεί τέσσερις μέθοδοι:

1. Μέτρηση χαρακτήρων
2. χαρακτήρες αρχής και τέλους, με παραγέμισμα χαρακτήρων
3. σημαίες αρχής και τέλους, με παραγέμισμα bit
4. παραβιάσεις της κωδικοποίησης του φυσικού στρώματος.

Έλεγχος λαθών

Ο πλέον συνήθης τρόπος για να εξασφαλισθεί η αξιόπιστη παράδοση είναι να λάβει ο πομπός κάποιας μορφής ανάδρασης που να τον πληροφορεί για το τι συμβαίνει στο άλλο άκρο της γραμμής. Συνήθως το πρωτόκολλο καλεί τον δεκτή να στείλει πίσω κάποια ειδικά πλαίσια έλεγχου που να μεταφέρουν θετικές ή αρνητικές επαληθεύσεις ως προς τα εισερχόμενα πλαίσια. Εάν ο πομπός λάβει θετική επαλήθευση για ένα πλαίσιο, γνωρίζει ότι το πλαίσιο έχει φθάσει ασφαλώς. Από την άλλη πλευρά, μια αρνητική επαλήθευση σημαίνει ότι κάτι έχει στραβά και το πλαίσιο πρέπει να μεταδοθεί ξανά.

Έλεγχος ροής

Ένα άλλο σπουδαία θέμα σχεδίασης είναι το πώς χειριζόμαστε μια κατάσταση στην οποία ο πομπός επιθυμεί συστηματικά να μεταδίδει τα πλαίσια ταχύτερα απ' ότι είναι σε θέση να δεχθεί ο δεκτής. Αυτή η κατάσταση μπορεί εύκολα να παρουσιασθεί όταν ο πομπός βρίσκεται σ' έναν γρήγορο υπολογιστή και ο δεκτής βρίσκεται σε μια αργή μηχανή. Ο πομπός συνεχίζει να στέλνει τα πλαίσια με υψηλό ρυθμό μέχρις ότου ο δεκτής να πλημμυρίσει εντελώς. Ακόμη κι αν η μετάδοση είναι χωρίς λάθη, κάποια στιγμή ο δεκτής απλώς δε θα είναι σε θέση να χειρισθεί τα πλαίσια. Η συνήθης λύση είναι η χρήση του έλεγχου ροής για να περιορισθεί ο πομπός και να μη στέλνει ταχύτερα από όση κίνηση μπορεί να χειριστεί ο δεκτής. Ο στραγγαλισμός αυτός απαιτεί γενικά κάποια μορφή μηχανισμού ανάδρασης, έτσι ώστε ο πομπός να μπορεί να γνωρίζει το κατά πόσον ο δεκτής είναι σε θέση να τον ακολουθήσει.

Σχέση μεταξύ πακέτου και πλαισίου

Είναι σημαντικό να αντιληφθούμε τη σχέση μεταξύ πακέτου και πλαισίου. Το στρώμα δικτύου σχηματίζει ένα πακέτο παίρνοντας ένα μήνυμα από το στρώμα μεταφοράς και προσθέτοντας σε αυτό την επικεφαλίδα του στρώματος δικτύου. Αυτό το πακέτο μεταφέρεται στο στρώμα ζεύξης δεδομένων για να συμπεριληφθεί στο πεδίο info ενός εξερχόμενου πλαισίου. Όταν το πλαίσιο φτάσει στον προορισμό, το στρώμα ζεύξης δεδομένων εξάγει το πακέτο από το πλαίσιο και μεταφέρει το πακέτο στο στρώμα δικτύου. Μ' αυτόν τον τρόπο το στρώμα δικτύου μπορεί να ενεργεί ως αν οι μηχανές να μπορούσαν να ανταλλάσσουν κατευθείαν πακέτα.

Επιλεκτική επανάληψη

Η δεύτερη γενική στρατηγική χειρισμού των σφαλμάτων κατά τη συνεχή διοχέτευση πλαισίων καλείται επιλεκτική επανάληψη και συνίσταται στην αποθήκευση από το λαμβάνον στρώμα ζεύξης δεδομένων όλων των σωστών πλαισίων που ακολουθούν το λανθασμένο. Όταν τελικά, ο πομπός παρατηρήσει ότι κάτι πάει στραβά, απλώς αναμεταδίδει το λανθασμένο πλαίσιο κι όχι όλα τα πλαίσια που ακολουθούν. Εάν η δεύτερη προσπάθεια επιτύχει, το λαμβάνον στρώμα ζεύξης δεδομένων θα έχει τώρα πολλά σωστά πλαίσια στη σειρά, όποτε μπορούν όλα να δοθούν γρήγορα στο στρώμα δικτύου και να επαληθευτεί η λήψη αυτού που φέρει τον μεγαλύτερο αριθμό.

Πρωτόκολλο με επιλεκτική επανάληψη

Μια εναλλακτική στρατηγική για τον χειρισμό των σφαλμάτων είναι να επιτραπεί στον δεκτή να κάνει δεκτά και να αποθηκεύει προσωρινά τα πλαίσια που ακολουθούν ένα κατεστραμμένο ή χαμένο πλαίσιο. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο δεν απορρίπτει πλαίσια απλά και μόνο επειδή ένα προηγούμενο πλαίσιο καταστράφηκε ή χάθηκε. Στο πρωτόκολλο αυτό τόσο ο πομπός όσο και ο δεκτής διατηρούν ένα παράθυρο από αποδεκτούς αύξοντες αριθμούς. Το μέγεθος του παραθύρου του πομπού αρχίζει από 0 και φτάνει μέχρι μια προκαθορισμένη μέγιστη τιμή. Ο δεκτής δεσμεύει χώρο προσωρινής αποθήκευσης για κάθε αύξοντα αριθμό του παραθύρου του. Με κάθε χώρο προσωρινής αποθήκευσης σχετίζεται ένα bit που μας πληροφορεί για το κατά πόσο η μήνιμη είναι γεμάτη ή άδεια. Κάθε φορά που φτάνει ένα πλαίσιο, ο αύξων αριθμός του ελέγχεται από τη συνάρτηση between για να διαπιστωθεί εάν πέφτει μέσα στο παράθυρο.

Καθαρό ALOHA

Η βασική ιδέα ενός συστήματος ALOHA είναι απλή: αφήστε τους χρηστές ελεύθερους να μεταδίδουν οποτεδήποτε έχουν δεδομένα προς μετάδοση. Θα υπάρχουν συγκρούσεις βεβαίως και τα συγκρουόμενα πλαίσια θα καταστραφούν. Επειδή όμως η εκπομπή παρουσιάζει την ιδιότητα της ανάδρασης, ο πομπός μπορεί πάντοτε να διαπιστώσει το κατά πόσον ή όχι το πλαίσιο του καταστράφηκε ακούγοντας το δίαυλο, ακριβώς όπως και οι άλλοι χρηστές. Στα LAN η ανάδραση είναι άμεση. Στα δορυφορικά δίκτυα υπάρχει μια καθυστέρηση των 270 msec προτού ο πομπός μάθει εάν η μετάδοση ήταν επιτυχής. Εάν το πλαίσιο καταστράφηκε, ο πομπός απλώς περιμένει ένα τοιχίο χρονικό διάστημα και το στέλνει ξανά. Ο χρόνος αναμονής πρέπει να είναι τυχαίος αλλιώς τα ίδια πλαίσια θα συγκρούονται ξανά και ξανά. Συστήματα στα οποία πολλοί χρηστές μοιράζονται έναν κοινό δίαυλο κατά τρόπο που μπορεί να οδηγήσει σε συγκρούσεις είναι γνωστά ως συστήματα ανταγωνισμού.

ALOHA με σχισμές (slotted)

Στη μέθοδο η οποία έχει γίνει γνωστή ως ALOHA με σχισμές, σε αντίθεση με το καθαρό ALOHA, δεν επιτρέπεται σε έναν υπολογιστή να μεταδίδει κάθε φορά που πληκτρολογείται ο χαρακτήρας carriage-return. Αντίθετα, χεριάζετε να περιμένει την έναρξη της επόμενης σχισμής. Έτσι το συνεχές ALOHA μετατρέπεται σε διακριτό. Γενικότερα το καθαρό ALOHA δεν απαιτεί καθολικό συγχρονισμό ενώ το ALOHA με σχισμές το απαιτεί.

Το μοντέλο αναφοράς OSI

Φυσικό στρώμα

Το φυσικό στρώμα αφορά στη μετάδοση ακατέργαστων bit μέσω ενός επικοινωνιακού καναλιού. Τα θέματα σχεδίασης σχετίζονται με τη διασφάλιση ότι όταν μια πλευρά στέλνει το bit 1, αυτό στην άλλη πλευρά λαμβάνεται ως bit 1 και όχι ως bit 0. τα προβλήματα της σχεδίασης αφορούν ως επί το πλείστον τα μηχανικά, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες στις διεπαφές καθώς και το φυσικό μέσο μετάδοσης που τοποθετείται κάτω από το φυσικό στρώμα.

Στρώμα ζεύξης δεδομένων

Το κύριο καθήκον του στρώματος ζεύξης δεδομένων είναι να μετατρέπει το αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης σε μια γραμμή που εμφανίζεται στο υπερκείμενο στρώμα δικτύου σαν ελεύθερη από σφάλματα μετάδοσης. Εκπληρώνει το καθήκον του βάζοντας τον πομπό να τεμαχίζει τα δεδομένα εισόδου σε **πλαίσια δεδομένων**, να μεταδίδει τα πλαίσια στη σειρά και να επεξεργάζεται τα **πλαίσια επαλήθευσης** που στέλνει πίσω ο δεκτής.

Στρώμα δικτύου

Το στρώμα δικτύου ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Ένα σημαντικό ζήτημα της σχεδίασης εδώ είναι ο προσδιορισμός του πως δρομολογούνται τα πακέτα από την αφετηρία στον προορισμό. Οι διαδρομές μπορεί να βασίζονται σε στατικούς πίνακες, οι οποίοι ενσωματώνονται στο δίκτυο και σπάνια αλλάζουν.

Στρώμα μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του στρώματος μεταφοράς είναι να δέχεται δεδομένα από το στρώμα συνοδού, να τα τεμαχίζει σε μικρότερες μονάδες αν είναι απαιτητό, να τα περνά στο στρώμα δικτύου και να εξασφαλίζει ότι όλα τα τμήματα φθάνουν σωστά στο άλλο άκρο. Επιπλέον όλα αυτά πρέπει να γίνονται αποδοτικά και με τέτοιο τρόπο ώστε να απομονώνονται τα ανώτερα στρώματα από τις άλογες στην τεχνολογία υλικού.

Στρώμα συνόδου

Το στρώμα συνοδού επιτρέπει σε χρηστές που χρησιμοποιούν διαφορετικές μηχανές να αποκαταστήσουν συνοδούς μεταξύ τους. Μια σύνοδος επιτρέπει τη συνηθισμένοι μεταφορά δεδομένων, όπως δηλαδή και το στρώμα μεταφοράς, αλλά παρέχει επίσης επιρόσθετες υπηρεσίες, χρήσιμες σε μερικές εφαρμογές. Μια συνοδός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την είσοδο ενός χρηστή σ' ένα απομακρυσμένο σύστημα καταμερισμού χρόνου ή τη μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δυο μηχανών.

Στρώμα παρουσίασης

Το στρώμα παρουσίασης εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες που ζητούνται άρκεσα συχνά, ώστε να αξίζει να βρεθεί γενική λύση για αυτές αντί να αφήνεται σε κάθε χρηστή η λύση του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα σε αντίθεση με όλα τα κατώτερα στρώματα που απλώς ενδιαφέρονται να μεταφέρουν bits αξιόπιστα από το ένα σημείο στο άλλο το στρώμα παρουσίασης ασχολείται με τη σύνταξη και τη σημασία της μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Στρώμα εφαρμογής

Το στρώμα εφαρμογής περιλαμβάνει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που απαιτούνται συχνά. Μια άλλη λειτουργία του στρώματος εφαρμογής είναι η μεταφορά αρχείων. Διαφορετικά συστήματα αρχείων χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης των γραμμών κ.ο.κ Η μεταφορά ενός αρχείου απαιτεί την επίλυση αυτών και άλλων συμβατοτήτων. Η δουλειά αυτή ανήκει στο στρώμα εφαρμογής.

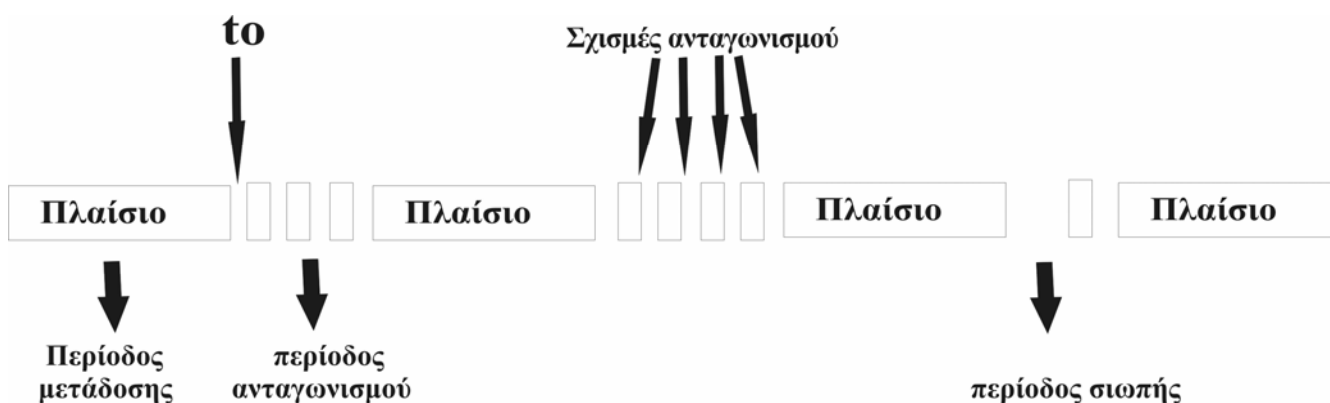
CSMA

Το πρώτο πρωτόκολλο με ανίχνευση φέροντος είναι το **1- επίμονο CSMA**. Όταν ένας σταθμός έχει να στείλει δεδομένα, αρχικά αφουγκράζεται τον δίαυλο για να δει μήπως μεταδίδει κάποιος άλλος εκείνη τη στιγμή. Εάν ο δίαυλος είναι απασχολημένος, ο σταθμός περιμένει μέχρις ότου ο δίαυλος απελευθερωθεί. Όταν ο σταθμός εντοπίσει ελεύθερο δίαυλο, μεταδίδει ένα πλαίσιο. Εάν συμβεί σύγκρουση, ο σταθμός περιμένει για κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα και μετά αρχίζει πάλι από την αρχή. Ένα δεύτερο πρωτόκολλο με ανίχνευση φέροντος είναι το **μη επίμονο CSMA**. Σ' αυτό το πρωτόκολλο καταβλήθηκε προσπάθεια να είναι λιγότερο άπληστο από το προηγούμενο. Προτού στείλει ένας σταθμός αφουγκράζεται τον δίαυλο. Εάν κανείς άλλος δεν στέλνει, τότε αρχίζει εκείνος. Ωστόσο αν ο δίαυλος είναι ήδη σε χρήση ο σταθμός δεν τον ανιχνεύει συνεχώς με σκοπό να τον καταλάβει αμέσως μόλις εντοπίσει το τέλος της προηγούμενης μετάδοσης. αντίθετα περιμένει μια τυχαία χρονική περίοδο και κατόπιν επαναλαμβάνει τον αλγόριθμο. Το τελευταίο πρωτόκολλο είναι το **p- επίμονο CSMA**. Εφαρμόζεται σε δίαυλους με σχισμές και λειτουργεί ως εξής: όταν ένας σταθμός καταστεί έτοιμος για αποστολή, αφουγκράζεται τον δίαυλο. Εάν είναι ελεύθερος μεταδίδει με πιθανότητα p . με πιθανότητα $q = p - 1$ καθυστερεί μέχρι την επόμενη σχισμή. Εάν αυτή η σχισμή είναι επίσης ελεύθερη, ο σταθμός μεταδίδει ή καθυστερεί με πιθανότητα p ή q αντίστοιχα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου μεταδοθεί το πλαίσιο ή αρχίσει να μεταδίδει κάποιος άλλος σταθμός.

CSMA/CD

Τα επίμονα και τα μη επίμονα πρωτοκολλά CSMA είναι σαφώς μια βελτίωση ως προς το ALOHA, διότι εξασφαλίζουν ότι κανένας σταθμός δεν αρχίζει να μεταδίδει όταν αντιληφθεί ότι ο δίαυλος είναι απασχολημένος. Μια άλλη βελτίωση είναι το να εγκαταλείπουν οι σταθμοί τις μεταδόσεις τους, μόλις ανιχνεύσουν σύγκρουση. Εάν δυο σταθμοί αντιληφθούν ότι ο δίαυλος είναι ελεύθερος και αρχίσουν να μεταδίδουν συγχρόνως, τότε και οι δυο θα ανιχνεύσουν τη σύγκρουση σχεδόν αμέσως. Αντί να ολοκληρώσουν τη μετάδοση των πλαισίου τους, τα οποία έτσι κι αλλιώς έχουν παραμορφωθεί ανεπανόρθωτα, πρέπει να διακόψουν απότομα τη μετάδοση μόλις ανιχνεύσουν τη σύγκρουση. Ο γρήγορος τερματισμός των κατεστραμμένων πλαισίων εξοικονομεί χρόνο και εύρος ζώνης. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται CSMA/CD.

Το CSMA/CD όπως και πολλά άλλα πρωτοκολλά του LAN, χρησιμοποιεί το θεωρητικό μοντέλο του σχήματος. Στο σημείο με την ένδειξη **το**, ένας σταθμός έχει τελειώσει τη μετάδοση του πλαισίου του. Οποιαδήποτε άλλος σταθμός έχει ένα πλαίσιο για αποστολή, μπορεί τώρα να προσπαθήσει να το στείλει. Εάν δυο ή περισσότεροι σταθμοί αποφασίσουν να μεταδώσουν ταυτόχρονα, θα δημιουργηθεί μια σύγκρουση. Οι συγκρούσεις μπορούν να ανιχνευθούν με την εξέταση της ισχύος ή της διάρκειας του παλμού του λαμβανόμενου σήματος και τη σύγκριση τους με ατά αντίστοιχα χαρακτηριστικά του μεταδωθέντος σήματος.



Αφού κάποιος σταθμός ανιχνεύσει μια σύγκρουση, εγκαταλείπει τη μετάδοση και περιμένει κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα και κατόπιν προσπαθεί ξανά, υποθέτοντας ότι κανείς άλλος σταθμός δεν θα έχει αρχίσει να μεταδίδει στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα. Συνεπώς το μοντέλο για το CSMA/CD θα αποτελείται από εναλλασσόμενες περιόδους ανταγωνισμού και μετάδοσης ενώ θα εμφανίζονται αδρανείς περιόδους όταν όλοι οι σταθμοί είναι σιωπηλοί.

Ethernet

1) Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του καναλιού τόσο μεγαλύτερο είναι και το διάστημα ανταγωνισμού.
2) Όσο αυξάνεται το μήκος καναλιού τόσο ελαττώνεται η απόδοση για ένα δεδομένο μήκος πλαισίου.
Υπάρχουν δυο λόγοι για τους οποίους υπάρχει ένα κάτω όριο στο μήκος πακέτου. Ο πρώτος για να γίνεται πιο εύκολα ο διαχωρισμός μεταξύ των έγκυρων πλαισίων από τα άχρηστα, γι' αυτό και καθορίζεται ότι τα νόμιμα πακέτα έχουν μήκος τουλάχιστον 64 byte και δεύτερον για να μπορούμε να εμποδίσουμε ένα σταθμό να ολοκληρώσει τη μετάδοση ενός μικρού πλαισίου πριν ακόμη το πρώτο bit φτάσει στο απομακρυσμένο άκρο του καλωδίου, όπου μπορεί να συγκρουστεί μ' ένα άλλο πλαίσιο.

Πολλαπλής

- τα κελιά ATM έχουν καθορισμένο μήκος και είναι μικρά (53byte)
- το επίπεδο έλεγχου σύνδεσης (DLC) δεν προσφέρει από άκρο σε άκρο λειτουργία
- σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί μεταγωγή κυκλώματος ένα αποκλειστικό μονοπάτι εγκαθίστανται μεταξύ αποστολέα και δεκτή
- ο έλεγχος λαθών και οι επαναμεταδόσεις συνήθως γίνονται στο επίπεδο **PLC** ενώ η δρομολόγηση στο επίπεδο **δικτύου**
- σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί μεταγωγή πακέτων και προσφέρει connection-oriented service όλα τα πακέτα ακολουθούν το ίδιο μονοπάτι από την αφετηρία στον προορισμό
- σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί μεταγωγή πακέτων και προσφέρει connectionless service, το κάθε πακέτο μπορεί να ακολουθήσει διαφορετικό μονοπάτι από την αφετηρία στον προορισμό
- έστω ότι θέλουμε να στείλουμε ένα αρχείο από ένα κόμβο A σε κάποιον άλλο B μέσω ενός μονοπατιού που αποτελείται από $k > 1$ συνδέσμους, τα μικρότερα πακέτα μειώνουν την καθυστέρηση εξ' αιτίας του pipelining φαινομένου, αλλά αυτή η βελτίωση αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό από την αύξηση του overhead λόγω επικεφαλίδων

datagram switching – μεταγωγή εικονικού κυκλώματος

στο datagram switching κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα ενώ στη μεταγωγή κυκλώματος όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή.

datagram switching: ευελιξία στη δρομολόγηση

μεταγωγή εικονικού κυκλώματος: τα πακέτα φτάνουν στη σωστή σειρά, μικρός υπολογιστικός φόρτος και επικοινωνιακός φόρτος.

Γιατί το FDM και το TDM μπορεί να μην είναι κατάλληλο για ένα σύστημα πολλαπλής προσπέλασης;

Στο FDM χρειάζονται ζώνες ασφάλειας μεταξύ των δίαυλων για να διακρίνονται οι σταθμοί και έτσι το μέγεθος εύρους ζώνης που χάνεται μπορεί να είναι αξιόλογο ποσοστό του συνολικού. Δεύτερον οι σταθμοί πρέπει να υφίστανται προσεκτικό έλεγχο ως προς την ισχύ. Το TDM απαιτεί απ' όλους του σταθμούς να είναι συγχρονισμένοι κάτι που δεν είναι ευκαταφρόνητο στην πράξη, επειδή οι δορυφόροι τείνουν να ολισθαίνουν στη τροχιά τους πράγμα που αλλάζει τον χρόνο διάδοσης προς κάθε επίγειο σταθμό. Επίσης απαιτεί από κάθε επίγειο σταθμό να έχει τη δυνατότητα εξαιρετικά υψηλών καταγιστικών ταχυτήτων.