

Κεφάλαιο 5

Αρχιτεκτονική δικτύων

- Μάθημα 5.1:** Πρωτόκολλα επικοινωνίας
- Μάθημα 5.2:** Λειτουργίες πρωτοκόλλων
- Μάθημα 5.3:** Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων
- Μάθημα 5.4:** Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων
- Μάθημα 5.5:** Διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης - Πρότυπα και συστάσεις
- Μάθημα 5.6:** Μοντέλο αναφοράς TCP/IP
- Μάθημα 5.7:** Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς TCP/IP και OSI



Κεφάλαιο 5: Αρχιτεκτονική δικτύων

Σκοπός

Το Κεφάλαιο 5 στοχεύει στη γνωριμία και στην εξοικείωση του μαθητή με τις γενικές αρχές που διέπουν την αρχιτεκτονική των δικτύων υπολογιστών. Κύρια θέματα τα οποία ολοκληρώνουν το απαραίτητο υπόβαθρο για την κατανόηση της αρχιτεκτονικής των δικτύων υπολογιστών και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή αφορούν τους τρόπους επικοινωνίας των διαφορετικών πρωτοκόλλων και των κανόνων που τα διέπουν, καθώς και τις διεπαφές και τις υπηρεσίες – προσανατολισμένες ή μη στη σύνδεση – που απαιτεί κάθε επίπεδο του μοντέλου αναφοράς. Καίριο όμως στόχο αποτελεί και η γνωριμία του μαθητή με τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*, των οποίων η ανάλυση και η σύγκριση δείχνει την όλη δομή και λειτουργία των δικτύων υπολογιστών.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

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

- ✓ Να μπορεί να εξηγήει την ανάγκη διάκρισης των λειτουργιών των δικτύων και τον καθορισμό των επιπέδων τους.
- ✓ Να γνωρίζει τις έννοιες του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας.
- ✓ Να διακρίνει την έννοια της υπηρεσίας από την έννοια του πρωτοκόλλου.
- ✓ Να μπορεί να εξηγήει τη χρησιμότητα των πρωτοκόλλων, των συστάσεων και των προτύπων.
- ✓ Να γνωρίζει αναλυτικά τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*.

Προερωτήσεις

1. Αντιλαμβάνεσαι γιατί πρέπει να θεσπίζονται κανόνες σε κάθε μορφή επικοινωνίας;
2. Γνωρίζεις πώς λειτουργεί το μοντέλο επικοινωνίας των ανθρώπων μέσω του ταχυδρομείου και του τηλεφώνου;
3. Γνωρίζεις τους λόγους που επιβάλλουν τη χρήση εθνικών ή διεθνών προτύπων και συστάσεων σε όλα σχεδόν τα προϊόντα που διακινούνται από τον άνθρωπο;
4. Γνωρίζεις τον τρόπο λειτουργίας του Διαδικτύου;


Μάθημα 5.1: Πρωτόκολλα επικοινωνίας

5.1.1 Εισαγωγή

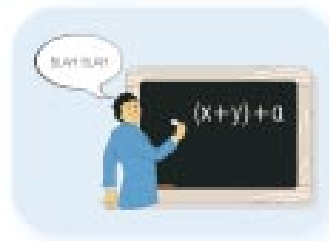
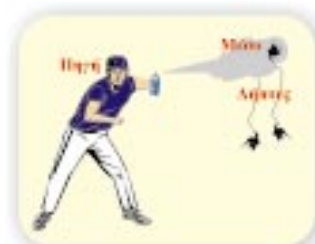
Ο σχεδιασμός των πρώτων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έγινε δίνοντας βάρος στο υλικό. Με την πάροδο του χρόνου και την αλματώδη εξέλιξη των επικοινωνιών τόσο ο σχεδιασμός όσο και η λειτουργία των δικτύων βασίστηκε περισσότερο στην ανάπτυξη του λογισμικού. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να βελτιωθεί η λειτουργία των δικτύων, το λογισμικό σχεδιάστηκε υπό μορφή **επιπέδων ή στρωμάτων (layers)**, καθένα από τα οποία δομείται επάνω στο άλλο. Ο αριθμός, η λειτουργία και το όνομα κάθε επιπέδου διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Σκοπός ενός επιπέδου είναι να προσφέρει κάποιες υπηρεσίες στα επίπεδα που βρίσκονται επάνω από αυτό, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής μετάδοση των πληροφοριών από υπολογιστή σε υπολογιστή. Σημειώνεται ότι κάθε επίπεδο δέχεται τις υπηρεσίες που του προσφέρουν τα κατώτερα από αυτό επίπεδα, χωρίς να αναγνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο προσφέρονται αυτές οι υπηρεσίες.

5.1.2 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Η επικοινωνία στα δίκτυα καθορίζεται από κανόνες που υπάρχουν και ενεργοποιούνται κατά τη σύνδεση δύο ή περισσότερων χρηστών. Κανόνες εξάλλου χρησιμοποιούνται σε όλες τις μορφές επικοινωνίας. Όταν οι άνθρωποι μιλούν, διαβάζουν, βλέπουν ή ακούν, τότε επικοινωνούν μεταξύ τους υιοθετώντας κανόνες, ώστε να μπορούν όλοι οι συμμετέχοντες να παρακολουθούν (σχήμα 5.1). Για παράδειγμα, σε ένα διεθνές συνέδριο ένας τέτοιος κανόνας επικοινωνίας είναι η χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Με τον ίδιο τρόπο, προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, θα πρέπει να υιοθετήσουν κάποιους κανόνες ή πα-



Οι προδιαγραφές κάθε αρχιτεκτονικής πρέπει να περιγράφονται καθαρά και αναλυτικά, έτσι ώστε οι μεν προγραμματιστές να είναι σε θέση να γράψουν σωστά το αντίστοιχο λογισμικό (πρωτόκολλο), οι δε κατασκευαστές να μπορούν να υλοποιήσουν με τέτοιο τρόπο το υλικό μέρος κάθε επιπέδου, ώστε να ανταποκρίνεται σωστά στο αντίστοιχο πρωτόκολλο.



Σχήμα 5.1: Τρόποι επικοινωνίας στη ζωή μας



ραδοχές, που λέγονται πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επομένως ένα **πρωτόκολλο** (*protocol*) επικοινωνίας είναι ένα σύνολο κανόνων ή παραδοχών που πρέπει να ακολουθήσουν δύο τουλάχιστον υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Το σύνολο των επιπέδων και των πρωτοκόλλων αποτελεί την **αρχιτεκτονική του δικτύου** (*network architecture*).

5.1.3 Ιεραρχία πρωτοκόλλων



Σχήμα 5.2: Δίκτυο πέντε επιπέδων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα δίκτυα οργανώνονται σε επίπεδα προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού τους. Έτσι, όταν λέμε ότι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία εννοούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται λόγω της επικοινωνίας των αντίστοιχων επιπέδων τους. Δηλαδή, αν κάποιος δίκτυο έχει οργανωθεί σε n επίπεδα, τότε κάθε επίπεδο του ενός υπολογιστή επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, με κοινό σκοπό να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται, για να λειτουργήσει αυτή η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων των δύο υπολογιστών, αποτελούν το πρωτόκολλο του συγκεκριμένου επιπέδου. Για παράδειγμα, προκειμένου να επικοινωνήσει το επίπεδο k του ενός υπολογιστή με το επίπεδο k του άλλου υπολογιστή, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο του επιπέδου k .

Το σχήμα 5.2 μας δείχνει τη σχέση μεταξύ επιπέδων και πρωτοκόλλων σε ένα δίκτυο του οποίου η επικοινωνία βασίζεται σε πέντε επίπεδα. Τα αντίστοιχα επίπεδα σε κάθε υπολογιστή ονομάζονται **ομότιμα**, ενώ οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σ' αυτά ονομάζονται **ομότιμες διεργασίες**. Τα ομότιμα επίπεδα επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο ενός επιπέδου δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένο. Πολλές φορές σε ένα επίπεδο χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα πρωτόκολλα, ανάλογα με την υπηρεσία που το επίπεδο αυτό είναι προγραμματισμένο να προσφέρει στο ανώτερο επίπεδο.

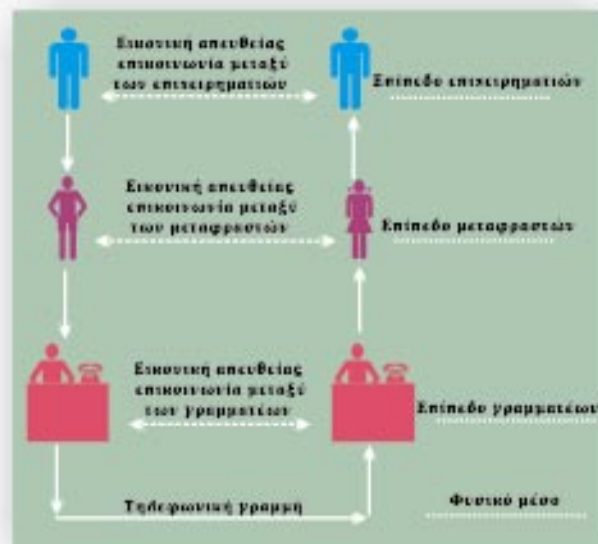
Παράδειγμα Ι

Έστω ότι δύο επιχειρηματίες, ένας Κινέζος και ένας Έλληνας, που βρίσκεται ο καθένας στη χώρα του, θέλουν να επικοινωνήσουν τηλεφωνικά, για να συνεργαστούν (σχήμα 5.3). Έστω επίσης ότι κανένας από αυτούς δε μιλά άλλη γλώσσα εκτός από τη μητρική του. Οι δύο επιχειρηματίες αποτελούν το 3ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο επιχειρηματιών). Ο μόνος τρόπος να επικοινωνήσουν είναι μέσω μεταφραστών. Ο Κινέζος προσλαμβάνει ένα μεταφραστή που μιλά κινέζικα, αγγλικά και γαλλικά, ενώ ο Έλληνας προσλαμβάνει κάποιον που μιλά ελληνικά, αγγλικά και γαλλικά. Οι δύο μεταφραστές συμφωνούν να επικοινωνούν μέσω της αγγλικής

γλώσσας. Αυτοί αποτελούν το 2ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο μεταφραστών). Κάθε φορά που ένας μεταφραστής παίρνει ένα μήνυμα από τον εργοδότη του, το μεταφράζει στα αγγλικά και παραδίδει το κείμενο στη γραμματέα προκειμένου αυτή να το προωθήσει μέσω του τηλεομοιοτυπικού μηχανήματος (*fax*) στην άλλη πλευρά. Οι γραμματείς αποτελούν το 1ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο γραμματέων).

Αντίστροφα, όταν η γραμματέας λάβει ένα τηλεομοιοτυπικό μήνυμα, το παραδίδει στο μεταφραστή, ο οποίος το μεταφράζει από τα αγγλικά στη γλώσσα του εργοδότη του και του το παραδίδει. Έτσι επιχειρηματίες να επικοινωνήσουν.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο επιχειρηματίες, δηλαδή το επίπεδο 3, επικοινωνούν μεταξύ τους απευθείας αλλά εικονικά, όπως δείχνει το σχήμα 5.3, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τους μεταφραστές και τις γραμματείς, δηλαδή τα επίπεδα 2 και 1 αντίστοιχα. Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι, στην πραγματικότητα, η επικοινωνία μεταξύ των ομότιμων μερών δε γίνεται απευθείας, αλλά ακολουθεί τη ροή του σχήματος. Η πραγματική επικοινωνία γίνεται από το φυσικό μέσο από το οποίο μεταφέρονται οι πληροφορίες, δηλαδή τα τηλεφωνικά καλώδια.



Σχήμα 5.3: Επικοινωνία επιχειρηματιών

5.1.4 Τύποι πρωτοκόλλων

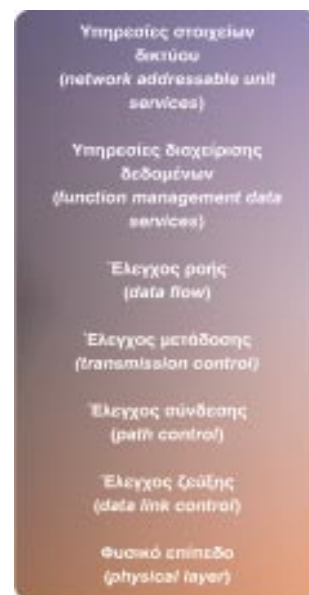
Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες πρωτοκόλλων, οι σπουδαιότερες των οποίων μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

- ✓ Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται και υποστηρίζονται από τους κατασκευαστές για ειδικά συστήματα. Ορισμένα τέτοια πρωτόκολλα είναι τα εξής:

- **SNA**

Η **αρχιτεκτονική SNA** (*System Network Architecture*) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 από την *IBM*, με σκοπό να εξυπηρετήσει τις επικοινωνίες μεταξύ υπολογιστών - σταθμών εξυπηρέτησης και υπολογιστών - τερματικών, σύμφωνα με το σχήμα πελάτης - εξυπηρέτηση. Έκτοτε βελτιώθηκε, έτσι ώστε να καλύπτει και τις ανάγκες των ομοτίμων. Η αρχιτεκτονική SNA οργανώθηκε σε επτά επίπεδα και αποτέλεσε, όπως θα δούμε αργότερα αναλυτικά, το πρότυπο επάνω στο οποίο στηρίχθηκε και η αρχιτεκτονική *OSI* (*Open System Interconnection*) του *ISO* (*International Standards Organization*).

Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.4, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.1.



Σχήμα 5.4: Η αρχιτεκτονική SNA



Επίπεδο	Ονομασία	Λειτουργίες
7	Υπηρεσίες στοιχείων δικτύου	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
6	Υπηρεσίες διαχείρισης δεδομένων	Διαχείριση των δεδομένων, κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση των δεδομένων, προετοιμασία των δεδομένων για εκπομπή
5	Έλεγχος ροής	Οργάνωση και ταξινόμηση των δεδομένων για εκπομπή
4	Έλεγχος μετάδοσης	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Έλεγχος σύνδεσης	Καθαρισμός της διαδρομής που θα ακολουθήσουν τα δεδομένα, έλεγχος, ρύθμιση του ελέγχου ροής των δεδομένων μέσα στο δίκτυο, κατάτμηση - επανασυγκόλληση των δεδομένων
2	Έλεγχος ζεύξης	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.1: Η αρχιτεκτονική SNA και οι λειτουργίες των επιπέδων της

● NetWare

Η αρχιτεκτονική **NetWare** αναπτύχθηκε από τη *Novell Corporation* και στα τέλη της δεκαετίας του 1980 - αρχές της δεκαετίας του 1990 υπήρξε η πιο δημοφιλής αρχιτεκτονική τοπικών δικτύων. Σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει τα μεγάλα συστήματα καταμεμημένης επεξεργασίας των οργανισμών με δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για το λόγο αυτό κάποιοι ισχυρότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, που έχουν το ρόλο των σταθμών εξυπηρέτησης, παρέχουν ποικίλες υπηρεσίες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές - πελάτες, όπως υπηρεσίες αρχείων, υπηρεσίες βάσεων δεδομένων κτλ.

Η αρχιτεκτονική *NetWare* οργανώθηκε σε πέντε επίπεδα, για να καλύψει τις ανάγκες επικοινωνίας των υπολογιστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο. Συγκρίνοντας την αρχιτεκτονική *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *OSI* και το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τις δύο σημαντικότερες αρχιτεκτονικές που θα μελετηθούν αναλυτικά στα παρακάτω μαθήματα, παρατηρείται μια ομοιότητα του μοντέλου *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τουλάχιστον όσον αφορά το πλήθος των επιπέδων. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το μοντέλο αναφοράς *NetWare* προηγείται χρονικά του *OSI* και προφανώς δε στηρίζεται σ' αυτό, όπως άλλα μεταγενέστερα μοντέλα αναφοράς.

Η ονομασία των 5 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.5, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.2.



Σχήμα 5.5: Η αρχιτεκτονική NetWare

Επίπεδο	Ονομασία	Πρωτόκολλα του επιπέδου	Λειτουργίες
5	Επίπεδο εφαρμογής	<i>SAP, File Server</i>	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
4	Επίπεδο μεταφοράς	<i>NCP, SPX</i>	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Επίπεδο δικτύου	<i>IPX</i>	Μεταφορά των δεδομένων από τον αποστολέα στον αποδέκτη, ακόμα και αν βρίσκονται σε διαφορετικά δίκτυα. Έχει την ίδια λειτουργικότητα με το IP, αλλά διαφέρει ως προς το μήκος της διεύθυνσης.
2	Επίπεδο γραμμής δεδομένων	<i>Ethernet, Token Ring, ARCnet</i>	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	<i>Ethernet, Token Ring, ARCnet</i>	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.2: Η αρχιτεκτονική NetWare, τα πρωτόκολλα και οι λειτουργίες των επιπέδων της

● AppleTalk

Η αρχιτεκτονική **AppleTalk** αναπτύχθηκε από την εταιρεία *Apple*. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία των ανοικτών συστημάτων, που θέλει τους υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από το λειτουργικό τους σύστημα και τη στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν, η αρχιτεκτονική *AppleTalk* έχει σκοπό τη διασύνδεση των υπολογιστών της *Macintosh* τόσο μεταξύ τους όσο και με τα δίκτυα άλλων κατασκευαστών. Η *Apple*, στα πρότυπα του μοντέλου επιπέδων, ανέπτυξε το μοντέλο αναφοράς *AppleTalk*, το οποίο οργανώθηκε σε έξι επίπεδα.

Η ονομασία των 6 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.6, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.3.



Σχήμα 5.6: Η αρχιτεκτονική *AppleTalk*



Επίπεδο	Ονομασία	Πρωτόκολλα του επιπέδου	Λειτουργίες
6	Επίπεδο εφαρμογής	<i>AFP, PostScript</i>	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
5	Επίπεδο συνόδου	<i>ADSP, ZIP, ASP, PAP</i>	Χορήγηση δικαιώματος στους χρήστες διαφορετικών μηχανημάτων να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους
4	Επίπεδο μεταφοράς	<i>RTMP, AEP, ATP, NBP</i>	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Επίπεδο δικτύου	<i>DDP</i>	Ορθή μεταφορά των δεδομένων από τον πομπό στο δέκτη
2	Επίπεδο γραμμής δεδομένων	<i>ELAP, TLAP, LLAP</i>	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	<i>IEEE LANs, LocalTalk</i>	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.3: Η αρχιτεκτονική AppleTalk, τα πρωτόκολλα και οι λειτουργίες των επιπέδων της



Σχήμα 5.7: Η αρχιτεκτονική DNA

● DNA

DECnet (*Digital Equipment Corporation NETWORK*) είναι το όνομα των δικτύων της ομώνυμης εταιρείας κατασκευής τους και **DNA** είναι το μοντέλο αναφοράς που χρησιμοποιούν τα εν λόγω δίκτυα, για να επικοινωνήσουν. Η λειτουργία του μοντέλου βασίζεται σε ένα σύστημα επτά επιπέδων κατά το πρότυπο του *OSI*. Η αρχιτεκτονική *DNA* είναι από τις τελευταίες που αναπτύχθηκαν. Είναι ένα εξελιγμένο μοντέλο και έχει εμφανιστεί ως τώρα σε διάφορες εκδόσεις. Η έκδοση IV του *DNA* οργανώθηκε σε επτά επίπεδα, ενώ η έκδοση V έχει πλήρως υιοθετήσει το μοντέλο αναφοράς *OSI*, το οποίο θα εξετάσουμε αναλυτικά στο Μάθημα 5.4.

Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.7, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.4.

Επίπεδο	Ονομασία	Λειτουργίες
7	Εφαρμογές χρήστη	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη, διαχείριση των λειτουργιών του δικτύου
6	Εφαρμογές δικτύου	Διαχείριση και υποστήριξη των εφαρμογών του δικτύου, όπως μεταφορά και πρόσβαση αρχείων, πρόσβαση σε απομακρυσμένο υπολογιστή κτλ.
5	Έλεγχος συνόδου	Αντιστοίχιση ανάμεσα σε λογικά ονόματα και φυσικές διευθύνσεις κ.ά.
4	Από άκρη σε άκρη επικοινωνία	Υποστήριξη της από άκρη σε άκρη επικοινωνίας, ευθύνη για τον κερματισμό και την επανασυγκόλληση των δεδομένων
3	Δρομολόγηση	Επιλογή και αποκατάσταση του δρόμου που θα ακολουθήσουν τα δεδομένα, έλεγχος, ρύθμιση του ελέγχου ροής των δεδομένων μέσα στο δίκτυο
2	Διασύνδεση δεδομένων	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσική σύνδεση	Έλεγχος και υποστήριξη του υλικού επικοινωνίας

Πίνακας 5.4: Η αρχιτεκτονική DNA και οι λειτουργίες των επιπέδων της

- Τέλος, υπάρχουν και άλλες αρχιτεκτονικές οι οποίες ακολουθούν τη φιλοσοφία των επιπέδων και χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται σήμερα, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο, όπως τα *Windows NT* της Microsoft, το *X.25*, το *XNS*, το *Banyan VINES* κτλ.
- ✓ Πρωτόκολλα για δημόσια και ελεύθερη χρήση που αναπτύσσονται και διατίθενται δωρεάν. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Άμυνας της Αμερικής δημιούργησε το *TCP/IP*, για να χρησιμοποιηθεί αρχικά στο δίκτυο *ARPANET* και κατόπιν να διατεθεί δωρεάν σε όλους τους χρήστες του δικτύου, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη δημιουργία του Διαδικτύου (*Internet*).
- ✓ Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται από διεθνείς οργανισμούς, όπως είναι ο **ISO** (*International Standards Organization*), η **ITU** (*International Telecommunications Union*), πρώην *CCITT*, και το *IEEE*, με στόχο να προωθήσουν διεθνή και κοινώς αποδεκτά πρωτόκολλα.

Συμπερασματικά, η ταξινόμηση των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει τα εξής:

- ✓ **Σχήμα πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης** (*client/server*) και **ομότιμα** (*peer to peer*) **πρωτόκολλα**. Στην πρώτη περίπτωση ο σταθμός εξυπηρέτησης έχει τον έλεγχο της επικοινωνίας. Μόλις επιτευχθεί η επικοινωνία, αυτός είναι υπεύθυνος για τη γραμμή επικοινωνίας και τη μεταφορά των δεδομένων. Αντίθετα, στα ομότιμα πρωτόκολλα δεν υπάρχει αυτή η έννοια του ελέγχου.
- ✓ **Πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση** (*connectionless*), **πρωτόκολλα με σύνδεση** (*connection oriented*) και **πρωτόκολλα «στείλε και προσευχήσου»** (*send and pray*). Τα πρωτόκολλα αυτά αντιστοιχούν στους ποικίλους τρόπους με τους οποίους η



πληροφορία μεταφέρεται μεταξύ των χρηστών. Η διαφορά τους έγκειται κυρίως στο διαφορετικό βαθμό αξιοπιστίας της μετάδοσης των δεδομένων (βλ. Μάθημα 5.3).

- ✓ **Συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα** (*synchronous, asynchronous*). Στα ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα τα δεδομένα μεταδίδονται ανά ένα δυαδικό ψηφίο στη μονάδα του χρόνου. Στα συγχρονισμένα πρωτόκολλα μια ομάδα από δυαδικά ψηφία μεταδίδεται συνεχώς και ο δέκτης συγχρονίζεται με τον πομπό, ώστε να δεχτεί τα δεδομένα.
- ✓ **Ιεραρχημένα και μονολιθικά πρωτόκολλα**. Τα ιεραρχημένα βασίζονται σε σύγχρονες αρχιτεκτονικές και ακολουθούν το πρότυπο της αυστηρής ιεραρχίας του μοντέλου *OSI*. Αντίθετα, τα μονολιθικά είναι πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν ένα μόνο επίπεδο, περιοριζόμενα στην αυστηρώς απαραίτητη λειτουργία που χρειάζονται.
- ✓ **Βαριά και ελαφριά πρωτόκολλα** (*heavy, light*). Τα βαριά πρωτόκολλα είναι αυτά που παρέχουν ένα ευρύ πλήθος λειτουργιών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων. Αντίθετα, τα ελαφριά πρωτόκολλα διαθέτουν ελάχιστες λειτουργίες, αλλά δε δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων.

5.1.5 Μεταφορά δεδομένων μέσω πρωτοκόλλων

Όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχει πάντα η πιθανότητα μερικές από τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν να χαθούν ή να αλλοιωθούν. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υπεύθυνα για να ανιχνεύουν την απώλεια ή την αλλοίωση και να αποκαθιστούν τη βλάβη κατά περίπτωση. Συνήθως, όταν ένας υπολογιστής στέλνει πακέτα δεδομένων σε έναν άλλο υπολογιστή, ο δέκτης επιβεβαιώνει τη λήψη των πακέτων στέλλοντας στον αποστολέα μια επιβεβαίωση λήψης (*ACK: Acknowledgment*). Στην περίπτωση που ένα πακέτο χαθεί, τότε ο αποστολέας λαμβάνει αρνητική επιβεβαίωση (*NACK: Not Acknowledgment*), οπότε και ξαναστέλνει το πακέτο.

Και οι δύο περιπτώσεις αφορούν την αποστολή ενός σήματος από το δέκτη στον αποστολέα ότι έλαβε (*ACK*) ή δεν έλαβε (*NACK*) κάποιο συγκεκριμένο πακέτο, αν βέβαια ανιχνεύσει την απώλεια ή την εσφαλμένη λήψη δεδομένων. Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν η μη λήψη επιβεβαίωσης για κάποιο πακέτο εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος να ισοδυναμεί με αρνητική επιβεβαίωση. Βέβαια υπάρχουν τεχνικές που διορθώνουν τις απώλειες και τα λάθη, χωρίς να ακολουθείται αυτή η διαδικασία επιβεβαίωσης από το δέκτη. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε δίκτυα στα οποία διαπιστώνεται υψηλή συχνότητα λάθους, της τάξης του 10^{-5} , δηλαδή του 1 στα 10^5 δυαδικά ψηφία περίπου.

Τα πρωτόκολλα που επιστρατεύονται, για να αναμεταδώσουν τα δεδομένα που χάθηκαν ή αλλοιώθηκαν, ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα του καναλιού μετάδο-



σης. Επειδή πρόκειται για μετάδοση σήματος, εφαρμόζονται οι τεχνικές που αναλύθηκαν στο Μάθημα 2.5 (παράγραφος 2.5.3), δηλαδή η τεχνική της άμεσης ή της έμμεσης αναγνώρισης κ.ά.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πρωτόκολλο επικοινωνίας, σχήμα πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης, ομότιμα πρωτόκολλα, πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση, πρωτόκολλα με σύνδεση, πρωτόκολλα «στείλε και προσευχήσου», συγχρονισμένα πρωτόκολλα, ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα, ιεραρχημένα πρωτόκολλα.





Μάθημα 5.2: Λειτουργίες πρωτοκόλλων

Όπως σημειώθηκε στο προηγούμενο μάθημα, η επικοινωνία στα δίκτυα υπολογιστών καθορίζεται και ελέγχεται από κανόνες οι οποίοι ενεργοποιούνται κατά τη σύνδεση. Αν και κάθε πρωτόκολλο επικοινωνίας διαθέτει το δικό του σύνολο κανόνων, οι βασικές λειτουργίες που αναπτύσσει έχουν ομαδοποιηθεί και σαφώς καθορίζεται ως ακολούθως:

- ✓ Κατάτμηση μηνυμάτων
- ✓ Επανασύνθεση
- ✓ Ενθυλάκωση
- ✓ Έλεγχος σύνδεσης
- ✓ Έλεγχος ροής
- ✓ Έλεγχος σφαλμάτων
- ✓ Τμηματοποίηση
- ✓ Διευθυνσιοδότηση
- ✓ Προτεραιότητα διεκπεραίωσης
- ✓ Ασφάλεια

Οι διακριτές αυτές λειτουργίες θα αναπτυχθούν στη συνέχεια λεπτομερέστερα, ώστε να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο εξασφαλίζεται η επικοινωνία.

5.2.1 Κατάτμηση μηνυμάτων

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι πληροφορίες που στέλνονται από έναν υπολογιστή σε κάποιον άλλο χωρίζονται σε μικρότερες ομάδες δεδομένων, το μέγεθος των οποίων ποικίλλει. Αυτές οι τεμαχισμένες πληροφορίες ονομάζονται **μονάδες δεδομένων πρωτοκόλλου** (*PDUs: Protocol Data Units*), ενώ η λειτουργία τεμαχισμού ονομάζεται **κατάτμηση** (*segmentation* ή *fragmentation*) μηνυμάτων. Το μέγεθος των *PDUs* μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το δίκτυο, το πρωτόκολλο επικοινωνίας ή και την επιμέρους συμφωνία των χρηστών. Για παράδειγμα, ένα πρωτόκολλο μπορεί να ορίζει το μέγεθος της *PDU* σε 8.000 χαρακτήρες, όμως ένας χρήστης μπορεί να το περιορίσει στο μέγεθος ενός τυπικού πακέτου, δηλαδή σε 1.000 περίπου χαρακτήρες. Η κατάτμηση πραγματοποιείται για διάφορους λόγους, όπως είναι:

- ✓ Ο ευκολότερος έλεγχος της μετάδοσης των δεδομένων.
- ✓ Η σαφώς καλύτερη συνολική απόδοση του δικτύου, ειδικότερα στις περιπτώσεις δικτύων πολλαπλής πρόσβασης με μικρό μέγεθος *PDU*.
- ✓ Η συμβατότητα με το υλικό, τα ποικίλα λειτουργικά συστήματα και τα διεθνή πρότυπα.
- ✓ Η ευκολότερη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που παρουσιάζονται κατά τη μετά-

δοση των δεδομένων ή κατά την επαναμετάδοση των λανθασμένων *PDU*s.

- ✓ Η ανάγκη για μικρή παρουσία των *PDU*s στο κανάλι επικοινωνίας. Σημειώνεται ότι το μέγεθος των *PDU*s παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του καναλιού επικοινωνίας, ενώ ο ακριβής καθορισμός του αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης.

5.2.2 Επανασύνθεση

Η **επανασύνθεση** (*re-assembly*) είναι η αντίθετη λειτουργία της κατάτμησης. Οι *PDU*s του ίδιου μηνύματος, μέσω ειδικών λειτουργιών, επανασυντίθενται, όταν φθάσουν στον προορισμό τους, προκειμένου να δημιουργήσουν το αρχικό μήνυμα.

5.2.3 Ενθυλάκωση

Μια πρόσθετη λειτουργία των πρωτοκόλλων αφορά την **ενθυλάκωση** (*encapsulation*), δηλαδή την προσθήκη διάφορων πληροφοριών ελέγχου στις *PDU*s (σχήμα 5.8). Οι πληροφορίες ελέγχου είναι συνήθως τριών κατηγοριών και αφορούν:

- ✓ **Διευθύνσεις**, δηλαδή τη διεύθυνση του αποστολέα και / ή τη διεύθυνση του παραλήπτη.
- ✓ **Χαρακτήρες ανίχνευσης λαθών**. Μέσα στις *PDU*s υπάρχει συνήθως το πεδίο *FCS* (*Frame Check Sequence*) που ακολουθεί το πεδίο των δεδομένων (Μάθημα 2.5). Όταν οι *PDU*s φθάσουν στο δέκτη, γίνονται διάφοροι υπολογισμοί και το αποτέλεσμα συγκρίνεται με το *FCS*. Αν κάποια δυαδικά ψηφία από το πεδίο *FCS* έχουν χαθεί ή καταστραφεί, το αποτέλεσμα θα είναι διαφορετικό, με συνέπεια ο δέκτης να απορρίψει το πακέτο και να στείλει μήνυμα επανεκπομπής στον πομπό.
- ✓ **Πρόσθετους χαρακτήρες συγχρονισμού και ελέγχου**. Οι χαρακτήρες που προστίθενται στις *PDU*s αφορούν τις επανεκπομπές, το συγχρονισμό και τους ελέγχους.



Σχήμα 5.8: Ενθυλάκωση δεδομένων



5.2.4 Έλεγχος σύνδεσης

Η λειτουργία **ελέγχου σύνδεσης** (*connection control*) των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών. Για την πραγματοποίηση της σύνδεσης ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- ✓ εγκατάσταση σύνδεσης,
- ✓ ανταλλαγή πληροφοριών,
- ✓ αποκατάσταση σύνδεσης σε περιπτώσεις σφαλμάτων ή άλλων διακοπών,
- ✓ τερματισμός και απενεργοποίηση της σύνδεσης.

5.2.5 Έλεγχος ροής

Με τη λειτουργία του **ελέγχου ροής** (*flow control*) καθορίζεται ο ανώτατος ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων στον παραλήπτη. Αναλυτικότερα, η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες σύμφωνα με τις οποίες η ροή των *PDUs* σταματά ή περιορίζεται, όταν ο δέκτης έχει γεμίσει από πακέτα και δεν είναι σε θέση να δεχτεί άλλα. Οι συνηθέστερες τεχνικές ελέγχου ροής (Μάθημα 2.5) είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης πρέπει πρώτα να επιβεβαιώσει την ορθή λήψη ενός πακέτου, πριν ο πομπός στείλει το επόμενο πακέτο (*stop and wait ARQ*).
- ✓ Η τεχνική του παραθύρου, σύμφωνα με την οποία ο πομπός αποστέλλει έναν ορισμένο αριθμό πακέτων χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δέκτη.
- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης στέλνει αρνητική απάντηση ή δεν απαντά στην κλήση του πομπού.

5.2.6 Έλεγχος σφαλμάτων

Η πιο βασική ίσως λειτουργία των πρωτοκόλλων είναι αυτή της προστασίας των *PDUs* από λανθασμένες αποστολές. Το σύστημα πρέπει να ανιχνεύει τις διακοπές στη μετάδοση των δεδομένων, να εντοπίζει τυχόν απώλειες ή, σε μερικές περιπτώσεις, να εντοπίζει δεδομένα που στάλθηκαν περισσότερες από μία φορές και τέλος, αν είναι δυνατόν, να διορθώνει τα λάθη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι διόρθωσης (Μάθημα 2.5):

- ✓ Η μέθοδος της επανεκπομπής μηνυμάτων, κατά την οποία, αφού εντοπισθεί το σφάλμα, ζητείται από τον πομπό να επαναμεταδώσει την εσφαλμένη *PDU* (*ARQ*).
- ✓ Η μέθοδος της διόρθωσης, σύμφωνα με την οποία ο δέκτης έχει την ικανότητα να διορθώσει μόνος του την εσφαλμένη *PDU*, χωρίς να ζητήσει από τον πομπό να την ξαναστείλει (*AEC*).

5.2.7 Τμηματοποίηση

Στη λειτουργία αυτή γίνεται η αριθμοδότηση των *PDU*s, ώστε αυτές να ληφθούν σωστά από το δέκτη. Αρκετά δίκτυα έχουν πολλές επιλογές διαδρομών τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν οι *PDU*s προκειμένου να φθάσουν στο δέκτη, αφού αυτές φτάνουν στο δέκτη με διαφορετική σειρά από αυτήν που έφυγαν από τον πομπό. Επομένως είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του δέκτη να επανασυναρμολογήσουν το αρχικό μήνυμα, τοποθετώντας τις *PDU*s στη σωστή σειρά.

5.2.8 Διευθυνσιοδότηση

Κάθε υπολογιστής, για να επικοινωνήσει, πρέπει να είναι εφοδιασμένος με μία μοναδική διεύθυνση. Η διεύθυνση αυτή τον ξεχωρίζει από τους άλλους υπολογιστές, καθώς δείχνει ποιος στέλνει και ποιος λαμβάνει τις *PDU*s. Η πιο γνωστή μέθοδος διευθυνσιοδότησης είναι η *IP*, που χρησιμοποιείται από το Διαδίκτυο και για την οποία θα γίνει αναλυτική αναφορά στο Μάθημα 5.6. Η διεύθυνση αυτή δίνει τη δυνατότητα στο Διαδίκτυο να παραδώσει σωστά τις *PDU*s που αντιστοιχούν σε κάθε ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Η διεύθυνση *IP* αποτελεί την ταχυδρομική διεύθυνση ενός υπολογιστή που συνδέεται στο Διαδίκτυο. Οι *IP* διευθύνσεις του Διαδικτύου έχουν μήκος 4 bytes, π.χ. 150. 140. 187.5 1.

5.2.9 Προτεραιότητα διεκπεραίωσης

Είναι δυνατόν οι *PDU*s που μεταδίδονται να έχουν διαφορετική προτεραιότητα μετάδοσης. Αν κάποιες *PDU*s συμβαίνει να έχουν υψηλότερη προτεραιότητα διεκπεραίωσης από κάποιες άλλες, το δίκτυο είναι υποχρεωμένο να εξυπηρετήσει πρώτα αυτές και σε δεύτερη φάση όσες έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα. Τέτοια περίπτωση είναι η προτεραιότητα των μηνυμάτων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, δηλαδή η αποστολή κάποιου ηλεκτρονικού μηνύματος με κανονική (*normal*), πολύ υψηλή (*higher*) ή πάρα πολύ υψηλή (*highest*) προτεραιότητα.

5.2.10 Ασφάλεια

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υποχρεωμένα να εξασφαλίσουν τη μέγιστη ασφάλεια των μηνυμάτων από παρεμβολές, αλλοιώσεις, υποκλοπές και γενικά από οτιδήποτε μπορεί να επηρεάσει την ορθότητά τους. Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά των δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα σ' αυτό τον τομέα έχει ενταθεί, ιδιαίτερα με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου (*e-commerce*).



5.2.11 Συγχρονισμός

Σε μια συνεχή ροή δυαδικών ψηφίων οι δέκτες πρέπει να είναι σε θέση να καθορίζουν τη θέση του πρώτου δυαδικού ψηφίου, του πρώτου χαρακτήρα, του πρώτου πακέτου, καθώς και του πλαισίου (*PDU*s), έτσι ώστε να μπορούν να διαγράψουν την πρόσθετη πληροφορία (*overhead*) ελέγχου με την οποία επιβαρύνονται τα δεδομένα κατά τη δημιουργία του αρχικού μηνύματος.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Κατάτμηση μηνυμάτων, επανασύνθεση, ενθυλάκωση, τμηματοποίηση, διευθυνσιοδότηση, προτεραιότητα διεκπεραίωσης, έλεγχος σύνδεσης, έλεγχος ροής, έλεγχος σφαλμάτων, ασφάλεια, συγχρονισμός.

Μάθημα 5.3: Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων

5.3.1 Διεπαφές

Όπως είναι γνωστό, σε ένα σύστημα επιπέδων επικοινωνίας κάθε επίπεδο επιτελεί ορισμένες λειτουργίες και προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερό του μέσω μιας **διεπαφής**. Επειδή οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Για παράδειγμα, εισάγοντας τις διεπαφές μεταξύ των επιπέδων, ένα δίκτυο πέντε επιπέδων μπορεί να παρουσιαστεί όπως στο σχήμα 5.9.



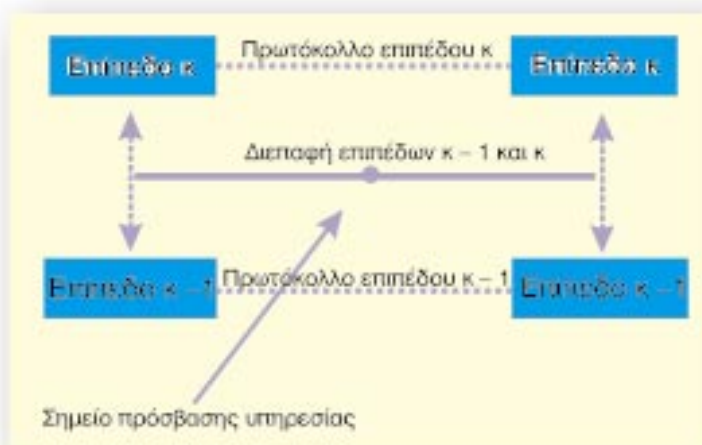
Σχήμα 5.9: Δίκτυο πέντε επιπέδων (επίπεδα - πρωτόκολλα - διεπαφές)

Όπως συνήθως συμβαίνει στα υπολογιστικά συστήματα, τα στοιχεία που καθορίζουν τη λειτουργία ενός επιπέδου είναι δύο ειδών: το υλικό, όπως είναι κάποιο κύκλωμα, και το λογισμικό, όπως είναι κάποιος κώδικας. Για να μπορεί ένα επίπεδο να προσφέρει τις υπηρεσίες του στο αμέσως ανώτερό του, είναι ενδεχόμενο να χρησιμοποιεί υπηρεσίες που του προσφέρονται από το αμέσως κατώτερό του. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από το ένα επίπεδο στο άλλο μπορούν να είναι διάφορων κατηγο-



ριών, όπως, για παράδειγμα, ακριβή και γρήγορη επικοινωνία ή φτηνή και αργή.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.10, οι υπηρεσίες κάποιου επιπέδου στο αμέσως ανώτερό του προσφέρονται στα **σημεία πρόσβασης υπηρεσίας** (SAPs: *Service Access Points*). Τα σημεία πρόσβασης της υπηρεσίας βρίσκονται επάνω στη διεπαφή των δύο επιπέδων.



Σχήμα 5.10: Σημεία πρόσβασης υπηρεσίας

5.3.2 Υπηρεσίες

Ένα σύστημα επικοινωνίας χρειάζεται απαραίτητα μία τουλάχιστον υπηρεσία με σύνδεση. Η υπηρεσία αυτή είναι προγραμματισμένη να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα που στάλθηκαν από τον πομπό παραλήφθηκαν πράγματι από το δέκτη, δηλαδή ότι δεν υπήρξαν απώλειες δεδομένων για οποιονδήποτε λόγο. Σημειώνεται ότι η απώλεια δεδομένων κατά τη διέλευση τους μέσα από το δίκτυο, η οποία συμβαίνει είτε λόγω καταστροφής τους είτε λόγω ανεπανόρθωτα λανθασμένης λήψης τους, καθιστά μια υπηρεσία μη αξιόπιστη, δηλαδή χαρακτηρίζει την ποιότητά της. Επομένως κάποιες υπηρεσίες θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστες από κάποιες άλλες, ανάλογα με τον όγκο των δεδομένων που χάνουν. Οι πιο αξιόπιστες δε χάνουν ποτέ δεδομένα και συνήθως είναι αυτές που ο πομπός λαμβάνει μια επιβεβαίωση από το δέκτη ότι πράγματι έλαβε τα δεδομένα που εκείνος έστειλε. Όμως η συνεχής επιβεβαίωση λήψης δημιουργεί καθυστερήσεις, αφού αυξάνει την ποσότητα των δεδομένων που περιμένουν να μεταβιβαστούν από το ένα μέρος στο άλλο, μειώνοντας έτσι την απόδοση του όλου συστήματος επικοινωνίας. Οι πλεοναστικές αυτές πληροφορίες, αν και είναι πολύ



χρήσιμες για την αξιόπιστη μετάδοση των πληροφοριών, στην πράξη όμως δεν ενδιαφέρουν το χρήστη.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται κάθε φορά από το ένα επίπεδο επικοινωνίας στο άλλο εξαρτώνται και από τις ανάγκες των χρηστών για αξιόπιστη επικοινωνία. Για παράδειγμα, κατά τη μεταφορά ενός αρχείου από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή σε έναν άλλο χρειαζόμαστε αξιόπιστη επικοινωνία, γιατί η απώλεια ακόμα και ελάχιστων δυαδικών ψηφίων ίσως να αποδειχτεί καταστροφική για την ολοκληρωμένη και σωστή μεταφορά του αρχείου. Στην περίπτωση όμως της οπτικής τηλεδιάσκεψης ή της τηλεφωνικής επικοινωνίας, η απώλεια κάποιων πλαισίων εικόνας ή κάποιων λέξεων, αντίστοιχα, δεν αποτελεί καταστροφή, αφού αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο ρυθμός μετάδοσης και όχι η απόλυτη ακρίβεια των δεδομένων που μεταφέρονται.



Ένα επίπεδο μπορεί να προσφέρει στο ανώτερό του επίπεδο δύο ειδών υπηρεσίες:

- ✓ **προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*COSs: Connection Oriented Services*) και
- ✓ **μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*CLSs: ConnectionLess Services*).

Οι παραπάνω υπηρεσίες λειτουργούν και με ορισμένες παραλλαγές, που είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*ALSs: Acknowledged connectionLess Services*) και
- ✓ **ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*UOSs: Unconfirmed connection Oriented Services*).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, για να επικοινωνήσουν δύο μέρη, απαιτείται να συμφωνήσουν τόσο στην κατηγορία της υπηρεσίας όσο και στο πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί για να προσφέρει αυτή την υπηρεσία.

5.3.2.1 Προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*COSs: Connection Oriented Services*) διακρίνονται σε υπηρεσίες με **σύνδεση** και σε υπηρεσίες **νοητού κυκλώματος** (*virtual circuit*). Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στις αρχές του τηλεφωνικού συστήματος, σύμφωνα με το οποίο, πριν αρχίσει η μετάδοση των δεδομένων, απαιτείται να έχει αποκατασταθεί η μεταξύ των δύο μερών σύνδεση με ένα κανάλι επικοινωνίας.

Παράδειγμα II

Παράδειγμα υπηρεσίας με σύνδεση είναι η πραγματοποίηση μιας τηλεφωνικής συνομιλίας (σχήμα 5.11). Η επικοινωνία μεταξύ των δύο συνομιλητών καθίσταται εφικτή, όταν εξασφαλιστεί η σύνδεση, από άκρο σε άκρο, όλων των επιμέρους τμημάτων της διαδρομής. Οι επιμέρους συνδέσεις παραμένουν ενεργές σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας, έστω και αν στην πράξη δε μεταδίδονται δεδομένα συνεχώς.



Σχήμα 5.11: Τηλεφωνική επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση

5.3.2.2 Μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLSs: *ConnectionLess Services*) δεν απαιτούν την εγκατάσταση κάποιας συγκεκριμένης από άκρο σε άκρο γραμμής επικοινωνίας. Οι υπηρεσίες αυτές έχουν βασιστεί στις αρχές του ταχυδρομικού συστήματος.

Παράδειγμα III

Το δέμα που αποστέλλεται ταχυδρομικά σε κάποιον πρέπει να αναγράφει την πλήρη διεύθυνσή του. Για να φτάσει στον παραλήπτη, ακολουθεί μια διαδρομή που δεν είναι απαραίτητο να είναι προκαθορισμένη από την αρχή, θα πρέπει όμως να είναι η όσο το δυνατόν συντομότερη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση μιας υπηρεσίας χωρίς σύνδεση. Το πακέτο δεδομένων πρέπει να εφοδιαστεί με τα στοιχεία διεύθυνσης του παραλήπτη και να αποσταλεί, χωρίς να είναι προκαθορισμένη η διαδρομή που θα ακολουθήσει.

Σημειώνεται ότι ο παραλήπτης δε γνωρίζει για την αποστολή του δέματος. Αν το δέμα χαθεί, ο μόνος που μπορεί να κάνει κάτι, για να μάθει αν έφτασε στον προορισμό του, είναι ο αποστολέας. Για να περιοριστούν λοιπόν οι απώλειες, θα πρέπει το δέμα να φέρει πλήρη στοιχεία με τη διεύθυνση του παραλήπτη.

Επιπλέον στην περίπτωση των δικτύων θα πρέπει να ανιχνεύονται τα λάθη που ίσως παρουσιαστούν κατά τη μεταφορά και, αν είναι δυνατόν, να διορθώνονται αυτόματα. Τέλος, αν αποσταλούν ταυτόχρονα και από το ίδιο σημείο δύο ή περισσότερα πακέτα ενός μηνύματος, δεν είναι βέβαιο ότι θα φθάσουν ταυτόχρονα στον παραλήπτη ο οποίος οφείλει να επανασυναρμολογήσει το μήνυμα.

5.3.2.3 Επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμέ- νες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*ALSs: Acknowledged connectionLess Services*) είναι παρόμοιες με τις υπηρεσίες χωρίς σύνδεση με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε ό,τι του εστάλη. Συνήθως οι υπηρεσίες αυτές προσφέρονται από συστήματα με πολύ μικρή πιθανότητα εσφαλμένης μετάδοσης, τα οποία διαθέτουν τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία.

Παράδειγμα IV

Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στο ταχυδρομικό σύστημα, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης ειδοποιεί με κάποιον τρόπο τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε το φάκελο.

5.3.2.4 Ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*UOSs: Unconfirmed connection Oriented Services*) αναφέρονται, με χιούμορ, και ως υπηρεσίες «**στείλε και προσευχήσου**» (*send and pray*).

Πρωτοπαρουσιάστηκαν από την IBM, η οποία θεωρούσε ότι για τη μεταφορά των δεδομένων θα έπρεπε να αποκατασταθεί πρώτα ένα κανάλι επικοινωνίας. Η διαφορά με τις υπηρεσίες με σύνδεση είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αποστολέας ζητά σύνδεση και στέλνει τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση που μπορεί να βρίσκεται ο παραλήπτης εκείνη τη στιγμή. Δεν περιμένει δηλαδή από τον παραλήπτη να επιβεβαιώσει ότι είναι διαθέσιμος για να επικοινωνήσει.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεπαφή, σημείο πρόσβασης υπηρεσίας, προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, νοητό κύκλωμα.





Μάθημα 5.4: Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων

5.4.1 Εισαγωγή

Το **μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων** (*OSI - RM: Open Systems Interconnection - Reference Model*) αναπτύχθηκε από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης **ISO** (*International Standards Organization*) και ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Στόχος της ανάπτυξης αυτού του μοντέλου ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατανεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το μοντέλο αναφοράς *OSI* αποτελείται από επτά ανεξάρτητα μεταξύ τους **επίπεδα** ή **στρώματα** (*layers*), καθένα από τα οποία υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Όπως αναφέρθηκε στο Μάθημα 5.2, το πρωτόκολλο κάθε επιπέδου επιτελεί ένα σύνολο λειτουργιών, ενώ όμοιες λειτουργίες ομαδοποιούνται και επιτελούνται στο ίδιο επίπεδο. Ο ρόλος κάθε λειτουργίας είναι αυστηρά προσδιορισμένος και περιγράφεται σε διεθνή πρότυπα (συστάσεις ή προδιαγραφές).

Το μοντέλο αναφοράς *OSI* ακολουθεί την **αρχιτεκτονική των στρωμάτων** ή **επιπέδων** (*layered architecture*), σύμφωνα με την οποία οι λειτουργίες του ανοικτού συστήματος στο οποίο αναφέρεται διαμοιράζονται σε ένα σύνολο κατακόρυφα διαρθρωμένων επιπέδων. Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι τέτοιος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και διακριτές λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς *OSI*, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7), είναι το ακόλουθο:

- ✓ **Επίπεδο 1** ή **φυσικό επίπεδο** (*L1: physical layer*). Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης.
- ✓ **Επίπεδο 2** ή **επίπεδο γραμμής δεδομένων** (*L2: data link layer*). Αναλαμβάνει την προσαρμογή και τη μεταφορά των δεδομένων στο κανάλι μετάδοσης. Παραδίδει τα δεδομένα στο *L1* προκειμένου να μεταδοθούν.
- ✓ **Επίπεδο 3** ή **επίπεδο δικτύου** (*L3: network layer*). Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- ✓ **Επίπεδο 4** ή **επίπεδο μεταφοράς** (*L4: transport layer*). Αναλαμβάνει, χρησιμο-

ποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.

- ✓ **Επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου (L5: session layer)**. Ελέγχει τη δημιουργία και τον τερματισμό των συνδέσεων του L4.
- ✓ **Επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης (L6: presentation layer)**. Αναλαμβάνει τη μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
- ✓ **Επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής (L7: application layer)**. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

Στο σχήμα 5.12 παρουσιάζονται σχηματικά τα επτά επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Τα L1 έως L3 αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ τα L4 έως L7 είναι προσανατολισμένα στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη. Σε κάθε τερματική διάταξη ή σταθμό εργασίας ενός δικτύου που ακολουθεί την αρχιτεκτονική επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI υλοποιούνται και τα επτά επίπεδα. Η υλοποίηση γίνεται είτε με τη μορφή υλικού, και αφορά τα δύο χαμηλότερα επίπεδα, είτε με τη χρήση λογισμικού, και αφορά τα υπόλοιπα. Αντίθετα, σε κάθε κόμβο του δικτύου υλοποιούνται μόνο τα επίπεδα που σχετίζονται με το δίκτυο, δηλαδή το L1 έως το L3.

Οι γενικές αρχές επάνω στις οποίες βασίστηκε η δημιουργία των επιπέδων αυτών είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Ένα επίπεδο πρέπει να δημιουργείται εκεί που χρειάζεται διαφορετικός βαθμός αφαίρεσης.
- ✓ Κάθε επίπεδο πρέπει να επιτελεί μια αυστηρά προσδιορισμένη λειτουργία.
- ✓ Η λειτουργία κάθε επιπέδου πρέπει να επιλέγεται με βάση τα καθορισμένα διεθνώς (τυποποιημένα) πρωτόκολλα.
- ✓ Η επιλογή των ορίων των επιπέδων πρέπει να γίνεται με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ροής των πληροφοριών μέσω των διεπαφών.
- ✓ Ο αριθμός των επιπέδων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος, ώστε διαφορετικές λειτουργίες να μη χρειάζεται να τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να υπάρχει απόλυτη ανάγκη, και αρκετά μικρός, ώστε η αρχιτεκτονική των επιπέδων να μη γίνεται πολύπλοκη.

Ο σχεδιασμός των επιπέδων είναι μια αρκετά πολύπλοκη υπόθεση και, προκειμένου να απλοποιηθεί, πρέπει να οριστούν με ακρίβεια οι λειτουργίες κάθε επιπέδου. Μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες λειτουργίες αφορούν:

- **Την εγκατάσταση σύνδεσης.** Κάθε επίπεδο πρέπει να έχει ένα μηχανισμό για την εγκατάσταση της σύνδεσης.
- **Τον τερματισμό σύνδεσης.** Σχεδόν πάντα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός τερματισμού της σύνδεσης.



Σχήμα.5.12: Μοντέλο αναφοράς OSI επτά επιπέδων



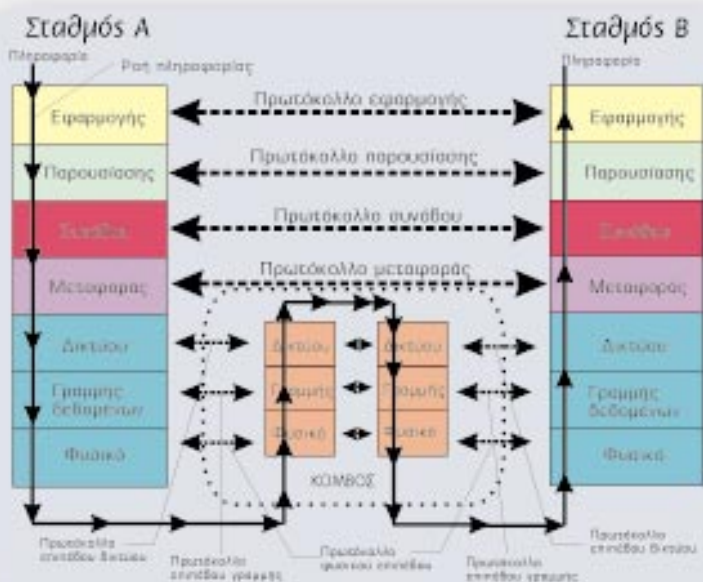
- **Τη διευθυνσιοδότηση.** Επειδή υπάρχουν πολλοί προορισμοί, πρέπει να καθορίζεται ένα σύστημα διευθυνσιοδότησης.
- **Τον έλεγχο κατεύθυνσης.** Είναι απαραίτητος ο καθορισμός της κατεύθυνσης των δεδομένων, δηλαδή μονόπλευρη, ημίπλευρη ή αμφίπλευρη επικοινωνία.
- **Τον έλεγχο λαθών.** Πρέπει να καθορίζεται το επίπεδο στο οποίο γίνεται ο έλεγχος των λαθών της επικοινωνίας και η αποκατάστασή τους.
- **Την τμηματοποίηση.** Πρόκειται για τη διαδικασία αριθμοδότησης των *PDUs* που φτάνουν στο δέκτη προκειμένου αυτός να θέσει σε σειρά και να επανασυνθέσει τα μηνύματα.
- **Τον έλεγχο ροής.** Είναι απαραίτητος ο καθορισμός τεχνικών που δε θα επιτρέπουν σε ένα δέκτη να γεμίσει από μηνύματα που προέρχονται από άλλους χρήστες.
- **Την κατάτμηση - επανασύνθεση.** Πρόκειται για τεχνικές κατάτμησης των δεδομένων σε κάποια επίπεδα του πομπού και επανασύνθεσής τους στα αντίστοιχα επίπεδα του δέκτη.
- **Τη δρομολόγηση.** Είναι απαραίτητο να καθορίζονται οι τεχνικές δρομολόγησης των δεδομένων, ώστε να φτάνουν σωστά και γρήγορα στον προορισμό τους.



Τα αντίστοιχα επίπεδα των επικοινωνούντων σταθμών ονομάζονται και **ομότιμα επίπεδα** (*peer layers*). Τα ομότιμα επίπεδα ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες όλων των χαμηλότερων προς αυτά επιπέδων.

5.4.2 Μετάδοση δεδομένων στο OSI

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, πρέπει να λειτουργούν με κοινά πρωτόκολλα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ τους. Κατ' αυτό τον τρόπο η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων δύο υπολογιστών έχει νόημα. Όμως, στην πραγματικότητα, δε μεταφέρονται απευθείας τα δεδομένα από το επίπεδο του ενός μηχανήματος στο αντίστοιχο επίπεδο (ομότιμο) του άλλου μηχανήματος. Εκείνο το οποίο συμβαίνει είναι η διαδοχική μετάδοση των δεδομένων από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερό του, μέχρι να φτάσουν αυτά στο φυσικό επίπεδο, να περάσουν στο άλλο μηχάνημα και να συνεχίσουν την προς τα επάνω ροή τους (σχήμα 5.13). Εδώ αξίζει να υπενθυμίσουμε την αναλογία του παραδείγματος της παραγράφου 5.1.3, που αφορά την προσπάθεια επικοινωνίας των επιχειρηματιών που δε μιλούν την ίδια γλώσσα.



Σχήμα 5.13: Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλου αναφοράς OSI

Κάθε επίπεδο επικοινωνεί μόνο με τα γειτονικά του επίπεδα (υψηλότερο και χαμηλότερο) μέσω μιας **διεπαφής**, η οποία καθορίζει τις λειτουργίες που επιτελεί και τις υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μόνο μέσω ενός ή περισσότερων σημείων πρόσβασης υπηρεσιών (SAPs).

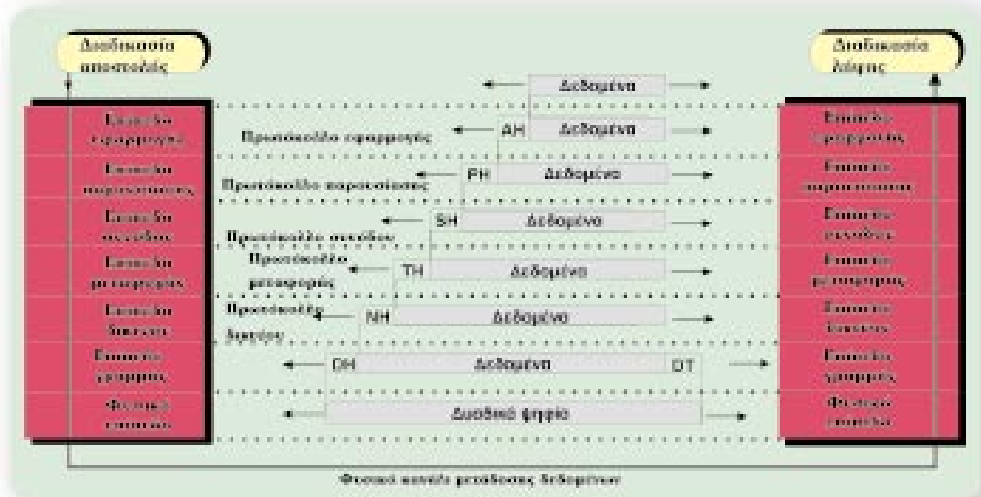
Στο σχήμα 5.13 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας μεταξύ δύο σταθμών σε ένα δίκτυο που είναι συμβατό με το μοντέλο αναφοράς *OSI*. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός A μεταδίδει στο σταθμό B. Δηλαδή το L7 του σταθμού A ανταλλάσσει δεδομένα με το L7 του σταθμού B, με το οποίο είναι ομότιμο, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων έξι επιπέδων. Ομοίως το L4 του σταθμού A είναι ομότιμο με το L4 του σταθμού B και ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων τριών επιπέδων. Οι επικοινωνίες αυτού του είδους ονομάζονται **ομότιμες επικοινωνίες** και θεωρούνται ως **νοητές επικοινωνίες**.

Σημειώνεται ότι τα δεδομένα, καθώς διαπερνούν κάθε επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο φυσικό επίπεδο και να μεταδοθούν από το κανάλι, υφίστανται διαφορετική επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή, που βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του *OSI*, έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζουν

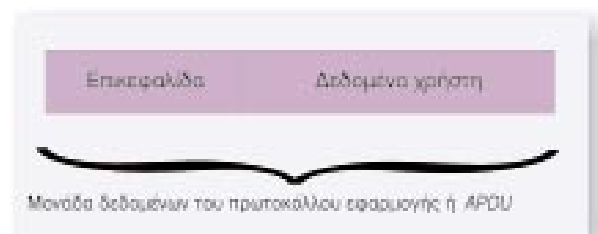
η δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων, καθώς αυτά διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.14, ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, που επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου** (*PCI: Protocol Control Information*). Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων (σχήμα 5.15), που ονομάζεται **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής** (*APDU: Application Protocol Data Unit*).

Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο παρουσίασης. Το επίπεδο εφαρμογής, μόλις παραλάβει τη μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης, επεξε-



Σχήμα 5.14: Αλλαγή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*.



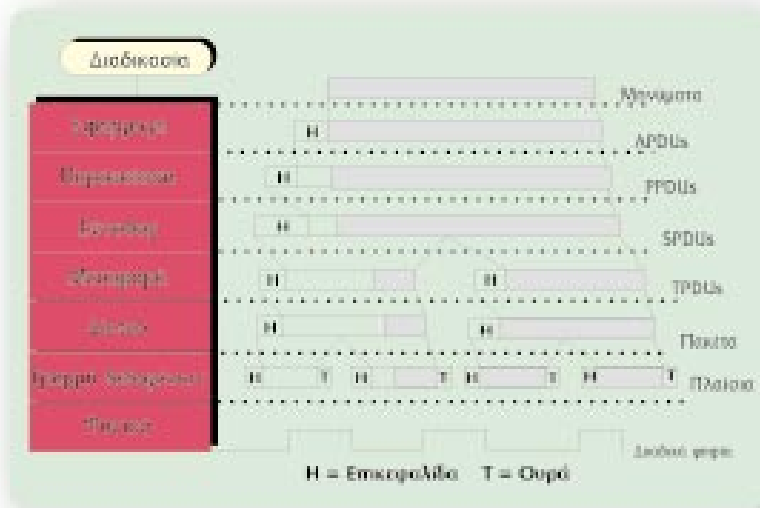
Σχήμα 5.15: Μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής



γάζεται τα δεδομένα, προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PCI: Presentation Protocol Control Information)**, και σχηματίζει τη **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPDU: Presentation Protocol Data Unit)**. Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου πα-



Στο επίπεδο παρουσίασης μια πιθανή επεξεργασία της μονάδας δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής είναι η συμπίεση των δεδομένων ή η κρυπτογράφησή τους για λόγους ασφαλείας.



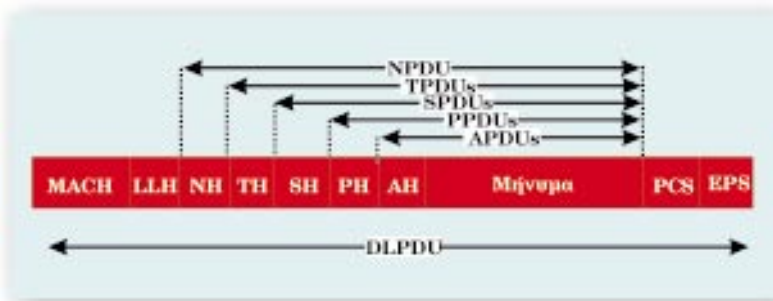
Σχήμα 5.16: Μορφή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.

ρουσίασης διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο συνόδου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Μερικά επίπεδα, όπως για παράδειγμα τα επίπεδα μεταφοράς, δικτύου και γραμμής δεδομένων, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν κατάρτηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες, τις *PDU*s (Μάθημα 5.2). Σε καθεμιά από

αυτές τις μονάδες δεδομένων προστίθεται η **πληροφορία ελέγχου διεπαφής** του πρωτοκόλλου επικοινωνίας (*ICI: Interface Control Information* ή *PCI: Protocol Control Information*), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή επανασυναρμολόγηση των *PDU*s στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάρτηση των δεδομένων σε *PDU*s (ή πακέτα) έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας (σχήμα 5.16).

Άλλα επίπεδα προσθέτουν πληροφορίες στο τέλος της μονάδας δεδομένων του αντίστοιχου πρωτοκόλλου, δηλαδή στην **ουρά** του



Σχήμα 5.17: Δομή πακέτου δεδομένων στο επίπεδο γραμμής δεδομένων

(trailer). Για παράδειγμα, στο επίπεδο γραμμής δεδομένων, εκτός από την επικεφαλίδα, προστίθεται και η ουρά, η οποία χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό για να ανιχνεύει τυχόν λάθη στα πακέτα δεδομένων που στέλνονται στον παραλήπτη. Στο σχήμα 5.17 φαίνεται η δομή ενός πακέτου, όταν αυτό βρίσκεται στο επίπεδο γραμμής δεδομένων.

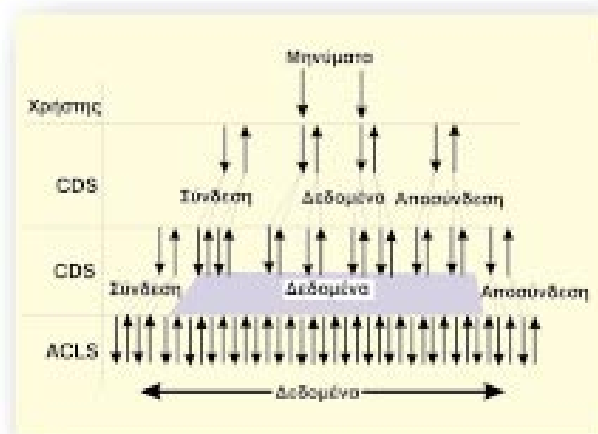
Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής** (APDU: Application Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης** (PPDU: Presentation Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου συνόδου** (SPDU: Session Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (TPDU: Transport Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου δικτύου** (NPDU: Network Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου γραμμής δεδομένων** (DLPDU: Data Link Protocol Data Unit),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του φυσικού πρωτοκόλλου** (PPDU: Physical Protocol Data Unit).

Το αποτέλεσμα από τη νέα πληροφορία που προστίθεται στα αρχικά δεδομένα είναι η μείωση της αποδοτικότητας της επικοινωνίας μεταξύ των δύο πλευρών, καθώς ένα μέρος από το εύρος του καναλιού χρησιμοποιείται προκειμένου να μεταδοθεί η πληροφορία ελέγχου. Επομένως ο όγκος της πληροφορίας αυτής θα πρέπει να βρίσκεται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα, ώστε να ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση του δικτύου. Φυσικά, πέρα από τις επικεφαλίδες και τις ουρές που προστίθενται στα διάφορα επίπεδα, προστίθενται και άλλες πληροφορίες που αφορούν τις υπηρεσίες που είναι προσανατολισμένες στη σύνδεση, καθώς επίσης και τις υπηρεσίες που πρέπει να επιβεβαιώνονται. Ένα τέτοιο σενάριο παρουσιάζεται στο σχήμα 5.18, όπου ένα σύστημα μιας στοίβας τριών επιπέδων κατακλύζεται από δεδομένα στο τελευταίο επίπεδο.

Οι λειτουργίες που ενεργοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Το μήνυμα του χρήστη εισάγεται στο σύστημα ζητώντας τη χρήση μιας υπηρεσίας με σύνδεση από το ομότιμο επίπεδο. Όταν σταλούν τα δεδομένα, ο χρήστης θα πρέπει να ζητήσει να τερματιστεί η σύνδεση. Οι δύο αυτές δραστηριό-



Σχήμα 5.18: Η σημαντική αύξηση των δεδομένων με τη χρήση πολλών υπηρεσιών σύνδεσης



τητες πρέπει σαφώς να επιβεβαιωθούν.

- ✓ Το δεύτερο επίπεδο πρέπει να δημιουργήσει μία σύνδεση με το ομότιμό του, άρα η διαδικασία της αρχής και του τέλους της σύνδεσης πρέπει να επαναληφθεί.
- ✓ Τέλος, το τρίτο επίπεδο ζητά επιβεβαίωση για κάθε πακέτο δεδομένων που στέλνεται στο ομότιμο επίπεδο του παραλήπτη.

Από όσα μέχρι τώρα αναφέραμε γίνεται φανερό ότι η χρήση πολλών υπηρεσιών προσανατολισμένων στη σύνδεση και υπηρεσιών με επιβεβαίωση, ο κατακερματισμός των δεδομένων, καθώς και η προσθήκη επικεφαλίδων και ουρών, συμβάλλουν στην αύξηση των δεδομένων που πρέπει να διακινηθούν, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοτικότητα της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Γι' αυτό το λόγο ένα αξιόπιστο δίκτυο επικοινωνιών πρέπει να χρησιμοποιεί τις απολύτως απαραίτητες υπηρεσίες και να κρατά τις επιπλέον πληροφορίες ελέγχου σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο επίπεδο. Συνήθως μία υπηρεσία με επιβεβαίωση και μερικές υπηρεσίες μη προσανατολισμένες στη σύνδεση είναι ικανές να κρατήσουν την αξιοπιστία του δικτύου σε υψηλά επίπεδα, συμβάλλοντας συγχρόνως και στην αποδοτικότητά του.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις βασικές λειτουργίες των επιπέδων του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

5.4.3 Υπηρεσίες και λειτουργίες των επιπέδων του OSI

5.4.3.1 Φυσικό επίπεδο

Το **φυσικό επίπεδο** (*physical layer*) αποτελεί το πρώτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI*. Είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που παραλαμβάνονται από το δέκτη σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας, τη μετάδοσή τους και την επαναφορά τους σε δυαδική μορφή. Τα χαρακτηριστικά του δικτύου που ορίζει το φυσικό επίπεδο αφορούν κυρίως το χρησιμοποιούμενο κανάλι επικοινωνίας. Έτσι το φυσικό επίπεδο ορίζει τις στάθμες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων μέσα από το κανάλι, καθώς και τον τρόπο κωδικοποίησης της πληροφορίας.

Άλλα στοιχεία τα οποία αναλαμβάνει να ορίσει το φυσικό επίπεδο είναι ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των ακροδεκτών που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του σταθμού με τη γραμμή επικοινωνίας, δηλαδή τον αριθμό τους, τις διαστάσεις τους κτλ. Τέλος, το φυσικό επίπεδο ορίζει το είδος της μετάδοσης, δηλαδή αν θα είναι αναλογική ή ψηφιακή, καθώς και τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης, εάν, για παράδειγμα, θα χρησιμοποιηθεί στη σύνδεση απλό χάλκινο καλώδιο, ομοαξονικό καλώδιο ή οπτική ίνα.

Όλα τα παραπάνω αφορούν τις προδιαγραφές που ορίζει το φυσικό επίπεδο για το μέσο μετάδοσης. Επιπλέον το φυσικό επίπεδο επικοινωνεί, όπως είναι γνωστό, μόνο με το επίπεδο γραμμής δεδομένων και έχει την υποχρέωση να του παρέχει μια σειρά

δυναμικών ψηφίων χωρίς να ελέγχει την ορθότητά τους, αν δηλαδή παραλήφθηκαν με τον τρόπο που στάλθηκαν. Ο έλεγχος αυτός είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής δεδομένων, η περιγραφή του οποίου γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το φυσικό επίπεδο είναι:

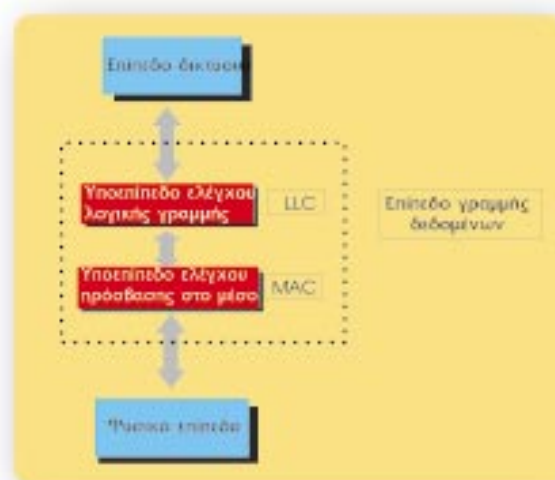
- ✓ Ενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ✓ Απενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ✓ Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή δυαδικού ψηφίου.
- ✓ Επισημαίνει τα σφάλματα στη μετάδοση.

5.4.3.2 Επίπεδο γραμμής δεδομένων

Το **επίπεδο γραμμής δεδομένων** (*data link layer*) βρίσκεται μία θέση πιο πάνω από το φυσικό επίπεδο και είναι υπεύθυνο για τη διόρθωση των σφαλμάτων των δεδομένων. Πρέπει δηλαδή να παραδώσει στο φυσικό επίπεδο μία σειρά από δυαδικά ψηφία η οποία δε θα περιέχει σφάλματα. Επίσης φροντίζει να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα πράγματι παραλήφθηκαν από την άλλη πλευρά και αυτό γίνεται με τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης που στέλνονται από το δέκτη. Σημειώνεται ότι, αφού το φυσικό επίπεδο ασχολείται αποκλειστικά και μόνο με τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων, είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής να καθορίζει τα όρια των πλαισίων που στέλνει και να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων που δέχεται.

Το επίπεδο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους υποεπίπεδα, καθένα από τα οποία υλοποιεί ορισμένες λειτουργίες. Το πρώτο ονομάζεται **υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*MAC: Media Access Control*), εκτελεί το πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, ενώ το δεύτερο ονομάζεται **υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής** (*LLC: Logical Link Control*) και επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου. Το σχήμα 5.19 δείχνει τη δομή του επιπέδου γραμμής δεδομένων.

- ✓ **Υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο:** Όπως προαναφέρθηκε, το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει την επικοινωνία με το φυσικό επίπεδο. Σκοπός του είναι να ελέγχει τη ροή της πληροφορίας από και προς τον κόμβο στον οποίο βρίσκεται. Σ' αυτό το υποεπίπεδο υπάρχει συνήθως ένας χώρος αποθήκευσης πληροφοριών, αφού ο σταθμός δε γνωρίζει αν το κανάλι είναι ελεύθερο, για να μεταδώσει την πληροφορία. Ο αποθηκευτικός αυτός χώρος είναι αρκετός, ώστε ο σταθμός να μπορέσει να μεταδώσει την πληροφορία σε πεπερασμένο χρονικό διάστημα. Ειδικά σε πρωτοκόλλα που κάνουν χρήση της διαδικασίας του κουπονιού διέλευσης, το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την αναγνώρισή του και την παραπέρα επεξεργασία του. Επίσης, εάν η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με συγ-



Σχήμα 5.19: Ο διαχωρισμός του επιπέδου γραμμής δεδομένων



Η τεχνική του **κουπονιού διέλευσης** χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα τοπολογίας διαύλου και δακτυλίου, όπως είναι τα Token Bus και Token Ring (θα τα γνωρίσουμε αναλυτικά σε επόμενα μαθήματα), με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα δύο σταθμοί να μεταδώσουν ταυτόχρονα δεδομένα στο ίδιο κανάλι, με συνέπεια τη σύγκρουση.



χρονισμένο τρόπο, το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει τον έλεγχο του συγχρονισμού, καθώς και την έναρξη της μετάδοσης ή της λήψης.

- ✓ **Υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής:** Το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την τοποθέτηση της επικεφαλίδας, που περιλαμβάνει τα στοιχεία του πλαισίου, καθώς και την ταυτότητα (διεύθυνση) του σταθμού για τον οποίο προορίζεται. Τέλος, υλοποιεί τις διαδικασίες επικοινωνίας με το υψηλότερο επίπεδο δικτύου.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και ελευθερώνει τη ζεύξη των δεδομένων.
- ✓ Μεταφέρει δεδομένα.
- ✓ Αριθμεί και συγχρονίζει τα πλαίσια που διοχετεύονται στο φυσικό επίπεδο.
- ✓ Ανιχνεύει και διορθώνει τα σφάλματα των πλαισίων.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των πλαισίων.

5.4.3.3 Επίπεδο δικτύου

Το **επίπεδο δικτύου** (*network layer*) ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, διαδικασία η οποία απαιτεί τη δρομολόγηση των πακέτων από ενδιάμεσους κόμβους. Η βασική επομένως ασχολία του επιπέδου είναι να δρομολογήσει τη ροή των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, καθώς επίσης να τα απαριθμήσει και να τα ταξινομήσει. Επιπλέον το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της **συμφόρησης** (*congestion*) στο δίκτυο και, μερικές φορές, για τη χρέωση των πελατών που χρησιμοποιούν το υποδίκτυο. Τέλος, το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη λύση των προβλημάτων που δημιουργούνται, όταν ετερογενή δίκτυα προσπαθούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Επομένως οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου δικτύου είναι:

- ✓ η διευθυνσιοδότηση (ένας τρόπος αντιστοίχισης μίας μοναδικής διεύθυνσης σε καθέναν υπολογιστή που συμμετέχει στο δίκτυο),
- ✓ η δρομολόγηση των δεδομένων,
- ✓ η οργάνωσή τους σε πακέτα,
- ✓ η απαρίθμησή τους και
- ✓ η ταξινόμησή τους.

Για να επιτελέσει τις παραπάνω λειτουργίες, το επίπεδο αυτό πρέπει να γνωρίζει την τοπολογία του δικτύου και να επιλέγει τις κατάλληλες διαδρομές. Όταν ο πομπός και ο δέκτης ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα, είναι αρμοδιότητα του επιπέδου δικτύου να μεσολαβήσει για την ορθή μετάδοση των πακέτων και να κάνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων. Τέλος, το επίπεδο δικτύου ασχολείται, όπως προαναφέρθηκε, και με τον έλεγχο της συμφόρησης στο δίκτυο. Ο έλεγχος της συμφόρησης έχει σχέση με το πρόβλημα που ανακύπτει, όταν σε έναν υπολογιστή (κόμβο) φτάνουν περισσότερα πακέτα από αυτά που μπορεί να δεχτεί. Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των δεδομένων σε κάθε υπολογιστή και η απαγόρευση μεταβίβασής τους σε άλλον υπολογιστή, όταν αυτός δεν



μπορεί να τα δεχτεί και να τα επεξεργαστεί.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο δικτύου είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και τερματίζει τις συνδέσεις μεταξύ διάφορων ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδεδεμένων στο δίκτυο.
- ✓ Προσδιορίζει, με τη χρήση του συστήματος διευθυνσιοδότησης, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επιθυμούν να επικοινωνήσουν.
- ✓ Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων ή μηνυμάτων.
- ✓ Ελέγχει για σφάλματα.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.

5.4.3.4 Επίπεδο μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του **επιπέδου μεταφοράς** (*transport layer*) είναι η παραλαβή των δεδομένων από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο (το επίπεδο συνόδου), ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί) σε μικρότερες μονάδες, η παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο (το επίπεδο δικτύου) και η διασφάλιση ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Όλα αυτά πρέπει να γίνονται έτσι, ώστε να μην επηρεάζεται το επίπεδο συνόδου από τις αλλαγές της τεχνολογίας υλικού. Να επισημάνουμε ότι το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που συνδέει τα χαμηλότερα επίπεδα (κατά το πρότυπο του *OSI*), τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του υλικού, με τα υψηλότερα επίπεδα, τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του λογισμικού. Επομένως το επίπεδο μεταφοράς, αφού αποτελεί το σύνορο μεταξύ των τριών χαμηλότερων και των τριών υψηλότερων επιπέδων, έχει ως σκοπό να παρέχει μια ομοιογενή διασύνδεση επικοινωνίας στο επίπεδο συνόδου, ανεξάρτητα από την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από το επίπεδο δικτύου.

Γενικά, το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη συνολικά επιτυχημένη και χωρίς λάθη μετάδοση δεδομένων. Παρ' ότι το επίπεδο δικτύου ελέγχει τη μεταφορά των πληροφοριών από κόμβο σε κόμβο, το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που εξασφαλίζει την αξιοπιστία της μετάδοσης και την αποφυγή δυσμενών καταστάσεων, όπως είναι η δημιουργία σφαλμάτων σε ενδιάμεσους κόμβους της γραμμής επικοινωνίας. Για να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και για να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών που το επίπεδο συνόδου μπορεί να ζητήσει από το επίπεδο μεταφοράς, επιτελούνται διάφορες λειτουργίες σ' αυτό το επίπεδο, όπως είναι ο κατακερματισμός και η επανασυγκόλληση των δεδομένων. Το επίπεδο μεταφοράς επιτελεί επίσης εκείνες τις λειτουργίες οι οποίες συμβάλλουν:

- ✓ στη σωστή λήψη των πακέτων, ακόμη και αν έχει συμβεί κάποιο προσωρινό λάθος, κάτι που διορθώνεται με αναμετάδοση του λανθασμένου πακέτου,
- ✓ στον έλεγχο ροής των δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, η οποία σταματά ή περιορίζεται με ενέργειες του δέκτη,
- ✓ στον έλεγχο ακολουθίας των πακέτων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο μεταφοράς είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και τερματίζει τη σύνδεση στο επίπεδό του.



- ✓ Μεταδίδει τα δεδομένα στο βαθμό αξιοπιστίας που απαιτεί ο χρήστης.
- ✓ Επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.
- ✓ Παρέχει τη δυνατότητα πολυπλεξίας μέσω της ίδιας ζεύξης.

5.4.3.5 Επίπεδο συνόδου

Το **επίπεδο συνόδου** (*session layer*) επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους. Μια σύνοδος, για παράδειγμα, μπορεί να είναι η σύνδεση ενός χρήστη με ένα απομακρυσμένο σύστημα ή η μεταφορά αρχείων ανάμεσα σε δύο υπολογιστές. Το επίπεδο συνόδου ελέγχει επίσης την κυκλοφορία ανάμεσα στις δύο κατευθύνσεις, ενώ πολλές φορές παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης κουπονιού (βλ. παρακάτω), καθώς επίσης και υπηρεσίες συγχρονισμού ανάμεσα στις δύο πλευρές. Στην ουσία το επίπεδο αυτό δεν ασχολείται με τη μεταφορά των δεδομένων, για την οποία ευθύνη έχουν άλλα επίπεδα, αλλά αναλαμβάνει κυρίως τη διαχείριση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των εφαρμογών.

Έτσι το επίπεδο συνόδου αναλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ✓ Την εγκατάσταση μιας συνόδου με έναν ή περισσότερους σταθμούς.
- ✓ Την εξακρίβωση του χρήστη.
- ✓ Την εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου.
- ✓ Τον έλεγχο της ανταλλαγής δεδομένων.
- ✓ Τη διαχείριση της κατεύθυνσης της πληροφορίας. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέψουν την ταυτόχρονη και προς τις δύο κατευθύνσεις ροή δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών ή προς τη μία κατεύθυνση κάθε στιγμή.
- ✓ Τον τερματισμό της σύνδεσης. Ο τερματισμός μπορεί να είναι είτε ομαλός είτε αποτέλεσμα κάποιου προβλήματος ή σφάλματος του χρήστη ή του δικτύου. Στην περίπτωση μη ομαλού τερματισμού πιθανόν να υπάρξει και απώλεια δεδομένων.
- ✓ Το συγχρονισμό των δεδομένων. Στόχος είναι η εισαγωγή σημείων ελέγχου μέσα στη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων, ώστε σε περίπτωση σφάλματος ή προβλήματος κατά τη μετάδοση να μη χρειαστεί η επανεκπομπή όλων των δεδομένων, αλλά μόνο αυτών που δεν παραλήφθηκαν μετά το τελευταίο σημείο ελέγχου που είχε αποσταλεί πριν από το σφάλμα.
- ✓ Τη διαχείριση κουπονιού (*token management*). Για να μην παρουσιάζεται το φαινόμενο και οι δύο πλευρές σε μια σύνδεση να προσπαθούν να κάνουν ταυτόχρονα την ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα, κάθε πλευρά, πριν προχωρήσει σε μια λειτουργία, ζητά άδεια από το επίπεδο συνόδου, το οποίο της παρέχει ένα ειδικό πακέτο που ονομάζεται **κουπόνι** (*token*) και της επιτρέπει τη συγκεκριμένη λειτουργία. Επομένως, εάν η άλλη πλευρά σκοπεύει να κάνει την ίδια ενέργεια, το κουπόνι το έχει ο άλλος σταθμός και αποτρέπεται έτσι η σύγκρουση. Βέβαια η λειτουργία με τη χρήση κουπονιού δε



συναντάται σε όλα τα δίκτυα.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο συνόδου είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και συντηρεί το διάλογο μεταξύ των δύο πλευρών, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων.
- ✓ Διαχειρίζεται και ελέγχει την πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- ✓ Κάνει επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου.

5.4.3.6 Επίπεδο παρουσίασης

Το **επίπεδο παρουσίασης** (*presentation layer*) ασχολείται με την ορθότητα της σύνταξης των δεδομένων που μεταδίδονται, αντίθετα με τα άλλα επίπεδα που ασχολούνται με την αξιόπιστη μεταβίβαση των δυαδικών ψηφίων από το ένα μέρος στο άλλο. Επομένως το επίπεδο αυτό δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αναπαράσταση και σύνταξη των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των σταθμών. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι δύο διαφορετικοί υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσουν απλούς χαρακτήρες, όπως ονόματα, ημερομηνίες, αριθμούς κ.ά. Έστω ότι αυτοί οι δύο υπολογιστές χρησιμοποιούν διαφορετικούς κώδικες αναπαράστασης των χαρακτήρων: ο ένας χρησιμοποιεί τη γνωστή μας κωδικοποίηση *ASCII* και ο άλλος τη *UNICODE*, που συναντάται στο λειτουργικό σύστημα *Windows NT*. Για να γίνει δυνατή η επικοινωνία των συστημάτων αυτών, θα πρέπει οι χαρακτήρες της πληροφορίας να αναπαρασταθούν με έναν άλλο (συμβολικό) τρόπο, ώστε να είναι κατανοητοί και από τους δύο υπολογιστές. Βέβαια αυτός ο τρόπος θα πρέπει να έχει από κοινού συμφωνηθεί και να υλοποιείται από το πρωτόκολλο του επιπέδου παρουσίασης. Ένα παράδειγμα συμβολικού τρόπου αναπαράστασης των δεδομένων είναι η κωδικοποίηση *ASN-1* (*Abstract Syntax Notation - One*).

Μια άλλη βασική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η **συμπύεση** και η **αποσυμπύεση** των δεδομένων, με την οποία μπορεί να ελαττωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται προσαρμόζοντας το ρυθμό μετάδοσης στο διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται οικονομία στο εύρος ζώνης του καναλιού αλλά και στο χρόνο μετάδοσης. Τέλος, μια σημαντική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η **κρυπτογράφηση** των δεδομένων, η οποία αποσκοπεί στο να διασφαλιστεί το απόρρητο των διακινούμενων πληροφοριών, πράγμα που συχνά επιβάλλεται στις επικοινωνίες (τράπεζες, αγορές, τηλεδιασκέψεις κ.ά.). Αξίζει να σημειωθεί ότι η κρυπτογράφηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε χαμηλότερα επίπεδα (*L2, L3*), όμως όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο στο οποίο γίνεται αυτή η διαδικασία, τόσο ασφαλέστερη είναι. Γενικά, η αρχή της κρυπτογράφησης συνίσταται στο να κωδικοποιούνται τα αποστελλόμενα δεδομένα με τη βοήθεια ενός **κλειδιού κωδικοποίησης** (*encryption key*), ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να τα αποκωδικοποιήσει μέσω της αντίστροφης διαδικασίας.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο παρουσίασης είναι:



- ✓ Μετατρέπει τη σύνταξη των δεδομένων.
- ✓ Συμπιέζει και αποσυμπιέζει τα δεδομένα (*data compression – de-compression*).
- ✓ Κρυπτογραφεί τα δεδομένα (*data encryption*).

5.4.3.7 Επίπεδο εφαρμογής

Το **επίπεδο εφαρμογής** (*application layer*) αναλαμβάνει τη σωστή επικοινωνία ασύμβατων εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χρήστες που επιθυμούν να επικοινωνήσουν, π.χ. *e-mail*, *ftp* κτλ.

Το επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του επιπέδου παρουσίασης και κατ' επέκταση όλων των χαμηλότερων επιπέδων. Είναι το υψηλότερο επίπεδο και ουσιαστικά προσφέρει τις επικοινωνιακές υπηρεσίες που υποστηρίζουν την εφαρμογή την οποία υλοποιεί ο χρήστης (δηλαδή το πρόγραμμα που δουλεύει). Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουμε είναι αμέτρητες, από απλές μεταφορές αρχείων έως πολυσύνθετα πακέτα τηλεεργασίας και τηλεεκπαίδευσης με χρήση πολυμέσων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο εφαρμογής είναι:

- ✓ Εξακριβώνει την ταυτότητα των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν.
- ✓ Επιβεβαιώνει το κατά πόσο οι εφαρμογές είναι διαθέσιμες για το διάλογο που πρόκειται να ακολουθήσει.
- ✓ Παρέχει επιβεβαίωση και έλεγχο στο δικαίωμα διαλόγου.

5.4.4 Οικογένειες πρωτοκόλλων

Όπως είναι φανερό, πρωτόκολλα επικοινωνίας υπάρχουν σε όλα τα επίπεδα του *OSI-RM* (πίνακας 5.5). Αν και δεν είναι πιθανό ένας χρήστης να ασχοληθεί αναλυτικά μ' αυτά, εντούτοις η επίδρασή τους στην απόδοση ενός συστήματος μπορεί να είναι μεγάλη. Ένα κακώς υλοποιημένο πρωτόκολλο μπορεί να καθυστερήσει τη μεταφορά δεδομένων, όμως το λογισμικό που συνοδεύει τα τυποποιημένα πρωτόκολλα μπορεί να κάνει δυνατή την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο *TCP/IP*, που θα εξετάσουμε παρακάτω, μας δίνει τη δυνατότητα να μεταφέρουμε δεδομένα μεταξύ υπολογιστών με διαφορετικές αρχιτεκτονικές και λειτουργικά συστήματα.

Τα στοιχεία - κλειδιά σε ένα πρωτόκολλο είναι η **σύνταξη**, οι **όροι** και ο **χρονισμός**. Η σύνταξη ορίζει τα επίπεδα των σταθμών των σημάτων που θα χρησιμοποιηθούν και τη μορφή με την οποία θα σταλούν τα δεδομένα. Οι όροι καθορίζουν τη δομή της πληροφορίας που απαιτείται για το συγχρονισμό μεταξύ των υπολογιστών και για το χειρισμό των δεδομένων. Ο χρονισμός καθορίζει, εκτός των άλλων, και τη σχέση των ρυθμών μετάδοσης, έτσι ώστε ένας υπολογιστής με έξοδο, για παράδειγμα, 9.600 bps να μπορεί να επικοινωνήσει με έναν άλλο υπολογιστή με έξοδο 1.200 bps.

Πρωτόκολλα φυσικού επιπέδου:

- ✓ EIA: RS-232, RS-449, RS-485
- ✓ CCITT: V.24/V.28, X.21, X.21 bis, X.20, X.20 bis
- ✓ ISO: 4903, 9314 FDDI
- ✓ IEEE: 802 LAN, 488

Πρωτόκολλα επιπέδου γραμμής δεδομένων:

- ✓ CCITT: LAP-B, HDLC
- ✓ ISO: 4335 (HDLC), 7776 (LAP/LAPB), 8802 LAN
- ✓ ISO: R 1745, 9314-2 FDDI
- ✓ ANSI: ADCCP
- ✓ IEEE: 802.2 Logical Link Control

Πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου:

- ✓ CCITT: X.25, X.75
- ✓ EIA: RS-366-A
- ✓ ISO: 8473-IP
- ✓ DOD: IP

Πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς:

- ✓ CCITT: X.244 Transport Protocol
- ✓ EDMA: ECMA-72
- ✓ DOD: TCP
- ✓ ISO: 8073, 9574 ISDN/τέταρτο επίπεδο

Πρωτόκολλα επιπέδου συνόδου:

- ✓ CCITT: X.255
- ✓ ISO: 8327

Πρωτόκολλα επιπέδου παρουσίασης:

- ✓ CCITT: X.226, X.400/410
- ✓ ISO: 8823
- ✓ Virtual File Protocol
- ✓ Job Transfer Manipulation Protocol



Πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής:

- ✓ CCITT: X.500 Directory System, X.520, T.411 (ODA), X.400 Message Handling System
- ✓ ISO: 8831 Job Transfer and Manipulation
- ✓ ISO: 9040, 10026 TP Distributed Transaction Processing
- ✓ ISO: 8632 Computer Graphics Metafile
- ✓ ISO: 9595 Network Management
- ✓ ISO: 8571 FTAM (File Transfer Access Management)
- ✓ Virtual Terminal Protocol
- ✓ File Transfer Protocol

Πίνακας 5.5: Τα πρωτόκολλα των επτά επιπέδων του OSI



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων, φυσικό επίπεδο, επίπεδο γραμμής δεδομένων, επίπεδο δικτύου, επίπεδο μεταφοράς, επίπεδο συνόδου, επίπεδο παρουσίασης, επίπεδο εφαρμογής, μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου, έλεγχος πρόσβασης στο μέσο, έλεγχος λογικής γραμμής, συμφόρηση, κρυπτογράφηση, κλειδί κωδικοποίησης.

Μάθημα 5.5: Διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης – Πρότυπα και συστάσεις

5.5.1 Η ανάγκη προτυποποίησης

Η αλματώδης ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών και των πληροφοριακών συστημάτων έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη επιμόρφωσης κοινώς αποδεκτών από τη διεθνή κοινότητα. Για καιρό το μόνο που προσέφεραν οι εταιρείες κατασκευής υπολογιστών ήταν η συμβατότητα ανάμεσα στα δικά τους προϊόντα, με αποτέλεσμα κάθε μεγάλη εταιρεία να αναπτύσσει ένα σύνολο από ιδιωτικά (*proprietary*) πρωτόκολλα που αφορούσαν τη δικτυακή λειτουργία των συστημάτων της.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη δεκαετία του 1950 η δημιουργία προτύπων για την επικοινωνία δεδομένων αποτελούσε ταυτόχρονα και ανταγωνιστική τακτική που είχε σκοπό την κατάκτηση της αγοράς. Αυτός ο ανταγωνισμός οδήγησε τελικά στην ανάπτυξη ορισμένων πρωτοκόλλων τα οποία έτυχαν ευρείας αποδοχής, με αποτέλεσμα την καθιέρωσή τους ως *de facto* προτύπων. Ένα παράδειγμα *de facto* προτύπου είναι το δυαδικό σύγχρονο πρωτόκολλο της IBM για μεταφορά δεδομένων, το οποίο αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα ευρέως.

Όμως, με την πάροδο του χρόνου, ο αριθμός των κατασκευαστών άρχισε να αυξάνεται, με αποτέλεσμα να μεγαλώνει και ο αριθμός των πρωτοκόλλων ελέγχου δικτύων που δεν ήταν συμβατά μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, η στρατηγική της υιοθέτησης ή της εξομοίωσης *de facto* προτύπων δε λειτούργησε με επιτυχία σε όλα τα είδη των δικτύων.

5.5.2 Διεθνείς οργανισμοί για πρότυπα

Από το 1970 και μετά η ανάγκη για πρωτόκολλα που θα υποστηρίζονταν από όλους έδειχνε να είναι επιτακτική. Αυτή η ανάγκη, καθώς και οι ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις των χρηστών για επικοινωνία οδήγησαν τους οργανισμούς που ήταν υπεύθυνοι για εθνικά και διεθνή πρότυπα να εξετάσουν τρόπους για την ανάπτυξη κοινών προτύπων τα οποία θα έπρεπε να λαμβάνουν υπόψη τους οι διάφοροι κατασκευαστές. Σαφής στόχος ήταν – και παραμένει – η εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων που αναπτύσσονταν από τις διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες, ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία τους.

Οι σπουδαιότεροι διεθνείς οργανισμοί για πρότυπα που λειτουργούν μέχρι σήμερα είναι αυτοί για τους οποίους γίνεται λόγος στις επόμενες παραγράφους.



Τα πρότυπα επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή σε πολλούς τομείς και με διάφορους τρόπους. Πολλά προϊόντα και υπηρεσίες που χρησιμοποιούμε καθημερινά χρωστούν την επιτυχία τους στο ότι ακολουθούν κάποια πρότυπα. Σήμερα όλες σχεδόν οι βιομηχανίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα πρότυπα.



Οι συμφωνίες επάνω σε κοινώς αποδεκτά πρότυπα είναι συστατικό στοιχείο της τεχνολογικής ανάπτυξης. Για παράδειγμα, αν κάθε κράτος είχε τα δικά του πρότυπα όσον αφορά τις βίδες και την πυκνότητα των στροφών τους, τότε το πρόβλημα που θα ανέκυπτε στην κατασκευή ηλεκτρονικού ή μηχανολογικού (και όχι μόνο) εξοπλισμού θα ήταν ανυπέρβλητο.



5.5.2.1 Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (*ISO: International Standards Organization*) είναι ένα εθελοντικό σώμα που ιδρύθηκε το 1946, με σκοπό να εναρμονίσει και να τυποποιήσει ένα ευρύτατο φάσμα προϊόντων που παράγονταν από διάφορους κατασκευαστές σε όλο τον κόσμο, ώστε να εξασφαλιστεί η συμβατότητα των συστημάτων τους. Πρόκειται για μια διεθνή ομοσπονδία από εθνικούς, μη κυβερνητικούς οργανισμούς τυποποίησης 130 κρατών. Ο *ISO* σήμερα στοχεύει στην προώθηση της δημιουργίας προτύπων και σχετικών δράσεων σε διεθνές επίπεδο. Η αλληλεπίδραση και η συνεργασία των διάφορων οργανισμών για τη δημιουργία διεθνών προτύπων φαίνεται στο σχήμα 5.20.



Μερικοί από τους εθνικούς οργανισμούς τυποποίησης, που εκπροσωπούνται στο Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης, είναι το **Αμερικανικό Ίδρυμα Εθνικών Προτύπων** (*ANSI: American National Standards Institute*) και το **Βρετανικό Ίδρυμα Προτύπων** (*BSI: British Standards Institute*). Την Ελλάδα εκπροσωπεί στον *ISO* ο **Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης** (*ΕΛΟΤ*) ή *HOS* (*Hellenic Organization for Standardization*), ενώ την Κύπρο ο **Κυπριακός Οργανισμός Τυποποίησης και Ελέγχου Ποιότητας** (*Cyprus Organization for Standards and Control of Quality*).



Σχήμα 5.20: Δομή του ISO

Ο *ISO* υποδιαιρείται σε **τεχνικές επιτροπές** (*TC: Technical Committees*), καθεμιά από τις οποίες ασχολείται με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Για παράδειγμα, η Τεχνική Επιτροπή - 97 (*TC-97: Technical Committee-1997*) ασχολείται με υπολογιστές και επεξεργασία δεδομένων, ενώ είναι υπεύθυνη και για το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI - RM*), που εξετάστηκε στο Μάθημα 5.4. Κάθε τεχνική επιτροπή υποδιαιρείται σε **τεχνικές υποεπιτροπές** (*TSC: Technical Sub-*



Committees), οι οποίες ασχολούνται με ειδικότερα θέματα, ενώ κάθε υποεπιτροπή αποτελείται από **ομάδες εργασίας** (*WG: Working Groups*), οι οποίες ασχολούνται με τα πιο εξειδικευμένα θέματα. Η ουσιαστική δουλειά γίνεται από τις εθελοντικές ομάδες εργασίας, οι οποίες αποτελούνται από εκπροσώπους του χώρου της βιομηχανίας, των δημόσιων υπηρεσιών των κρατών - μελών του *ISO* και των εθνικών οργανισμών τυποποίησης, καθώς και από εκπροσώπους του ακαδημαϊκού χώρου. Περισσότερες πληροφορίες για την ιστορία του Οργανισμού, τα μέλη του και τις δραστηριότητές του μπορεί κάποιος να αναζητήσει στην ιστοσελίδα του *ISO* στο Διαδίκτυο: <http://www.iso.ch/>.

5.5.2.2 Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών

Η **Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών** (*ITU: International Telecommunications Union*) ιδρύθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη και αποτελεί τον πρωτοπόρο οργανισμό δημιουργίας προτύπων για δίκτυα δεδομένων. Απαρτίζεται από 161 κράτη - μέλη και είναι υπεύθυνη για τη σχεδίαση και την τυποποίηση όλων των μορφών των διεθνών τηλεπικοινωνιών (ραδιοφωνία, τηλεφωνία και τηλεγραφία). Οι σκοποί της είναι:

- ✓ Να διατηρήσει και να επεκτείνει τη διεθνή συνεργασία για τη βελτίωση των τηλεπικοινωνιών.
- ✓ Να προωθήσει την ανάπτυξη νέων τεχνικών λύσεων.
- ✓ Να επιταχύνει τις διαδικασίες υλοποίησης των προτύπων.

Η *ITU* αποτελείται από επιτροπές οι οποίες είναι υπεύθυνες για την τυποποίηση σε διάφορους τομείς. Δύο από αυτές, η **Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Ραδιοφώνου** (*CCIR: Conference Committee International Radio*) και η **Παγκόσμια Διοικητική Διάσκεψη Ραδιοφώνου** (*WARC: World Administrative Radio Conference*), ασχολούνται με τα ραδιοφωνικά δρώμενα, ενώ η **Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας** (*CCITT: Comite Consultatif International de Telegraphique et Telephonique*) ασχολείται με προτάσεις που αφορούν δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων, διασυνδέσεις τηλεφώνων, ψηφιακά και τηλεγραφικά πρότυπα. Πρόσφατα η *CCITT* μετονομάστηκε σε *ITU-T* και η *CCIR* σε *ITU-R*.

Η *ITU-T* απαρτίζεται από τρεις κατηγορίες μελών:

- ✓ τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς (*AT&T, BT, ΟΤΕ* κτλ.),
- ✓ επιστημονικούς και βιομηχανικούς οργανισμούς (*IEEE, IEE* κτλ.),
- ✓ διεθνείς οργανισμούς που είτε ασχολούνται με τα τηλεπικοινωνιακά δρώμενα είτε διαχειρίζονται άλλες υποθέσεις οι οποίες όμως άπτονται των ενδιαφερόντων της *ITU-T*.

Οι συστάσεις της *ITU* είναι συνήθως αποτέλεσμα της συνεργασίας με άλλους διεθνείς οργανισμούς. Η *ITU* λειτουργεί σε τετραετείς κύκλους και στο τέλος κάθε κύκλου εκδίδει νέα πρότυπα υπό μορφή συστάσεων. Οι συστάσεις αυτές αναπτύσσονται από διάφορες τεχνικές **ομάδες έρευνας** (*SG: Study Groups*), καθεμιά από τις οποίες εργάζεται επάνω σε ένα ειδικό τμήμα των τηλεπικοινωνιών.



Η Ευρωπαϊκή Ένωση γίνεται ριό αυστηρή και απαιτητική όσον αφορά τις τυποποιήσεις στον ευρωπαϊκό χώρο. Με την ενδεδειγμένη εργασία που αφορά τις τηλεπικοινωνίες έχει επιφορτιστεί το **Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών** (*ETSI: European Telecommunications Standards Institute*), το οποίο υποστηρίζει και ενισχύει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στον τεχνικό τομέα των τηλεπικοινωνιών.

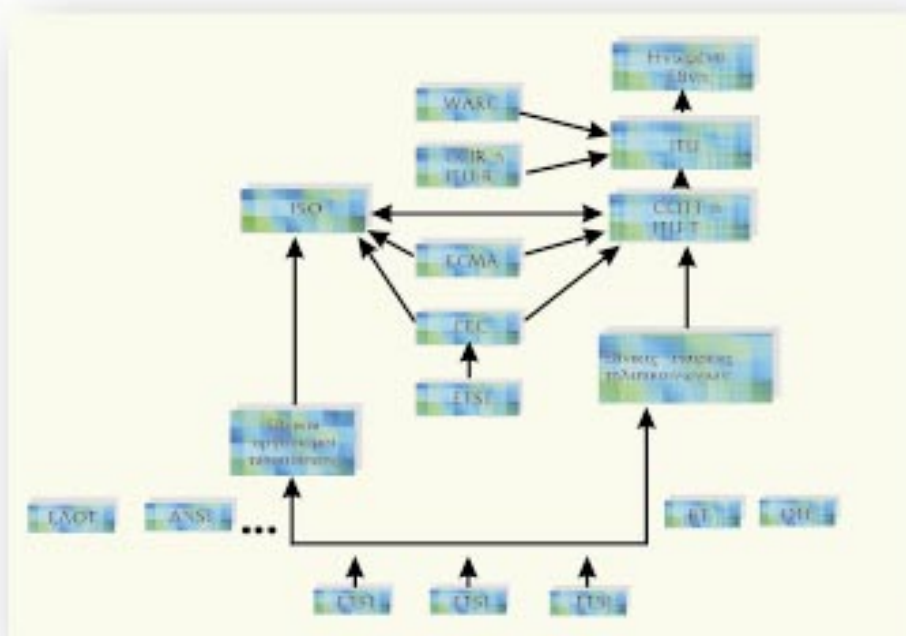


5.5.2.3 Το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Το **Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών** (*IEEE: Institute of Electronics and Electrical and Engineers*) είναι ένας από τους κορυφαίους διεθνείς οργανισμούς στον τομέα της τεχνολογικής ανάπτυξης. Ο οργανισμός αυτός ασχολείται με πολλά τεχνολογικά θέματα, τα οποία εκτείνονται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τη βιοϊατρική και τις τηλεπικοινωνίες μέχρι την αεροναυπηγική και τα καταναλωτικά ηλεκτρονικά. Το *IEEE* είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός στον οποίο συμμετέχουν πάνω από 330.000 μέλη από 150 χώρες. Μέσα από τις τεχνολογικές αναφορές, τα συνέδρια και τη δημιουργία προτύπων το *IEEE* έχει παραγάγει το 30% της παγκόσμιας βιβλιογραφίας σε θέματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ηλεκτρολογία και τεχνολογία ελέγχου. Έχει επίσης δημιουργήσει πάνω από 800 ενεργά πρότυπα, ενώ 700 πρότυπα βρίσκονται ήδη υπό ανάπτυξη.

5.5.2.4 Άλλοι οργανισμοί

Σε πολλές περιπτώσεις η λεπτομερής ανάλυση και ο σχεδιασμός των προτύπων γίνεται από μικρότερες, καταξιωμένες στην επιστημονική και στη βιομηχανική κοινότητα, ομάδες εργασίας. Έτσι, εκτός από το *IEEE*, σημαντικό ρόλο όσον αφορά την



Σχήμα. 5.21: Σχέσεις των οργανισμών τυποποίησης



τεχνική τυποποίησης των τηλεπικοινωνιών παίζουν:

- ✓ το **Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας** των Η.Π.Α. (*NIST: National Institute of Standards and Technology*) και
- ✓ η **Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών** (*EIA: Electronic Industries Association*).

Μια σχηματική παράσταση των διάφορων οργανισμών τυποποίησης και των σχέσεών τους απεικονίζεται στο σχήμα 5.21.

5.5.3 Διαδικασία τυποποίησης προτύπων

Η διαδικασία τυποποίησης ενός διεθνούς προτύπου είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, η οποία μπορεί να διαρκέσει από μερικούς μήνες έως και χρόνια. Σε μερικές περιπτώσεις το εγχείρημα είναι δυνατόν να αποτύχει, είτε γιατί η αποδοχή του προτύπου, για διάφορους λόγους, δεν είναι καθολική είτε γιατί τα αποτελέσματά του δεν είναι εμφανή. Δεν είναι λίγες οι φορές που η καθιέρωση ενός προτύπου προκαλεί συγκρούσεις σε διάφορα επιστημονικά, βιομηχανικά ή και οικονομικά πεδία. Γι' αυτό η συνήθης διαδικασία αποδοχής ενός προτύπου κάποιας ομάδας εργασίας είναι επίπονη και χρονοβόρα. Περνά μέσα από διάφορα στάδια και επίπεδα κρίσεων, αλλαγών, πιστοποιήσεων και δοκιμών από ειδικές ομάδες ενδιαφερόμενων φορέων προκειμένου να φθάσει στο στάδιο της τελικής ψηφοφορίας, όπου εγκρίνεται και ανακοινώνεται το τελικό κείμενο που περιγράφει το πρότυπο.

Από τη στιγμή της νέας (ακαδημαϊκής ή βιομηχανικής) ανακάλυψης μέχρι την οικονομική επένδυση επάνω σ' αυτή μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο πρέπει να υλοποιηθεί και να περιγραφεί το νέο πρότυπο. Αυτό δεν πρέπει να γίνει πολύ νωρίς, ειδικά πριν τελειώσει η έρευνα επάνω στη νέα ανακάλυψη, γιατί τότε τα πρότυπα ίσως να μην περιγραφούν σωστά. Επίσης δεν πρέπει να δημιουργηθούν ή να περιγραφούν τα πρότυπα πολύ αργά, ιδιαίτερα όταν οι διάφορες εταιρείες θα έχουν επενδύσει κεφάλαια για την ανάπτυξη άλλων λύσεων, με αποτέλεσμα την αγνόηση των προτύπων. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που το *OSI* δε βρήκε την ανάλογη ανταπόκριση από τους κατασκευαστές δικτύων και πρωτοκόλλων και έχει ουσιαστικά βγει εκτός μάχης από το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, το οποίο θα μελετηθεί στη συνέχεια.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (*ISO*), Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (*ITU*), Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας (*CCITT*), Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (*IEEE*), Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας (*NIST*), Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών (*EIA*), διαδικασία τυποποίησης προτύπων.





Μάθημα 5.6: Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

5.6.1 Εισαγωγή

Η δημιουργία του **μοντέλου αναφοράς TCP/IP** (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), μιας εναλλακτικής πρότασης του μοντέλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων *OSI*, οφείλεται στη λειτουργία του *ARPANET*, ενός δικτύου που προηγήθηκε του *Internet* και το οποίο αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Το *ARPANET* ήταν ένα δίκτυο που δημιουργήθηκε για λογαριασμό του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. την εποχή του ψυχρού πολέμου, στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η ιδέα ήταν τα διάφορα πολιτικά και στρατιωτικά κέντρα των Η.Π.Α. να έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας οποιαδήποτε χρονική στιγμή, έστω και αν ένα μέρος του δικτύου επικοινωνίας είχε τεθεί για διάφορους λόγους εκτός λειτουργίας. Σ' αυτή την περίπτωση η επικοινωνία θα γινόταν μέσω εναλλακτικών οδεύσεων και στοιχείων μεταγωγής, αρκεί οι υπολογιστές που επρόκειτο να επικοινωνήσουν να είναι σε λειτουργία. Αυτή η ανάγκη αδιάλειπτης επικοινωνίας κάτω από οποιεσδήποτε περιστάσεις οδήγησε στη δημιουργία ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων, θέμα που θα προσεγγίσουμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Στα δίκτυα μεταγωγής οι πληροφορίες, υπό μορφή μηνυμάτων, διαχωρίζονται σε μικρότερα πακέτα, καθένα από τα οποία μπορεί να έχει σταθερό ή μεταβλητό μήκος (πλήθος χαρακτήρων). Τα πακέτα μεταδίδονται στον προορισμό τους ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, έστω και αν προέρχονται από το ίδιο μήνυμα, μέσα από τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας και τα στοιχεία μεταγωγής. Τα πακέτα αυτά ίσως να φτάσουν στον προορισμό τους με διαφορετική σειρά από αυτήν που έφυγαν. Σ' αυτή την περίπτωση ο παραλήπτης έχει την ευθύνη να τα επανατοποθετήσει στη σωστή σειρά, ώστε να σχηματιστεί το αρχικό μήνυμα.

Παράδειγμα V

Η διαδικασία της μεταγωγής πακέτων έχει πολλές ομοιότητες με το ταχυδρομικό δίκτυο. Ας υποθεθεί ότι κάποιος γράφει ένα γράμμα πέντε σελίδων και, αφού τοποθετήσει από μία σελίδα του γράμματος μέσα σε πέντε αριθμημένους φακέλους με την ένδειξη 1/5, 2/5...5/5, τους στέλνει σε ένα φίλο του σε μακρινή χώρα. Ασφαλώς, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, όλοι οι φάκελοι θα πρέπει να φτάσουν στον προορισμό τους. Ίσως βέβαια φτάσουν με διαφορετική σειρά και σε διαφορετική χρονική στιγμή. Ίσως περάσουν από διαφορετικές χώρες, η καθεμία από τις οποίες έχει το δικό της σύστημα προώθησης και τους δικούς της ταχυδρομικούς κανόνες. Όμως τελικά οι φάκελοι θα φτάσουν στον παραλήπτη, χωρίς να είναι απαραίτητο αυτός ή ο αποστολέας να γνωρίζουν τη διαδρομή ή τη διαδικασία με την οποία έγινε αυτό.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* πήρε το όνομά του από τα δύο κυριότερα πρωτόκολλα του μοντέλου, το *TCP* και το *IP*. Σε αντιστοιχία με την αρχιτεκτονική του *OSI*, το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* αποτελείται από τέσσερα **επίπεδα** ή **στρώματα** (*layers*), ενώ κάθε επίπεδο, όπως και στην περίπτωση του *OSI*, υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Στο σχήμα 5.22 απεικονίζονται παραστατικά αυτά τα επίπεδα, δηλαδή το επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο μεταφοράς και το επίπεδο εφαρμογής.

Όπως γίνεται σε όλες τις αρχιτεκτονικές κατά στρώματα ή επίπεδα, κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι ο πλέον πρόσφορος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και ταυτόχρονα αυστηρά προσδιορισμένες λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

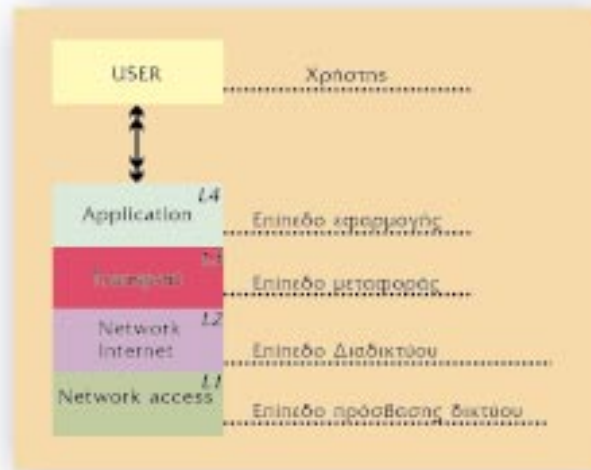
Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 4), είναι το ακόλουθο:

- ✓ **Επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου** (*L1: network access layer*). Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης και είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το δίκτυο.
- ✓ **Επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου ή δικτύου** (*L2: Internet layer*). Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- ✓ **Επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς** (*L3: transport layer*). Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων προς αυτό επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.
- ✓ **Επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής** (*L4: application layer*). Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

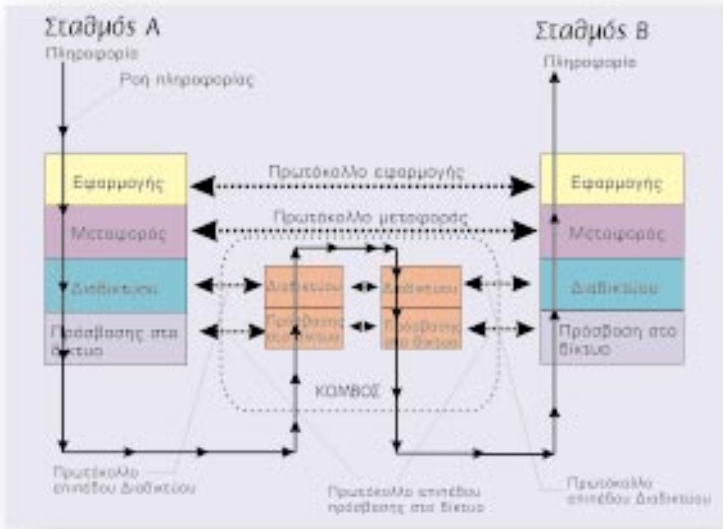
Τα *L1* έως *L3* αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ το *L4* είναι προσανατολισμένο στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη.

5.6.2 Μετάδοση δεδομένων στο TCP/IP

Για να επικοινωνήσουν δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει, όπως ήδη έχει αναφερθεί, να διαθέτουν το ίδιο σύνολο πρωτοκόλλων. Όταν αυτό εξασφαλιστεί, οι υπολογιστές μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα. Όπως και στην περίπτωση του μοντέλου αναφοράς *OSI*, τα δεδομένα μεταδίδονται από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερό του και προωθούνται μέχρι να φθάσουν στο επίπεδο πρόσβασης



Σχήμα.5.22: Τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP



Σχήμα 5.23: Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλο αναφοράς TCP/IP

Κατά τη διεκπεραίωση αυτής της λειτουργίας τα δεδομένα υφίστανται επεξεργασία η οποία βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του TCP/IP, με αποτέλεσμα η δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων να αλλάζουν, καθώς

διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη (σχήμα 5.24). Σημειώνεται ότι τα δεδομένα που διαπερνούν κάποιο επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου υφίστανται διαφορετική επεξεργασία.

Η επικοινωνία δύο υπολογιστών που χρησιμοποιούν το μοντέλο αναφοράς TCP/IP πραγματοποιείται μέσω των ακόλουθων δύο μορφών διεύθυνσης:

✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε υπολογιστή που συνδέεται στο δίκτυο. Αυτή είναι γνωστή ως **διεύθυνση IP** (IP address) και μπορεί να παρομοιαστεί με το μοναδικό αριθμό κλήσης τηλεφώνου. Η διεύθυνση αυτή αποτελείται από 32 δυαδικά ψηφία, χωρισμένα ανά οκτώ με μια τελεία. Μία IP διεύθυνση είναι, για παράδειγμα: 10000001.00010100.00010000.00001101.

✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε εφαρμογή που λειτουργεί στον κάθε υπολογιστή. Αυτό επιτρέπει στο επίπεδο μεταφοράς να παραδίδει τα δεδομένα στη σωστή εφαρμογή. Οι διευθύνσεις αυτές είναι γνωστές ως **θύρες** (ports).



Σχήμα 5.24: Μορφή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς TCP/IP.



Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.24, ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, η οποία επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου** (*PCI: Protocol Control Information*). Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων, που ονομάζεται **μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής** (*APDU: Application Protocol Data Unit*).

Η μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο μεταφοράς. Το επίπεδο μεταφοράς, μόλις την παραλάβει, επεξεργάζεται τα δεδομένα και προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPCI: Transport Protocol Control Information*), σχηματίζοντας τη **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*). Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο Διαδικτύου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Τα επίπεδα μεταφοράς και Διαδικτύου προκαλούν κατάτμηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες πληροφορίας, τις *PDU*s. Σε καθεμιά από αυτές τις μονάδες προστίθεται η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου (*PCI*), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή συναρμολόγηση των πακέτων στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάτμηση των δεδομένων σε μικρότερα πακέτα έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας.

Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

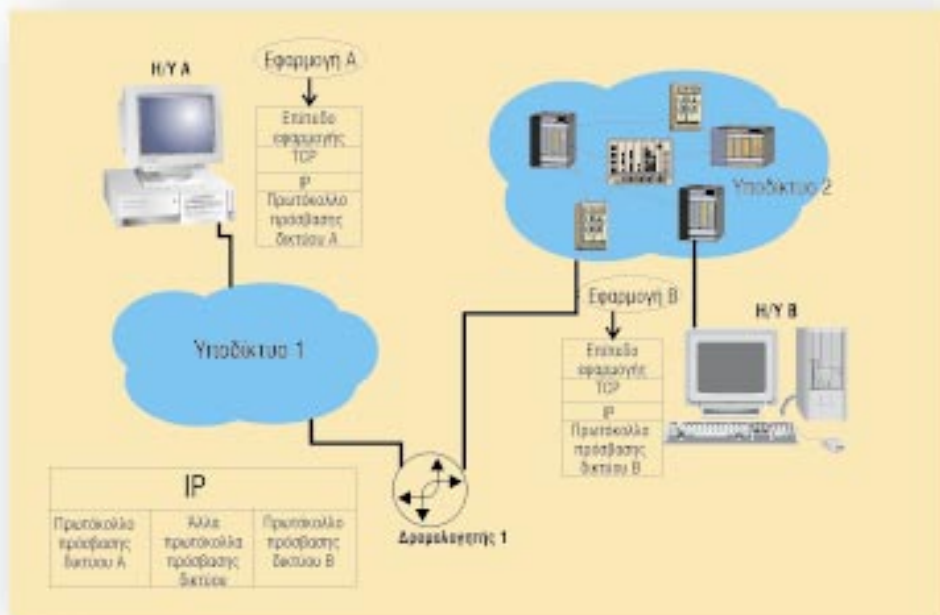
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής** (*APDU: Application Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου Διαδικτύου ή Δικτύου** (*NPDU: Network/Internet Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου πρόσβασης δικτύου** (*PPDU: Physical Protocol Data Unit*).



Παράδειγμα VI

Στο σχήμα 5.25 παρουσιάζεται η διαδρομή ενός πακέτου που στέλνεται από τον υπολογιστή A στον υπολογιστή B μέσω ενός *TCP/IP* δικτύου.

Ο χρήστης του υπολογιστή A θέλει να επικοινωνήσει, μέσω κάποιας εφαρμογής A που χρησιμοποιεί τη θύρα 1, με τον υπολογιστή B, στον οποίο η αντίστοιχη εφαρμογή B χρησιμοποιεί τη θύρα 2. Ο χρήστης, μέσω της εφαρμογής A, δίνει τα δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, που με τη σειρά του τα περνά στο επόμενο επίπεδο, και συγκεκριμένα στο πρωτόκολλο *TCP*, με οδηγίες να τα παραδώσει στον υπολογιστή B, θύρα 2. Το *TCP* κατακερματίζει τα δεδομένα σε *PDU*s και δίνει καθεμία από αυτές στο επόμενο επίπεδο, με την οδηγία να την παραδώσει στον υπολογιστή B. Το *IP* προσθέτει σε καθεμία από τις *PDU*s την *IP διεύθυνση* του παραλήπτη, του υπολογιστή B στη συγκεκριμένη περίπτωση, και τη δίνει στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου, με την οδηγία να τη στείλει στο δρομολογητή 1, που είναι ο πρώτος σταθμός στη διαδρομή των πακέτων προς τον υπολογιστή B. Ο δρομολογητής 1 διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και, αν τη γνωρίζει, ξέρει πώς να στείλει τις *PDU*s στον υπολογιστή B, αν δεν τη γνωρίζει, συνομιλεί με τους γειτονικούς δρομολογητές, για να πάρει πληροφορίες σχετικά με την καλύτερη δρομολόγηση των *PDU*s προς τον παραλήπτη. Τελικά οι *PDU*s φτάνουν στον προορισμό τους και παραδίδονται στον υπολογιστή B. Ανεβαίνοντας προς τα υψηλότερα επίπεδα οι *PDU*s φτάνουν στο επίπεδο μεταφοράς και στο πρωτόκολλο *TCP* του παραλήπτη, επανασυναρμολογούνται και παραδίδονται στη θύρα 2 και στην αντίστοιχη εφαρμογή.



Σχήμα 5.25: Επικοινωνία δύο υπολογιστών με το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*

5.6.3 Τα επίπεδα του TCP/IP

5.6.3.1 Επίπεδο πρόσβασης δικτύου

Το **επίπεδο πρόσβασης δικτύου** (*network access layer*) είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του σταθμού με το δίκτυο. Ανιχνεύει την αρχιτεκτονική του δικτύου και ανάλογα διοχετεύει τα πακέτα στο κανάλι επικοινωνίας. Επίσης είναι υπεύθυνο για την παροχή μιας διεπαφής που θα του επιτρέψει την επικοινωνία με το επίπεδο Διαδικτύου.

Το επίπεδο αυτό καθορίζει το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών μετάδοσης δεδομένων (σταθμών εργασίας ή προσωπικών υπολογιστών) με το δίκτυο. Το κύριο τμήμα του Διαδικτύου αποτελείται από έναν αριθμό υπολογιστών ειδικού σκοπού, που διασυνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας γραμμές επικοινωνίας παντός τύπου. Όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές και τα τοπικά δίκτυα συνδέονται στη συνέχεια σ' αυτούς τους ειδικού σκοπού υπολογιστές. Κατ' αυτό τον τρόπο διασυνδέονται μεταξύ τους οι υπολογιστές, χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ποικιλία φυσικών μέσων, από τηλεφωνικές γραμμές (κοινές ή μισθωμένες) έως δορυφορικές ζεύξεις, UHF κτλ.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* δεν περιγράφει αναλυτικά το συγκεκριμένο επίπεδο ούτε τα πρωτόκολλα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να επιτευχθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα σ' αυτό το επίπεδο πρωτόκολλα να ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος ή το είδος του δικτύου.

5.6.3.2 Επίπεδο Διαδικτύου

Το **επίπεδο Διαδικτύου** (*Internet layer*) είναι το ζωτικό επίπεδο του μοντέλου. Ο σκοπός του είναι η δρομολόγηση και η παράδοση των *PDU*s στον παραλήπτη. Προσθέτει στις *PDU*s τη διεύθυνση του παραλήπτη και τις στέλνει στο δίκτυο, προκειμένου αυτές να φθάσουν, ανεξάρτητα η μία από την άλλη, στον προορισμό τους, περνώντας από διάφορους ενδιάμεσους σταθμούς οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Στις περιπτώσεις που δύο συστήματα είναι συνδεδεμένα σε διαφορετικά δίκτυα, απαιτούνται διαδικασίες οι οποίες θα επιτρέψουν τη μετάβαση των δεδομένων στον προορισμό τους διαμέσου πολλαπλών διασυνδεδεμένων δικτύων.

Το πρωτόκολλο της οικογένειας *TCP/IP* που είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών σ' αυτό το επίπεδο είναι το *Internet Protocol (IP)*. Η μονάδα μεταφερόμενων δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο είναι το πακέτο *IP* ή, όπως συνήθως λέγεται, *IP datagram*, εμπεριέχοντας έτσι την έννοια του αυτοδύναμου πακέτου, αυτού δηλαδή που διανύει ανεξάρτητα και με δικές του δυνάμεις προς τον προορισμό του. Το πακέτο *IP* περιέχει τόσο τη διεύθυνση του αποστολέα όσο και τη διεύθυνση του παραλήπτη, έτσι ώστε να μπορεί να διανεμηθεί και να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα.

Καθεμία από τις *διευθύνσεις IP* έχει μήκος 32 δυαδικά ψηφία. Επειδή η απομνημόνευσή τους είναι εξαιρετικά δύσκολη, έχει επινοηθεί η παράσταση της διεύθυνσης με



έναν τρόπο απλούστερο, χρησιμοποιώντας δεκαδικούς αριθμούς. Μία *IP διεύθυνση* 32 δυαδικών ψηφίων χωρίζεται με τελείες σε τέσσερα πεδία των 8 δυαδικών ψηφίων. Κάθε πεδίο μετατρέπεται στον ισοδύναμο δεκαδικό αριθμό, ώστε τελικά η *IP διεύθυνση* να περιγράφεται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς χωρισμένους με τελείες. Στην πράξη έχει επικρατήσει αυτός ο τρόπος παρουσίασης των *IP διευθύνσεων*, ο οποίος εκτός από την ευκολία απομνημόνευσης έχει και το πλεονέκτημα της ιεράρχησης των διευθύνσεων αυτών, όπως θα δούμε στη συνέχεια (Μάθημα 15.3). Για παράδειγμα, η *IP διεύθυνση*:

10110011111001000100100100001011 γίνεται
 10110011.11100100.01001001.00001011 και στη συνέχεια
 179.228.73.12

Τα πρωτόκολλα που συνήθως χρησιμοποιούνται σ' αυτό το επίπεδο, εκτός από το *IP*, είναι το **ICMP** (*Internet Control Messaging Protocol*), το **ARP** (*Address Resolution Protocol*), το **RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*) και άλλα λιγότερο γνωστά.

5.6.3.2.1 Το πρωτόκολλο Διαδικτύου

Το **πρωτόκολλο Διαδικτύου** (*IP: Internet Protocol*) είναι πρωτόκολλο του επιπέδου Διαδικτύου, δηλαδή του τρίτου επιπέδου κατά την ορολογία που έχει καθιερωθεί για να περιγράψει το *OSI*, και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά δίκτυα.

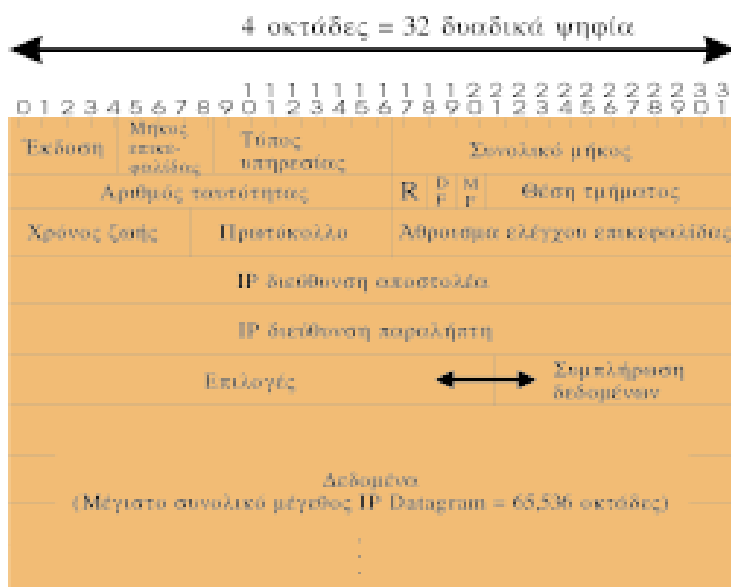
Το *IP* υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ Καθορίζει τη διευθυνσιοδότηση, τη δρομολόγηση, την τμηματοποίηση και την επανασυναρμολόγηση των δεδομένων. Για παράδειγμα, αν κάποιος ενδιαμέσος υπολογιστής παραλάβει μία μονάδα δεδομένων που είναι πολύ μεγάλη για να μεταδοθεί στο επόμενο δίκτυο, τότε αυτή τμηματοποιείται σε πακέτα από το *IP*, τα οποία μεταδίδονται ανεξάρτητα. Οι *PDUs* επανασυναρμολογούνται σε μία μονάδα, μόνο όταν φτάσουν στον παραλήπτη. Αν κάποια *PDU* χαθεί, τότε απορρίπτεται όλη η μονάδα.
- ✓ Παρέχει ένα στοιχειώδη τρόπο ελέγχου ροής, έτσι ώστε, όταν μια πηγή δεδομένων αποστέλλει με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς που μπορεί να διαχειριστεί ο δέκτης, αυτό (*IP*) να ενημερώνεται με κατάλληλα μηνύματα προκειμένου να συμμορφωθεί στον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης.
- ✓ Παραλαμβάνει από το επίπεδο μεταφοράς δεδομένα μεγέθους 64 Kbytes το πολύ, τα τεμαχίζει σε μικρότερα τμήματα, αν το κρίνει απαραίτητο, και τα μεταδίδει στο δίκτυο. Η τμηματοποίηση των πακέτων γίνεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες αυτά πρέπει, για να φτάσουν στον προορισμό τους, να περάσουν από δίκτυα που δεν μπορούν να χειριστούν μεγάλα πακέτα. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο *Ethernet* μπορεί να χειριστεί *PDUs* από 64 έως 1.500 Kbytes, οπότε σ' αυτή την περίπτωση το *IP* μπορεί παρεμβαίνοντας να τμηματοποιήσει τις *PDUs* των 64 Kbytes που παίρνει από το επίπεδο μεταφοράς σε μικρότερες *PDUs* των 1.500 bytes το πολύ.

- ✓ Το *IP* δεν εγγυάται ότι οι μονάδες δεδομένων θα διανεμηθούν οπωσδήποτε ή ότι θα διανεμηθούν σωστά. Επομένως, όταν μία *PDU* απορρίπτεται, δεν είναι δεδομένο ότι κάποιο ανώτερο πρωτόκολλο θα φροντίσει για την επαναμετάδοσή της.

Στο σχήμα 5.26 παρουσιάζεται η δομή ενός πακέτου *IP* που έχει μέγιστο μήκος 64 Kbytes. Το *IP* έχει μία επικεφαλίδα (*header*) τουλάχιστον 20 bytes και ένα πεδίο για τα δεδομένα (*data*) μεταβλητού μήκους. Αναλυτικά, αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Το πεδίο **έκδοση** (*version*). Είναι 4 δυαδικά ψηφία και δηλώνει την έκδοση του πρωτοκόλλου *IP*.
- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 4 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει το μήκος της επικεφαλίδας, καθώς και το πεδίο των **επιλογών** (*options*). Το μήκος της επικεφαλίδας υπολογίζεται σε 32 δυαδικά ψηφία, π.χ. για πακέτα *IP* χωρίς επιλογή το πεδίο αυτό έχει τιμή 5.
- ✓ Το πεδίο **τύπος υπηρεσίας** (*type of service*). Είναι 8 δυαδικά ψηφία και χαρακτηρίζει την ποιότητα μετάδοσης που επιδιώκει ένα πακέτο. Εδώ επιλέγεται αν το πακέτο πρέπει να φθάσει γρήγορα ανεξαρτήτως ποιότητας ή αν πρέπει να φθάσει σωστά ανεξαρτήτως χρόνου. Χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν αυτή την ποιότητα είναι:
 - η αξιοπιστία,
 - η καθυστέρηση μετάδοσης,
 - ο ρυθμός διέλευσης (*throughput*) κτλ.
- ✓ Το πεδίο **συνολικό μήκος** (*total length*). Είναι 16 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει το μήκος όλου του πακέτου, καθώς και της επικεφαλίδας και των δεδομένων. Το μέγιστο μήκος του πακέτου μπορεί να φθάσει τα 65.536 bytes.
- ✓ Το πεδίο **αριθμός ταυτότητας** (*identification number*). Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις κατάτμησης ενός πακέτου σε μικρότερα τμήματα, ώστε ο υπολογιστής - παραλήπτης να μπορεί στη συνέχεια να προσδιορίζει για κάθε τμήμα που φθάνει σε ποιο πακέτο ανήκει. Να σημειωθεί ότι όλα τα τμήματα ενός αυτοδύναμου πακέτου (*datagram*) έχουν τον ίδιο αριθμό ταυτότητας.
- ✓ Το πεδίο **σήμανση** (*flags*). Είναι 3 δυαδικά ψηφία, από τα οποία το πρώτο, το R, έχει τιμή 0 και υπάρχει για μελλοντική χρήση. Το δυαδικό ψηφίο *DF* (*Don't Fragment*) χρησιμοποιείται ως εντολή του αποστολέα του *IP* πακέτου προς το δίκτυο, ώστε αυτό να μην τεμαχιστεί, διότι ο παραλήπτης αδυνατεί να το επανασυνδέσει.



R, DF, MF: δυαδικά ψηφία του πεδίου σήμανσης

Σχήμα 5.26: Δομή του *IP* πακέτου



- Όταν το $DF = 1$, σημαίνει ότι επιτρέπεται ο τεμαχισμός, ενώ
- όταν το $DF = 0$, σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται.

Όταν το δυαδικό ψηφίο MF (*More Fragments*) έχει τιμή 1, δηλώνει στον παραλήπτη ότι ακολουθούν και άλλα τμήματα του ίδιου κατακερματισμένου πακέτου. Προφανώς το τελευταίο τμήμα του πακέτου έχει $MF = 0$.

- ✓ Το πεδίο **θέση τμήματος** (*fragment offset*). Προσδιορίζει τη θέση κάθε τμήματος στο πακέτο, ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να επανασυναρμολογήσει το πακέτο. Το πεδίο αυτό καθορίζει την απόσταση που έχει η θέση του συγκεκριμένου τμήματος από την αρχή του IP πακέτου και μετριέται σε πολλαπλάσια του 8 δυαδικά ψηφία.
- ✓ Το πεδίο **χρόνος ζωής** (*life time*). Προσδιορίζει το χρόνο ζωής του IP πακέτου. Ο χρόνος ζωής μετριέται σε δευτερόλεπτα, αλλά το πιο συνηθισμένο είναι να μετριέται σε αριθμό ζεύξεων (*hops*), επειδή ο χρόνος διέλευσης από έναν ενδιάμεσο σταθμό σε έναν άλλο είναι κάτω του ενός δευτερολέπτου. Κάθε φορά που το πακέτο περνά από έναν ενδιάμεσο σταθμό, αφαιρείται μία μονάδα. Η τιμή έναρξης προσδιορίζεται από το πρωτόκολλο του ανώτερου επιπέδου που δημιουργεί το πακέτο, ενώ η μέγιστη τιμή έναρξης είναι το 255. Όταν η τιμή αυτή γίνει μηδέν, το πακέτο καταστρέφεται, επειδή θεωρείται ότι έχει μπει σε ατέρμονα κυκλική πορεία (*loop*) μέσα στο δίκτυο.
- ✓ Το πεδίο **πρωτόκολλο** (*protocol*). Αναφέρεται στο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς, που χρησιμοποιείται (π.χ. TCP , UDP) στον τελικό σταθμό προορισμού. Τυπικές τιμές του πεδίου αυτού είναι:
 - $TCP = 6$
 - $UDP = 17$
- ✓ Το πεδίο **άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας** (*header checksum*). Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ορθής μετάδοσης μόνο για την επικεφαλίδα και όχι για τα δεδομένα. Επειδή υπάρχουν πεδία που αλλάζουν κατά την πορεία του μηνύματος, όπως είναι ο χρόνος ζωής, το άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας επανυπολογίζεται σε κάθε ενδιάμεσο επίπεδο του δικτύου.
- ✓ Το πεδίο **διεύθυνση αποστολέα** (*source address*). Είναι 32 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει την IP διεύθυνση του αποστολέα.
- ✓ Το πεδίο **διεύθυνση παραλήπτη** (*destination address*). Είναι 32 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει την IP διεύθυνση του παραλήπτη.
- ✓ Το πεδίο **επιλογές** (*options*). Είναι μη υποχρεωτικό πεδίο μεταβλητού μήκους, που χρησιμοποιείται για να αντιμετωπίζει θέματα ασφάλειας, κατευθυνόμενης δρομολόγησης, χρονοσφραγίδων, καταγραφής διαδρομών κτλ. Όταν το μέγεθος του πεδίου αυτού δεν είναι πολλαπλάσιο των 32 δυαδικών ψηφίων, το υπόλοιπο συμπληρώνεται με μηδενικά.
- ✓ Το πεδίο **συμπλήρωση δεδομένων** (*padding data*). Χρησιμοποιείται για να συμπληρωθεί με 32 δυαδικά ψηφία το πεδίο επιλογές και έχει πάντα τιμή 0.
- ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Είναι το πεδίο που περιέχει μέρος των πραγματικών δεδομένων που στέλνει ο ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής στον άλλο.



Σε κάθε κάρτα διασύνδεσης δικτύου (NIC : *Network Interface Card*) που έχει φτιαχτεί μέχρι σήμερα έχει αποδοθεί από τον κατασκευαστή της ένας μοναδικός αριθμός 48 χαρακτήρων. Αυτή η φυσική διεύθυνση ονομάζεται διεύθυνση ελέγχου πρόσβασης μέσου (*Media Access Control* ή MAC address).

5.6.3.2.2 Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων

Το **πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων** (*ARP: Address Resolution Protocol*) χρησιμοποιείται από το μοντέλο *TCP/IP* για τη μετατροπή της *IP διεύθυνσης* της συσκευής στην πραγματική φυσική διεύθυνση **ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*MAC: Media Access Control*) του υλικού. Το *TCP/IP* χρησιμοποιεί πακέτα αιτήσεων *ARP*, για να πάρει τη φυσική διεύθυνση κάθε συσκευής του δικτύου, και στη συνέχεια αντιστοιχίζει αυτή τη διεύθυνση στη *διεύθυνση IP*. Όταν δηλαδή χρειάζεται να σταλεί ένα πακέτο σε ένα συγκεκριμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει το δίκτυο – και ειδικότερα ο τελευταίος ενδιάμεσος σταθμός – πέρα από την *IP διεύθυνση* να γνωρίζει και τη φυσική *MAC* διεύθυνση του παραλήπτη. Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων κάνει ακριβώς αυτή τη δουλειά, δίνοντας στο σταθμό τη φυσική διεύθυνση της αντιστοιχίας *IP διεύθυνσης* του υπολογιστή - παραλήπτη.

5.6.3.2.3 Το πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου

Το **πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου** (*ICMP: Internet Control Message Protocol*) χρησιμοποιείται κυρίως από το πρόγραμμα *Ping*. Τα πακέτα *ICMP* ενθυλακώνονται μέσα στα πακέτα *IP*, επιτρέποντας σε δύο κόμβους του δικτύου να χρησιμοποιούν από κοινού πληροφορίες για την κατάσταση και τα σφάλματα των πακέτων *IP*. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα *Ping* με τη μορφή μηνυμάτων **αιτήσεων αντήχησης** (*echo request*) και **απαντήσεων αντήχησης** (*echo reply*), για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει μια συγκεκριμένη *IP διεύθυνση* στο δίκτυο.

5.6.3.3 Επίπεδο μεταφοράς

Ανεξάρτητα από τη φύση των εφαρμογών που ανταλλάσσουν δεδομένα, υπάρχει απαίτηση για αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων με τη σειρά που στάλθηκαν. Οι μηχανισμοί που παρέχουν αυτού του είδους την αξιοπιστία είναι ανεξάρτητοι από τη φύση των εφαρμογών, οπότε δικαιολογείται η ομαδοποίησή τους σε ένα επίπεδο διαμοιρασμένο σε όλες τις εφαρμογές, το οποίο αποκαλείται **επίπεδο μεταφοράς** (*transport layer*).

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο εφαρμογής, τη διάσπασή τους σε μικρότερα μηνύματα, αν χρειαστεί, την παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο του Διαδικτύου και τη διασφάλιση ότι όλα τα μηνύματα φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Αν οι *PDU*s δε φτάσουν με τη σωστή σειρά στον παραλήπτη ή περιέχουν λάθη ή χαθούν, είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του επιπέδου αυτού να τις τοποθετήσουν στη σωστή σειρά ή και να ζητήσουν την επαναμετάδοση των λανθασμένων ή απολεσθέντων *PDU*s. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου παρέχονται από δύο πρωτόκολλα, το *TCP* και το *UDP*.



Δίνοντας την εντολή:

```
ping 150. 140.90.30
```

μπορεί κάποιος να διαπιστώσει αν ο ηλεκτρονικός υπολογιστής συνδέεται στο δίκτυο, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, με τη συγκεκριμένη *IP διεύθυνση*. Πιθανές απαντήσεις είναι:

✓ *150. 140.90.30 is alive*, που σημαίνει ότι ο υπολογιστής με *IP διεύθυνση*:

```
150. 140.90.30
```

είναι στο δίκτυο.

✓ *no answer*, που σημαίνει ότι ο υπολογιστής με *IP διεύθυνση* *150. 140.90.30* δεν είναι στο δίκτυο.



5.6.3.3.1 Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης

Το **πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης** (*TCP: Transmission Control Protocol*) είναι το κυριότερο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*. Αυτό παραλαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο εφαρμογής και τα τεμαχίζει σε τμήματα των 64 Kbytes το πολύ, τα οποία και στέλνει μέσω του δικτύου στο ομότιμο επίπεδο ως ξεχωριστά πακέτα. Ειδικότερα, το *TCP* είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- ✓ Είναι **προσανατολισμένο στη σύνδεση** (*connection-oriented*). Το *TCP* φροντίζει για τη σύνδεση δύο σημείων, καθώς και για τη μεταξύ τους επικοινωνία, εξασφαλίζοντας την αποστολή και τη λήψη των *PDU*s.
- ✓ Η σύνδεση παρέχεται **από το ένα άκρο στο άλλο** (*end-to-end*). Κάθε *PDU* του *TCP* έχει ένα συγκεκριμένο τελικό άκρο (σημείο προορισμού), το οποίο προσδιορίζεται μέσα στην *PDU*. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής της μέσα από τα κανάλια επικοινωνίας η *PDU* αγνοείται από όλα τα σημεία (ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή άλλες διατάξεις) από τα οποία περνάει, για να καταλήξει στο τελικό σημείο που είναι και ο προορισμός της.
- ✓ Είναι **αξιόπιστο** (*reliable*). Πρόκειται για το πιο βασικό και χαρακτηριστικό γνώρισμα του *TCP*. Το πρωτόκολλο φροντίζει να εξασφαλιστεί όχι μόνο η άφιξη των *PDU*s που στέλνονται στον προορισμό τους, αλλά και ότι αυτές φτάνουν εκεί με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν. Αν κάποια *PDU* λείπει, το πρωτόκολλο θα ειδοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή - αποστολέα προκειμένου αυτή να σταλεί ξανά.

Το *TCP* υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ τη λογική σύνδεση και αποσύνδεση με το ομότιμό του πρωτόκολλο,
- ✓ τη μετάδοση των δεδομένων σε πακέτα που δεν υπερβαίνουν τα 64 Kbytes,
- ✓ την αξιοπιστία της μετάδοσης,
- ✓ τον έλεγχο ροής των δεδομένων,
- ✓ την ολικά αμφίδρομη επικοινωνία κ.ά.

Προκειμένου το *TCP* να επικοινωνήσει με το επίπεδο εφαρμογής αλλά και οι εφαρμογές μεταξύ τους, χρησιμοποιείται η έννοια της **θύρας** ή **πόρτας** (*port*). Η θύρα είναι ένα πεδίο στην επικεφαλίδα του *TCP*. Σε κάθε εφαρμογή αντιστοιχεί και μια ορισμένη τιμή. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές έχουν μια συγκεκριμένη **τιμή θύρας**, όπως για παράδειγμα:

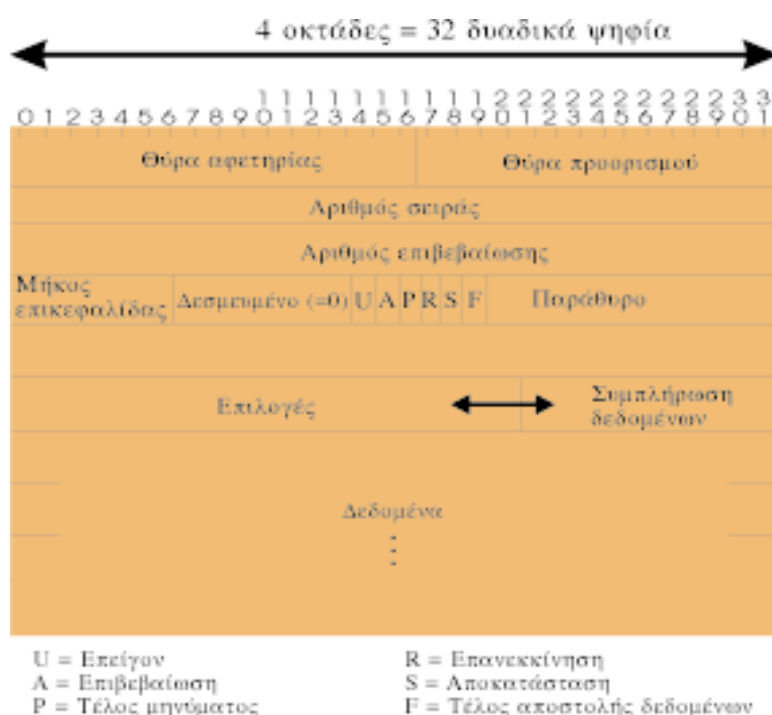
- ✓ *FTP* (*File Transfer Protocol*): 21
- ✓ *SMTP* (*Simple Mail Transfer Protocol*): 25
- ✓ *Telnet*: 23

Στο σχήμα 5.27 παρουσιάζεται η δομή μίας *PDU* του πακέτου *TCP* που έχει μήκος 64 Kbytes. Το πακέτο αυτό αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Τα πεδία **θύρα αφετηρίας** (*source port*) και **θύρα προορισμού** (*destination port*). Αναφέρονται στον αριθμό της θύρας που αντιστοιχεί στην τρέχουσα

εφαρμογή.

- ✓ Το πεδίο **αριθμός σειράς** (*sequence number*). Είναι 32 δυαδικών ψηφίων και εξασφαλίζει ότι, όταν τα δεδομένα κατατμηθούν σε *PDU*s, αυτές θα τοποθετηθούν στη σωστή σειρά.
- ✓ Το πεδίο **αριθμός επιβεβαίωσης** (*confirmation number*). Είναι 32 δυαδικών ψηφίων και εξασφαλίζει ότι οι *PDU*s που λαμβάνονται από τον παραλήπτη το-



Σχήμα 5.27: Το πακέτο TCP

ποθετούνται στη σωστή σειρά.

- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 4 δυαδικών ψηφίων και αναφέρει πόσα πεδία των 32 δυαδικών ψηφίων βρίσκονται στην επικεφαλίδα του TCP.
- ✓ Το πεδίο **δεσμευμένο** (*reserved*). Είναι 6 δυαδικών ψηφίων και πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά. Η τιμή του σήμερα είναι 0.

Ακολουθούν έξι δυαδικά ψηφία τα οποία είναι:

- Το **επείγον** (*U: Urgent*), το οποίο προσδιορίζει την ύπαρξη επείγοντων δεδομένων, όπως σήματα ελέγχου, διακοπτικά στοιχεία, χαρακτήρες ελέγχου οθόνης κτλ.
- Η **επιβεβαίωση** (*A: Acknowledge*), η οποία χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η σύνδεση αποκαταστάθηκε.
- Το **τέλος μηνύματος** (*P: Push*), το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον



- τερματισμό του μηνύματος.
- Η **επανεκκίνηση** (*R: Reset*), η οποία χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει μια χαμένη σύνδεση.
 - Η **αποκατάσταση** (*S: Syn*), η οποία χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει μια λανθασμένη σύνδεση.
 - Το **τέλος** (*F: Fin*), το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει το τέλος της αποστολής των δεδομένων.
- ✓ Το πεδίο **παράθυρο** (*window*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ροής των δεδομένων.
 - ✓ Το πεδίο **έλεγχος αθροίσματος** (*checksum*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας των δεδομένων.
 - ✓ Το πεδίο **επείγον δείκτης** (*urgent pointer*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων, και χρησιμοποιείται για να εντοπιστεί ο πρώτος χαρακτήρας δεδομένων μετά από αυτά που έχουν χαρακτηριστεί ως επείγοντα.
 - ✓ Το πεδίο **επιλογές** (*options*). Είναι μεταβλητού μήκους και χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει διάφορες λειτουργίες που απαιτούνται από το *TCP*, όπως για παράδειγμα το μέγιστο μήκος της μονάδας δεδομένων πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPDU*).
 - ✓ Το πεδίο **συμπλήρωση δεδομένων** (*padding data*). Χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει το προηγούμενο πεδίο, έτσι ώστε αυτό να γίνει 32 δυαδικών ψηφίων, και έχει πάντα τιμή 0.
 - ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Είναι μέρος των πραγματικών δεδομένων που στέλνει ο ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής στον άλλο.

5.6.3.3.2 Πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη

Το **πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη** (*UDP: User Datagram Protocol*) είναι και αυτό ένα βασικό πρωτόκολλο μεταφοράς πακέτων δικτύου. Τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου αυτού είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Είναι **μη βασισμένο στη σύνδεση** (*connectionless*). Αυτό σημαίνει ότι το πακέτο *UDP* που στέλνεται από ένα πρόγραμμα σε ολόκληρο το δίκτυο έχει την ελπίδα ότι θα καταλήξει στον προορισμό του και ότι θα φτάσει στη σωστή σειρά.
- ✓ Θεωρείται απλό στην υλοποίησή του.
- ✓ Δεν προσφέρει μηχανισμούς αξιοπιστίας και ελέγχου ροής.

Το *UDP* χρησιμοποιείται σε κάποιες εφαρμογές, όπως η *NFS* (*Network File System*) για διαχείριση αρχείων δικτύου και η *TFTP* (*Trivial File Transfer Protocol*) για μεταφορά αρχείων, στις οποίες η ίδια η εφαρμογή αποφασίζει να καταβάλει την επιπλέον προσπάθεια προκειμένου να εκτελεστεί πρόσθετος έλεγχος και παρακολούθηση των σφαλμάτων, έτσι ώστε να επωφεληθεί από τη μεγαλύτερη ταχύτητα και τη μικρότερη επιβάρυνση του *UDP*.

Επίσης το *UDP* χρησιμοποιείται συχνά για **μηνύματα εκπομπής** (*broadcast messages*), όταν δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τελικός αποδέκτης, μπορεί όμως

να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές στις οποίες ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να αποδεχτεί κάποια επιπλέον εσωτερική επιβάρυνση, για να εξασφαλίσει την αξιόπιστη παράδοση, κάτι το οποίο συντελεί τελικά στη μείωση της συνολικής επιβάρυνσης του πρωτοκόλλου.

Στο σχήμα 5.28 παρουσιάζεται η δομή ενός πακέτου *UDP* που έχει μήκος 64 Kbytes και αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Τα πεδία **θύρα αφετηρίας** (*source port*) και **θύρα προορισμού** (*destination port*). Αναφέρονται στον αριθμό της θύρας που αντιστοιχεί στην τρέχουσα εφαρμογή.
- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και προσδιορίζει το μέγεθος του πακέτου, συμπεριλαμβανομένης και της επικεφαλίδας.
- ✓ Το πεδίο **έλεγχος αθροίσματος** (*checksum*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων, χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας των δεδομένων και είναι προαιρετικό.
- ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Περιλαμβάνει μέρος των πραγματικών δεδομένων.



Σχήμα 5.28: Το πακέτο *UDP*

5.6.3.4 Επίπεδο εφαρμογής

Επάνω από το επίπεδο μεταφοράς στο μοντέλο *TCP/IP* είναι το **επίπεδο εφαρμογής** (*application layer*). Δεν υπάρχουν στο μοντέλο *TCP/IP* τα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης όπως στο *OSI*, που έτσι κι αλλιώς, όπως έχει δείξει η έως τώρα εμπειρία, ελάχιστα χρησιμοποιούνται. Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχουν πολλά ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα, όπως το **πρωτόκολλο εξομίωσης τερματικού** (*terminal emulator protocol*), γνωστό και ως *Telnet*, που επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να συνδεθεί από τον υπολογιστή του με κάποιο απομακρυσμένο μηχάνημα, το **πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων** (*FTP: File Transfer Protocol*), που χρησιμοποιείται για μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο, το **πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου** (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*) για αποστολή και λήψη ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, το **πρωτόκολλο HTTP** (*Hyper Text Transfer Protocol*) για μεταφορά ιστοσελίδων από το Διαδίκτυο στον υπολογιστή μας και πολλά άλλα. Στο σχήμα 5.29 παρουσιάζονται τα τέσσερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *TCP/IP* σε αντιστοιχία με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που εφαρμόζονται σε κάθε επίπεδο του *TCP/IP*, καθώς και τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

Επίπεδα OSI	Οικογένεια TCP/IP	DNS	Εφαρμογή
7	T E G K E O R E L F B S N H E F I E R P T R O S	Domain Name System	S T N F N M T F P P S
6	X		Εφαρμογή
5			Εφαρμογή
4	TCP	UDP	
3	ARP	IP ICMP	RARP CRW-P
2	Ethernet 802.3	Fast Ethernet 802.5	Token Ring FDDI
1			SDLC X.25

Σχήμα. 5.29: Σχέση επιπέδων και πρωτοκόλλων στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*



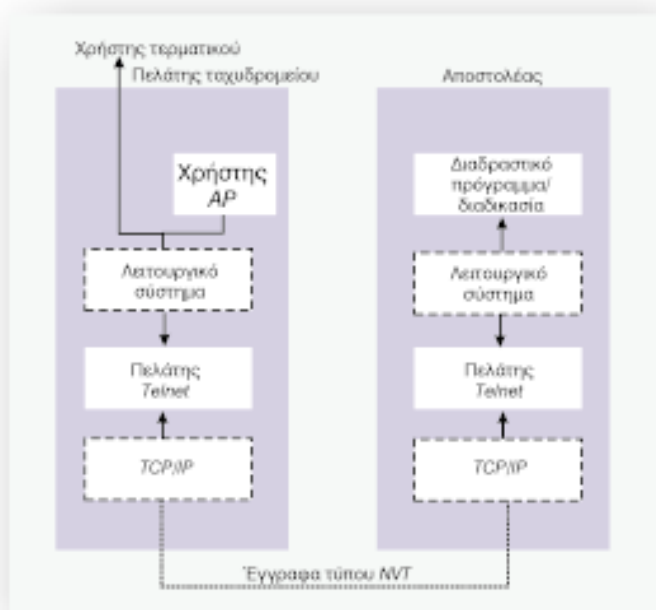
5.6.3.4.1 Πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού

Το **πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού** (*Telnet*) χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση μιας σύνδεσης με κάποιον απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η λειτουργία του πρωτοκόλλου αυτού υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.30, ο πελάτης *Telnet* προσεγγίζεται μέσω του λειτουργικού συστήματος του τοπικού υπολογιστή με τη βοήθεια μιας εφαρμογής. Το *Telnet* προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να επικοινωνήσει (*log on*) με το λειτουργικό σύστημα ενός απομακρυσμένου ηλεκτρονικού υπολογιστή και να χρησιμοποιήσει τα εγκατεστημένα προγράμμάτα του, όπως για παράδειγμα τον επεξεργαστή κειμένου ή την ηλεκτρονική αλληλογραφία του.

Όλες οι εντολές του χρήστη περνούν μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στον πελάτη *Telnet* και στη συνέχεια μέσω του μοντέλου *TCP* στο σταθμό εξυπηρέτησης *Telnet*, δηλαδή στο απομακρυσμένο μηχάνημα. Με τον ίδιο τρόπο τα αποτελέσματα επιστρέφονται στον πελάτη *Telnet* και μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στο χρήστη.

Τα δύο πρωτόκολλα *Telnet*, του πελάτη και του σταθμού εξυπηρέτησης, επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας εντολές που είναι κωδικοποιημένες σε ένα πρότυπο το οποίο ονομάζεται **δίκτυο νοητού τερματικού** (*NVT: Network Virtual Terminal*). Για να αποδοθούν οι εντολές αυτές, χρησιμοποιείται το σύνολο των χαρακτήρων *ASCII*. Όλα τα δεδομένα εισόδου και εξόδου που σχετίζονται με την επικοινωνία των δύο ομότιμων πρωτοκόλλων πελάτη και σταθμού εξυπηρέτησης μεταφέρονται προς μία κατεύθυνση με σειρές χαρακτήρων *ASCII*. Αν τα δύο μηχανήματα δε χρησιμοποιούν το ίδιο σύνολο χαρακτήρων, τότε τα αντίστοιχα πρωτόκολλα *Telnet* μεταφέρουν μαζί τους και την πληροφορία για την αντιστοίχιση (*mapping*) των

δύο συνόλων, αναλαμβάνοντας έτσι και το ρόλο του επιπέδου παρουσίασης του μοντέλου αναφοράς *OSI*.



Σχήμα 5.30: Η αρχιτεκτονική πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης στην υπηρεσία προσομοίωσης τερματικού (*Telnet*)

5.6.3.4.2 Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων

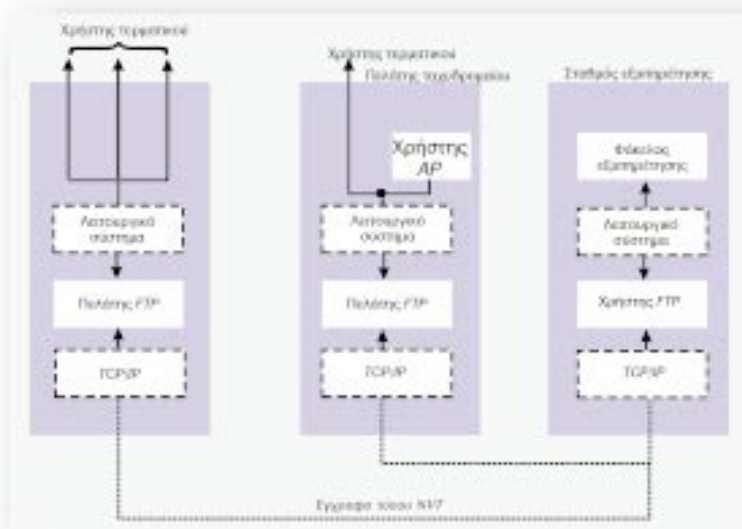
Το **πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων** (*FTP: File Transfer Protocol*) επιτρέπει την πρόσβαση και τη διαχείριση ενός απομακρυσμένου σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων (*file server*). Η λειτουργία και αυτού του πρωτοκόλλου υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.31, ο πελάτης *FTP* προσεγγίζεται μέσω του λειτουργικού συστήματος του τοπικού υπολογιστή είτε

απευθείας είτε με τη βοήθεια μιας εφαρμογής. Το *ftp* προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να διαχειριστεί ένα σύστημα αρχείων που βρίσκεται σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αναλυτικότερα, ο χρήστης μπορεί να δει τη δομή του απομακρυσμένου συστήματος αρχείων, να διαγράψει, να μετονομάσει, να δημιουργήσει, να μεταφέρει αρχεία και γενικά να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργίες ενός συστήματος αρχείων.

Ο πελάτης *FTP* επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει τη δομή των αρχείων και τον τύπο των δεδομένων τα οποία εμπλέκονται στις τυχόν διεργασίες του. Τρεις τύποι δεδομένων είναι στη διάθεση του χρήστη:

- ✓ δυαδικά ψηφία σταθερού μήκους,
- ✓ κείμενο (*text ASCII* και *EBCDIC*),
- ✓ δυαδικά ψηφία μεταβλητού μήκους.

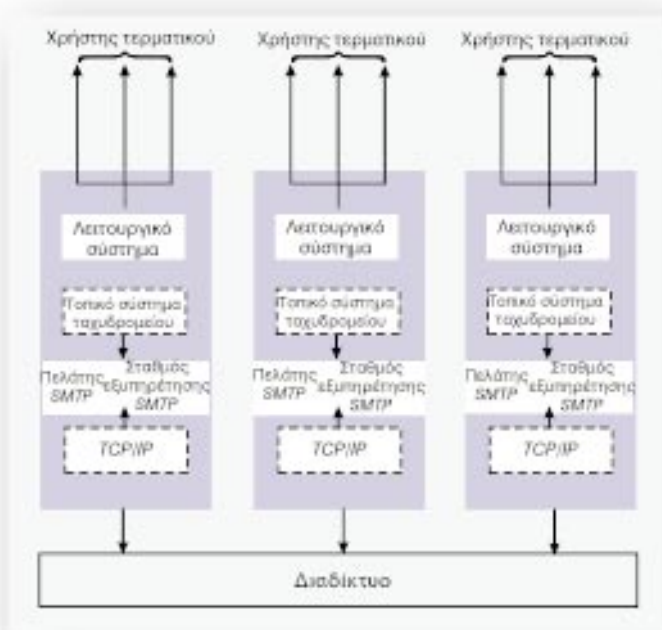
Να σημειωθεί ότι σε έναν απομακρυσμένο σταθμό εξυπηρέτησης αρχείων μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω *FTP* περισσότεροι του ενός χρήστες, όπως άλλωστε φαίνεται και στο σχήμα 5.31.



Σχήμα 5.31: Αρχιτεκτονική πελάτη - σταθμός εξυπηρέτησης *FTP*

5.6.3.4.3 Πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου

Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, γνωστότερο και ως *e-mail*, είναι η πιο διαδεδομένη υπηρεσία που προσφέρουν τα δίκτυα. Τα τοπικά συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου έκαναν την εμφάνισή τους ταυτόχρονα με την εμφάνιση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ήταν θέμα χρόνου να επεκταθεί αυτή η υπηρεσία και στα διασυνδεδεμένα δίκτυα. Το **πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου** (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*) είναι ένα πρωτόκολλο που διαχειρίζεται τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε απομακρυσμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και δίκτυα. Να σημειωθεί ότι το *SMTP* δε διαχειρίζεται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο χρηστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο, αφού αυτό είναι αρμοδιότητα του τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Διαχειρίζεται όμως την εξωτερική αλληλογραφία του τοπικού δικτύου, σε συ-



Σχήμα 5.32: Σχέση *SMTP* και τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου



νεργασία πάντα με το τοπικό σύστημα. Η σχέση του *SMTP* και του τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου φαίνεται στο σχήμα 5.32.

Ο τυπικός σχεδιασμός του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου προϋποθέτει μια ουρά εισόδου, μια ουρά εξόδου, μια διεπαφή μεταξύ του τοπικού συστήματος και του *SMTP*, καθώς και την αρχιτεκτονική πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης του *SMTP*. Ο πελάτης *SMTP* είναι υπεύθυνος για την αποστολή της αλληλογραφίας, ενώ ο σταθμός εξυπηρέτησης *SMTP* είναι υπεύθυνος για τη λήψη της.

Το τοπικό σύστημα αλληλογραφίας παρέχει πάντα στο χρήστη ένα **κουτί αλληλογραφίας** (*mailbox*), στο οποίο ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει την αλληλογραφία του, αλλά και να την ανακαλέσει οποτεδήποτε το επιθυμήσει. Ένα κουτί αλληλογραφίας χαρακτηρίζεται από δύο πεδία, το **τοπικό πεδίο** (*local part*) και το **γενικό πεδίο** (*global part*). Το πρώτο είναι συνήθως ένα όνομα που παραπέμπει στο χρήστη και είναι μοναδικό στο τοπικό σύστημα ταχυδρομείου. Το δεύτερο παραπέμπει στο όνομα του οργανισμού στον οποίο ανήκει ο χρήστης και είναι μοναδικό σε όλο το Διαδίκτυο. Τα δύο πεδία χωρίζονται με το σύμβολο @. Ένα παράδειγμα διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου φαίνεται στο σχήμα 5.33.



Σχήμα 5.33: Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου

Οι σημαντικότερες λειτουργίες του *SMTP* είναι οι εξής:

- ✓ Ο καθορισμός της μορφής (*format*) της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, ώστε να διασφαλιστεί ότι η μορφή είναι κατανοητή και από τα δύο μέρη που επικοινωνούν.
- ✓ Η μεταφορά της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας από τη μία διάταξη στην άλλη.

Όσον αφορά τη μορφή, σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά προγράμματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Είναι πολύ συχνό φαινόμενο δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές που ανταλλάσσουν μηνύματα αλληλογραφίας να χρησιμοποιούν διαφορετικές εφαρμογές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Μεταξύ των δύο εφαρμογών το ρόλο του μεταφραστή παίζει το *SMTP*, ώστε τα μηνύματα να είναι κατανοητά και στις δύο εφαρμογές.

Η μορφή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου απαρτίζεται από δύο μέρη, την **επικεφαλίδα** (*header*) και το κυρίως **σώμα** (*body*). Τα δύο αυτά μέρη αποτελούνται από ένα σύνολο γραμμών κειμένου *ASCII* με μια κενή γραμμή ενδιάμεσα, ώστε να ξεχωρίζουν. Κάθε γραμμή στην επικεφαλίδα περιέχει μια **λέξη - κλειδί** (*keyword*), που ακολουθείται από μια σειρά αλφαριθμητικών με μια διπλή τελεία ενδιάμεσα, για να ξεχωρίζουν. Κάποιες λέξεις - κλειδιά είναι υποχρεωτικές, ενώ άλλες είναι προαιρετικές. Μια τυπική επικεφαλίδα θα μπορούσε να αποτελείται από τις παρακάτω γραμμές:

TO:	Όνομα παραλήπτη, π.χ. tsili@aia.gr
FROM:	Όνομα αποστολέα, π.χ. alexiou@cti.gr
CC:	Αντίγραφα σε άλλους παραλήπτες

SUBJECT: Τίτλος μηνύματος
DATE: Ημερομηνία αποστολής

Το κυρίως σώμα περιέχει το μήνυμα που αποστέλλεται στον παραλήπτη.

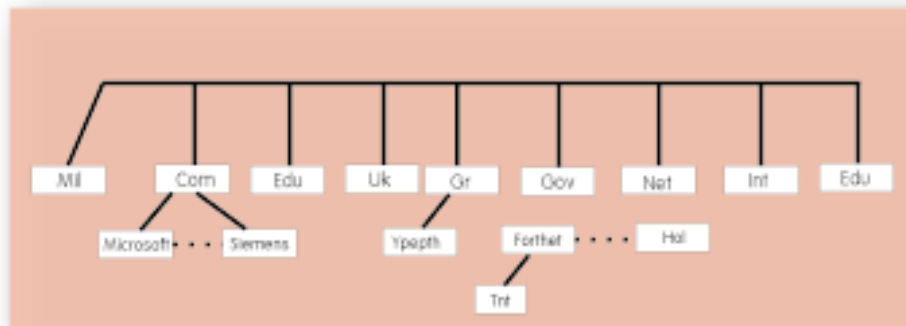
Η δεύτερη λειτουργία του *SMTP* είναι η μεταφορά του ηλεκτρονικής αλληλογραφίας. Από τη στιγμή που το μήνυμα είναι έτοιμο να αποσταλεί στον παραλήπτη, το τοπικό σύστημα αλληλογραφίας ελέγχει το όνομα του παραλήπτη, για να διαπιστώσει αν πρόκειται για κάποιον τοπικό ή εξωτερικό χρήστη. Στην πρώτη περίπτωση η αλληλογραφία διεκπεραιώνεται με τη βοήθεια του τοπικού συστήματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το μήνυμα στέλνεται στην ουρά εξόδου, προκειμένου να διεκπεραιωθεί από τον *SMTP* πελάτη.

5.6.3.4.4 Υπηρεσίες καταλόγου

Σε ένα οποιοδήποτε τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι απαραίτητο να υπάρχουν υπηρεσίες καταλόγου, με σκοπό τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα οι χρήστες του τηλεφωνικού συστήματος χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες καταλόγου, το γνωστό 131, για να βρουν το τηλέφωνο κάποιου συνδρομητή με τον οποίο θέλουν να επικοινωνήσουν. Αντίστοιχα, το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* έχει τη δική του υπηρεσία καταλόγου, η οποία είναι γνωστή ως **σύστημα ονομασίας περιοχών** (*DNS: Domain Name System*). Η αντίστοιχη υπηρεσία στο μοντέλο αναφοράς *OSI* ονομάζεται **κατάλογος X.500**.

Το σύστημα ονομασίας περιοχών υιοθετήθηκε το 1984, για να αποτελέσει τη σύμβαση ονομασίας του Διαδικτύου που θα χρησίμευε για την αντιστοίχιση διευθύνσεων *IP* σε ονόματα συσκευών. Σχεδιάστηκε από τον Paul Mockapetris και περιγράφεται ως μια «ιεραρχική και κατανεμημένη βάση δεδομένων ονομάτων». Η ιεραρχική δομή του *DNS* ξεκινά με τη **βασική περιοχή** (*root domain*), που συμβολίζεται συνήθως με μία κουκκίδα (*.*), όπως φαίνεται στην ανεστραμμένη δένδροειδή δομή του σχήματος 5.34. Κάτω από τη βασική περιοχή υπάρχουν οι περιοχές **ανώτατου επιπέδου** (*top-level domains*), στις οποίες περιλαμβάνονται σήμερα οι αρχικές επτά περιοχές αυτού του επιπέδου και περιοχές που προστέθηκαν αργότερα, έτσι ώστε να μπορούν να φιλοξενηθούν στο Διαδίκτυο διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Οι επτά αρχικές περιοχές ανώτατου επιπέδου ήταν σαφέστατα σχεδιασμένες για τις Η.Π.Α. και είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **.com εμπορικοί (commercial)** οργανισμοί, όπως η Hewlett-Packard (*hp.com*) και η Microsoft (*microsoft.com*).
- ✓ **.edu εκπαιδευτικοί (educational)** οργανισμοί, όπως το Πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνια (*berkeley.edu*) και το Πανεπιστήμιο Stanford (*stanford.edu*).
- ✓ **.gov κυβερνητικές (government)** υπηρεσίες, όπως το Γραφείο του προέδρου των Η.Π.Α. (*whitehouse.gov*).
- ✓ **.mil στρατιωτικές (military)** υπηρεσίες, όπως το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού των



Σχήμα 5.34: Η ιεραρχική δομή του DNS

Η.Π.Α. (navy.mil).

- ✓ **.net οργανισμοί δικτύωσης (networking)**, όπως το InterNIC (internic.net).
- ✓ **.org μη εμπορικοί οργανισμοί (organizations)**, όπως η αμερικανική δημόσια ραδιοφωνία National Public Radio (npr.org).
- ✓ **.int διεθνείς (international) οργανισμοί**, όπως το NATO (nato.int).

Οι ονομασίες των διάφορων γεωγραφικών περιοχών που προστέθηκαν σ' αυτές τις περιοχές ανώτατου επιπέδου αντιστοιχούν στις διεθνείς συντμήσεις της ονομασίας κάθε κράτους, όπως είναι για παράδειγμα: *gr* για την Ελλάδα, *uk* για τη Βρετανία, *au* για την Αυστραλία κ.ο.κ.

Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του *DNS* είναι ότι υλοποιείται σε κατανεμημένη βάση δεδομένων. Πρόκειται για μια σύμβαση ονομασίας, η οποία όμως δεν επιδέχεται δυναμικές αλλαγές. Αυτό συνιστά ταυτόχρονα και το μεγαλύτερο μειονέκτημα του *DNS*, αφού απαιτείται πολύς χρόνος προκειμένου οι ενημερώσεις ή οι μεταβολές της βάσης δεδομένων να ενεργοποιηθούν στους κόμβους του Διαδικτύου.



Σήμερα γνωστοί φυλλομετρητές είναι οι *Netscape 4.x* της *Netscape* και *Internet Explorer 5.x* της *Microsoft*, ενώ υπάρχουν και αρκετοί άλλοι λιγότερο γνωστοί.

5.6.3.4.5 Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου

Η αλματώδης ανάπτυξη του Διαδικτύου τα τελευταία χρόνια οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ευελιξία του, η οποία σε μεγάλο βαθμό είναι αποτέλεσμα της χρήσης του **πρωτοκόλλου μεταφοράς υπερκειμένου** (*HTTP: HyperText Transfer Protocol*). Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων υπερκειμένου μέσω των δικτύων *TCP/IP*. Τα δεδομένα υπερκειμένου διαμορφώνονται μέσω της **γλώσσας μορφοποίησης υπερκειμένου** (*HTML: HyperText Markup Language*). Μια σελίδα υπερκειμένου μπορεί να έχει **δεσμούς** (συνδέσεις) με άλλες σελίδες υπερκειμένου, επιτρέποντας έτσι στην ίδια σελίδα να περιέχει γραφικά, κείμενο, αρχεία ήχου, βίντεο κτλ. Ειδικά προγράμματα, οι **φυλλομετρητές παγκόσμιου ιστού** (*WEB-browsers*), χρησιμοποιούνται μέσω του *HTTP*, ώστε να μπορεί κανείς να δει *HTML* σελίδες.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς / πρωτόκολλο Διαδικτύου (*TCP/IP*), επίπεδο πρόσβασης δικτύου, επίπεδο Διαδικτύου, επίπεδο μεταφοράς, επίπεδο εφαρμογής, διεύθυνση IP, μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής, πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (*Telnet*), πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (*FTP*), πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (*SMTP*), υπηρεσίες καταλόγου, σύστημα ονομασίας περιοχών (*DNS*), πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (*HTTP*), δεσμός, γλώσσα μορφοποίησης υπερκειμένου (*HTML*).





Μάθημα 5.7: Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς TCP/IP και OSI

5.7.1 Εισαγωγή

Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα αναφοράς, *OSI* και *TCP/IP*, είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι δε συγκρίνονται τα πρωτόκολλα που λειτουργούν στα διάφορα επίπεδα των μοντέλων. Βέβαια η ονομασία του μοντέλου *TCP/IP* παραπέμπει στα δύο κυριότερα πρωτόκολλα που βρίσκονται στο επίπεδο μεταφοράς και στο επίπεδο Διαδικτύου αντίστοιχα και αυτός ίσως είναι ένας λόγος σύγχυσης.

Αρκετές είναι οι ομοιότητες αλλά και οι διαφορές των δύο μοντέλων, οι σημαντικότερες από τις οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

5.7.2 Ομοιότητες

- ✓ Και τα δύο μοντέλα αναφοράς περιγράφονται υπό μορφή επιπέδων.
- ✓ Σε κάθε επίπεδο δρουν κάποια πρωτόκολλα, που αναφέρονται και ως πρωτόκολλα του αντίστοιχου επιπέδου. Για παράδειγμα, στο επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου *TCP/IP* μπορούμε να συναντήσουμε δύο πρωτόκολλα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, το *TCP* και το *UDP*. Άρα η αντιστοιχία πρωτοκόλλων - επιπέδων δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένη.
- ✓ Συνήθως κάθε επίπεδο περιλαμβάνει περισσότερα από ένα πρωτόκολλα. Το ποιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις των χρηστών και της εφαρμογής που επιλέγουν για να επικοινωνήσουν.
- ✓ Και στα δύο μοντέλα αναφοράς τα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων από το επίπεδο μεταφοράς (του επιπέδου μεταφοράς συμπεριλαμβανομένου) είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επικοινωνία.

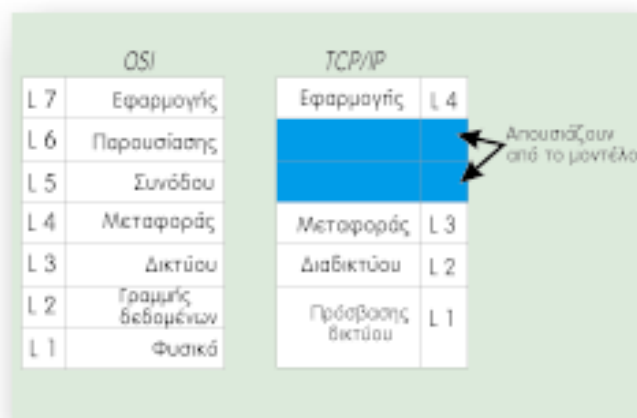
5.7.3 Διαφορές

Παρά τις ομοιότητες των δύο μοντέλων αναφοράς υπάρχουν και σημαντικές διαφορές, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- ✓ Η περιγραφή του *OSI* θεωρείται πληρέστερη από αυτήν του *TCP/IP*, αν και στην πορεία αποδείχτηκε ότι και στο *OSI* υπήρχαν ελλείψεις οι οποίες έπρεπε να συμπληρωθούν. Η μεγαλύτερη προσφορά του *OSI* είναι το γεγονός ότι κάνει ένα σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στις έννοιες της **υπηρεσίας**, της **διεπαφής** και του **πρωτοκόλλου**. Στο *TCP/IP* ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι ευδιάκριτος. Αν και έγιναν αρκετές προσπάθειες προκειμένου να οριοθετηθούν σαφέστερα οι έν-

νοιες αυτές, δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση. Ο λόγος που παρουσιάζεται αυτή η διαφορά στα δύο μοντέλα είναι ο εξής: το μοντέλο *OSI* πρώτα περιγράφηκε από τους ειδικούς και μετά γράφτηκαν τα πρωτόκολλα και όλο το σχετικό λογισμικό που αφορούσε τη λειτουργία των διεπαφών και των υπηρεσιών που προσφέρονται. Αντίθετα, στην περίπτωση του *TCP/IP* τα πράγματα ακολούθησαν διαφορετική πορεία. Πρώτα δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα, τα οποία βέβαια πράγματι έκαναν τη δουλειά τους, και μετά, με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, δημιουργήθηκε το μοντέλο. Αυτό φυσικά είχε πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.

- ✓ Στην περίπτωση του *TCP/IP* δεν υπήρξε πρόβλημα συμφωνίας πρωτοκόλλων - μοντέλου, καθώς το μοντέλο περιγράφηκε με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, με αποτέλεσμα αυτά να ταιριάζουν (εκ των υστέρων) απόλυτα στο μοντέλο. Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε, στο *TCP/IP* δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός ανάμεσα στις έννοιες του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας.
- ✓ Στην περίπτωση του *OSI* το μοντέλο περιγράφηκε κάνοντας σαφή διαχωρισμό στις έννοιες που υιοθετήθηκαν από τα πρωτόκολλα. Ωστόσο η ανυπαρξία κάποιων έτοιμων πρωτοκόλλων τα οποία θα προσδιόριζαν (εκ των προτέρων) με ακρίβεια τον ορισμό του μοντέλου είχε ως αποτέλεσμα το μοντέλο που δημιουργήθηκε να είναι αρκετά γενικό. Όταν λοιπόν υλοποιήθηκαν δίκτυα που χρησιμοποιούσαν λειτουργικά το μοντέλο *OSI*, τότε εμφανίστηκαν τα προβλήματα, τα οποία έγινε προσπάθεια να επιλυθούν με την επέκταση, τις περισσότερες φορές, του ορισμού και της λειτουργικότητας του μοντέλου. Για παράδειγμα, αρχικά το *OSI* στο επίπεδο γραμμής δεδομένων αναφερόταν μόνο σε δίκτυα σημείου προς σημείο και δεν είχε λάβει υπόψη του τα δίκτυα εκπομπής, τα οποία εμφανίστηκαν στο προσκήνιο αργότερα. Έτσι λοιπόν προστέθηκε ένα υποεπίπεδο (*sub-layer*) στο επίπεδο γραμμής δεδομένων το οποίο ασχολείται με τα δίκτυα εκπομπής.
- ✓ Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων είναι αυτή του αριθμού των επιπέδων τους (σχήμα 5.35). Στο *OSI* έχουμε επτά επίπεδα, ενώ στο *TCP/IP* τέσσερα. Η χρήση των επτά επιπέδων κρίνεται σήμερα υπερβολική, την εποχή όμως που γινόταν η συζήτηση για την περιγραφή του μοντέλου *OSI* η συγκεκριμένη λύση φαινόταν η καλύτερη. Σημειώνεται ότι η βρετανική πρόταση περιγραφής ενός μοντέλου πέντε επιπέδων τελικά δεν ευδοκίμησε. Η λύση των επτά επιπέδων βρήκε πρόσφορο έδαφος, αφού εκείνη την εποχή η IBM κυριαρχούσε απόλυτα στο χώρο και είχε ήδη κατασκευάσει ένα πρωτόκολλο επτά επιπέδων, το γνωστό *SNA* (Μάθημα 5.1). Η επιτροπή που είχε υπό την ευθύνη της την περιγραφή του νέου μοντέλου και που αποτελούνταν από εκπροσώπους της βιομηχανίας,



Σχήμα 5.35: Σύγκριση επιπέδων των μοντέλων αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*



της τηλεφωνίας, των μεγάλων εταιρειών ηλεκτρονικών υπολογιστών, διάφορων διεθνών οργανισμών που έχουν ήδη αναφερθεί, καθώς και από εκπροσώπους κρατών, δεν κατάφερε να περιγράψει ένα μοντέλο διαφορετικό από το μοντέλο της IBM, κυρίως από το φόβο μήπως αυτό αποτύχει και η IBM γίνει η απόλυτη κυρίαρχος του χώρου. Εξάλλου το μοντέλο *TCP/IP* δεν είχε ακόμα δείξει την πραγματική του δύναμη. Έτσι λοιπόν η επιτροπή περιέγραψε ένα μοντέλο κοντά στα πρότυπα της IBM, με σκοπό να γίνει ευκολότερα ένα παγκόσμιο πρότυπο, το οποίο όμως να ελέγχεται από έναν ουδέτερο και μη κερδοφόρο οργανισμό, όπως ο *ISO*, και όχι από μία και μόνο εταιρεία.

- ✓ Το επίπεδο συνόδου του *OSI* έχει στην πραγματικότητα πολύ μικρή εφαρμογή, ενώ το επίπεδο παρουσίασης απουσιάζει εντελώς από τις περισσότερες εφαρμογές, πράγμα που δικαιώνει αυτούς που υποστήριζαν την περιγραφή ενός μοντέλου με λιγότερα επίπεδα, όπως το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, στο οποίο και τα δύο αυτά επίπεδα απουσιάζουν.
- ✓ Αντίθετα από το *OSI*, το *TCP/IP* δεν κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου γραμμής δεδομένων. Αυτό όμως αποτελεί μειονέκτημα για το *TCP/IP*, αφού τα δύο αυτά επίπεδα είναι εντελώς διαφορετικά και ο διαχωρισμός τους είναι απαραίτητος. Το επίπεδο γραμμής δεδομένων ασχολείται με την οριοθέτηση των πακέτων και την αξιόπιστη μετάδοσή τους, ενώ το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης.
- ✓ Στο επίπεδο δικτύου το *OSI* υποστηρίζει τόσο την προσανατολισμένη όσο και τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Όμως στο επίπεδο μεταφοράς υποστηρίζει μόνο την προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Αντίθετα, το μοντέλο *TCP/IP* υποστηρίζει στο επίπεδο Διαδικτύου μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύο τρόπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.
- ✓ Η διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων εντοπίζεται και στην ικανότητα κάθε μοντέλου να περιγράψει διαφορετικές οικογένειες πρωτοκόλλων που δεν ανήκουν σ' αυτό. Η περιγραφή, για παράδειγμα, του *SNA* της IBM χρησιμοποιώντας το μοντέλο *TCP/IP* είναι αδύνατη, αφού το μοντέλο *TCP/IP* δημιουργήθηκε για να περιγράψει συγκεκριμένα πρωτόκολλα. Αντίθετα, το *OSI* είναι ένα γενικό μοντέλο αναφοράς, μέσα από το οποίο μπορούν να περιγραφούν και να υλοποιηθούν και άλλες σείβες πρωτοκόλλων.
- ✓ Το *TCP/IP* έτυχε ευρύτερης αποδοχής από τον κόσμο των επικοινωνιών σε σύγκριση με το *OSI*. Οι αιτίες αυτής της αποδοχής ποικίλλουν, περιληπτικά όμως οι σπουδαιότερες από αυτές είναι οι ακόλουθες:
 - Το *OSI* προσπάθησε να αναπτυχθεί, όταν το *TCP/IP* χρησιμοποιούνταν ήδη από όλο σχεδόν το φάσμα του ακαδημαϊκού χώρου.
 - Δεδομένης της αναλυτικής περιγραφής του *OSI* και του σαφή διαχωρισμού που έκανε μεταξύ των εννοιών του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας, οι πρώτες εφαρμογές που γράφτηκαν στα πλαίσια του μοντέλου ήταν πολύπλοκες και δύσχρηστες. Αντίθετα, τα πρωτόκολλα του *TCP/IP*, και ειδικότερα τα δύο βασικά πρωτόκολλά του, το *TCP* και το *IP*, ήταν καλο-



γραμμένα και εύχρηστα.

- Οι εφαρμογές οι βασισμένες στο μοντέλο *TCP/IP* ήταν και είναι δωρεάν διαθέσιμες στους χρήστες υπολογιστών, οι οποίοι μπορούν γρήγορα και εύκολα να τις χρησιμοποιούν και να τις ενσωματώνουν στα δίκτυα των υπολογιστών τους.
- Το *OSI*, ενώ δεν έχει την καθολική αποδοχή που απολαμβάνει το μοντέλο *TCP/IP* στο χώρο των εμπορικών δικτύων υπολογιστών, όπως το Διαδίκτυο και τα Ενδοδίκτυα διάφορων εταιρειών και οργανισμών, εντούτοις συνεχίζει να αποτελεί χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο για την εξερεύνηση και τη μελέτη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεπαφή, υπηρεσία, *OSI*, *TCP/IP*, πρότυπα αναφοράς, συστάσεις.





Ανακεφαλαίωση

Τα τελευταία χρόνια, με την αλματώδη ανάπτυξη των επικοινωνιών, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των δικτύων υπολογιστών βασίστηκε όχι μόνο στην ανάπτυξη του υλικού, όπως συνέβαινε κατά τα πρώτα χρόνια, αλλά και του λογισμικού. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να οργανωθεί καλύτερα η όλη λειτουργία, το λογισμικό σχεδιάστηκε υπό μορφή επιπέδων ή στρωμάτων (*layers*), τα οποία δομούνται διαδοχικά το ένα επάνω στο άλλο. Η επικοινωνία ελέγχεται από ορισμένους κανόνες, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, που ενεργοποιούνται στα αντίστοιχα επίπεδα των συνδεόμενων χρηστών.

Σήμερα υπάρχουν πολλές κατηγορίες πρωτοκόλλων, τα οποία ταξινομούνται ανάλογα με τη λειτουργία τους, τη σκοπιμότητά τους και πολλές φορές τον κατασκευαστή τους. Οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων εντοπίζονται κυρίως στην κατάτμηση και στην επανασύνθεση των μηνυμάτων, στην ενθυλάκωση, στη διευθυνσιοδότηση, στον έλεγχο σύνδεσης, στον έλεγχο ροής, στον έλεγχο σφαλμάτων, στην τμηματοποίηση, στην προτεραιότητα και τέλος στην ασφάλεια.

Κάθε επίπεδο προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο μέσω μιας διεπαφής. Οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα της επικοινωνίας και γι' αυτό είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα επίπεδο στο αμέσως υψηλότερο από αυτό διακρίνονται σε υπηρεσίες προσανατολισμένες στη σύνδεση (*COSs: Connection Oriented Services*) και σε υπηρεσίες μη προσανατολισμένες στη σύνδεση (*CLSs: ConnectionLess Services*).

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI - RM: Open Systems Interconnection - Reference Model*) ακολουθεί και αυτό την αρχιτεκτονική κατά στρώματα ή επίπεδα και αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (*ISO: International Standards Organization*). Ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Εμφανής στόχος των δημιουργών του μοντέλου αυτού ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατανεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το *OSI* υλοποιεί ένα σύνολο επτά επιπέδων αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7). Τα επτά αυτά επίπεδα είναι το επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο, το επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων, το επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου, το επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς, το επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου, το επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης και τέλος το επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP (Transmission Control Protocol /Internet Protocol)* είναι μια εναλλακτική πρόταση στο *OSI*, που σήμερα έχει κυριαρχήσει σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο. Δημιουργήθηκε για να υποστηρίξει την επικοινωνία του *ARPANET*, ενός δικτύου που προηγήθηκε του Διαδικτύου και που αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Και αυτό το μοντέλο αναφοράς ακολουθεί την αρχιτεκτονική κατά στρώματα, υλοποιώντας όμως ένα σύνολο



τεσσάρων επιπέδων. Τα επίπεδα αυτά είναι το επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς και τέλος το επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής.

Τα πρωτόκολλα του *TCP/IP* στο επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιούνται ευρύτατα και είναι αυτά που επιτρέπουν στο χρήστη να ωφεληθεί από τις υπηρεσίες που προσφέρει το Διαδίκτυο. Τα κυριότερα από αυτά είναι το πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (*Telnet*), το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (*FTP: File Transfer Protocol*), το πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*), το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου κ.ά. Τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP* παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που οφείλονται κυρίως στο χρόνο εμφάνισής τους, καθώς και στην προσπάθεια που έγινε από τους υποστηρικτές κάθε μοντέλου προκειμένου να επικράτησει στην παγκόσμια κοινότητα.

Η αλματώδης ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών και των πληροφοριακών συστημάτων δημιούργησε την ανάγκη επιμόρφωσης προτύπων κοινώς αποδεκτών από τη διεθνή κοινότητα. Οι ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις των χρηστών για επικοινωνία οδήγησαν τους οργανισμούς που ήταν υπεύθυνοι για τη δημιουργία των διεθνών προτύπων να εξετάσουν τρόπους για την από κοινού ανάπτυξή τους, σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες στους οποίους θα στηρίζονταν οι διάφοροι κατασκευαστές. Στόχος τους ήταν η εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων που αναπτύσσονταν από τις διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες, ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους επικοινωνία και κατ' επέκταση η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.



Ερωτήσεις

1. Τι είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας;
2. Ποιες είναι οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας;
3. Τι είναι διεπαφή και τι υπηρεσία;
4. Ποια είναι τα κύρια είδη υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει ένα επίπεδο;
5. Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI*).
6. Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επτά επιπέδων του *OSI*.
7. Να περιγράψεις περιληπτικά τη μετάδοση των δεδομένων διαμέσου του *OSI*.
8. Ποιοι είναι οι κυριότεροι διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης και ποιο το αντικείμενό τους;
9. Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*.
10. Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επιπέδων του *TCP/IP*.
11. Ποιες είναι οι κυριότερες διαφορές και ομοιότητες των μοντέλων αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*;